

Herausforderungen an das Netz bei fluktuierender Einspeisung

Prof. Dr. Petr Korba
*Dozent und Fachgruppenleiter
Elektrische Energiesysteme & Smart Grids*

Gruppe elektrische Energiesysteme und Smart Grids (Vorhandenes Know-How)

- Elektrische Energietechnik
(elektrische Maschinen und Netze)
- Mess- und Regelungstechnik
- Integration von erneuerbaren Energiequellen ins Netze

Kurzer Überblick über Projekte und Projektpartner

- Regelung der Wirk- und Blindlastflüsse in Verteilnetzen
 - Integration von Speichern ins Netz (CCEM, SCCER)
 - Tools für Analysen von 400 V-Niederspannungsnetzen (EKZ)
 - Spannungsregelung in Verteilnetzen (KTI)
- Systemdynamik und Stabilität
 - Intelligente Erregungssysteme für Synchrongeneratoren (ABB)
 - WAMS – Wide-area Monitoring & Control Systeme (ABB, Swissgrid)

Labor:

- Hardware Emulator eines elektrischen Energiesystems (skaliert 1:1000V)
- Ausbau mit Unterstützung von ABB Schweiz AG
(Forschung und Entwicklung, Test von neuen Komponenten)

...seit Mitte 2012 an der ZHAW

Wissenschaftliche Mitarbeiter



Dr. V. Knazkins



Dr. R. F. Segundo



C. Park, MSc.



Prof. Dr. P. Korba

Wissenschaftliche Assistenten



L. Baumgartner, MSc.



P. Lienert, BSc.



B. Schlatter, BSc.

Patente und Veröffentlichungen seit 2012

«Dissemination of results Electric Power Systems & Smart Grids Group»

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



Int. Konferenzen & Fachtagungen (14) Fachzeitschriften (2) Buchbeiträge (2) Patente (2)

Beiträge / Article peer reviewed

Park, Chan; Knazkins, Valerij; Segundo Sevilla, Felix Rafael; Korba, Petr (2015). On the Estin System for Local Load Shifting. In Proceedings of the IEEE PES General Meeting, July 2015, I

Korba, Petr; Knazkins, Valerij; Larsson, Mats; Baechle, Matthias (2014). Method and apparatus synchronous machine. EP 14178534.5-1558. In: European Patent Office (Hg.). . München: EPI

Segundo Sevilla, Felix Rafael; Korba, Petr (2014). Semi-Active Wide-Area Fault-Tolerant Control Congress 2014. Cape Town, South Africa: IFAC. Peer reviewed.

Korba, Petr; Park, Chan; Oudalov, Alexandre; Poland, Jan; Ferreau, Joachim; Patey, Timothy (2013). systems. EP 14188676.2 - 1806. In: European Patent Office (Hg.). . Munich: EPO. Peer review

Segundo, R.; Jaimoukha, I.; Chaudhuri, B.; Korba, Petr (2013). Fault-tolerant control design to electric power grids. International Journal of Robust and Nonlinear Control, doi: 10.1002/mc

Segundo Sevilla, Felix Rafael; Jaimoukha, Imad; Chaudhuri, Balarko; Korba, Petr (2013). Fault of inter-area oscillations in power grids. International Journal in Robust and Nonlinear Control, :

Korba, Petr; Baumgartner, Franz; Völlmin, Bruno; Manjunatha, Aravind (2013). Integracao e ge fotovoltaicos. Electricidade Moderna, 41, 474. 120-127.

Segundo Sevilla, Felix Rafael; Jaimoukha, Imad; Chaudhuri, Balarko; Korba, Petr (2012). Fault oscillation damping. IEEE PES General Meeting, July 2012, San Diego, CA, USA.

Segundo Sevilla, Felix Rafael; Jaimoukha, Imad; Chaudhuri, Balarko; Korba, Petr (2012). Power iterative fault-tolerant wide-area control approach. 8th IFAC Power Plant and Power Systems C

Beiträge / Artikel / Article

Baechle, M.; Knazkins, V.; Larsson, M.; Korba, P. (2014). Improved Rotor Angular Speed Measurement – a Key for Proper Power Grid Stabilization. In: Proceedings of IEEE Power & Energy Society, General Meeting 2014. Washington, DC, USA: IEEE.

Korba, Petr (2014). Integration von erneuerbaren Energiequellen ins elektrische Netz. Herausforderungen und mögliche Lösungen. In: 14. Energie Apero Luzern. Energieversorgung - Energienetze - Speicherung. Luzern: Wettstein & Partner GmbH.

Korba, Petr (2013). Dezentrale Erneuerbare Stromerzeugung und Speicherung. Tagung. In: Generalversammlung der ADEV Gruppe. Liestal: ADEV.

Korba, Petr (2013). Dynamische Stabilität der Europäischen Übertragungsnetze. In: 2. Jahrestagung der ETG Fachgruppe Neue erneuerbare Energien. Energieeffizienz. Kongresshaus Zürich: electrosuisse.

