

Universität Stuttgart
Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik

Anwendungsfach „Regelungstechnik in der elektrischen Energieversorgung“

Prof. Dr.-Ing. Hendrik Lens

Abteilung Stromerzeugung und
Automatisierungstechnik



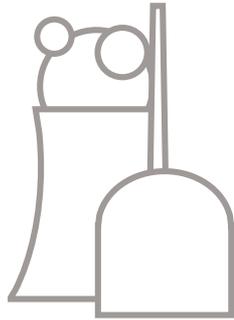
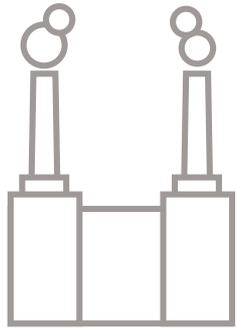
Quelle: nasa.gov



Italien-Blackout 2003

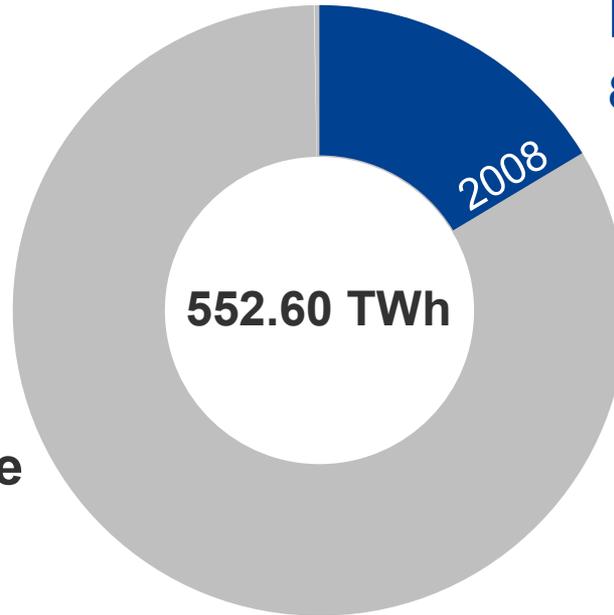
Energiewende

Nettostromerzeugung in Deutschland in 2008



Nicht Erneuerbare

463,06 (83,7%)



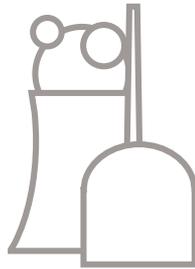
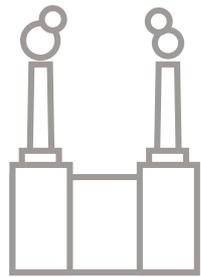
Erneuerbare

89,55 (16,3%)



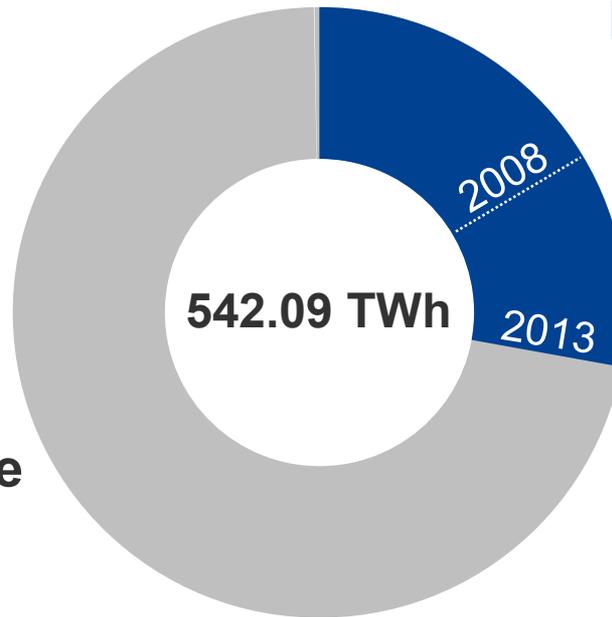
Energiewende

Nettostromerzeugung in Deutschland in 2013



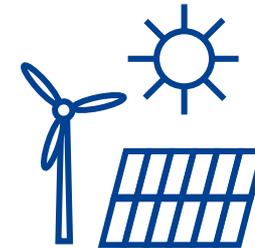
Nicht Erneuerbare

394,56 (72,7%)



