

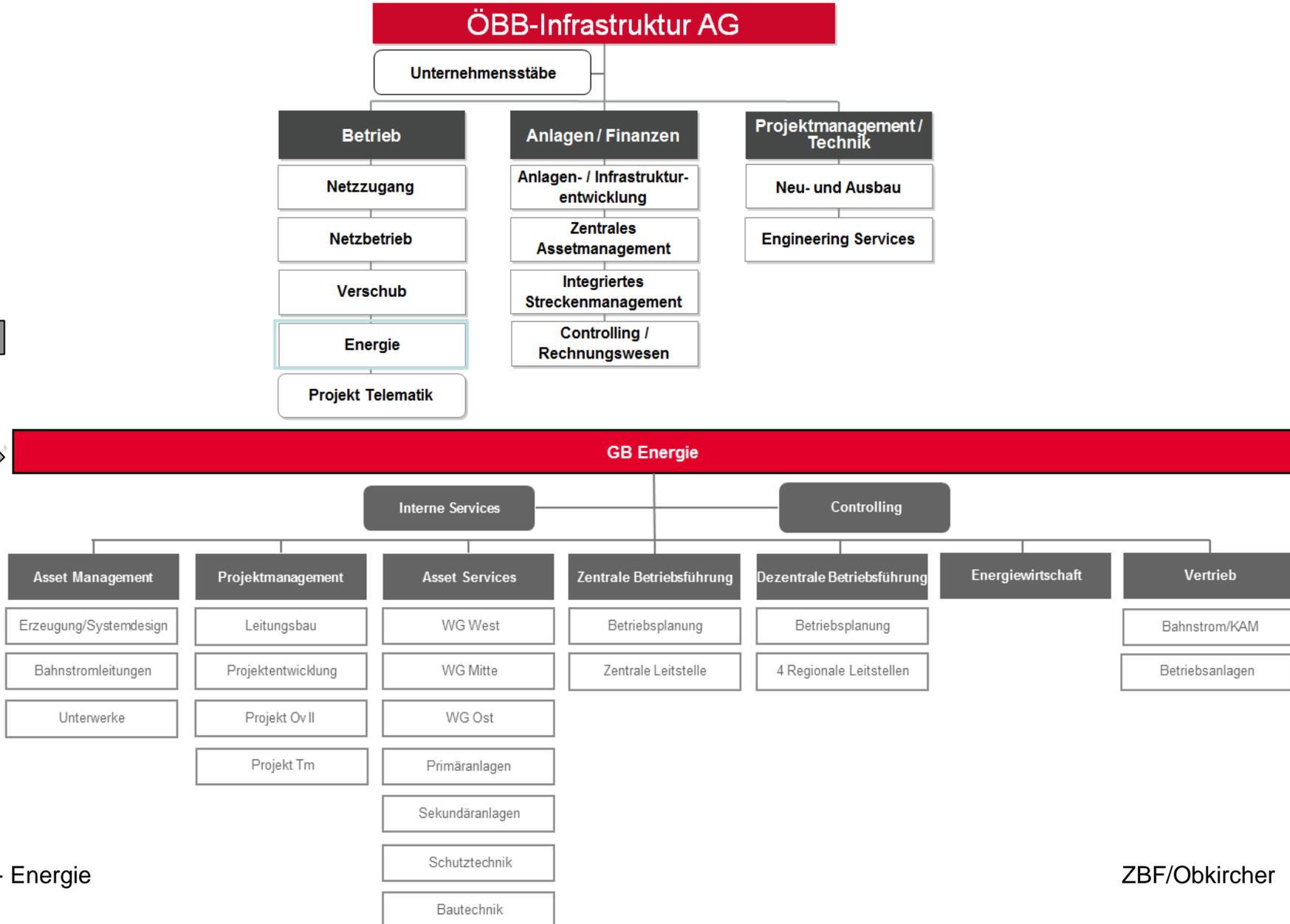
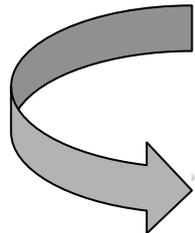


Infrastruktur

# Energiesysteme im Umbruch II

## Stabilität und Unabhängigkeit des ÖBB-Netzes

ÖBB-Infrastruktur AG  
Geschäftsbereich ENERGIE



## Geschichtliche Entwicklung der Eisenbahn

- 1879:** 1. Elektrolokomotive von W. v. Siemens vorgestellt (Gewerbeausstellung Berlin);
- 1912:** Einigung der d. Bahnverwaltungen Baden, Bayern, Hessen, Preußen, Schweiz, Norwegen, Schweden und Österreich auf 16  $\frac{2}{3}$  Hz;
- 1912:** Inbetriebnahme KW Schönberg
- 1920:** 1. Elektrifizierungsgesetz;
- 1925:** Lastverteiler in Innsbruck angesiedelt (Verbundbetrieb KW Sp - KW Sö)
- 1930:** Westbahn von Buchs - Salzburg elektrifiziert;
- 1940:** Westbahn bis Attnang Puchheim elektrifiziert, Parallelbetrieb mit Deutscher Reichsbahn aufgenommen;
- 1952:** Westbahn bis Wien elektrifiziert
- 1966:** Südbahn von Wien bis Graz elektrifiziert
- Mitte der 80er** Jahre Elektrifizierung im Wesentlichen abgeschlossen



## 16,7 Hz-Bahnstromversorgung

- Erzeugung und Verteilung von 16,7 Hz-Bahnstrom und 50 Hz-Strom
- Betriebsführung der 16,7 Hz-Bahnstromversorgung
- Stromeinkauf bzw. Stromportfoliomanagement sowie Verkauf von 16,7 Hz-Bahnstrom an alle Eisenbahnverkehrsunternehmen in Österreich
- Integriertes Anlagenmanagement für Kraft-, Umformer-, Umrichter- und Unterwerke, Bahnstromleitungen und Energieleitstellen

## Energieversorgung der ÖBB-Betriebsanlagen

- Steuerung und Überwachung der 50 Hz-Stromversorgung
- Einkauf von 50 Hz-Strom, Erdgas, Wärme sowie Kälte für alle Konzern-Betriebsstätten und Verkauf an externe Kunden auf Bahngrund
- Anlagenmanagement für Energienetze

## Energiedienstleistungen

- Energiezählung auf Triebfahrzeugen der Eisenbahnverkehrsunternehmen mittels RailwayBox
- Energiewirtschaftliche Dienstleistungen für Großkunden im Strommarkt - von Portfolioanalyse über Bilanzgruppenmanagement und Marktzugang bis hin zur Vollversorgung

# Energieversorgung der ÖBB-Betriebsanlagen (Werte 2012)

## Energieversorgung der Betriebsanlagen

Wir sind der **Energielieferant** des gesamten ÖBB-Konzerns.

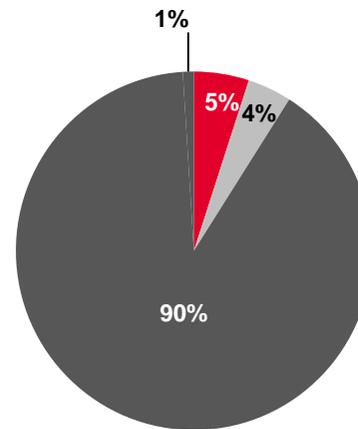
Wir versorgen

- mehr als 7.839 Lieferstellen mit 50 Hz-Drehstrom
- 742 Lieferstellen mit Erdgas
- 206 Lieferstellen mit Kälte
- sowie 448 Lieferstellen mit Wärme

Wir unterstützen unsere Kunden bei

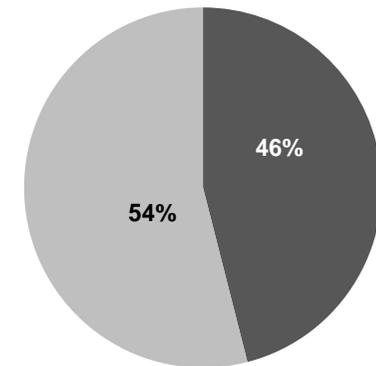
- Energiemonitoring
- Energiebedarfsplanung,
- Energiebedarfserfassung
- und Maßnahmen zum effizienten Energieeinsatz

**Drehstromaufbringung**  
348.307 MWh



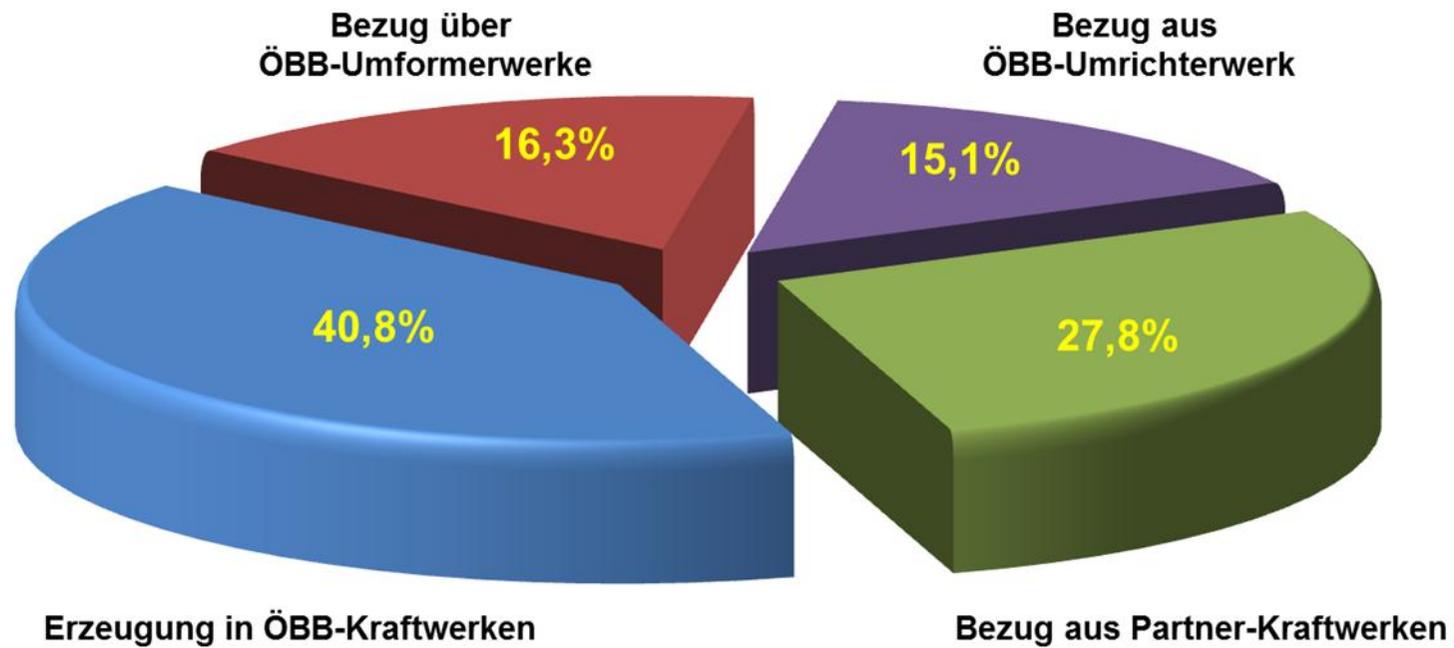
- Eigenerzeugung KW Lassach
- Erzeugung in den 16,7 Hz KW
- Bezug von Energieversorgungsunternehmen
- Eigenerzeugung KW Rosenbach

