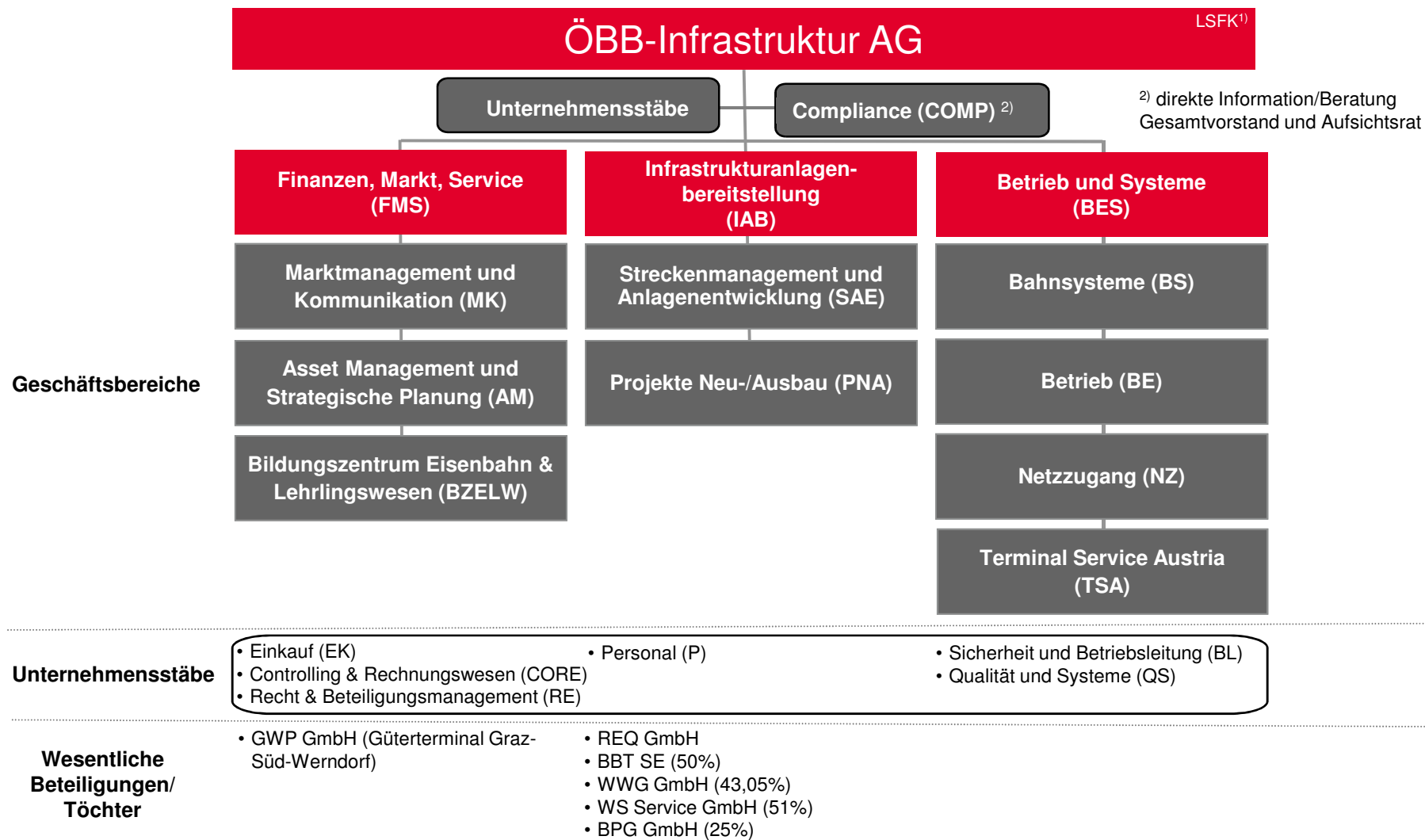


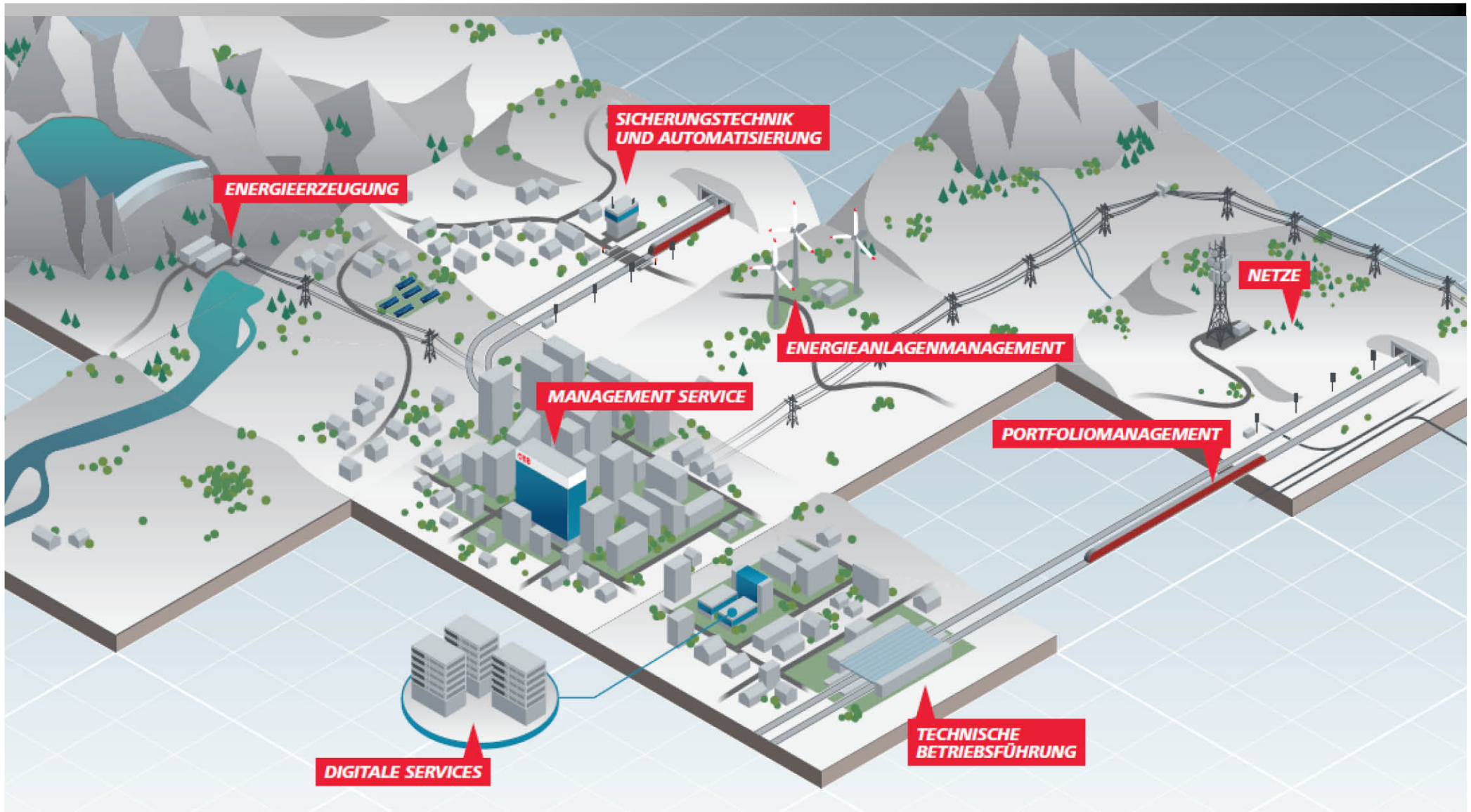
Bahnsysteme

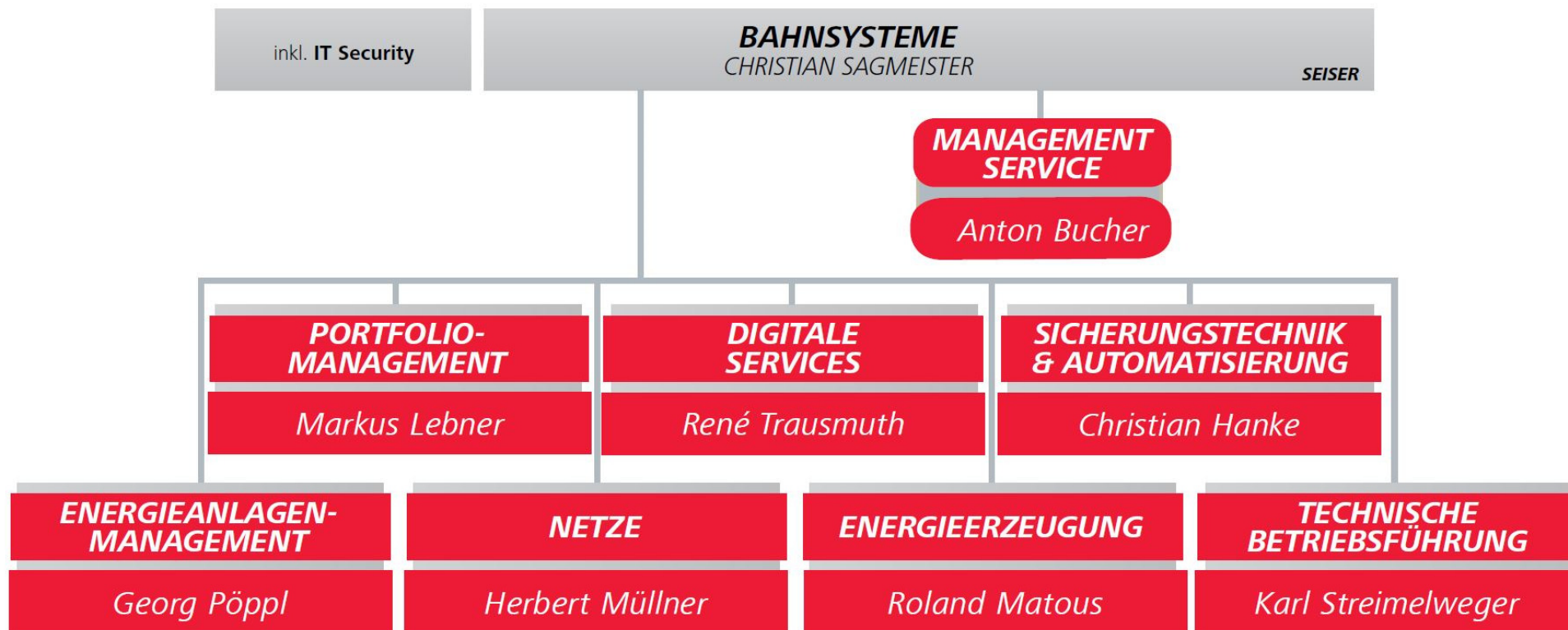
TBF / LV

ÖBB Netz

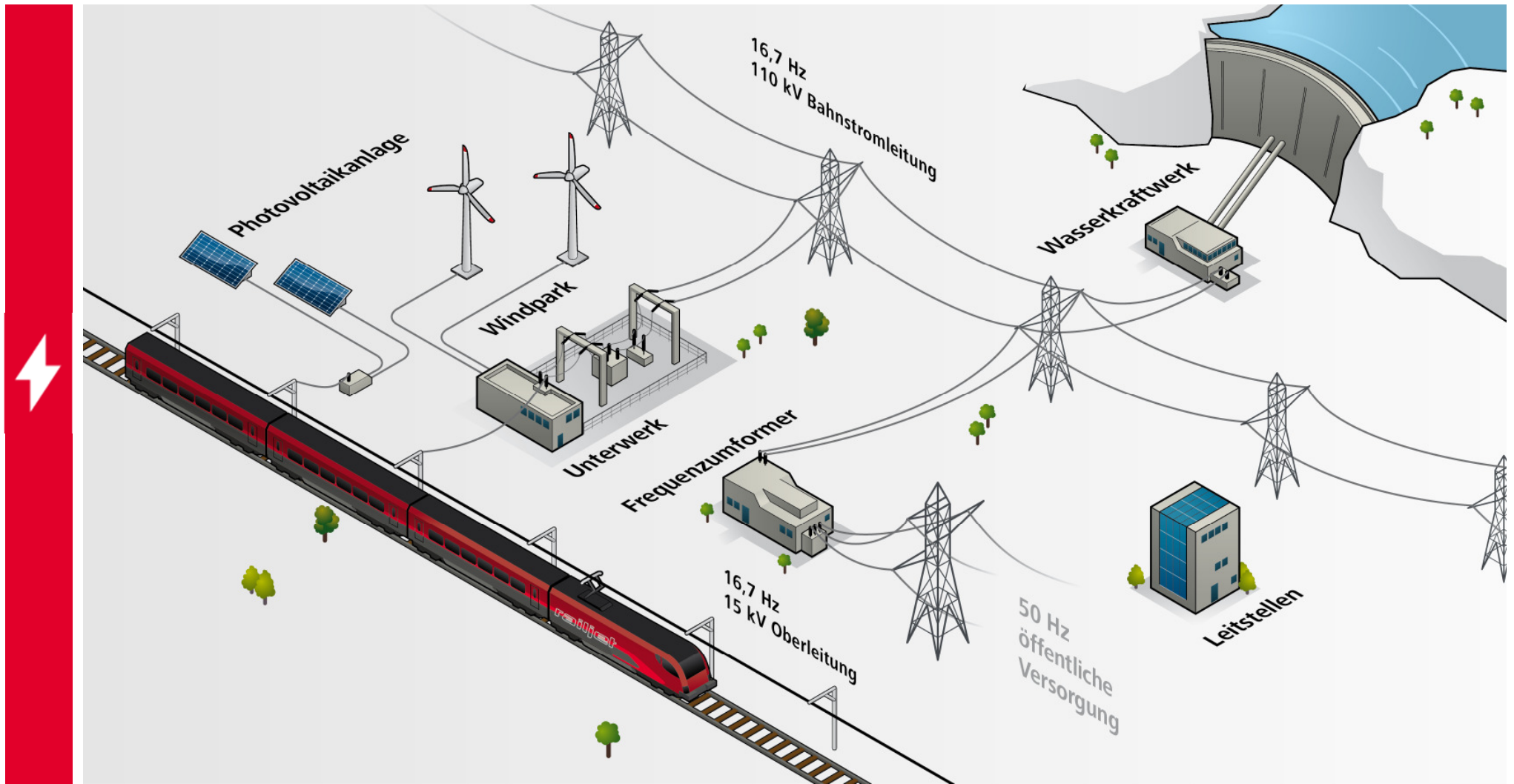
ÖBB-Infrastruktur AG / Geschäftsbereich Bahnsysteme














