

# Digitalisierung und Energiesystemtransformation – Chancen und Herausforderungen

Jahrestagung 2018 des Forschungsverbunds Erneuerbare Energien FVEE

17. und 18. Oktober 2018 • Umweltforum • Berlin • Pufendorfstr. 11

Prof. Dr. Hans-Martin Henning • ISE

Prof. Dr. Carsten Agert • DLR

Prof. Dr. Kurt Rohrig • IEE

Dr. Raphael Niepelt • ISFH

Prof. Dr. Wolf Fichtner • KIT

Prof. Dr. Dirk-Uwe Sauer • FZ Jülich

Prof. Dr. Erik Gawel • UFZ

Prof. Dr. Manfred Fishedick • WI



# Inhalt

Energiesystemtransformation und resultierende Systemkomplexität

Digitalisierung im Kontext der Energiesystemtransformation

Fazit – Herausforderungen und Chancen

# Inhalt

## Energiesystemtransformation und resultierende Systemkomplexität

## Digitalisierung im Kontext der Energiesystemtransformation

## Fazit – Herausforderungen und Chancen

# Energiesysteme der Zukunft (ESYS)

## Arbeitsgruppe Sektorkopplung



Leopoldina  
Nationale Akademie  
der Wissenschaften



**AG »Sektorkopplung« im BMBF- geförderten Projekt »Energiesysteme der Zukunft (ESYS)«, durchgeführt von den deutschen Wissenschaftsakademien unter Federführung von acatech (Leitung Prof. Eberhard Umbach, Prof. Hans-Martin Henning)**

**Veröffentlichungen November 2017**

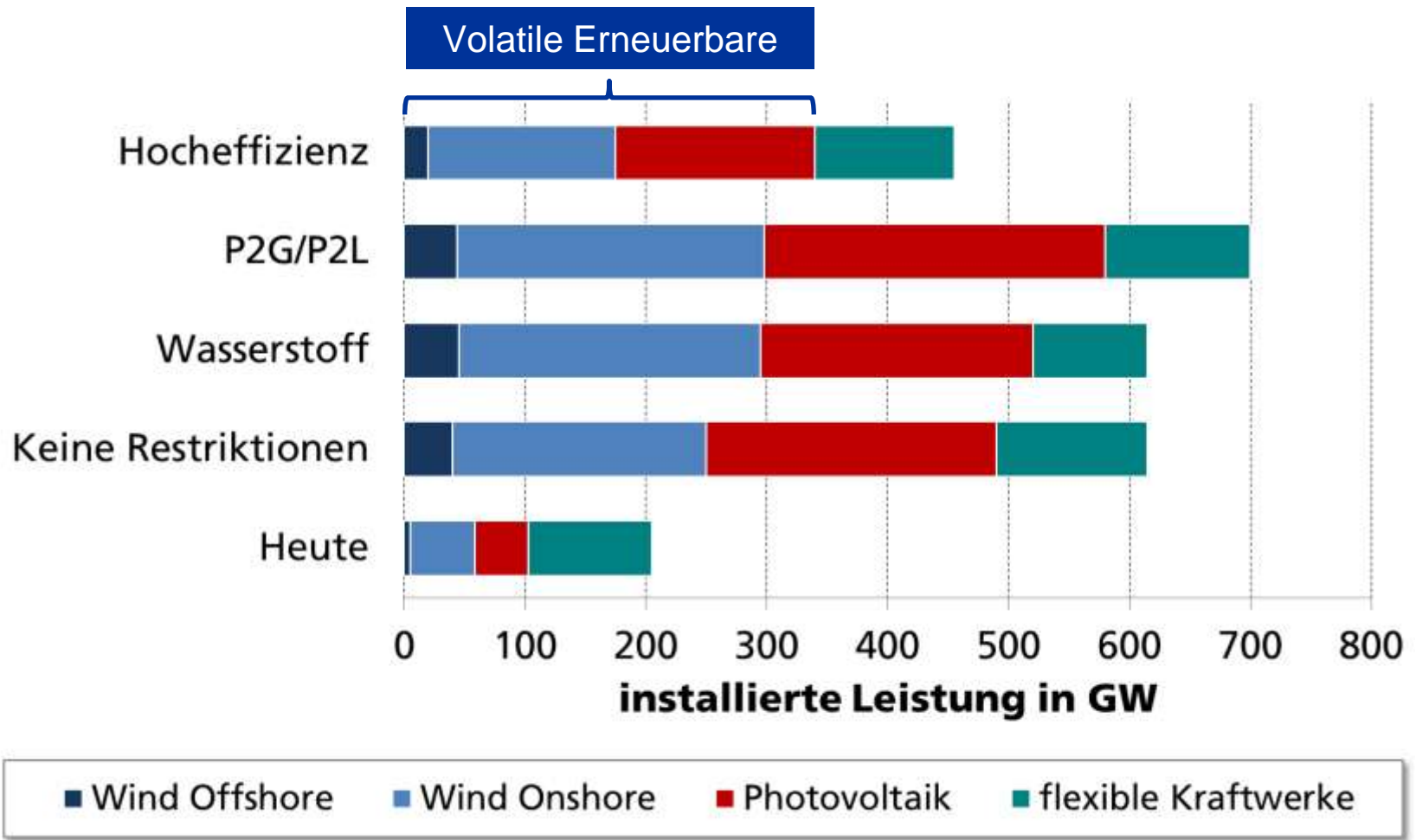
**Download : <http://energiesysteme-zukunft.de/themen/sektorkopplung/>**

