

Grid Inertia: Wie kann das Stromnetz in einer Welt der erneuerbaren Energien stabilisiert werden?



INSTITUT FÜR
MECHANIK UND
MECHATRONIK
Mechanics & Mechatronics



Univ. Prof. Dr. Stefan Jakubek
Head of Research Area

[Control and Process Automation](#)

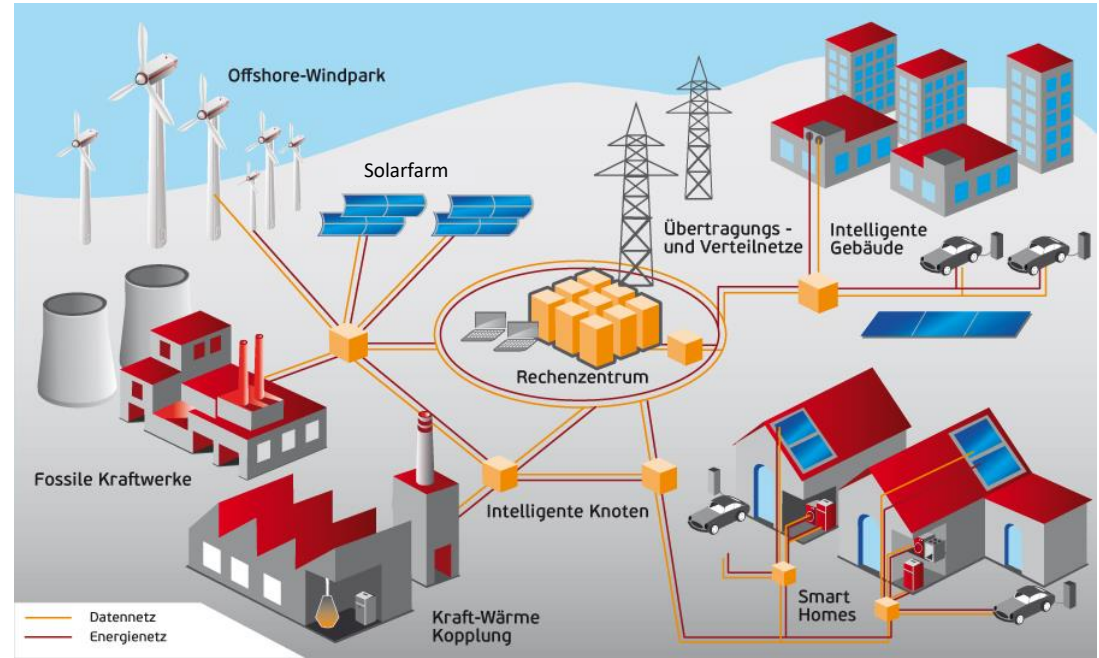
15.01.2024

Stabilität des elektrischen Netzes

Primäre Regelungsziele:

- Frequenzstabilität
- Spannungsstabilität
- Synchronisierung

... und das alles bei sehr dynamischen Lasttrajektorien!

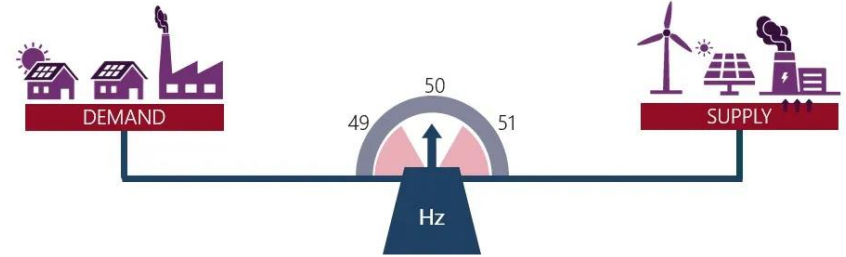


<https://www.linkedin.com/pulse/global-smart-grid-data-analytics-market-till-2020-ritu-karnani/>

Stabilität des elektrischen Netzes

Die Herausforderung:

Elektrische Netze können (fast) keine Energie speichern !



