



Smart Grids – der Beitrag virtueller Kraftwerke zur nachhaltigen Energieversorgung

VWEW-Fachtagung 7. – 8. Juni in Fulda

Präzise Vorhersagetools steigern die Effizienz Virtueller Kraftwerke

Dr. Kurt Rohrig

ISET
Institut für Solare
Energieversorgungstechnik
Kassel/Hanau

k.rohrig@iset.uni-kassel.de

- Einleitung
- Stand der Technik
- Zukünftige Anforderungen
- Große Virtuelle Kraftwerke



Systemtechnik für die Nutzung Erneuerbarer Energien und die Rationelle Energieverwendung



Anwendungsnahe Forschung und Entwicklung

- Windenergie
- Photovoltaik
- Biomassenutzung
- Energiewandlung und Speicher
- Hybridsysteme
- Energiewirtschaft
- Information und Weiterbildung



Profil des Instituts

Gründung 1988 als „An-Institut“ der Universität Gesamthochschule Kassel
seit 1995 zweiter Standort in Hanau

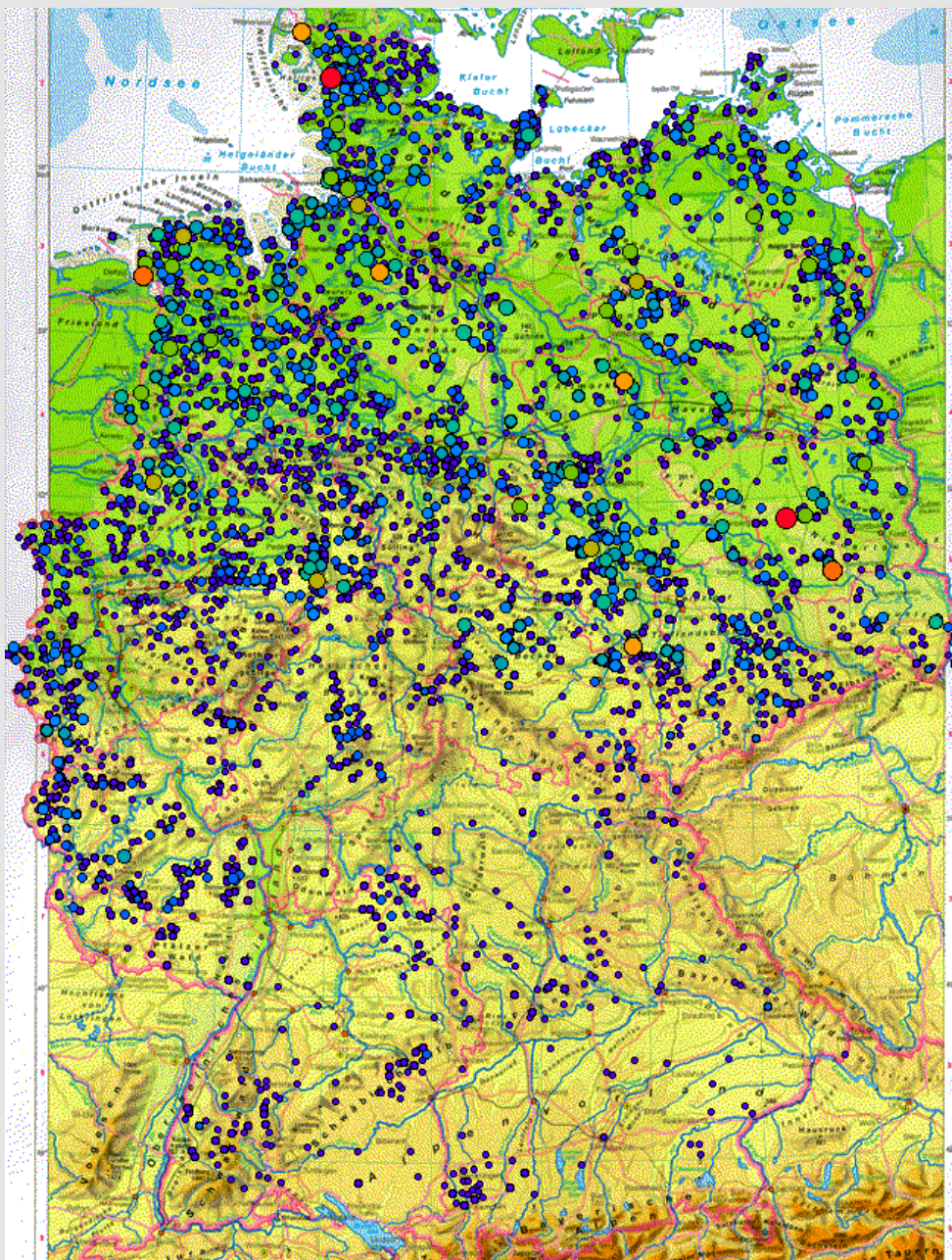
**fachliche
Schwerpunkte** Elektro- und Systemtechnik

- Leistungselektronik
- Regelungstechnik
- Verfahrenstechnik
- EMV und Messverfahren
- Modellbildung und Simulation
- Technische Systemanalyse
- Informationssysteme

Personal rund 70 Beschäftigte

Jahreshaushalt rund 8 Mio. EURO

Finanzierung rund 1,5 Mio. EURO Grundfinanzierung des Landes Hessen
sowie Projektfinanzierung Hessen, Bundesregierung,
EU und Industrie



Windenergienutzung in Deutschland

18300 MW
17400 WEA

Stand 12/2005

Erzeugte Energie

25,9 TWh in 2004 – Wind Index 98 %
26,3 TWh in 2005 – Wind Index 89 %

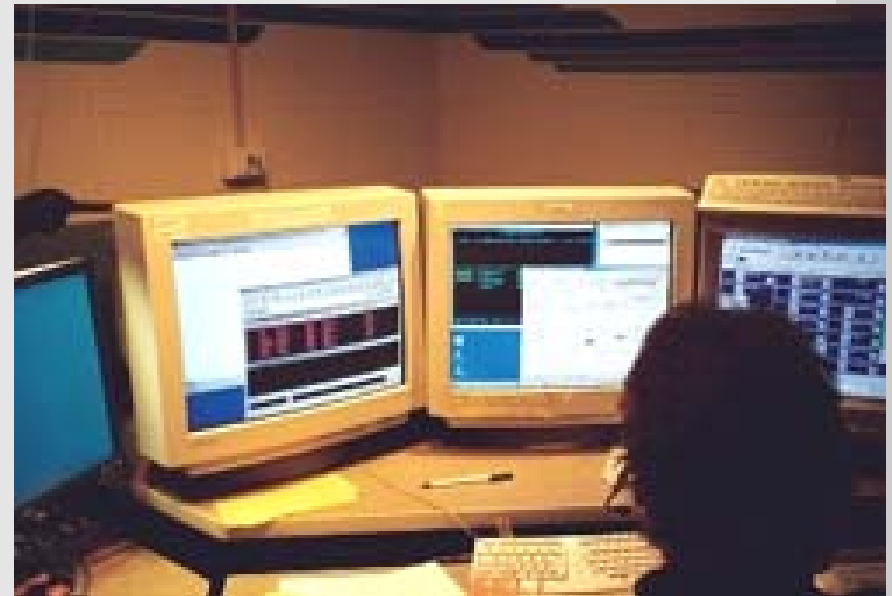
Einleitung

Aufgaben der Netzbetreiber

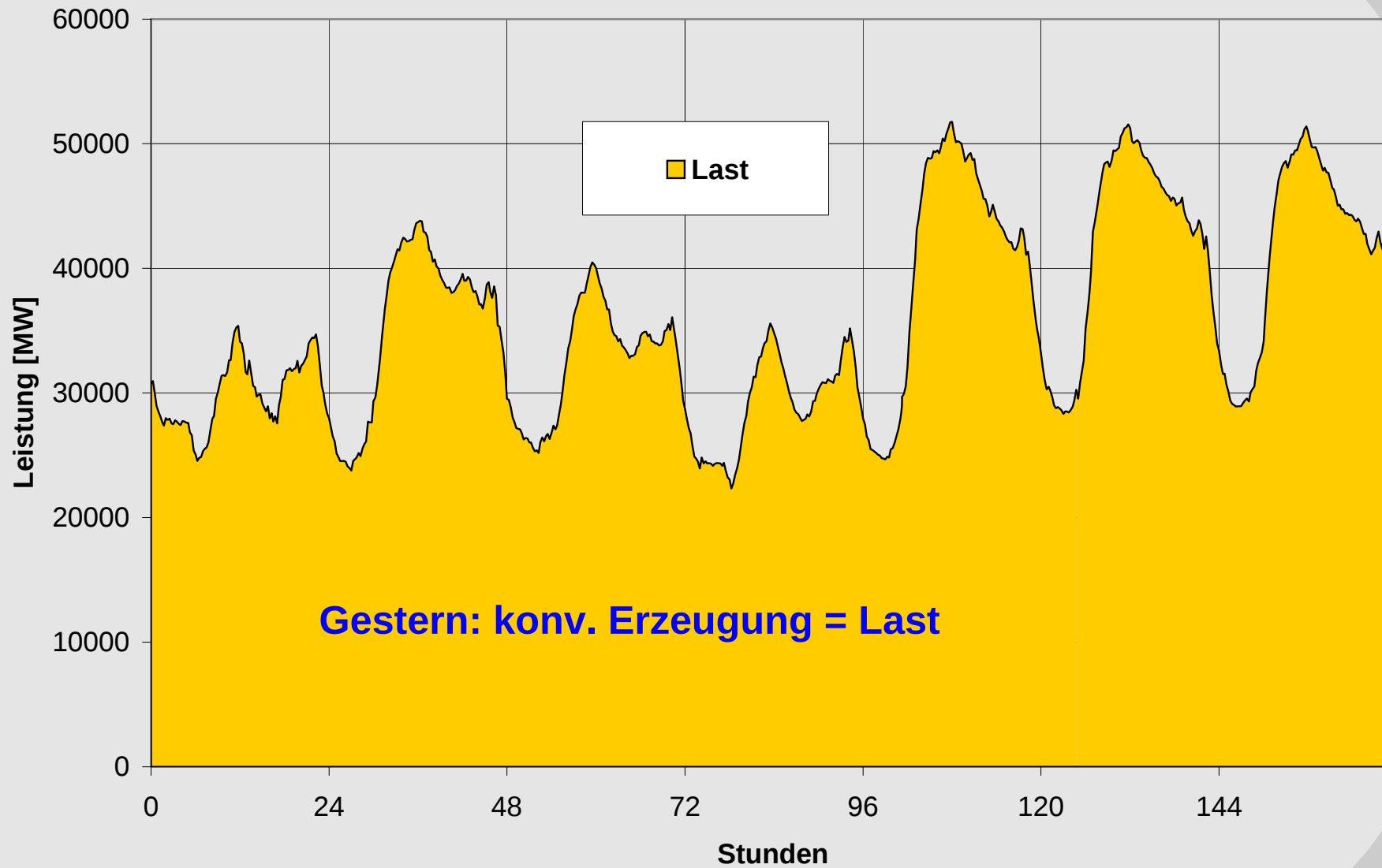
- Leistungs- und Frequenzregelung
- Netzbetriebsführung
- Redispatch von Kraftwerken hinsichtlich Wirk- und/oder Blindleistung,
- Nutzung weiterer Blindleistungserzeuger zur Blindleistungsregelung,
- Einschränkung der Windleistungserzeugung,
- Schalthandlungen im Netz und im Extremfall,
- Abwurf von Lasten.

Informations- und Systembedarf

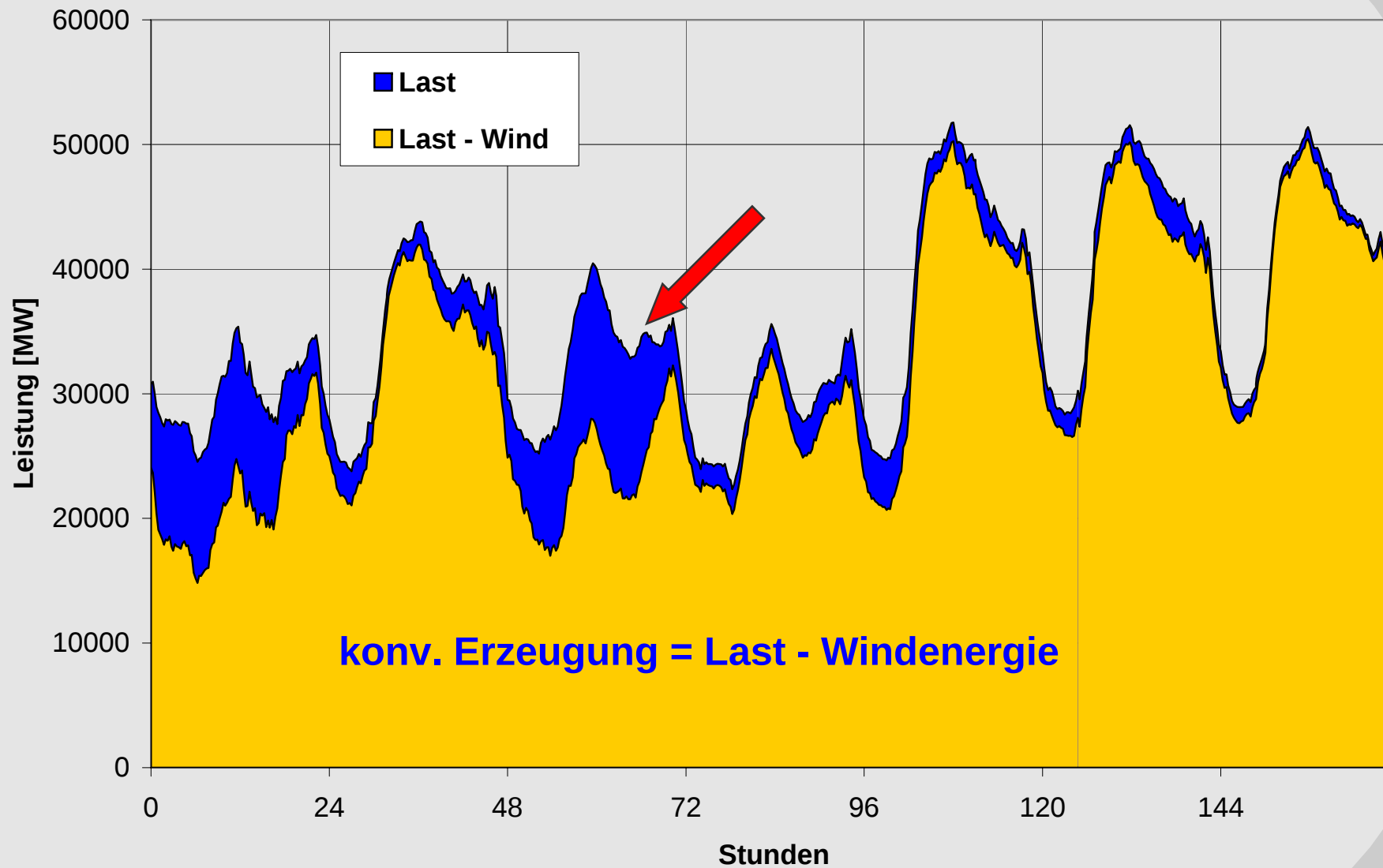
- Lastflussberechnungs-Tools
 - Kurzschlussberechnungs-Tools
 - Netzreduktionsprogramme
-
- Aktuelle Daten und Prognosen über dezentrale Einspeiser
 - Aktuelle Informationen über Netz- und Betriebsmittelauslastung



