TMX

HERZLICH WILLKOMMEN

09.05.2025 TST

Unterwerk mit Energierückgewinnung

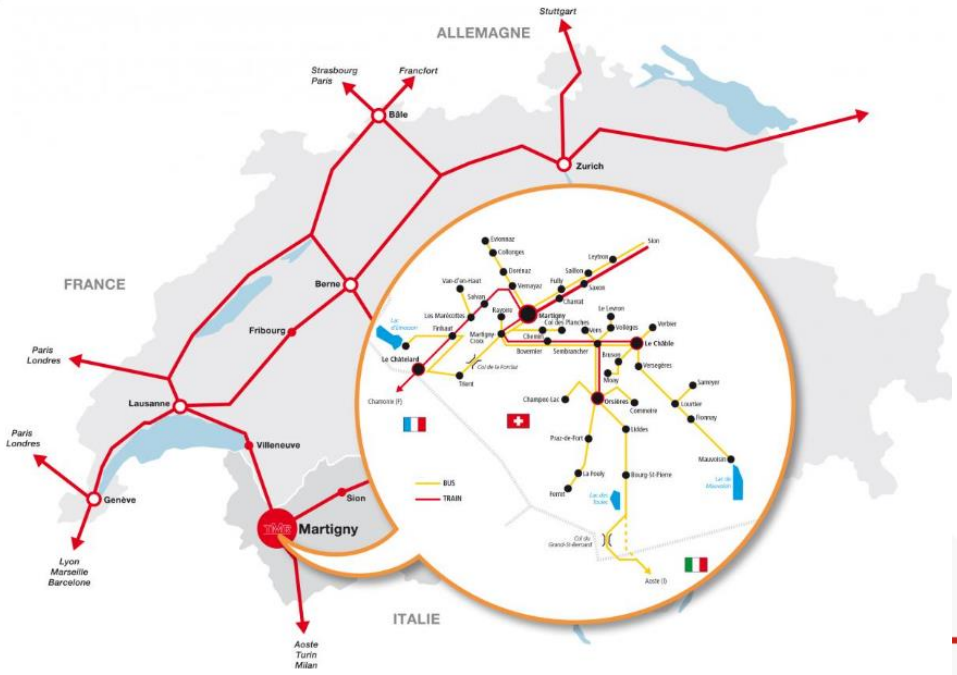
&

Energiespeicherung für den

Mont-Blanc Express

TMR SA

- Gleichstrom-Meterspurstrecke (Martigny-Châtelard).
- 15 kV 16.7 Hz elektrifizierte Normalspurstrecke (Martigny-Le Châble / Orsières).
- Drehgestell Reparatur- und -überholungszentrum, welches für Kunden aus der Schweiz und Frankreich tätig ist.
- Ein regionales Busnetz.
- Tochterunternehmen von Camion- und Eisenbahnbetreiber (RegionAlps).
- Etwa 240 Mitarbeiter.



