



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN

# Möglichkeiten zur Deckung des Bedarfs an schneller Regelleistung im europäischen Verbundsystem

Christian ALACS , Wolfgang GAWLIK<sup>(1)</sup>, Adolfo ANTA<sup>(2)</sup>, Bertram WEISS<sup>(3)</sup>, Klaus OBERHAUSER<sup>(4)</sup>, Martin LENZ, Alexander STIMMER, Michaela LEONHARDT<sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup>TU Wien, <sup>(2)</sup>AIT Austrian Institute of Technology,

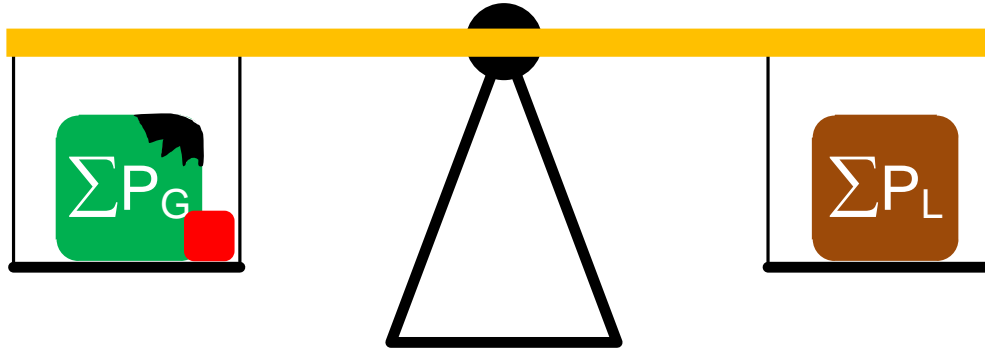
<sup>(3)</sup>Verbund Solutions GmbH, <sup>(4)</sup>Verbund Hydro Power,

