

# Neue Herausforderungen für den Netzbetrieb

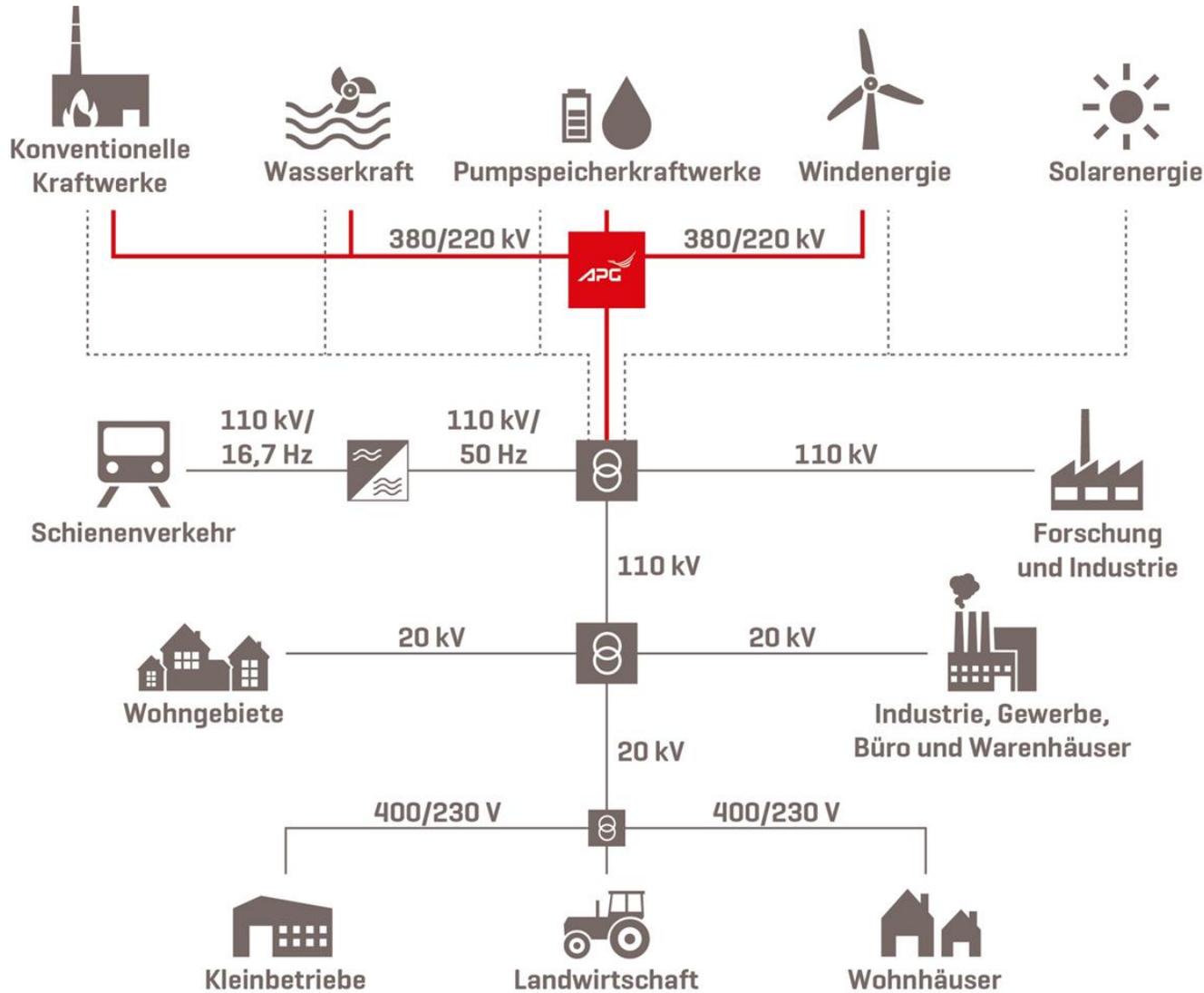
**DI Kurt Misak**

kurt.misak@apg.at

Stabsstelle UB-Netzsicherheit  
**Austrian Power Grid AG (APG)**

**23. September 2013**

# Struktur der Netze in Österreich (Übertragungsnetz, Verteilernetze)



**Übertragungsnetz  
380/220 kV ÜBERREGIONAL**

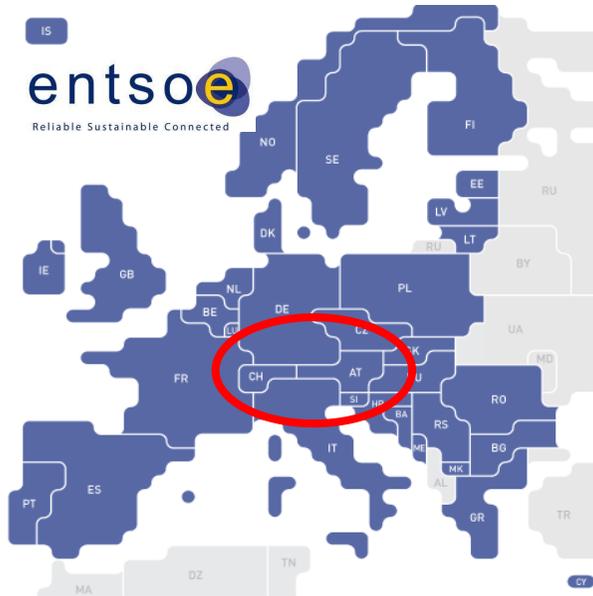
**Verteilernetz  
bis 110 kV REGIONAL**

 **Transformator**

 **Frequenzumrichter**

# Kooperation im internationalen Umfeld – die ENTSO-E<sup>1)</sup>

1) ENTSO-E = European Network of Transmission System Operators for Electricity

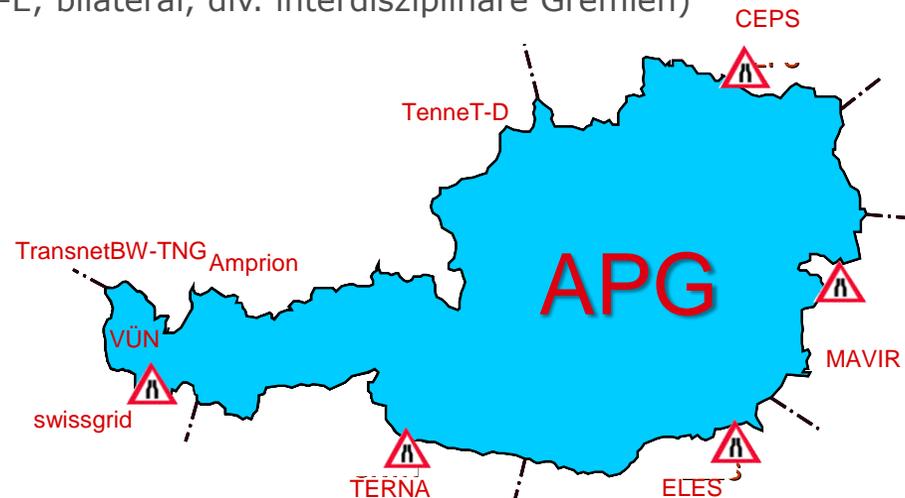


- Die Übertragungsnetze Kontinentaleuropas<sup>2)</sup> sind direkt synchron miteinander verbunden
- 2) Regional Group Continental Europe, RG CE
- starke Wechselwirkung und überregionale Bedeutung der Systemsicherheit
- Basis der internationalen Kooperation:
  - „**Operation Handbook**“ der ENTSO-E (8 Themenbereiche, sog. „Policies“)
  - bilaterale **Kooperationsverträge** (Datenaustausch, Ansprechpartner, div. Einstellungen, gegenseitige Verpflichtungen)
  - gemeinsame **Simulatortrainings**
  - regelmäßige, internationale **Koordinierungssitzungen** (ENTSO-E, bilateral, div. interdisziplinäre Gremien)

## ENTSO-E Mitglieder:

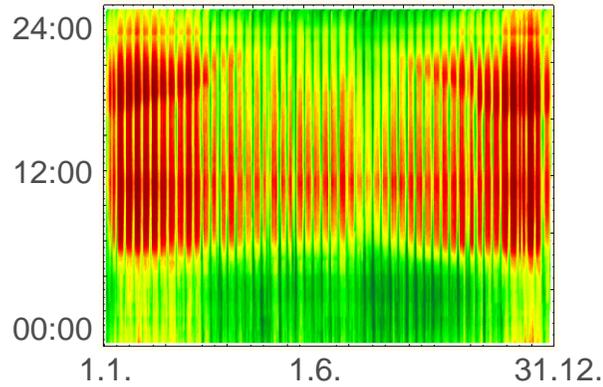
41 TSOs<sup>3)</sup> aus 34 Ländern  
~ 550 Mio. Menschen

3) TSO = Transmission System Operator



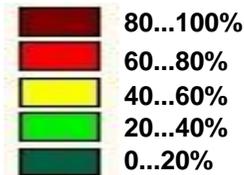
# Aktuelle und zukünftige systemtechnische Herausforderungen – Erzeugung und Verbrauch driften auseinander

## Nachfrage-Muster / Stromverbrauch



### Legende

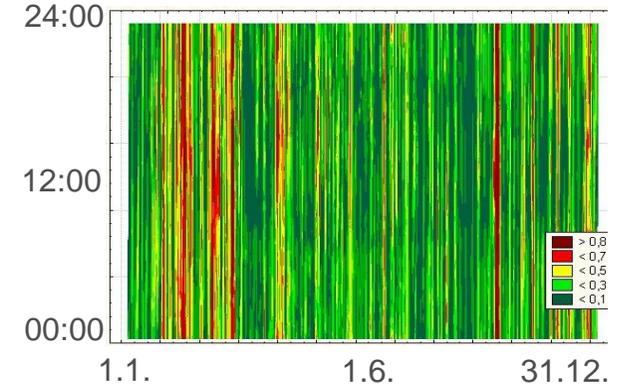
Bezugs- bzw. Einspeiseleistung in % des auftretenden Maximums



