

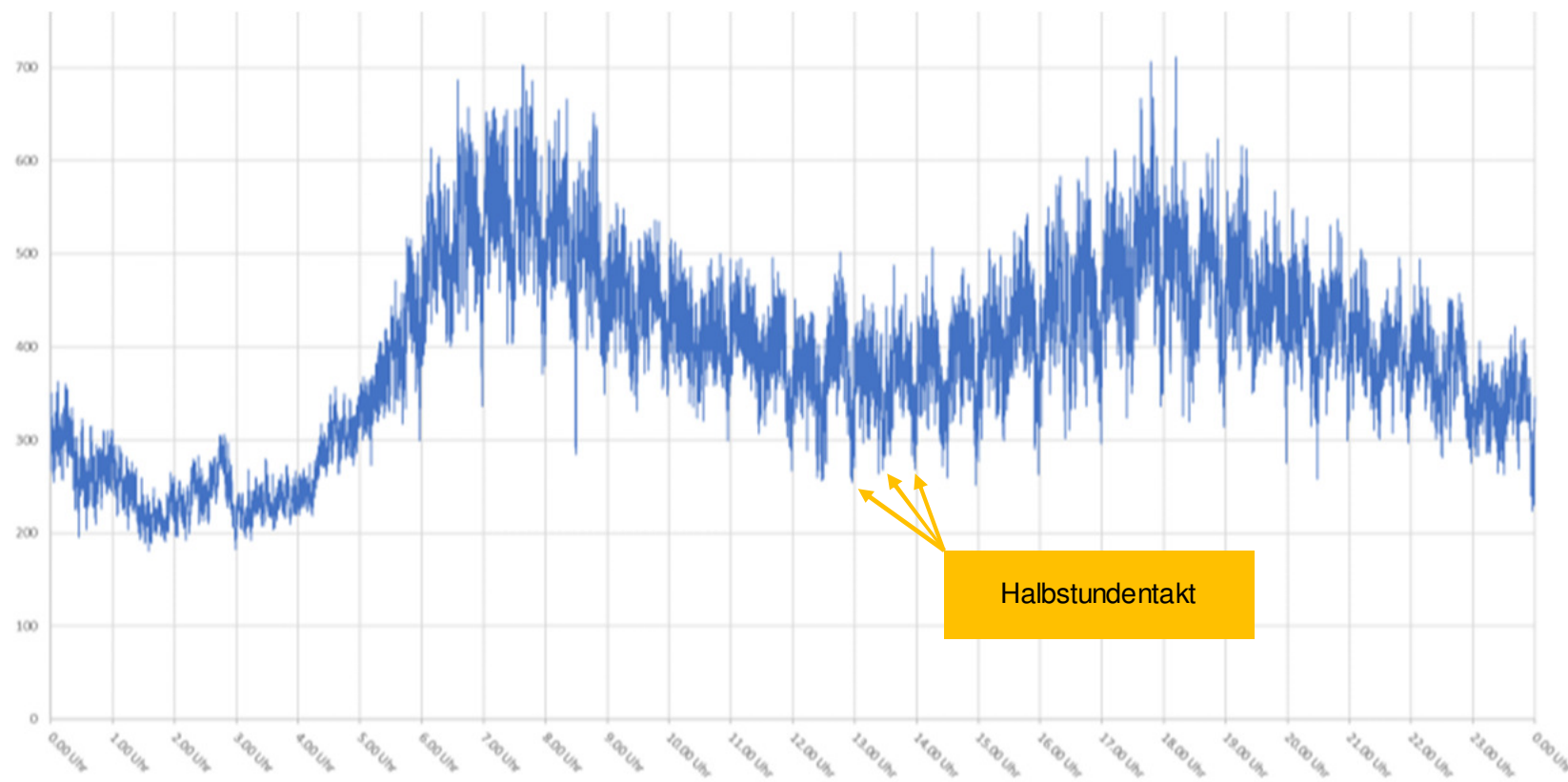
# Bahnstromversorgung der SBB

René Vollenwyder, Wien,  
08.11.2018



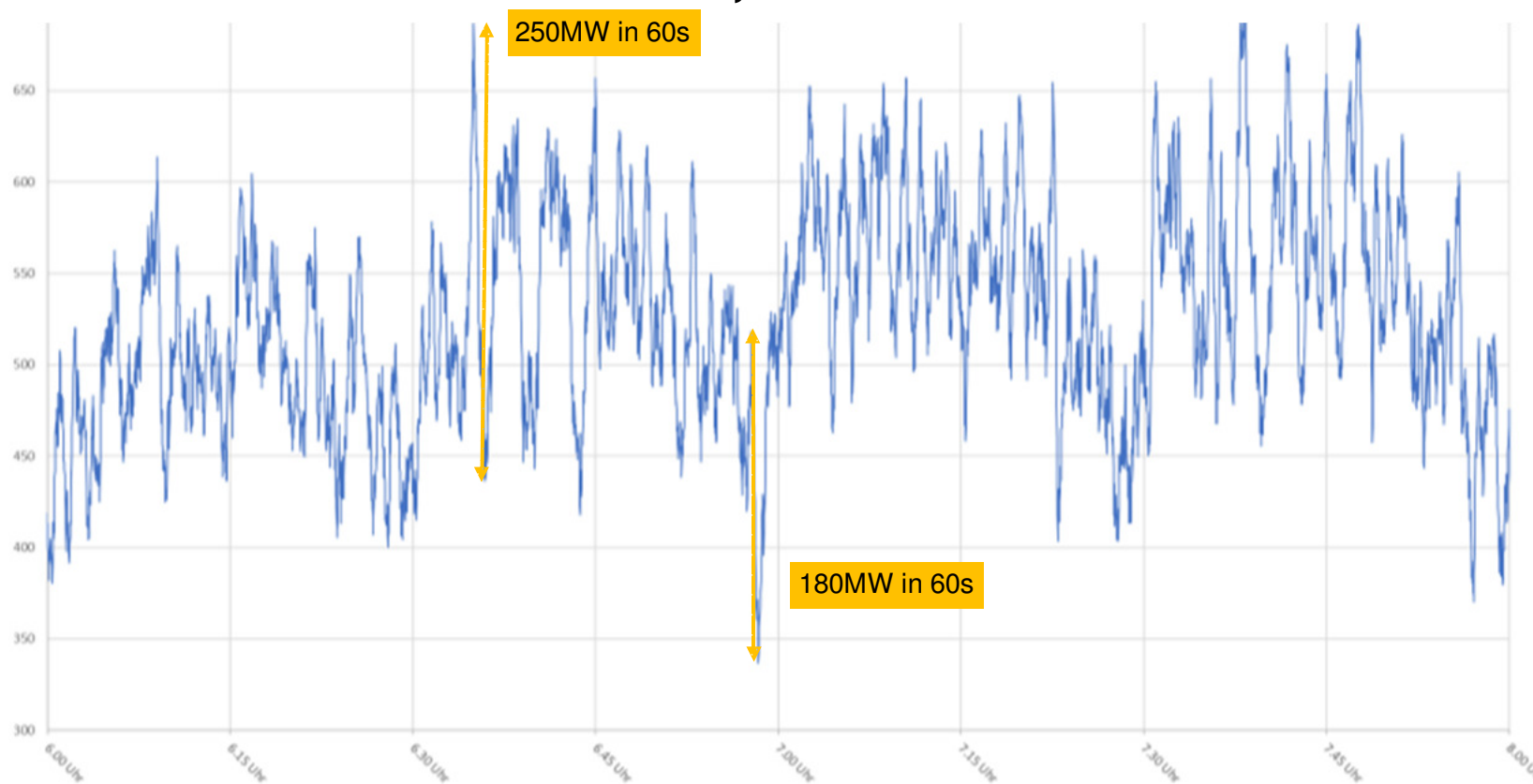


## Last SBB 27. Februar 2018





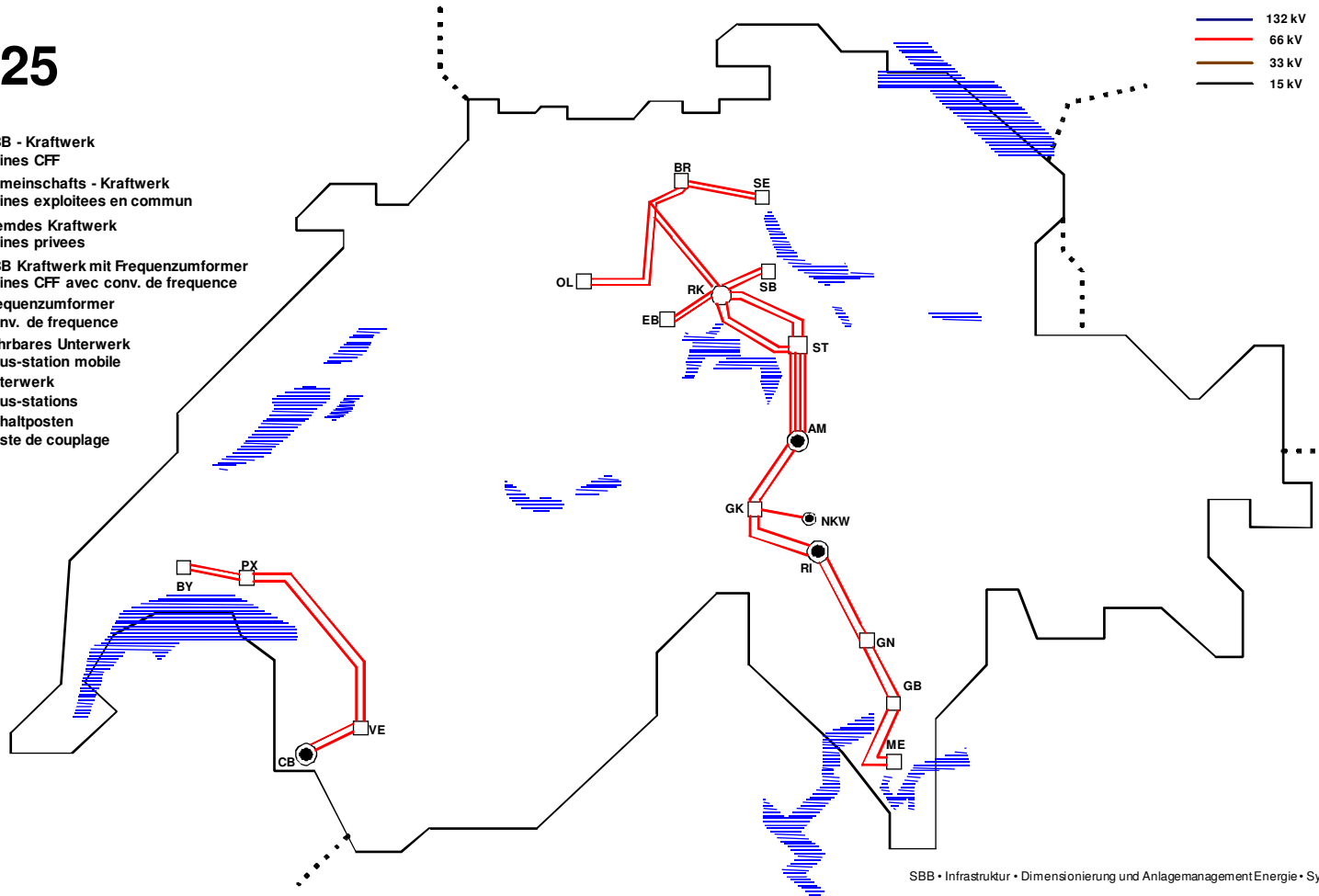
## Last SBB 27. Februar 2018, 6.00 – 8.00 Uhr



# 1925

- SBB - Kraftwerk  
Usines CFF
- ⊙ Gemeinschafts - Kraftwerk  
Usines exploitees en commun
- ⊙ Fremdes Kraftwerk  
Usines privees
- ⊙ SBB Kraftwerk mit Frequenzumformer  
Usines CFF avec conv. de frequence
- △ Frequenzumformer  
Conv. de frequence
- ▣ Fahrbares Unterwerk  
