



Stromdrehscheibe Schweiz – Netzbetrieb im Zentrum Europas

Walter Sattinger
swissgrid Laufenburg, Abt. Netzplanung und -Studien
ETH Zürich, 09. Mai 2007

ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

1/47



Agenda

1. Historischer Hintergrund
2. Einflüsse und Randbedingungen des heutigen
Netzbetriebs
3. Werkzeuge und Lösungen
4. Schlussfolgerungen und Ausblick

ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

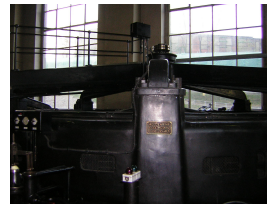
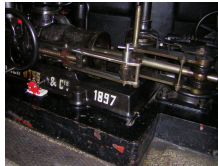
2/47



Hochrhein – Wiege des europäischen Stromverbundes

- Schaffhausen – Basel:
 - 120 km
 - 140 Höhenmeter
 - 12 Staustufen mit 11 Gemeinschaftskraftwerken
 - 700 MW Gesamtleistung der Laufwasserkraftwerke
 - Pionierleistungen:
 - Kanalwasserkraftwerk **Rheinfelden** – ältestes Flusswasserkraftwerk Europas
- Februar 1899 – erste Maschine in Betrieb

1894 KWR
Kraftübertragungs-
werke
Rheinfelden



ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

3/47



Pionierleistungen am Hochrhein

- **Laufenburg:**
 - 1914 – mit 40 MW damals grösstes Kraftwerk Europas
 - Staumauer quer in den Rhein und Maschinen in der Staumauer
 - 1908 - Gründung der Kraftwerksgesellschaft Laufenburg (KWL)



ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

4/47



Laufenburg – Kernzelle und Knotenpunkt im Stromverbund

- 1925-1930 - Verbindung der Braunkohlekraftwerke aus dem Rheinland mit den Wasserkraftwerken aus dem Vorarlberg
- Lastentwicklung fern der Erzeugung, Ausbau der Übertragungsnetze – 50 kV, 110 kV, 220 kV, 380 kV
- 2. Weltkrieg, OECD -> 1951 Gründung der **UCPTE**
- 1956 EGL
- 1958, 16-18 April **Stern von Laufenburg** – erste Synchronschaltung der Netze Deutschlands, Frankreichs und der Schweiz (220 kV)
- 1967 – Zusammenschluss der Netze in Laufenburg auf der 380-kV-Ebene
- Verbundbetrieb erfordert: Fernübertragung von Mess und – Zählerwerten, Abrechnung, Koordination der Fahrpläne

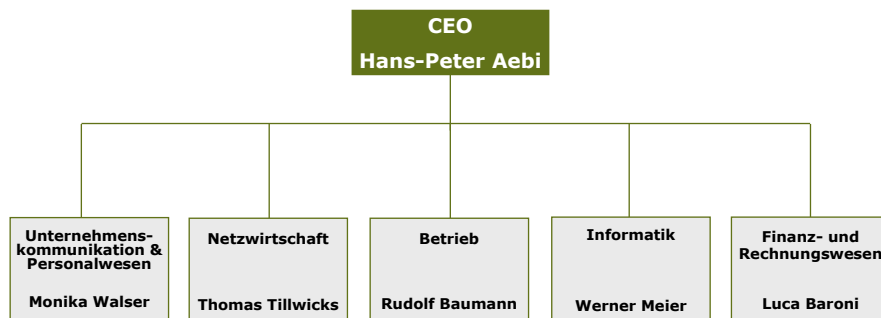


Geschichte EGL – ETRANS – swissgrid

- 2000: Pionierakt: freiwillige Gründung der ETRANS AG durch die schweizerischen Verbundunternehmen als Koordinationsstelle für das schweizerische Höchstspannungsnetz und Weiterführung der Dienstleistungsaufgaben für den UCTE-Netzbetrieb
- 2002: Volksabstimmung: Ablehnung des Elektrizitätsmarktgesetzes
- 2003: Netzstörung Schweiz – Italien, danach Aufnahme Branchenlösung / swissgrid
- 2005: Beginn Transitionsphase «von ETRANS zu swissgrid» und Gründung swissgrid ag
- 2006: 15. Dezember 2006 operativer Start der Nationalen Netzgesellschaft swissgrid
- 2007: 1. Juli 2007 EU-Strommarktöffnung: Gewährleistung der freien Versorgerwahl durch alle Endverbraucher



Geschäftsleitung



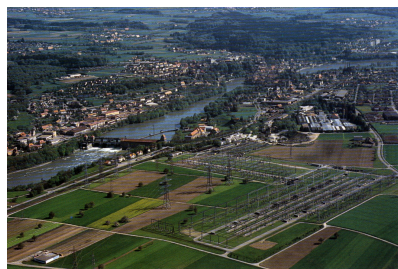
ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

7/47



Fakten & Zahlen

- Mitarbeitende : 135
- Nationen : 11
- Frauenanteil : 20%
- Kaderangehörige : 32 davon 4 Frauen
- Durchschnittsalter : 41 Jahre
- Aktionäre : Atel, BKW, CKW, EGL, EOS, EWZ, NOK, RE
- Umsatz 2005 : CHF 48 Mio