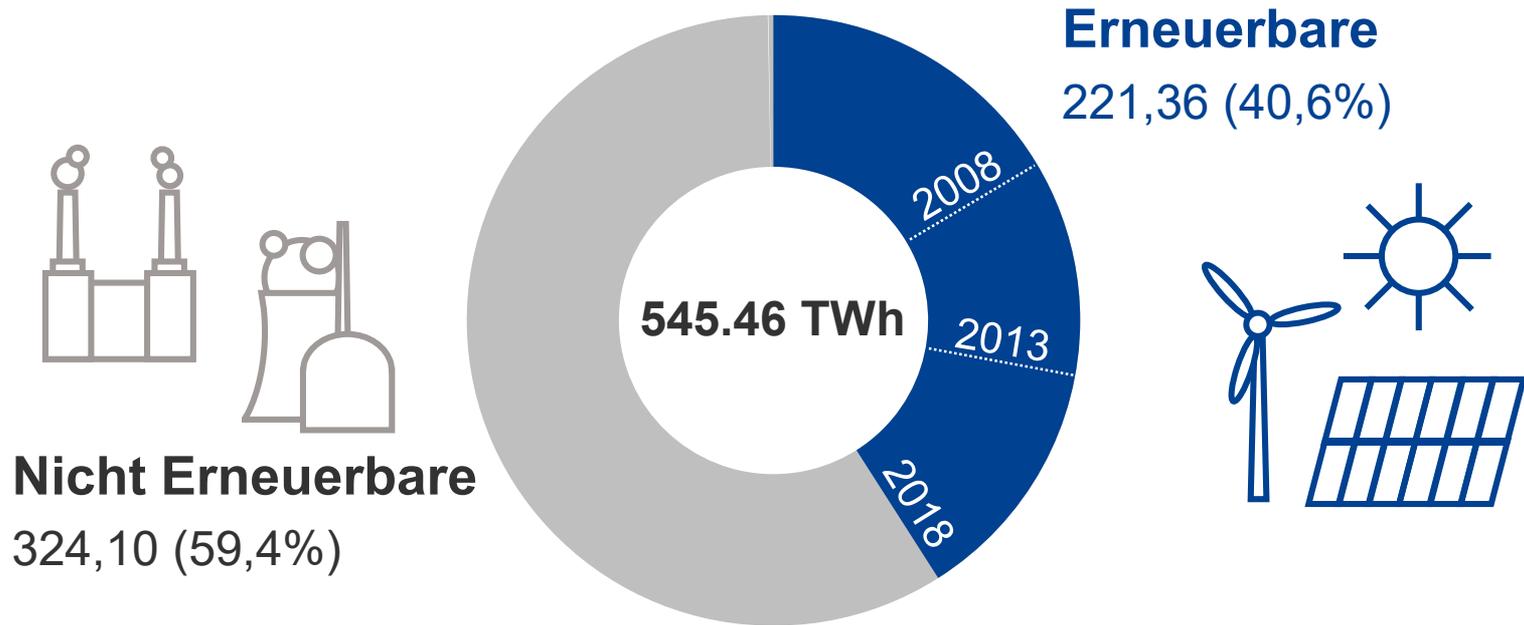
Erneuerbare

147,53 (27,3%)