# Energiesysteme der Zukunft (ESYS)

## Untersuchte Transformationspfade

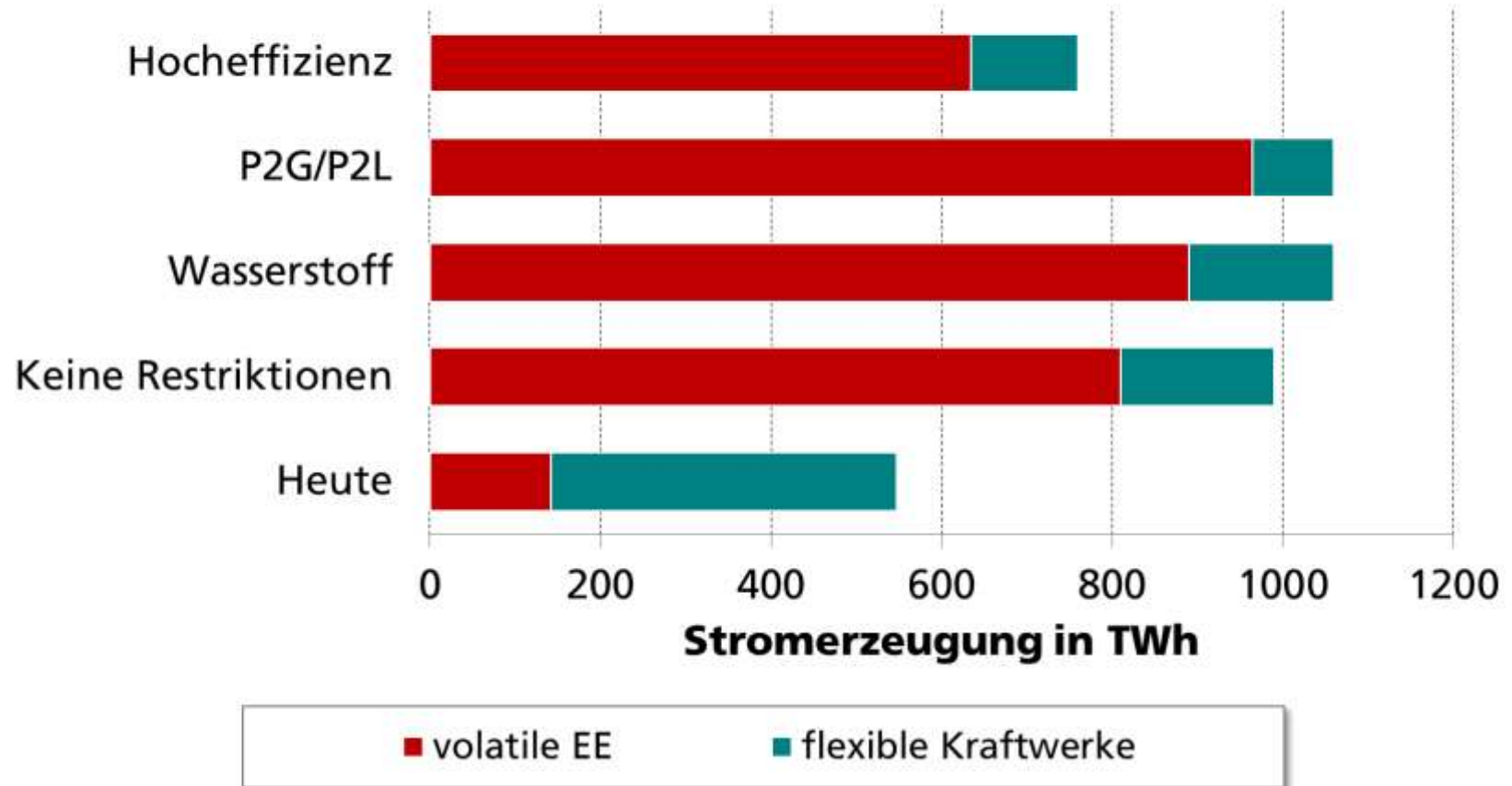
Name	CO <sub>2</sub> Ziel	Wesentliche Charakteristika
Keine Restriktionen		<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Keine Begrenzung direkter Stromnutzung (z.B. Wärmepumpen, Verkehr)</li> </ul>
Wasserstoff		<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Hoher Wasserstoffanteil im Verkehr (Brennstoffzellen-Antriebe)</li> <li>❑ Hoher Anteil von H<sub>2</sub> im Gasnetz</li> </ul>
Power-to-Gas Power-to-Liquid (P2G/P2L)	Minus 85 % in 2050 (verglichen mit 1990)	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Hoher Anteil von Methan bzw. flüssigen Kraftstoffen im Autoverkehr</li> <li>❑ Methannutzung auch noch in Gebäuden</li> <li>❑ Effizienzgewinne im Bereich der Industrie</li> </ul>
Hocheffizienz		<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Keine Begrenzung direkter Stromnutzung</li> <li>❑ Wesentliche Fortschritte bei der Implementierung von Effizienztechnologien</li> <li>❑ Wesentliche Fortschritte Reduktion Verbrauch</li> </ul>