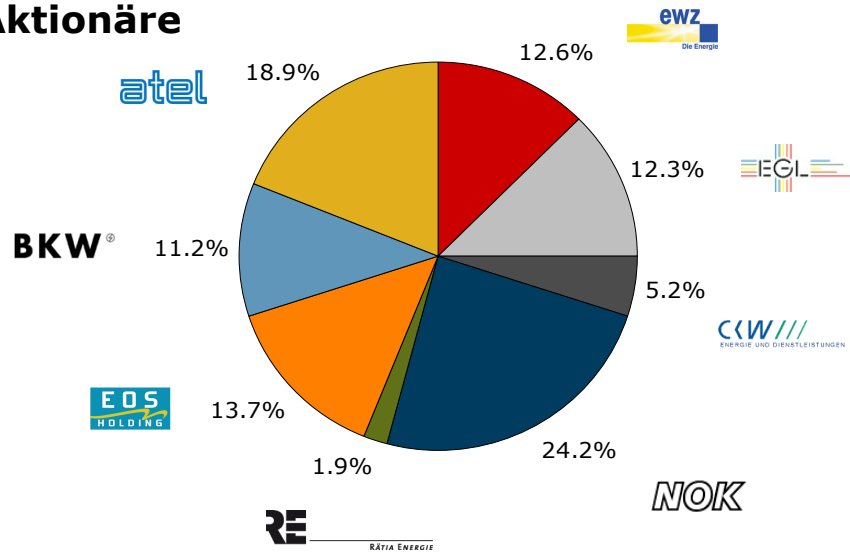


ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

8/47



Aktionäre

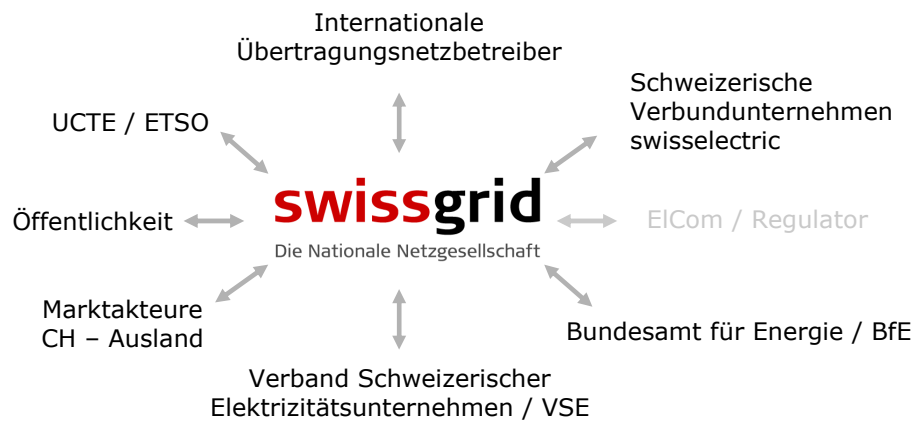


ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

9/47



Umgebung

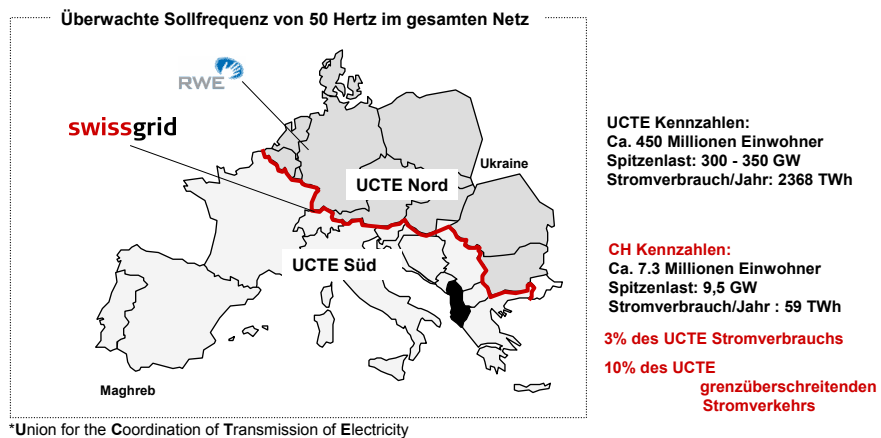


ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

10/47



swissgrid UCTE*-Koordinationszentrum Süd



ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

11/47

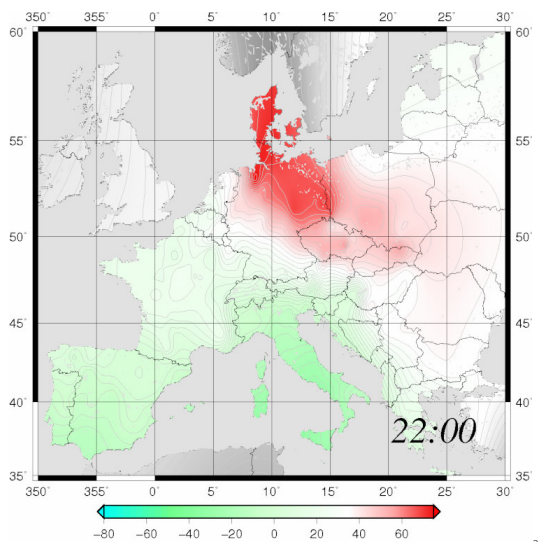


Spannungswinkeldifferenz- Spiegelbild der Netzbelastung

Spannungswinkel (°)

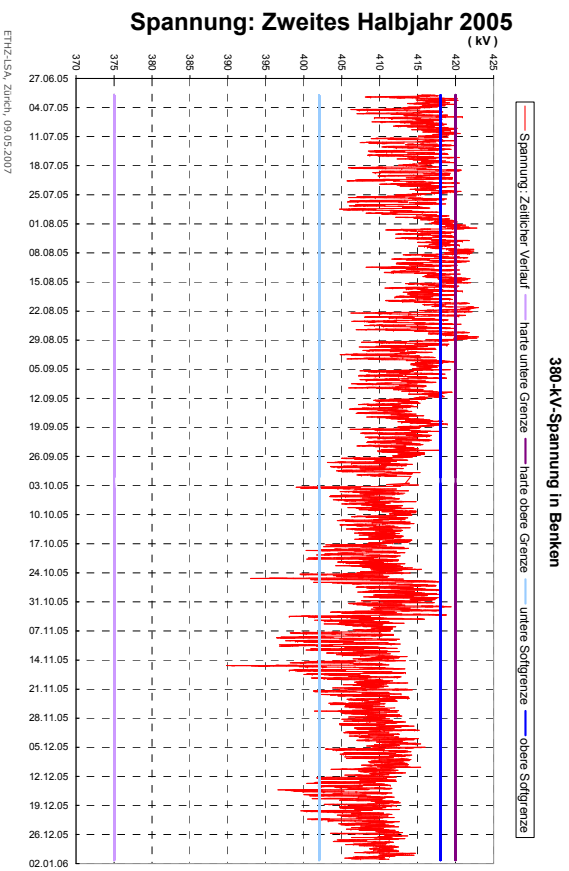
Fig. D1a: Voltage phase angle differences in the UCTE system at 22:00 /ELES/

