

Sektorenkopplung als Baustein der Energiewende

FVEE-Jahrestagung, Berlin, 2. November 2016

Dr. Hans Christian Gils, DLR

Martin Dotzauer, DBFZ

Daniel Acksel, GFZ

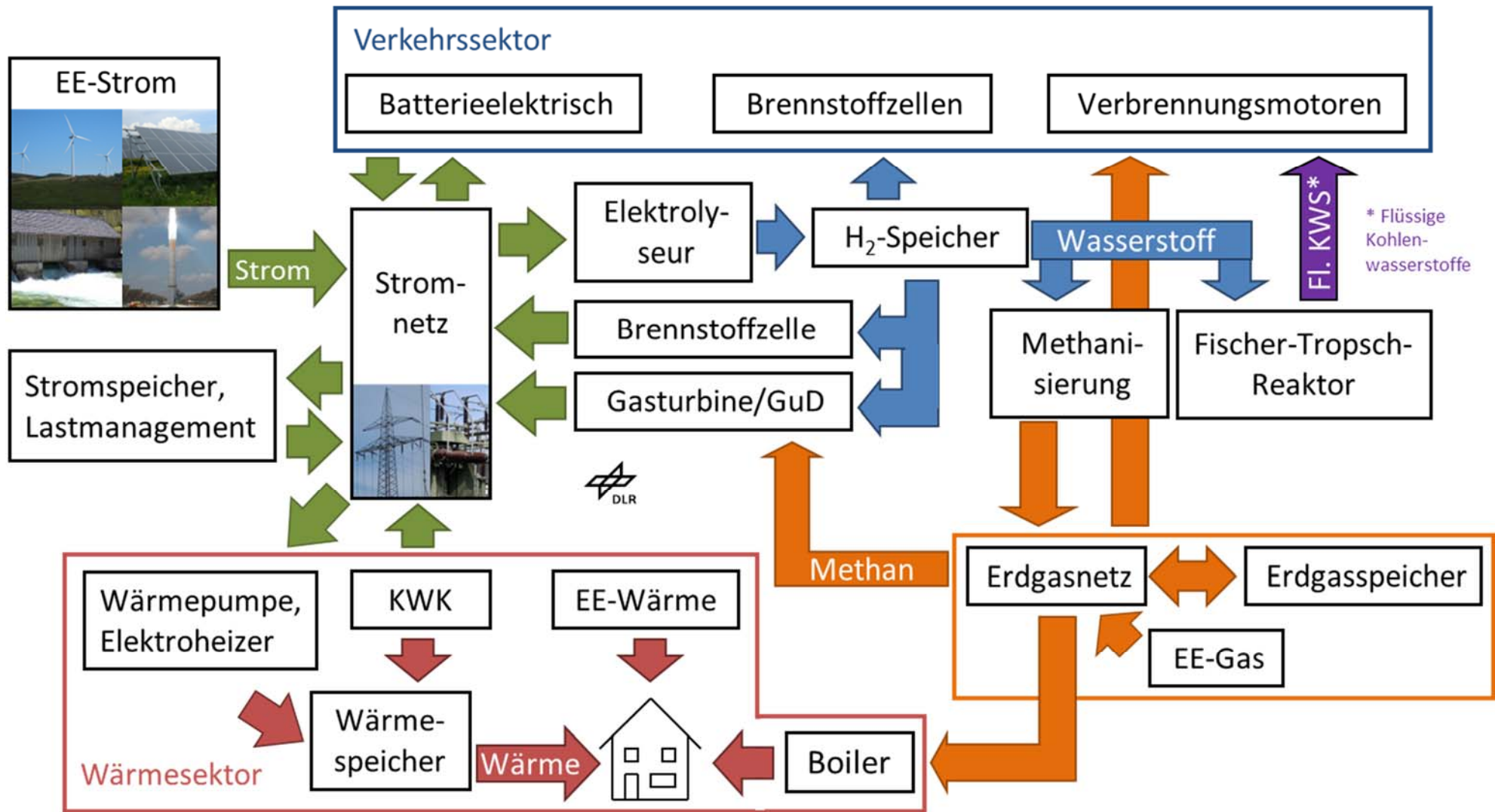
Dr. Andreas Palzer, ISE

Matthias Littwin, Fabian Hüsing, ISFH

Juri Horst, IZES