Sandmeier, Patricia; Korba, Petr (2013). Integrating the Customer. In: Gassmann, Oliver; Schweitzer, Fiona (Hg.). Management of the Fuzzy Front End of Innovation. ISBN 978-3-319-01055-7: Springer.

Manunatha, Aravind; Korba, Petr; Stauch, Vanessa (2013). Optimal Integration of large battery energy storage systems into power grids. In: IEEE PowerTech 2013. Grenoble, France: IEEE.

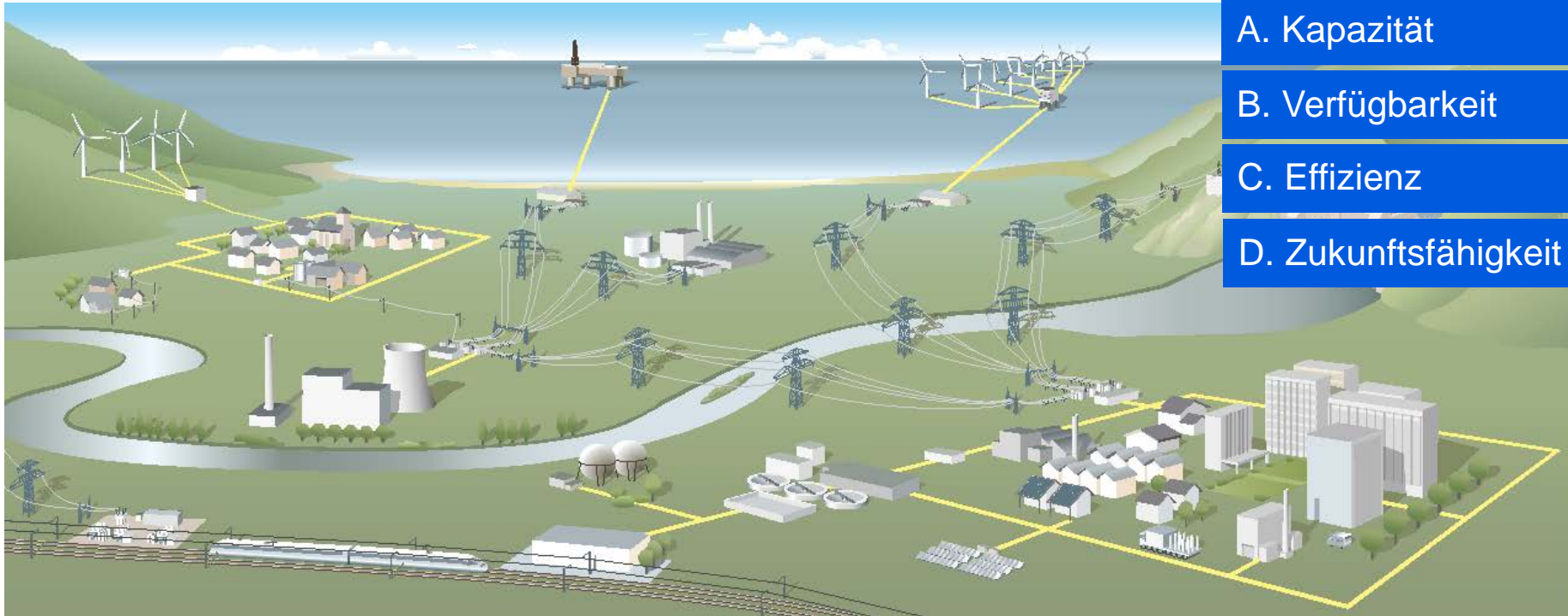
Segundo, R. F.; Jaimoukha, I.; Chaudhuri, B.; Korba, Petr (2012). Fault-tolerant Wide-area Control for Power Oscillation Damping. In: IEEE Power Engineering Society. General Meeting. San Diego, CA, USA: IEEE.

Korba, Petr; Baumgartner, Franz; Völlmin, Bruno; Manunatha, Aravind (2012). Integration and Management of PV-Battery Systems in the Grid. In: 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. (plenary talk). Frankfurt, Germany: European Commission.

Larsson, Mats; Korba, Petr; Owen, Priscilla (2012). Monitoring and Control of Power System Oscillations using HVDC/FACTS and Wide-area Phasor Measurements. In: CIGRE SC B5 PS1. CIGRE session 2012 . Paris, France: CIGRE.

Segundo, R. F.; Jaimoukha, I.; Chaudhuri, B.; Korba, Petr (2012). Power Oscillation Damping Improvement using an Iterative Fault-tolerant Wide-area Control Approach. In: 8th IFAC Power Plant and Power Systems Control Symposium. Toulouse, France: IFAC.

Korba, Petr; Larsson, Mats (2012). Wide-area monitoring of electro-mechanical oscillations in large electric power systems. In: IEEE Power Engineering Society. General Meeting. San Diego, CA, USA: IEEE.