# Installierte Leistung in GW heute und 2050

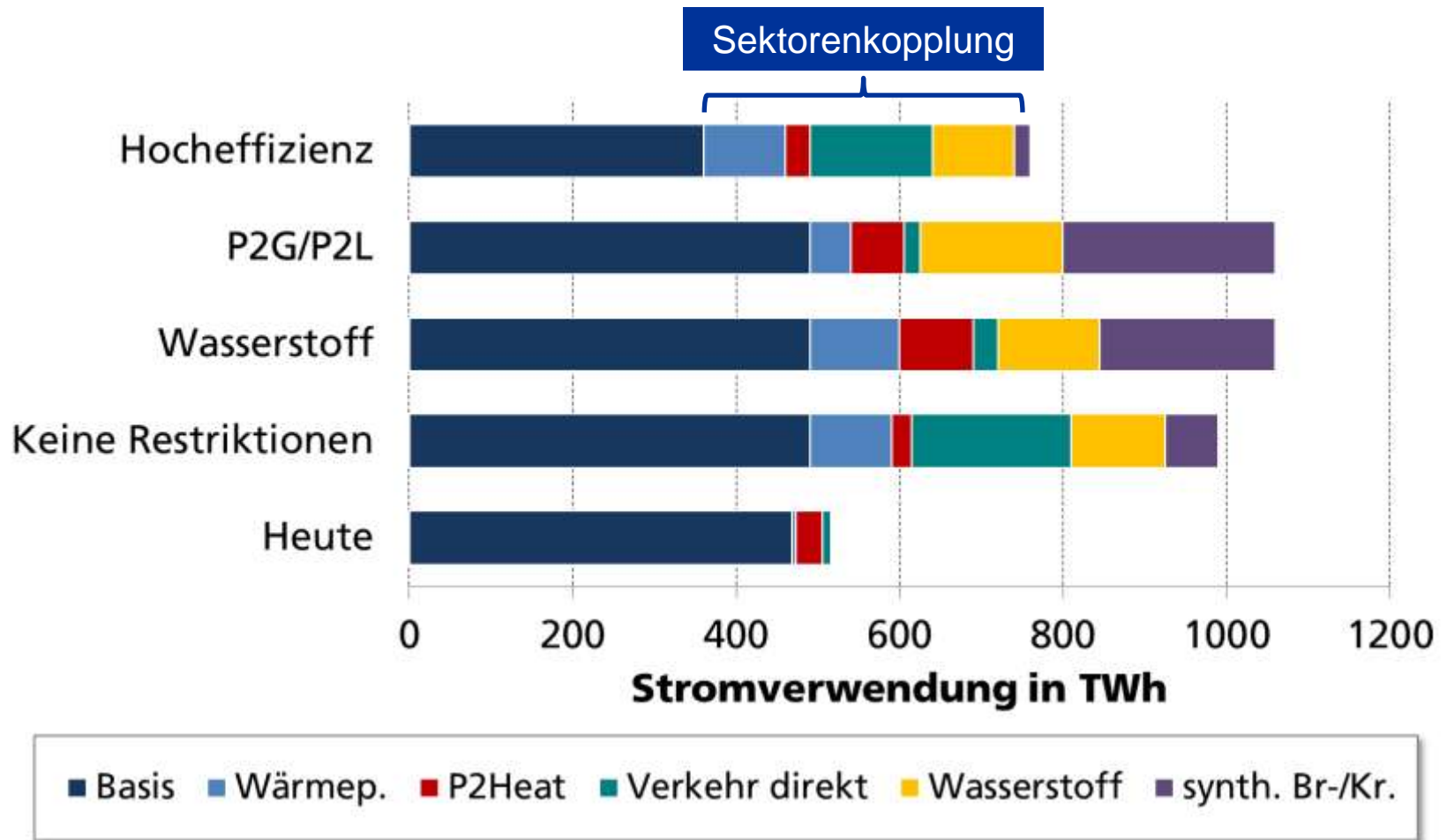


# Jährliche Stromerzeugung in TWh

## heute und 2050



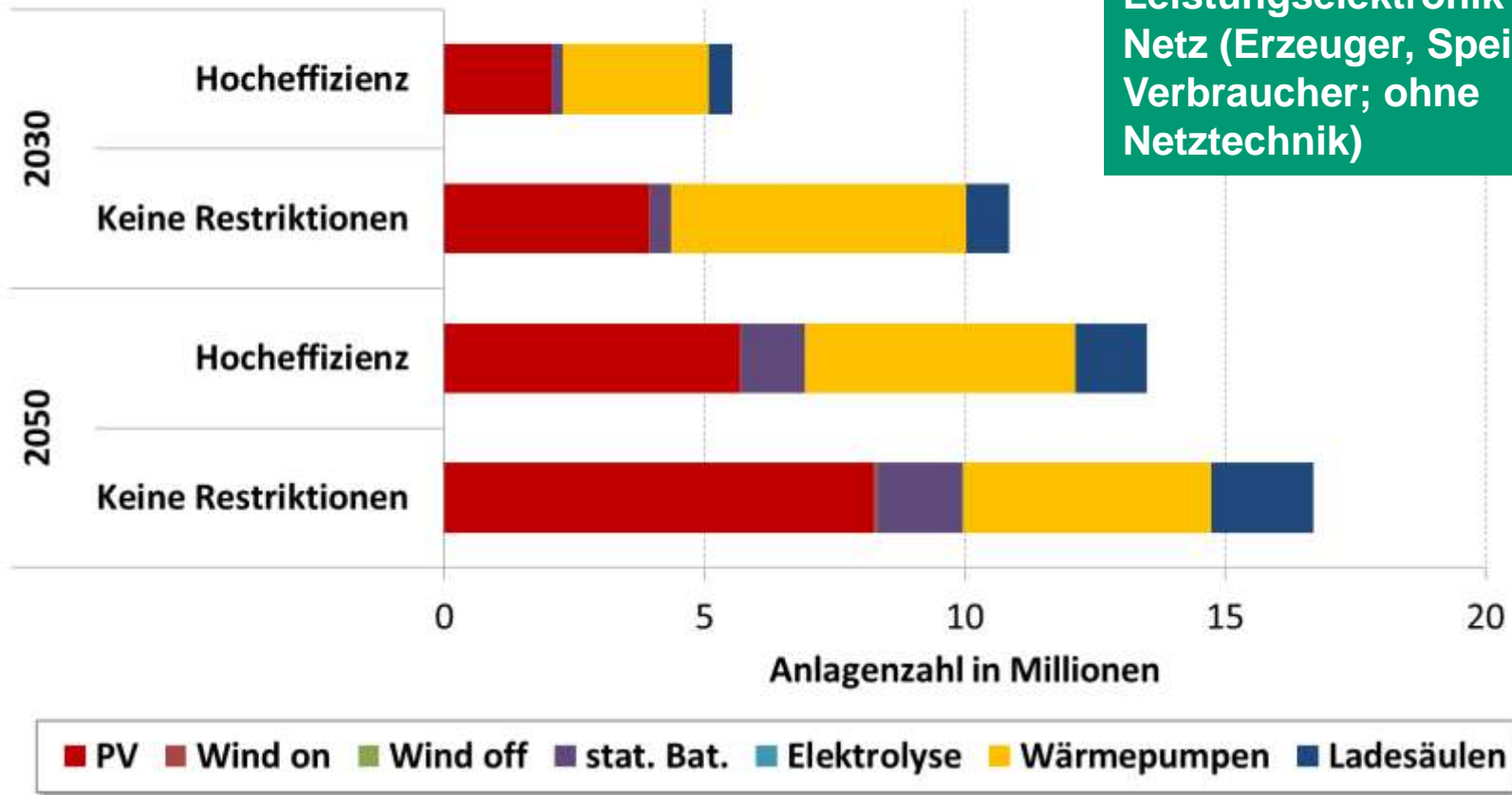
# Stromverwendung in TWh heute und 2050





# Mengengerüst wichtiger Komponenten 2030 und 2050

In 2050 rund 500...800 GW Leistungselektronik im Netz (Erzeuger, Speicher, Verbraucher; ohne Netztechnik)



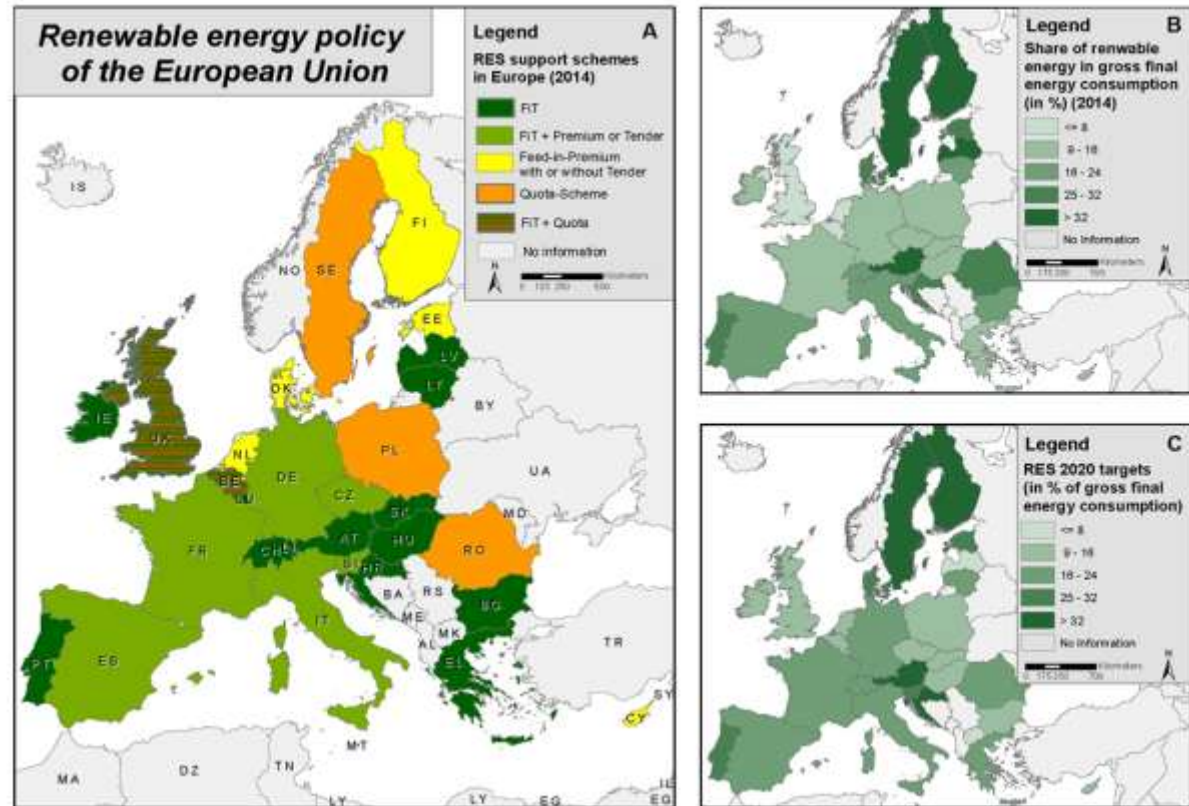
# Paradigmenwechsel des Versorgungsmodells

- Die große Anzahl an Anlagen im Stromnetz an sich wäre noch kein notwendiger Grund für eine Daten-basierte Vernetzung all dieser Anlagen
- Der große Beitrag **volatiler, nicht regelbarer erneuerbarer Energien** für die Stromerzeugung bedingt jedoch einen Paradigmenwechsel des Versorgungsmodells
- Die bedarfsgerechte Energiebereitstellung durch Großkraftwerke in der Vergangenheit wird ersetzt durch ein System, in dem fortwährend ein **Ausgleich** erfolgt **zwischen Bereitstellung und Nutzung** durch ein **komplexes Zusammenspiel** aus **zeitlich angepasster Energienutzung**, der **stärkeren Kopplung der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr**, dem temporären **Einsatz flexibler Erzeugungsanlagen** und von **Speichern**
- Die Einbeziehung moderner **Prognosemethoden für Erzeugung und Verbrauch** ergänzt Organisation und Management dieses komplexer werdenden Systems
- All dies ist schwer vorstellbar ohne die **umfangreiche Nutzung von Techniken und Methoden der Digitalisierung**

