

OST

Ostschweizer
Fachhochschule

Energiewende als Herausforderung für das Stromnetz

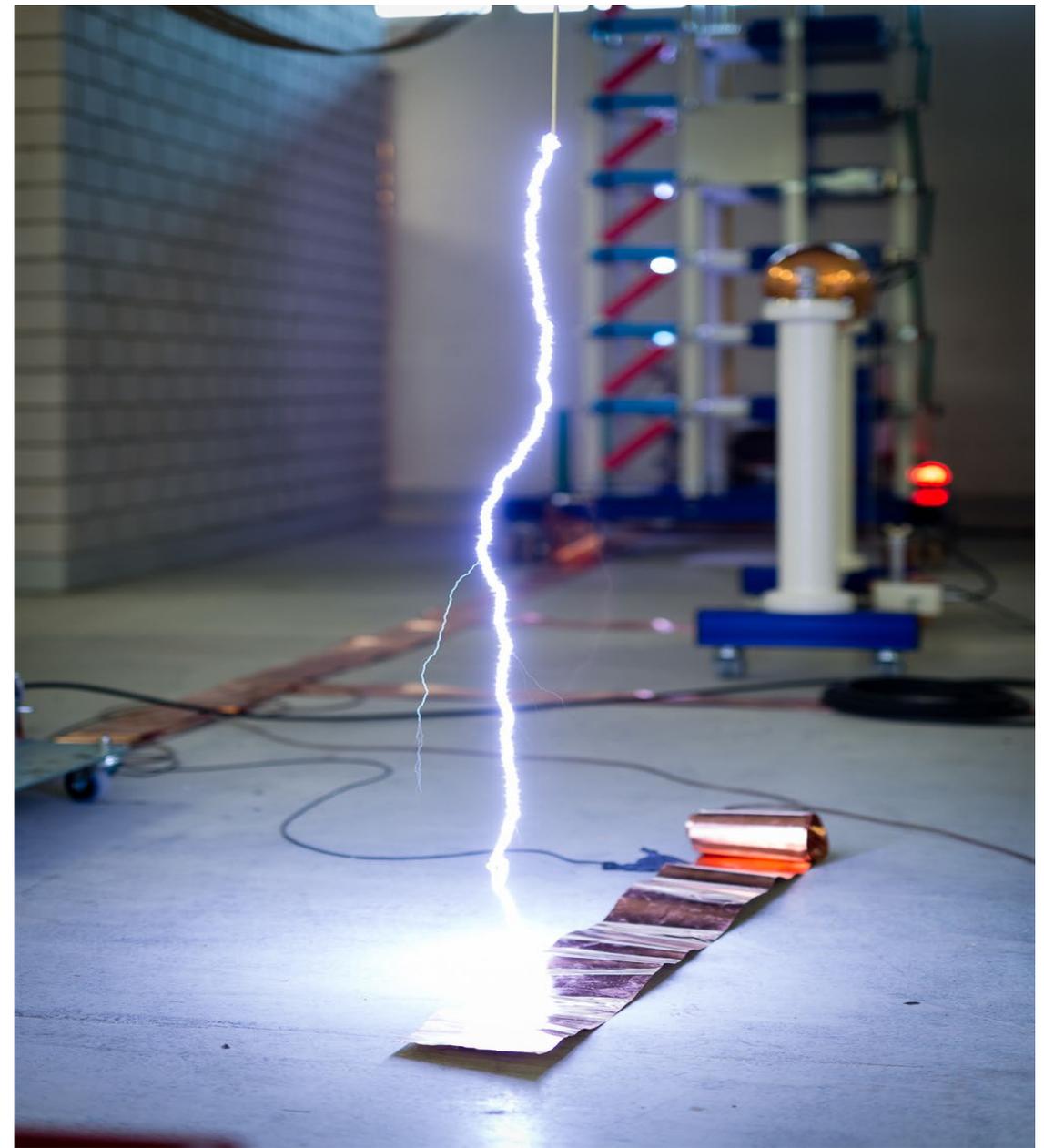
Prof. Dr. Michael Schueller
michael.schueller@ost.ch

2. Juli 2025

IET

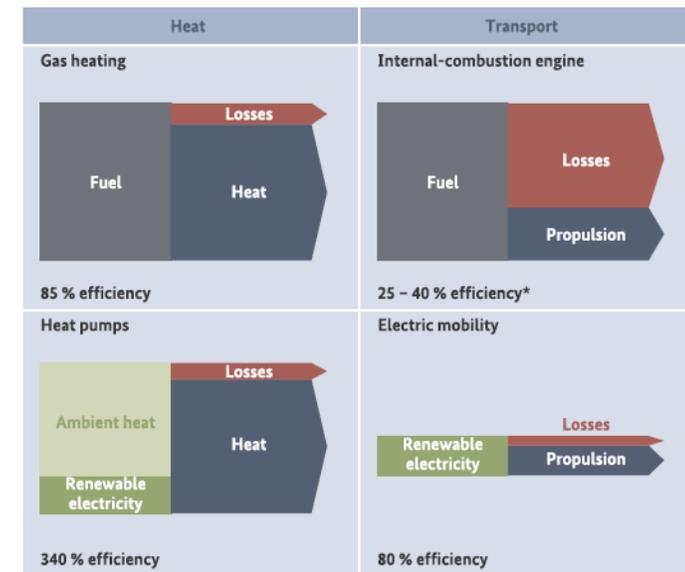
Energiewende

Neue Anforderungen an die Netze durch die Energiewende



Energiewende

- **Energiewende** ist der deutschsprachige Begriff für den Übergang von einer Nutzung fossiler Energieträger und der Kernenergie zu einer nachhaltigen und effizienteren Energieversorgung mittels erneuerbarer Energien.
- Da erneuerbare Energieträger wie PV und Wind stark volatil sind braucht es auch eine Vielzahl an Speichern um die Energiewende zu bewerkstelligen
 - Zusätzlich braucht es Kraftwerke die eine Versorgungssicherheit gewährleisten wenn es keine Sonne und Wind hat



Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit

Jeder Bereich wird als gleich wichtig und gleichberechtigt angesehen.