- A. Kapazität
- B. Verfügbarkeit
- C. Effizienz
- D. Zukunftsfähigkeit

1. Aufgaben der Stromversorgung:

Kapazität - Verfügbarkeit - Effizienz - Nachhaltigkeit/Zukunftsfähigkeit

2. Aufgaben der Netzführung / -automatisierung:

Vorhersagen und Planung der **Energieerzeugung** (oder des Verbrauches) und **-übertragung**

Quelle: ABB Ltd.

Umstieg auf Erneuerbare Energien

«Steigende Wichtigkeit von Netzen und Speichern»

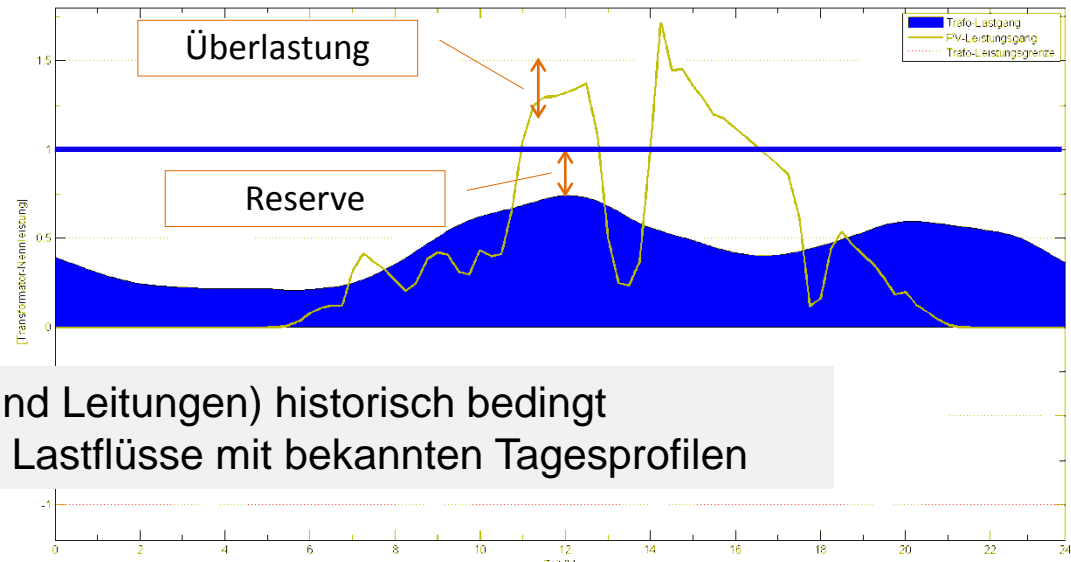
Typische Herausforderungen:

1. Primärenergiequellen nicht **steuerbar** \Rightarrow Sonne/Wind (nicht korreliert mit Verbrauch)
2. **Saisonale** Erzeugung \Rightarrow Sonne nur im Sommer (Winter?)
3. Kleiner **Kapazitätsfaktor** \Rightarrow Spitzen in der Erzeugung (Übertragung?)
4. Fluktuation der Erzeugung \Rightarrow Stabilität des Energiesystems

Implikationen und mögliche Lösungen:

- Lokal speichern \Rightarrow Speicher (lang-zeit & kurz-zeit)
- Energie übertragen an Orte, wo sie gebraucht wird \Rightarrow Netz
- Energie übertragen an Orte, wo sie gespeichert wird \Rightarrow Netz + Speicher
- Last anpassen \Rightarrow Last-Management System (Komfort?)
- Einhaltung der Spannung \Rightarrow Spannungsregelung

Problem beim Übertragen:



Infrastruktur (Transformatoren und Leitungen) historisch bedingt dimensioniert für unidirektionale Lastflüsse mit bekannten Tagesprofilen

Projekte und Zusammenarbeit

Akademische, industrielle und öffentliche Partner

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften


zhaw School of Engineering
IEFE Institut für Energiesysteme
und Fluid-Engineering

Kompetenzzentrum für
Energie und Mobilität




swisselectric
research



 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Kommission für Technologie und
Innovation KTI