Einleitung

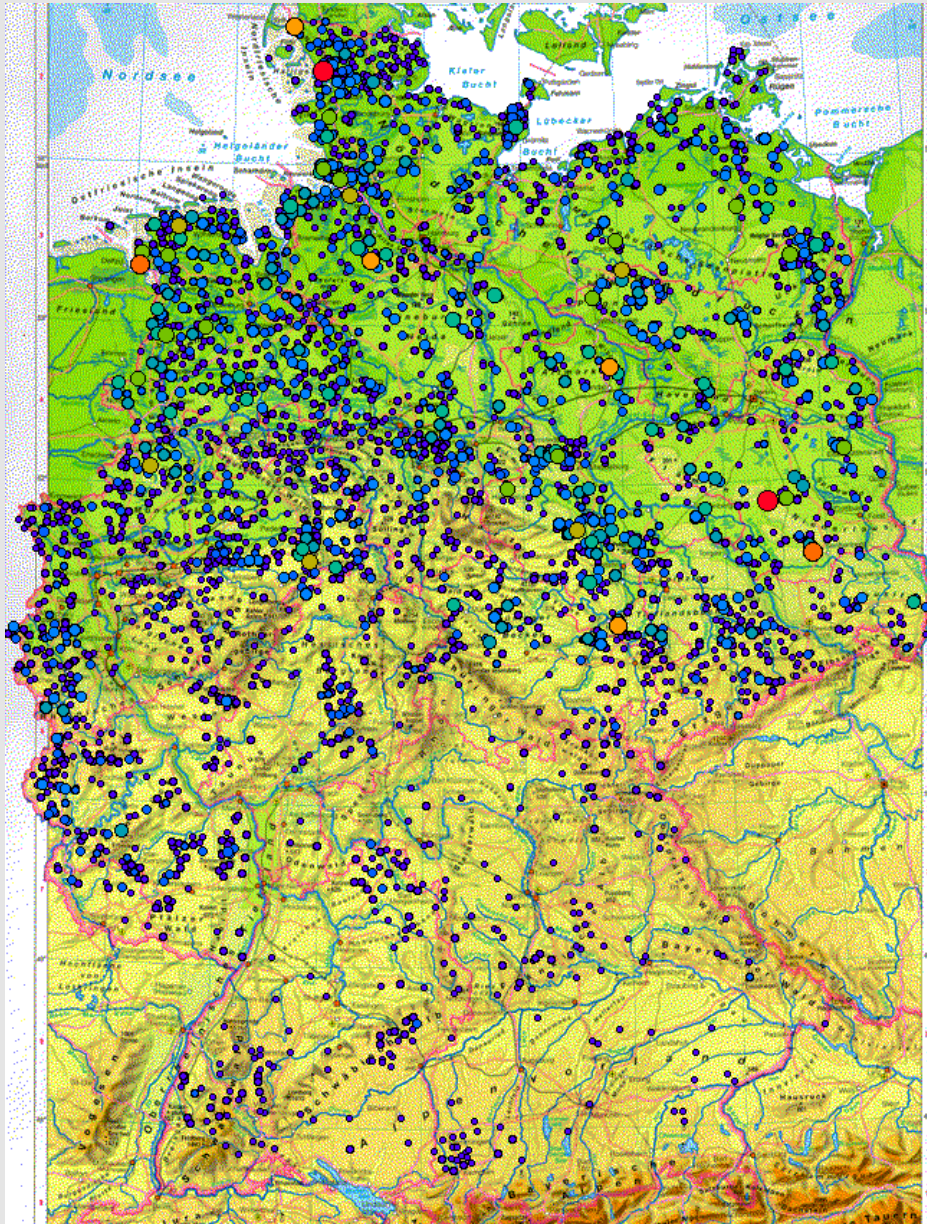


Einleitung

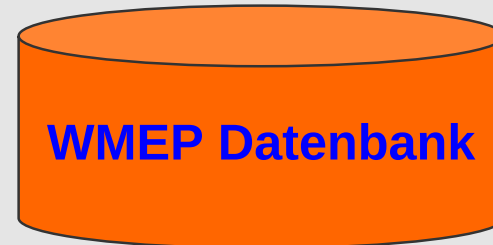


Lastprofil mit Windenergieeinspeisung heute - erfordert genaue Kenntnis der WE

Stand der Technik

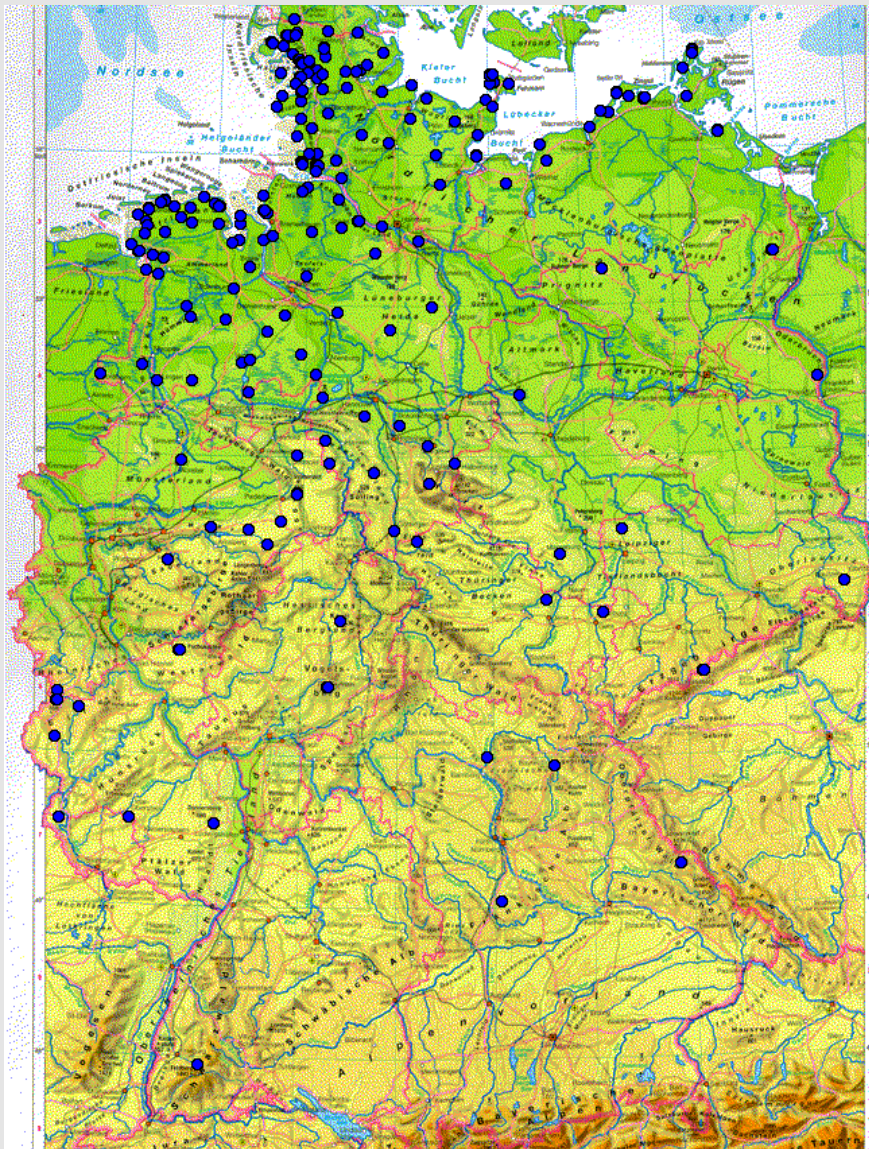


Datenbank mit Eckdaten aller in Deutschland betriebsenen WEA



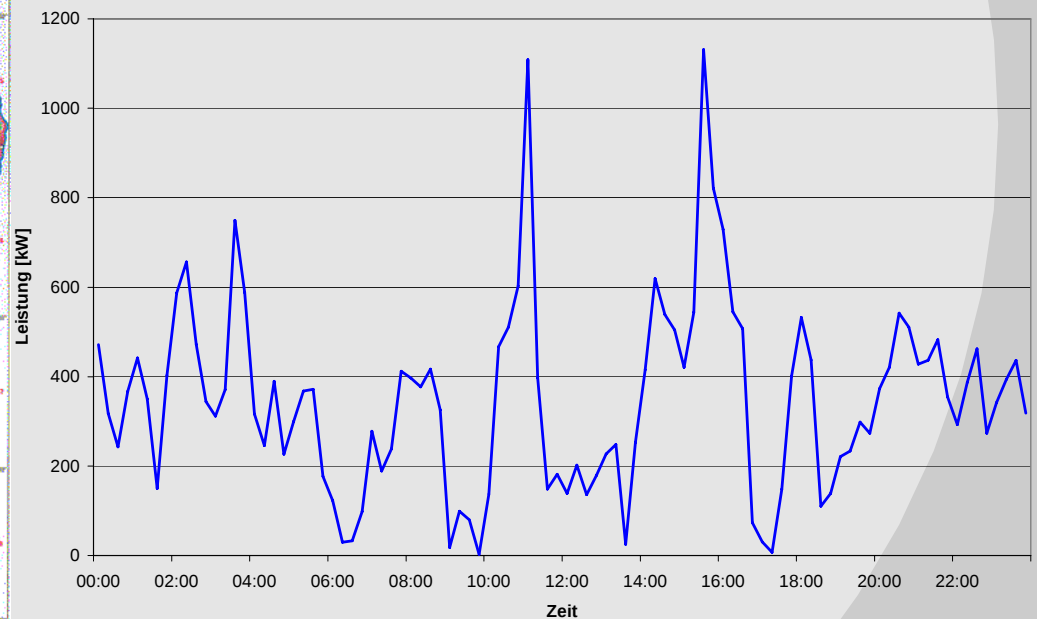
Typenbezeichnung
Basisdaten (Nennleistung,
Rotordurchmesser, Nabenhöhe)
Standort (PLZ, Ort, Bundesland,
geografische Koordinaten, Höhe NN)
Rauhigkeitsparameter
zugehöriger Netzbetreiber
Datum der Inbetriebnahme
Datum der Stilllegung

Stand der Technik



Umfangreicher Bestand an Messdaten

WMEP Fernmessnetz
200 Mio. 5-min. Mittelwerte
Windgeschwindigkeit
gemessen an 180 Standorten



**ermöglicht Analyse großräumig
verteilter Windenergieeinspeisung**

Stand der Technik

Istwert-Bestimmung und Prognose der Windenergieeinspeisung

Online-Modell berechnet den Istwert aus repräsentativen Messungen

Prognosemodell berechnet die zu erwartende Windenergieeinspeisung auf Basis von Leistungsmessungen und Wetterprognosen

Genauigkeit:

94 % für die Folgetagsprognose
96 % für die 4-Stunden-Prognose

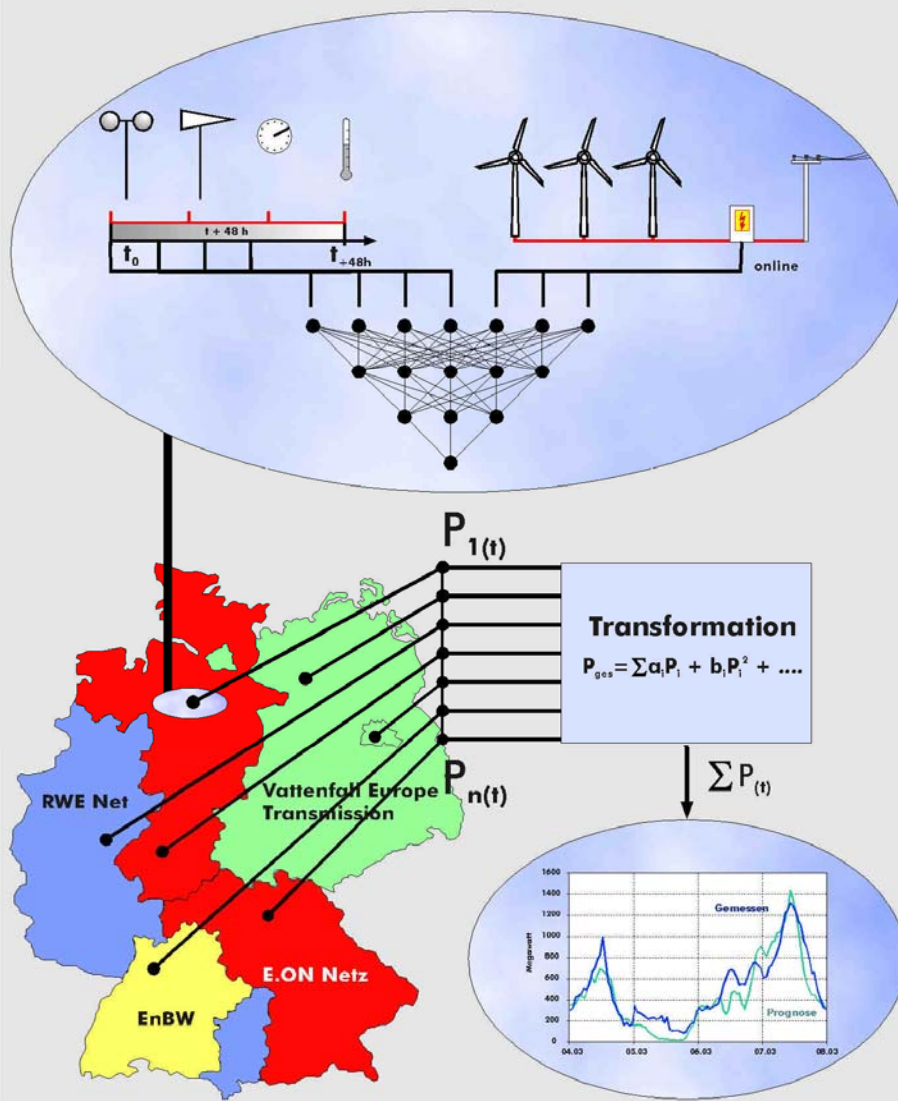
Einsatz:

E.ON-Netz

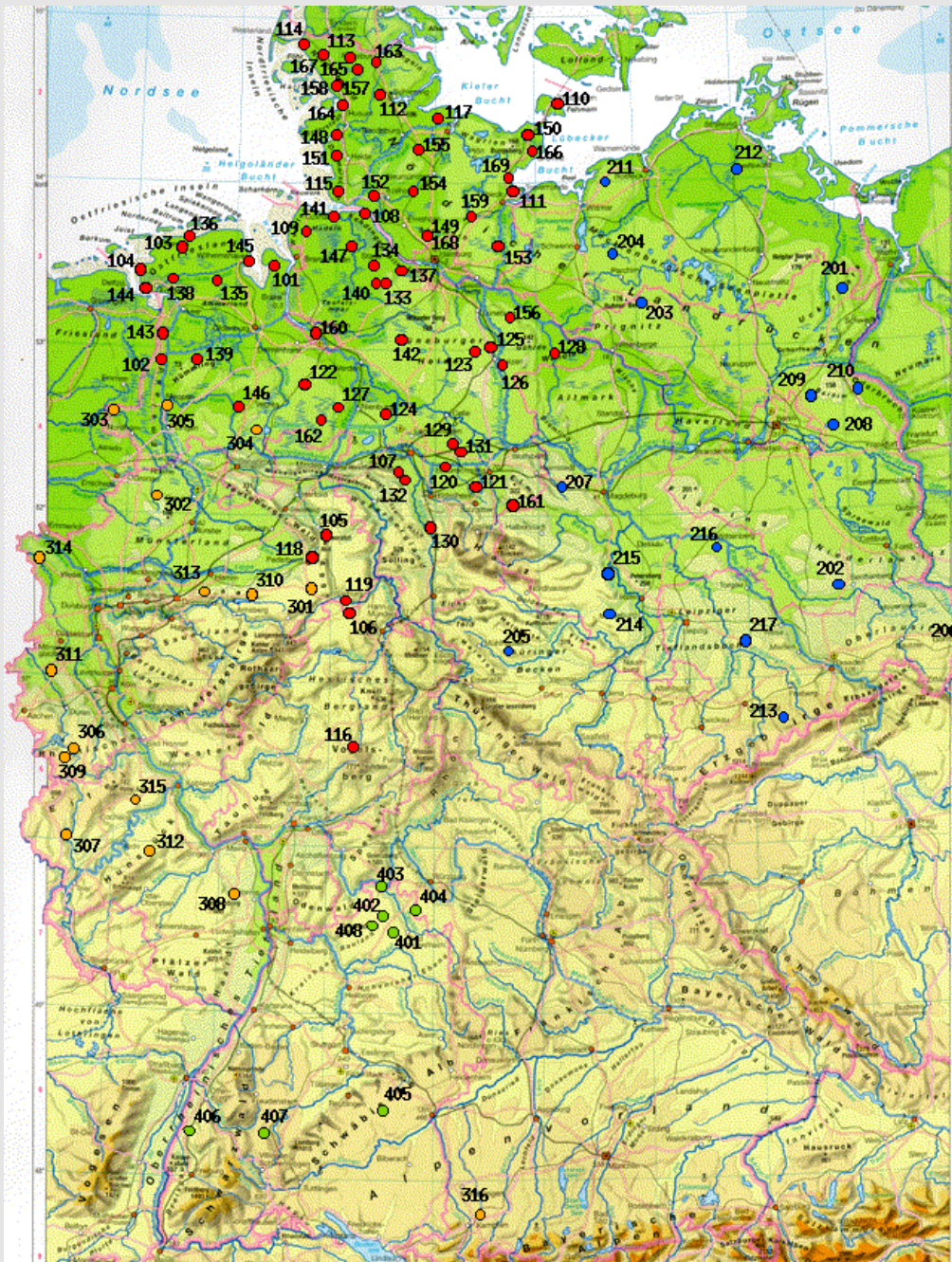
Vattenfall Europe Transmission

RWE Transportnetz Strom

EnBW Transportnetze



Stand der Technik

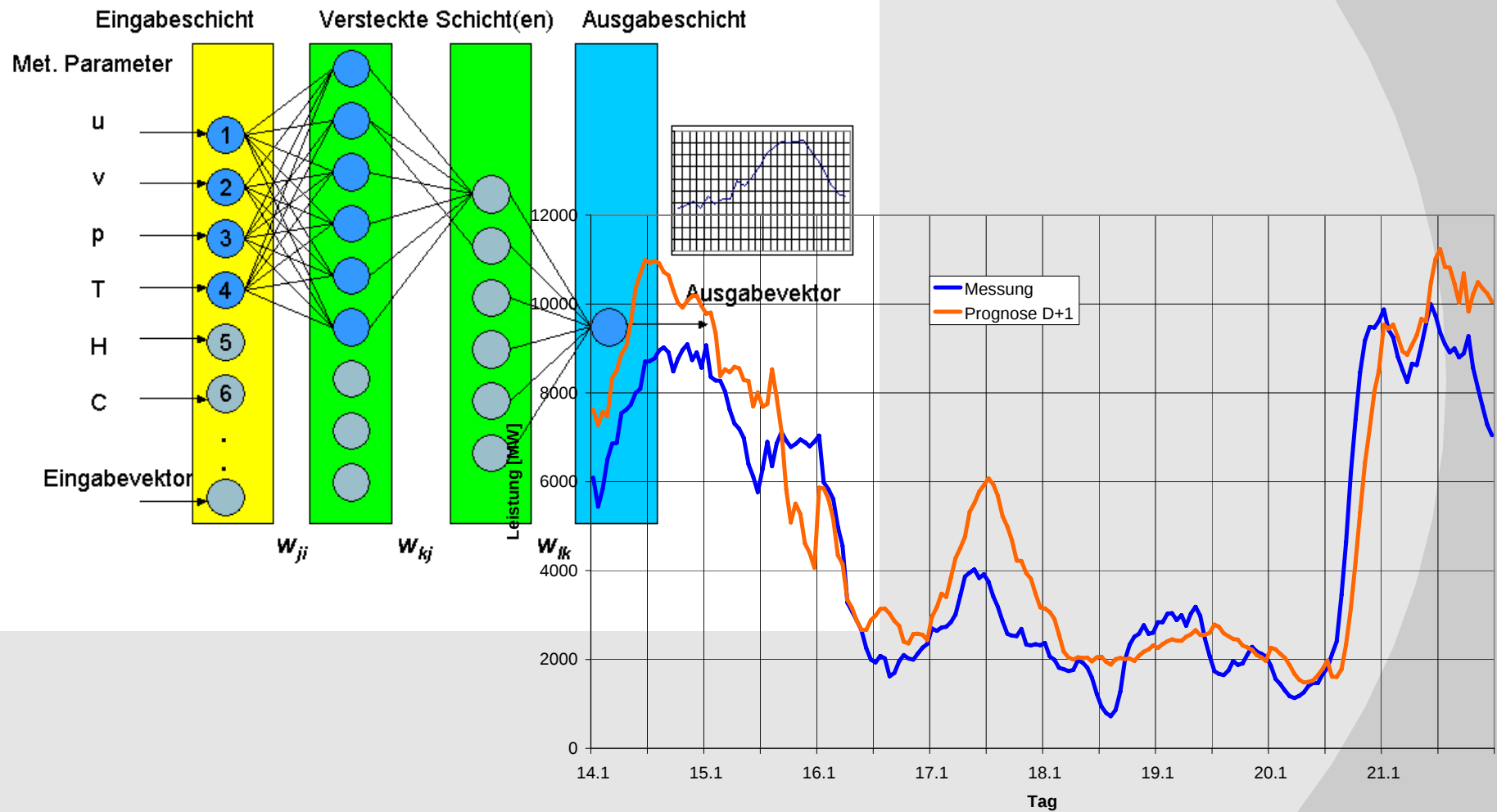


Referenzmessnetz

Leistungsmessung an repräsentativen Windparks (Umspannwerken)

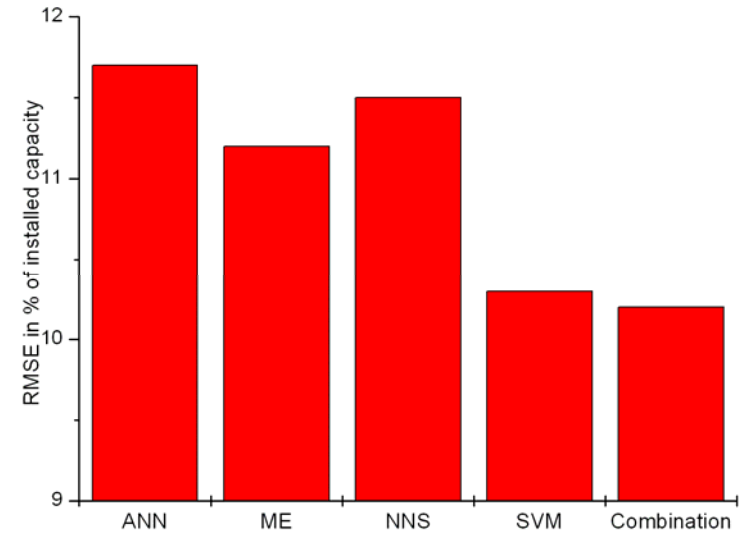
E.ON:	69 Stationen	2356 MW	(33,2 %)
VE-T:	17 Stationen	725 MW	(11,4 %)
RWE:	16 Stationen	461 MW	(15,2 %)
EnBW:	7 Stationen	108 MW	(41,3 %)
Summe:	111 Stationen	3650 MW	(21,8 %)