Aussage: Nachhaltigkeit kann nur bei gleichwertiger Rücksichtnahme auf alle drei Bereiche erreicht werden.



Vorrangmodell der Nachhaltigkeit

Einzelne Bereiche werden in ihrer Beziehung und Abhängigkeit zueinander gesehen.

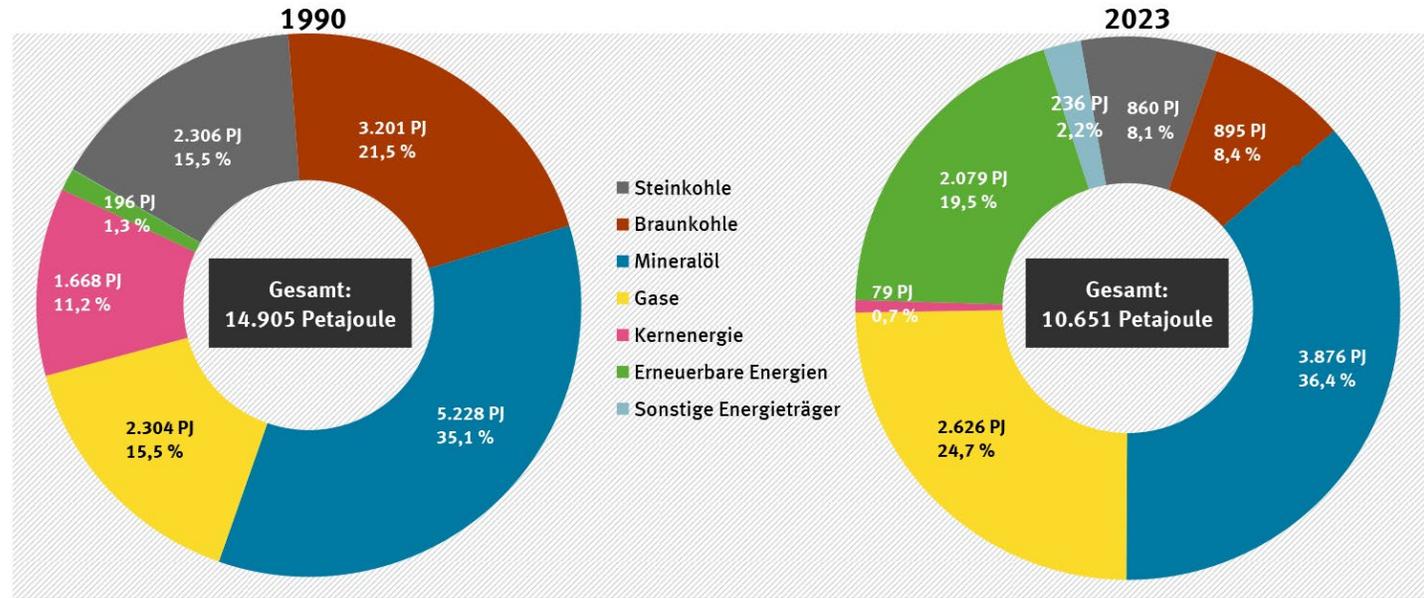
Aussage: Keine Wirtschaft ohne eine Gesellschaft, keine Gesellschaft ohne Ökologie.

Illustration: Felix Müller (www.zukunftselbermachen.de) Lizenz: CC BY-SA 4.0

Energiewende

- **Energiewende bedeutet also dass Strom zur neuen Haupt- "*Primär*"-Energiequelle wird statt bis jetzt fossiler Energieträger**
- Der Bedarf für elektrische Energie steigt daher also stark an
- Die jetzt vorhandenen Netze sind 130 Jahre historisch gewachsen und nicht für diese neuen Anforderungen gebaut
- Ein starker Aus- und Umbau der elektrischen Energienetze ist daher nötig

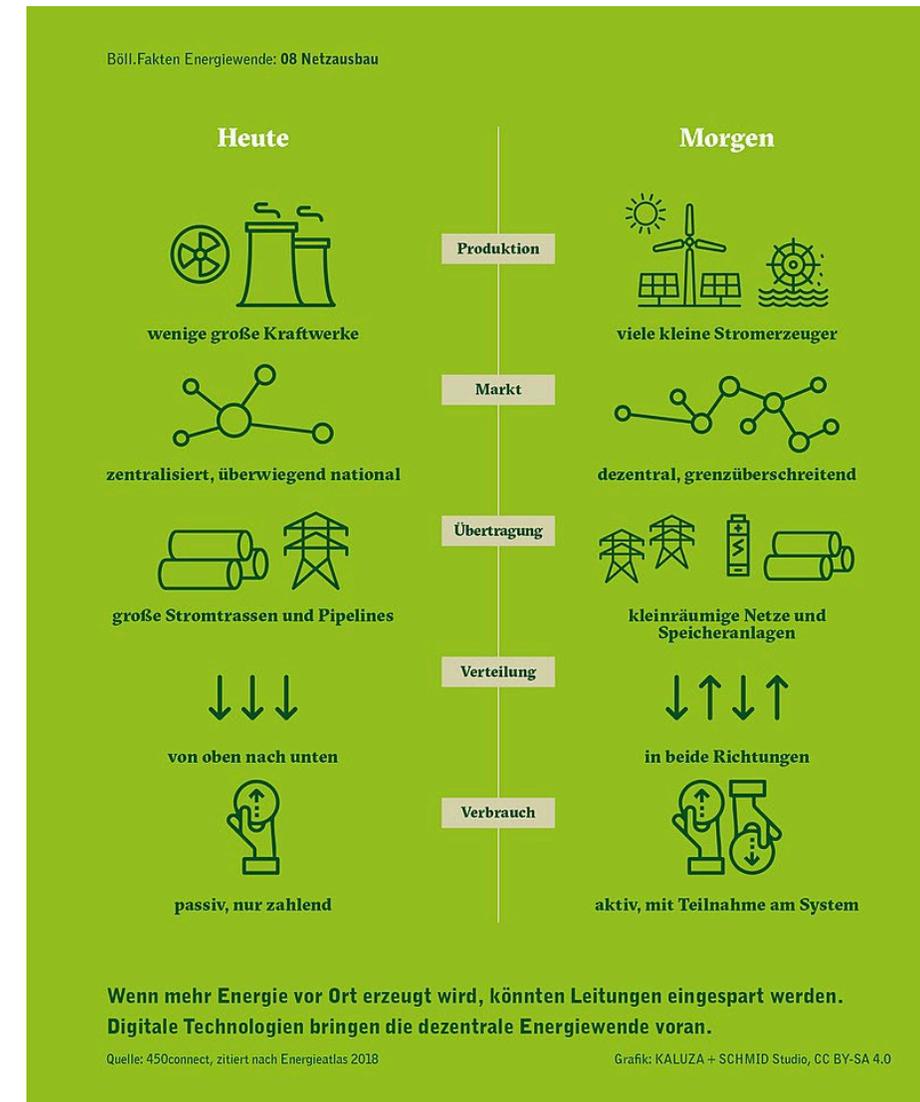
Primärenergieverbrauch nach Energieträgern 1990 und 2023