Grid frequency plot January 10th 2019



Energiespeicher bringen Stabilität

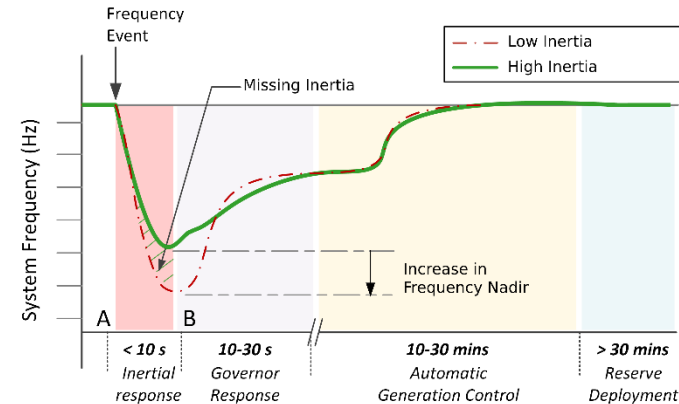
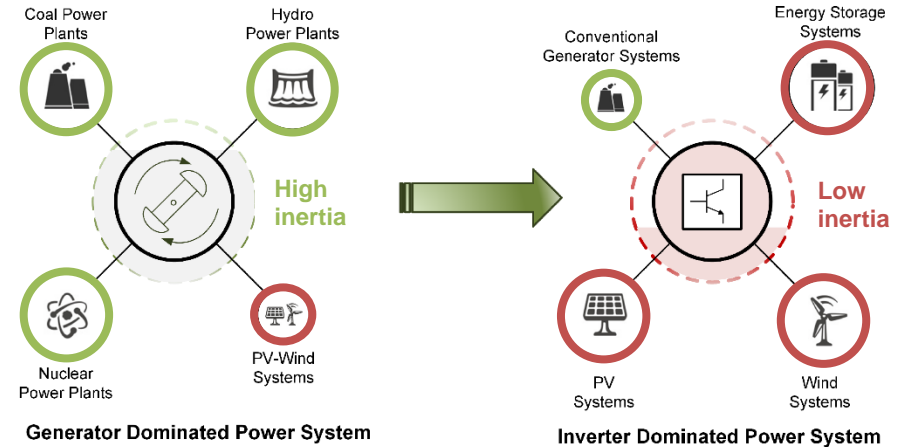
Speicherkapazität steckt in den **rotierenden Massen** der Generatoren

Problem: Renewable Energy Sources (RES) haben zumeist kaum Speicherkapazität

→ **Stabilitätsrisiko**

Bei sprunghafter Laständerung:

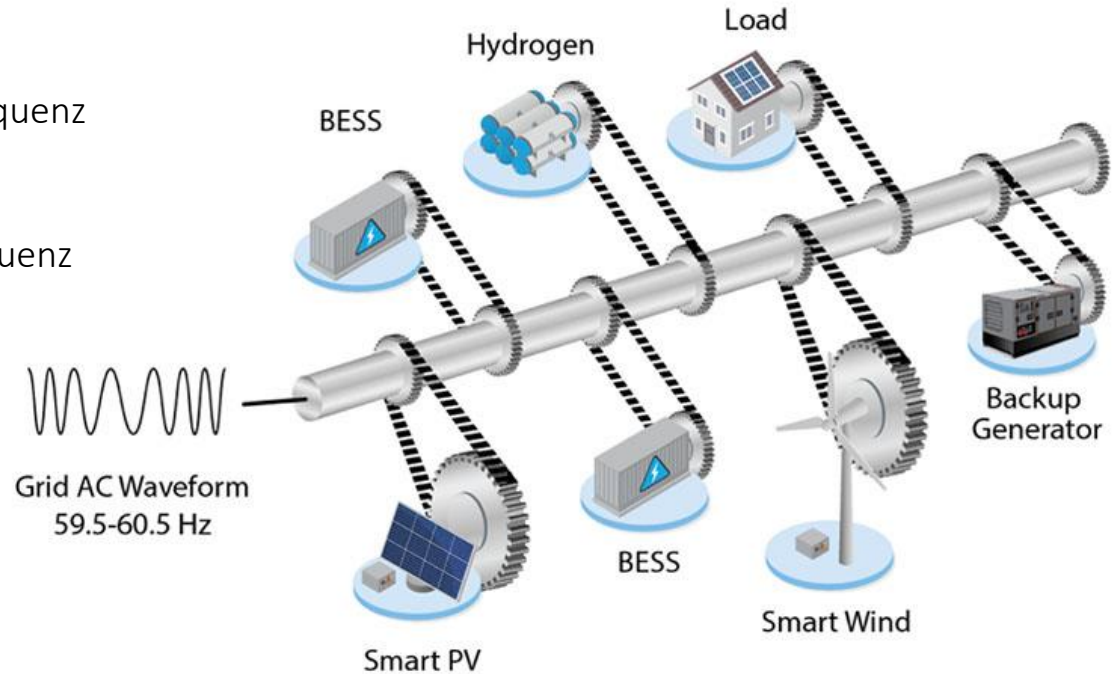
Trägheit im System ist entscheidend für den ersten Frequenzeinbruch



<https://doi.org/10.3390/app7070654>

Rotatorische Energie in der virtuellen Transmissionswelle

- Elektrisches Netz verhält sich ähnlich wie Transmissionswelle
- Alle Teilnehmer über die Netzfrequenz gekoppelt
- Alle Teilnehmer können Netzfrequenz beeinflussen !



