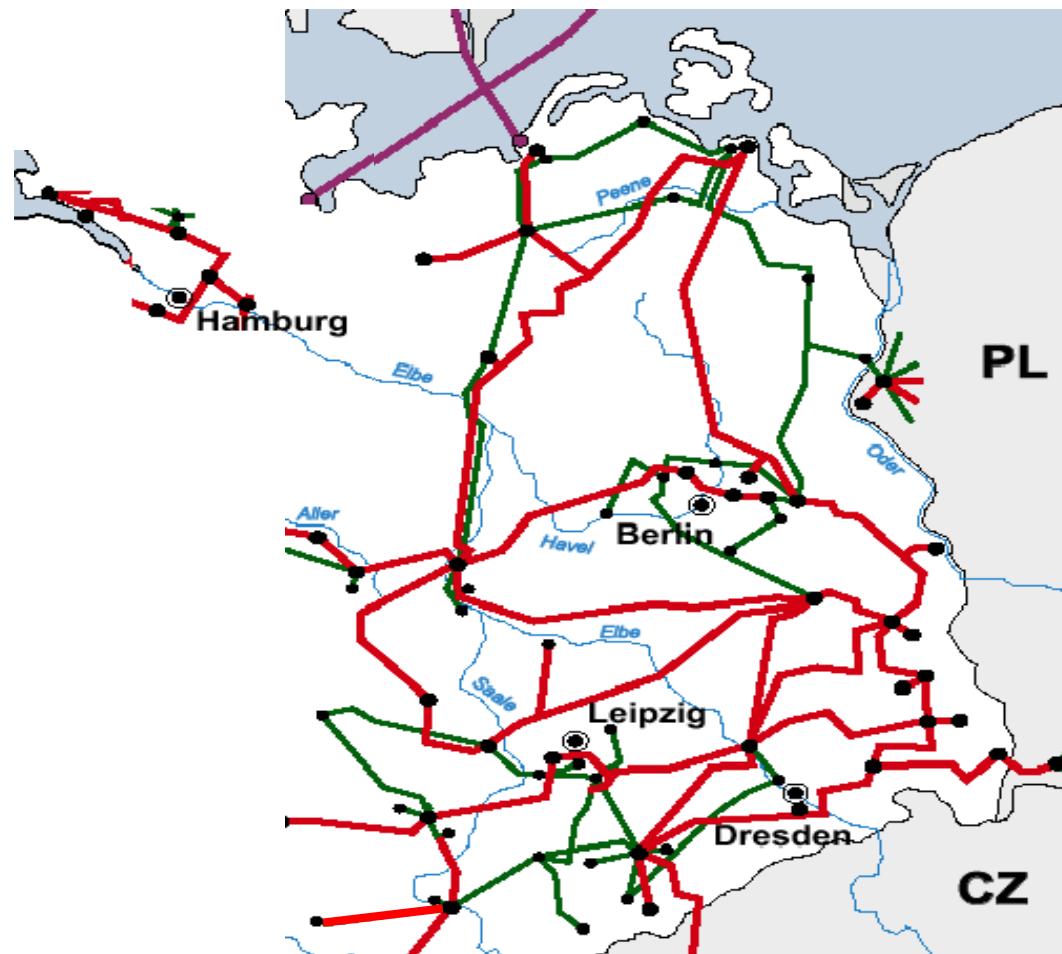


Auswirkungen verstärkter Windeinspeisung auf das Übertragungsnetz

Dr. U. Bachmann
Prof. Dr. I. Erlich
Dipl. Ing. J. Fortmann

Vattenfall Europe Transmission GmbH
Universität Duisburg - Essen
REpower Systems AG