Sous-station mobile
- Unterwerk  
Sous-stations
- Schaltposten  
Poste de couplage

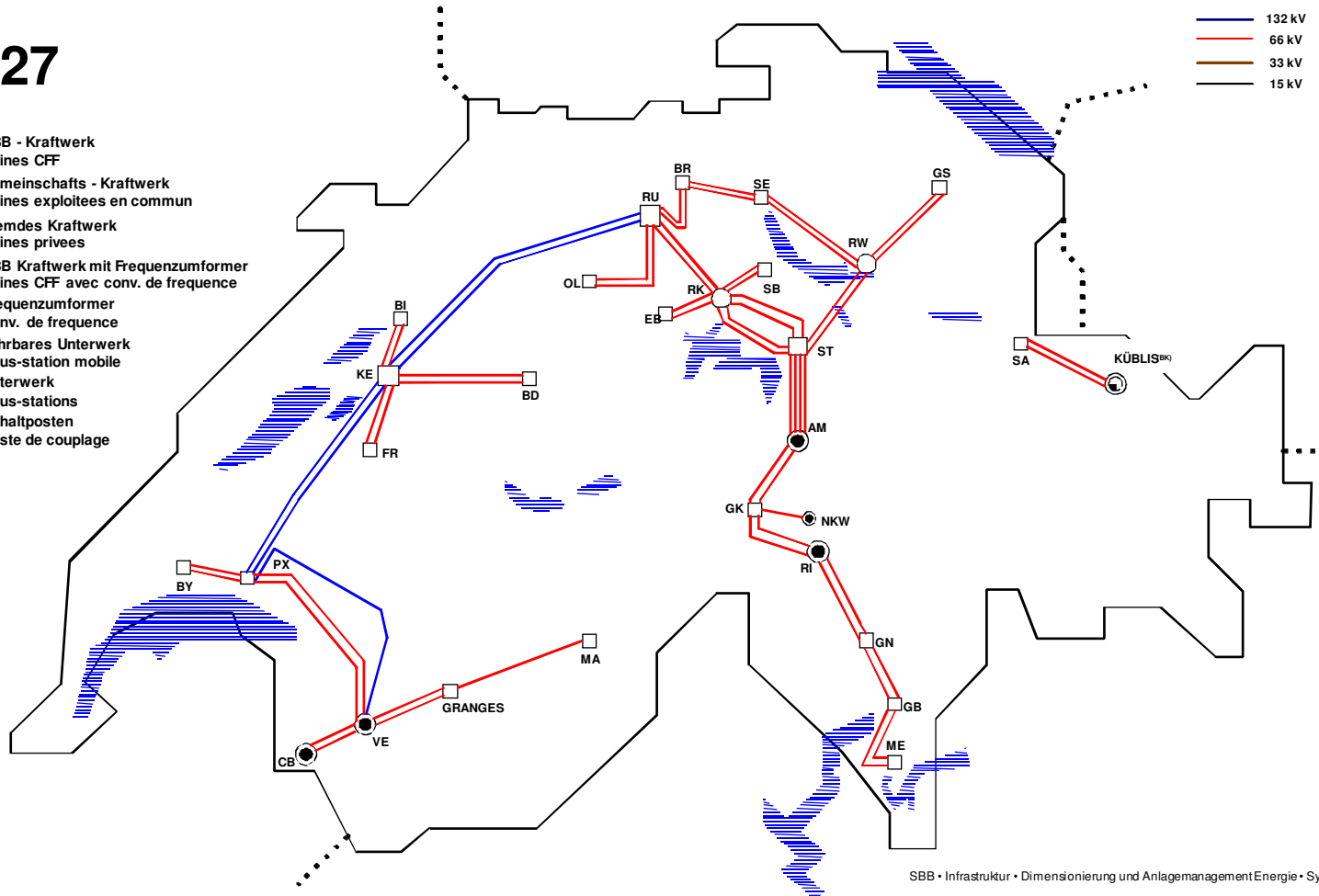
- Übertragungsleitungen  
Lignes de transport
- 132 kV
  - 66 kV
  - 33 kV
  - 15 kV



# 1927

- SBB - Kraftwerk  
Usines CFF
- ⊙ Gemeinschafts - Kraftwerk  
Usines exploitees en commun
- ⊙ Fremdes Kraftwerk  
Usines privees
- ⊙ SBB Kraftwerk mit Frequenzumformer  
Usines CFF avec conv. de frequence
- △ Frequenzumformer  
Conv. de frequence
- ▣ Fahrbares Unterwerk  
Sous-station mobile
- Unterwerk  
Sous-stations
- Schaltposten  
Poste de couplage