Energienetz



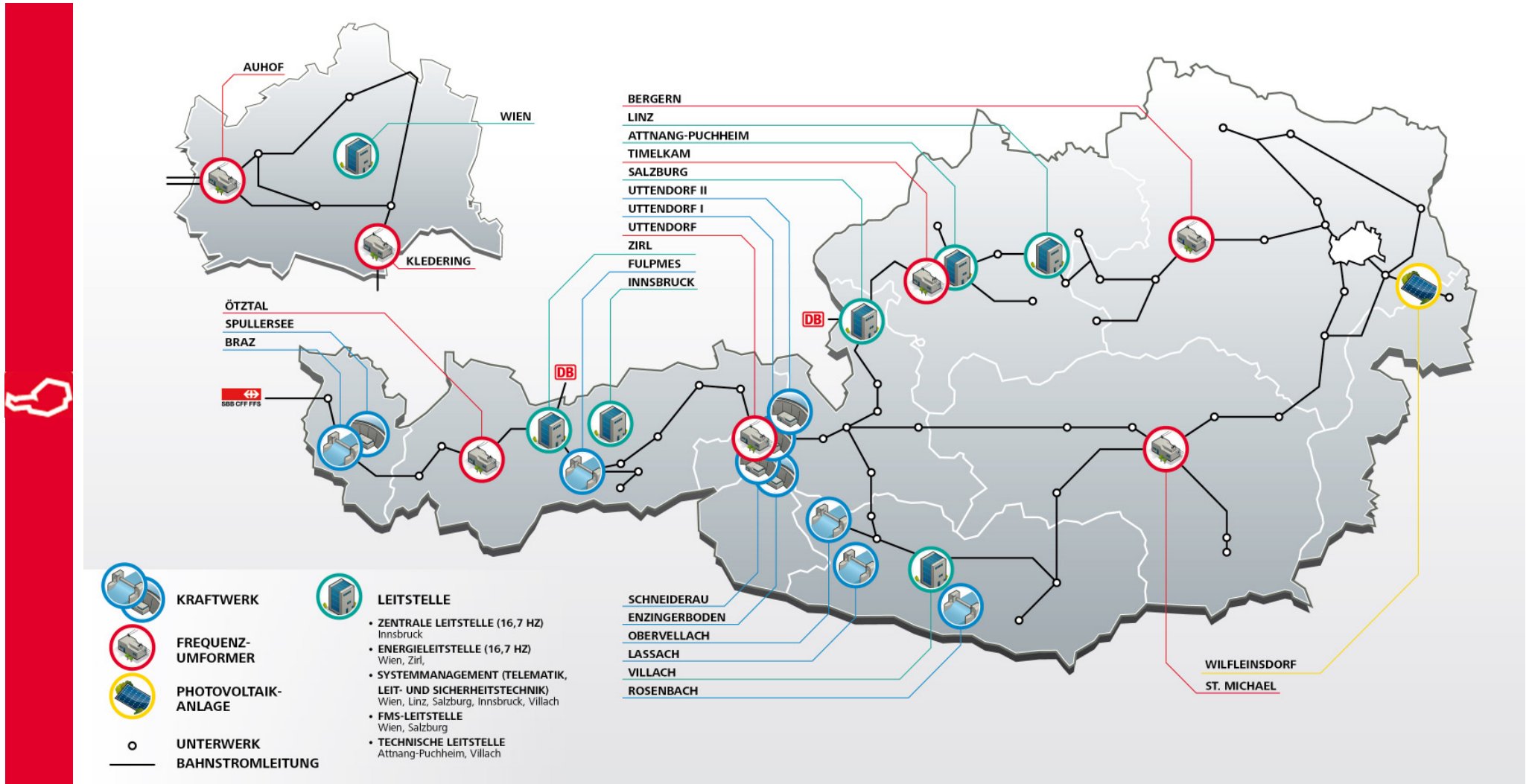
16,7 Hz Bahnstromversorgung – Anlagen

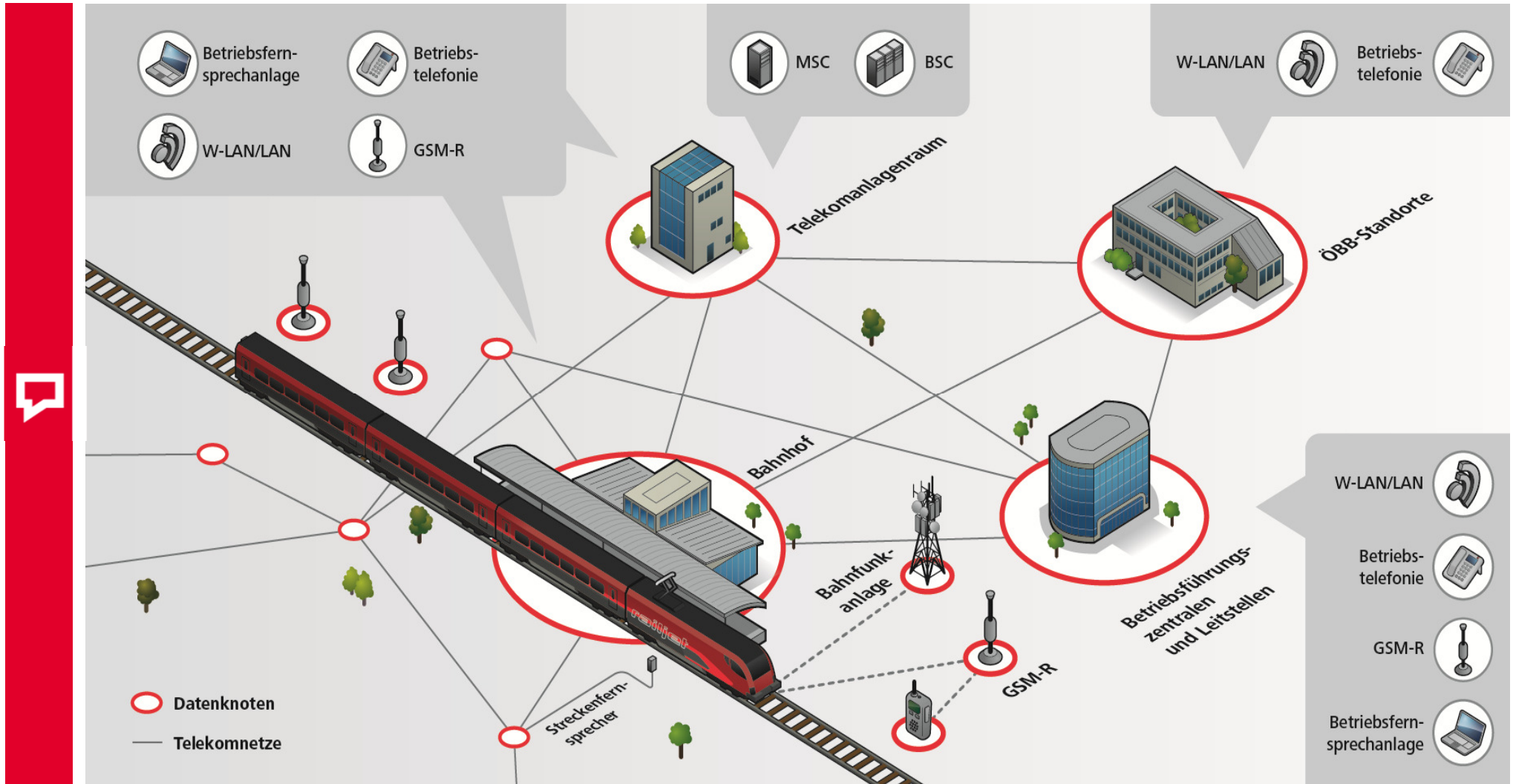
Anlage	Zweck	Anzahl
16,7 Hz Wasserkraftwerk 	Produzieren 16,7 Hz Strom und stellen die für den Zugbetrieb notwendige Regelleistung zur Verfügung	8
16,7 Hz Photovoltaik Anlage 	Produziert 16,7 Hz Strom und speist verlustarm direkt in die Oberleitung ein	1
Frequenzumformer 	Wandeln Strom von 50 Hz in 16,7 Hz um und stellen für den Zugbetrieb notwendige Regelleistung zur Verfügung	7
Bahnstromleitungen 	Verteilen Strom mit Spannung von 110 kV von den Kraftwerken und Frequenzumformern zu den Unterwerken	2135 km
Unterwerke 	Transformieren die Spannung 110 kV der Bahnstromleitungen auf 15 kV der Oberleitung	62
Zentrale Leistelle 	Schalten und Steuern die Kraftwerke und Frequenzumformer sowie der Bahnstromleitung	1
Energieleistellen 	Schalten und Steuern der Unterwerke und Oberleitungen	2

POWER

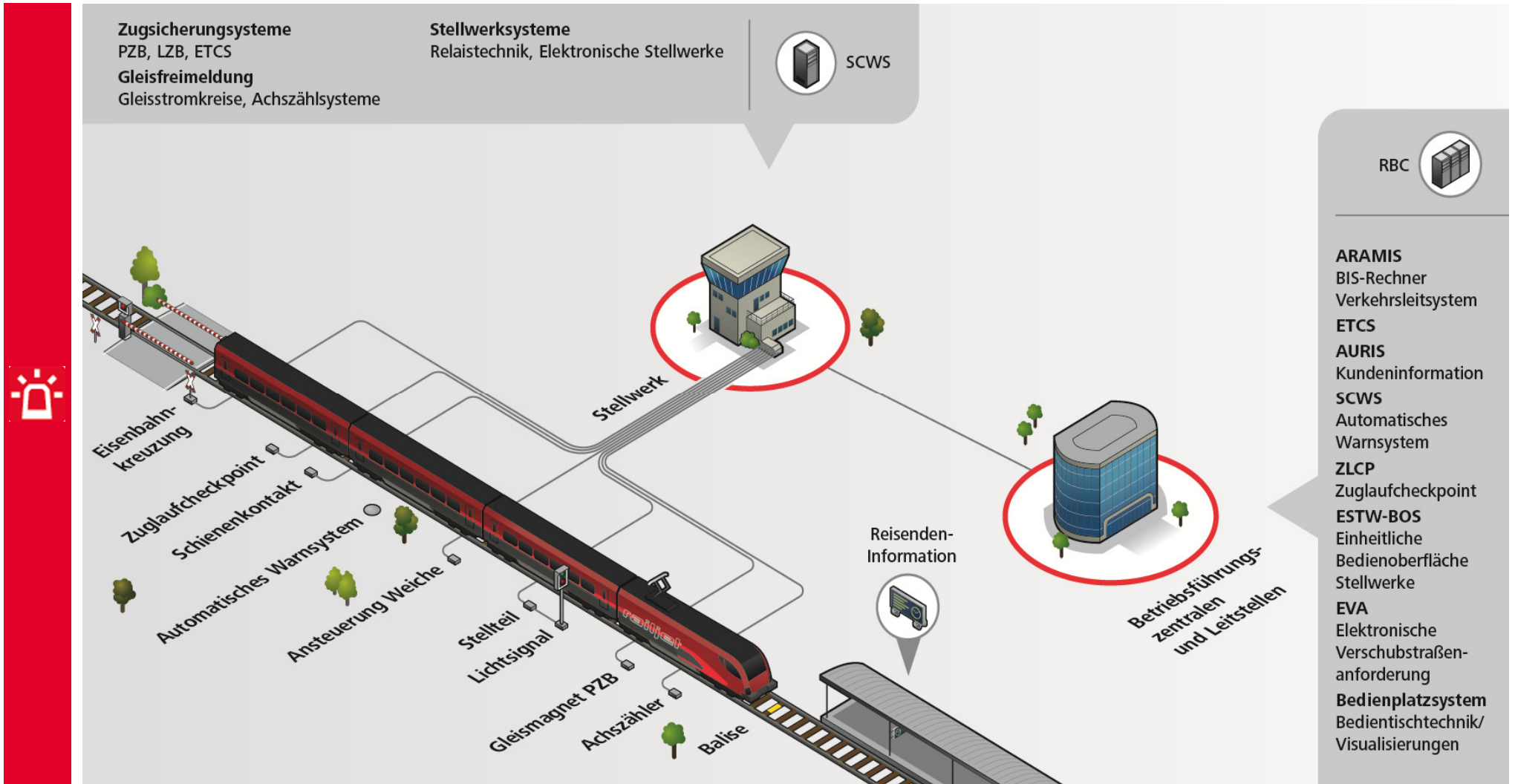
Stand: 07/2017

16,7 Hz Bahnstromversorgung – Anlagen





Leit- und Sicherungstechnik



Im Einklang mit der Umwelt

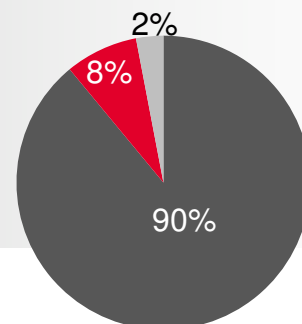
Wir handeln im Einklang mit der Umwelt durch

- Steigerung der **Energieeffizienz** in der Bahnstromversorgung,
- **intakte Flora und Fauna** im Nahbereich unserer Anlagen,
- Betriebliches **Energiemanagement**,
- Messung und Reporting der **Umweltleistung** und
- Setzen von **CSR-Maßnahmen** im Nahbereich unserer Anlagen.

Die Herkunftsquellen des Bahnstroms bilden die Basis für die gute CO₂-Bilanz des öffentlichen Schienenverkehrs.

Der herkömmliche Bahnstrommix (siehe Diagramm) besteht zu einem sehr hohen Anteil aus **erneuerbarer Energie**.

Außerdem wird **CO₂-freier Bahnstrom** aus **100% erneuerbaren Energieträgern** und zusätzlichem Ausgleich der vorgelagerten CO₂-Emissionen angeboten.