Übertragungsnetzbetreiber Vattenfall Europe Transmission GmbH

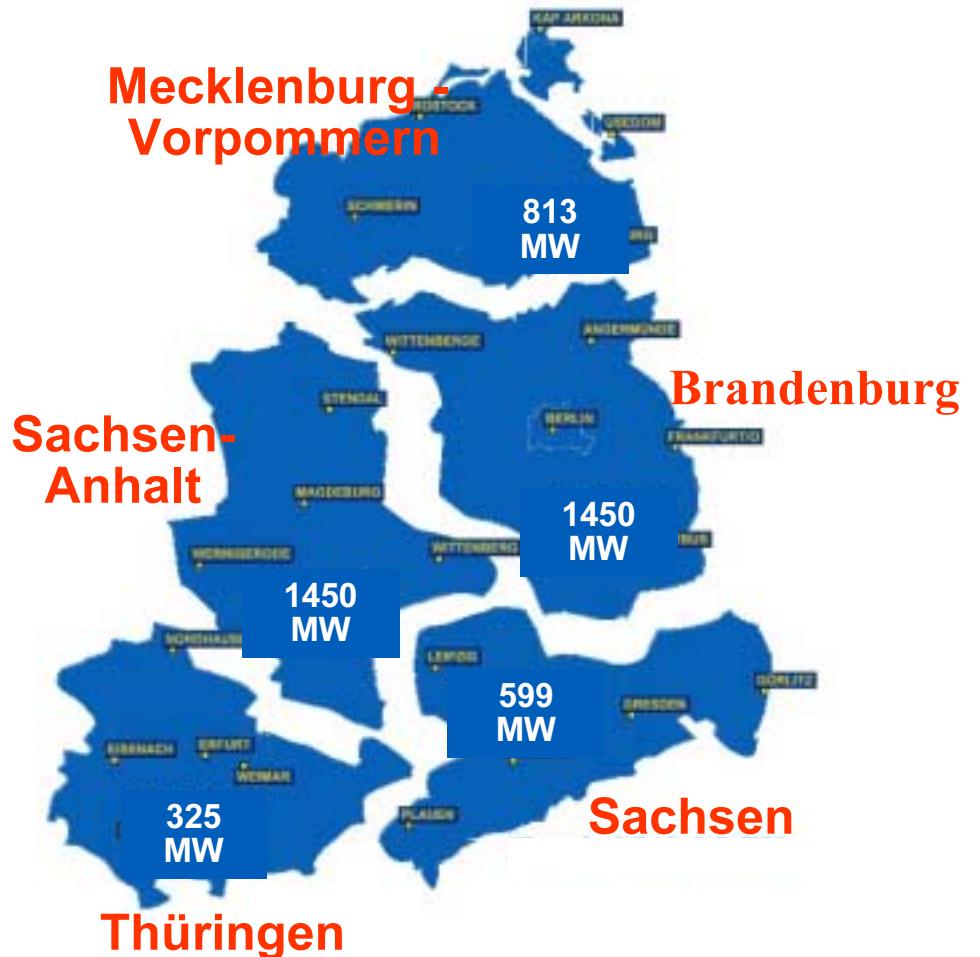


Installierte Windleistung in den ostdeutschen Bundesländern

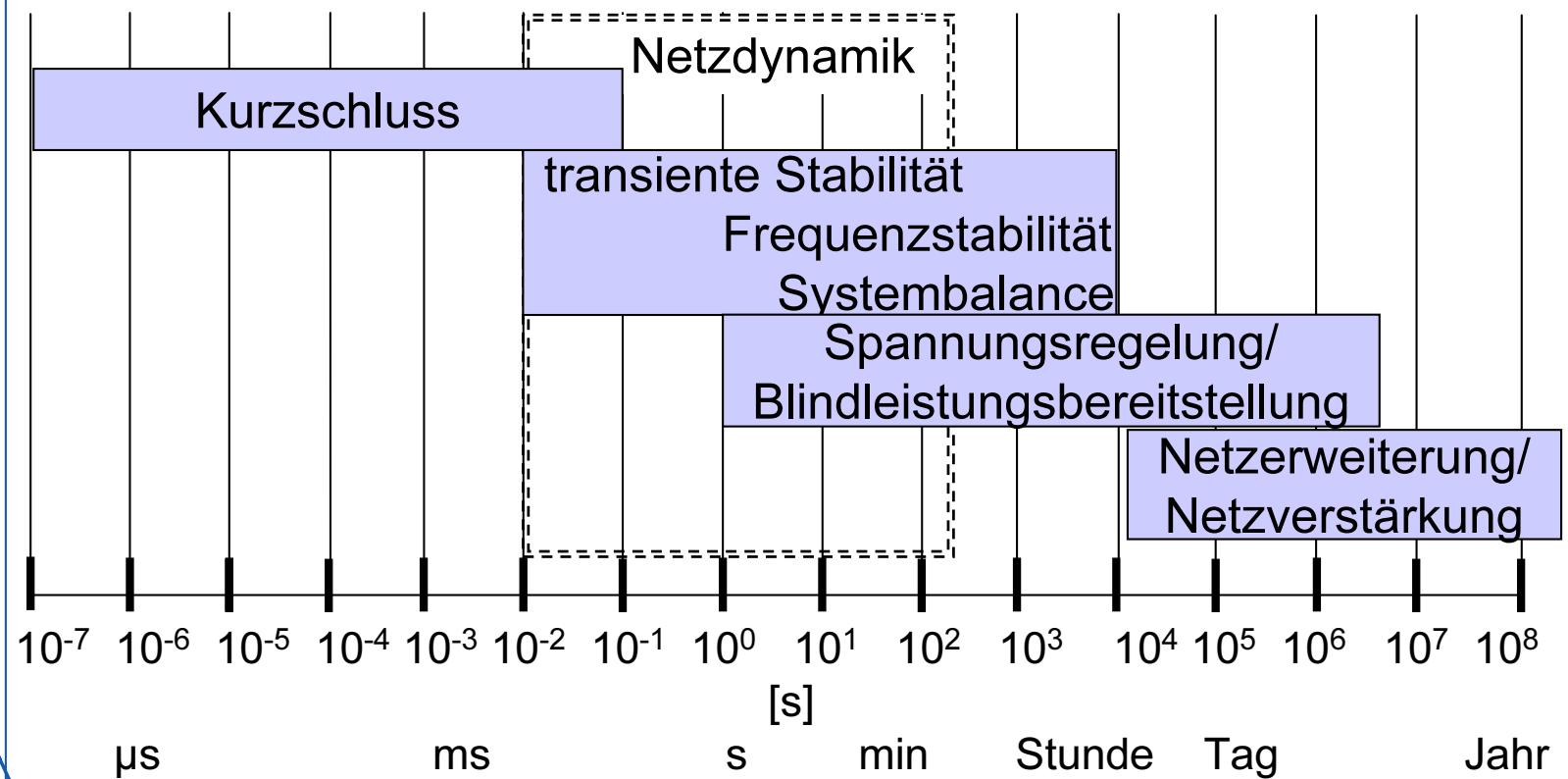
4637 MW

Stand: Juli 2003

Quelle: ISET



Ausgewählte Problemkreise und charakteristische Zeitbereiche

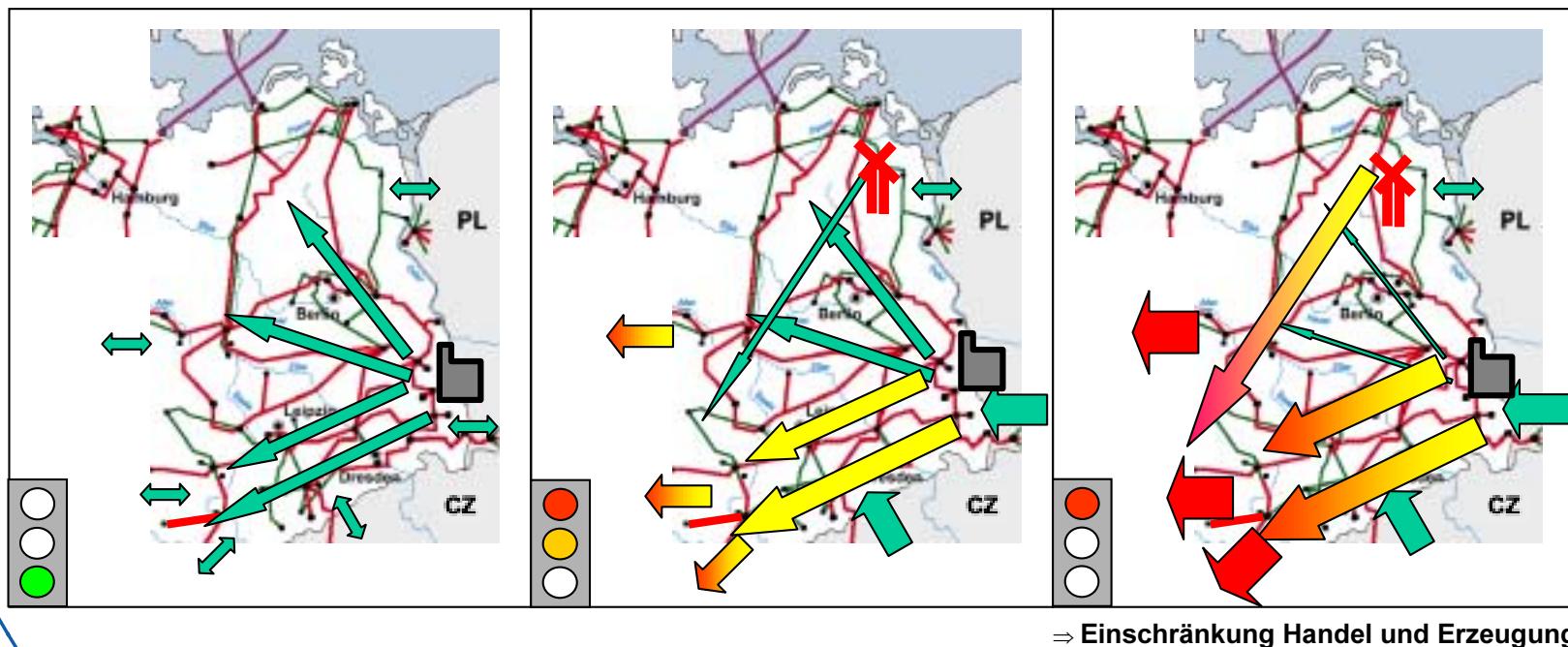


Verstärkung der Windenergienutzung erfordert Netzausbau

vor Liberalisierung
Ausreichende Über-
tragungskapazität
(Reserve vorhanden)

nach Liberalisierung
Übertragungskapazität
ausgeschöpft
(keine Reserve)

**starke
Windenergienutzung**
Übertragungskapazität
überschritten



Spannung / Blindleistung

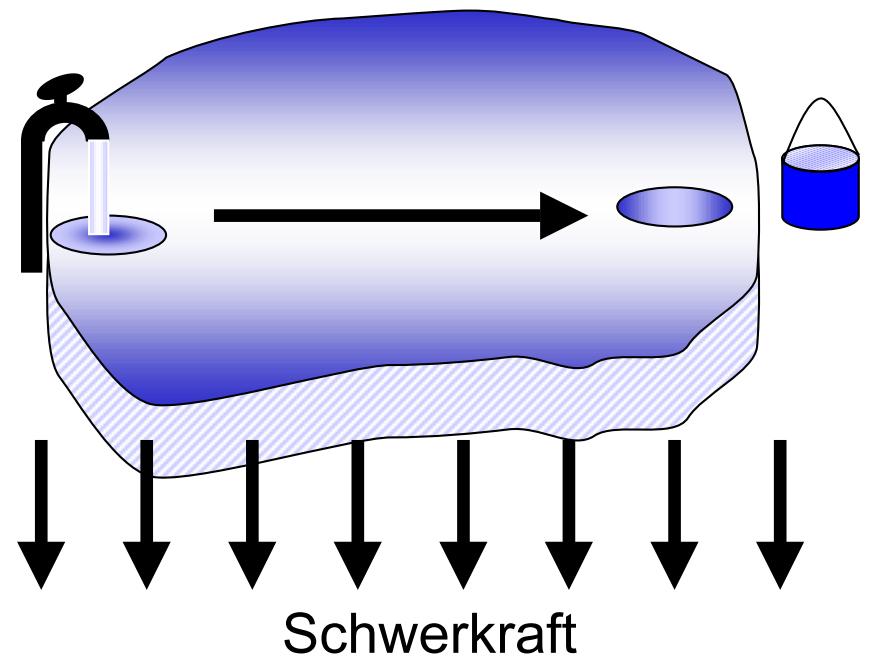
Für den Transport von Elektroenergie mit Wechselstrom ist Blindleistung erforderlich:

⇒ Blindleistungsbereitstellung entlang des Transportweges!

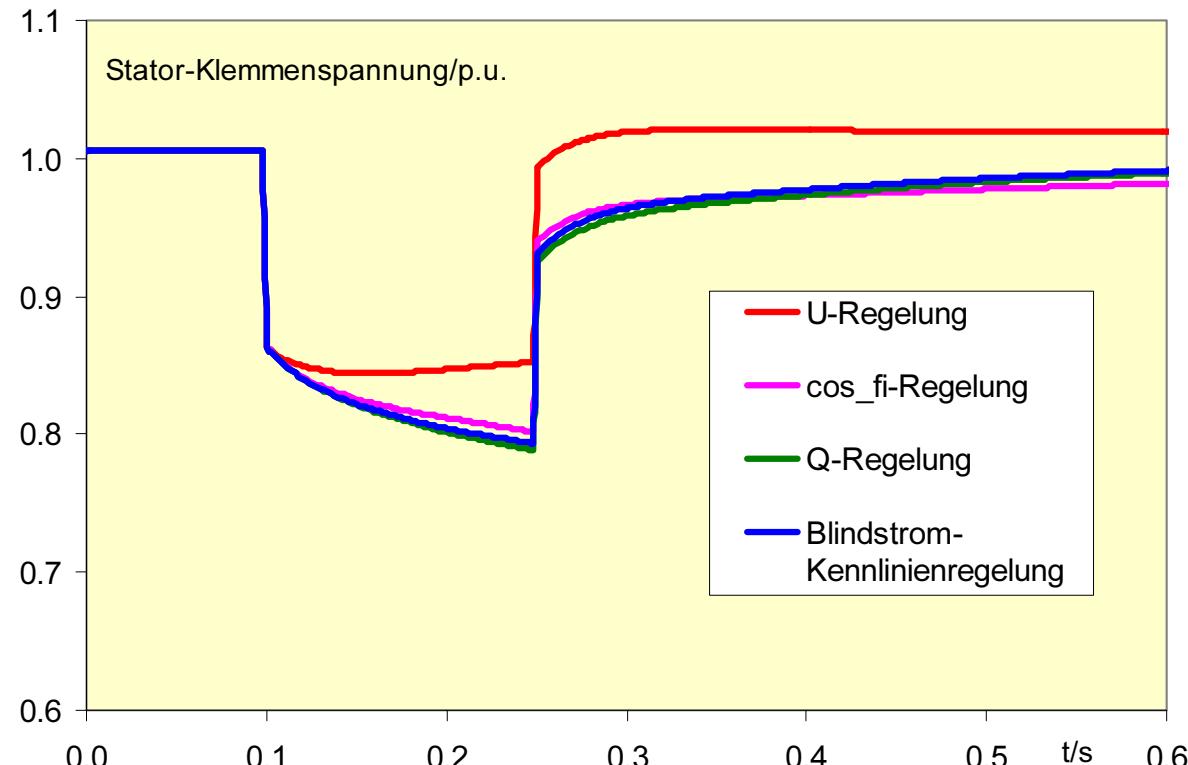
Blindleistungsquellen sind

- das Netz selber
- konventionelle KW
- Kompensationseinrichtungen
- Verbraucher
- WEA