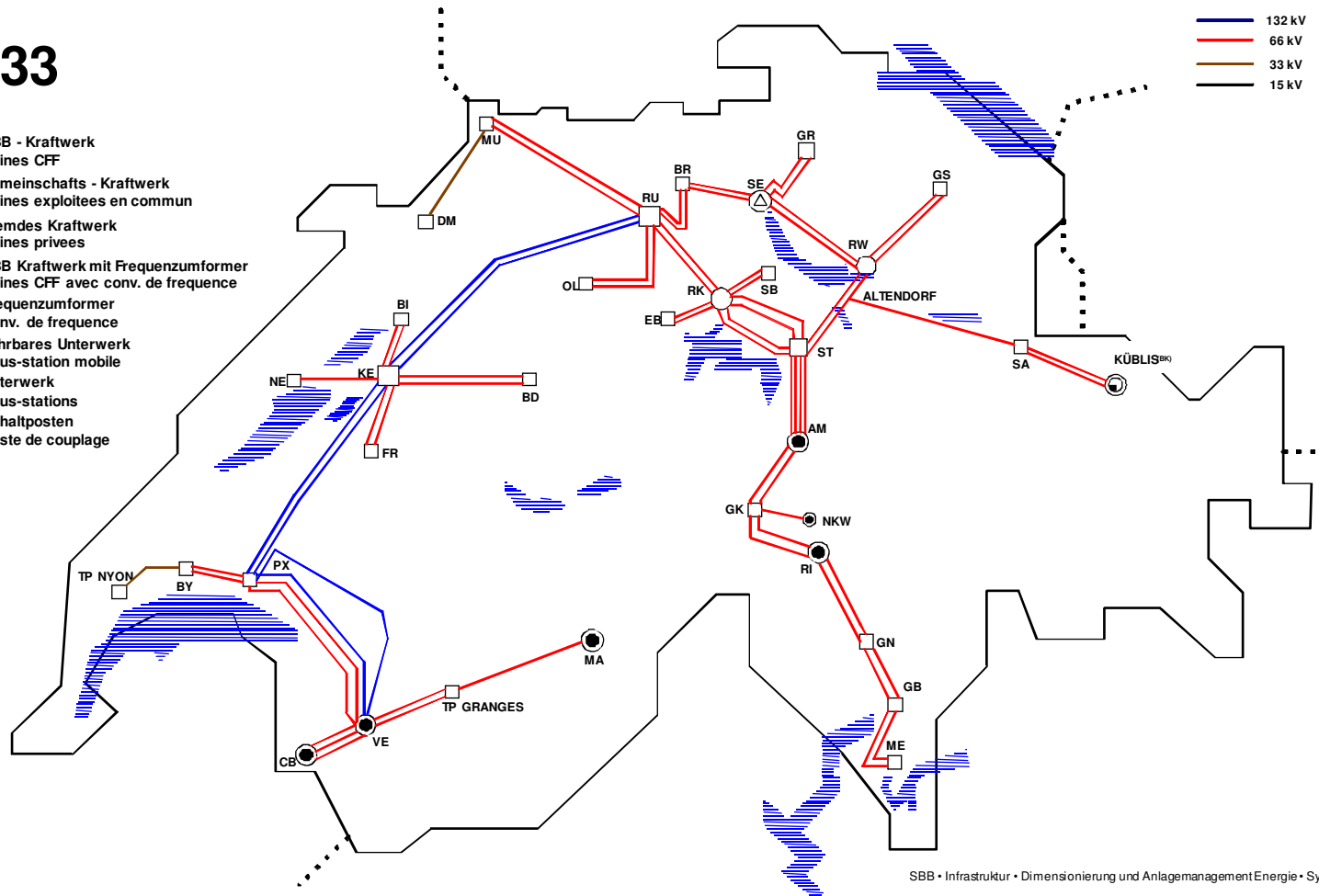
- Übertragungsleitungen  
Lignes de transport
- 132 kV
  - 66 kV
  - 33 kV
  - 15 kV



# 1933

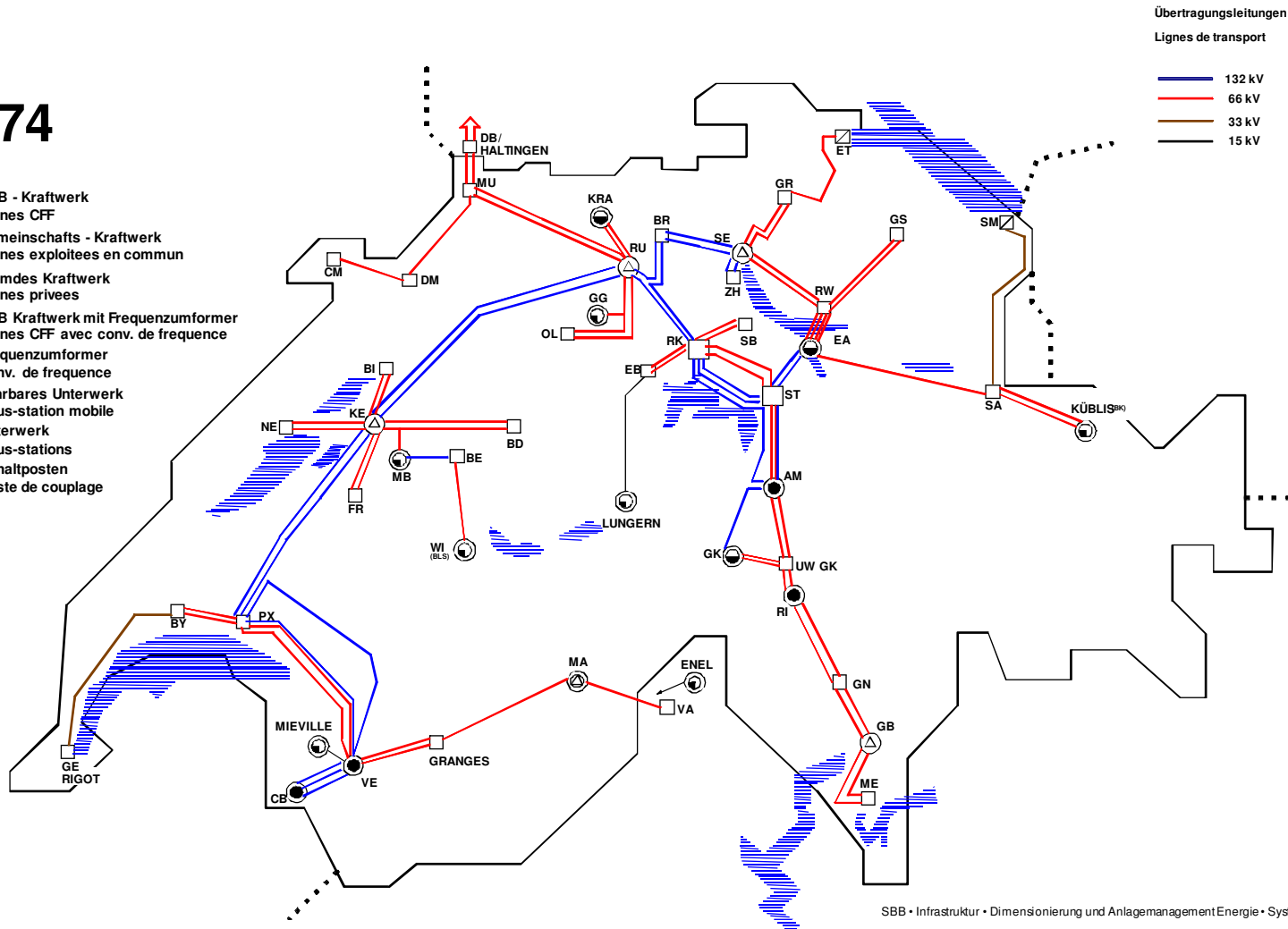
- SBB - Kraftwerk  
Usines CFF
- ⊙ Gemeinschafts - Kraftwerk  
Usines exploitées en commun
- ⊙ Fremdes Kraftwerk  
Usines privées
- ⊙ SBB Kraftwerk mit Frequenzumformer  
Usines CFF avec conv. de fréquence
- △ Frequenzumformer  
Conv. de fréquence
- ▣ Fahrbares Unterwerk  
Sous-station mobile
- Unterwerk  
Sous-stations
- Schaltposten  
Poste de couplage

- Übertragungsleitungen  
Lignes de transport
- 132 kV
  - 66 kV
  - 33 kV
  - 15 kV



# 1974

- SBB - Kraftwerk  
Usines CFF
- ⊙ Gemeinschafts - Kraftwerk  
Usines exploitées en commun
- ⊙ Fremdes Kraftwerk  
Usines privées
- ⊙ SBB Kraftwerk mit Frequenzumformer  
Usines CFF avec conv. de fréquence
- △ Frequenzumformer  
Conv. de fréquence
- ▣ Fahrbares Unterwerk  
Sous-station mobile
- Unterwerk  
Sous-stations
- Schaltposten  
Poste de couplage