Quelle: Umweltbundesamt auf Basis Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): 1990: Energiebilanzen (Stand 01/2024), 2023: Vorläufige Energiebilanz (Stand 09/2024)

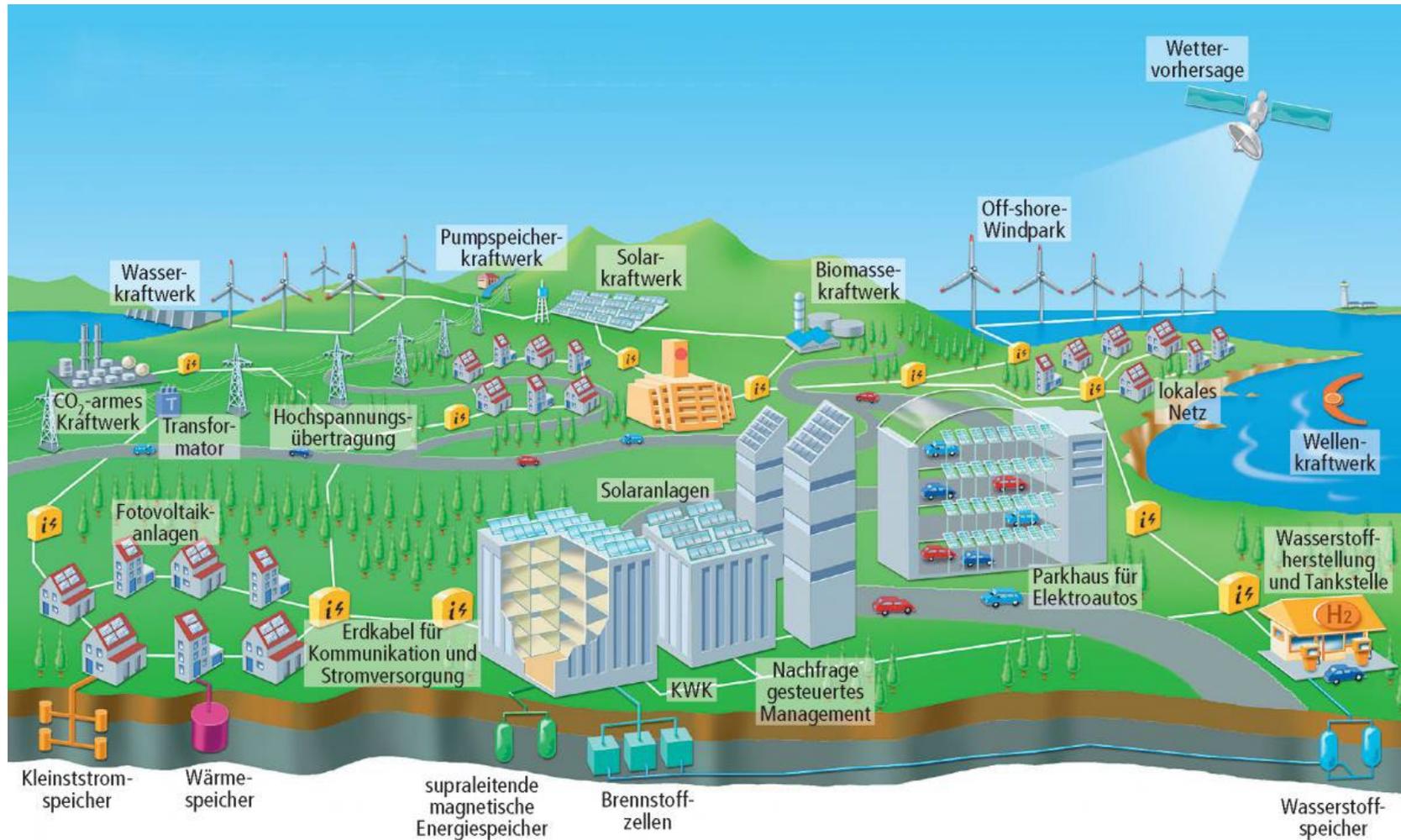
Herausforderungen an das Energienetz

- Der Energiefluss und so auch die Energienetze selbst werden sich stark verändern müssen. Die grössten Veränderungen und Herausforderungen werden sein:
 - **Netzstabilität** wegen vermehrtem Wegfall klassischer rotierender Erzeugung und der daher abnehmenden Trägheit im Netz
 - Schnelle und grosse **Lastwechsel**
 - Grosse **vertikale Lastflüsse** auf unteren Spannungsebenen
 - **Übertragungskapazität**
 - **Sektorkopplung**



