Momentanreserve durch PV-Anlagen

Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

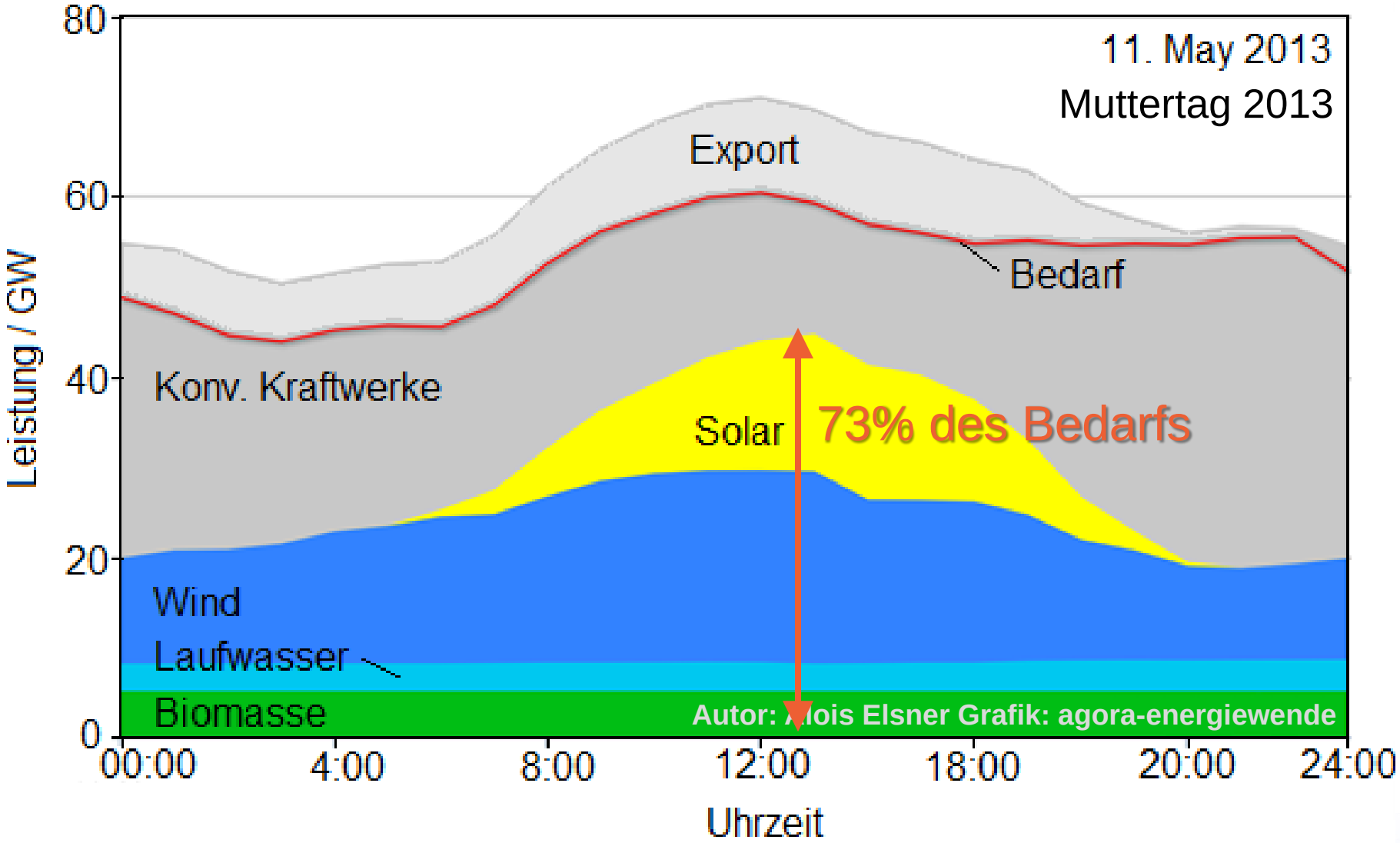
ECPE Seminar „Netzbetrieb bei hohem Anteil an Leistungselektronik“,

