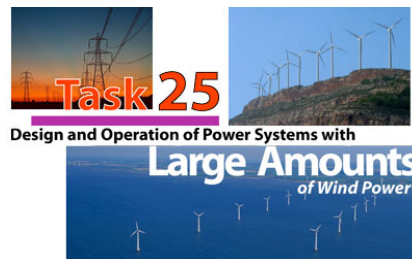


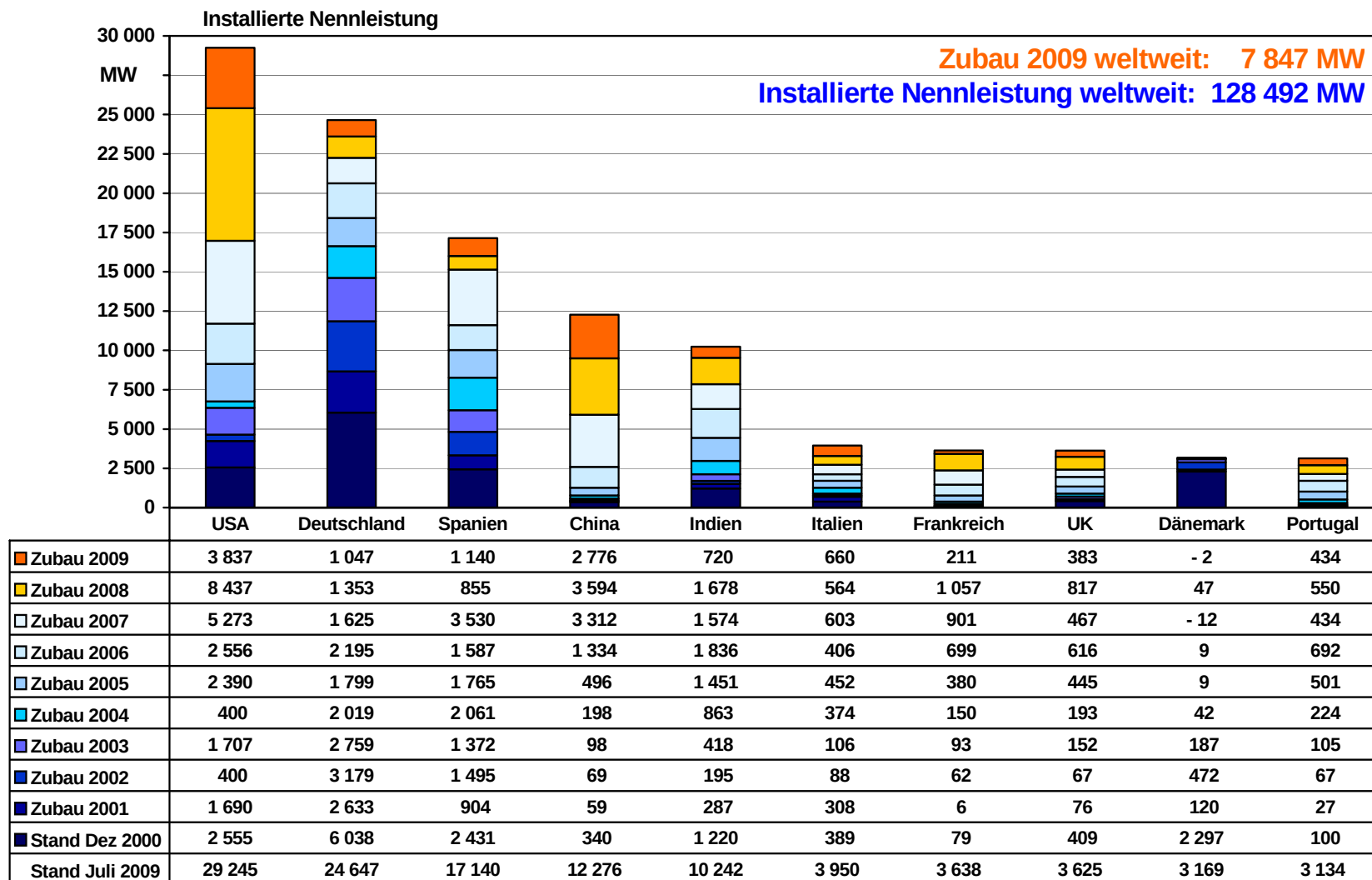
Anforderungen bei der Integration von Windenergie in die Netze verschiedener Länder