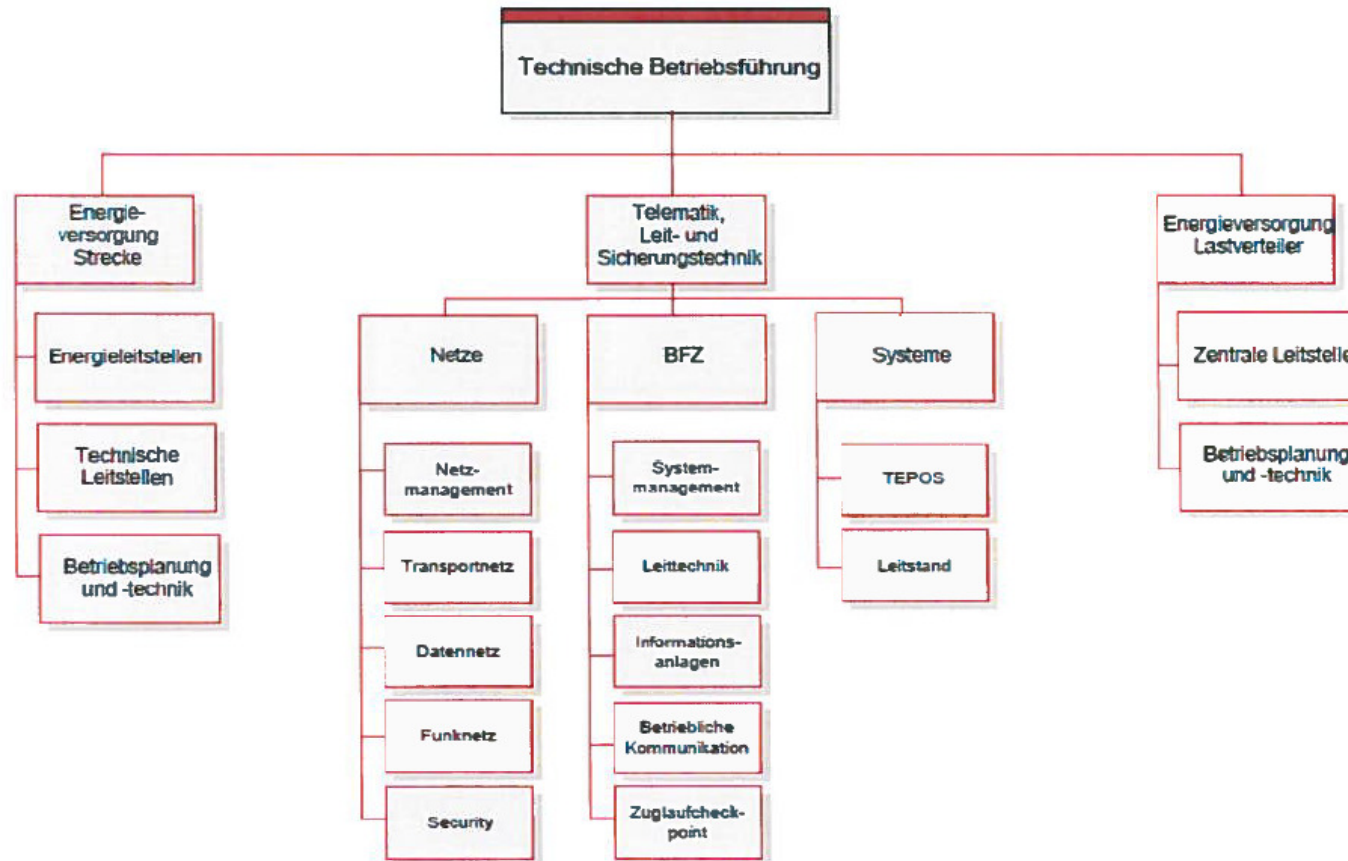


Bahnstrom-Mix 2017

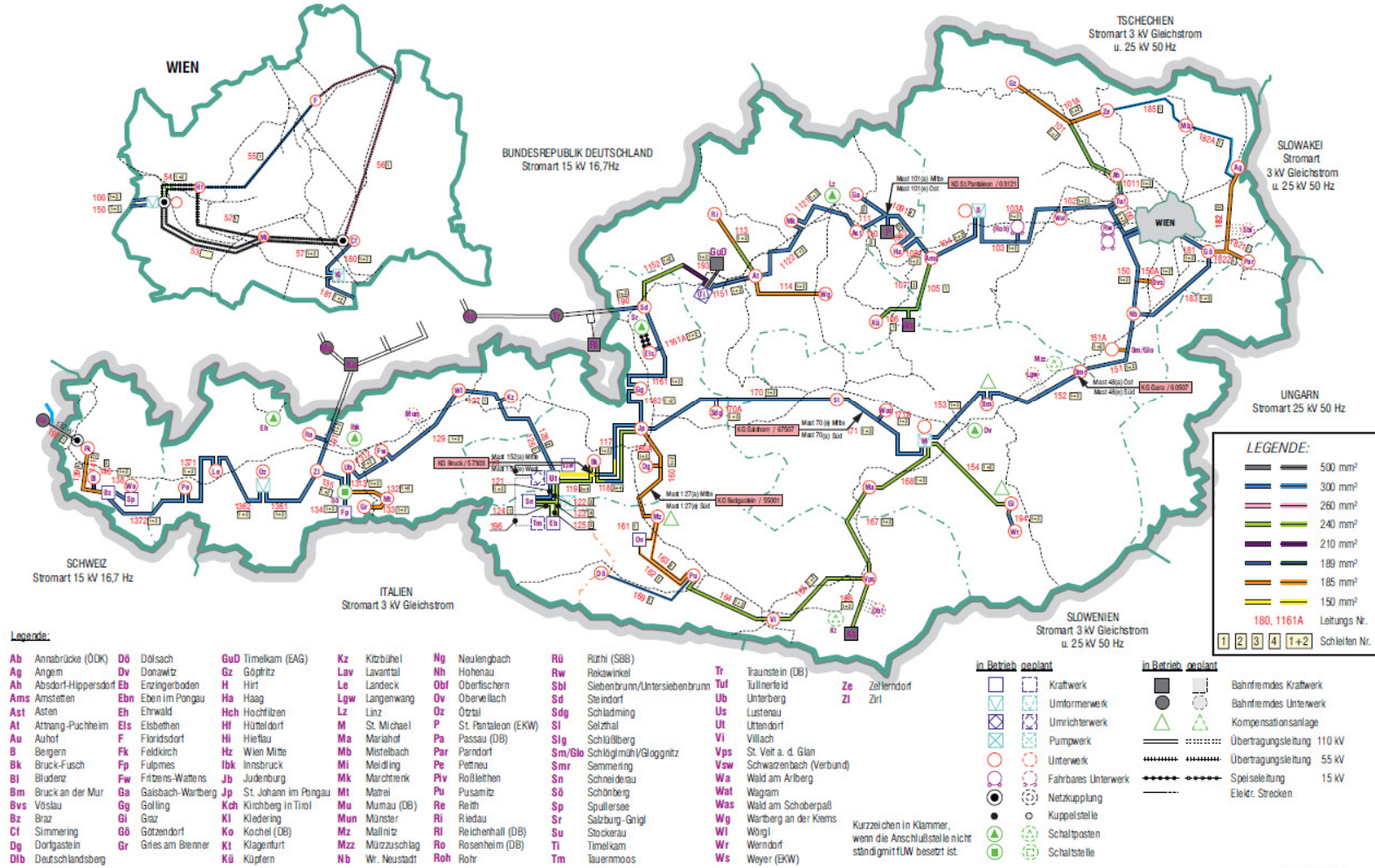
■ Wasserkraft ■ Erdgas
■ Ökoenergie



Durch den Bahnstrommix können jährlich mehr als 3 Mio. Tonnen CO₂ eingespart werden



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



Legende:

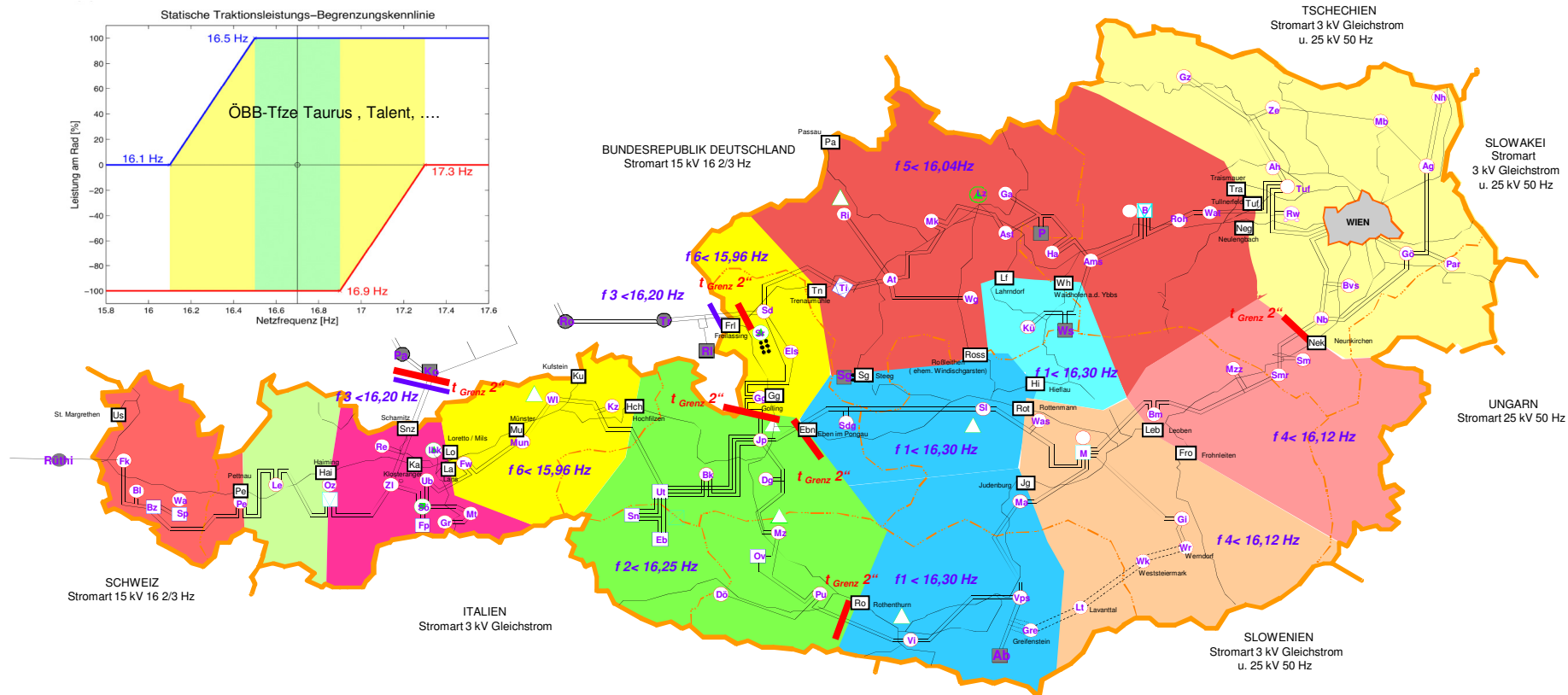
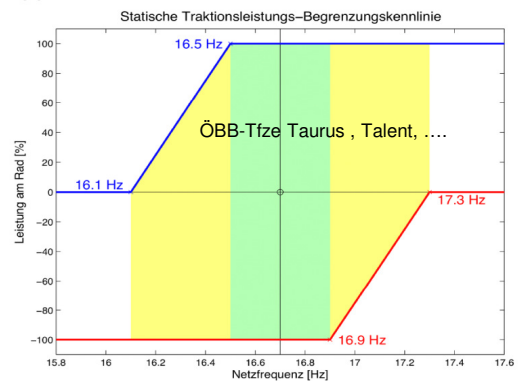
Ab Annabürcke (ÖÖK)	D6 Dölsach	GuD Timelkam (EAG)	Kz Kitzbühel	Ng Neulengbach	Rü Rürhi (SBB)
Ag Angem	Dv Donawitz	Gz Göpfritz	Lav Lavanttal	Nh Hohenau	Rw Rekawinkel
Ah Absdorf-Hippersdorf	Eb Enzingerboden	H Hirt	Le Landeck	Obl Oberfischern	Sb1 Siebenbrunn/Untersteinbrunn
Ams Amstetten	Ebn Eben im Pongau	Ha Haag	Lgw Langenwang	Sd Steindorf	Sd2 Schladming
As1 Asten	Eh Ehrwald	Hch Hochfilzen	Lz Linz	Oz Orzels	Sg Seilthal
At Attnang-Puchheim	El Elisabethen	Hf Hütelfeld	M St. Michael	P St. Pantaleon (EKW)	Sl Schlößberg
Au Auhof	F Floridsdorf	Hi Hietlau	Ma Mariahof	Pa Passau (DB)	Sig Schlößberg
B Beigen	Fk Feldkirch	Hz Wien Mitte	Mb Mistebach	Par Parndorf	Sm/Glo Schloglmüh/VGloggnitz
Bk Bruck-Fusch	Fp Fufpries	Ibk Innsbruck	Mi Meidling	Pe Pettau	Smr Semmering
Bl Bludenz	Fw Fritzens-Waltens	Jb Judenburg	Mk Marktneukirchen	Pv Pöchlarn	Sn Schneiderau
Bm Bruck an der Mur	Ga Gaisbach-Wartberg	Jp St. Johann im Pongau	Mt Matrei	Pu Puschnitz	S6 Schönberg
Bvs Vöcklabruck	Gg Golling	Kb Kirchberg in Tirol	Mu Murnau (DB)	Re Reith	Sp Spullersee
Bz Brax	Gi Graz	Kl Klödnertal	Mun Münstertal	Ri Riedau	Sr Saiburg-Gnigl
Cf Simmering	G6 Götzendorf	Ko Kochele (DB)	Mz Mallnitz	Rl Reichenthal (DB)	Su Stokerau
Dg Dorgastal	Gr Gries am Brenner	Kt Klagenfurt	Mzz Müzzuschlag	Ri Rosenheim (DB)	Ti Timelkam
Dlb Deutschlandsberg	Kü Küpfertal	Kü Küpfertal	Nb Neustadt	Roh Rohr	Tm Tauernmoos

in Betrieb, geplant

	Kraftwerk		Bahnfreies Kraftwerk
	Umformerwerk		Bahnfreies Unterwerk
	Umrichterwerk		Kompensationsanlage
	Pumpwerk		Übertragungsleitung 110 kV
	Unterwerk		Übertragungsleitung 55 kV
	Fahrbares Unterwerk		Speiseleitung 15 kV
	Netzakupplung		Elektr. Strecken
	Kuppelstelle		
	Schaltposten		
	Schaltstelle		

Kurzzeichen in Klammer, wenn die Anschlussstelle nicht ständig mit HLW besetzt ist.