**Erdgas- und Fernwärmeeinkauf**  
380.307 MWh

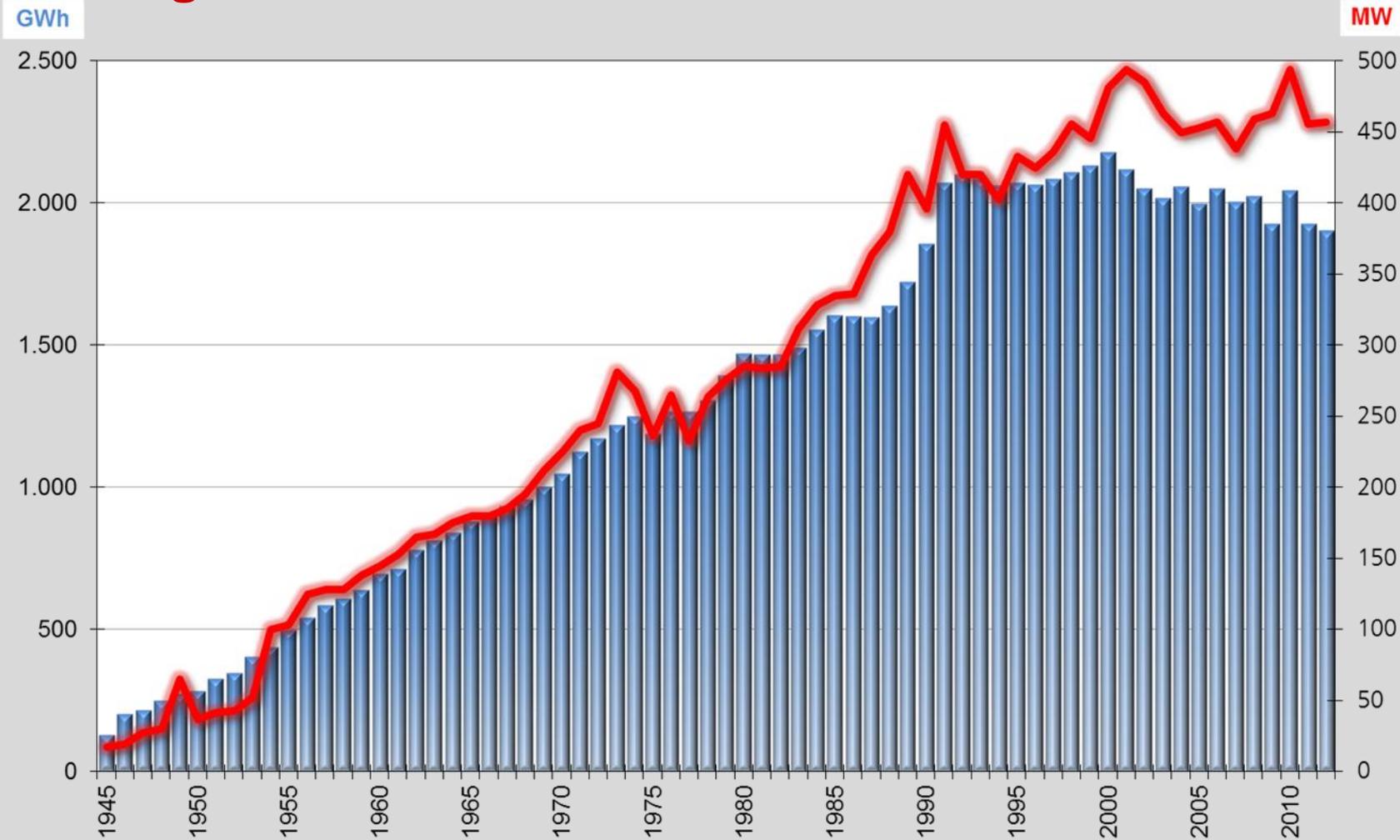


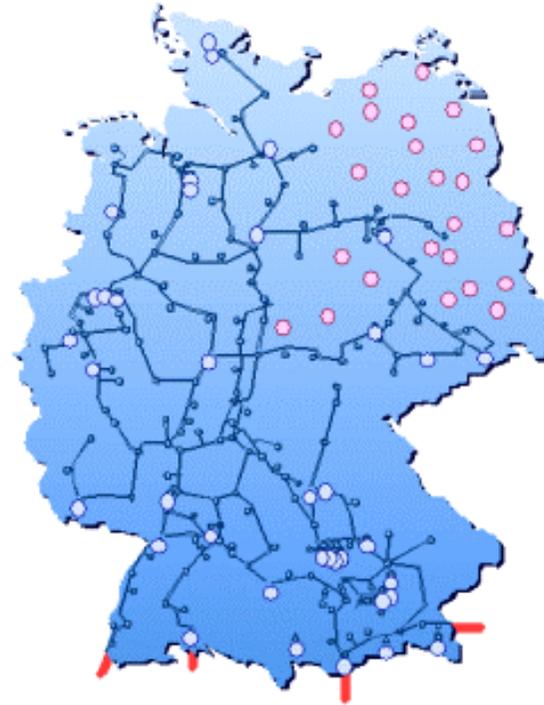
- Erdgas
- Fernwärme

## Bahnstromaufbringung 2012 1.941.836 MWh



# Entwicklung des Bahnstrombedarfs





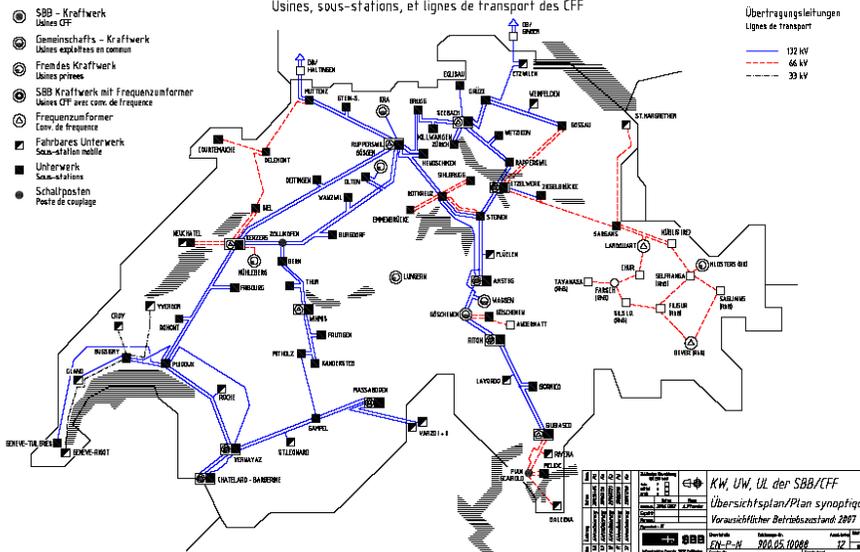
## Bahnstromverbundnetz

- Überall gibt es **Primärregler**
- Regelzonenführer und Sekundärregler:
  - SBB            Zollikofen (1 s)
  - DB             Frankfurt (1 s)
  - ÖBB            Innsbruck (200 ms)

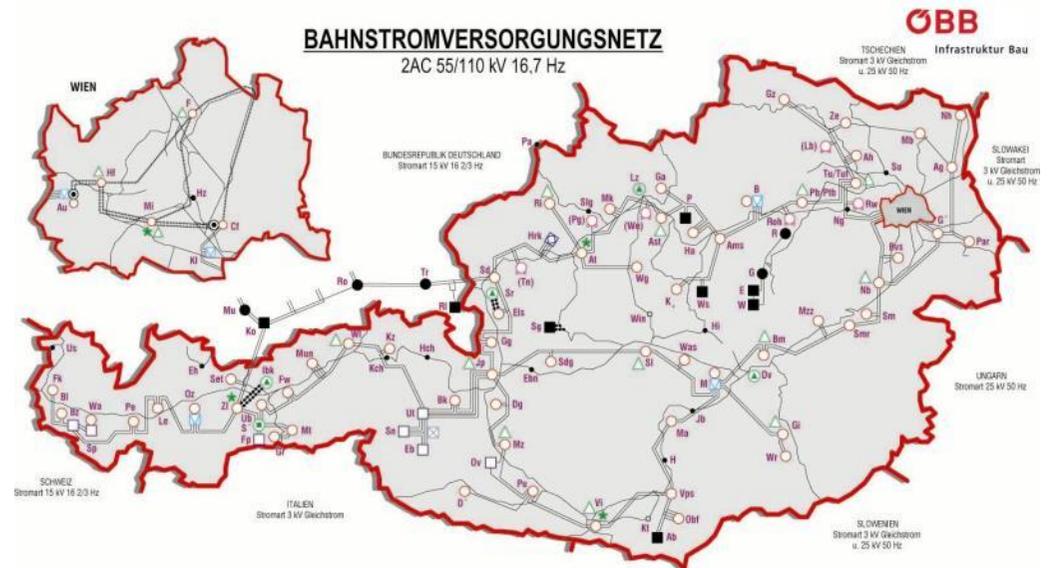
Wiedergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts ist nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestimmt. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster-Eintragung vorbehalten.

© 1997 SBB CFF FFS Schweizerische Bundesbahnen

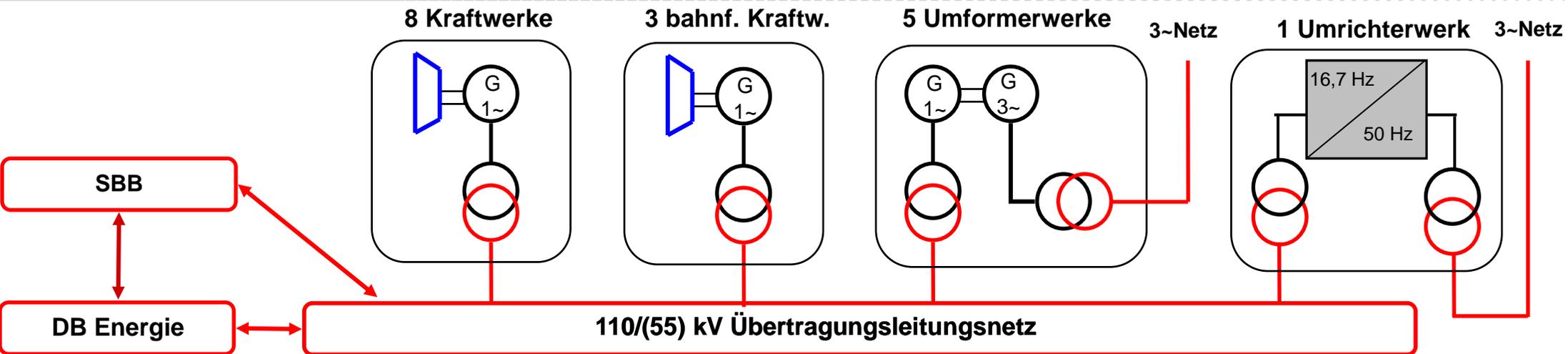
Kraftwerke, Unterwerke und Übertragungsleitungen der SBB  
Usines, sous-stations, et lignes de transport des CFF



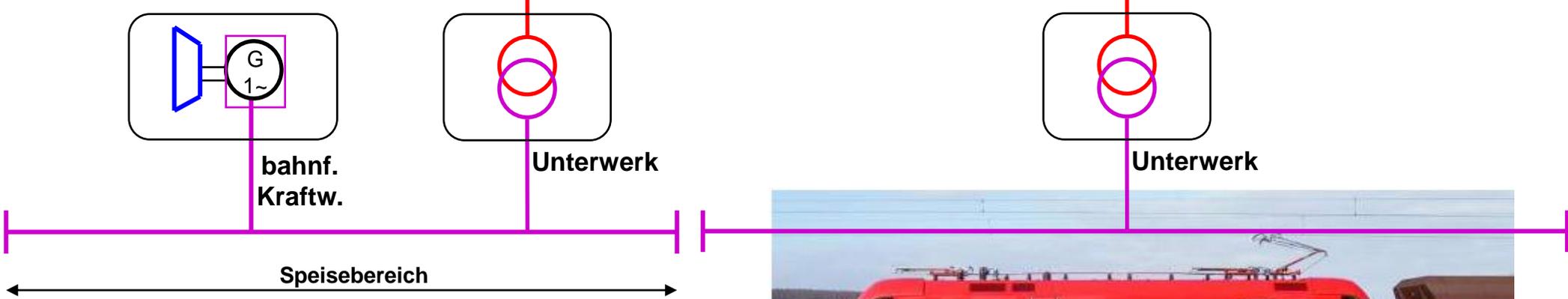
## BAHNSTROMVERSORGUNGSNETZ 2AC 55/110 kV 16,7 Hz