Dr. Kurt Rohrig, Dr. Bernhard Lange, Reinhard Mackensen

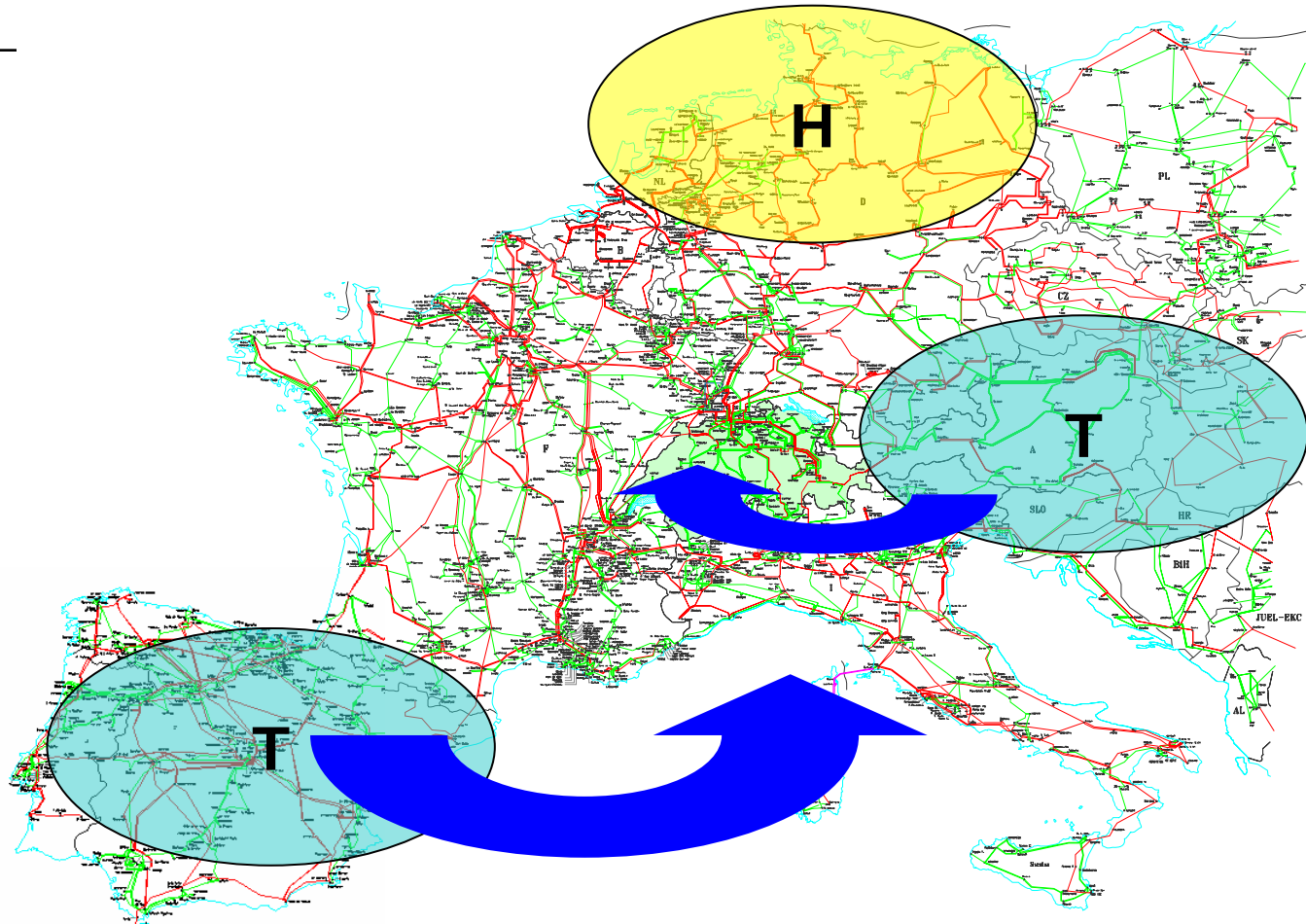
Fraunhofer IWES



Wo stehen wir heute ?



Windenergienutzung in Europa



Großräumiger Ausgleich durch Stromtransport über weite Strecken

Herausforderungen an Energieversorgungssysteme mit hohem Windenergieanteil

- **Variabilität der Windenergieeinspeisung**
- **Prognosefehler der Windeinspeisung**
- **Elektrisches Netz zur Aufnahme und zum Transport von Windenergie**

Status Quo:

- Die (variable) Last hat mehr vorhersagbare Bestandteile
- Das Netz kann Energie von den heute existierenden Anlagen aufnehmen und transportieren

Einfluss auf den Netzbetrieb ist abhängig von:

- Anteil der Windleistung im Netz (% min, % avg, %max)
- Variabilität der Last
- Flexibilität des konventionellen Kraftwerksparks
- Möglichkeiten zur Erhöhung der Flexibilität von Erzeugung und Last
- Struktur des Netzes (Windstandorte - Lastzentren)

Verschiedene Methoden zur Ermittlung der Durchdringung

Region / Fallstudie	Last			Inter-connection	Windleistung					
					2007	Höchste untersucht		Höchste Durchdringung		
	Peak MW	Min MW	TWh/a	MW	MW	MW	TWh/a	% Spitzen-last	% Verbrauch	% (min Last + interconn)
West Dänemark real	3700	1300	21	2830	2380		5	65 %	24 %	58 %
Dänemark 2025	7200	2600	38	5190/ 6790	3125	6500	20.2	90 %	53 %	83 % / 69%
Irland 2020	9600	3500	54	1000	900	6000	19	63 %	35 %	178 %
Portugal	8800	4560	49.2	1000	2150	5100	12.8	58 %	26 %	92 %
UK	76000	24	427	2000	2389	38000	115	50 %	27 %	146 %
Deutschland 2015	77955	41000	552.3	10000	22247	36000	77.2	46 %	14 %	71 %
Spanien 2011	53400	21500	246.2	2400	15145	17500		33 %	19 %	73 %
Schweden	26000	13000	140	9730	788	8000	20	31 %	14 %	35 %
Weitere...	...	...	...	..		..	..	...	..	...

Erfahrungen in Ländern mit hohem Windenergieanteil

West Dänemark: 2380 MW Wind, 3700 MW Spitzenlast

- Ausgleich intern und extern. Regulative Maßnahmen zu wenigen Ereignissen.