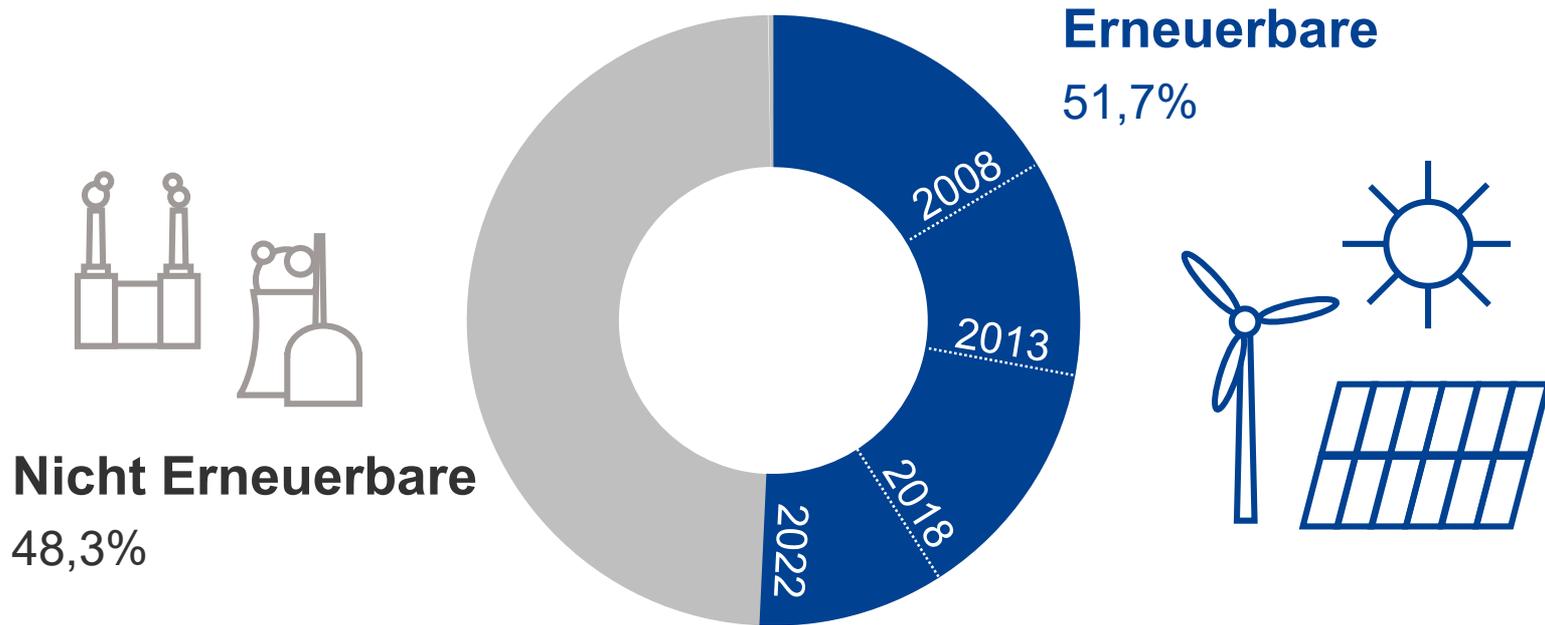
Energiewende

Nettostromerzeugung in Deutschland in 2018



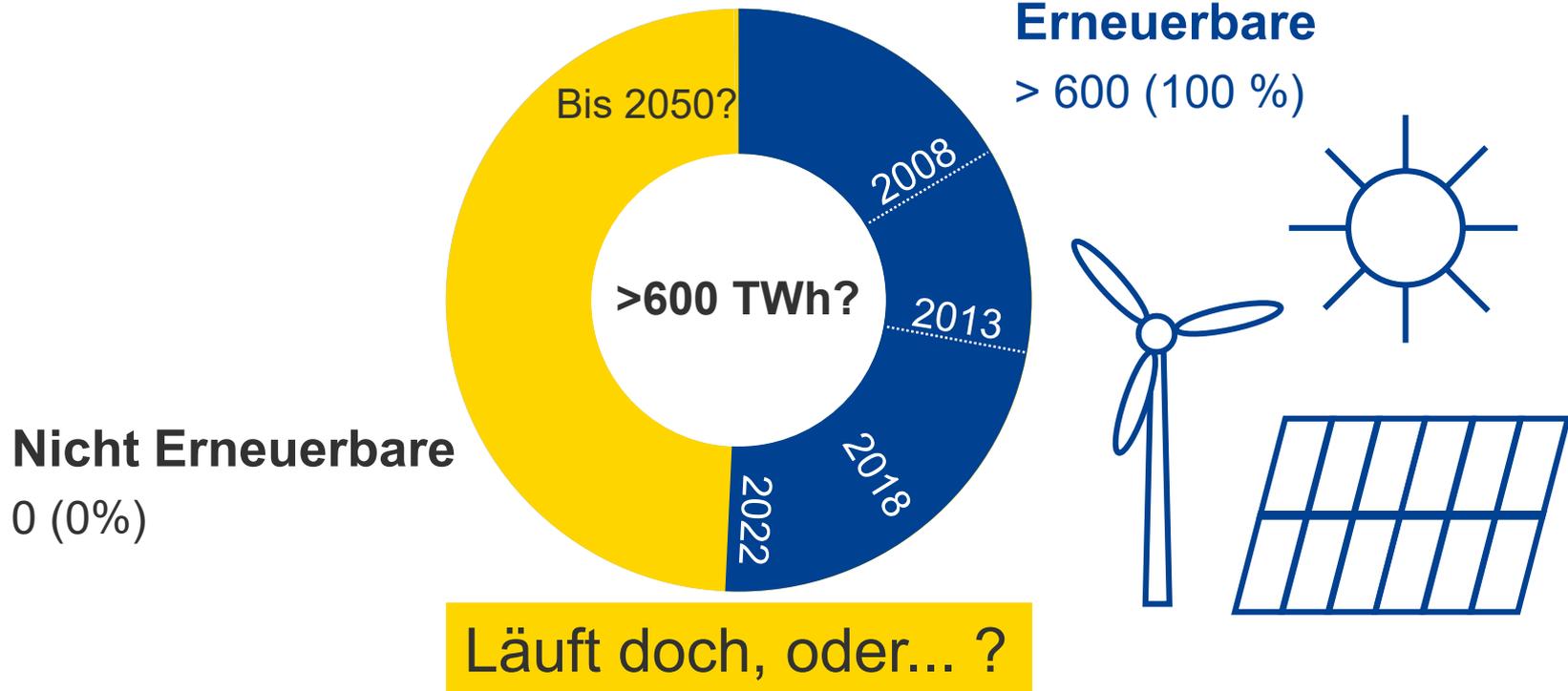
Energiewende

