

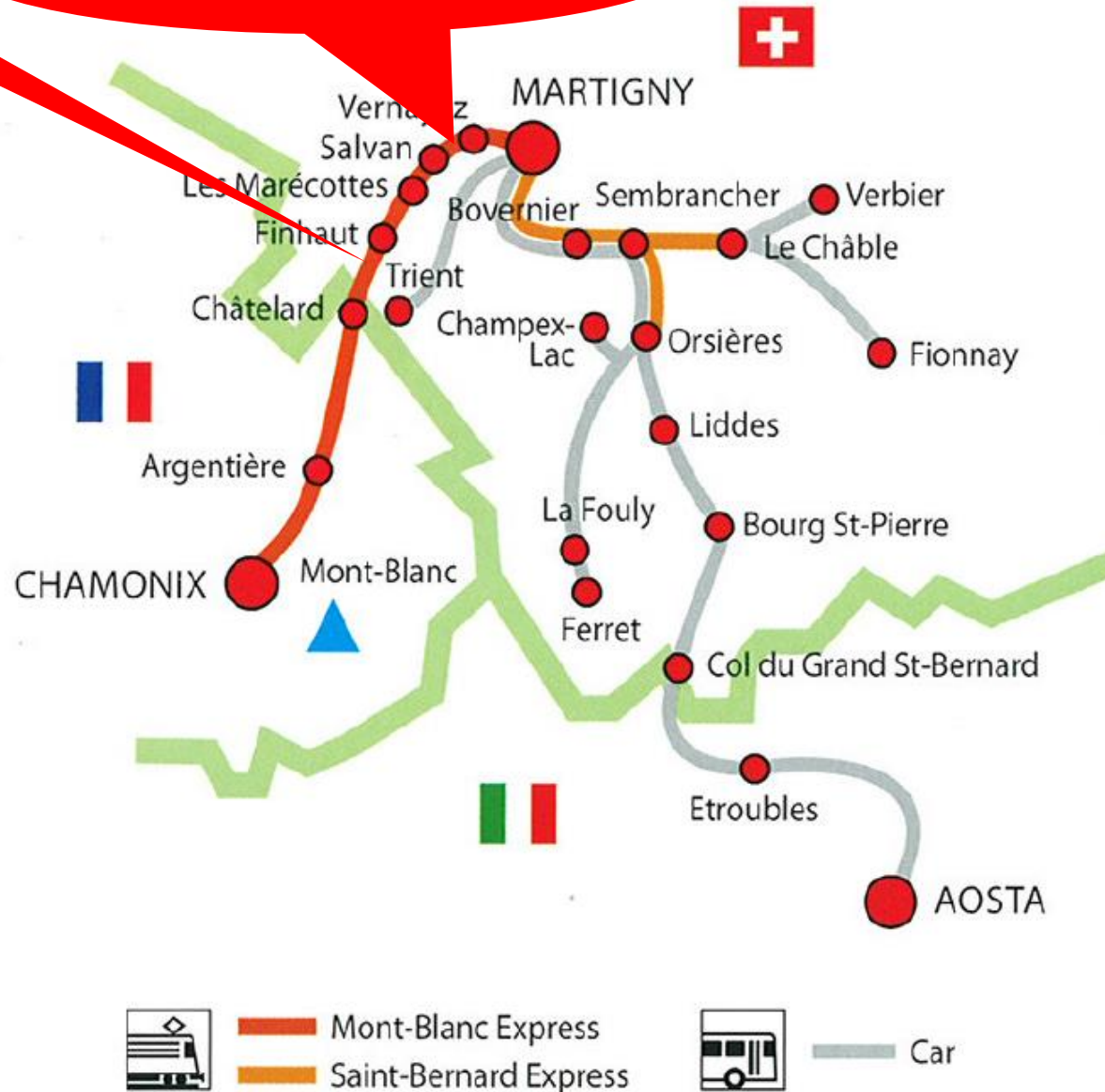


Rekuperation der Bremsenergie des Mont- Blanc Express

Workshop Energieforum VöV – 30.01.2018

CH:
18 km

Zahnstangenabschnitt
200‰



Mont-Blanc Express
Saint-Bernard Express



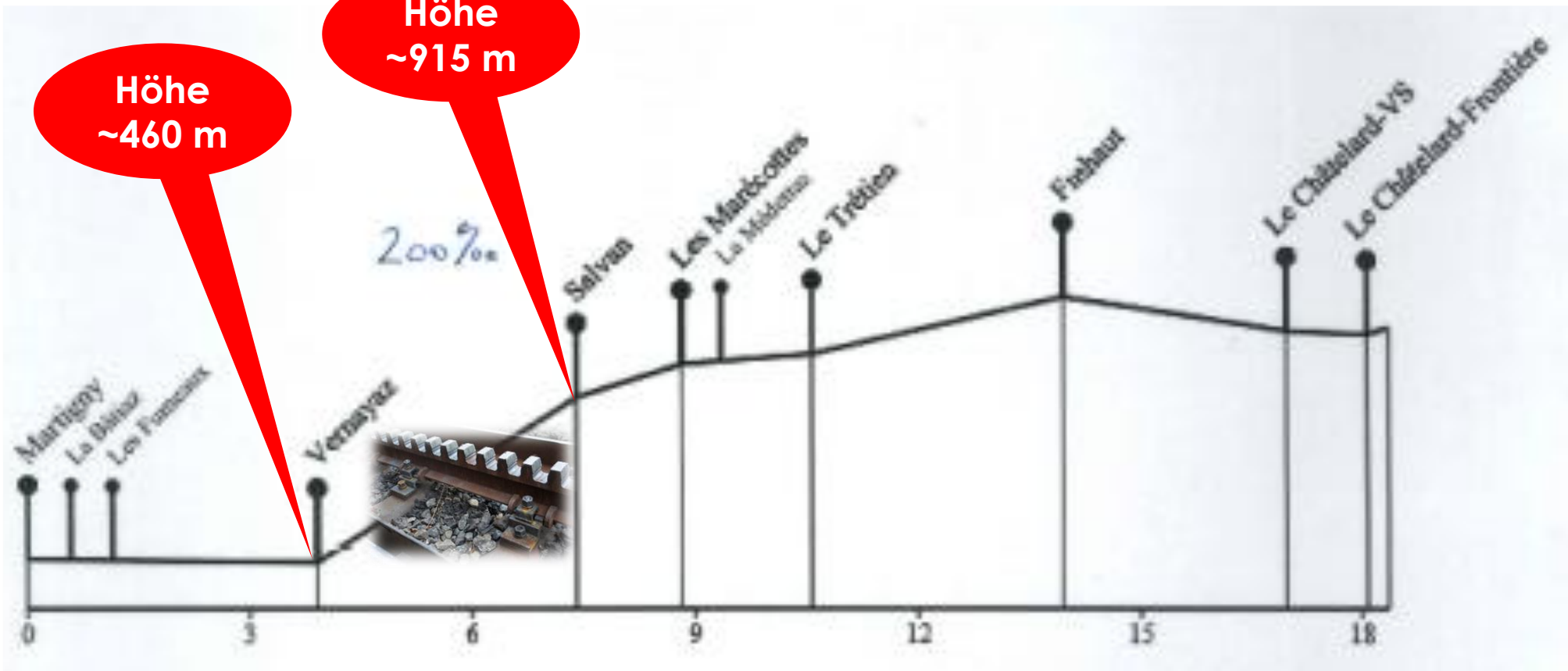