# Fernsteuerung der Kraft- Umformer- Umrichter- und Unterwerke sowie des Bahnstromleitungsnetzes



Trassenlänge: 2016 km 110 kV, 11,5 km 132 kV, 60 km 55 kV



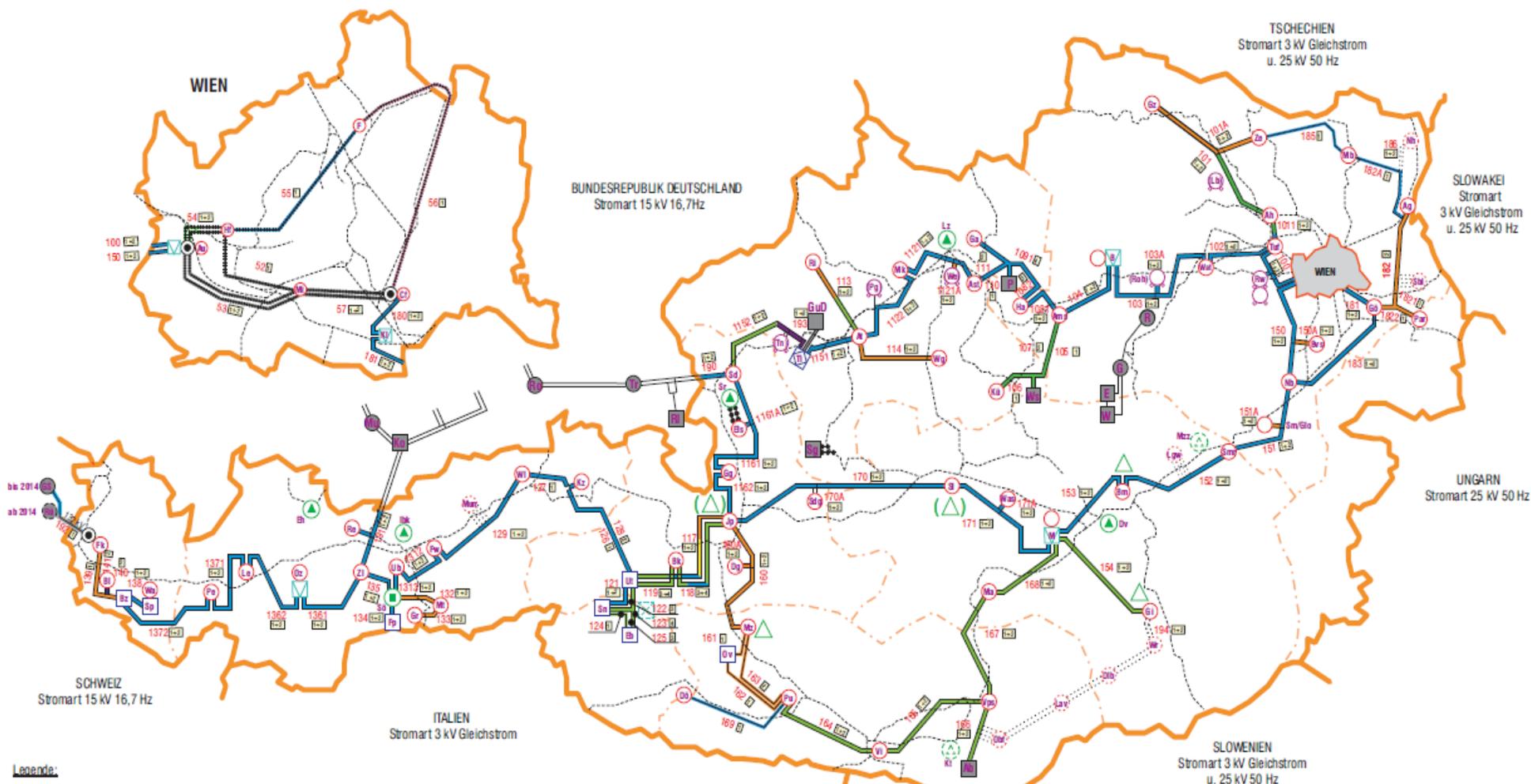
Oberleitungslänge: 7969 km

ZBF/Obkircher



# ÖBB-Bahnstromleitungsnetz 2AC 55/110 kV 16,7 Hz

INFRA  
GB Energie



### Legende:

<b>Ab</b> Annabürcke (ÖDK)	<b>Dö</b> Dölsach	<b>Gr</b> Gries am Brenner	<b>Kü</b> Küpfern	<b>Mzz</b> Märzschlag	<b>Ri</b> Riedau
<b>Ag</b> Angern	<b>Dv</b> Donawitz	<b>GuD</b> Timelkam (EAG)	<b>Kz</b> Kitzbühel	<b>Nb</b> Nr. Neustadt	<b>Rl</b> Reichenhall (DB)
<b>Ah</b> Absdorf-Hippersdorf	<b>E</b> Erlaufboden (EVN)	<b>Gz</b> Göpfritz	<b>Lav</b> Lavental	<b>Ng</b> Neulengbach	<b>Ro</b> Rosenheim (DB)
<b>Ams</b> Amstetten	<b>Eb</b> Enzingerboden	<b>H</b> Hirt	<b>Lb</b> Limberg-Maissau	<b>Nh</b> Hohenau	<b>Roh</b> Rohr
<b>Ast</b> Asten	<b>Ebn</b> Eben im Pongau	<b>Ha</b> Haag	<b>Le</b> Landeck	<b>Obf</b> Oberfischern	<b>Rü</b> Rütli (SBB)
<b>At</b> Attnang-Puchheim	<b>Eh</b> Enwald	<b>Hch</b> Hochfilzen	<b>Lgw</b> Langenwang	<b>Ov</b> Obervellach	<b>Rw</b> Rekawinkel
<b>Au</b> Auhof	<b>Els</b> Elsbethen	<b>Hi</b> Hirtelsdorf	<b>Lz</b> Linz	<b>Oz</b> Örtzl	<b>Sbl</b> Siebenbrunn/Untersiebenbrunn
<b>B</b> Bergen	<b>F</b> Floridsdorf	<b>Hl</b> Hieflau	<b>M</b> St. Michael	<b>P</b> St. Pantaleon (EKW)	<b>Sd</b> Steindorf
<b>Bk</b> Bruck-Fusch	<b>Fk</b> Feldkirch	<b>Hz</b> Wien Mitte	<b>Ma</b> Mariahof	<b>Pa</b> Passau (DB)	<b>Sdg</b> Schladming
<b>Bl</b> Bludenz	<b>Fp</b> Fulpmes	<b>Ibk</b> Innsbruck	<b>Mb</b> Mistelbach	<b>Par</b> Parndorf	<b>Sg</b> Steeg (Energie AG)
<b>Bm</b> Bruck an der Mur	<b>Fw</b> Fritzens-Wattens	<b>Jb</b> Judenburg	<b>Mi</b> Meidling	<b>Pe</b> Pettau	<b>Sl</b> Selztal
<b>Bvs</b> Vöslau	<b>G</b> Gössing (EVN)	<b>Jp</b> St. Johann im Pongau	<b>Mk</b> Marchtrenk	<b>Pg</b> Puchberg	<b>Slg</b> Schlößberg
<b>Bz</b> Brax	<b>Ga</b> Gaisbach-Wartberg	<b>Kch</b> Kirchberg in Tirol	<b>Mt</b> Matei	<b>Piv</b> Pöchlarn	<b>Sm/Glo</b> Schlogmühn/Gloggnitz
<b>Cf</b> Simmering	<b>Gg</b> Golling	<b>Kl</b> Kledering	<b>Mu</b> Murnau (DB)	<b>Pu</b> Pusamitz	<b>Smr</b> Semmering
<b>Dg</b> Dorfgastein	<b>Gi</b> Graz	<b>Ko</b> Kochel (DB)	<b>Mun</b> Münster	<b>R</b> Rabenstein (EVN)	<b>Sn</b> Schneideau
<b>Dlb</b> Deutschlandsberg	<b>Gö</b> Gozendorf	<b>Kt</b> Klagenfurt	<b>Mz</b> Mallnitz	<b>Re</b> Reith	<b>Sö</b> Schönberg

<b>Sp</b> Spullersee	<b>Was</b> Wald am Schoberpaß
<b>Sr</b> Salzburg-Gnigl	<b>We</b> Wegscheid
<b>Su</b> Stockerau	<b>Wg</b> Wartberg an der Krems
<b>Ti</b> Timelkam	<b>Wi</b> Wörgl
<b>Tn</b> Tenaumühle	<b>Wr</b> Weindorf
<b>Tr</b> Traunstein (DB)	<b>Ws</b> Weyer (EKW)
<b>Tu</b> Tullnertal	<b>Ze</b> Zellemdorf
<b>Uf</b> Untertal	<b>Zi</b> Zirl
<b>Us</b> Lustenau	
<b>Ut</b> Untertal	
<b>Vl</b> Villach	
<b>Vps</b> St. Veit a. d. Glan	
<b>W</b> Wienerbruck (EVN)	
<b>Wa</b> Wald am Arlberg	
<b>Wat</b> Wagrain	

in Betrieb, geplant		in Betrieb, geplant	
	Kraftwerk		Bahnfremdes Kraftwerk
	Umformerwerk		Bahnfremdes Unterwerk
	Umrichterwerk		Kompensationsanlage
	Pumpwerk		Übertragungsleitung 110 kV
	Unterwerk		Übertragungsleitung 55 kV
	Fahrbares Unterwerk		Speiseleitung 15 kV
	Netzkupplung		Elektr. Strecken
	Kuppelstelle		
	Schaltposten		
	Schaltstelle		

Kurzzeichen in Klammer, wenn die Anschlussstelle nicht ständig in t.u.w. besetzt ist.

## Unabhängigkeit

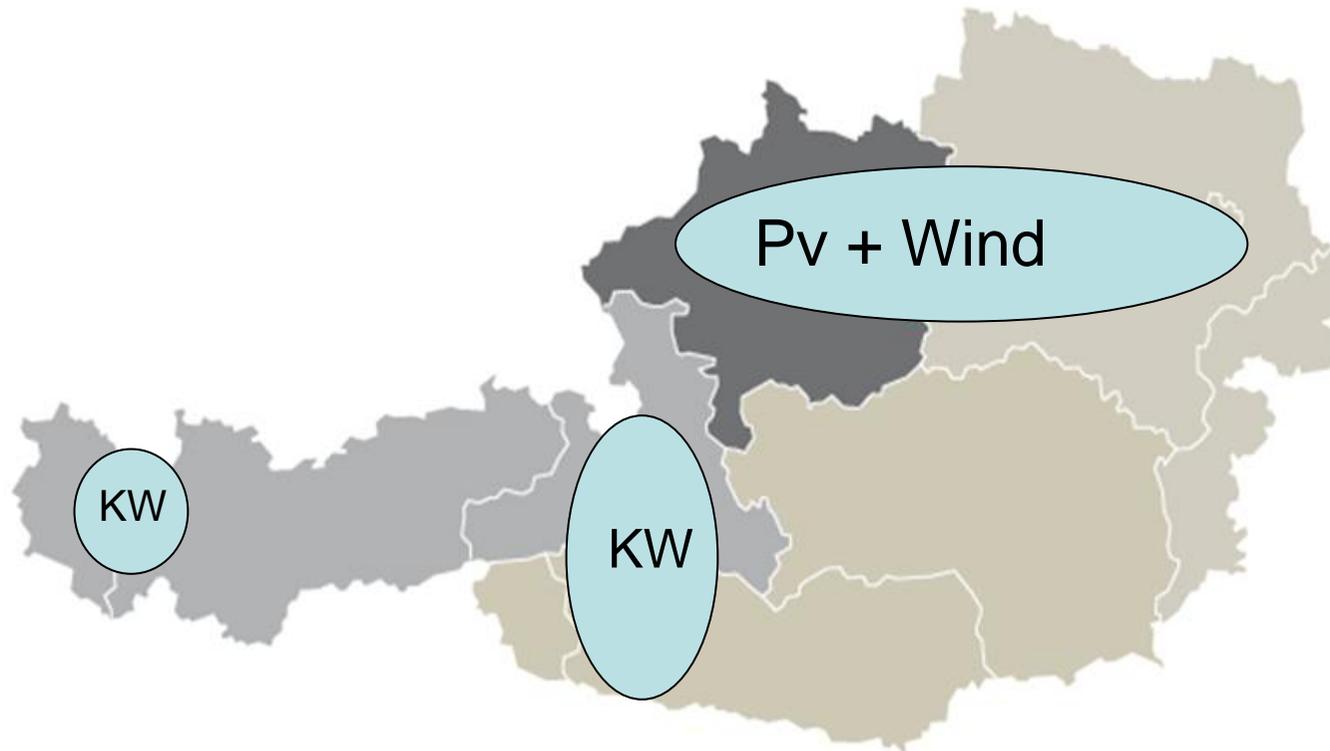
### Kenndaten Verbrauch:

Stundenmittelleistung:	50 MW bis 426 MW
Verbrauchspitzen:	40 MW bis 494 MW
Verbrauchsschwankungen:	bis zu 100 MW innerhalb 1 Min. Bis zu 150 MW innerhalb von 5 Min.