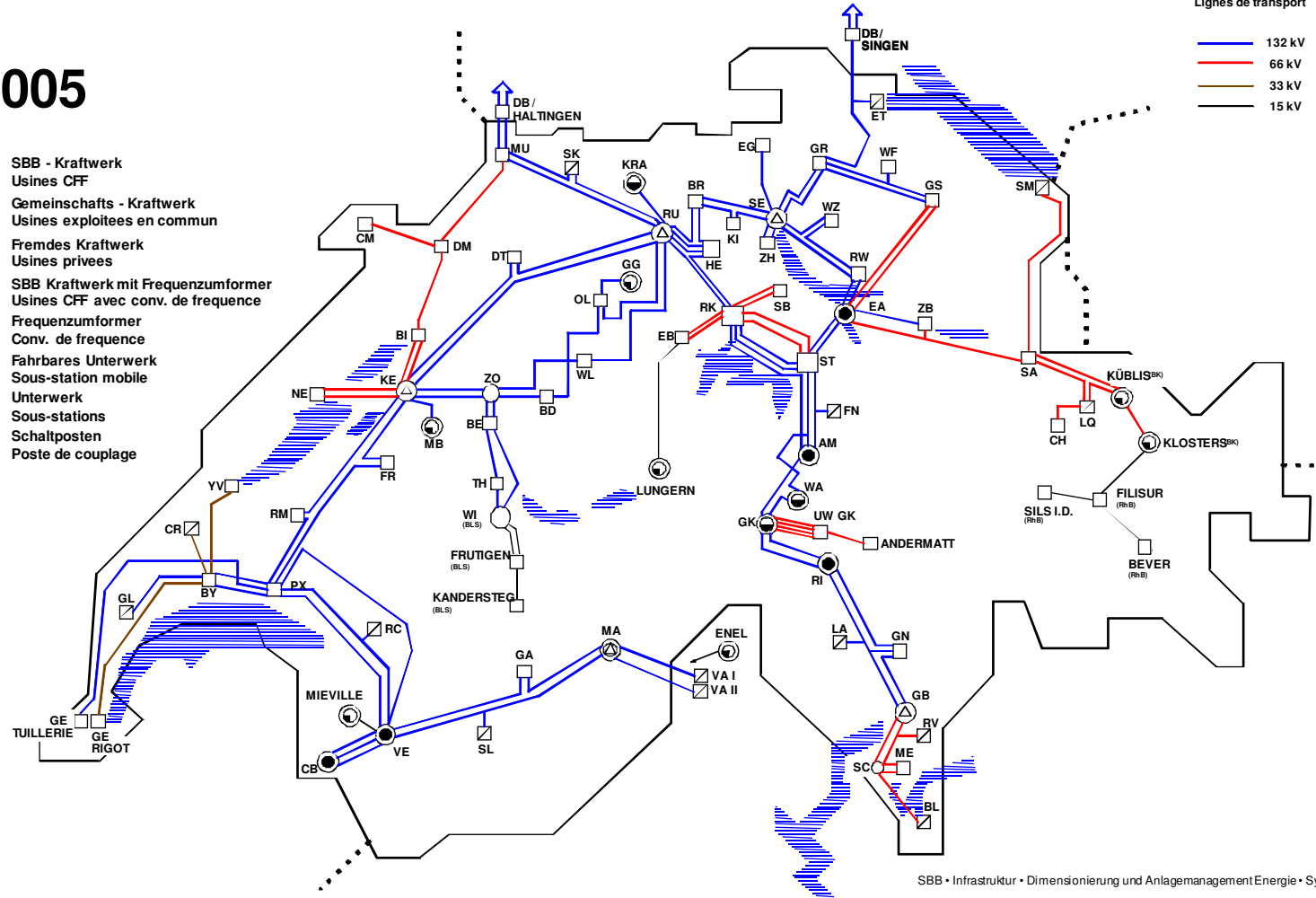




# 2005

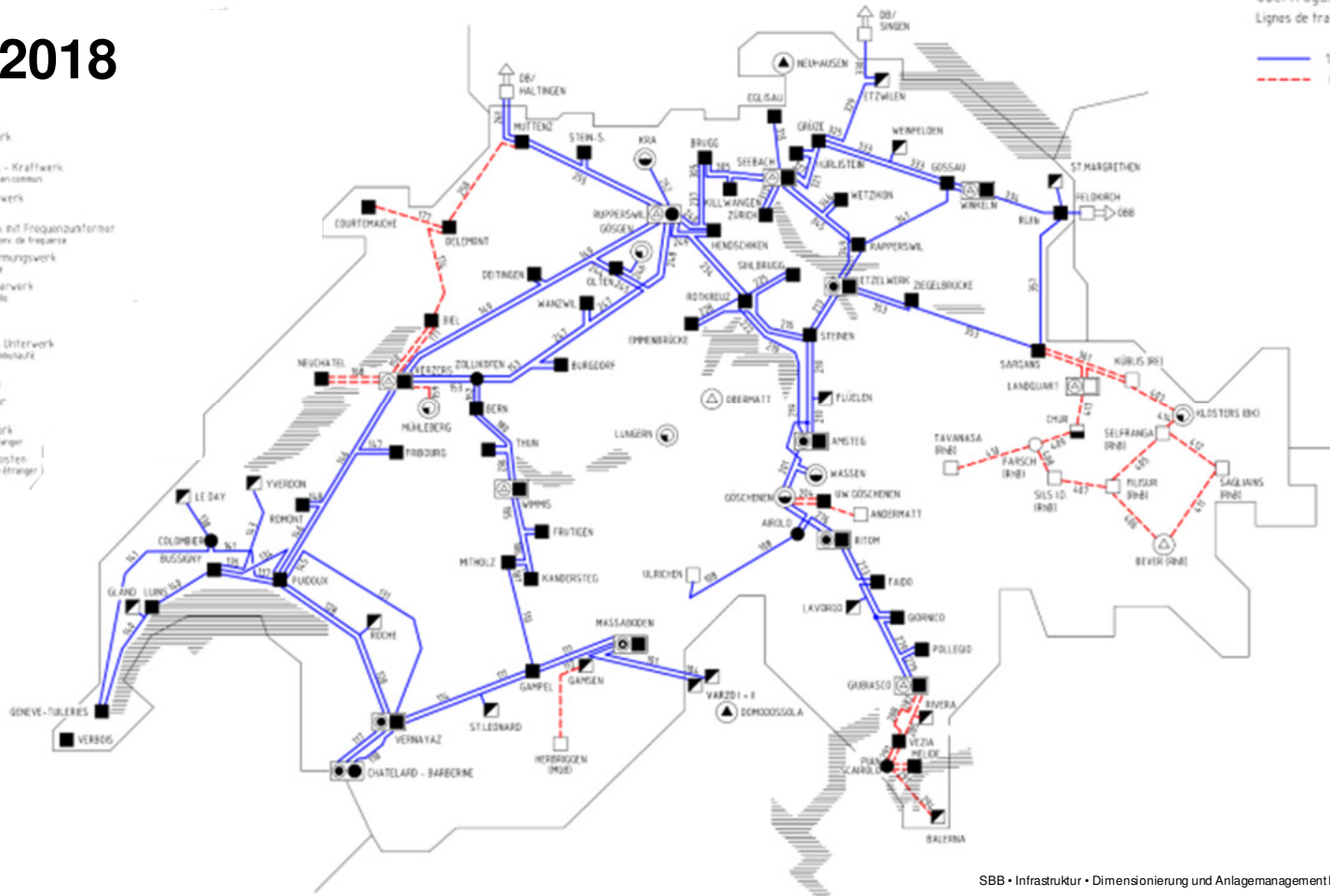
- SBB - Kraftwerk  
Usines CFF
- ⊙ Gemeinschafts - Kraftwerk  
Usines exploitées en commun
- ⊙ Fremdes Kraftwerk  
Usines privées
- ⊙ SBB Kraftwerk mit Frequenzumformer  
Usines CFF avec conv. de fréquence
- △ Frequenzumformer  
Conv. de fréquence
- ▣ Fahrbares Unterwerk  
Sous-station mobile
- Unterwerk  
Sous-stations
- Schaltposten  
Poste de couplage

- Übertragungsleitungen  
Lignes de transport
- 132 kV
  - 66 kV
  - 33 kV
  - 15 kV



# 2018

- SBB - Kraftwerk  
Usines OFP
- ⊙ Gemeinschafts - Kraftwerk  
Usines exploitées en commun
- ⊙ Fremdes Kraftwerk  
Usines privées
- ⊙ SBB Kraftwerk mit Frequenzumformer  
Usines OFP avec convertisseur de fréquence
- ⊙ Frequenzumformungswerk  
Conv. de fréquence
- ⊙ Fahrbares Unterwerk  
Sous-station mobile
- Unterwerk  
Sous-stations
- Gemeinschafts Unterwerk  
Sous-stations communes
- Schaltkasten  
Poste de coupage
- ⊙ Q-Kompensator  
D-compensateur
- Fremd Unterwerk  
Sous-stations étrangères
- Fremd Schaltkasten  
Poste de coupage étranger



Übertragungsleitungen  
Lignes de transport

- 132 kV
- - - 66 kV



# Ausbau

Spannungserhöhung  
Kerzers – Muttenz

Südanspeisung Zürich

Übertragungsleitungen  
Lignes de transport



— 132 kV  
- - - 66 kV

- SBB - Kraftwerk  
Usines OF
- Gemeinschafts - Kraftwerk  
Usines exploitées en commun
- Fremdes Kraftwerk  
Usines privées
- SBB Kraftwerk mit Frequenzumformer  
Usines OF avec convertisseur de fréquence
- Frequenzumformungswerk  
Conv. de fréquence
- Fahrbares Unterwerk  
Sous-station mobile
- Unterwerk  
Sous-station
- Gemeinschafts Unterwerk  
Sous-station commune
- Schaltkasten  
Poste de coupure
- Q-Ka  
Ouv. de dérivation
- Fremd Unterwerk  
Sous-station étrangère
- Fremd Schaltkasten  
Poste de coupure étranger