Quelle: UCTE Abschlussbericht zur Systemstörung 4. Nov. 2006



ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

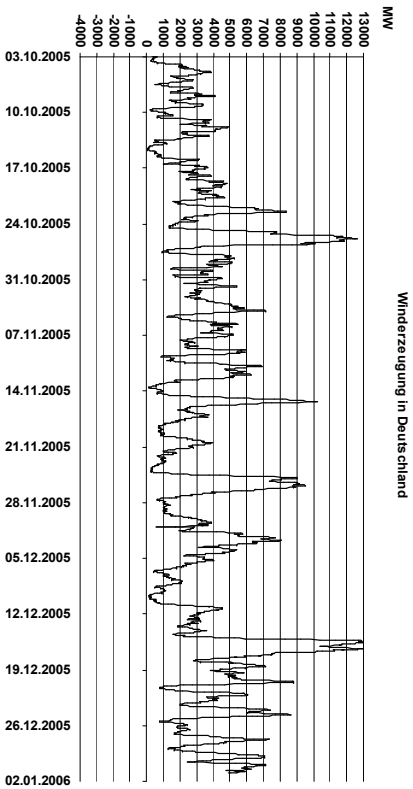
12/47



Quelle: Spannungsstudie A. Mondovic

13/47

Einflüsse des Verbundbetriebs

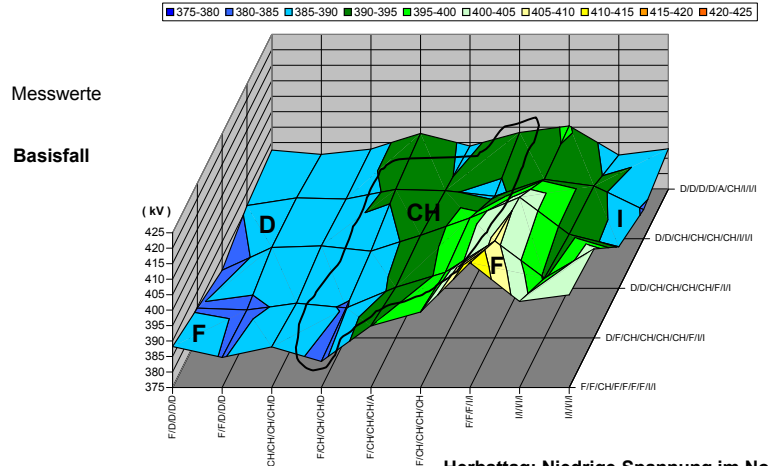


Quelle: RWE



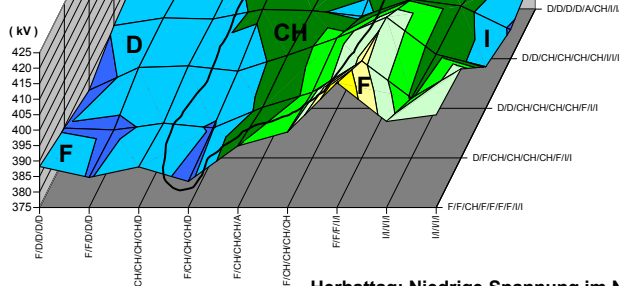
Europäische Spannungsverteilung

Verteilung der 380-kV-Spannungen im Raum F/D/CH/I am 15.11.2005 um 8:15 Uhr (Grundfall)



Messwerte

Basisfall



Herbsttag: Niedrige Spannung im Norden
Hohe Windproduktion in Norddeutschland

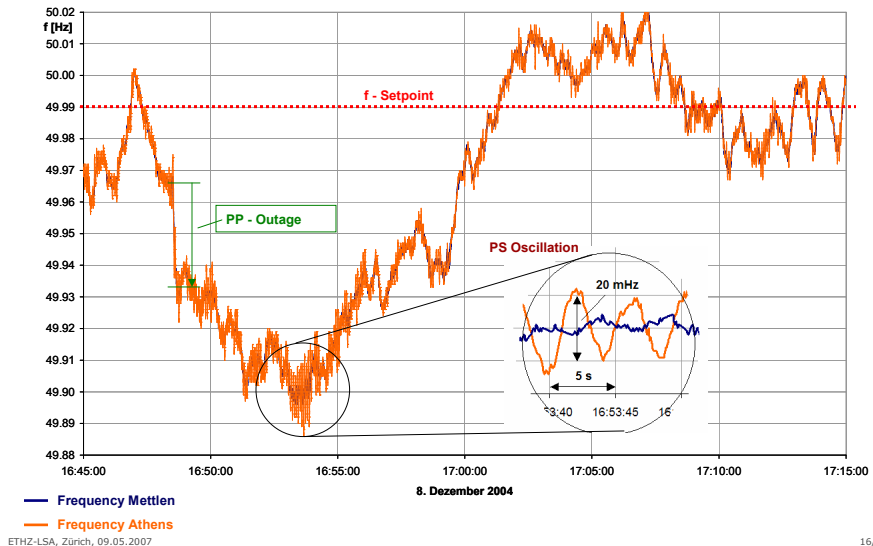
ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