swissgrid

 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE

EMPA 
Materials Science & Technology

 **BKW**



PAUL SCHERRER INSTITUT
PSI


ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

ewz
Die Energie

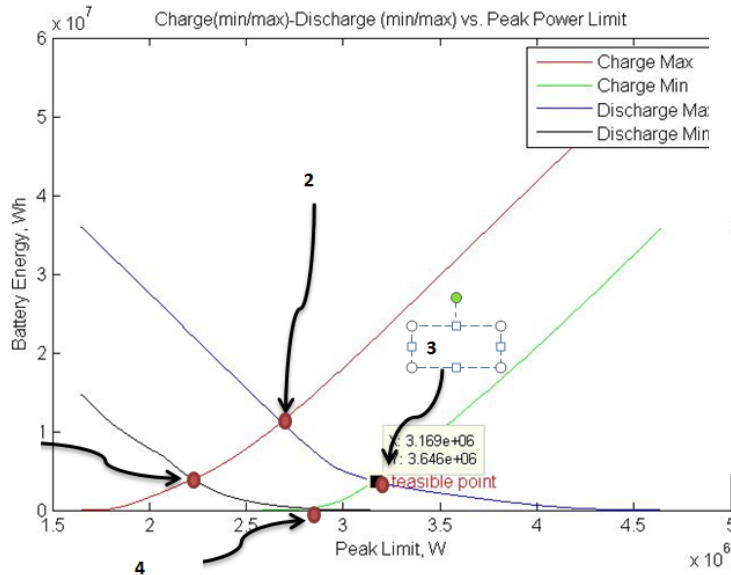
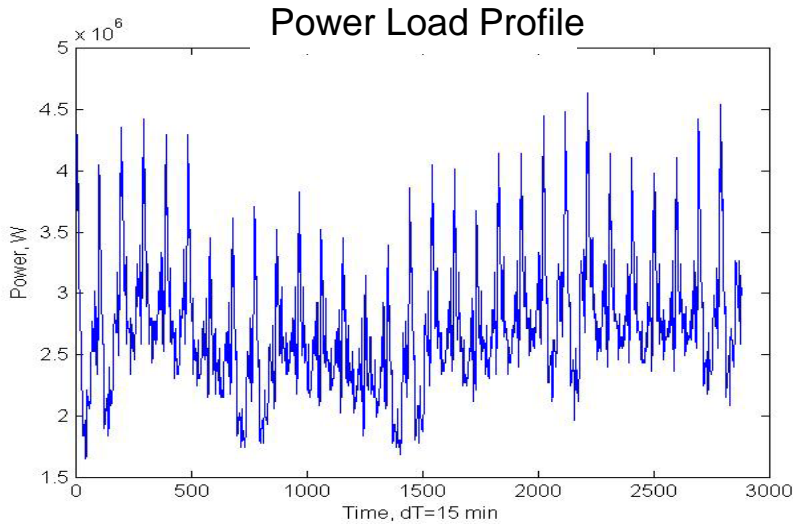
ETH Eidgenössische
Technische Hochschule
Zürich

 **SCCER – FURIES**
Shaping the Future Swiss Electrical Infrastructure

Beispiel 1: Active power flow control»

Optimale Speicher Integration

(Regelungsalgorithmen, Sizing & Siting, cost-benefit analysis)