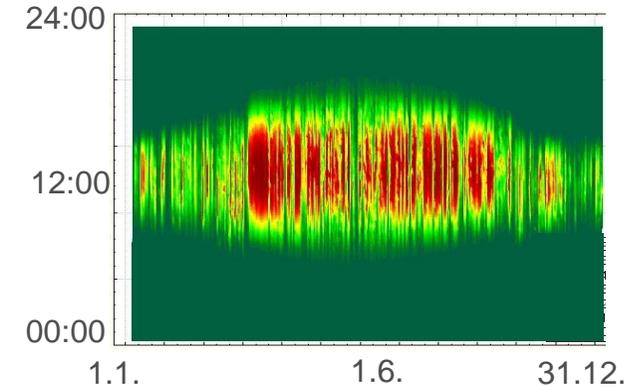
Zeitliches Auseinanderfallen



## Erzeugungsmuster / Windenergie



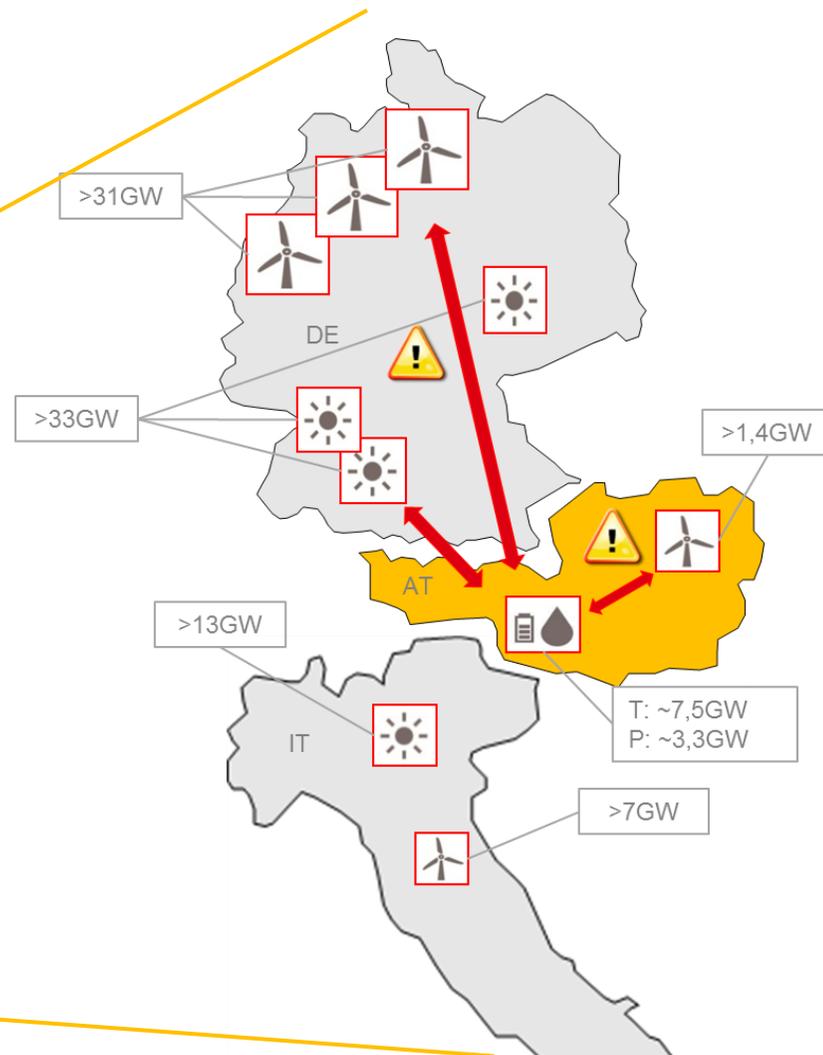
## Erzeugungsmuster / Fotovoltaik



**Annäherung der Erzeugungsmuster der Erneuerbaren und der Nachfrage nötig!**

# Herausforderungen für APG – Österreichs zentrale Lage in Europa

- APG ist stark von den Lastflüssen quer durch ganz Europa betroffen – sowohl in Nord-Süd als auch in Ost-West-Richtung!
- Integration extremer Mengen erneuerbarer Energien in Europa (v. a. in DE)
- APG stellt wesentliche Infrastruktur zur Verfügung, um die Energiewende zu ermöglichen



# Unterschiedliche Extremsituationen in nur wenigen Tagen

## Nord-Süd-Energieflüsse



29.01.2013

## Ost-West-Energieflüsse



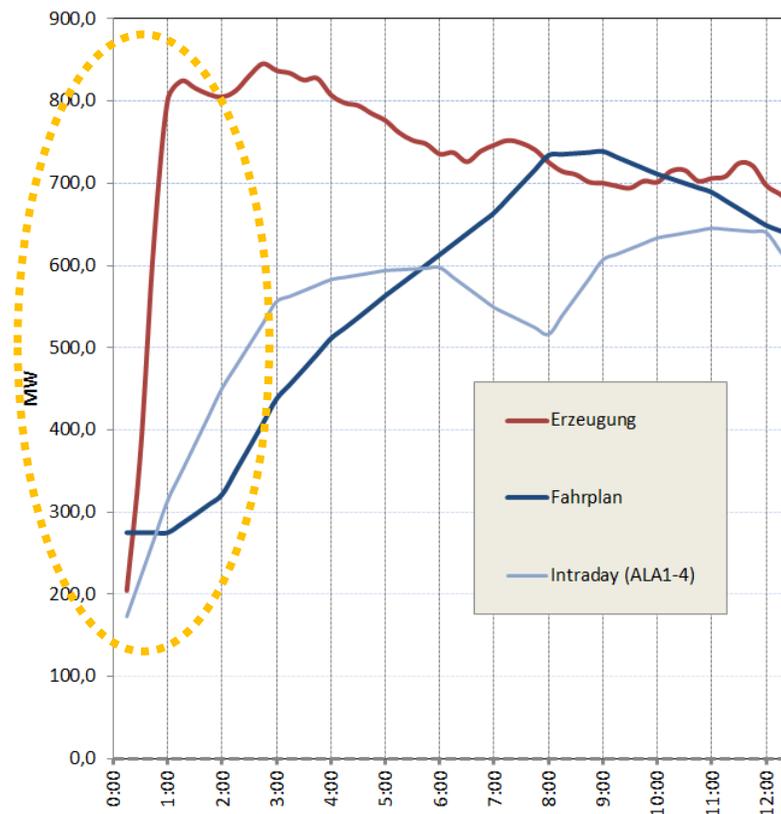
# Beherrschung der Volatilität am Beispiel der österreichischen Windkraftherzeugung

Dynamik und **extreme Rampen** können auftreten

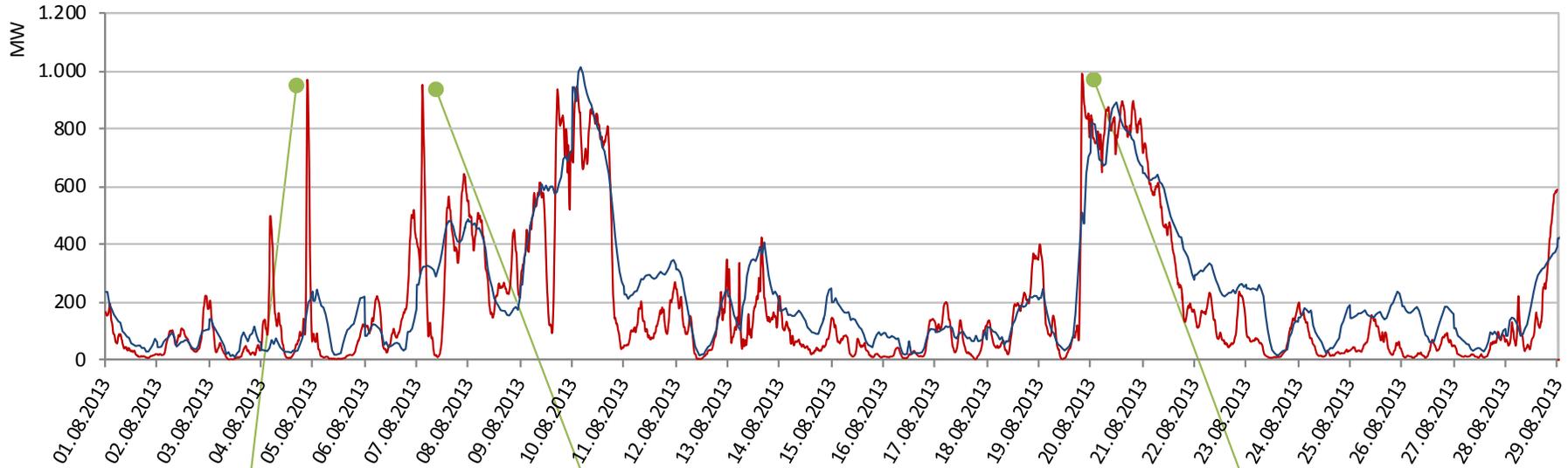
- Änderungsraten von bis zu **600 MW innerhalb 30 Minuten** bei (damals) rd. 1.100 MW installierter Leistung
- Bei 4 GW installierter Windkraft zukünftig Gradienten bis zu 2,4 GW / 30 min. möglich
- **Neue Anforderungen an Regel(markt)mechanismen sind nötig!!**



Windenergieeinspeisung Österreich, 16.5.12

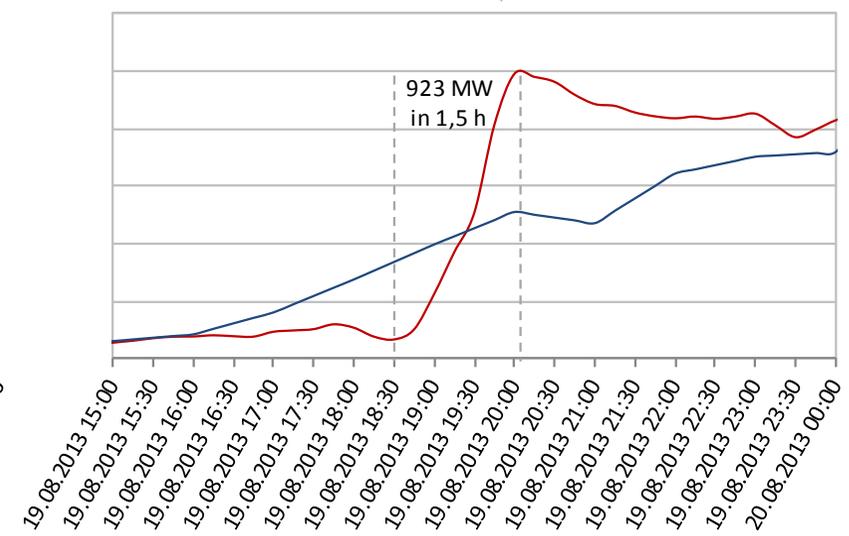
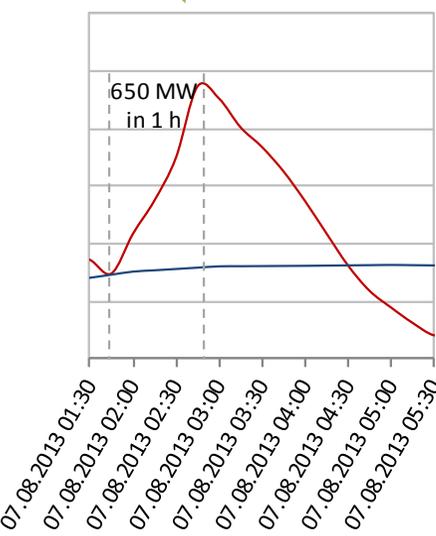
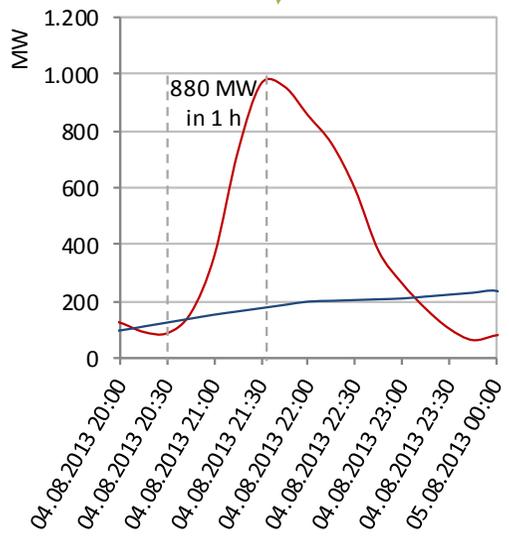