Schlüsselpunkte für das Energiesystem der Zukunft

Sektorkopplung wird über das elektrische Energienetz stattfinden



Veränderung Energiesystem

- Die Anforderungen an das Stromnetz haben sich in den letzten Jahren stark gewandelt.
- Damit das Übertragungsnetz zukünftigen Bedürfnissen für eine sichere Stromversorgung gerecht wird, muss es langfristig weiterentwickelt werden.
 - Schnitt ist 20 Jahre von der Projektierung bis zur Inbetriebnahme der Leitung
- Trauriger Rekord Leitung Champson → Chippis: 36 Jahre von Projektierung bis zur Inbetriebnahme 2022
 - Reale Bauzeit: 1,5 Jahre

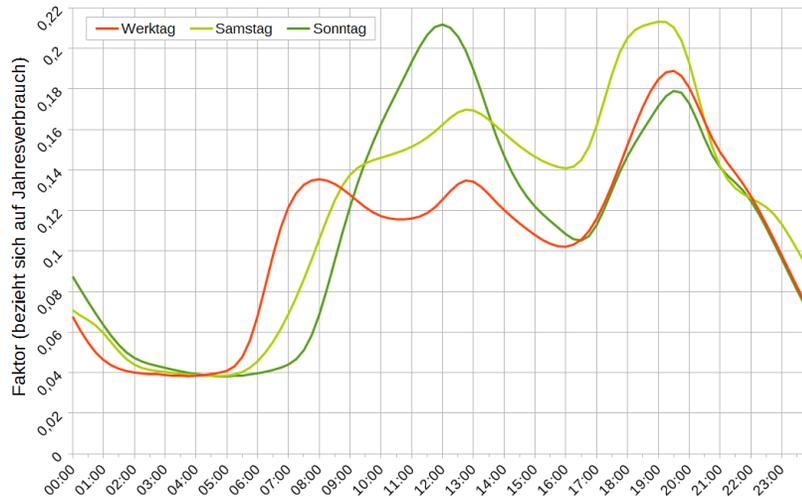


Die Energiewende fordert das Stromnetz

Herausforderungen | Der Bund verfolgt ehrgeizige Ziele in der Klimapolitik: Bis 2050 soll die Schweiz klimaneutral sein. Drei der grossen Stossrichtungen sind der starke Zubau von Photovoltaikanlagen, der Ersatz fossiler Brennstoffe beim Heizen durch Wärmepumpen und die vollständige Elektrifizierung des Individualverkehrs. Genau diese drei fordern das Stromnetz.

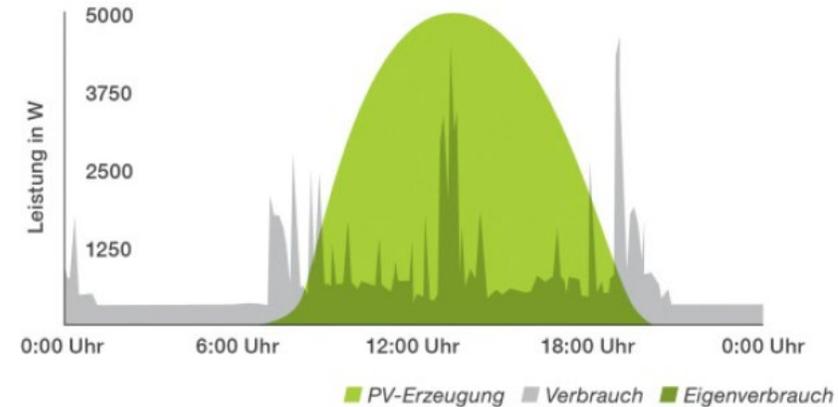
Veränderungen untere Netzebenen Bsp Haushalte

- Die Energiewende führt zu ganz anderen Lastprofilen im gesamten Netz, aber vor allem in den unteren Netzebenen → "**Prosumer**"