<sup>(5)</sup>Austrian Power Grid AG

# Frequenzhaltung im Drehstromsystem

Design hypothesis:  
 $T_A = 10s$

Design hypothesis: Systemgröße 150GW

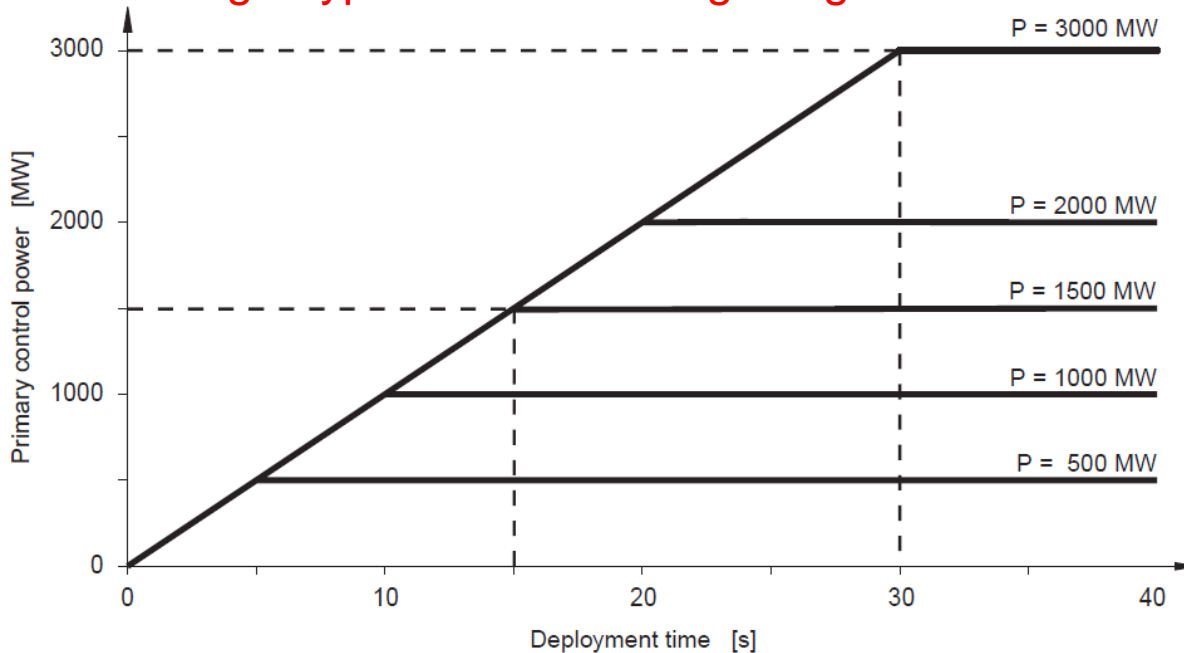