Würzburg, 8.-9. Juli 2015

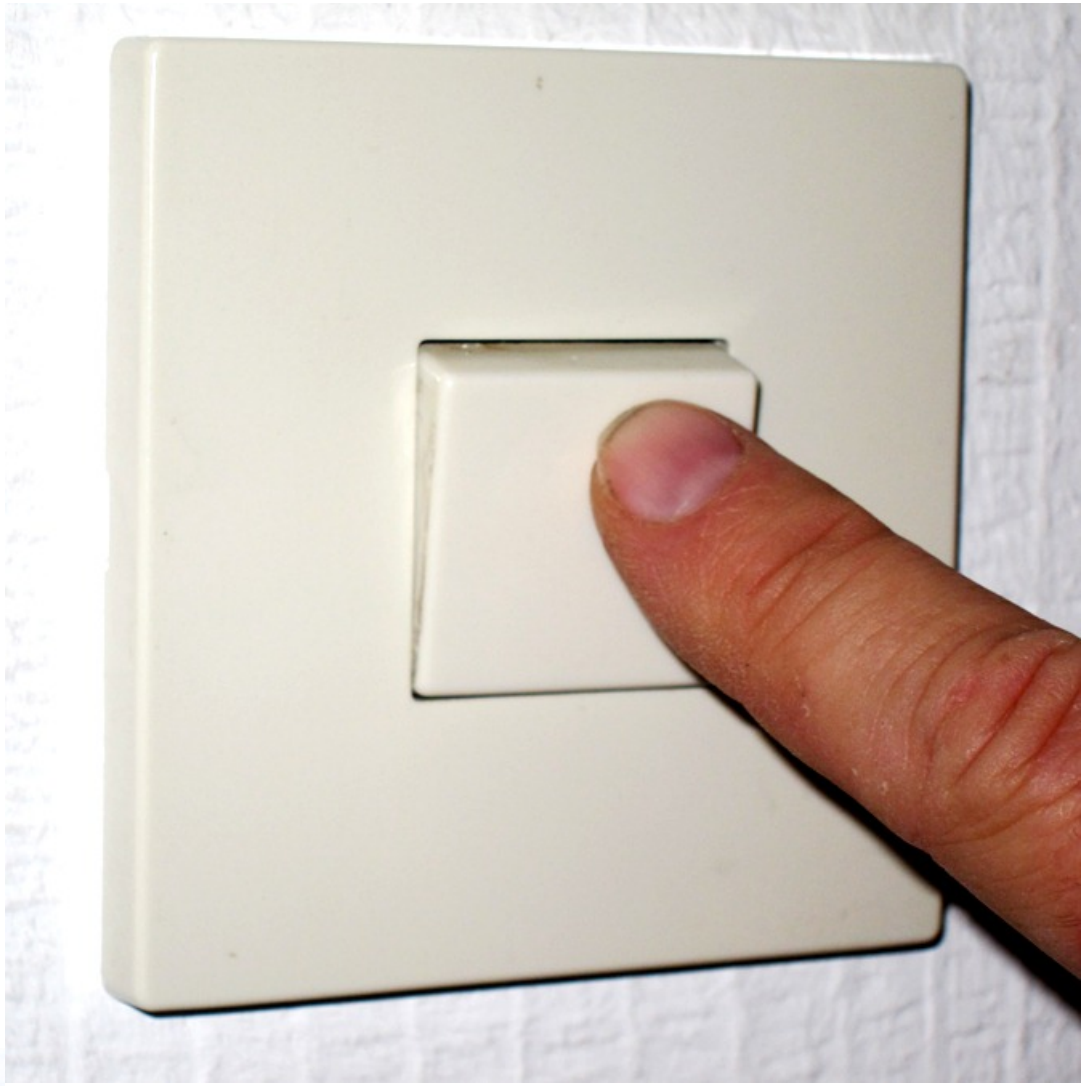
Inhalt

- Relevanz
- Problemstellung:
  Fehlende Schwungmasse
- Quantifizierung
- Lösungsvorschlag:
  Momentanreserve aus dem Zwischenkreis
- Auswirkung auf die Schaltung
- Fazit

