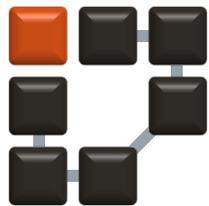


# Gekoppeltes Energiesystemmodell für den Energieumstieg in Bayern

13. Symposium Energieinnovation  
14.2.2014

Marco Pruckner, Gaby Seifert, Matthias Luther, Reinhard German



Informatik 7  
Rechnernetze und  
Kommunikationssysteme



FRIEDRICH-ALEXANDER  
UNIVERSITÄT  
ERLANGEN-NÜRNBERG  
TECHNISCHE FAKULTÄT



Lehrstuhl für  
Elektrische Energiesysteme

# Inhalt

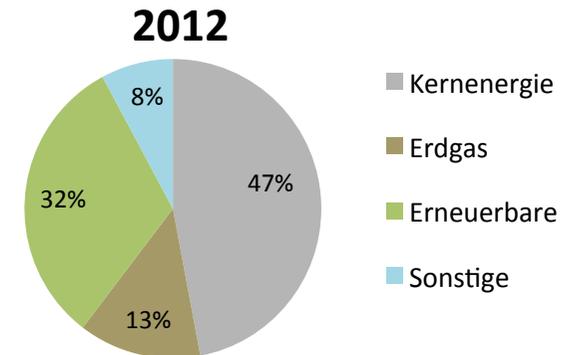


- Ausgangssituation
- Simulationsmodelle
- Ergebnisse
- Fazit

# Ausgangslage

## ■ Ausstieg aus der Kernenergie

- Kernenergie hat einen Anteil von knapp 50 % an der bayerischen Stromerzeugung
- Bis 2023 sind ca. 5,3 GW an Kraftwerkskapazität zu ersetzen



Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung:  
Bruttostromerzeugung in Bayern

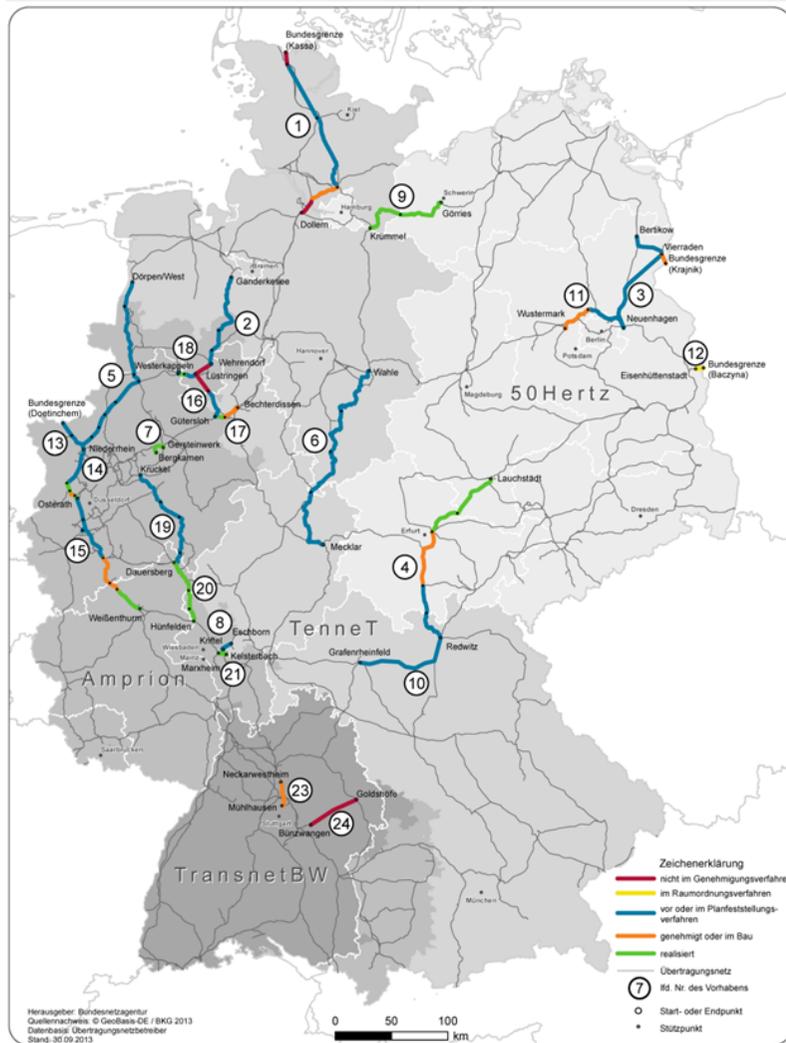
## ■ Bayerisches Energiekonzept „Energie Innovativ“ wurde im Mai 2011 verabschiedet