Car





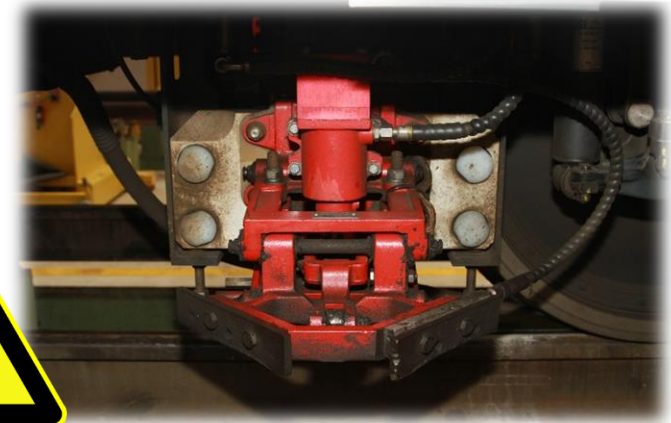
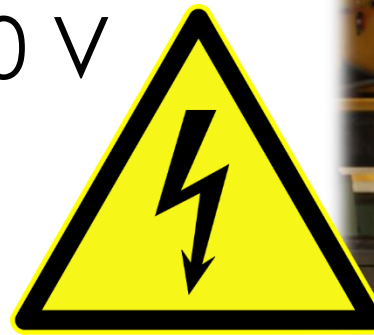
Merkmale der Linie

- Neigung ~455 M zwischen Salvan und Vernayaz



Merkmale der Linie

- Stromversorgung über 3. Schiene oder Oberleitung
- Gleichspannung 850 V
- 3 Unterwerke



