



Leibniz
Universität
Hannover



Fraunhofer
IWES

Systemdienstleistungen von Windparkclustern

Prof. Dr.-Ing. habil. Lutz Hofmann



Institut für Energieversorgung und Hochspannungstechnik
Fachgebiet Elektrische Energieversorgung
<http://www.iee.uni-hannover.de>

Gliederung

Einleitung

Systemdienstleistungen Netzregelung und Engpassmanagement

Clustermanagementsystem (WCMS)

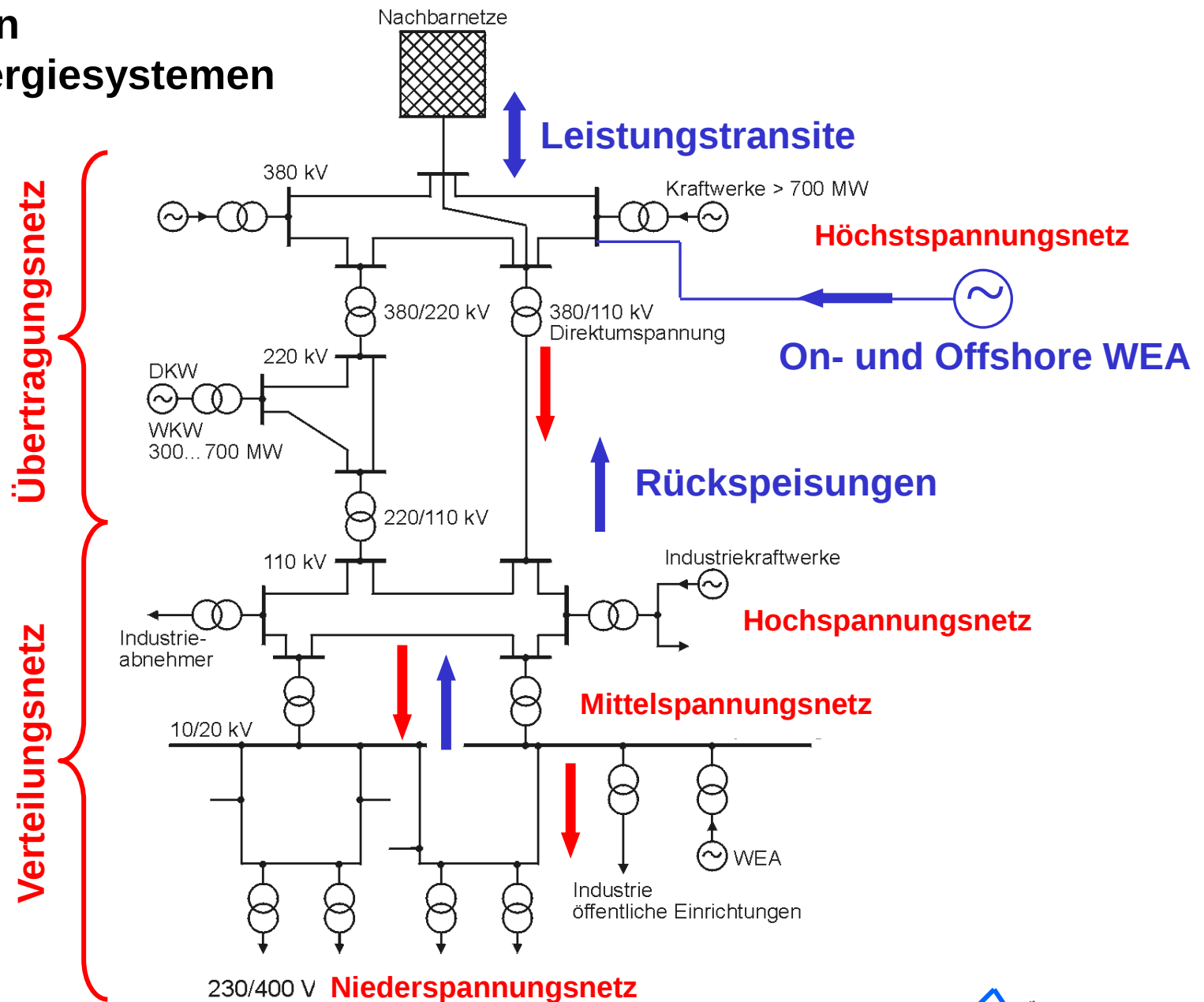
Wirkleistungsregelung mit dem WCMS

Blindleistungsregelung mit dem WCMS

Zusammenfassung



Aufbau von Elektroenergiesystemen



Aufgaben und Herausforderungen für die Übertragungsnetze

- **neue Übertragungs- und Verteilungsaufgaben**

- Änderung der Erzeugungs- und Verbrauchsschwerpunkte
 - Ersatz thermischer Erzeugungskapazität durch EEG
 - Kraftwerksneubau und Kernenergieausstieg
- zunehmende dezentrale Erzeugung, Rückspeisungen aus Verteilnetzen
- Intensivierung europäischer Strommarkt

- **Auswirkungen und Herausforderungen**

- großräumige Energietransporte in die Lastschwerpunkte
- volatile Leistungsflüsse, Netzengpässe => Redispatch
- Einsatz von Ausgleichsleistung und „Schattenkraftwerken“
- Bereitstellung von Systemdienstleistungen zur Wahrung der Netzstabilität
 - Spannungshaltung
 - Regelleistungsbereitstellung
 - Schwarzstartfähigkeit und Betriebsführung

} **NETZREGELUNG**

Gliederung

Einleitung

Systemdienstleistungen Netzregelung und Engpassmanagement

Clustermanagementsystem (WCMS)

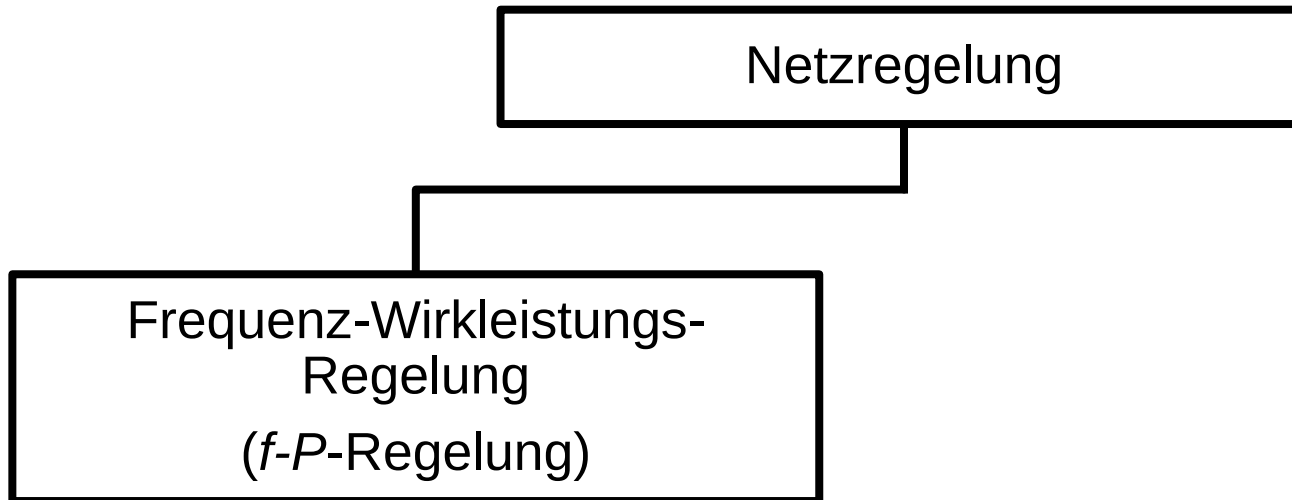
Wirkleistungsregelung mit dem WCMS

Blindleistungsregelung mit dem WCMS

Zusammenfassung



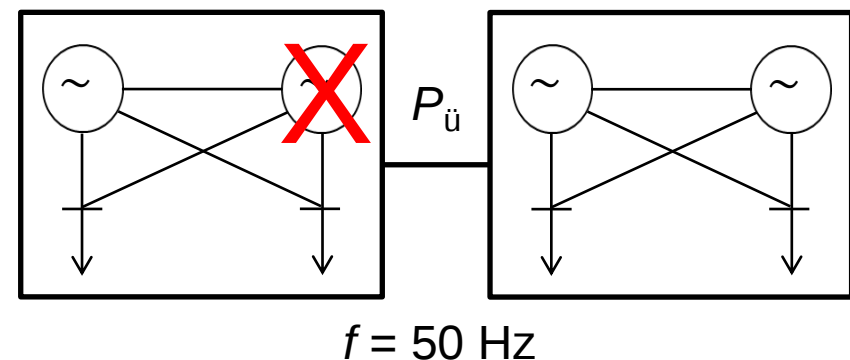
Netzregelung

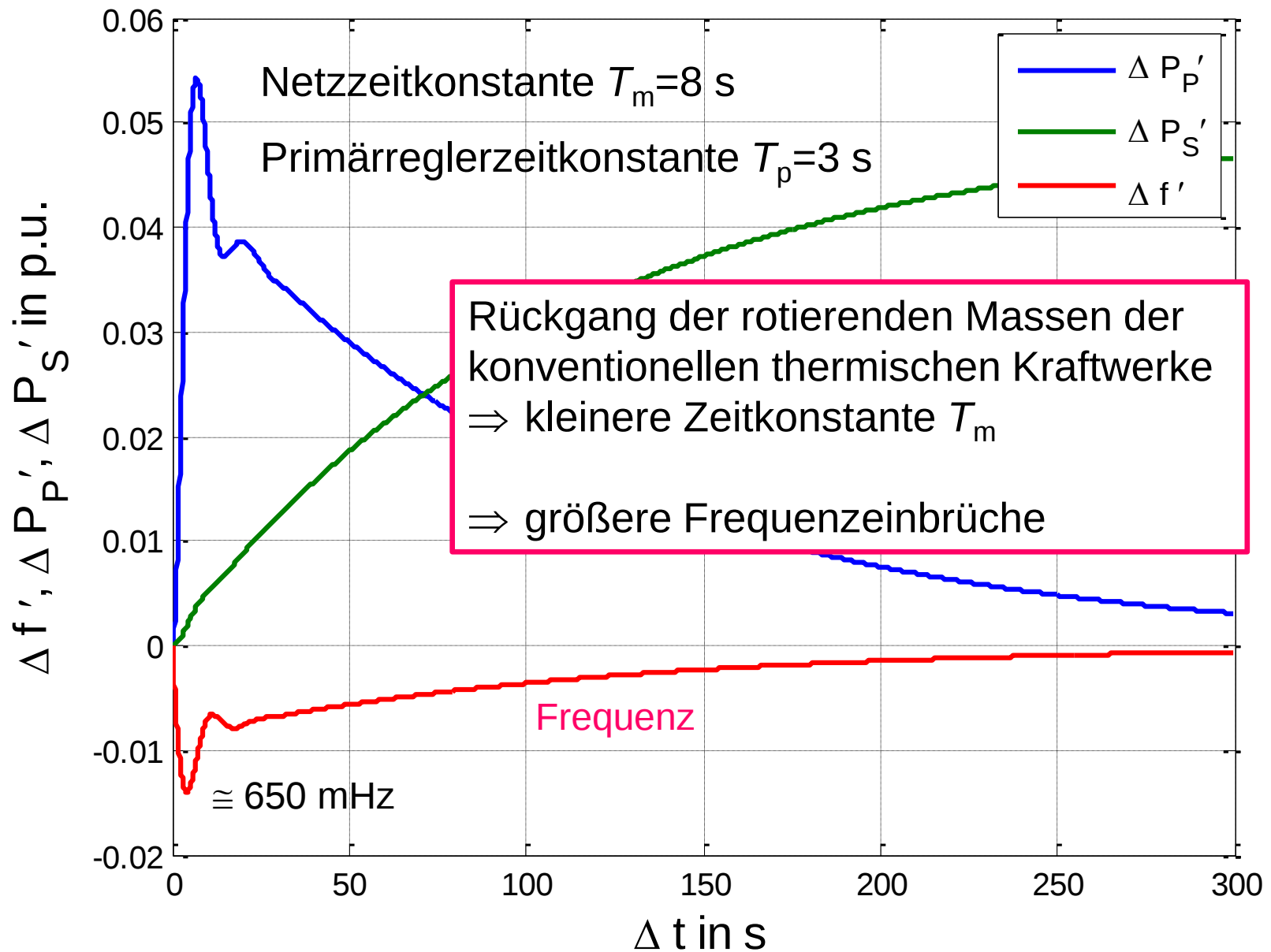


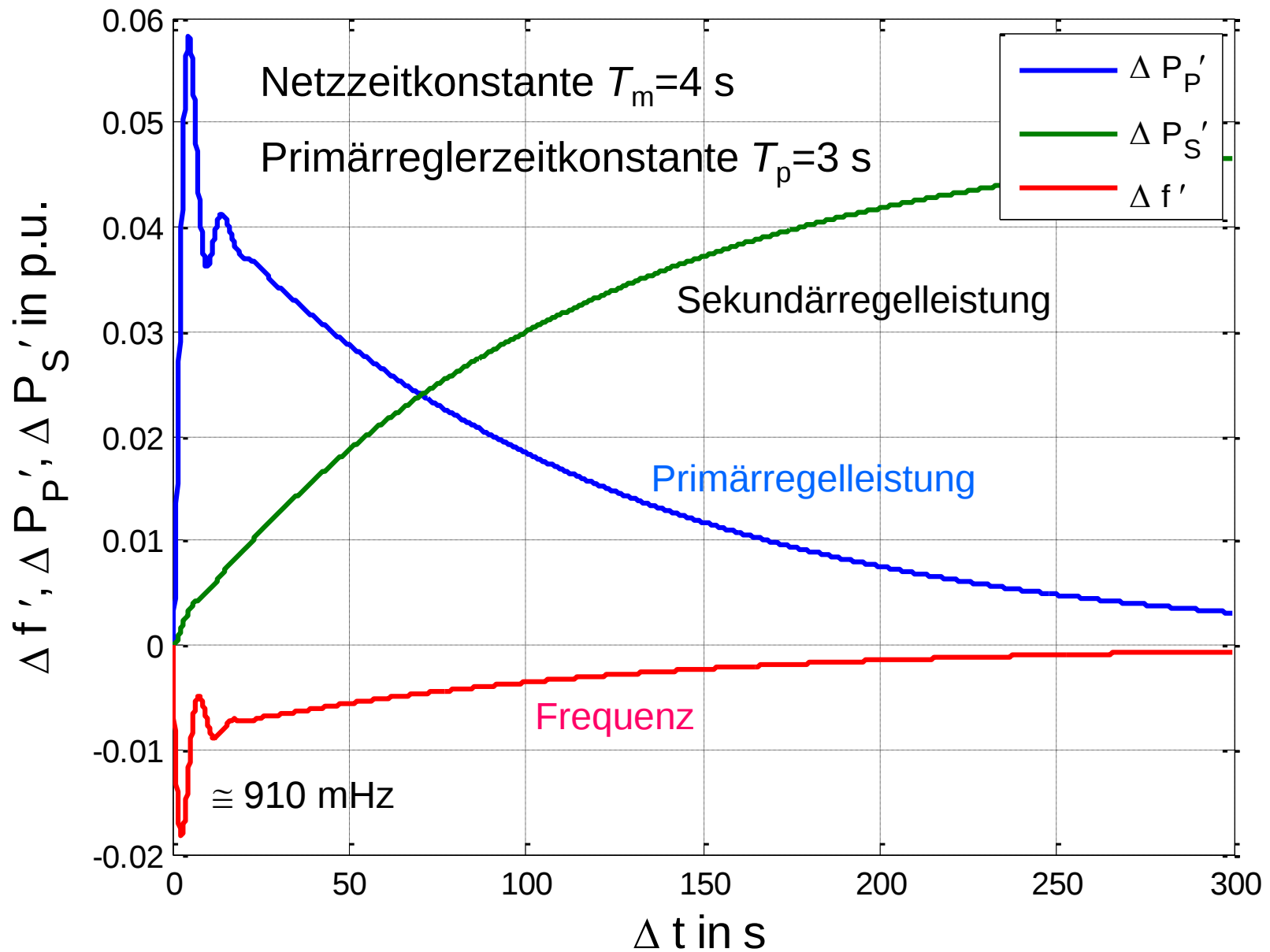
Frequenz-Übergabeleistungs-Regelung im Verbundnetz

jederzeit ausreichende Vorhaltung von

- Primärregelleistung
- Sekundärregelleistung und
- Minutenreserveleistung

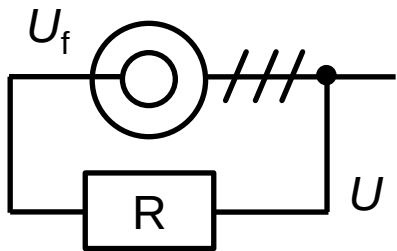






Spannungs-Blindleistungs-Regelung (U - Q -Regelung)