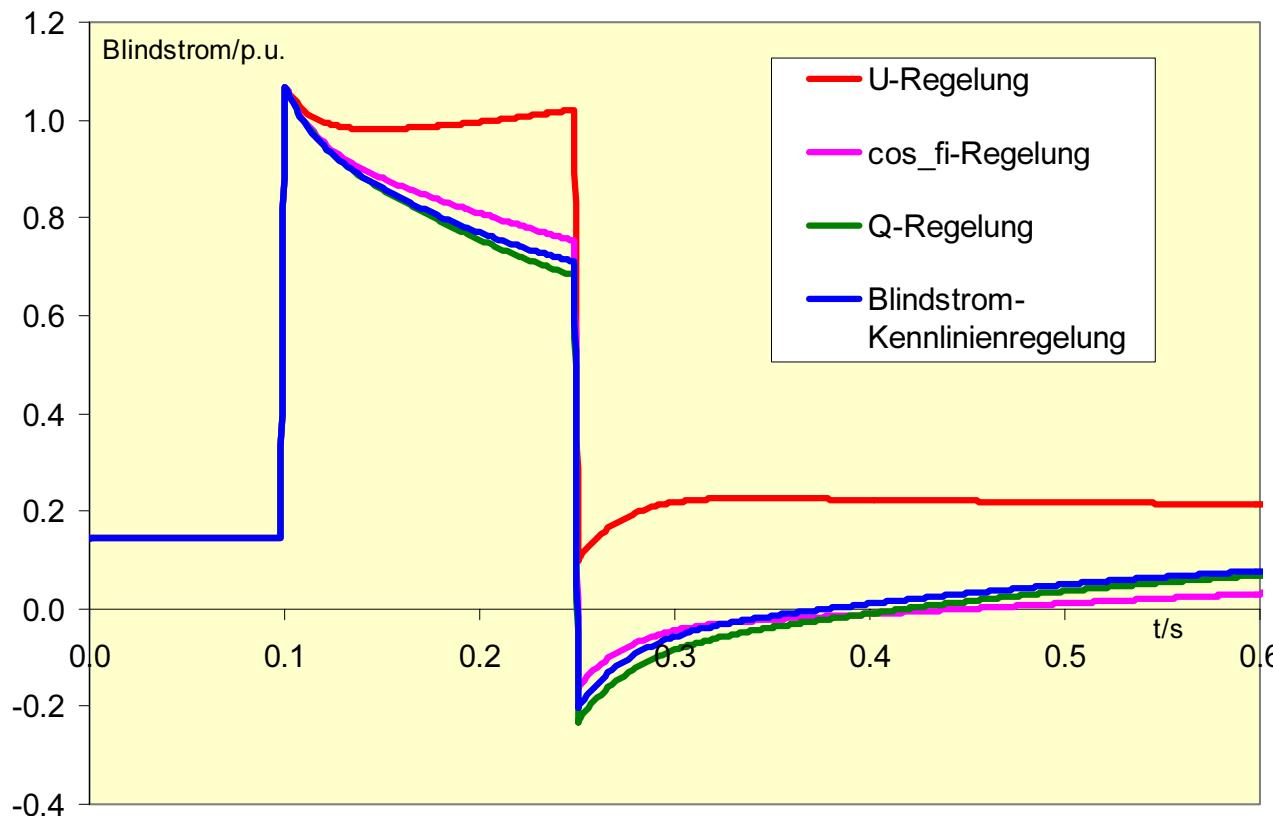
Analogie: Wasser fließt unter dem Einfluss der Schwerkraft
(Kraft, senkrecht zur Bewegung)



Spannung / Blindleistung - Einfluss verschiedener Regelungen (DASM) -



Spannung / Blindleistung - Einfluss verschiedener Regelungen (DASM) -



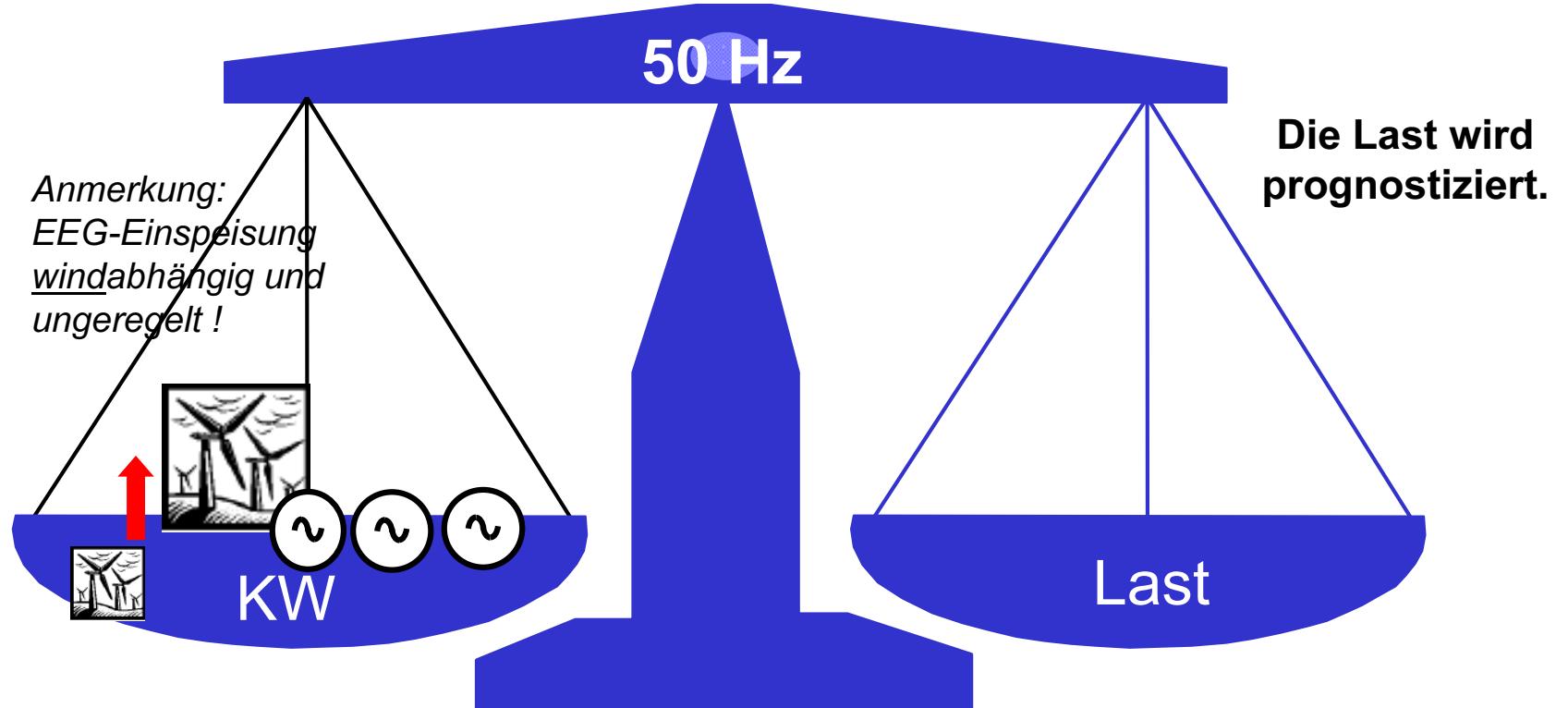
Spannung / Blindleistung

Bei Anschaltung von WEA an das Übertragungsnetz:

- Beteiligung der WEA an der Blindleistungsbereitstellung notwendig
- *Spannungsregelung* der WEA (wie heute in konventionellen Kraftwerken üblich) besser als Blindstrom-/Blindleistung-/- $\cos\phi$ -Regelung

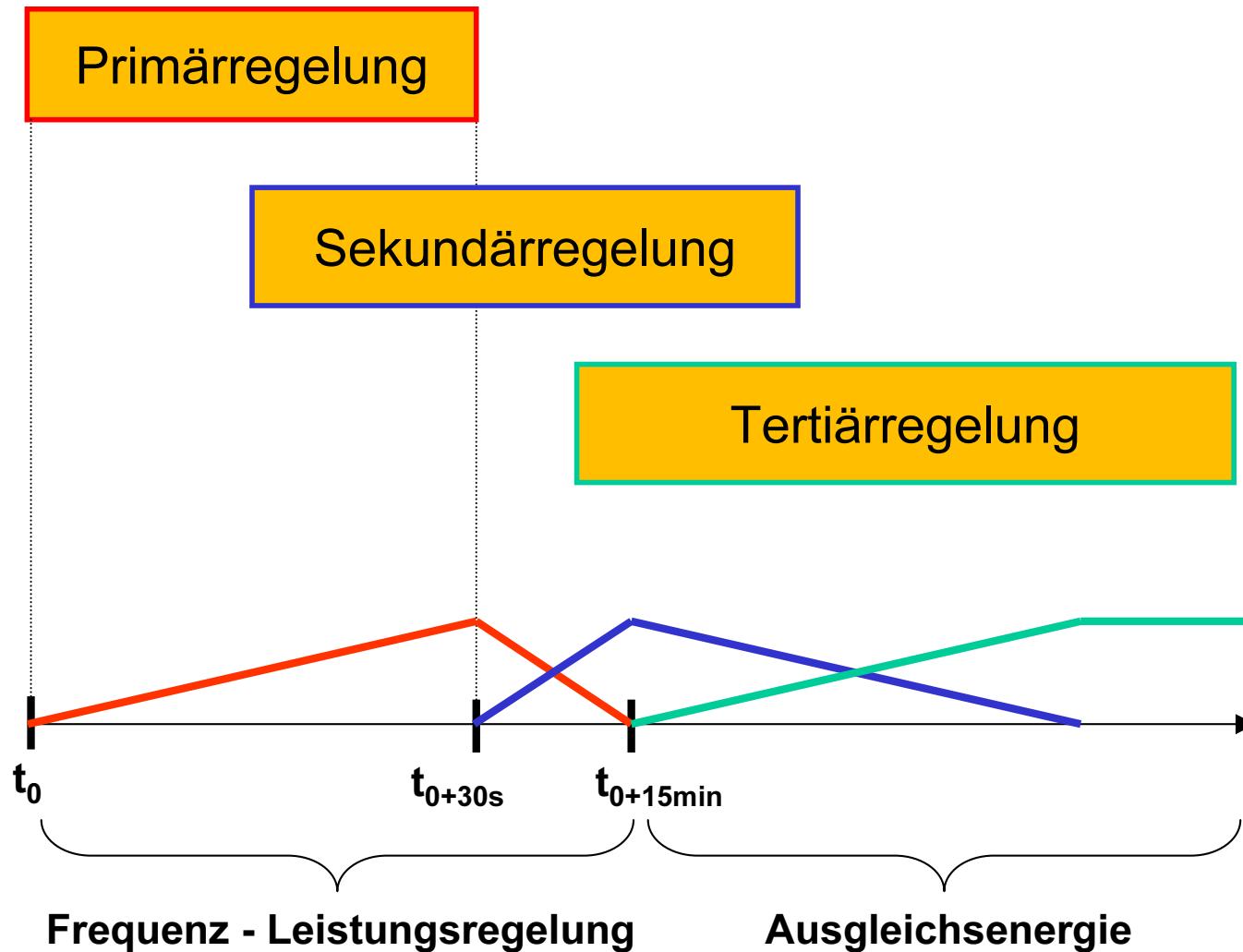
Netzdynamik - Systembalance -

Elektrische Energie ist nicht speicherbar !