- Erneuerbare Energien deutlich schneller ausbauen
- Energienetze ausbauen
- Stromspeicher schaffen
- Bau neuer Gas-Kraftwerke
- Energieeffizienzmaßnahmen

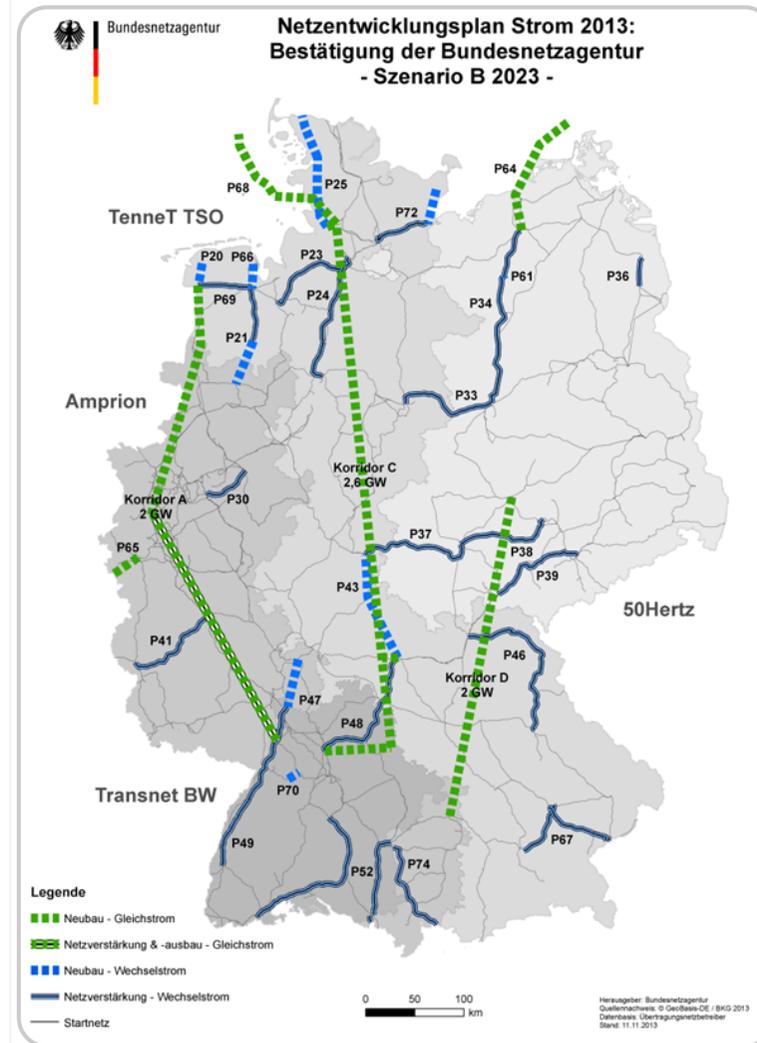
# Geplanter Netzausbau in Deutschland



## - EnLAG -



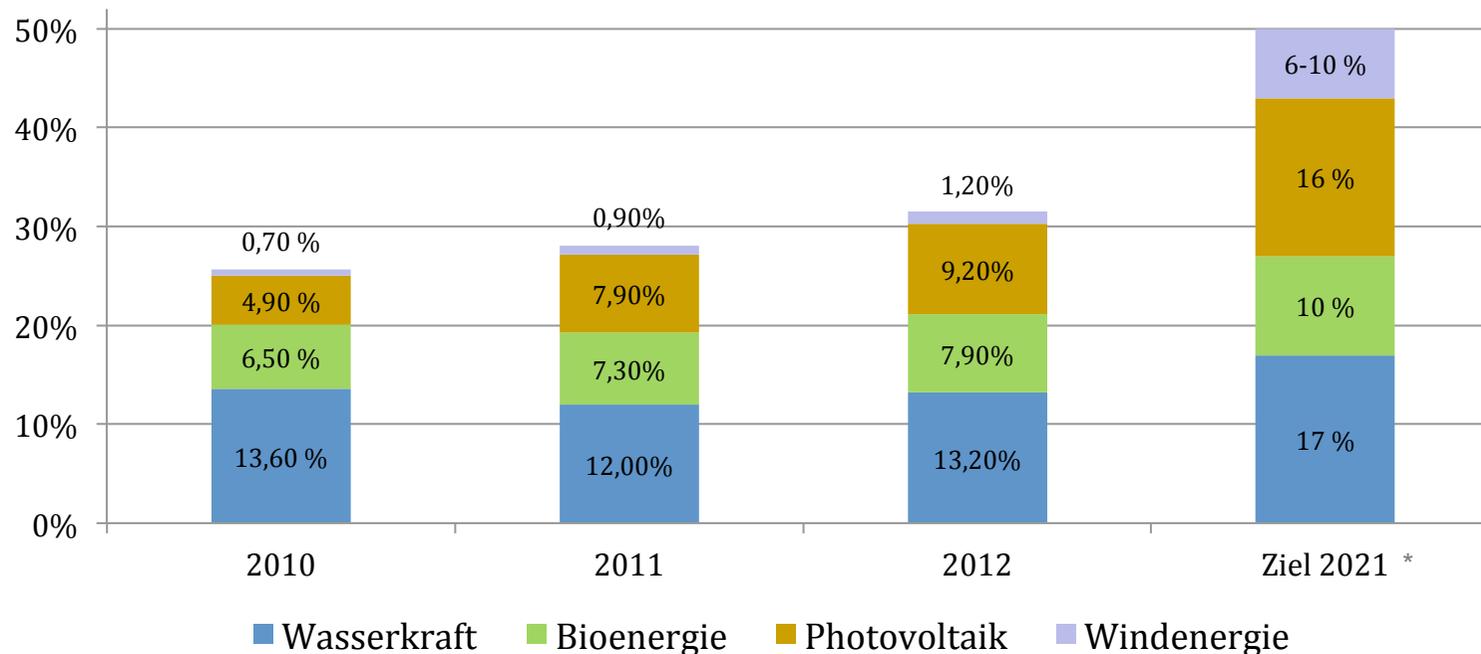
## - NEP Strom -



# Erneuerbare Energien deutlich schneller ausbauen



## Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung in Bayern