Stand der Technik

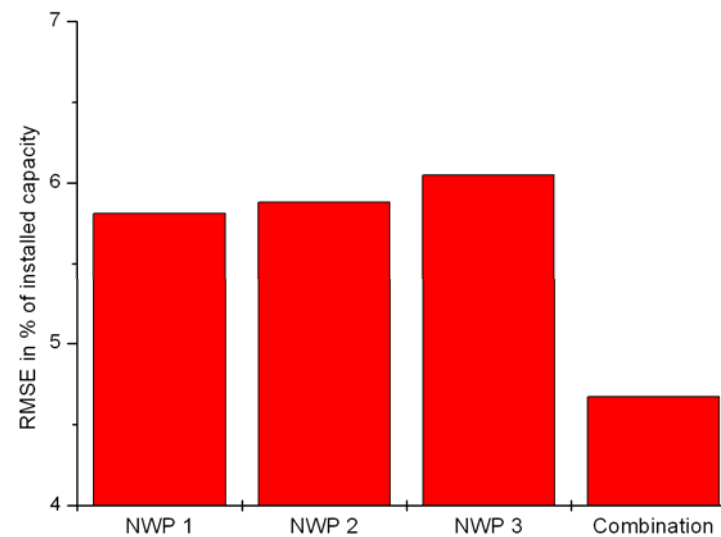


Windleistungsprognose mit Hilfe Künstlich Neuronaler Netze

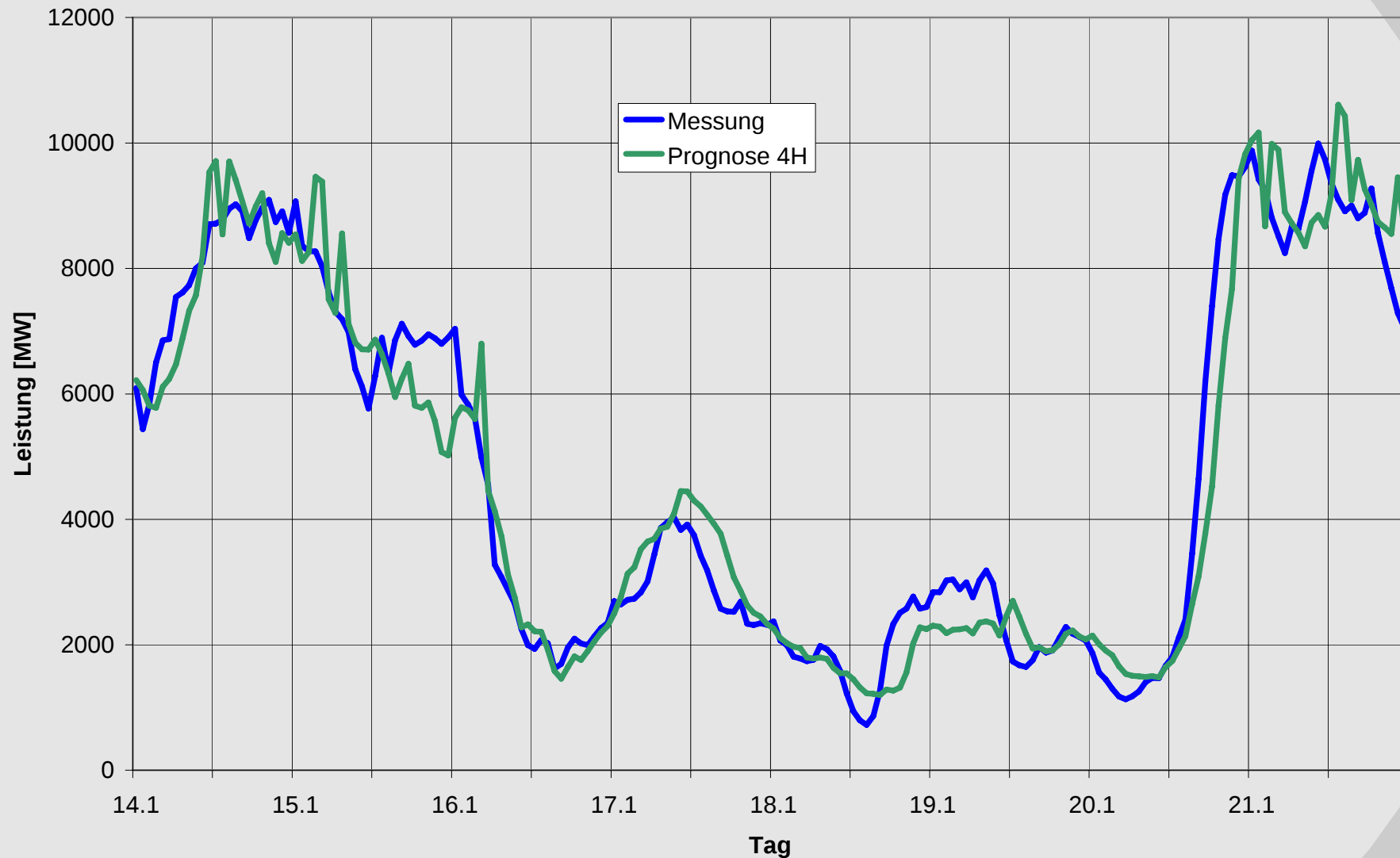
Stand der Technik



Kontinuierliche Verbesserung der
Prognosegüte

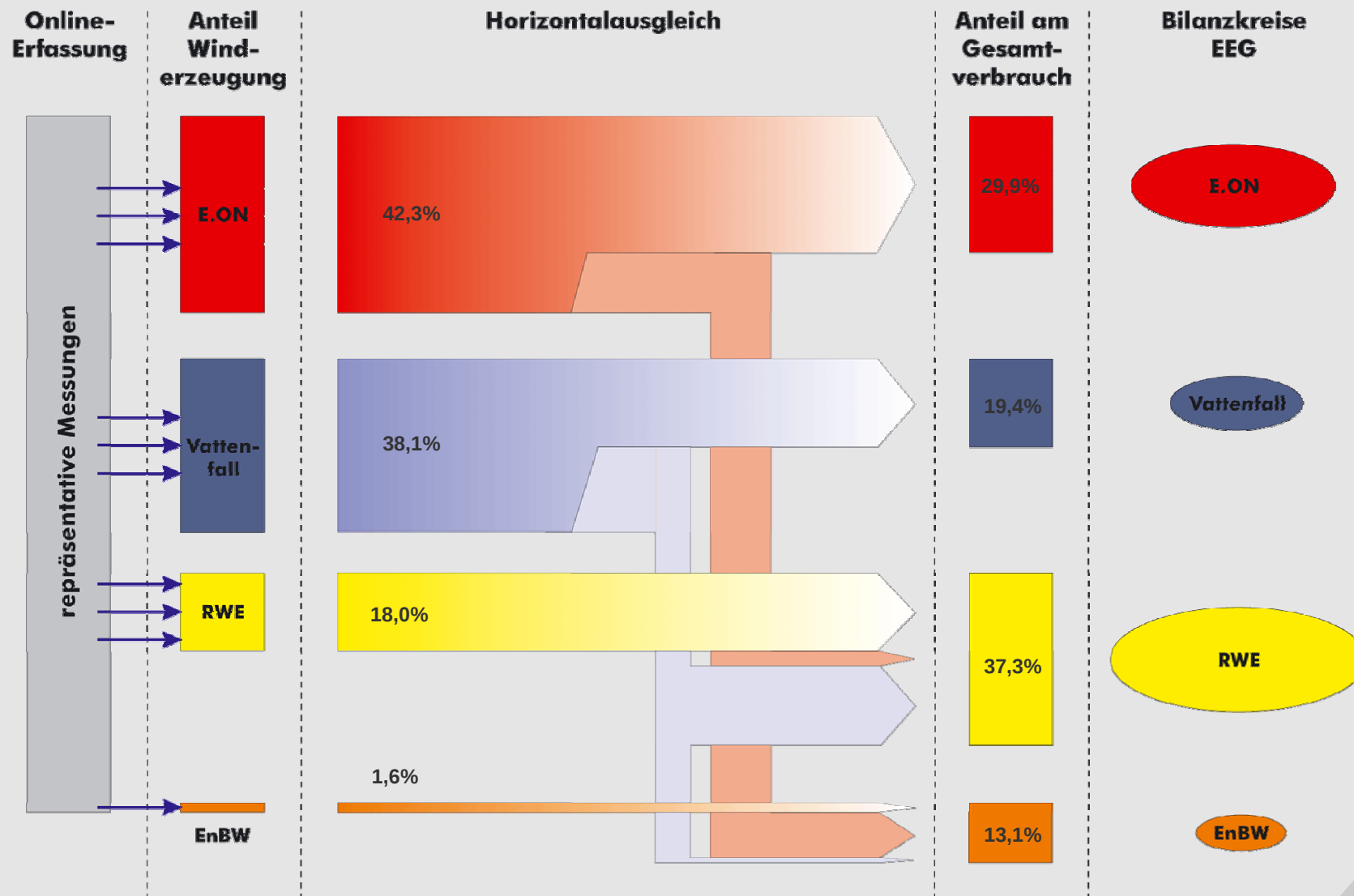


Stand der Technik

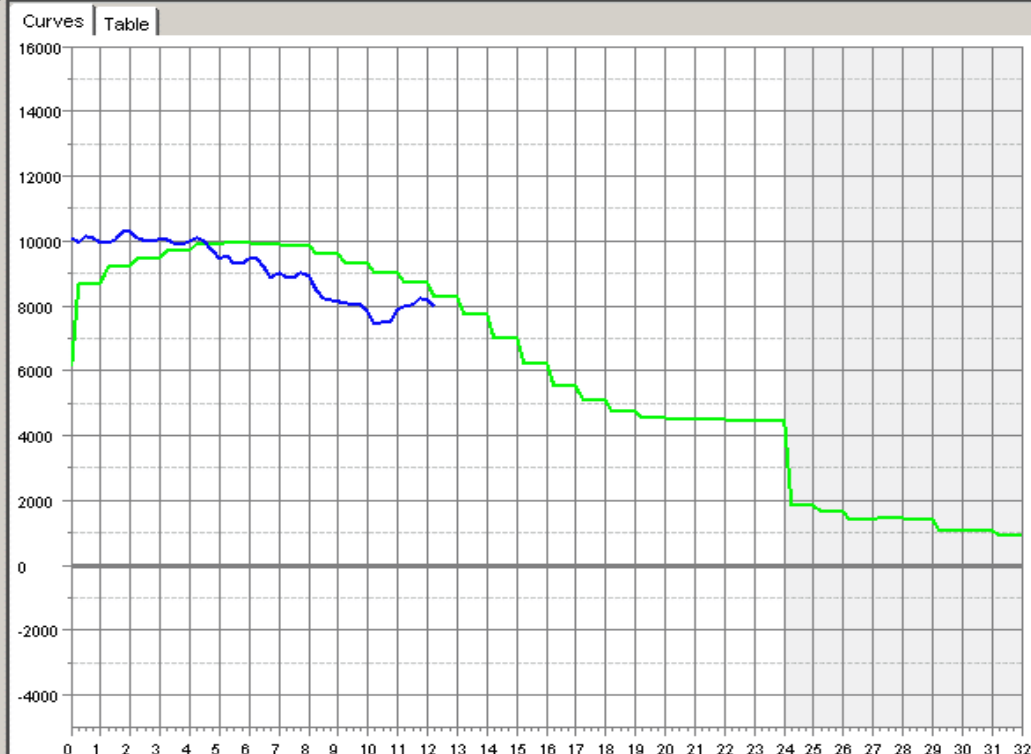
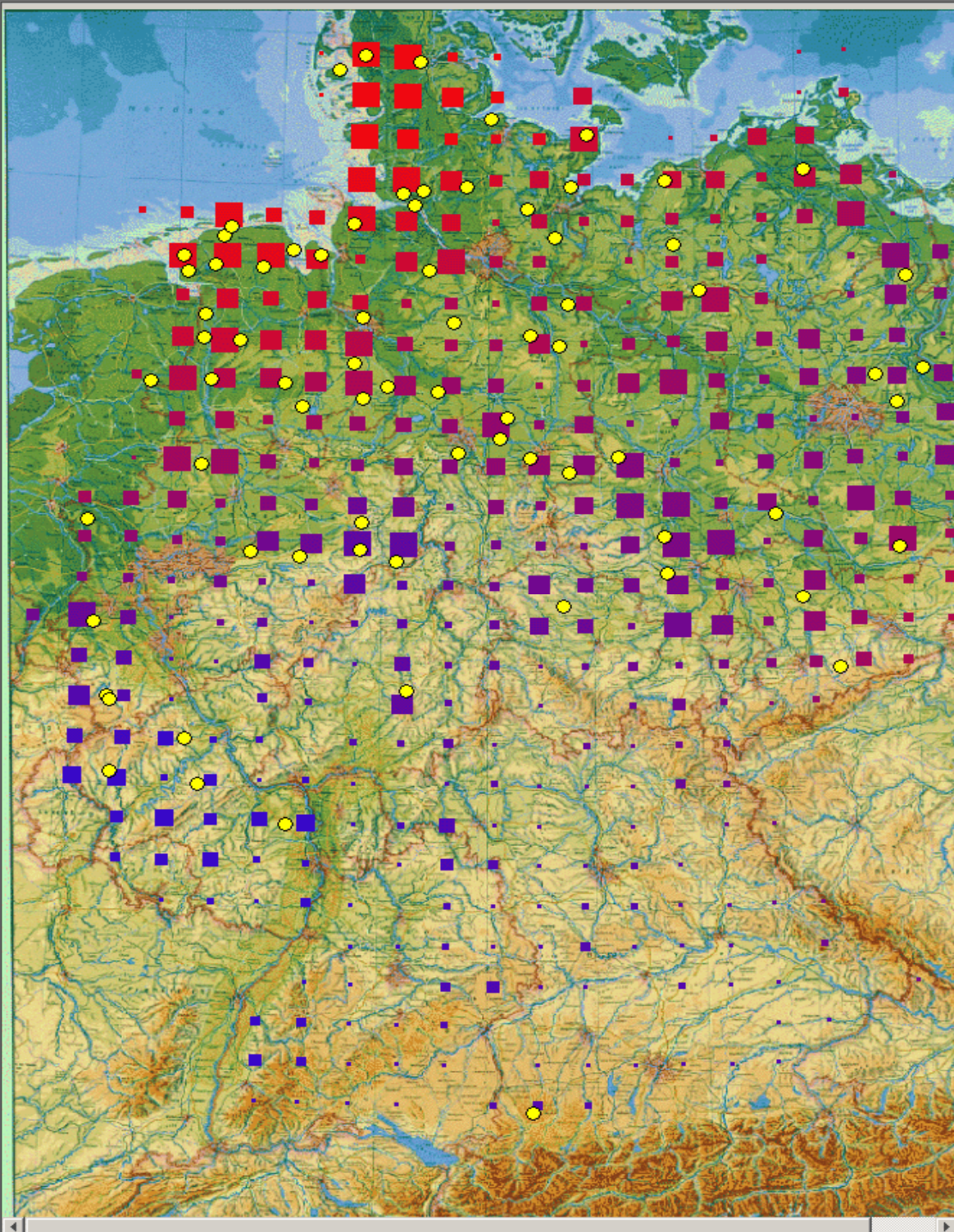


Windenergieeinspeisung Deutschland – Istwert und 4-Stundenprognose

Stand der Technik



Unverzüglicher horizontaler Ausgleich der Windenergieeinspeisung §14 EEG



— Measurement
 — DWD forecast
 — Short-term forecast
 — Reference curve
 — Deviation reference-measurement

Measurement from 25.12.2004 00:00
 to 25.12.2004 12:15
 DWD forecast of 24.12.2004 07:00

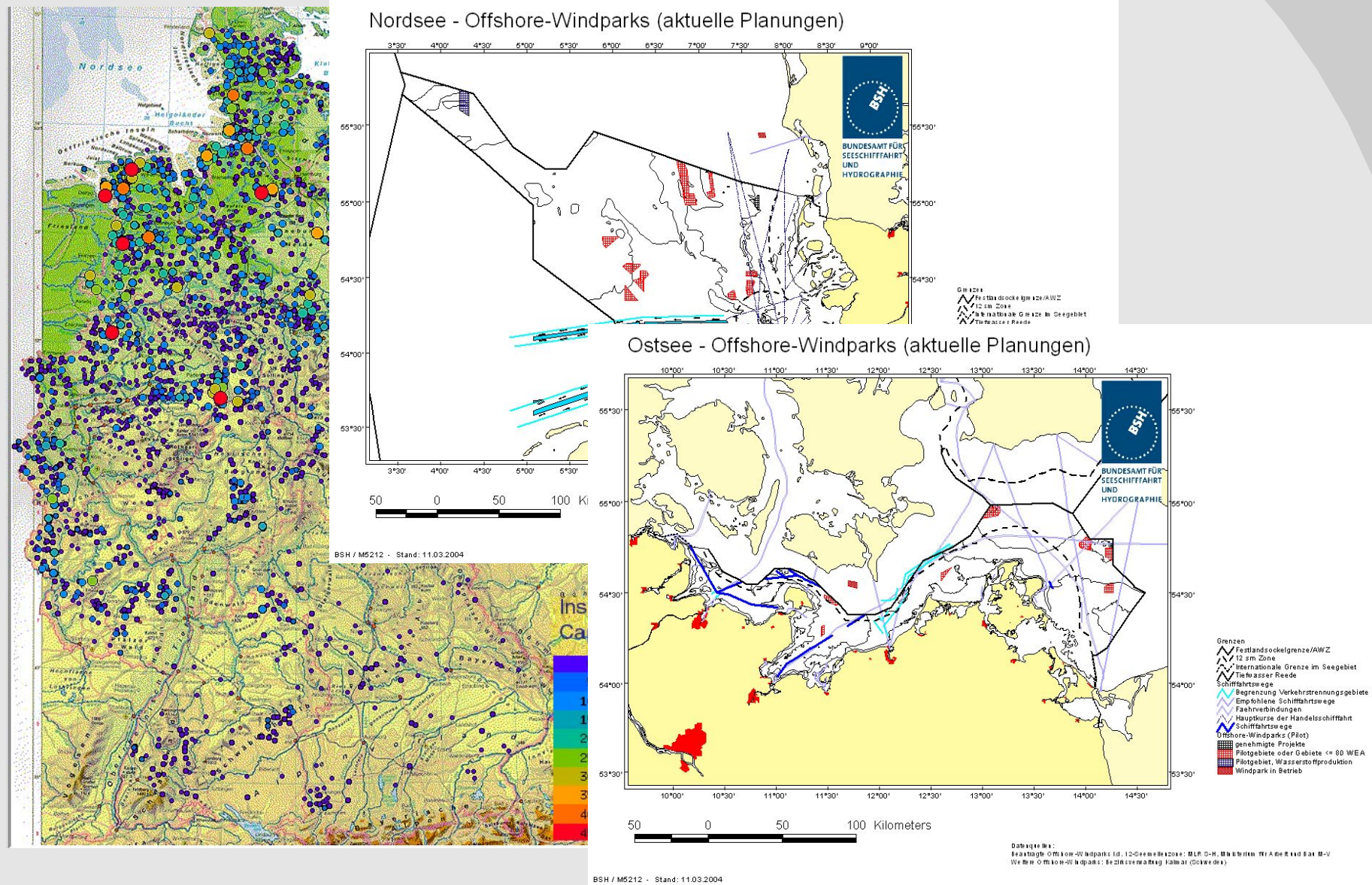
Total instantaneous power output: 7994 MW
 Instantaneous capacity factor: 0,00 %

#	St...	On...	Name	Capacity	ICF	#	State	On...	Name	Capacity	ICF
1		☒	Nordenham	13.5 MW	83.5 %	2		☒	Niederlangen	93.0 MW	30.5 %
3		☒	Holtriem	52.5 MW	70.4 %	4		☒	Manslagt	29.1 MW	78.0 %
5		☒	Freiburg	40.6 MW	75.8 %	6		☒	Krempel	80.8 MW	58.4 %
7		☒	Travemuende	7.9 MW	45.9 %	8		☒	Lindewitt	34.0 MW	93.2 %
9		☒	Niebuell	24.21 MW	80.7 %	10		☒	Ulrichstein	10.3 MW	33.8 %
11		☒	Gettorf	13.5 MW	116.5 %	12		☒	Benhausen	33.275 MW	22.2 %
13		☒	Daseburg	32.0 MW	8.2 %	14		☒	Schwicheldt	31.3 MW	48.5 %
15		☒	Bleckenstedt	27.9 MW	61.4 %	16		☒	Wedehorn	33.9 MW	59.3 %
17		☒	Stadorf	38.75 MW	65.6 %	18		☒	Bueren	46.25 MW	28.5 %
19		☒	Emern	24.0 MW	76.1 %	20		☒	Pennigsehl	51.0 MW	38.8 %
21		☒	Katensen	31.5 MW	13.2 %	22		☒	Gestorf	16.0 MW	54.6 %
23		☒	Bentstreek	18.0 MW	80.2 %	24		☒	Damsum	26.4 MW	64.4 %
25		☒	Ihlow	49.8 MW	78.2 %	26		☒	Lorup	37.8 MW	74.3 %
27		☒	Oersdorf	46.7 MW	56.2 %	28		☒	Tewel	35.2 MW	31.4 %
29		☒	Rhede	77.4 MW	64.4 %	30		☒	Wybelsum	37.5 MW	68.7 %
31		☒	Wilhelmshav...	8.0 MW	78.7 %	32		☒	Wulfenau	39.6 MW	0.0 %



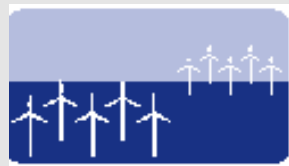
Institut für Solare Energieversorgungstechnik
 Verein an der Universität Kassel e.V.