Boucle Nord

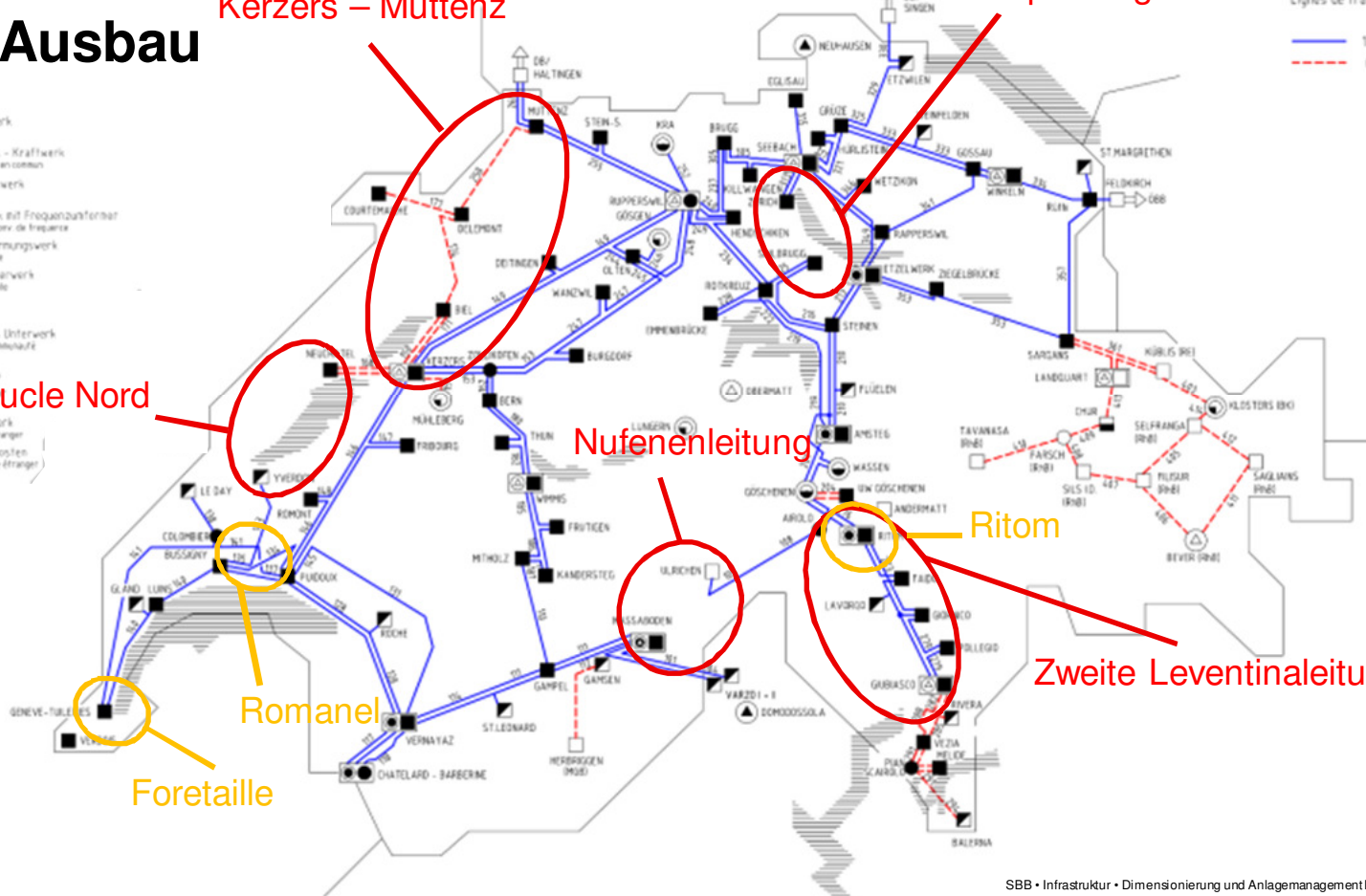
Nufenenleitung

Ritom

Zweite Leventinaleitung

Romanel

Foretaille





Das Kraftwerk Ritom feiert 2020 seinen 100-jährigen Geburtstag.



# Ausbau

Spannungserhöhung  
Kerzers – Muttenz

Regensdorf

Südanspeisung Zürich

Übertragungsleitungen  
Lignes de transport



— 132 kV  
- - - 66 kV

- SBB - Kraftwerk  
Usines OF
- Gemeinschafts - Kraftwerk  
Usines exploitées en commun
- Fremdes Kraftwerk  
Usines privées
- SBB Kraftwerk mit Frequenzumformer  
Usines OF avec convertisseur de fréquence
- Frequenzumformungswerk  
Conv. de fréquence
- Fahrbares Unterwerk  
Sous-station mobile
- Unterwerk  
Sous-stations
- Gemeinschafts Unterwerk  
Sous-stations commune
- Schaltkasten  
Poste de coupure
- Q-Ka  
Ouv. de dérivation
- Fremd Unterwerk  
Sous-stations étrangères
- Fremd Schaltkasten  
Poste de coupure étranger