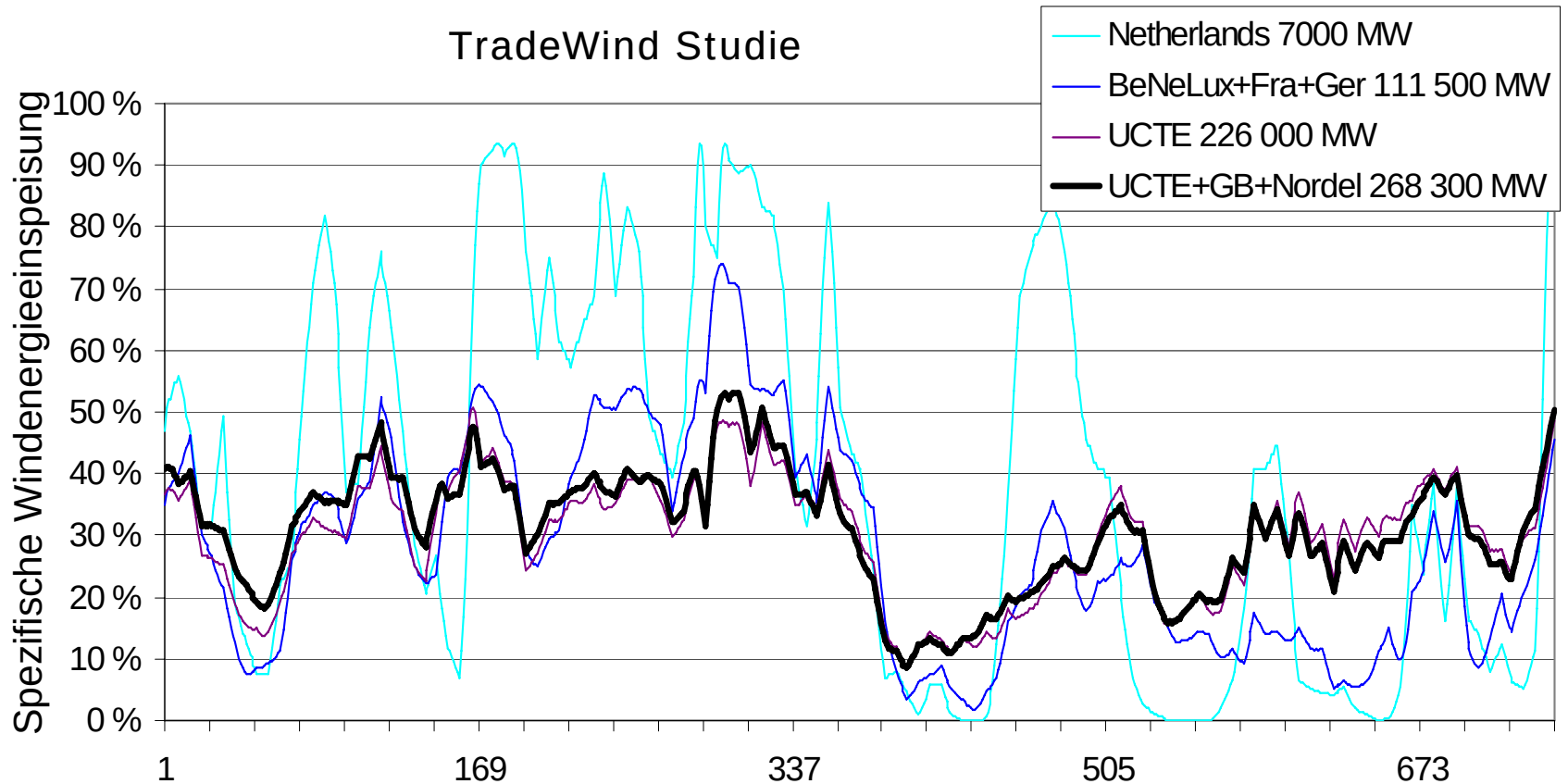
Norddeutschland: 2275 MW Wind, 2000 MW Spitzenlast

- Ausgleich exten und intern. Regulative Maßnahmen seit 2003 in Situationen mit viel Windenergieeinspeisung und Netzengpässen. **Fault-ride-through erforderlich zur Verhinderung großer Ausfälle (> 3000 MW)**

Spanien: 16754 MW Wind

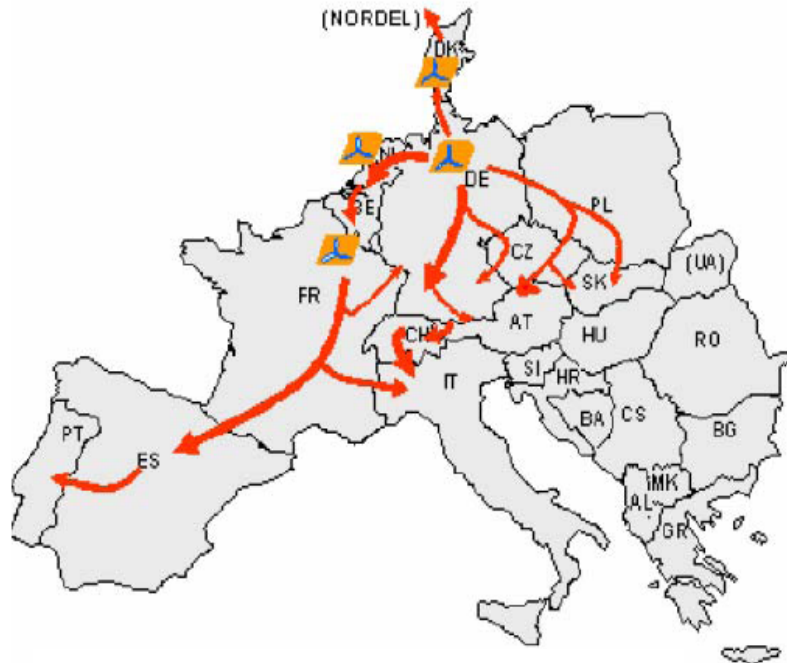
- Ausgleich intern. Vermehrt regulative Maßnahmen. Verteilte Erzeugung über Wind-Leitwarten zusammengeschlossen. **Fault-ride-through erforderlich um höhere Durchdringung zu ermöglichen**