15/47

Quelle: Spannungsstudie A. Mondovic

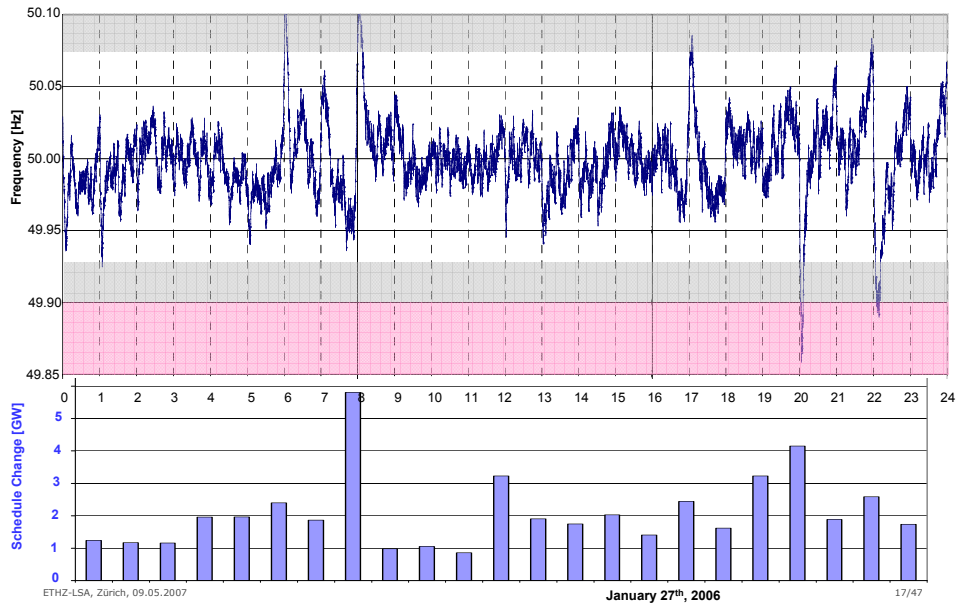


Netzfrequenz – Abbild der Versorgungsqualität

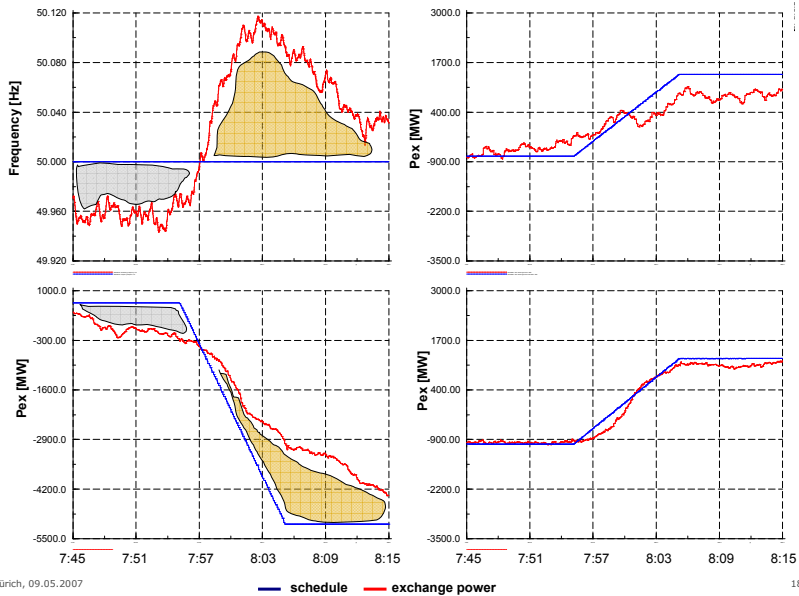


ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

16/47

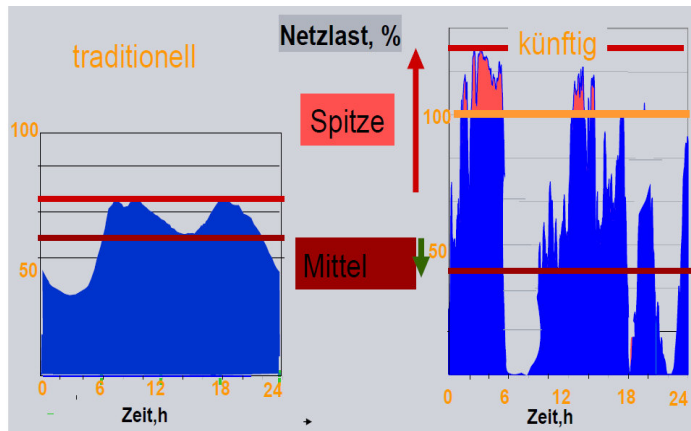


Fahrplanwechsel 27. Jan. 2006





Heutige und zukünftige Änderung der Netzbelastung



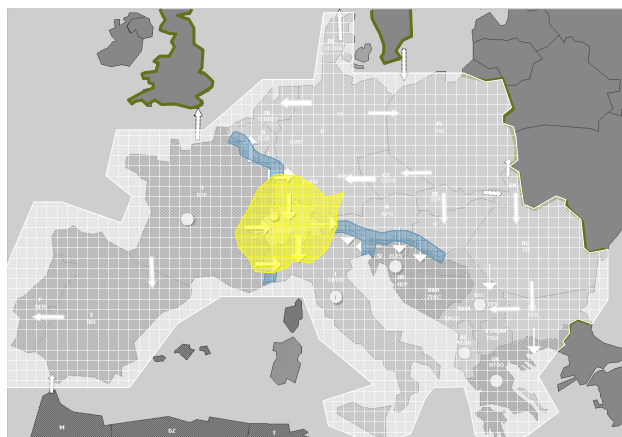
Quelle: B. Buchholz, CIGRE/CIREC
Fachtagung, 01.03.07 ETH Zürich

ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

19/47



Fortlaufende Überwachung der Netzbelastung



Online System

- SCADA-System
- Schweiz und erste Masche im Ausland

Überwachungslinien

- UCTE Nord/Süd Trennlinie
- Regelblöcke

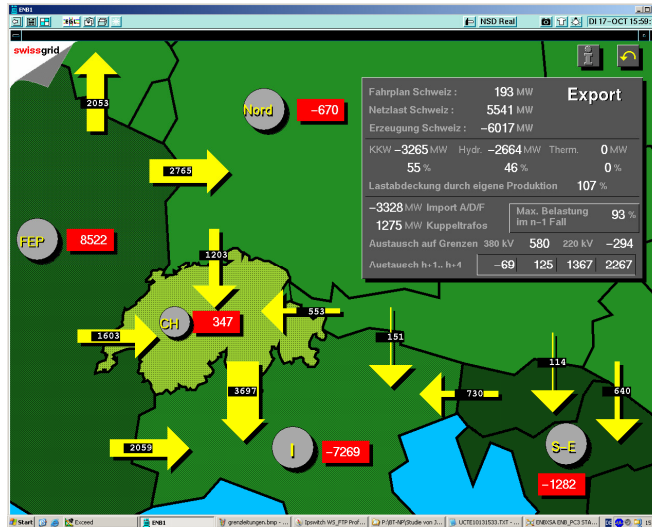
UCTE Datensätze

- Standardssystemkonfigurationen

ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

20/47

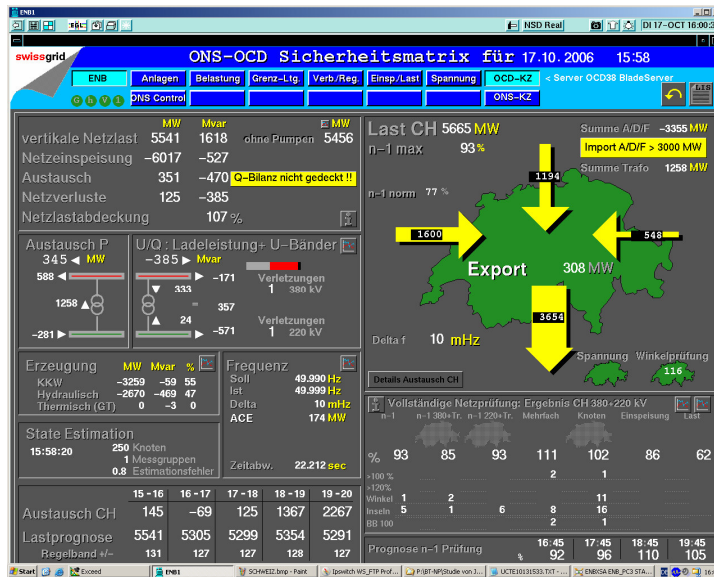
Leistungsfluss-Überblick



ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

21/47

Online-Sicherheitsmatrix

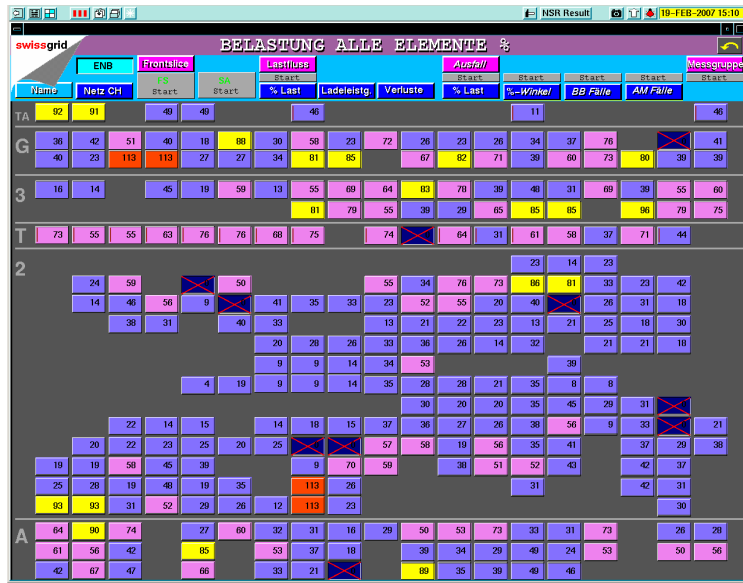


ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

22/47



(n-1) – Netzbelastung schematisch

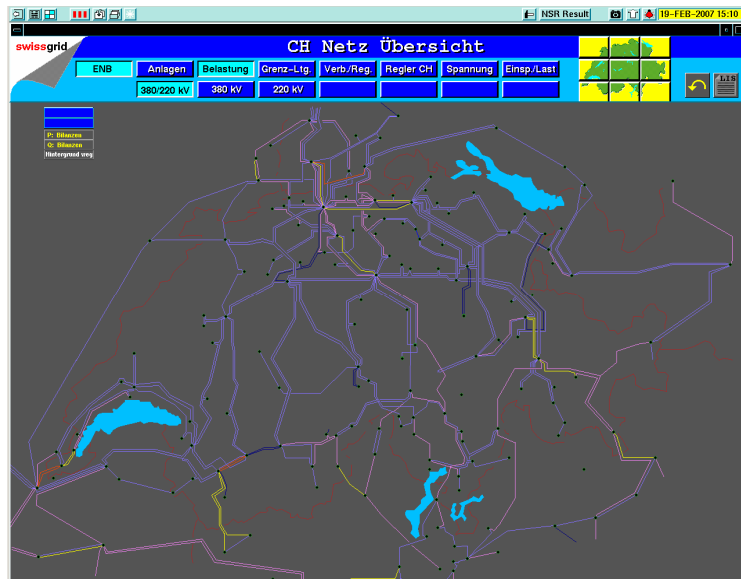


ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

23/47

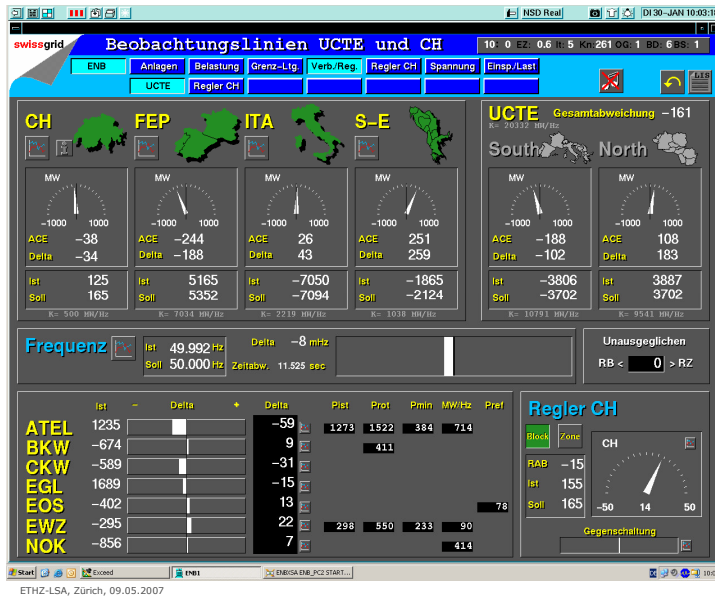


(n-1) – Netzbelastung geografisch



ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

24/47

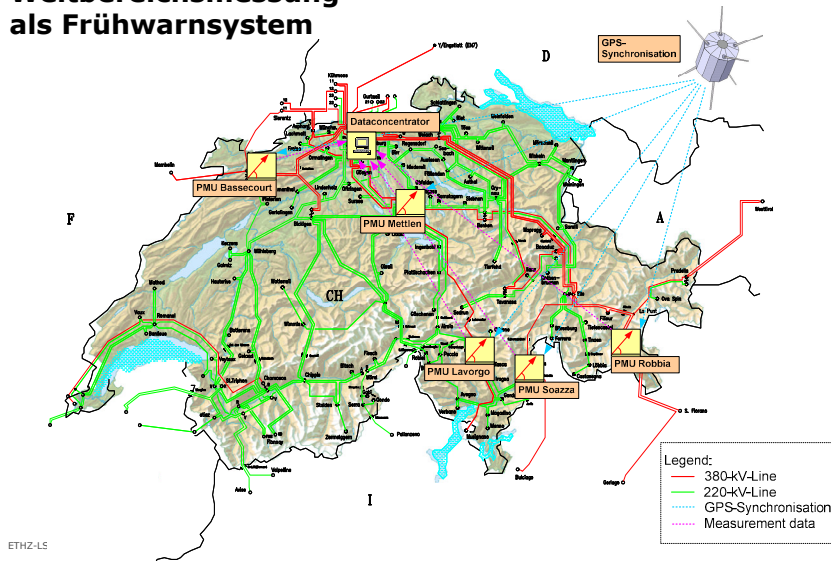


Überwachung der Sekundärregelung

25/47