\* Anteil an der Bruttostromnachfrage

# Projekt „Energiesystemanalyse Bayern“



## Projektteam:



## Partner – Politik:



## Partner – Wirtschaft:



## Presse:

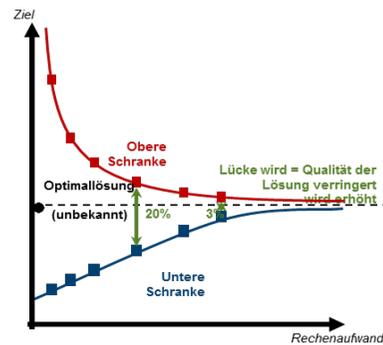
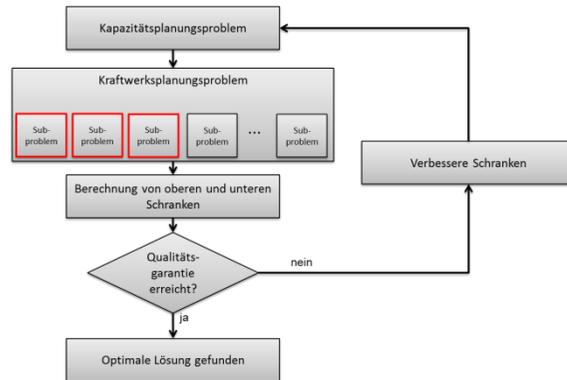


[www.bayern-innovativ.de/cluster-energietechnik/systemanalyse\\_bayern](http://www.bayern-innovativ.de/cluster-energietechnik/systemanalyse_bayern)