Quelle: <https://www.nrel.gov/news/features/2022/microgrids-for-anyone.html>

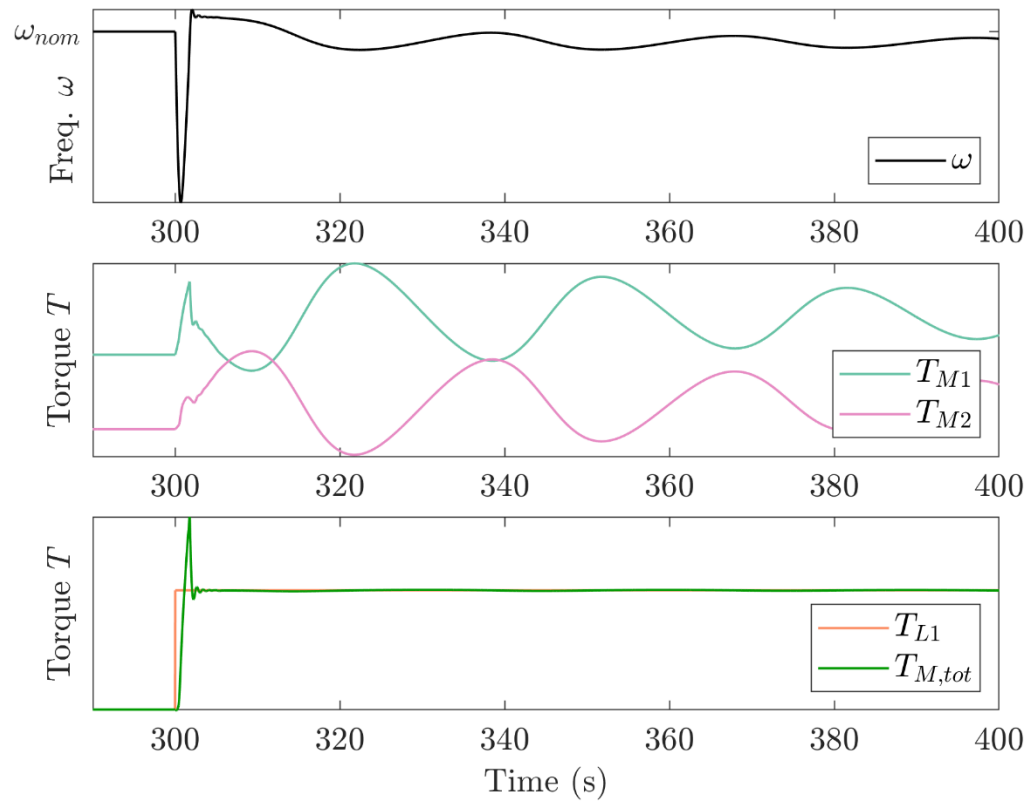
Beispiel: Volatile Netzfrequenz im Microgrid

Zwei/mehrere parallele GenSets
versorgen das Microgrid

Oft keine Kommunikation zwischen den
Teilnehmern möglich

Jeder Erzeuger versucht, die
Frequenzabweichung auszugleichen

Netzfrequenz und Leistungsabgaben oszillieren!

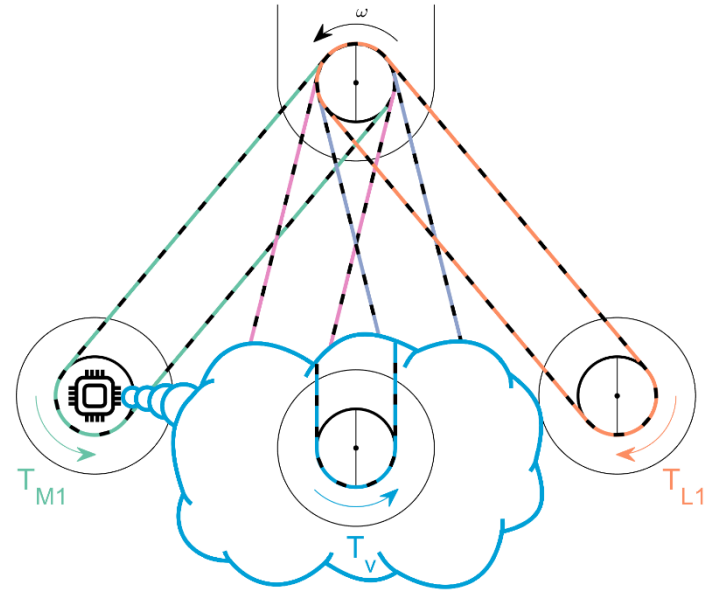
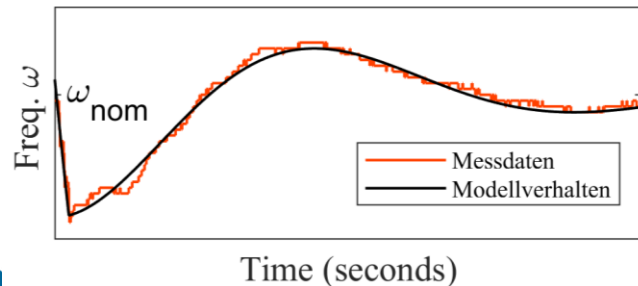