### Kenndaten Erzeugung:

Maximalleistungen (ca.):	
Speicherkraftwerke:	192 MW
Laufkraftwerke:	111 MW (Wasserabhängig)
Partnerkraftwerke:	99 MW (Wasserabhängig)
Summe Wasser:	<u>402 MW</u>
Umformerwerke:	435 MW

# Projekte zur Erhöhung der Erzeugungskapazität



## Entstörungs- Engpass- und Vorfallmanagement (1)

### Ereignisse:

- Erd- bzw. Kurzschlüsse Bahnstromleitungen
- Maschinenausfälle
- Sturm
- Hochwasser
- Ölunfälle
- Brand
- Triebwasserweg
- Talsperren

## Entstörungs- Engpass- und Vorfallmanagement (2)

### Wehranlage Kraftwerk Braz



## Entstörungs- Engpass- und Vorfallmanagement (3)

Schäden im 110 kV-Netz im Bereich Strengen - Flirsch



## Entstörungs- Engpass- und Vorfallmanagement (3)

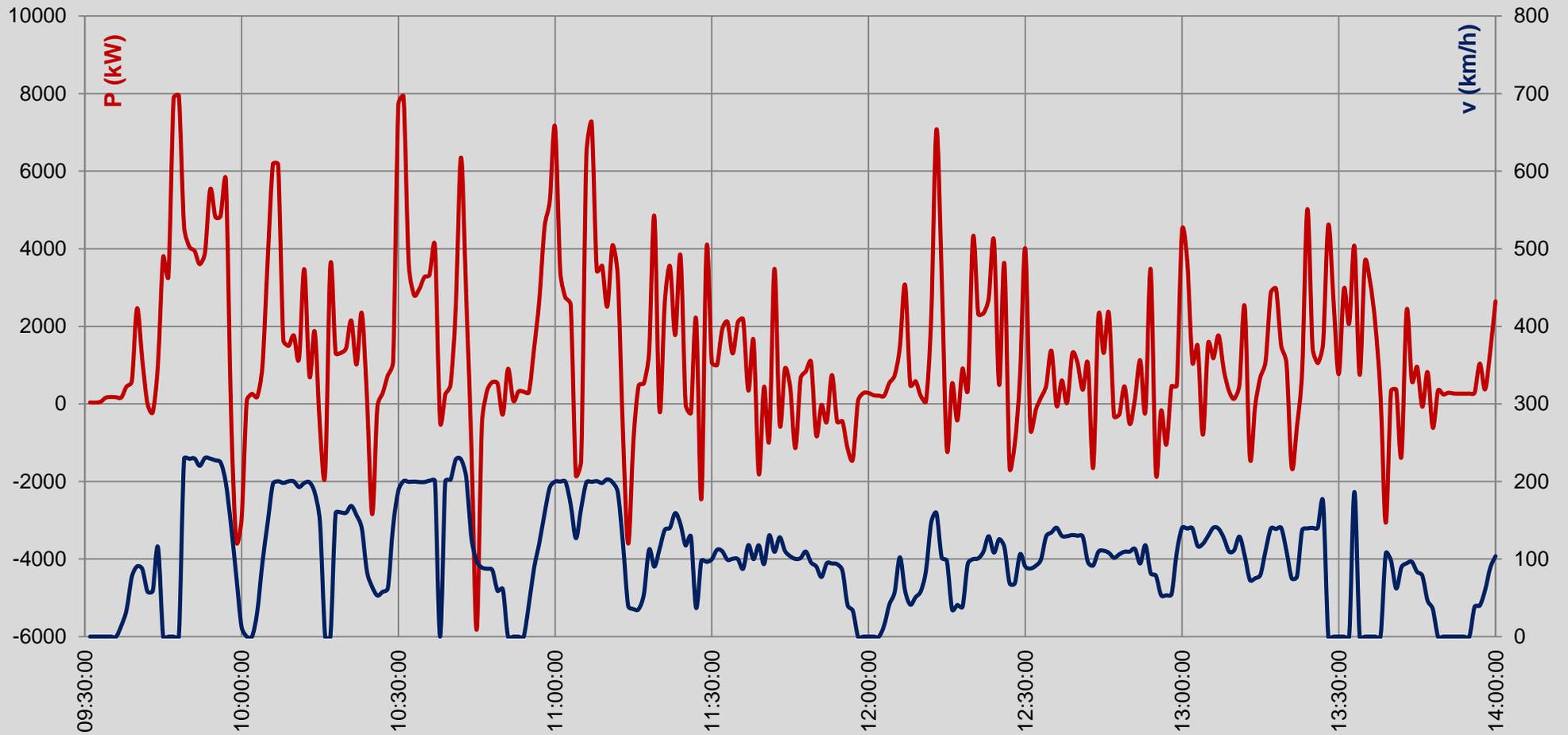
### Schäden Westbahn im Bereich Arlberg



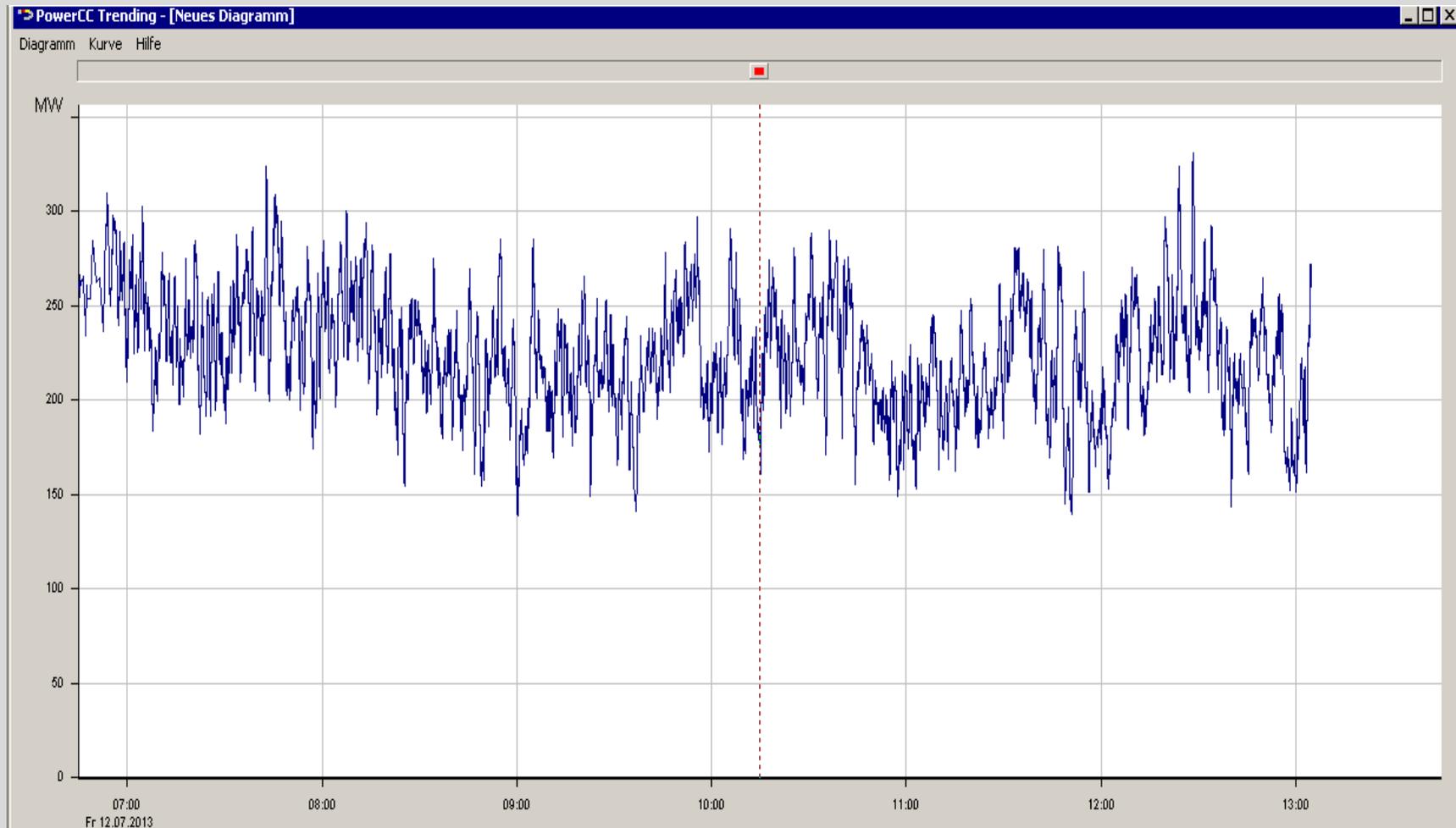
## Entstörungs- Engpass- und Vorfallmanagement (4)



