



Strompanne bei den SBB

Why-Because-Analysis am Beispiel der Strompanne
der SBB am 22. Juni 2005

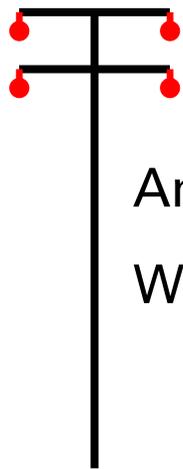
Schweiz, 22.06.2005, 18:40 Uhr

- SBB betreibt eigene Energieversorgungsnetz für den Bahnstrom in der Schweiz
- Energieversorgung soll nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten arbeiten
- Netz besteht aus verbundenen Teilnetzen
- Heißer Sommertag
- Hoher Strompreis
- Viel Wasser in den Alpengewässern

- Literatur:
 - „Strompanne der SBB vom 22. Juni 2005“, SBB, Zollikofen
 - „Netzausfall bei SBB“, Behmann, elektrische Bahnen, Heft 7/2005 S. 354 – 358; Heft 9/2005, S. 453 – 455, Oldenbourg Verlag
 - „Bahnenergieversorgung und Bundespolitik in der Schweiz“, unbekannt, elektrische Bahnen, Heft 9/2005, S.456 Oldenbourg Verlag

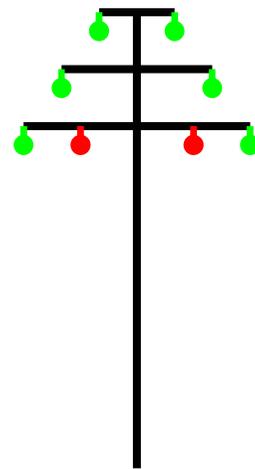
- Wird mittelfristig aufgestellt
- Erfolgt nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten
- Basiert auf der Belastung durch den Bahnverkehr
- Abhängig von den Strompreisen zu bestimmten Zeiten
- Beinhaltet Vertragsstrukturen zu Partnern
- Gibt Zustände der Energieanlagen vor

- Neubau einer Autobahn
- Rammarbeiten erforderlich
- Arbeiten unter Hochspannungsleitung
- Abschaltung zweier Leitungen erforderlich
- Abschaltung fünf Tage vorher bewilligt