Fahrzeuge



Fahrzeuge	Foto	Länge	Gesamtgewicht Einzeleinheit	Anzahl Reisende	Möglichkeit Vielfachsteuerung
Z 870 (Z871 und Z872)		40.8 m	86 t	213	JA
Z800 (801, 802, 803, 821, 822)		37.8 m	81 t	104	JA
BDeh 4/8 + Bt		18 m 15.4 m	46.8 t 22.2 t	180	NEIN
BDeh 501		17.8 m	47.5 t	Infrastruktur 40 Max	NEIN
Xemh 4/4 (Bobby)		18 m	46.8 t	Infrastruktur	NEIN



Ursprung des Projekts



- Umweltpolitik TMR: Energieeffizienz!
- Bereitschaft, die beim Bremsen produzierte Energie zu verwerten
- Mehrere Studien in Auftrag gegeben
- Mehrere Varianten in Erwägung gezogen
- Energiestrategie – ESöV 2050 & mögliche Unterstützung durch das BAV



Varianten

Option	Hindernisse
Direkte Nutzung des elektrischen Stromes	<ul style="list-style-type: none">• Erzeugungsspitze wenn der andere Zug gleichzeitig auch rekuperiert. Die Züge müssten sich in einer anderen Station kreuzen.• Distanz zwischen Erzeuger und Verbraucher + elektrischer Widerstand der 3. Schiene = grosser Spannungsabfall
Rück-Verkauf des elektrischen Stromes	<ul style="list-style-type: none">• Notwendigkeit eines rückspeisefähigen Unterwerks• Zu tiefer Preis beim Rück-Verkauf• Zu grosse Fluktuation der Produktion, kein Interessent möglicher Abnehmer
Speicher auf den Fahrzeugen	<ul style="list-style-type: none">• Zu wenig Platz in den Fahrzeugen• Notwendigkeit einer Zulassung• Zusätzliches Gewicht, auf Zahnstange besonders unerwünscht