# Windkraft besondere Herausforderung für Netzregelung (Bsp: August 2013)



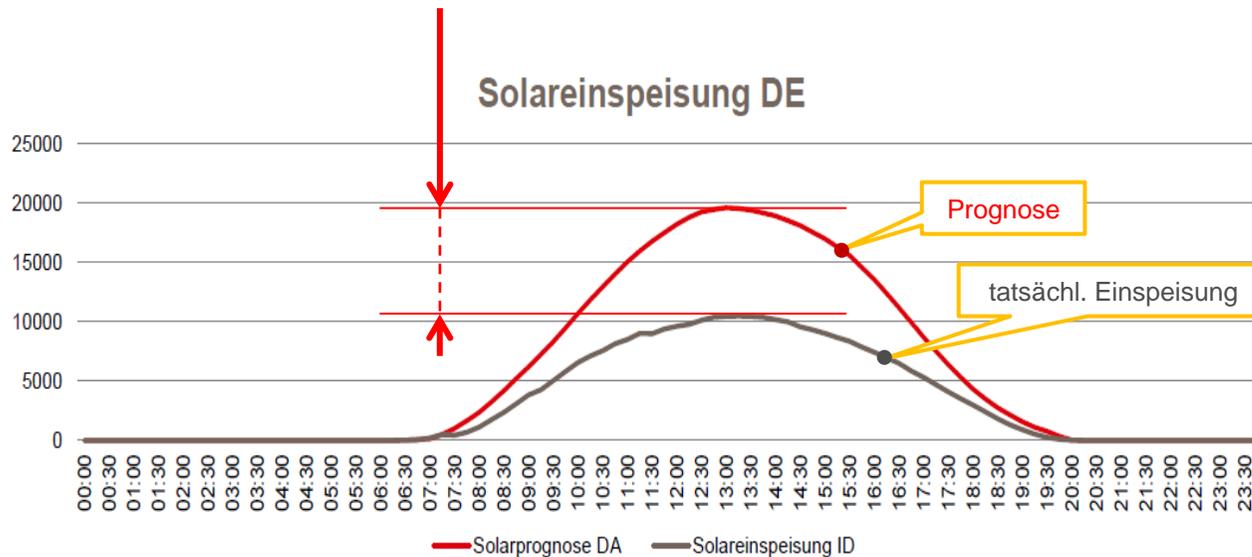
— Windkrafterzeugung (VTW-Hochrechnung)

— Windkraft Fahrplanprognose

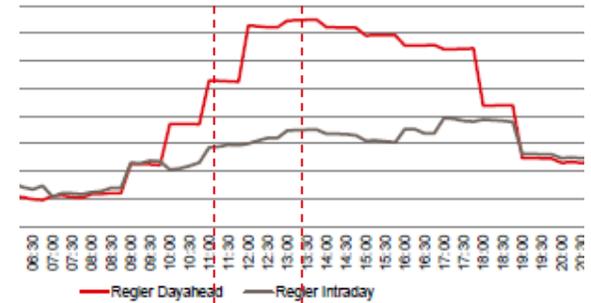


# Volatilitäten erreichen eine neue Dimension

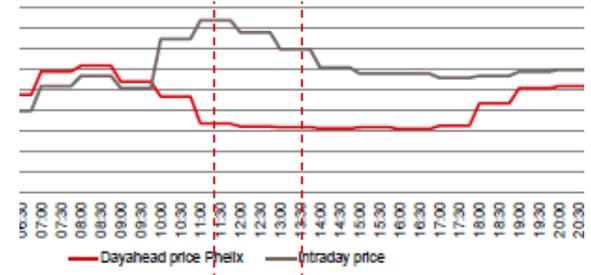
- **Extreme Abweichung** bei PV-Prognose in D für 3.4.2013
- Erwartete PV-Einspeisung: rd. 19.500 MW, tatsächlich **rd. 9.000 MW (!) weniger**



Regler Dayahead / Intraday

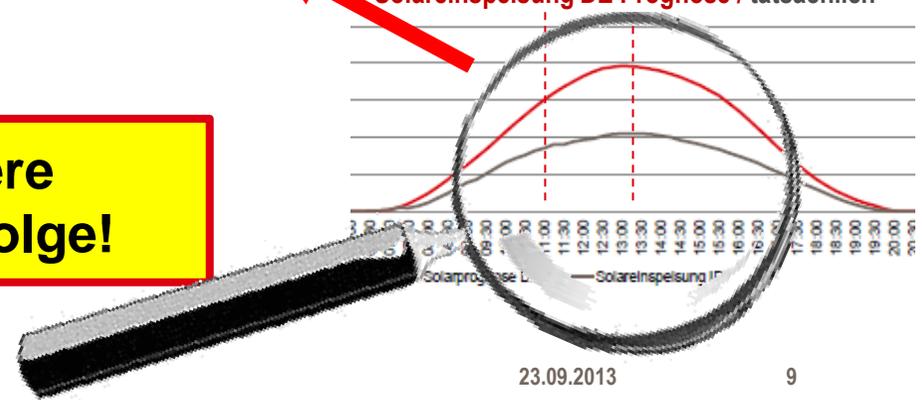


EPEX Dayahead price Phelix / Intraday price



Solareinspeisung DE Prognose / tatsächlich

**Teure Notmaßnahmen und längere Frequenzabweichungen sind die Folge!**



# Kritische Netzsituationen in den letzten Monaten am Beispiel des 25.3.2013

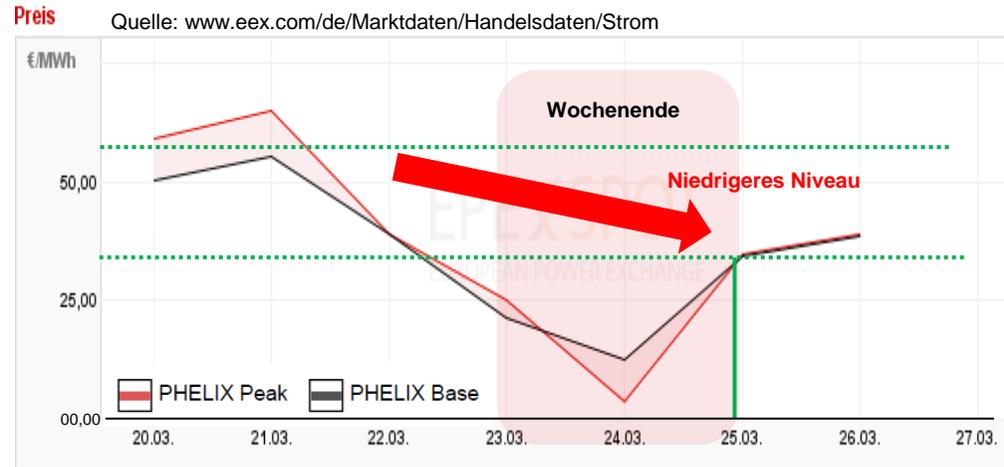
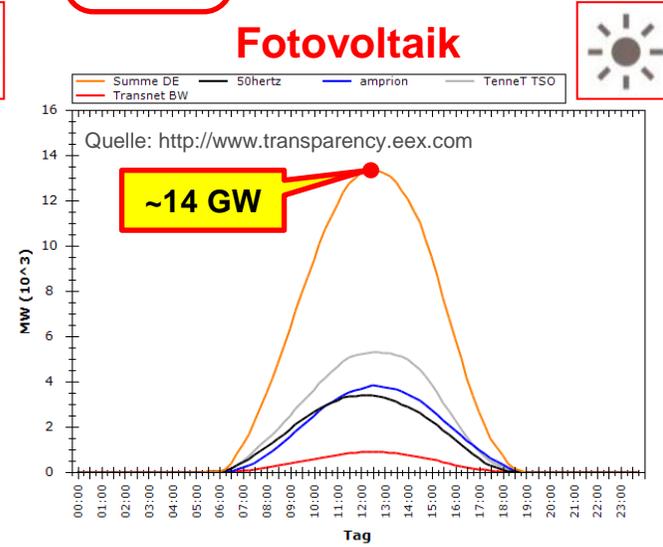
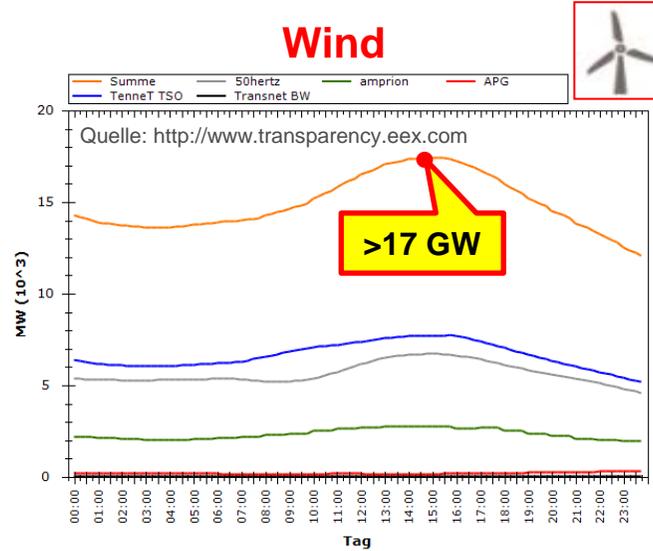
Rahmenbedingungen und Prognosen am 24.3. für Montag, 25.03.2013



- **Der Markt reagiert**
- Wärmegeführte thermische Kraftwerke gehen vom Netz
- APG: Erste Berechnungen für den 25.03. indizieren **Rekordwerte** für den Fahrplanimport aus DE (**ca. 7200MW**)