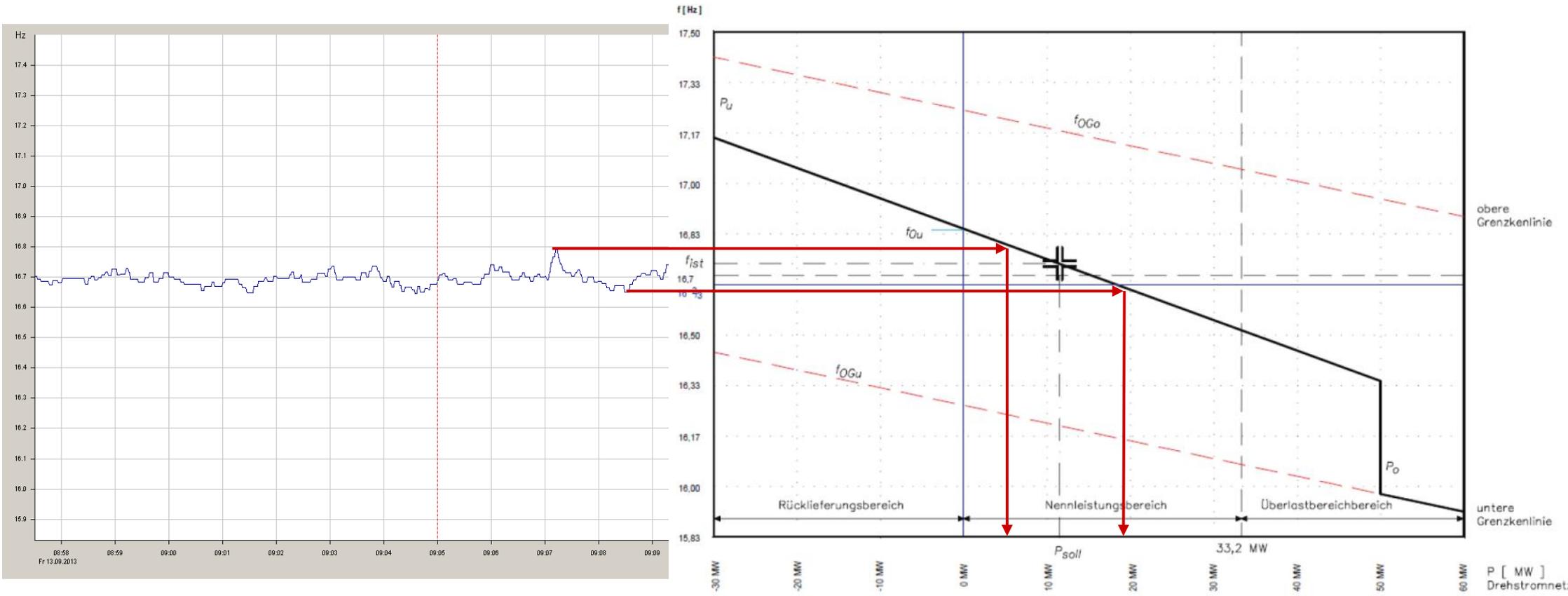
# Railjet Wien - Innsbruck



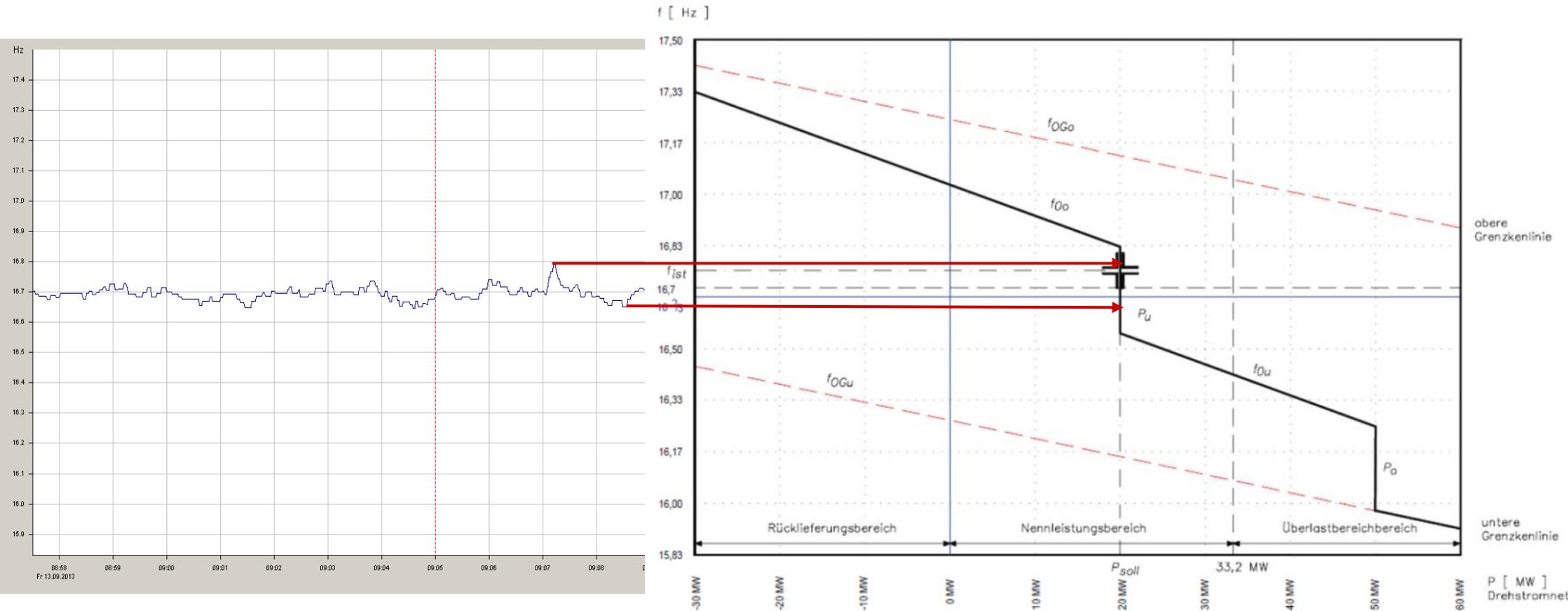
# Verbrauchsänderungen



# Verbrauchsänderungen => Primärregelung auf F-Kennlinie

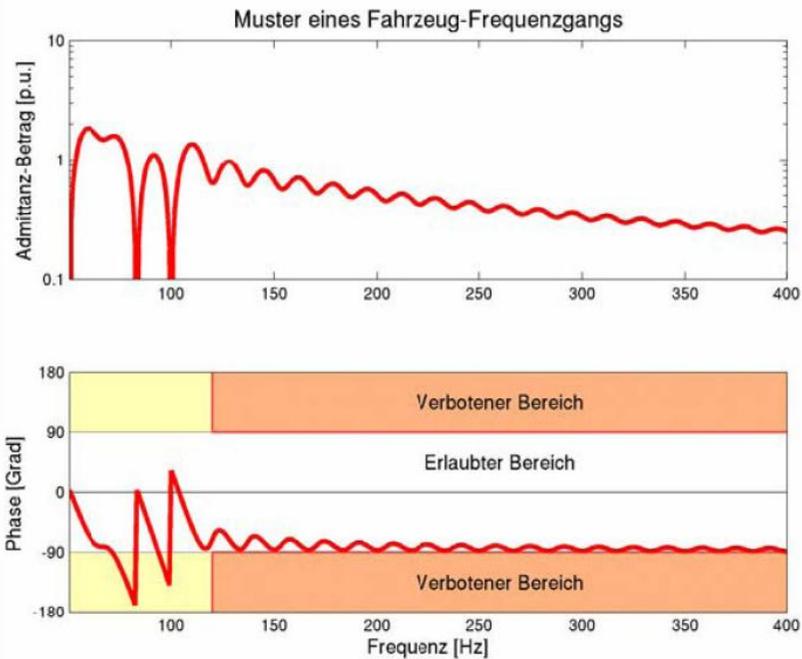


# Verbrauchsänderungen => Primärregelung auf B-Kennlinie



# Stabilität im Bahnstromnetz

Beispiel für zulässigen Frequenzgang:

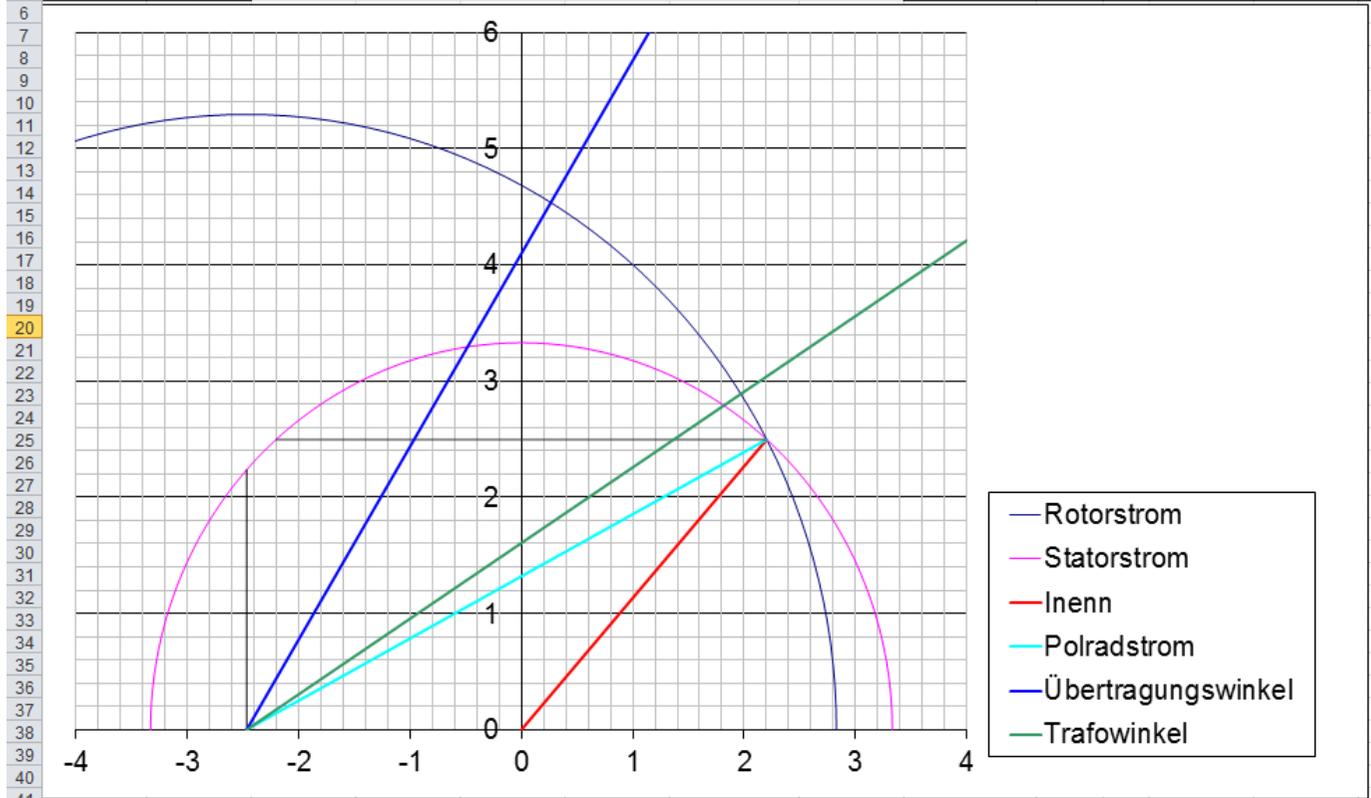


Nachweis:

Der Nachweis ist durch Angabe des Frequenzgangs zu erbringen. Als obere Frequenzgrenze genügt jene Frequenz, die sicherstellt, dass das Triebfahrzeug auch für höhere Frequenzen passiv ist (z.B. die halbe Abtastfrequenz der Stromrichterregelung).

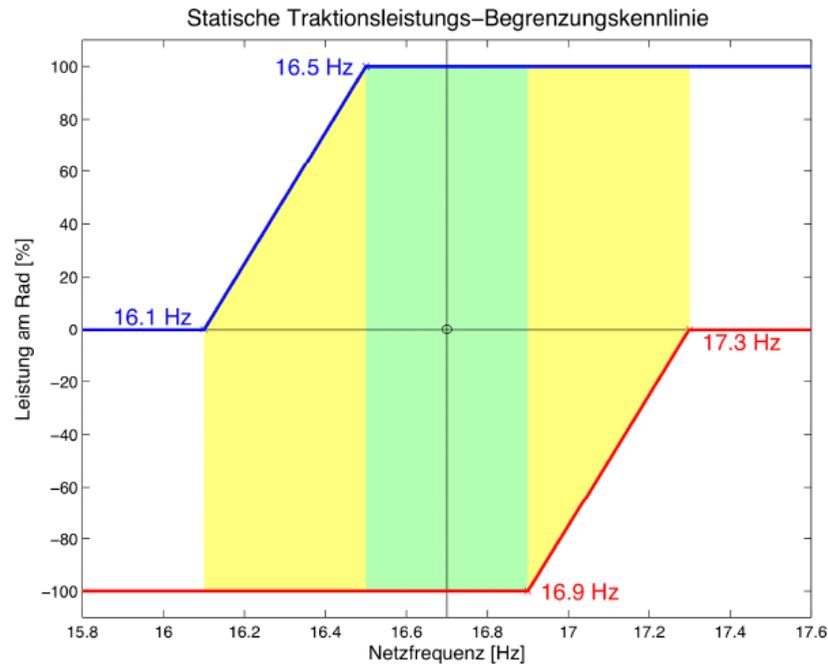
# Statische Stabilität

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	cos φ	Leitung	S <sub>N Gen</sub>	X <sub>d Gen</sub>	U <sub>N Gen</sub>		Freileitung <input type="radio"/>		S <sub>nat</sub>	30,352	MVA			
2	Gen	in km	in MVA	in p.u.	in kV		Kabel <input checked="" type="radio"/>		Polradwinkel	28,1 °		X <sub>T(110 kV)</sub>	0,165	Ω
3	0,75	300	33,3	1,35	10				Trafowinkel	4,9 °		R <sub>T(110 kV)</sub>	0,008	Ω
4	←   →								Leitungswinkel	25,9 °		X <sub>L(110 kV)</sub>	0,192	Ω/km
5	Unterregt <input type="checkbox"/>								Gesamtwinkel	59,0 °		R <sub>L(110 kV)</sub>	0,231	Ω/km