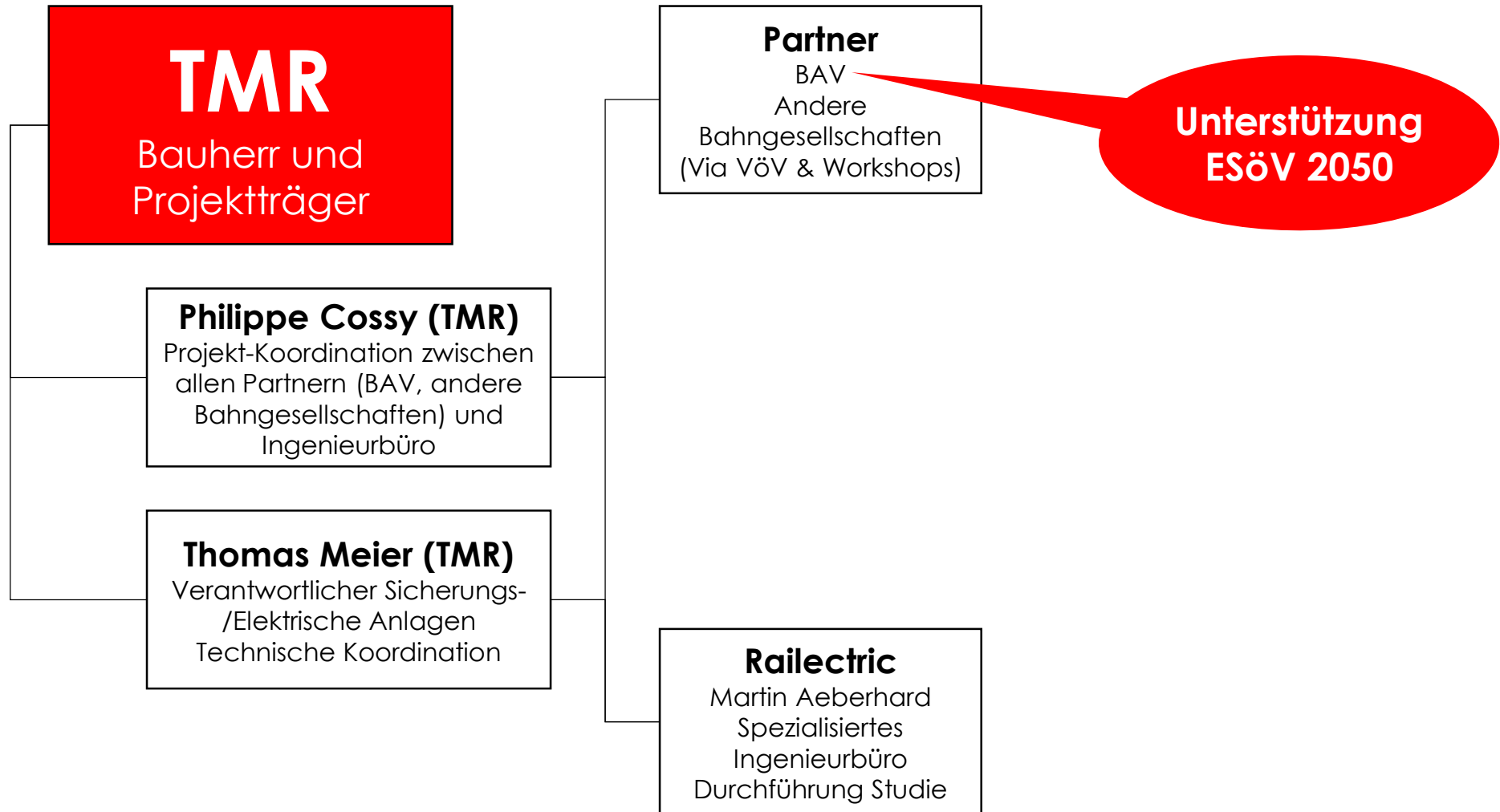
Projektziele



- Bestimmung von Typ, Kapazität und Standort eines Speichersystems mittels Simulation.
- Einholen von Richtofferten gemäss Spezifikation bei möglichen Herstellern.
- Die Ergebnisse der Untersuchungen sollen allen Interessierten zur Verfügung gestellt werden.

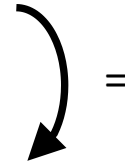


Organigramm



Rekuperation bei Zahnradbahnen Keine einfache Aufgabe...

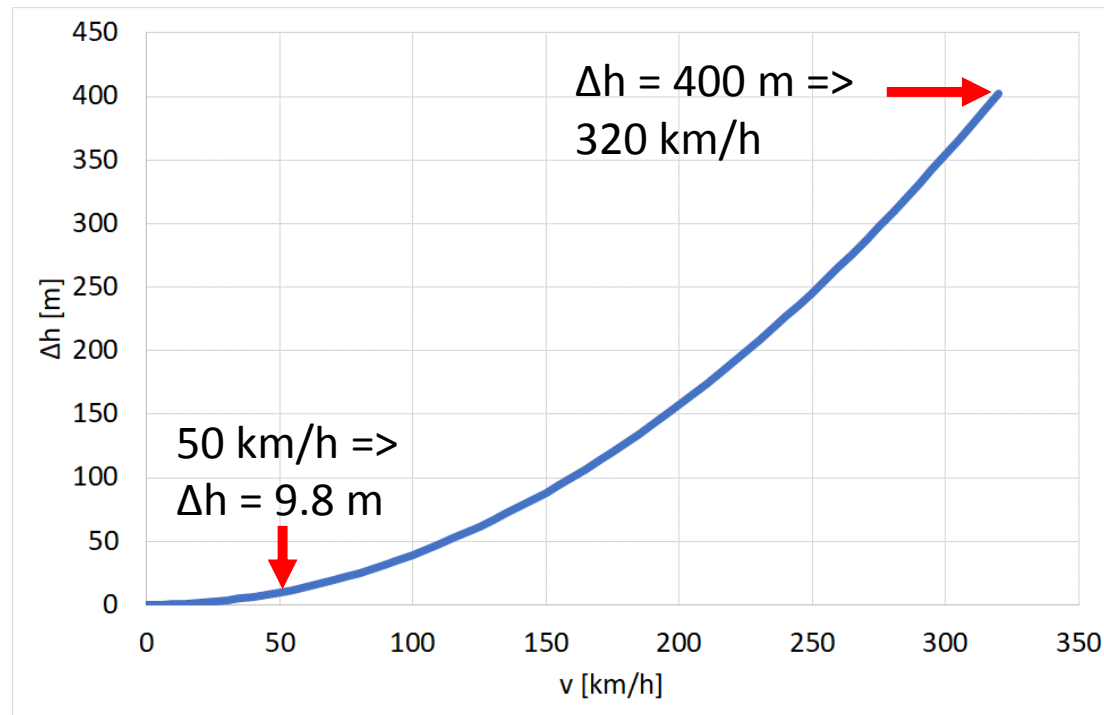
Kinetische Energie: $E = \frac{1}{2} * m * v^2$