Generator-
regelung



konventionelle
Kraftwerke



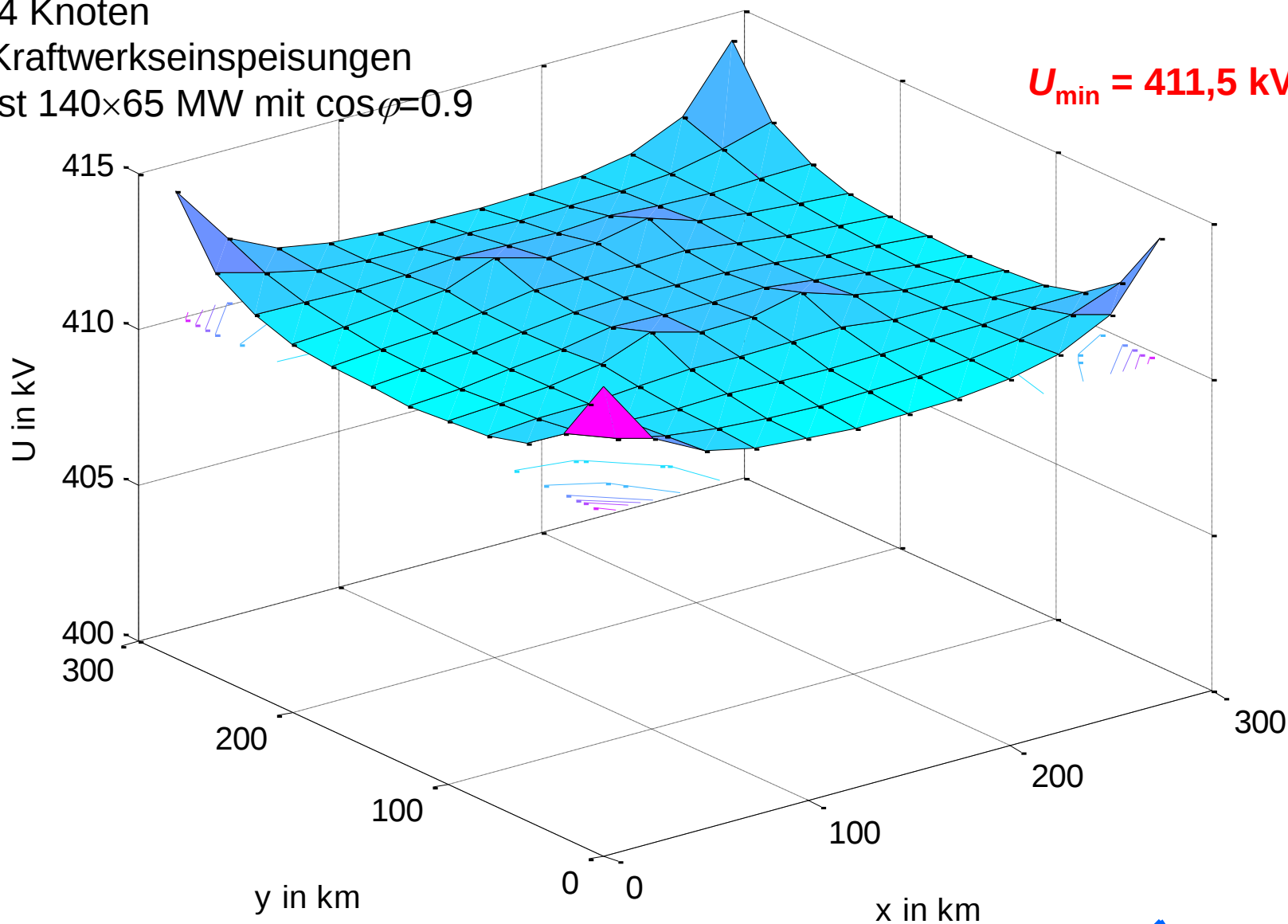
Spannungsprofil: mit Blindleistungskompensation 4x100 Mvar

144 Knoten

4 Kraftwerkseinspeisungen

Last 140×65 MW mit $\cos\varphi=0.9$

$U_{\min} = 411,5 \text{ kV}$



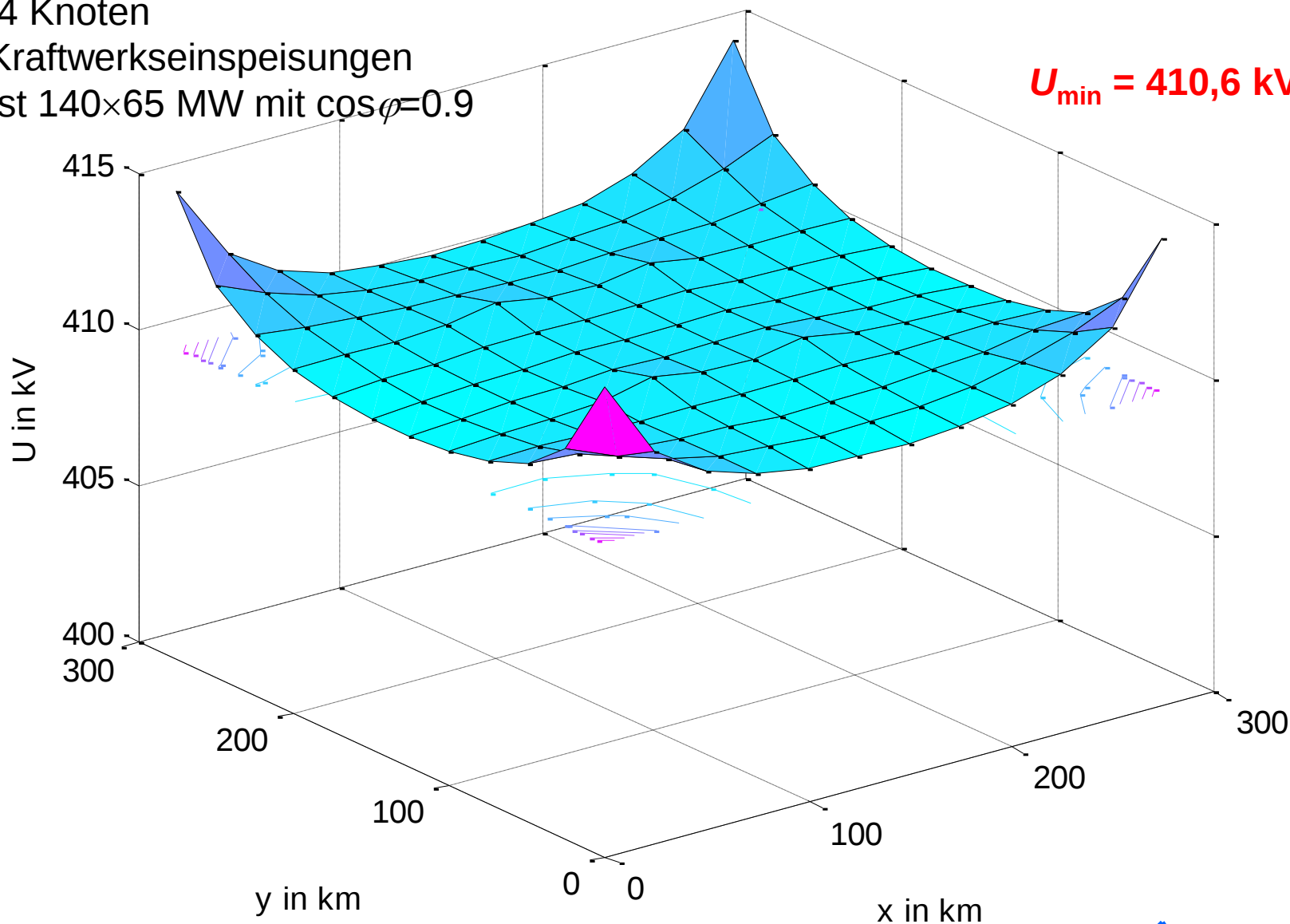
Spannungsprofil: mit Blindleistungskompensation 4x50 Mvar

144 Knoten

4 Kraftwerkseinspeisungen

Last 140×65 MW mit $\cos\varphi=0.9$

$U_{\min} = 410,6 \text{ kV}$



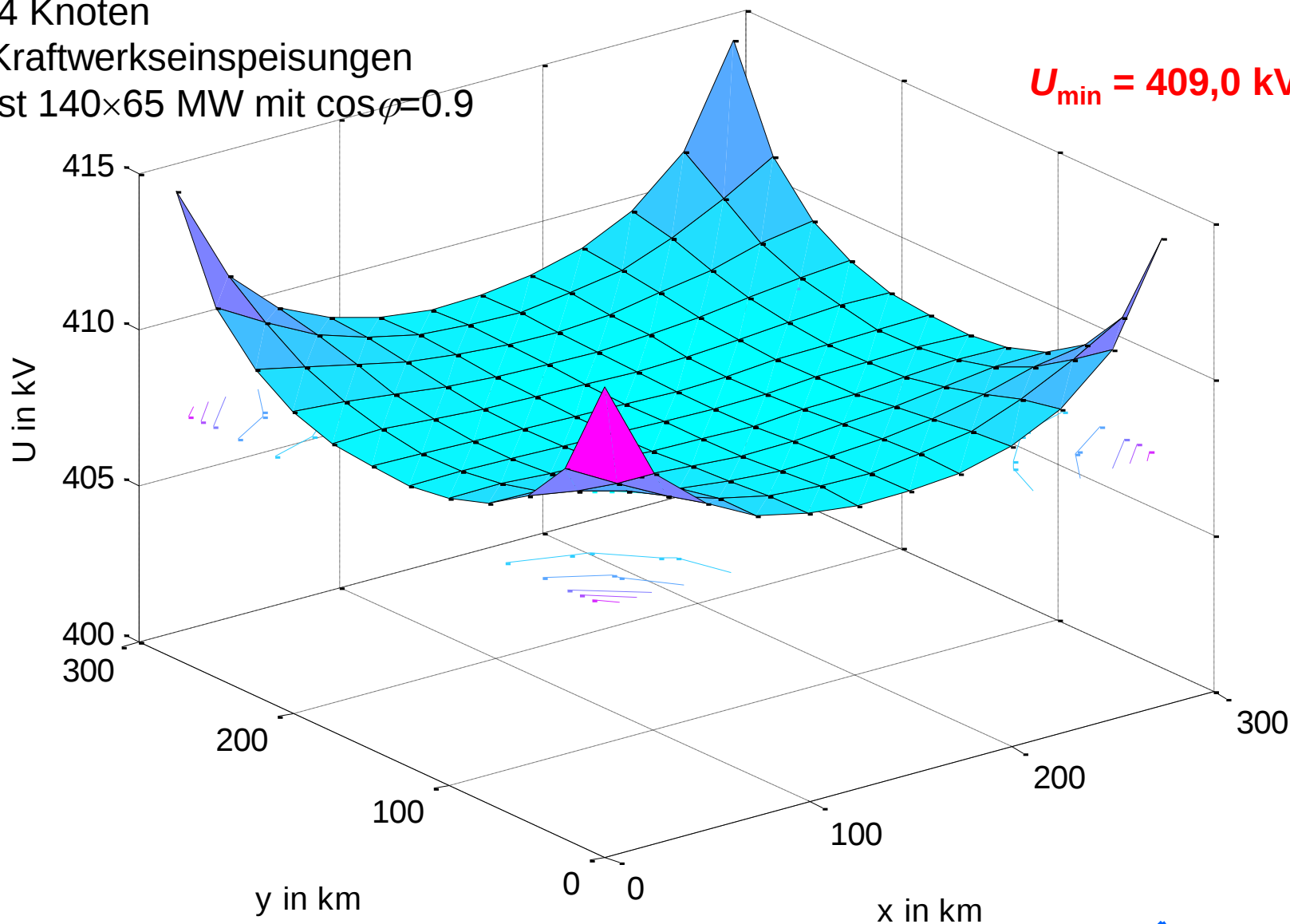
Spannungsprofil: ohne Blindleistungskompensation

144 Knoten

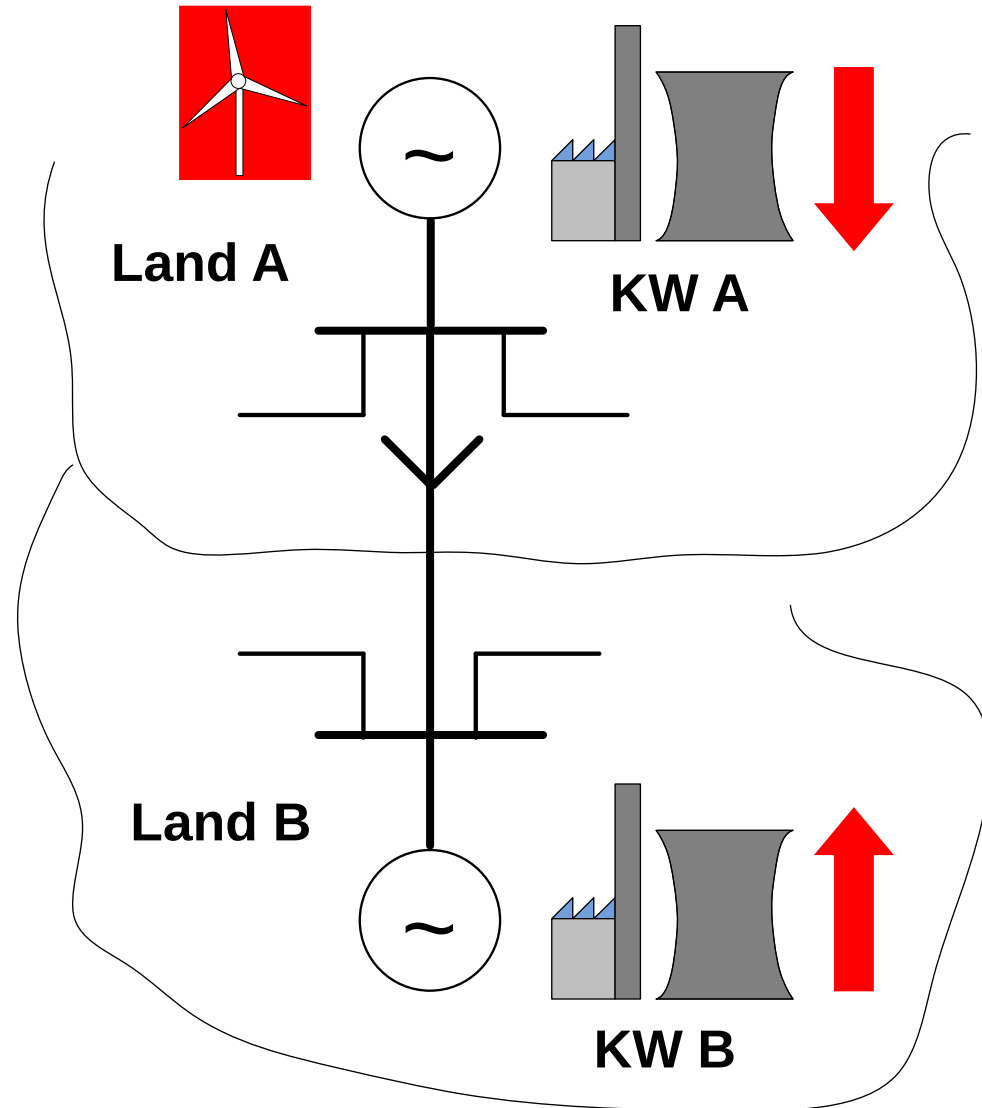
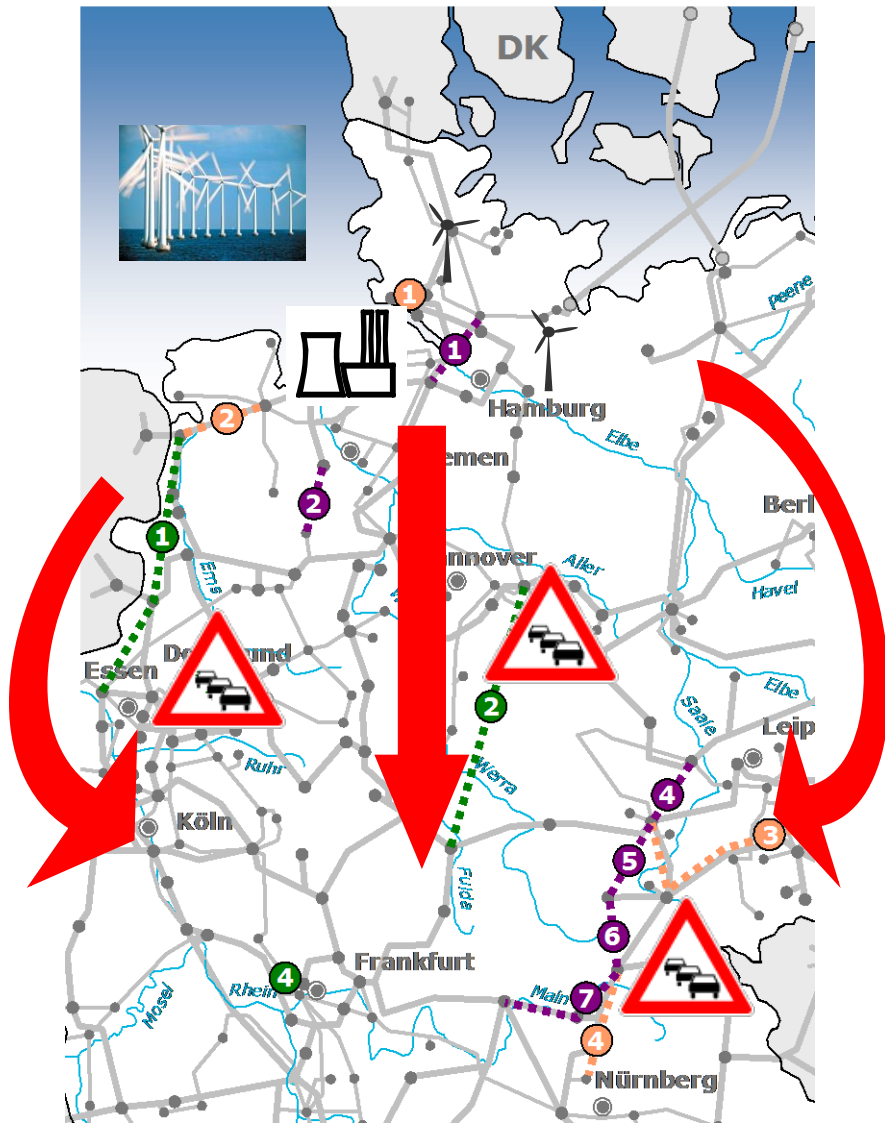
4 Kraftwerkseinspeisungen