Nettostromerzeugung in Deutschland im 1. Halbjahr 2022



Energiewende

Nettostromerzeugung in Deutschland in der Zukunft

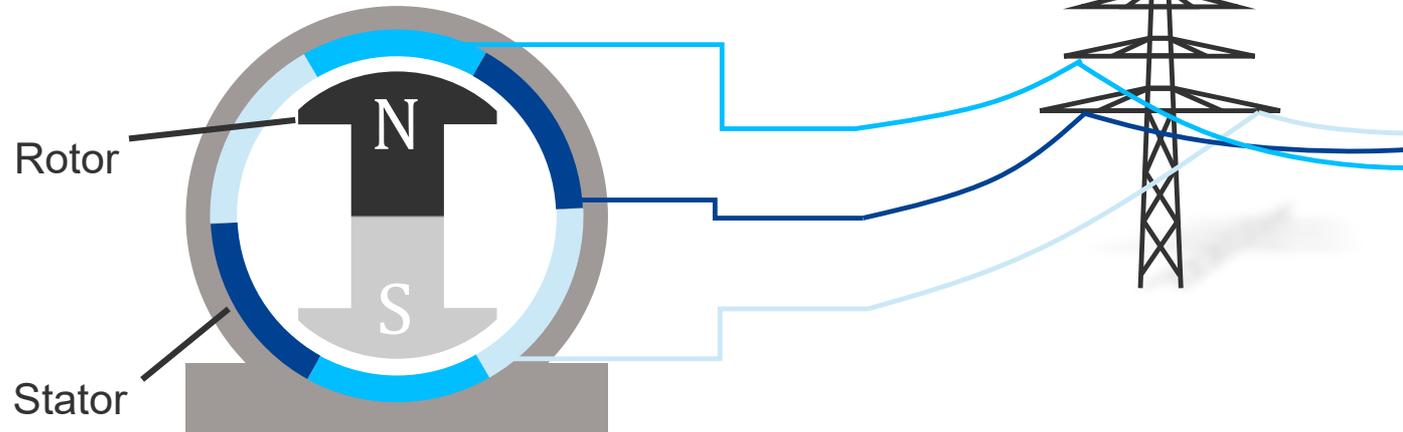
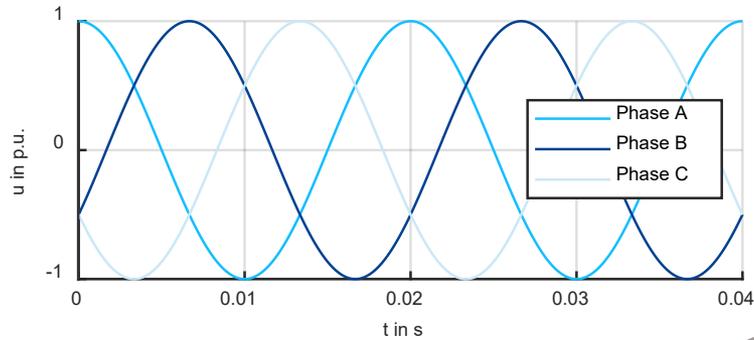