Koordinierte Windenergienutzung in Europa



EU-weiter Kapazitätsfaktor in 2030: 24% = 65 GW

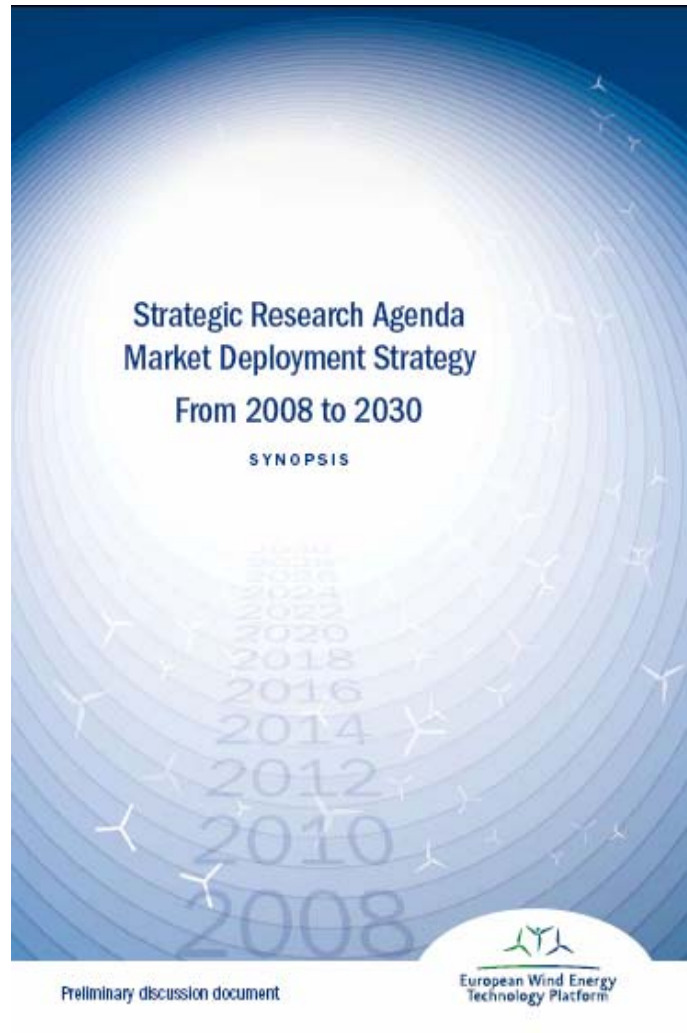
European Wind Integration Study - EWIS



Ausbau der Windenergie benötigt dringend

1. Nationale Projekte zum Ausbau der Netzinfrasturktur sowie die Beschleunigung von Genehmigungsverfahren
2. Fortlaufende Identifizierung von Europäischen Netzenspässen
3. Entwicklung eines Offshore Netzes zur Anbindung von Windparks an verschiedene Länder

Technologieplattform Wind Energie



on Windparks Grid code compliance.
ings- /Blindleistungsregelung.
beitrag zur System-Inertia. Schwarzstart.

uchhaltiger Netzausbau und -verstärkung.

gement. Software-Tools zur Unterstützung des
ergie, anderen EE, Speicher und
ng der Windleistungsprognose (1 – 48 Stunden)
s einzelnen Prognoseintervalls.

IEA Wind Task 25: Anforderungen an das Netz

Stabilität:

- FRT capability ist Industriestandard (aber: viele verschiedene Grid Codes). Windenergie kann den Netzbetrieb stützen.
-

Netzausbau

- Ausbau für die gesamte erwartete Windleistung kann kostengünstiger sein als der schrittweise Ausbau
- Genehmigung von Netzausbau ist langwierig → Erhöhung der Durchleitungsfähigkeit :
 - durch Online-Monitoring (Temperatur, Wind, Last, etc),
 - Einsatz von Komponenten wie FACTS und Phasenschieber
 - Akzeptanz von regulativen Maßnahmen bei Windparks

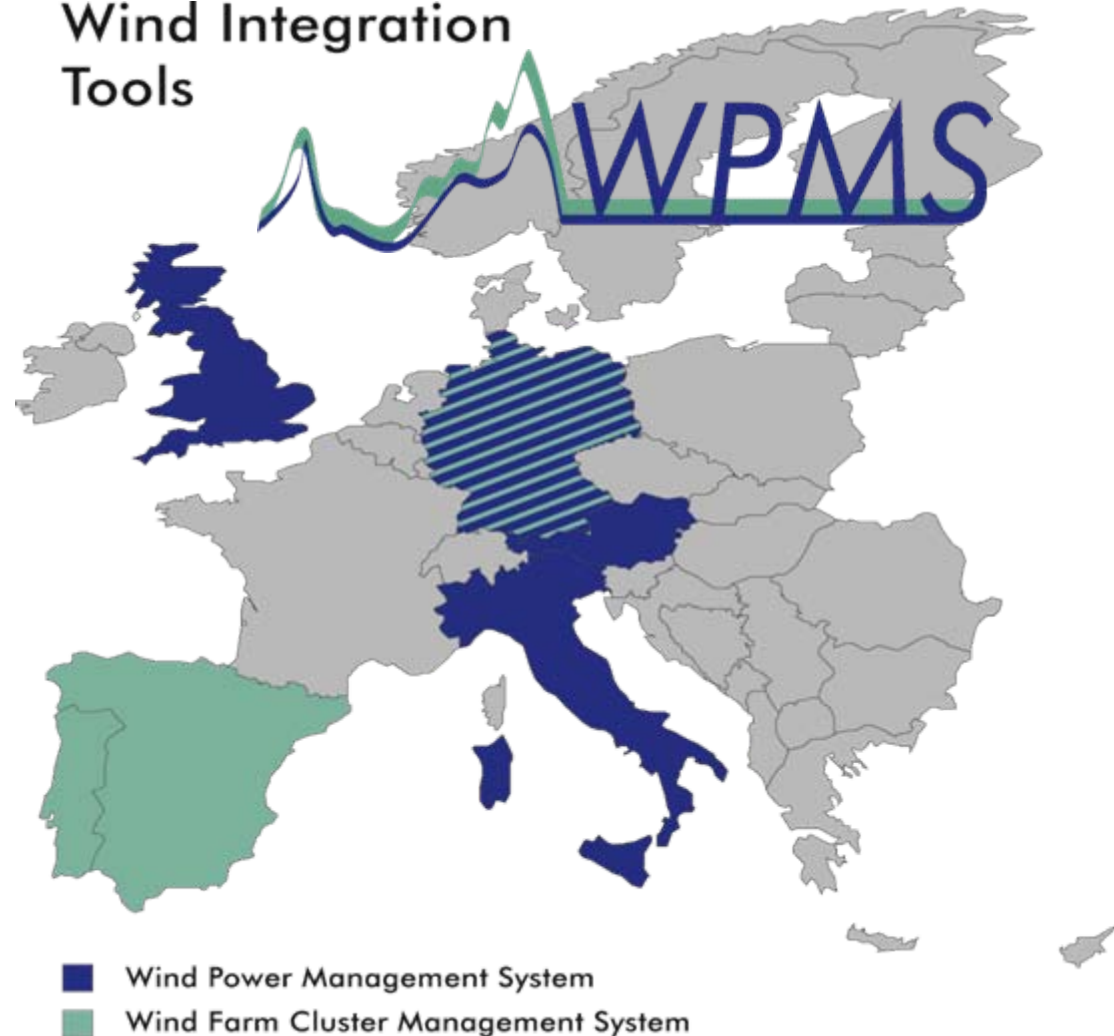
Prognosesystem WPMS

E.ON Netz,
Vattenfall Europe Transmission,
RWE Transportnetz Strom,
EnBW Transportnetze,
Verbund Österreich,
TERNA Italien,
Ägypten, Zafarana,
National Grid, England.