=

$$\Delta h = \frac{v^2}{2 * g}$$

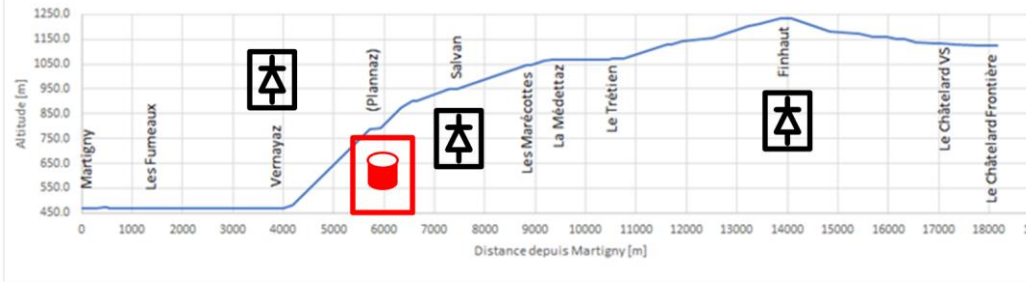
Potentielle Energie: $E = m * g * \Delta h$



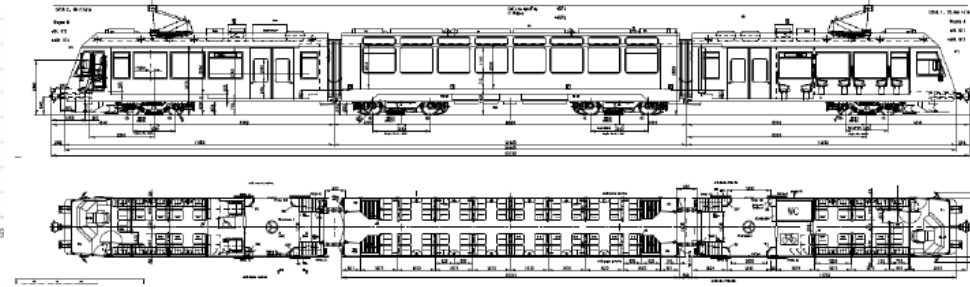
Simulationsmodell (Simulation mit μ PAS/ZFS)



