5. Gewässerdialog
Speicherung von Energie – was ist sinnvoll möglich?

23.01.2020, Karlsruhe

Wasserwirtschaftsverband Baden-Württemberg e. V.

Aktivitäten des WBW

Schwerpunkte

- Erfahrungsaustausch zwischen allen Akteuren der Wasserwirtschaft und des Wasserbaus
- Information durch Rundschreiben und Veranstaltungen
- Förderung von Zusammenarbeit und Erfahrungsaustausch
- Mitwirkung bei Gesetzgebung und Verordnungen
- Mitarbeit bei wasserwirtschaftlichen Regelwerken

© RP Stuttgart

Tochter WBW Fortbildungsgesellschaft für Gewässerentwicklung mbH

- Hochwasserpartnerschaften & Gewässernachbarschaften
- Gewässerpädagogik
- Erfahrungsaustausch Betrieb Hochwasserrückhaltebecken
- Erfahrungsaustausch-Aktivitäten für Fachverwaltung, Behörden, Kommunen, Ingenieurbüros und sonstigen Beteiligten

➔ Werden Sie Mitglied und unterstützen Sie den WBW!

Gewässerdialog - Vorschau

6. Gewässerdialog

- Starkregenrisikomanagement – Aktuelle Fragestellungen und Entwicklungen
- Termin: 31.03.2020, 14:00 Uhr
- Ort: Schwaigern bei Heilbronn, Frizhalle
- Unkostenbeitrag 25,- Euro,
  WBW-Mitglieder kostenfrei

© Fichtner

Folgethemen in Planung

- Biber am Gewässer - Nutzen oder Fluch?
- Themenanregungen sind willkommen!

Anmeldung und Dokumentation der Veranstaltungen

- WBW-Internetseite unter www.wbw-ev.de/aktuelles/gewaesserdialog/

Wasserwirtschaftstagung des WBW

Wasserwirtschaftstagung 2020

- Wasserwirtschaft im Zeichen der Klima-Entwicklung in Baden-Württemberg
- Termin: 26.06.2020, ab 9:00 Uhr
- Ort: Heidenheim, Lokschuppen
- Begleitprogramm

Anmeldung und Dokumentation der Veranstaltung

- WBW-Internetseite unter www.wbw-ev.de/aktuelles/wasserwirtschaftstagung-des-wbw/

5. Gewässerdialog 23.01.2020

	Speicherung von Energie – was ist sinnvoll möglich?	
14.00 – 14.10	Begrüßung und Einführung	Prof. Dr.-Ing. Stephan Heimerl, Geschäftsführer WBW e. V.
14.10 – 14.40	Pumpspeicher – eine aussterbende Spezies?	Dipl.-Ing. Orkan Akpinar, Schluchseewerk AG, Laufenburg
14.40 – 15.10	Einsatz von Batteriespeichern im Rahmen der Netzampel – Praxiserfahrungen aus dem NETZlabor Freiamt	Carmen Exner, M. Sc., Netze BW GmbH, Stuttgart
15.10 – 15.40	Gastransportnetze als Partner der Energiewende – Herausforderungen und Potentiale	Hartmut Drosch, terranets bw GmbH, Stuttgart
15.40 – 16.00	Lastmanagement im Trinkwassersystem der Bodensee-Wasserversorgung – Potentiale und Grenzen der flexiblen Stromnachfrage und Stromspeicherung	Christoph Drusenbaum, M. Sc., Bodensee-Wasserversorgung, Sipplingen
Ab 16.00	Diskussion	Moderation Prof. Dr.-Ing. Stephan Heimerl
anschließend	Umtrunk zum fachlichen Austausch	

Pumpspeicher – eine aussterbende Spezies?

5. Gewässerdialog – Speicherung von Energie – was ist sinnvoll möglich?

Karlsruhe, 23.01.2020

Schluchseewerk

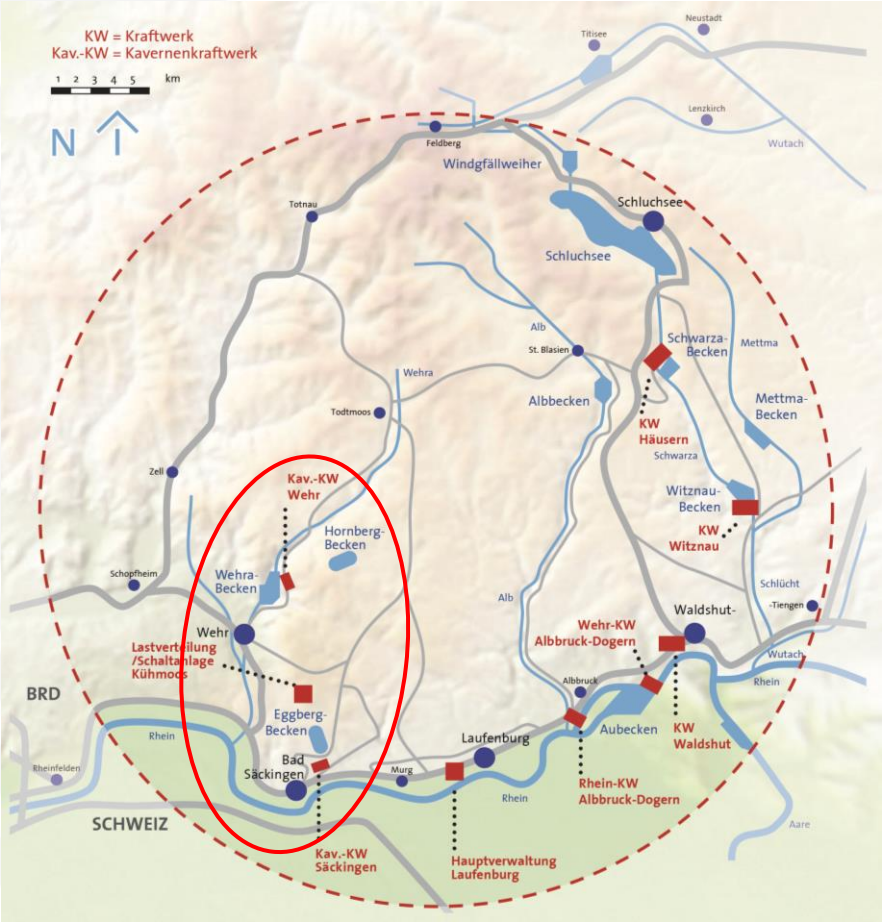
Schluchseewerk AG
Unsere Anlagen

- **Werksgruppe Schluchsee:** 486 MW
- Anlagen:
  - Häusern 112 MW (IBN 1929 - 1931)
  - Witznau 240 MW (IBN 1939 - 1943)
  - Waldshut 160 MW (IBN 1942 - 1951)
- Theoretische Speicherkapazität: 133 GWh

Schluchseewerk AG
Unsere Anlagen

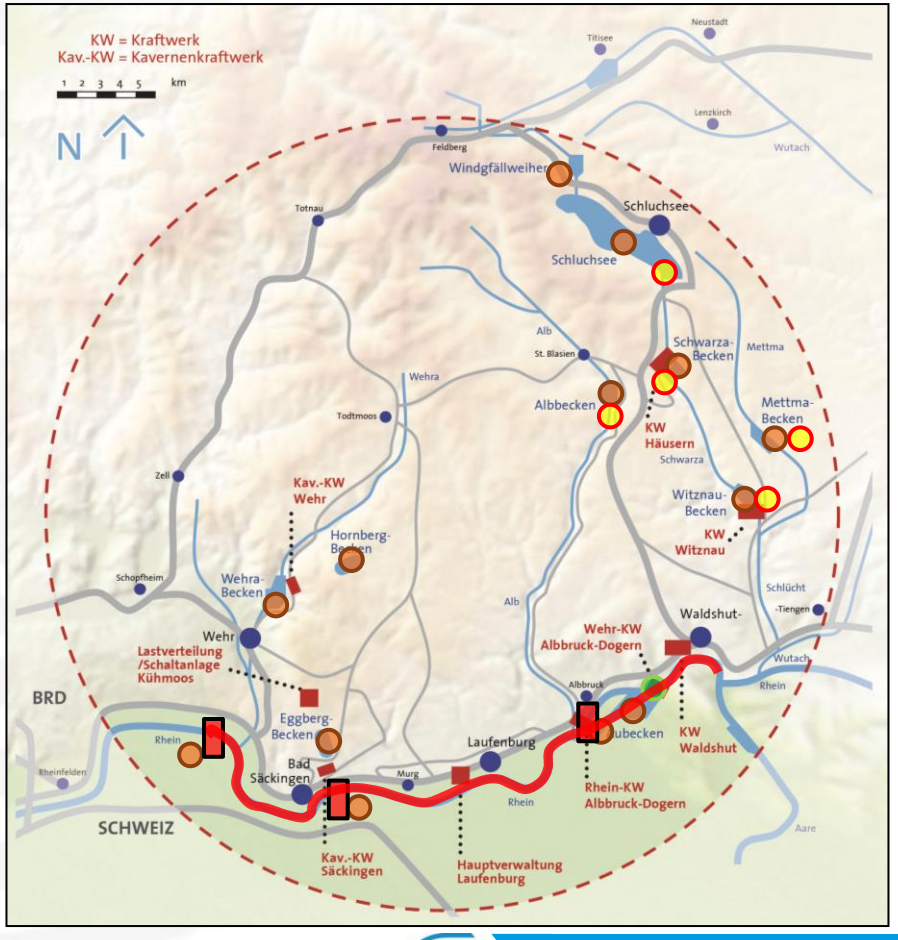
- **Werksgruppe Hotzenwald:** 1350 MW
- Anlagen:
  - Säckingen 370 MW (IBN 1961 - 1967)
  - Wehr 980 MW (IBN 1968 - 1976)
- Schnelle Betriebsartenwechsel:

  bspw. PSW Wehr:
  Stillstand > Turbinenmodus: 45s
  Stillstand > Pumpmodus: 90s



Schluchseewerk AG
Unsere Anlagen

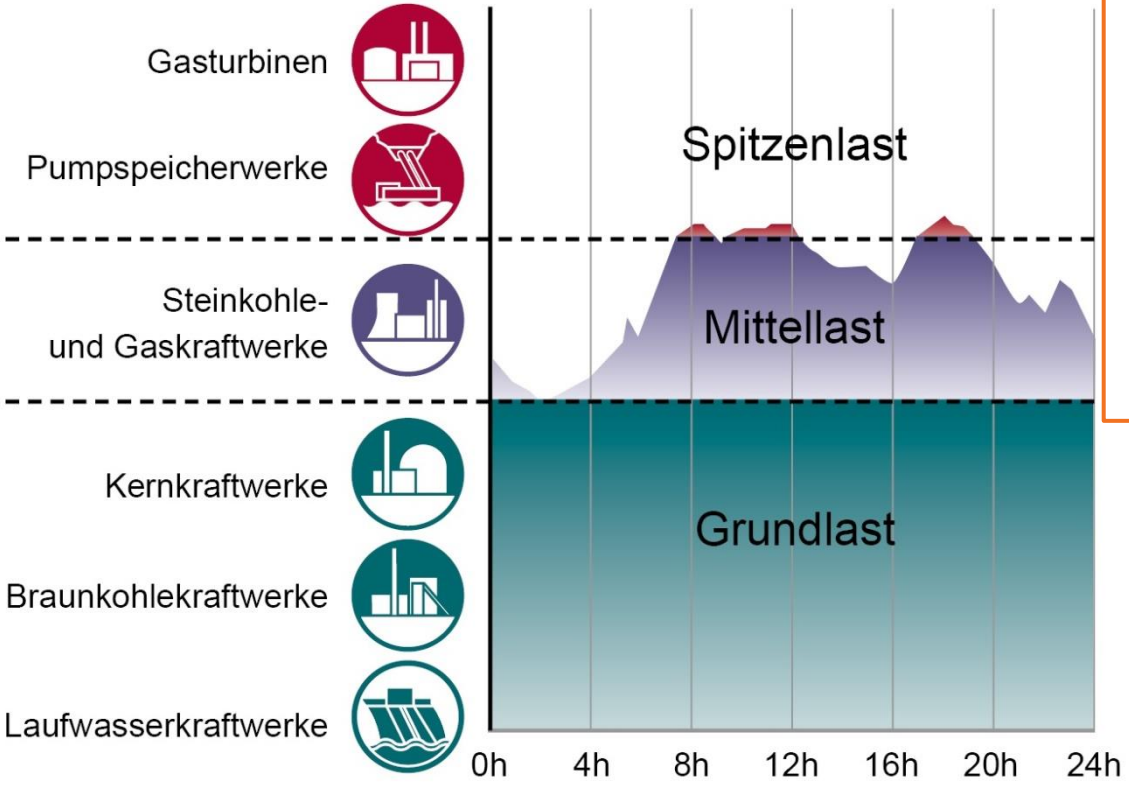
- Deutschlands größte Stauanlagen:
  - 13 Becken
  - 1 Stauwehr
  - 5 Talsperren
- Wasserhaushaltsregelung am Hochrhein
  - RADAG (108 MW)
  - RKS (74 MW)
  - KRS AG (120 MW)



Schluchseewerk

Pumpspeicher

Was mach(t)en Sie eigentlich (damals)?



- *„Überführung von Schwachlastenergie in Spitzenenergie (Energieveredelung im Wälzbetrieb)“*
- *„Verwertung von Überschussstrom aus dem Grundlastbereich (Ergänzung von Wärmekraftwerken und Laufwasserkraftwerken)“*
- *„Optimierung des Betriebes von Wärmekraftwerken durch Einschränkung deren Einsatzes zur Leistungsregelung (Ausdehnung der Betriebszeiten bei konstanter Leistung von Wärmekraftwerken)“*

Quelle: Giesecke/Heimerl/Mosonyi – Wasserkraftanlagen, 6. Auflage

Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

Presse

Pumpspeicherkraftwerk ist vom Tisch

Schwarzwälder Bote, 22.08.2014

Absurde Regelung verhindert neue Ökostrom-Speicher

Die Welt, 12.08.2015

Pumpspeicher-Projekt zu den Akten gelegt

Südwestpresse, 07.07.2016

Aus für Pumpspeicherwerk

EnBW zieht bei Atdorf den Stöpsel

Stuttgarter Zeitung, 11.10.2017

Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

Status-Quo

Kraftwerksname	Ort	Land	Projektträger	geplante P_{inst} [MW]	Status
Atdorf	Herrischried/ Bad Säckingen	BW	Schluchseewerk AG	1 400	in Genehmigung
Forbach Oberstufe (Neubau)	Forbach	BW	EnBW AG	225	Genehmigungsverfahren in Vorbereitung
Forbach Unterstufe (Ersatzneubau)	Forbach	BW	EnBW AG	50 (+4 MW)	Genehmigungsverfahren in Vorbereitung
Pilotanlage Gaildorf	Gaildorf	BW	Projektgesellschaft Naturstromspeicher Gaildorf GmbH	16	im Bau
Blautal	Ulm	BY	Stadtwerke Ulm	60	eingestellt
Breitenstein	Kranzegg	BY	Allgäuer Überlandwerk GmbH	60	zurückgestellt
Eggalpe	Oberstaufen	BY	Allgäuer Überlandwerk GmbH	60	zurückgestellt
Einöden	Flintsbach	BY	Pumpspeicherwerk Einöden GmbH	150	zurückgestellt
Jochberg	Jachenau	BY	Energieallianz Bayern	700	zurückgestellt
Osser (PSP Johanneszeche)	Lam	BY	Visprion Engineering GmbH	100	zurückgestellt
Poschberg	Schneizlreuth	BY	Fa. Max Aicher	450	zurückgestellt
Riedl	Jochenstein	BY	Donaukraftwerk Jochenstein AG	300	in Genehmigung
Rottachsee	Oy-Mittelberg	BY	Allgäuer Überlandwerk GmbH	60	zurückgestellt
Leinetal	Freden	NS	PSW Leinetal GmbH & Hochtief	200	eingestellt
Finnentrop (Sorpeberg-Glinge)	Finnentrop & Sundern	NW	Enervie & Grünwerke	340	zurückgestellt
Hoher Eimberg-Itter	Willingen	HE/ NW	Enervie & Grünwerke	324	zurückgestellt
Lippe	Lügde	NW	PSW Lippe GmbH & Hochtief	320	eingestellt
Nethe	Höxter	NW	Trianel	390	zurückgestellt
Halde Sundern	Hamm (Untertage)	NW	RAG & RWE	15	zurückgestellt
Simmerath, Rursee	Simmerath	NW	Trianel	640	eingestellt
Waldeck 2plus (Erweiterung)	Waldeck	NW	Uniper	300	zurückgestellt
Heimbach	Mainz	RP	Stadtwerke Mainz	280-320	zurückgestellt; RO-Verfahren abgeschlossen
Schweich-RIO	bei Trier	RP	Stadtwerke Trier	300	zurückgestellt
Lägerdorf	Lägerdorf	SH	Holcim	70	zurückgestellt
Hainleite	Immenrode	TH	PSW Hainleite GmbH & Hochtief	500	eingestellt
Ellrich	Ellrich	TH	Strabag	640	eingestellt
Leutenberg/ Probstzella	Leutenberg & Probstzella	TH	Strabag	408	in Planung; RO-Verfahren abgeschlossen
Schmalwasser	Tambach-Dietharz	TH	Trianel & Thüringer Fernwasserversorgung	1 000	zurückgestellt; RO-Verfahren abgeschlossen

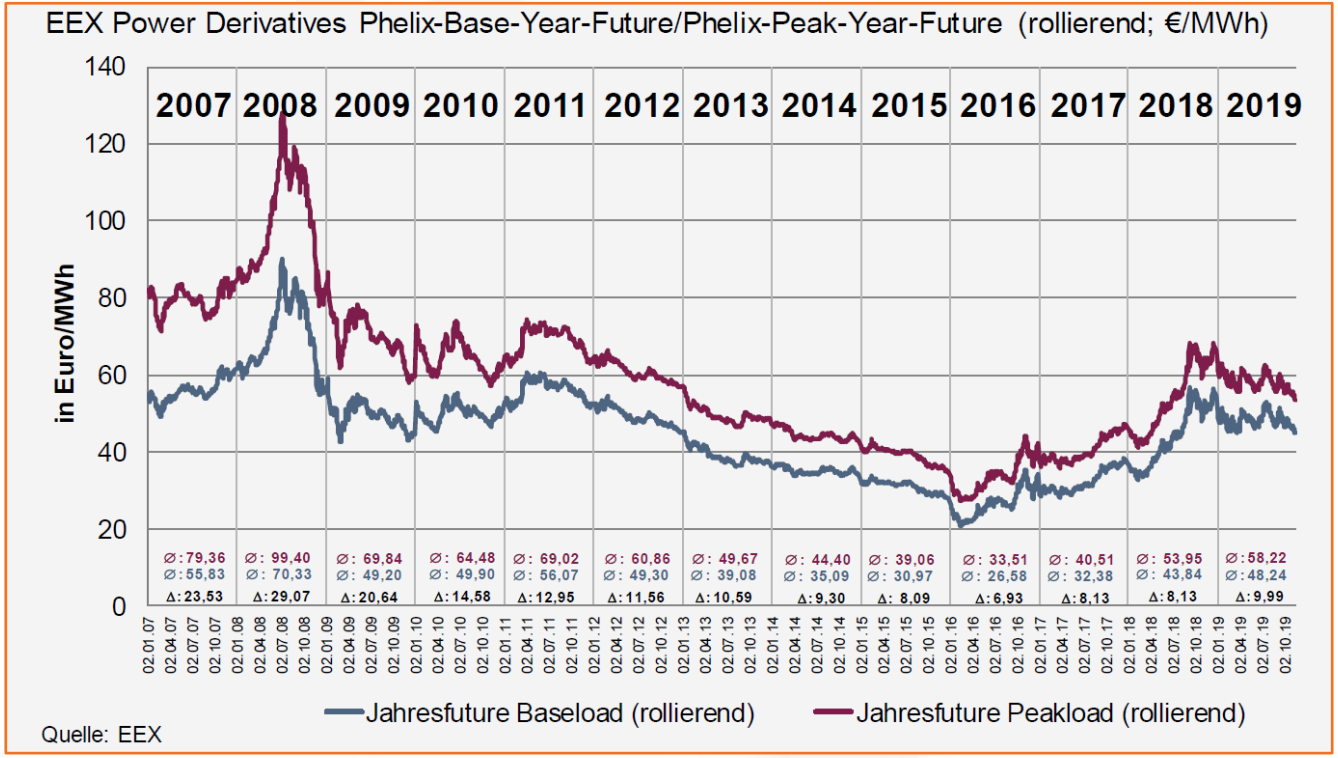
Quelle: Heimerl/Kohler – Aktueller Stand der Pumpspeicherkraftwerke in Deutschland, Wasserwirtschaft 10/2017

- Die aktuell installierte Pumpspeicherleistung in Deutschland beträgt ca. 7 GW
- Die Speicherkapazität von Pumpspeichern beträgt ca. 40 GWh pro Lastzyklus
- Von den 28 geplanten Pumpspeicherprojekten:
  - wurde eines gebaut
  - Befinden sich 4 in Genehmigung
  - wurden 23 Projekte ein- bzw. zurückgestellt
- Der letzte Pumpspeicher wurde 2003 in Betrieb genommen

Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

a) Sinkende Strompreise (insb. Spreads)