Last 140×65 MW mit $\cos\varphi=0.9$

$U_{\min} = 409,0 \text{ kV}$



Netzengpässe und Engpassbeseitigung durch Redispatch



Gliederung

Einleitung

Systemdienstleistungen Netzregelung und Engpassmanagement

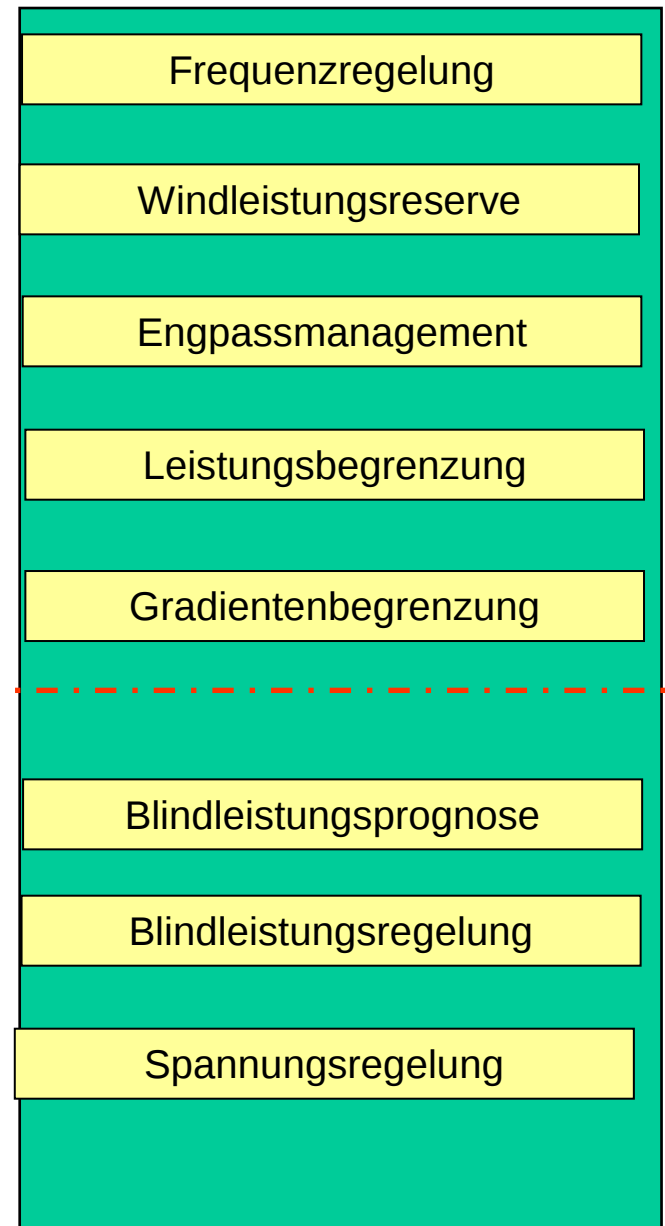
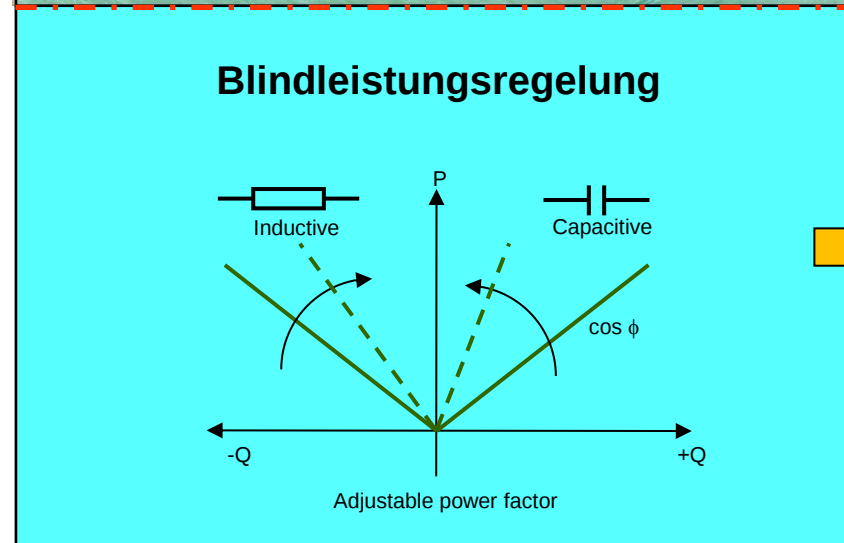
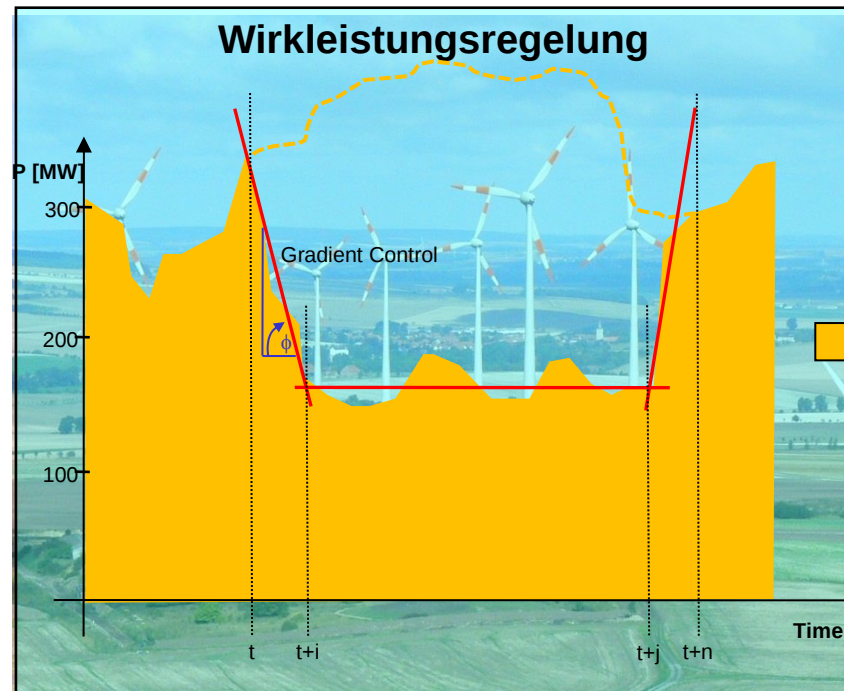
Clustermanagementsystem (WCMS)

Wirkleistungsregelung mit dem WCMS

Blindleistungsregelung mit dem WCMS

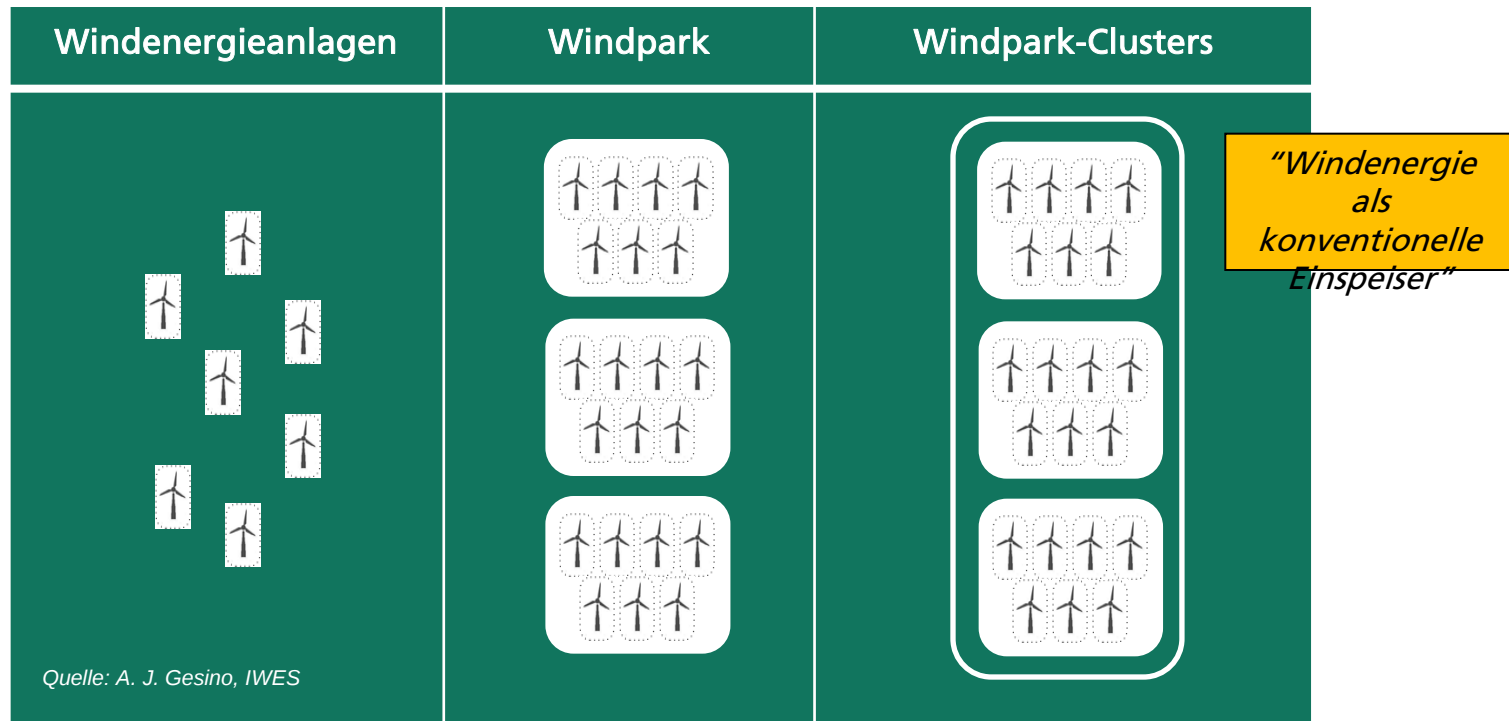
Zusammenfassung

Aktiver Beitrag zur Systemsicherheit



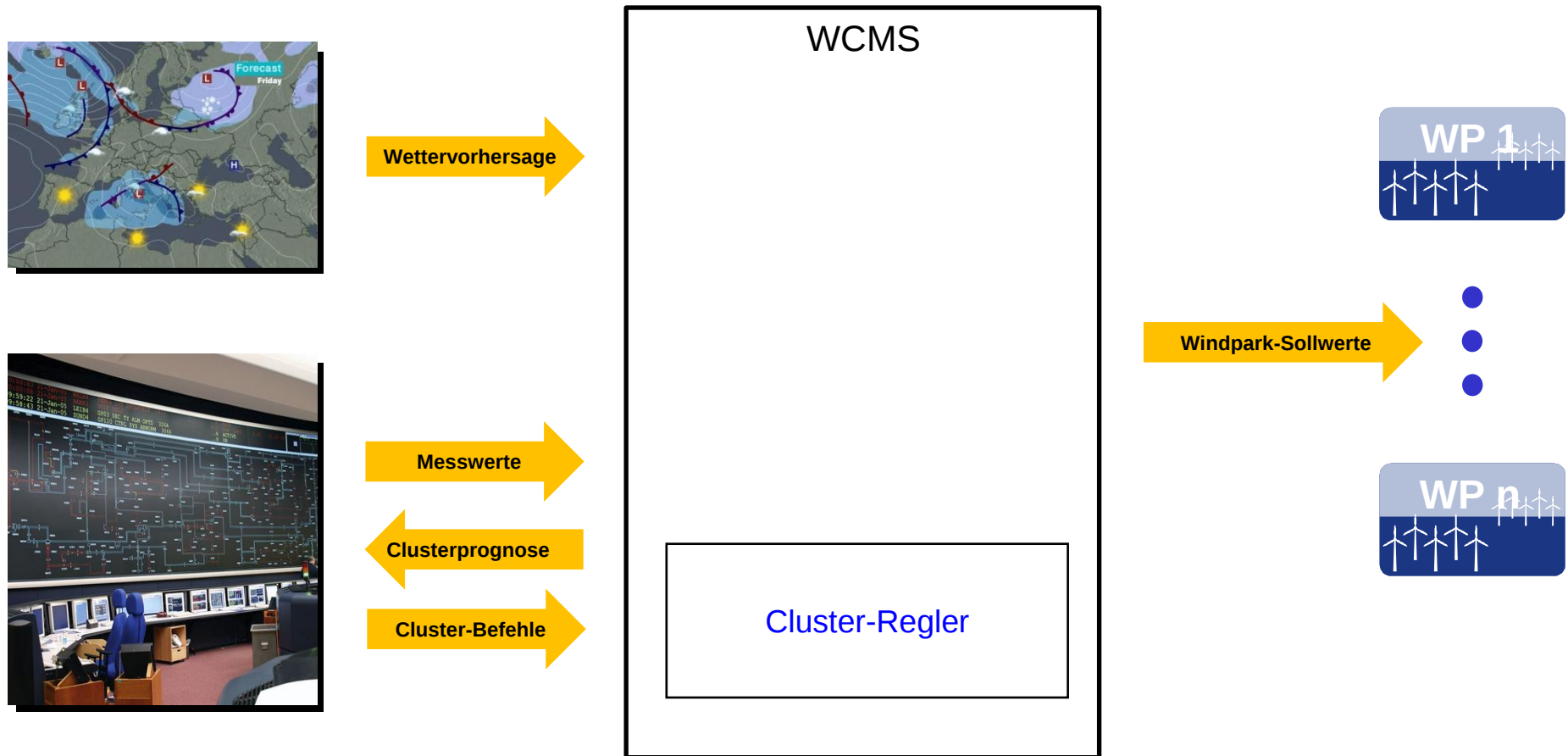
Cluster-Architektur

“Logische Aggregation von physikalisch existierenden Windparks die an einem Netzknoten verknüpft sind”



⇒ Übernahme von Kraftwerkseigenschaften

Cluster-Architektur und Windparkclustermanagementsystem (WCMS)