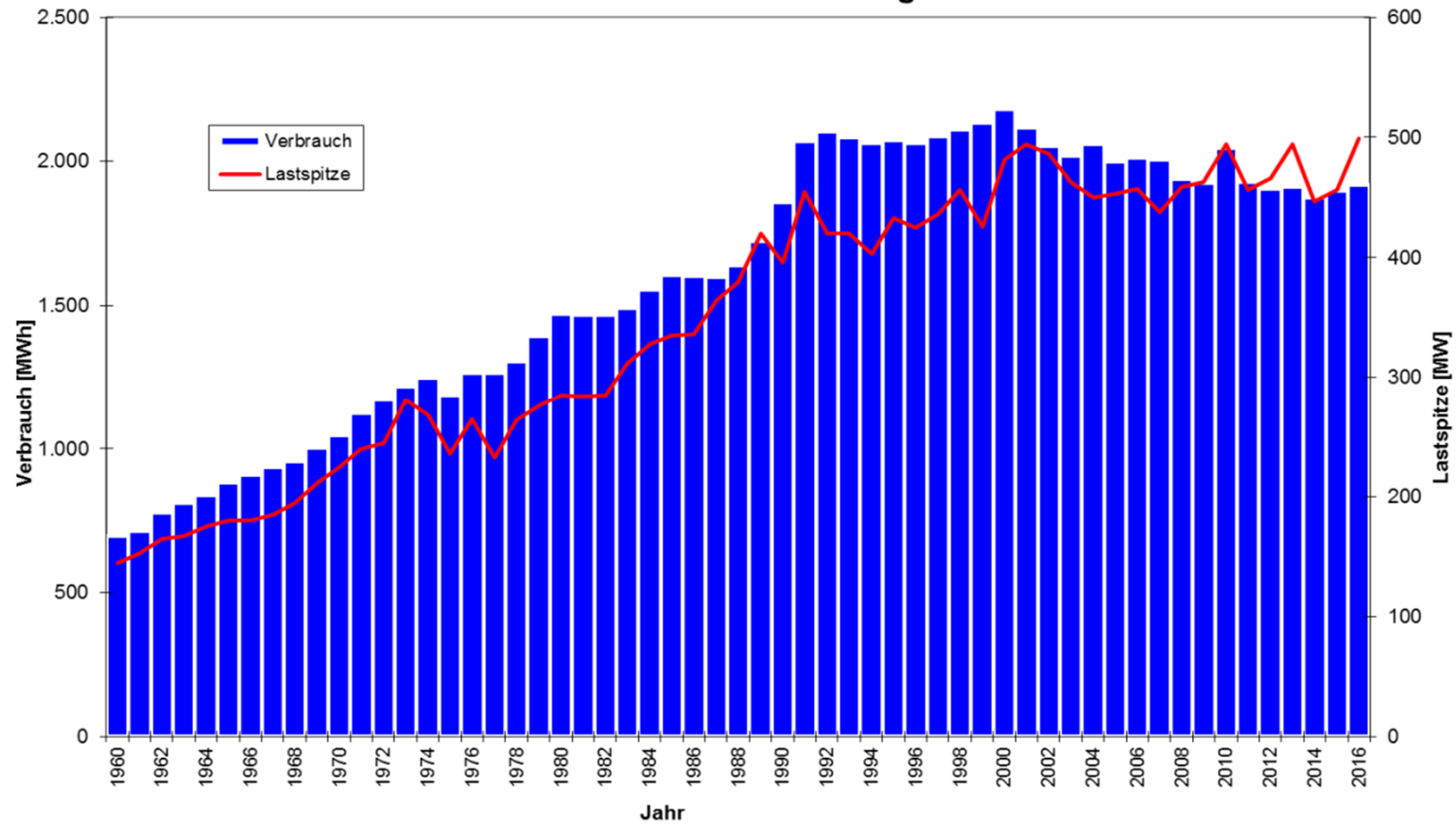
Durch Schutzstrecken abgegrenzte Bereiche im 110kV Bahnstromnetz

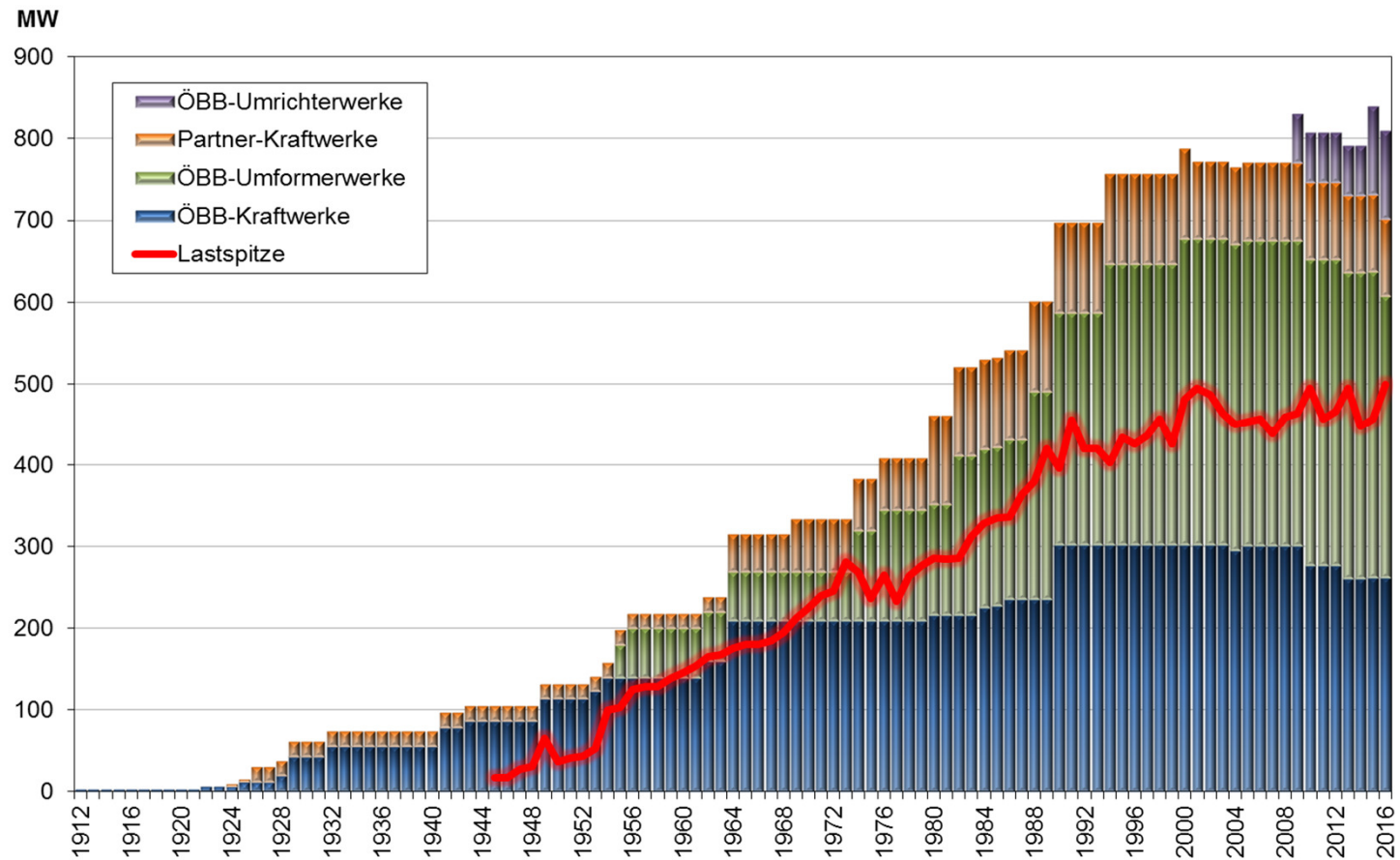


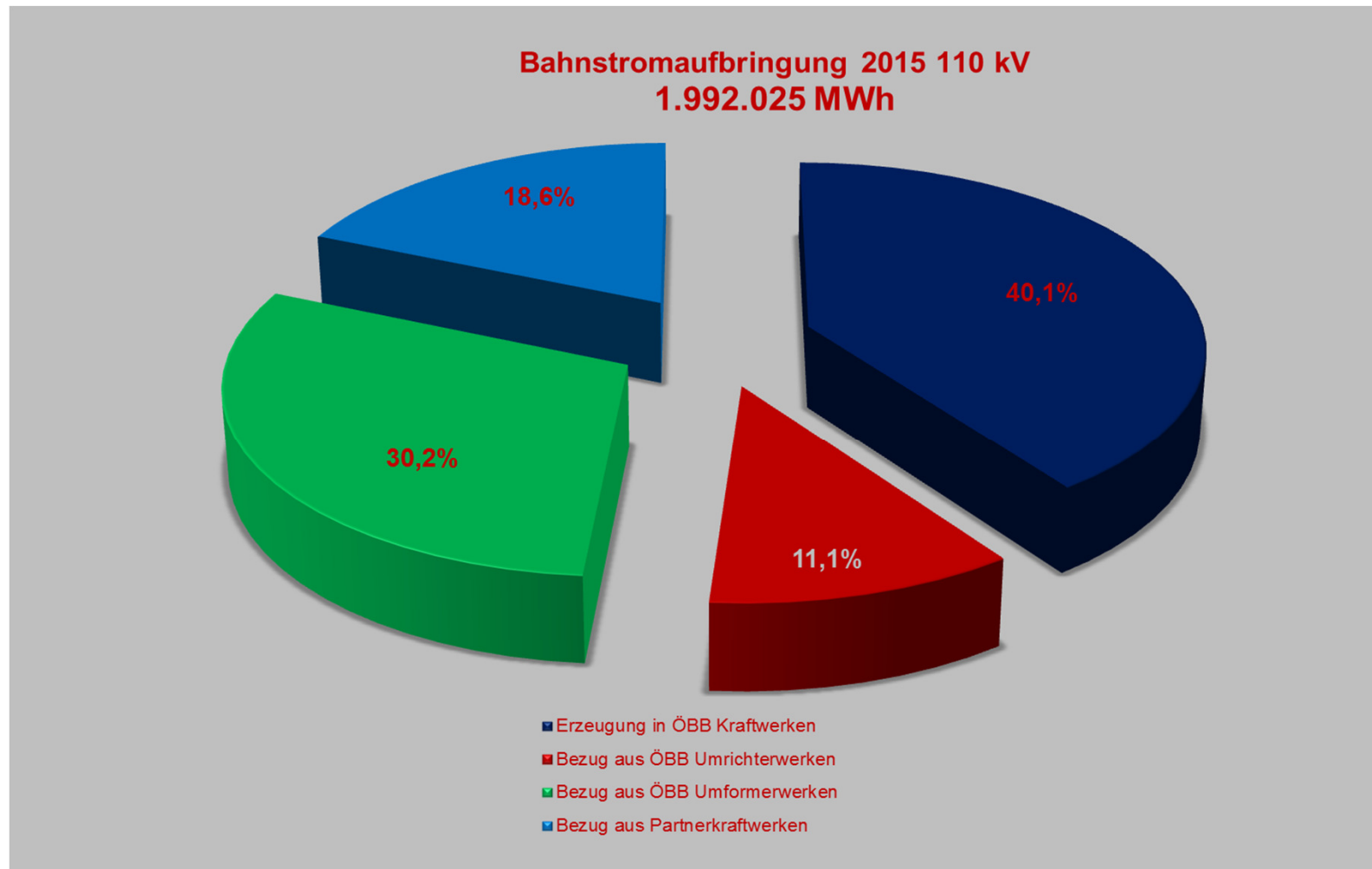
- f1: 16,30Hz (Kärnten)
- f2: 16,25Hz (Tauern)
- f3: 16,20Hz
- f4: 16,12Hz (Steiermark)
- f5: 16,04Hz (Westbahn)
- f6: 15,96Hz (Sbg + Tirol)

- Abwurf ca. 9% der Bahnlast
- Abwurf ca. 6% der Bahnlast
- Trennung DB
- Abwurf ca. 11% der Bahnlast
- Abwurf ca. 24% der Bahnlast
- Abwurf ca. 10% der Bahnlast