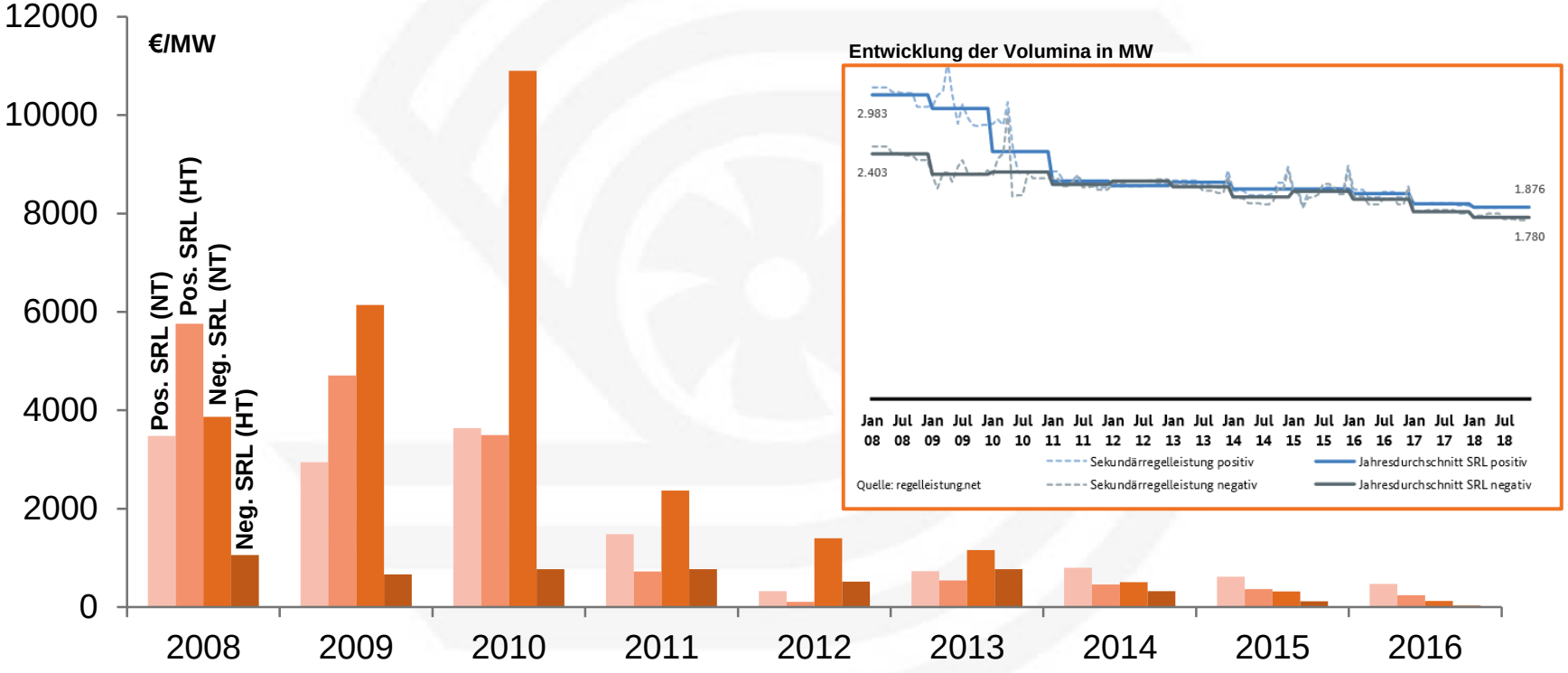


Quelle: BDEW-Strompreisanalyse Januar 2020, 07.01.2020

Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

b) Sinkende Regelleistungspreise

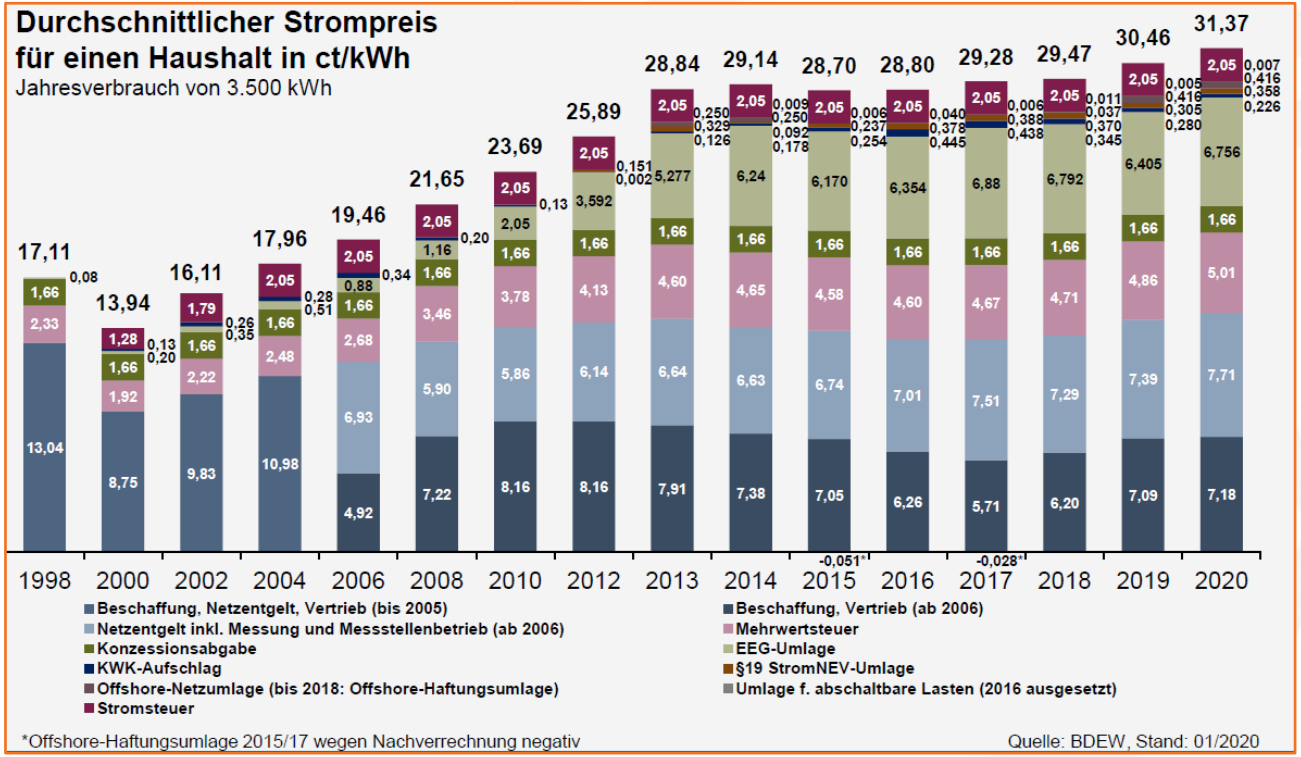


Quelle: eigene Darstellung nach http://www.regelleistung.net

Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

C) Letztverbraucherabgaben



Quelle: BDEW-Strompreisanalyse Januar 2020, 07.01.2020

$$y = \frac{p_{Börse}}{\eta} + pLV_A$$

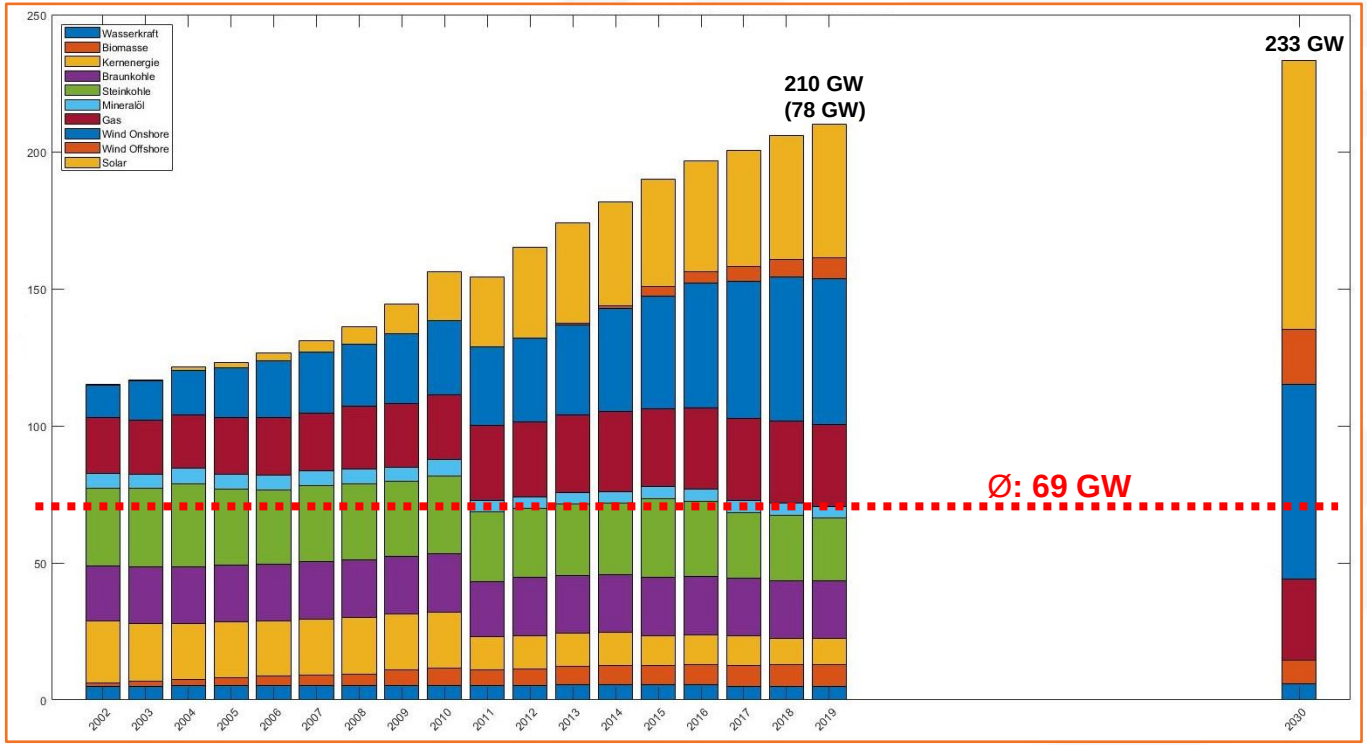
$$= \frac{50\frac{€}{MWh}}{0{,}8} + 191{,}23\frac{€}{MWh}$$

$$= 253{,}73\frac{€}{MWh}$$

Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

Gesicherte Leistung / Versorgungssicherheit



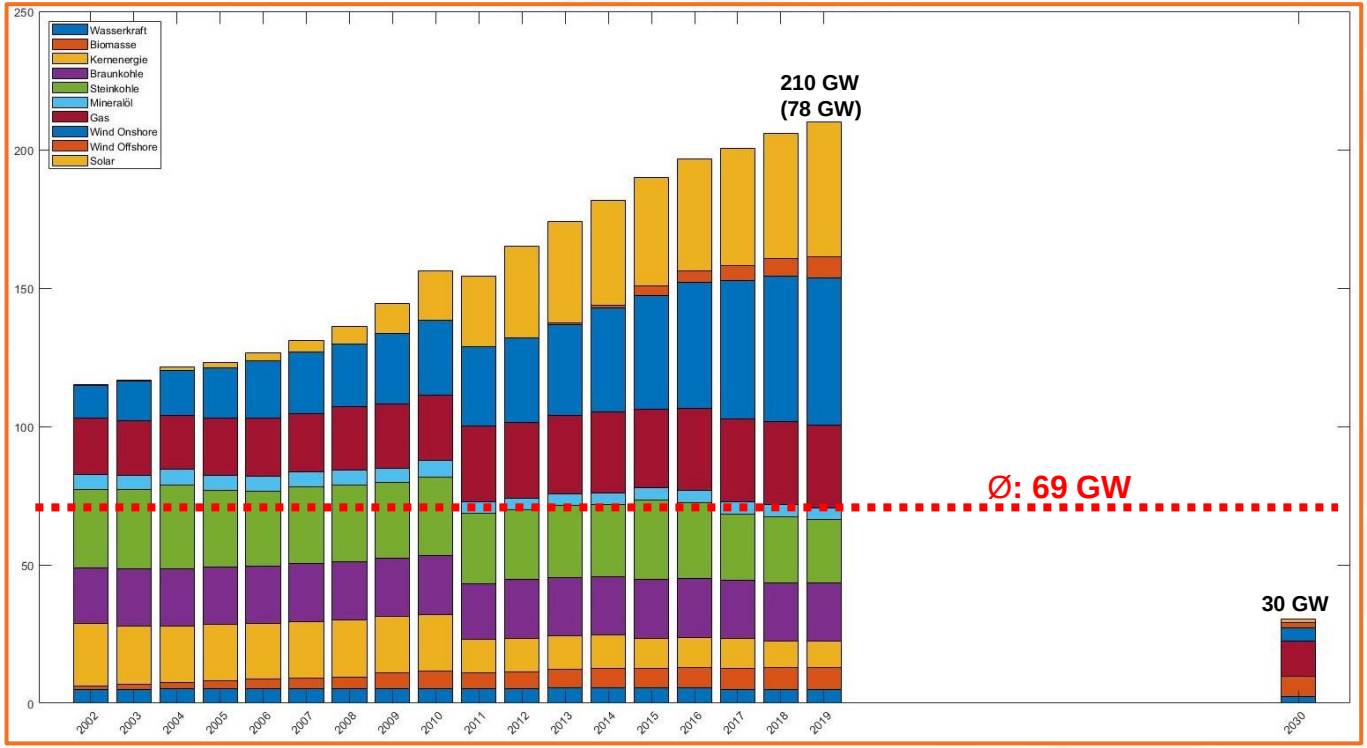
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf energy-charts.de und „Klimaschutzprogramm 2030“

- Zubau volatiler erneuerbarer Energieanlagen (Windkraft- und Photovoltaikanlagen)
- Gleichzeitiger Abbau thermischer Kraftwerke
- Gesicherte Leistung nimmt ab

Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

Gesicherte Leistung / Versorgungssicherheit



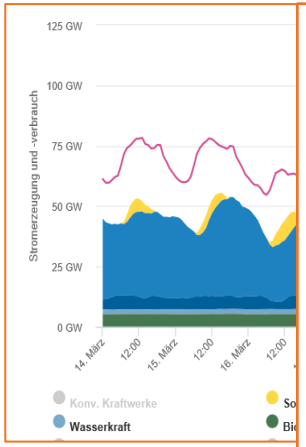
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf energy-charts.de und „Klimaschutzprogramm 2030“

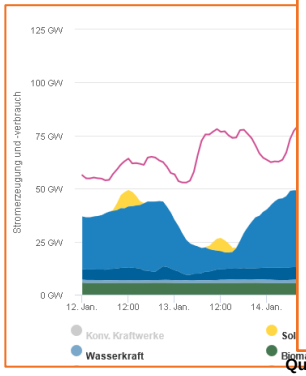
- Zubau volatiler erneuerbarer Energieanlagen (Windkraft- und Photovoltaikanlagen
- Gleichzeitiger Abbau thermischer Kraftwerke
- Gesicherte Leistung nimmt ab

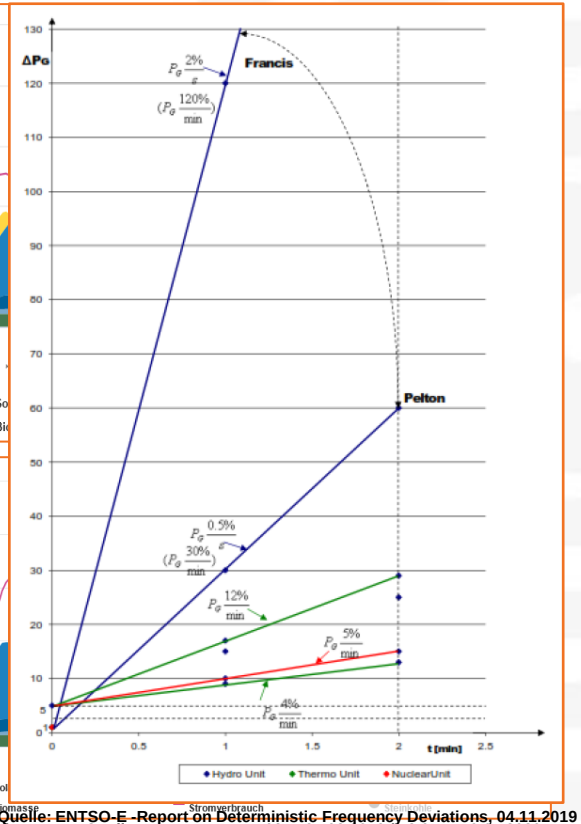
Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

Flexibilitäten







- Hohe Fluktuationsbandbreite der Einspeisung
- Lange Zeiten geringer Einspeisung
- Steile Leistungsgradienten
- Negative Residuallasten („Stromüberschüsse“)

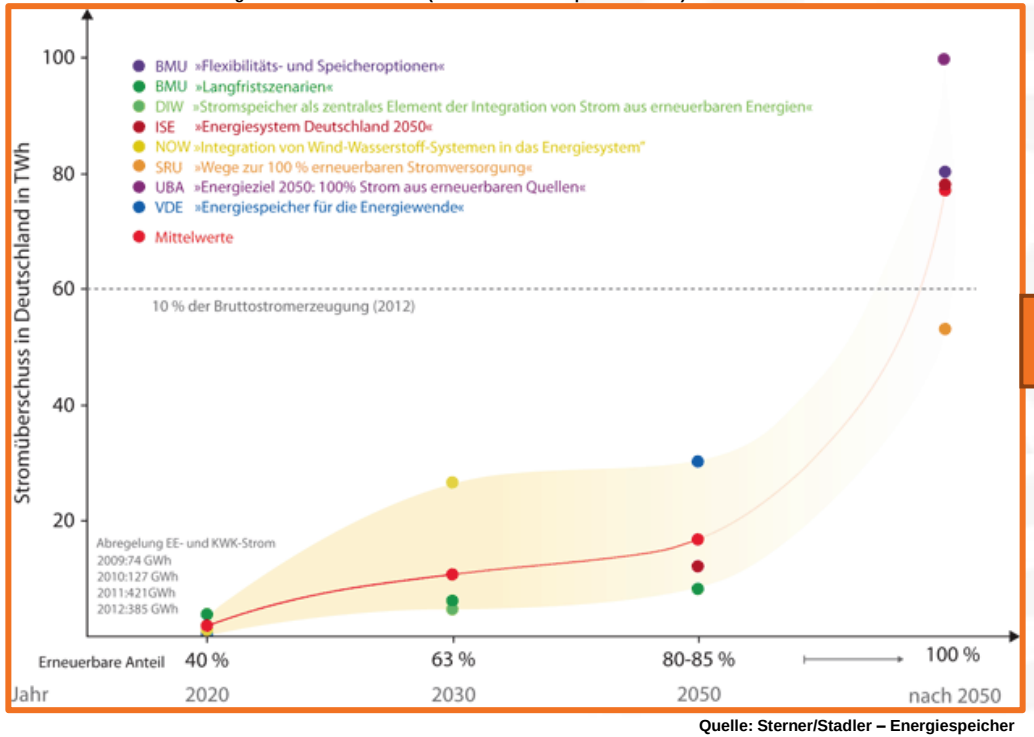
Quelle: ENTSO-E -Report on Deterministic Frequency Deviations, 04.11.2019
Quelle: Agorameter, 14.03. – 24.03.2019 / 12.01. – 19.01.2020

Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

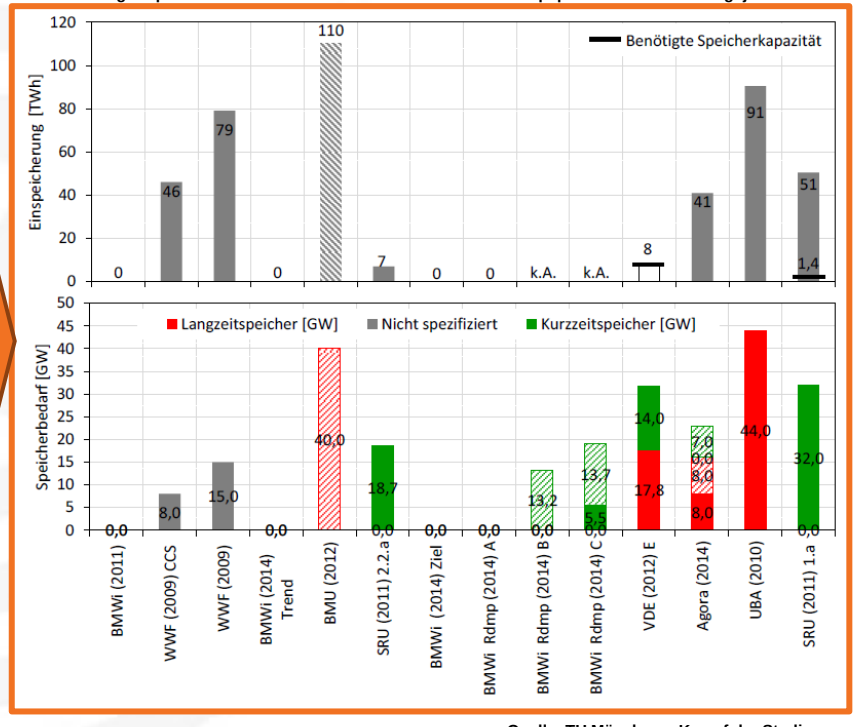
Speicherkapazitäten

Abschätzung der Stromüberschüsse (Flexibilitäts- und Speicherbedarf) in Deutschland bis 2050



Quelle: Sterner/Stadler – Energiespeicher

Zukünftiger Speicherbedarf zusätzlich zu den bestehenden Pumpspeichern für das Bezugsjahr 2050



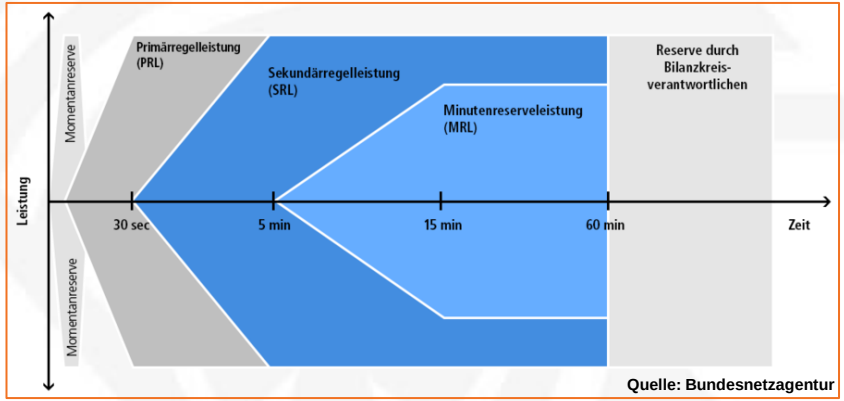
Quelle: TU München – Kampf der Studien

Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

Systemdienstleistungen

Quelle: dena - Systemdienstleistungen



Quelle: Bundesnetzagentur

- Blindleistung wird heutzutage größtenteils von konventionellen Anlagen bereitgestellt.
- Mit Kernenergie- (2022) und Kohleausstieg (2038) wird der Blindleistungsbedarf aus anderen Quellen gedeckt werden müssen.
- Der Ausstieg aus konventionellen Anlagen wird begleitet vom Ausbau volatiler EE-Anlagen, welche am Verteilnetz angeschlossen sind.
- Wird es einen Blindleistungsmarkt geben und wie wird er ausgestaltet?

Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

Planung

EnWG §43, Abs. 2 Satz 8:

„Auf Antrag des Trägers des Vorhabens können durch Planfeststellung durch die nach Landesrecht zuständige Behörde zugelassen werden:

[…]

8. Die Errichtung und der Betrieb sowie die Änderung von Großspeicheranlagen mit einer Nennleistung ab 50 Megawatt, soweit sie nicht § 126 des Bundesberggesetzes unterfallen“

Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

Die „vierte“ Säule

Pumpspeicherkraftwerke

EnWG § 3 Nr. 25; StromNEV § 14 Abs. 1 Satz 1

Der Betreiber eines Pumpspeicherkraftwerks, der für dessen Betrieb aus dem Netz Strom entnimmt, ist Letztverbraucher i.S. des § 3 Nr. 25 EnWG und damit entgeltpflichtiger Netznutzer nach § 14 Abs. 1 Satz 1 StromNEV.

BGH, Beschluss vom 17. November 2009 - EnVR 56/08 - OLG Düsseldorf

Quelle: Bundesgerichtshof, EnVR 56/08, verkündet am 17.11.2009

?

14.6.2019 DE Amtsblatt der Europäischen Union L 158/143

59. „Energiespeicherung“ im Elektrizitätsnetz die Verschiebung der endgültigen Nutzung elektrischer Energie auf einen späteren Zeitpunkt als den ihrer Erzeugung oder die Umwandlung elektrischer Energie in eine speicherbare Energieform, die Speicherung solcher Energie und ihre anschließende Rückumwandlung in elektrische Energie oder Nutzung als ein anderer Energieträger;

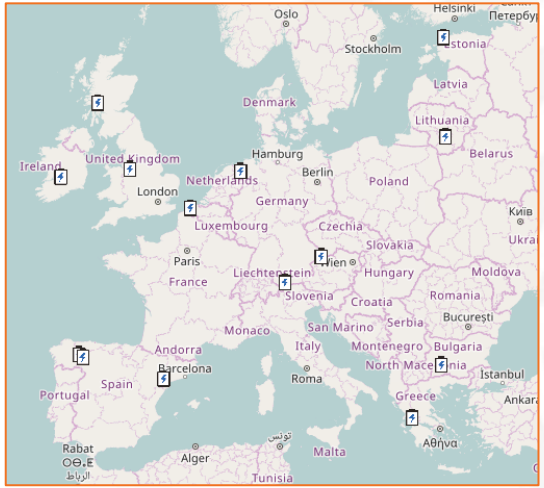
60. „Energiespeicheranlage“ im Elektrizitätsnetz eine Anlage, in der Energiespeicherung erfolgt.

Quelle: Amtsblatt der EU, Richtlinie 2019/944

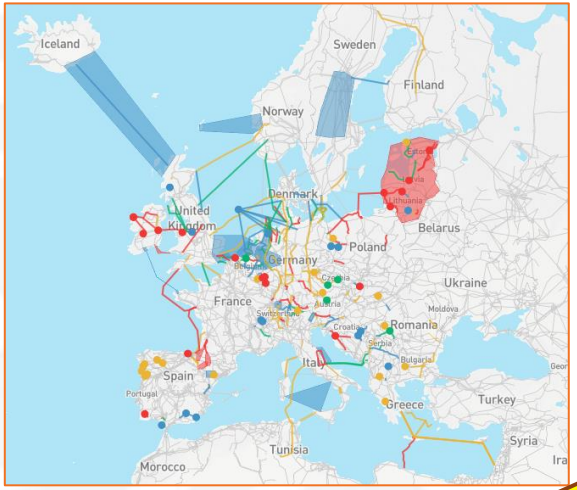
Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

Ein Blick über die Grenze…



Quelle: EU-Kommission, Projects of common interest



Quelle: ENTSO-E, Ten-year-network-development Pl

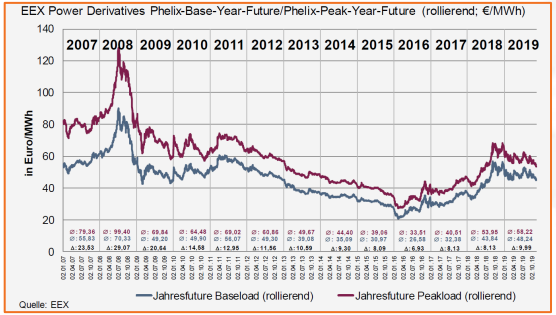
- Europaweit befinden sich 16 Pumpspeicherprojekte in Planung
  - Turbinenleistung: 14,2 GW
  - Pumpenleistung: 13,4 GW
  - Speicherkapazität: 345 GWh

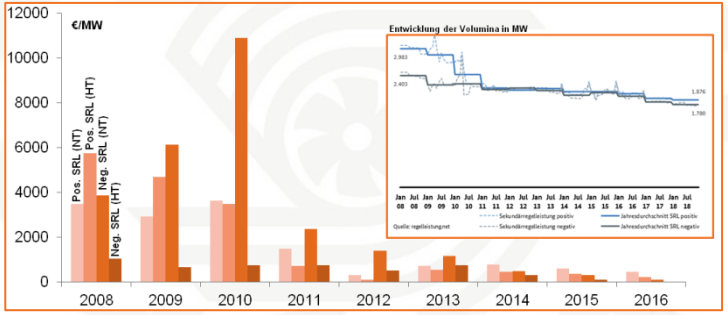
Potential Süddeutschland
P ≈ 130 GW
E ≈ 1.000 GWh

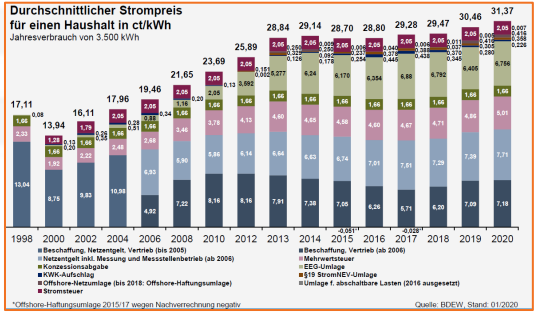
Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

Fazit: Nein!







- Strom wird ein volatileres Gut (sein Wert wird steigen).
- Systemdienstleistungen müssen zukünftig durch EE-Anlagen, Speicher, DSM bereitgestellt werden.
- Der Wert von Systemdienstleistungen wie Schwarzstart und Blindleistung wird steigen → Markt?
- Der ökologische Fußabdruck von Technologien rückt weiter in den Vordergrund.
- Die Bedeutung von Energiespeichern im allgemeinen und PSW im speziellen wird steigen.
- Europäische Gesetzgebung bzgl. Speicher muss in dt. Recht implementiert werden

Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

Nein!

Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

EU-Verordnungen

Artikel 22

Integrierte Berichterstattung über die Sicherheit der Energieversorgung

Die Mitgliedstaaten nehmen in die integrierten nationalen energie- und klimabezogenen Fortschrittsberichte Informationen auf, und zwar über die Umsetzung

a) der nationalen Ziele für die Diversifizierung der Energiequellen und der Energieversorgung;

b) der etwaigen nationalen Ziele für die Verringerung der Abhängigkeit von Energieeinfuhren aus Drittstaaten;

21.12.2018 DE Amtsblatt der Europäischen Union L 328/29

c) der nationalen Ziele für die Entwicklung der Fähigkeit zur Bewältigung von Einschränkungen bzw. Unterbrechungen der Lieferungen eines Energieträgers, einschließlich Gas und Strom;

d) der nationalen Ziele für die Erhöhung der Flexibilität des nationalen Energiesystems, insbesondere durch die Erschließung heimischer/inländischerXXX Energiequellen, Laststeuerung und Energiespeicherung;

e) durchgeführter, verabschiedeter und geplanter Politiken und Maßnahmen zur Verwirklichung der unter den Buchstaben a bis d genannten Ziele;

f) der regionalen Zusammenarbeit bei der Verwirklichung der unter den Buchstaben a bis d genannten Ziele und Politiken;

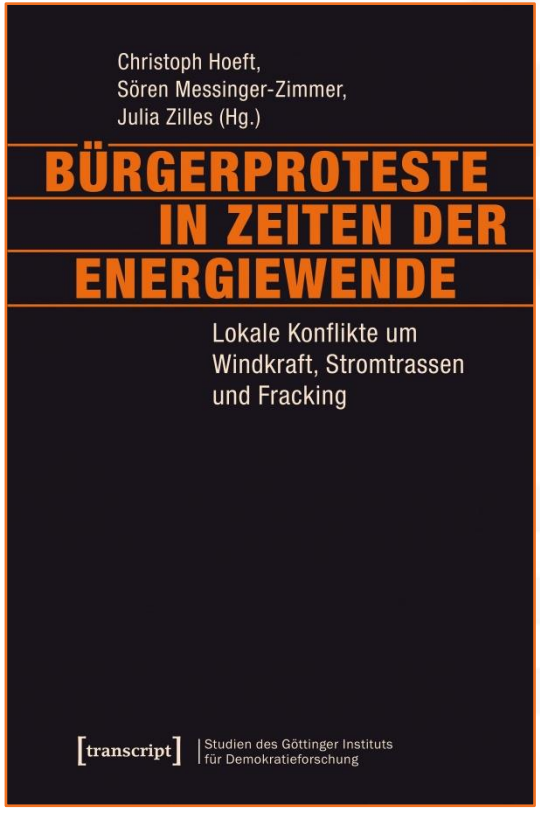
g) etwaiger Finanzierungsmaßnahmen — einschließlich Unterstützung durch die Union und Nutzung von Unionsmitteln — auf diesem Gebiet auf nationaler Ebene, unbeschadet der Artikel 107 und 108 AEUV.

Quelle: Amtsblatt der europäischen Union - VERORDNUNG (EU) 2018/1999 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. Dezember 2018

Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

Bürgerproteste



- Energiepolitik der Regierungsebene widerspricht regionalen/lokalen Interessen
- Dissens über den Speicherbedarf (und wie er ausgestaltet wird)
- Die installierte Kraftwerkskapazität könnte von aktuell 118 GW auf 417 GW in 2050 steigen → Folgen?
- „Not in my backyard“-Prinzip
- Jede Technologie hat einen Fußabdruck
- Es bedarf an Kohärenz zwischen Klima- und Energiezielen

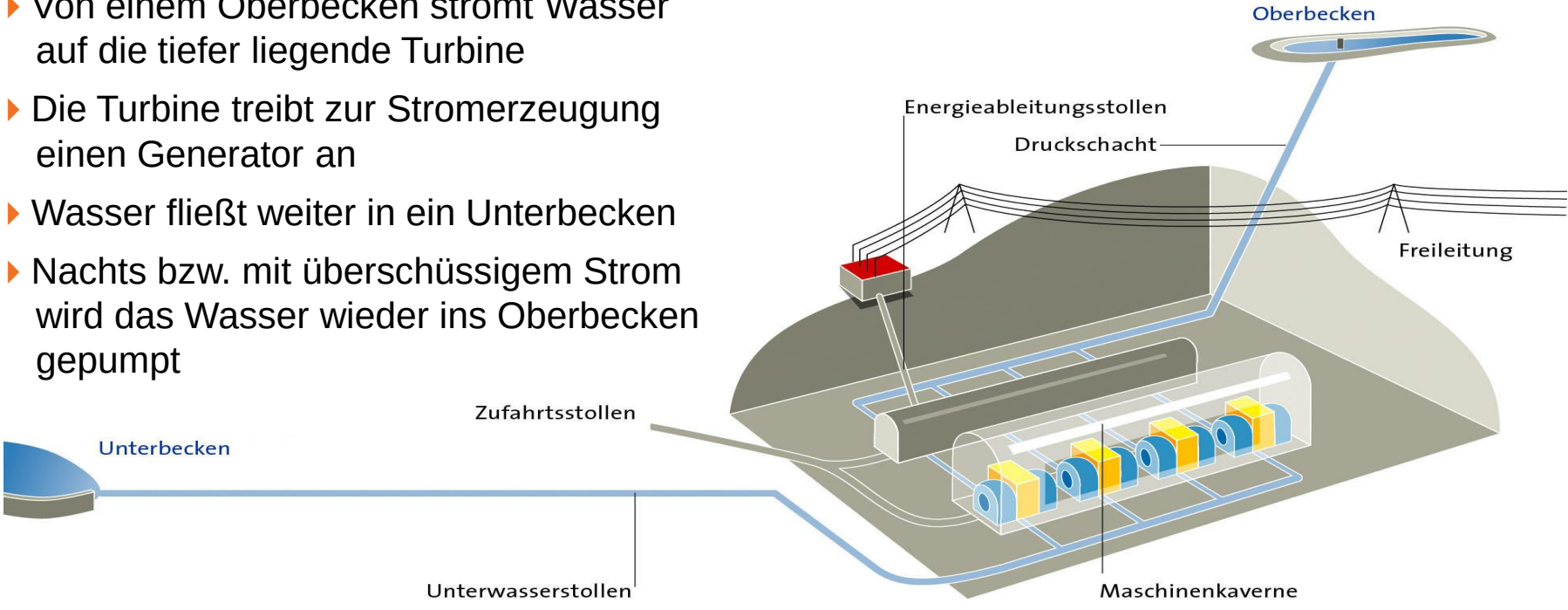
- Etwaige Auswirkungen beim Pumpspeicherbau bleiben regional
- Lebensdauer von Pumpspeichern ist mit Abstand die höchste

Schluchseewerk

Schluchseewerk AG

Funktionsweise Pumpspeicherkraftwerk

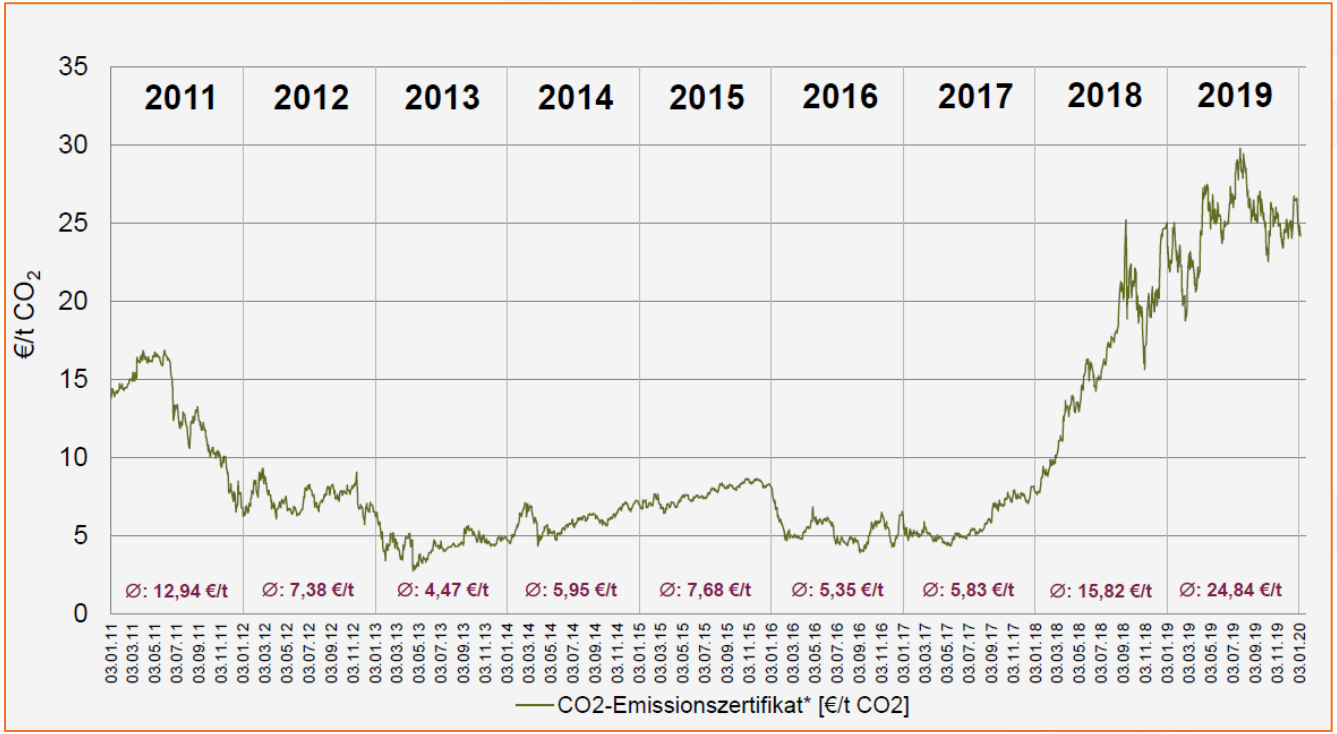
- Von einem Oberbecken strömt Wasser auf die tiefer liegende Turbine
- Die Turbine treibt zur Stromerzeugung einen Generator an
- Wasser fließt weiter in ein Unterbecken
- Nachts bzw. mit überschüssigem Strom wird das Wasser wieder ins Oberbecken gepumpt



Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

CO_2-Preis



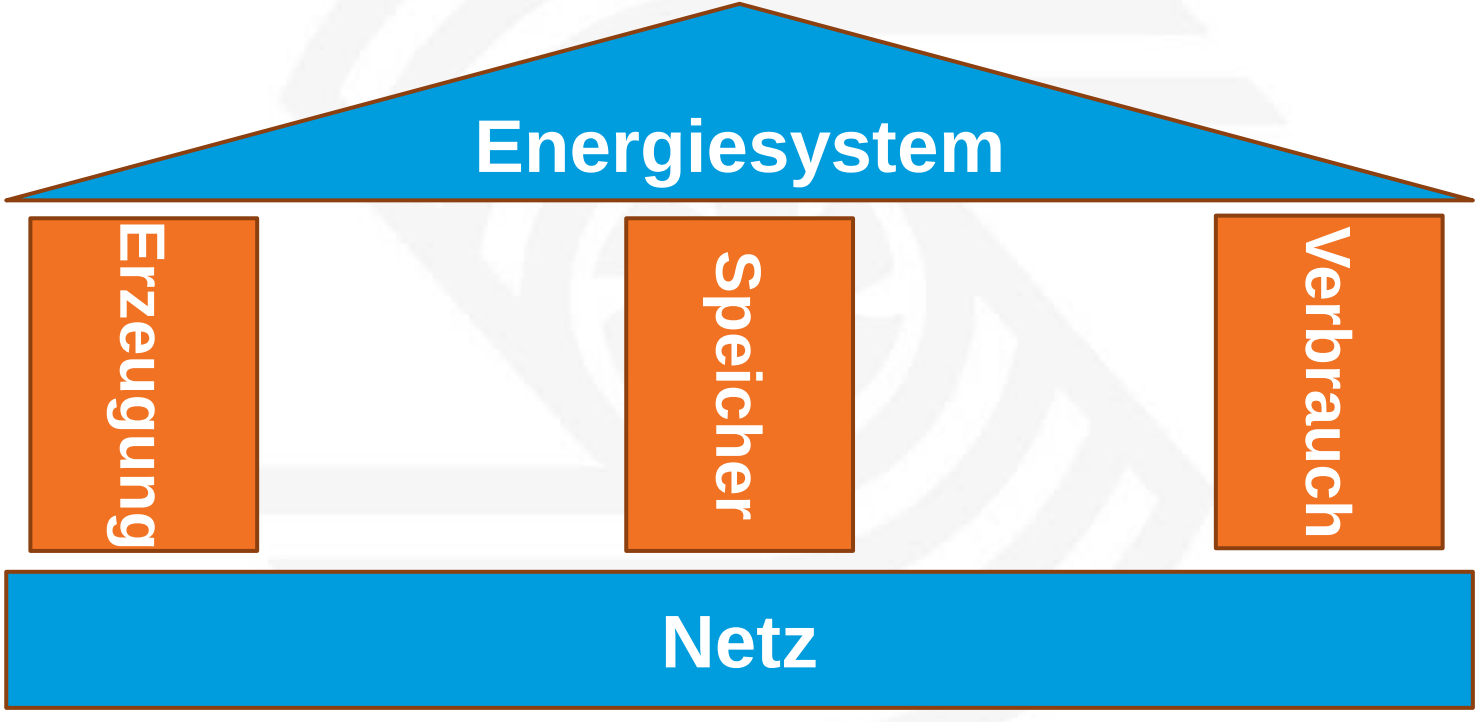
Quelle: BDEW-Strompreisanalyse Januar 2020, 07.01.2020

- Zusätzlicher nationaler CO_2-Markt für Nicht-ETS Sektoren (Wärme/Transport)
- Startpreis 01/21: 25 €/t
- 55 €/t bis 2025
- 55 – 65 €/t beginnend 2026
- **Schnellerer Ausstieg aus der Kohle?**

Schluchseewerk

Pumpspeicher – Eine aussterbende Spezies?

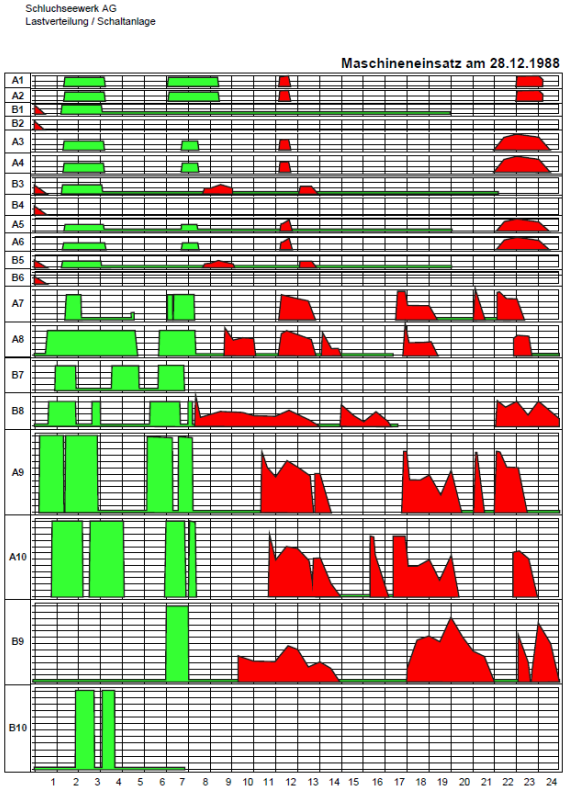
Säule des zukünftigen Energiesystems

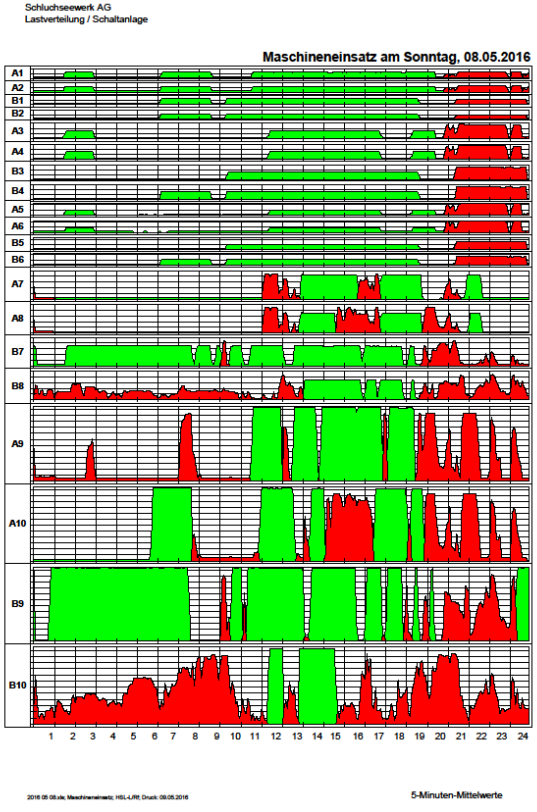


Schluchseewerk

Milestones of energy policy

Historical development

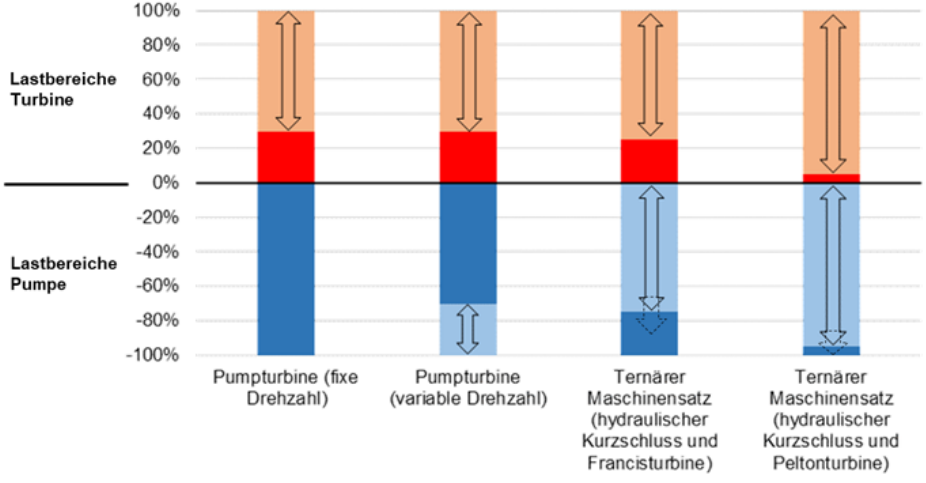


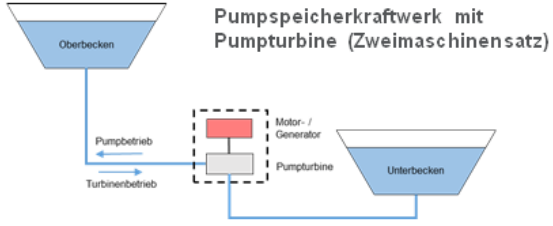


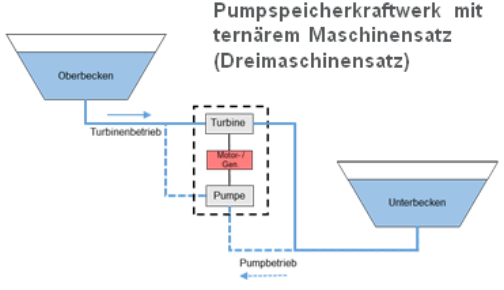
Schluchseewerk

Milestones of energy policy

Historical development







- Pumpspeicherkraftwerke sind (in Abhängigkeit von ihrer Bauart) in der Lage, ein **breites Leistungsband** (turbinen- und/oder pumpenseitig) abzudecken.
- Dadurch können sie auf Änderungen im Bedarf außerordentlich flexibel reagieren.
- Im Besonderen gilt dies für Pumpspeicherkraftwerke, die im **hydraulischen Kurzschluss** betrieben werden (Ternärer Maschinensatz).

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Alpine Wasserkraft e.V. 2019

Schluchseewerk

Einsatz von Batteriespeichern im Rahmen der Netzampel

Praxiserfahrungen aus dem NETZlabor Freiamt

Netze BW GmbH – Abteilung Technik Innovation
Carmen Exner
23. Januar 2020

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Veränderung der Energielandschaft

Erzeugung

- Wegfall von fossilen Kraftwerken
- Fluktuierende erneuerbare Erzeugung
- Dezentrale Einspeisung

Verbraucher

- Elektromobilität
- Elektrifizierung Wärmesektor
- Sektorenkopplung, Power2Gas
- Hohe Gleichzeitigkeit und Lastspitzen

Neue Akteure

- Prosumer
- Neue Märkte

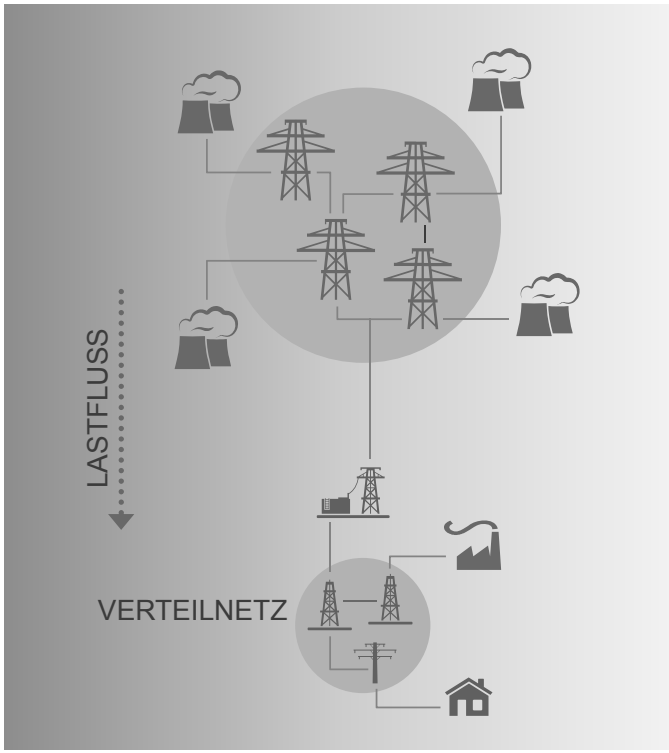
Digitalisierung

- IoT, Big Data
- Vernetzung

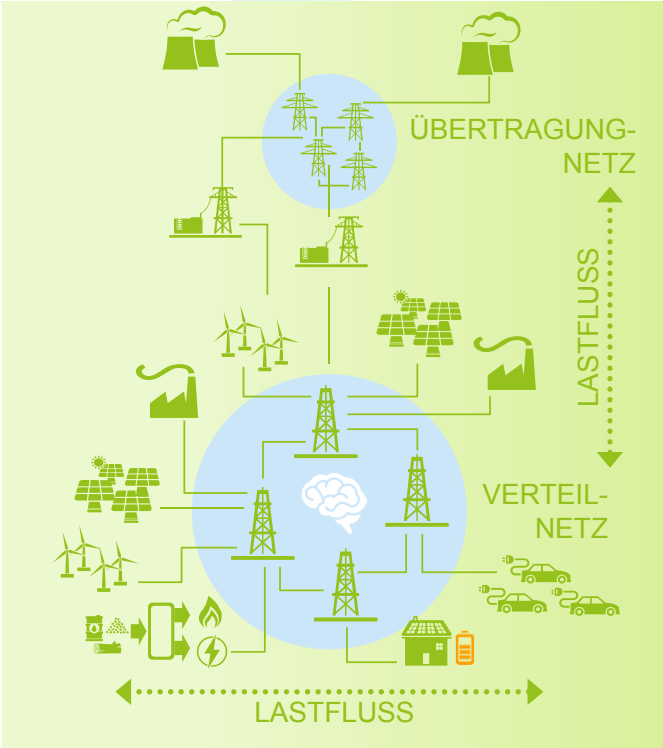
Veränderungen der externen Treiber haben Auswirkungen auf das Verteilnetz.

Veränderungen in der Energiewelt bedeuten Herausforderungen für das Verteilnetz

ENERGIEWELT VON GESTERN



ENERGIEWELT VON MORGEN



Herausforderungen

- Umgekehrte Lastflüsse
- Thermische Engpässe
- Spannungsbandprobleme

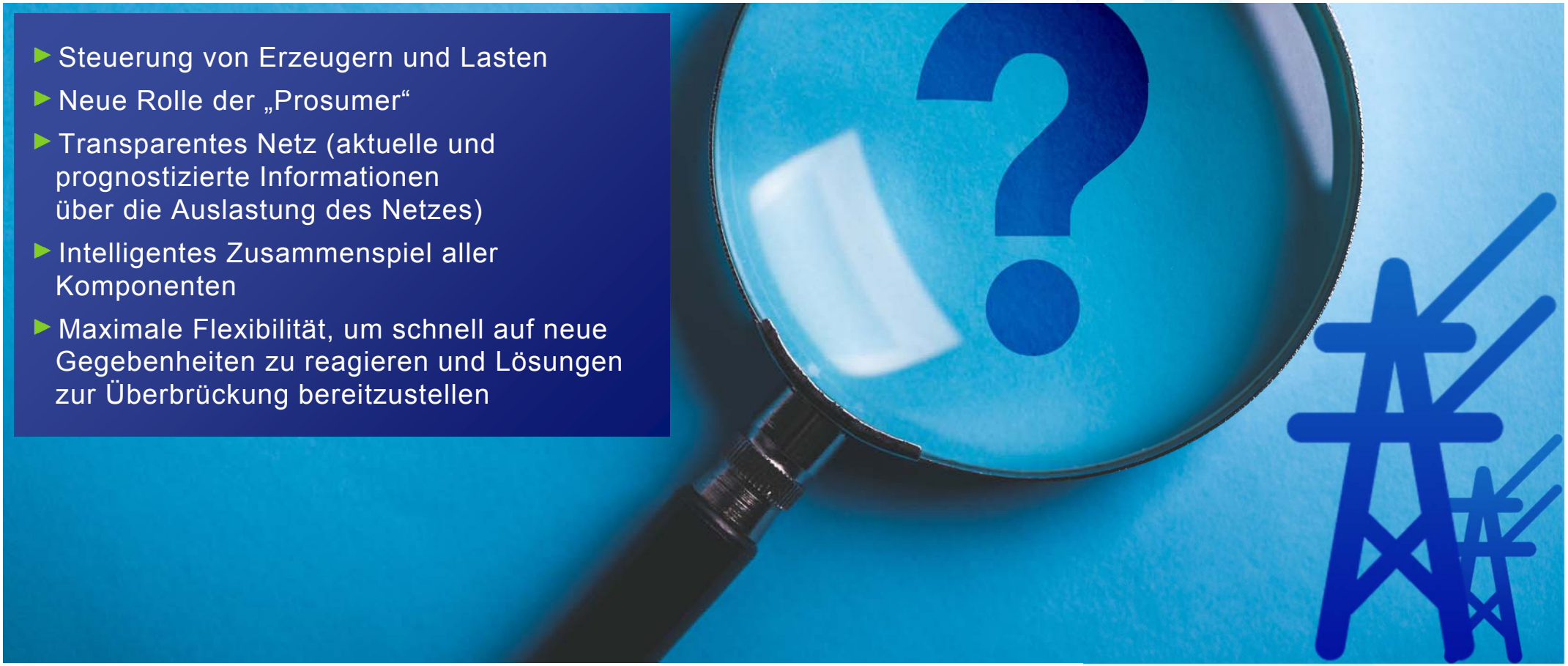
→ Wir machen das Netz fit für die Zukunft

- Versorgungssicherheit
- Energiewende
- Effiziente Netznutzung

Was muss das Netz können, um „fit“ für die Zukunft zu sein?