**Die Wirkleistungsregelung muß zu jedem Zeitpunkt die Erzeugung an die Last anpassen können.
⇒ Aktuelle Systemgefahr: „Schwache Last + starker Wind“**

Netzdynamik - Systembalance -



Netzdynamik - Systembalance -

Aufgabe der Primärregelung

- nach Störung die Systembalance schnell wiederstellen (Auslegungsfall 3000 MW)
 - dezentrale Proportionalreglung, Führungsgröße Frequenz
- ⇒ *Ergebnis:* Frequenzabfall(-anstieg) gestoppt, aber bleibende Frequenzabweichung

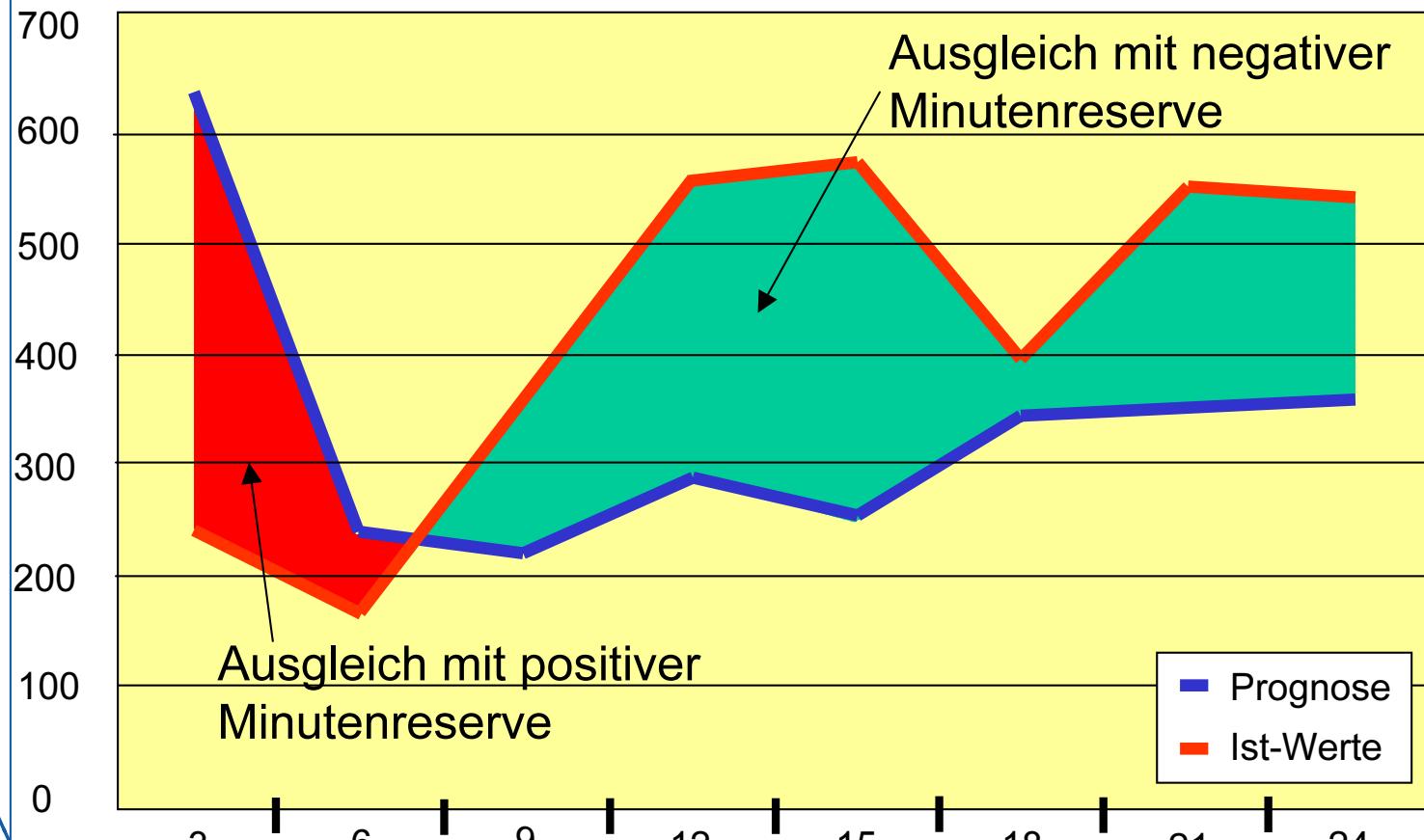
Aufgabe der Sekundärregelung

- Ablösung der Primärregelung
 - zentralisierte Integralregelung (je Regelzone), Führungsgrößen Frequenz und Austauschleistung
- ⇒ *Ergebnis:* Frequenz und Austauschleistung entsprechen Sollwerten

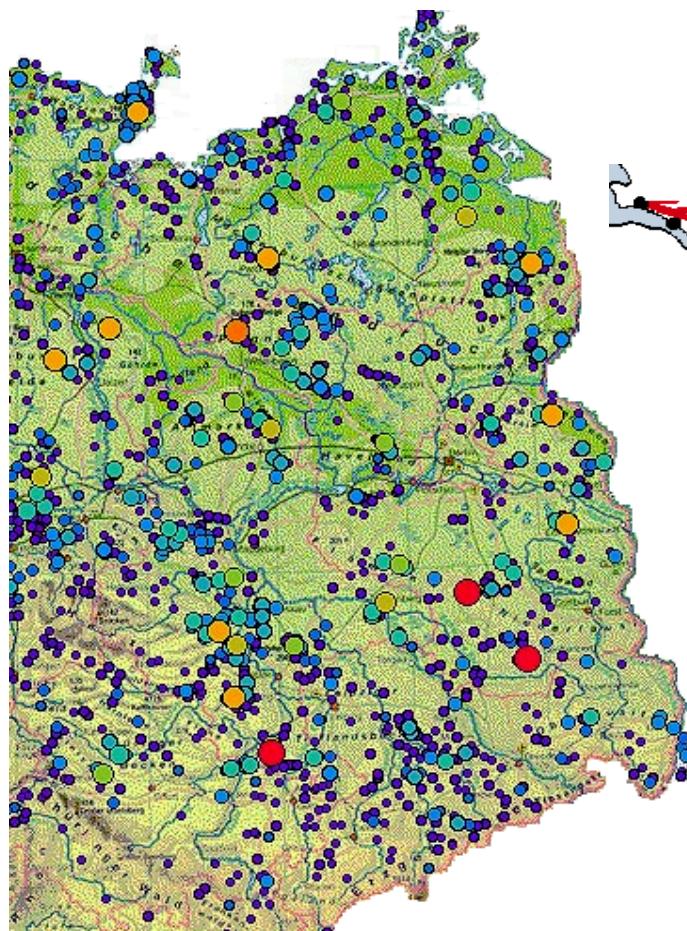
Aufgabe der Tertiärregelung

- Ablösung der Sekundärregelung
 - manuelle oder teilautomatisierte Regelung
- ⇒ *Ergebnis:* Frequenz entspricht Sollwert, u.U. neue Austauschleistungen