Zukünftige Anforderungen

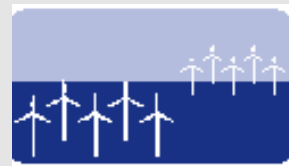


Weiterer Zubau On- und Offshore...

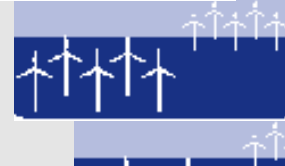
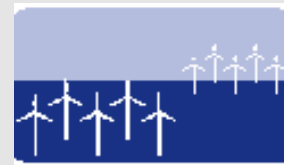
Zukünftige Anforderungen



Heute: 18,5 GW

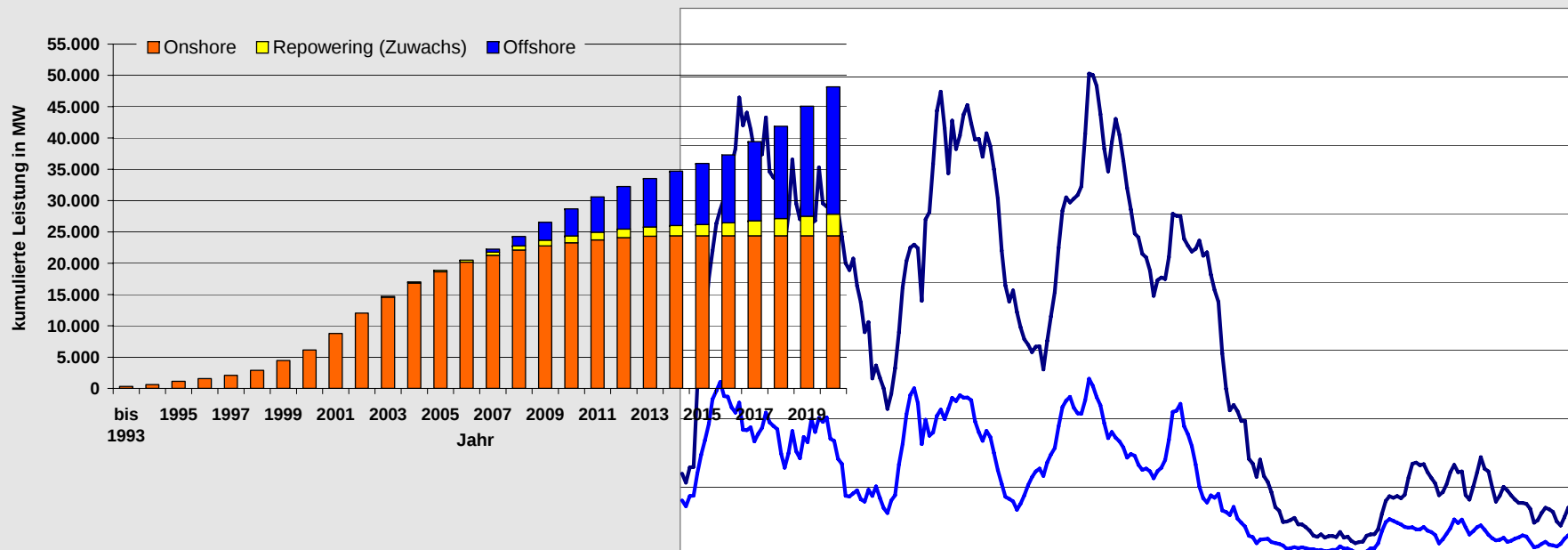


2015: 35,5 GW



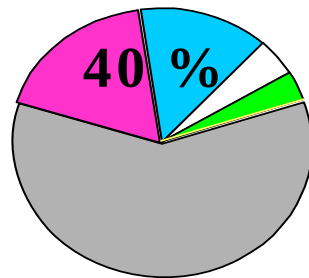
2020: 48 GW

Prognose Windenergieentwicklung in Deutschland bis 2020
(kumulierte Leistung)



...erfordert besondere Maßnahmen zur Integration

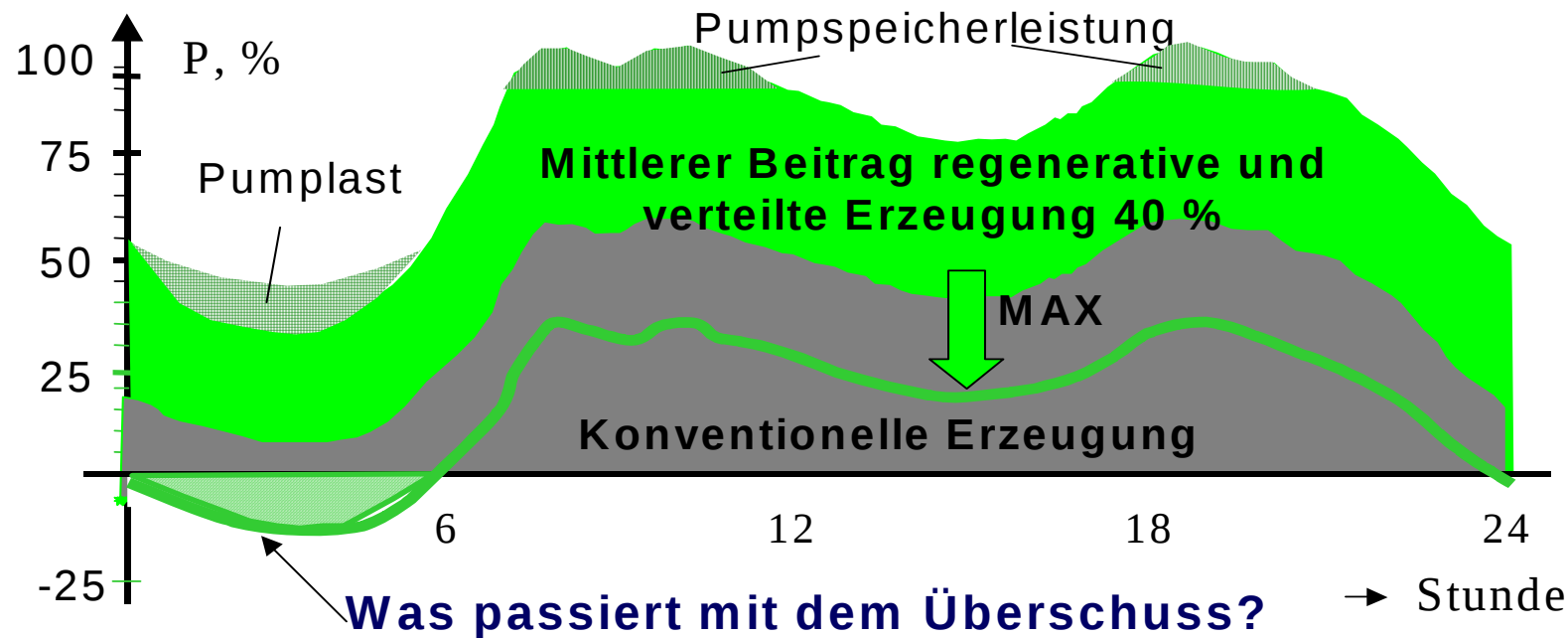
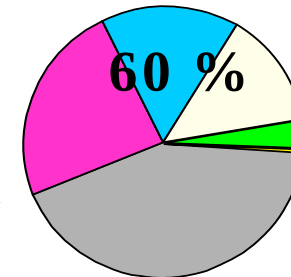
EU-Ziele 2010



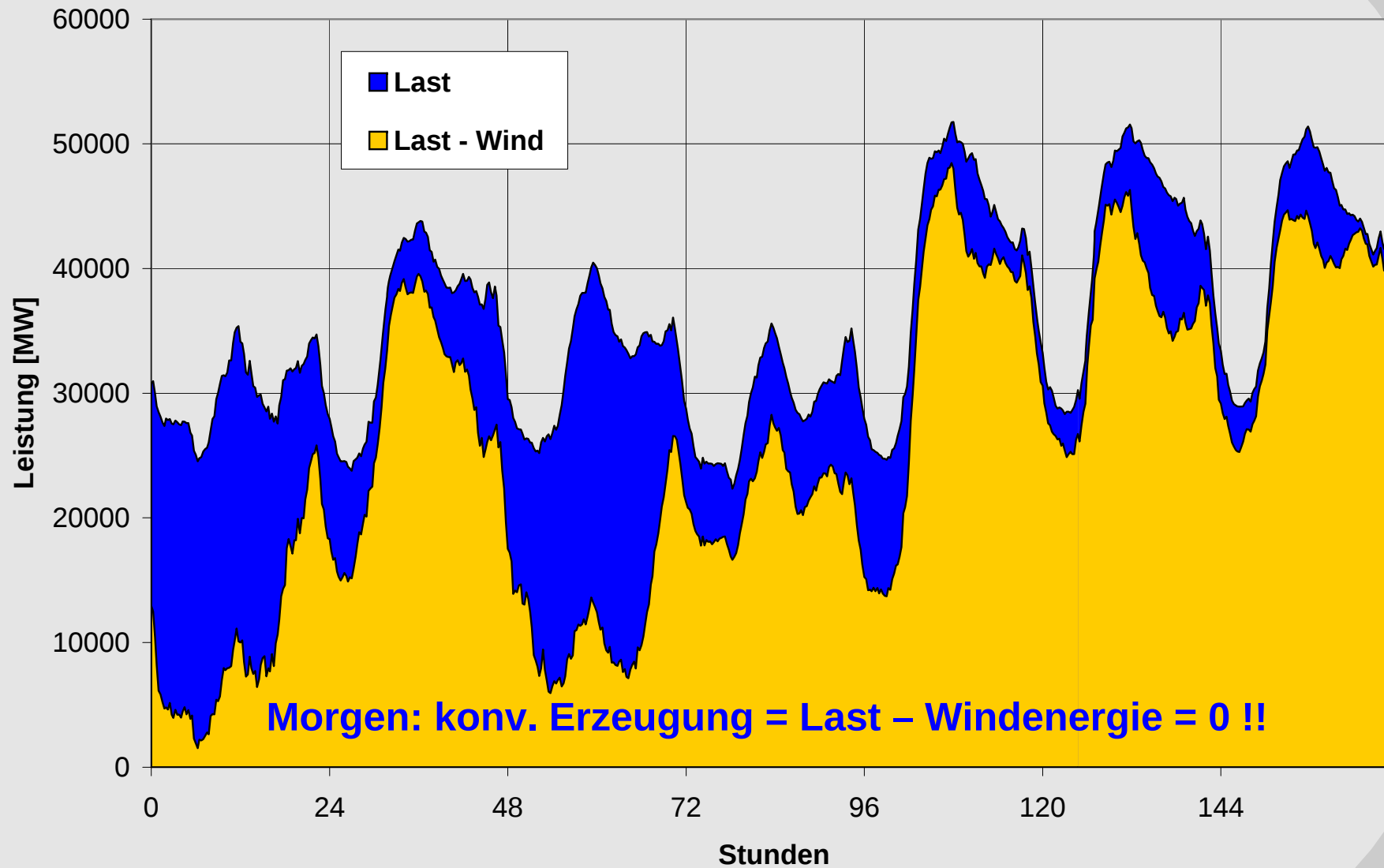
■ konventionell
■ KWK, inkl. Bio/BZ
■ Wasser

□ Wind
■ Biomasse
■ Photovoltaik

Max. Beitrag



Zukünftige Anforderungen

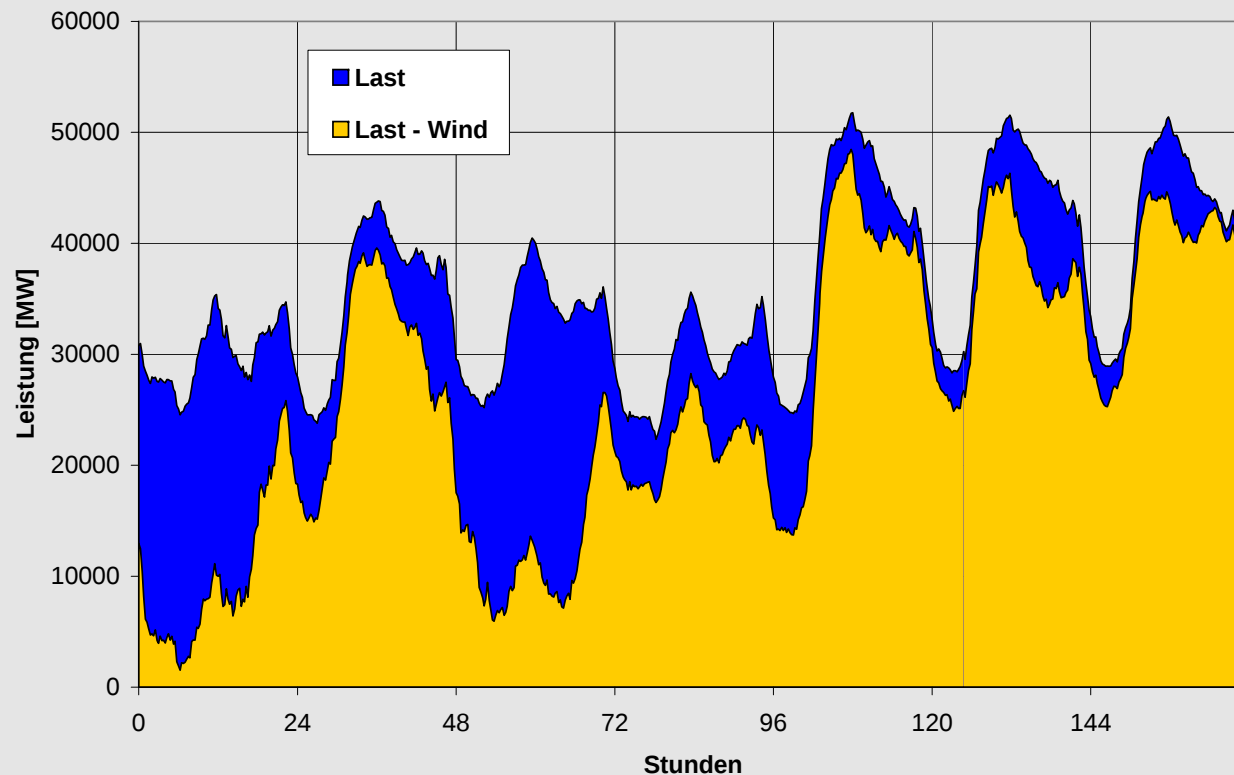


Lastprofil & Windenergieeinspeisung Szenario 2015

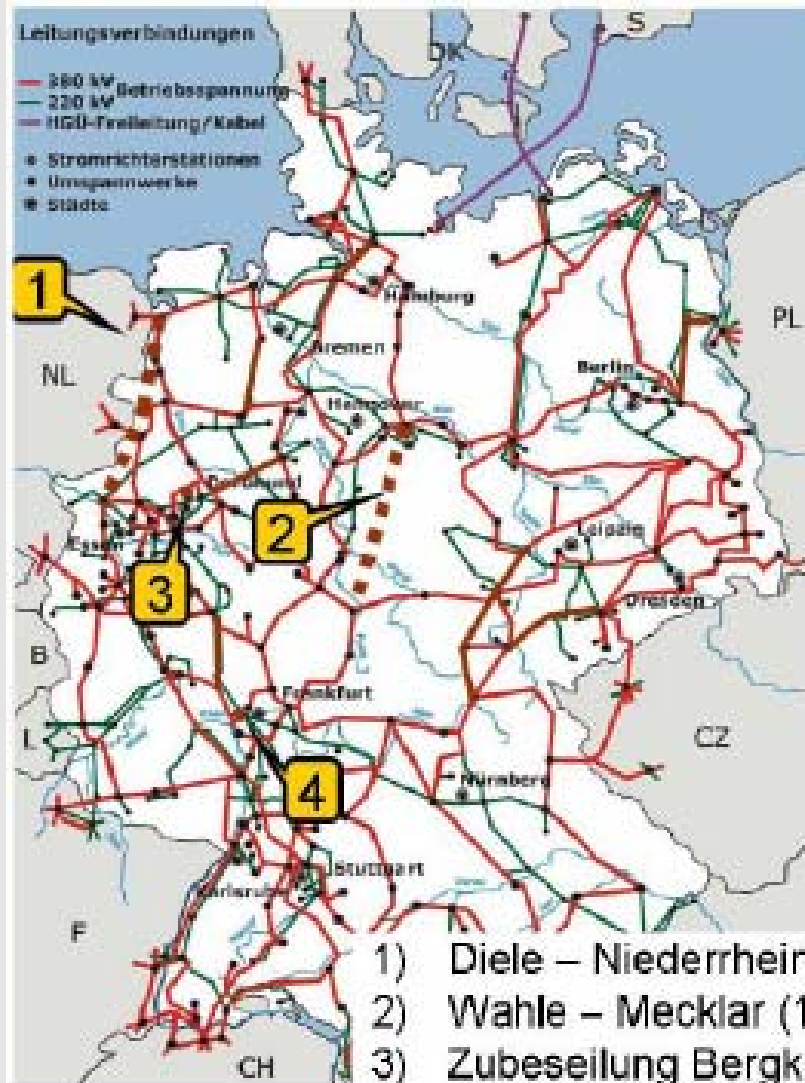
Zukünftige Anforderungen

Fluktuierende Windenergieeinspeisung im zig GW Bereich in die Elektrische Energieversorgung integrieren

- Optimierung/Minimierung des Regel-/Reserveleistungseinsatzes zum Ausgleich der Differenz zwischen Prognose und realer EEG-Einspeisung
- Beherrschung von Netzengpässen und Stabilisierung des Netzbetriebes