Quelle: K. Rohrig, IWES

Gliederung

Einleitung

Systemdienstleistungen Netzregelung und Engpassmanagement

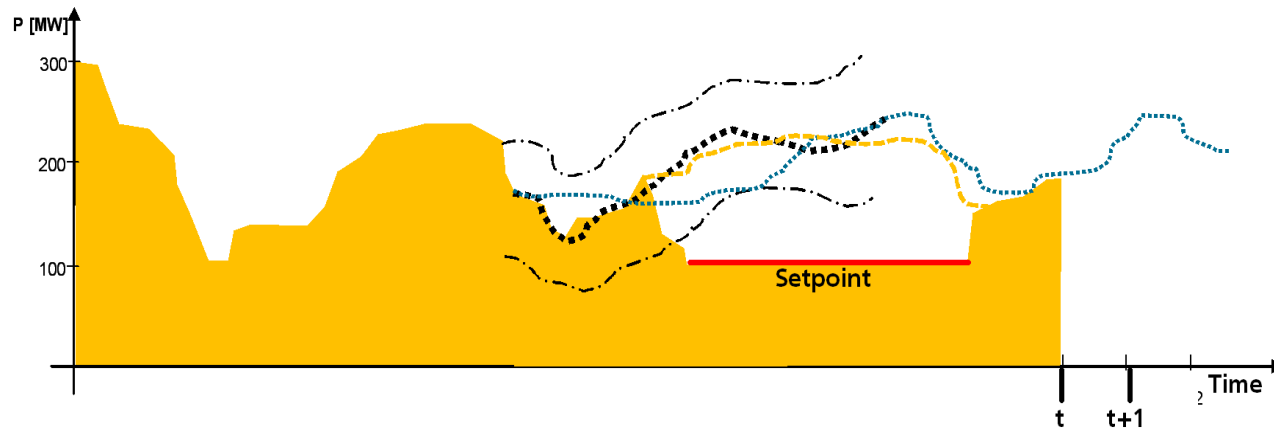
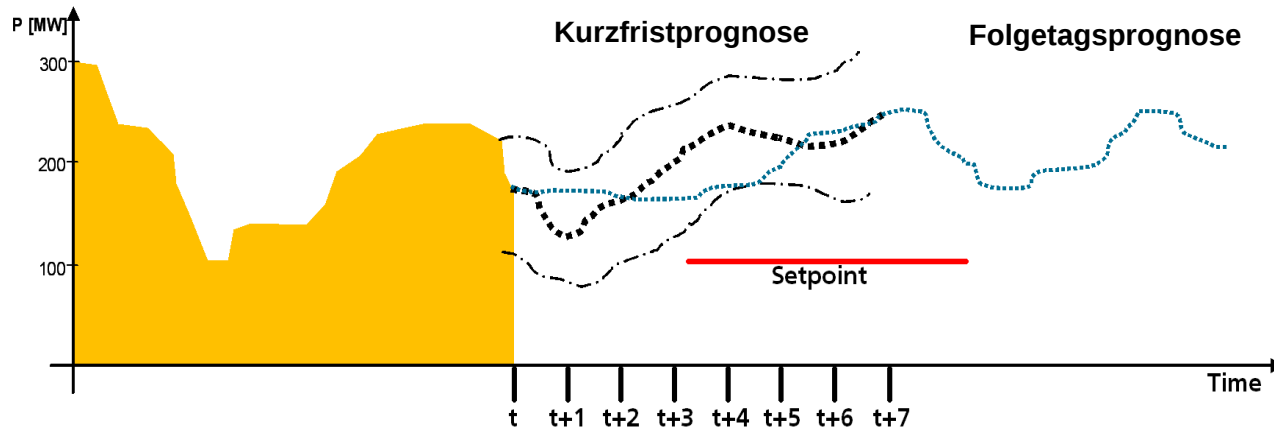
Clustermanagementsystem (WCMS)

Wirkleistungsregelung mit dem WCMS

Blindleistungsregelung mit dem WCMS

Zusammenfassung

Leistungsregelung / -begrenzung mit WP-Clustern

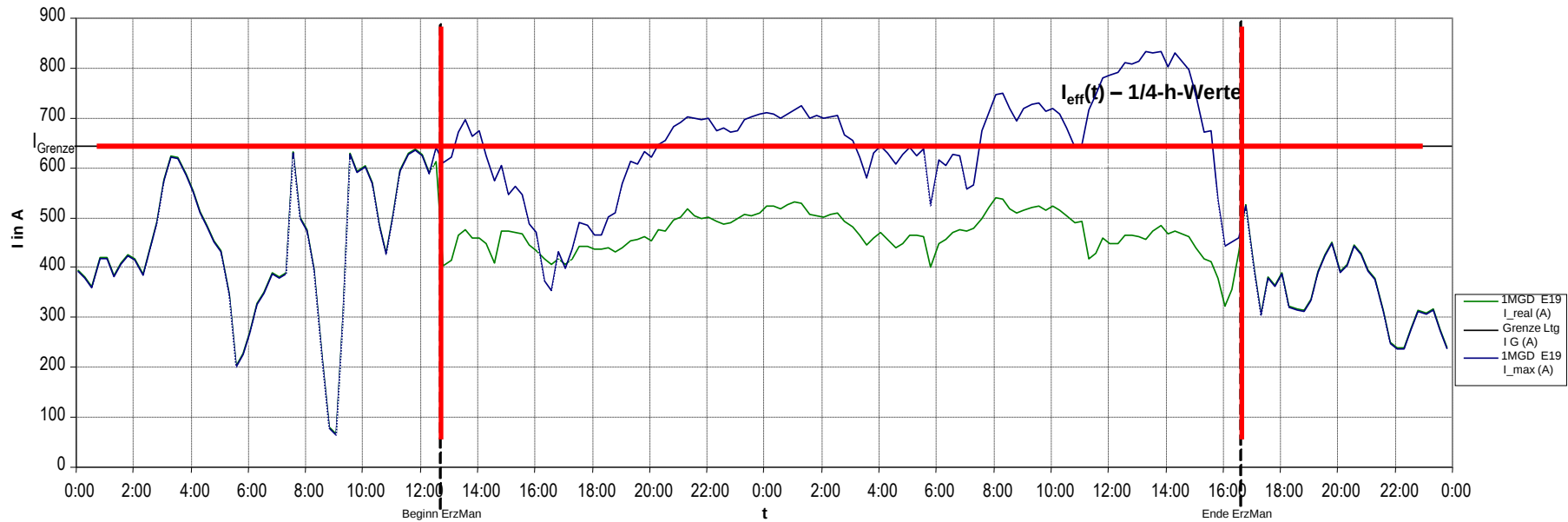


Quelle: K. Rohrig, IWES

- ÜNB/VNB: Sollwert für Netzverknüpfungspunkt
 ➔ zu erfüllen wenn prognostizierter Leistungswert > Sollwert
- Praxisbeispiel Erzeugungs- bzw. Einspeisemanagement



Praxisbeispiel Erzeugungs- bzw. Einspeisemanagement

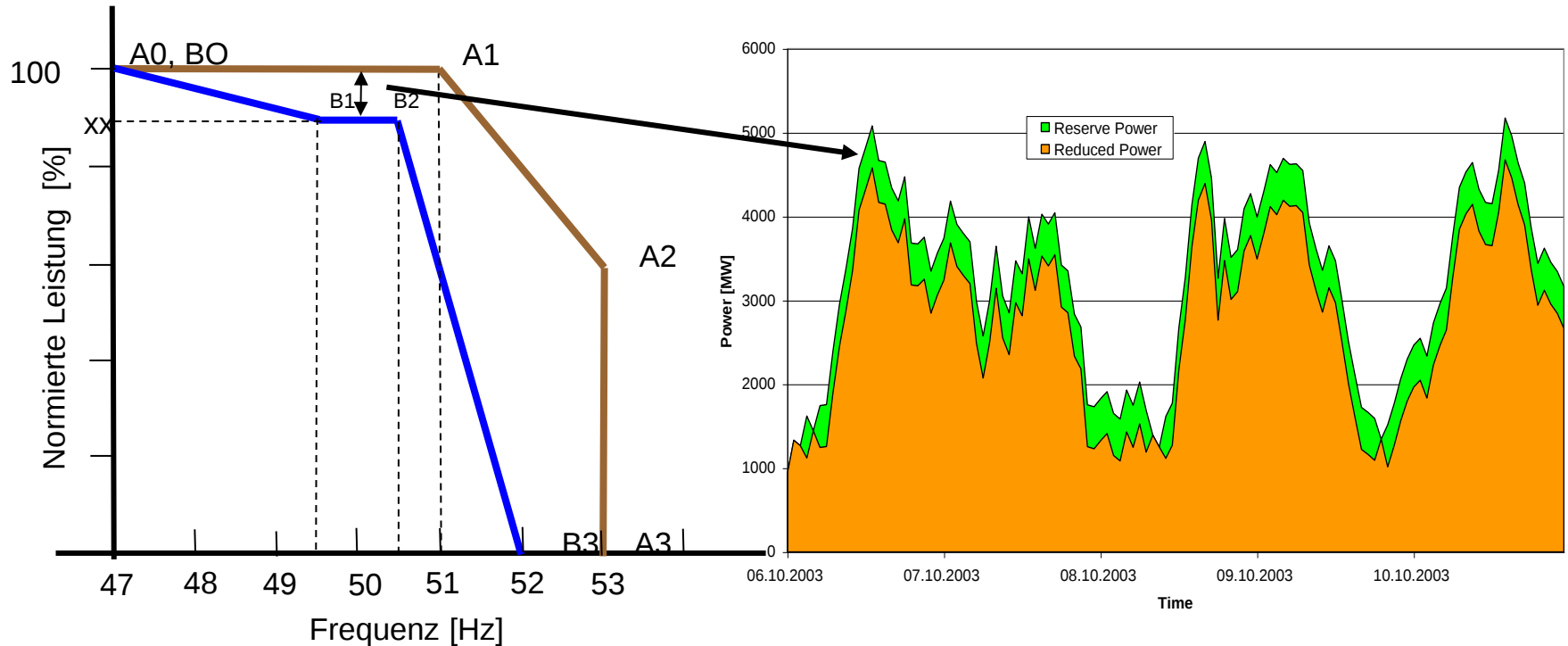


Beispiel: Situation am 12/13.03.2008 EAV

Quelle: K. Rohrig, IWES



Wirkleistungsregelung - Frequenzregelung

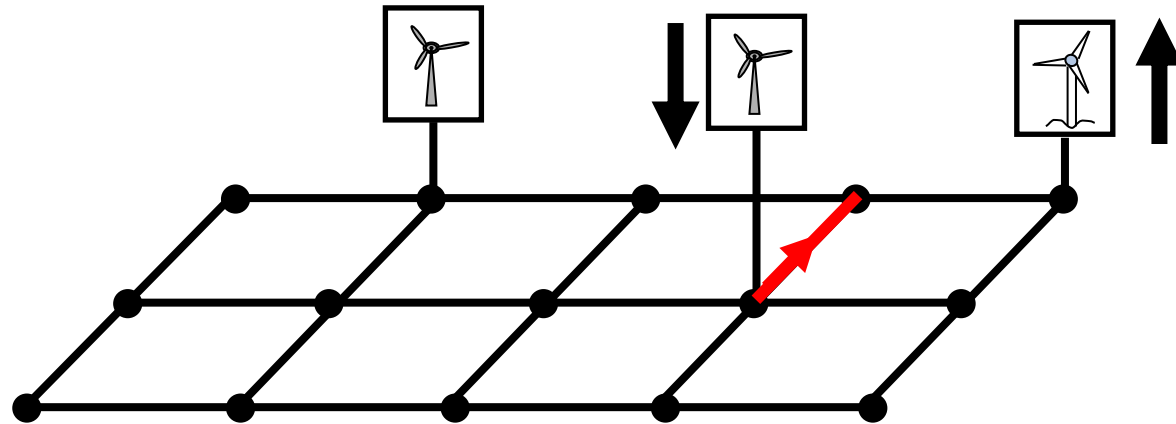


Quelle: K. Rohrig, IWES

Regelleistungsbereitstellung durch Androsselung von WEA



Leistungsflussbeeinflussung durch gezielte Einspeiseänderung



- Bestimmung von Einflussfaktoren auf Basis des Netzgleichungssystems in MVA / MVA oder kA / MVA

$$\underline{S}_{ik} = \underline{K}_Z \cdot \underline{S}_{WP}$$

- Auswahl der Windparks mit dem größten Einfluss auf den Engpass
- Bestimmung der maximal möglichen und erforderlichen Stelleistung

Gliederung

Einleitung

Systemdienstleistungen Netzregelung und Engpassmanagement

Clustermanagementsystem (WCMS)