Die Anforderungen an das Verteilnetz von morgen.

- Steuerung von Erzeugern und Lasten
- Neue Rolle der „Prosumer“
- Transparentes Netz (aktuelle und prognostizierte Informationen über die Auslastung des Netzes)
- Intelligentes Zusammenspiel aller Komponenten
- Maximale Flexibilität, um schnell auf neue Gegebenheiten zu reagieren und Lösungen zur Überbrückung bereitzustellen



Projektübersicht grid-control

Förderprojekt im 6. Energieforschungsprogramm des BMWi

grid-control

Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Laufzeit Juli 2015 – Dezember 2018

Feldtest September 2017 – September 2018

Ziel Entwicklung, Integration und Erprobung von Konzepten und Systemlösungen in einem Gesamtlösungsansatz für zukünftige Verteilnetze

→ Generierung von Synergien durch intelligente Interaktion

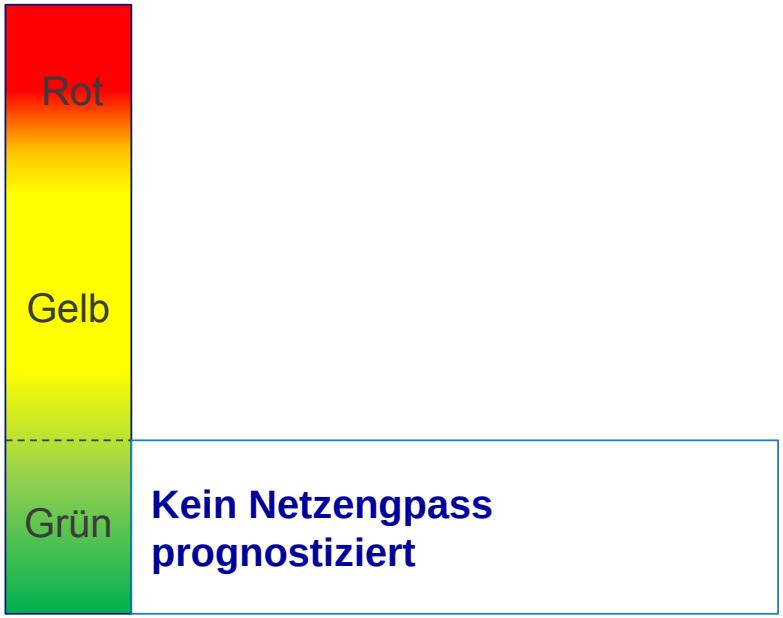
Forschung: FZI, Universität Stuttgart, KIT Karlsruher Institut für Technologie

Industrie: FICHTNER, seven2one, adstec, Landis+Gyr

VNB: Netze BW, PRE

Konzept der Netzampel

Grüne Ampelphase



Kein Netzengpass prognostiziert

Alle Akteure können wir geplant Strom beziehen oder einspeisen.

Konzept der Netzampel

Rote Ampelphase

Rot	**Netzengpass in Echtzeit** Kurative Maßnahmen durch den **Netzbetreiber**
Gelb	
Grün	Kein Netzengpass prognostiziert

Auf den Engpass wirkende steuerbare Einspeiseanlagen werden über eine dezentrale Automatisierung abgeregelt.

Konzept der Netzampel

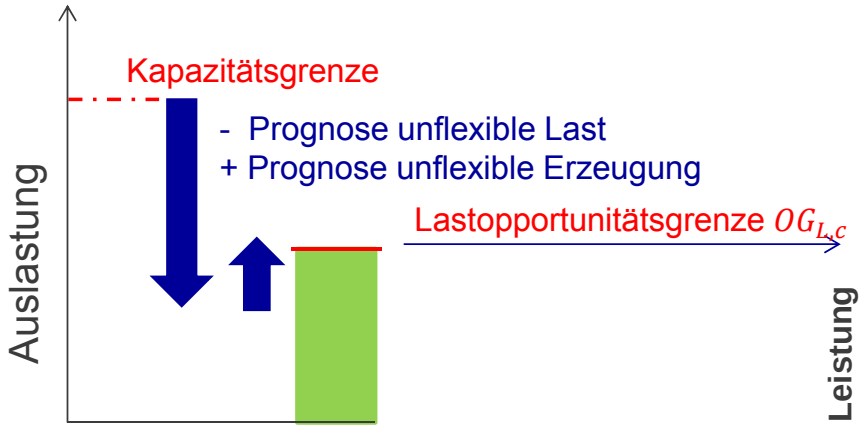
Gelbe Ampelphase

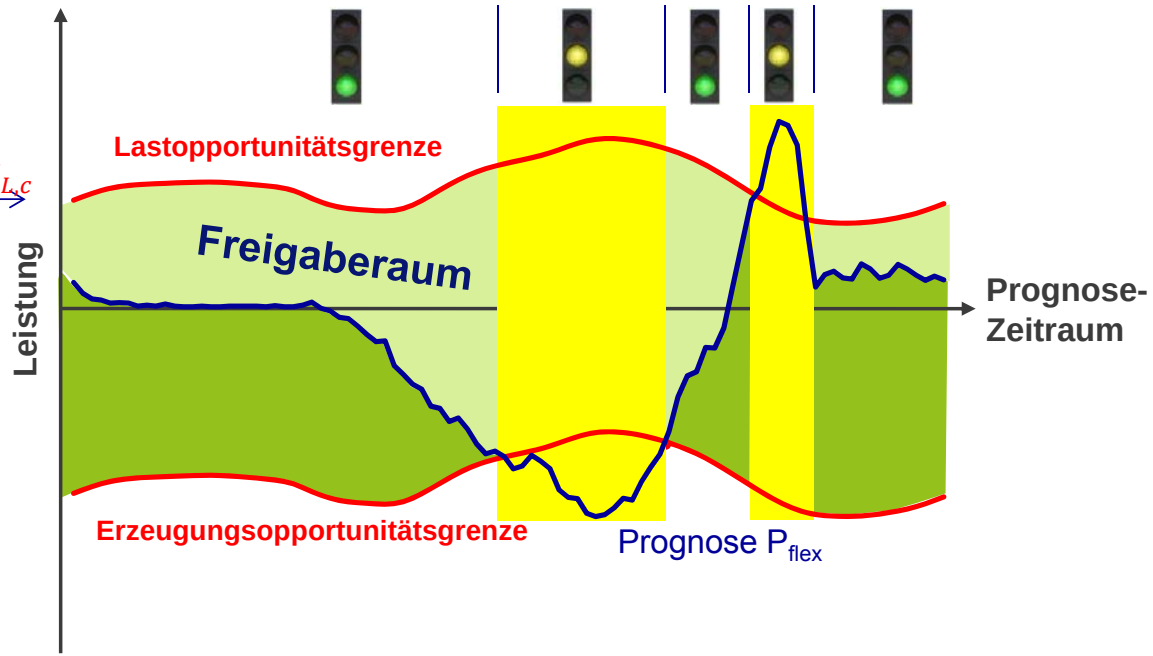
Rot	Netzengpass in Echtzeit Kurative Maßnahmen durch den Netzbetreiber
Gelb	**Prognosebasierter Netzengpass** Interaktion von **Netz & Markt**: Diskriminierungsfreie Quoten der Flexibilitäten geben Marktteilnehmern Nebenbedingungen für Optimierung vor
Grün	Kein Netzengpass prognostiziert

Netzbetreiber stellt diskriminierungsfrei verfügbare Netzkapazitäten zur Verfügung ohne selbst Marktteilnehmer zu sein.

Das Quotenmodell

Day-ahead Umsetzung im Projekt grid-control





Gelbe Ampelphase:

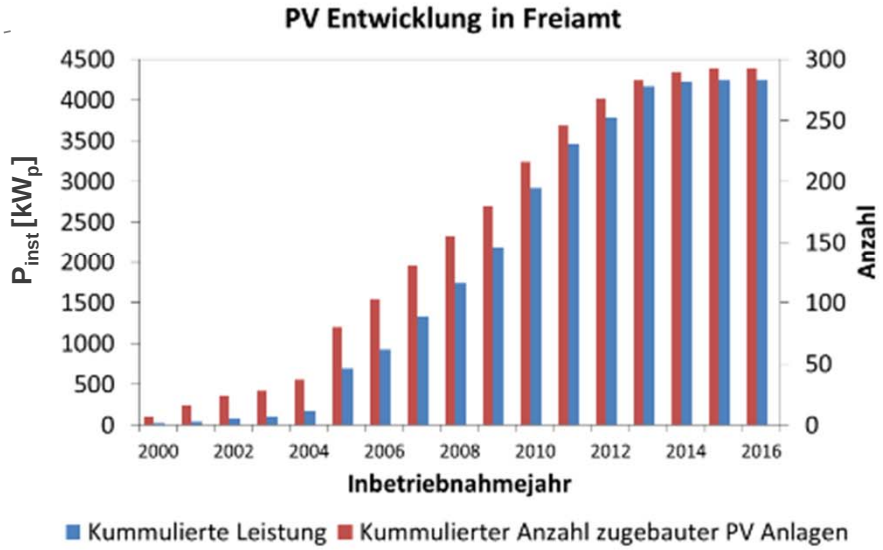
$$Lastquote\ q_{L,t} = \frac{Lastopportunitätsgrenze_t}{Installierte\ flexible\ Last}$$

(analog für Einspeisung)

Quote → Anteil von flexiblen Lasten in einem Netzabschnitt, der in einem Zeitraum aktiviert werden kann, ohne dass es zur Verletzung von Netzrestriktionen kommt (analog für Einspeiseanlagen)

Praktische Erprobung im Feld

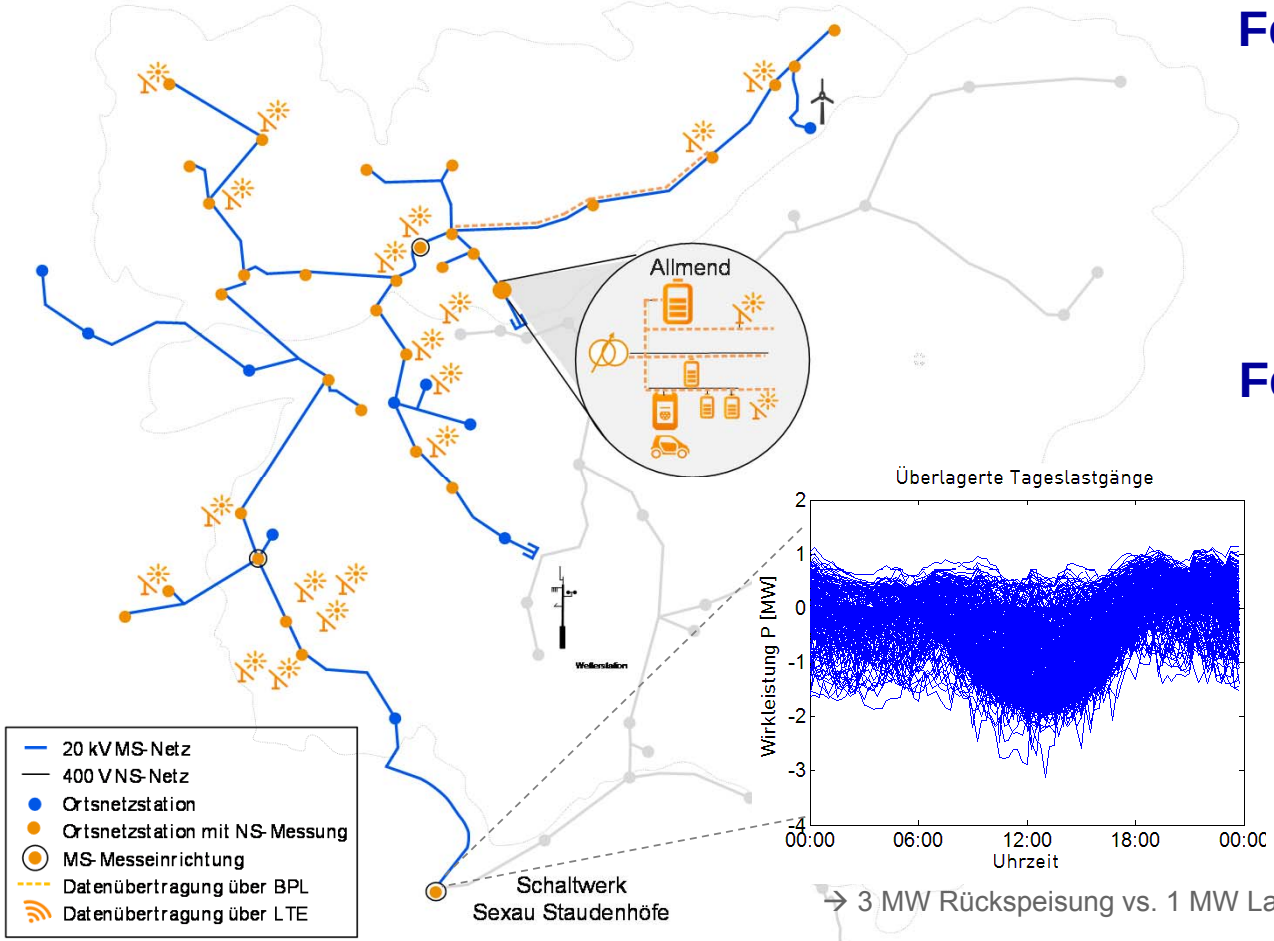
Freiamt als Vorreiter der Energiewende



Schon heute kann in Freiamt das Netz der Zukunft erprobt werden!

Praktische Erprobung im Feld

Testumgebung und -komponenten



→ 3 MW Rückspeisung vs. 1 MW Last

Feldtest im NETZlabor | Freiamt

- Ländliches MS/NS Netzgebiet
- 2 MS-Stränge ab Schaltwerk Sexau
- „blauer“ MS-Strang: > 5 MW EE-Anlagen
- Feldtest 09/2017 – 09/2018

Feldtestkomponenten

- 30 Stationen mit Mess- und Kommunikationstechnik
- Rd. 700 kWp PV-Anlagen angebunden an REMS*
- Vier Batteriespeichersysteme mit GEMS**
  - 3 Haushaltsspeicher
  - Quartiersspeicher,120 kW/kWh
- Regelbarer Ortsnetztransformator (rONT)
- 22 kW Ladestation

*Regionales Energiemanagement System
** Gebäude Energiemanagement System

Praktische Erprobung im Feld

Installationen bei Feldtestteilnehmern

Haushaltsspeicher mit integriertem bzw. separatem Wechselrichter in den Kellern der Feldtestteilnehmers

Controller eines Gebäude Energie Management Systems

Visualisierung von Messdaten für Feldtestteilnehmer

„Innovative“ Antennenkonstruktionen

Praktische Erprobung im Feld

Installationen im Netz

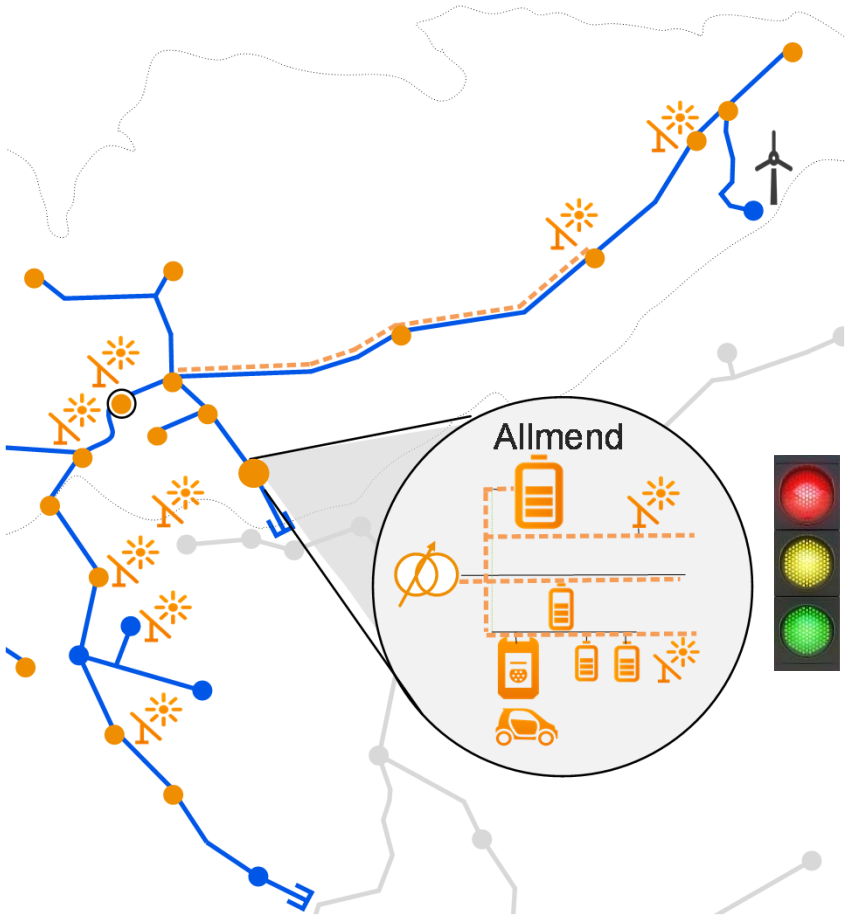
120 kWh/120 kVA Power Booster an der Ortsnetzstation Allmend

NS-Messtechnik in Ortsnetzstation

Intelligente Ortsnetzstation mit MS-Messung

Fragestellungen im Feldtest

Niederspannungsnetz Allmend

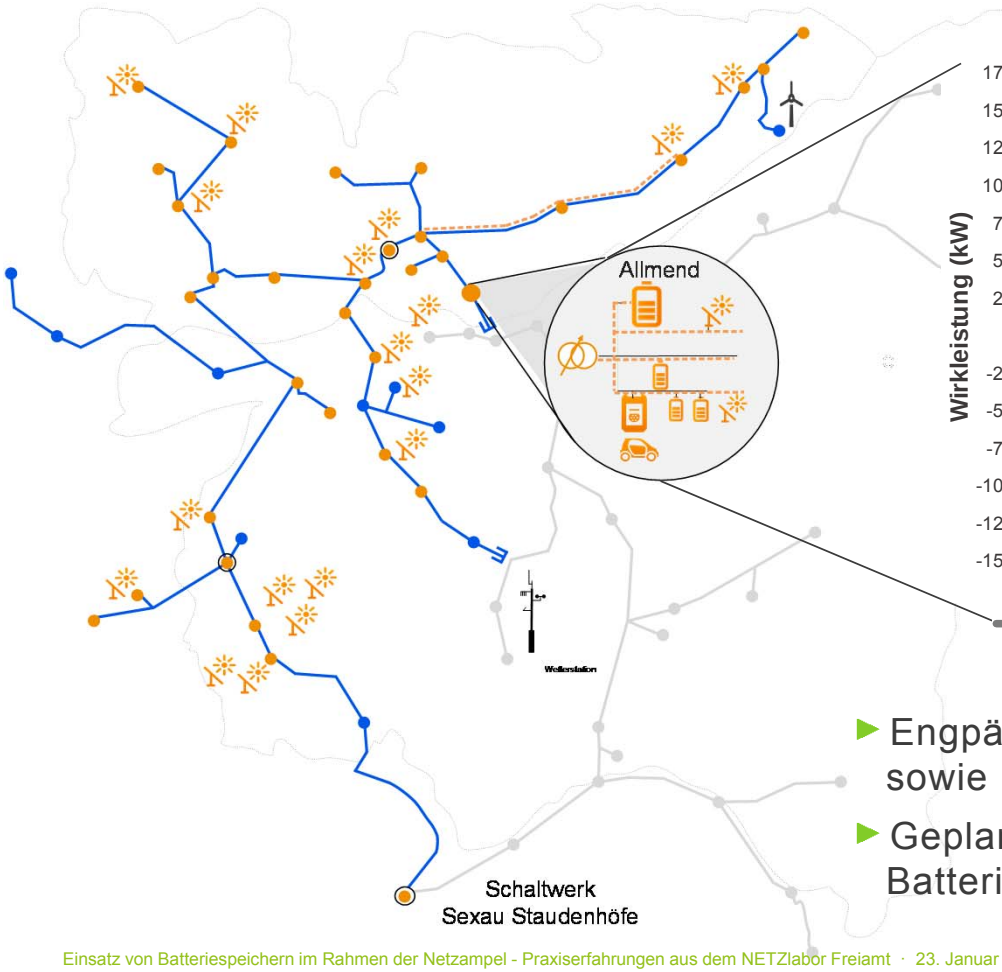


Proaktives Engpassmanagement
→ Gelbe Ampel

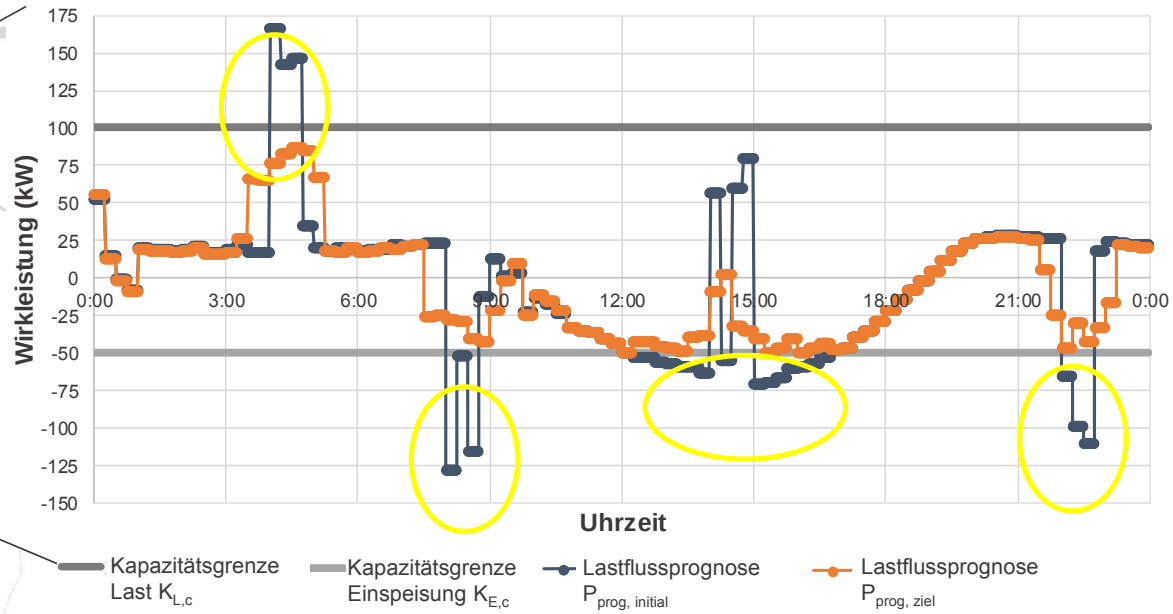
- Prognose: Unflexible Einspeiser und Lasten + Fahrpläne der flexiblen Batteriespeicher
- Vorhersage des Netzzustandes
- Überlastungen am Vortag erkennen und mit flexiblen Anlagen vermeiden
- Übermittlung der Rahmenbedingungen für den Markt

Ergebnisse des Feldtests

Proaktives Engpassmanagement



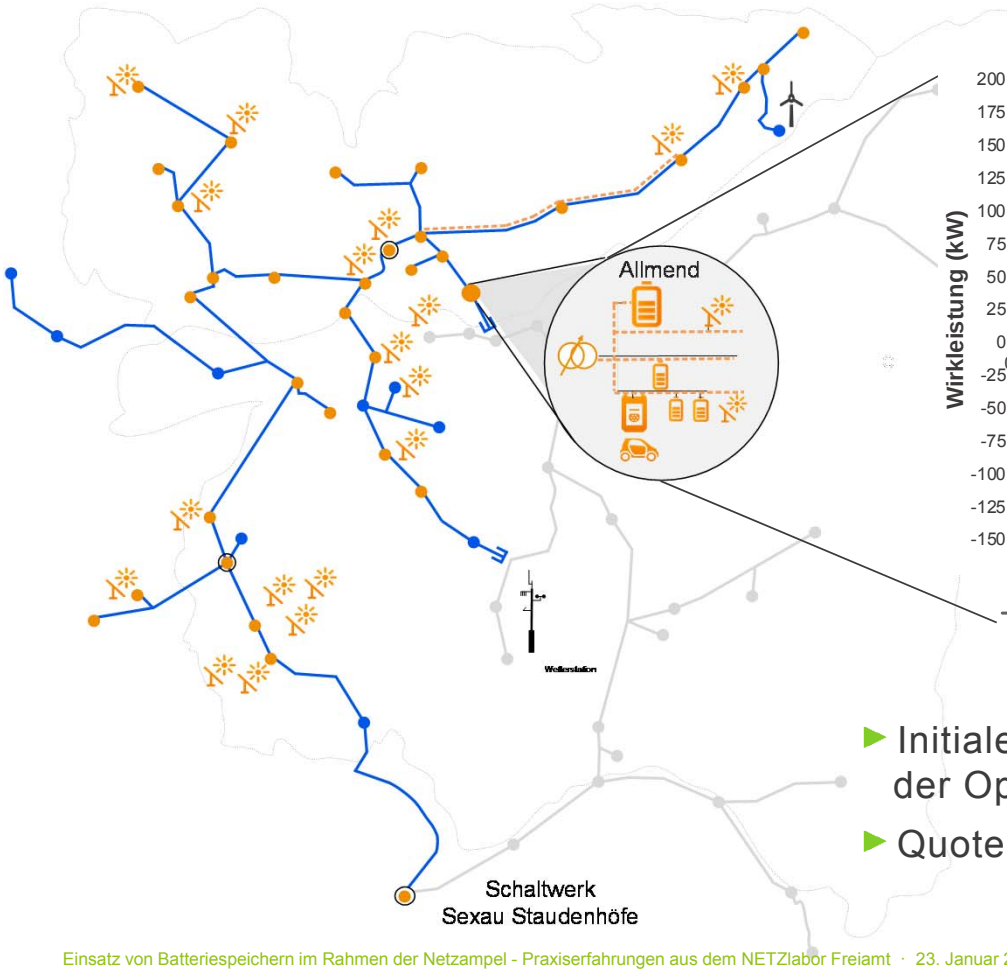
Prognostizierter Lastfluss am Transformator