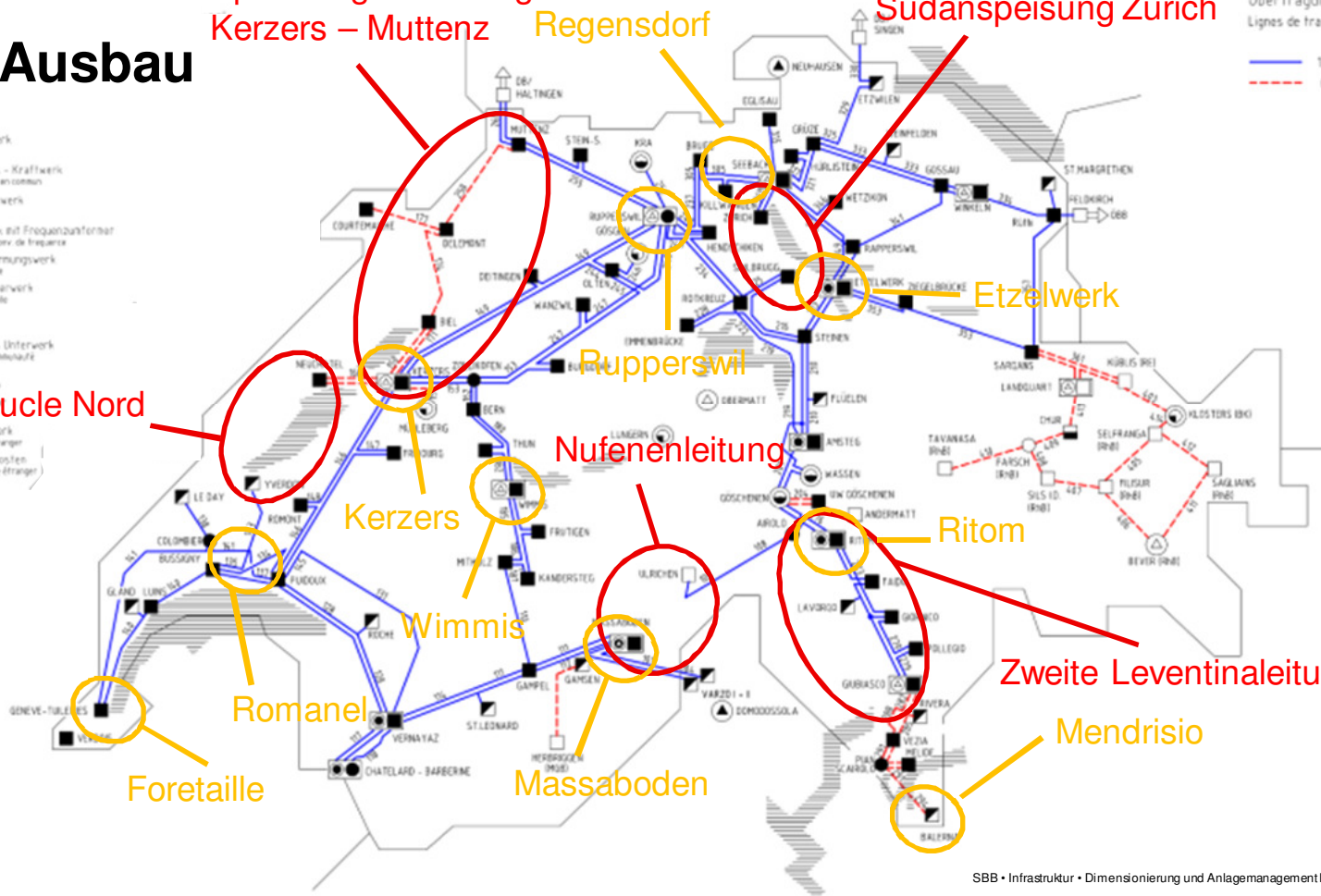
Boucle Nord

Nufenenleitung

Ritom

Zweite Leventinaleitung

Mendrisio



# Verbundnetz 16.7 Hz

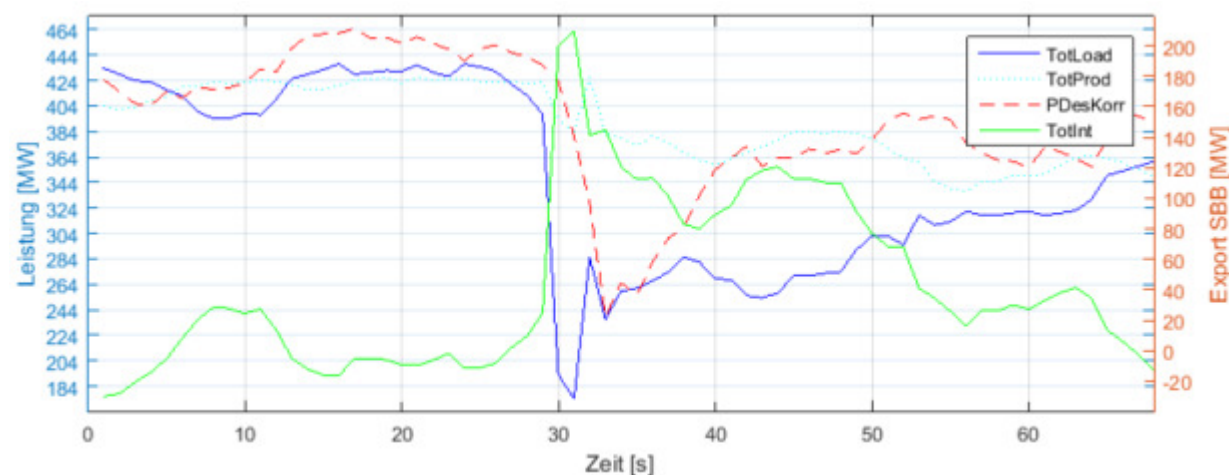


**Wir können die drei Netze nicht nur separat betrachten!**





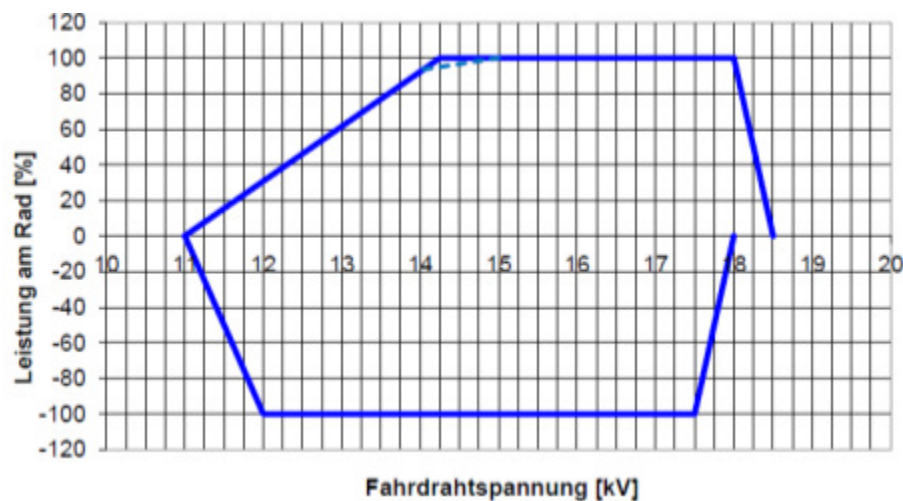
## Lasteinbrüche nach Kurzschlüssen



- In Folge eines Kurzschlusses auf der Übertragungsleitung Henschiken - Rapperswil 1 kam es zu einem grossen Lasteinbruch. Die Last brach innerhalb **von Sekunden um 258 MW** ein (blaue Linie) – dies entspricht einem sofortigen Einbruch der Last um mehr als die Hälfte.
- Die Übergabeleistung zur DB und ÖBB (Export) stieg auf 210 MW, einem sehr hohen Wert. Die Grundauslastung der Kuppelleitungen war zum Zeitpunkt des Lasteinbruchs nahe bei 0 MW. Bei einer Vorbelastung (durch Fahrplan oder durch Ausgleichsvorgänge mit der DB) hätte dies zu einer Auslösung der Kuppelstellen mit einem schlagartigen Überschuss von etwa 250 MW im SBB Netz geführt.

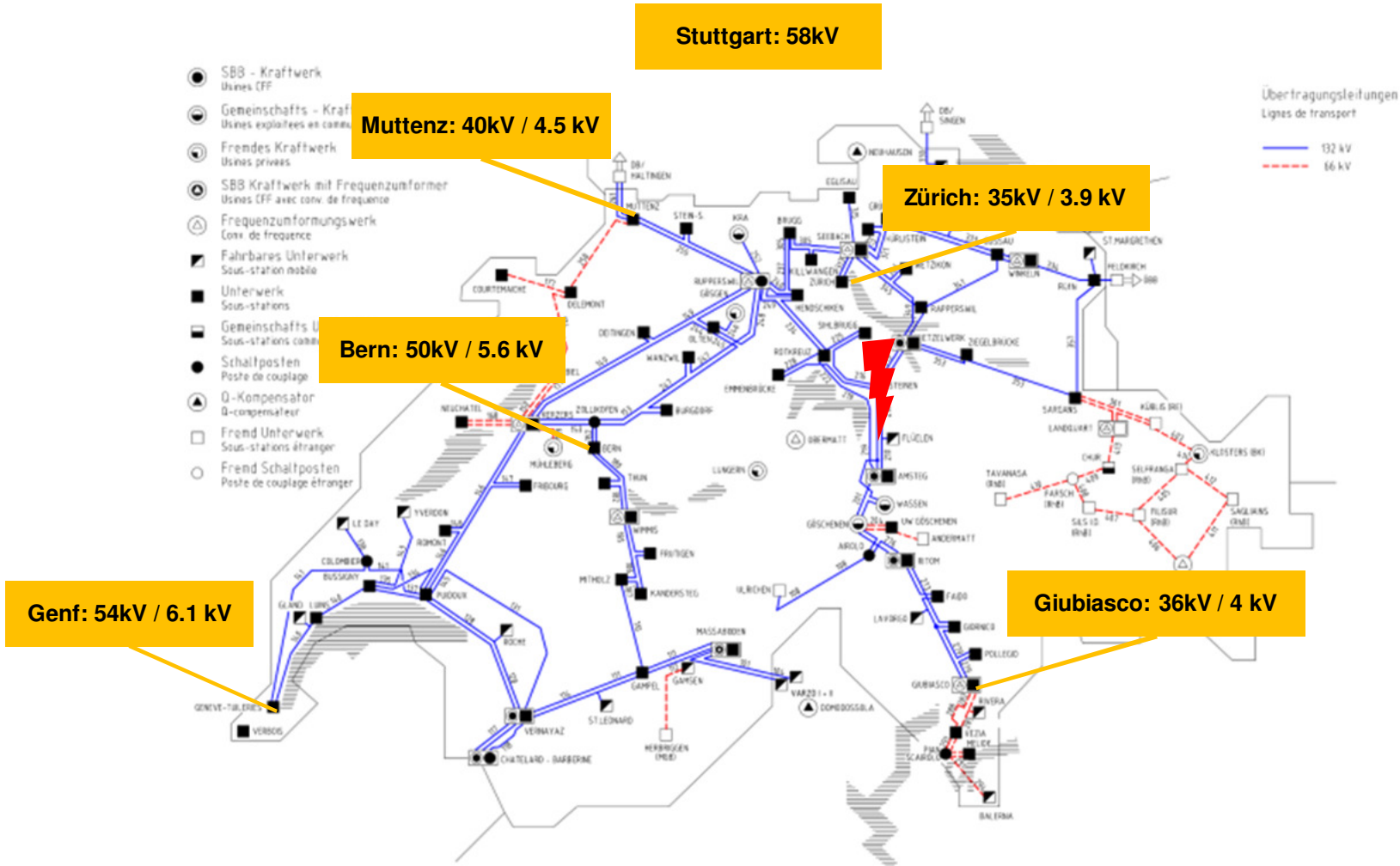


## «Spannungsabhängige Traktionsleistungsbegrenzung»



- Auf allen modernen Fahrzeugen implementiert
- Ist dazu da um auf schwach versorgten Strecken einen Betrieb zu ermöglichen
- Reagiert schnell auf Spannungseinbrüche gibt aber die Leistung nur langsam wieder frei