Verbrauchsentwicklung



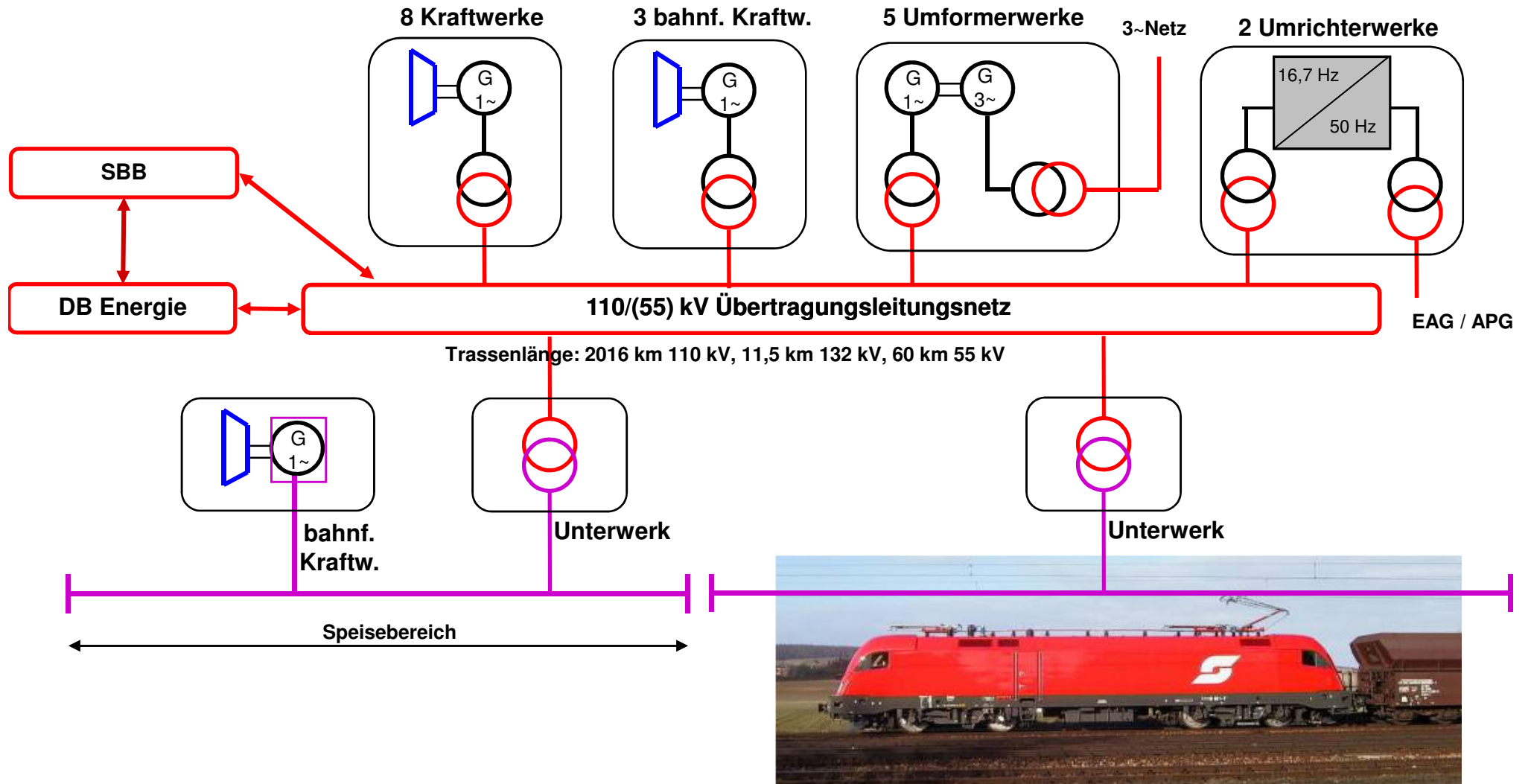




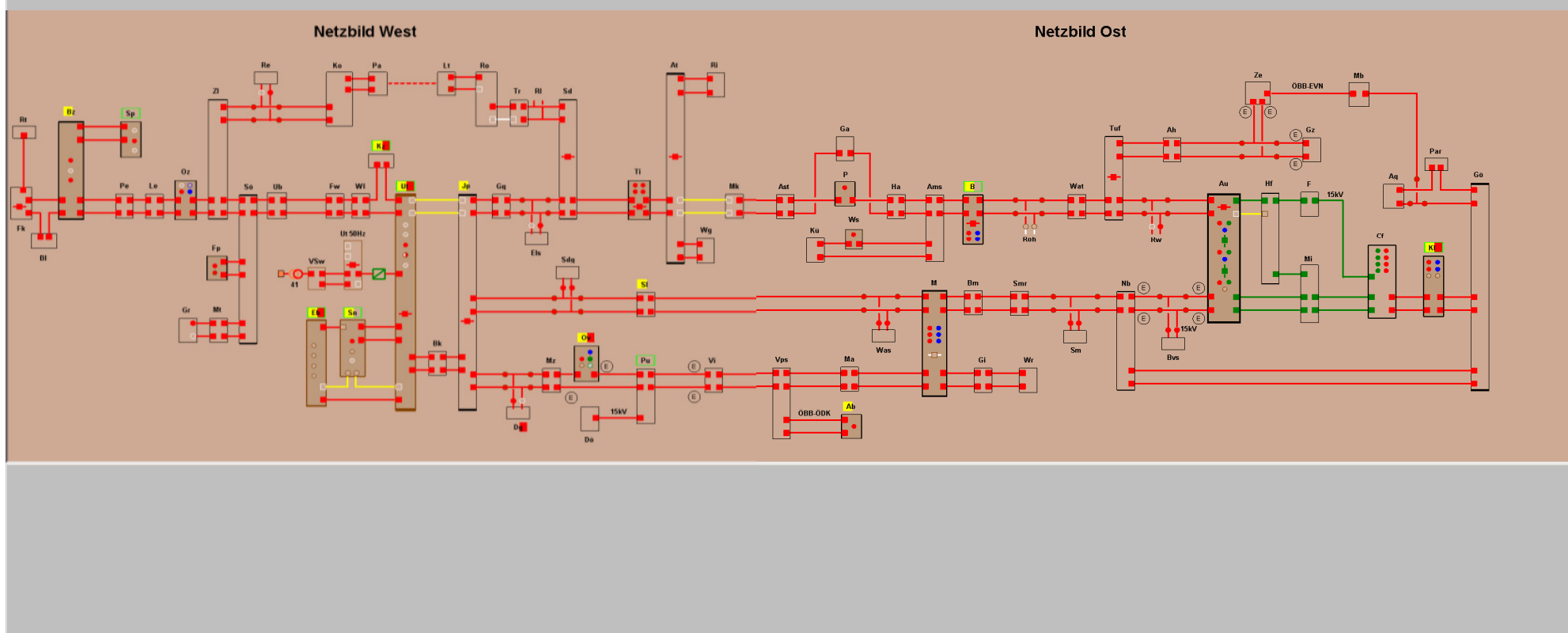
Hauptaufgaben TBF-LV:

- Fernsteuerung der Kraft- Umformer- Umrichter- und Unterwerke sowie des Bahnstromleitungsnetzes
- Netzregelung, kurzfristige Optimierung des Einsatzes der Kraft- Umformer- und Umrichterwerke, Intradayhandel und Ausgleichsenergieoptimierung
- Energiefahrplan- und Bilanzkreismanagement
- Schalthandlungen im 110/55 kV-Netz, Verfügungserlaubnisse
- Entstörungs- Engpass- und Vorfalmanagement, Störungsanalyse
- Netzsimulation
- Abschaltkoordinierung
- Powerqualityüberwachung

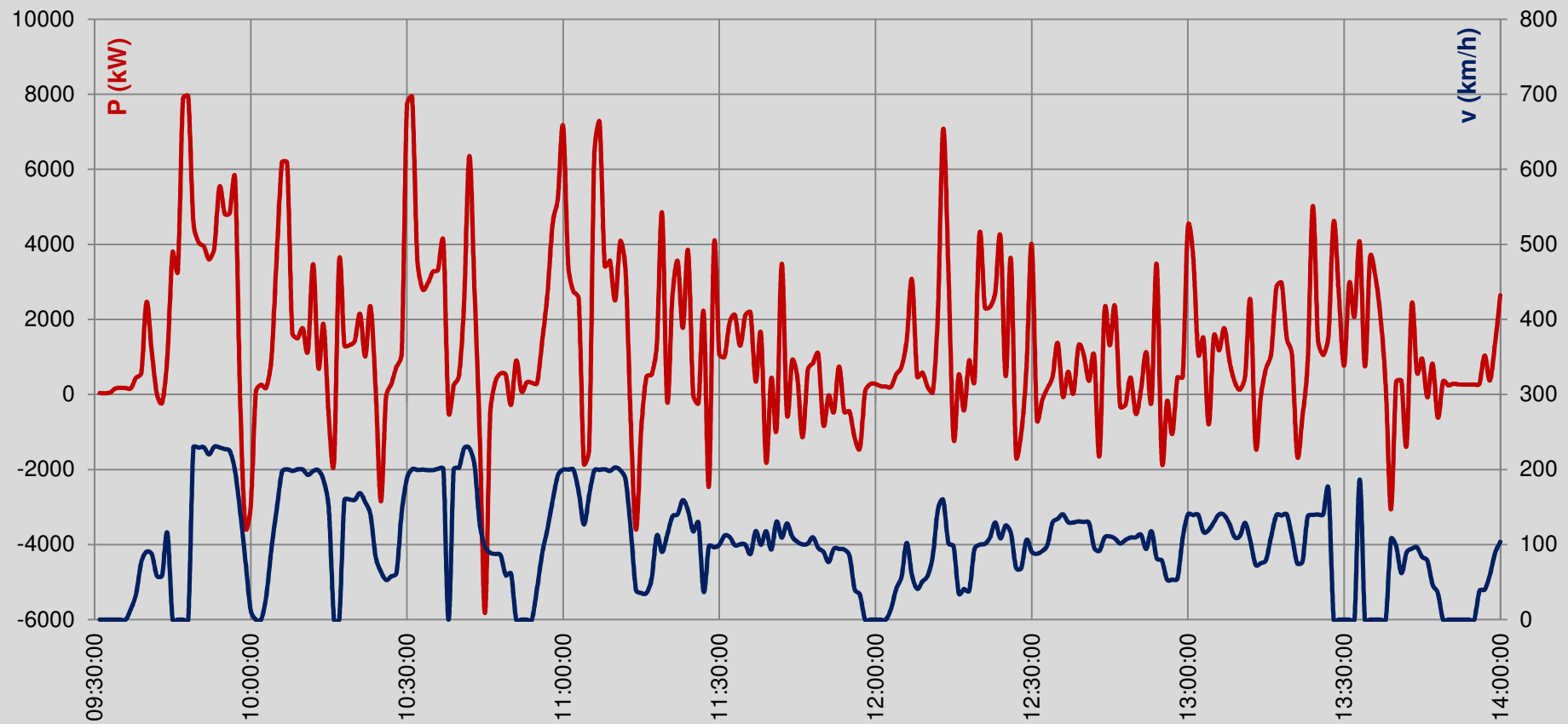
Fernsteuerung der Kraft- Umformer- Umrichter- und Unterwerke sowie des Bahnstromleitungsnetzes