Weitbereichsmessung als Frühwarnsystem



26/47

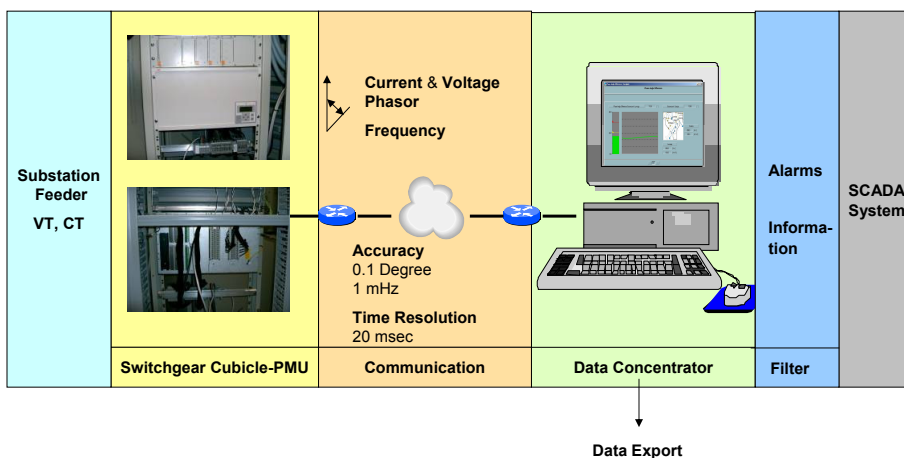


Unterschied zwischen WAM Systemen und SCADA/EMS Messdaten

RTU	PMU
<ul style="list-style-type: none"> • Zyklische Datensammlung alle 1-10 s • Erste "Weitbereichs-Anwendungen" -> Sekundärregler (Netzkennlinienverfahren) • Messungen werden für zentrale Überwachung und Regelung verwendet 	<ul style="list-style-type: none"> • Jede Periode (20 ms) eine Zeigergrösse mit GPS-genauen Zeitstempel • Netzdynamik kann online aufgrund der hochauflösenden Datensammlung gemessen werden. • Die Ermittlung der Phasenwinkeldifferenz zwischen zwei Schaltanlagen ist einer der Schlüssel dieser Technologie

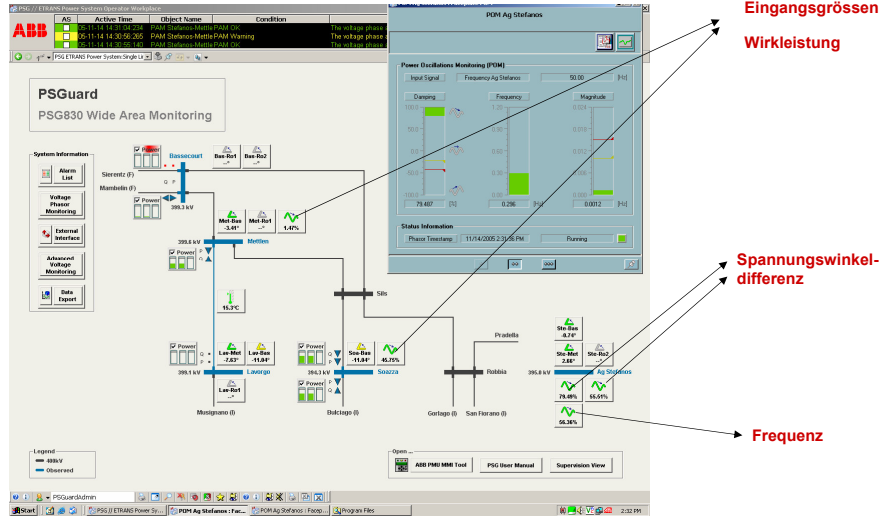


Konfiguration des swissgrid WAM-Systems





Ansatz zur Ermittlung der Netzdämpfung

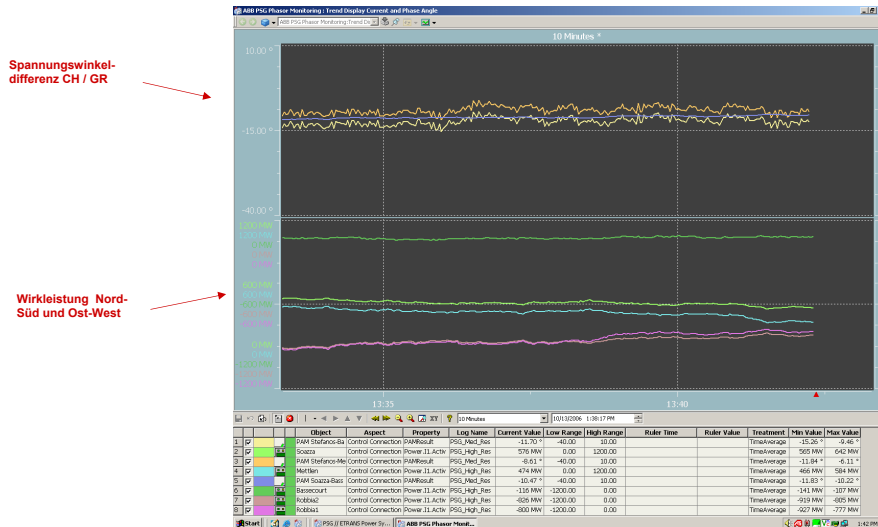


ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

29/47



Detaillierte Überwachung der Netzdämpfung



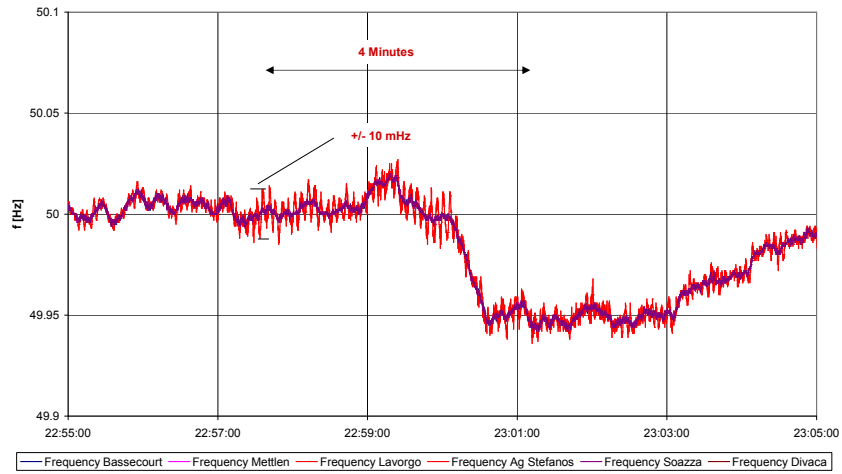
ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