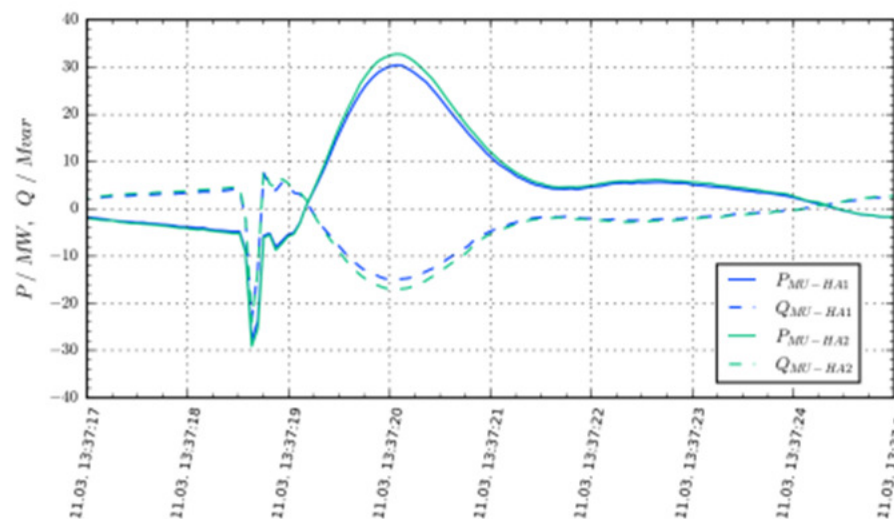
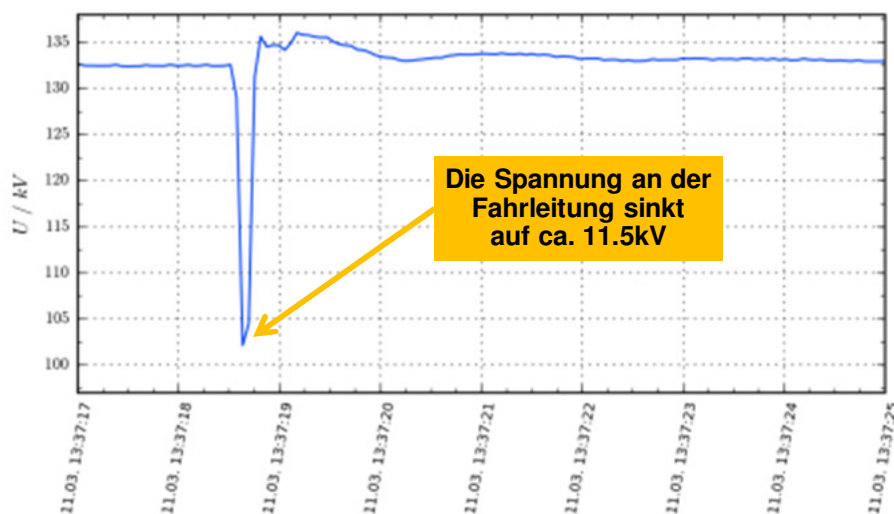






## Kurzschluss in der Schweiz 11. März 2017, 13.37

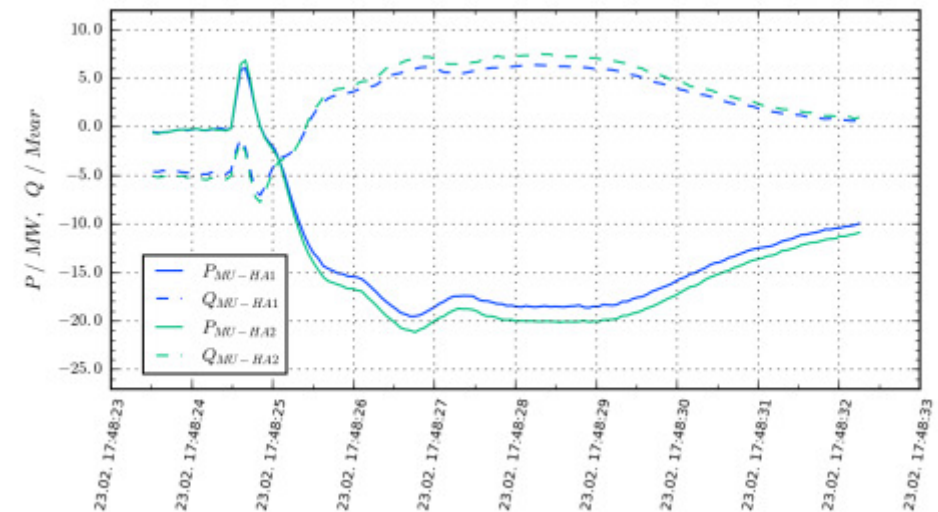
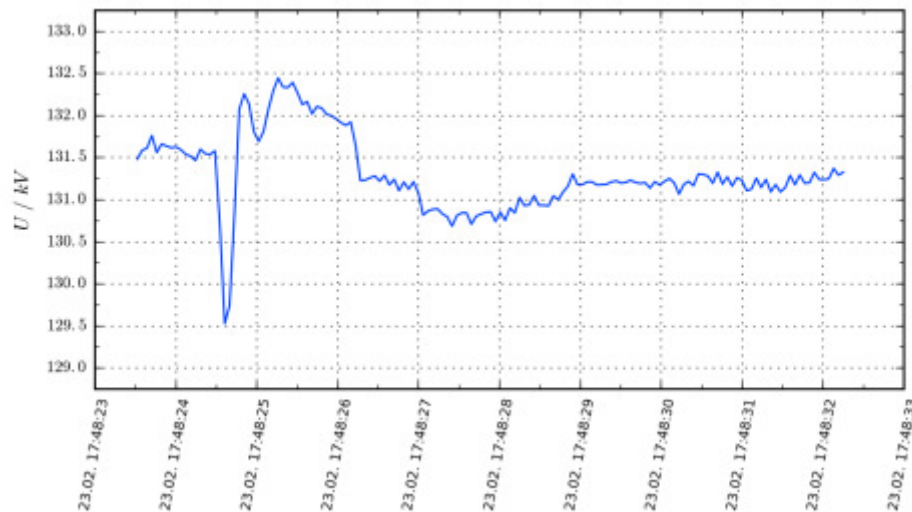
- Kurzschluss zwischen Bern und Zollikofen
- Lastsprung von 290MW auf 160MW (-130MW)
- Messungen an der Kupplung zur DB in Muttenz





## Kurzschluss in Deutschland 23. Februar 2017, 17.48

- Am 23.02.2017 um 17.48 ereignete sich im Netz der DB eine Netzstörung im Raum Essen mit nachfolgendem Lasteinbruch
- Luftlinie 430km in Muttentz war diese Störung gut zu beobachten



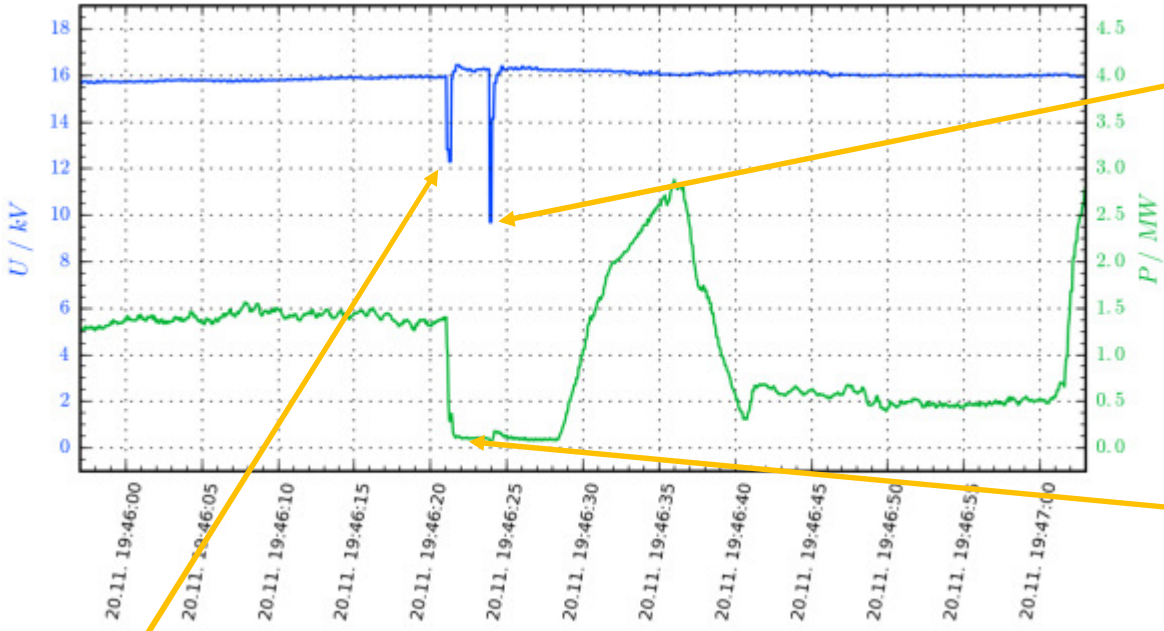


## Verfolgter Lösungsansatz – Netzseite

- Einbau einer «Lasteinbruch Erkennung» in die Schutzgeräte an den Kuppelstellen
  - Ziel ist es, bei einem Lasteinbruch die Sollbruchstelle auszuschalten
  - Seit ca. einem Jahr in Betrieb. Bisher gute Erfahrungen
  
- Untersuchung der Folgen bei einer Auslösung an der Kuppelstelle oder innerhalb der Landesnetze mit einem vereinfachten Dynamischen Modell.
  