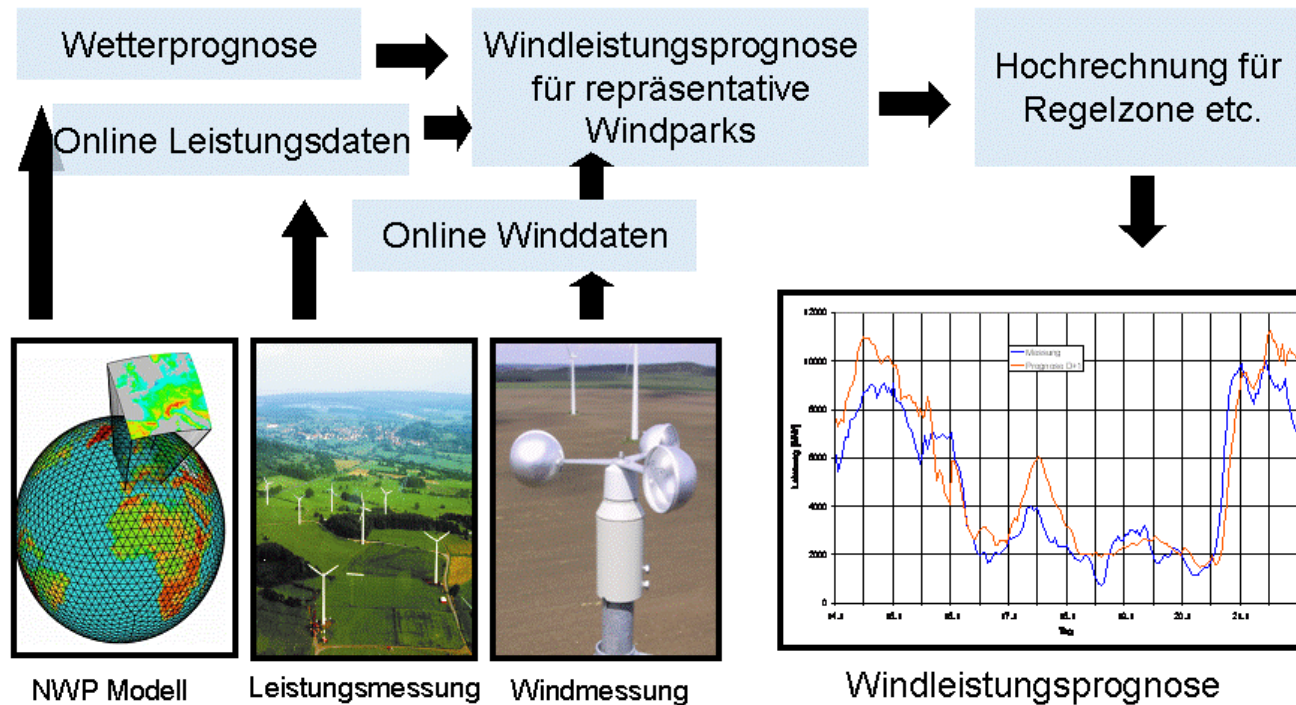
Wind FarmCluster Management WCMS

Beitrag des IWES

Wind Integration
Tools



Windleistungsprognose



FRT capability

2001 – E.ON Netz

Entwicklung

Netzanschlussregeln 2006

Spannung
schweren

im Netz bleiben

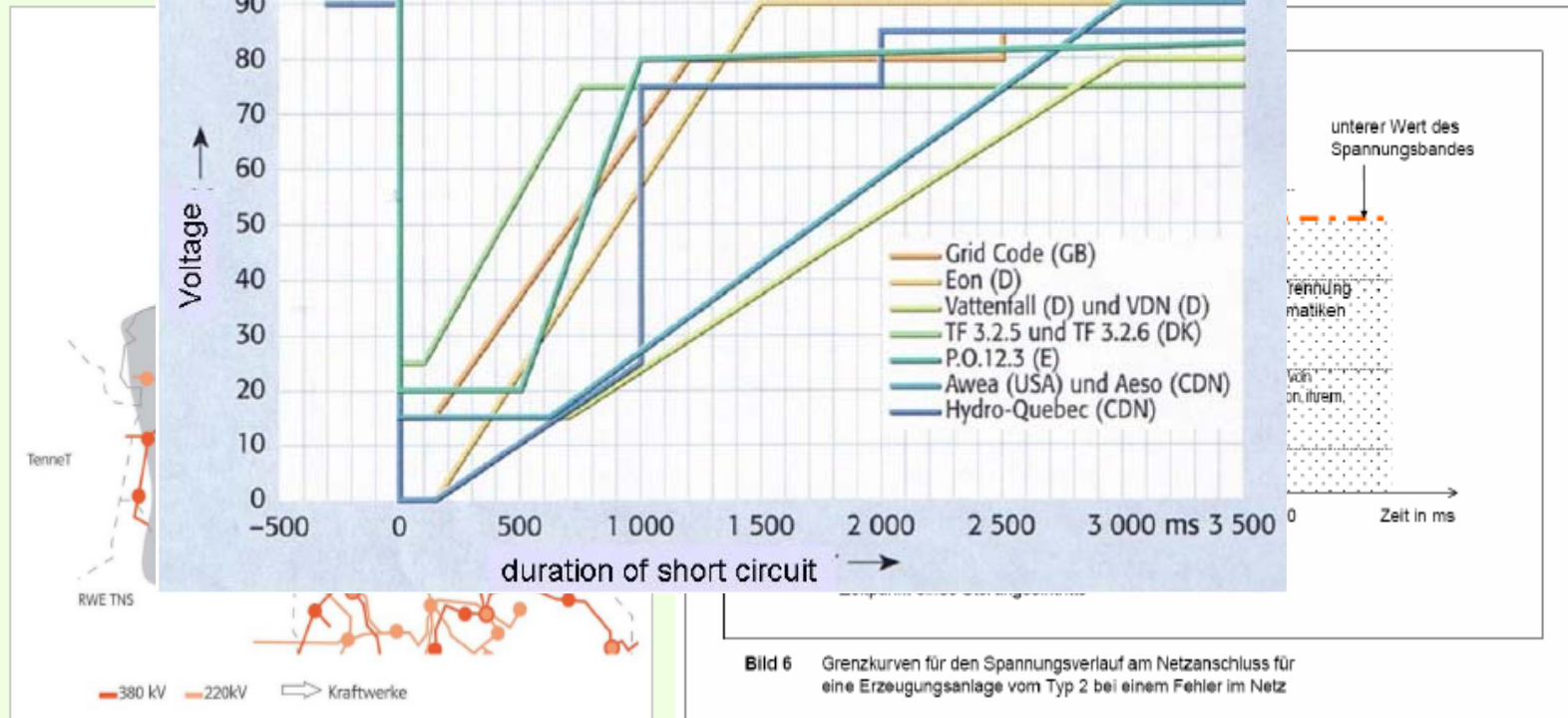