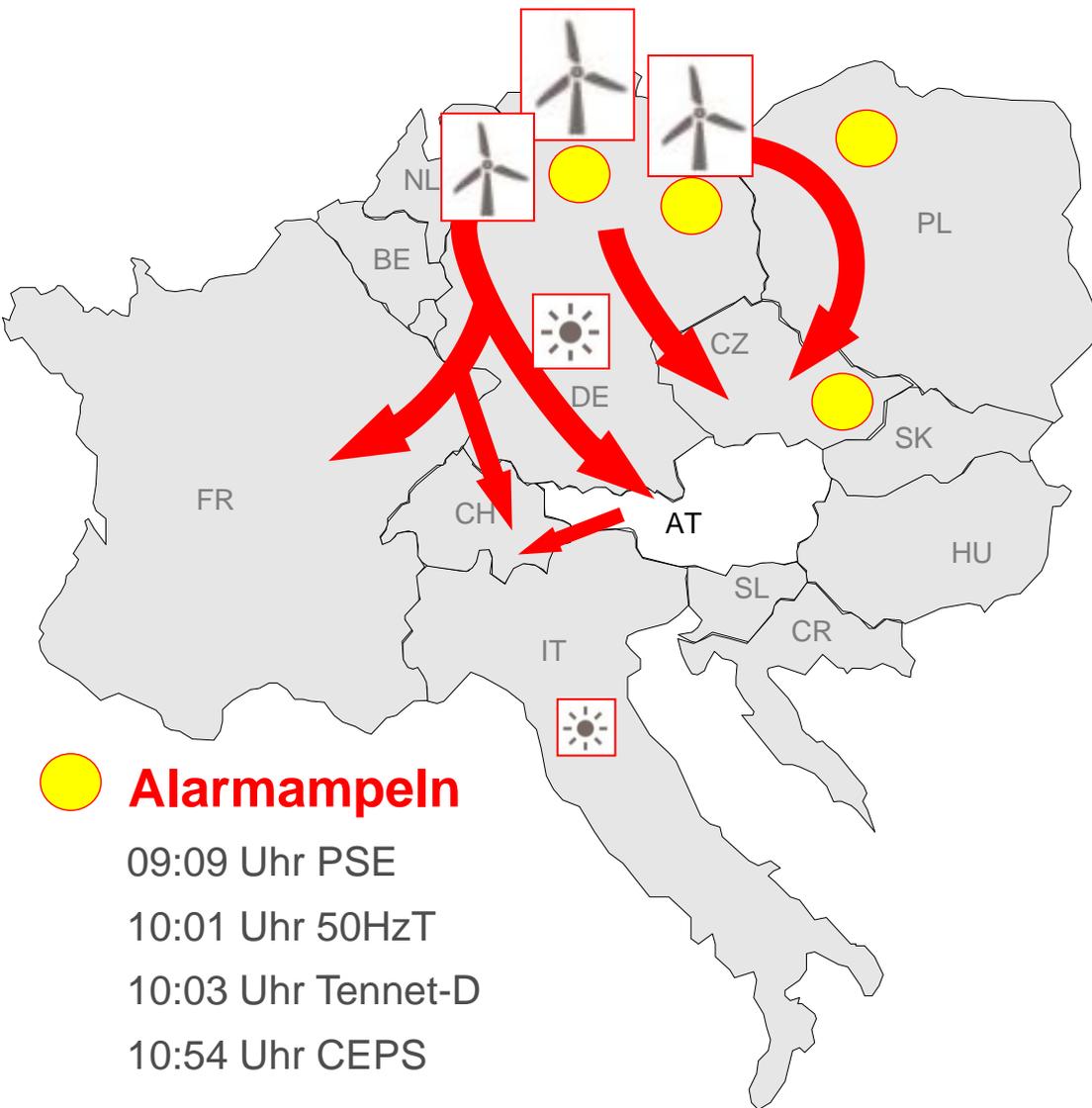
→ Gegenmaßnahmen werden in „**TSC**“ (TSO Security Cooperation) vorbereitet!

→ **Erste Anzeichen einer angespannten Netzsituation**



# Echtzeit-Betrieb am Montag, 25.03.2013

## Lastflusssituation in Europa



- Summe Export D: 11 GW
- Importierende Länder (gerundet)

<u>Schweiz</u>	2.800 MW
<u>Ungarn</u>	2.000 MW
<u>Frankreich</u>	2.000 MW
<u>Italien</u> „nur“	1.200 MW

(PV-Mittagsspitze)

- Engpässe in Nordeuropa
- Innerhalb D, PL und CZ (n-1)-Verletzungen
- Aktivierung der Alarmmampeln im RAAS (Regional Alarm and Awareness System)
- Regelzone APG: hohe Auslastungen an den Leitungen Richtung CZ

# Gesetzte Gegenmaßnahmen zur Vermeidung eines Blackouts

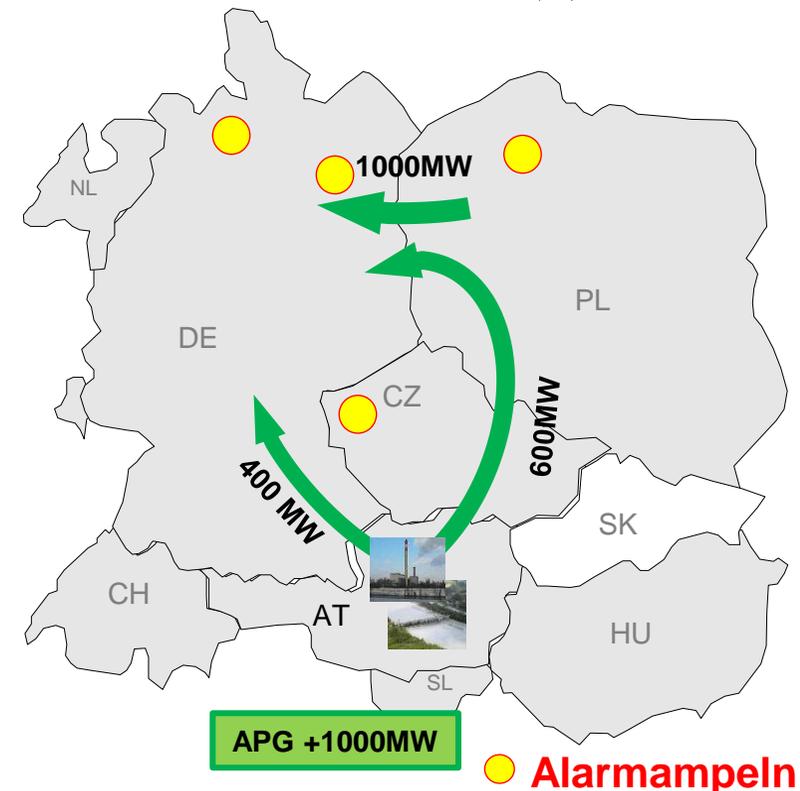


- Aktivierung des „Virtuellen Phasenschiebers“
- Von APG gesetzte Redispatch-Maßnahmen nach Anforderung von Tennet-D und 50HzT zur Entschärfung der Situation in Nordeuropa:

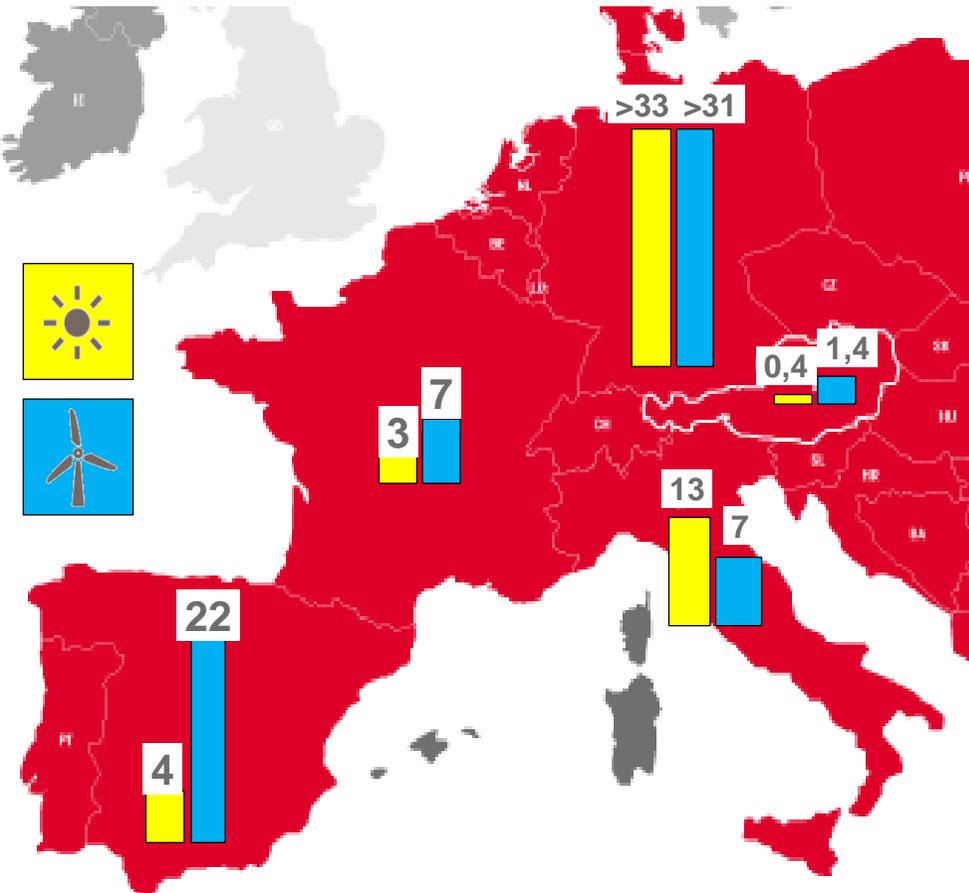


- 10:45 – 14:00 **Not-Redispatch-Anforderung** von Tennet-D (400 MW)
- 12:00 – 17:00 **„vPST-Anforderung“** von 50HzT (600 MW)

→ **Bewältigung der Situation nur durch rechtzeitige Koordination der internationalen Zusammenarbeit**



# Frequenzverhalten Erneuerbare- Automatische Frequenzauflösung



- Wind und PV-Anlagen trennen sich aufgrund der Voreinstellungen der Umrichter schon bei

- 50,2 Hz ↔ ! 20 GW PV !
- 50,3 Hz ↔ ! 11 GW PV !
- 50,5 Hz ↔ ! Großteil Wind in DE !
- 49,7 Hz ↔ ! 11 GW PV !
- 49,5 Hz ↔ ! 19 GW Wind !

- Überregionales (Europäisches) Problem!
- Sowohl Unter-, als auch Überfrequenz!
- Im Falle einer Frequenzwertüber- oder Unterschreitung ist Systemstabilität massiv gefährdet!

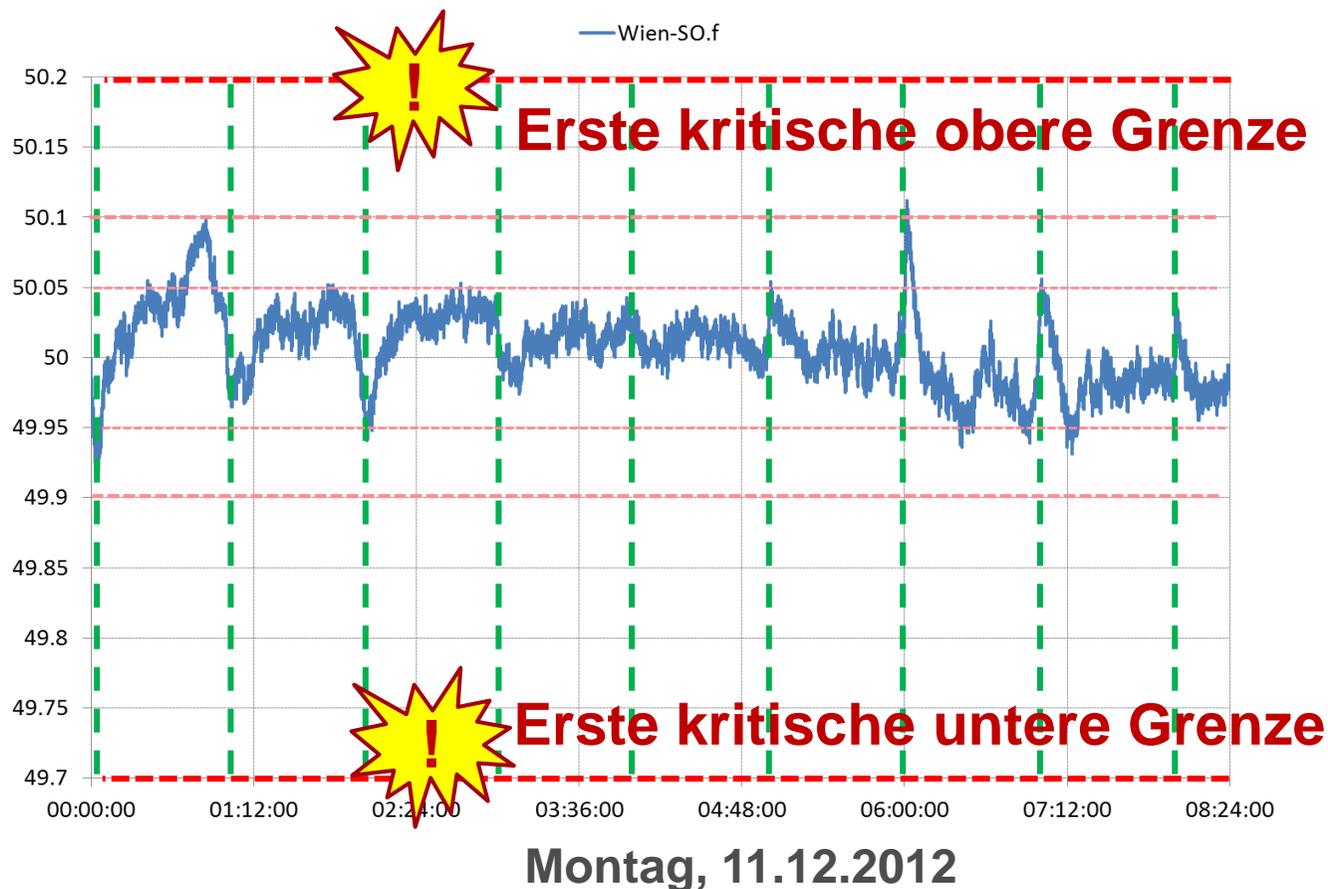
# „Typischer“ Frequenzverlauf im europäischen Netz