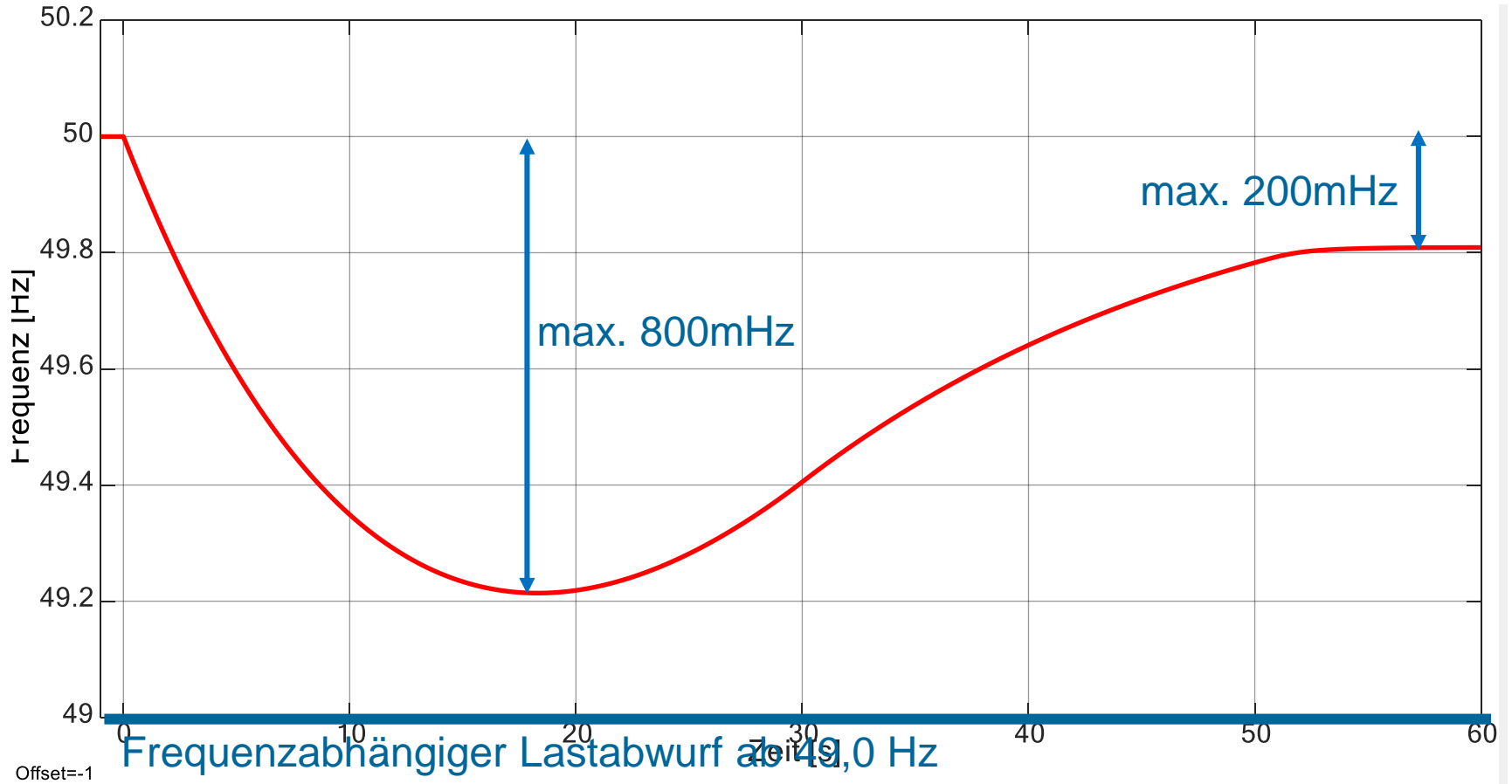
52Hz  
 51Hz  
 50Hz  
 49Hz  
 48Hz

Design hypothesis:  
 Lasteffekt: 1%/Hz

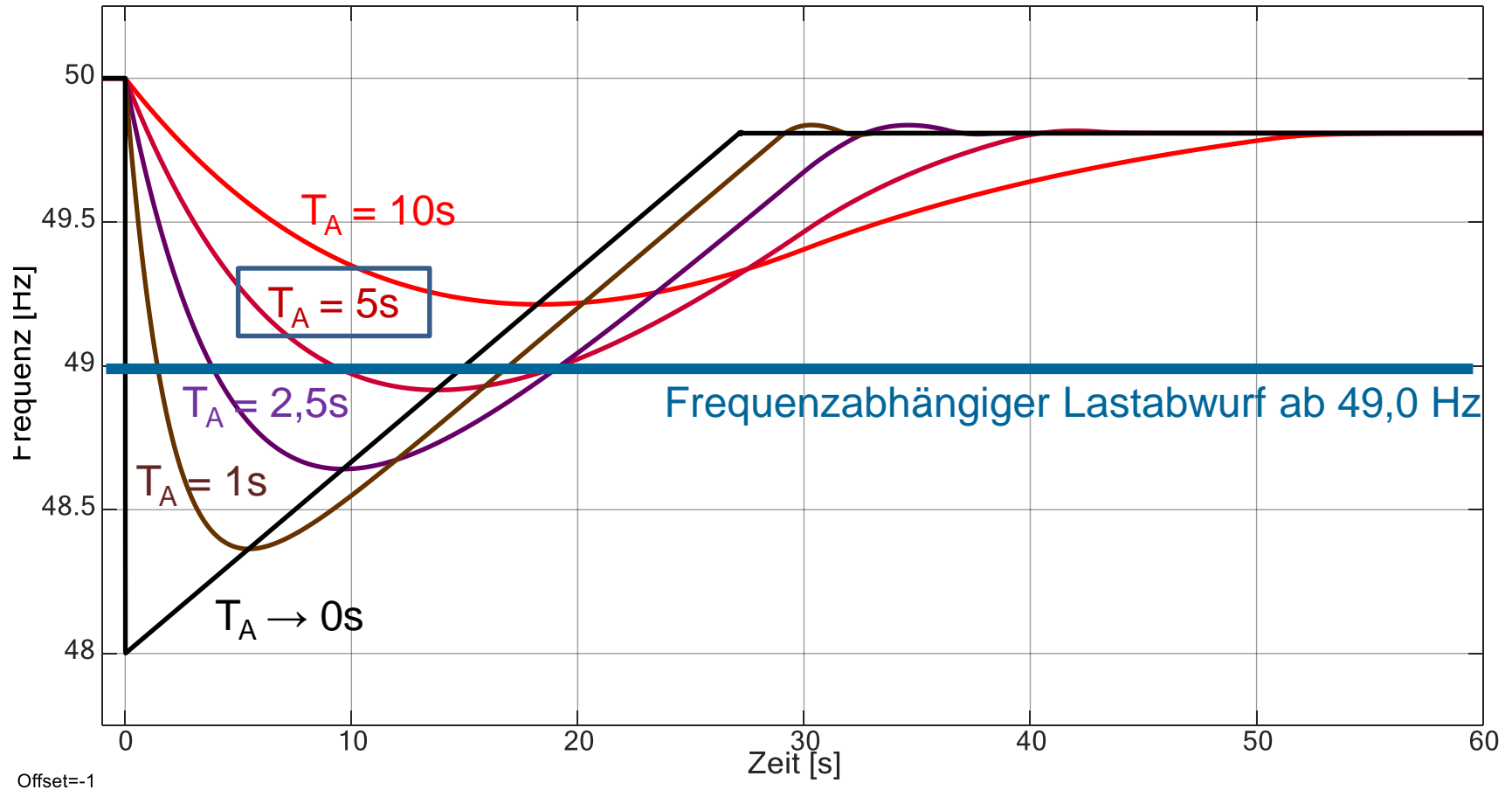
Design hypothesis: Erzeugungsausfall 3GW

