WAMS – das „X-Ray“ der Netze

Überblick und aktuelle Entwicklungen

Martin Lenz / APG

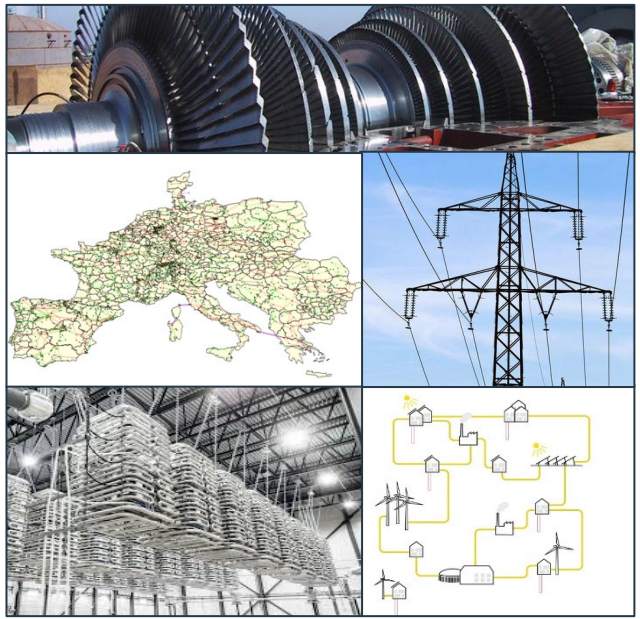
© Austrian Power Grid

Warum wird die Überwachung der *dynamischen* Stabilität für den sicheren Netzbetrieb immer wichtiger?

…und wie kann uns ein Wide Area Measurement System (WAMS) dabei unterstützen?

© Austrian Power Grid

Trends und Entwicklungen (1)



Veränderung der Systemträgheit

Zunahme von „untypischen“ Lastflussverhältnissen

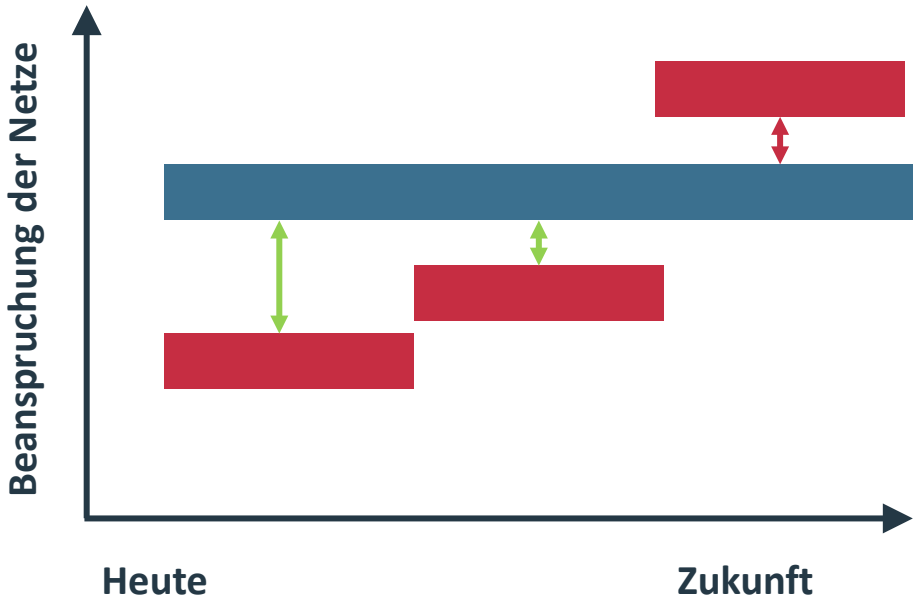
Zunehmende Komplexität der Netzbetriebsführung

?

Dynamische Stabilität

© Austrian Power Grid

Trends und Entwicklungen (2)



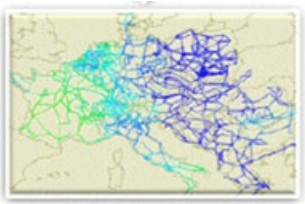
Dynamische Stabilitätsgrenze

Statische / thermische Grenze

© Austrian Power Grid

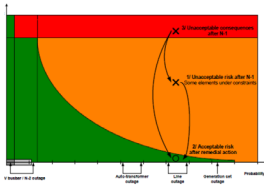
Herausforderungen

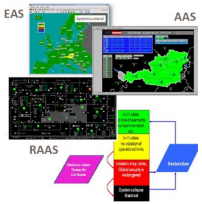
„Konventionelle Toolbox“ eines ÜNB



Lastflussberechnung

(n-1) Berechnung

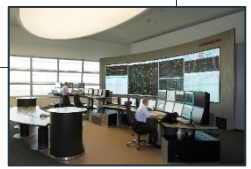




SCADA
EMS

State Estimator

Offlinebasierte Studien u. Berechnungen



Einhaltung der statischen Grenzen

?