Mont-Blanc Express

St. Gervais

FR
36 km

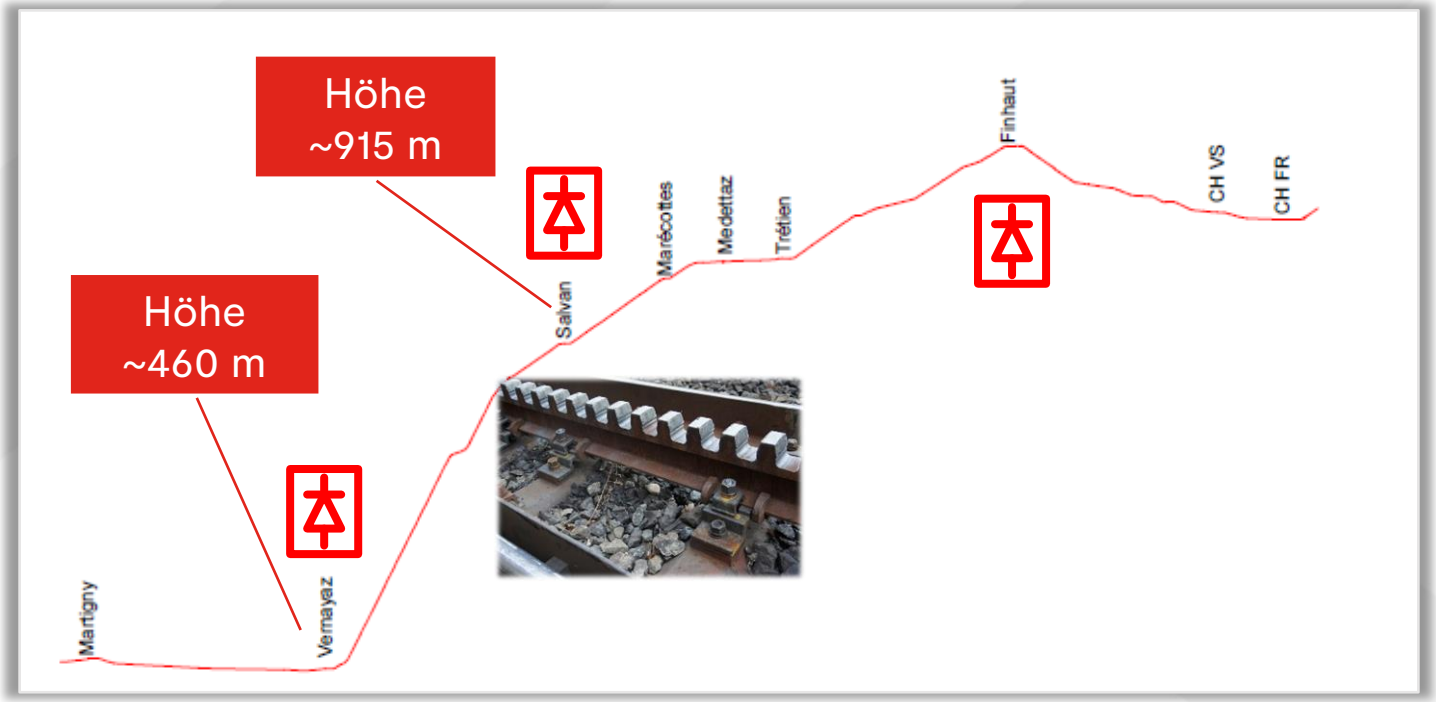
CH
19 km

Zahnstangenabschnitt
200‰

TMR

BAHNSTRECKENMERKMALE

- Höhenunterschied ~455 m zwischen Salvan und Vernayaz.
- Zahnstange vom Typ Strub, 200‰ zwischen Vernayaz und Salvan.
- Inselnetz zur Versorgung mit Bahnstrom.
- 3 Unterwerke (Vernayaz, Salvan, Finhaut).



BAHNSTRECKEN-MERKMALE

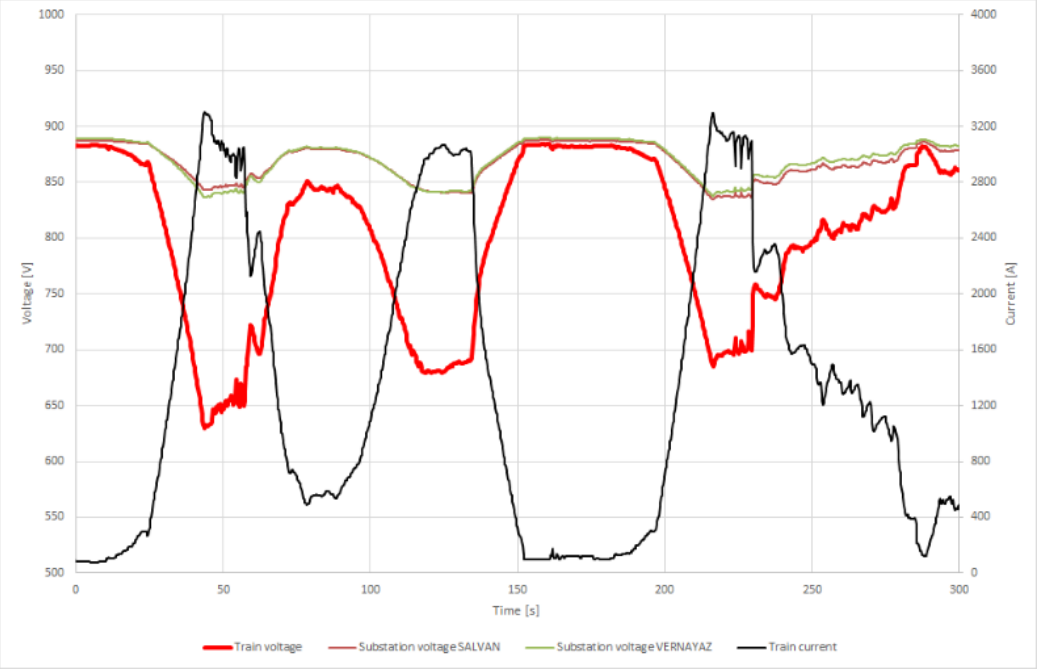
- Stromversorgung durch Stromschiene 8 km.
- Stromversorgung durch Fahrleitung 11 km.
- 850 VDC Nennspannung.