Design hypothesis: Primärregelung nach Mindestkennlinie

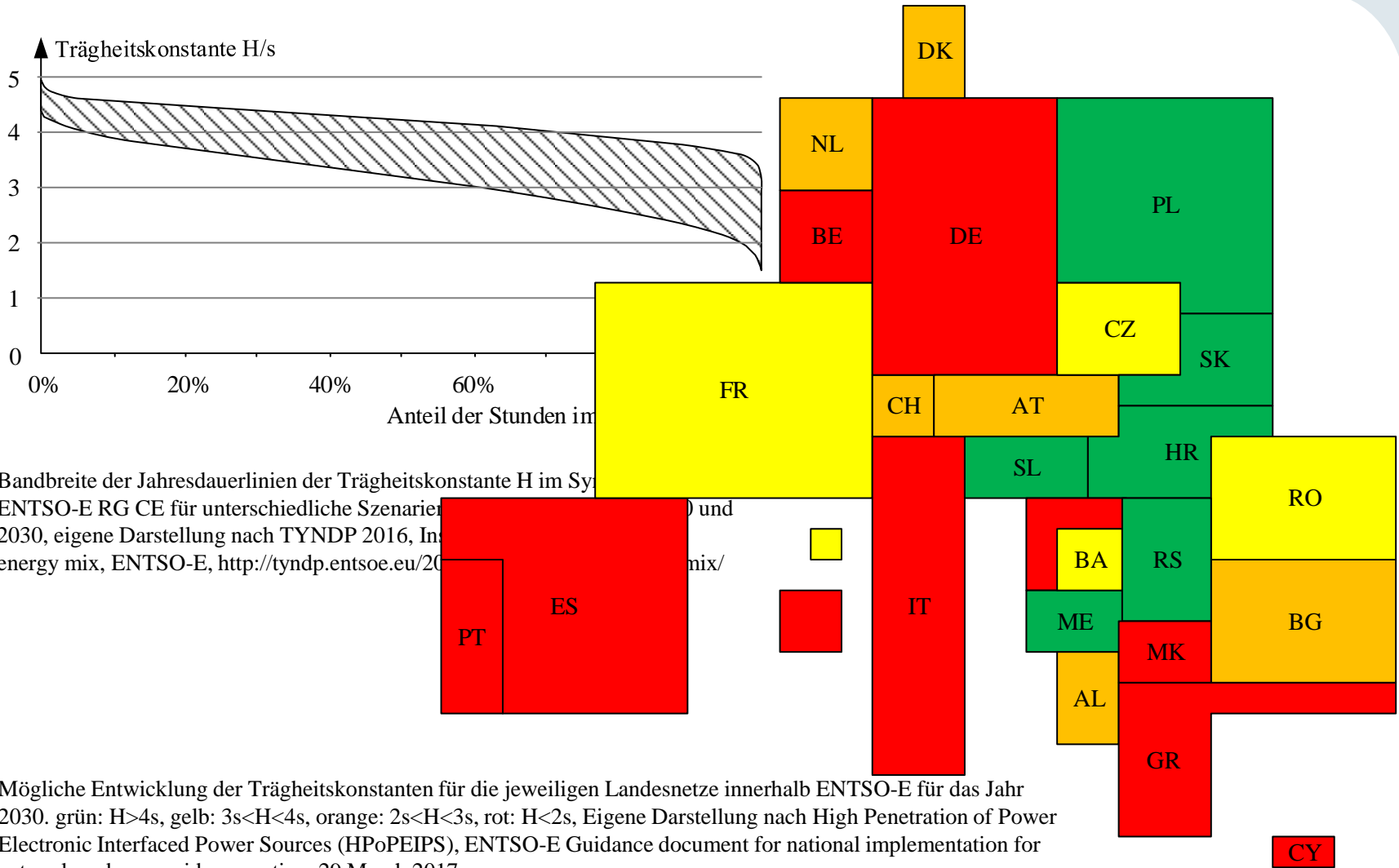




- spricht an bei  $|\Delta f| > 10\text{mHz}$
- ist bei  $\Delta f = \pm 200\text{mHz}$  vollständig aktiviert
- Aktivierungszeit bei Anforderung von 50% oder weniger der maximalen PRL (derzeit 3.000 MW) Aktivierung innerhalb von  $< 15\text{s}$ , bei 50%-100% linear bis max. 30s
- begrenzt bei derzeitiger Netzanlaufzeitkonstante (10...12s) dynamische Frequenzabweichung nach Referenz-Vorfall auf  $\Delta f = \pm 800\text{mHz}$



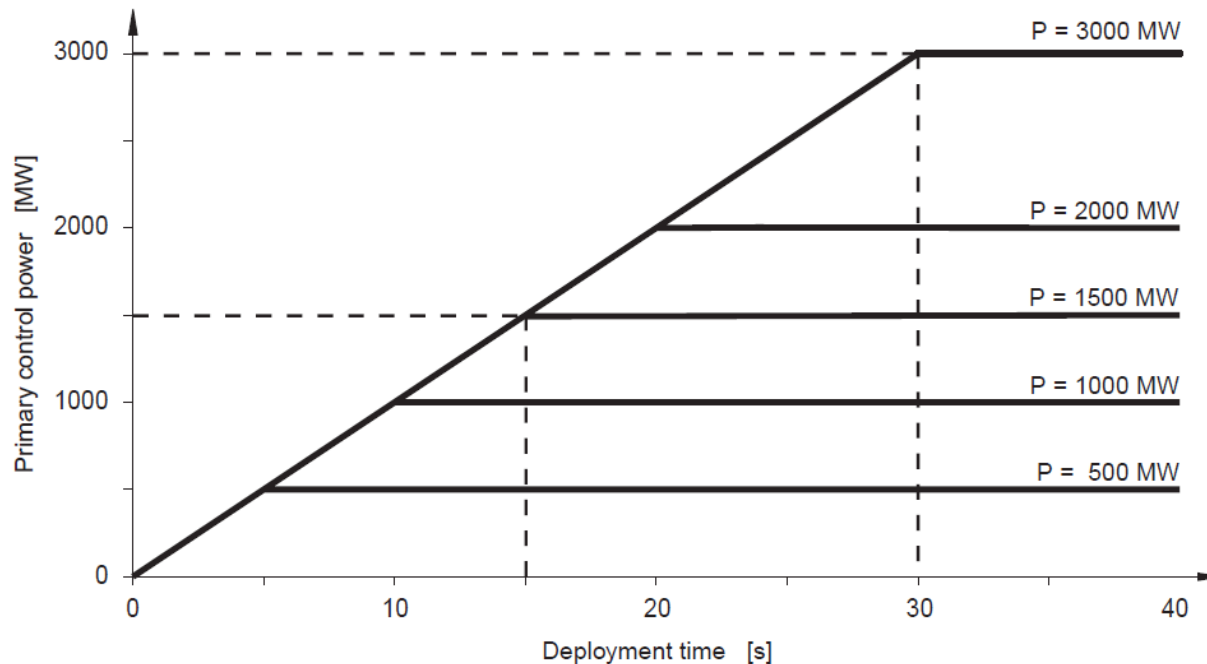
# Entwicklung der Netzanlaufzeitkonstante



Mögliche Entwicklung der Trägheitskonstanten für die jeweiligen Landesnetze innerhalb ENTSO-E für das Jahr 2030. grün:  $H > 4s$ , gelb:  $3s < H < 4s$ , orange:  $2s < H < 3s$ , rot:  $H < 2s$ , Eigene Darstellung nach High Penetration of Power Electronic Interfaced Power Sources (HPoPEIPS), ENTSO-E Guidance document for national implementation for network codes on grid connection, 29 March 2017, [https://docstore.entsoe.eu/Documents/Network%20codes%20documents/Implementation/CNC/170321\\_IGD25\\_HPoPEIPS.pdf](https://docstore.entsoe.eu/Documents/Network%20codes%20documents/Implementation/CNC/170321_IGD25_HPoPEIPS.pdf)

# Es gibt eine Anforderungslücke!

Wird (derzeit noch) durch Übererfüllung der Anforderungen, Selbstregeleffekt der Lasten und (nicht vergütete) Schwungmasse im System gedeckt



Lösungsmöglichkeit: Schnellere Erbringung von PRL (reaktiv) und/oder Sicherung von Momentanreserve

# Möglichkeit 1: Inertia Certificates

W. Gawlik, A. Lechner, R. Schürhuber:

"*Inertia Certificates - Bedeutung und Wert von Momentanreserve für den Verbundnetzbetrieb*";