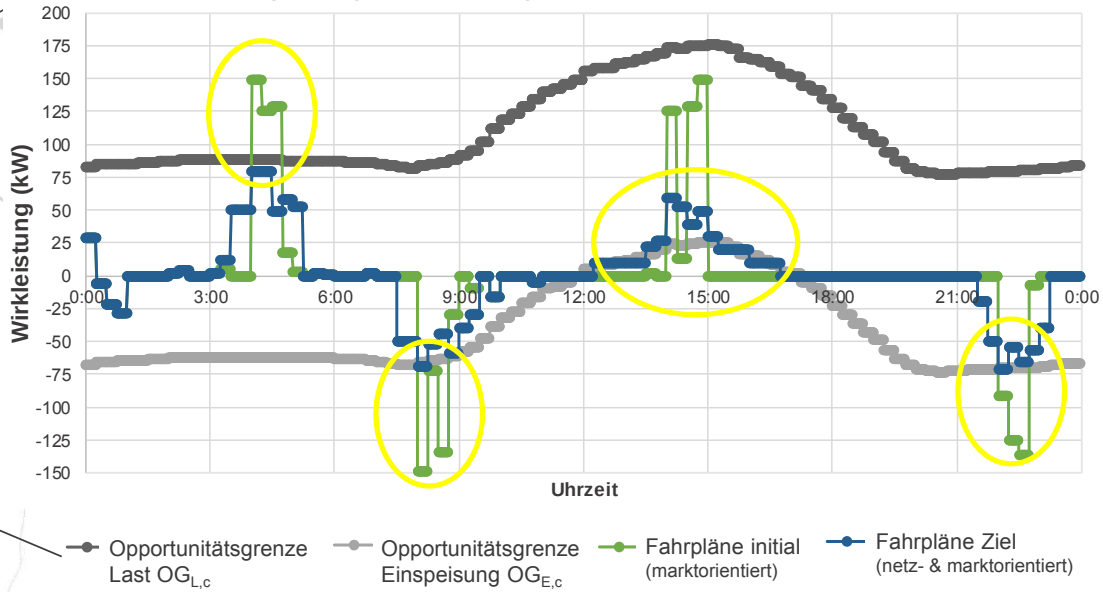
- Engpässe aufgrund von Speicherbe-/entladung (morgens/abends) sowie hoher PV-Einspeisung (nachmittags) prognostiziert
- Geplante Engpassvermeidung durch Fahrplananpassungen der Batteriespeicher

Ergebnisse des Feldtests

Proaktives Engpassmanagement



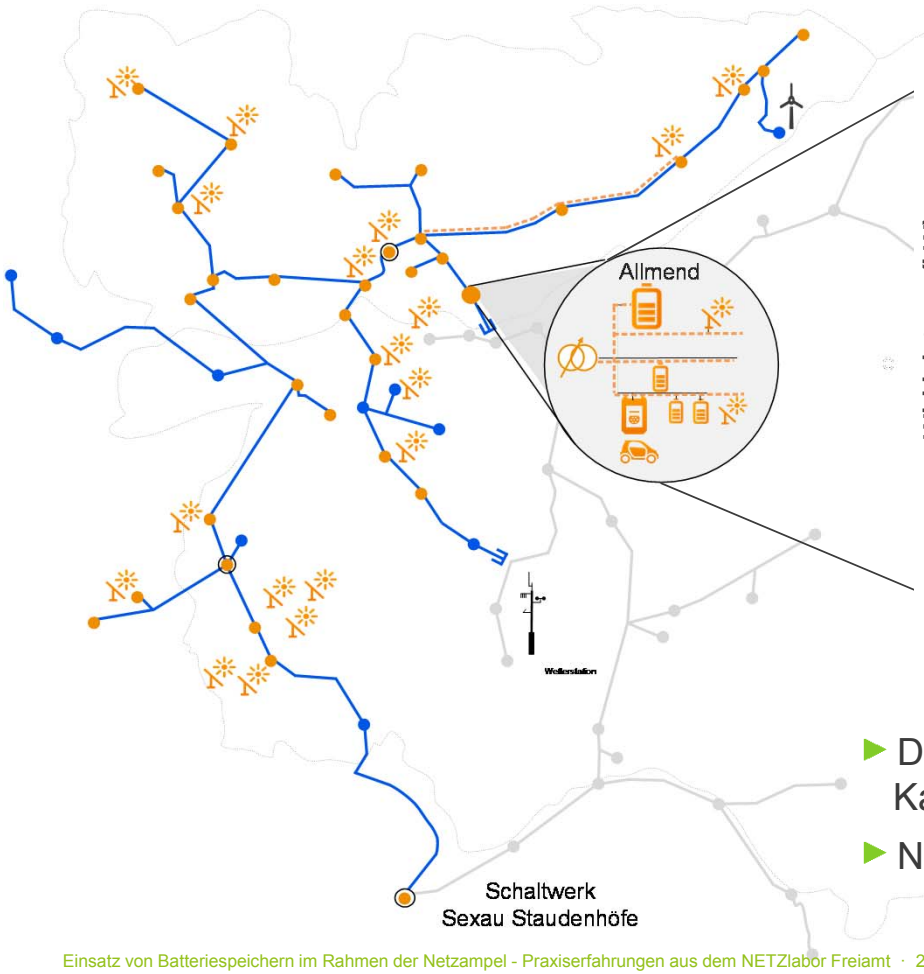
Fahrpläne der Batteriespeichersysteme vor und nach der Anpassung aufgrund der gelben Ampelphase



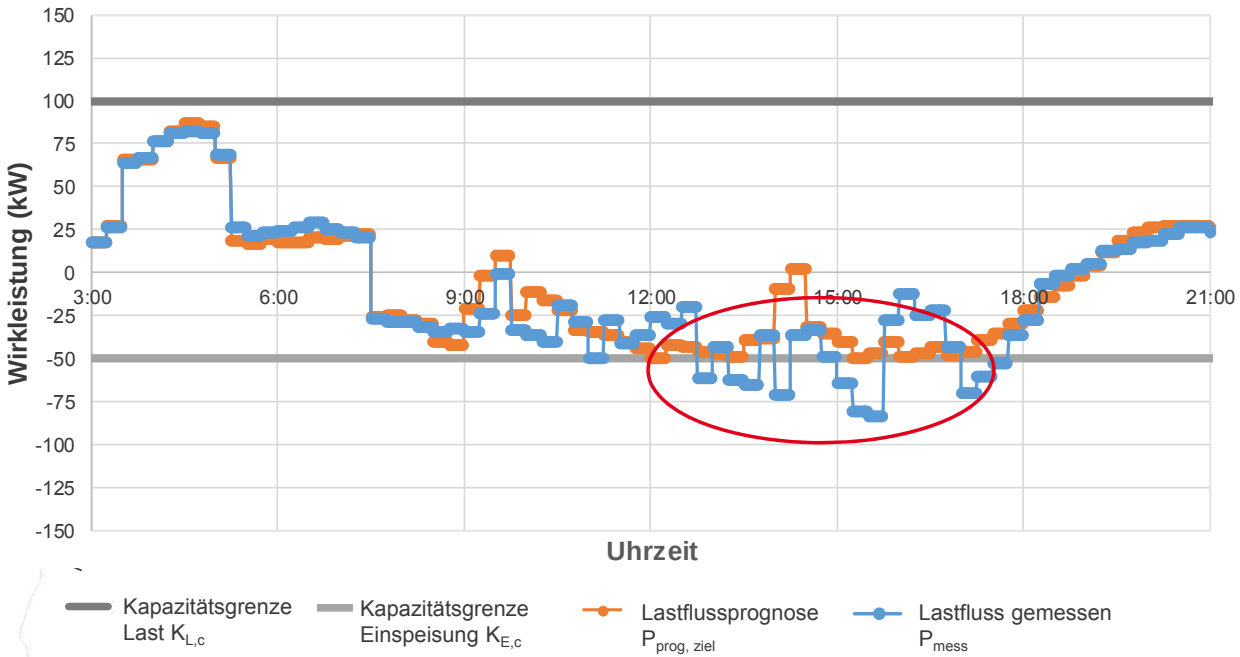
- Initiale Fahrpläne der Batteriespeicher (grüne Linie) sind außerhalb der Opportunitätsgrenzen
- Quotenübermittlung führt zu Fahrplananpassungen

Ergebnisse des Feldtests

Proaktives Engpassmanagement



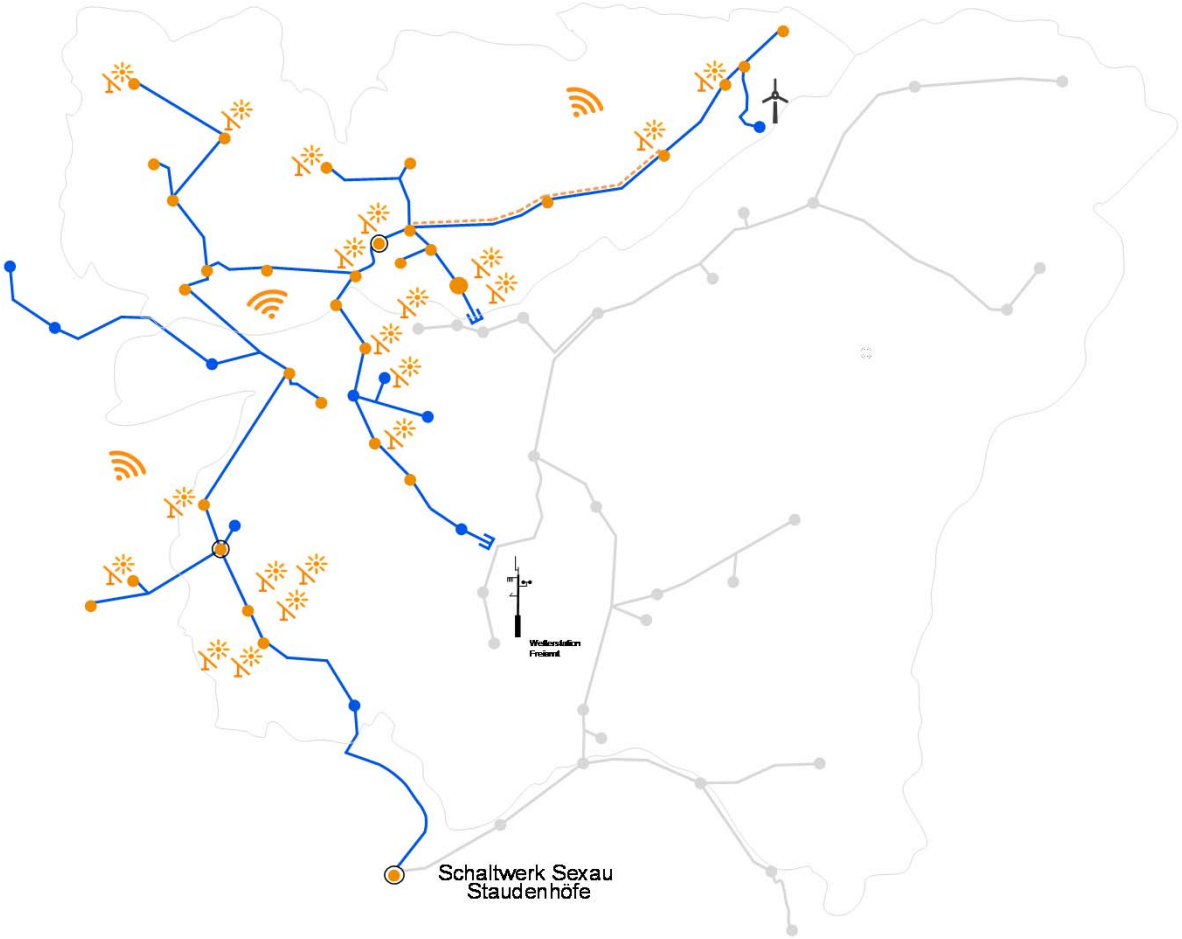
Geplanter Lastfluss vs. gemessener Lastfluss am Transformator



- Der gemessene Lastfluss überschreitet die (fiktiven) Kapazitätsgrenzen aufgrund von Prognosefehlern
- Netzbetreiber würde innerhalb der roten Ampelphase eingreifen

Fragestellungen Feldtest

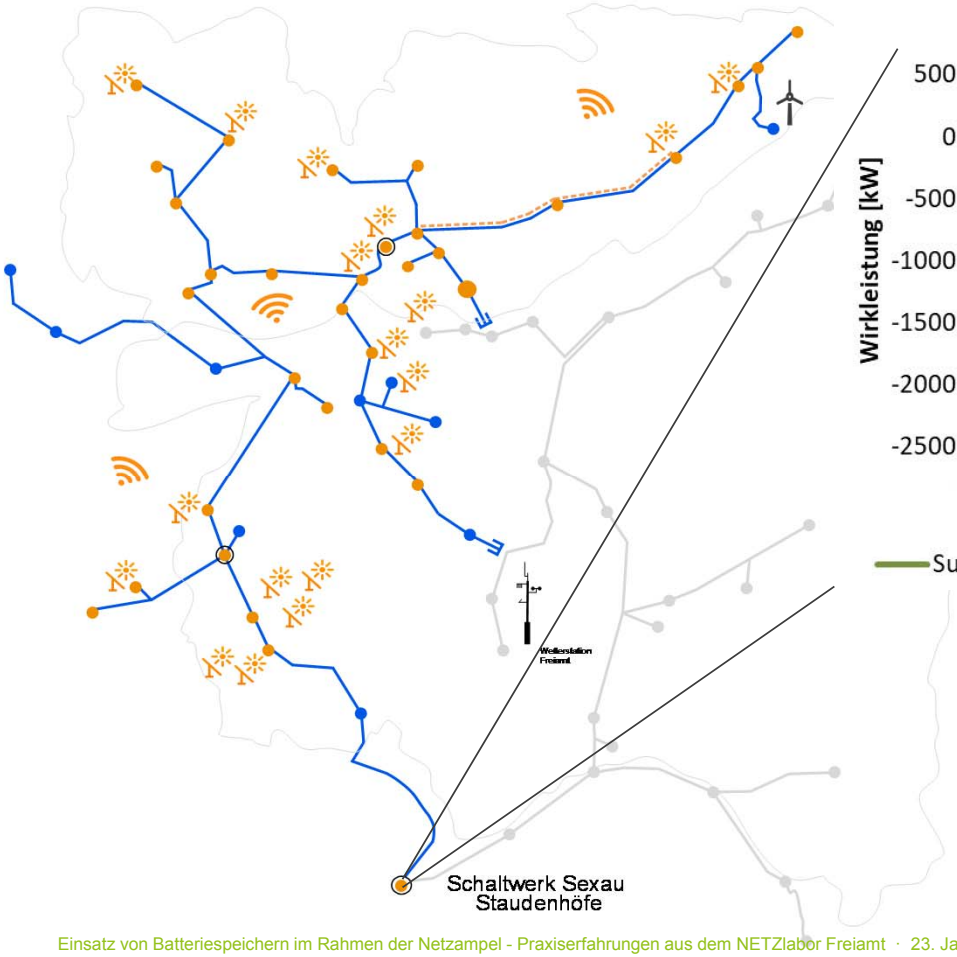
Mittelspannungsstrang in Freiamt

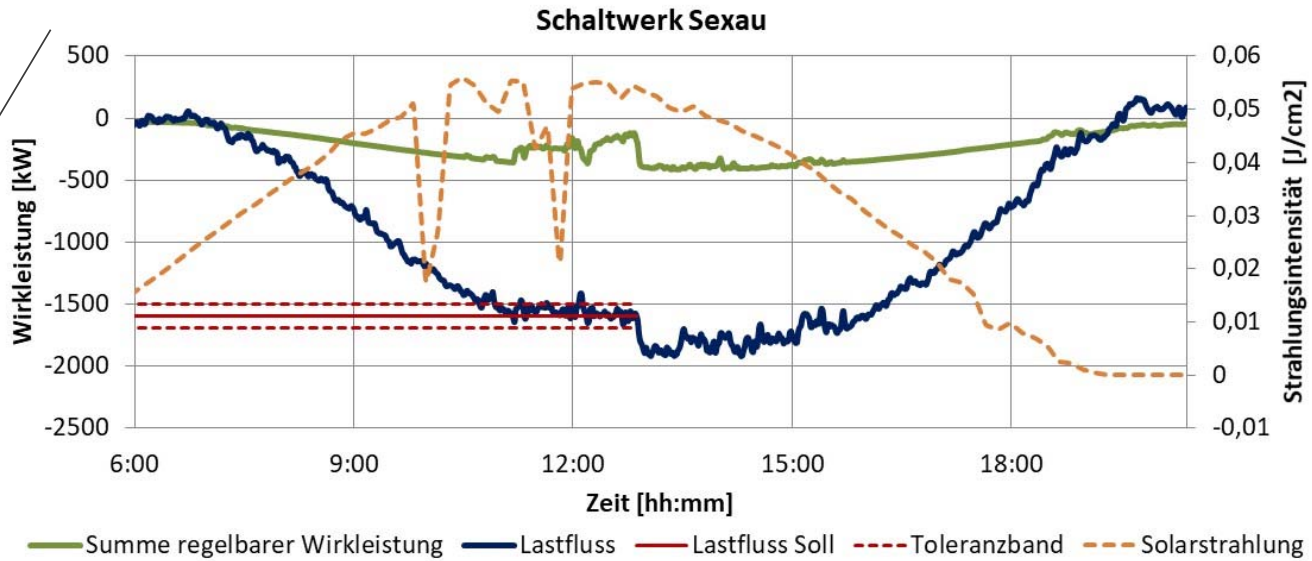


- Echtzeit-Überwachung des Netzzustandes (MS)
- Schätzung des Netzzustands
- Einspeiseanlagen in der roten Ampelphase bedarfsgerecht abregeln
- Aggregiertes Einspeisemanagement zur Unterstützung bei Engpässen in vorgelagerten Netzebenen

Ergebnisse Feldtest

Lastflussregelung an Referenzknoten





- Automatisierte, koordinierte Ansteuerung von rund 30 PV-Anlagen und vier Batteriespeichern
- Aggregiertes Einspeisemanagement zur Unterstützung des vorgelagerten Netzes

Erkenntnisgewinne aus dem Feldtest

Demonstration des Konzepts

- Überlastungen prognostizieren und vermeiden ✓ Quotenmodell
- Engpässe in Echtzeit bewältigen ✓ Automatisierte Anlagensteuerung
- Vorgelagerte Spannungsebene stützen ✓ Automatisierte Anlagensteuerung

Batteriespeicher unterstützen in allen drei Arbeitsbereichen

Erkenntnisse

- Hohe technische Aufrüstung (Mess-, Steuer-, Kommunikationstechnik) für Umsetzung notwendig
- Ausreichende Robustheit der Algorithmen gegenüber unerwartetem Regelverhalten der Anlagen

→ Impulse für die Weiterentwicklung & offene Forschungsfragen

flexQgrid. Das Netz der Zukunft wird real.

- Projektlaufzeit: November 2019 – November 2022
- Gefördert durch das BMWi mit 5,2 Mio. € Fördervolumen (im 7. Energieforschungsprogramm)

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

UNSERE ZIELE

- Transparenz im Niederspannungsnetz
- Flexibles Netz, das bei Engpässen automatisch agiert
- Flexible Kundenanlagen, die ihre Fahrpläne den Bedingungen anpassen können

- umsetzungsnah
- Menschen erreichen

Entelios · PSI · Universität Stuttgart · Netze BW · KIT Karlsruhe Institute of Technology · BLOCKINFINITY · FICHTNER IT CONSULTING · FZI · PRE

Schaffen wir gemeinsam ein flexibles und intelligentes Netz: **flexQgrid**

Technologien

- E-Mobilität, Wärmepumpen und Speicher
- Intelligente Messsysteme
- Dezentrale Automatisierung und Steuerung des Netzes
- Distributed Ledger Technology

Umsetzung

- Einbindung in die Netzführung
- Impulse für Gesetzgeber und Regulierer
- Ausweitung Feldtest

Vernetzung

- Interaktion Prosumer, Markt und Netze
- Untersuchung von Anreizen für zukünftige Bereitstellung steuerbarer Anlagen
- Lokales Handelssystem

Bewährtes

- Quotenbasiertes Netzampelkonzept

Mit unserem Lösungsansatz arbeiten wir daran, dass die Versorgungssicherheit - trotz des Wandels - auch künftig erhalten bleibt. Gleichzeitig tragen wir zur Erfüllung unsere Versprechen bei, an denen wir gemeinsam arbeiten:

- **Energiewende** machen (Nachhaltigkeit)
- **Versorgungssicherheit**
- Intelligenter und effizienter Netzausbau
- Wirtschaftliche **Stromversorgung**

Kontakt

Netze BW GmbH
Abteilung Technik Innovation

Carmen Exner
Projektleiterin „flexQgrid“

Schelmenwasenstraße 15
70567 Stuttgart
flexqgrid@netze-bw.de

terranets bw

Speicherung von Energie – was ist sinnvoll möglich ?

Gastransportnetze als Partner der Energiewende – Herausforderungen und Potentiale

Karlsruhe, den 23.01.2019

Gastransportnetze – Partner der Energiewende (?)

Potentiale

50 % CO2-Emission

Erdgas: 200 g/kWh
Heizöl: 270 g/kWh
Steinkohle: 350 g/kWh
Braunkohle: 400 g/kWh

Effizienz +10 %

Brennwert/Heizwert:
Erdgas 1,11 Steinkohle 1,02
Methanzahl 100 – Oktanzahl 130

100 x Energiedichte

Erdgas: 15 kWh/kg
Batterie 0,15 kWh/kg
Benzin 13 kWh/kg

Verkehr 0,2 %

NGV: D: 80.000 = 0,2 % I: 900.000 - Tankstellen: D: rd. 900 I: 1.150

1902 P2G + CH_4

1902 Paul Sabatier (Nobelpreis)
$4H_2 + CO_2 = CH_4 + 4H_20$
stark exotherm

50 % P2G + H_2

Stadtgas 50 % H_2
Flüssigwasserstoff

Schadstoffe 1/20

Gase 5 mg/m³
Kohle 50 mg/m³
Holz 100 mg/m³
Staub nach TA Luft - Feuerungsanlagen

3 x Stromverbrauch

Wärme: 825 TWh/a
Verkehr: 775 TWh/a
Strom: 550TWh/a

Speicherung 30.000

AG-Volumen Speicher: 28 Mrd. m³ = 300 Mrd. kWh
Pumpspeicherwerks Atdorf 0,013 Mrd kWh

6.000 km Transport

Erdgas: 11 g/kWh
Heizöl: 25 g/kWh
LNG Break-Even-Transport 6000 km

3,5 LNG/CNG

CNG 200 bar: 1.770 kWh/m³
LNG -160 °C 6.500 kWh/m³

50 % Biogas

1 ha Silomais (40 - 60 t FM) 5.000 m³ CH4
Terranets 8 Mrd m³ - 16.000 km²
Baden-Württemberg 35.751,46 km²

Gastransportnetze – Partner der Energiewende – Herausforderungen & Potentiale

Inhaltsübersicht

1. Struktur der Erdgasversorgung in Deutschland

2. Erdgasverbrauch in Deutschland und in Baden-Württemberg

3. Speicherung von Erdgas

4. Fit für neue Gase ?

1. Struktur Erdgasversorgung in Deutschland

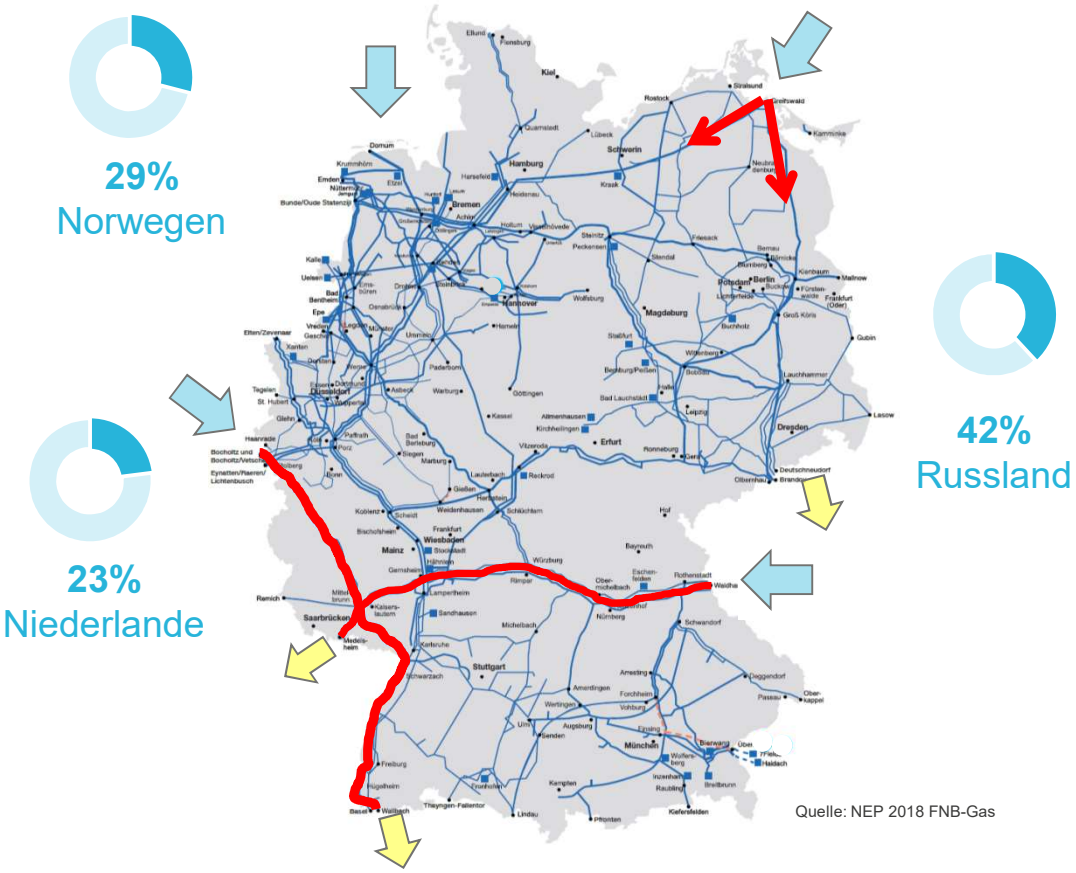
Herkunft des Erdgases

6% Inländische Förderung

Quelle: BDEW Gaszahlen 2017

> Unser Gas zu kleinen Teilen in Deutschland, hauptsächlich in den Niederlanden, Norwegen & Russland gewonnen.