Windeinspeisung am 30.01.2003 - Vergleich Prognose (Vortag) mit Ist-Werten -

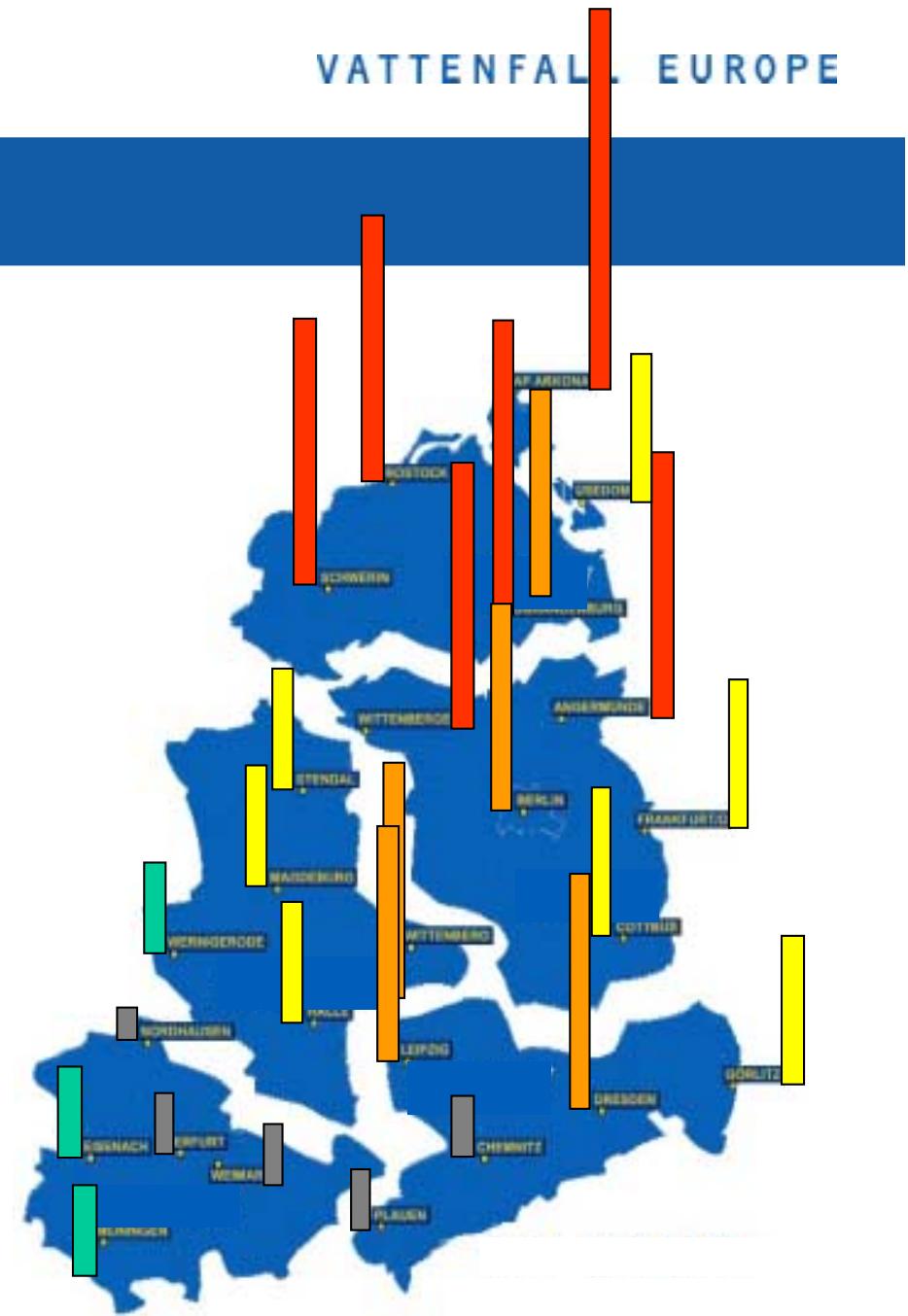


Netzdynamik

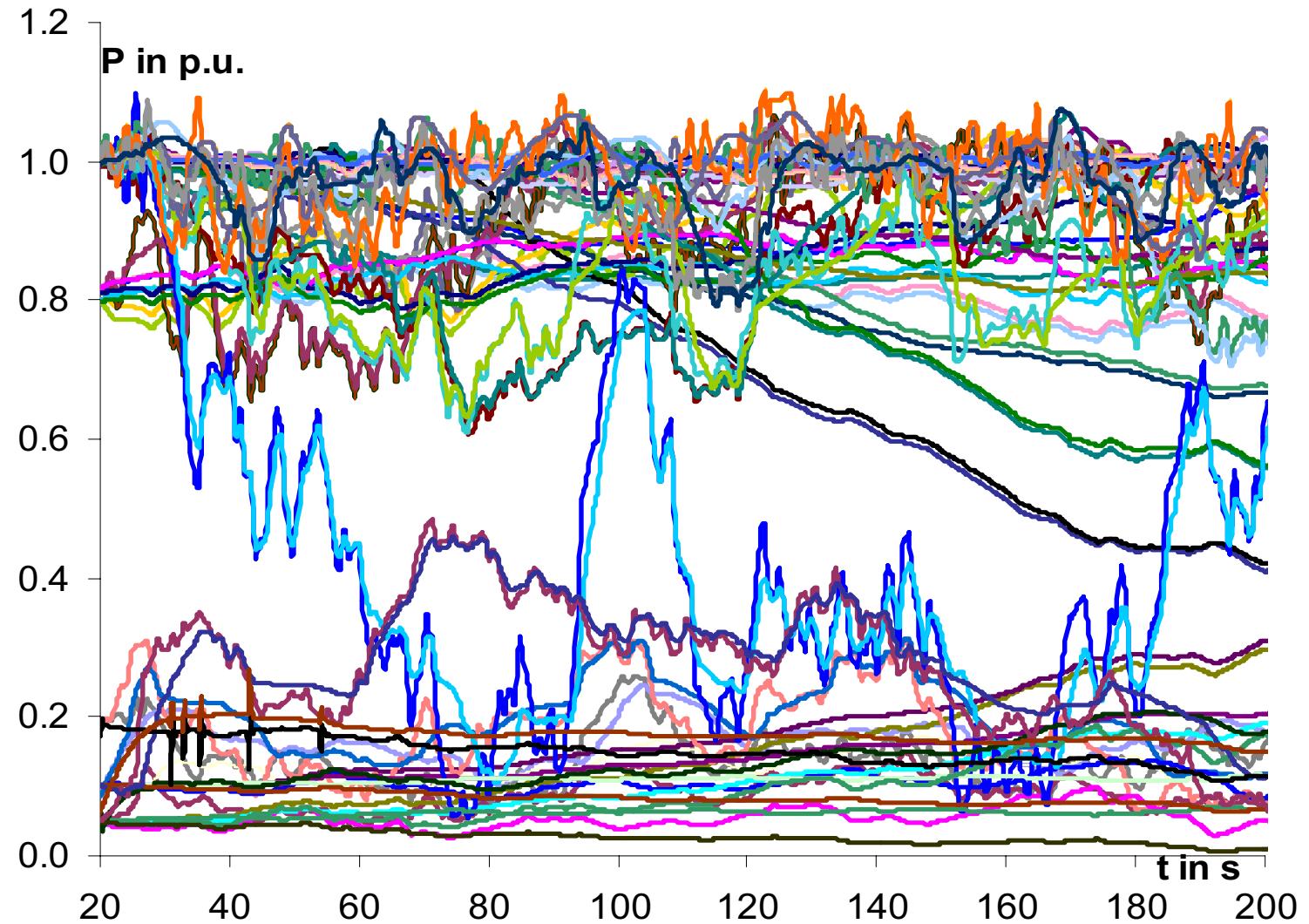


Windgeschwindigkeiten gemessen am 24.12.2002, 12:00

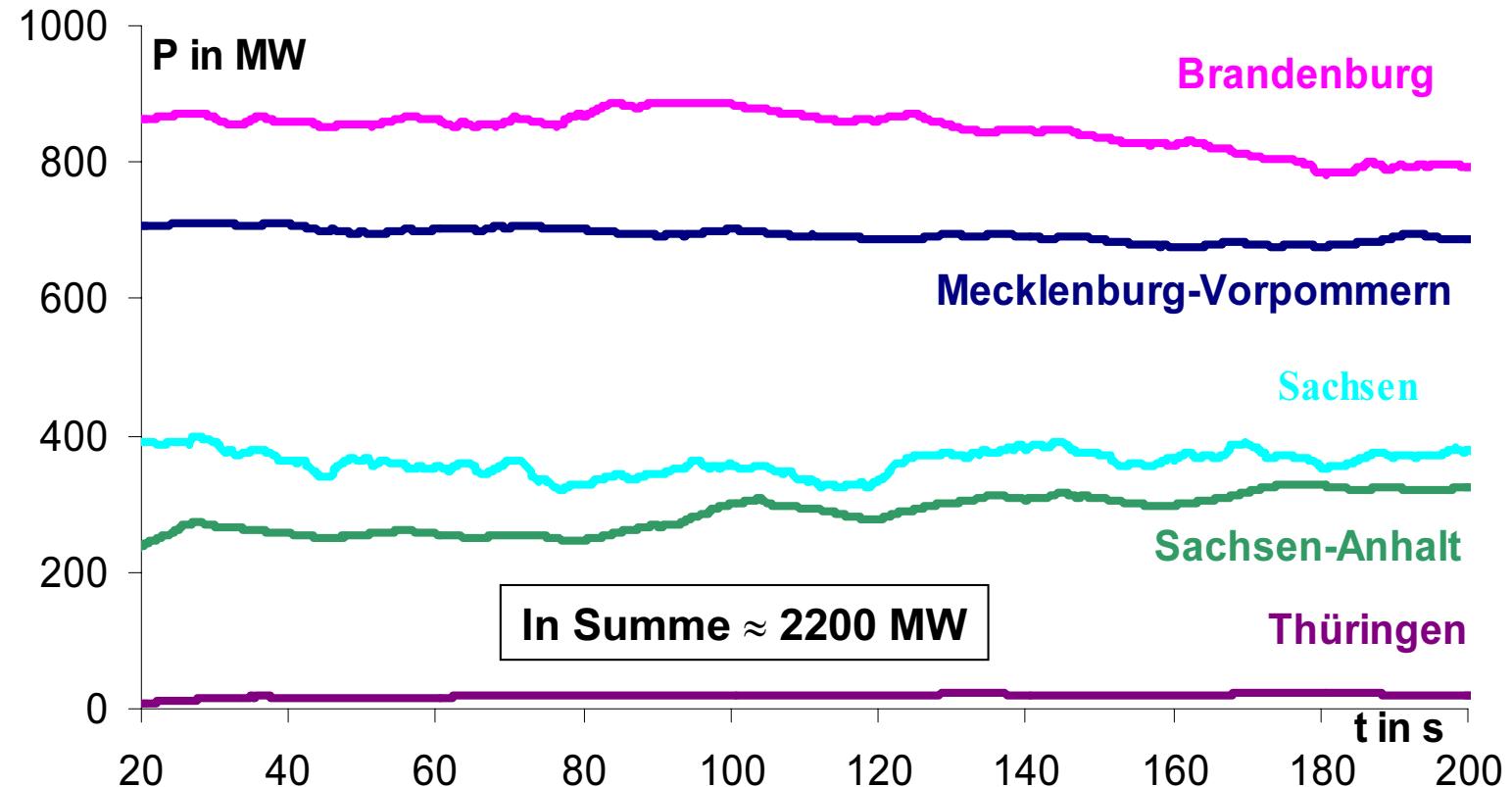
-  >12 m/s
-  >10 m/s
-  >8 m/s
-  > 3 m/s
-  < 3 m/s