30/47



Netzpendelung Juli 2006 1/2

26/07/2006



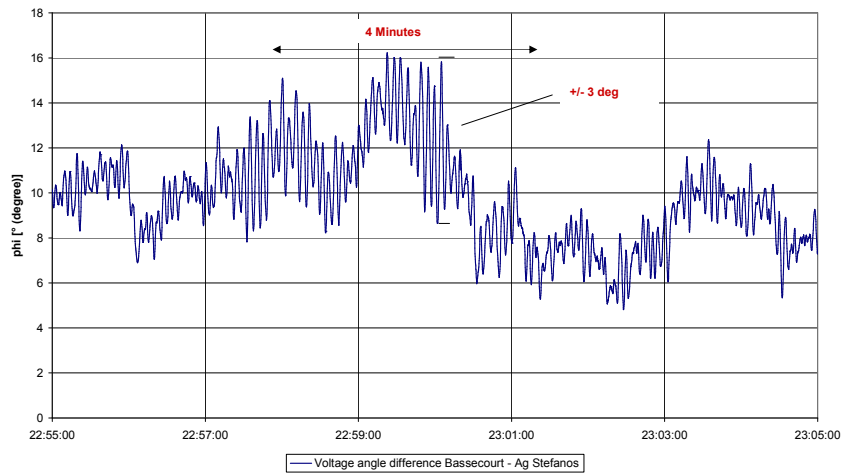
ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

31/47



Netzpendelung Juli 2006 2/2

26/07/2006

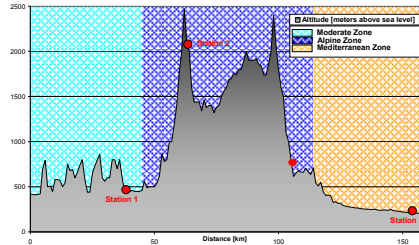


ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

32/47



Leiterseilmessungen / Seiltemperatur



- Drei Klimazonen auf engstem Raum
- Langzeitmessungen
- Direkte Datenübertragung

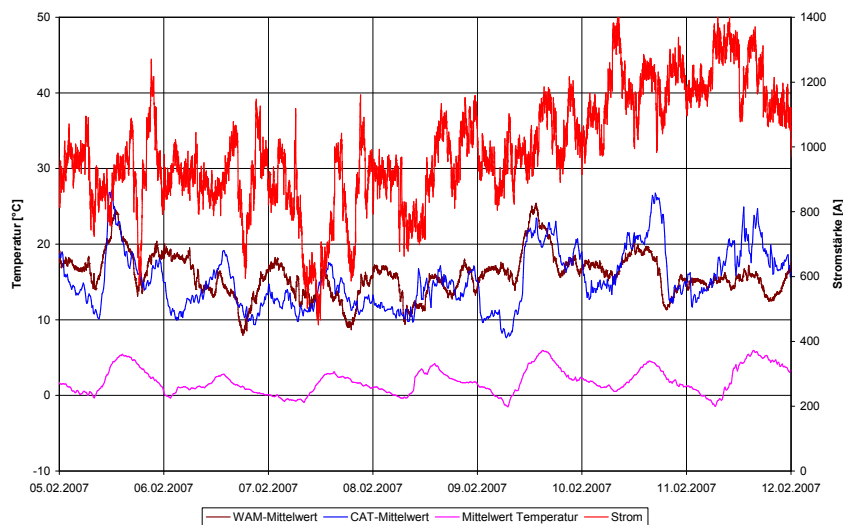
Referenz: CIGRE 2006, B2 – 311; CIGRE Info 22. Nov. 2006, Bern

ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

33/47



Leiterseilmessungen / Messmethoden

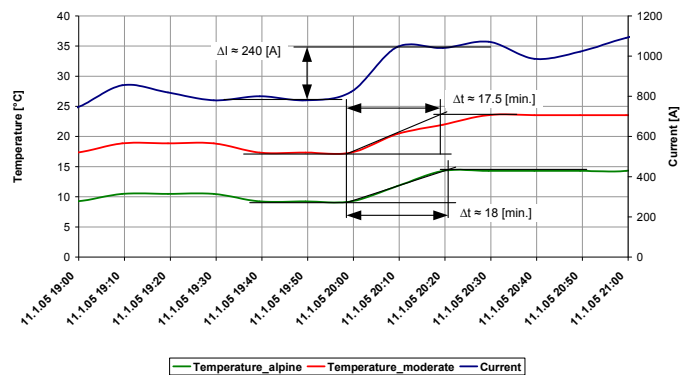


ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

34/47



Leiterseilmessungen / Zeitkonstanten



- Messung der Auswirkung von Betriebsänderungen
- Ermittlung der Sicherheitsreserven

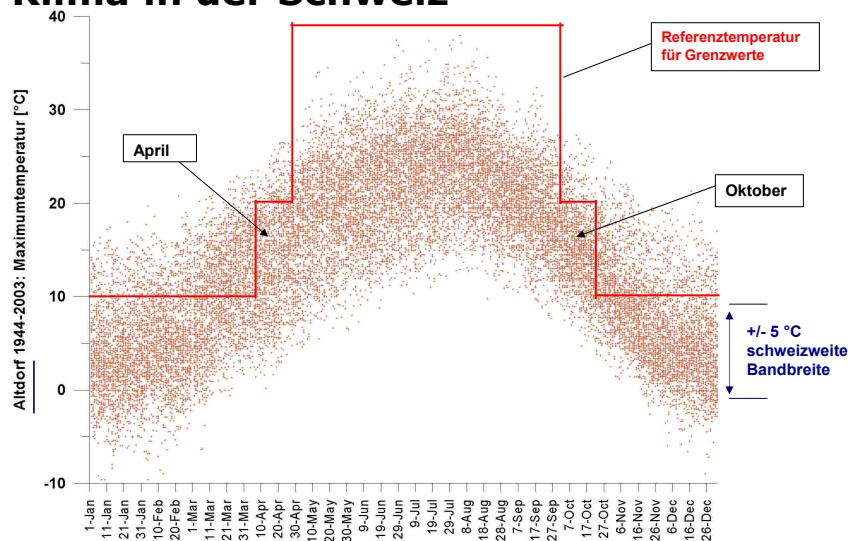
ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

Referenz: CIGRE 2006, B2 – 311; CIGRE Info 22. Nov. 2006, Bern

35/47



Klima in der Schweiz



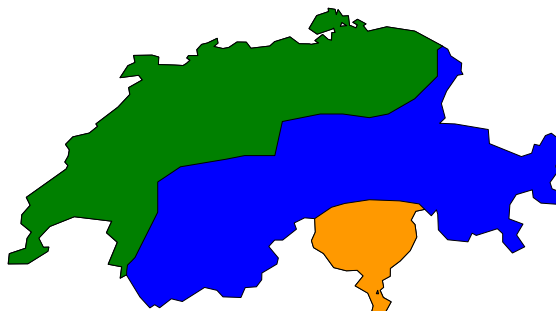
ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

36/47



Netzspezifische Temperaturprognosen

- Maximaltemperaturen
- Dreistundenraster
- 5 Tage voraus
- Berücksichtigung von Föhnereignissen!