Vortrag: IEWT Internationale

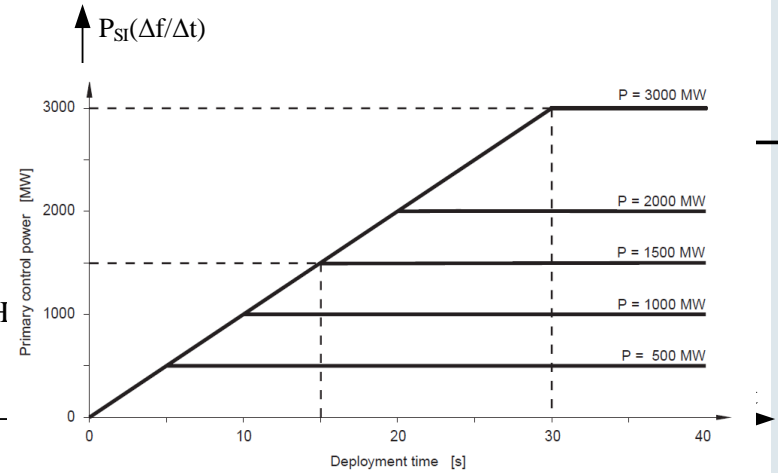
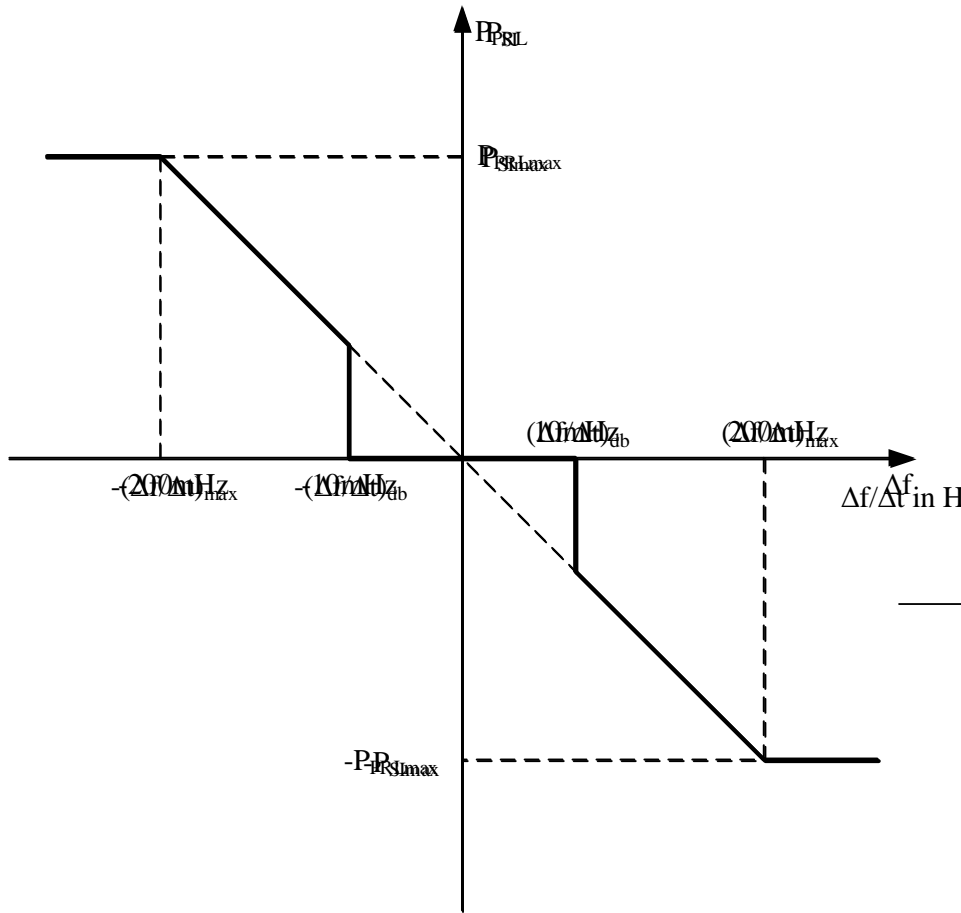
Energiewirtschaftstagung TU Wien, Wien;