Dynamische Stabilität

© Austrian Power Grid

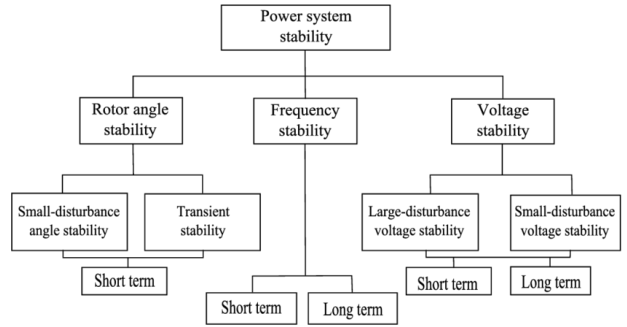
Regulatorischer Rahmen – SOGL

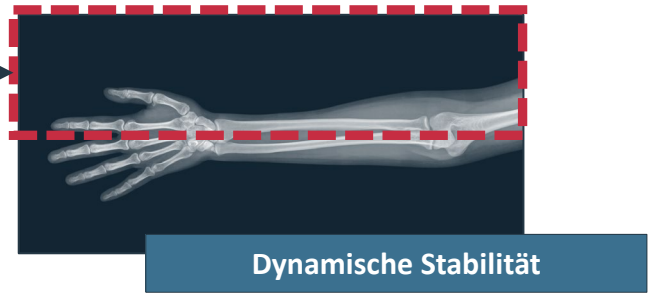
- Neue Mindeststandards gemäß System Operation Guideline:

Artikel 38 Überwachung und Bewertung der dynamischen Stabilität („DSA“)

Jeder ÜNB überwacht die dynamische Stabilität des Übertragungsnetzes mithilfe von Offline-Studien.

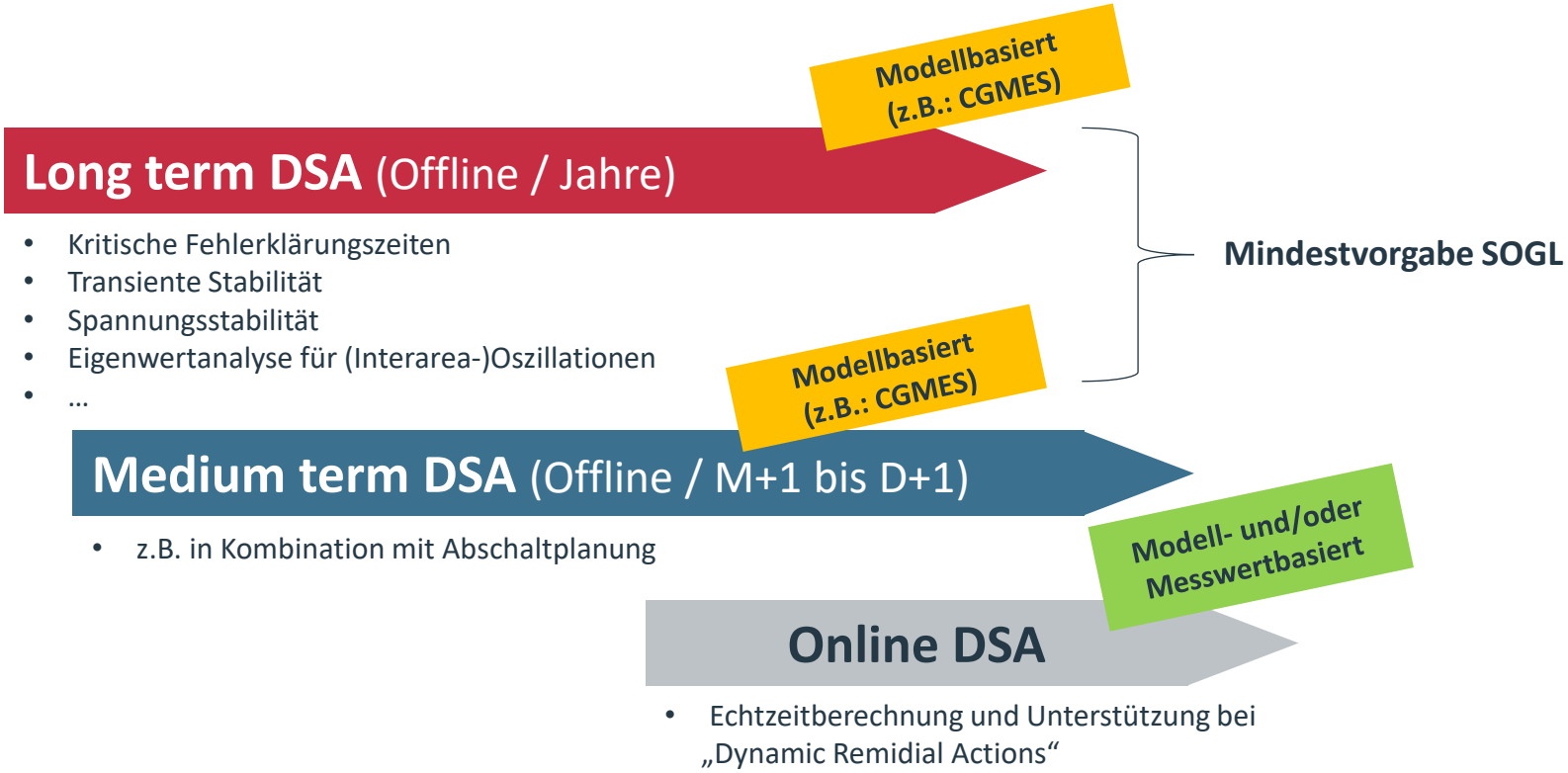
Jeder ÜNB tauscht die relevanten Daten für die Überwachung der dynamischen Stabilität des Übertragungsnetzes mit den anderen ÜNB seines Synchrongebietes aus.