- Auftreten von einem zusätzlichen Ereignis kann zu automatischer Auslösung führen

- Ausfall eines DC-Links (Verbraucherausfall)

- Ausfall eines großen Kraftwerks (Erzeugungsausfall)

- Unterfrequenzproblem
- Überfrequenzproblem



# Automatische Frequenzauslösung Gegenmaßnahmen

- Europaweit werden „Retrofit“- Programme durchgeführt
- Geräteweise Adaptierung der voreingestellten Parameter
- **Fertigstellung 1. Retrofit bis Ende 2013** (Deutschland, Italien)

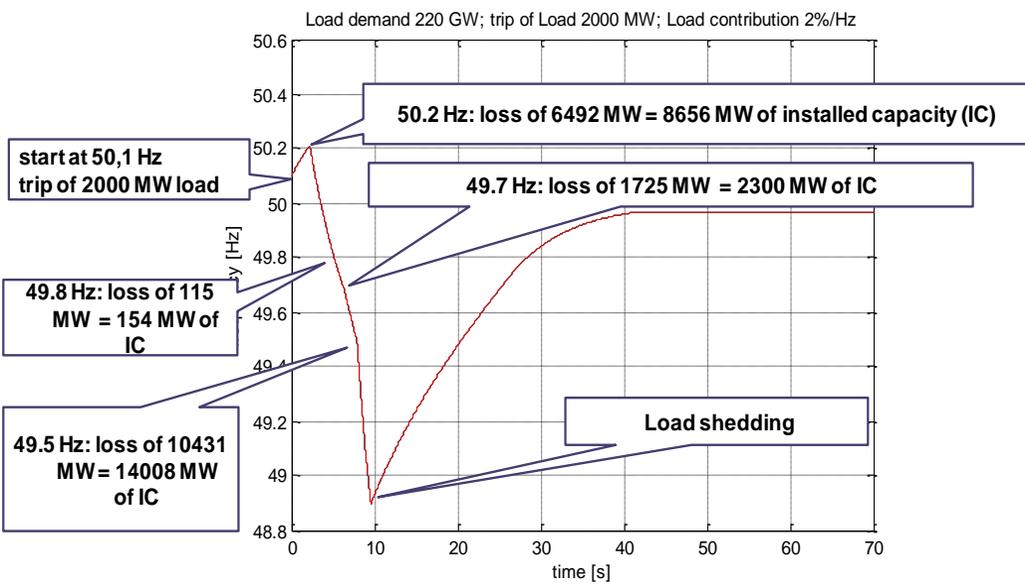
	Stand 2011		1.Retrofit bis Ende 2013		2.Retrofit
– 50,2 Hz	↔ ! 20 GW PV !	↔	! 9 GW PV !	↔	6 GW PV
– 50,3 Hz	↔ ! 11 GW PV !				
– 49,7 Hz	↔ ! 11 GW PV !	↔	! 2-3 GW PV !	↔	2 GW PV
– 49,5 Hz	↔ ! 19 GW Wind !	↔	! 12 GW Wind !	↔	1 GW Wind

In Vorbereitung

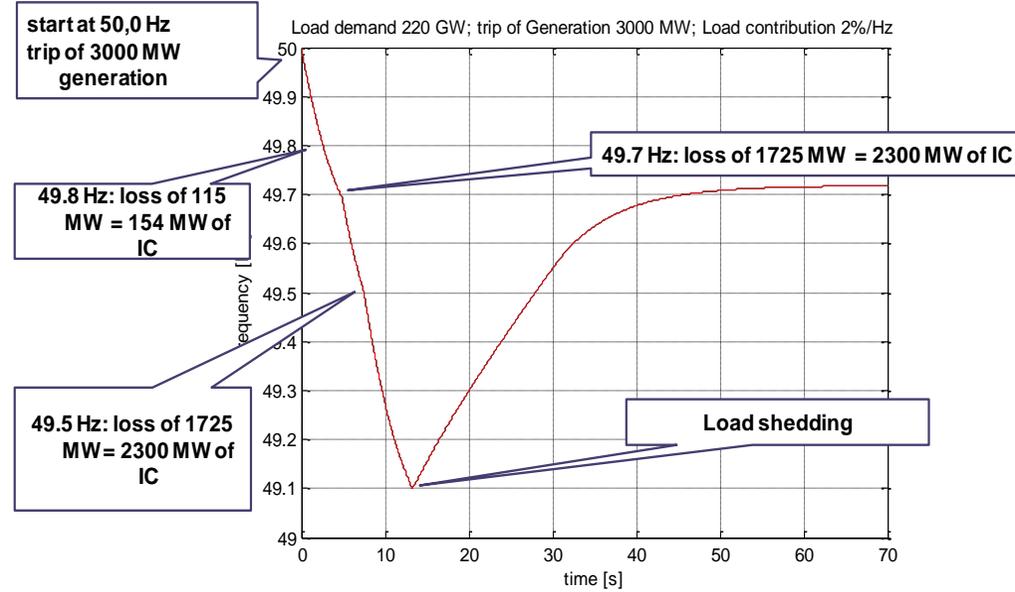
# Dynamische Studie zur Auswirkung von automatischen Abschaltungen (1)

- Vor Beginn des ersten Retrofit-Programmes hätte das Erreichen von Frequenzschwellwerten zu massiven Großstörungen bis hin zu großflächigen Blackouts geführt
- Nach Abschluss des 1. Retrofit Programm + automatische Verbraucherabschaltung kann Systemstabilität aufrecht erhalten werden

## Ausfall eines Großverbrauchers, 2GW



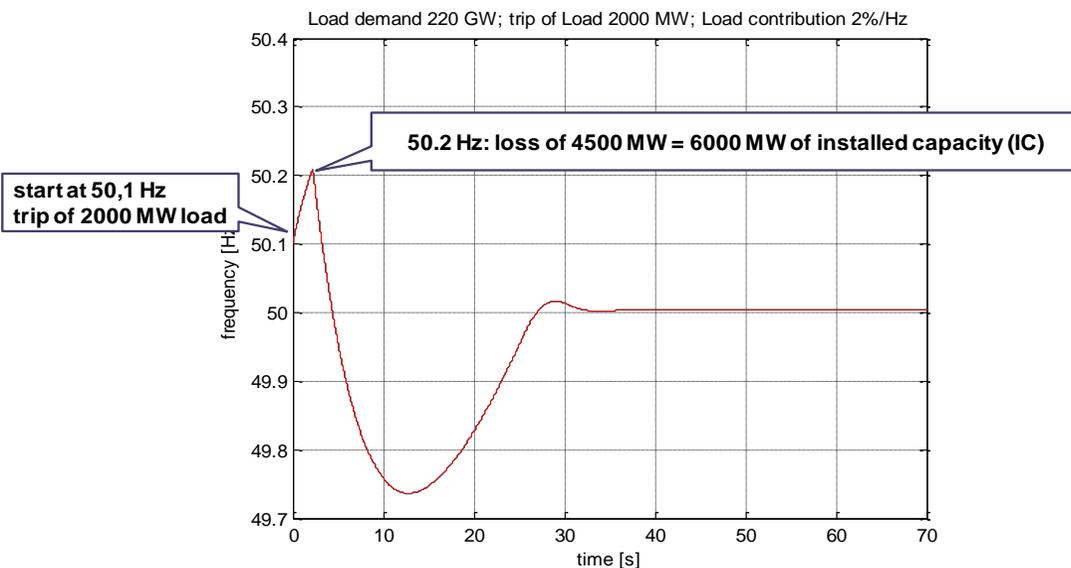
## Ausfall eines Großkraftwerks, 3GW



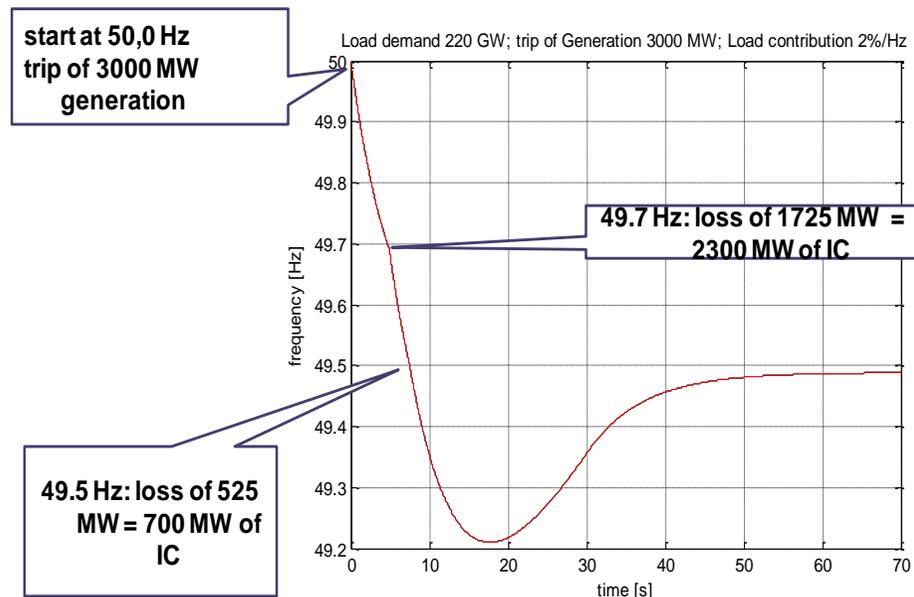
# Dynamische Studie zur Auswirkung von automatischen Abschaltungen (2)