1: Import Data (Excel) - selected File

2: create new Figure for each Plot

3: Peak Shaving / Load Leveling

4: Run Analysis

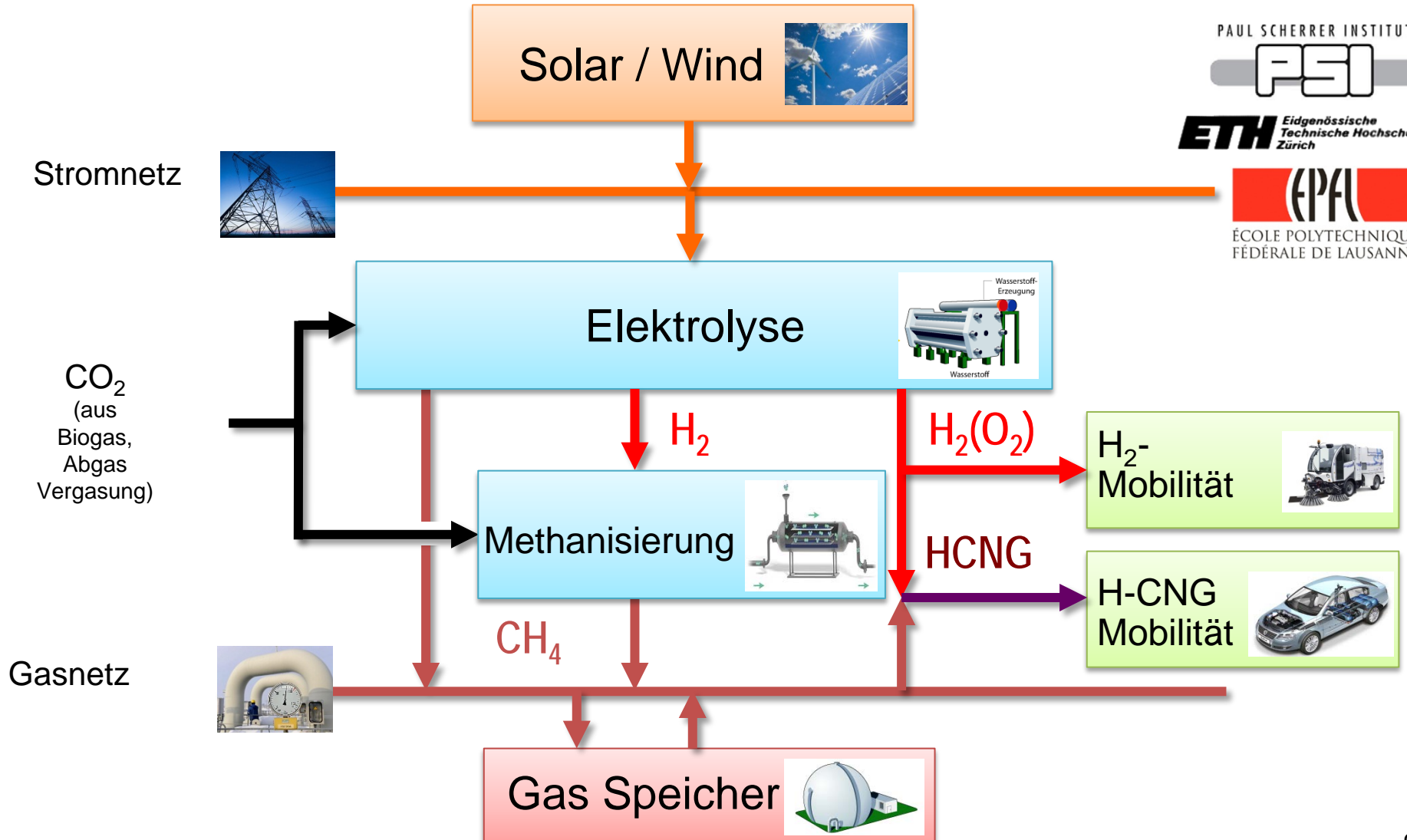
5: Peak Limit [Watt] 3.5e5

6: Battery Capacity [Wh] 3e6

7: PLOT buttons

8: Instructions section

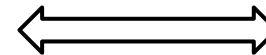
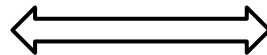
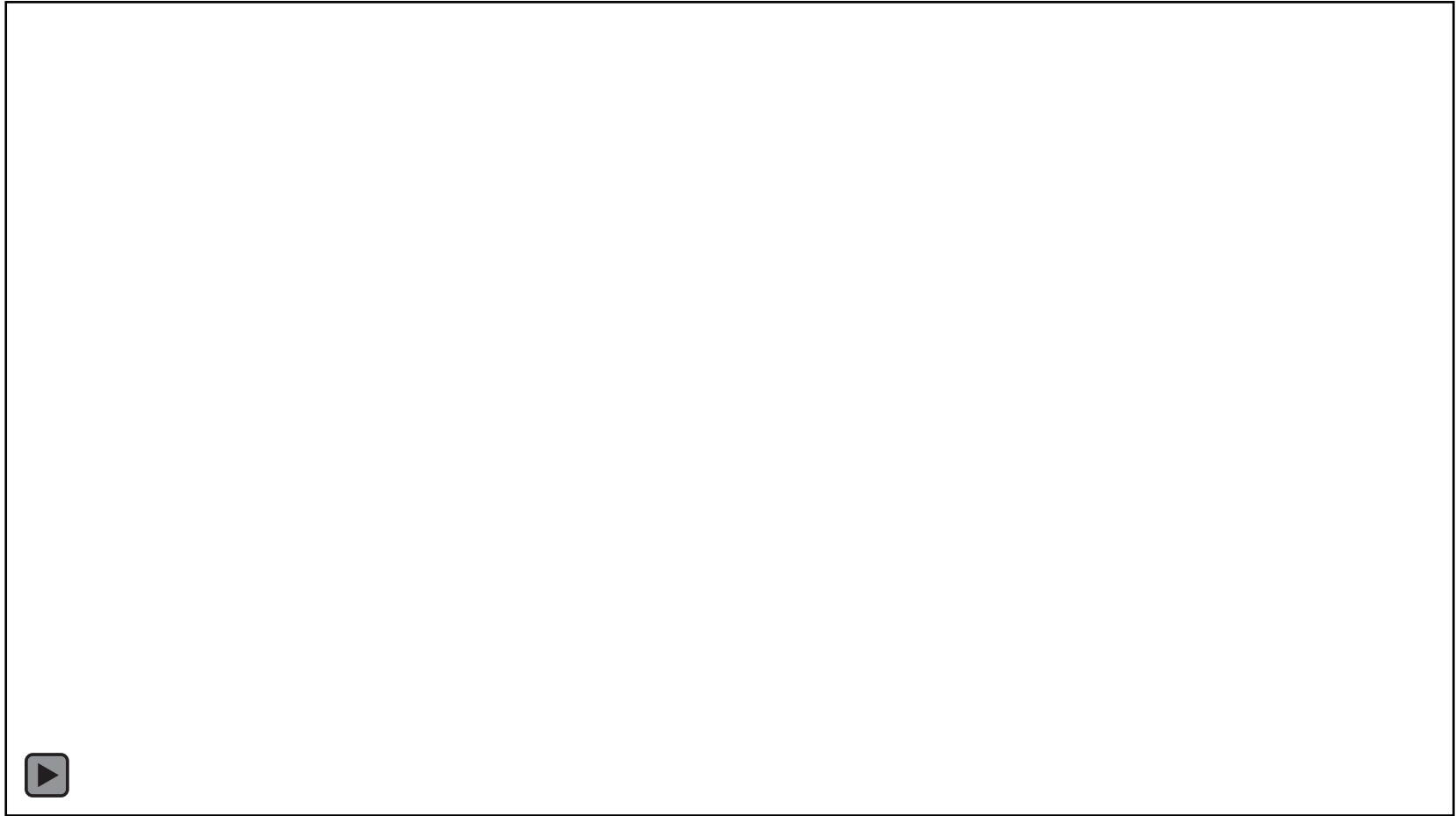
Beispiel 2: Power2Gas-Konzept als Langzeitspeicher (CCEM Projekt «RENERG2»)