SCHIENENFAHRZEUGE

Züge	Bilder	Länge	Maximales Gesamtgewicht einzelne Einheit	Maximale Anzahl Reisende	Rückgewinnung von Bremsenergie möglich
Z 890 (7 Fahrzeuge in Auslieferung von Stadler Rail, davon 3 Schweizer Züge)		40 m	91 t	230	JA
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 (Autom. 7 und 8, Steuerwagen no. 64)		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 no. 4 (Bobby)		18 m	46.8 t	Infrastruktur	NEIN

PROJECTURSPRÜNGE & PROBLEMATIK

- Erheblicher Spannungsabfall im Zahnstangenabschnitt (< 650V).
  - → Folge: Mehrfachtraktion nicht möglich.
  - → Keine Möglichkeit, die Streckenspannung zu erhöhen (Interoperabilität CH-FR).
- Keine Nutzung der Bremsenergie der Züge.
- Unterwerk Vernayaz am Ende seiner Lebensdauer und unterdimensioniert.
- Bauwerks- und Bahnerde im Depot verbunden.



PROJEKTURSPRUNG & PROBLEMATIK

Im Jahr 2016 beauftragte TMR Railectric mit der Untersuchung möglicher Lösungen, wie z. B.:

→ Zusätzliches Unterwerk in der Mitte des Zahnstangenabschnitts.
→ Erhöhung der Leistung des bestehenden Unterwerks.
→ Verringerung des Leitungswiderstands.
→ Energiespeichersystem in der Mitte des Zahnstangenabschnitts.

LÖSUNG DES SPANNUNGSPROBLEMS

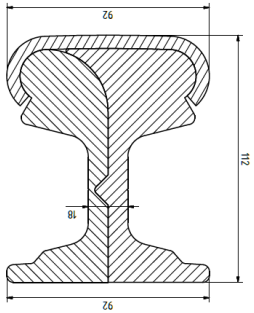
Zur Lösung des Spannungsproblems wurde die einfachste und zuverlässigste Lösung gewählt.

Installation einer neuen Stromschiene (Aluminium + Stahl – Verbund von SPL Powerlines).

Schleifenwiderstände (inkl. Rückleitung):

- ⇨ Alte Stromschiene (ohne Stromversorgung): 132 mΩ/km.
- ⇨ Neue Stromschiene (ohne Stromversorgung): 41 mΩ/km.

Nur 6 mΩ/km in der Stromschiene, der Rest in der Rückleitung= Gleis!



LÖSUNG DES SPANNUNGSPROBLEMS

Selbst bei zwei Z870-Einheiten in DT und maximaler Leistung fällt die Spannung nie unter 715 V.

PROJECTURSPRUNG & PROBLEMATIK

GELÖST!

- ~~Erheblicher Spannungsabfall in der Zahnstange (-650V).~~
  - ~~-> Folge: Mehrere Einheiten fahren nicht möglich.~~
  - ~~-> Keine Möglichkeit, die Streckenspannung zu erhöhen (Interoperabilität CH-FR).~~
- Keine Verwertung der Bremsenergie von Zügen.
- Unterwerk Vernayaz am Ende seiner Lebensdauer und unterdimensioniert.
- Bauwerks- und Bahnerde im Depot verbunden.