Lösungskonzept: AI- Modell des Netzfrequenzverhaltens

Identifikation eines AI-basierten dynamischen Modells für das kollektive Frequenzverhalten aller Teilnehmer

Effekt der anderen Erzeuger auf die Frequenz wird beobachtet

AI-Modell wird für modellbasierte Frequenzregler der Stromerzeuger eingesetzt !



$$\dot{v} = A_v v + b_v (\omega - \omega_{nom})$$

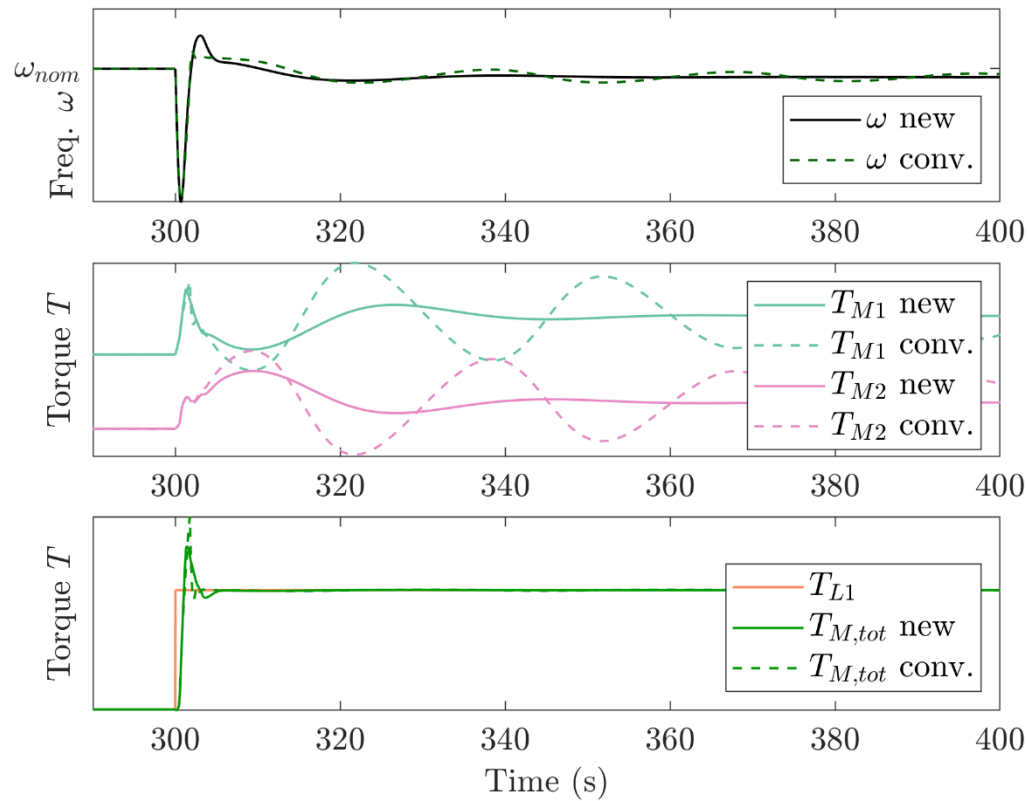
$$\dot{\omega} = \frac{1}{J} \left(T_{M1} - \frac{P_{fric}}{\omega_{nom}} - \frac{P_{L1}}{\omega} + T_{M2} + T_{M3} \right)$$

Lösungskonzept: Anwendung im Microgrid

Modellbasierter prädiktiver Optimalregler auf einem der GenSets im Microgrid

Schwingungen in der Netzfrequenz deutlich reduziert!

© INNIO Jenbacher GmbH & Co. OG



Lösungskonzept: Mechanisches Analogon



© Christian Bettstetter

Wesentliche Punkte zusammengefasst

- AI-basiertes dynamisches Modell für das kollektive Frequenzverhalten aller Netzteilnehmer
- Effekt der anderen Netzteilnehmer auf die Frequenz wird beobachtet
- AI-Modell wird für modellbasierte Frequenzregler der Stromerzeuger eingesetzt

Voraussetzungen:

- Struktur des AI-Modells muss die richtige Kausalität haben
- Eigenschaften wie Eigendynamik und interne Kopplungen müssen physikalisch plausibel sein
- Adäquate Versuchsplanung zur Erzeugung der Daten für Netzwerktraining ist entscheidend
- → Fazit: AI Methodik muss sehr zielgerichtet und isoliert eingesetzt werden!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Neugierig auf
unsere Forschungsaktivitäten?