Beispiel 3:

Spannungsregelung in Verteilnetzen (KTI)

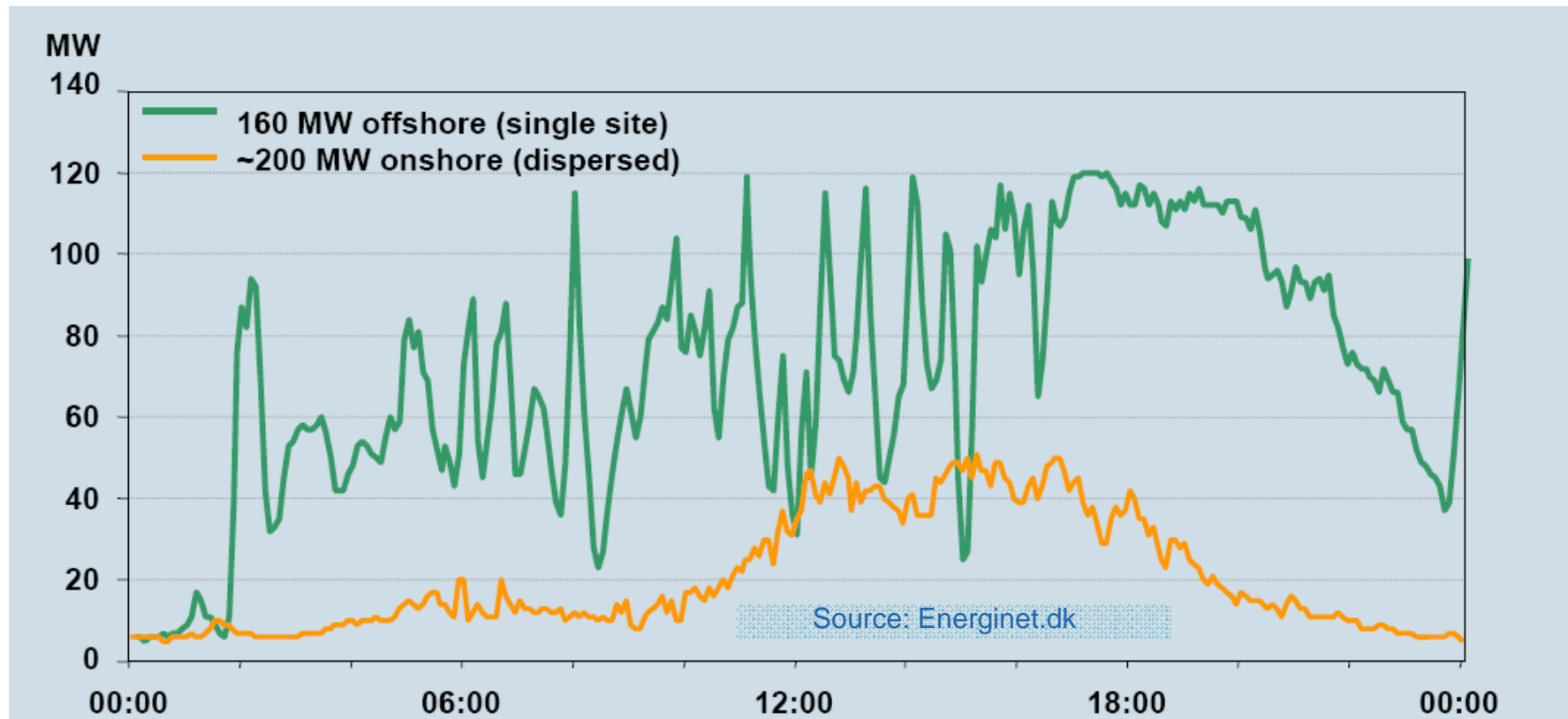
«Economic Voltage Control in distribution grids» (EKS, ABB)