# Lasten als Primärregler

## Statische Kennlinie:

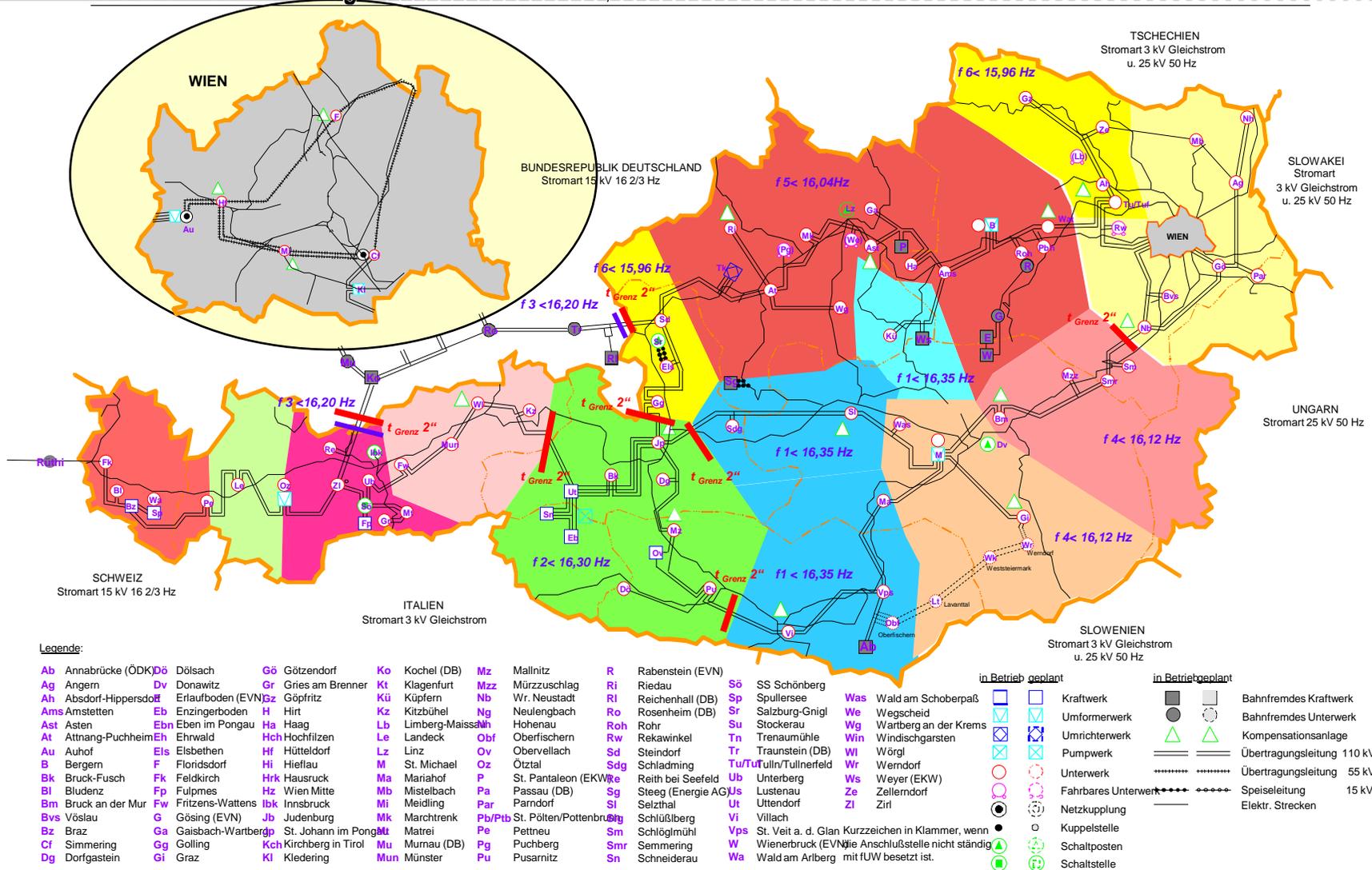


Die Begrenzung der Traktionsleistung bezieht sich auf die Leistung am Rad und ist wie folgt zu verstehen:

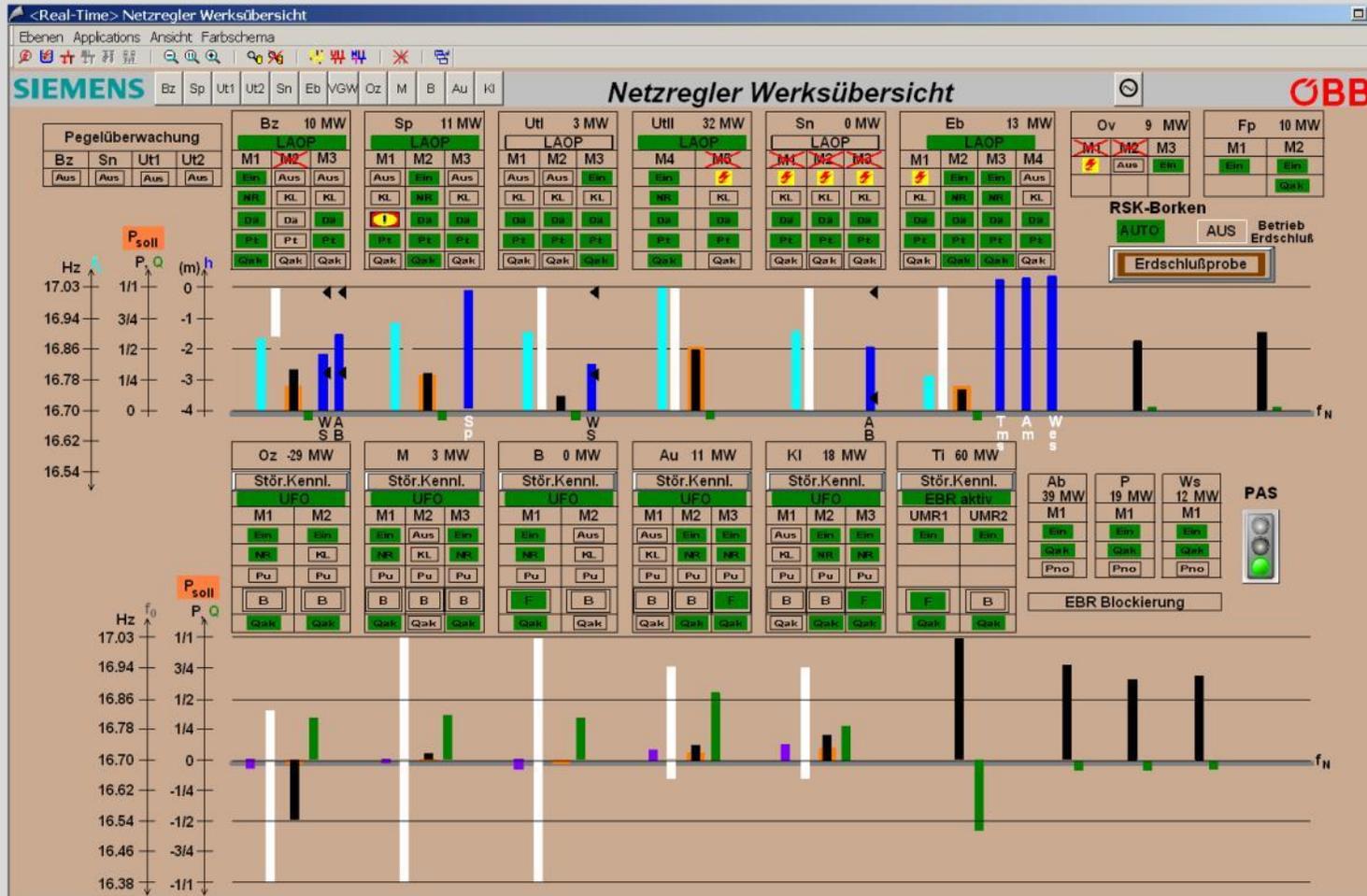
- 100 % entsprechen der maximalen Leistung jeweils für Fahren und Bremsen (ggf. unterschiedliche Bezugswerte). Sind Antriebe abgeschaltet, so beziehen sich 100 % auf die dann noch verfügbare maximale Leistung.
- Die Traktionsleistung wird nur bei tiefen, die Bremsleistung nur bei hohen Netzfrequenzen begrenzt.
- Es wird die maximal verfügbare Leistung begrenzt. Der tatsächliche Wert der Leistung am Rad muss innerhalb der Kennlinie liegen. Ist die Leistungsanforderung durch den Lokführer oder die automatische Fahr-/Bremsregelung kleiner als der Wert nach der Kennlinie, so geschieht keine Begrenzung.