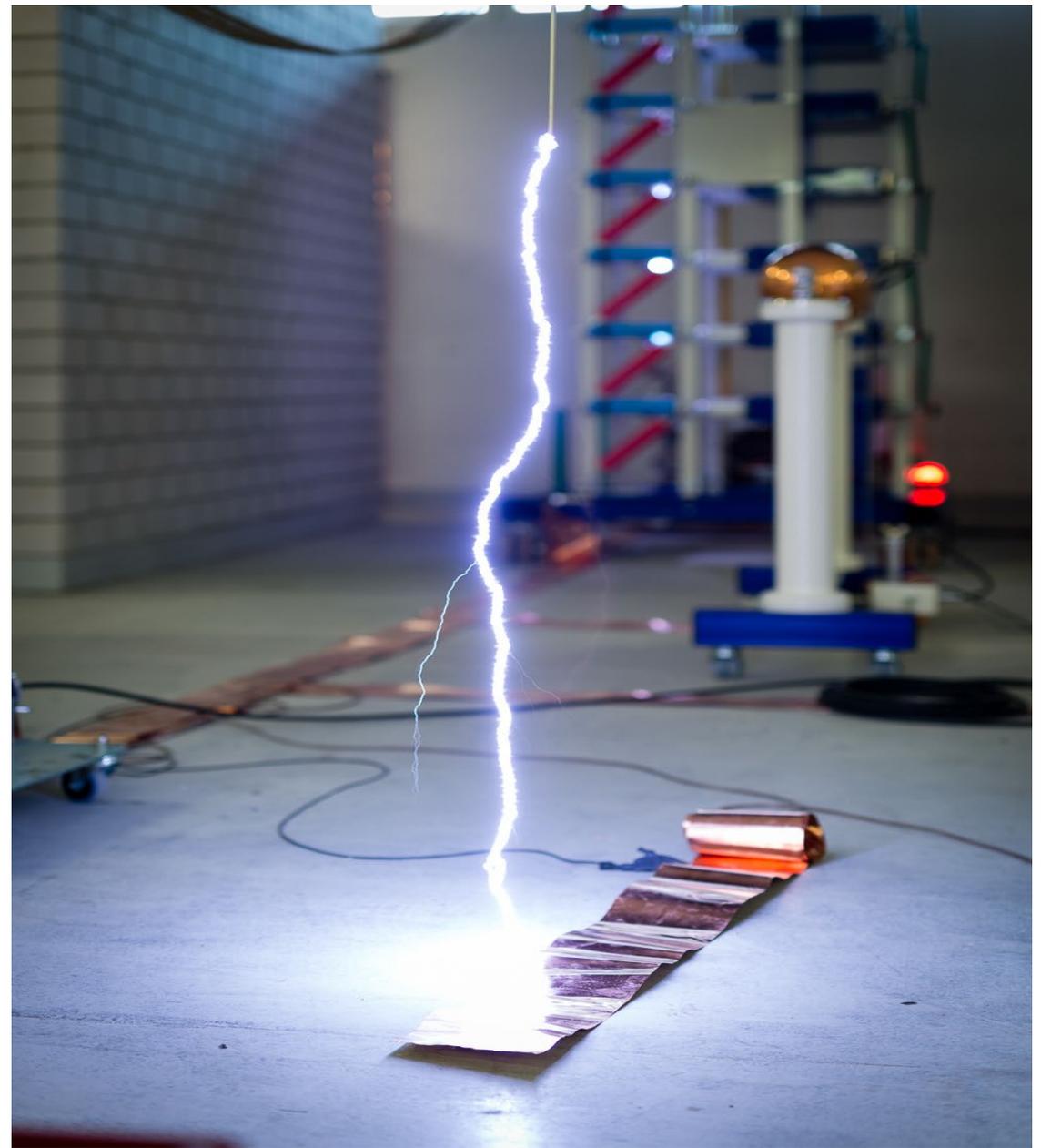
Standard Lastprofil H0 eines Haushalts

TYPISCHES HAUSHALTSprofil:



Lastprofil und PV Einzel-Haushalt

Netzstabilität



Stabilitätsbedingung elektrisches Netz, Gleichgewicht Produktion und Verbrauch

Produktion und Verbrauch ausgeglichen, Spannungen stimmen, Frequenz = 50Hz

Netzfrequenz 50 Hertz

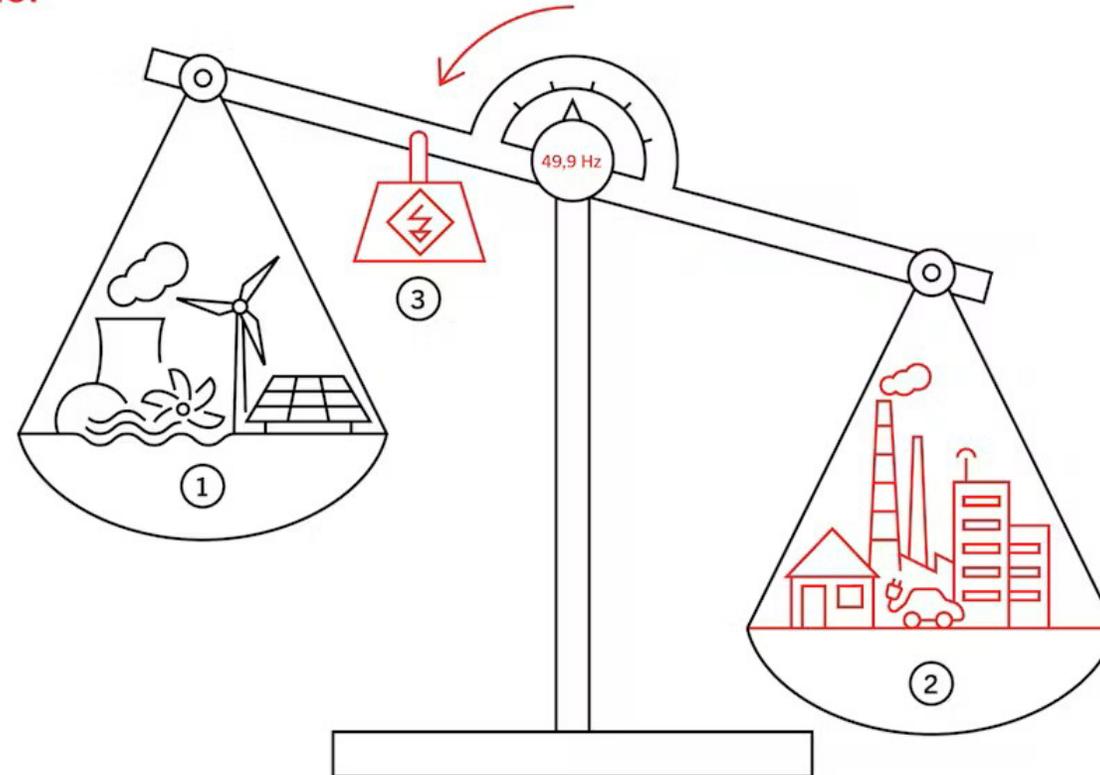


- 1 Erzeuger/Kraftwerke
- 2 Verbraucher: Privathaushalte und Industrie
- 3 Regelenergie

Stabilitätsbedingung elektrisches Netz, Gleichgewicht Produktion und Verbrauch

Verbrauch zu hoch, zu wenig Energie im Netz: Frequenz sinkt, Spannungen sinken
Positive Regelenergie (mehr Produktion) nötig

