

# Sektorenkopplung als Baustein der Energiewende

FVEE-Jahrestagung, Berlin, 2. November 2016

**Dr. Hans Christian Gils, DLR**

Martin Dotzauer, DBFZ

Daniel Acksel, GFZ

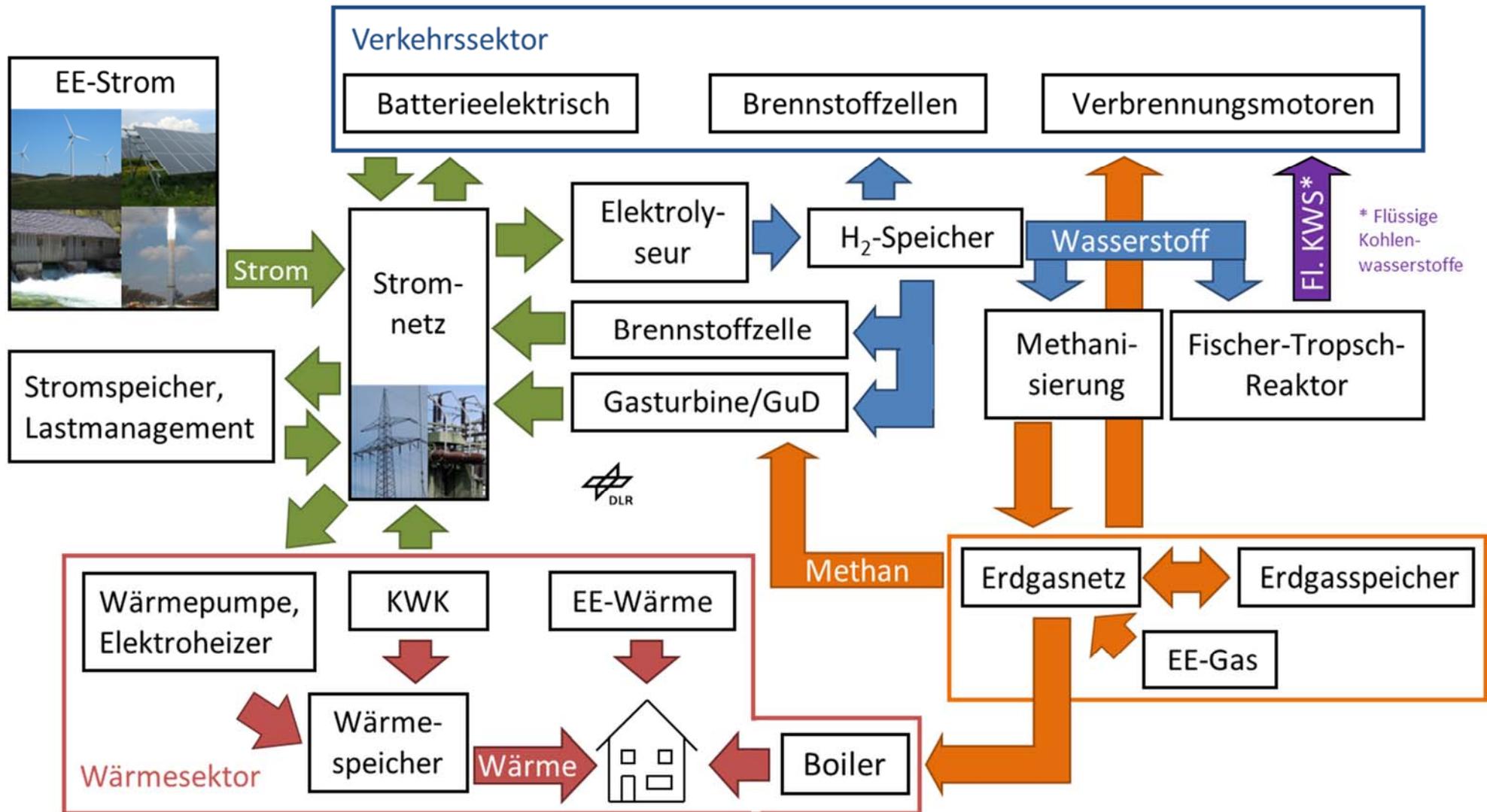
Dr. Andreas Palzer, ISE

Matthias Littwin, Fabian Hüsing, ISFH

Juri Horst, IZES

Prof. Dr. Manfred Fishedick, Frank Merten, WI

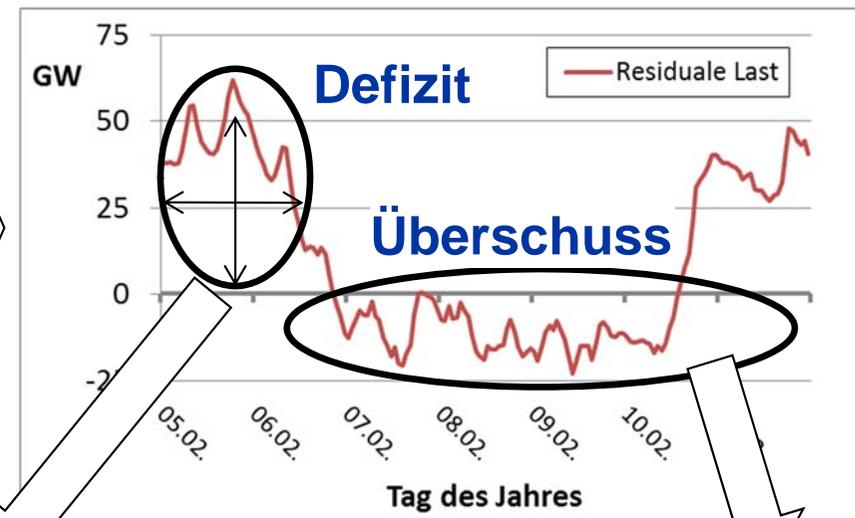
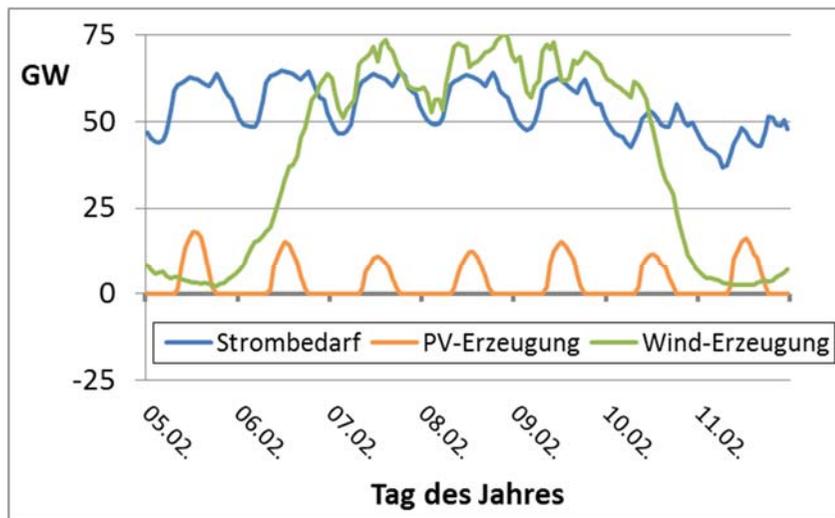