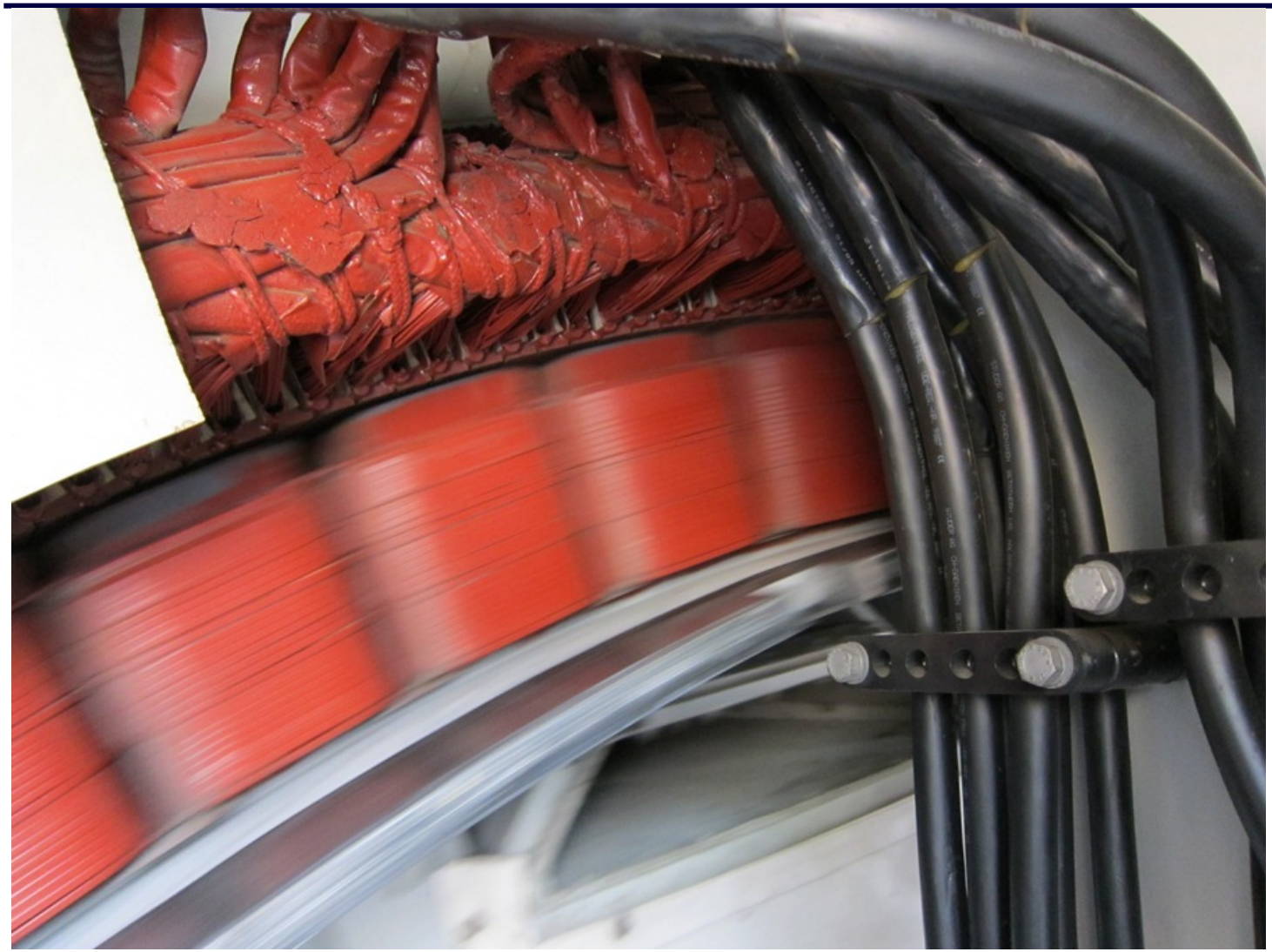
Schon zeitweise 73% EE im Netz



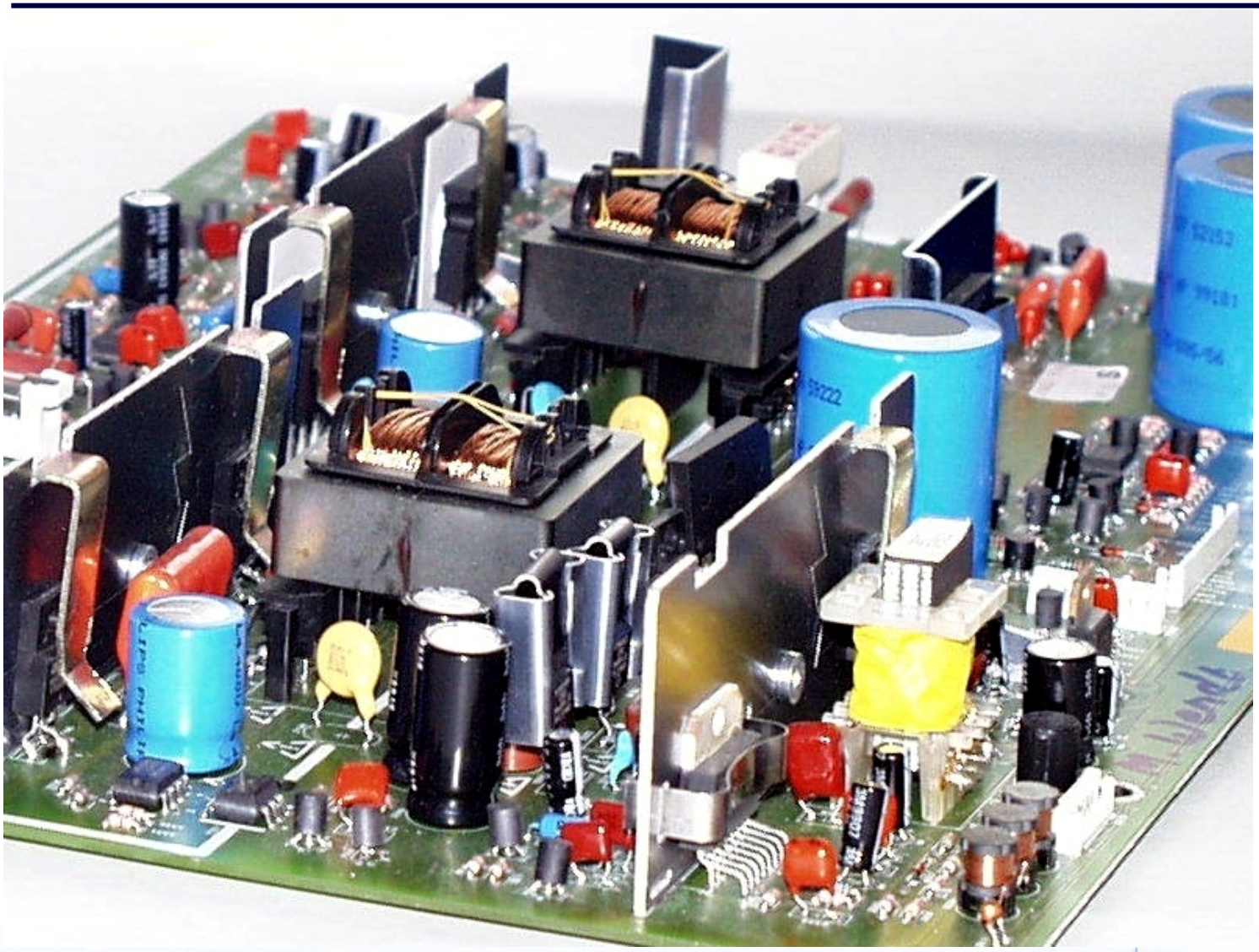
Leistungsregelung



Schwungmasse von Generatoren



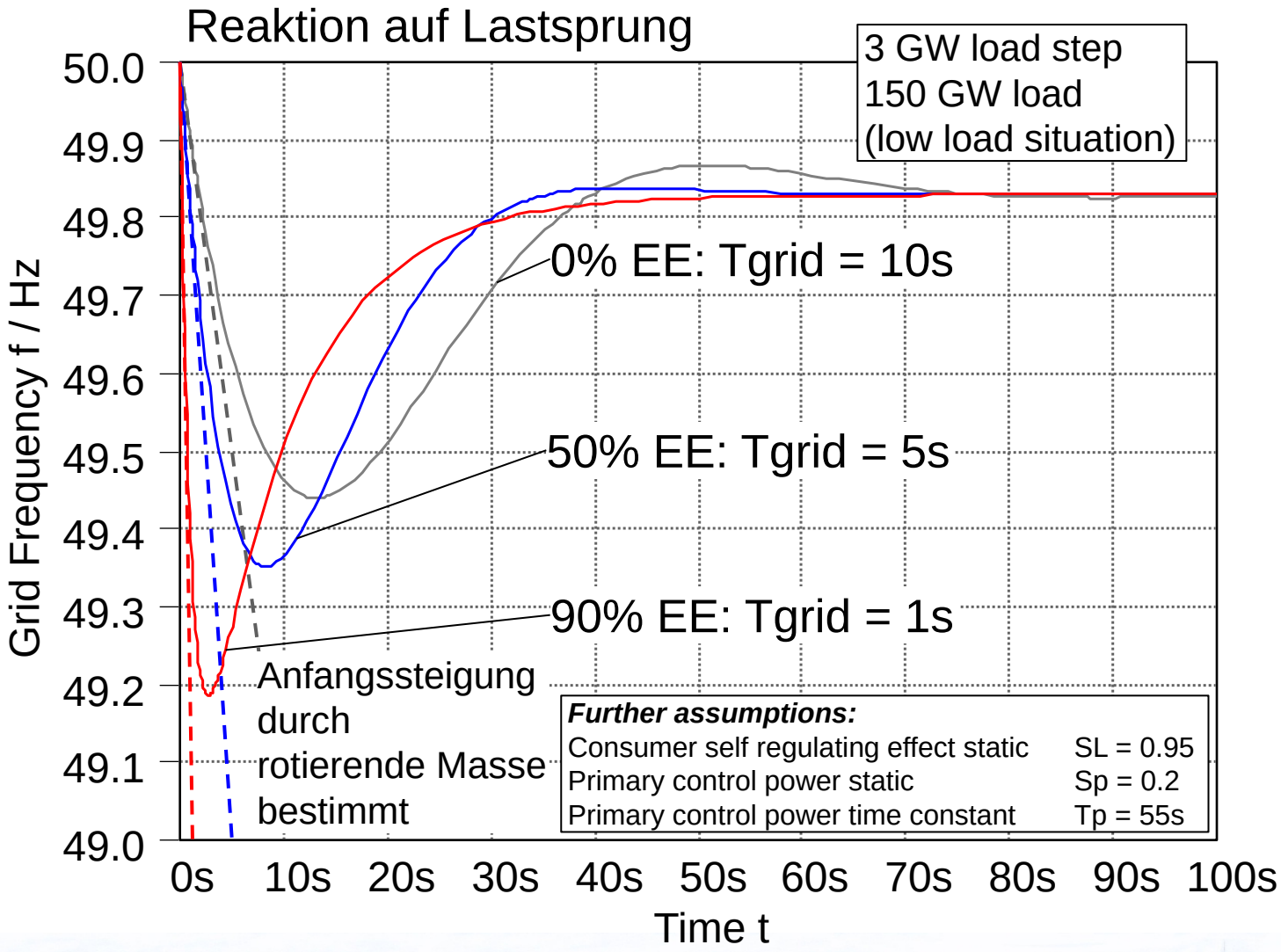