Zukünftige Anforderungen

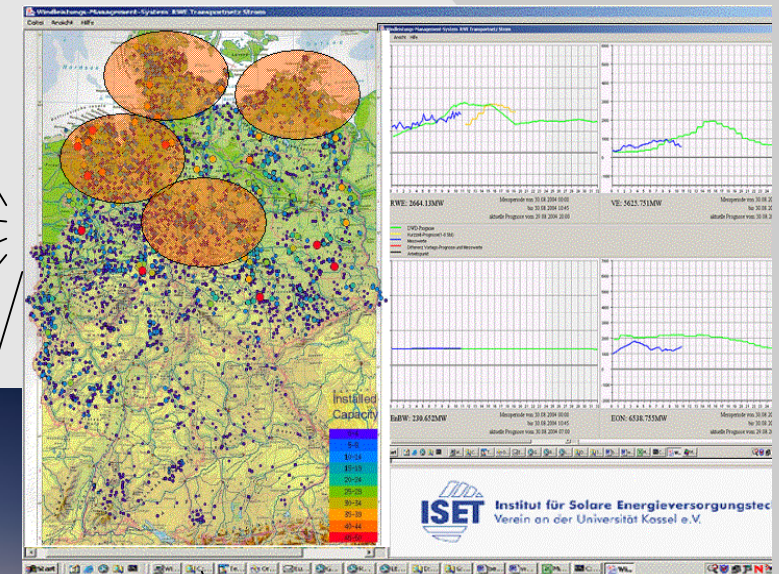


Dena Netzstudie:
Gezielter Ausbau und Verstärkung
der Netze

Weiter Ausbau ohne Eingriffe
in den Betrieb nicht möglich

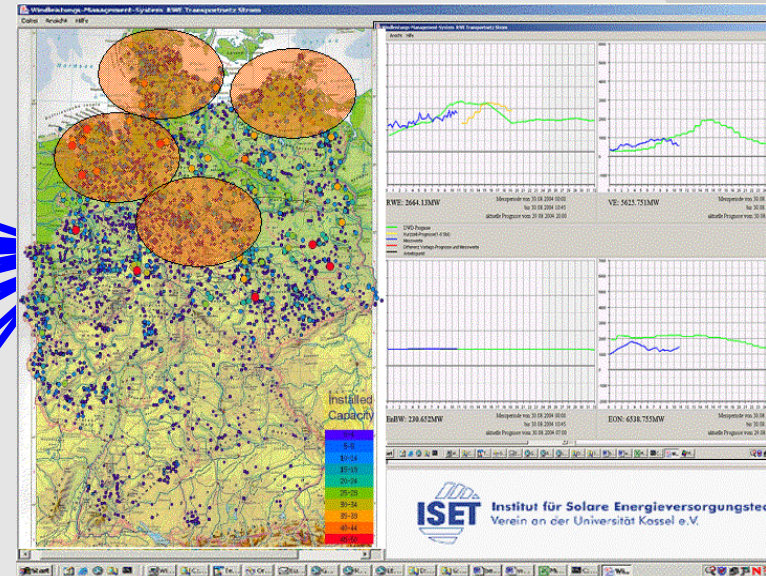
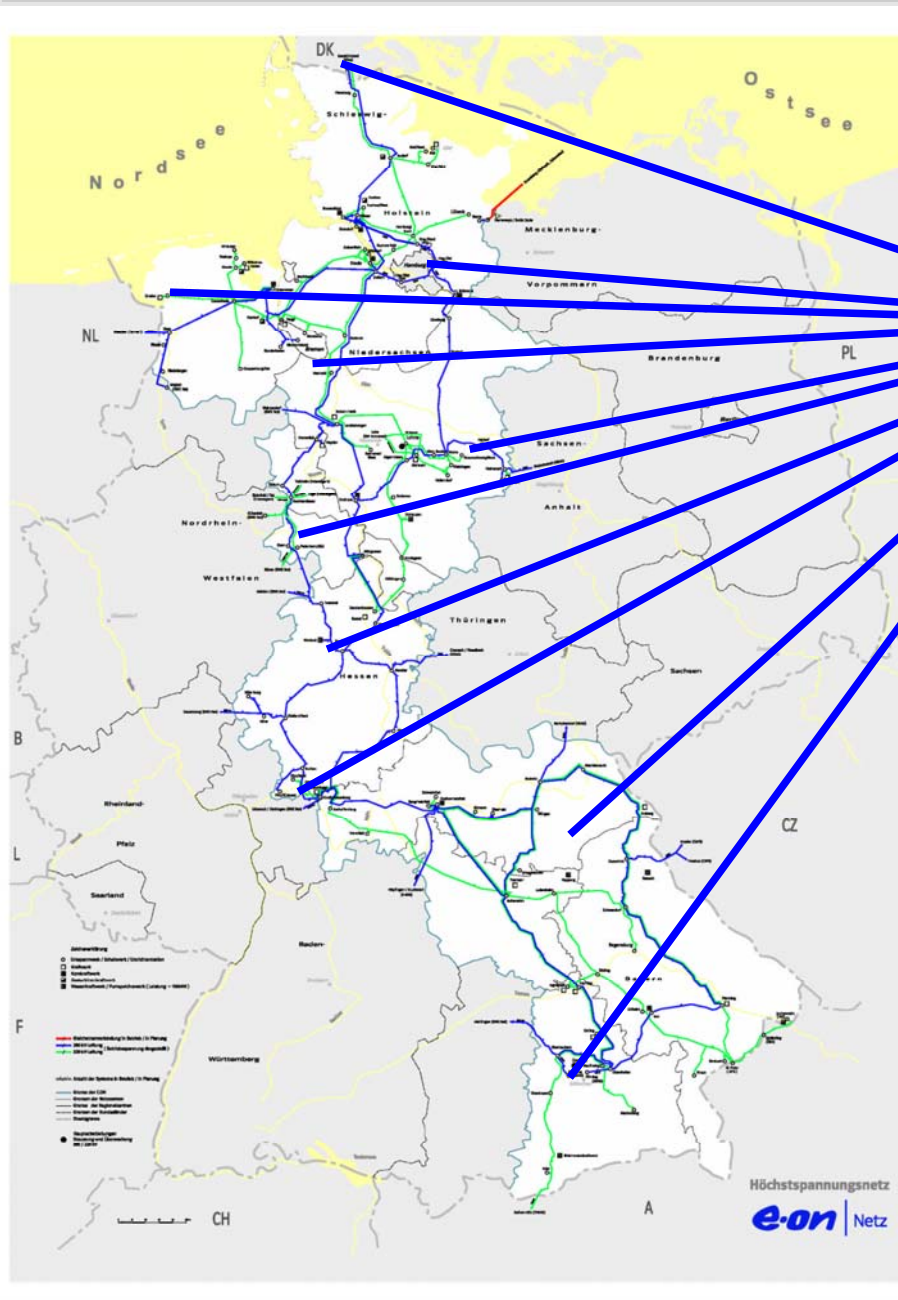
Große Virtuelle Kraftwerke

VWEW-Fachtagung
Smart Grids
Fulda, 7.-8. Juni 2006



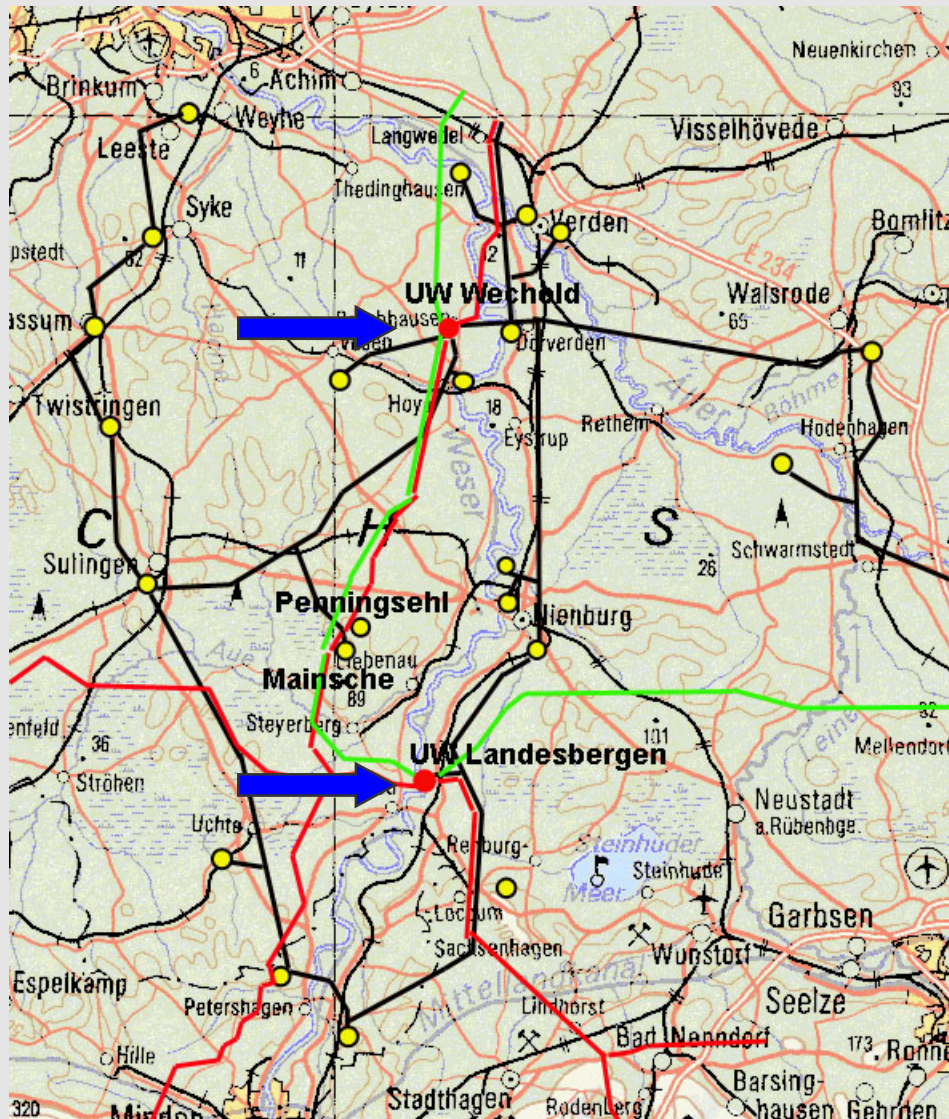
Große Virtuelle Kraftwerke

VWEW-Fachtagung
Smart Grids
Fulda, 7.-8. Juni 2006



Optimierung von Reserve- und Regelleistung
Unterstützung des Netzbetriebs

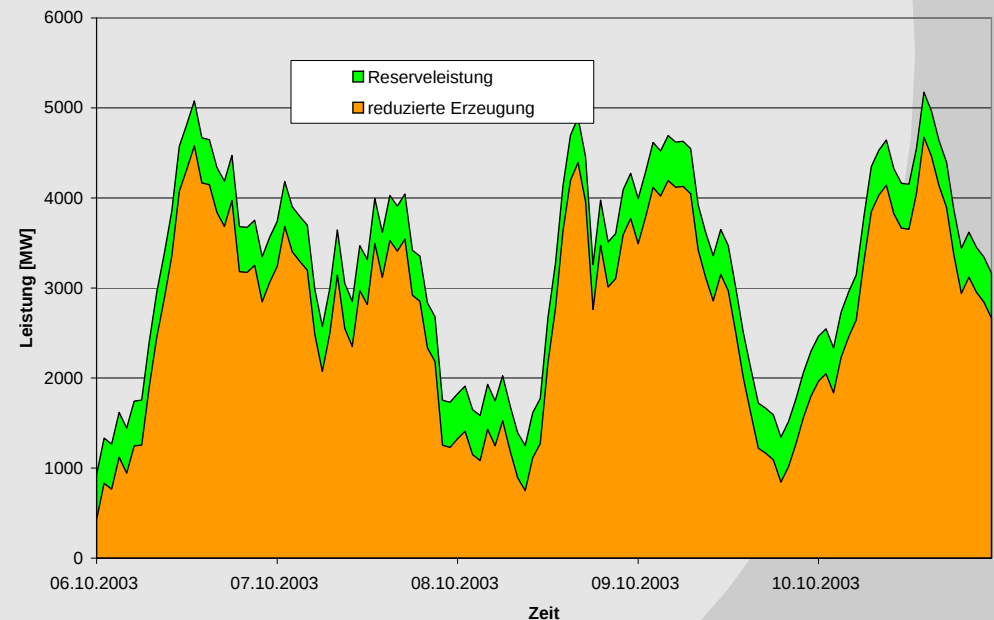
Große Virtuelle Kraftwerke



Prognose der Windeinspeisung P , Q
an HöS Knoten

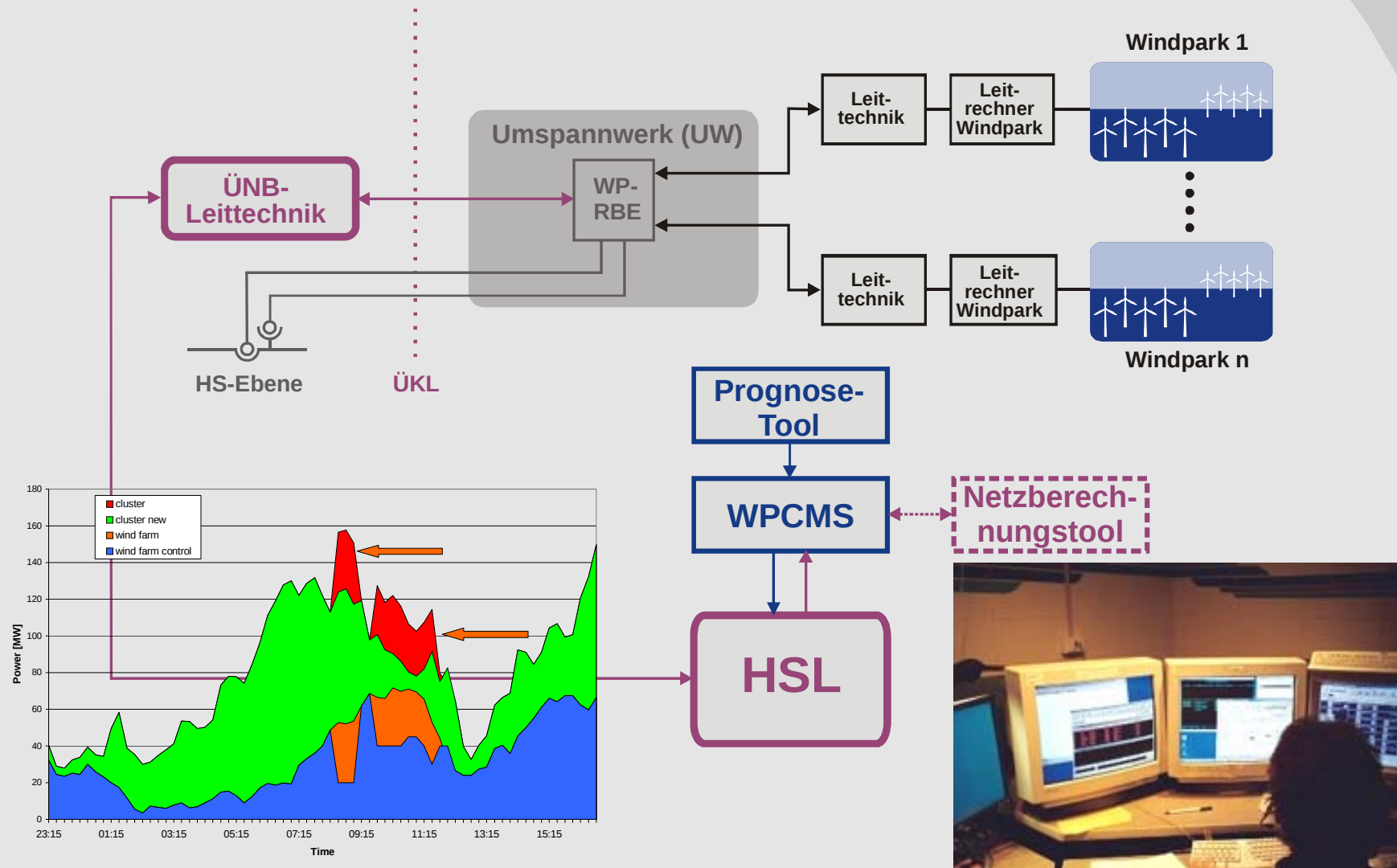
Betriebsführungsstrategien für
moderne Windparks und Windpark-
Cluster

Aktiver Beitrag zur Systemsicherheit



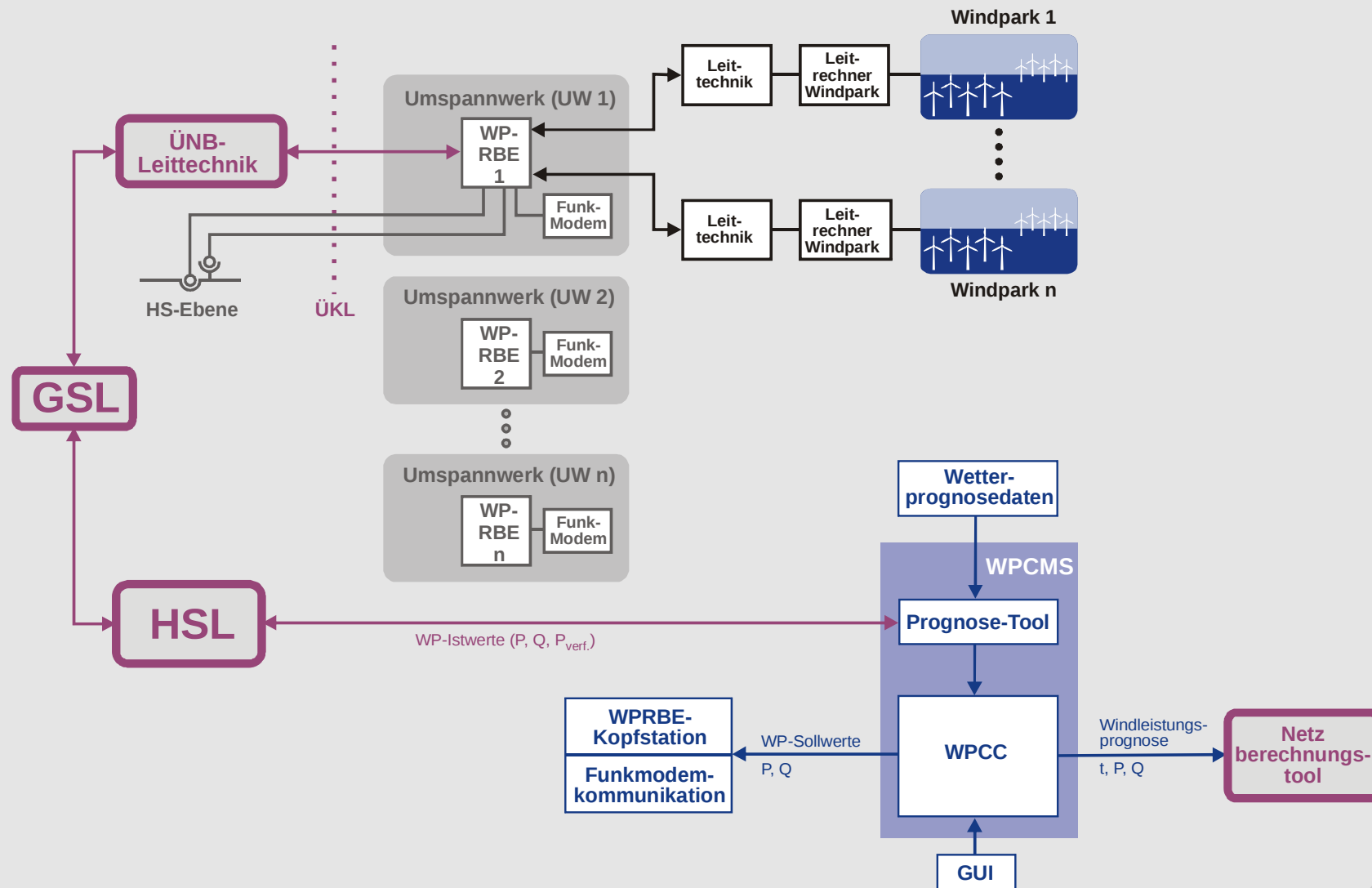
Zuordnung der WEA Einspeisung zu HöS Knoten