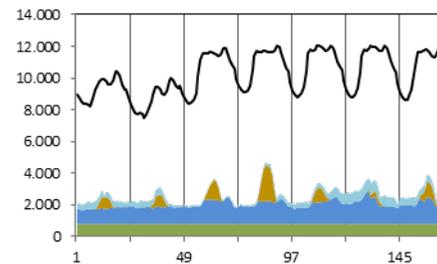
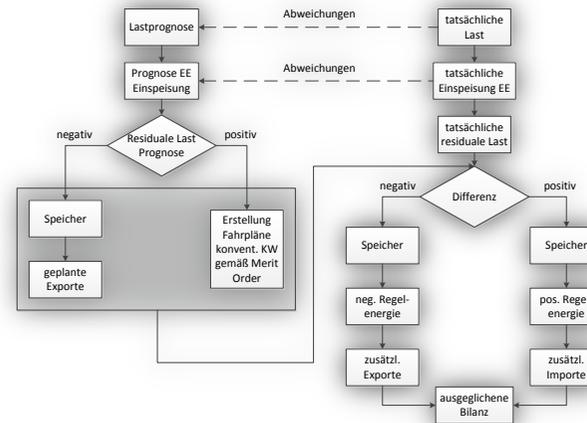
# Projekt „Energiesystemanalyse Bayern“



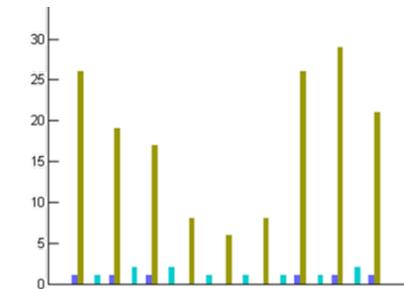
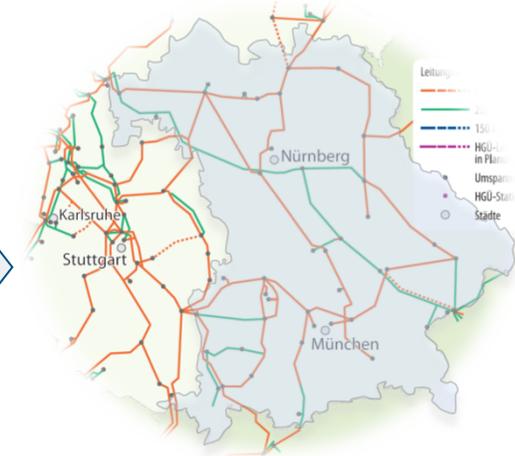
## Optimierung