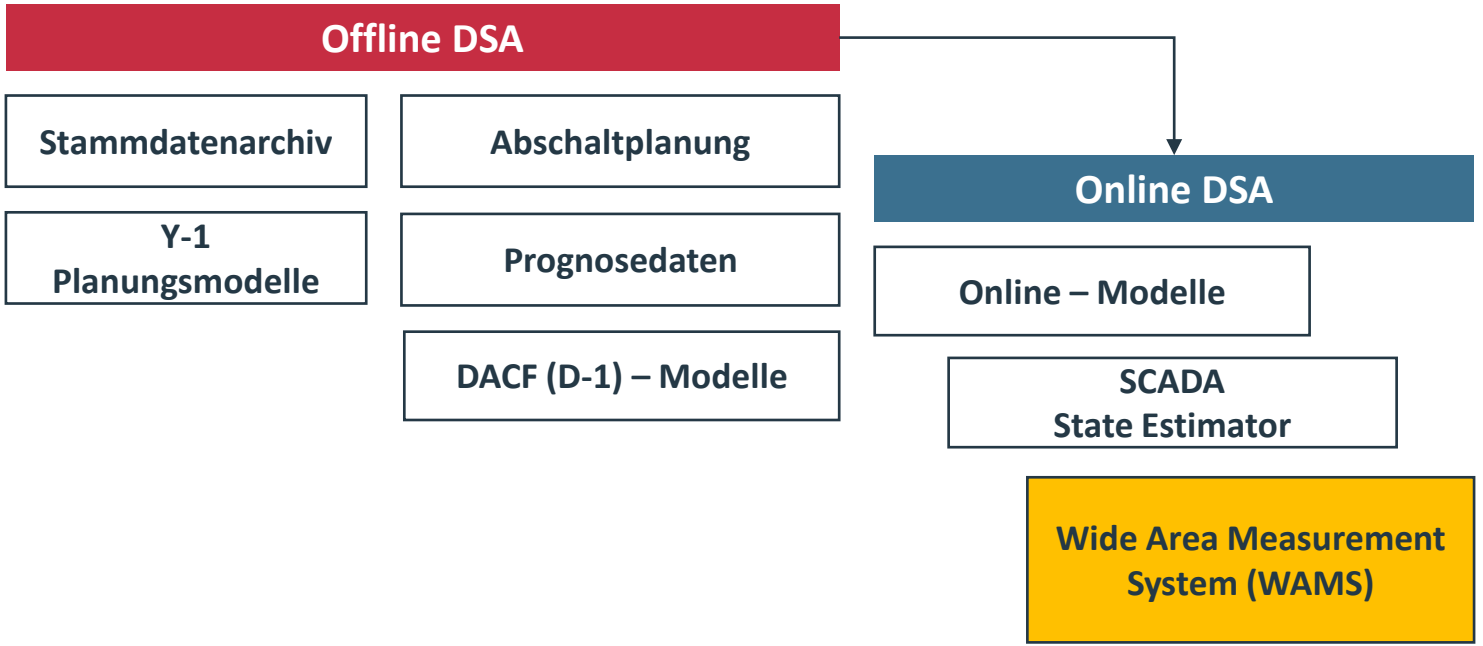
© Austrian Power Grid

Dynamic Security Assessment



© Austrian Power Grid

Dynamic Security Assessment



© Austrian Power Grid

Motivation – Online DSA mittels WAMS

- Laufende Überwachung der statischen Sicherheitsgrenzen reicht zukünftig nicht mehr aus
- Modellbasiertes Online DSA → „Kalibrieren“ der dynamikfähigen Modelle und laufende Berechnung sehr komplex und zeitaufwendig
- WAMS liefert hochauflösende Messwerte (sog. „Phasoren“)
- Messwertbasiertes Online DSA → Mittels einfacher Algorithmen kann der aktuelle Systemzustand in Echtzeit effizient bewertet werden

Zeitbereich: 1 – 2 s
Leitsystem SCADA

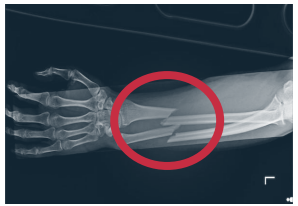
Zeitbereich: 20-100 ms

© Austrian Power Grid

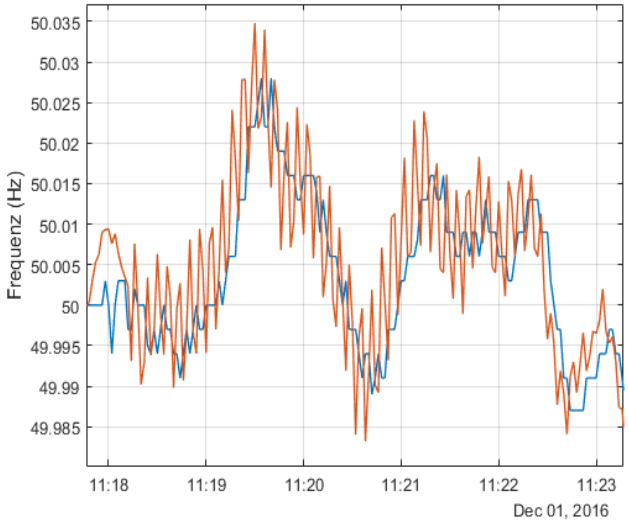
Plakative Beispiele (1)