SPEICHERUNG UND VERWERTUNG DER ENERGIE

Der Unterschied in der potenziellen Energie zwischen Salvan und Vernayaz entspricht dem Anhalten eines Zuges mit gleicher Masse und einer Geschwindigkeit von 350 km/h auf ebener Strecke.

Moderne Fahrzeugtypen haben die Möglichkeit, durch Rekuperation zu bremsen, aber aufgrund der betrieblichen Einschränkungen (ein Zug pro Stunde in jede Richtung, Zugskreuzungen ausserhalb des Zahnstangenabschnitts) kann nur ein kleiner Teil der verfügbaren Energie zwischen den Zügen ausgetauscht werden.

In einer vom BAV im Rahmen des Programms ESöV 2050 (Energiestrategie 2050 für den öffentlichen Verkehr) *) teilweise subventionierten Studie wurden die folgenden Lösungen verglichen:

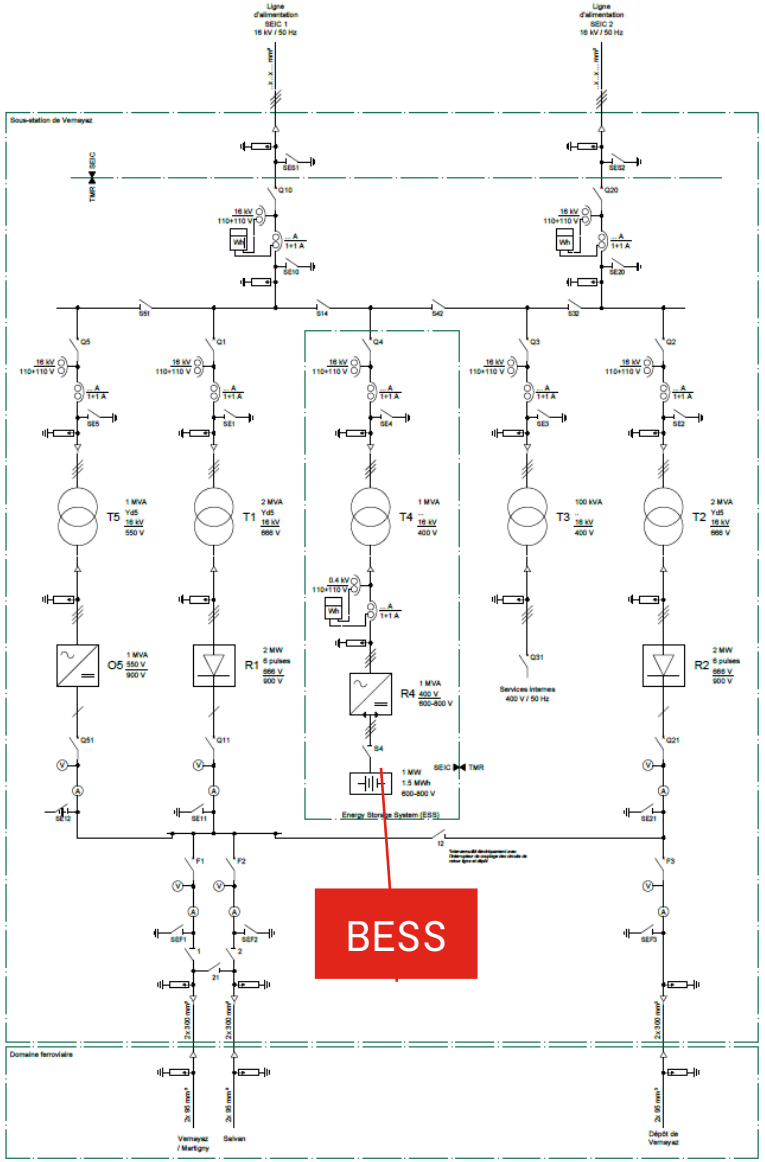
- Energiespeichersystem mit Schwungrad.
- Energiespeichersysteme mit Batterien von verschiedenen Anbietern mit unterschiedlichen Speicherkapazitäten.
- Rückspeisefähiges Unterwerk in Vernayaz.