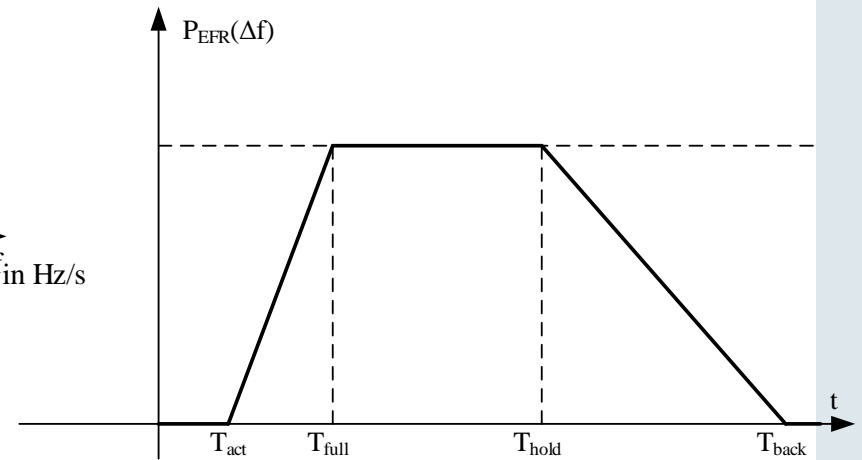
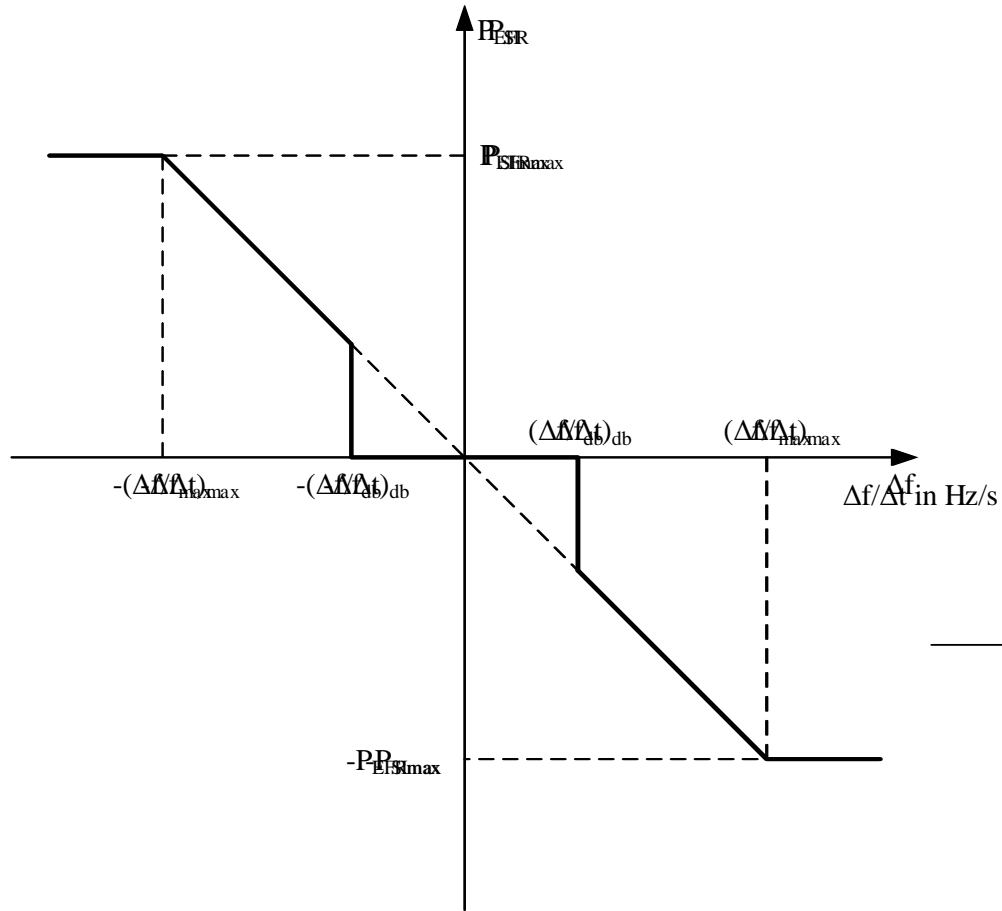
15.02.2017 - 17.02.2017; in: "*Klimaziele 2050:*

*Chance für einen Paradigmenwechsel?*", (2017), S. 1  
- 8.

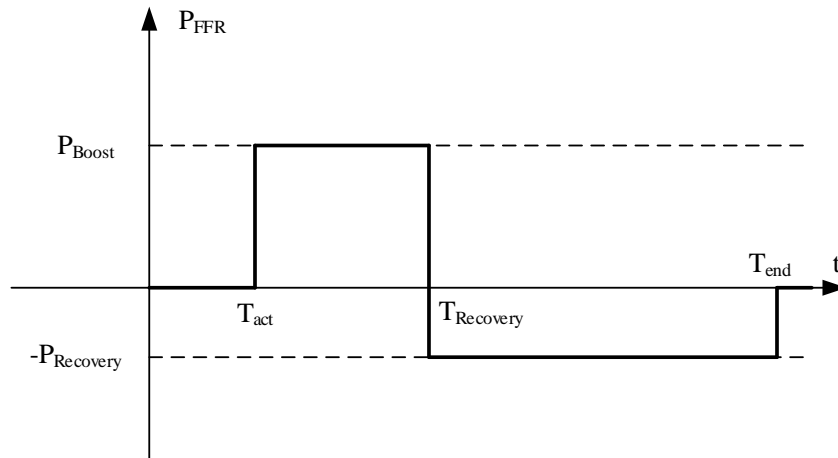


# Möglichkeit 2: Virtuelle Schwungmasse





# Möglichkeit 4: Fast Frequency Response (Power Boost)



Ungeregelte Aktivierung mit inhärenter Verzögerung bei bestimmter Frequenzabweichung

Grundannahmen: Systemgröße 150 GW,  $\Delta P = -3$  GW,  $T_A = 5$  s, Lasteffekt 1%/Hz

Virtuelle Schwungmasse:

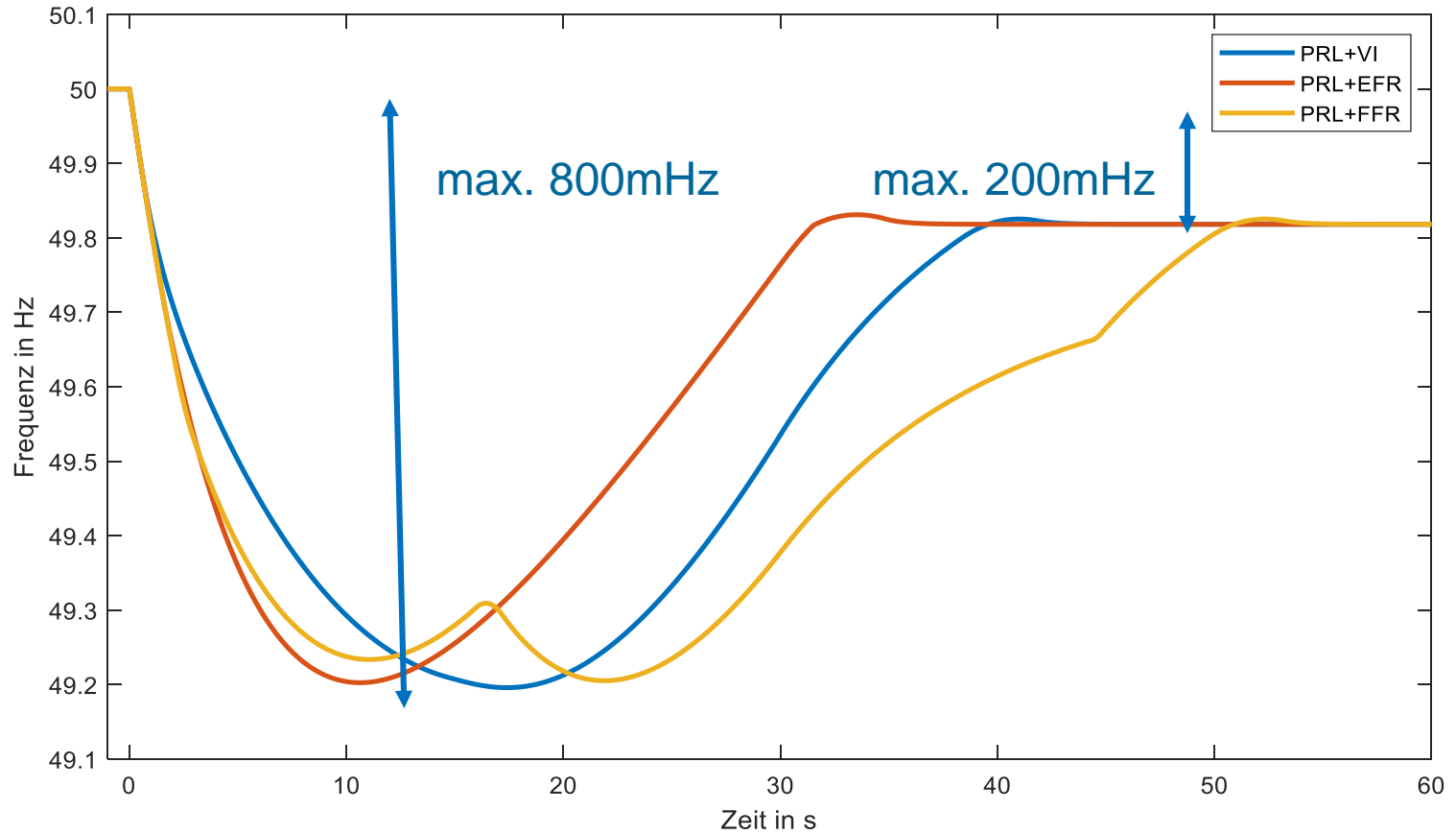
- Frequenztotband = 10 mHz
- Frequenzgradienten-Totband = 0.01 Hz/s
- Maximale VI-Leistung bei 0,4 Hz/s
- Frequenzmesszeit = 0,5 s
- Hochfahrzeit in über PT1-Glied mit 2s geregelt
- VI-Nennleistung 5000 MW