- Weitere Retrofit-Programme erforderlich (derzeit in Vorbereitung)
- Nach Abschluss des 2. Retrofit Programm kann Systemstabilität ohne direkten Einfluss auf Kunden aufrecht erhalten werden, trotzdem noch große Auswirkungen auf Frequenzverhalten

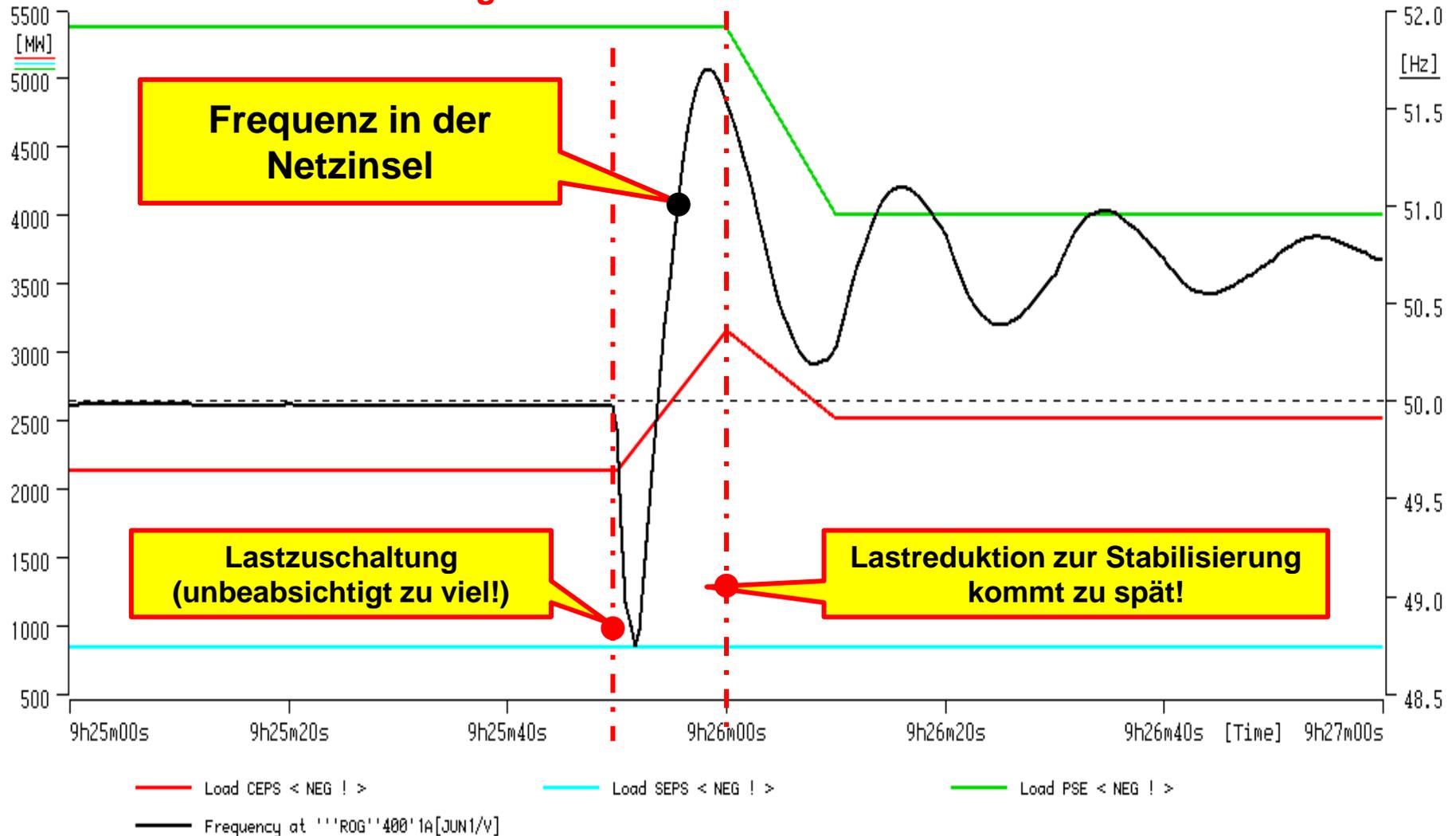
## Ausfall eines Großverbrauchers, 2GW



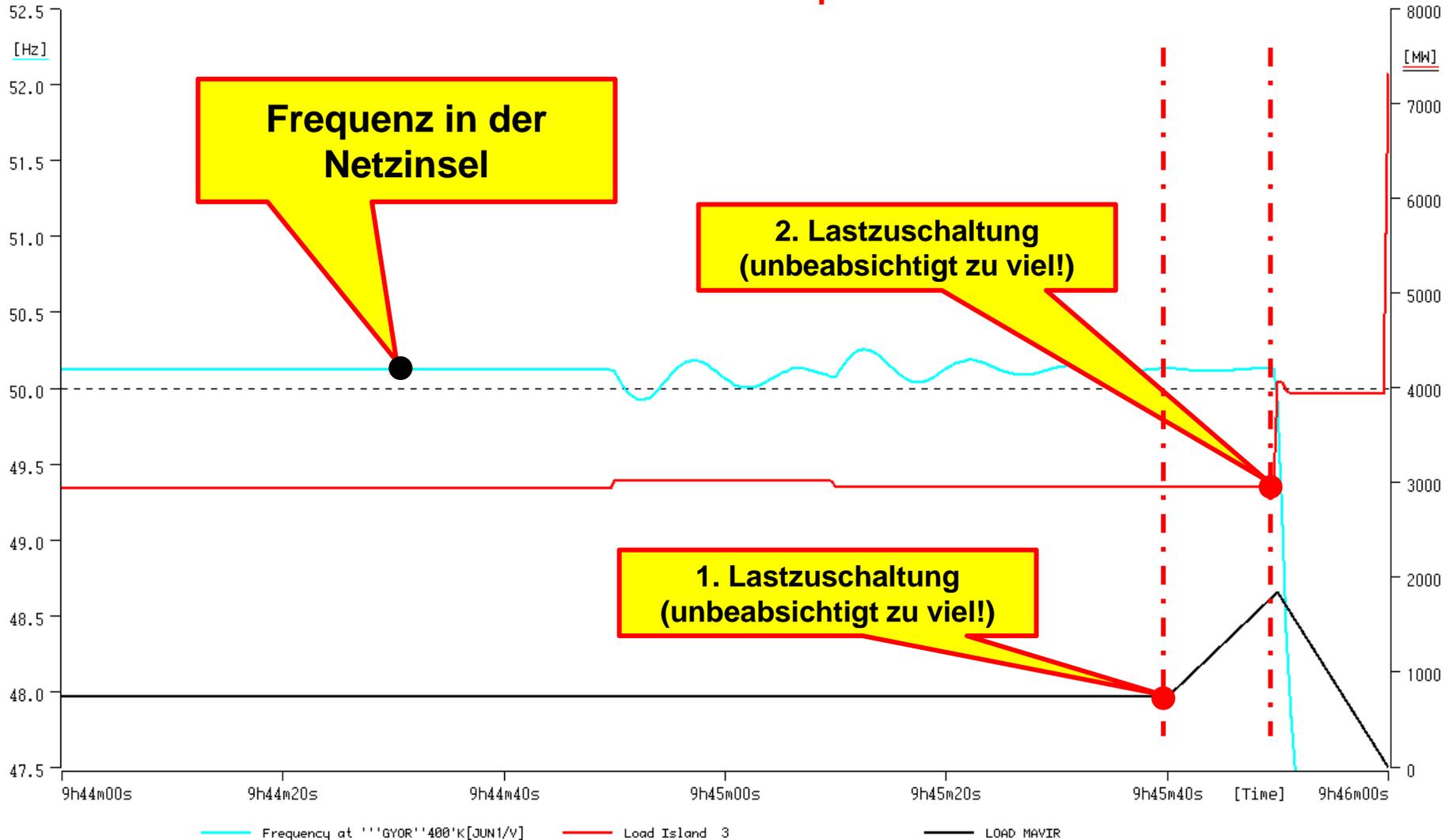
## Ausfall eines Großkraftwerks, 3GW



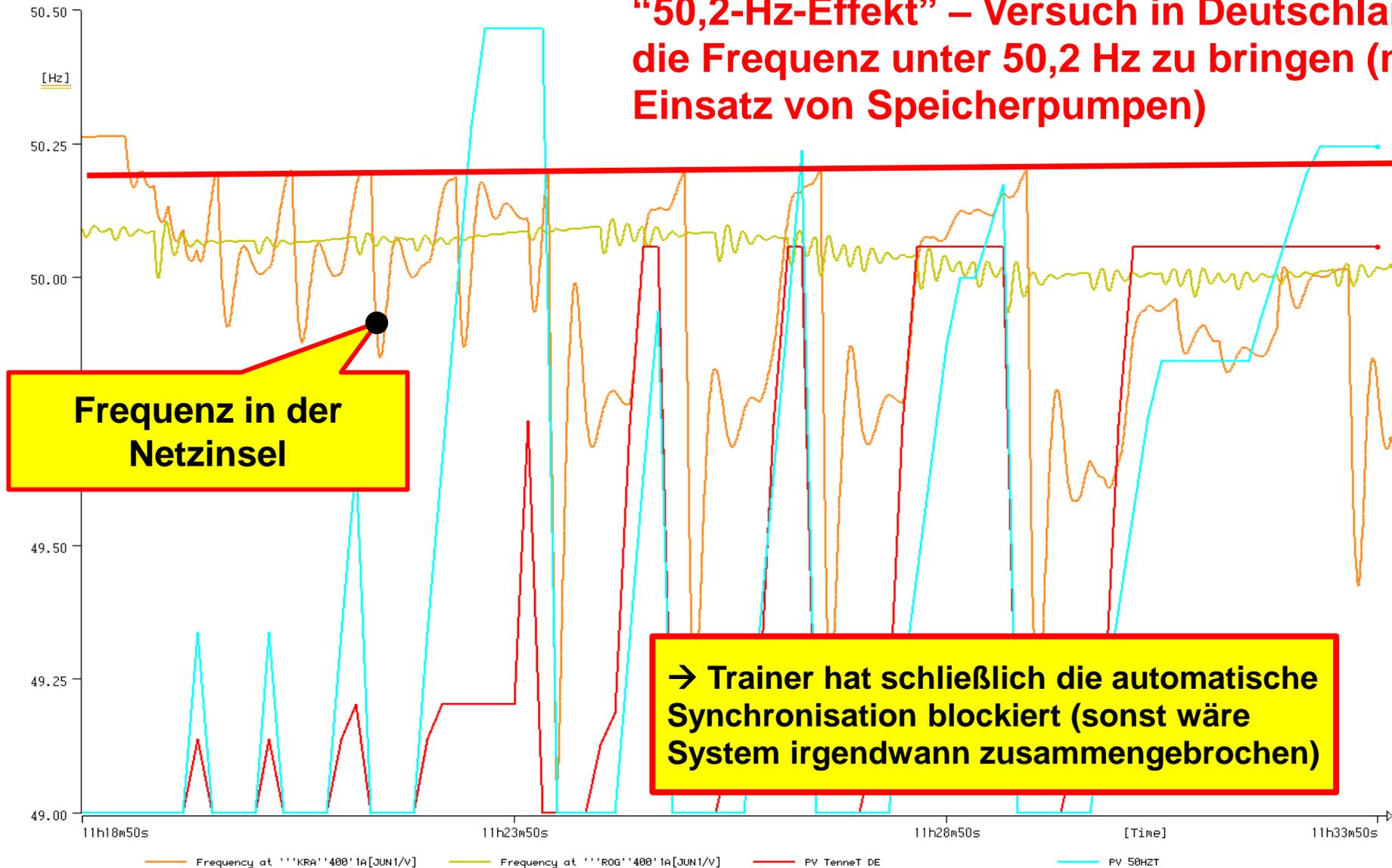
## Unbeabsichtigtes Zuschalten (fast!) zu großer Last im Gebiet der tschechischen Netzeinsel → Gefährdung der Inselstabilität beim Netzwiederaufbau!