# Zusätzliche Komplexität – internationale Einbettung

## Regulierungsunterschiede innerhalb der EU

- Beispiel Förderpolitiken für EE
- Herausforderung für transnationale Koordination
- Digitalisierung: übergreifende Standards notwendig für transnationale Integration



# Beispiel für eine großflächige Implementierung

## SINTEG-Projekt **enera**

*Praxisgrößtest der Energiewende mit dem Ziel der deutschlandweiten Übertragbarkeit*

Nutzung der intensiv vernetzten Kernbereiche **Netz, Markt und Daten:**

### Netz:

- Flexibilisierung dezentraler Erzeugungsanlagen, Verbraucher und Speicher
- Entwicklung intelligenter Netzbetriebsmittel
- Intensiver Einsatz intelligenter Messsysteme

### Markt:

- Verteilnetzdienliche Erweiterung des Intraday-Marktes um regionalisierte Produkte
- Monetärer Anreiz zur Nutzung regionaler Flexibilitätsoptionen

### Daten:

- Entwicklung einer standardbasierten IKT-Konnektivität aller relevanten Anlagen



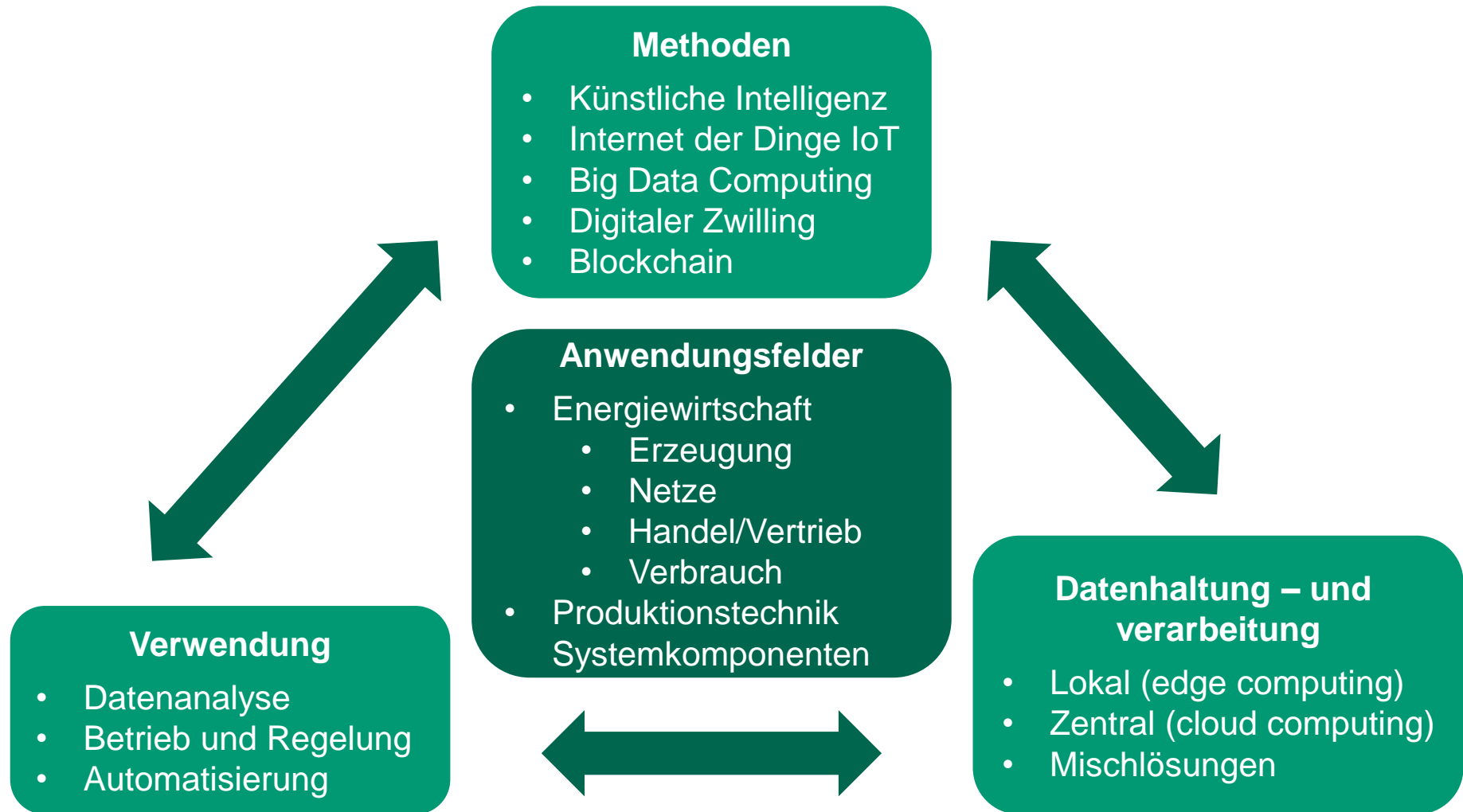
# Inhalt

## Energiesystemtransformation und resultierende Systemkomplexität

### Digitalisierung im Kontext der Energiesystemtransformation

## Fazit – Herausforderungen und Chancen

# Dimensionen der Digitalisierung



# Digitalisierung im Energiesystem: Anwendungsfelder



# Beispiel Erzeugung: Virtuelles Kombikraftwerk

## Was?

- Softwaresystem zur Aggregation von Erzeugern, Verbrauchern und Speichern
- Energiemanagement des Anlagenportfolios (z.Zt. 2 GW)
- Ergonomische Benutzeroberfläche

## Wer?

- Werkzeug für Direktvermarkter / „Aggregatoren“
- Unterstützung für den Netzbetrieb

## Wofür?

- Das VPP versetzt den Kunden in die Lage hochfrequent Anlageninformation dezentraler Erzeuger zu erfassen, aufzubereiten und weiterzuverarbeiten.