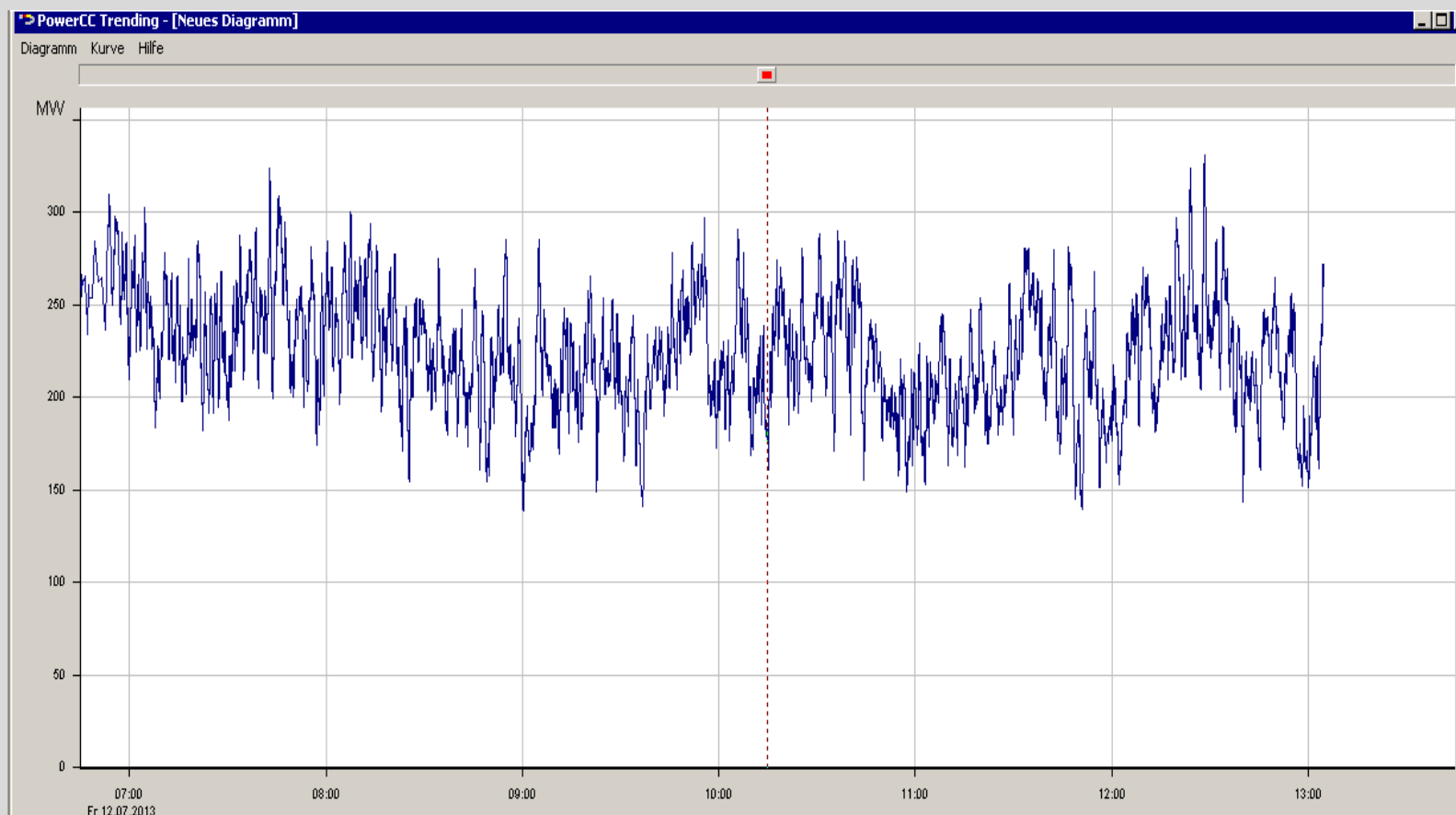
Fernsteuerung



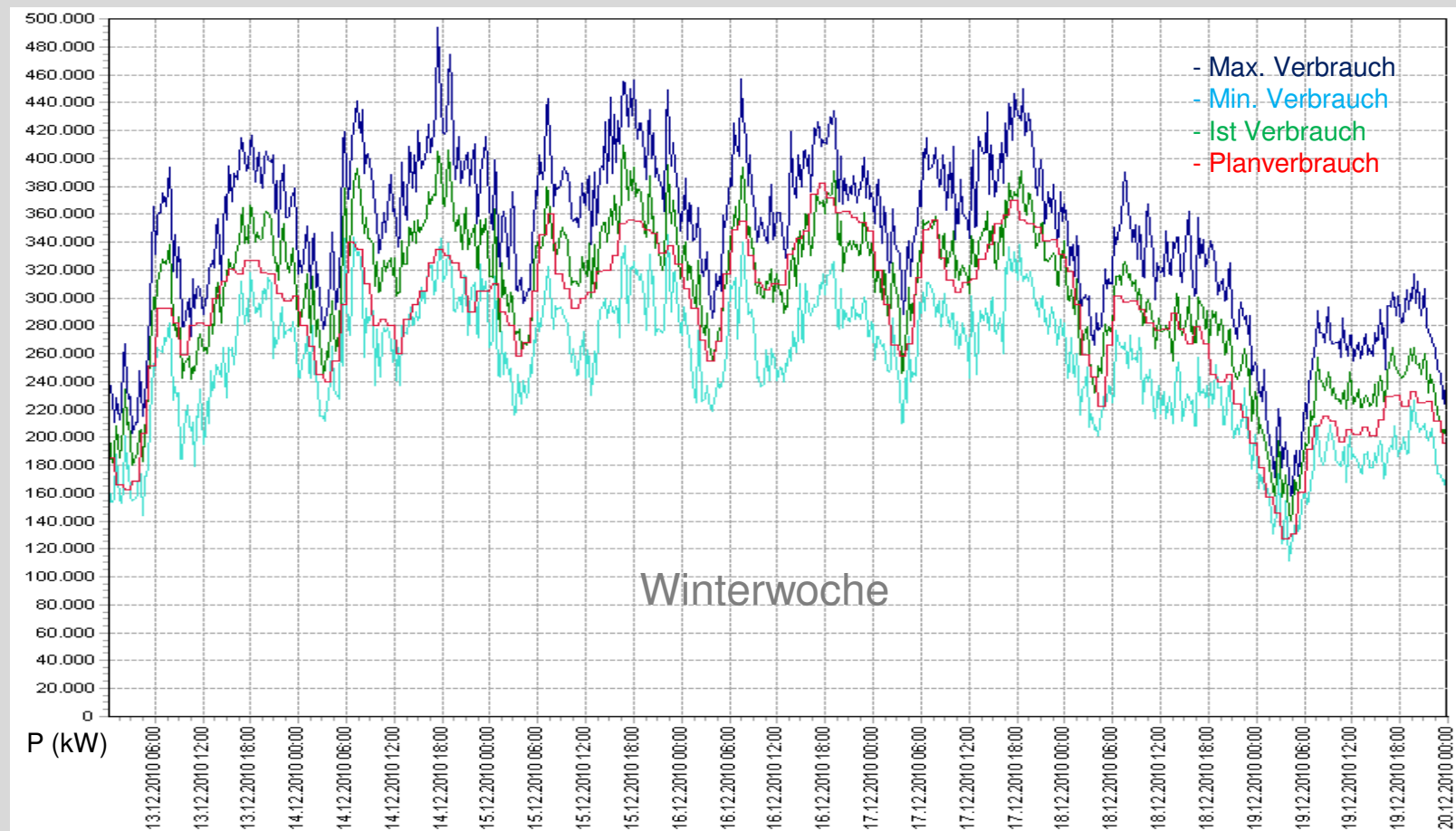
Railjet Wien – Innsbruck = 5500 kWh = 2000 m³ H₂O



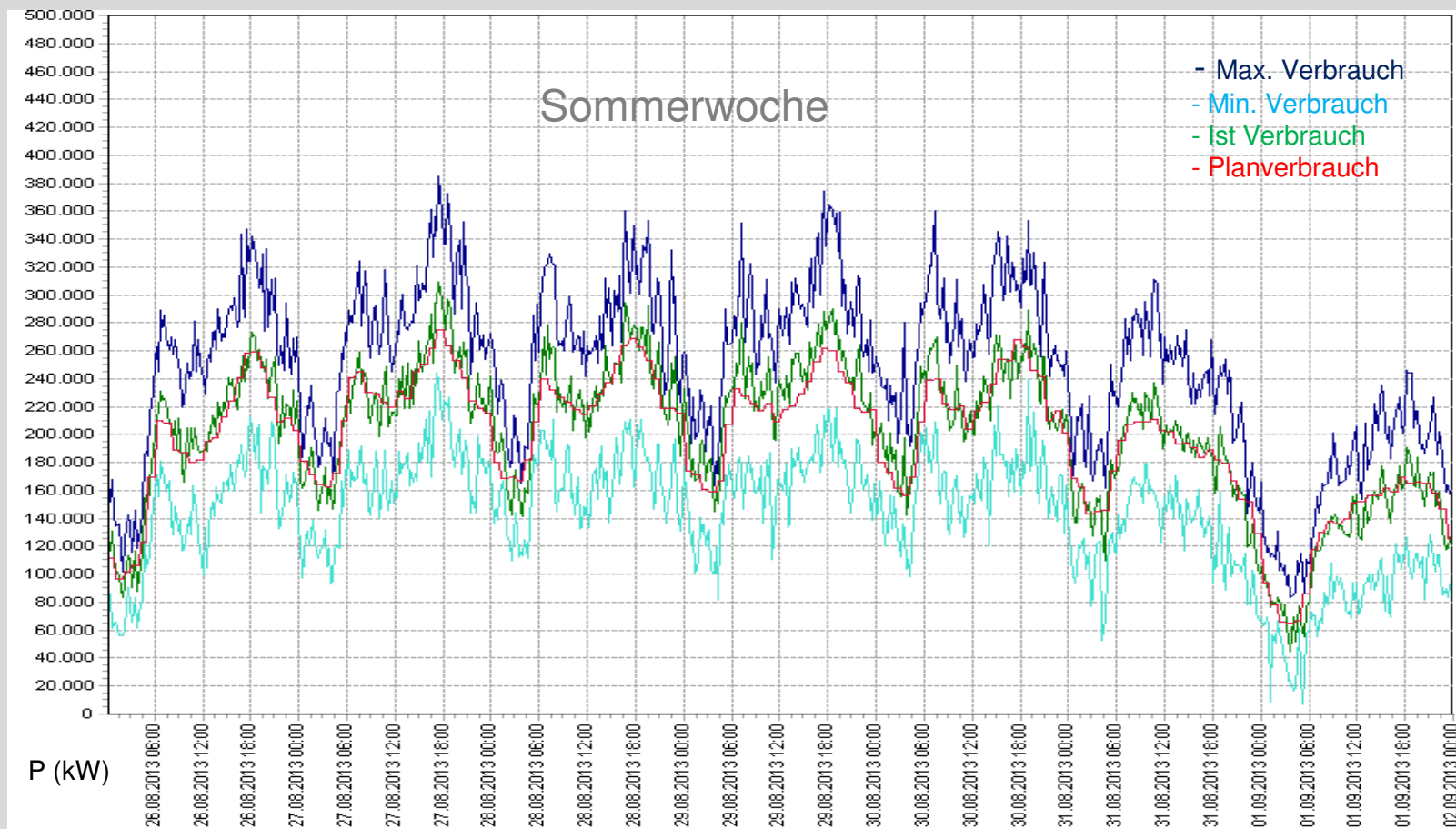
Verbrauchsänderungen



Prognose, Verbrauch, Ausgleichsenergie, Regelleistung 1



Prognose, Verbrauch, Ausgleichsenergie, Regelleistung 1



EVU (Eisenbahnverkehrsunternehmen) können den Strom bei jedem Erzeuger kaufen

Durchleitungsmodell:

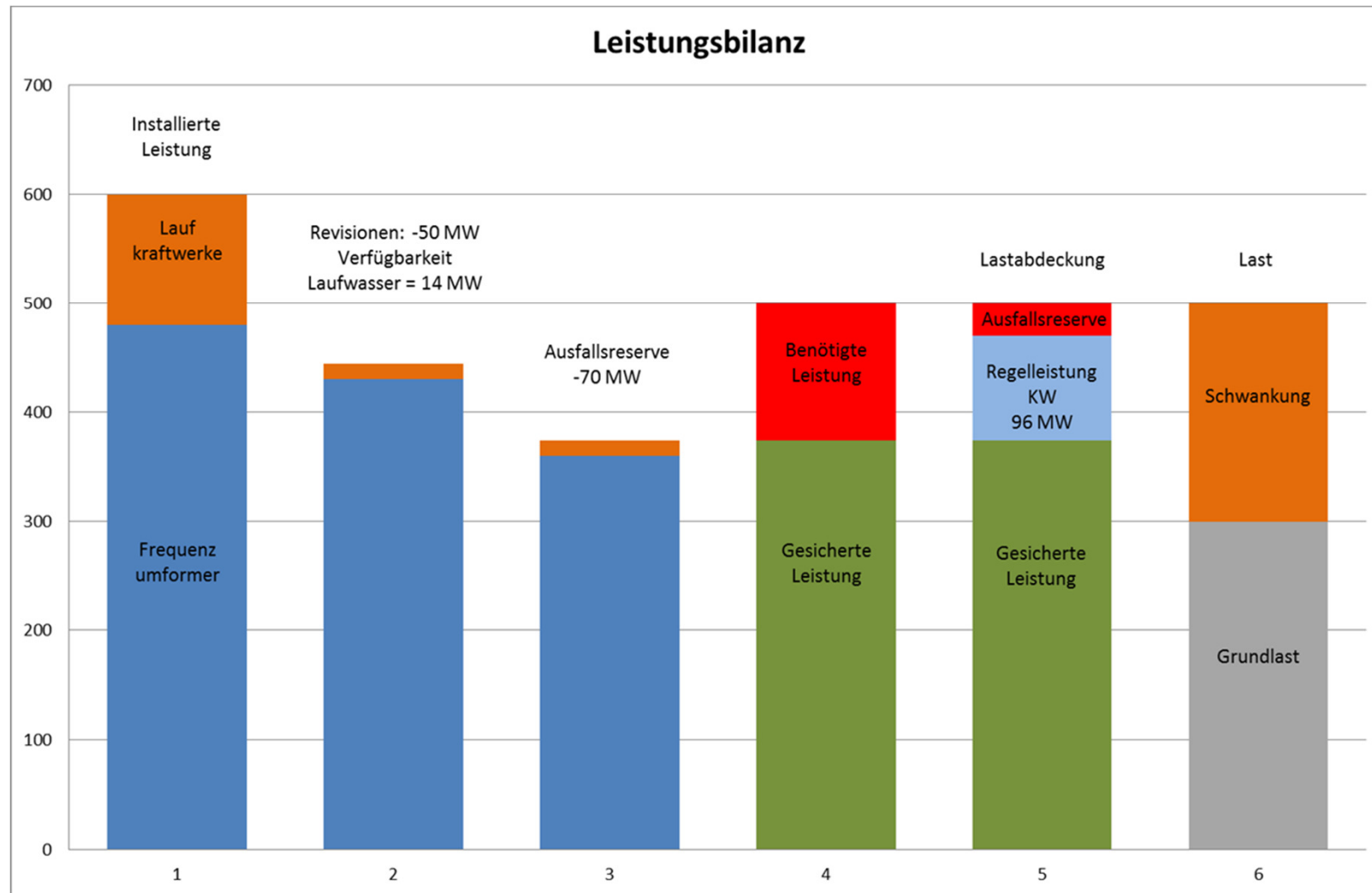
- Netztarif
- Energietarif
- Umformerverluste, Netzverluste vorgelagerte Netzkosten, Schwarzstartfähigkeit, Inselnetzfähigkeit, ...
- Schienencontrol und SCK und E-Control

Herausforderung:

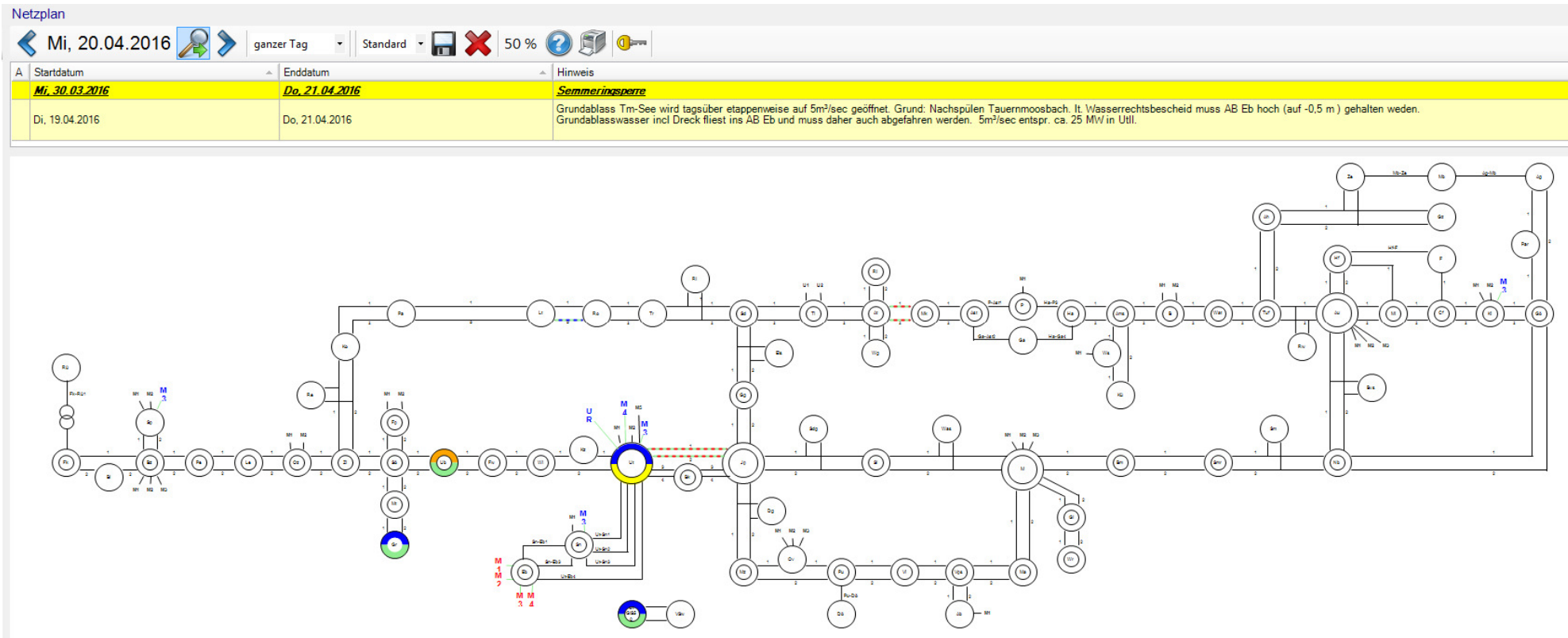
Veröffentlichung der Tarife im vorhinein