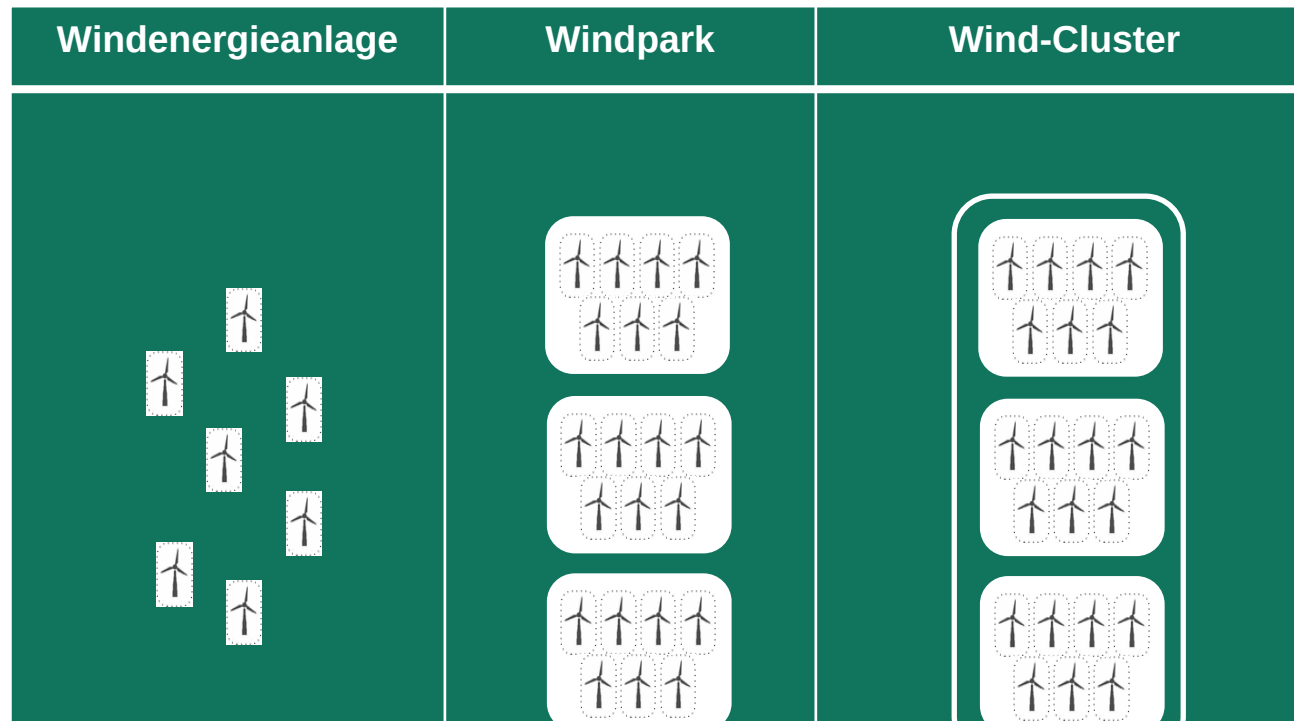


Bild 6 Grenzkuren für den Spannungsverlauf am Netzanschluss für eine Erzeugungsanlage vom Typ 2 bei einem Fehler im Netz

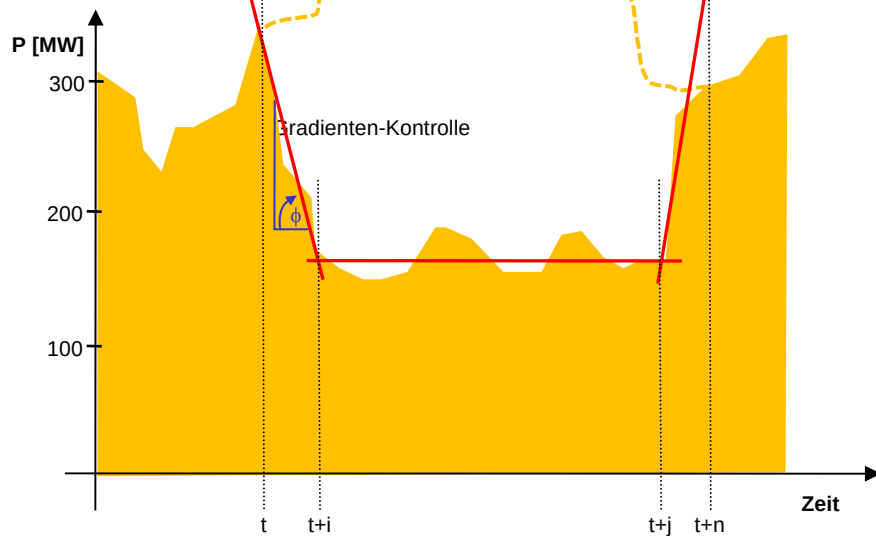
Windpark-Cluster

Logische Zusammenfassung von Windparks die am “gleichen” Netzknoten angeschlossen sind