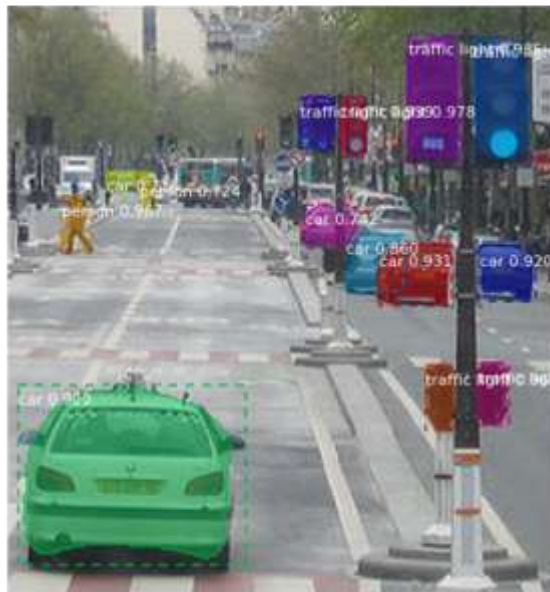




# Beispiel Erzeugung: Bilderkennung von PV-Anlagen

- Das Ziel ist, mithilfe von Luftbildern automatisiert den exakten Standort von PV-Anlagen zu identifizieren, um wichtige Anlagenparameter zu bestimmen
- Hierfür wird ein Open-Source Modell zur Objekterkennung auf den Anwendungsfall von PV-Anlagen übertragen

Bestehendes Modell: Mask-RCNN  
(He et al., 2017), Besonderheit:  
*Instance Segmentation*



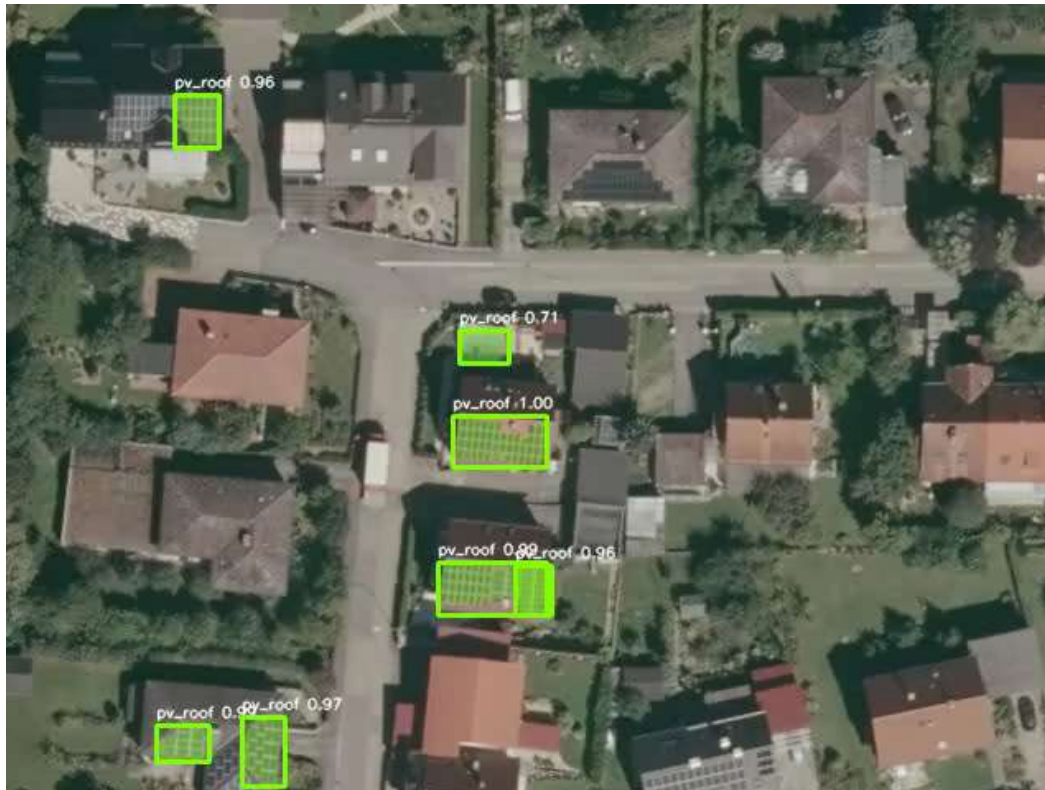
*Transfer Learning*: Re-Training des  
bestehenden Modells auf neue Klassen  
(pv\_roof, pv\_flat, pv\_free)



He, Kaiming; Gkioxari, Georgia; Dollár, Piotr; Girshick, Ross (2017): Mask R-CNN, Facebook AI Research (FAIR).