# Was ist Sektorkopplung?



Weitere Optionen: industrielles Lastmanagement/Hybridisierung, Strom-Wärme-Strom-Systeme, flexibler Einsatz elektrischer Betriebsmittel im Gasnetz

# Warum brauchen wir Sektorenkopplung?

1. Vollständige Dekarbonisierung der Energieversorgung erfordert Elektrifizierung und/oder Nutzung synthetischer Energieträger in Wärme- und Verkehrssektor
2. Nutzung hoher Anteile fluktuierender erneuerbarer Energien (EE):



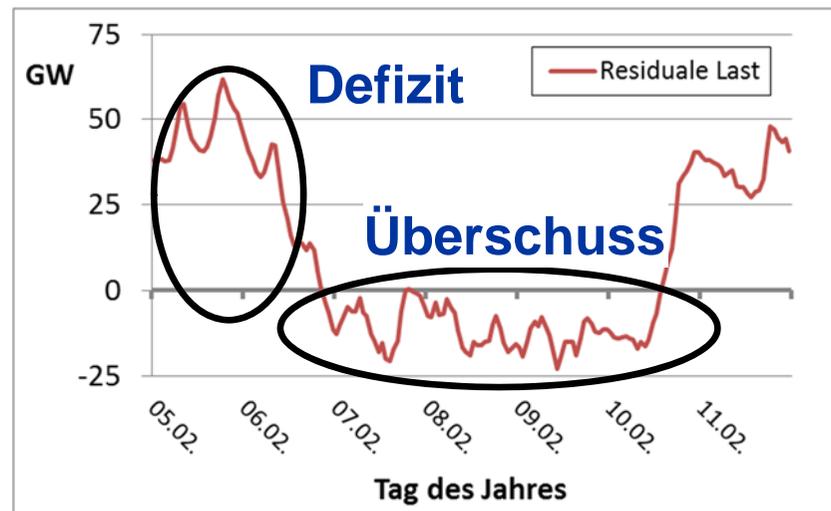
## Deckung von Defiziten:

- Speicharentladung
- Senkung des Strombedarfs
- Stromimport
- Einsatz regelbarer Kraftwerke

## Nutzung von Überschüssen:

- Speicherladung
- Erhöhung des Strombedarfs
- Stromexport
- Nutzung in anderen Sektoren

# Was kann Sektorenkopplung leisten?



## Nutzung von Überschüssen

- Gesteuertes Laden von Batteriefahrzeugen
- Stromgeführter Einsatz von Wärmepumpen, ermöglicht durch Wärmespeicher
- Zusätzliche elektrische Wärmeerzeugung in Wärmenetzen/-speicher und Industrie
- Wasserstoffherzeugung für synthetischer Energieträger

## Deckung von Defiziten

- Stromgeführter Einsatz von KWK-Anlagen, ermöglicht durch Wärmespeicher
- Absenkung des Strombedarfs (Batteriefahrzeuge, Wärmepumpen, Elektrolyseure)
- Rückverstromung synthetischer Brennstoffe

# Welche Potenziale hat die Sektorenkopplung?

## Die FVEE-Institute untersuchen die Potenziale der Sektorenkopplung...

... für alle verfügbaren Optionen: Elektromobilität, Strom-zu-Wärme, Strom-zu-Gas...

... für verschiedene Betrachtungszeiträume: kurzfristig, mittelfristig, langfristig

... auf unterschiedlichen Skalen: von der Gebäudesimulation zur europaweiten Analyse

... mit vielfältigen Methoden: Messungen, Feldtests, Simulation, Optimierung

... aus unterschiedlicher Perspektive: technisch, betriebswirtschaftlich, volkswirtschaftlich

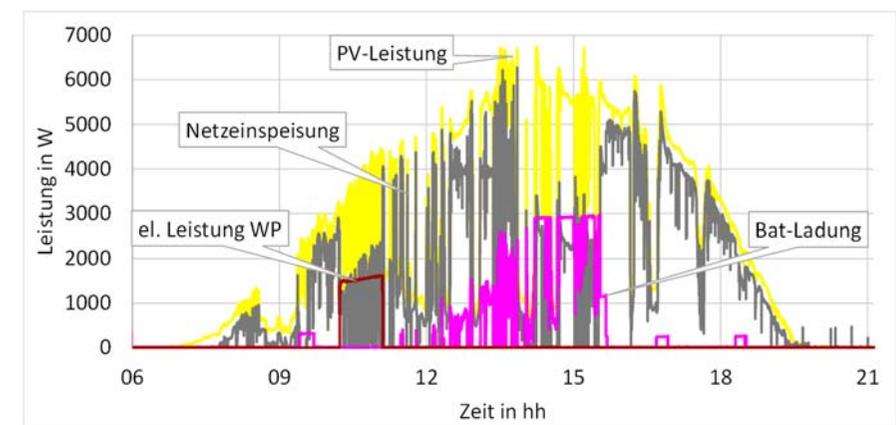
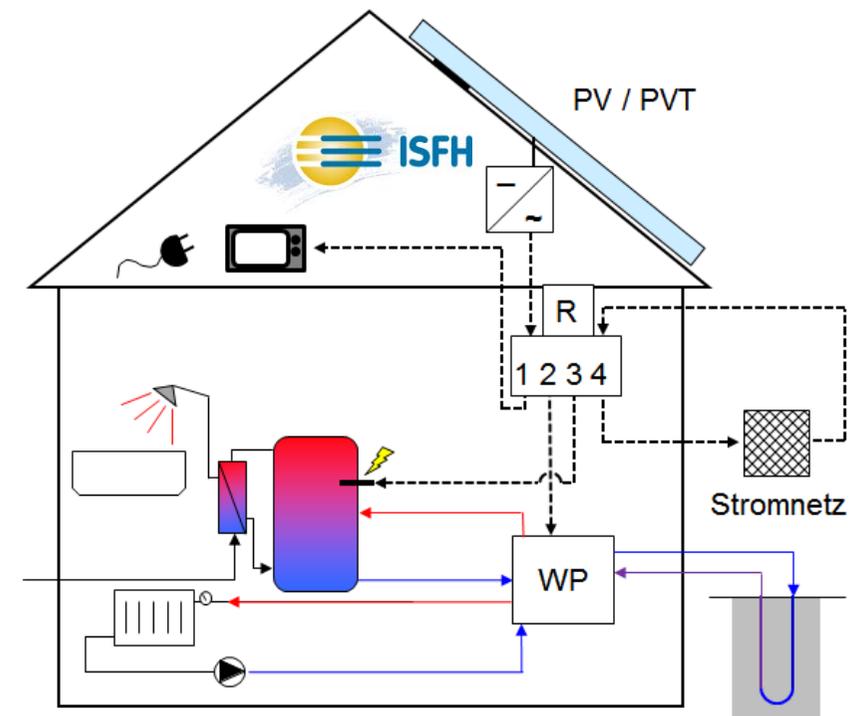
# Beispiel: Sektorenkopplung auf dezentraler Ebene