Große Virtuelle Kraftwerke

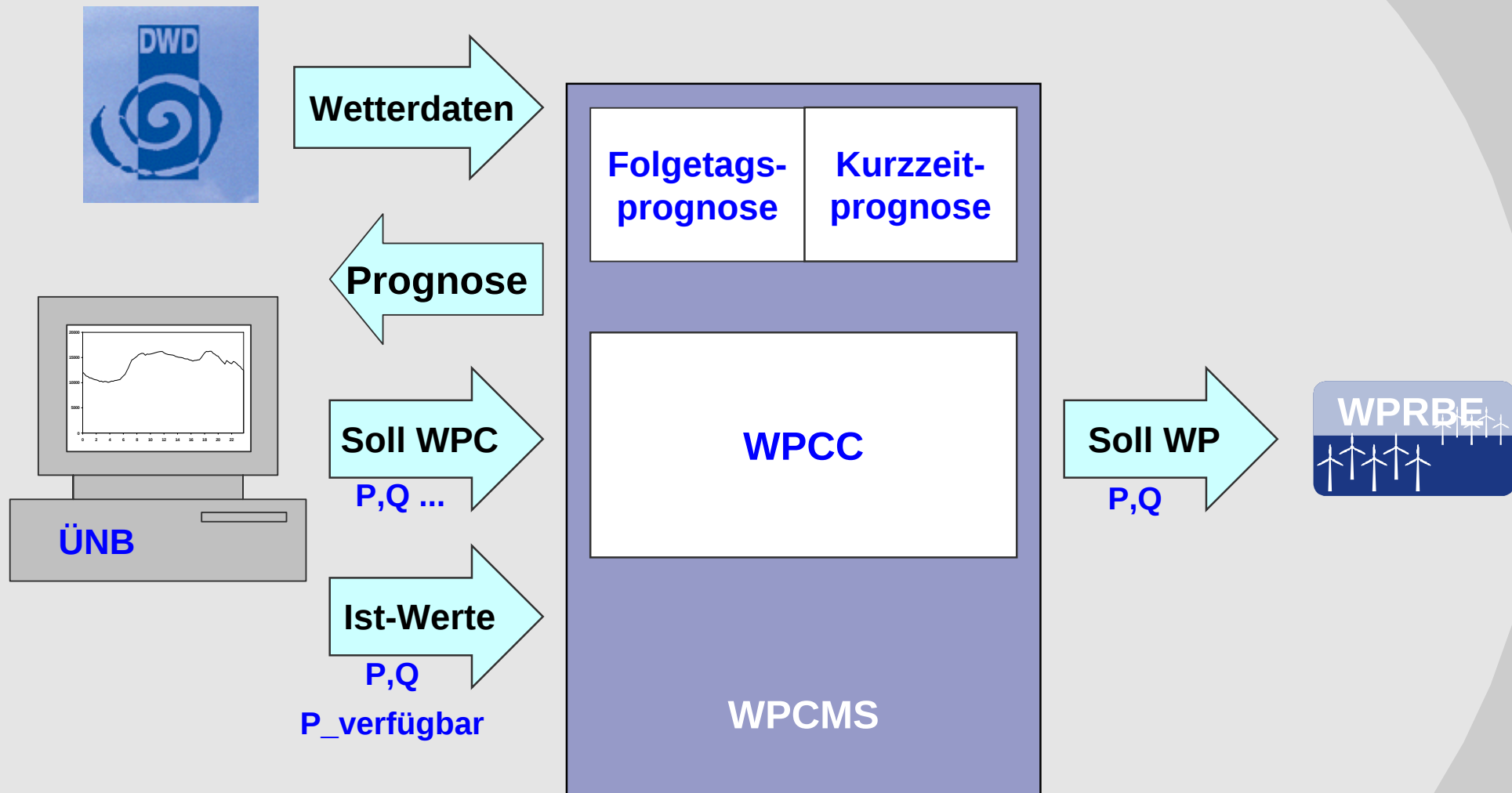


Cluster-Management: Betriebsführung großer Windpark-Cluster

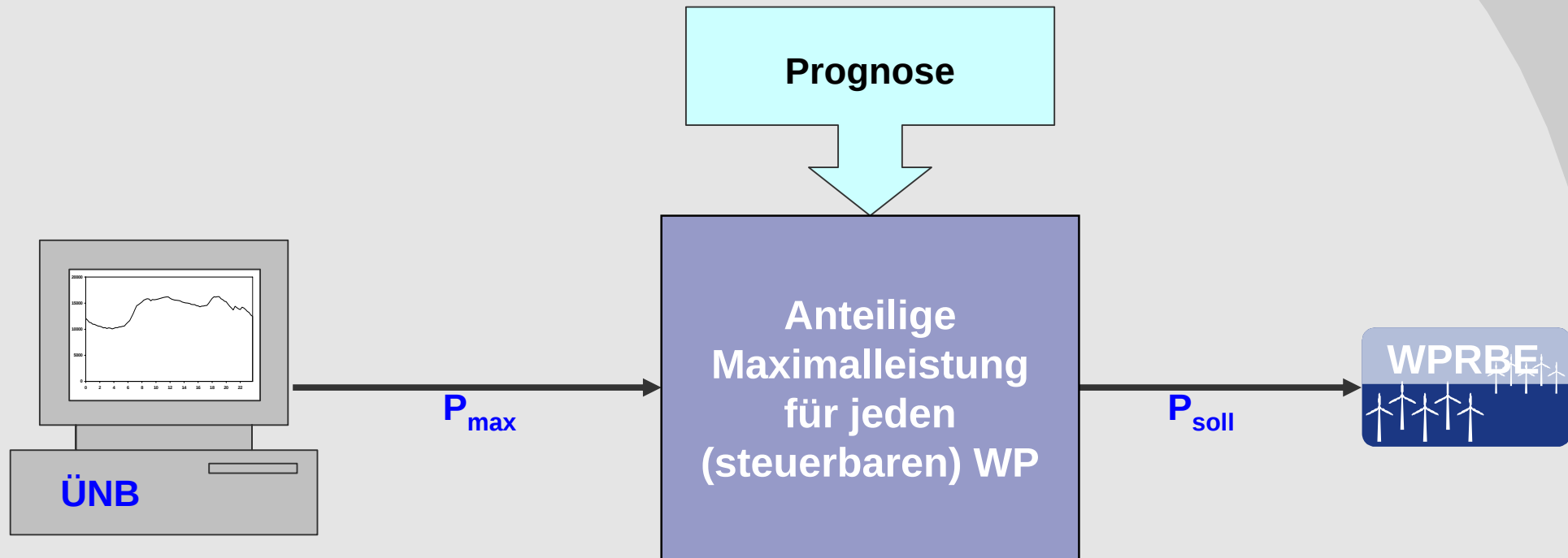
Große Virtuelle Kraftwerke



Cluster-Management-System



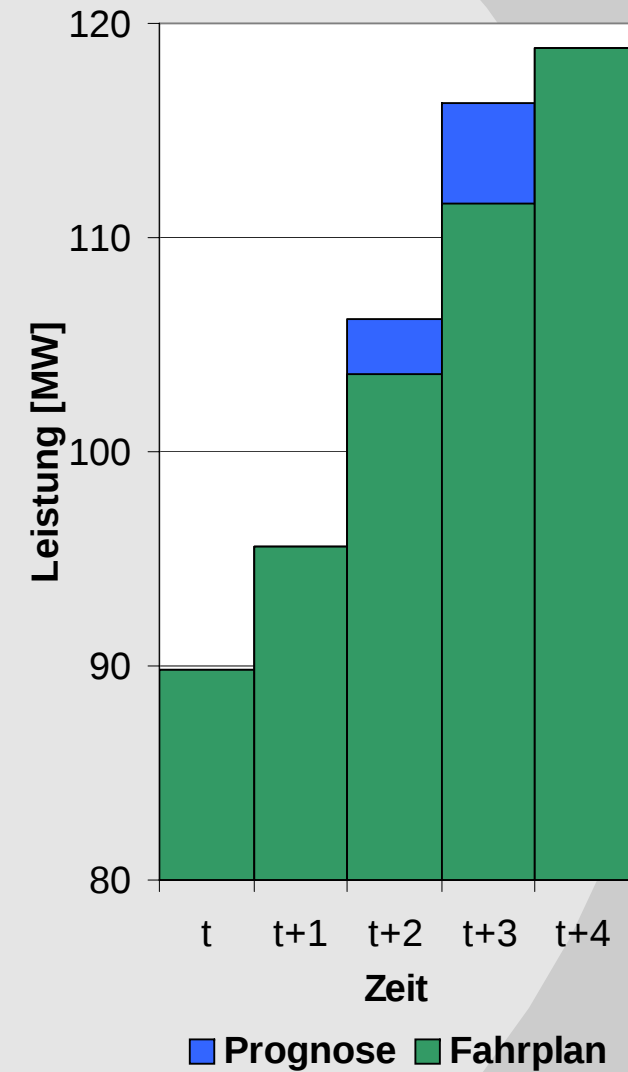
Cluster-Management-System: Leistungsbegrenzung



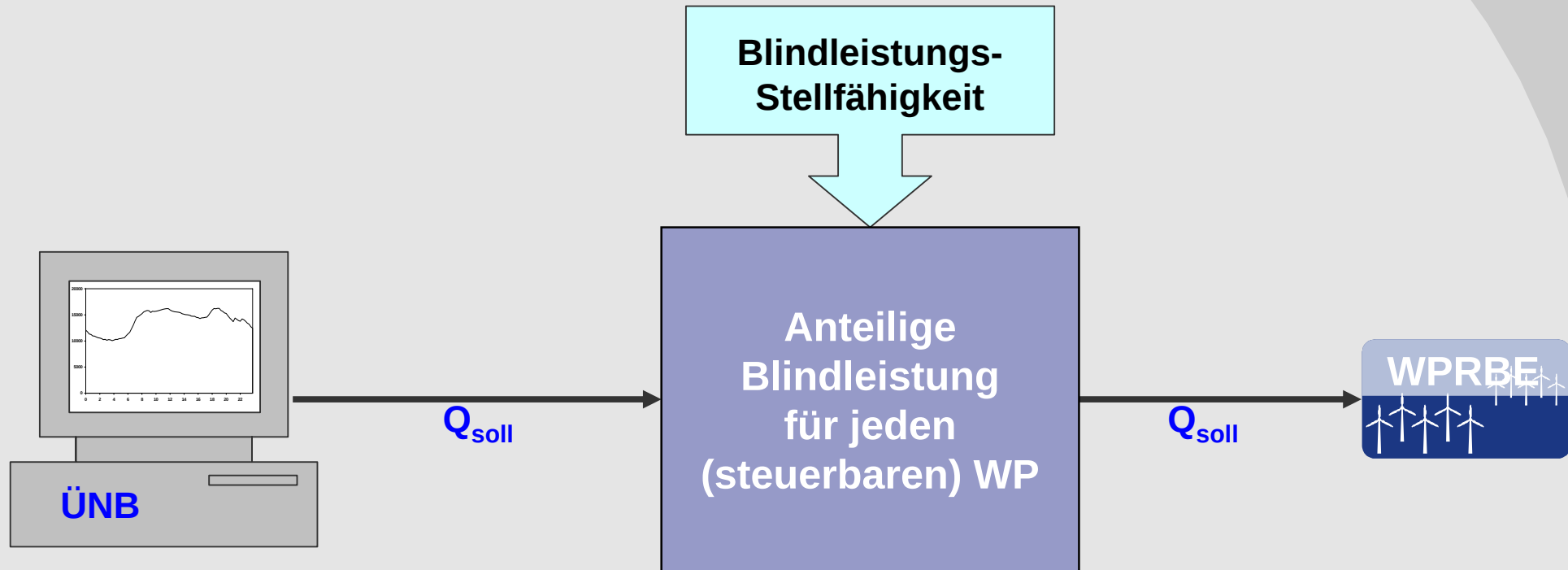
- Leistungsabgabe jedes WPs anteilmäßig drosseln

Beispiel Maximaler Gradient

Zeit	Fahrplan ohne Begrenzung		Fahrplan mit Begrenzung	
	P	dP	P	dP
t	89,782	5,812	89,782	5,812
t +1	95,594	10,621	95,594	8,000
t+2	106,215	10,035	<u>103,594</u>	8,000
t+3	116,250	2,573	<u>111,594</u>	7,229
t+4	118,823	...	118,823	...

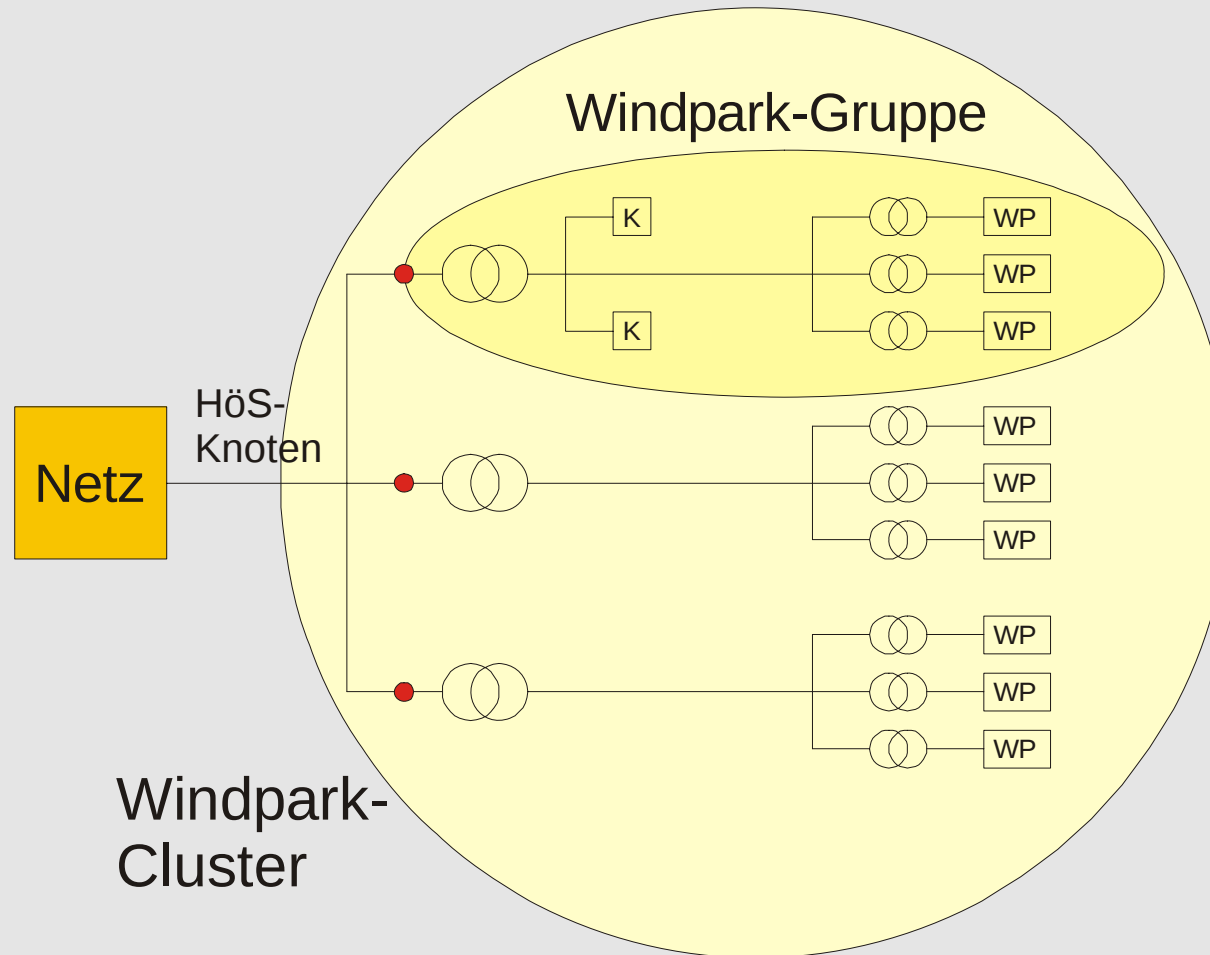


Cluster-Management-System: Blindleistungs- / Spannungsregelung



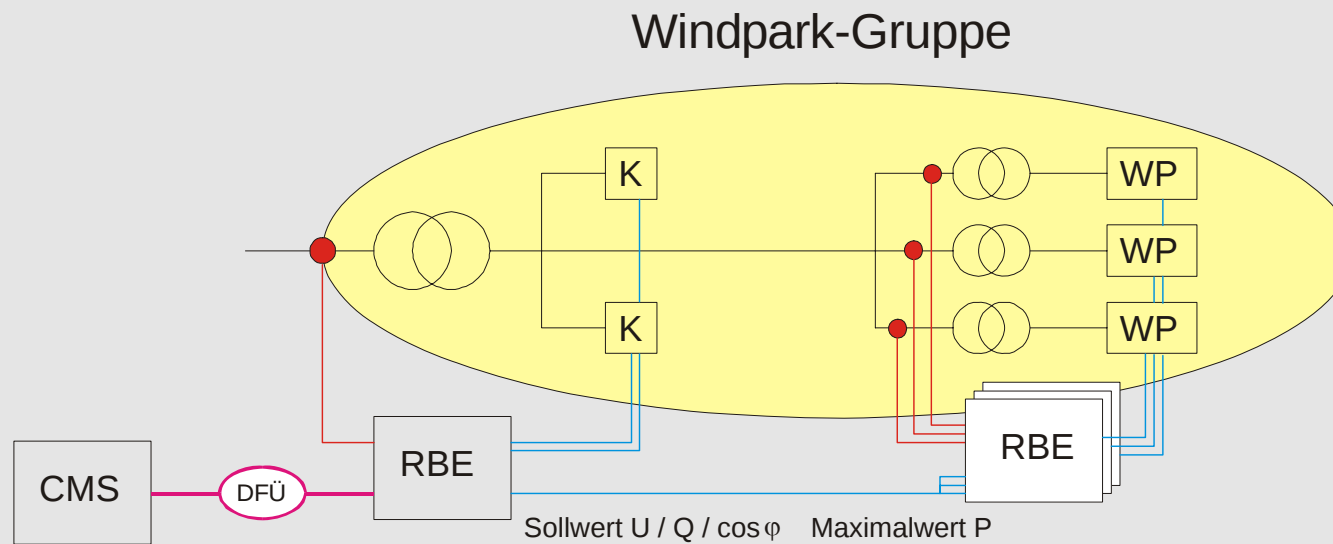
- **Blindleistung je nach Stellfähigkeit auf alle WPs verteilen**

Blindleistungs- / Spannungsregelung: Variante 1



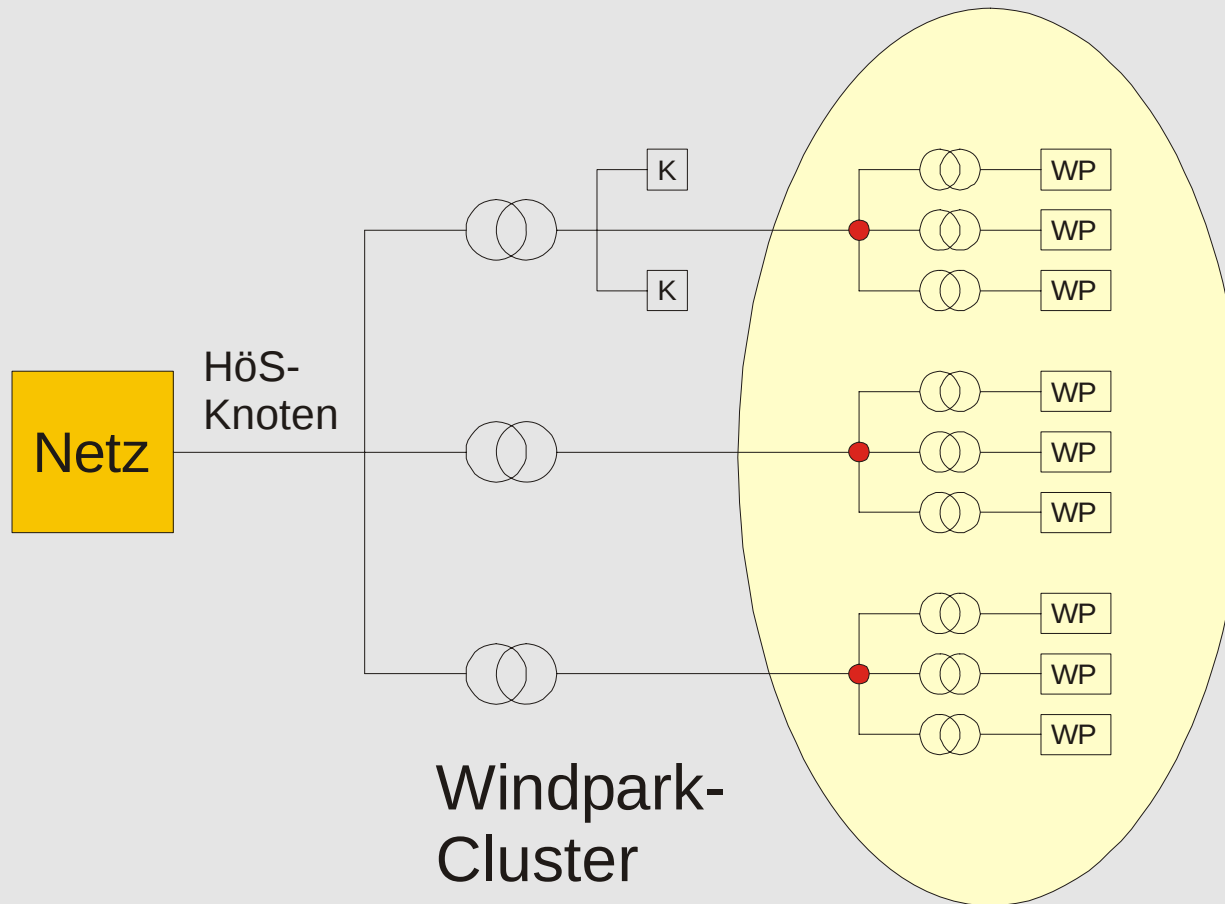
- Windpark-Gruppe am HöS-Knoten Onshore, kaskadierte Regelung