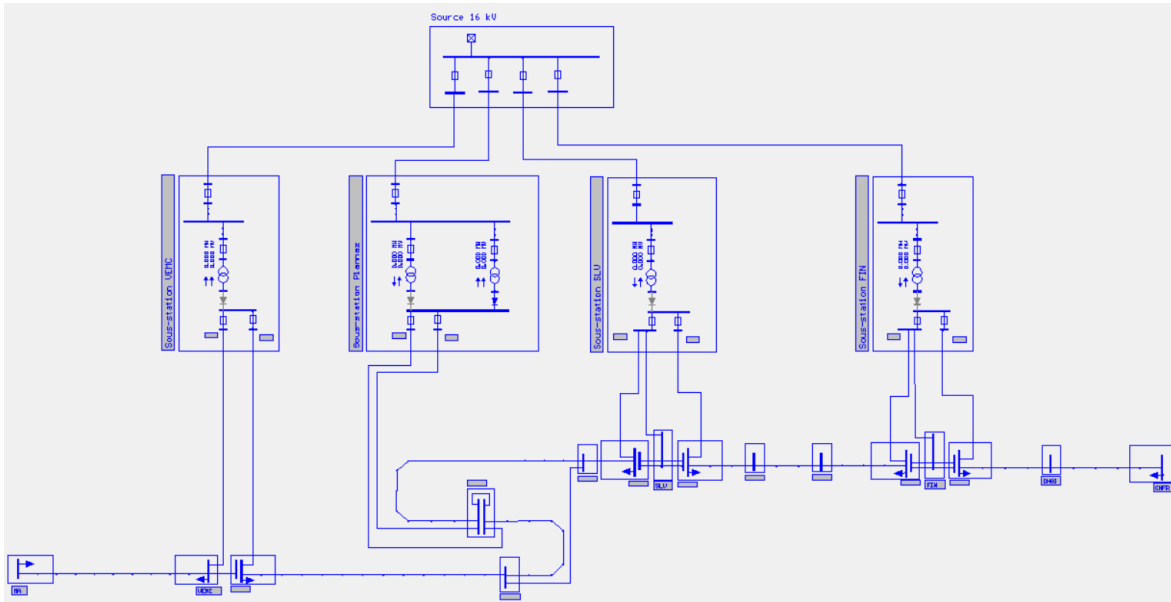
Streckendaten



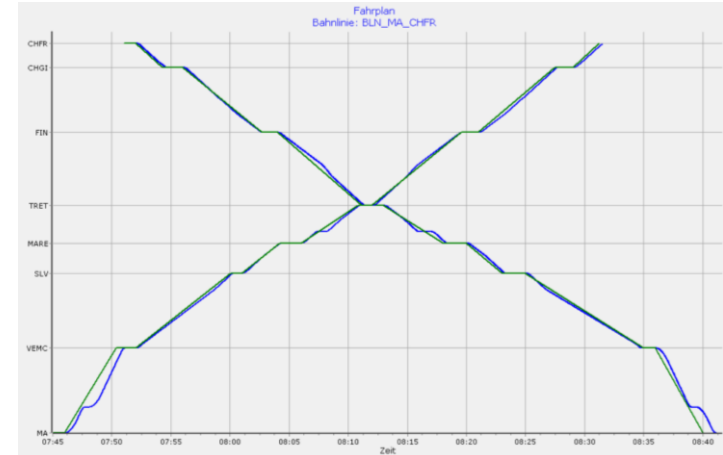
Fahrzeugdaten



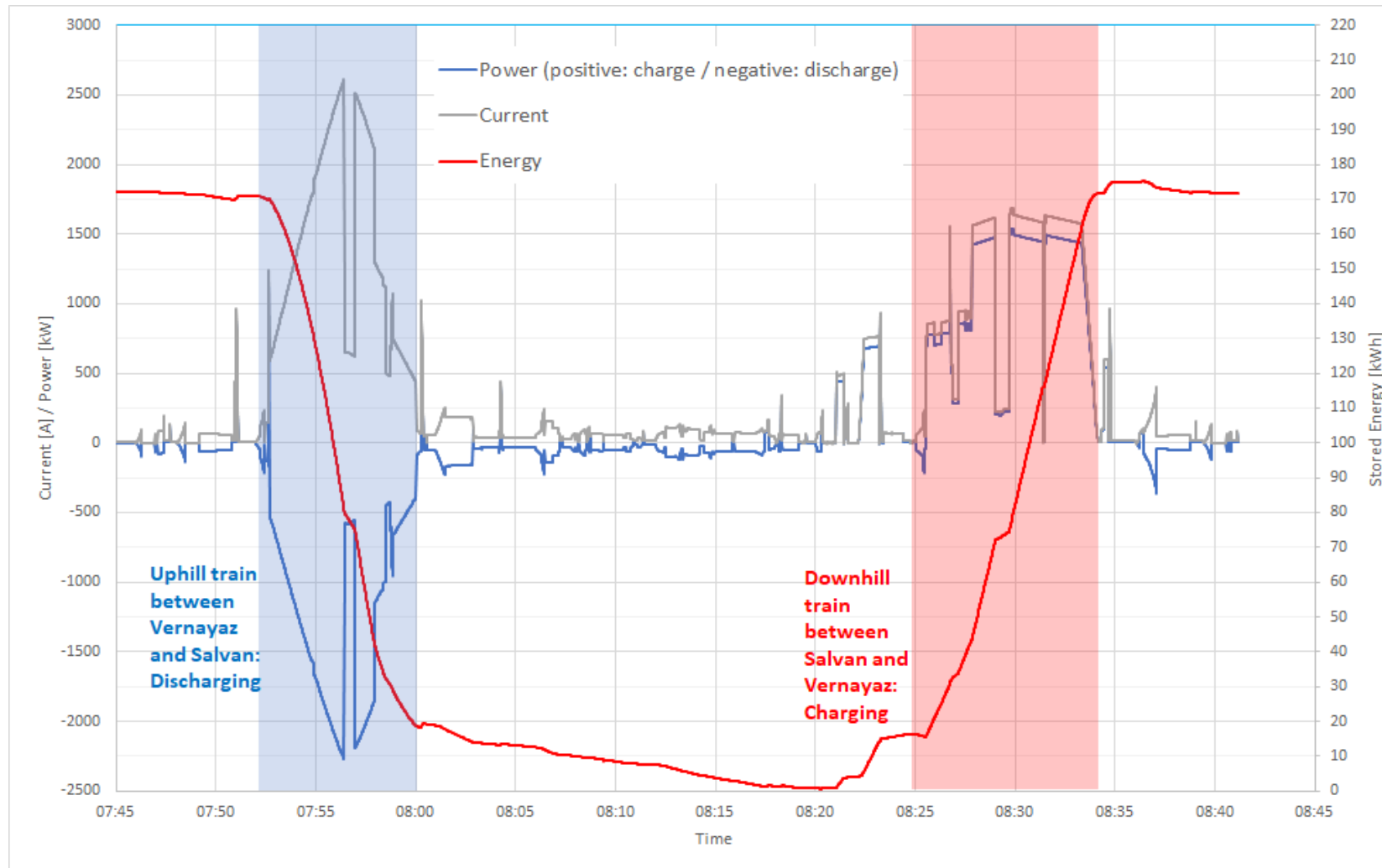
Netz der Bahnstromversorgung



Fahrpläne



Ergebnisse der Simulation

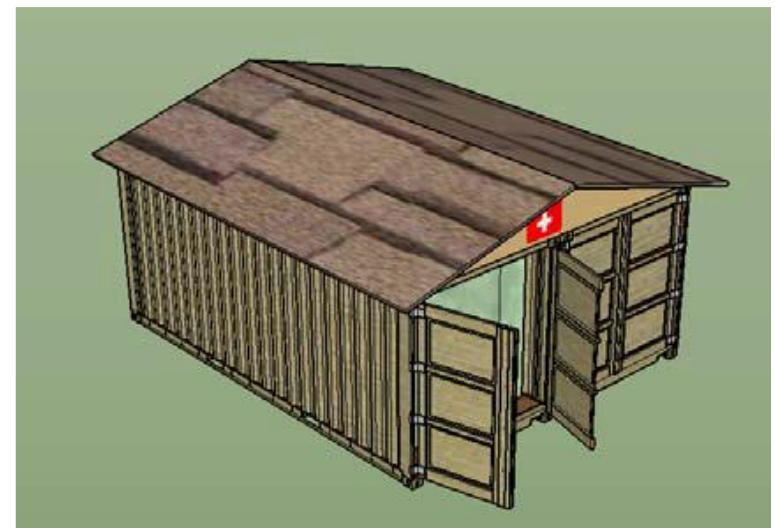


Vorgeschlagene Lösungen

	Vorschlag 1	Vorschlag 2	Vorschlag 3	Vorschlag 4
Technologie	Batterie	Batterie	Batterie	Schwungrad
Kapazität E (kW/h)	86*	90*	86*	86*
Leistung (kW)	1000	835	1300	