Prof. Dr. Manfred Fishedick, Frank Merten, WI

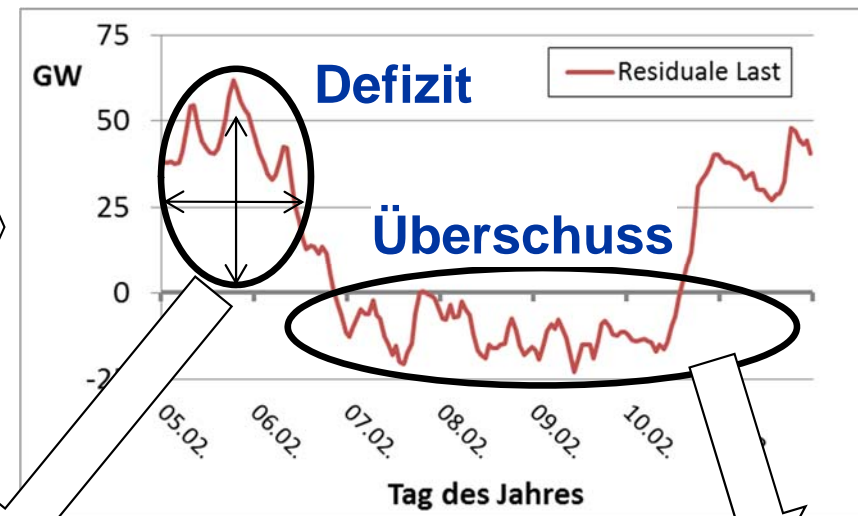
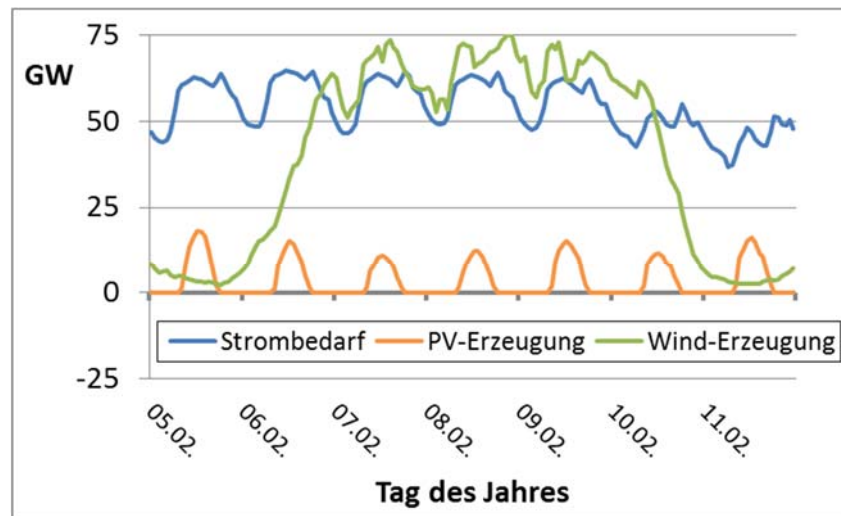
Was ist Sektorkopplung?



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):



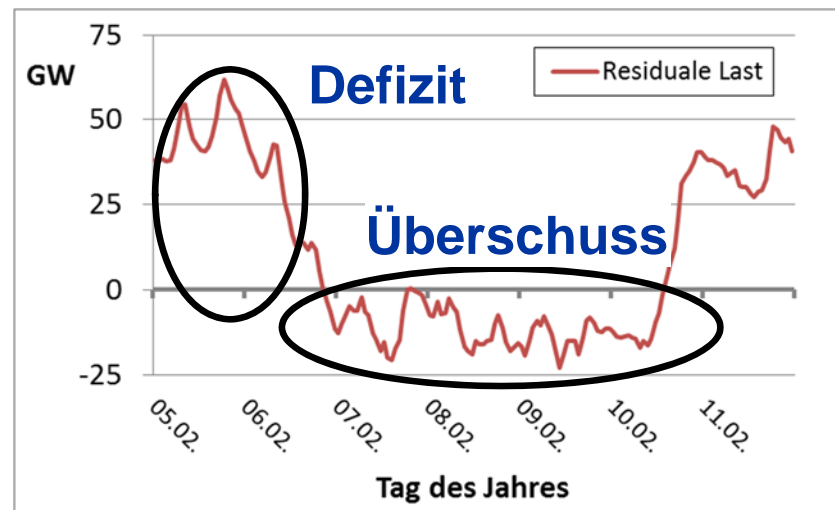
Deckung von Defiziten:

- 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

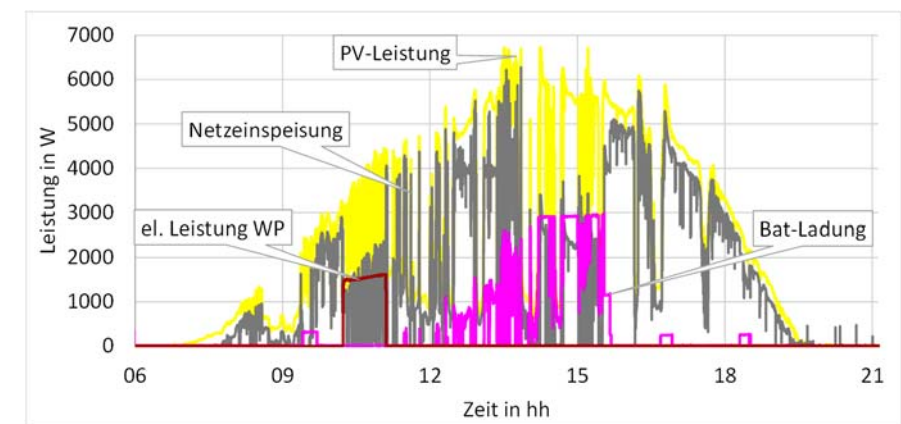
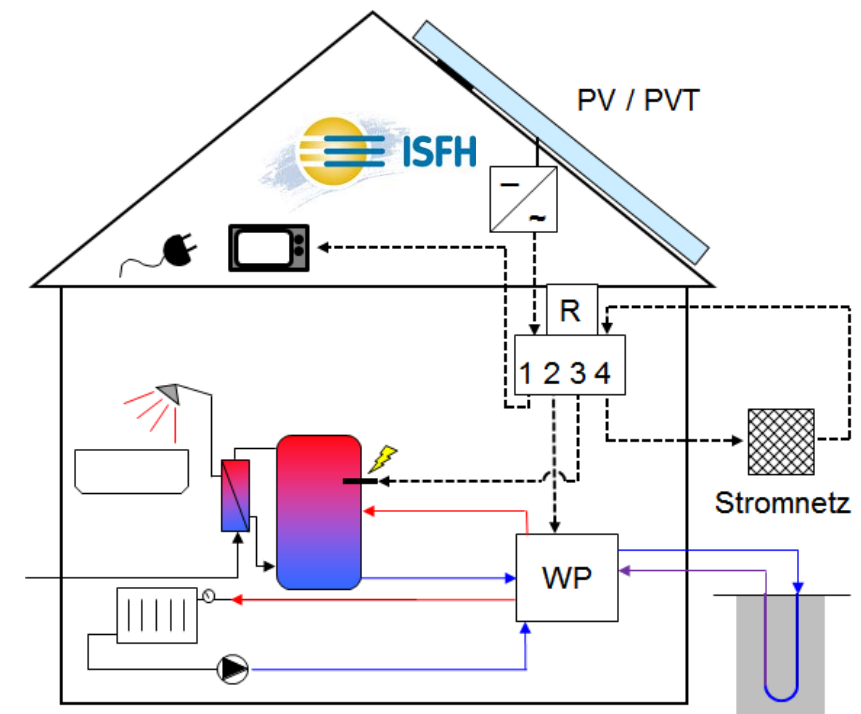
Beispiel: Sektorenkopplung auf dezentraler Ebene

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



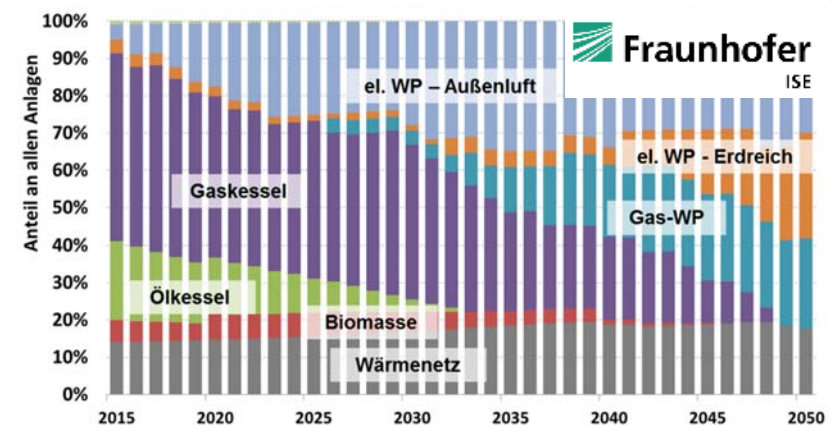
Beispiel: Sektorenkopplung in Energiewendepfaden