Anerkennung der Netztarife im nachhinein

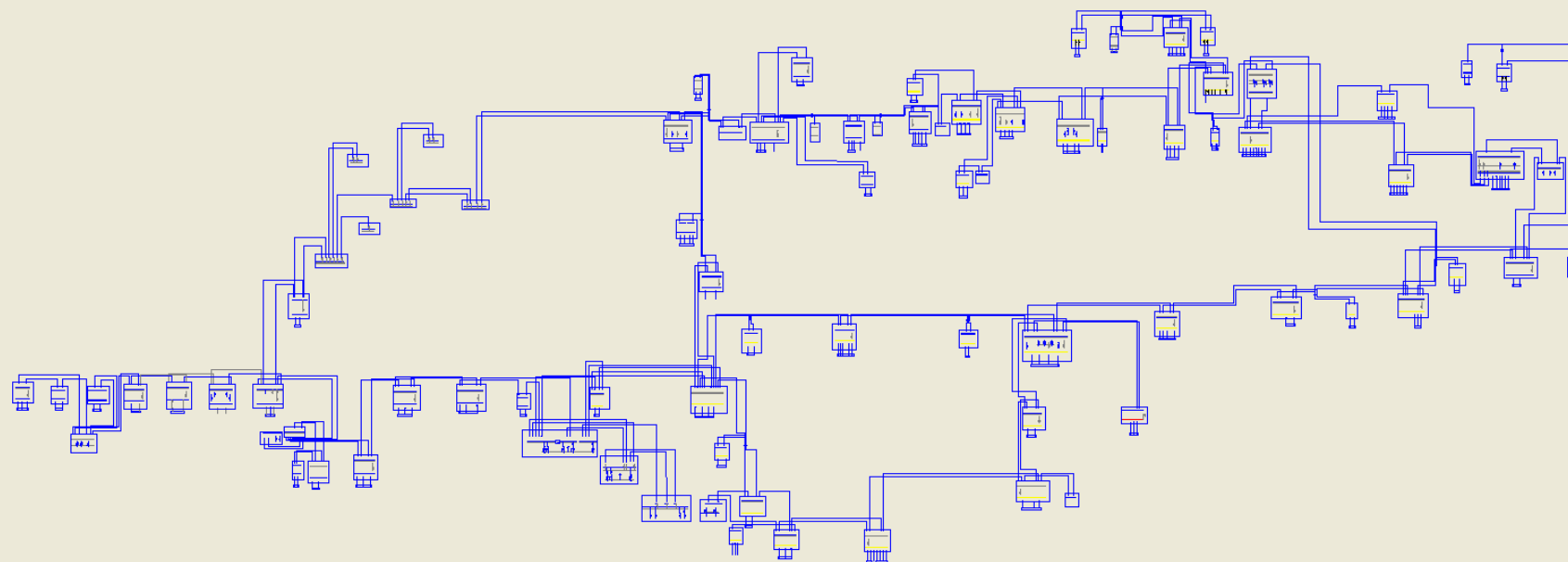
- Inselnetz
- 16,7 Hz
- Umformung
- Eigene Erzeugung

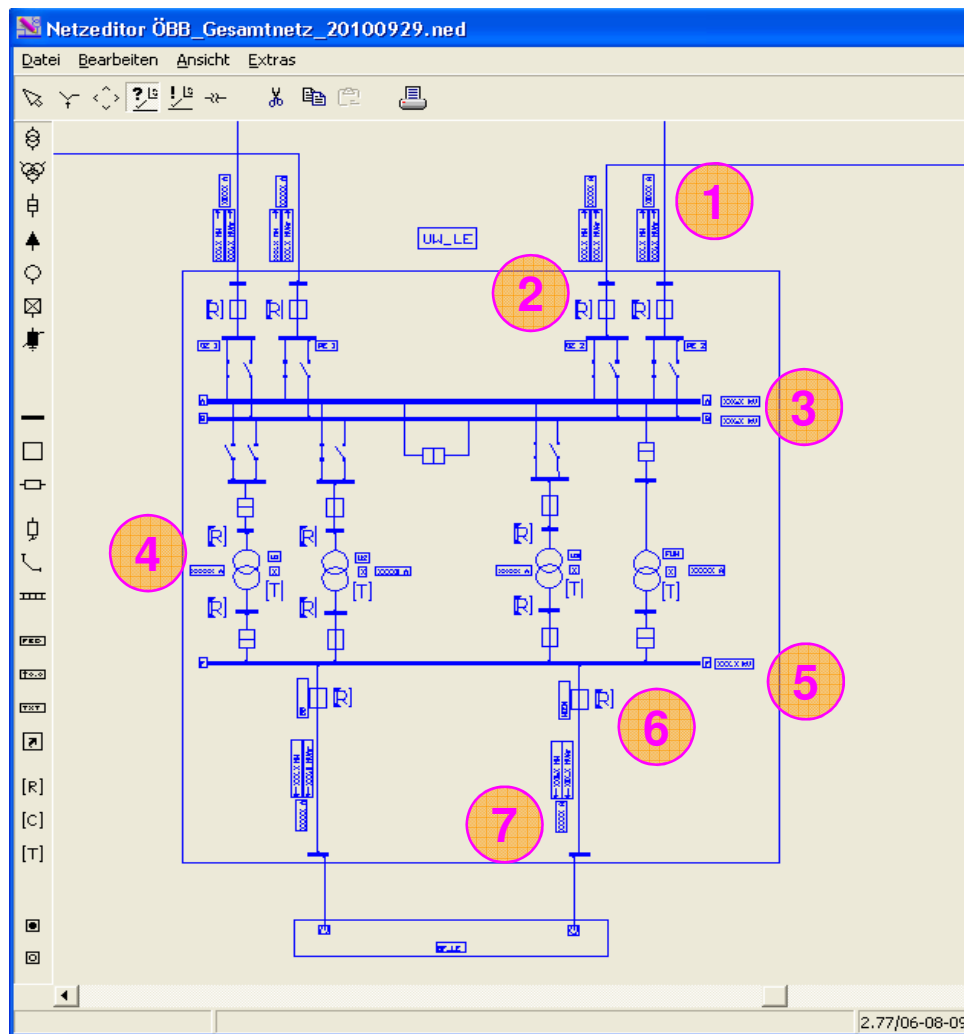


Abschaltkoordination



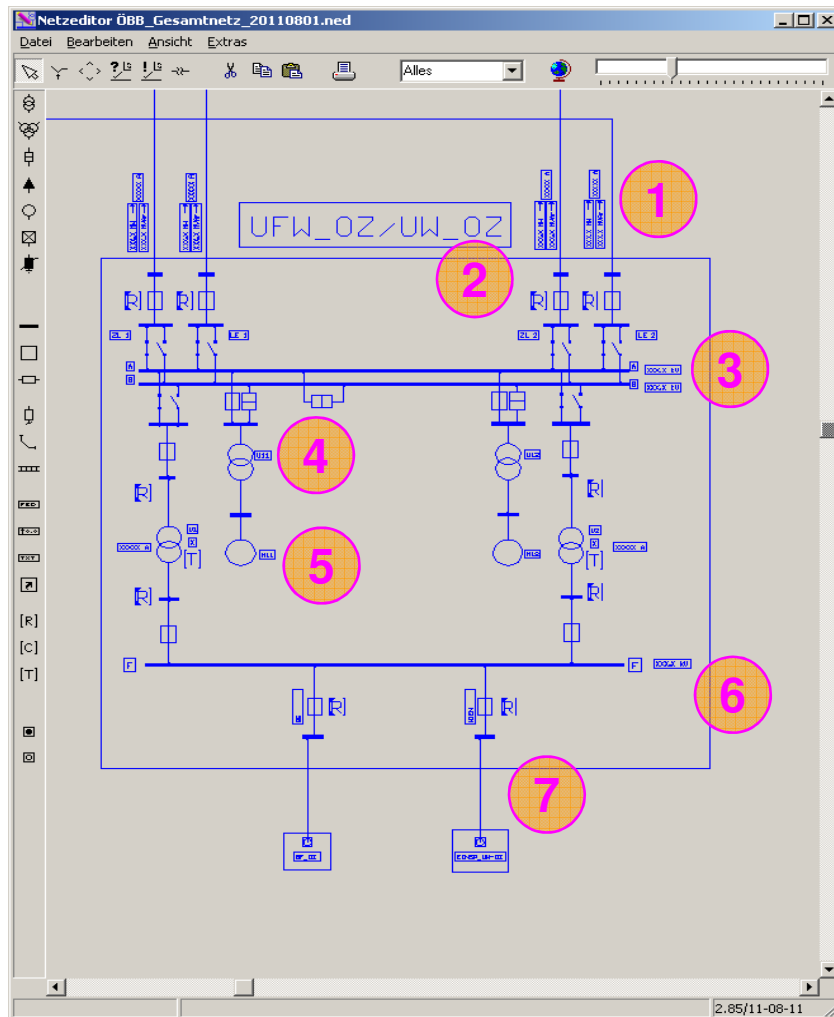
110-kV-Netz in μ -PAS





„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

Störungsanalyse, Powerqualityüberwachung

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

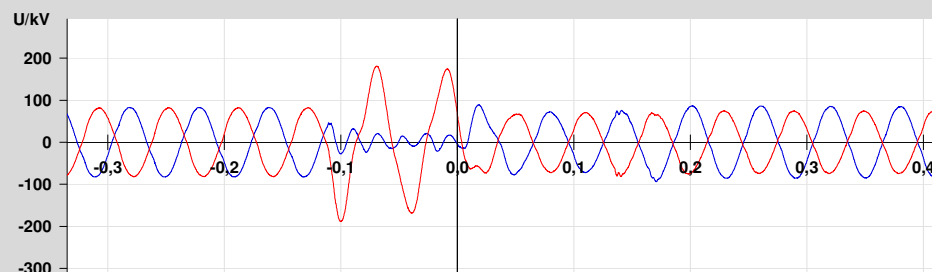


Abb. 1: Phasenspannungen (R=rot, T=blau)

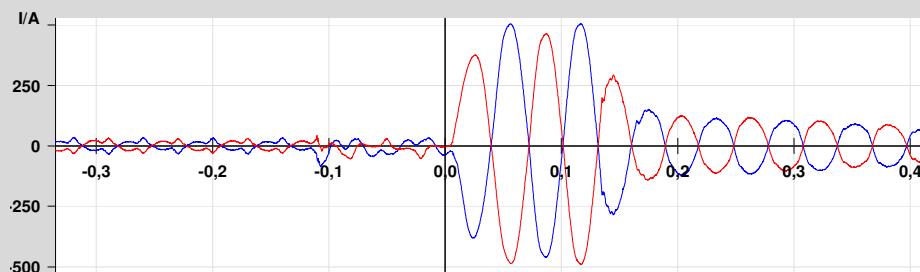
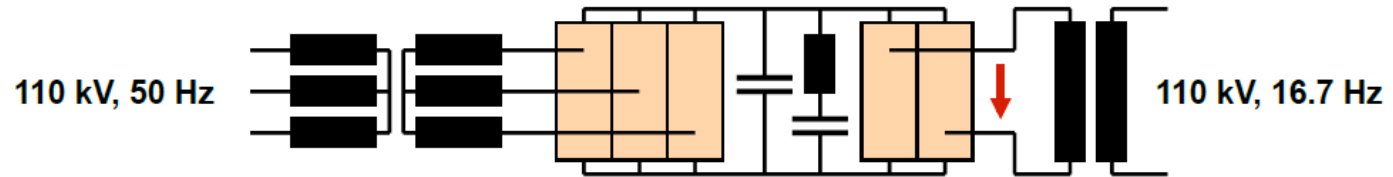
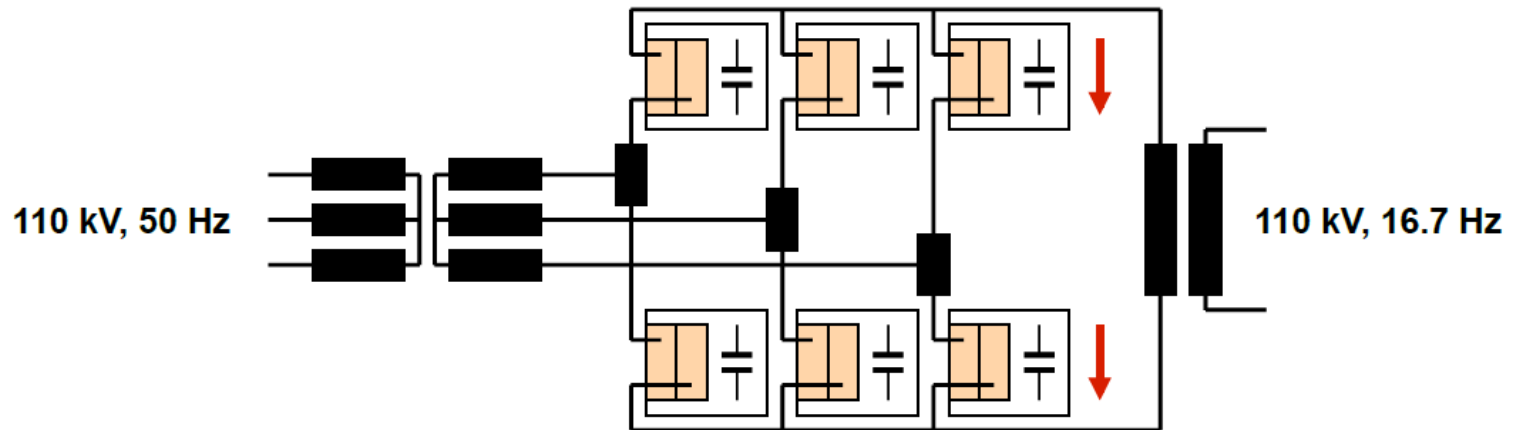


Abb. 2: Phasenströme (R=rot, T=blau)