Amsteg – Steinen

Wassen – Steinen

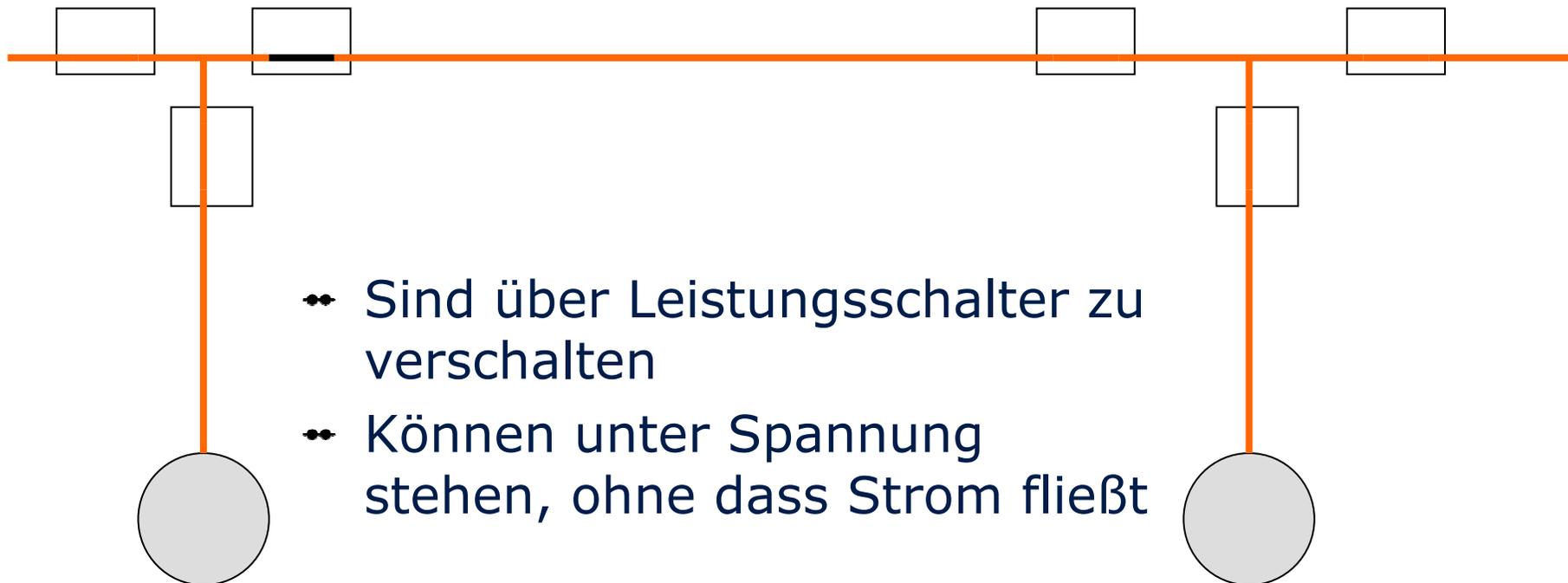


Amsteg – Rotkreuz

2x3 Leiter für 50 Hz

- Besitzen eigene Schutzeinrichtungen
- Bestehen größtenteils aus rotierenden Maschinen

- Kraftwerke:
 - Wandeln Energieform
 - Energiefluss nur zu elektrischem Netz möglich
- Frequenzumformer:
 - Notwendig zur Frequenzanpassung zwischen Landesnetz und Bahnnetz
 - Energiefluss in beiden Richtungen möglich



1	Maschinensatz arbeitet ordnungsgemäß (liefert Energie)
1-	Maschinensatz arbeitet ordnungsgemäß (bezieht Energie)
1	Maschinensatz hat Warnung abgegeben
1	Maschinensatz elektrisch vom Netz getrennt
1	Nicht in Betrieb
1	Anlagenteil gesperrt
1	Regler im Inselbetrieb
1	Maschinensatz im Inselbetrieb hat Warnung abgegeben
1	Schnellschluss (Anlage nicht am Netz nutzbar)
1	Maschinensatz führt Notschluss durch

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1-	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung: **1** **2** **3** Leistung: 170 MW Richtung: Norden

Kraftwerke										Frequenzumformer			
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco			
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x	1-	2-	3-

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: 30 MW

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1-	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung: **1** **2** **3** Leistung: 171 MW Richtung: Norden

Kraftwerke										Frequenzumformer			
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco			
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x	1-	2-	3-

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: 30 MW

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1-	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung: **1** **2** **3** Leistung: **221 MW** Richtung: Norden

Kraftwerke										Frequenzumformer			
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco			
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x	1-	2-	3-

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **-20 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1-	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer			
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco			
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x	1-	2-	3-

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **-20 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1-	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer			
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco			
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x	1-	2-	3-

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **-20 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1-	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer				
Amsteg			Göschenen			Ritom				Wassen		Giubiasco		
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x		1	2-	3-

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **-20 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1-	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer				
Amsteg			Göschenen			Ritom				Wassen		Giubiasco		
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x		1	2-	3-

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **-20 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1-	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer				
Amsteg			Göschenen			Ritom				Wassen		Giubiasco		
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x		1	2	3-

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **-20 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1-	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer				
Amsteg			Göschenen			Ritom				Wassen		Giubiasco		
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x		1	2	3-

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **-20 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1-	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom				Wassen		Giubiasco			
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x			1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: 0 MW

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1-	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer				
Amsteg			Göschenen			Ritom				Wassen		Giubiasco		
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1-	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer			
Amsteg			Göschenen			Ritom			Wassen	Giubiasco			
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x	1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: 0 MW

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB			
	x-		1-	2		1-	2		1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer			
Amsteg			Göschenen			Ritom			Wassen	Giubiasco			
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x	1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB			
	x-		1-	2		1-	2		1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: 0 MW