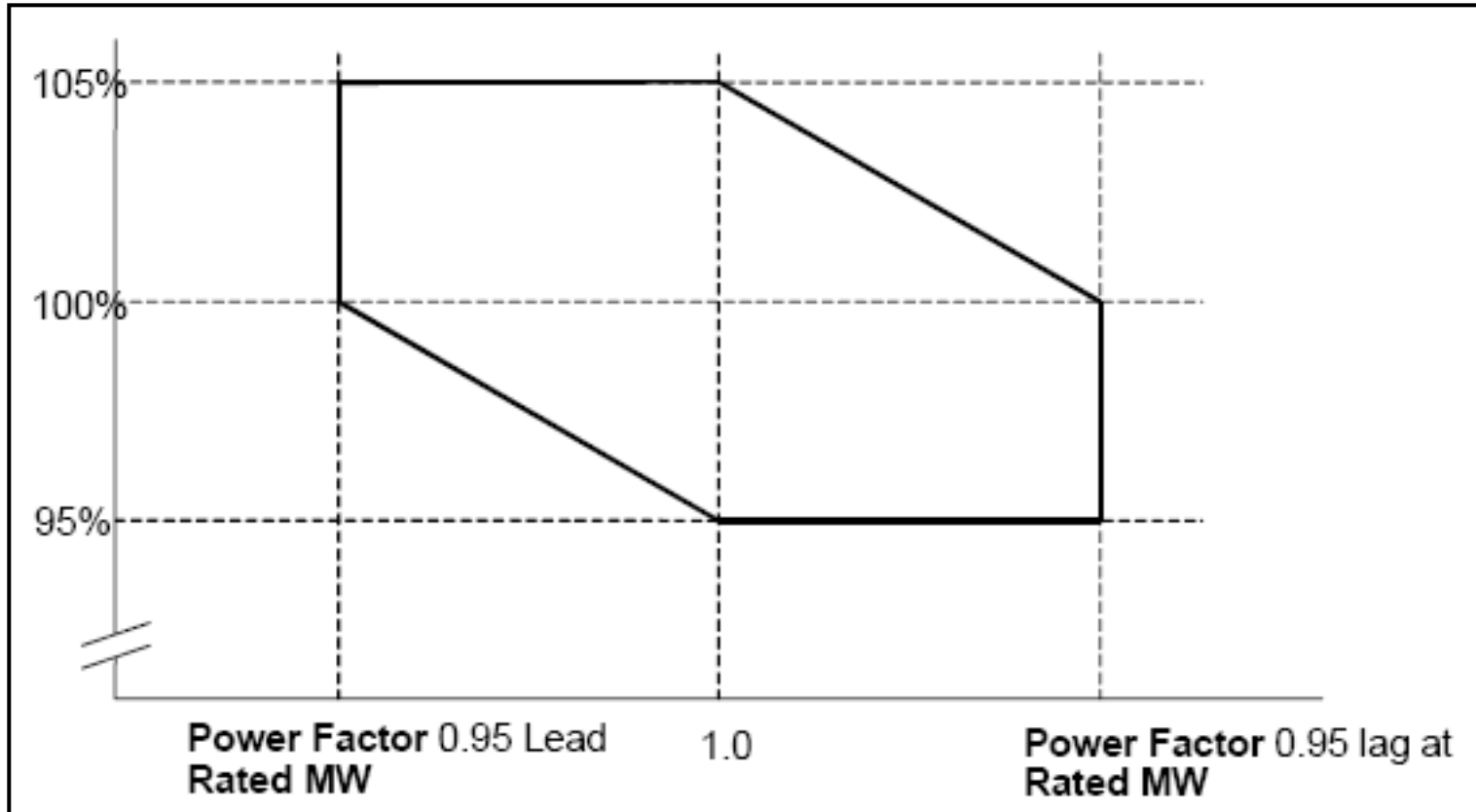
Wirkleistungsregelung mit dem WCMS

Blindleistungsregelung mit dem WCMS

Zusammenfassung

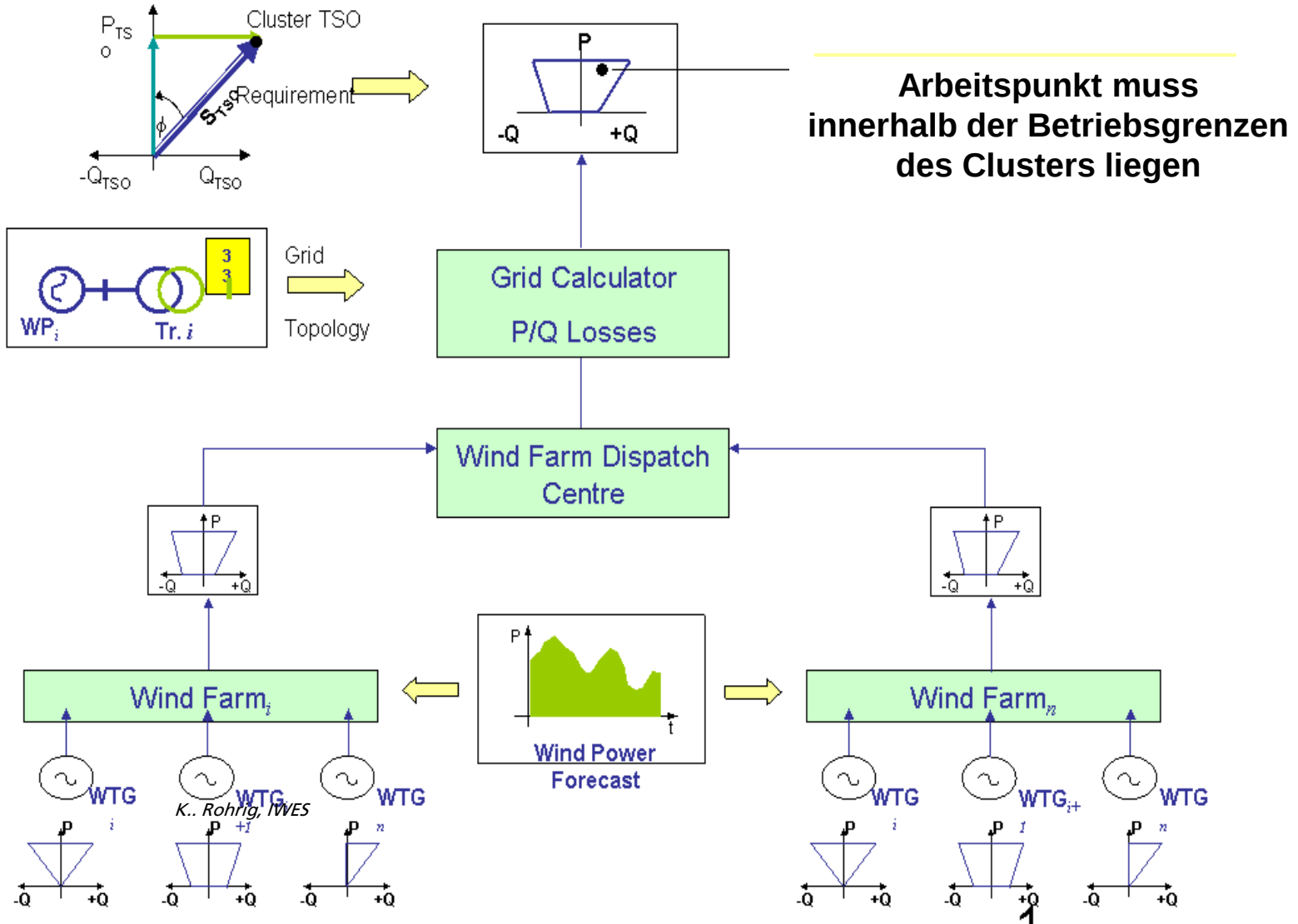


Betriebsführungsstrategien – Blindleistung und Spannung

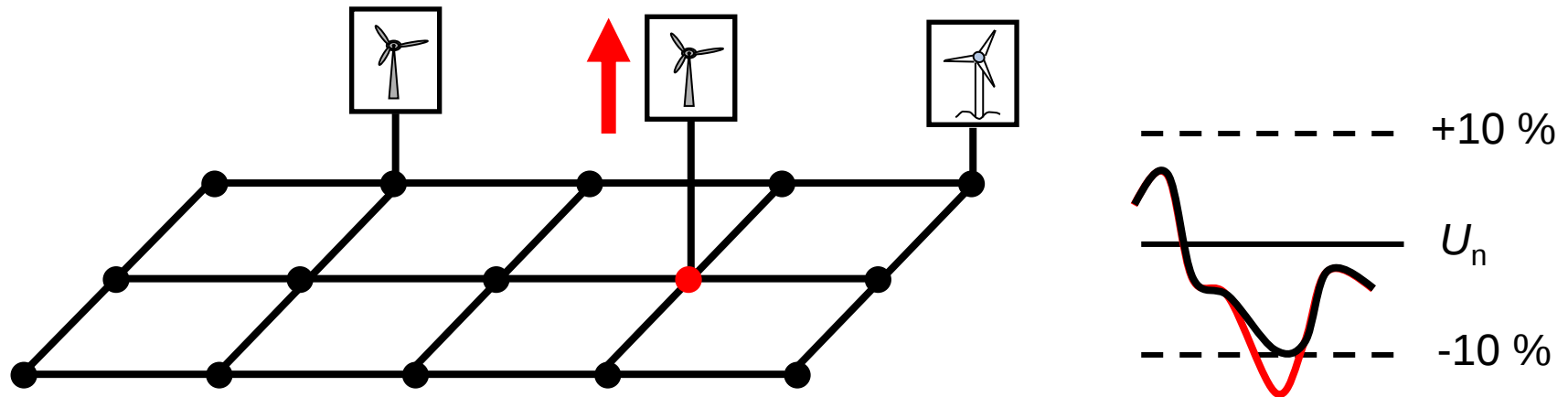


Blindleistungsbereitstellung: ÜNB/Grid-Code Anforderungen Bsp.:_National Grid, UK

Betriebsführungsstrategie – Blindleistung und Spannung



Blindleistungseinspeisung und Spannungsregelung durch gezielte Einspeisung



- Bestimmung von Einflussfaktoren auf Basis des Netzgleichungssystems in kV / Mvar oder Mvar / Mvar

$$\underline{U}_K = \underline{K}_K \cdot \underline{Q}_{WP}$$

- lokale Spannungsregelung durch Blindleistungsbereitstellung
- Verlustminimierung durch gemeinsame Spannungsregelung (optimaler Leistungsfluss)

Gliederung

Einleitung

Systemdienstleistungen Netzregelung und Engpassmanagement

Clustermanagementsystem (WCMS)

Wirkleistungsregelung mit dem WCMS

Blindleistungsregelung mit dem WCMS

Zusammenfassung

Zusammenfassung und Ausblick

zukünftige Netzsituation in DE wird dominiert durch ...

⇒ die Änderung der Erzeugungsstruktur und den europäischen Strommarkt

die Stromnetze übernehmen Schlüsselfunktion ...

⇒ koordinierter Ausbau von regenerativen Erzeugungsanlagen und der Netze
erforderlich sind ...

- Ausbau der HS- und HöS-Netze für den regionalen und überregionalen Energietransport in die Verbrauchszentren
- netzverträgliche Integration regenerativer und dezentraler Energieerzeugungsanlagen
- Übernahme von Kraftwerkseigenschaften
=> erweiterte Netzanschlussbedingungen
- aktiver Beitrag der WEA und Windparks zur Systemsicherheit
=> Regelleistungsbereitstellung, Spannungs-Blindleistungsregelung, Engpassmanagement, Leistungsregelung, Fahrpläne, etc.



Leibniz
Universität
Hannover



Fraunhofer
IWES

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Prof. Dr.-Ing. habil. Lutz Hofmann

hofmann@iee.uni-hannover.de



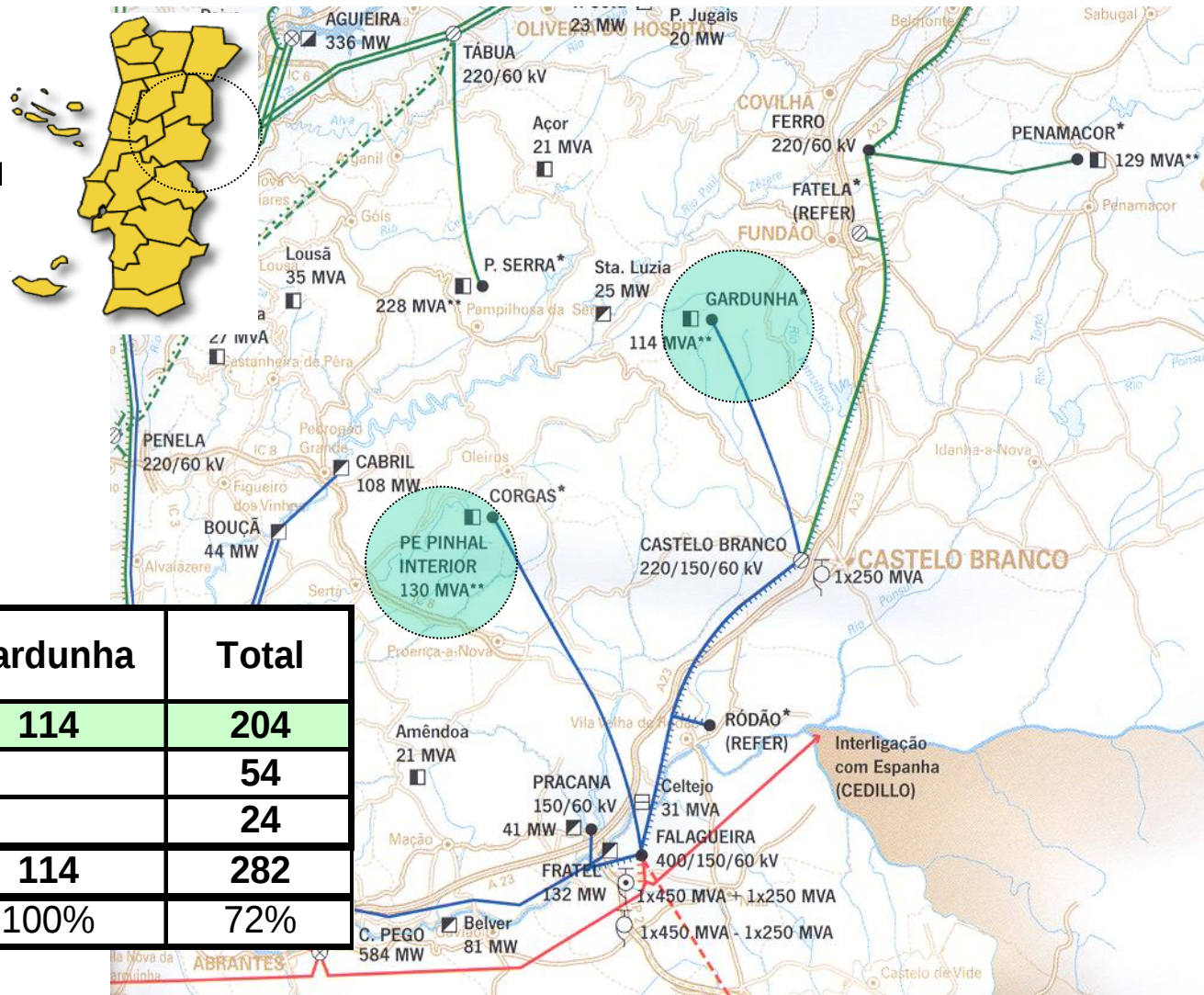
Institut für Energieversorgung und Hochspannungstechnik
Fachgebiet Elektrische Energieversorgung
<http://www.iee.uni-hannover.de>

Wind on the Grid: Feldtest in Portugal

■ GENERG

✓ Pinhal Interior

✓ Gardunha



	Pinhal Interior	Gardunha	Total
ENERCON	90	114	204
VESTAS	54		54
ENEOP2	24		24
Total	168	114	282
% Teste	54%	100%	72%

K.. Rohrig, IWES

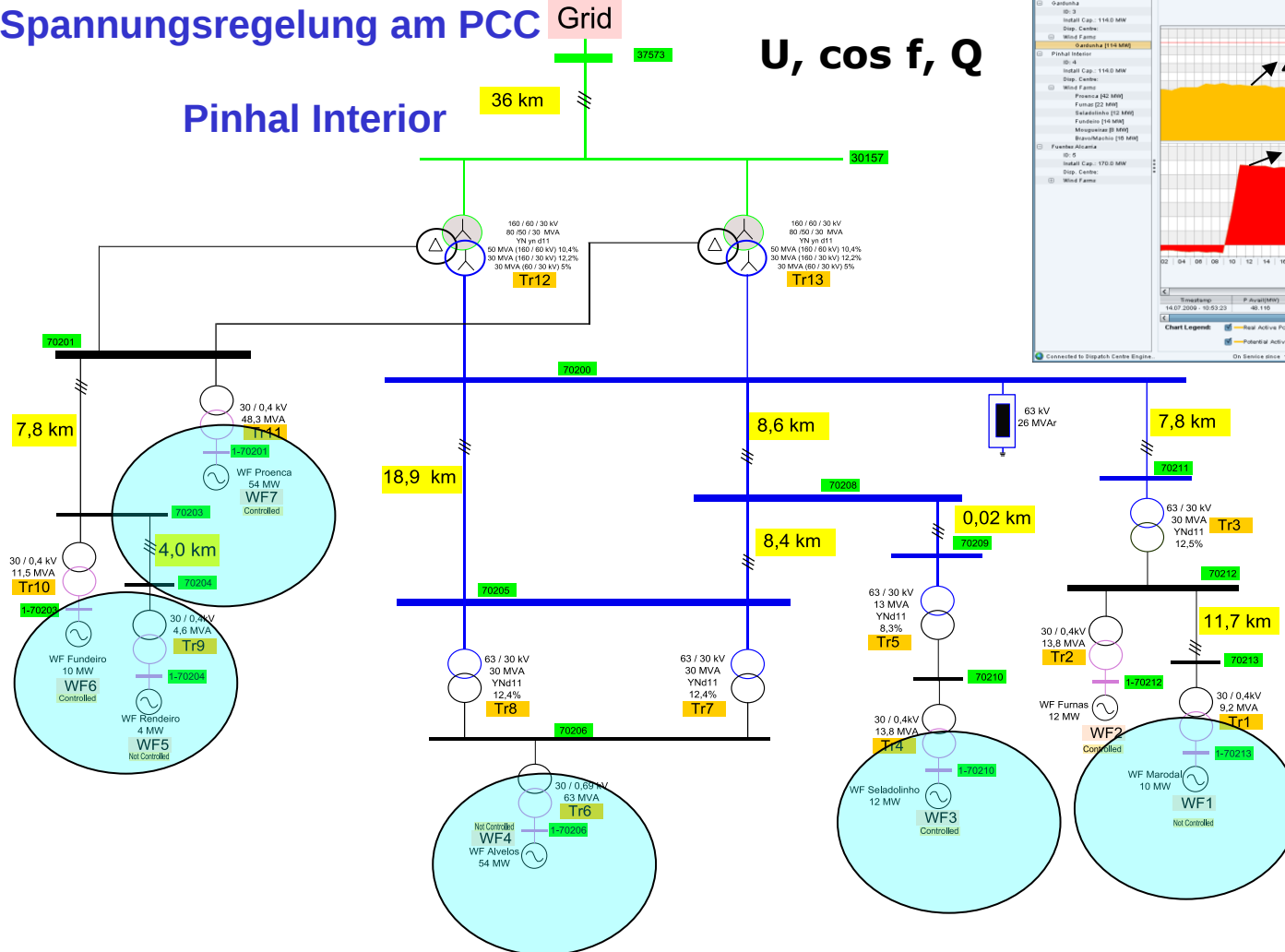
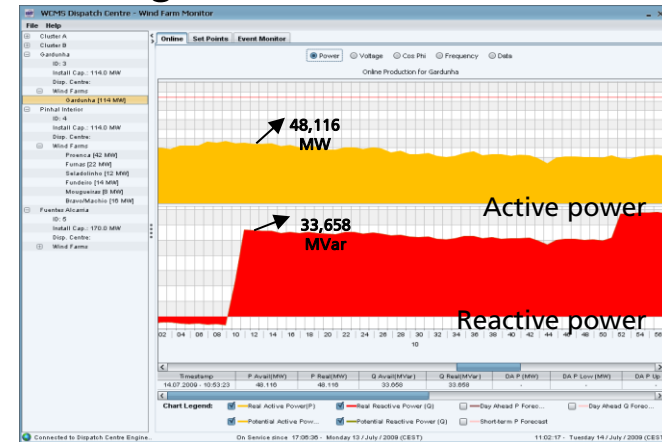
Wind on the Grid: Feldtest in Portugal