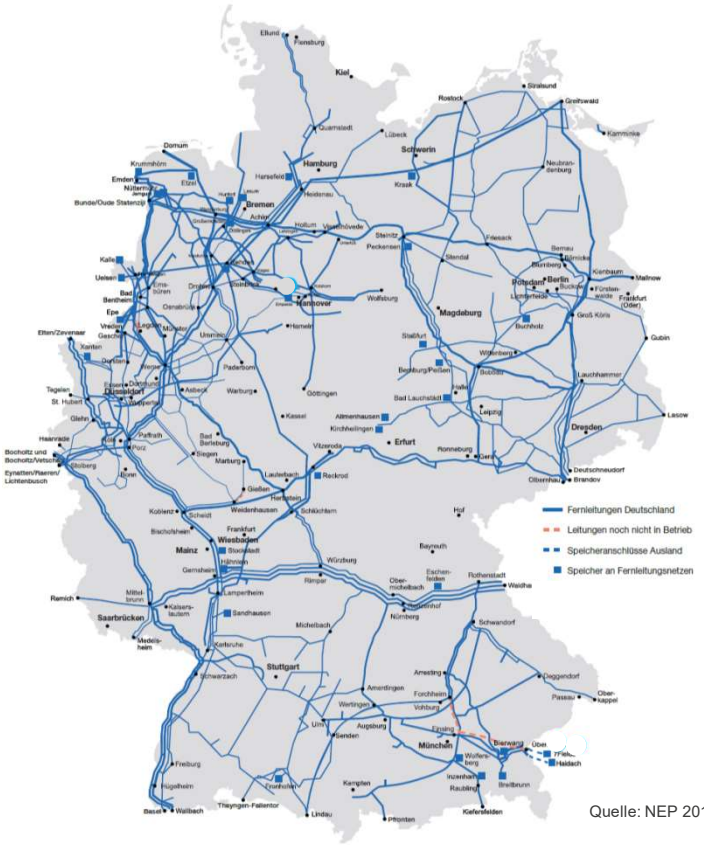
> Erdgas erreicht Deutschland über **Pipelines**, selten auch über **Tankschiffe** (LNG)



Quelle: NEP 2018 FNB-Gas

1. Struktur der Erdgasversorgung in D
FNB / VNB / Regulierung

- Re**gulierungsbehörde**n wie Bundesnetzagentur (BNetzA) legen fest
  - unter welchen Bedingungen Gas transportiert wird
  - welche Entgelte erhoben werden dürfen
- **12 Fernleitungsnetzbetreiber** (FNB / TSO)
  - transportieren Erdgas von **Importpunkten** zu
    - Verteil-Netz-Betreibern (VNB / DSO))
    - Exportpunkten, Kraftwerken & Industriekunden
  - erstellen **Netzentwicklungsplan Gas** (Netzausbauprojekte)
  - organisieren das **Marktgebiet**
- Rund **700 Verteil-Netz-Betreiber** transportieren zu Endkunden



Quelle: NEP 2018 FNB-Gas

1. Struktur der Erdgasversorgung in D
terranets BW - FNB für Baden-Württemberg

81
Transportierte Menge (TWh)

25
Leistungsspitze (GWh/h)

33
Leistung Verdichter-einheiten (MW)

2.000
Leitungsnetz (km)

700
max. Pipeline-durchmesser (mm)

80
max. Betriebs-druck (bar)

2
Verdichter-stationen

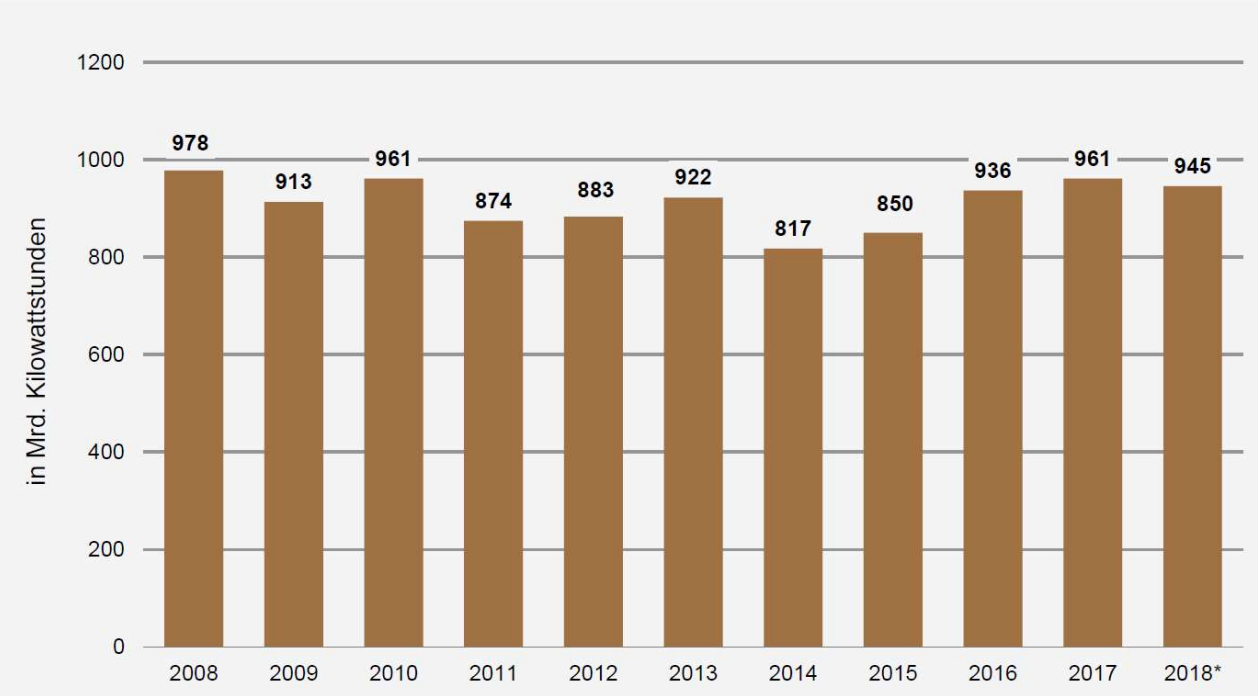
8
Verdichter-einheiten

2
Untertage-speicher

Stand: 01.05.2019

2. Erdgasverbrauch in Deutschland

Jährlicher Erdgasverbrauch in Deutschland rund 900 TWh

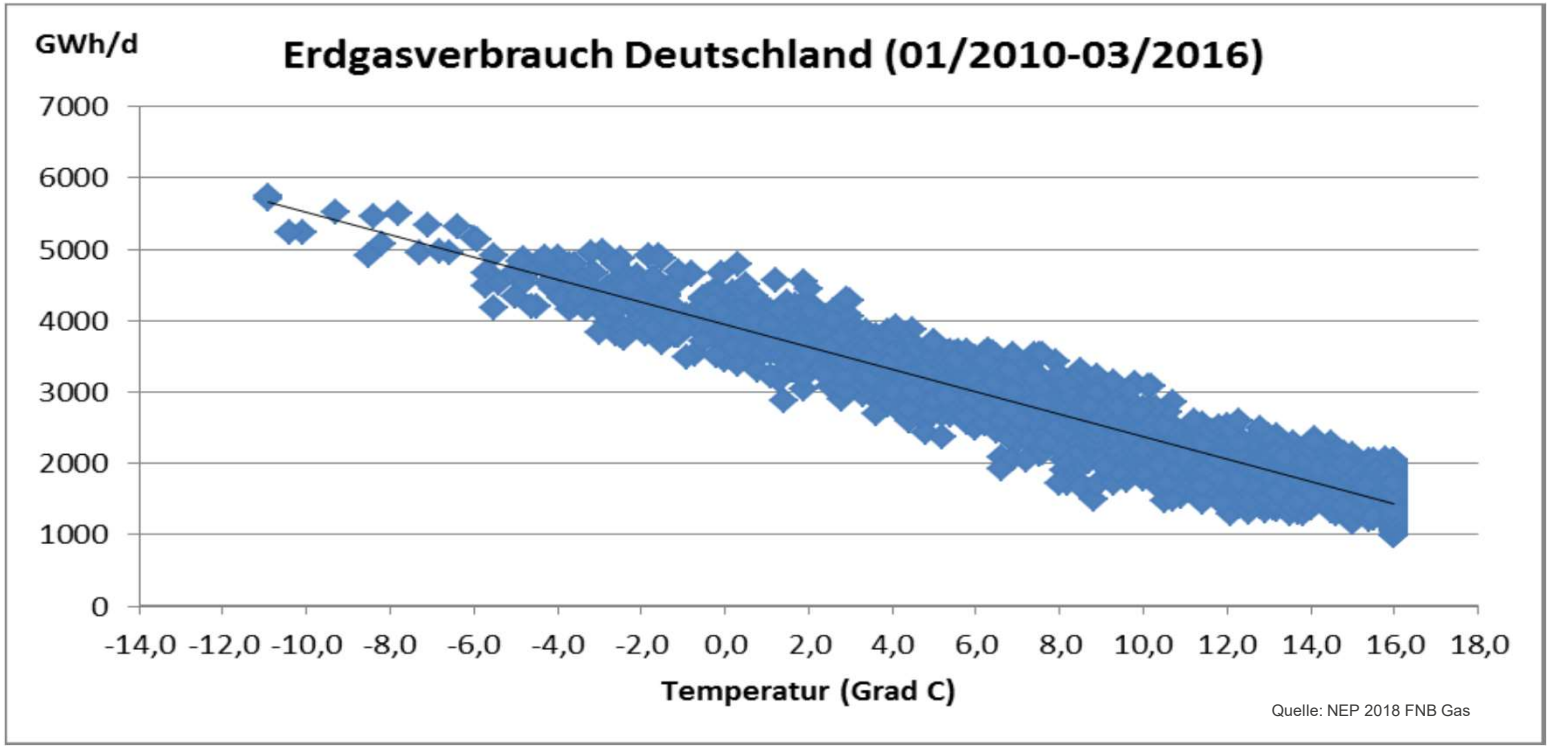


Quelle: AG Energiebilanzen, BDEW, Stand: 02/2019

* vorläufig

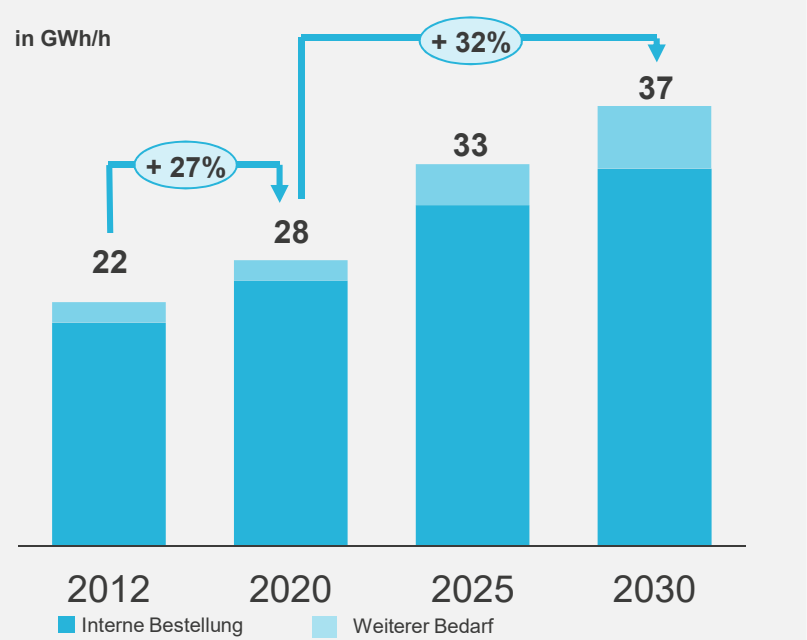
2. Erdgasverbrauch in Deutschland und in Baden-Württemberg

Verbrauch stark temperaturabhängig – max. Leistung rund 250 GW



2. Erdgasverbrauch in Baden-Württemberg

Kontinuierliche steigende Nachfrage nach Transportleistung im Netz der terranets bw



- Zwischen 2012 und 2020 Anstieg der Nachfrage um 27%
- Bis 2030 weiterer Anstieg um 32% prognostiziert
- Bereits heute kann die nachgefragte Leistung in der Spitze nur unterbrechbar gewährt werden
- Der Ausfall der vorgelagerten TENP I führt zu einer Verzögerung bei der Bereitstellung von zusätzlicher Kapazität von 5 Jahren
- Weiterer Gasnetzausbau ist dringend erforderlich

3. Speicherung von Erdgas
Gas-Netze

> **System der terranets BW**

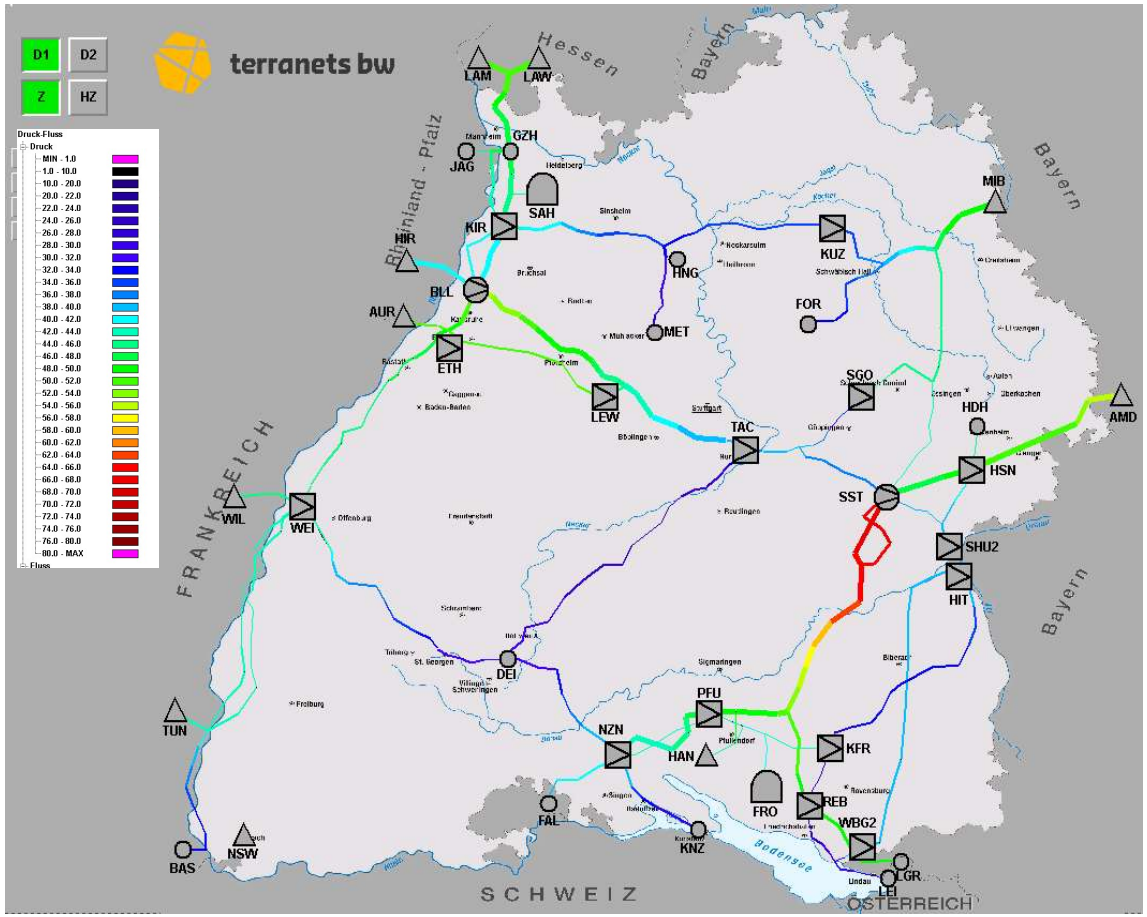
> Geometrisches Volumen
  > 280.000 m3

> Gastransport über Potentialunterschied beim Druck

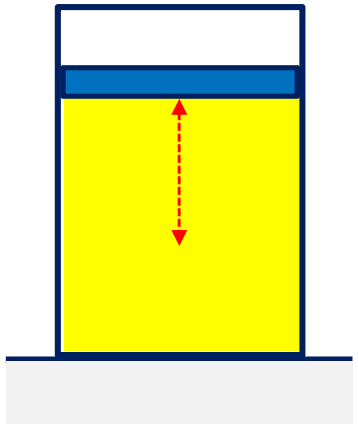
> Netzatmung
  > beispielhaft: 4 bar

> rd. 1.000.000 m³ Gas

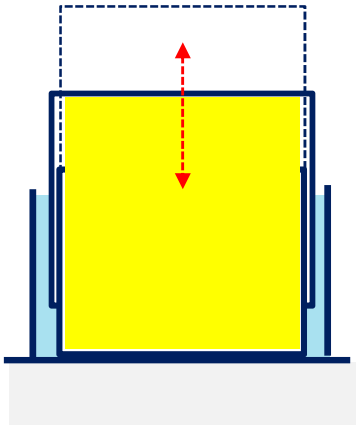
> **12 GWh**



3. Speicherung von Erdgas
Volumenveränderliche Gas-Behälter



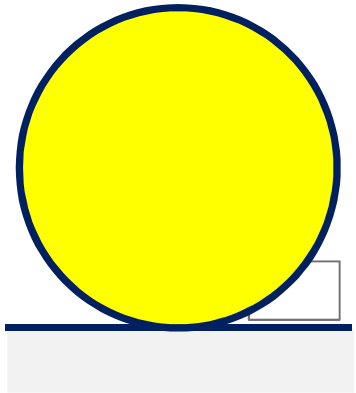
- **Scheiben-Gasbehälter**
  - Beispiel Gasometer Oberhausen
    - Bau 1927-29 – Stilllegung 1988
    - **Höhe 117 m**, Scheibe in 95 m Höhe – größter bestehender Gasbehälter Europas
    - Eigengewicht Scheibe + Betongewichte 1.207 Tonnen.
    - Gasdruck 300 Millimeter Wassersäule oder **30 mbar**
    - 347.000 m³ Gas (oder **3,8 GWh**)
    - Undurchlässigkeit am Rand der Scheibe durch Öl-Teer-Gemisch
  - größter noch in Betrieb befindlicher in Europa Stuttgart 100 m
  - größter der Welt 566.000 m³ - 1928 in Chicago gebaut



- **Glocken-Gasbehälter / Teleskop-Gasbehälter**
  - bewegliche Glocke
  - Abdichtung durch Wasser – Nachteil: Beheizung erforderlich
  - Beispiel Greenwich/England
    - 7 fach-teleskopiert – 345.000 m³ – größter Teleskop-Gasbehälter

3. Speicherung von Erdgas

Gas-Behälter mit veränderlichem Druck

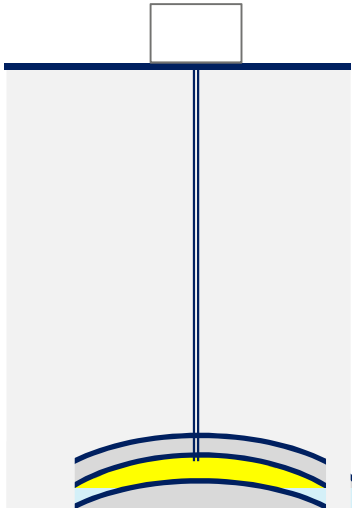


- **Kugel-Gasbehälter**
  - Erster Kugel-Gasbehälter in Deutschland 1931/32 Bielefeld
    - Druck 5 bar – geometrisches Volumen 4.000 m³ – genietet
  - ab 1952 Kugel-Gasbehälter geschweißt.
    - größter Kugel-Gasbehälter Europas Wuppertal 1956-58 – geo. Volumen 55.500 m³
    - Beispiel aus Baden-Würtemberg:
      - Gesamtgewicht 965 Tonnen – Außendurchmesser rd. 34 Meter
      - geometrisches Volumen 20.672 m³ – Überdruck max. 8,4 bar
      - Speicherung bis zu 170.000 m³ (V_n) – **rd. 2 GWh**
- **Röhren-Gasbehälter**
    - unterirdisch verlegte Röhren
    - Beispiel aus Baden-Württemberg: 1,4 m Durchmesser – 1.200 m Länge – 1.800 m³ geo. Volumen
      - Verdichtung auf 80 bar
      - Speicherung bis zu 125.000 m³ (V_n) – **rd. 1,3 GWh**

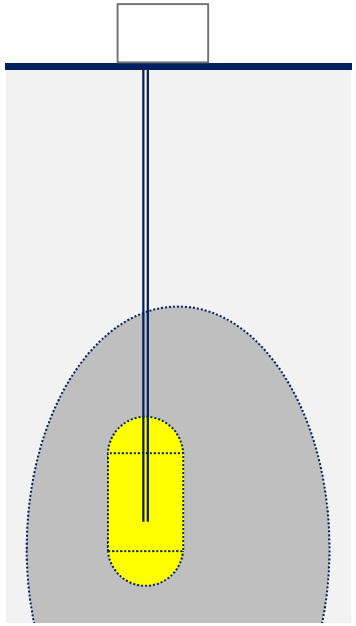
Quelle:
Untertage Gasspeicherung in Deutschland
LBEG 2019

3. Speicherung von Erdgas

Untertage-Gas-Speicher von gasförmigem, verdichtetem Erdgas



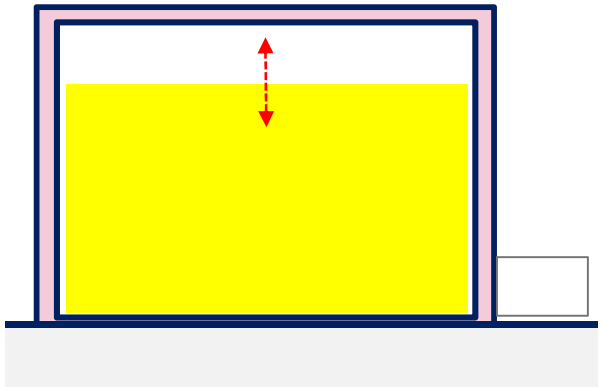
- **Hohlräume – Kavernen**
  - ausgesohlt in Salzstöcken, zylinderförmig, Durchmesser bis 100 m, Höhe bis 500 m
  - Beispiel: Epe Münsterland - 80 Kavernen
    - Arbeitsgas: > **4 Mrd. m³ (V_n) – über 40 TWh**
- **Porenspeicher**
  - ausgebeutete Gas- oder Ölfelder, Aquifere – bis 200 bar
    - Porenräume mit Wasser gefüllt, hydrostatischer Druck, je 10 m um rd. 1 bar steigend
    - Beispiel: Rehden in Niedersachsen
      - ausgeförderte Lagerstätten, 2 km Tiefe, Fläche 8 km² größter Erdgasspeicher Westeuropas
      - Arbeitsgas: > **4 Mrd. m³ (V_n) – über 40 TWh**
- **47 Untertage Gasspeicher in D**
  - Arbeitsgas: 24 Mrd. m³ oder 250 TWh
  - rund ¼ der in Deutschland verbrauchten Erdgasmenge
  - größtes Speichervolumen in der Europäischen Union.