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1-	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer			
Amsteg			Göschenen			Ritom			Wassen	Giubiasco			
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x	1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1-	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer				
Amsteg			Göschenen			Ritom				Wassen		Giubiasco		
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1-	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer			
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco			
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x	1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1-	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer			
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco			
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x	1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB				
Singen		Haltingen		
	1		1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB			
	x-		1-	2		1-	2		1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1-	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer			
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco			
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x	1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB			
	x-		1-	2		1-	2		1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB			
	x-		1-	2		1-	2		1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB			
	x-		1-	2		1-	2		1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden			Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB		
	x-		1-	2	1	2	1-	2	1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer			
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco			
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x	1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB			
	x-		1-	2	1		2	1-	2	1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB			
	x-		1-	2	1		2	1-	2	1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB			
	x-		1-	2	1		2	1-	2	1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB			
	x		1-	2	1		2	1-	2	1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein		Etzelwerk				Châtelard					
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB			
	x		1-	2	1		2	1	2	1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg		Göschenen			Ritom			Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: 0 MW

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer										
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB		
	x		1-	2	1		2	1	2	1 2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB			
	x		1-	2	1		2	1	2	1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer										
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB		
	x		1-	2		1		2		1 2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB			
	x		1-	2	1		2	1	2	1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1		1		2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB			
	x		1-	2	1	2	1	2	1	2	

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB			
	x		1-	2	1		2	1	2	1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB			
	x		1-	2	1		2	1	2	1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB			
	x		1-	2	1		2	1	2	1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB			
	x		1-	2	1		2	1	2	1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB			
	x		1-	2		1		2		1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB			
	x		1-	2	1		2	1	2	1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB			
	x		1-	2	1		2	1	2	1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB					
Singen			Haltingen		
	1			1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB			
	x		1-	2		1		2		1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom				Wassen		Giubiasco			
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB				
Singen		Haltingen		
	1		1	2

Frequenzumformer										
Massaboden		Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB		
	x		1-	2		1		2		1 2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom				Wassen		Giubiasco			
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB				
Singen		Haltingen		
1		1		2

Frequenzumformer										
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB		
x		1-	2	1		2	1	2	1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer			
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco			
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x	1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: 0 MW

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB				
Singen		Haltingen		
	1		1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB			
	x		1-	2	1		2	1	2	1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB				
Singen		Haltingen		
	1		1	2

Frequenzumformer										
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB		
	x		1-	2		1		2		1 2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB				
Singen		Haltingen		
	1		1	2

Frequenzumformer											
Massaboden		Seebach		Ruperswil		Kerzers		RhB			
	x		1-	2	1		2	1	2	1	2

Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer					
Amsteg			Göschenen			Ritom		Wassen		Giubiasco					
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6		x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: 0 MW

Kraftwerke											
Ruperswil-Auenstein			Etzelwerk				Châtelard				
	2		1	2	6	7	1	2	4	5	7