Infrastruktur

ÖBB-Bahnstromleitungsnetz 2AC 55/110 kV 16,7 Hz

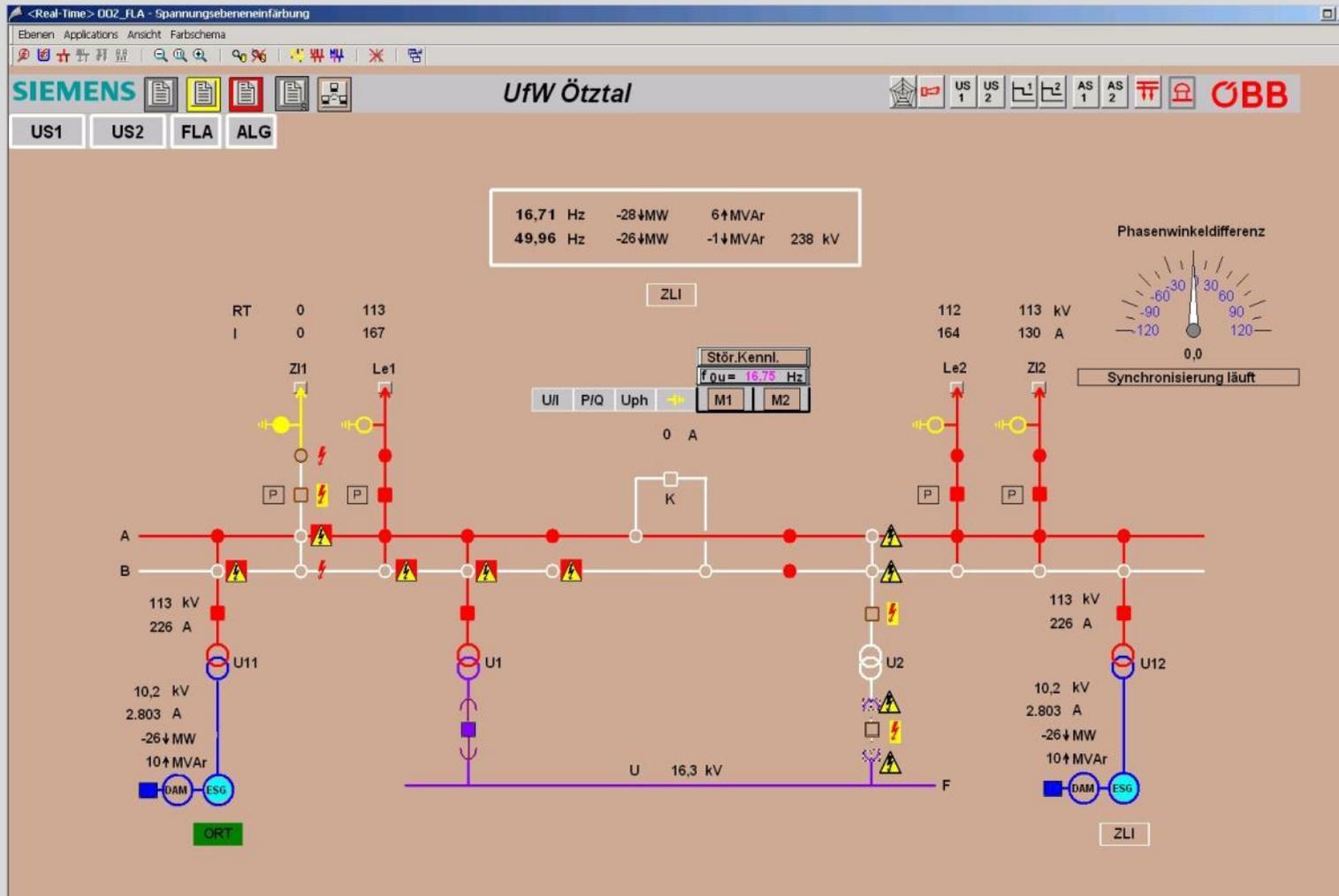


# Netzregelung



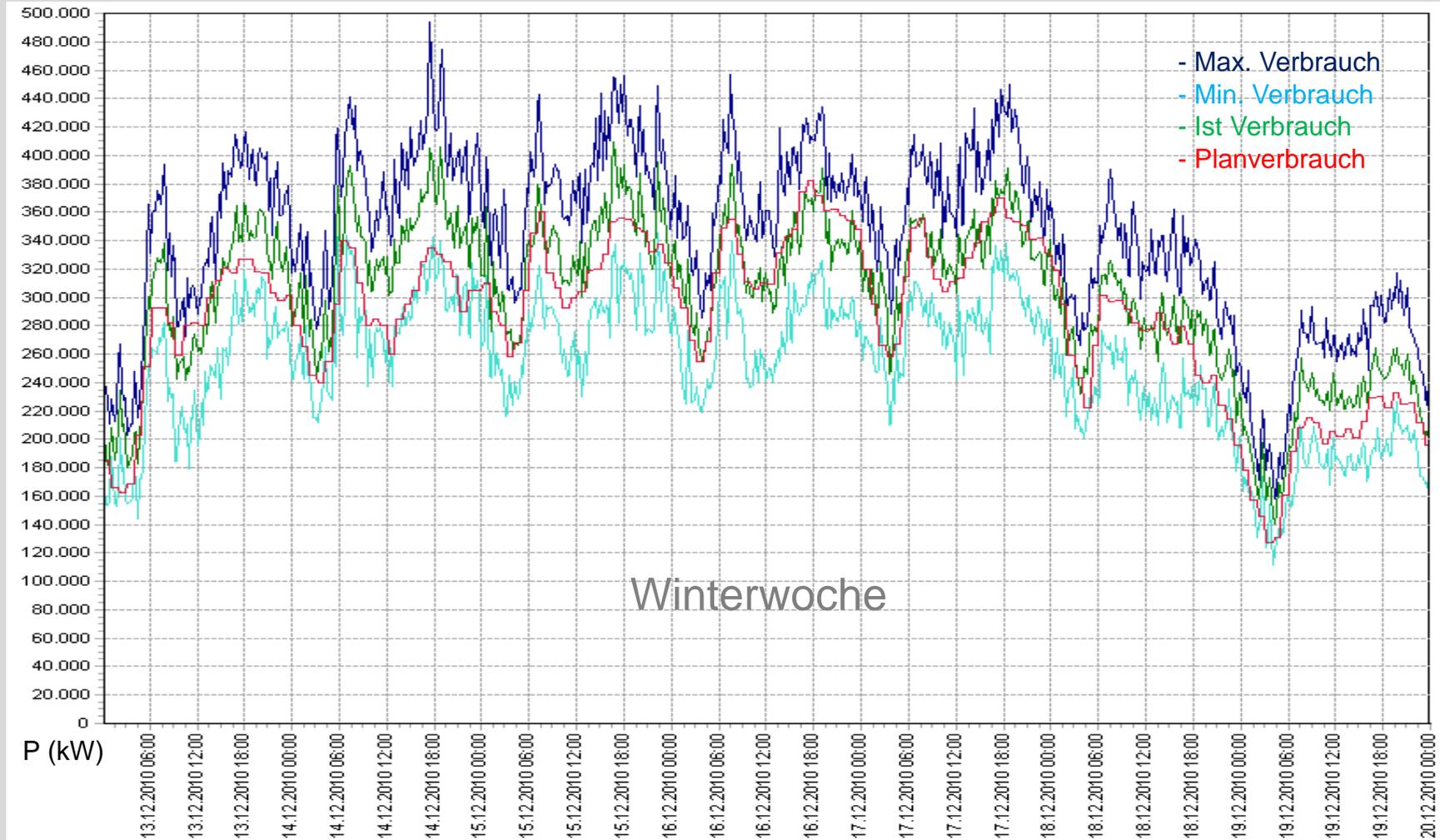


# Schalhandlungen

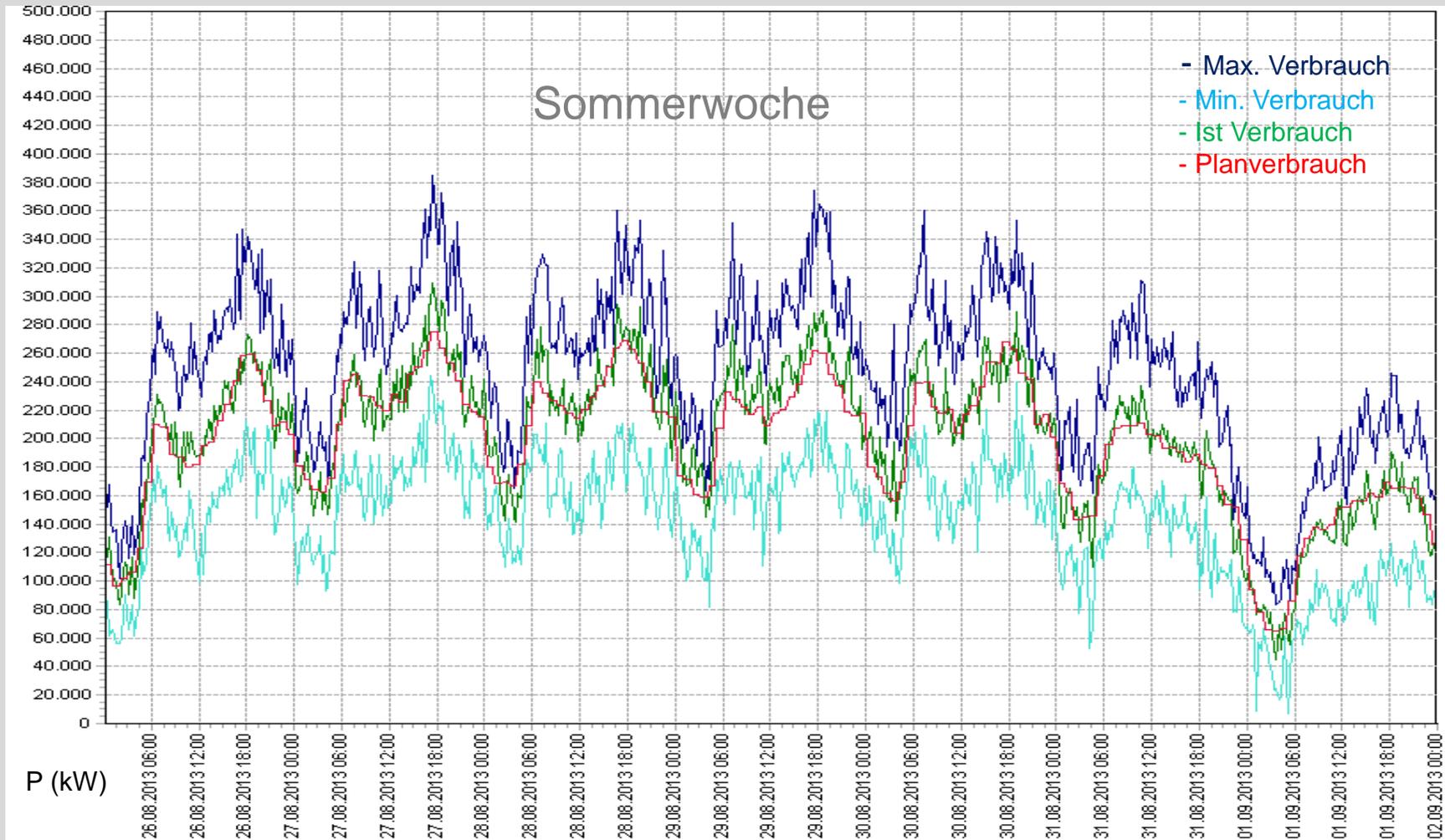




# Prognose, Verbrauch, Ausgleichsenergie, Regelleistung 1



# Prognose, Verbrauch, Ausgleichsenergie, Regelleistung 1



## Störungsanalyse, Powerqualityüberwachung

Hubschrauber gegen Erdseil (Messung in Timelkam am 3.12.2009 13:40:53,797)

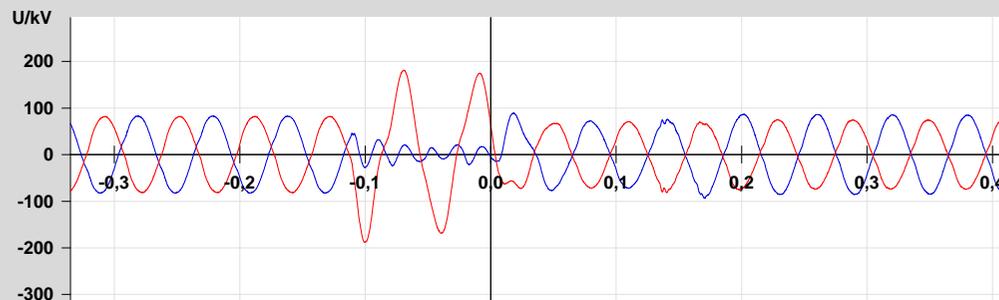


Abb. 1: Phasenspannungen (R=rot, T=blau)

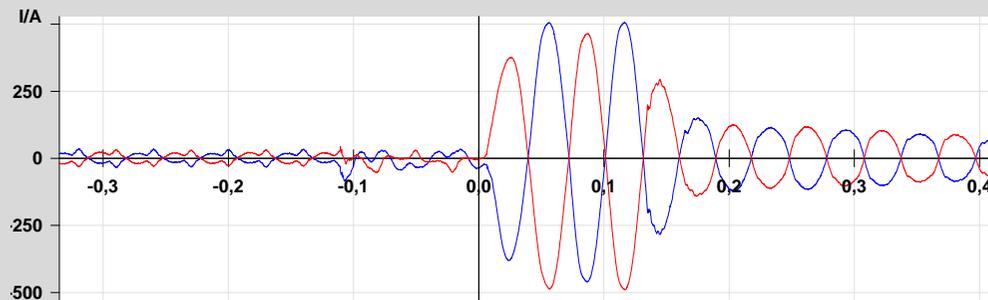


Abb. 2: Phasenströme (R=rot, T=blau)

## **$\mu$ PAS (offline)**

- Lastflussberechnung
- Kurzschlussberechnung
- Zugfahrtsimulation
- Schutzüberprüfung