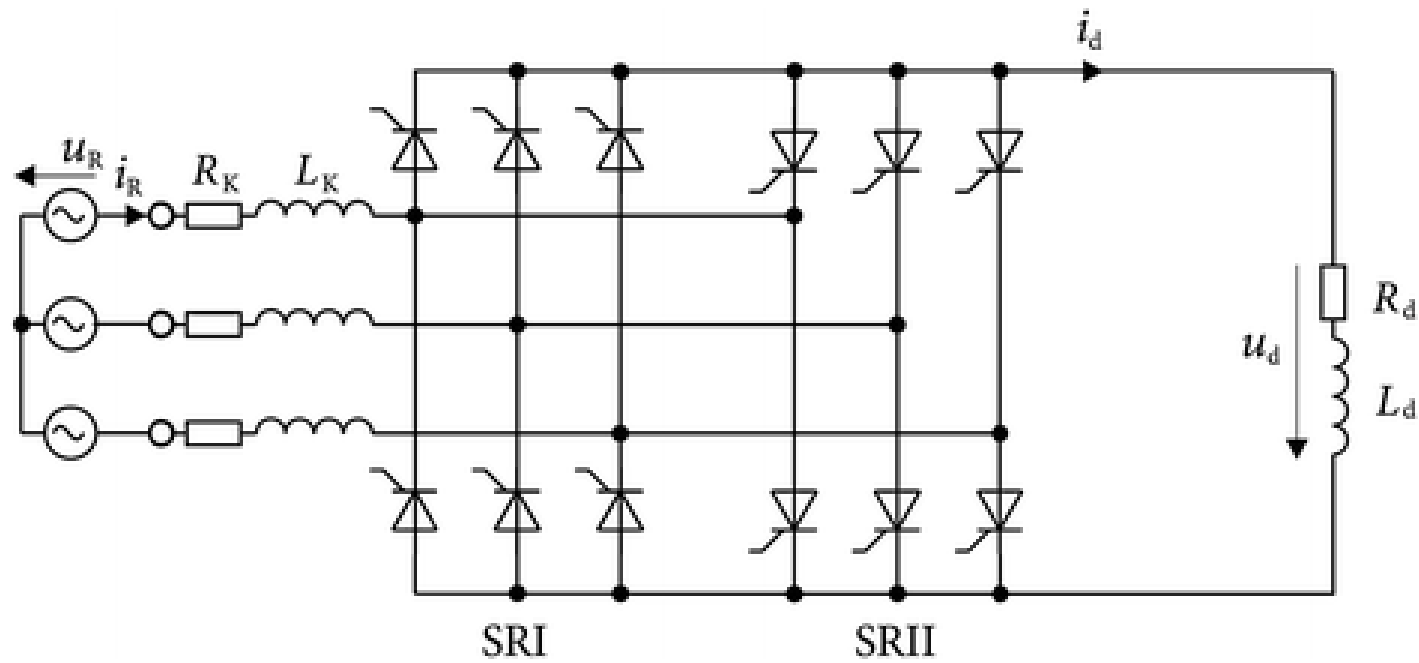
Zwischenkreis-Umrichter:



Direktumrichter (Multilevel-Umrichter):



Prinzip Direktumrichter – aus Elektrische Energietechnik (Springer)



Funktionsprinzip MMDC Aufbau des Umrichters

SIEMENS

Echter Multilevel:

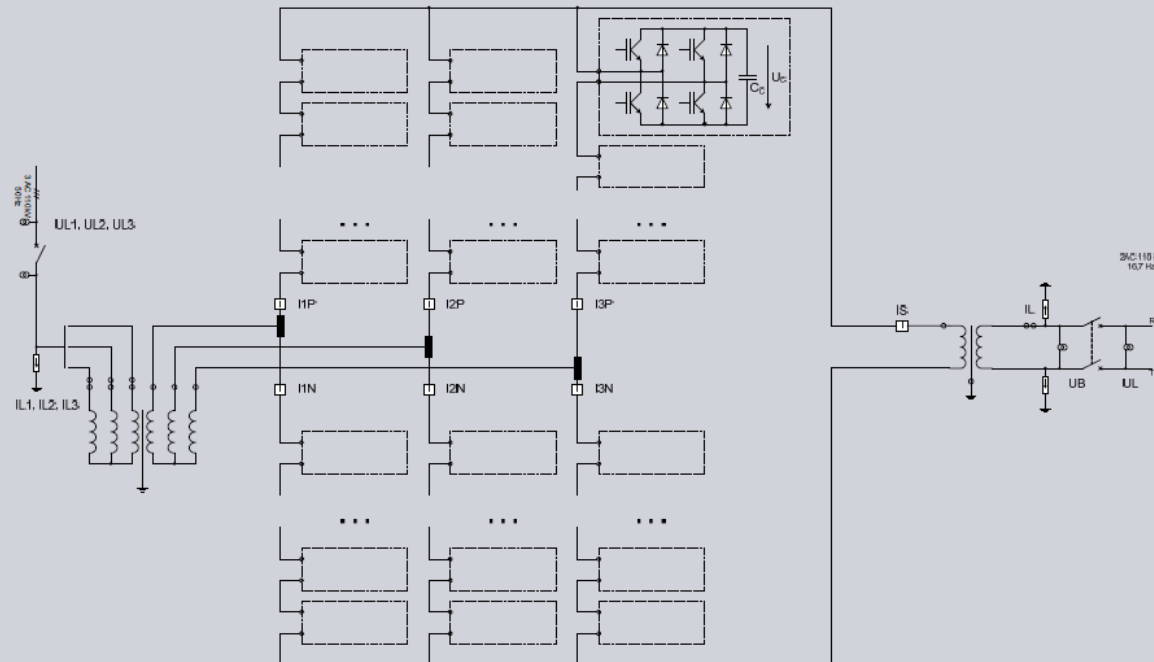
Modular, Baukastenprinzip
Leistungen 6...200 MVA

Vielfältige Anwendung:

HVDC (HGÜ)
Blindleistungskompensatoren
Netzkupplungen

Hauptkomponenten:

Standardtrafos
Modularer Umrichterleistungsteil
Luftdrosseln

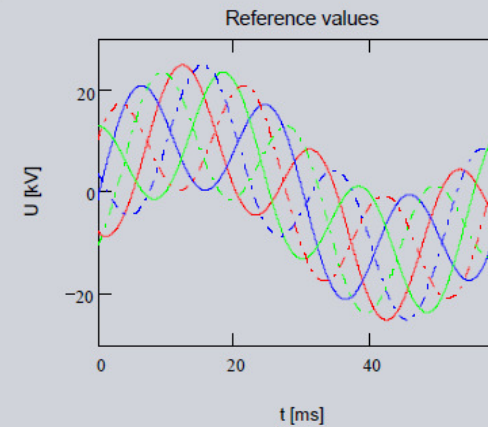
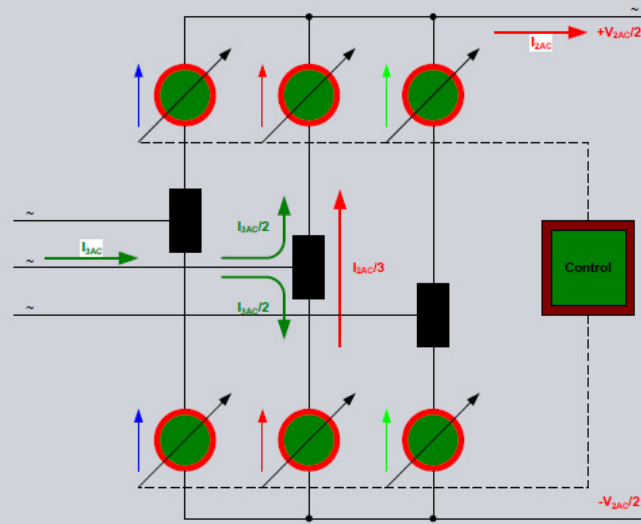


© Siemens AG 2010. All rights reserved.

Funktionsprinzip MMDC Sitras[®] SFC plus – Spannungsbildung

SIEMENS

Superposition des Energieaustausches
Drehstrom- und Bahnseite



© Siemens AG 2010. All rights reserved.

Rotierende Umformer

Schwungmasse

Kurzschlussströme

Lebensdauer (ohne Leittechnik)

Investitionskosten

Wartung und Instandhaltung

Platzbedarf

Statische Umformer

Investitionskosten

Wartung und Instandhaltung

Platzbedarf

Schwungmasse

Kurzschlussströme

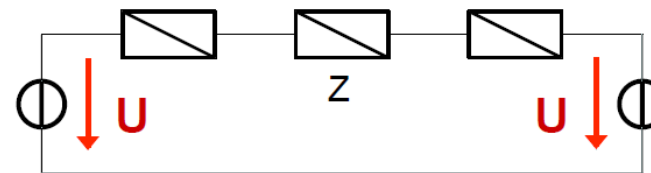
Lebensdauer

Strom- oder Spannungsführung

emkamatik

Normalbetrieb:

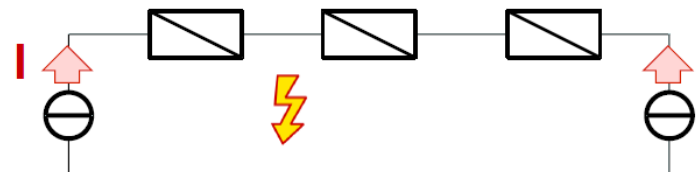
- Alle Maschinen und Umrichter sind Spannungsquellen (siehe Reglerstudie)



Kurzschluss:

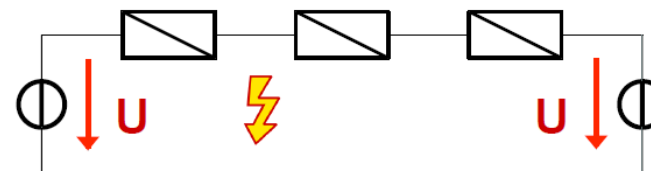
- Stromeinprägung

- ✗ **Undefinierte Netzzustände**
- Gefahr von Überspannungen
- Kaum abzustimmen für beliebige Netze / mehrere Umrichter / beliebige Lasten

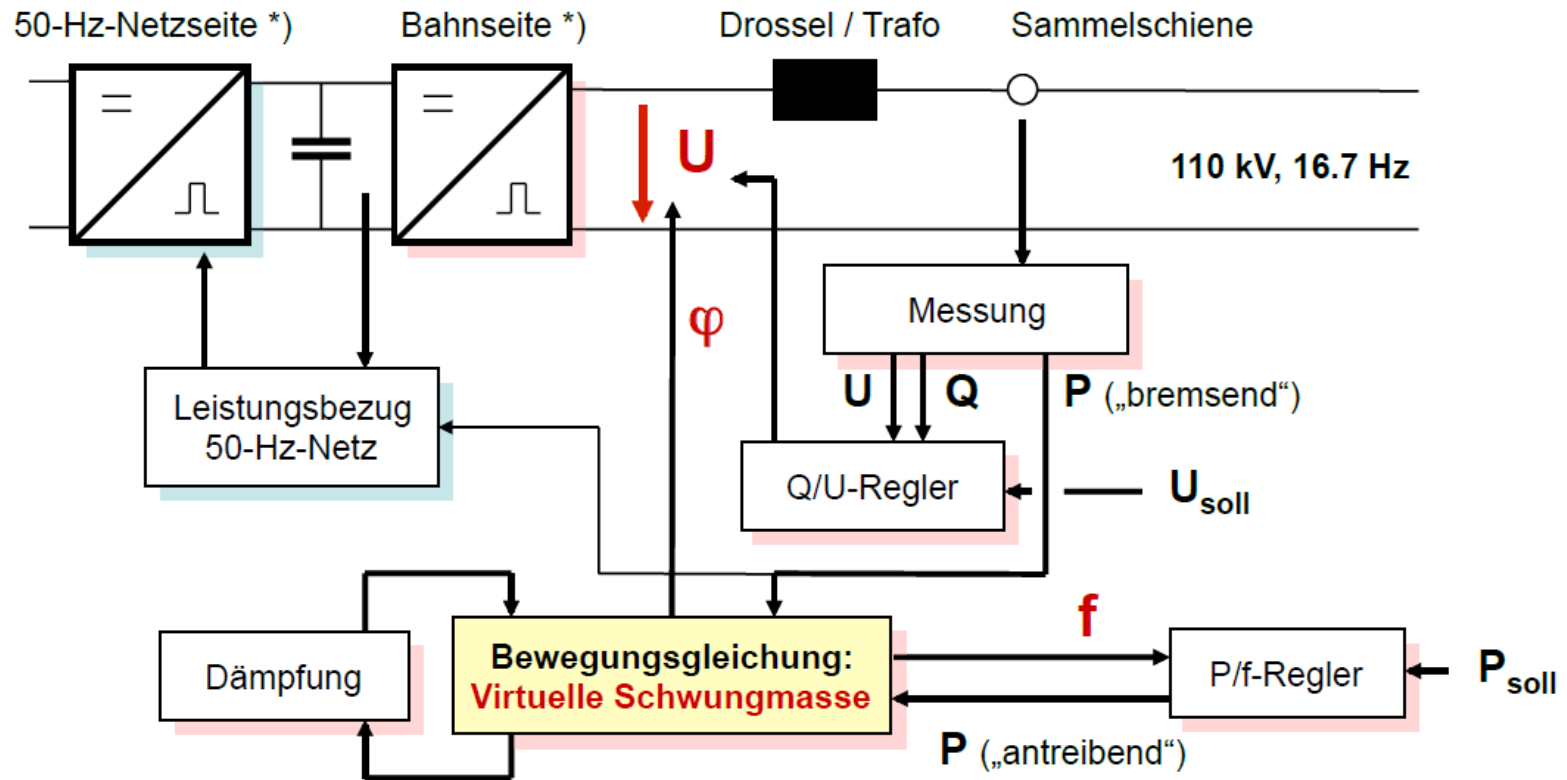


- Spannungsführung

- ✓ Keine Überspannungen
- Funktioniert mit **mehreren Umrichtern** und beliebigen Netzstrukturen
- **Aber:** Strombegrenzung nötig



Umrichter - Schwungmasse



Jobs (Auswahl)

Netzmanager

Netzsimulation

Netzregelung

Lastverteiler

Schutztechniker

Leittechniker

DI Dr. Clemens Obkircher

Bahnsysteme

Technische Betriebsführung

Lastverteiler

ÖBB-Infrastruktur AG

6020 Innsbruck, Claudiastraße 2

Tel. +43 512 93000 4052

Fax +43 512 93000 5161

Mobil +43 664 - 2866387

Clemens.Obkircher@oebb.at

infrastruktur.oebb.at

<https://karriere.oebb.at/de/>