## Methoden:

- Systemsimulationen in TRNSYS
- Ergänzt durch experimentelle Untersuchungen und Messungen im Feld
- Wandlung: Widerstandsheizung und/oder Wärmepumpe
- Betrachtung unterschiedlicher Speicher

## Erkenntnisse:

- Lokale Kopplung von Strom und Wärme ermöglicht Verwertung von Erzeugerspitzen
- Zudem Vermeidung von Energiebezug
- Speicher sind erforderlich
- Dynamisches Betriebsverhalten erfordert komplexe Regelung



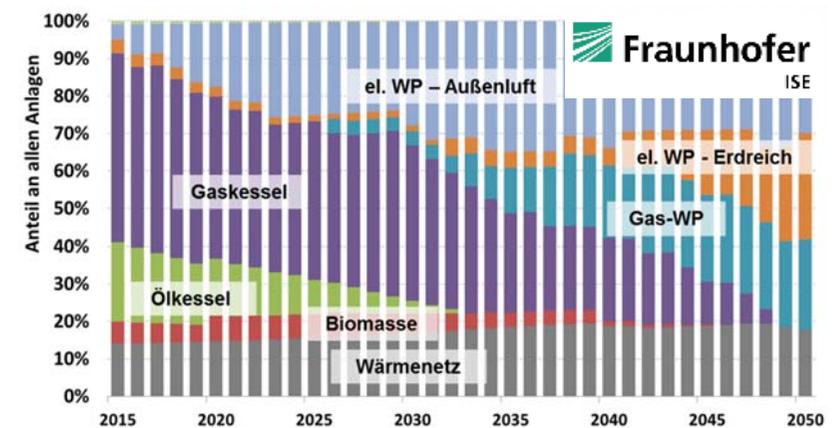
# Beispiel: Sektorenkopplung in Energiewendepfaden

## Methoden:

- Modellierung des deutschen Energiesystems
- Betrachtung aller Verbrauchssektoren
- Stundengenaue Simulation von 2015-2050
- Ziel: Minimierung der Transformationskosten

## Erkenntnisse:

- PV und Wind werden dominante Stromerzeuger
- Erzeugungsleistung wird vor allem reduziert durch:
  - hohe Anteile Batterie-Fzg. und Wärmepumpen
  - erhöhte Gebäudesanierungsrate
  - beschleunigten Kohleausstieg
- Bei über 85% CO<sub>2</sub>-Reduktion starker Anstieg der notwendigen Erzeugungsleistung und Kosten





# Zentrale Ergebnisse

**Sektorenkopplungsoptionen haben unterschiedliche Einsatzgebiete**

**Einsatzpotenziale sind stark von Versorgungs-, Netz- und Bedarfsstruktur abhängig**

## **Strom-Wärme**

- Flexibler Wärmepumpenbetrieb reduziert residuale Spitzenlasten um bis zu 4 GW
- Stromgeführter KWK-Betrieb kann Abregelung um über 10 TWh/a reduzieren
- Elektrische Boiler in Wärmenetzen können Abregelung um weitere 10 TWh/a senken

## **Strom-Verkehr**

- Gesteuertes Laden von Elektrofahrzeugen senkt in Zielszenarien Abregelung um 4-6 TWh/a und residuale Spitzenlasten um ca. 3,5-4,5 GW
- Flexible H<sub>2</sub>-Elektrolyseure bieten langfristig großes Lastmanagementpotenzial (>30 GW)
- Erzeugung synthetischer Kraftstoffe zur Nutzung im Luft- und Schiffsverkehr denkbar

## **Strom-Gas**

- Methanisierung und Erzeugung synthetischer Kraftstoffe bieten Chance der Nutzung bestehender Infrastrukturen, haben aber noch sehr hohe Kosten