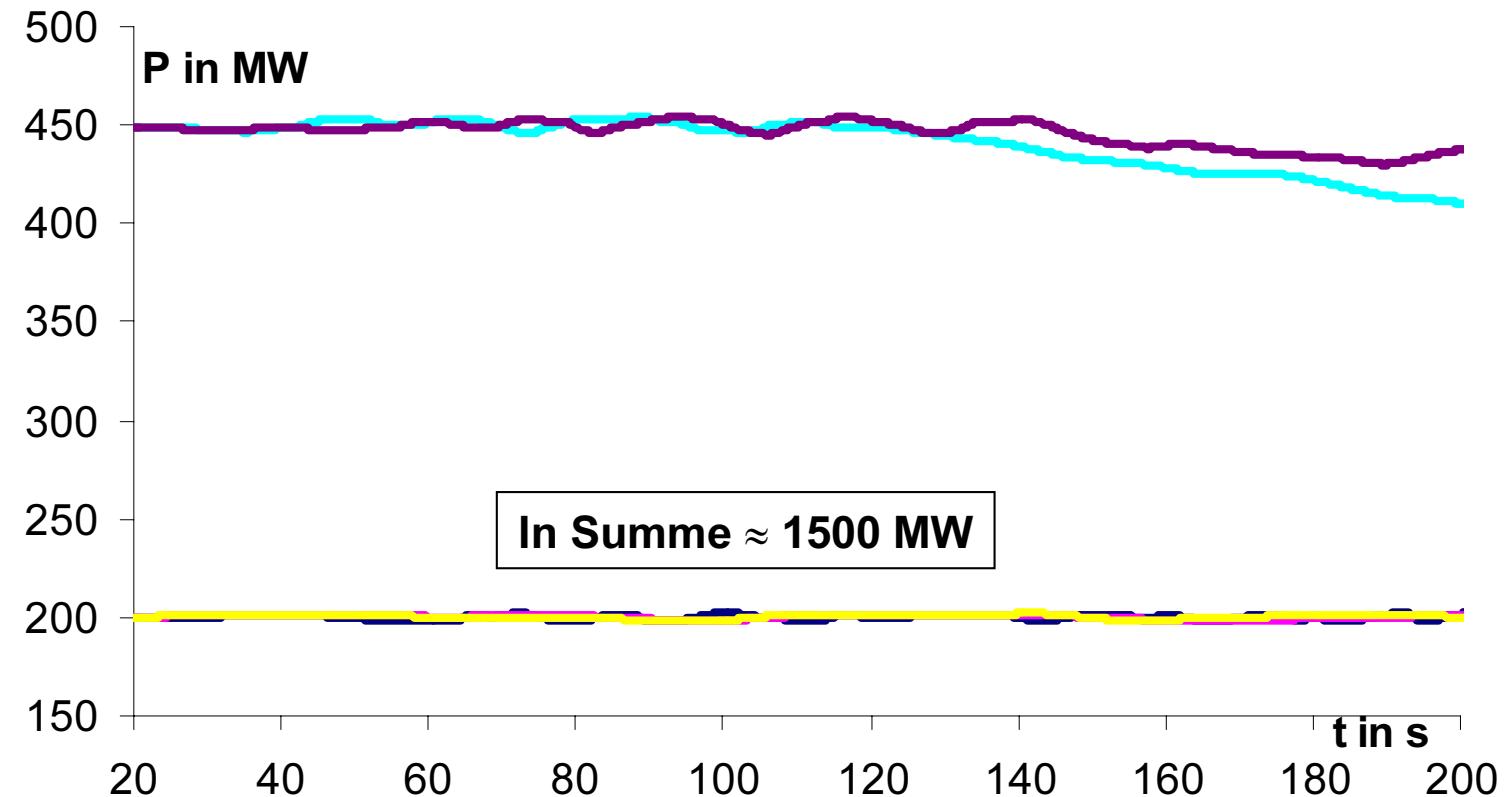
Netzdynamik - modellierte onshore Windeinspeisung -



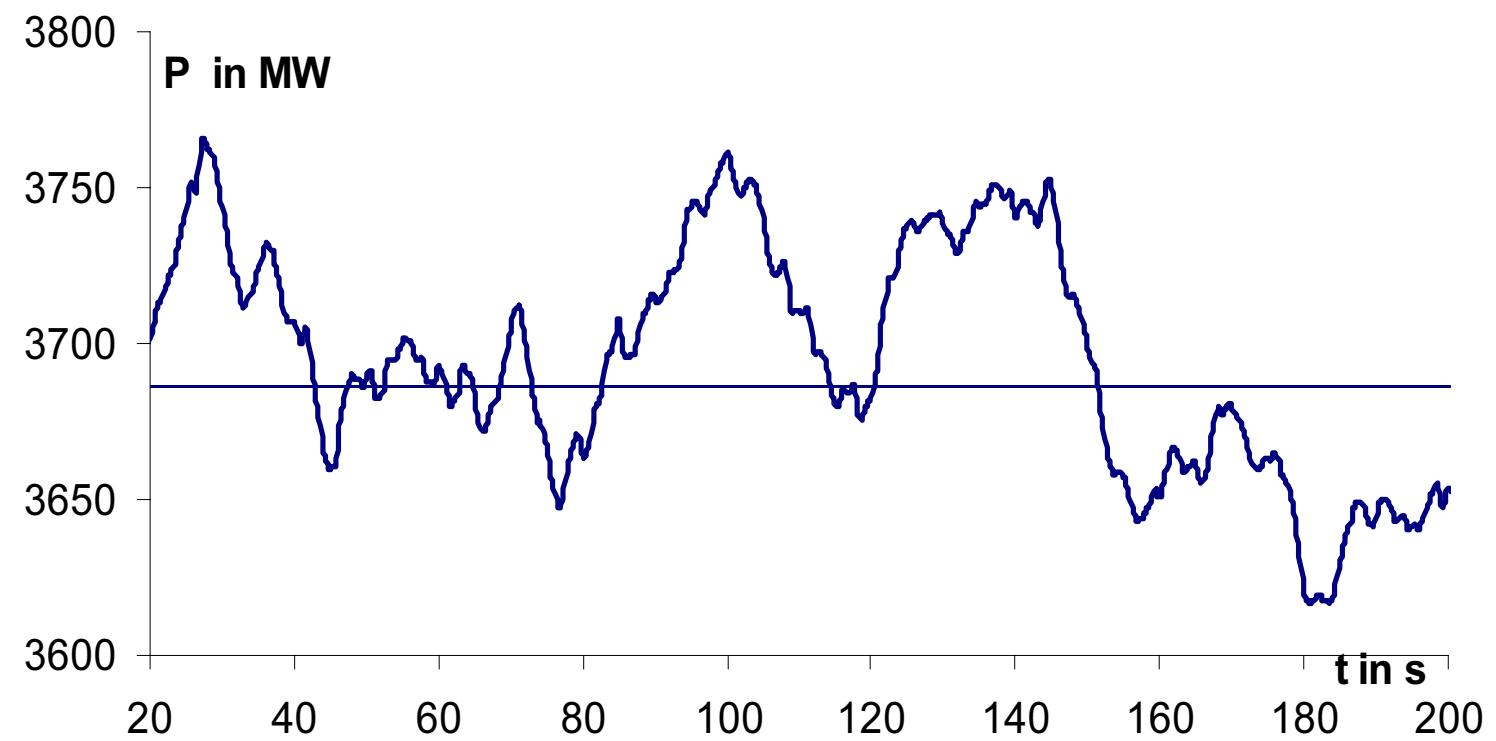
Netzdynamik - resultierende regionale Windeinspeisung -



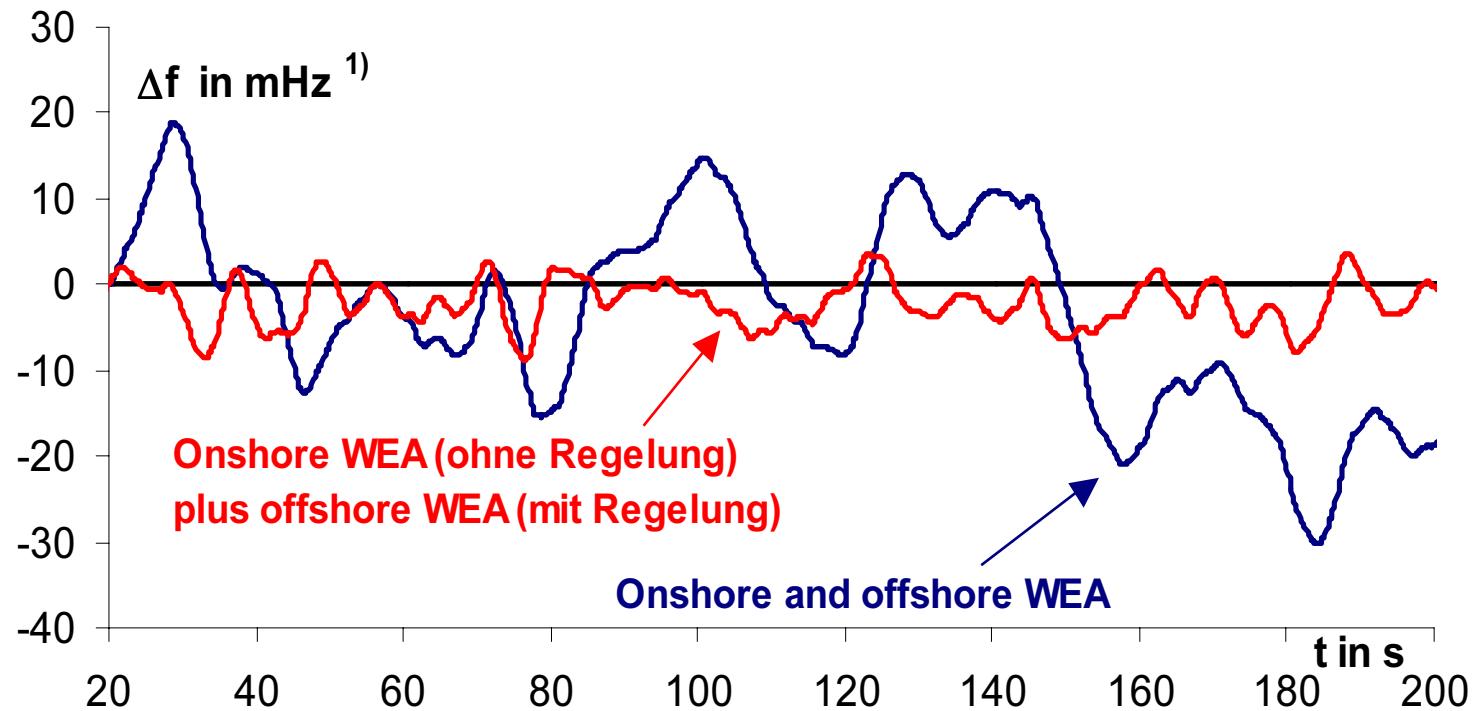
Netzdynamik - simulierte offshore Windeinspeisung -