Methoden:

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

Erkenntnisse:

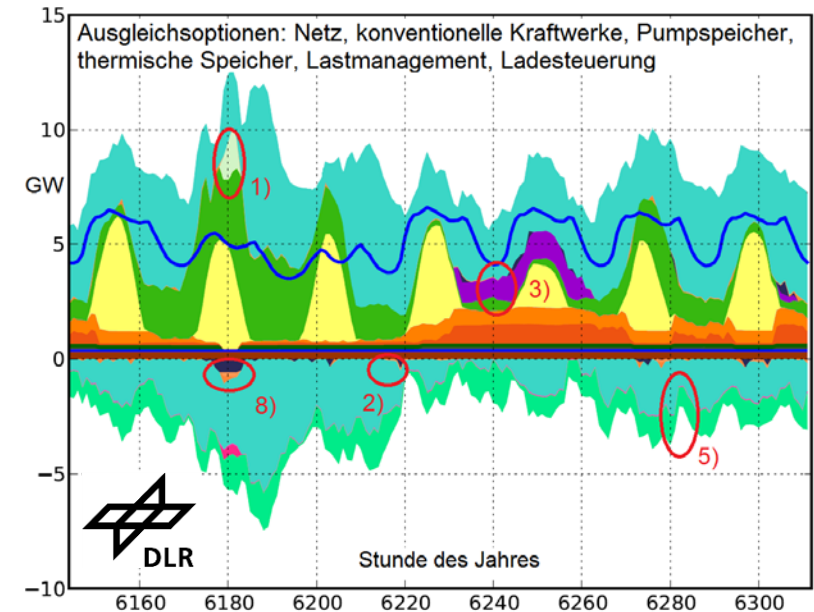
- PV und Wind werden dominante Stromerzeuger
- Erzeugungsleistung wird vor allem reduziert durch:
 - hohe Anteile Batterie-Fzg. und Wärmepumpen
 - erhöhte Gebäudesanierungsrate
 - beschleunigten Kohleausstieg
- Bei über 85% CO₂-Reduktion starker Anstieg der notwendigen Erzeugungsleistung und Kosten



Beispiel: Sektorenkopplung im europäischen Verbund

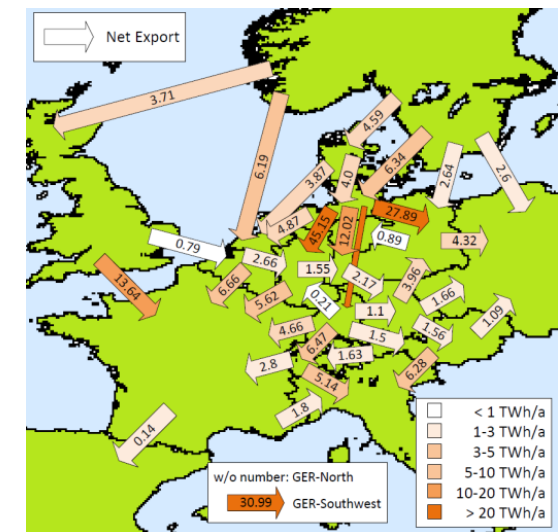
Methoden:

- Modellierung des europäischen Energiesystems
- Sektorenkopplung Strom-Wärme-Verkehr
- Ziel: Minimierung der jährlichen Systemkosten
- Stundengenaue Optimierung eines Jahres
- Bewertung der Systemwechselwirkungen



Erkenntnisse:

- Netzausbau wesentlich für EE-Integration
- Flexibilisierung von KWK-System senkt Abregelung stark
- Strom-zu-Wärme v.a. ergänzend zu Windkraft sinnvoll
- Industr. Lastmanagement und Wärmespeicher komplementär
- Hohe verschiebbare Energiemengen und Kapazitätsreduktion durch flexible Wärmepumpen, Batterie-Fzg. und H₂-Elektrolyse



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 H₂-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 H₂, Gas, ...

Flexibles Laden von Elektromobilen

Rückverstromung synth. H₂, 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