- **2016 / Kleinsignalstabilität**
  Systemkritische niederfrequente Oszillationen in RGCE

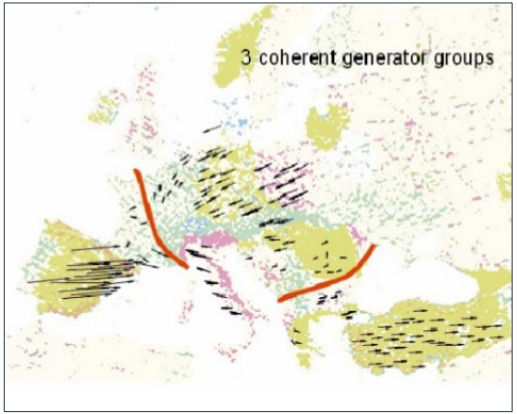
SCADA ist „blind“



!!!



WAMS erkennt Gefahr



Vereinfachtes Masse-Feder System:

Iberische Halbinsel oszilliert gegen den Rest von RGCE

© Austrian Power Grid

Plakative Beispiele (2)

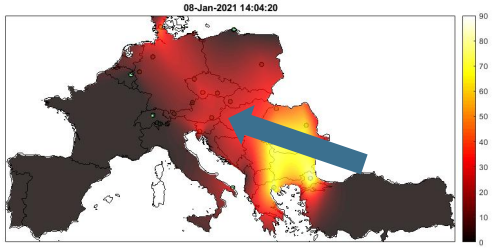
- **2021 / Winkelstabilität**
  System Split in RGCE (08.01.2021)

- Aufgrund der vorherrschenden überregionalen Lastflüsse gab es bereits vor dem System Split eine sehr angespannte Situation hinsichtlich der Winkelstabilität

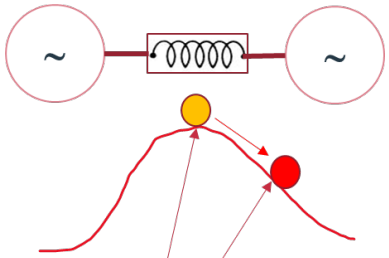
- Winkel zwischen „Systemmitte“ (CH) und Systemrand (TK) schon vor Störung ca. 60 Grad (!)

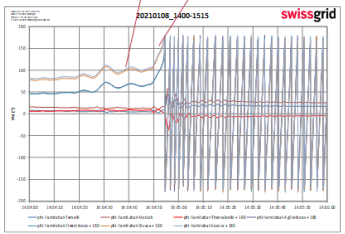
- Unmittelbar nach dem Ausfall des ersten Netzelements wurde der sog. „Point of no return“ erreicht → Winkeldifferenz > 90 Grad