*) Abschlussbericht (auf Französisch) zum Herunterladen unter:
www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=70403&Load=true

VERNAYAZ NEUES UNTERWERK

Ein umkehrbares Unterwerk, dass das bestehende Unterwerk in Vernayaz ersetzen soll, ist sowohl hinsichtlich der Energieeffizienz als auch der LCC die beste Lösung.

- Finanzierung des Teils des Unterwerks durch den BAV-Leistungsvereinbarung.
- Finanzierung des Speicherteils durch eine private Investition 50 % TMR – 50 % GENEDIS.
- Unterstützung des ProKilowatt-Programms des Bundesamtes für Energie für die Privatwirtschaft.
- ABB gewann die Ausschreibung für den reversiblen Unterwerksteil.



VERNAYAZ NEUES UNTERWERK

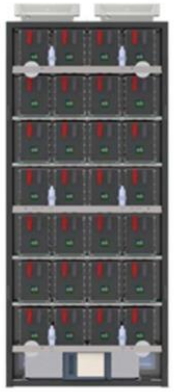
Warum Energie speichern, anstatt sie direkt ins Netz einzuspeisen?

Vorteil Bahn: wetterunabhängige Menge an rückgewinnbarer Energie, symmetrischer Fahrplan über das Jahr.

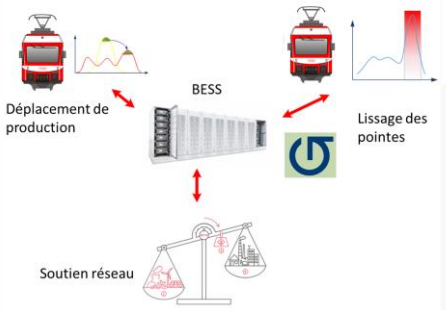
Aufwertung von Energie für spezifische Anwendungen, Suche nach einem effizienten Ansatz.