Frequenz zu tief

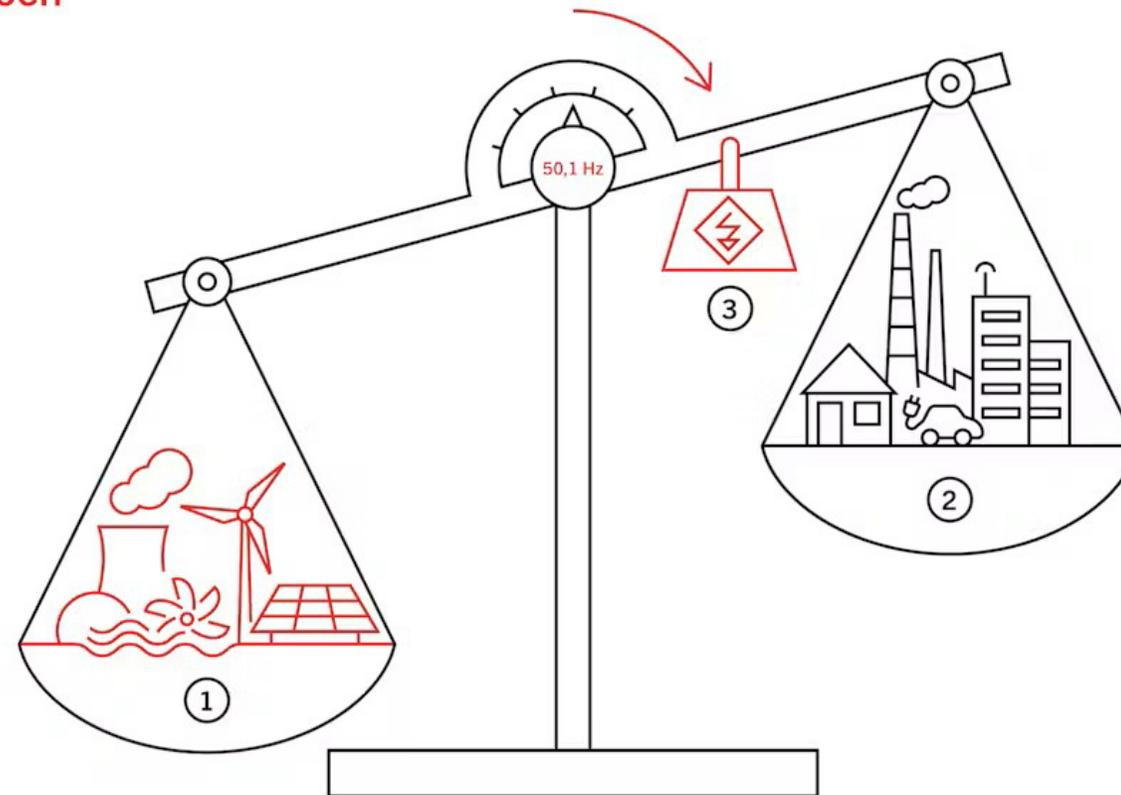


- 1 Erzeuger/Kraftwerke
- 2 Verbraucher: Privathaushalte und Industrie
- 3 Regelenergie

Stabilitätsbedingung elektrisches Netz, Gleichgewicht Produktion und Verbrauch

Produktion zu hoch, zu viel Energie im Netz: Frequenz steigt, Spannungen steigen
Negative Regelenergie (weniger Produktion/mehr Last) nötig

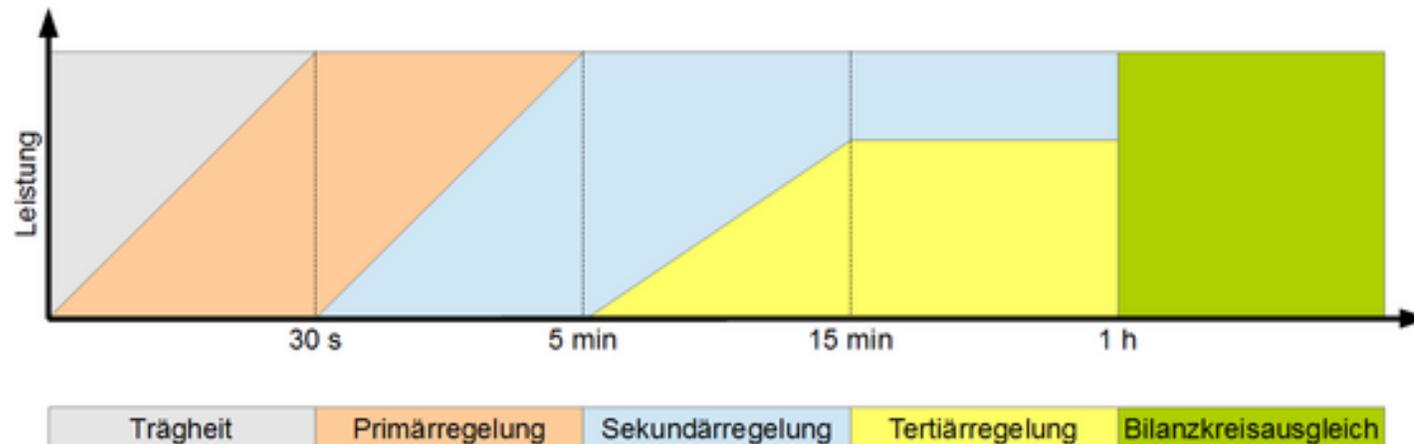
Frequenz zu hoch



- 1 Erzeuger/Kraftwerke
- 2 Verbraucher: Privathaushalte und Industrie
- 3 Regelenergie

Regelleistung

- Der Ausgleich zwischen Produktion und Verbrauch wird im europäischen Verbundnetz durch einen dreistufigen Prozess erreicht:
 - **Primärregelung:** In einem ersten Schritt wird Primärregelenergie aktiviert. Die Turbinen der Kraftwerke in ganz Europa reagieren automatisch bei Frequenzschwankungen und erhöhen oder reduzieren ihre Leistung.
 - **Sekundärregelung:** Nach einigen Minuten löst die Sekundärregelung die Primärregelung ab. Die Leistung wird durch Kraftwerke erbracht die Regelleistung parat halten, denen vom Netzbetreiber ein automatisches Signal geschickt wird.
 - **Tertiärregelung:** Nach einer Viertelstunde setzen die Operateure manuell Tertiärregelenergie ein. Sie weisen einzelne Kraftwerke im In- oder Ausland an, mehr oder weniger Energie ins Netz einzuspeisen.