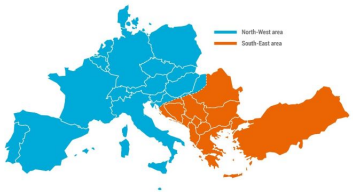
Pre-event situation



Pre-event Heatmap Winkeldifferenzen aus WAMS



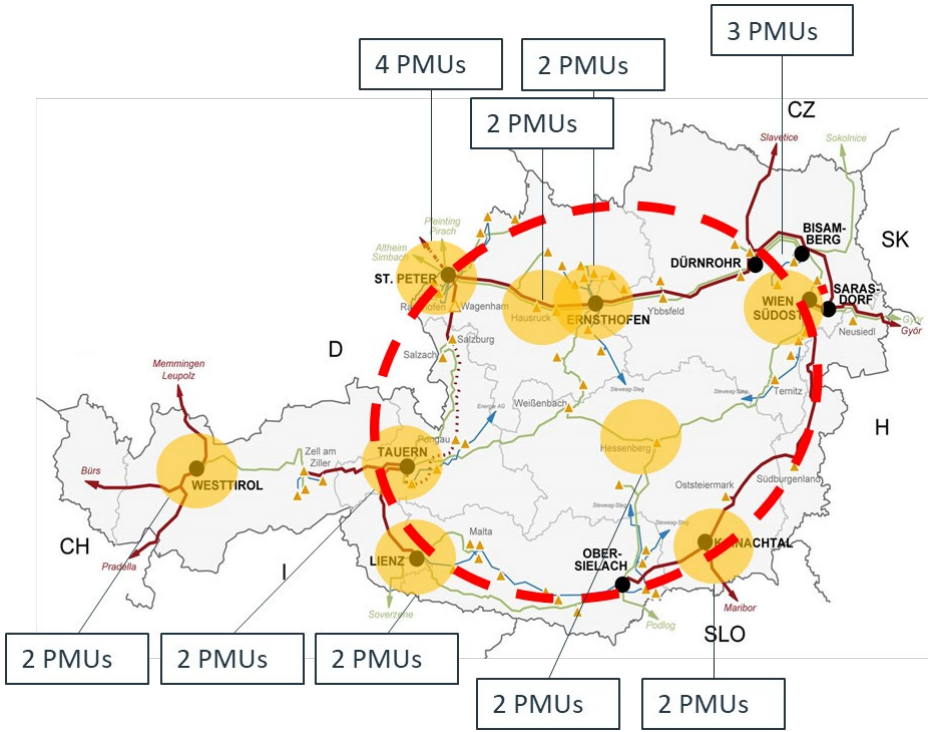




© Austrian Power Grid

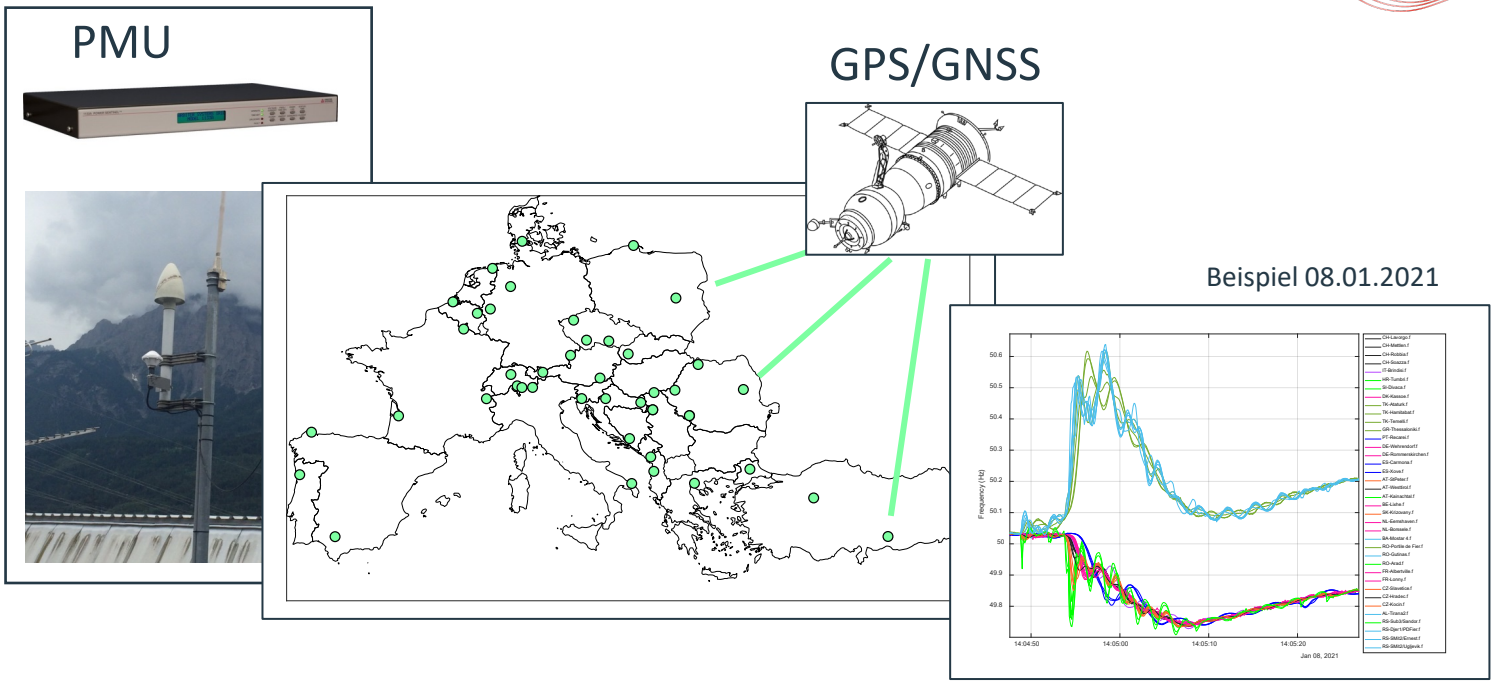
APG WAMS – Überblick

- APG-WAMS seit Anfang 2016 in Betrieb
- 21 APG-PMUs + Datenaustausch mit ÜNB
- Eigenes Prozessnetzwerk mit Haupt- und Backupserver (PDC)
- Sampling-Rate = 50 msg/sek (→ 20 ms)
- Speicherung von hochaufgelösten Messwerten bis zu 6 Monate möglich