**Akzeptanz unterstützt Verbreitung von Systemen**

# Schlussfolgerungen

- **Flexible Sektorenkopplung ist ein wichtiges Element der Energiewende**
  - Umfangreiche Kostensenkungspotenziale
  - Reduktion der Abregelung durch erhöhte Nutzung von Erzeugungsspitzen
  - Reduktion des Bedarfs nach Reservekraftwerken/Speichern durch Flexibilisierung
- **Nutzung von Strom im Stromsystem muss Vorrang haben**
  - Priorisierung von Netzausbau und intelligenten Steuerungskonzepten
  - Flexibilisierung der konventionellen Kapazitäten, Reduktion des Must-Run Sockels

**Flexibilisierung KWK und Wärmepumpen durch thermische Speicher**

**Ausbau KWK und Wärmepumpen**

**Nutzung kurzzeitiger, lokaler EE-Spitzen zur Wärmeerzeugung**

**Entkarbonisierung des Verkehrssektors durch synthetisches H<sub>2</sub>, Gas, ...**

**Flexibles Laden von Elektromobilen**

**Rückverstromung synth. H<sub>2</sub>, Gas**

**2016**

**20XX**

# Literatur

- Gils, H.C. Balancing of intermittent renewable power generation by demand response and thermal energy storage, Dissertation, Universität Stuttgart, 2015
- Henning, H.-M.; Palzer, A.: Energiesystem Deutschland 2050. Eigenveröffentlichung Fraunhofer ISE, November 2013
- Henning, H.-M.; Palzer, A.: Was kostet die Energiewende? Eigenveröffentlichung Fraunhofer ISE, November 2015
- Horst, J. et. al. Versorgungssicherheit auf dem Weg zu 60% Erneuerbaren Energien am Stromverbrauch: eine akteursbezogene Analyse, ein Projekt gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2016
- Horst, J., Tänzer G., Klann, U., et al. EMob.-RLP: Elektromobilität in Energieversorgungsnetzen und dezentralen Energiemanagementsystemen, erstellt im Rahmen des Netzwerks Elektromobilität Rheinland-Pfalz 2013
- Hüsing, F., Glembin J., Rockendorf, G. Potenziale thermischer Nutzung photovoltaischer Energie, 25. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, 2015
- Kranz, S., Frick, S.: Efficient cooling energy supply with aquifer thermal energy storages. Applied Energy 109, 321-327, 2013
- Kranz, S., Blöcher, G., Saadat, A. Improving Aquifer Thermal Energy Storage Efficiency, World Geothermal Congress, 2015
- Littwin, M., Ohrdes, T., Knoop M., et al. Messtechnische Evaluation einer modernen Strom-Wärme Systemlösung in einem bewohnten Passivhaus, In: Wenzl, H., Kaiser, F.(Hrsg.): *Sektorenkopplung der Energiesysteme durch Power to Heat: Dialogplattform des EFZN, Goslar, 14. und 15. Juni 2016*. 1. Auflage, Göttingen, Cuvillier Verlag Göttingen, 2016
- Merten, F., Krüger, C., Nebel, A., et al. Klimapolitischer Beitrag kohlenstoffarmer Energieträger in der dezentralen Stromerzeugung sowie ihre Integration als Beitrag zur Stabilisierung der elektrischen Versorgungssysteme, Projektbericht für das Umweltbundesamt, 2014
- Nitsch, J., Pregger, T., Naegler, T., et al. Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global, Projektbericht für das BMU, 2012.
- Palzer, A.: Sektorübergreifende Modellierung und Optimierung eines zukünftigen deutschen Energiesystems unter Berücksichtigung von Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudesektor, Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie, 2016
- Pregger, T., Luca de Tena, D., O’Sullivan, M., et al. Perspektiven von Elektro-/Hybridfahrzeugen in einem Versorgungssystem mit hohem Anteil dezentraler und erneuerbarer Energiequellen, Projektbericht für das BMWi, 2012
- Scholz, Y., Gils, H.C., Pregger, T., et al. Möglichkeiten und Grenzen des Lastausgleichs durch Energiespeicher, verschiebbare Lasten und stromgeführte KWK bei hohem Anteil fluktuierender Stromerzeugung, Projektbericht für das BMWi, 2014
- Tugores, C. R., Francke, H., Cudok, F., et al. Coupled modeling of a district heating system with aquifer thermal energy storage and absorption heat transformer, 11th International Modelica Conference, 2015
- Vogt, T., Bremen, L. v., Buddeke, M., et al. RESTORE 2050 – Regenerative Stromversorgung & Speicherbedarf im Jahr 2050, Projektabschlussbericht: Ergebnisse und Handlungsempfehlungen, Projektbericht für das BMWi, 2016