**Unbeabsichtigtes Zuschalten viel zu großer Last im Gebiet der ungarischen Netzeinsel  
 → Zusammenbruch der kompletten Netzeinsel!**



## “50,2-Hz-Effekt” – Versuch in Deutschland die Frequenz unter 50,2 Hz zu bringen (mit Einsatz von Speicherpumpen)



# Erkenntnisse DÜtrain – Simulatortraining 18.-20.9.2013

„Inter-TSO CEE Training“ gemeinsam mit APG (AT), Tennet-DE (DE), 50HzT (DE), CEPS (CZ), ELES (SL), SEPS (SK), PSE (PL), MAVIR (HU)



- **Europäische Großstörung** → ENTSO-E-Netz wird höchstwahrscheinlich zufällig in einige wenige (u. U. auch in zahlreiche) Netzinseln mit verschiedenen (Über-/Unter-) Frequenzen zerfallen
- Erweitern und Zusammenschalten dieser Inseln verursacht jedenfalls (kurzzeitige) Frequenzschwankungen (Ausgleichsvorgang)
- Fragen:
  - ? welche Frequenzgrenzen werden dabei „durchstoßen“ und in welche Richtung?
  - ? Muss ich mit Abtrennung bestimmter Einspeiser (z. B. Wind in DE oberhalb 50,5 Hz) oder mit deren Wiedersynchronisation rechnen (z. B. europaweit PV unterhalb 50,2 Hz)?
- **Erkenntnis**: auch nach allen Retrofit-Programmen werden höchstwahrscheinlich extreme Mengen PV in ganz Europa „übrig bleiben“, die sich nach wie vor bei 50,2 Hz vom Netz trennen oder (je nach Frequenz) resynchronisieren – und zwar so lange, bis andere Teile des Stromversorgungssystems „aufgeben“ (Abtrennung von Generatoren, Leitungsauslösungen), bis das Netz letztlich wieder zusammenbricht – inkl. der ursprünglichen Insel
- **Möglicherweise einzige Lösung**: Auf „natürlichen Wegfall“ der PV-Einspeisung warten → d. h. auf Sonnenuntergang warten!

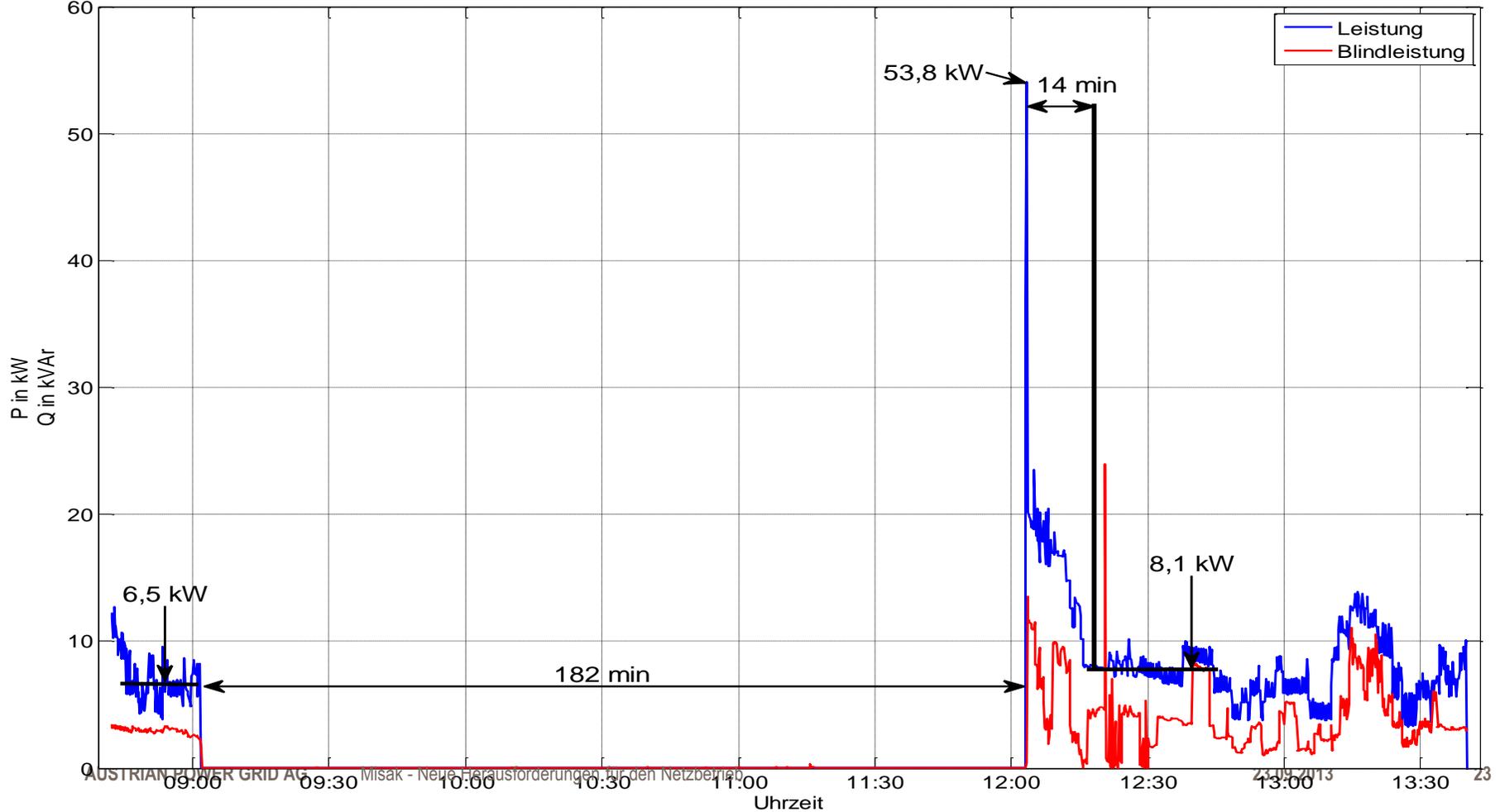
# Herausforderung beim Netzwiederaufbau – Lastverhalten – “Cold Load Pick Up” (CLPU)

- **Lastcharakteristik** bei Wiedereinschaltung weitestgehend **unbekannt** – Unsicherheiten für Inselnetzwiederaufbau
- **Verlust** der statistischen **Diversifizierung** (Betriebszustand geregelter Lasten)
- CLPU beschreibt das Verhalten der Last bei der Wiedereinschaltung nach einer Versorgungsunterbrechung
- **Große Anzahl an Einflussfaktoren** (Jahreszeit, Tageszeit, Wetterbedingungen, Temperatur, Ausfallsdauer, Netzcharakteristik, Anteil Erneuerbarer Energieträger,...)
- Derzeit erfolgt Auslegung der Lastblöcke basierend auf Schätzwerten in p.u. der Abgangsnennleistung
- Thema von KNG (Kärnten Netz) aufgeworfen; Studie von OE gemeinsam mit TU-Graz zur Untersuchung der Lastcharakteristik im Gange

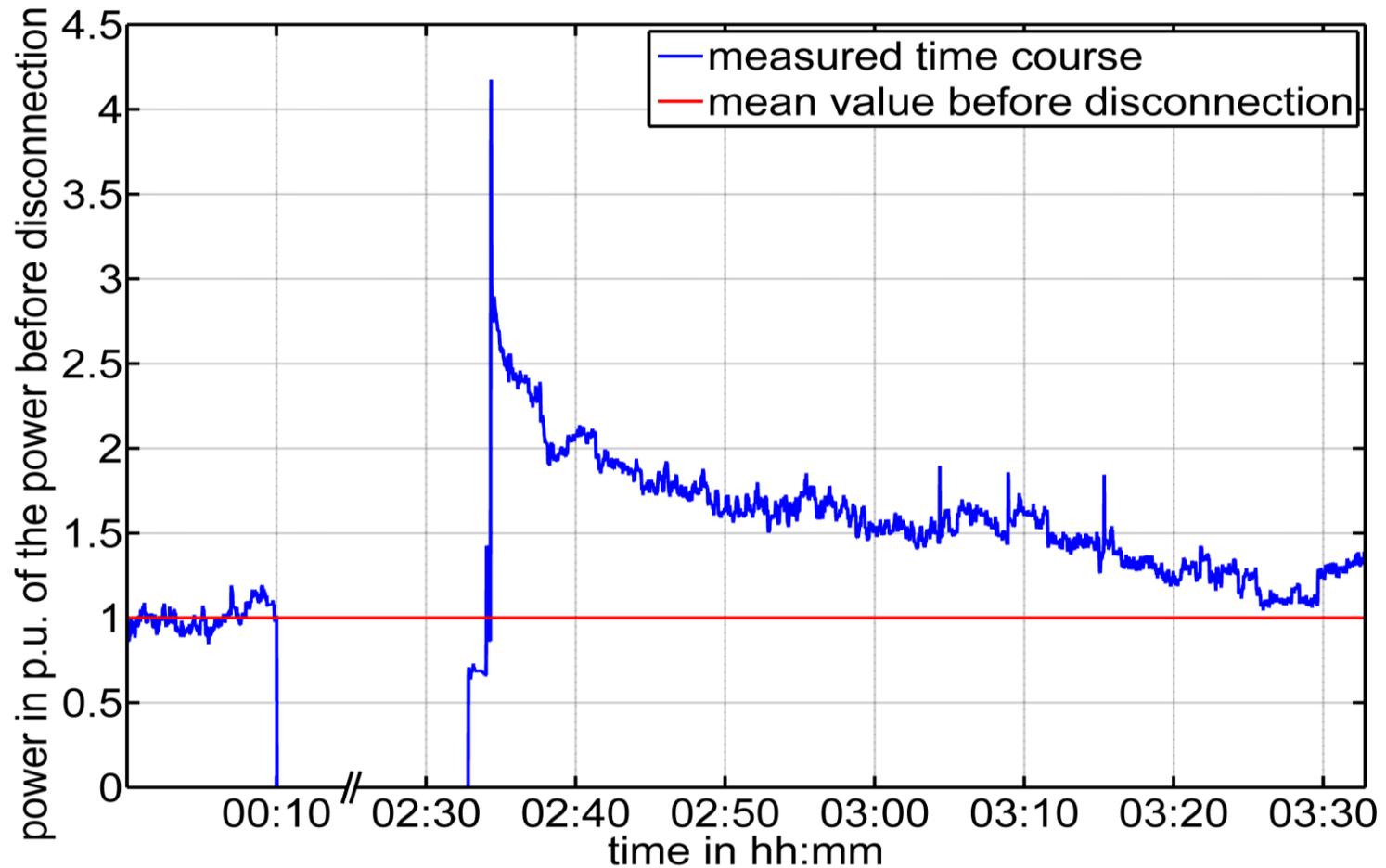
# Cold Load Pick Up (2)