Kupplungen zur DB				
Singen		Haltingen		
1		1		2

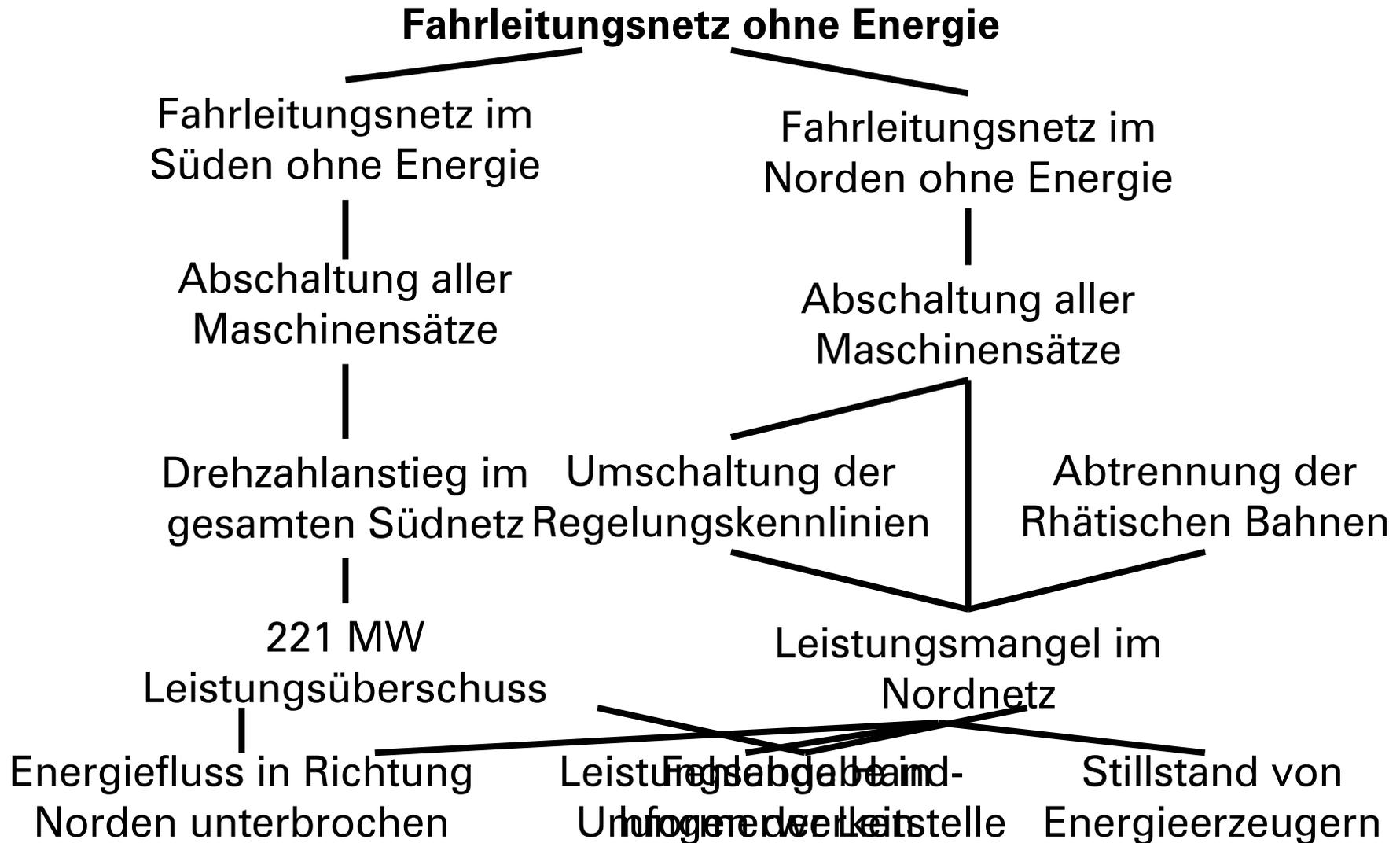
Frequenzumformer										
Massaboden		Seebach		Rupperswil		Kerzers		RhB		
x		1-	2	1		2	1	2	1	2