Trägheit des Netzes Dank rotierender Massen "Momentanreserve"

- Die rotierenden Massen der frequenzsynchron betriebenen Generatoren bilden einen über das gesamte Netz verteilten mechanischen Energiespeicher.
- Ein entstandenes Leistungsungleichgewicht zwischen Verbraucher- und Erzeugerleistung wird bei konstanter Turbinenleistung zunächst aus den Schwungmassen der Generatoren und Turbinen gedeckt (für Sekunden).
- Die Trägheit der rotierenden Generatoren gibt uns also Zeit (Sekunden) zu reagieren und die Primärrgelung zu aktivieren
- Sinkt die Trägheit im Netz wegen vermehrter Abschaltung klassischer Generatoren immer mehr müssen wir immer schneller reagieren und regeln, um das Netz stabil halten zu können → das könnte in der Zukunft ein Problem werden

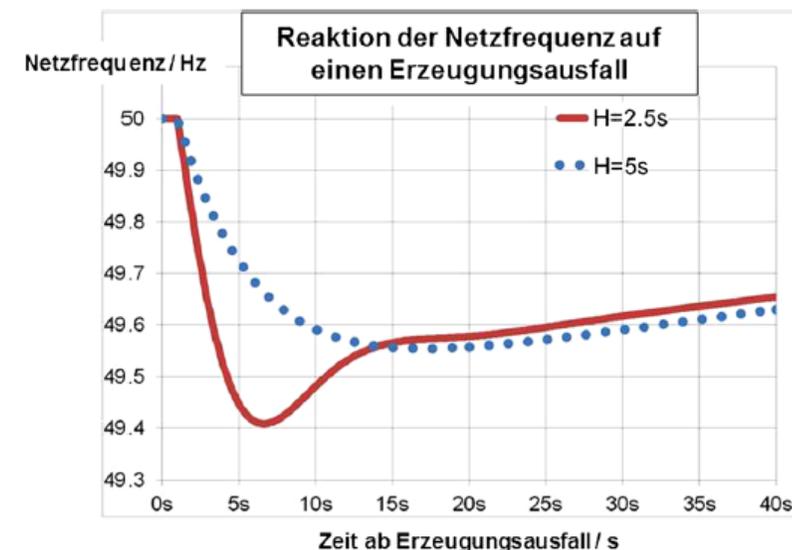
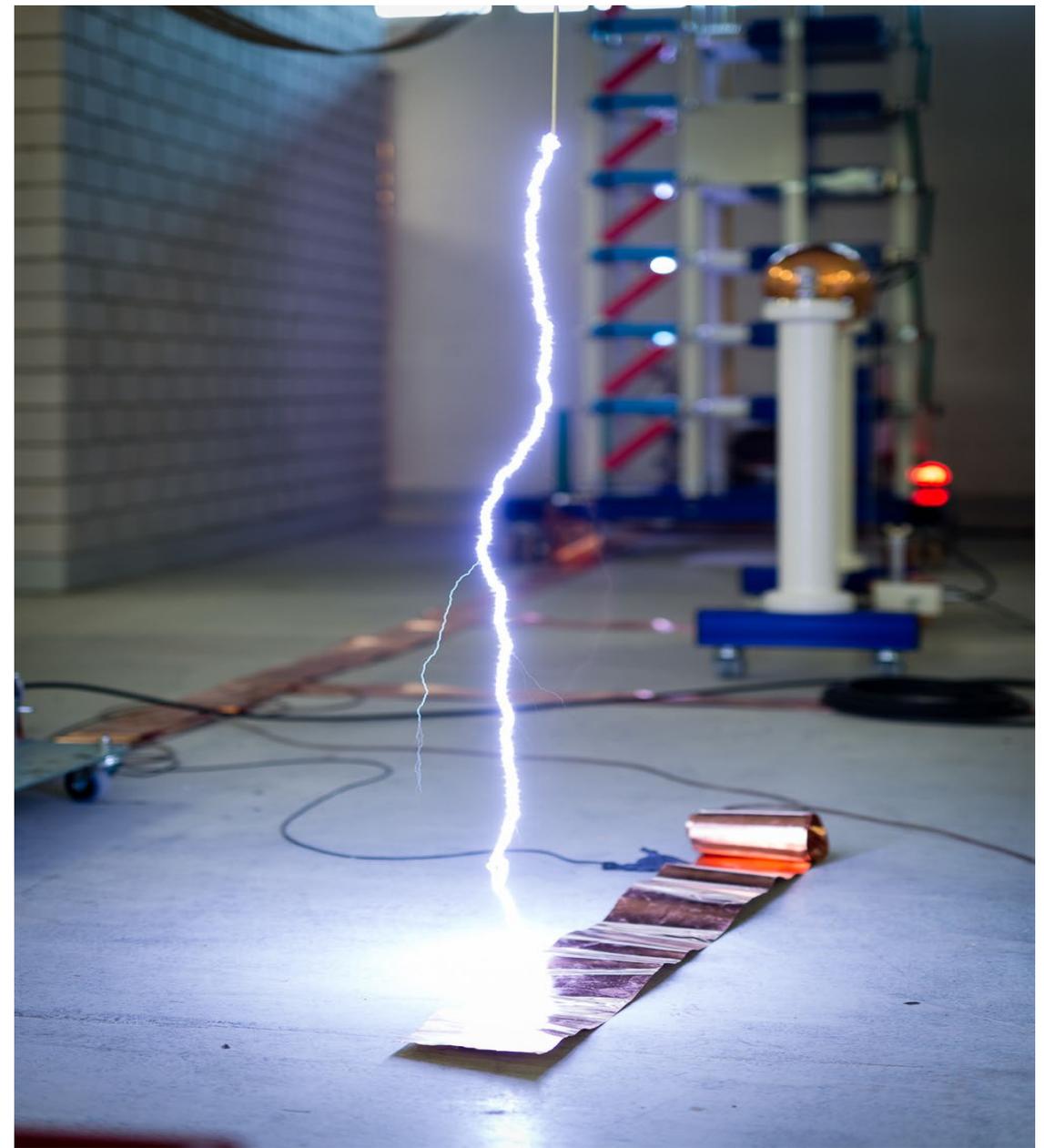


Abb.1. Veranschaulichung des Zeitverlaufs der Netzfrequenz bei einem Erzeugungsausfall für unterschiedliche Werte der Momentanreserve, charakterisiert durch die Trägheitskonstante H