# Beispiel Erzeugung: Bilderkennung von PV-Anlagen

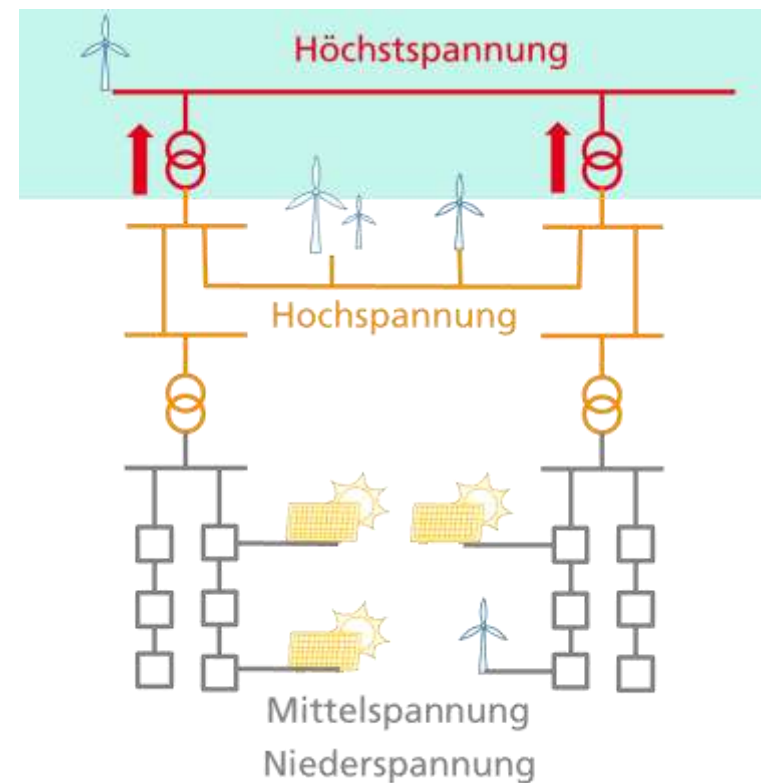


Lokalisierung, Kategorisierung und Parametrierung bestehender Photovoltaikanlagen

# Beispiel Netze: Big Data und künstliche Intelligenz zur Prognose der Stromerzeugung aus volatilen EE

## Methodisches Vorgehen

1. Prognose der Einspeisung von Einzelanlagen
2. Hochrechnung von Einzelprognosen
3. Aggregation der Prognosen
4. Verifikation der Prognosen

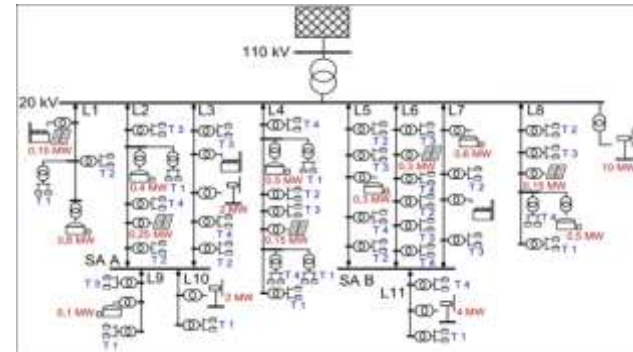
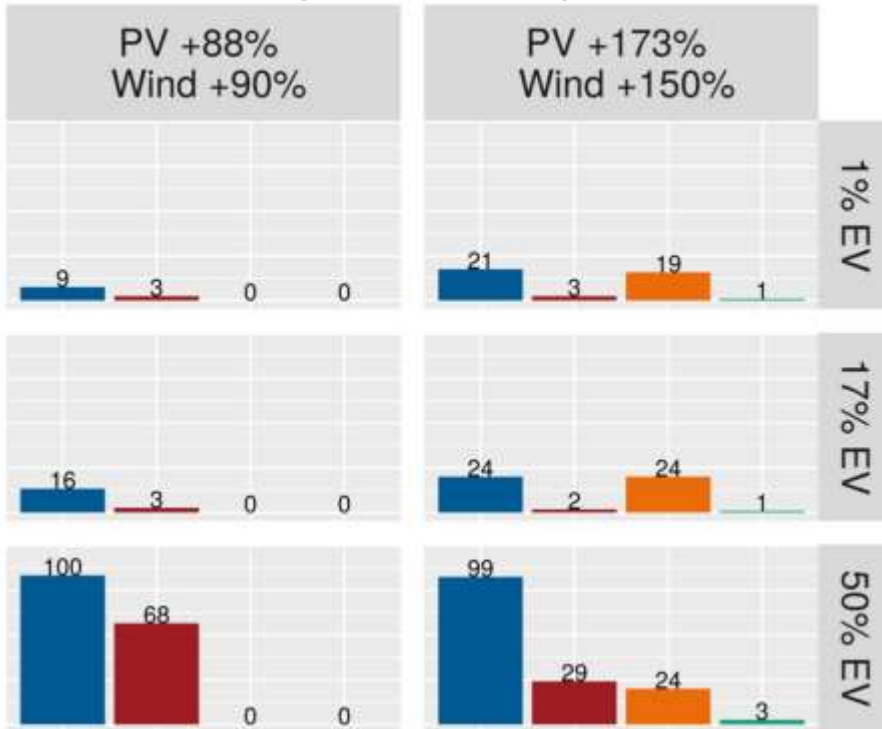


# Beispiel: Digitalisierung des Verteilnetzes



Prozentualer Anteil der Lastfälle mit Spannungsbandverletzung in Abhängigkeit des Ausbaus von volatilen Erneuerbaren (EE) und Elektromobilität (EV) in Abhängigkeit des Regelungskonzepts (Beispiel Mittelspannungsnetz EWE)

Anzahl Spannungswertverletzungen im Betrieb



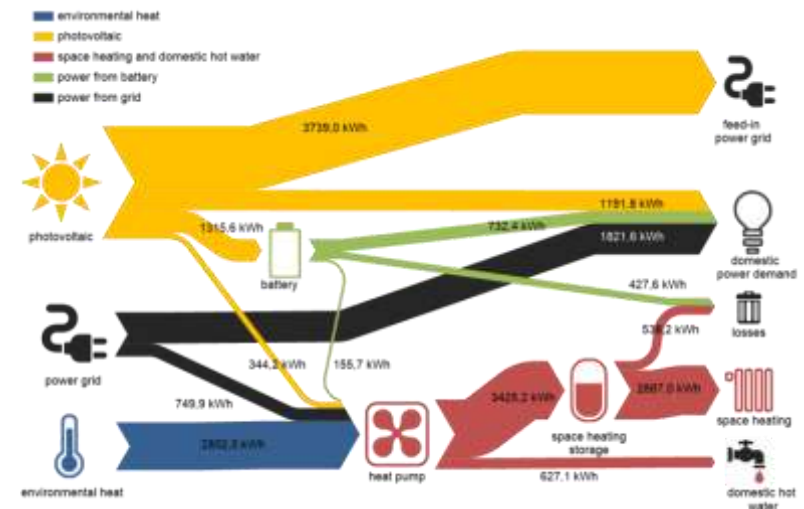
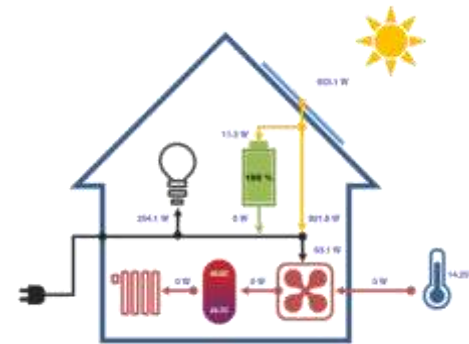
- Standardregelung
- Statcom-Regelung
- Autarke Regelung
- Zentrale Regelung