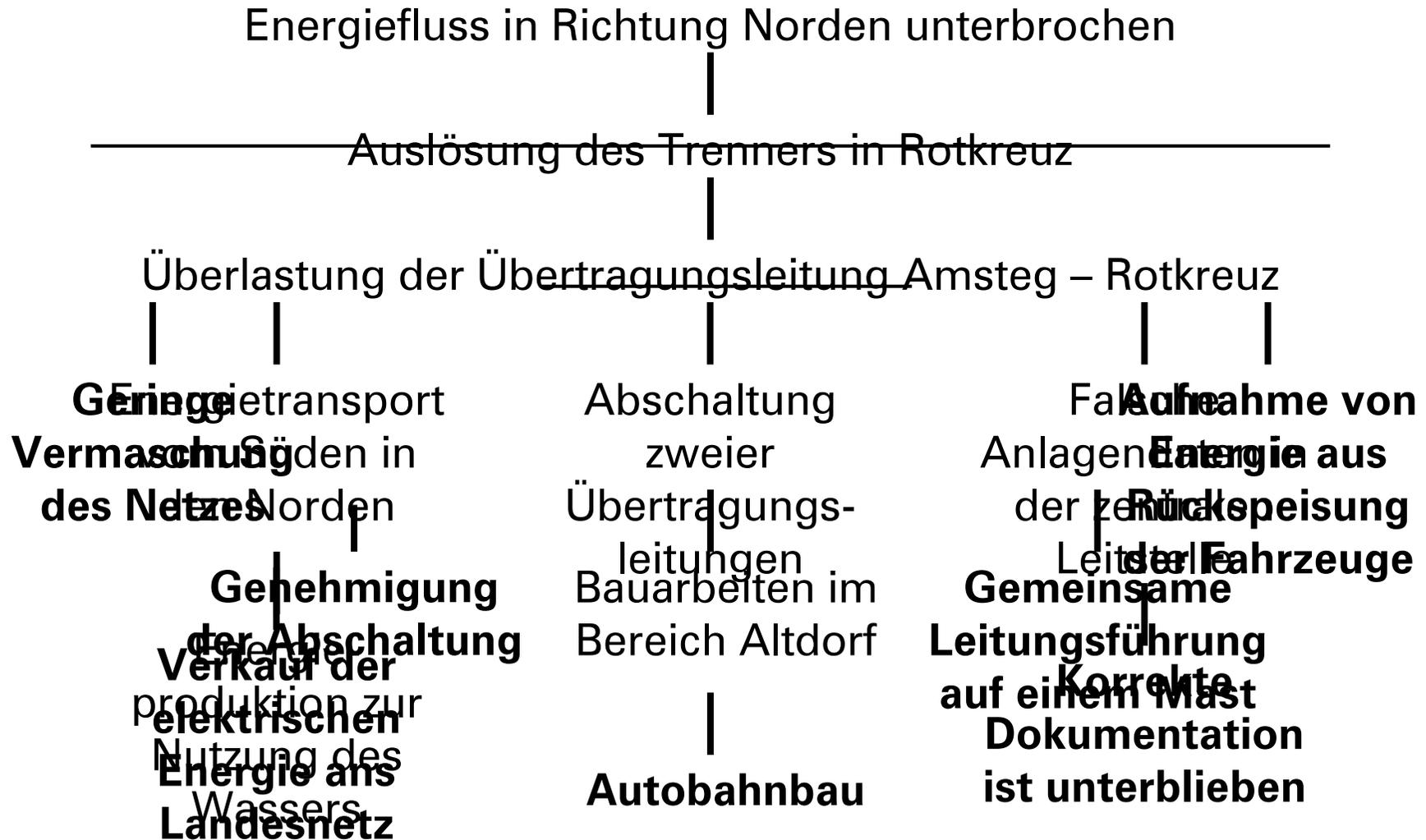
Übertragungsleitung:	1	2	3	Leistung: 0 MW	Richtung: -
----------------------	---	---	---	----------------	-------------

Kraftwerke										Frequenzumformer				
Amsteg			Göschenen			Ritom				Wassen		Giubiasco		
1	2	3	1	2	3	1	2	5	6	x		1	2	3

Leistungsaufnahme im Fahrleitungsnetz: **0 MW**

- Alle Fahrleitungstransformatoren sind vom Energieversorgungsnetz getrennt.
- Der Bahnbetrieb auf den Strecken der SBB ruht ca. 90 min nach dem ersten Ereignis vollständig.





- Nicht änderbare Ursachen:
 - Autobahnbau
 - Gemeinsame Leitungsführung
 - Verkauf der elektrischen Energie ins Landesnetz
 - Aufnahme von Energie aus der Rückspeisung der Fahrzeuge
- Menschliche Ursachen:
 - Korrekte Dokumentation ist unterblieben
- Organisatorische Ursachen:
 - Fehlende Filterfunktion innerhalb der Leittechnik
 - Derartiges Szenario nie betrachtet
 - Genehmigung der Abschaltung
 - Ungünstige Darstellung der Schaltzustände auf Monitor
 - Geringe Vermaschung des Netzes

- ↯ Kurzfristige Maßnahmen:
 - ↯ Anlagendokumentation überarbeitet
 - ↯ Störszenarien erweitert
- ↯ Mittelfristige Maßnahmen:
 - ↯ Filterfunktionen in System eingeführt
- ↯ Langfristige Maßnahmen:
 - ↯ Ausbau des Übertragungsnetzes

- Fehlende Redundanz war bekannt
- Risiko einer Überlastung bekannt

- Genehmigung nur mit Auflagen erlassen
- Auflagen wurden übererfüllt

- Findet sich im Graph nicht wieder
- Fehleinschätzung der Mängel möglich

- Aufwand: mittel (3 Arbeitstage)

- Nutzen ist fragwürdig, da:
 - Keine Schleifen innerhalb des Prozesses abgebildet werden
 - Zeitliche Aspekte nicht berücksichtigt sind
 - Parallele Prozesse aus Graph nur schwer ermittelbar