Elektronik hat keine Schwungmasse



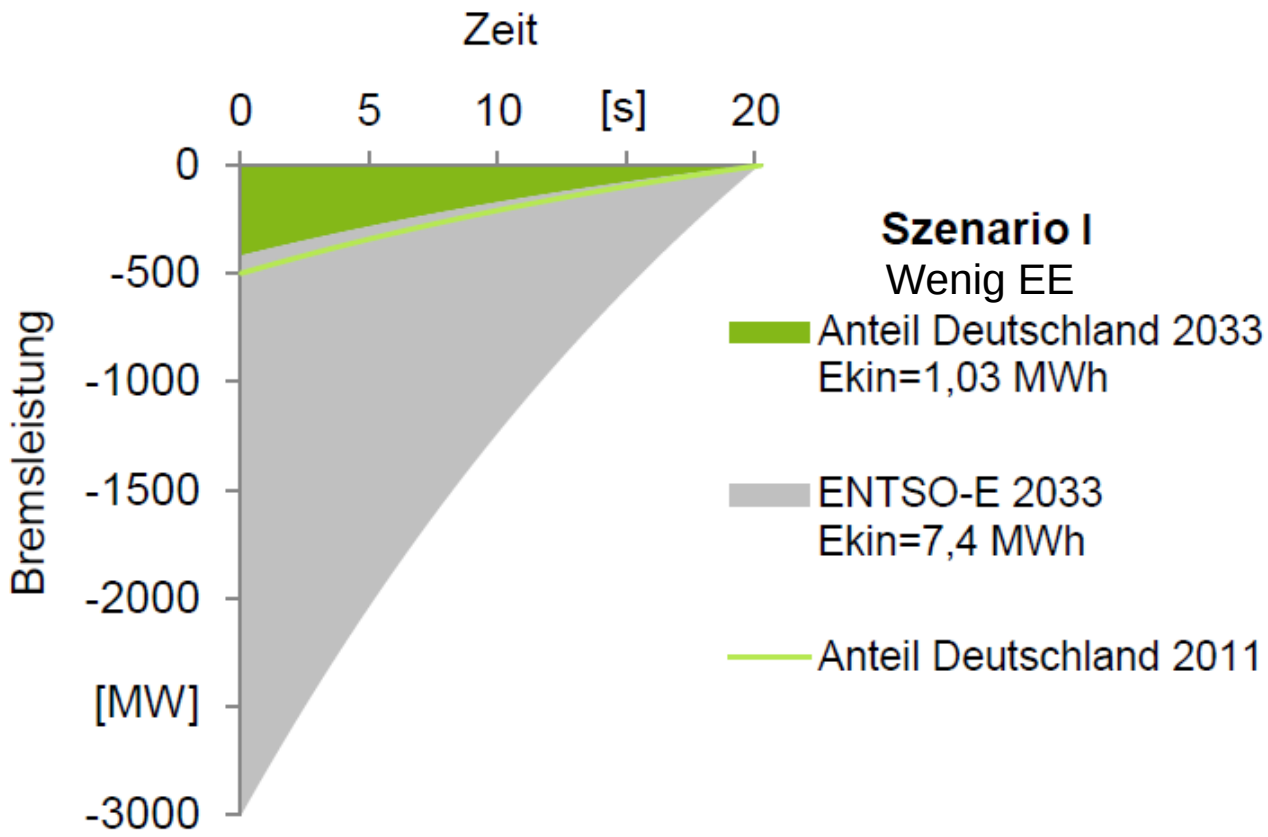
Frequenzregelung mit Erneuerbaren

- VSYNC-Projekt:
  - Frequenzregelung mit Photovoltaik-Wechselrichtern
- Virtueller Synchrongenerator
  - Wechselrichter verhält sich wie Synchrongenerator
- Enercon Windanlagen
  - Frequenzregelung für Windanlagen
- Kombikraftwerk 2
  - Regelverbund verteilt über Deutschland