Blindleistungs- / Spannungsregelung: Variante 1



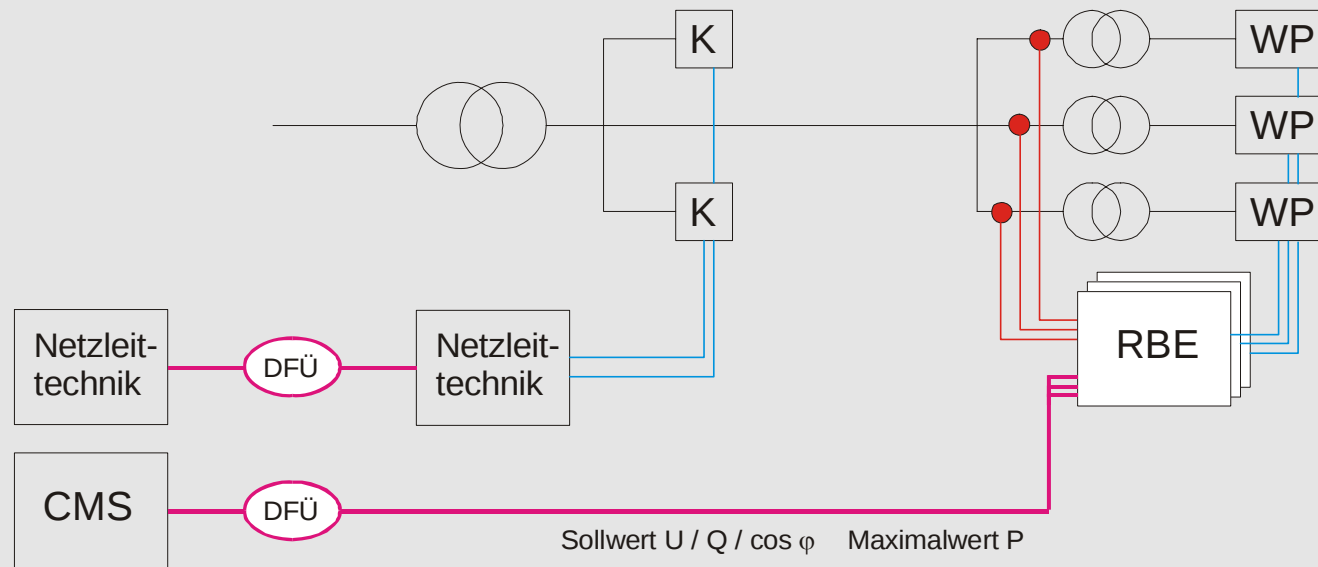
- Blindleistungsvorgabe für HöS-Knoten

Blindleistungs- / Spannungsregelung: Variante 2



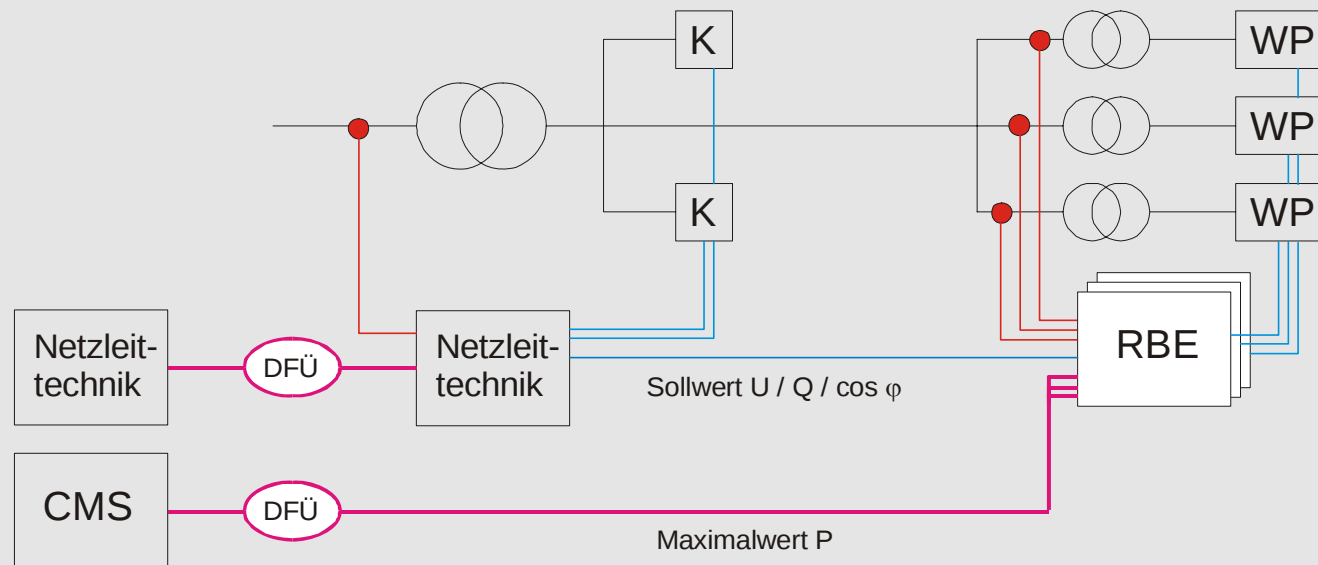
- Windparks an den HS-Knoten Offshore, ÜNB betreibt Offshore-Netz

Blindleistungs- / Spannungsregelung: Variante 2a



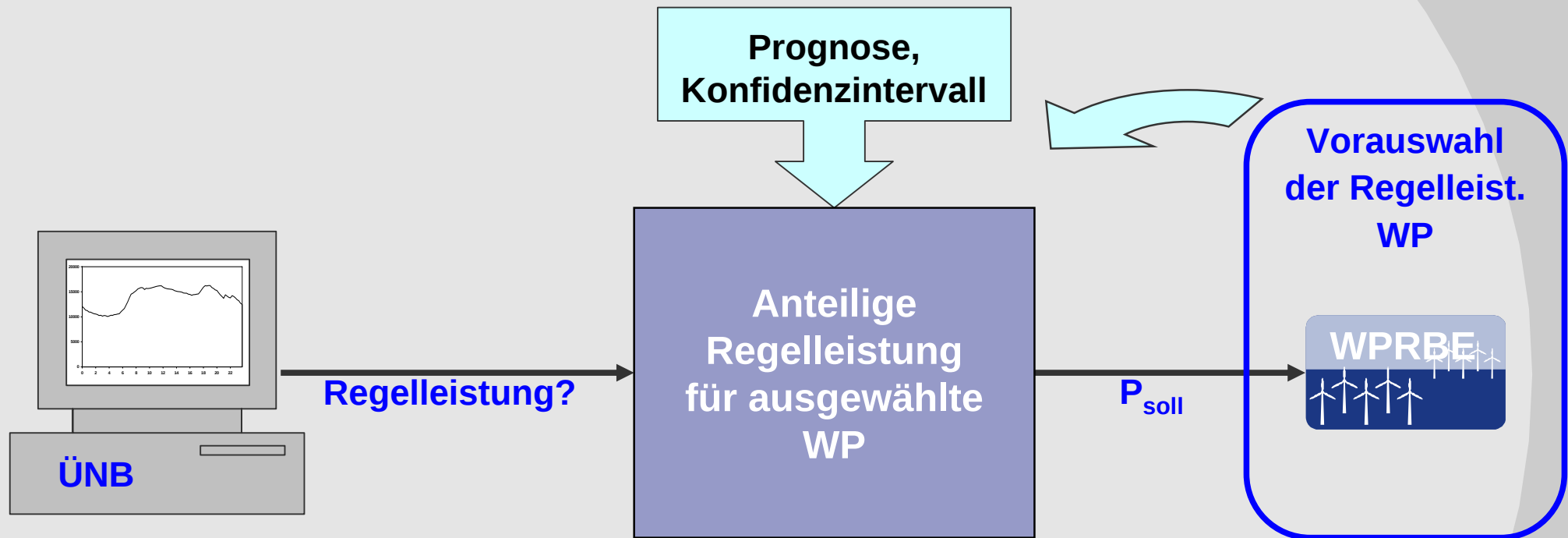
- Blindleistungsvorgabe für HS-Knoten

Blindleistungs- / Spannungsregelung: Variante 2b



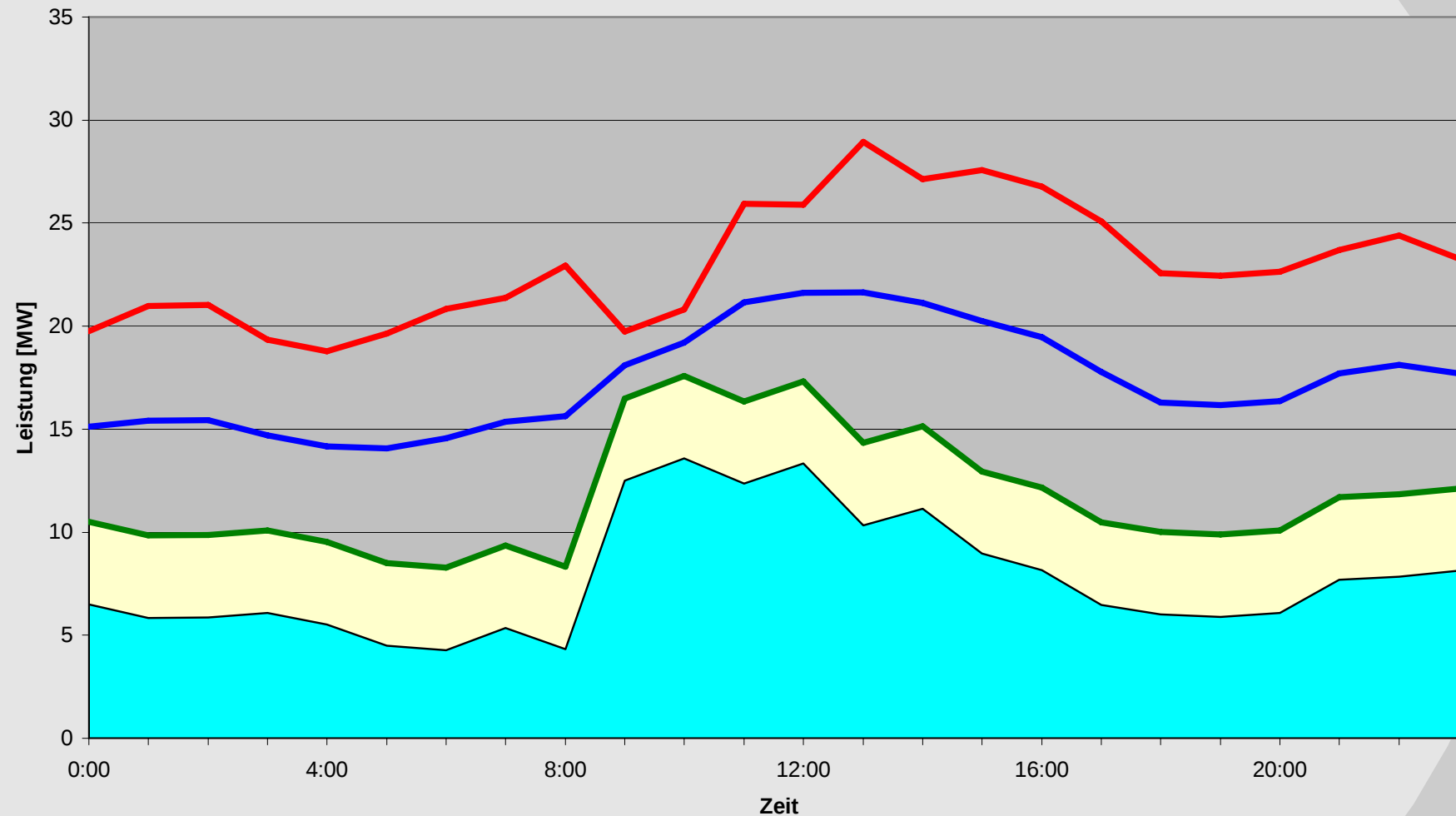
- Blindleistungsregelung durch Netzleittechnik

Cluster-Management-System: Regelleistung



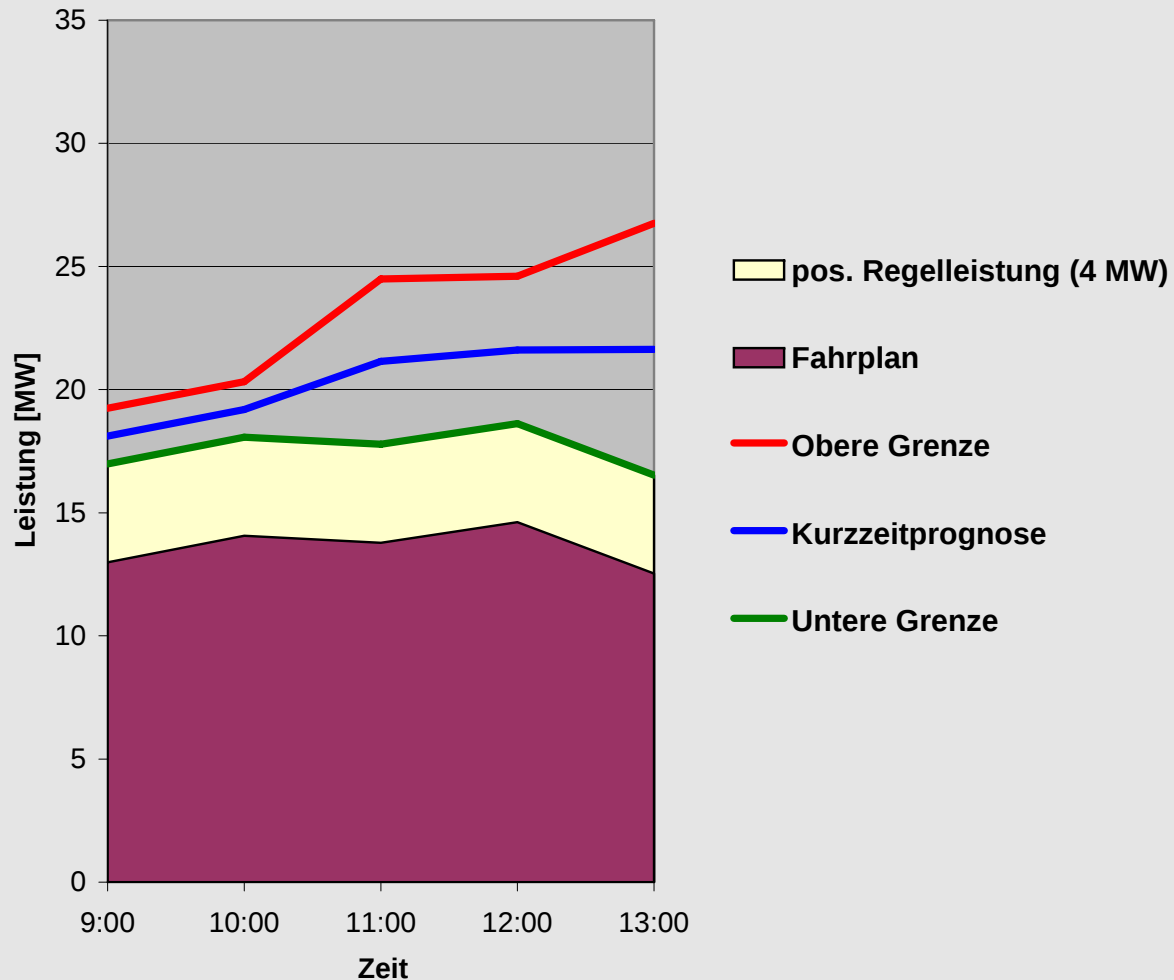
- Verfügbare Regelleistung (pos./neg.) über Prognoseintervall
- Regelleistung auf ausgewählte WPs verteilen
- Abruf Regelleistung: Neuer Sollwert der WPs mit Regelleistung

Verfügbare Regelleistung nach Folgetagsprognose



pos. Regelleistung (4 MW) neg. Regelleistung (Rest) Obere Grenze Folgetagsprognose Untere Grenze

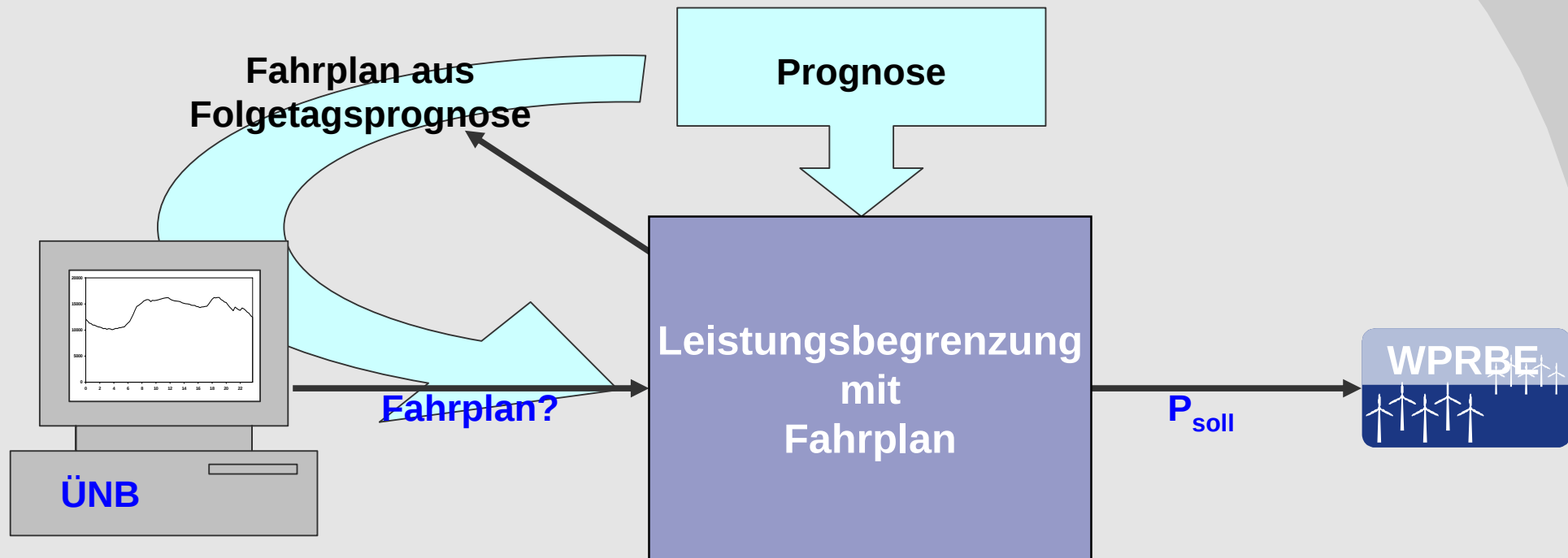
Bereitstellung Regelleistung mit Kurzzeitprognose



z.B. Kurzzeitprognose 9:00

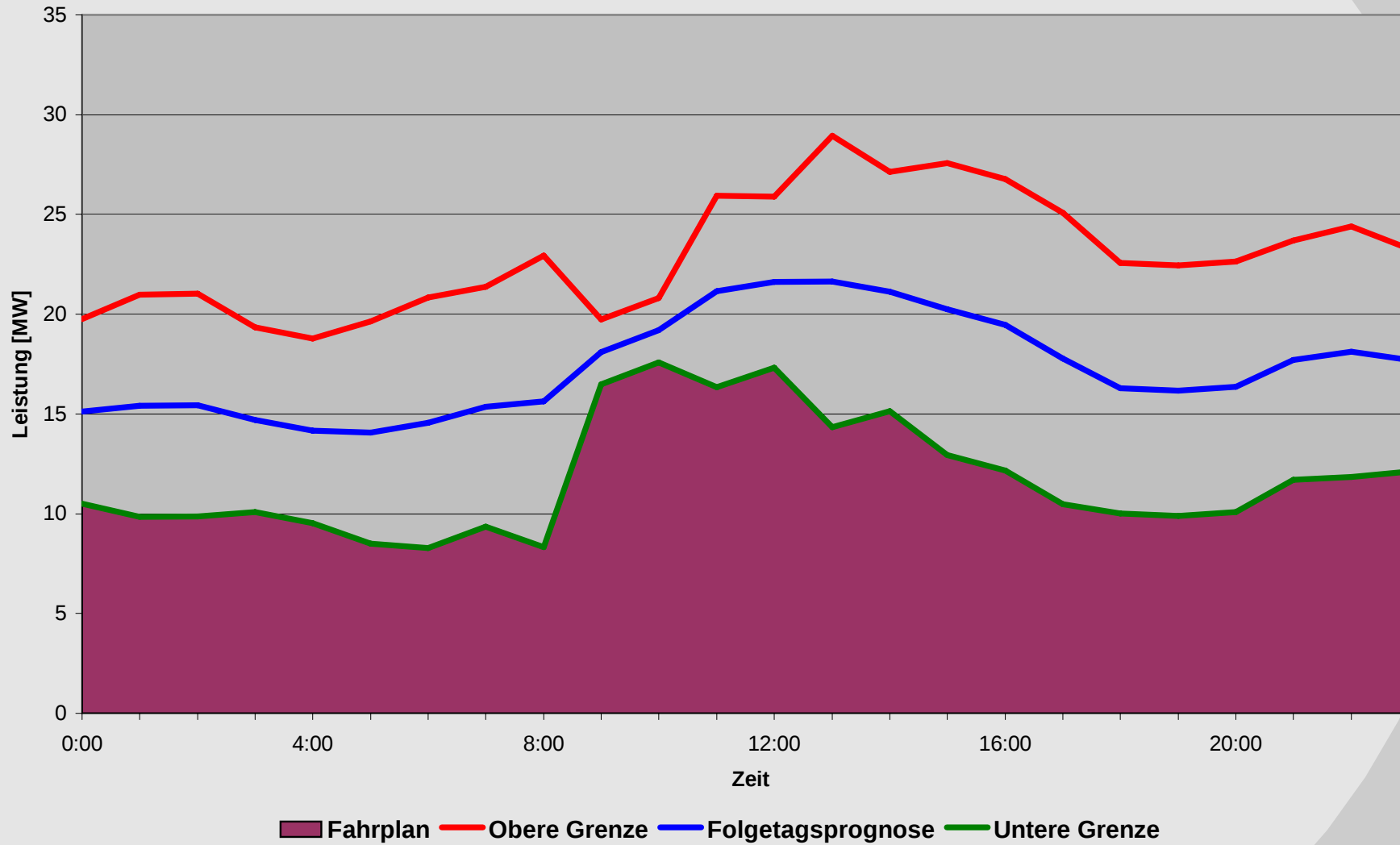
- Konfidenzintervall schmaler!
- Fahrplan mit Regelleistung für 4 Stunden