Die vernetzte „Zentrale Regelung“ erlaubt erheblichen Zubau von EE und EV ohne Netzausbau

# Beispiel Verbrauch: Komplexität Einzelgebäude

## In Zukunft mehrere “smarte“ Erzeuger und Verbraucher in einem System

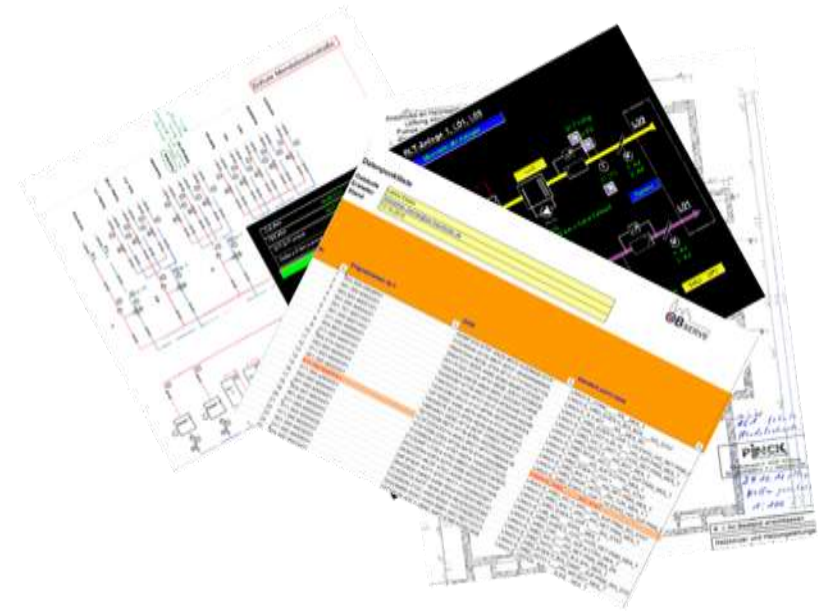
- Ganzheitlich optimierte Betriebsführung aller Komponenten unter Einbeziehung von prädiktiver Regelung ermöglicht minimale Speicher- und Wandlungsverluste
- Beispielsystem Passivhaus in Hannover (mit PV-Anlage, Batterie und Wärmepumpe):
- Solarer Deckungsgrad 53 %
- Erneuerbarer Deckungsgrad 79 %



# Beispiel Verbrauch: Building Information Modelling

## Datenanalysemethoden benötigen Informationen zu

- Technische Anlagendaten
  - Sensorik
  - Verknüpfung von Anlagen
  - Regelungskonzept
  - Ortung der Anlagen und Komponenten
- **BIM als Versorger maschinenlesbarer Informationen zur Steigerung des Automatisierungsgrads von Diagnosemethoden und perspektivisch selbstlernender, sich selbst optimierender Regelungskonzepte**



# Inhalt

**Energiesystemtransformation und resultierende Systemkomplexität**

**Digitalisierung im Kontext der Energiesystemtransformation**

**Fazit – Herausforderungen und Chancen**

# Chancen und Herausforderungen

## Chancen

- Effiziente Nutzung der bestehenden Infrastruktur (z.B. Heinrichs und Jochem, 2016)
- Erhöhte Versorgungssicherheit in Systemen mit fluktuierenden Erzeugern
- Effizientere Integration von Erneuerbaren Energien und Flexibilisierung der Nachfrage
- Schaffung neuer Geschäftsmodelle
- Verantwortung mehr in Verbraucherhand legen
- Verursachergerechtere Abrechnung
- Einsparpotential (sowohl für Endkunden als auch im Gesamtsystem)

## Herausforderungen

- Privacy (z.B. Buchman et al. 2013) und Datensouveränität
- Systemstabilität und Technische Resilienz (auch gegenüber kriminellen Angriffen)
- Berücksichtigung Nutzerakzeptanz
- Anpassung politischer Rahmenbedingungen
- Nachhaltigkeit, Ressourcen, Energieverbrauch
- Rebound-Effekte

Buchmann, E.; Kessler, S.; Jochem, P.; Böhm, K. (2013): The Costs of Privacy in Local Energy Markets, IEEE Conference on Business Informatics (CBI), Vienna, Austria.

Heinrichs, H., Jochem, P. (2016), Long-term impacts of battery electric vehicles on the German electricity system, European Physical Journal Special Topics 225, 583-593, doi: 10.1140/epjst/e2005-50115-x



# Fazit

## Digitalisierung als Enabler

- Beherrschung des komplexen Systems und des komplexen Zusammenspiels einer Vielzahl von technischen Komponenten im System und Beteiligten im Markt
- Effiziente, intelligente Nutzung von Infrastruktur und Hardware

## ... und als Treiber

- Neue technische Möglichkeiten drängen in die Anwendung, bieten neue Services und eröffnen neue Geschäftsmodelle

## Herausforderung

- Nutzung im Sinne der Ziele der Energiewende