Aktiver Beitrag zur Systemsicherheit

Wirkleistungsregelung



Frequenzregelung

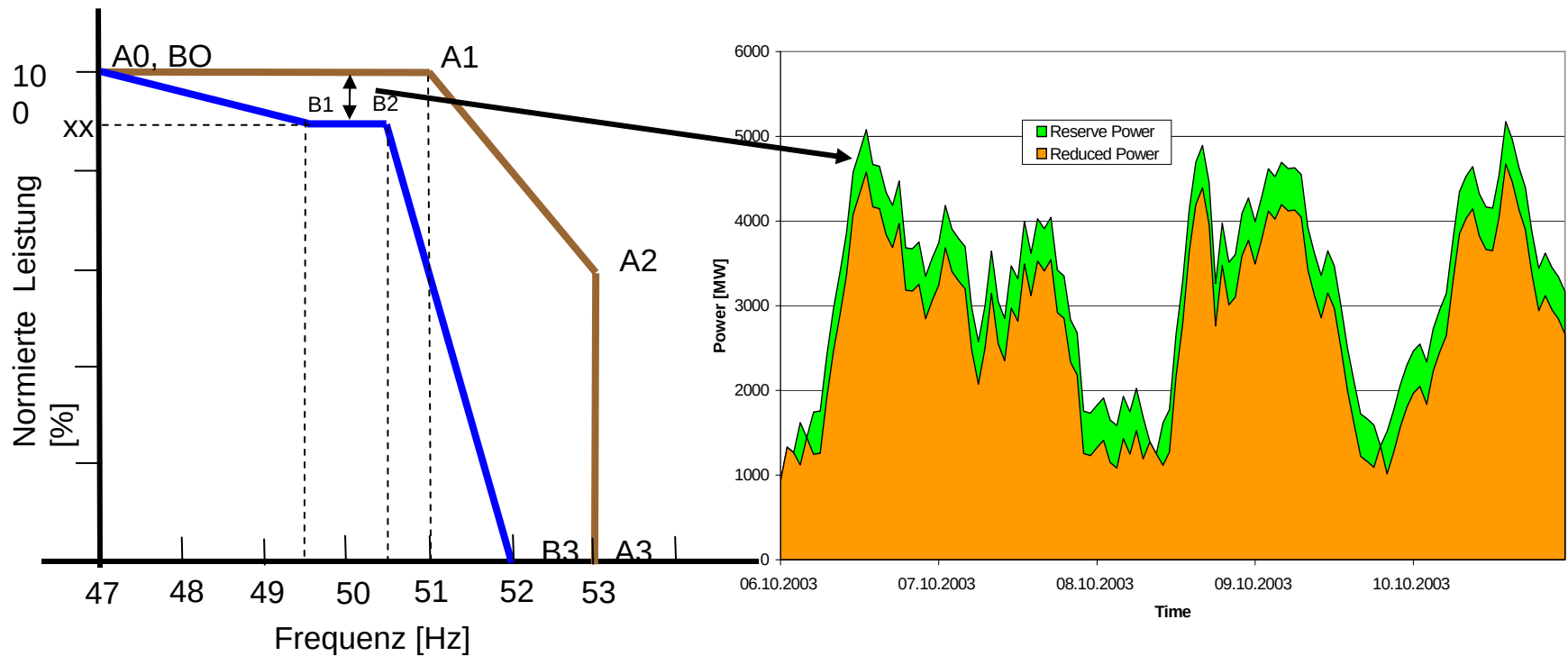
Regel- und Reserveleistung

Engpassmanagement

Leistungsbegrenzung

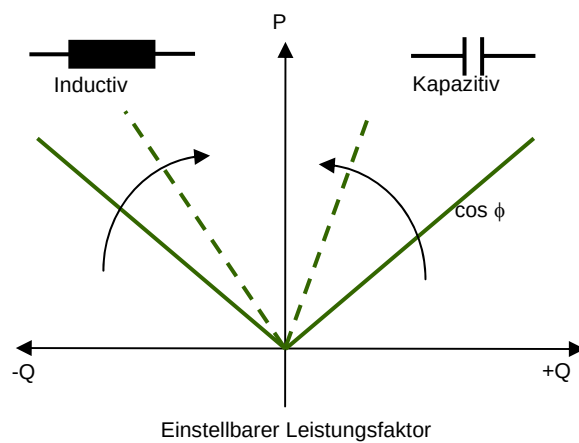
Gradientenminimierung

Aktiver Beitrag zur Systemsicherheit



Aktiver Beitrag zur Systemsicherheit

Blindleistungsregelung



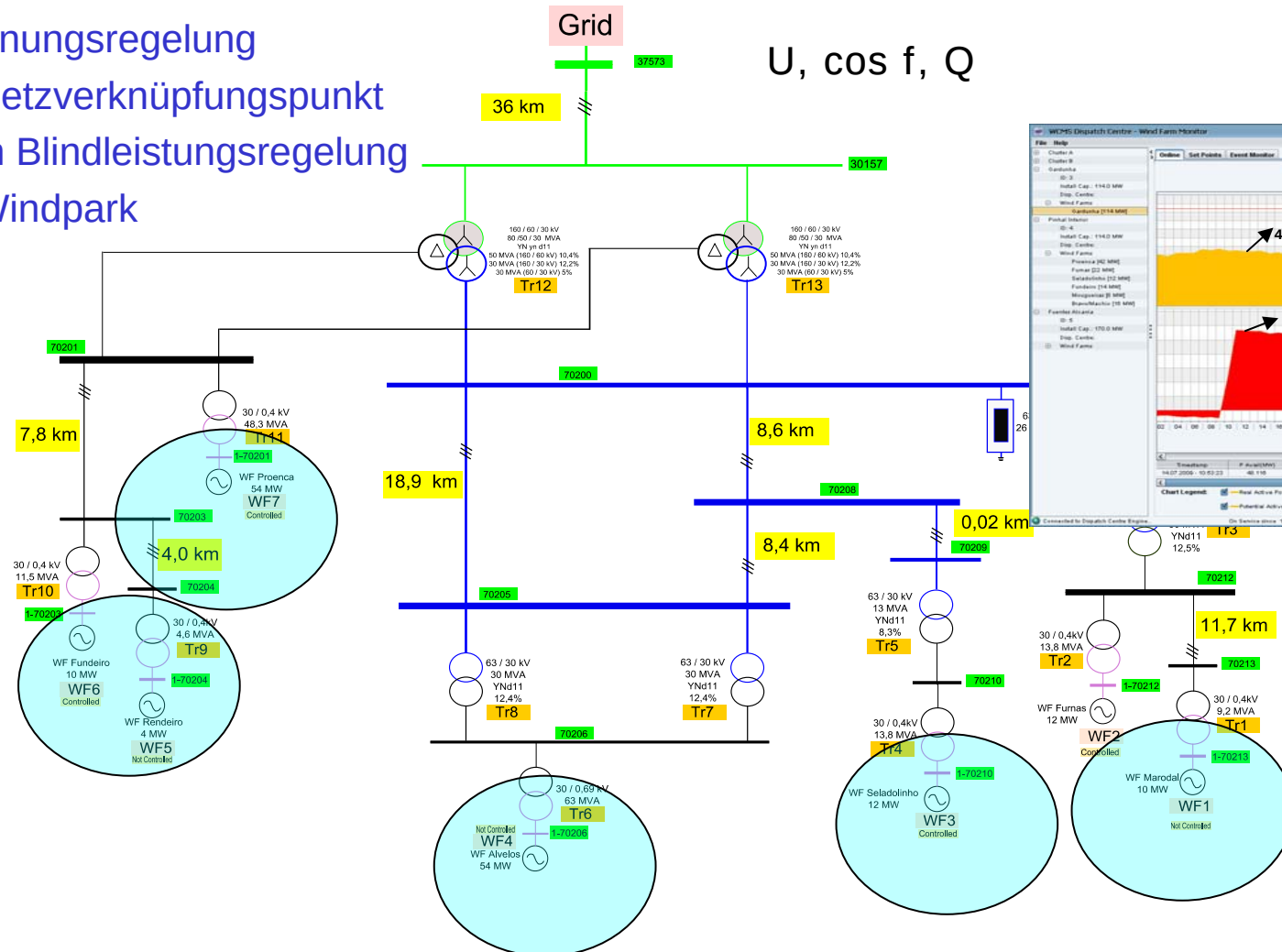