## Simulation



## Netz



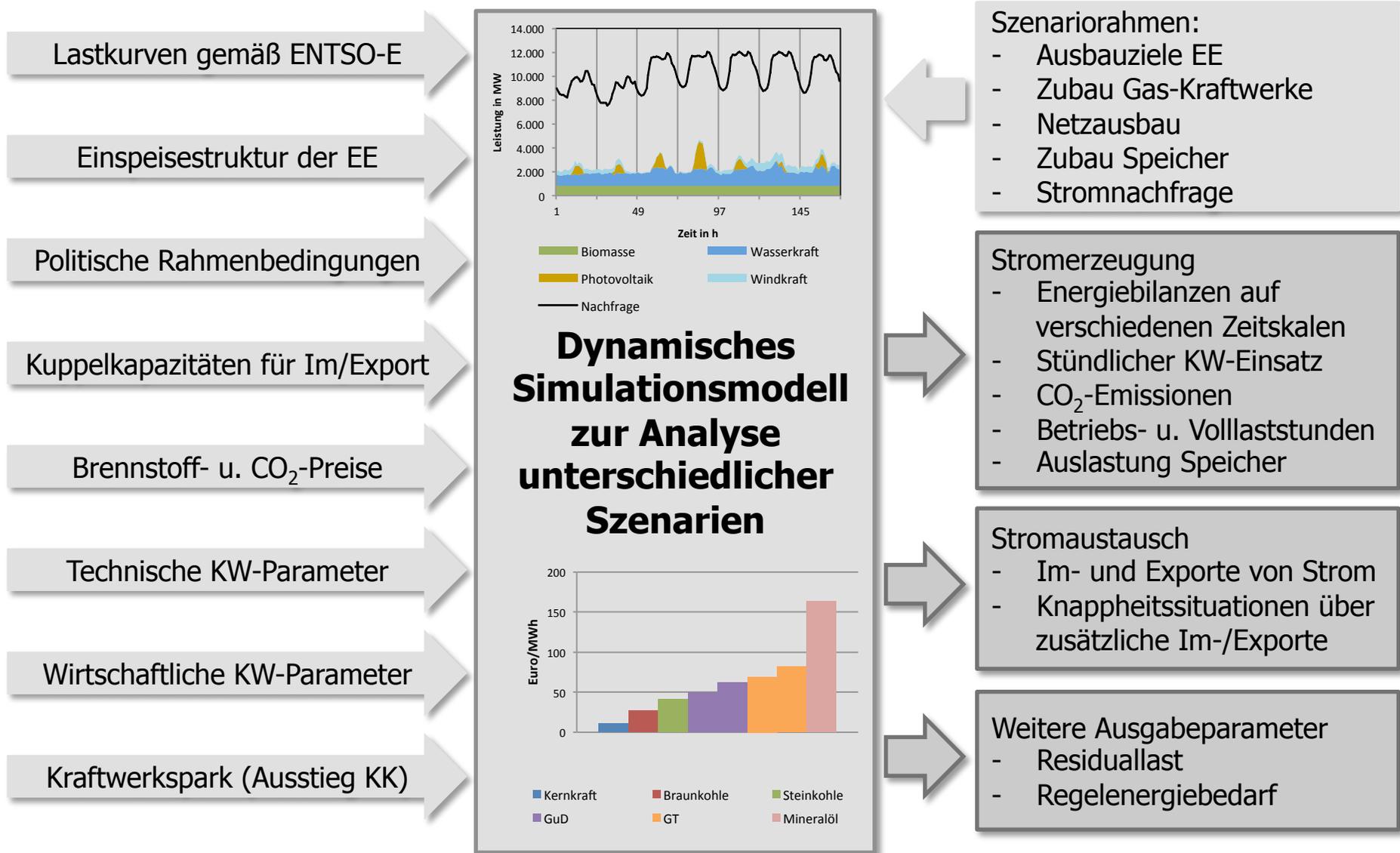
Lehrstuhl für  
Wirtschaftsmathematik

Lehrstuhl Informatik 7  
(Rechnernetze  
und Kommunikationssysteme)

Lehrstuhl für Elektrische  
Energiesysteme

Koordination: Dr. Hassmann, Cluster Energietechnik, Bayern Innovativ

# Simulationsmodell



# Kopplung der Modelle

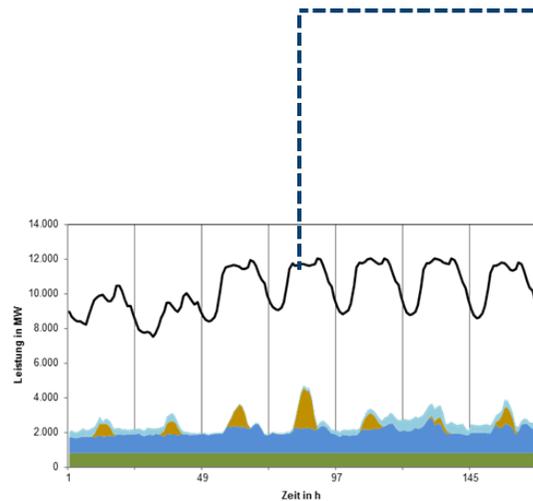
Simulation



Schnittstelle

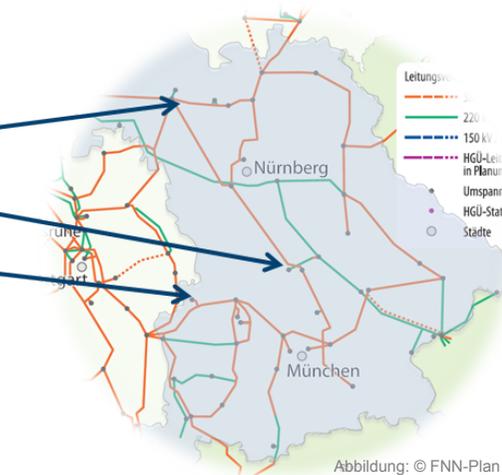


Netz



Quelle: Lehrstuhl Informatik 7, FAU

Di 11.02.2014	10:00
Last	11.518
Konv.KW1	1.150
Konv.KW2	0
Konv.KW3	1.120
PV	3.280
Wasserkraft	1.367
...	...