Einfluss erneuerbarer Energien auf das System

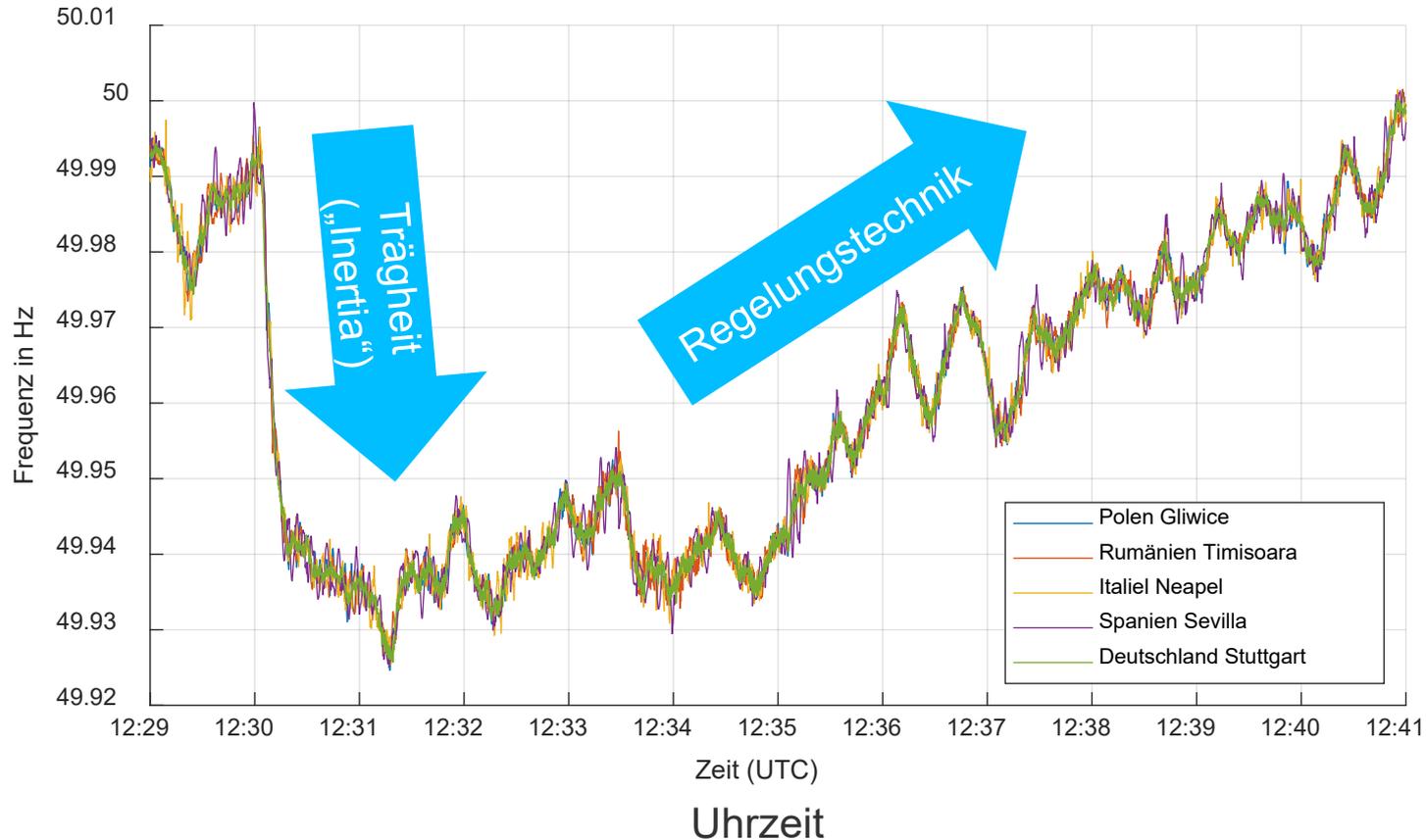
Bisherige Grundlage der elektrischen Energieversorgung