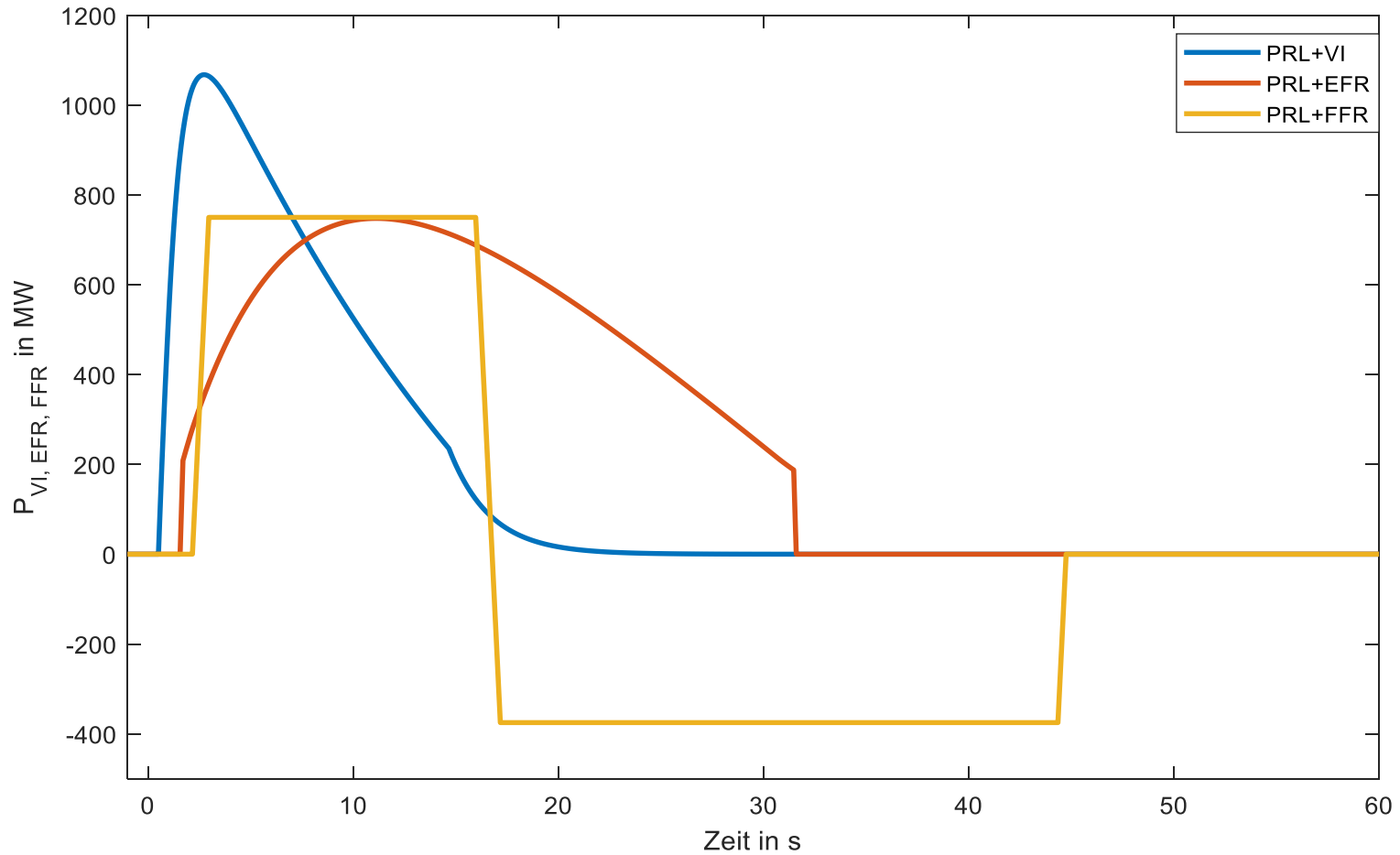
Enhanced Frequency Response:

- Frequenztotband = 200 mHz
- Maximale EFR-Leistung bei 800 mHz
- Frequenzmesszeit = 0,5 s
- Hochfahrzeit in 0,5 s
- EFR-Nennleistung 750 MW

Fast Frequency Response (Power Boost)

- Frequenztotband = 300 mHz
- Frequenzmesszeit = 0,5 s
- Hochfahrzeit in 0,8 s
- FFR-Nennleistung 750 MW - (FFR-Rückfahrleistung 375 MW)
- Haltedauer 13 s





- Es muss überproportional viel VI-Leistung bereitgestellt werden
- Ein un geregelter Power Boost kann das System destabilisieren
- EFR bietet einen guten Kompromiss, vorausgesetzt es ist noch genug Schwungmasse im System
- PRL alleine reicht nicht aus

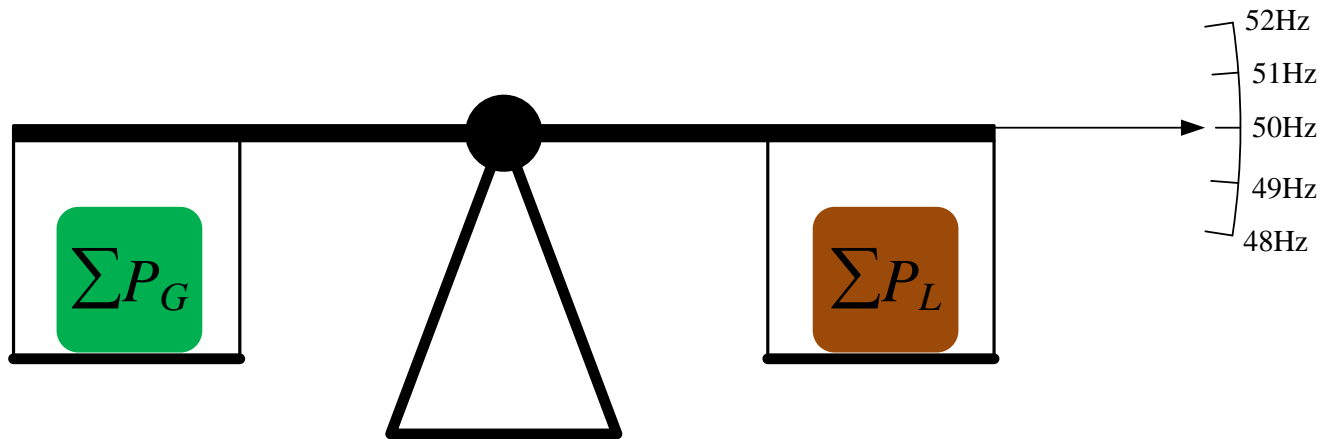


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit



$$\sum_i P_{G_i}(t) - \sum_j P_{L_j}(t) = \omega J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt}$$



$$\sum_i P_{G_i}(t) - \sum_j P_{L_j}(t) = \omega J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt}$$
$$\frac{df}{dt} = \frac{\Delta P}{P_{\Sigma}} \cdot \frac{f_n}{T_A} \cdot \frac{f_n}{f} \quad T_A = \frac{\omega_n^2 J_{\Sigma}}{P_{\Sigma}} = ?$$