Effekt fehlender rotierender Masse



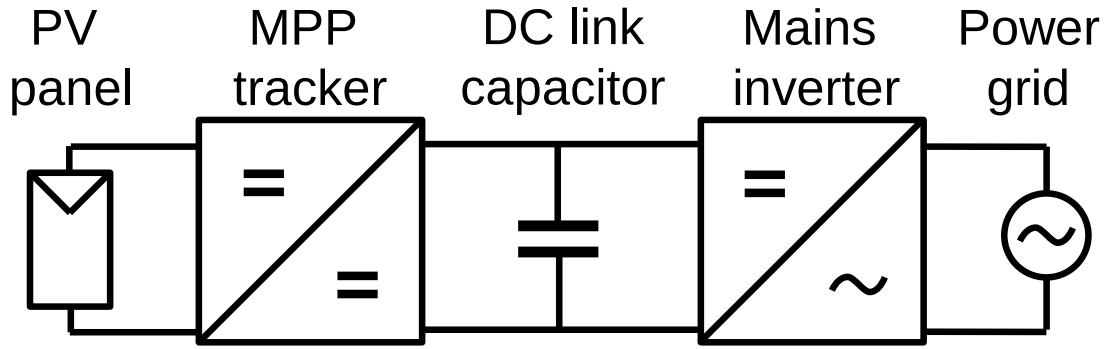
Benötigte Energiemenge



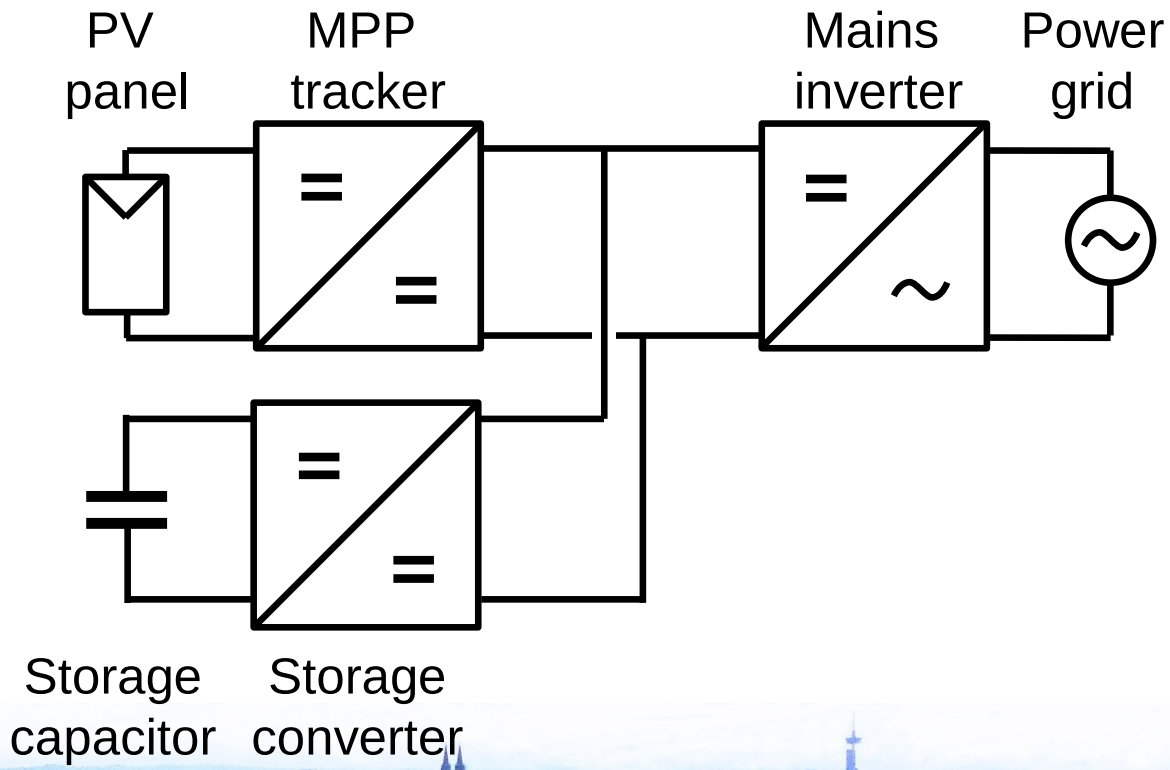
- Anteil Deutschland an Momentanreserve:
  - Energiemenge: 3700 MWs
  - Leistung: 372 MW
- Bei Einspeisung von 80 GW:
  - Leistung: 5W / kW
  - Energie:
  - 50Ws / kW