Netzdynamik - summarische Windeinspeisung -



Netzdynamik - Einfluss der Windeinspeisung auf die Frequenz-



1) incl. des Einflusses der Frequenz-Leistungsregelung des übrigen Netzes

Netzdynamik

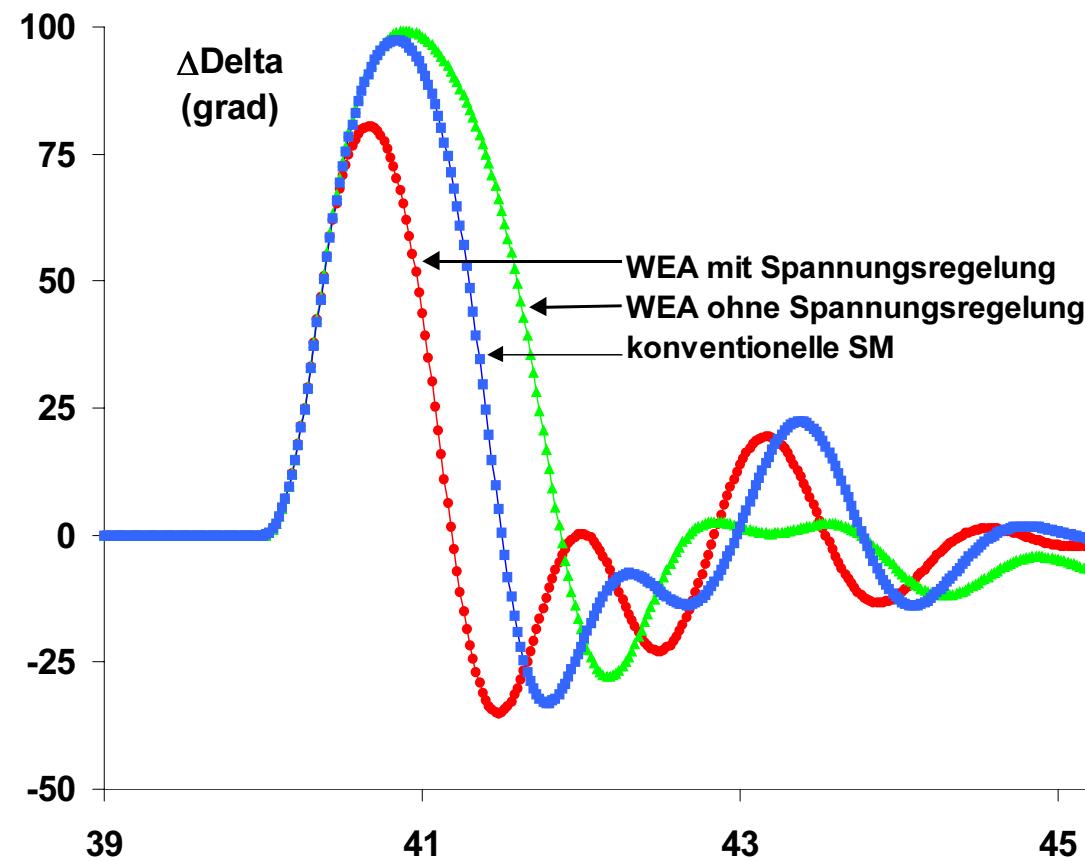
- Angebot von Regelleistung durch WEA -

- ⇒ Der weitere Ausbau der Windenergienutzung führt in der Praxis zu einem Ansteigen von Regelleistung und Regelenergiebedarf
- ⇒ Offshore Windparks wären auf Grund ihrer Leistungsgröße in der Lage, sich an der Regelung zu beteiligen
- ⇒ Voraussetzungen wären
 - Verbesserung der Prognose für die nächsten 48 Stunden
 - Anpassung des organisatorischen Rahmens für die Bereitstellung von Regelenergie durch Windparks