Synchronmaschine



Frequenzmessungen vom 10.1.2017

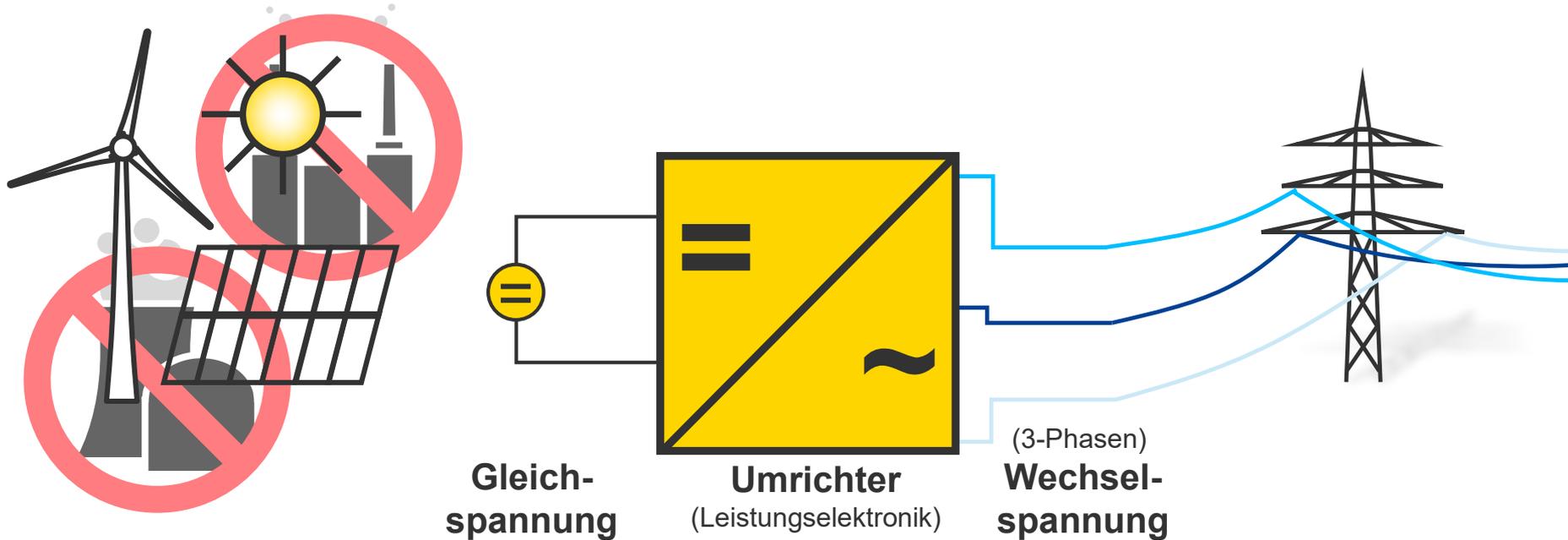
Kraftwerksausfall



Zukünftige Grundlage der elektrischen Energieversorgung

Umrichter

- Umrichter verhalten sich aber nicht genauso wie Synchronmaschinen
- Wie kann das funktionieren? → Forschungsfragen für die nächsten Jahrzehnte!

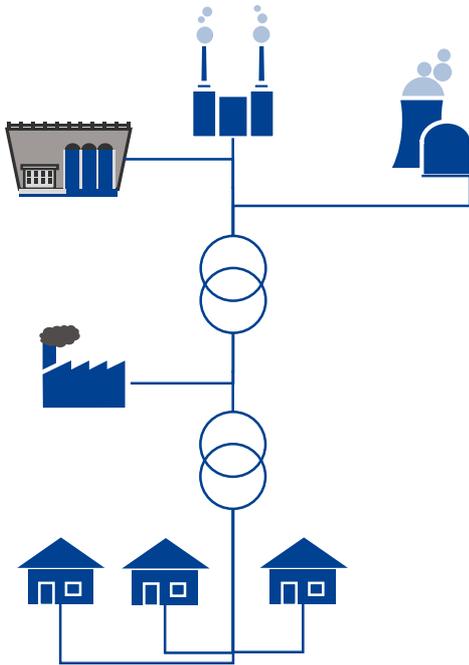


Das System elektrische Energieversorgung

ist im Wandel ...