Topologien

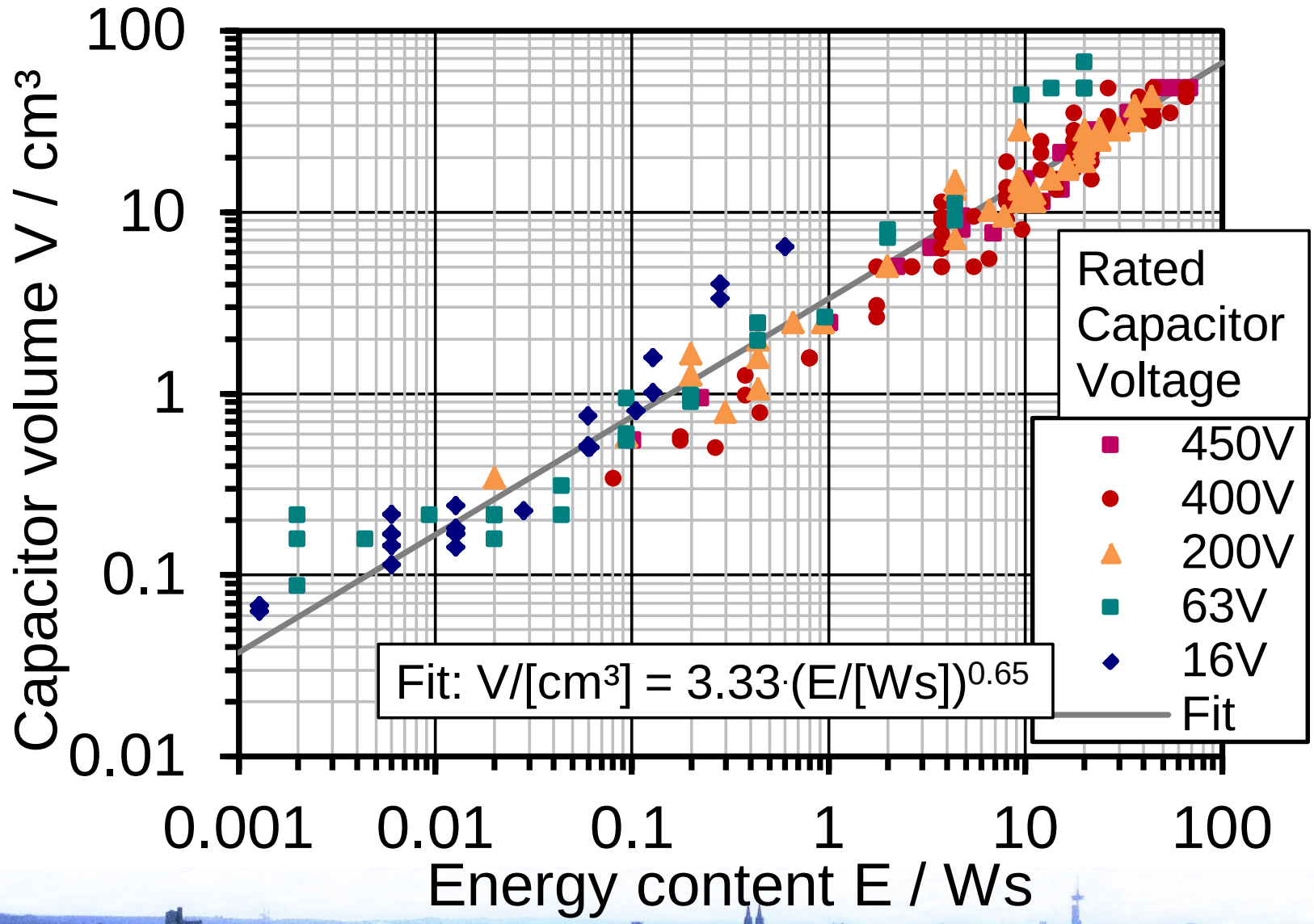
Konventionell



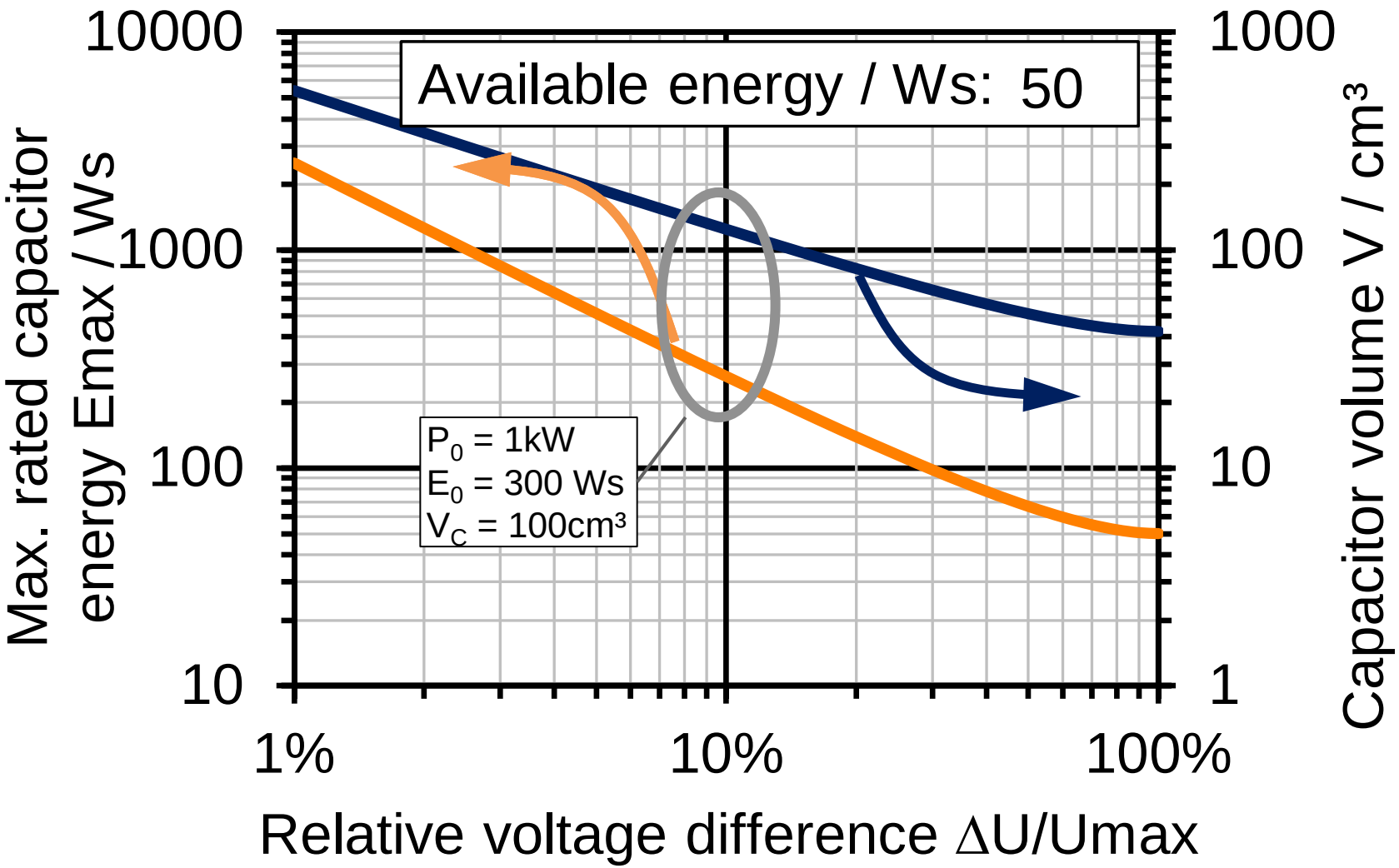
Erweitert



Baugröße von Elektrolytkondensatoren



Benötigte Kondensatorgröße



Spannungsschwankungen im Normalbetrieb

Definition der Zeitkonstante Ta:

$$\frac{\Delta P}{P_0} = T_a \cdot \frac{d}{dt} \frac{\Delta f}{f}$$

Leistung in den Kondensator:

$$\Delta P = \Delta I \cdot U_0$$

Spannung-Strom-Abhängigkeit am Kondensator:

$$\Delta U_c(t) = \frac{1}{C} \cdot \int \Delta I(t)\, dt$$

Zwischenlösung:

$$\Delta U_c(t) = \frac{1}{C} \cdot \cancel{\int} \frac{P_0 \cdot T_a}{U_0} \cdot \cancel{\frac{d}{dt}} \frac{\Delta f}{f_0} \cancel{dt}$$

Max. Energiegehalt Kondensator:

$$E_0 = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_0^2$$

Ergebnis:

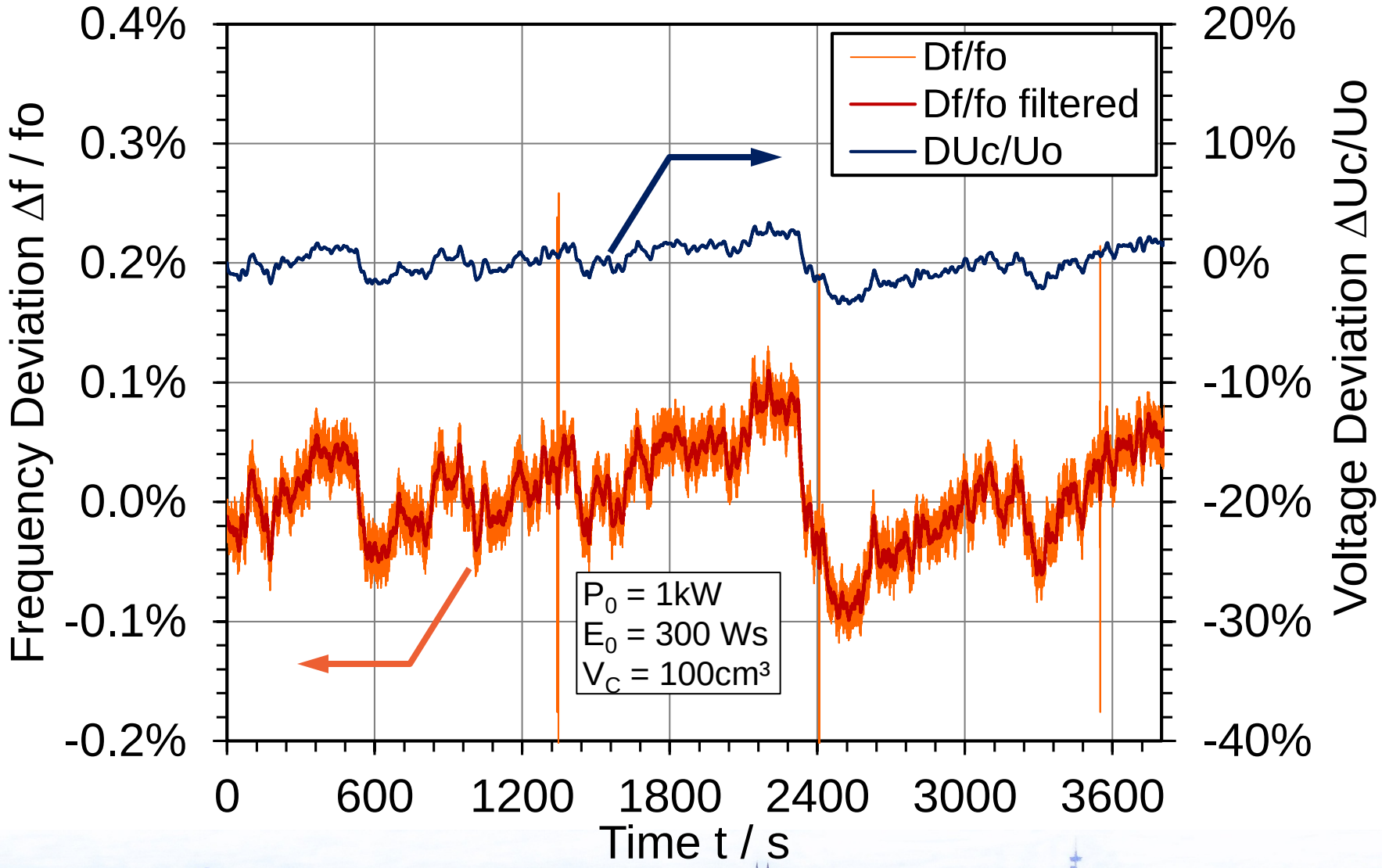
$$\frac{\Delta U_c(t)}{U_0} = T_a \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{P_0}{E_0} \cdot \frac{\Delta f}{f}$$

$$\boxed{\frac{\Delta U_c(t)}{U_0} \propto \frac{\Delta f}{f}}$$

Δ_P = Leistungssprung
P_0 = Leitung im Netz
Δf = Frequenzänderung
f = Netzfrequenz
C = Kapazität des Kondensators
I = Strom in den Kondensator
U_0 = Zwischenkreisspannung
ΔU_c = Spannungsänderung am Kondensator

Spannungsschwankung am Kondensator ist proportional zur Frequenzschwankung

Schwankungen der Zwischenkreisspannung



Fazit

Virtuelle Inertia zur Netzstabilisierung

- können von Zwischenkreiskondensatoren bereitgestellt werden
- Ergeben nur geringen zusätzlichen Spannungsripple im Normalbetrieb

Contact

Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt
Electrical Grids,
Cologne Institute for Renewable Energy
Betzdorferstraße 2, Raum ZO 9-19
50679 Cologne, Germany
Tel. +49 221 8275 2020
eberhard.waffenschmidt@fh-koeln.de
http://www.f07.fh-koeln.de/fakultaet/personen/p
eberhard.waffenschmidt/index.html

Referenzen

[1] A.-C. Agricola, H. Seidl, S. Mischinger et al., „dena-Studie Systemdienstleistungen 2030 - Sicherheit und Zuverlässigkeit einer Stromversorgung mit hohem Anteil erneuerbarer Energien", Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Energiesysteme und Energiedienstleistungen, Berlin, Germany, Feb. 2014.