VERNAYAZ NEUES UNTERWERK

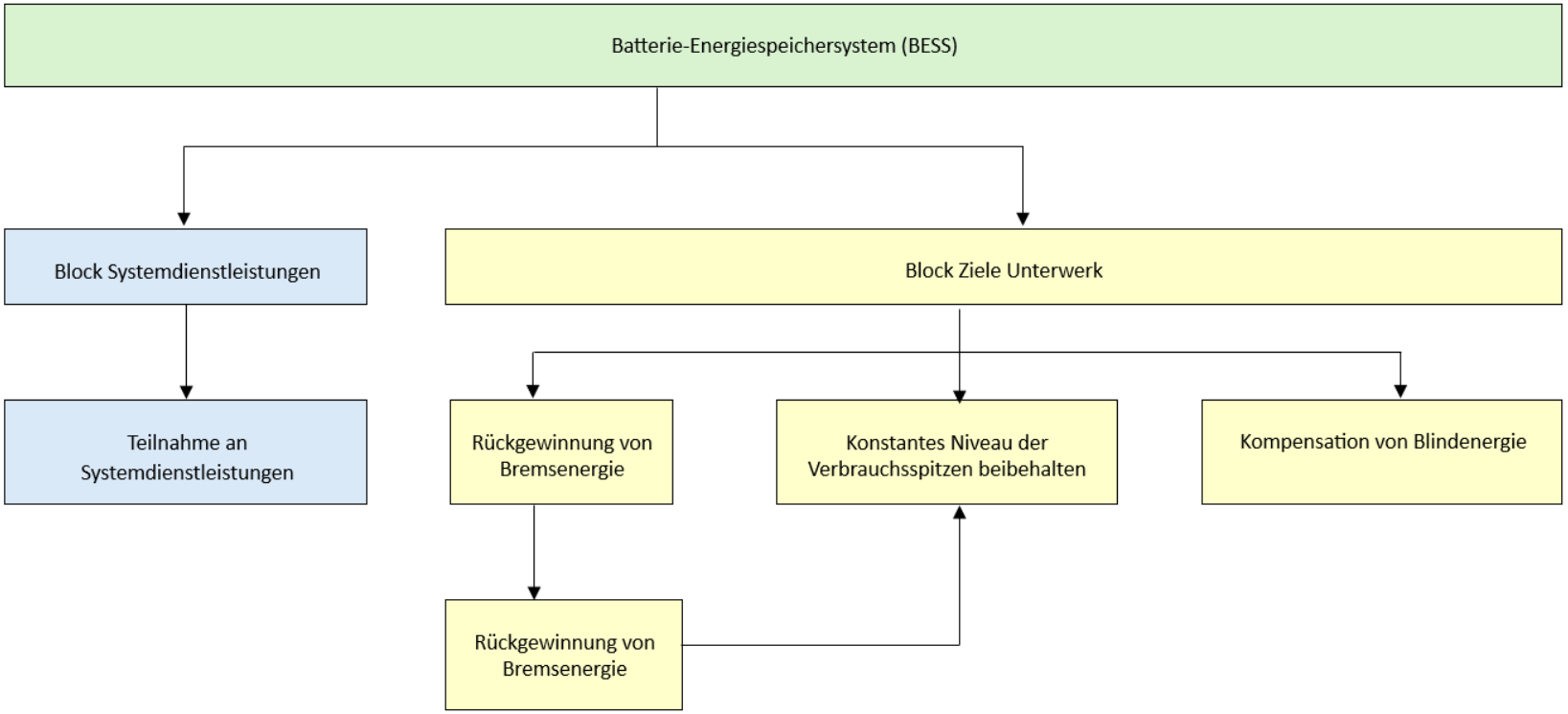
- Zu verwertende Energiemenge im Abschnitt Vz-Slv = 540.000 kWh pro Jahr.
  - ⇨ *Entspricht dem Jahresverbrauch von ca. 250 Haushalten.*
- Installierte Speicherkapazität von 2250 kWh – davon nutzbar 1800 kWh (90 %).
- Batterie-Nennleistung 1750 MW.
- Flüssigkeitskühlung des Speichersystems (80 %) und Luft (20 %).
- 15 Jahre Batterielebensdauer (350 Lade-Entlade-Zyklen pro Jahr, 2 % Verschlechterung pro Jahr).
- Batterie vom Typ Lithium-Eisenphosphat, optimale Sicherheit.



VERNAYAZ NEUES UNTERWERK



- **3 Anwendungen zur Energierückgewinnung**
- **In Anlehnung an ein Pumpspeicher-Kraftwerk**

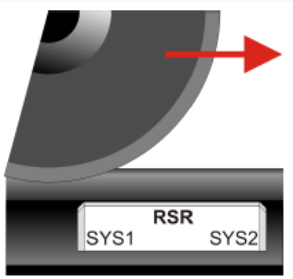


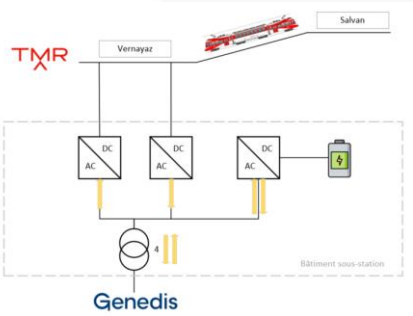
VERNAYAZ NEUES UNTERWERK

Hauptrisiken

1. Beherrschen und Begrenzung der Kreisströme zwischen dem benachbarten Unterwerk (Salvan) und dem von Vernayaz.

Lösung: Erkennung der Fahrtrichtung des Zuges im Gleis und Aktivierung des Wechselrichters nur während der Talfahrt des Konvois für eine bestimmte Zeit.