3. Speicherung von Erdgas

Speicher für verflüssigtes Erdgas (LNG – Liquefied Natural Gas)

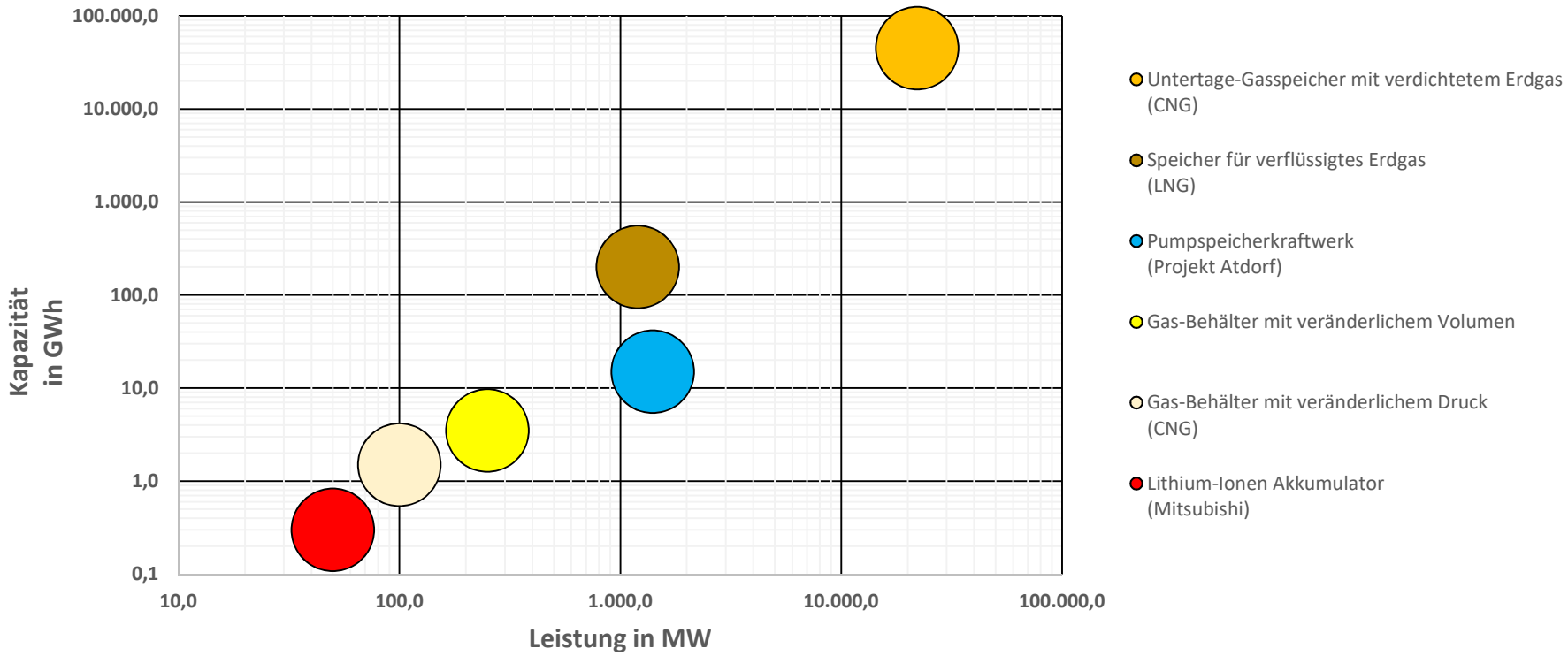
- Verflüssigtes Erdgas
  - bei -160,5 °C flüssig, drucklos
  - farb- und geruchslose Flüssigkeit
  - 1 / 610 des ursprünglichen Volumens
  - Energiebedarf für Verflüssigung etwa 10 bis 25 Prozent des Energieinhaltes des Gases
  - Wirtschaftlichkeitsgrenze Transport von verflüssigtem Erdgas zu Pipelinetransport bei etwa 6.000 Kilometern
- Beispiel: Stuttgart
  - Inbetriebnahme 1972
  - Höhe des Speichers rd. 22,4 m Innendurchmesser rd. 42,5 m
  - Geometrisches Volumen 30.000 m³
  - Nutzbare Speicherkapazität 18 Mio. m³ (V_n) = **200 GWh**
  - Quelle: Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Stuttgart



3. Speicherung von Erdgas
Zusammenfassung / Vergleich

Speichertyp	Leistung in MW	Kapazität in GWh
Lithium-Ionen Akkumulator (Mitsubishi)	50	0,3
Gas-Behälter mit veränderlichem Druck (CNG)	100	1,5
Gas-Behälter mit veränderlichem Volumen	250	3,5
Pumpspeicherkraftwerk (Projekt Atdorf)	1.400	15,0
Speicher für verflüssigtes Erdgas (LNG)	1.200	200,0
Untertage-Gasspeicher mit verdichtetem Erdgas (CNG)	22.100	45.000,0

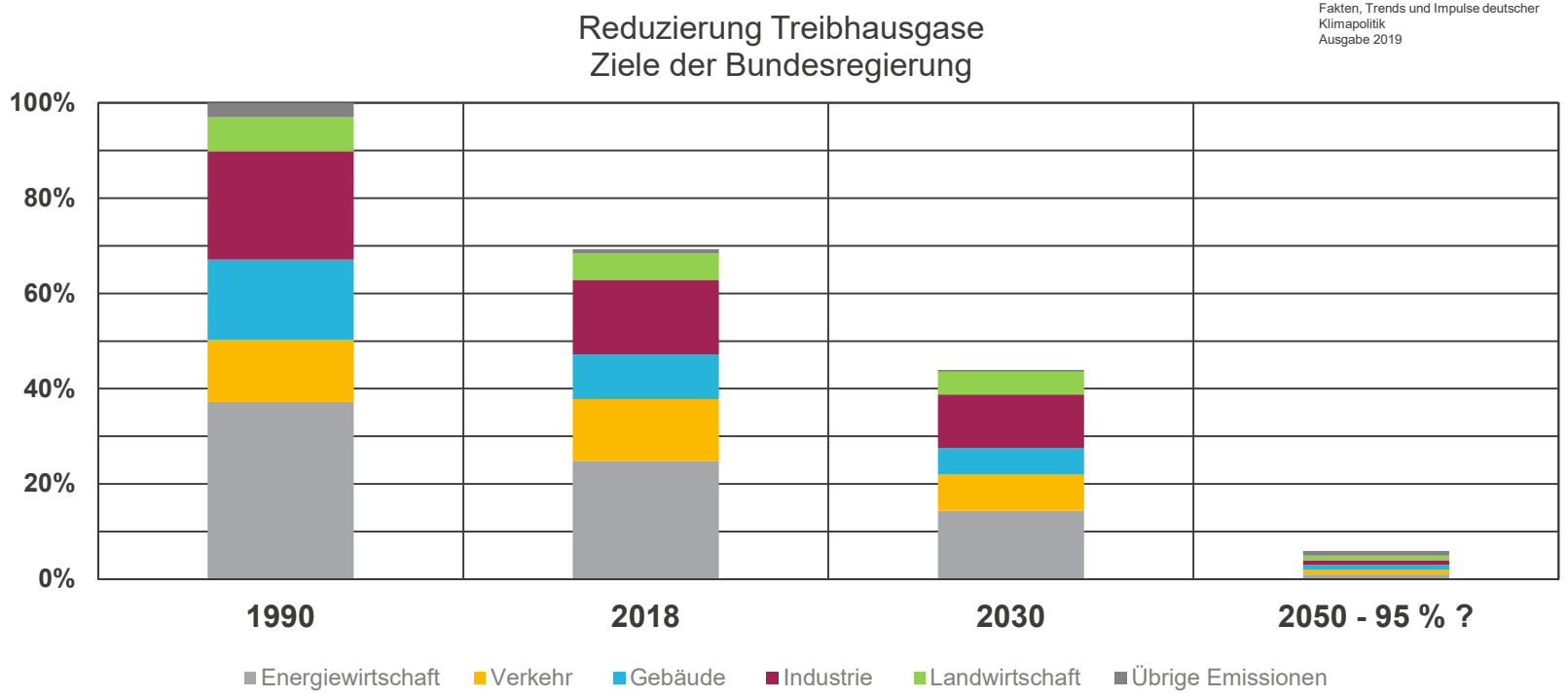
3. Speicherung von Erdgas
Zusammenfassung / Vergleich



4. Fit für grüne Gase

Dekarbonisierung erfordert Vorbereitung auf grüne Gase

Quelle:
Klimaschutz in Zahlen
Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik
Ausgabe 2019



4. Fit für grüne Gase

Produktion von Wasserstoff und Methan aus „grünem“ Strom

> Power-to-Gas-Technologie zur Kopplung des Gas- und Stromsektors

1. Schritt

Produktion Wasserstoff über Elektrolyse:

$$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$$

Strom zur Aufspaltung von Wasser sollte aus erneuerbar erzeugtem Strom kommen
→ „Grüner Wasserstoff“

Optional: 2. Schritt

Produktion SNG über Methanisierung:

$$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$$

Potentielle CO_2-Quellen: z.B. Biogasanlagen, Abgaswäsche von Kohlekraftwerke

> Wirkungsgrad Elektrolyse 75 %

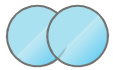
Wirkungsgrad Methanisierung 60 %

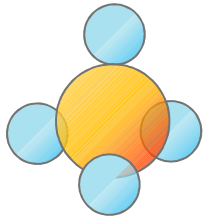
> Wirkungsgrad Stromtransport 90 %
> Wirkungsgrad Lithium-Ionen-Akku 95 %
> Wirkungsgrad Verstromung 30 bis 60 %

SNG Synthetic Natural Gas

4. Fit für grüne Gase

Wasserstoff 1963





	Vol%
CO_2	2.0
KW	2.4
O_2	0.6
CO	6.6
H_2	**52.7**
CH_4	23.7
N_2	12.0

Ho = 4590 kcal/m_n^3
Hu = 4050 kcal/m_n^3
dv = 0.421

2.4 g H_2S/100 m_n^3
0.21 g NH_3/100 m_n^3
20.1 g HCN/100 m_n^3
2.7 g Naphthalin/100 m_n^3
3.0 g Benzol/m_n^3

Gasanalyse aus dem Jahr 1963

4. Fit für grüne Gase

Stichworte Wissensstand-Wasserstoff

- ***Infrastruktur***
  - *Leitungen*
    - *Höherfeste Stähle – 360 N/mm²*
      - *Hydrogen Transportation Pipelines, IGC Doc 121/04/E der EIGA (European Industrial Gases Association)*
    - *Kunststoff-Leitungen*
  - *Untergrundspeicher / Porenspeicher (u. a. chemisch, biologische Betrachtungen notwendig)*
  - *Kapazität der Leitungen – Wobbeindex Wasserstoff*
  - *Kapazität der Verdichter reduziert – 100 % Wasserstoff rd. 44 %*
  - *Gas-Beschaffenheits- und -Mengenmessungen*

- ***Anwendung***
  - *Wechselnde Beschaffenheiten ?*
    - *Groß- und Gebläsebrenner (Beispiele: Glas-/Keramik , Wärmebehandlung)*
    - *Stoffliche Verwertung (Chemie)*
  - *Gasmotoren (Klopffestigkeit / Methanzahl)*
  - *Erdgasfahrzeuge mit hochfesten Stahltanks (CNG1-Tanks)*
  - *Chancen durch neue Anwendungen:*
    - *Brennstoffzellen / Verkehr (Busse / Züge)*
    - *Stahlherstellung*

Programm
Wasserwirtschaftsverband Baden-Württemberg e. V.

> Pumpspeicher – eine aussterbende Spezies?
  > Dipl.-Ing. Orkan Akpinar, Schluchseewerk AG, Laufenburg

> Einsatz von Batteriespeichern im Rahmen der Netzampel – Praxiserfahrungen aus dem NETZlabor Freiamt
  > Carmen Exner, M. Sc., Netze BW GmbH, Stuttgart

> Gastransportnetze als Partner der Energiewende – Herausforderungen und Potentiale
  > Hartmut Drosch, terranets bw GmbH, Stuttgart

> Lastmanagement im Trinkwassersystem der Bodensee-Wasserversorgung – Potentiale und Grenzen der flexiblen Stromnachfrage und Stromspeicherung
  > Christoph Drusenbaum, M. Sc., Bodensee-Wasserversorgung, Sipplingen

> Diskussion
> Gedankenaustausch

Speicherung von Energie – was ist sinnvoll möglich ?

Wasserwirtschaftsverband Baden-Württemberg e. V.

Hartmut Drosch

- terranets bw GmbH
- Am Wallgraben 135
- 70565 Stuttgart
- Bereich Netz-Dienste
- E-Mail: h.drosch@terranets-bw.de
- Tel.: +49 (0) 7 11 78 12 13 28

Unsere Mission

Das ist unser Auftrag

WIR VERNETZEN.
ENERGIE. SICHER.

Unsere Vision

Das wollen wir gemeinsam erreichen

Gas, Daten und Menschen.
Wir koppeln Sektoren.

Wir leben Energie
überzeugend am Markt.

Ein starkes Team im
modernen Arbeitsumfeld.

Bodensee-Wasserversorgung

Lastmanagement im Trinkwassersystem der Bodensee-Wasserversorgung
Potentiale und Grenzen der flexiblen Stromnachfrage und Stromspeicherung

Vortrag im Rahmen des 5. WBW-Gewässerdialog

Referent: Christoph Drusenbaum

Datum: 23.12.2020

Übersicht

Bodensee-Wasserversorgung

Vorstellung der Bodensee-Wasserversorgung

Forschungsvorhaben EnWasser

Operative Umsetzung eines Lastmanagementsystems

Wasser aus dem Bodensee

Bodensee-
Wasserversorgung

Unternehmensvorstellung

Gegründet 1954

Wasserlieferung ab 1958 (bis heute 6 Mrd. m³ Trinkwasser)

Jährliche Wasserabgabe: ca. 130 Mio. m³/a

Durchschnittliche Tagesabgabe: 356.000 m³/d

Anzahl Verbandsmitglieder: 183

- 149 Städte und Gemeinden (davon 22 privatrechtliche Unternehmen)
- 34 andere Wasserversorgungszweckverbände

Bevölkerungszahl der Mitglieder: ca. 4,0 Mio.

gezeichnete Beteiligungsquote: 7.456 l/s

Wasserentnahmerecht: 670.000 m³ pro Tag = 7.750 l/s

Kennzahlen

Bodensee-Wasserversorgung

Technische Kennzahlen:

- Länge Leitungsnetz: ca. 1700 km mit einem Durchmesser von bis zu 2,25 m (Albstollen)
- 29 Behälter mit einem Gesamtinhalt von ca. 500 000 m^3
- 34 Pumpwerke mit einer installierte Motorleistung von 99,5 MW
- Energieverbrauch: ca. 175 Mio. kWh pro Jahr

Wirtschaftliche Kennzahlen 2018:

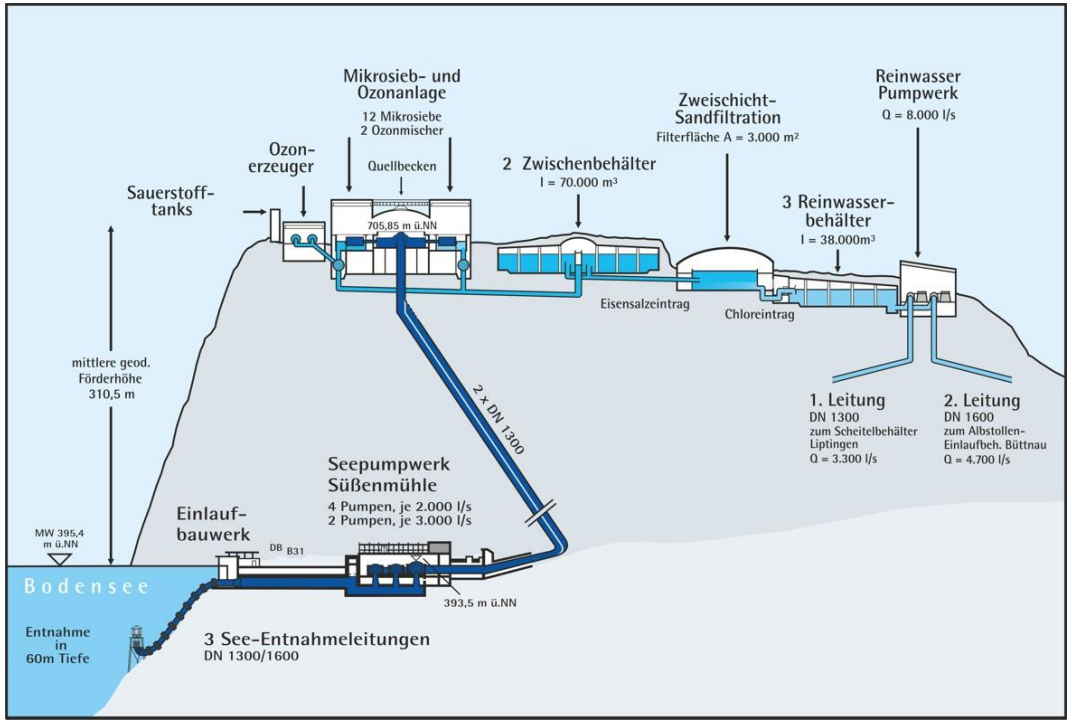
Umlage	73,1 Mio. Euro
Investitionsvolumen	17,3 Mio. Euro
Beschäftigte	286,5 Vollzeitstellen
Durchschnittliche Umlage	56,0 Cent pro Kubikmeter

Die technischen Anlagen in Sipplingen

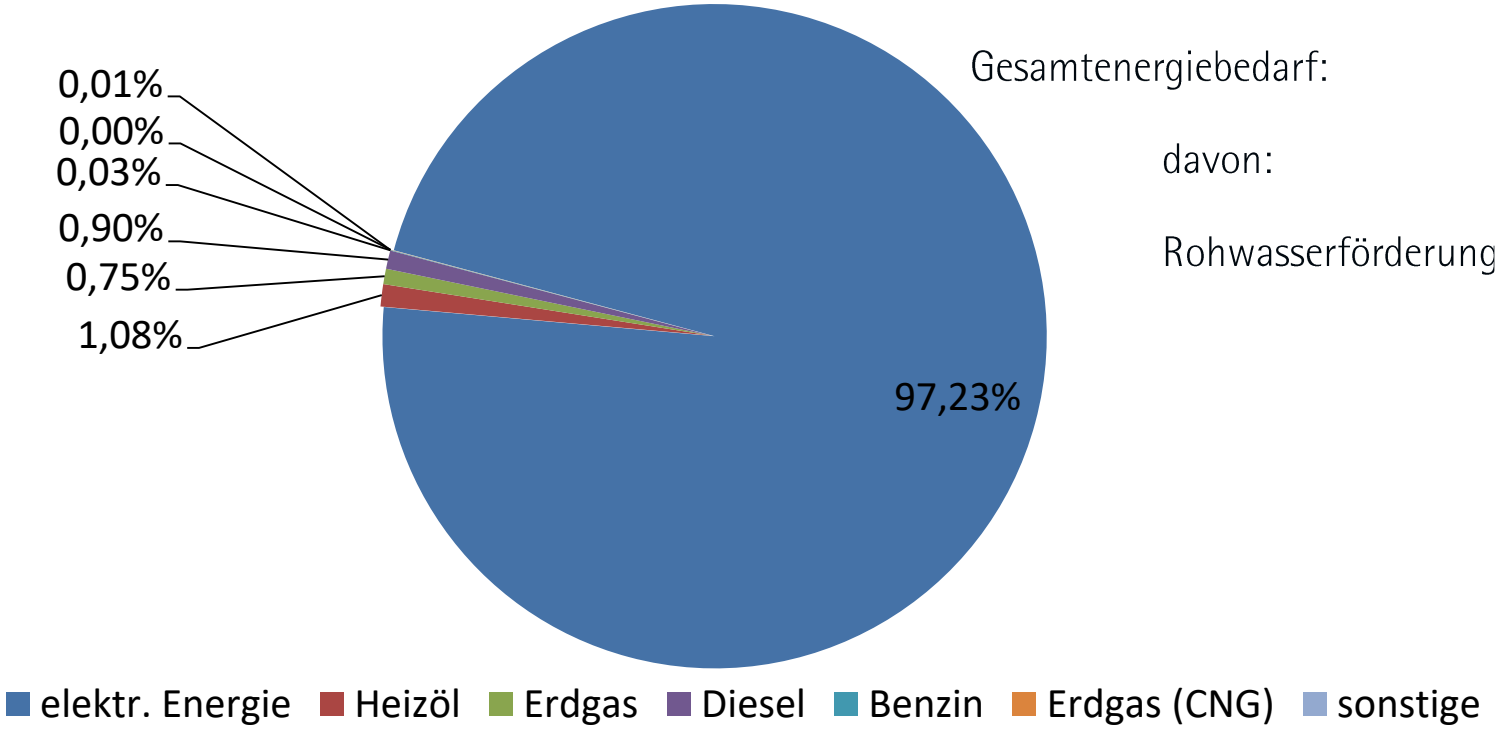
Bodensee-Wasserversorgung

Aufbereitungsübersicht und Versorgungsgebiet

Bodensee-Wasserversorgung

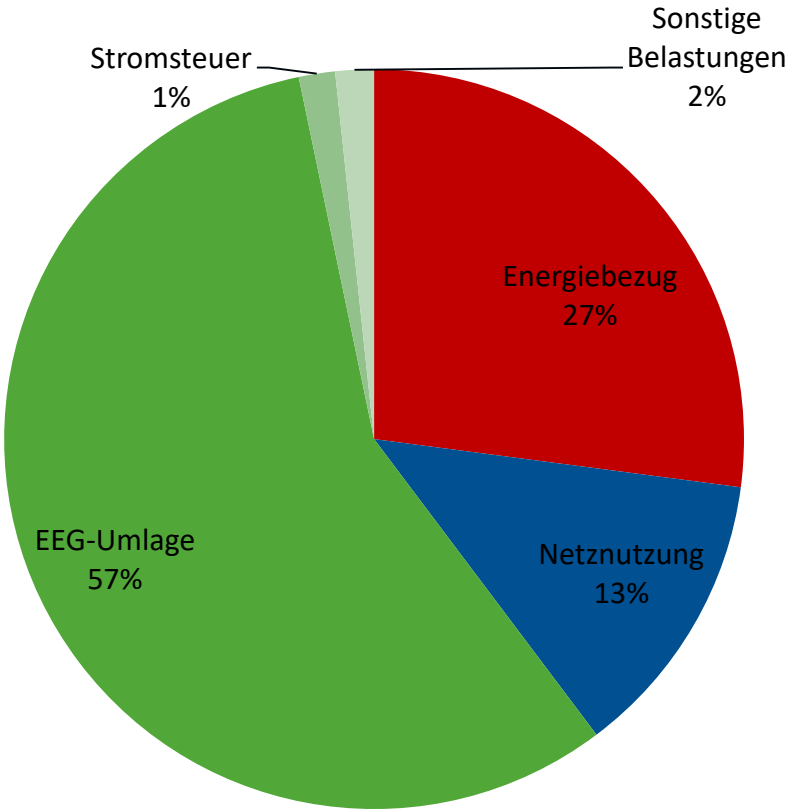


Gesamtenergiebedarf 2018



Gesamtenergiebedarf:	175 GWh
davon:	171 GWh elektrisch
Rohwasserförderung:	146 GWh (83 %)

Energiekosten 2018



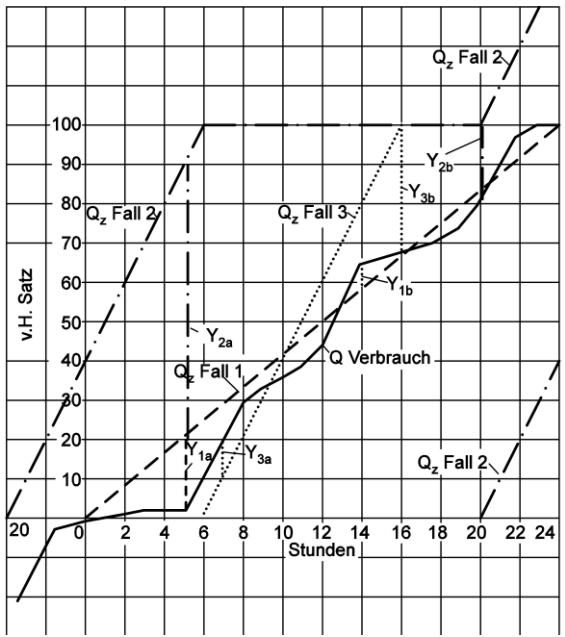
Energiekosten insgesamt: 21 Mio. €/a

- Davon Stromkosten: 20 Mio. €/a

<u>Energiewirtschaftliche Restriktionen</u>

- Nur ca. 25 % der Stromkosten sind variabel
- Einschränkung durch Hochlastzeitfenster bei der Netznutzung

Dimensionierung von Trinkwasserspeichern



Behältervolumen = Ausgleichsvolumen

+ Sicherheitsvorrat für Betriebsstörungen

+ Löschwasserreserve

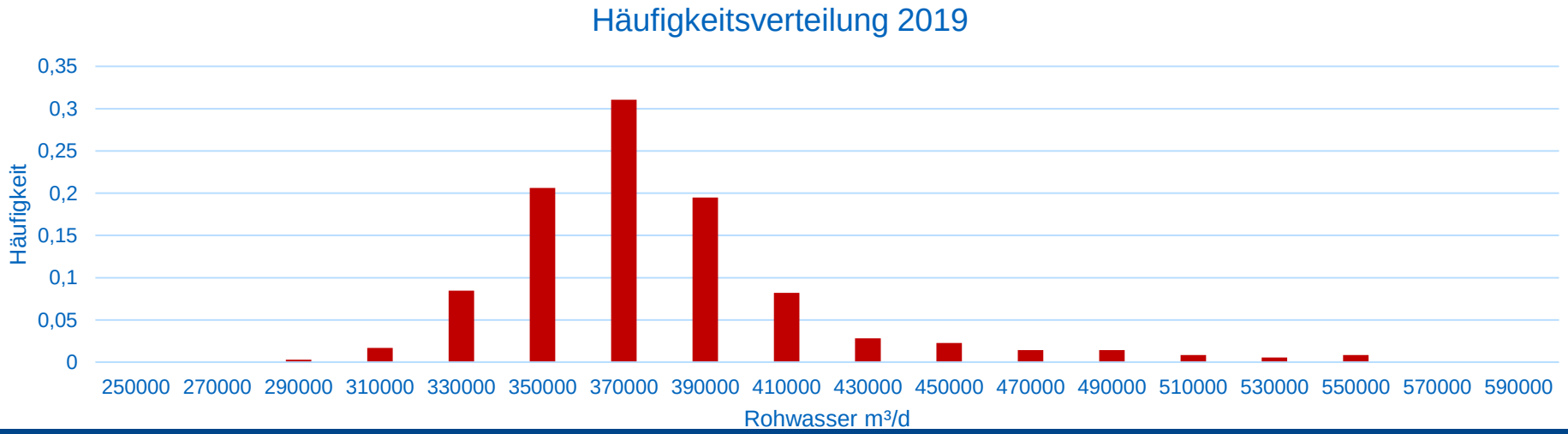
Quelle: Mutschmann/Stimmelmayr 2011, Taschenbuch der Wasserversorgung, S. 438

Dimensionierung von Trinkwasserspeicher

Bodensee-Wasserversorgung

Sowohl Ausgleichsvolumen als auch Sicherheitsvolumen werden auf den Tag mit maximaler Wasserabgabe ausgelegt.