© Austrian Power Grid

Die Macht von vielen ÜNB-WAMS…

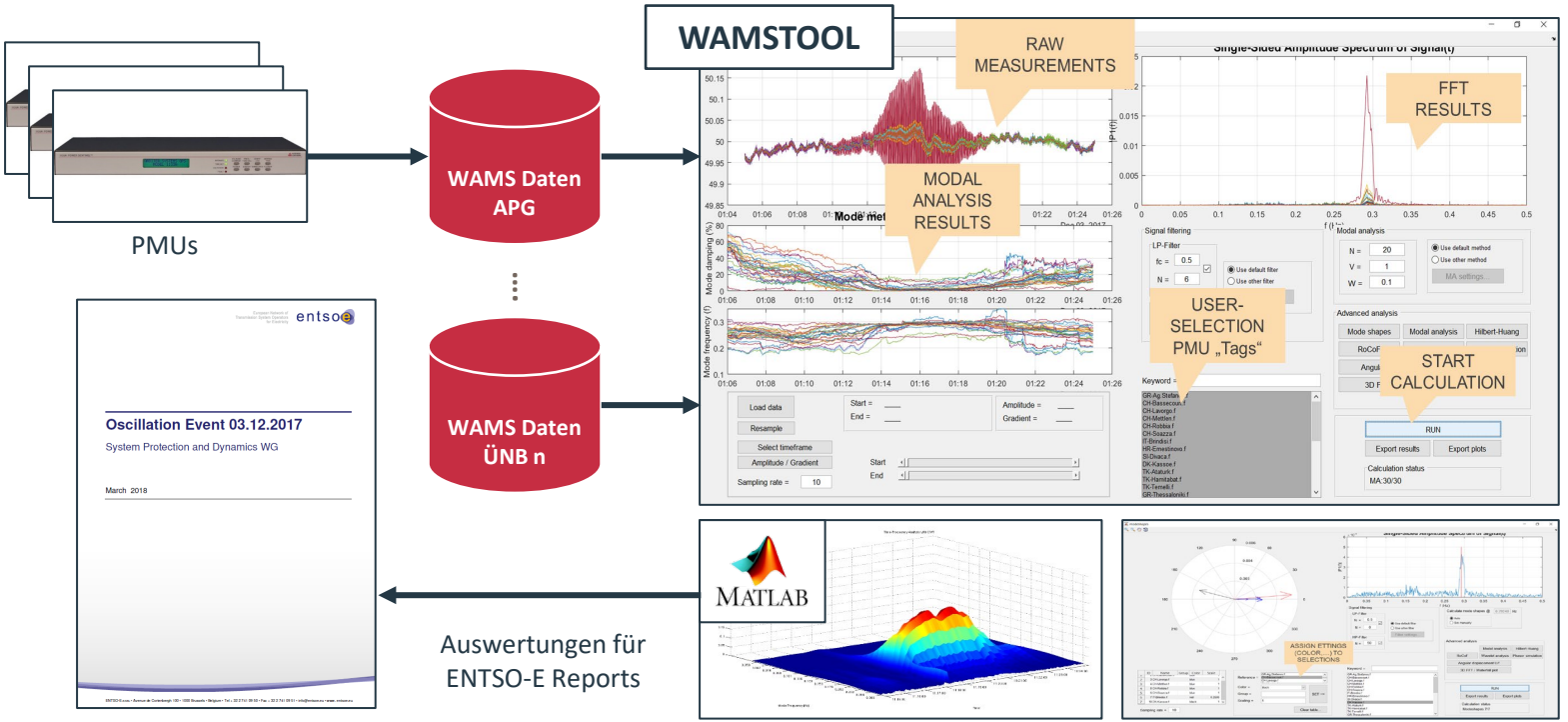


Erstellung eines hochgenauen Abbilds der Netzdynamik des gesamten Synchrongebiets mittels zeitsynchronisierter „Phasor Measurement Units“

© Austrian Power Grid

Initiativen bei APG/ENTSO-E (1)

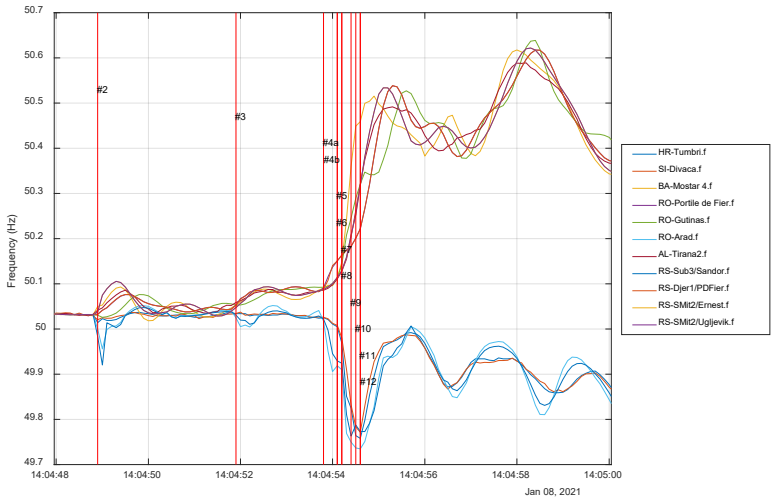
Entwicklung von flexiblen und bereits international (ENTSO-E) eingesetzten Werkzeugen zur raschen ex-post Analyse von kritischen Ereignissen



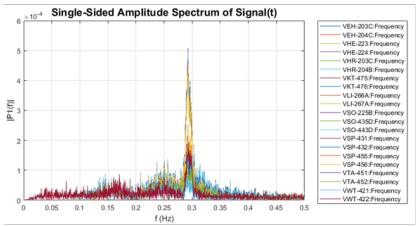
© Austrian Power Grid

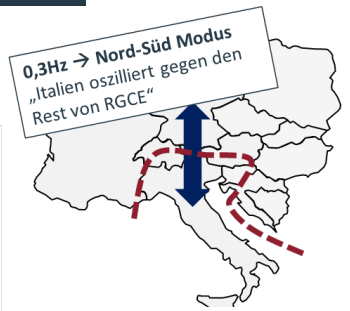
Initiativen bei APG/ENTSO-E (2)

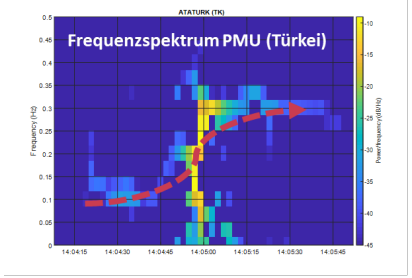
Entwicklung von flexiblen und bereits international (ENTSO-E) eingesetzten Werkzeugen zur raschen ex-post Analyse von kritischen Ereignissen