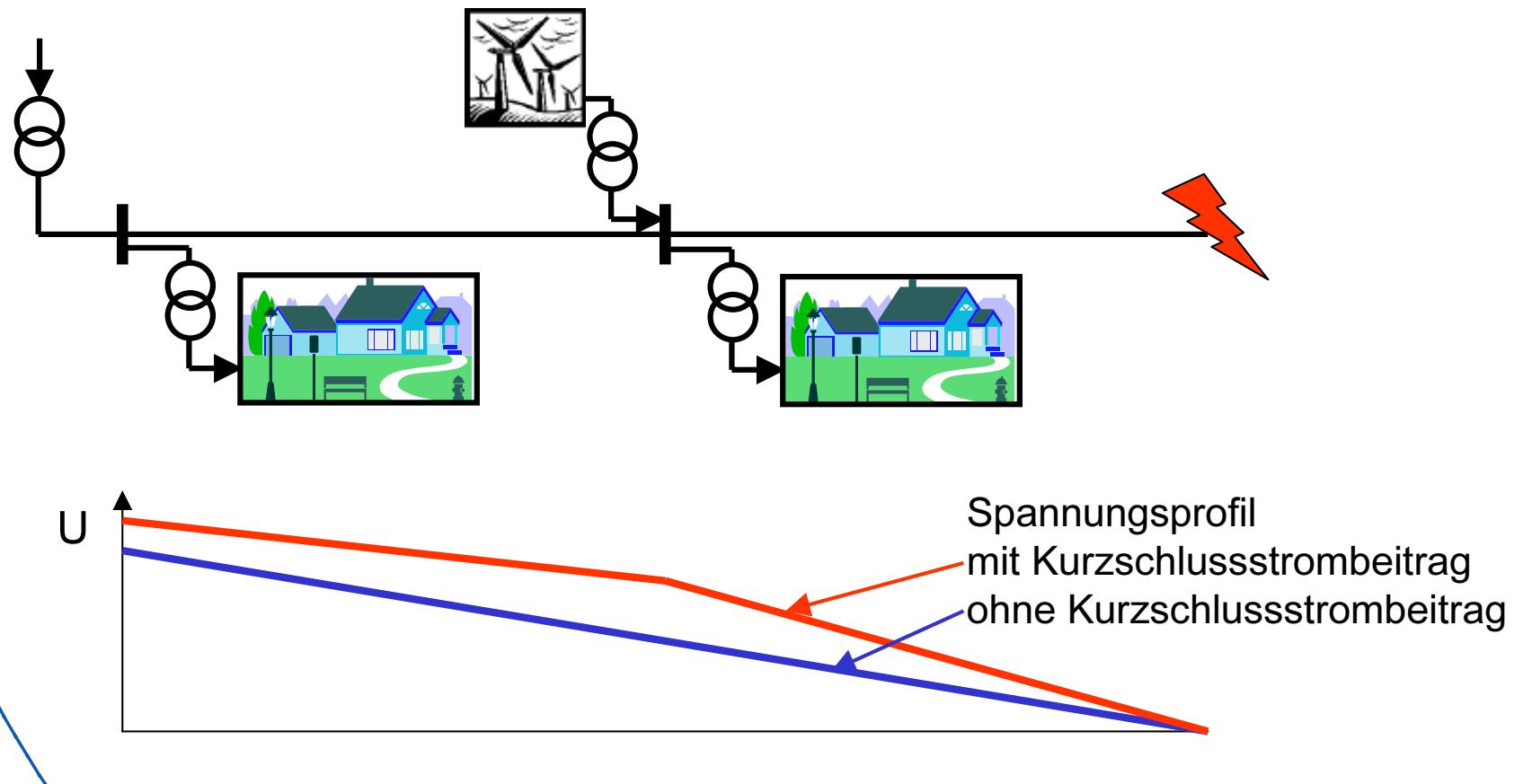
Netzdynamik - transiente Stabilität -



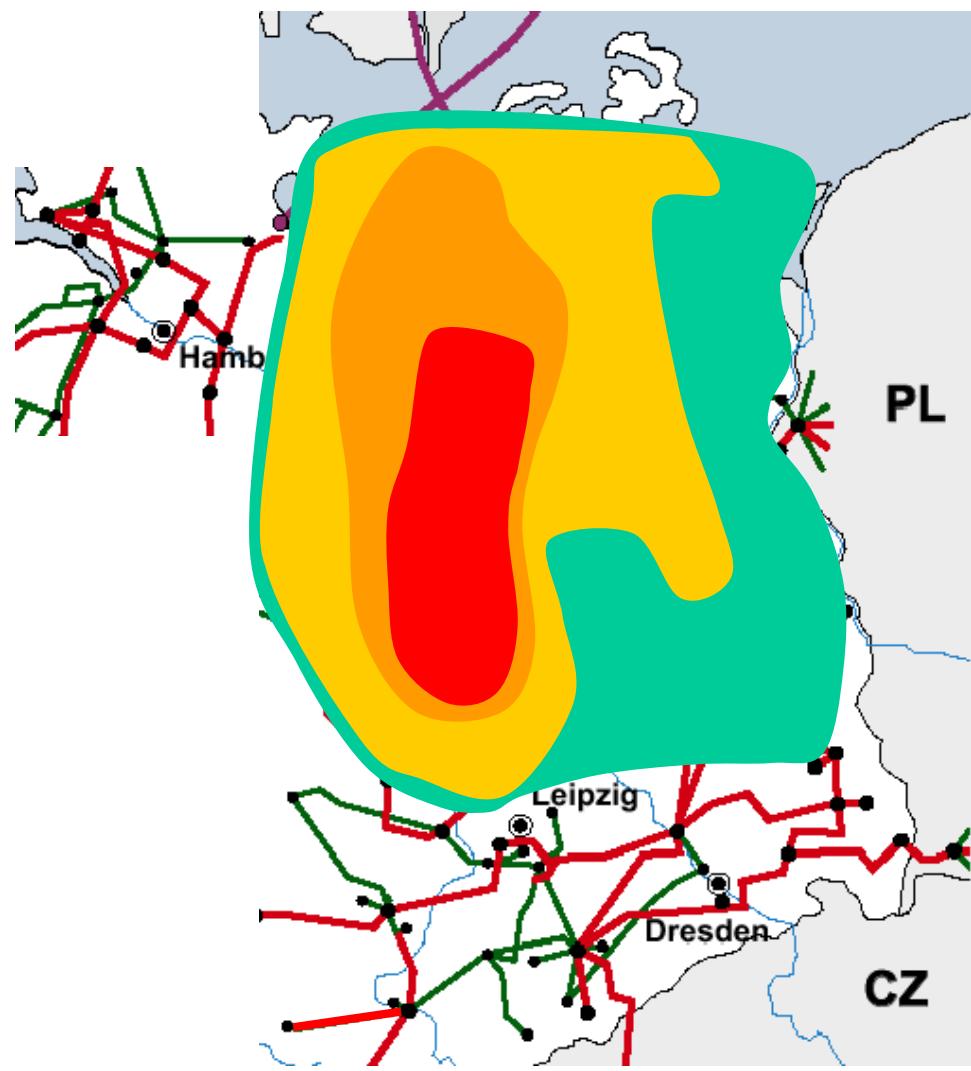
Netzdynamik - transiente Stabilität -



Spannungsprofil bei Kurzschluss

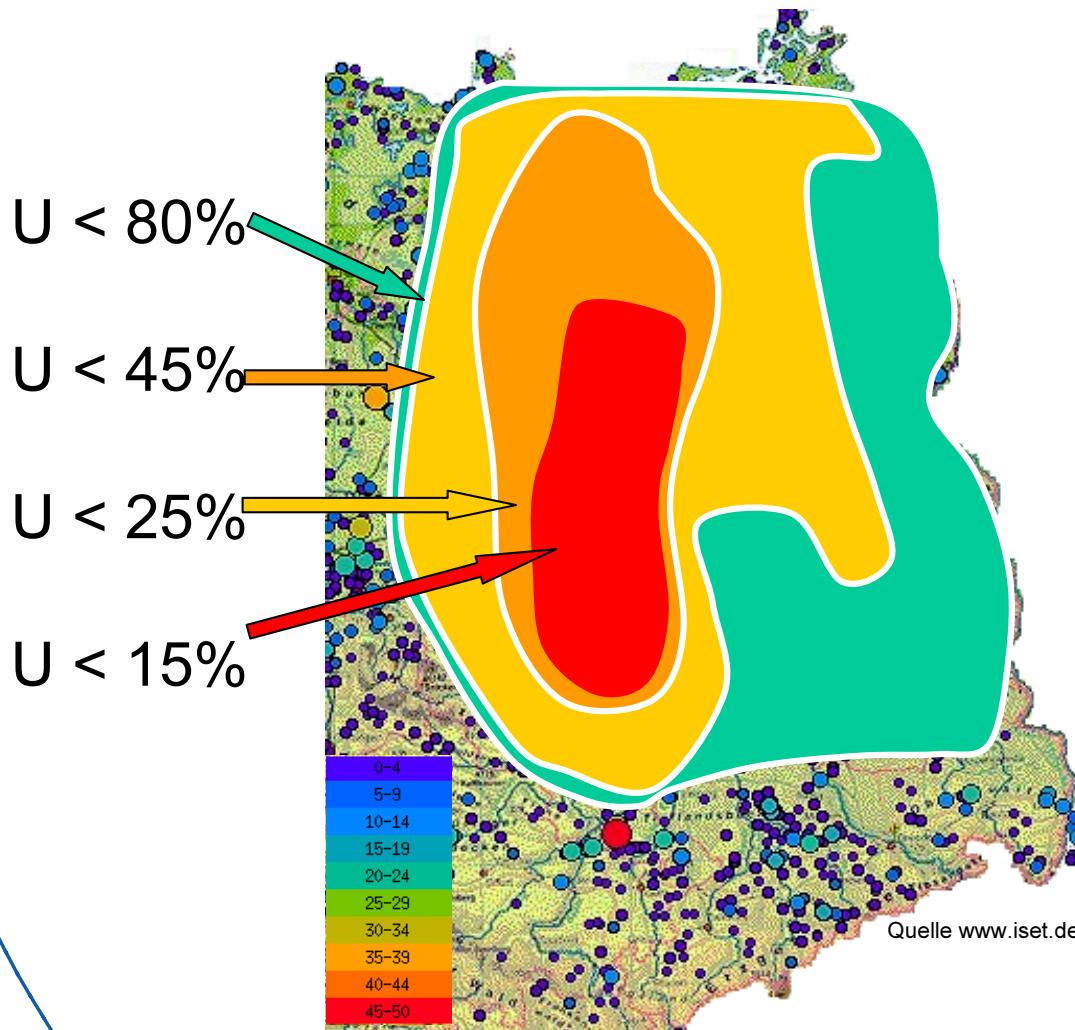


Spannungsprofil bei Kurzschluss - geringer Kurzschlussstrombeitrag -



- U < 80%
- U < 45%
- U < 25%
- U < 15%

Spannungsprofil bei Kurzschluss - geringer Kurzschlussstrombeitrag -

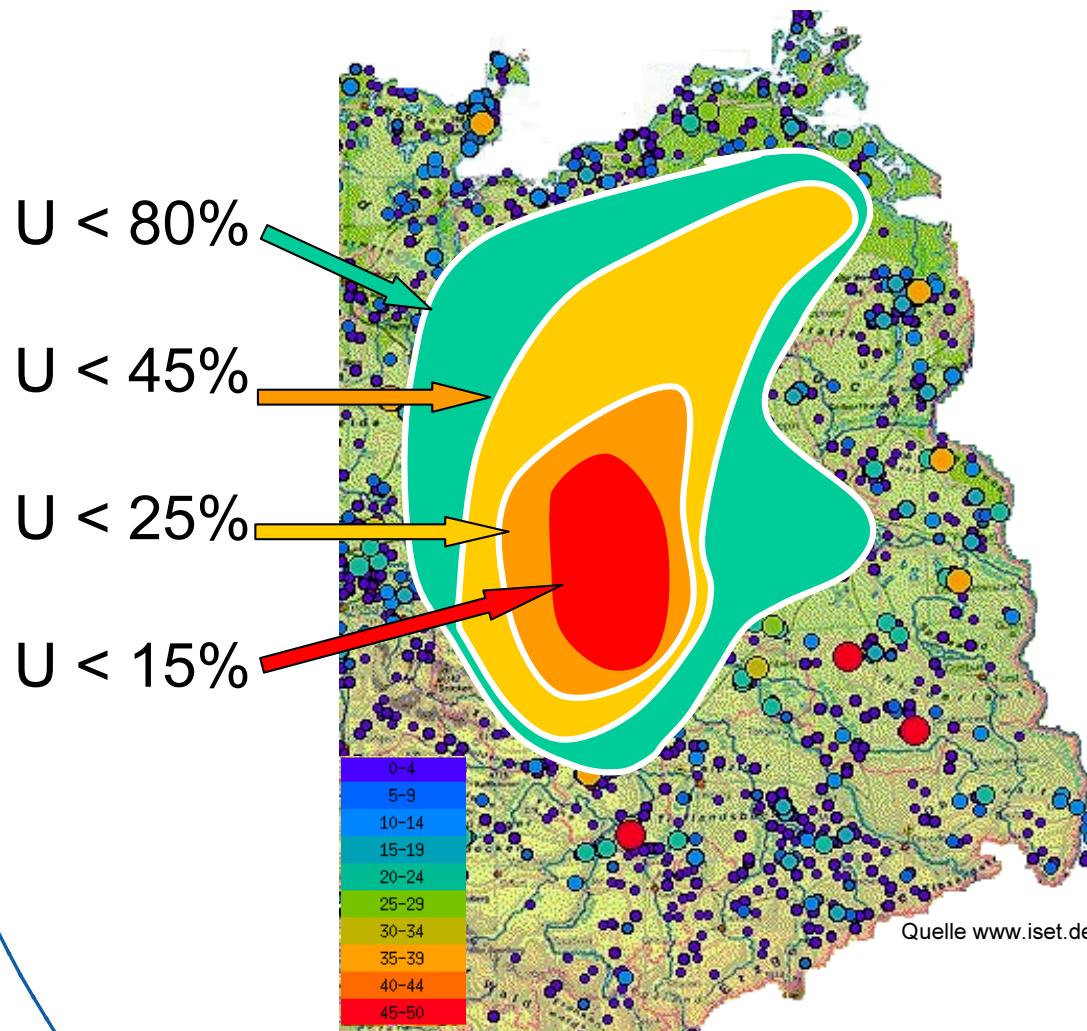


betroffen

3700 MW*	(80%)
2800 MW*	(60%)
1700 MW*	(37%)
1400 MW*	(30%)

* installierte Leistung

Spannungsprofil bei Kurzschluss - Kurzschlussstrombeitrag = Nennstrom -



betroffen

2800 MW* (60%)

2100 MW* (45%)

1400 MW* (30%)

1100 MW* (25%)

* installierte Leistung

Zusammenfassung

Verstärkung der Windenergienutzung erfordert

- Ausbau des Übertragungsnetzes
- Blindleistungsbereitstellung der WEA vorzugsweise mit Spannungsregelung
- Kurzschlussstrombeitrag der WEA