- Genügend schnelle Regelleistung und Reserveleistung am Netz
  - Ein grösserer Teil der Störung wird von eigenen Kraftwerken ausgeregelt d.h. die Kuppelstellen werden weniger belastet
  - Bei einer allfälligen Netztrennung wäre genügend Maschinenleistung vorhanden um die Überproduktion abzufangen



# RABe-511 - Regio Express 3133 von Genf - Romont



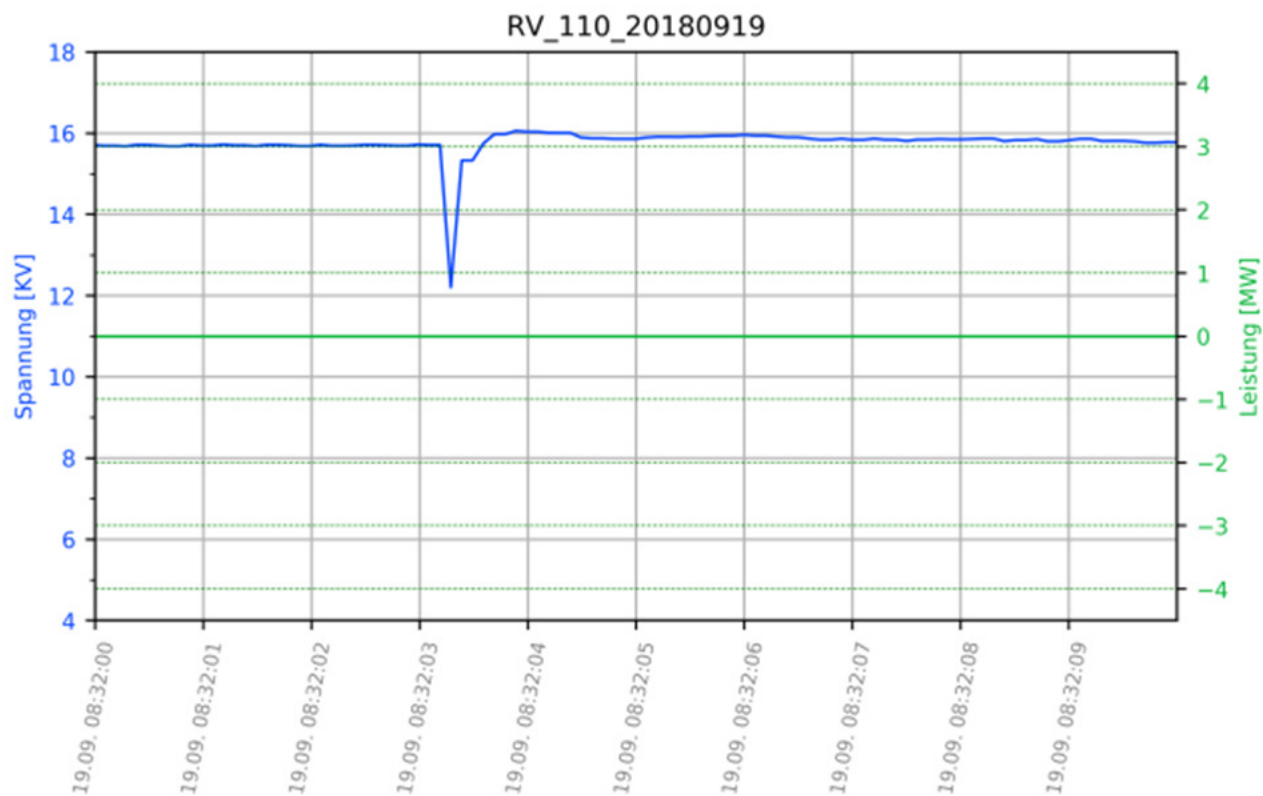
Kurzschluss auf der 132 kV Übertragungsleitung Puidoux-Romont. Der Kurzschluss wird innerhalb 200ms weggeschaltet

2. Spannungseinbruch durch einen zweiten Kurzschluss auf der UL

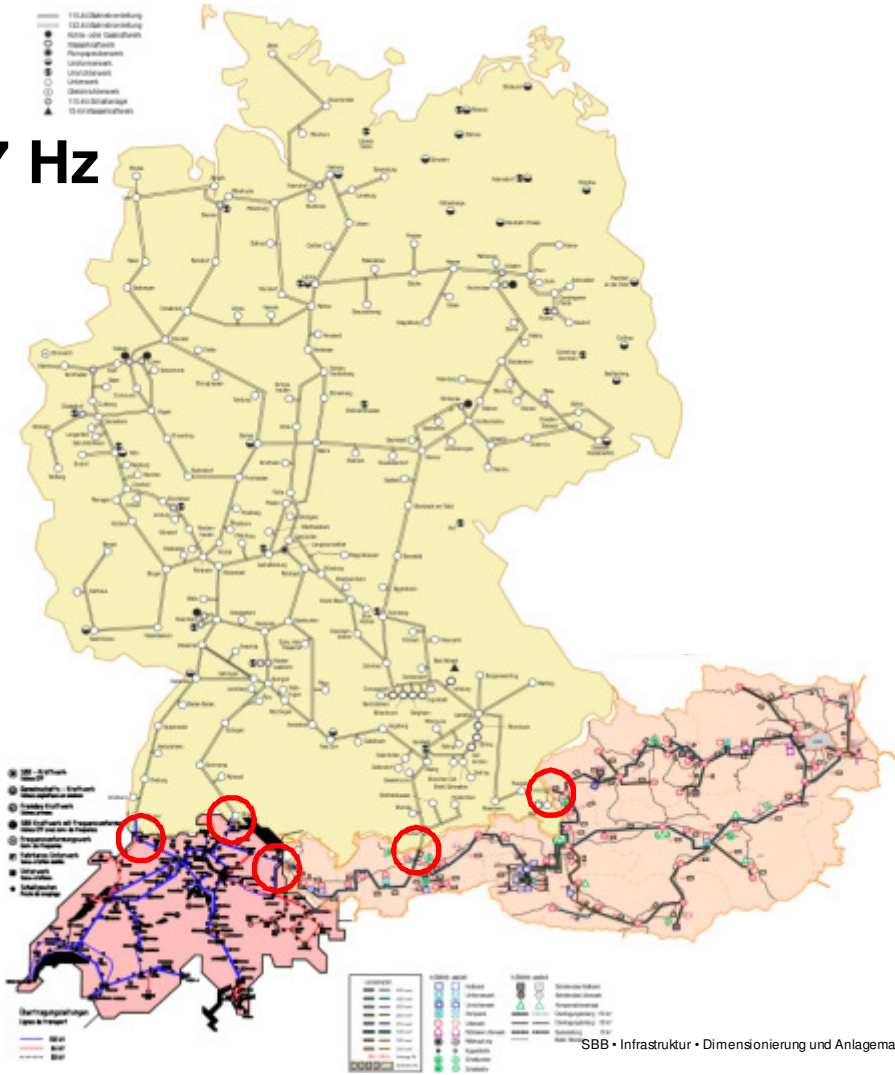
Gut zu sehen ist der Einbruch der Leistung von ca. 1.5MW auf 0.2MW innert 100ms. Das Fahrzeug rampt nach ca. 8s die Leistung wieder hoch. Der RABe 511 / 515 hat eine Nennleistung von 6MW. Von diesem Typ sind 102 Stück bei SBB und BLS im Einsatz.



## Verfolgter Lösungsansatz – Fahrzeugseite



# Verbundnetz 16.7 Hz





Herzlichen Dank für die  
Aufmerksamkeit





Fragen / Diskussion



**Backup**



## Verfolgter Lösungsansatz – Fahrzeugseite

- Anpassung der Funktion «Spannungsabhängige Traktionsleistungsbegrenzung»
  - Ziel ist es Kurzschlüsse zu detektieren und die Leistungsbegrenzung in diesem Fall sofort aufzuheben
  - Die angepasste Funktion wurde zusammen mit ABB und Stadler auf dem RTS / FLG getestet.
  - Zur Zeit verkehren fünf RABe 511 «Regio – Dosto» mit einer angepassten Funktion.
  - Nach einem Kurzschluss im Hochspannungsnetz können die Daten der Versuchsfahrzeuge ausgewertet werden um eine Korrekte Funktion der angepassten «Spannungsabhängigen Traktionsleistungsbegrenzung» nachzuweisen