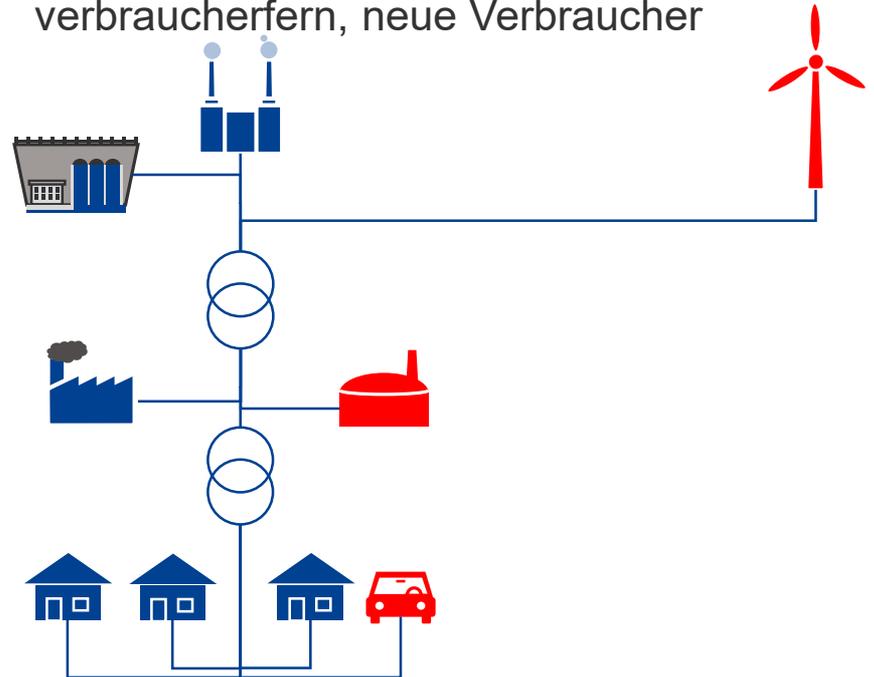
„GESTERN“

- Erzeugung zentral und verbrauchernah



HEUTE

- Erzeugung z.T. dezentral und z.T. verbraucherfern, neue Verbraucher

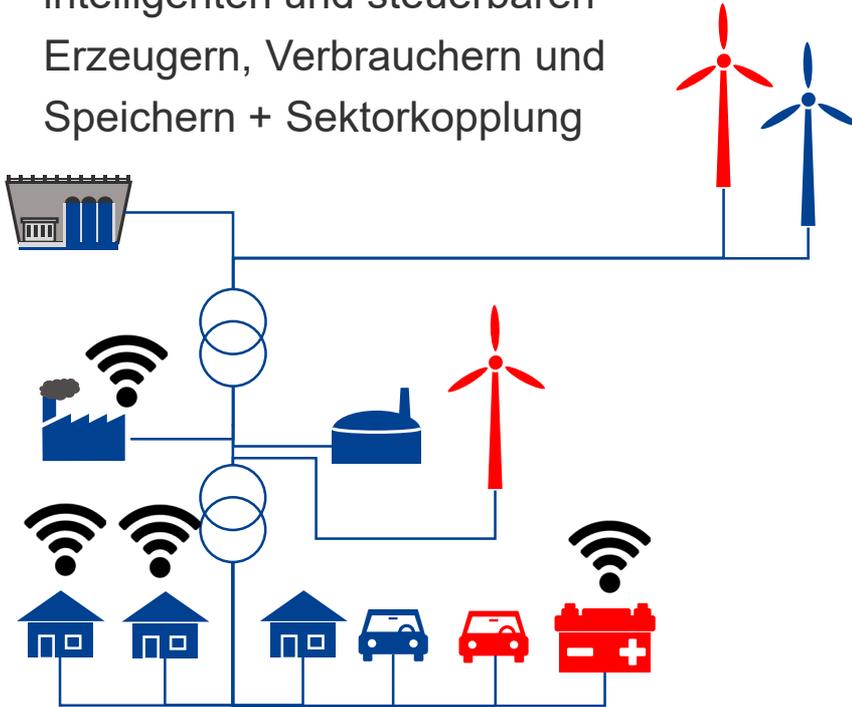


Das System elektrische Energieversorgung

ist im Wandel zu einem sehr viel kleinteiligeren und heterogenerem System

ZUKUNFT?

- Kommunikation und Regelung von intelligenten und steuerbaren Erzeugern, Verbrauchern und Speichern + Sektorkopplung



HERAUSFORDERUNGEN

- **Koordination** vieler kleiner Einheiten
- EE-Anlagen **verhalten sich anders** als klassische Kraftwerke (Beispiel: Trägheit)
→ Neue Phänomene und Problemstellungen, Bedarf an **neuen Lösungen**
- Bedeutung der Dynamik und Regelungstechnik wird weiter zunehmen

→ Auf absehbarer Zeit besteht **erheblicher Bedarf an Experten mit Kenntnissen in den Bereichen Energieversorgung und Kybernetik**

Die Energieversorgung der Zukunft ...