Quelle: Lehrstuhl für Elektrische Energiesysteme, FAU

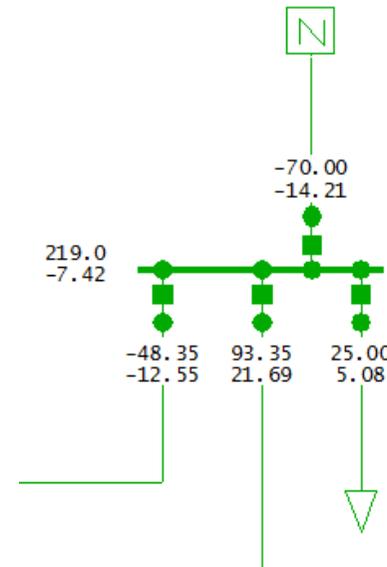
- 1) Stündliche Einsatzplanung von Kraftwerken zur Deckung der Nachfrage
- 2) Übergabe der Last, Einspeisung aus erneuerbaren Energiequellen und konventionellen Kraftwerken je Stunde an das Netzmodell
- 3) Regionale Zuordnung auf einzelne Netzknoten
- 4) Berechnung der Leistungsflüsse im elektrischen Netz

# Elektrisches Netzmodell

Berechnungsverfahren:

AC-Lastfluss mit Iteration

nach Newton-Raphson



Prüfung folgender Kriterien:

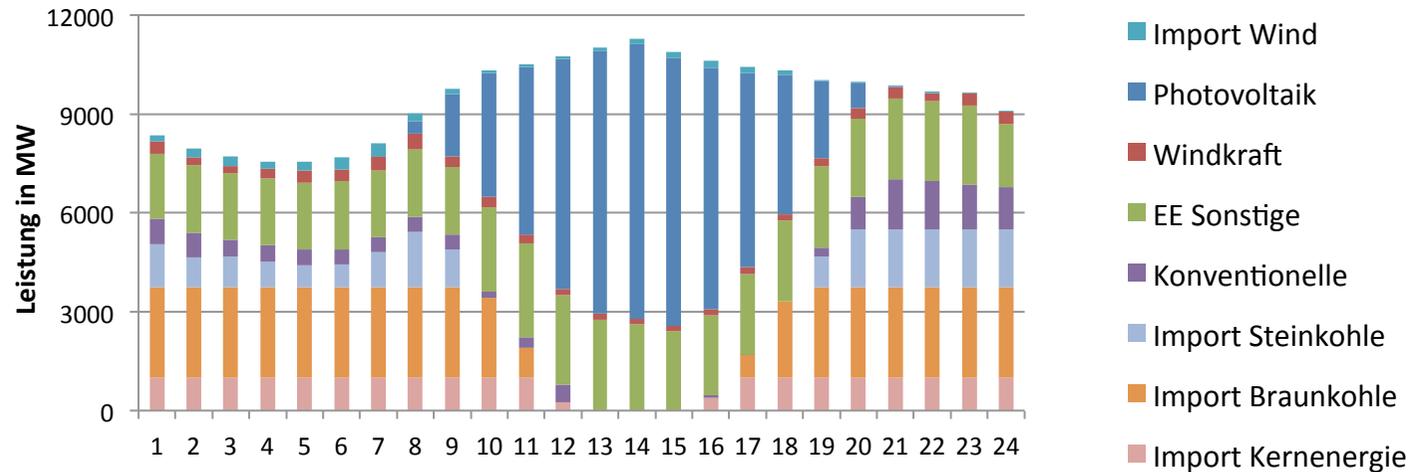
- Einhaltung der (n-1)-Sicherheit
- Einhaltung der zulässigen Grenzwerte der Betriebsmittel
- Einhaltung der zulässigen Spannungsbänder im ungestörten Betrieb
- Einhaltung der max. zulässigen Spannungsdifferenz

- Annahmen für das Jahr 2023
  - Ausbau der Erneuerbaren Energieträger gemäß bayerischem Energiekonzept (50 % EE an der Stromnachfrage)
  - Zubau von 2 GuD-Anlagen mit jeweils 800 MW; Zubau von dezentralen Gas-KW mit insgesamt 400 MW
  - Zubau des Pumpspeicherkraftwerks Riedl mit 300 MW Leistung und 5,6 GWh Kapazität
  - Fertigstellung der Thüringer Strombrücke
  - Konstanter Stromverbrauch von 85 TWh jährlich