➔ an restlichen Tagen können Trinkwasserspeicher auch energiewirtschaftlich genutzt werden bei gleicher Versorgungssicherheit



Energetisches Speichervolumen des Wasserwerks der Bodensee-Wasserversorgung

Bodensee-Wasserversorgung

- Speichervolumen Sipplinger Berg: 108.000 m^3
- Höhenunterschied: 310 m
- Spezifischer Wert Rohwasserförderung: 1,03 kWh/m^3
- Energetisches Speichervolumen: 111 MWh

Übersicht

Bodensee-Wasserversorgung

Vorstellung der Bodensee-Wasserversorgung

Forschungsvorhaben EnWasser

Operative Umsetzung eines Lastmanagementsystems

Forschungsvorhaben EnWasser

Titel: EnWasser - Erschließung eines Lastmanagementpotenzials in der Wasserversorgung zur Integration erneuerbarer Energien

EnWasser war eines von 12 Forschungsprojekten der BMBF-Fördermaßnahme ERWAS

Laufzeit: Mitte 2014 bis Mitte 2017

Projektpartner des Verbundprojektes EnWasser:

<u>Ziel:</u>

Energiewirtschaftliche Nutzung von Wasserspeichern zur flexiblen Stromnachfrage

Aussage, bis zu welchem Grad der Betrieb und die Anlagen flexibilisiert werden kann und ob zusätzliches Speichervolumen wirtschaftlich ist

Motivation

Bodensee-Wasserversorgung

<u>Projektstart</u>

Nutzung von regionalen Erneuerbaren Energie

Installation von Eigenerzeugungsanlagen zur Versorgung der Wasserförderung, Aufbereitung und Verteilung

Hochbehälter speichern lokale Stromüberschüsse

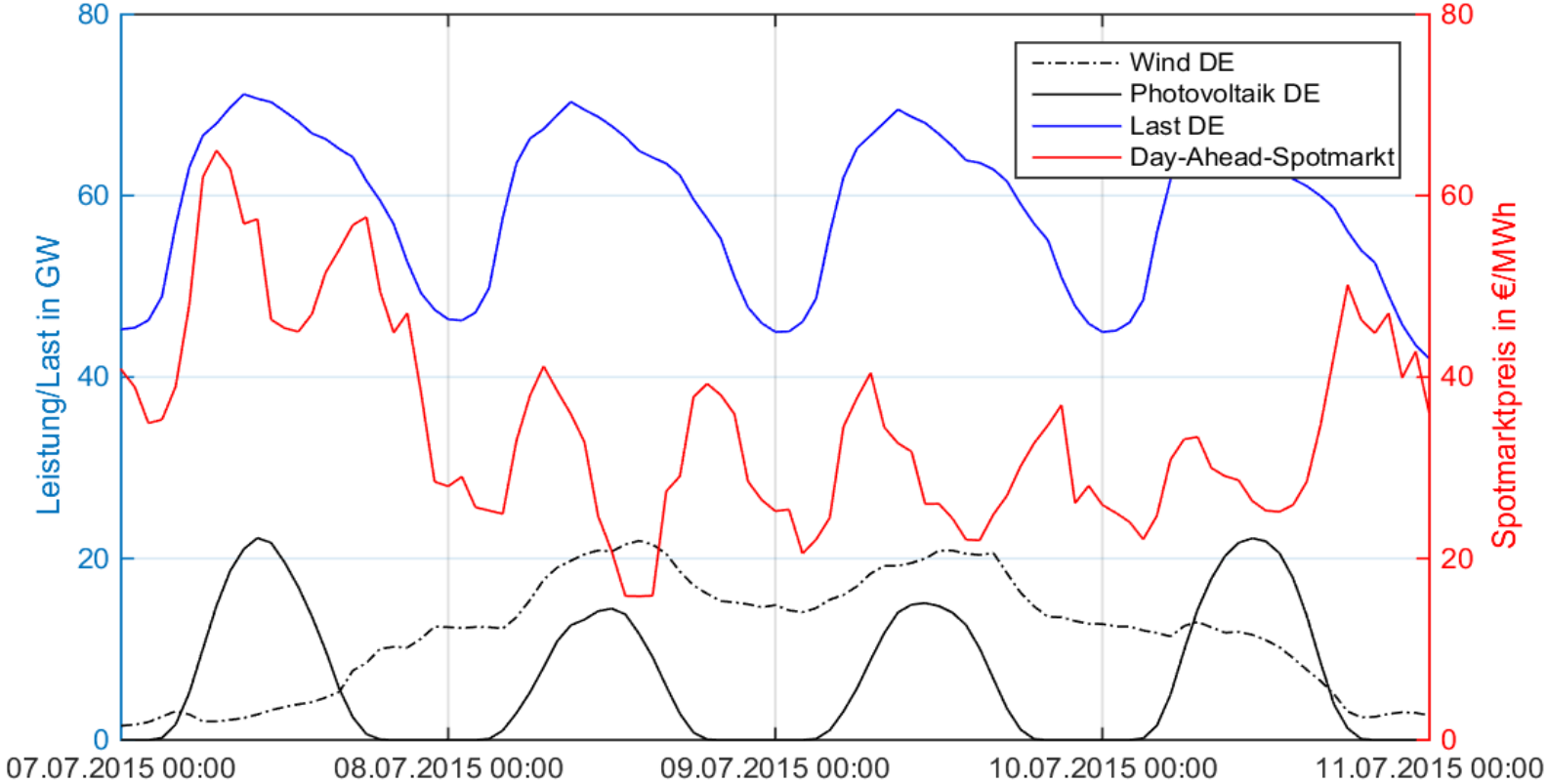
<u>Erkenntnis während der Projektlaufzeit</u>

Dezentrale „Insel“-Lösungen waren politisch nicht gewollt

Rechtsrahmen hinsichtlich Eigenversorgung hat sich während der Projektlaufzeit massiv verschärft

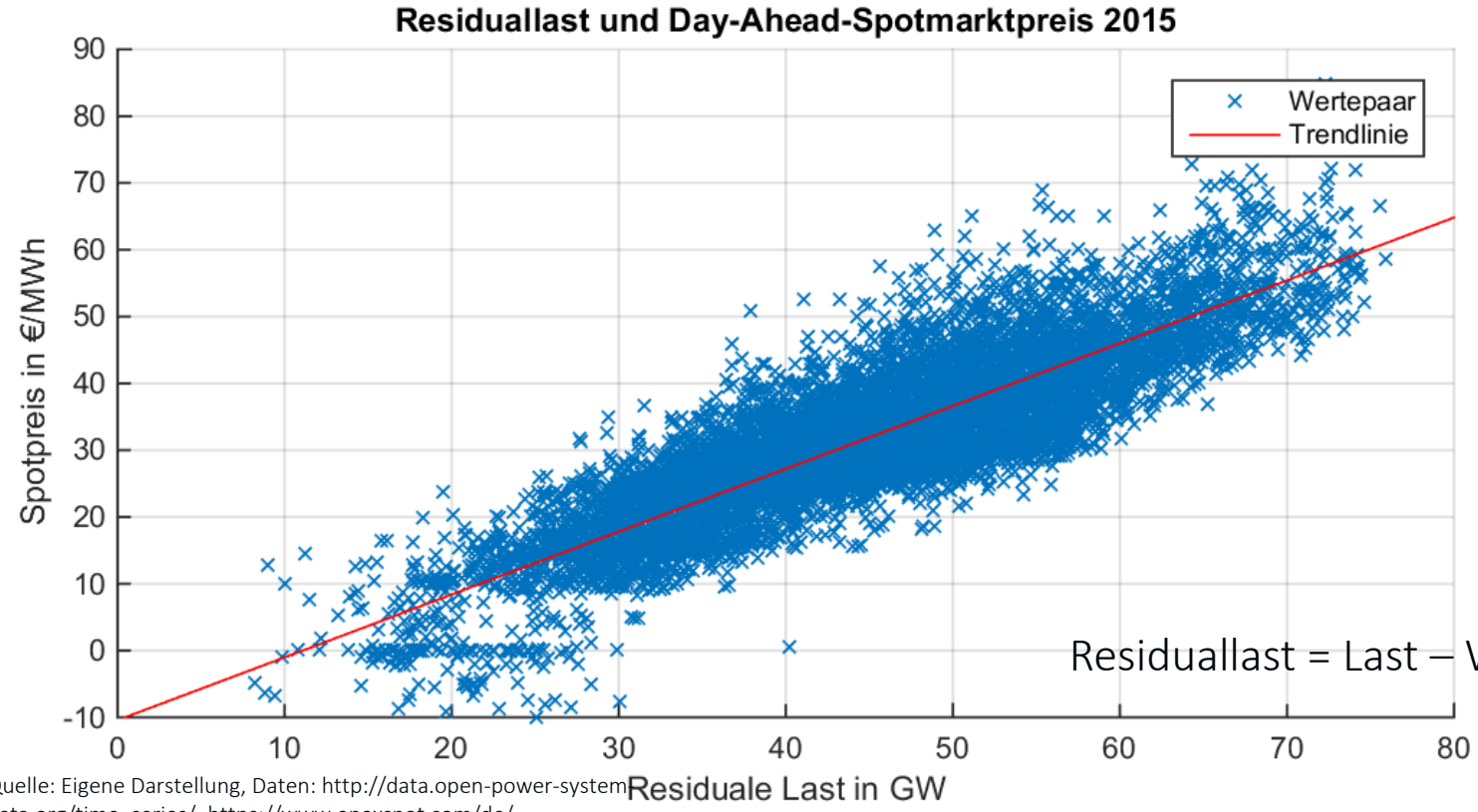
➔ Erneuerbare Energie müssen über die EPEX-Spot bezogen werden

Korrelation Spotpreis und Erneuerbaren Energien



Quelle: Eigene Darstellung, Daten: http://data.open-power-system-data.org/time_series/
https://www.epexspot.com/de/

Korrelation Spotpreises und Erneuerbaren Energien



Residuallast = Last – Wind - Photovoltaik

Quelle: Eigene Darstellung, Daten: http://data.open-power-system-data.org/time_series/ https://www.epexspot.com/de/

Methodisches Vorgehen

Bodensee-Wasserversorgung

- Aufstellung eines gemischt ganzzahligen Optimierungsansatzes
- Zielfunktion: Minimierung der Energiekosten inkl. Steuern und Abgaben
- Randbedingungen:
  - Wasserabgabe
  - Einhaltung von Speicherfüllstandsgrenzen
  - Minimal- und Maximaldurchflüsse
  - Durchflussgradienten
  - Verweilzeiten
  - Maximalleistung während der Hochlastzeiten
  - …..

Identifikation.

Quantifizierung,

funktionale Beziehungen ->

Optimierung

- Solver: CPLEX aktuell im Einsatz Gurobi
- Ergebnis: Fahrpläne für Roh- ,Reinwasserpumpen und für den Betrieb der Sandfilter……

Methodisches Vorgehen

Variablen mit Grenzen

lb ≤ **x** ≤ ub

Randbedingungen mit Grenzen

lhs ≤ **A** ≤ rhs

Beispiel Variable: Speichervolumen Zwischenbehälter:

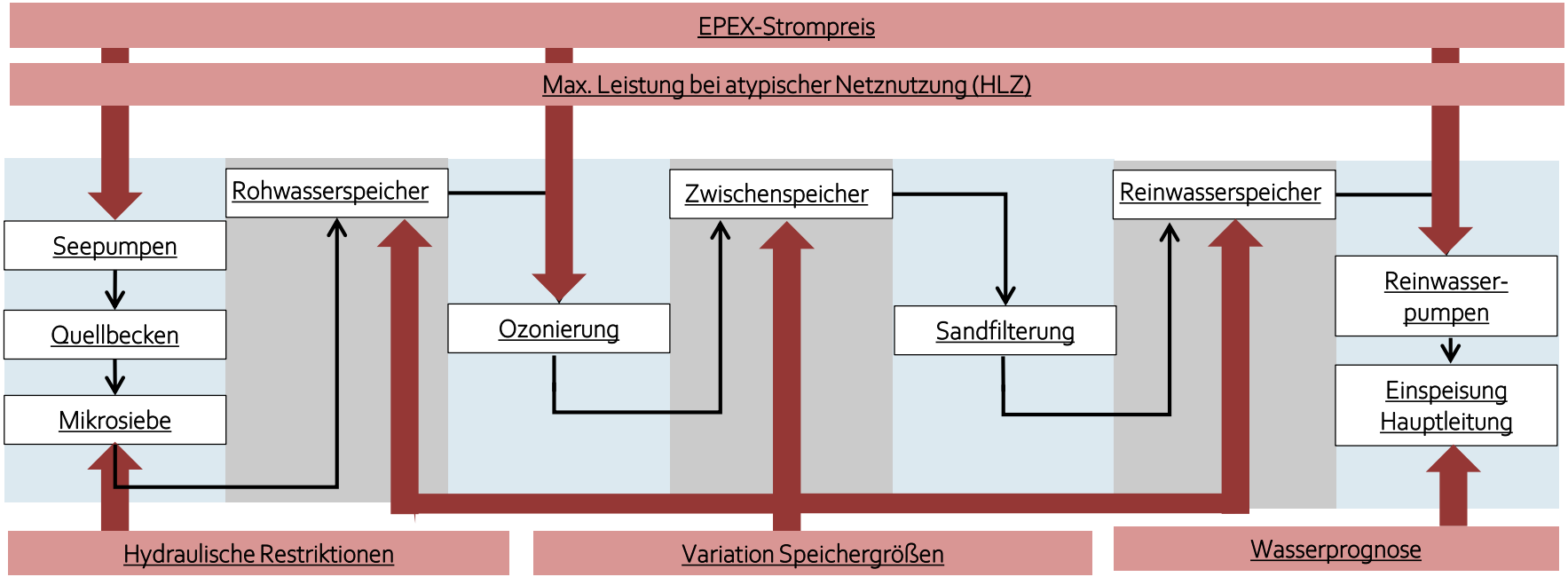
X (t1) = Speichervolumen 40.000 < x (t1) < 70.000

Beispiel Randbedingung: Anstieg Speichervolumen Zwischenbehälter:

- inf < = X(t2) - X(t1) <= 4500 m³

EnWasser: Simulationsmodell zur Einsatzoptimierung

Bodensee-Wasserversorgung



Ergebnis Forschungsvorhaben

Bodensee-Wasserversorgung

Bestehendes System besitzt ein wirtschaftliches Optimierungspotential bei gleichzeitig verstärkter Nutzung von erneuerbaren Energien

Um Potential nutzen zu können, muss die bestehende Strombeschaffung angepasst werden

Zusatznutzen von weiteren Speichern nimmt mit steigender Größe ab.

Finanzierung zusätzlicher Speicher durch Energiekosteneinsparung unter den derzeitigen Rahmenbedingungen nicht gegeben

Weitere Informationen sowie den vollständigen Abschlussbericht finden Sie unter http://www.enwasser.net

Übersicht

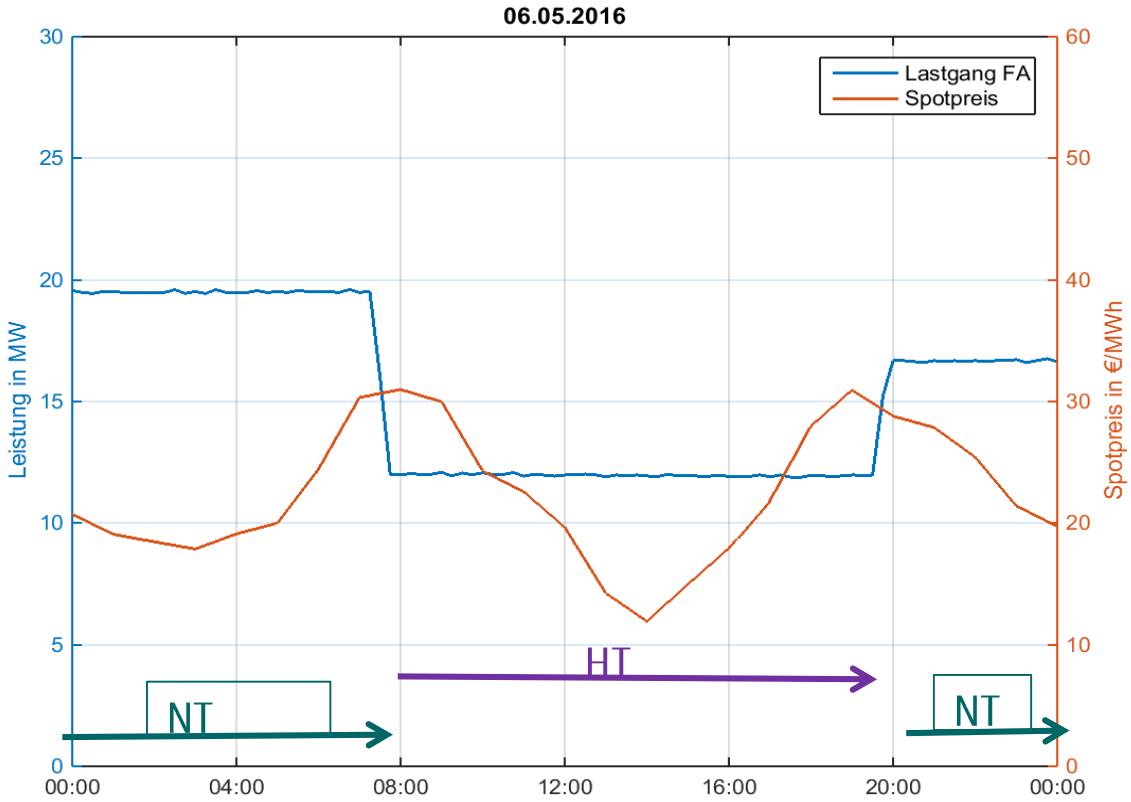
Bodensee-Wasserversorgung

Vorstellung der Bodensee-Wasserversorgung

Forschungsvorhaben EnWasser

Operative Umsetzung eines Lastmanagementsystems

Anpassung der Stromlieferverträge



Stromlieferverträge bis 2018: Hoch- und Niedertarif ➔ aktuelle Situation an den Strombörsen wurde nicht wiedergespiegelt

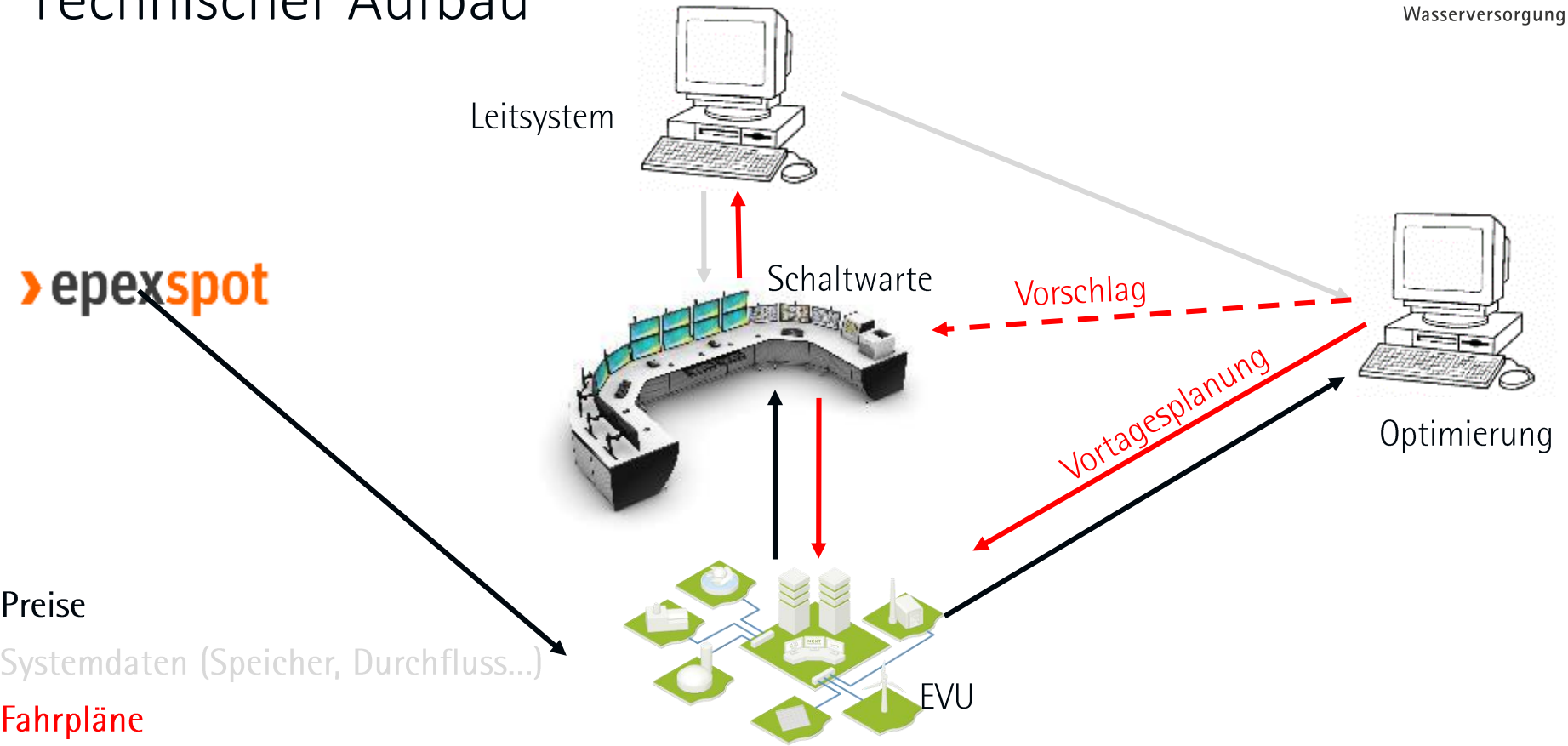
Stromliefervertrag 2018 und 2019 Kopplung der Strompreise an die kurzfristigen Strommärkte + zusätzlicher Preisgarantie

➔ kontinuierliche Abfrage von Preisen

➔ Kontinuierlicher Versand von Fahrplänen

Ab 2020 direkte Beschaffung über die Börse

Technischer Aufbau



Mitarbeiterschulung

Bodensee-Wasserversorgung

<u>Neue Aufgabenfelder für Schaltwärter:</u>

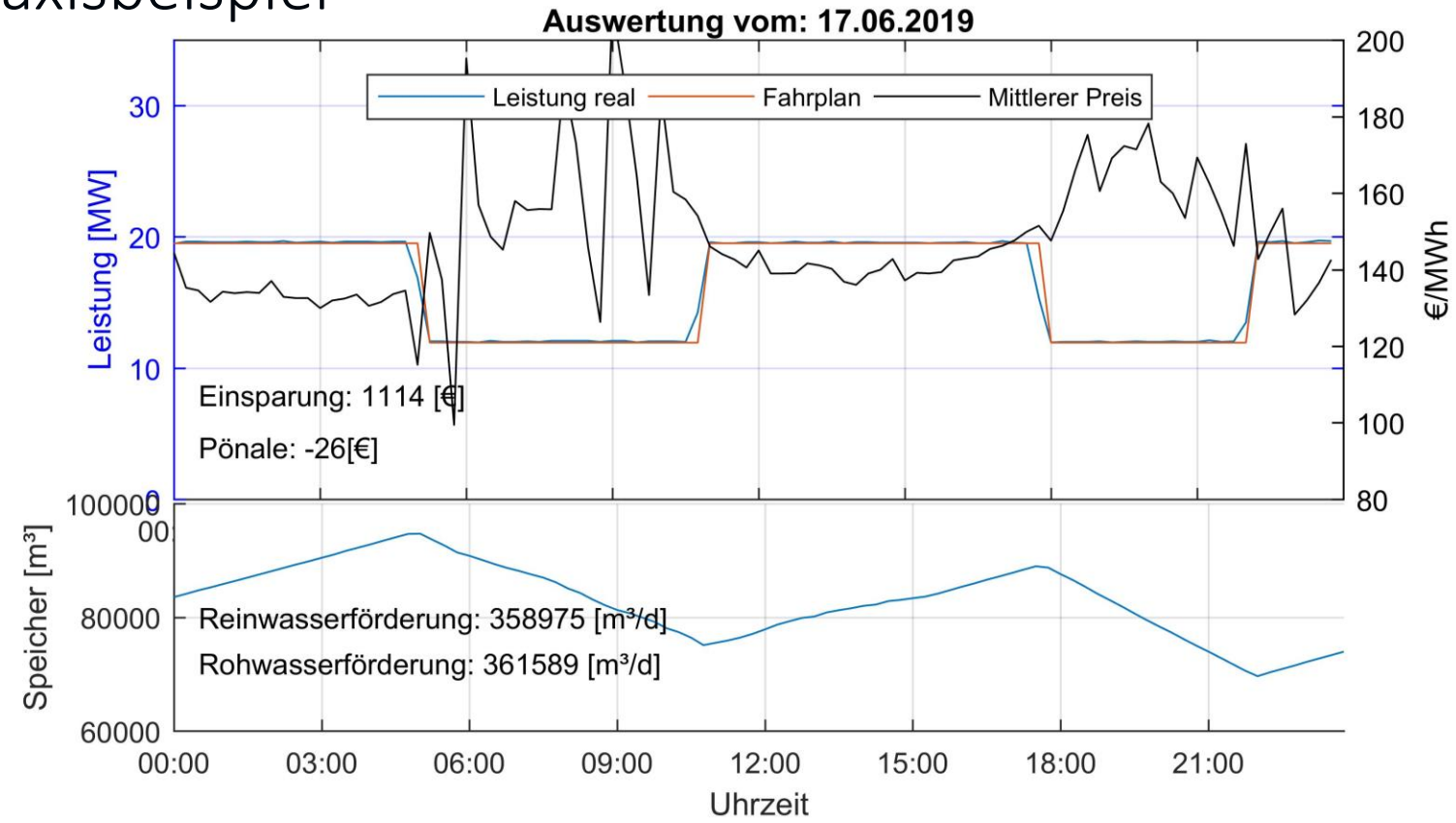
Kontinuierliche Abgabe von Fahrplänen unter Berücksichtigung von Strompreisen

Einhaltung von Schaltzeitpunkten

Vorgaben der Schaltwärter an die Einsatzoptimierung

Rohwasserpumpen	
Pumpe 1	verfügbar
Pumpe 2	verfügbar
Pumpe 3	verfügbar
Pumpe 4	Nicht verfügbar
Pumpe 5	Nicht verfügbar
Pumpe 6	Nicht verfügbar
Anzahl Schaltvorgänge pro Tag	3

Praxisbeispiel



Fazit und Ausblick

Bodensee-Wasserversorgung

- Trinkwasserspeicher können auch zur Stromspeicherung dienen. Speichervermögen ist abhängig von Topografie, Wasserabgabe, Pump-/Turbinenleistung
- Methoden der Kraftwerkseinsatzplanung können nach Anpassungen auch für die Speicherbewirtschaftung in der Trinkwasserversorgung verwendet werden
- Jährliches Einsparpotential liegt im Fall der Bodensee-Wasserversorgung im sechsstelligen Bereich bei gleichzeitig verstärkter Nutzung erneuerbarer Energien
- Verbesserung der Wasserbedarfsprognose
- Integration von EE-Eigenerzeugungsanlagen
- Erschließung und Bewirtschaftung des zusätzlichen Speichervolumens im Verteilnetz