Korrelation von PMU-Messwerten mit Schutzauslösungen zur Rekonstruktion / Beschreibung von kritischen Ereignissen





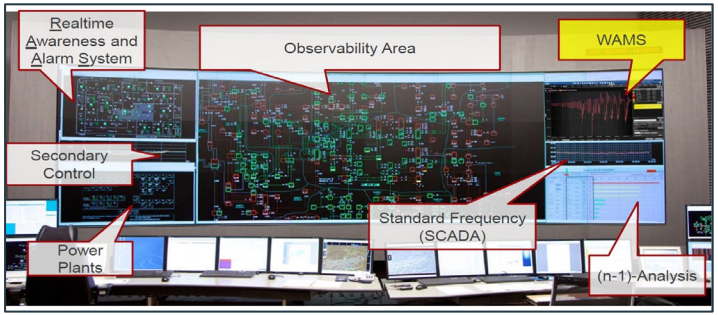


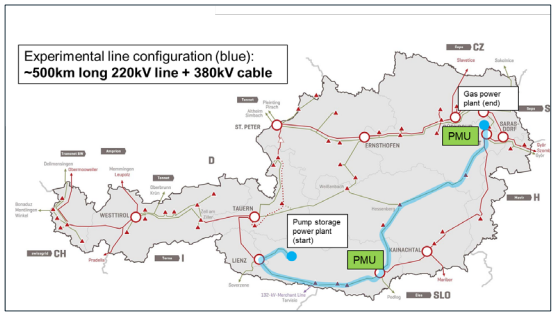
Spektral- bzw. Modalanalysen zur Bestimmung der für RGCE relevanten Interarea-Modes

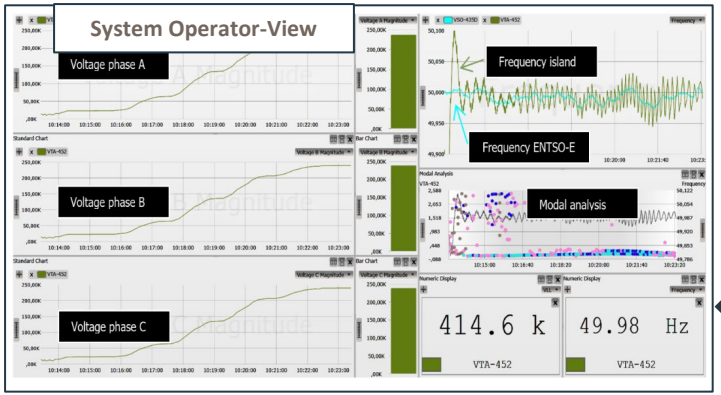
© Austrian Power Grid

Initiativen bei APG/ENTSO-E (3)

Hochauflösendes Monitoring während Schwarzstart- und Inselbetriebsversuchen

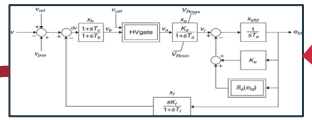




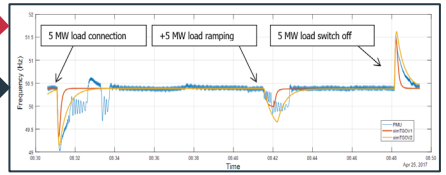


Entwicklung von Simulationsmodellen mittels aufgezeichneter WAMS-Daten

Modellerstellung



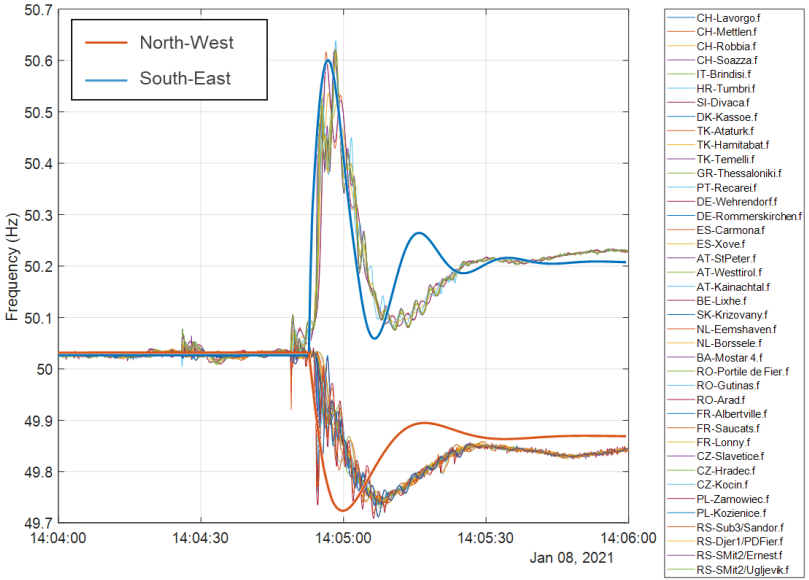
Vergleich mit WAMS-Daten

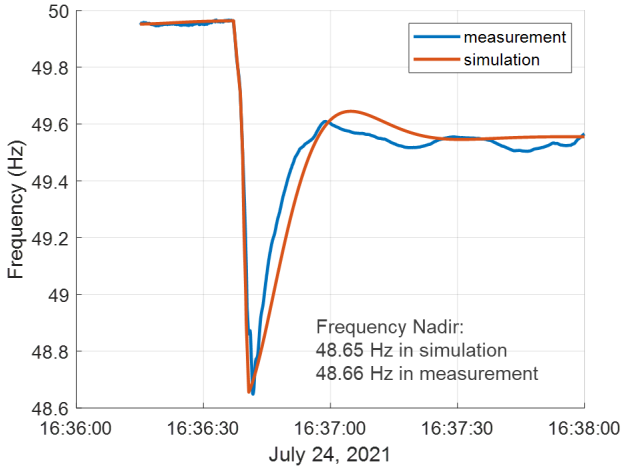


© Austrian Power Grid

Initiativen bei APG/ENTSO-E (4)