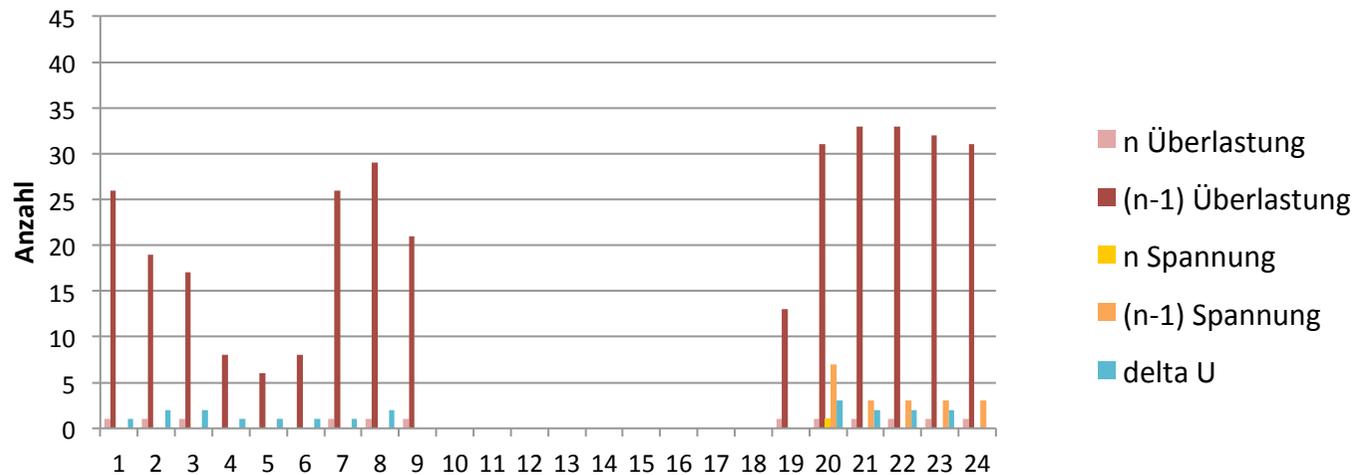
# Exemplarische Untersuchungsergebnisse für einen Sommertag im Jahr 2023