... aktuell ein sehr aktives Forschungsgebiet

By Joseph Benzaguen, Mohammadreza Miranbeigi, Prasad Kandula, and Deepak Divan



Collaborative Autonomous Grid-Connected Inverters

...ing inverter control for the future grid.



By Benjamin Kroposki, Brian Johnson, Yingchen Zhang, Vahan Gevorgian, Paul Denholm, Bri-Mathias Hodge, and Bryan Hannegan

Achieving a 100% Renewable Grid

Foundations and Challenges of Low-Inertia Systems

(Invited Paper)

...ian Dörfler and Gabriela Hug
...rich, Switzerland

David J. Hill* and Gregor Verbič
University of Sydney, Australia

Grid-Forming Converters: Control Approaches, Grid-Synchronization, and Future Trends—A Review

ROBERTO ROSSO ¹ (Student Member, IEEE), XIONGFEI WANG ² (Senior Member, IEEE), MARCO LISERRE ³ (Fellow, IEEE), XIAONAN LU ⁴ (Member, IEEE), AND SOENKE ENGELKEN ⁵ (Senior Member, IEEE),
(Invited Paper)

Handling Millions of Devices in Electricity Systems: Challenges for Modelling and Control

Spyros Chatzivasileiadis, Petros Aristidou, Ioannis Dassios, Tomislav Dragicevic, Daniel Gebbran, Federico Milano, Claudia Rahmann, Deepak Ramasubramanian



By Spyros Chatzivasileiadis, Andreas Venzke, Jochen Stiasny, and Georgios Misyris

Machine Learning in Power Systems



Anwendungsfach

Anwendungsfach „Regelungstechnik in der el. Energieversorgung“

Pflichtmodul „Regelung von Kraftwerken und Netzen“

- Dynamisches Verhalten und Regelung der Teilnehmer am elektrischen Energieversorgungssystem
 - Erzeuger
 - Verbraucher
 - Netzbetriebsmittel
- Liberalisierung und Deregulierung: Wechselwirkungen zwischen Markt und Physik; Stromhandel und Einbindung erneuerbarer Energien
- Netzregelung: Grundlegende Regelaufgaben in elektrischen Energieversorgungssystemen
 - Leistungs-Frequenzregelung: Ausregelung von Wirkleistungsungleichgewichten
 - Spannungsregelung: Deckung des Blindleistungsbedarfs
- Aktuelle Herausforderungen

Anwendungsfach „Regelungstechnik in der el. Energieversorgung“

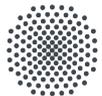
Pflichtmodul „Regelung von Kraftwerken und Netzen“

- Halbtagesexkursion im Rahmen der Vorlesung:
 - Netzleitwarte der TransnetBW GmbH in Wendlingen, inkl. Besichtigung des Umspannwerks
- Besichtigung:
 - Heizkraftwerk des Campus Vaihingen
- Übungen
- Gastvorlesungen aus der Industrie

Anwendungsfach „Regelungstechnik in der el. Energieversorgung“

Überblick der Pflicht- und Wahlmodule

- Empfehlung für **Natur- und Ingenieurwissenschaftliche Vertiefung**
 - Einführung in die Elektrotechnik II
- **Pflichtmodul** (6 LP):
 - Regelung von Kraftwerken und Netzen (Lens, IFK)
- **Wahlmodule** (6 LP):
 - Elektrische Energienetze I (Tenbohlen, IEH)
 - Energie- und Umwelttechnik (Scheffknecht, IFK)
 - Grundlagen der Energiewirtschaft und -versorgung (Hufendiek, IER)
 - Grundlagen der thermischen Strömungsmaschinen (Vogt, ITSM)
 - Grundlagen Windenergie (Cheng, SWE)
 - Hydraulische Strömungsmaschinen in der Wasserkraft (Riedelbauch, IHS)



Universität Stuttgart

Vielen Dank!



Prof. Dr.-Ing. Hendrik Lens

E-Mail hendrik.lens@ifk.uni-stuttgart.de

Telefon +49 (0) 711 685-66213

Fax +49 (0) 711 685-63491

Universität Stuttgart

Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik

Pfaffenwaldring 23 • 70569 Stuttgart