1fo

Beispiel 4: Fluktuation der erneuerbaren Erzeugung

Schnelle Änderungen der erneuerbaren Energieerzeugung



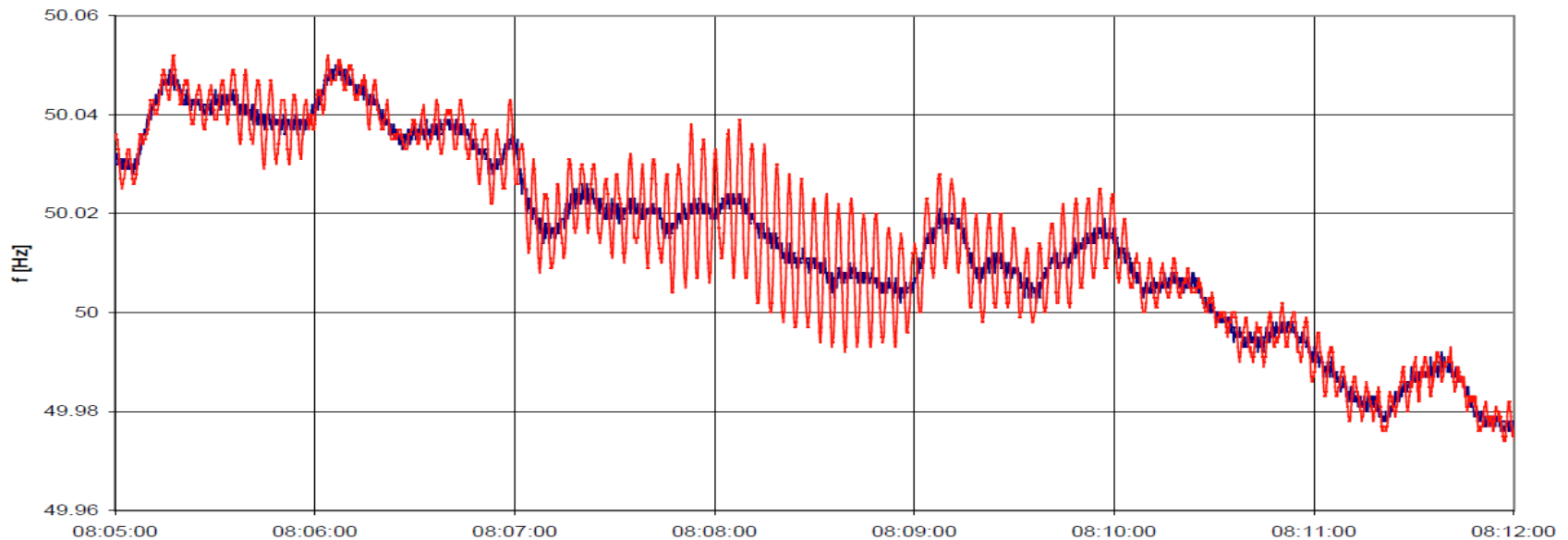
Erfahrung Dänemark:

... Gradienten bis zu 10% der installierten Kapazität pro Minute

Beispiel 4: Netzpendelungen detektiert in der CH

Dynamik des Europäischen Energienetzes

Source: Swissgrid




— Freq. Mettlen, CH
— Freq. Brindisi, I

Beispiel 4: Netzstabilität («Power System Oscillations») Hochspannungsnetz (ABB, Swissgrid)

Update Europe Update Nordic

Contouring Configuration Vector Field Configuration Network Structure Configuration



Data browser

- ▶ 1 1
- ▶ 2 2
- ▶ 3 3
- ▶ 4 4
- ▶ 5 5
- ▶ 6 6
- ▶ 7 7
- ▶ 8 8
- ▶ 9 9
- ▶ 10 10
- ▶ 11 11
- ▶ ...

Reference PMU

Item	Results
Data file loading	5 452.483 ms
Data to texture conversion	244.178 ms
Rendering with interpolation	0.812 / 0.845 / 0.879 ms

Name	Description	Data
<ItemName>	<PMUName>	
<ItemName>	<PMUName>	
<ItemName>	<PMUName>	

Set Item 1 Set Item 2 Set Item 3
Set Item 1 (2nd) Set Item 2 (2nd) Set Item 3 (2nd)