Cluster-Management-System: Fahrplanteue

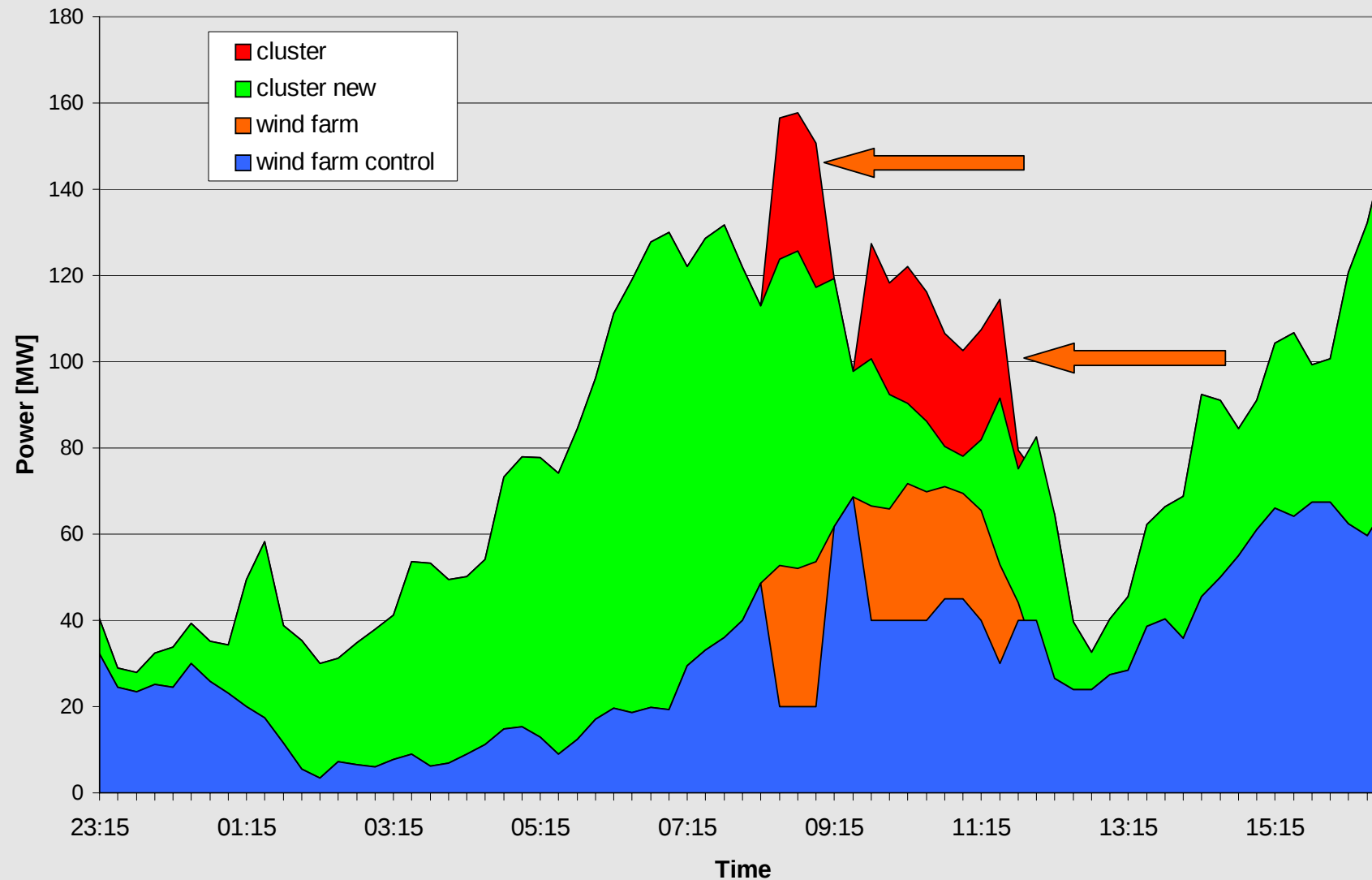


- „Sicherer“ Fahrplan nach Prognose unter Berücksichtigung „benötigter Regelleistung“
- Fahrplan als Leistungsbegrenzung

Beispiel Fahrplantage

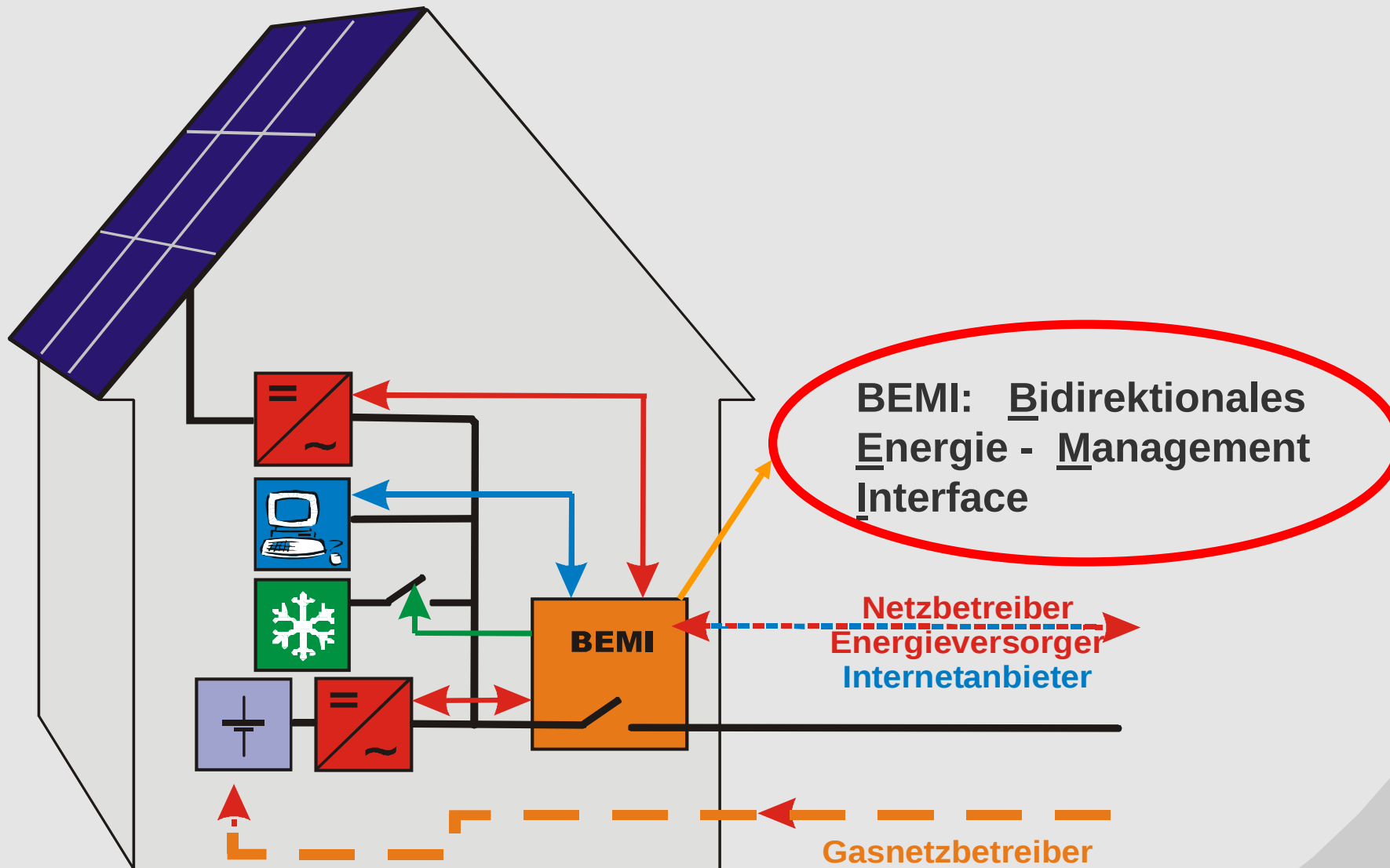


Große Virtuelle Kraftwerke

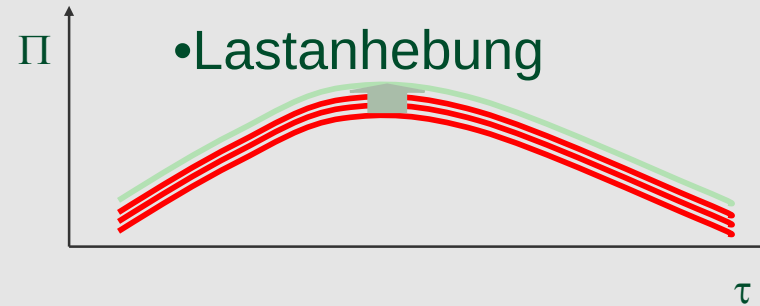
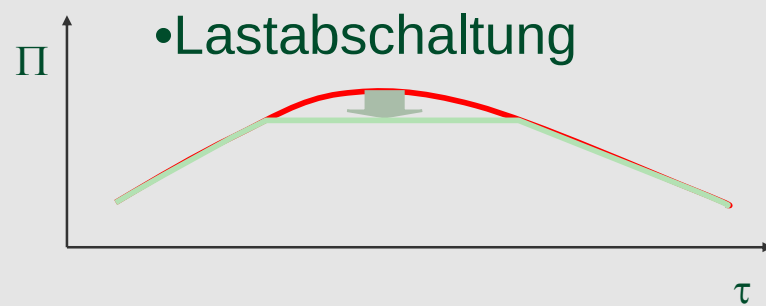
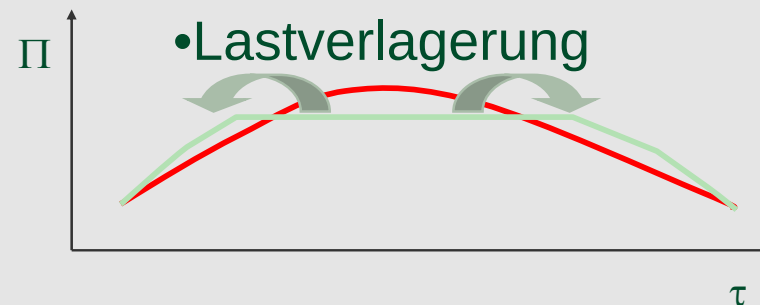
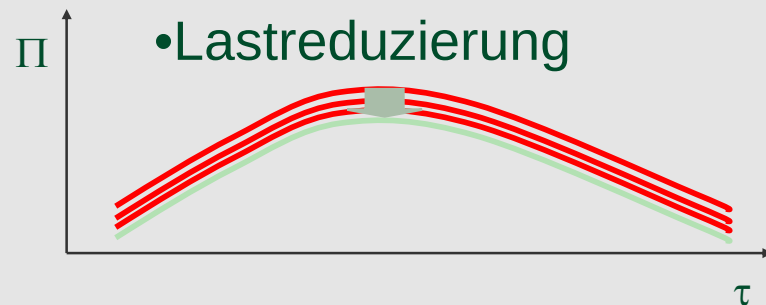
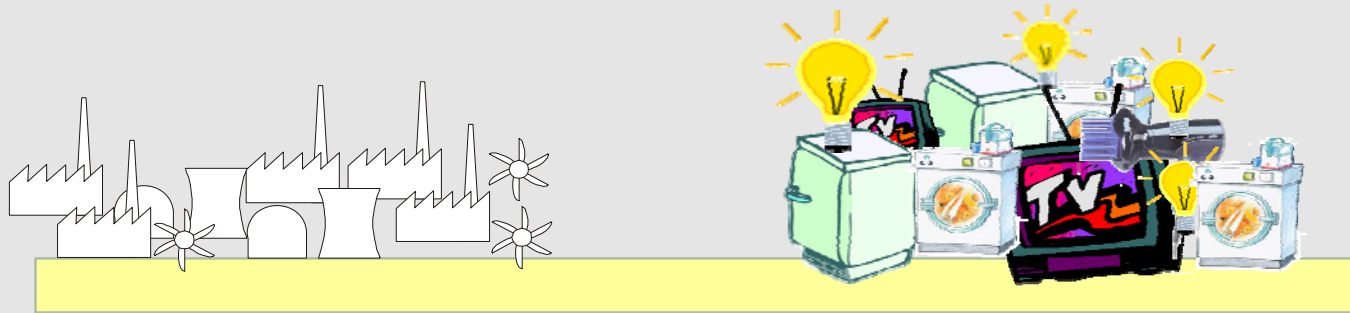


Vermeidung von Extremsituationen durch vorausschauende Regelung

Große Virtuelle Kraftwerke

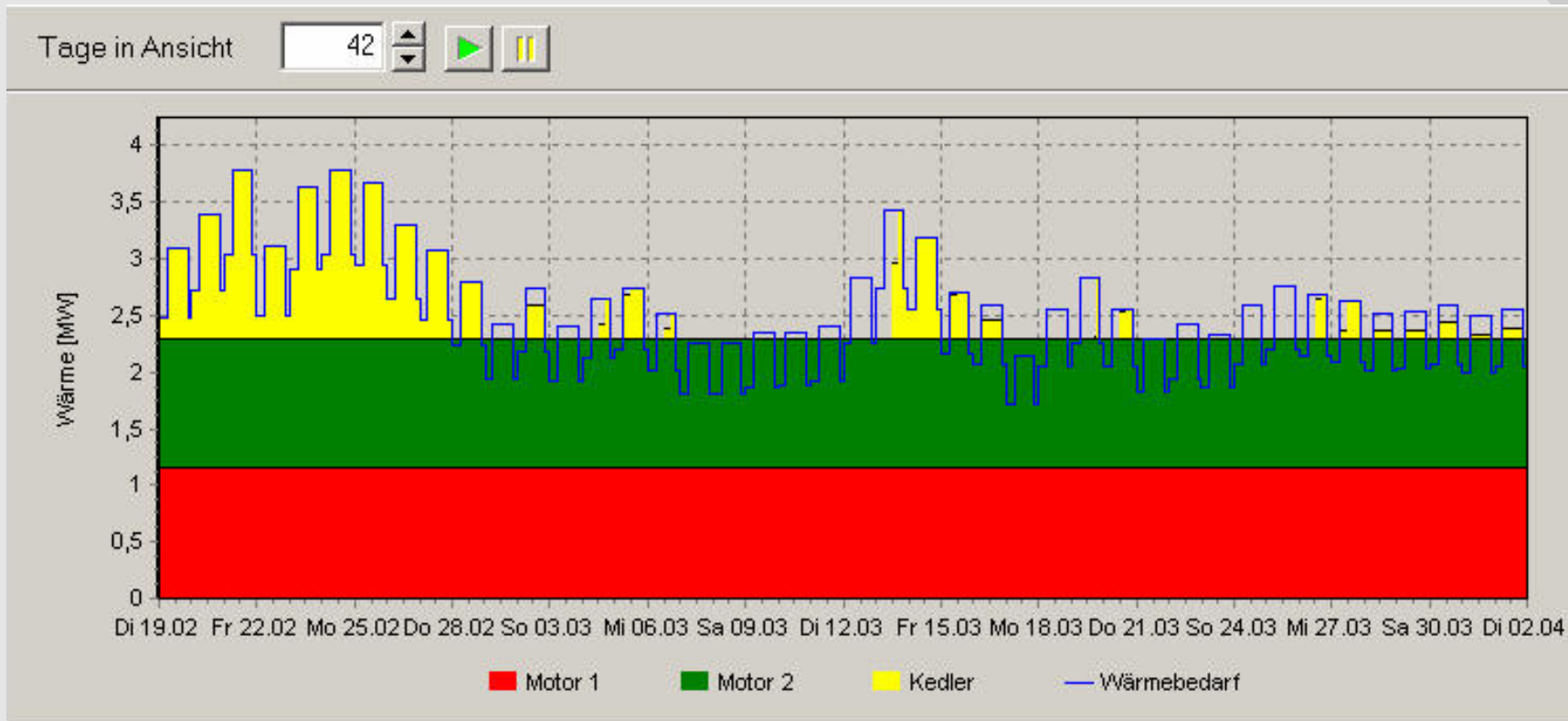


Große Virtuelle Kraftwerke



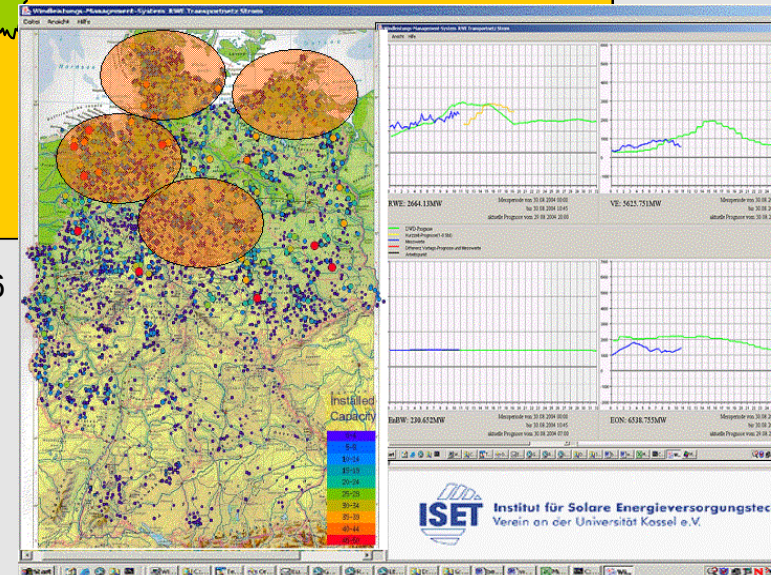
Demand Side Management

Große Virtuelle Kraftwerke



EU-Projekt DESIRE

BHKW mit vergrößertem Wärmespeicher
Optimales Pooling von BHKW und Windparks durch genaue Kurzzeitprognosen



Danke für Ihre Aufmerksamkeit !



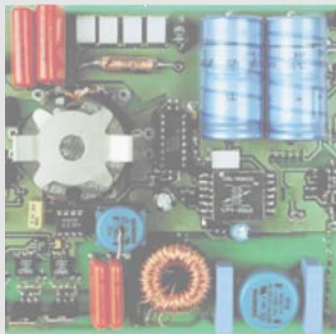
Weitere Informationen unter:
www.iset.uni-kassel.de/prognose
reisi.iset.uni-kassel.de
www.netz-euk.de
www.dispower.org



Institut für Solare Energieversorgungstechnik e.V.

**Systemtechnik für die Nutzung Erneuerbarer Energien
und die Rationelle Energieverwendung**

Anwendungsnahe Forschung und Entwicklung



- Windenergie
- Photovoltaik
- Biomassenutzung
- Energiewandlung und Speicher
- Hybridsysteme
- Energiewirtschaft
- Information und Weiterbildung