Spannungsregelung am PCC

Pinhal Interior

Grid

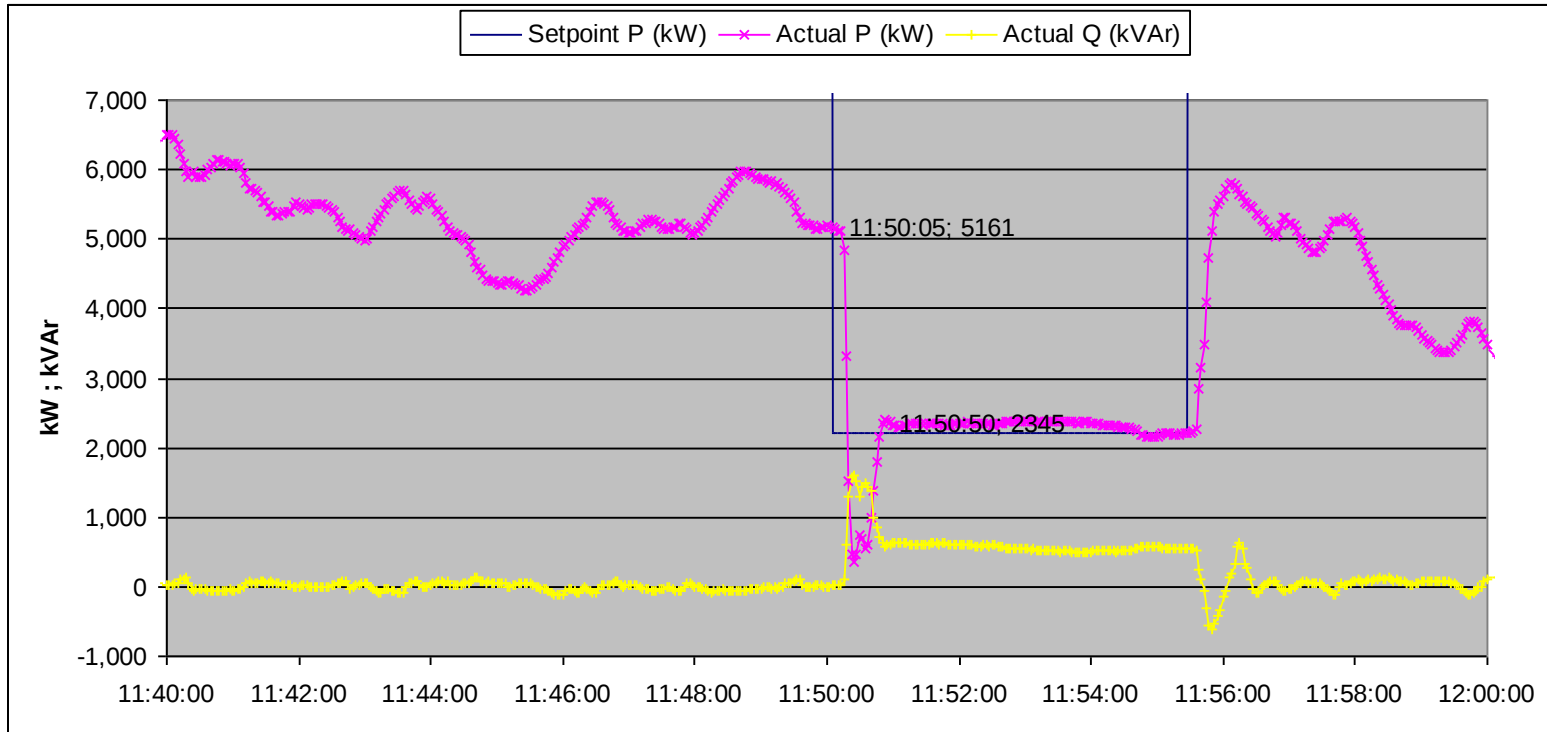
$U, \cos \phi, Q$



K.. Rohrig, IWES



Ergebnisse des Portugiesischen Feldtests - Wirkleistung

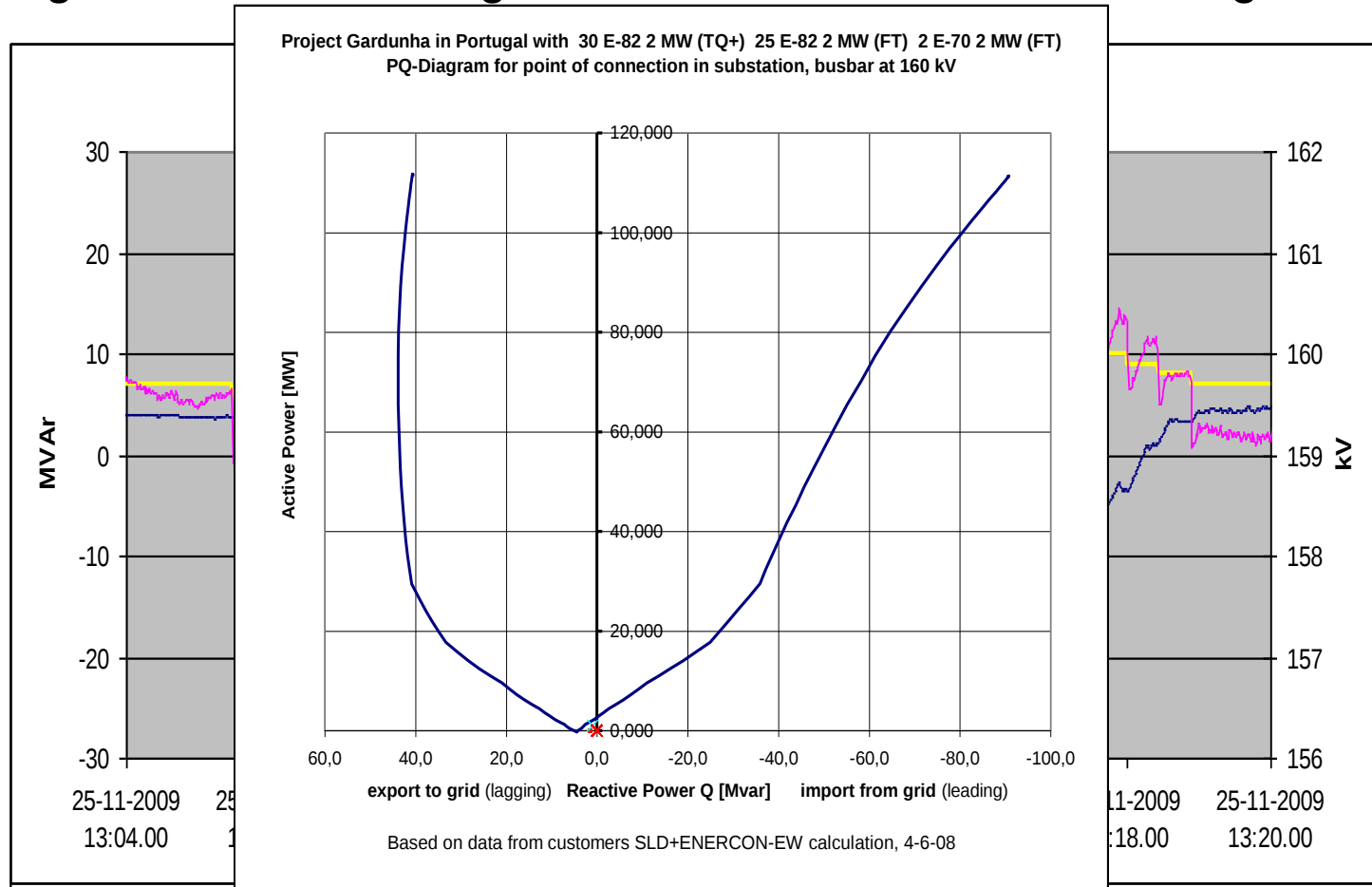


Verhalten vom Windpark Proença (Pinhal Interior) bei Leitungsbegrenzung auf 2.3 MW für 5 Minuten

K.. Rohrig, IWES



Ergebnisse des Portugiesischen Feldtests - Wirkleistung



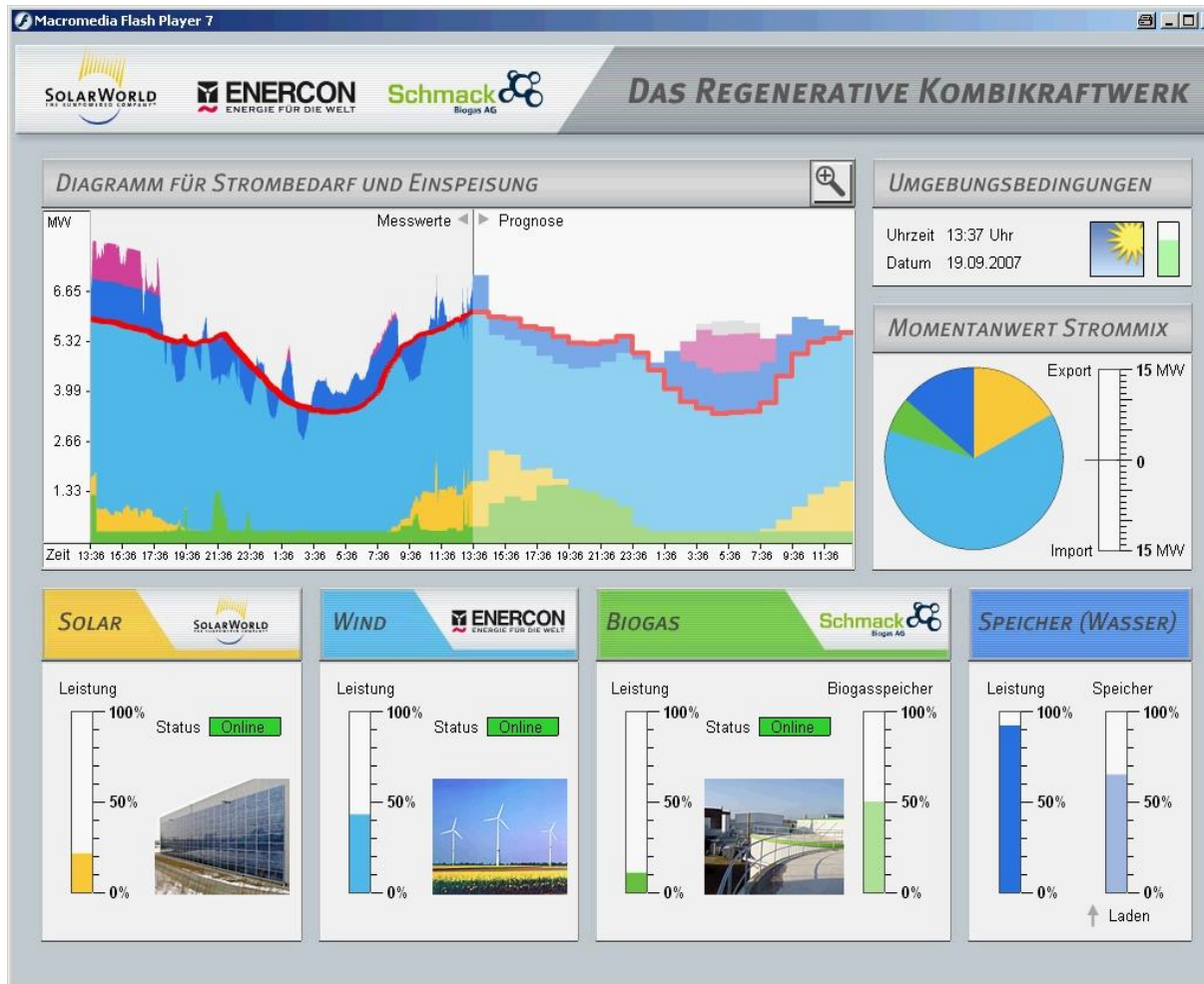
K.. Rohrig, IWES

■ Spannungs



ENERCON GmbH
Sales Department, Technical Support
author ENERCON EQ
version 4 [MW]
version date 02.06.2009
printed 02.06.2009

Das Regenerative Kombikraftwerk II



Vor kurzem begonnen:

**Unterstützung des
Netzbetriebs durch
EE-Kraftwerke**

Systemdienstleistungen

**Frequenzregelung
Spannungsregelung**

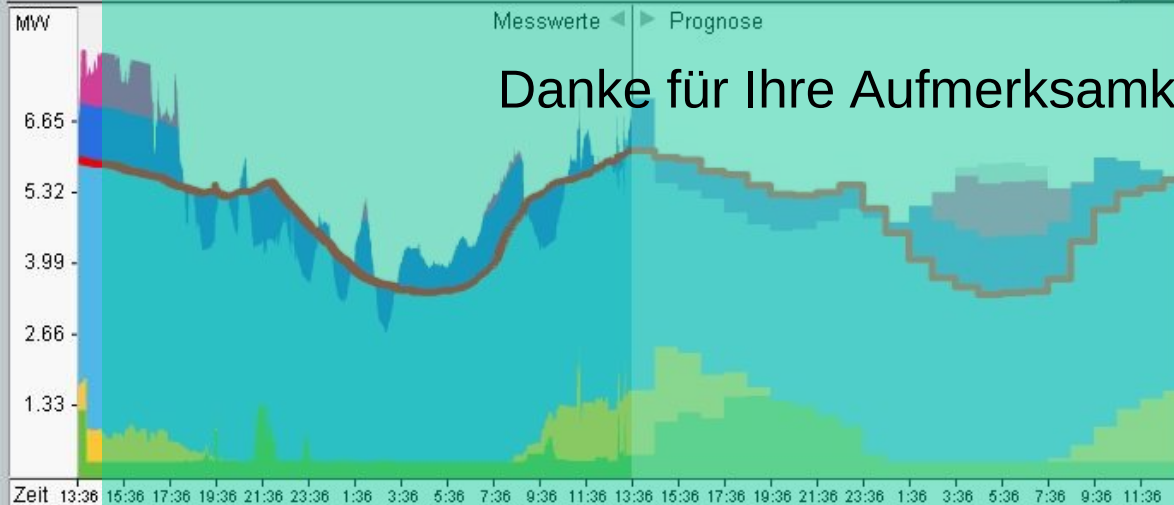
K.. Rohrig, IWES





DAS REGENERATIVE KOMBIKRAFTWERK

DIAGRAMM FÜR STROMBEDARF UND EINSPEISUNG



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

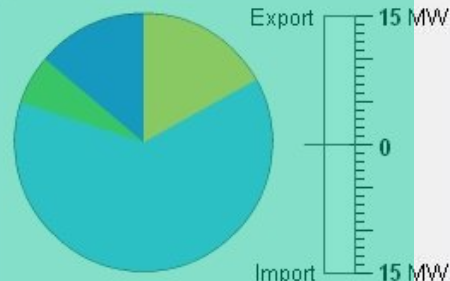
UMGEBUNGSBEDINGUNGEN

Uhrzeit 13:37 Uhr

Datum 19.09.2007



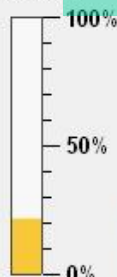
MOMENTANWERT STROMMIX



SOLAR



Leistung



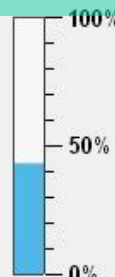
Status **Online**



WIND



Leistung



Status **Online**



BIOGAS



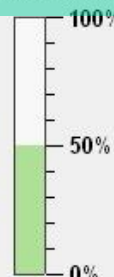
Leistung



Status **Online**

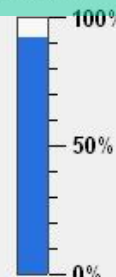


Biogasspeicher

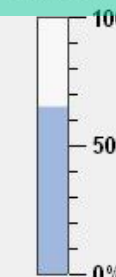


SPEICHER (WASSER)