„Tuning“ von dynamischen Modellen mittels WAMS-Daten





© Austrian Power Grid

APG-Projekt

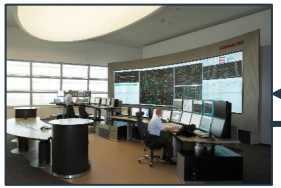
Implementierung WAMS-Leitenwartensoftware

PMUs

WAMS Daten APG

WAMS Daten ÜNB n

EH



APG-Hauptschaltwarte

APG SCADA

WAMS-Leitwartensoftware

Echtzeitfähige Berechnungsfunktionen
Zur Bewertung der dynamischen Stabilität

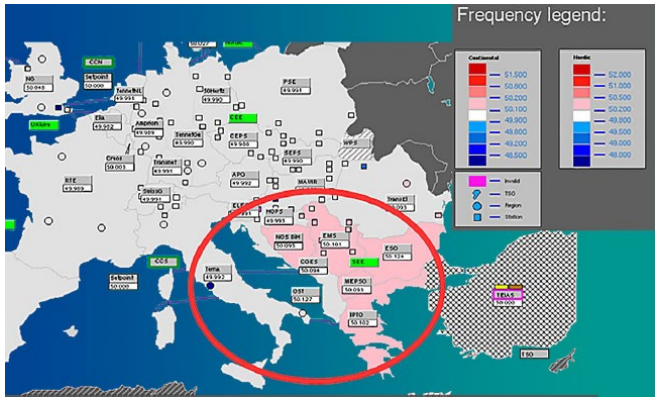
Visualisierung von aussagekräftigen Indikatoren

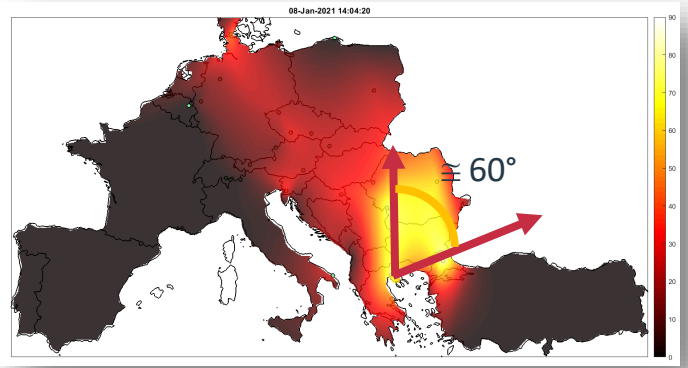
Schnittstellenfunktion zum APG SCADA

© Austrian Power Grid

Aktuelle Entwicklungen bei ENTSO-E

- Aufnahme eines dezidierten „WAMS-Layer“ im European Awareness System (EAS)
- Beispiel → Darstellung von Winkeldifferenzen von strategischen Korridoren





1. Inputs

- Synchronized values from WAMS
  - Voltage phase angles
  - Frequencies
  - *Inter area oscillation alarms*
  - *Island detection alarms*

2. Data visualization

- Frequency map
  - Synchronized frequencies
  - Islands detection
- Exchange map
  - Voltage phase angles

© Austrian Power Grid

Conclusio / Ausblick

- Laufende Überwachung der statischen Sicherheitsgrenzen reicht zukünftig nicht mehr aus
- SOGL legt Mindeststandards fest (→ Offline DSA)
- Jüngste Ereignisse unterstreichen den Bedarf an innovativen Tools für Online-DSA zur Aktivierung von raschen und v.a. gezielten betrieblichen Gegenmaßnahmen
- Zukünftig Kopplung unterschiedl. Systeme unerlässlich
- Kombination SCADA (Lastflüsse) <> WAMS (Dynamik) gilt als aussichtsreicher Wegweiser

© Austrian Power Grid

Conclusio / Ausblick

- Laufende Überwachung der statischen Sicherheitsgrenzen reicht zukünftig nicht mehr aus
- SOGL legt Mindeststandards fest (→ Offline DSA)
- Jüngste Ereignisse unterstreichen den Bedarf an innovativen Tools für Online-DSA zur Aktivierung von raschen und v.a. gezielten betrieblichen Gegenmaßnahmen
- Zukünftig Kopplung unterschiedl. Systeme unerlässlich
- Kombination SCADA (Lastflüsse) <> WAMS (Dynamik) gilt als aussichtsreicher Wegweiser

© Austrian Power Grid

WAMS – das „X-Ray“ der Netze

Überblick und aktuelle Entwicklungen

Martin Lenz / APG

© Austrian Power Grid