Lebensdauer Batterie (a)	10.2	10	6	NA
Preis (€)	~1,05 Mio	~0,97 Mio	~0,95 Mio	
Davon Batterie (%)	?	~49	50-55	

* Zyklisch nutzbare Speicherkapazität

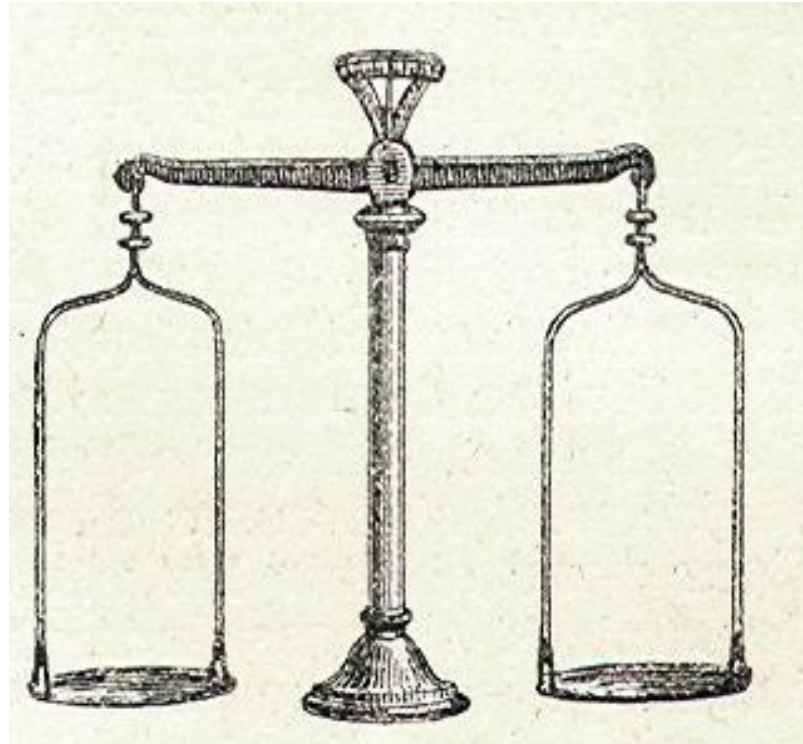
Ca. 15 Lieferanten kontaktiert
4 konkrete Vorschläge
1 alternativer Vorschlag



Wirtschaftliche Bilanz

Investitionskosten
(gemäss Folie 14)

Unterhalt / Ersatz
(insbesondere der
Batterien)



Energie-Einsparung durch
Rekuperation, Annahmen:

Speicherkapazität 90 kWh*), 18
Lade-Entlade-Zyklen/pro Tag

- Energie-
Umwandlungsverluste
- Heizung/Klimatisierung der
Batterien

= ~ 530'000 kWh/an Einsparung

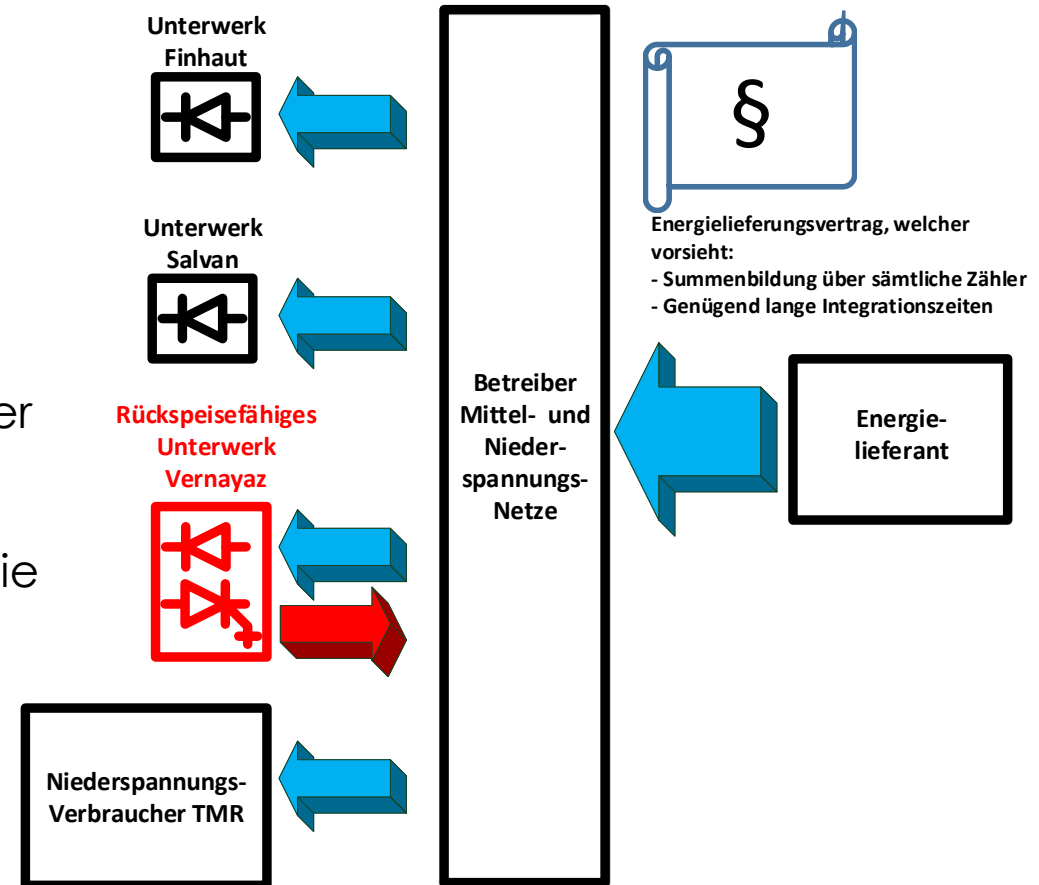
=> ~ 85'000 CHF/an Einsparung

*) Die Ausnutzung der Kapazität hängt unter anderem ab von: Auslastung der Züge (Brutto-Masse), Fahrwiderstand, Verluste im Antriebsstrang und in der Fahrleitung, Heizung/Klimatisierung...



Alternative(en)

- Ersatz eines Unterwerks (mit Diodengleichrichter) durch ein rückspeisefähiges Unterwerk
- Vorteile:
 - Besserer Wirkungsgrad (keine Heizung/Klimatisierung der Batterien)
 - Geringere Investitionskosten
 - Keine Fragen der Batterie-Lebensdauer
- Nachteil:
 - Notwendigkeit, die rekuperierte Energie an den Betreiber des Mittelspannungsnetzes zurück zu verkaufen
- Oder... Kombination von rückspeisefähigem Unterwerk mit (kleinerem?) Speicher?



Schlussfolgerungen & Perspektiven



- Rentabilität noch nicht abgesichert!
- Folgende Bedingungen und Informationen fehlen noch:
 - Garantie Batterielebensdauer?
 - Wartungskosten?
 - Kosten für die Wiederverwertung / Entsorgung von Batterien?
 - Fördermöglichkeiten?
- Untersuchungen werden weitergeführt (Alternativen)
- Nächster Workshop mit abschliessenden Schlussfolgerungen
- Abschlussbericht → BAV & interessierte Parteien