Leistung



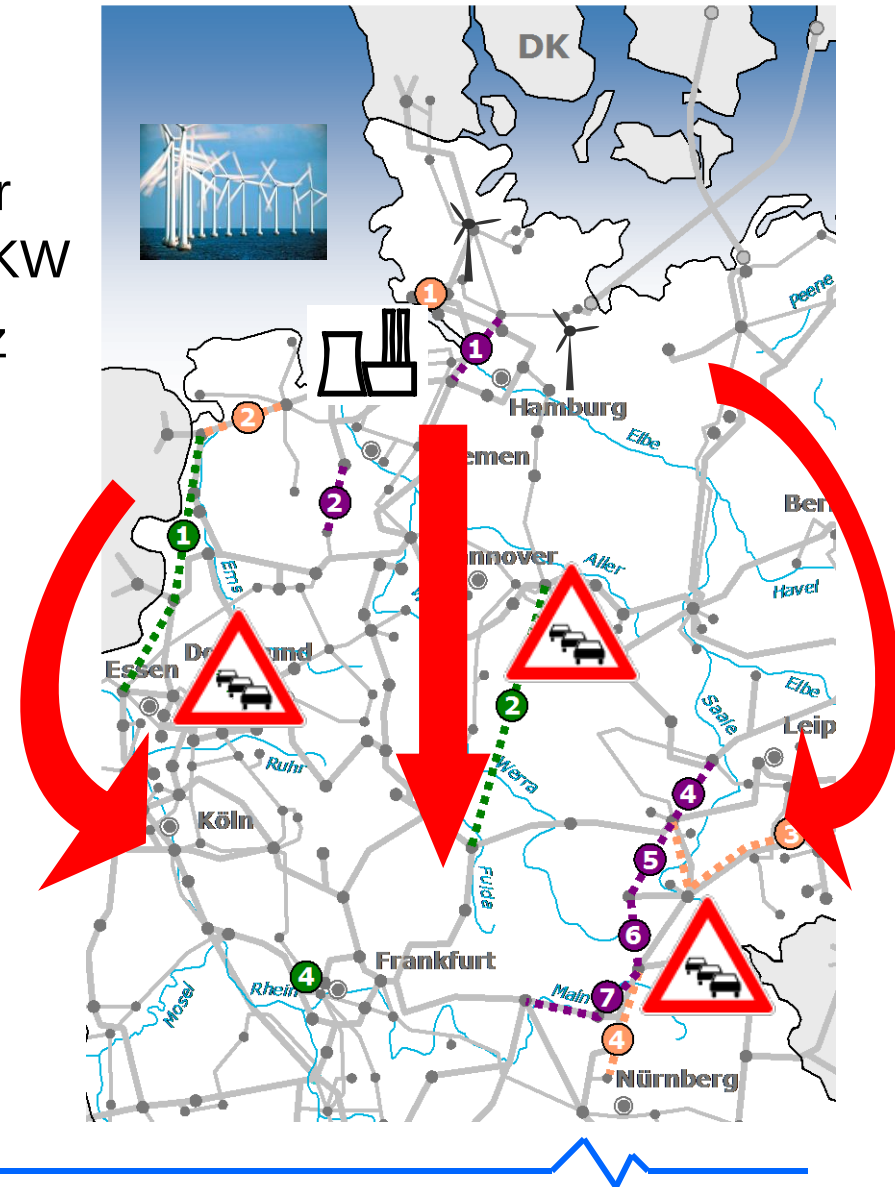
Speicher



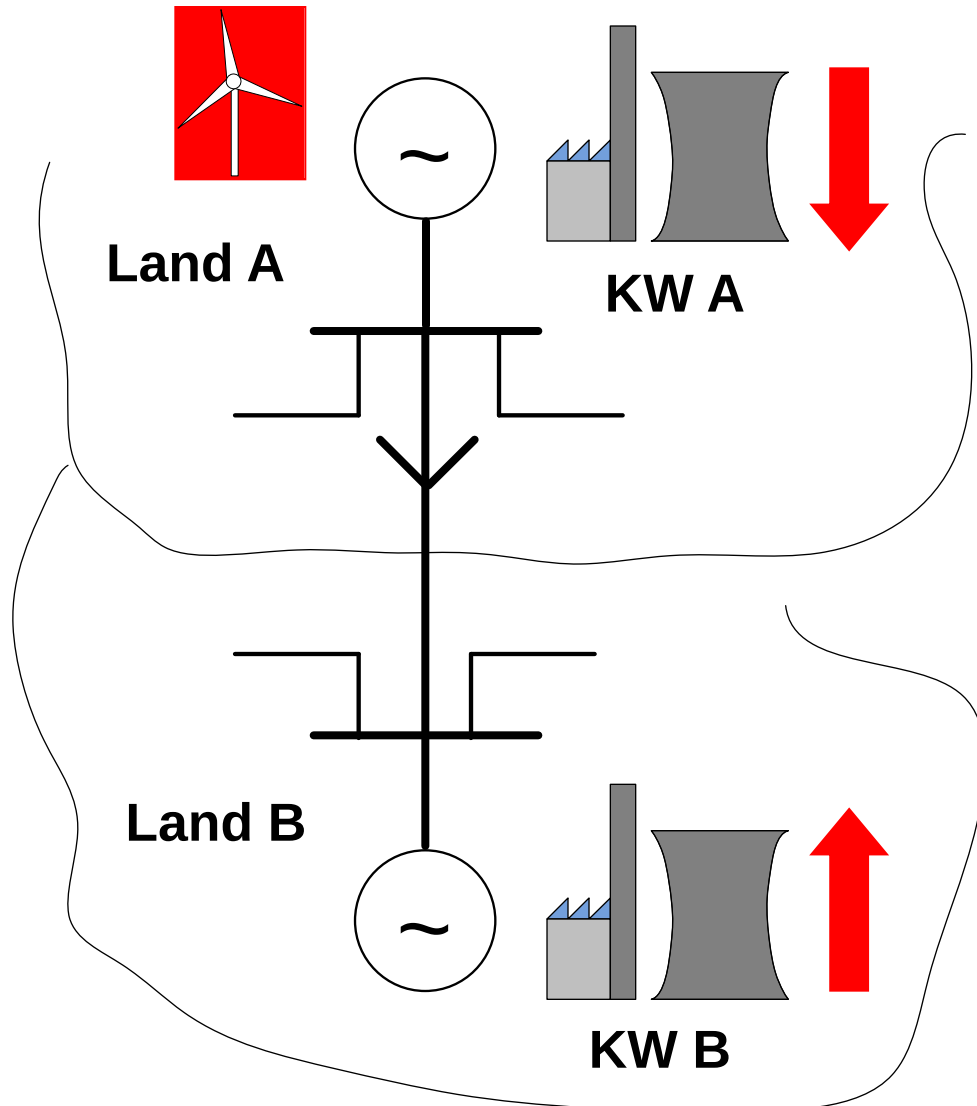
↑ Laden

Herausforderungen für das Übertragungsnetz

- **Anbindung und Integration von großen Wind- und PV-Parks**
 - Ersatz konventioneller thermischer Erzeugung durch EEG, Schatten-KW
 - volatile Leistungsflüsse => Einsatz von Ausgleichsleistung
 - Rückspeisung aus unterlagerten Netzen
 - großräumige Energietransporte in die Lastschwerpunkte
 - Bereitstellung von Systemdienstleistungen, Netzstabilität
 - Spannungshaltung
 - Regelleistungsbereitstellung
 - Schwarzstartfähigkeit



Redispatch: Bsp. unvorhergesehene Windstromeinspeisung



**Erhöhung des Exports
von Land A $\Rightarrow$ Land B**

- 1) Leitung A-B ist überlastet**
- 2) Redispatchmaßnahme:
Androsselung von KW A
Hochfahren von KW B**
- 3) Beseitigung des Engpasses**

On- und Offshore WEA

Leistungstransite

DEA

220 / 380 kV

110 kV

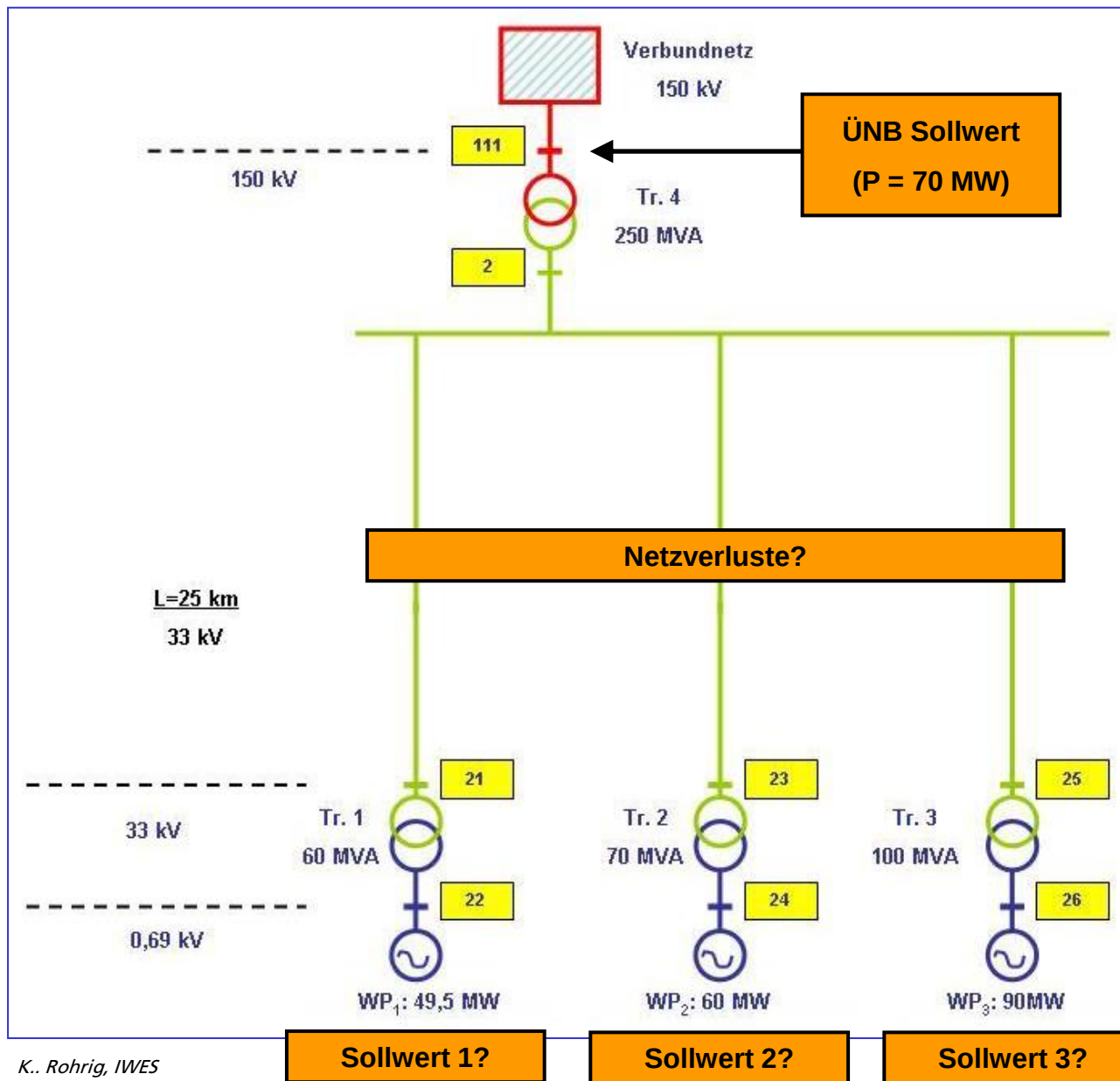
10, 20 kV

0,4 kV

Übertragungsnetz

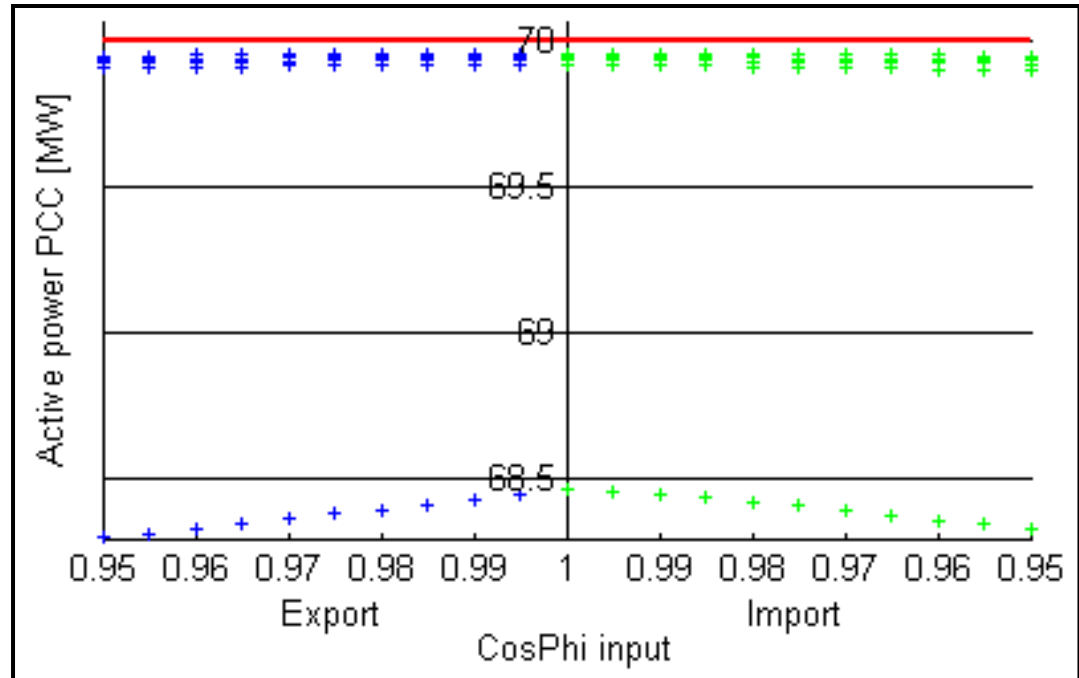
Verteilungsnetz



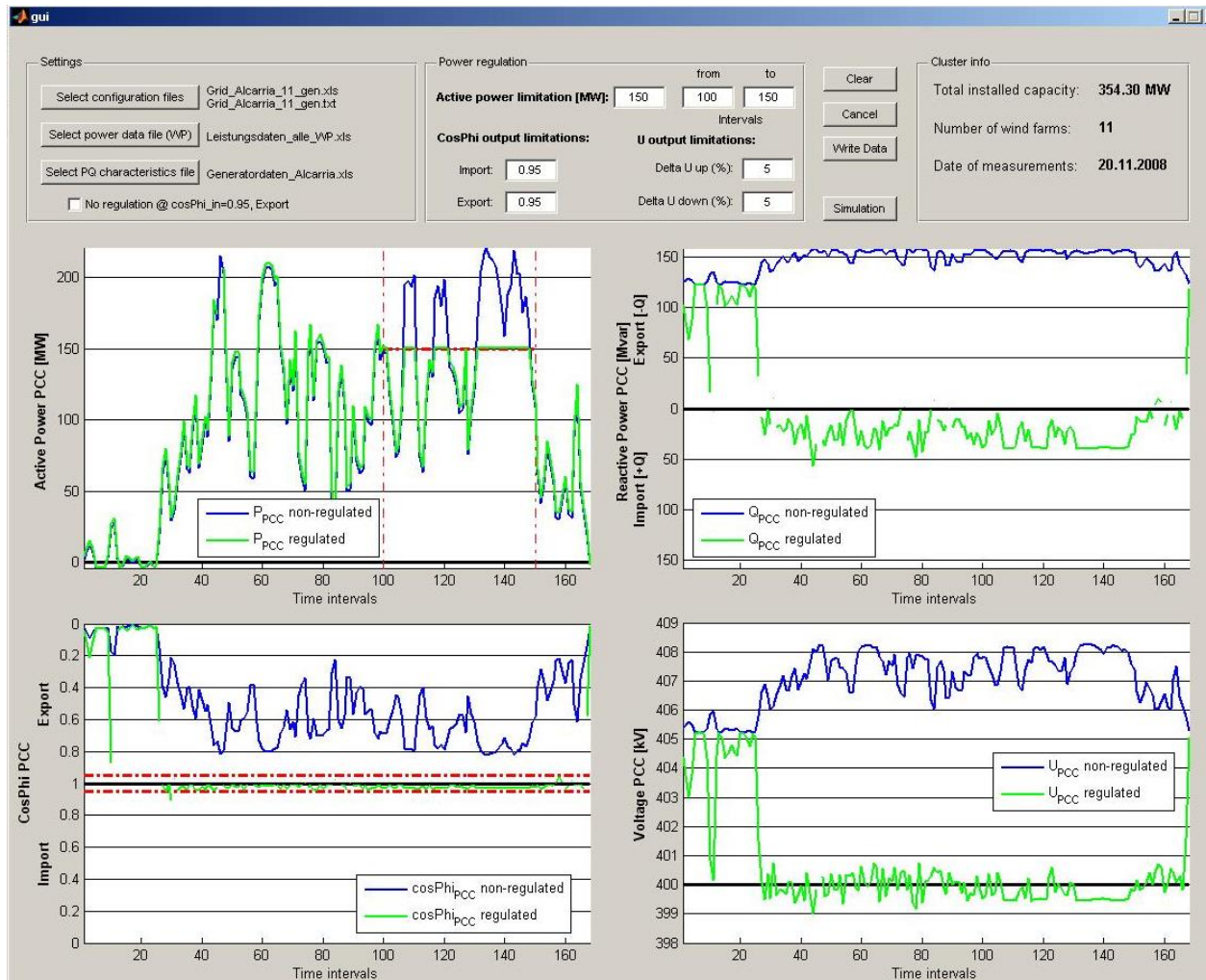


Wirkleistungskompensation:

1. Bestimmung des Sollwerts an den WP
2. Netzberechnung
3. Bestimmung der Netzverluste (Sollwerte $\leftrightarrow$ tatsächliche WL am PCC)
4. Bestimmung eines Kompensations-Windparks (oder alle WP)
5. Neue Netzberechnung mit Verlustkompensation