Legende:

- Mittelland
- Alpen
- Mediterran

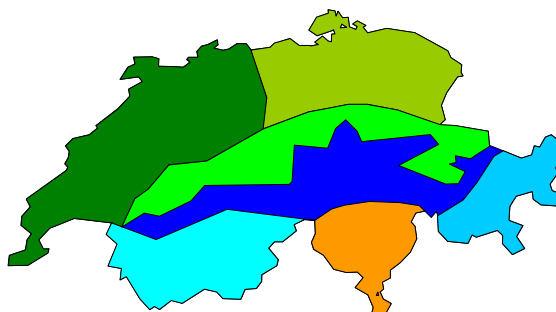
ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

37/47



Weiterentwicklung der Temperaturprognosen

- Nach einem Jahr 3 Zonen
- Erweiterung auf 7 Zonen
- Angestrebte Genauigkeit: 2 °C
- Permanente Überprüfung:
 - Prognose
 - Messung
- Generierung eines **gemeinsamen Grenzwerts**

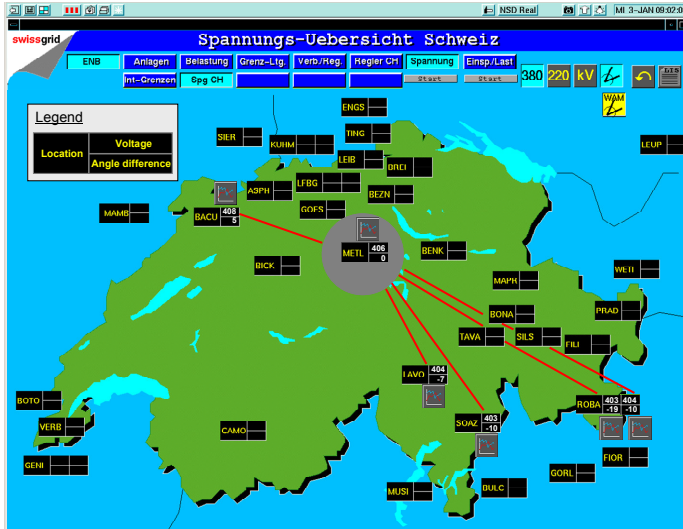


Legende:

- Mittelland West
- Nord Reuss
- Ost Rhein
- Alpen Lukmanier
- Süd-Tessin
- Wallis Rhone
- Engandin Süd

ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

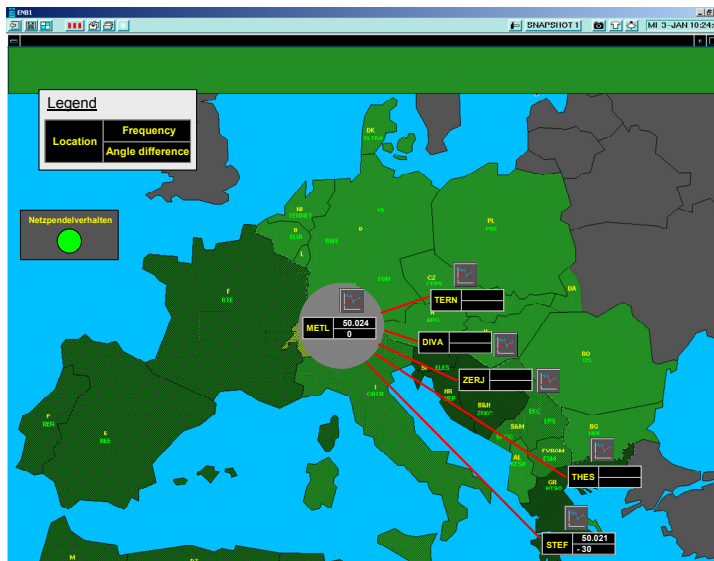
38/47



**SCADA & WAM im
Netzleitsystem 1/2**

ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

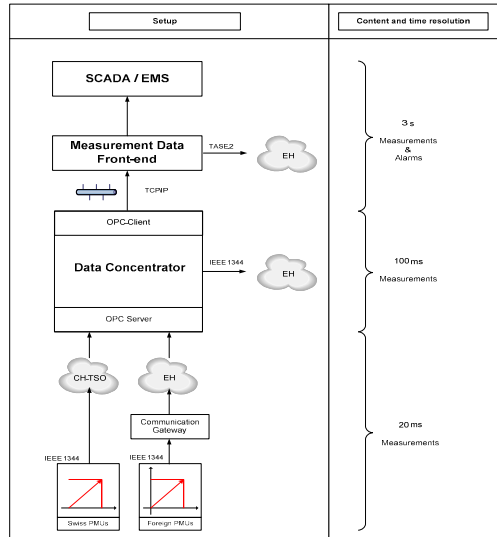
39/47



**SCADA & WAM im
Netzleitsystem 2/2**

ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

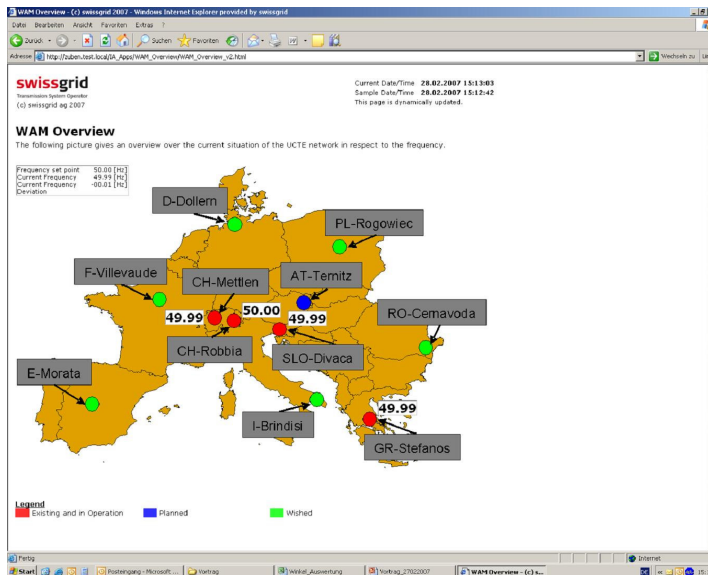
40/47



WAM - Datenfluss

ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

41/47



**Ein Vorschlag für das
Europaweite System**

ETHZ-LSA, Zürich, 09.05.2007

42/47



Zusammenfassung und Ausblick

- Netzbetrieb benötigt exakte, eindeutige und verlässliche Informationen
- Sicherer Netzbetrieb ist nur durch eine sorgfältige und durchgängige und **tägliche** Betriebsplanung erzielbar
- Werkzeuge müssen permanent angepasst und erneuert werden