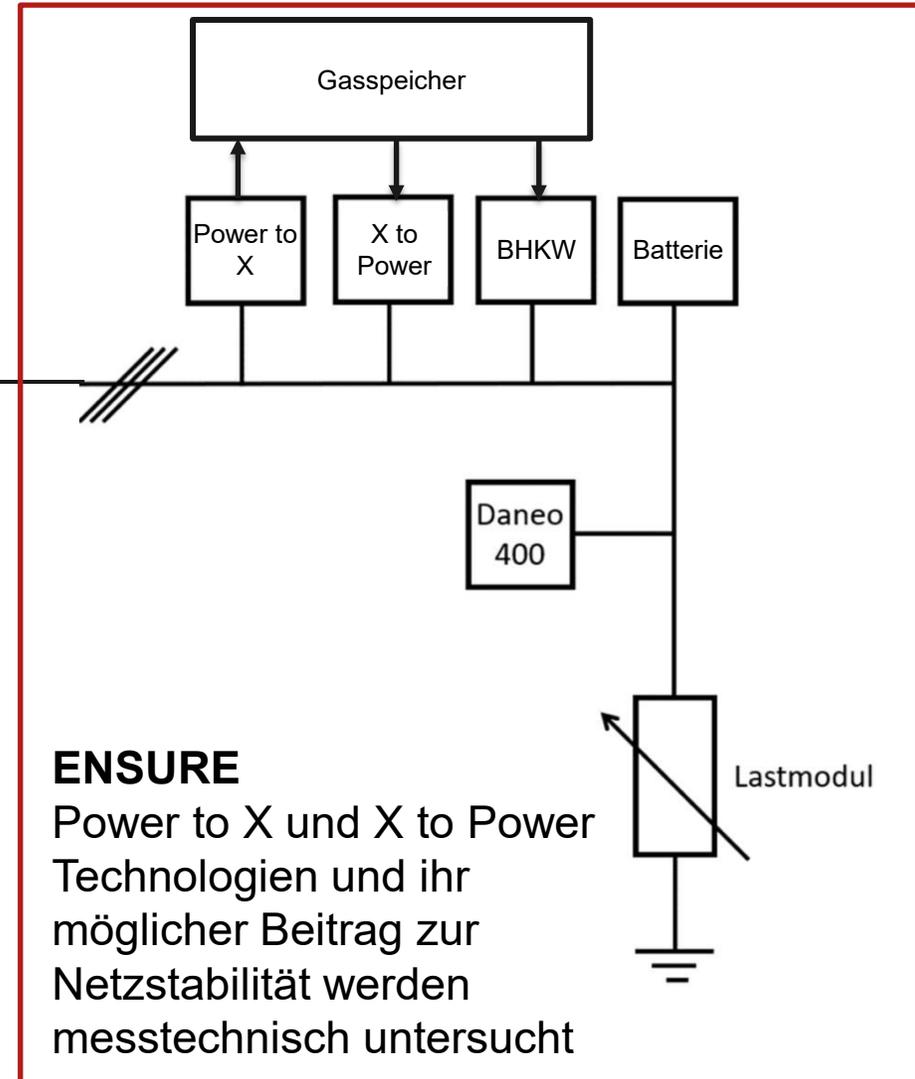
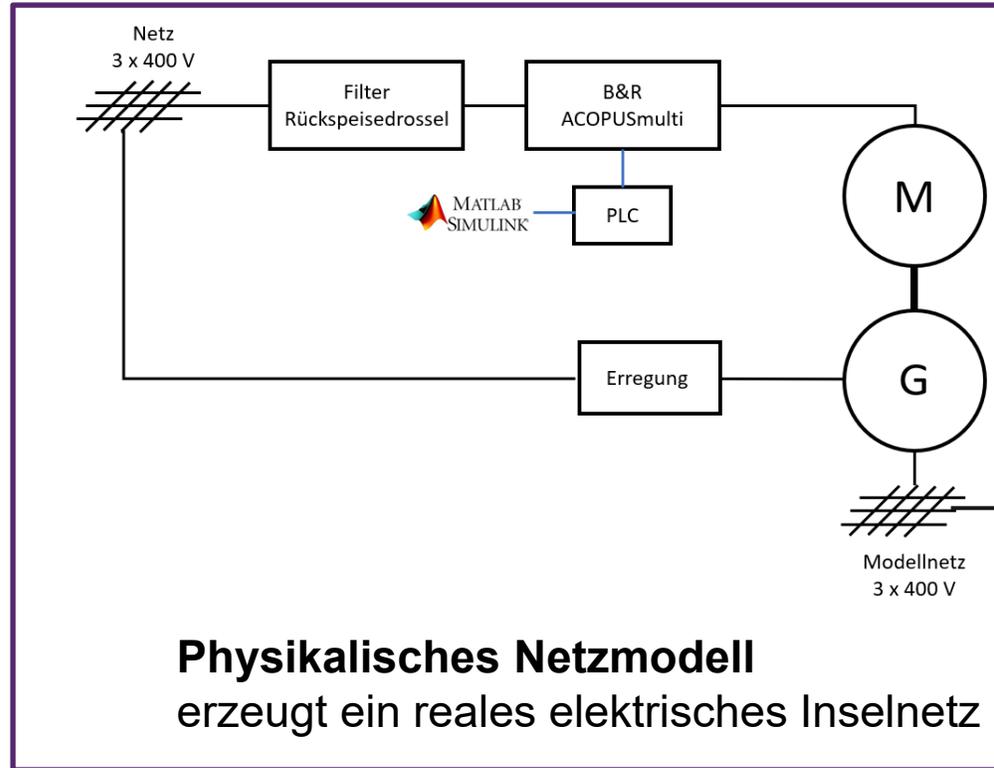


ENSURE

Neue Herausforderungen und Möglichkeiten
von Power to X im Energienetz erforschen



Elektrisches Konzept ENSURE



- Mit unserem physikalischen Netzmodell können wir jedes zukünftige Worst-Case Szenario real nachbilden und so neue Technologien in extremen Netzsituationen testen und optimieren.

Netzlabor





Danke