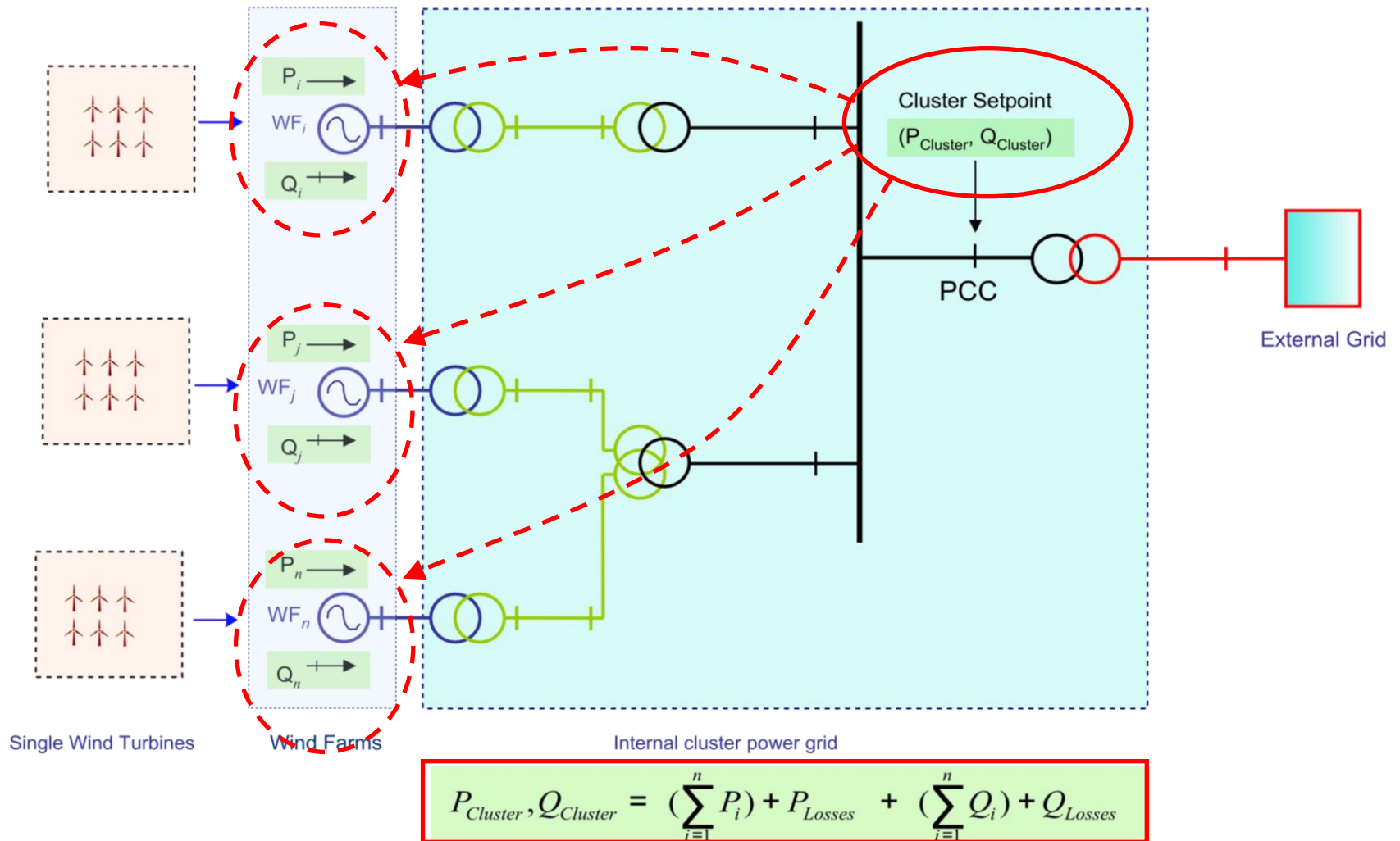
Betriebsführungsstrategie – Wirkleistungsregelung



K.. Rohrig, IWES

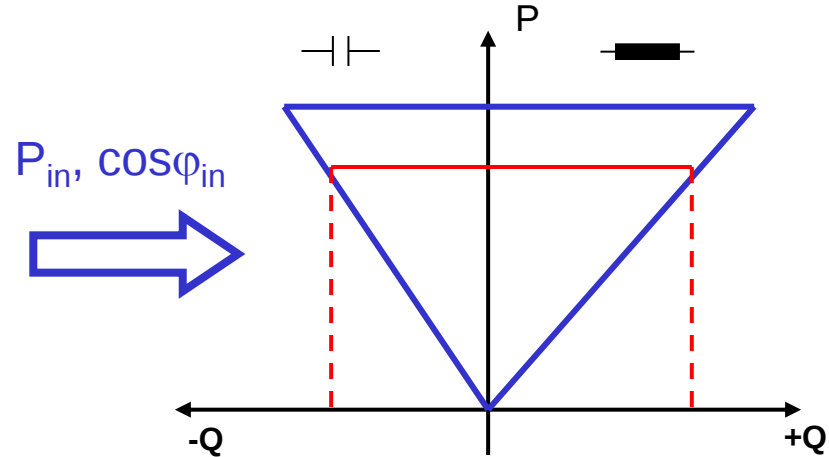
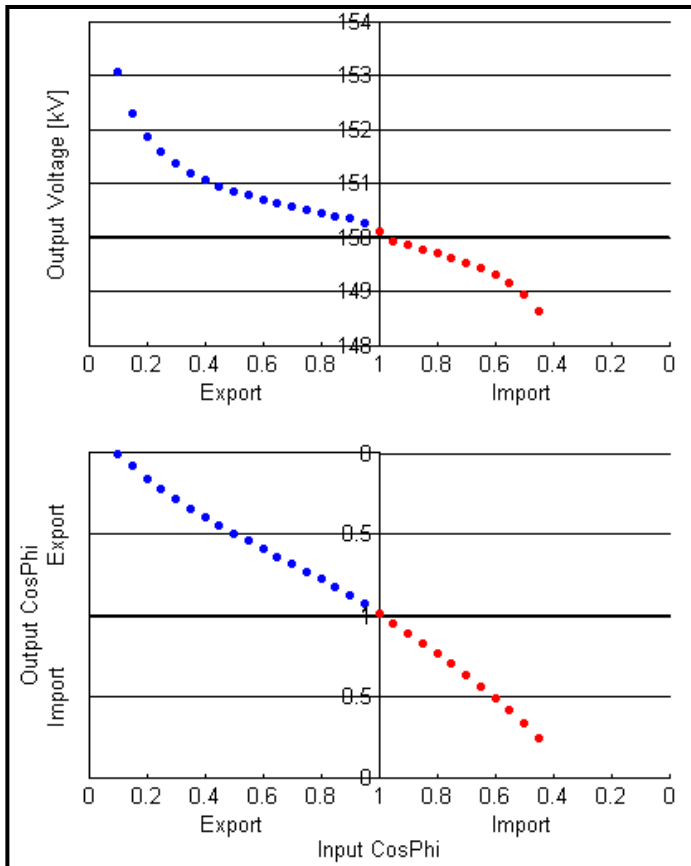


Cluster-Management: Motivation



K.. Rohrig, IWES

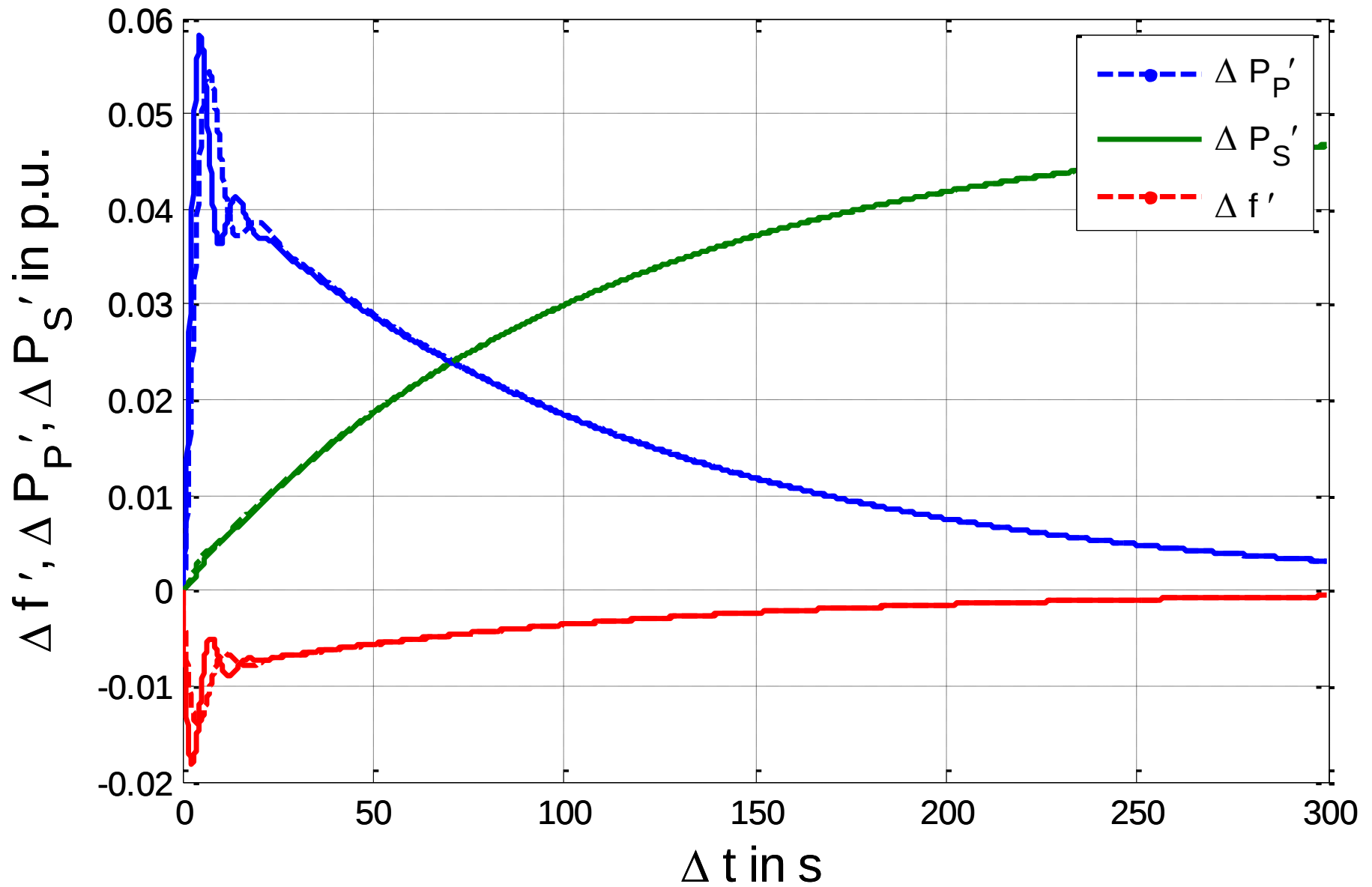
Betriebsführungsstrategien – Blindleistung und Spannung



Leistungsfaktor- und Spannungscharakteristik

K.. Rohrig, IWES

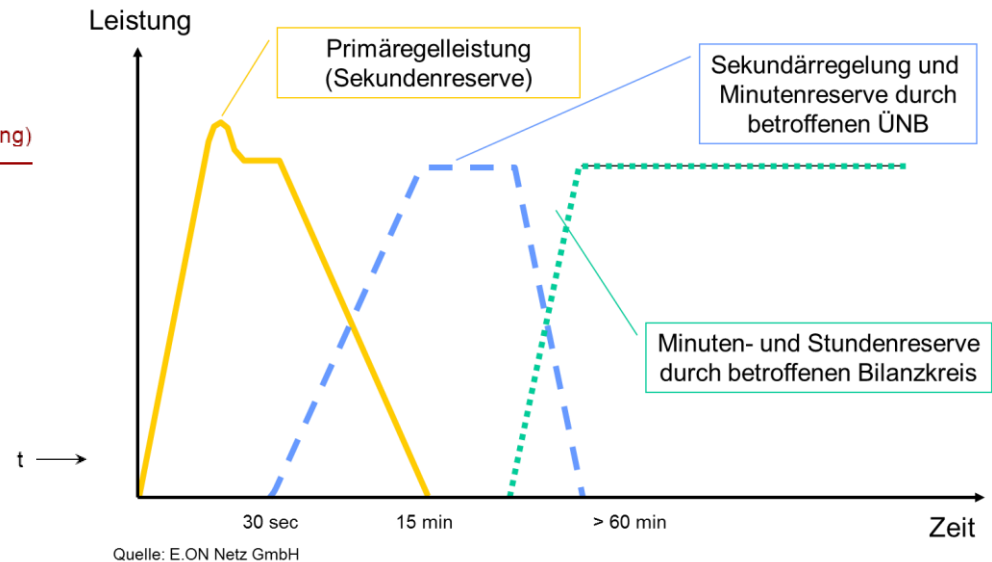
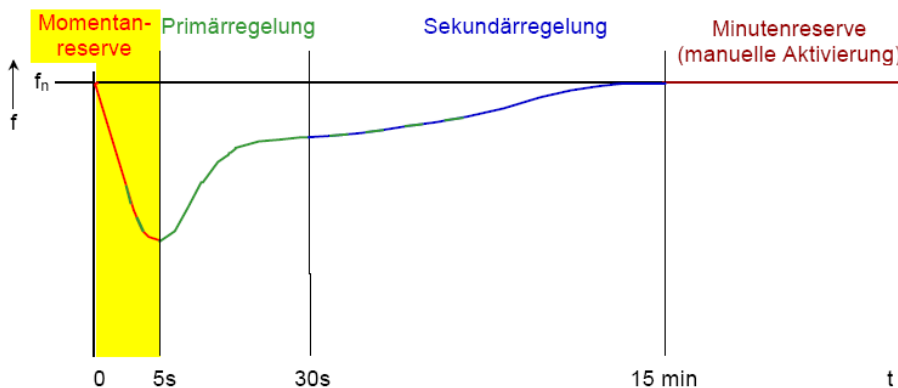
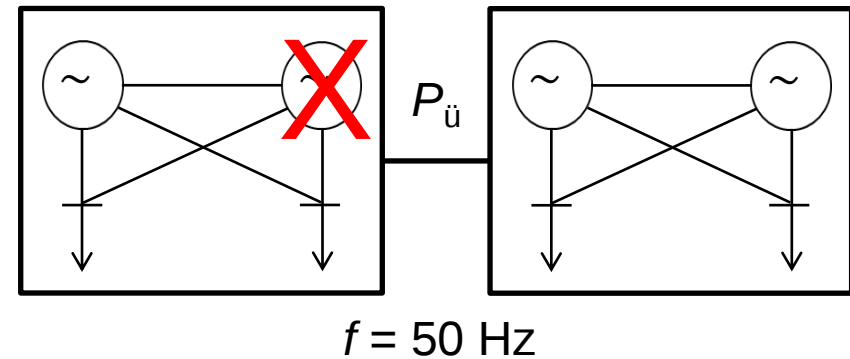




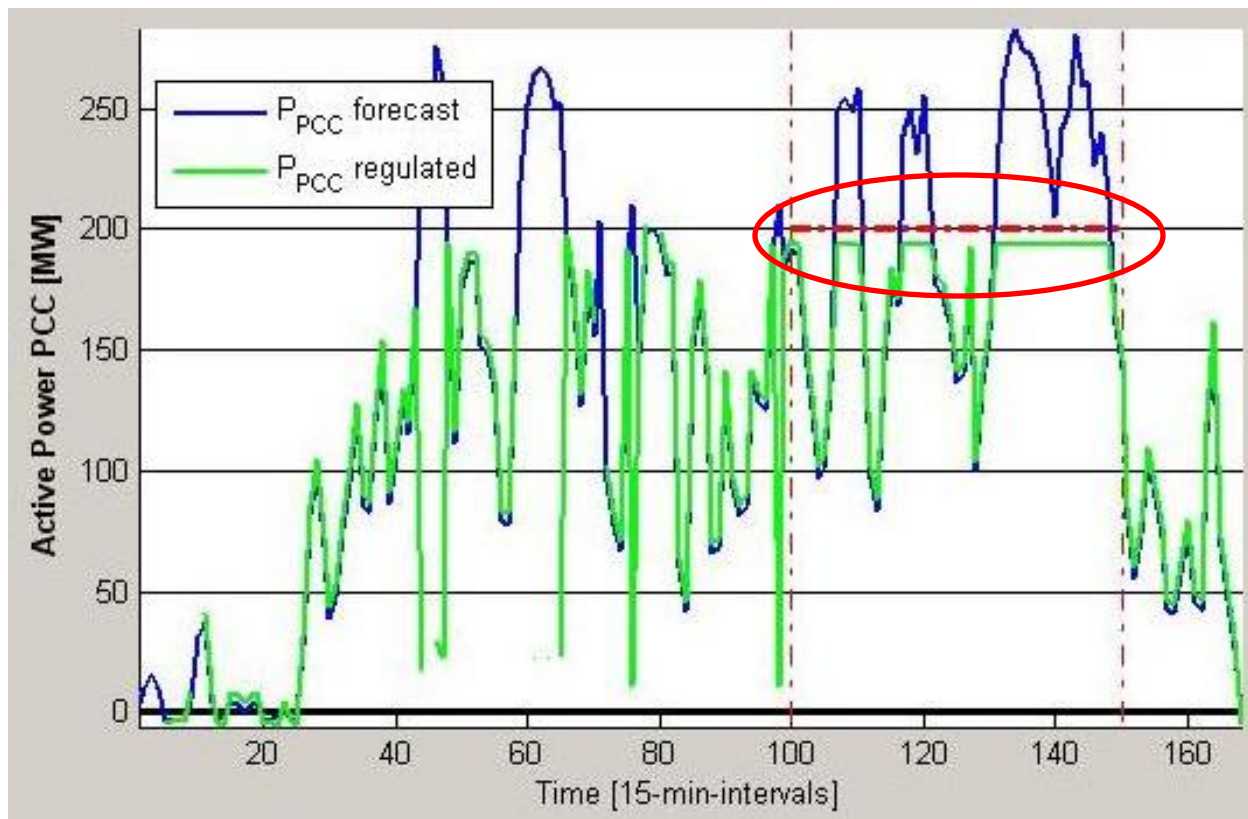
Frequenz-Übergabeleistungs-Regelung im Verbundnetz

jederzeit ausreichende Vorhaltung von

- Primärregelleistung
- Sekundärregelleistung und
- Minutenreserveleistung



Betriebsführungsstrategien – Wirkleistung



ÜNB/VNB: Sollwert für Netzverknüpfungspunkt
→ zu erfüllen wenn prognostizierter Leistungswert > Sollwert

K.. Rohrig, IWES