- Ansatz: Sammlung von Messdaten und statistische Auswertung
  - Planabschaltungen
  - UW mit hoher Ausfallwahrscheinlichkeit

Rennweg St.Peter Mitte 0,4 kV am 11.10.2011



# Cold Load Pick Up (3)



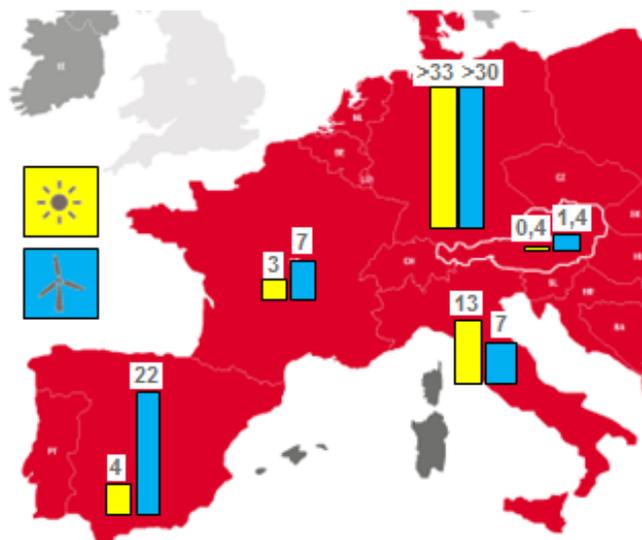
**Tiefgreifende Auswirkungen auf Netzwiederaufbaukonzept möglich  
(Auslegung der zuzuschaltenden Lastblöcke)**

# Entwicklungen in Österreich

- In **Österreich** kann **jetzt noch eingegriffen werden**, um ähnliche Entwicklungen wie in Nachbarländern zu vermeiden
- Normative Einstellwerte und gesetzliche Regelungen einhalten, Überprüfung erforderlich (Einheitliche Festlegung in Anschlussbedingungen)
- Nur durch Zusammenspiel aller „Player“ können schwerwiegende Folgen für die Systemstabilität abgewendet werden (Übertragungsnetzbetreiber, Verteilnetzbetreiber, Industrie...)

## Entwicklung der Erneuerbaren

(soweit bekannt; ausgewählte Länder, Stand Ende 2012, Werte in GW, teils gerundet)



In Österreich derzeit 417 MW\* PV und rd. 1,4 GW Windkraftanl. installiert!

- Bis Ende 2015/2016 bis zu 1 GW PV\* und rd. 4 GW Wind erwartet
  - Bis Ende 2020 bis zu 8 GW PV\* möglich
- \* Quelle: Hans Kronberger, PV Austria

# Automatische Frequenzauslösung – Fazit und weitere Schritte

- Aufgrund von Markteinflüssen und der massiven Integration von Erneuerbaren Energieträgern hat sich die Netzcharakteristik grundlegend verändert
- Hohe Frequenzabweichungen von 50 Hz schon im Normalbetrieb können in Verbindung mit einem zusätzlichen Ereignis zur massiven Abschaltung von Erzeugungsanlagen führen
- Die Problemstellung ist überregional (Europa!)
- Offensive Information seitens Übertragungsnetzbetreiber notwendig
  - Veranstaltung mit Elektrotechnik Innung bei APG
  - Intensive Kontakte mit Normungsgremien und Verteilnetzbetreibern
- Veröffentlichungen der Problematik (Innungszeitungen, Fachzeitschriften etc..) mit Hinweisen auf aktuelle Normen- und Verordnungslage

**Nationale Maßnahmen und intensive internationale Abstimmung gefordert!**



# Schutz kritischer Infrastruktur – Verflechtung essenzieller Bereiche

	Elektrizitäts- versorgung	Telekommuni- kation	Transport- wesen	Treibstoff- versorgung	Handel und Industrie	Feuerwehr	Wasser- versorgung	Polizei	Finanzwesen
Elektrizitätsversorgung		Starke Wechselwirkung	Eher schwache Wechselwirkung	Eher schwache Wechselwirkung	Eher schwache Wechselwirkung	Eher schwache Wechselwirkung			
Telekommunikation	Starke Wechselwirkung		Eher schwache Wechselwirkung		Eher schwache Wechselwirkung	Eher schwache Wechselwirkung			
Transportwesen	Eher schwache Wechselwirkung	Eher schwache Wechselwirkung		Starke Wechselwirkung	Eher schwache Wechselwirkung	Eher schwache Wechselwirkung		Eher schwache Wechselwirkung	
Treibstoffversorgung	Starke Wechselwirkung	Eher schwache Wechselwirkung	Starke Wechselwirkung		Eher schwache Wechselwirkung	Eher schwache Wechselwirkung			
Handel und Industrie	Starke Wechselwirkung	Starke Wechselwirkung	Starke Wechselwirkung	Starke Wechselwirkung		Eher schwache Wechselwirkung	Eher schwache Wechselwirkung		Starke Wechselwirkung
Feuerwehr	Eher schwache Wechselwirkung	Starke Wechselwirkung	Starke Wechselwirkung				Starke Wechselwirkung	Starke Wechselwirkung	
Wasserversorgung	Starke Wechselwirkung	Eher schwache Wechselwirkung			Eher schwache Wechselwirkung				
Polizei	Eher schwache Wechselwirkung	Starke Wechselwirkung	Eher schwache Wechselwirkung						
Finanzwesen	Starke Wechselwirkung	Starke Wechselwirkung				Eher schwache Wechselwirkung			



Starke Wechselwirkung



Eher schwache Wechselwirkung

Quelle: Norwegian Defence Research Establishment (FFI)(1997): Important social functions. FFI/REPORT-97/01458.(in norwegischer Sprache)

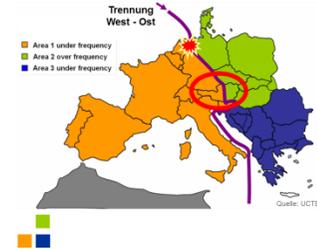
**Ein Ausfall der Energieversorgung wirkt sich auf praktisch alle wesentlichen Bereiche des öffentlichen Lebens aus.**

# Bedrohungen mit internationaler Tragweite (z.B. durch Kaskadeneffekte)

(kein Anspruch auf Vollständigkeit)

## ● Netzbetriebliche Ursachen

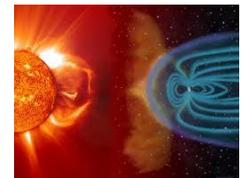
- im eigenen Netz (Ausfall von Leitungen, Transformatoren usw. durch Überlastung oder Anlagenversagen)
- ausgelöst in Fremdnetzen (mit Folgeüberlastungen innerösterreichischer Leitungen)



## ● Höhere Gewalt, seltene Ereignisse

(→ „HILF“ – High Impact, Low Frequency)

- Überschwemmungen, Erdbeben, Stürme, Muren, Lawinen
- Geomagnetische Stürme (GMD)



## ● Künstliche / menschliche Bedrohungen (z.B. Sabotage, Terrorismus)

- Unmittelbar: Sprengung, Beschuss, EMP/HEMP<sup>1)</sup>, IEMI<sup>2)</sup>, u.dgl.
- Von Ferne / Internet: z.B. „Cyber Attacken“ (→ Cyber Security)



1) (H)EMP = (High altitude) Electromagnetic Pulse

2) IEMP = Intentional Electromagnetic Interference

# Nationale und internationale Initiativen zum Schutz krit. Infrastruktur

- **ENTSO-E:** Arbeitsgruppen „**Critical Systems Protection**“ (CSP) und „**Cyber Security Expert Group**“ (CSEG); akt. Arbeitspakete der WG CSP:
  - Erarbeitung eines Papiers betreffend „Physical Protection Issues“
  - Abstimmung von Maßnahmen zur Vorbereitung auf längeren Blackout (z.B. > 24 Stunden)
- **Europäische Kommission:** Interdisziplinäre Arbeitsgruppe „**Thematic Network on Critical Energy Infrastructure Protection**“ (TNCEIP)
  - EU-weit, interdisziplinär (Strom & Gas, Netz- & KW-Betreiber)
- **Bundeskanzleramt, Innenministerium:** „**Interministerielle Arbeitsgruppe EPCIP/APCIP**“
  - Umsetzungsstand und Abstimmung von Maßnahmen zum „European Programme for Critical Infrastructure Protection“(EPCIP) und analog das „Austrian Programme...“ (APCIP)
  - Österr. Ministerien gemeinsam mit Strom- (APG) und Gas-Übertragungsnetzbetreiber (Gas Connect Austria)
- **Oesterreichs Energie:** „**Ausschuss Netztechnik und Versorgungssicherheit**“ und „**Arbeitskreis Versorgungssicherheit, Großstörungen und Krisenszenarien**“



# Netzsicherheitskooperationen / Awareness Systeme

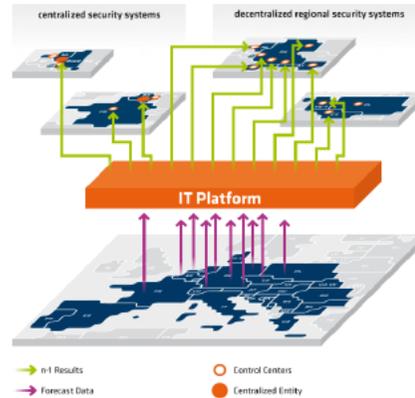


**TSC**

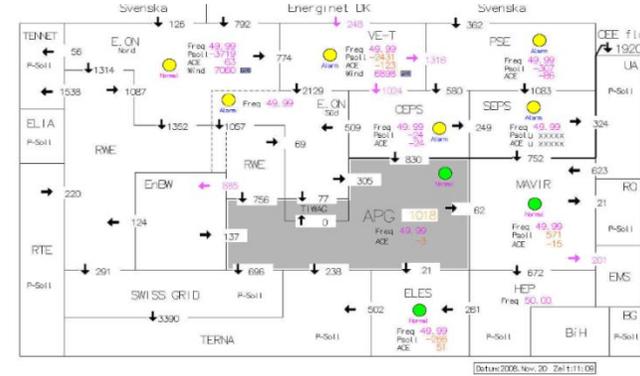
Transmission System Operator  
Security Cooperation

(TSO Security Cooperation)

## CTDS – Prinzip



## Regional Alarm and Awareness-System (RAAS)



- Gemeinsames Planungswerkzeug (CTDS – „**C**ommon **T**ool for **D**ata acquisition and **S**ecurity assessment“)
- Tägliche Telekonferenz mit allen Partnern, Erfahrungsaustausch der TSOs über modernste Computersysteme
- Wissensaustausch über Echtzeit-Systemmonitoring (Awareness System)
- Entwicklung und Implementierung neuer multilateraler Prozesse und Aktionen für optimierte Systemsicherheit

Das Awareness System bewährt sich nunmehr seit 2007 und wird durch weitere Abstimmung der TSOs (TSC) informativer und schlagkräftiger!



Verwaltung:  
Wagramer Straße 19, IZD-Tower  
1220 Wien  
Tel.: +43 (0)50320-161  
[www.apg.at](http://www.apg.at)