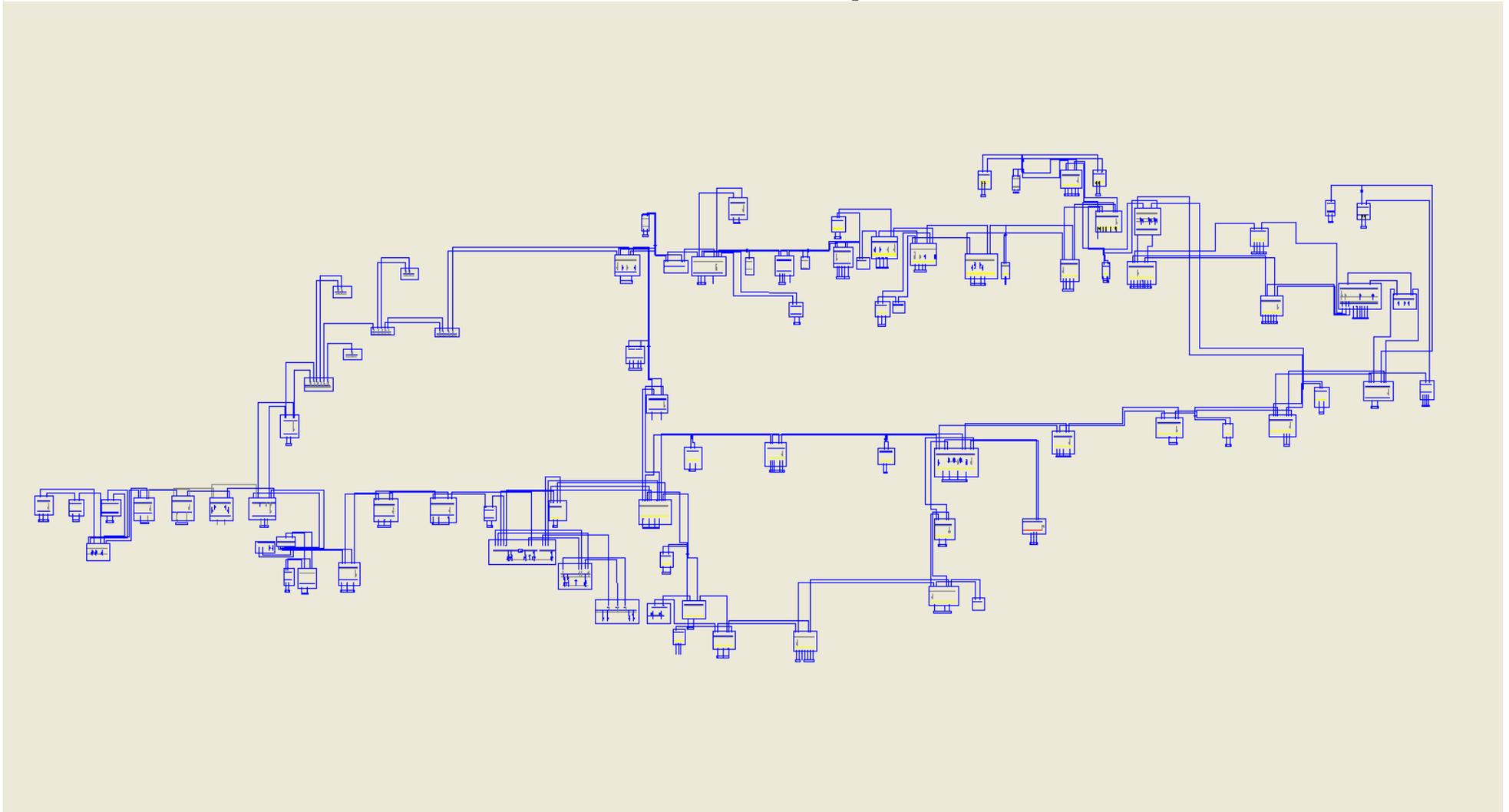
Berechnungen im 110- und im 15-kV-Netz

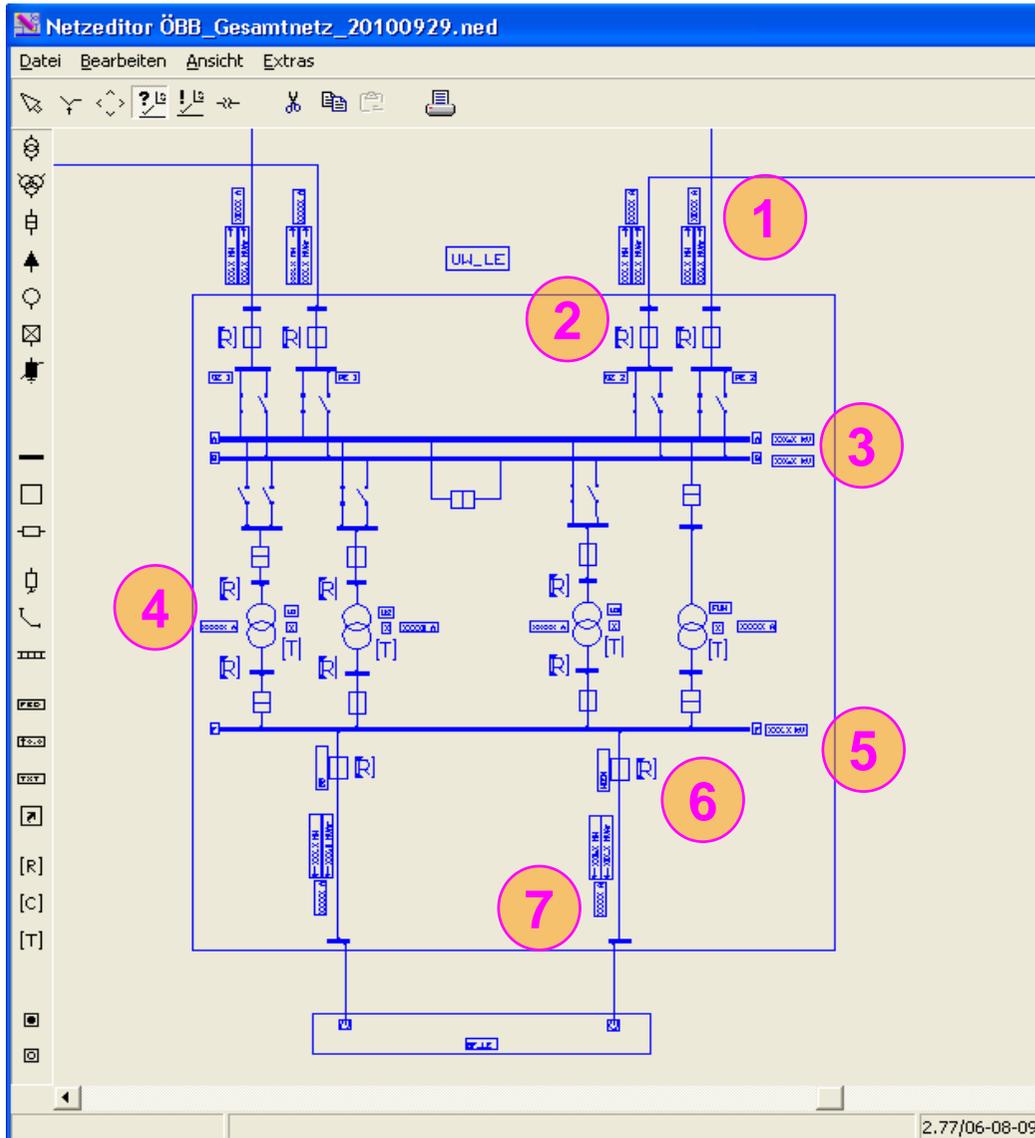
## **$\alpha$ PAS (online)**

- Netzzustandsbestimmung
- Netzsicherheitsrechnung
- Blindleistungsoptimierung
- Verlustoptimierung

Berechnungen und Optimierung im 110-kV-Netz

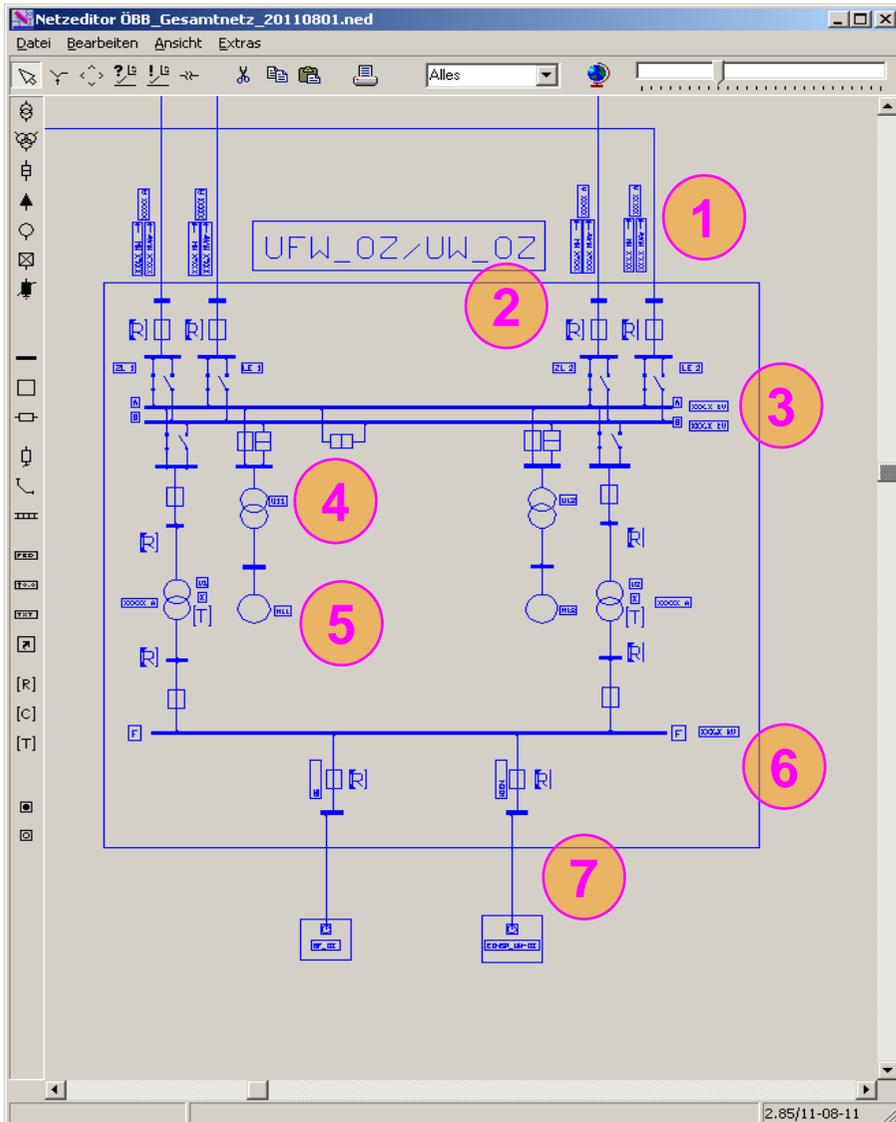
## 110-kV-Netz in $\mu$ -PAS





## „Standardunterwerk“

- 1 110kV Messwerte I, Q, P
- 2 110kV-Abzweig Relais
- 3 SS-Spannung 110kV
- 4 Umspanner mit Relais
- 5 SS-Spannung 15kV
- 6 15kV-Abzweig Relais
- 7 15kV Messwerte I, Q, P



## „Umformerwerk“

- 1 110kV Messwerte I, Q, P
- 2 110kV-Abzweig Relais
- 3 SS-Spannung 110kV
- 4 Umspanner
- 5 Umformersatz
- 6 15kV-SS
- 7 15kV-Abzweig

## Hochspannungsunfall:

Bei Bodenberührung oder Aufliegen auf Bäumen ist durch die Gefahr der Stromverteilung im Erdreich ein Mindestabstand von **20 m** einzuhalten.

Beim Aufliegen auf Zäunen oder andere metallischen Gegenständen kann sich dieser Abstand noch wesentlich erhöhen.



## Maßnahmen nach einem Unfall:

- ausreichenden Sicherheitsabstand halten
- Unfall- bzw. Störungsstelle absichern, gegebenenfalls absperren. Ereignis umgehend dem Leitungsbetreiber melden (**ÖBB: 0512/93000-3003**)

## Zur eindeutigen Erkennung der jeweiligen Zuständigkeit ist wie folgt vorzugehen:

- Seile des betroffenen Systems bis zum nächsten Leitungsmast verfolgen
- ermittelten Maststandort aufsuchen
- Information zur Freileitung der Hinweistafel am Mastfuß entnehmen



**Notrufnummer**



**ÖBB-Infrastruktur AG**  
**Geschäftsbereich ENERGIE**

Praterstern 3, 1020 Wien  
GBL.EN@oebb.at

Dr. Clemens Obkircher  
Claudiastrasse 2  
Zentrale Betriebsführung  
6020 Innsbruck  
[Clemens.obkircher@oebb.at](mailto:Clemens.obkircher@oebb.at)  
+43 512 93000 4052

Personal  
Mag. Nina Reichl  
Praterstern 3  
1020 Wien  
[Nina.reichl@oebb.at](mailto:Nina.reichl@oebb.at)  
+43 1 93000 44794