## Stromerzeugung



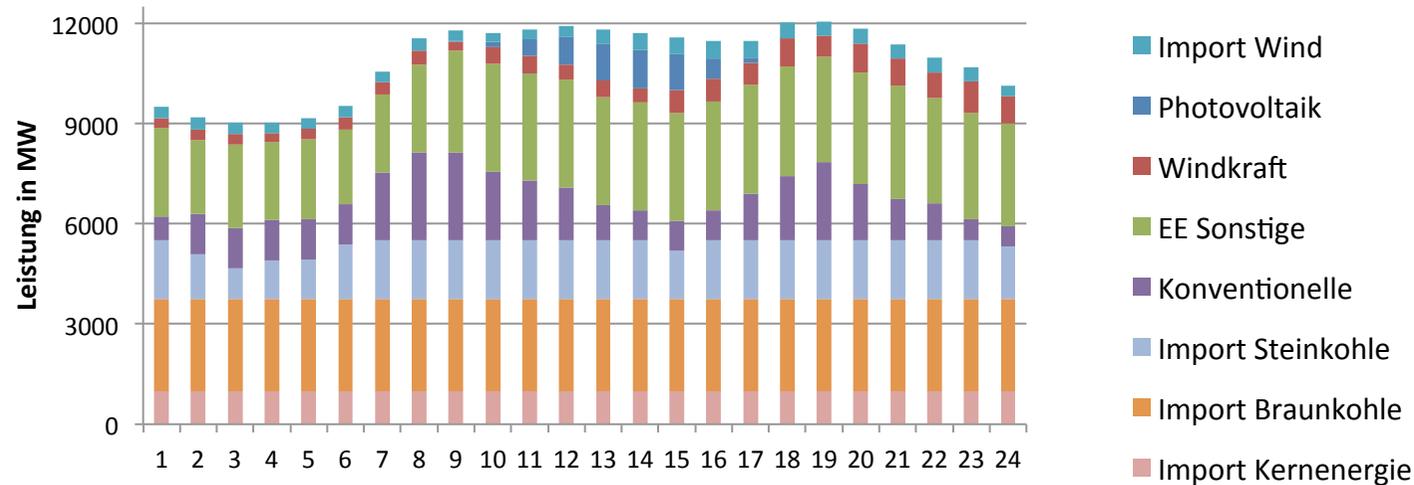
## Grenzwertverletzungen im Netz



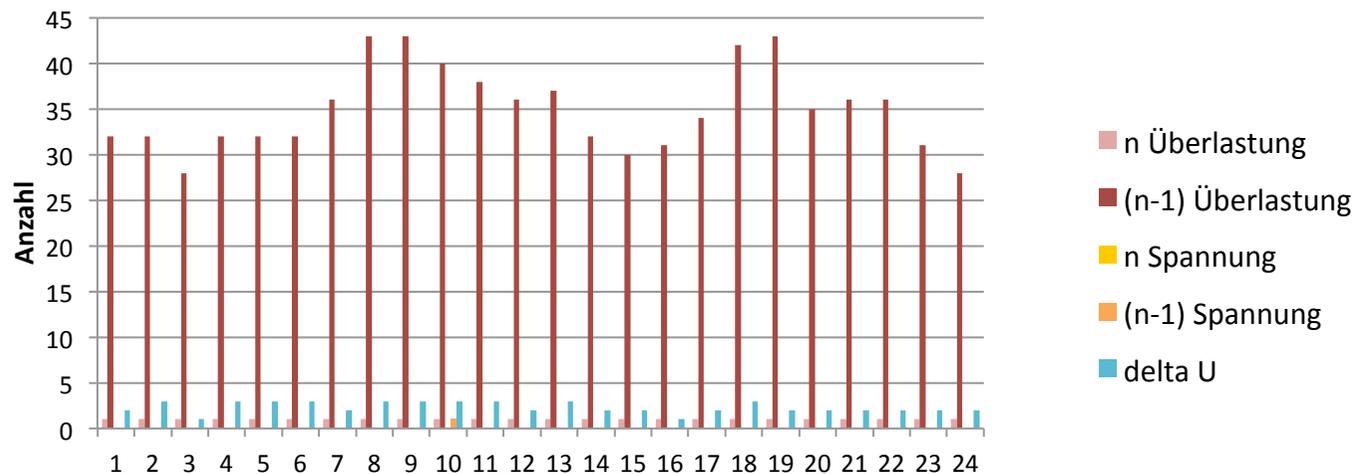
# Exemplarische Untersuchungsergebnisse für einen Wintertag im Jahr 2023



## Stromerzeugung



## Grenzwertverletzungen im Netz



# Fazit

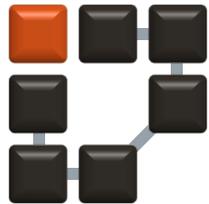


- Gekoppeltes Optimierungs-, Simulations- und elektrisches Netzmodell zur Bewertung und Untersuchung der Entwicklung der Energieversorgung in Bayern
- Im Simulationsmodell generierte zeitlich hochaufgelöste Einspeisezeitreihen können mit Hilfe des Netzmodells regional aufgelöst und analysiert werden
- Erste Berechnungen liefern plausible Ergebnisse und identifizieren bei verzögertem Netzausbau kritische Netzzustände für Zeiten mit hohen Leistungsimporten nach Bayern
- Die entwickelte Systematik kann auch auf andere Regionen bzw. Netzgebiete übertragen werden

# Kontakt:

**Marco Pruckner**  
Lehrstuhl für Rechnernetze  
und Kommunikationssysteme  
Martensstr. 3  
91058 Erlangen  
[marco.pruckner@fau.de](mailto:marco.pruckner@fau.de)

**Gaby Seifert**  
Lehrstuhl für Elektrische  
Energiesysteme  
Konrad-Zuse-Str. 3-5  
91052 Erlangen  
[gaby.seifert@fau.de](mailto:gaby.seifert@fau.de)



Informatik 7  
Rechnernetze und  
Kommunikationssysteme



FRIEDRICH-ALEXANDER  
UNIVERSITÄT  
ERLANGEN-NÜRNBERG  
TECHNISCHE FAKULTÄT



Lehrstuhl für  
Elektrische Energiesysteme