Blindleistungsbereitstellung

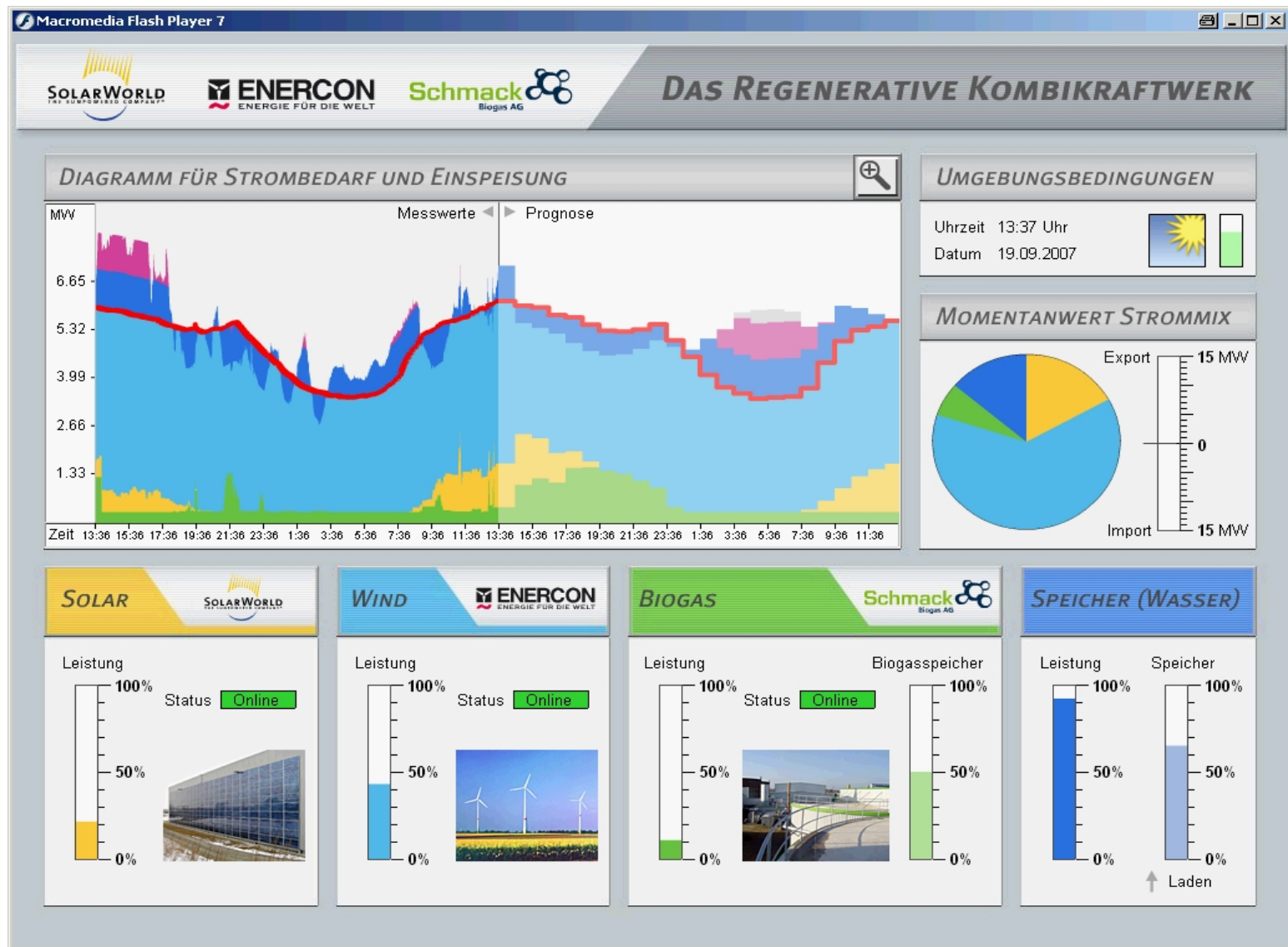
Spannungsregelung

Aktiver Beitrag zur Systemsicherheit

Spannungsregelung
am Netzverknüpfungspunkt
durch Blindleistungsregelung
am Windpark

$U, \cos f, Q$





Anforderungen bei der Integration von Windenergie in die Netze verschiedener Länder

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