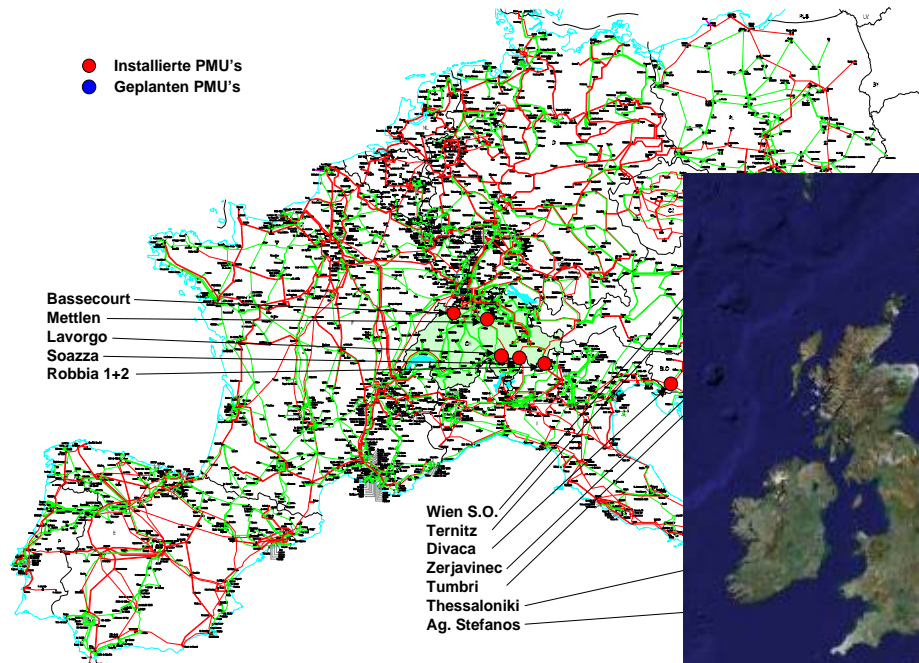
Line	Station 1 Voltage	Station 1 Current	Station 1 Frequency	Station 2 Voltage	Station 2 Current	Station 2 Frequency
Line_1,2	Vps_1	Ips_1,2	f_1	Vps_2		f_2
Line_1,2	Vps_1	Ips_1,2	f_1	Vps_2		f_2
Line_1,79	Vps_1	Ips_1,79	f_1	Vps_79	Ips_79_61	f_79
Line_6,2	Vps_6	Ips_6,2	f_6	Vps_2		f_2
Line_6,2	Vps_6	Ips_6,2	f_6	Vps_2		f_2
Line_4,3	Vps_4	Ips_4,3	f_4	Vps_3		f_3
Line_5,3	Vps_5	Ips_5,3	f_5	Vps_3		f_3
Line_4,8	Vps_4	Ips_4,8	f_4	Vps_8	Ips_8_4	f_8

30.06.22 18:07:19.125 22.06.2010 18:07 22.06.2010 18:07 22.06.2010 18:07

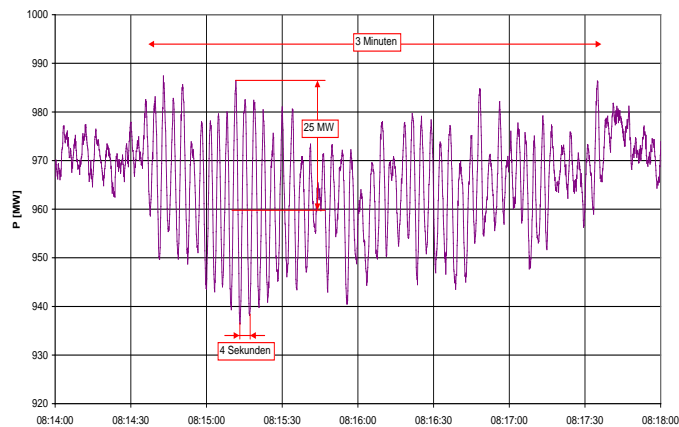
0.25e Display line phasors

Status
0.00159 s

Beispiel 4: Netzstabilität («Power System Oscillations») Hochspannungsnetz (WAMS)



Source: W. Sattinger, P. Korba, M. Zima, M. Larsson,
Online-Überwachung der Europäischen Netzpendelverhalten,
Electroswiss Bulletin SEV, no. 9, pp. 15-19, 2007.



Beispiel eines aktuellen Projektes mit ABB

ZHAW, IEFE, Elektrische Energietechnik und Smart Grids

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften

zhaw School of Engineering
IEFE Institut für Energiesysteme
und Fluid-Engineering

REE-Lab = «Renewable Electric Energy Lab» der ZHAW (TB149)

- Emulation eines el. Energiesystems (hardware-technisch für F&E und Unterrichtszwecke)
- 1:1000 spannungsmässig



Zusammenfassung und Ausblick

- **Unser zukünftiges Energiesystem** wird stärker automatisiert und in diesem Sinne intelligenter, d.h. für das Fachgebiet der **Energietechnik**:
 - Nicht nur „dicke Kabel“ und grosse „Leistungsflüsse“
 - Um erneuerbare Energiequellen zu integrieren, braucht es immer mehr ICT, Automatisierungs- und Regelungstechnik, Signalverarbeitung usw. ...
- Interdisziplinarität aus unseren F&E-Projekten fließt direkt auch in den **Unterricht** ein (6 entsprechende Module im neuen Studiengang Energie- und Umwelttechnik)
- **Fachgruppe** ist aktives Mitglied in 2 Workpackages SCCER#2 Grids & Components (Leiter «WP Transmission System Upgrade»)