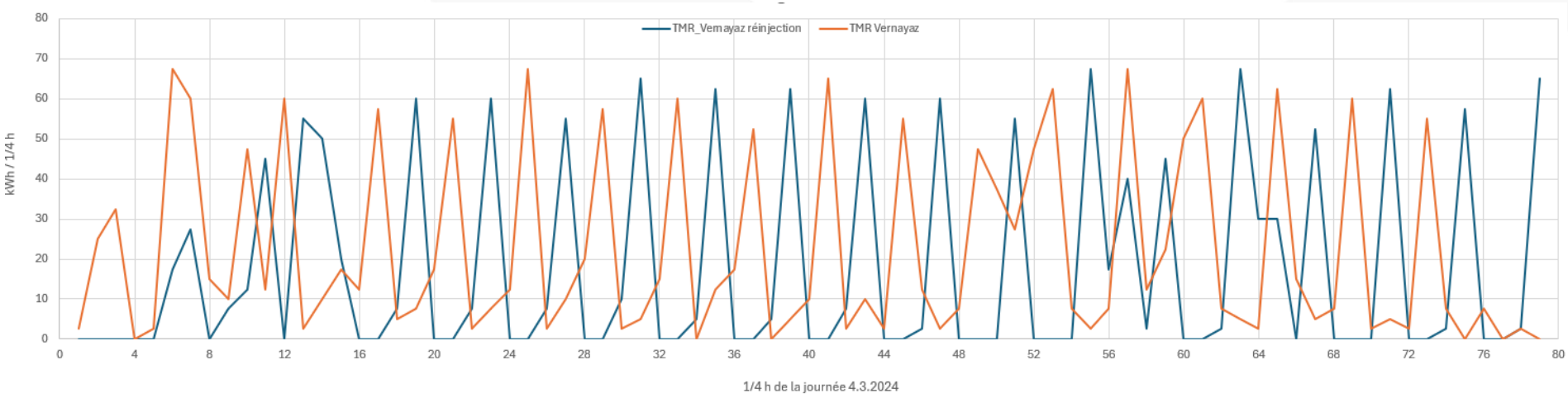


2. Verwaltung und Begrenzung der Kreisströme zwischen dem Wechselrichter und dem Gleichrichter des Unterwerks Vernayaz.

Lösung: Senkung der Leerlaufspannung der Unterstation auf 850 VDC / Rückspeisung ab 970 VDC am Wechselrichter.

VERNAYAZ NEUES UNTERWERK

Erste Ergebnisse

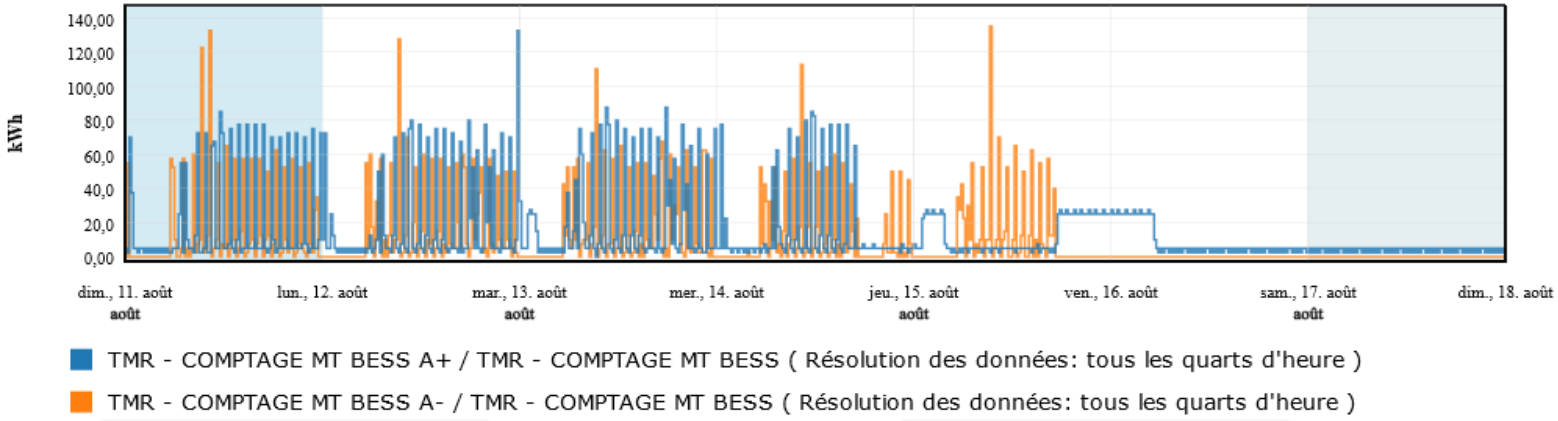


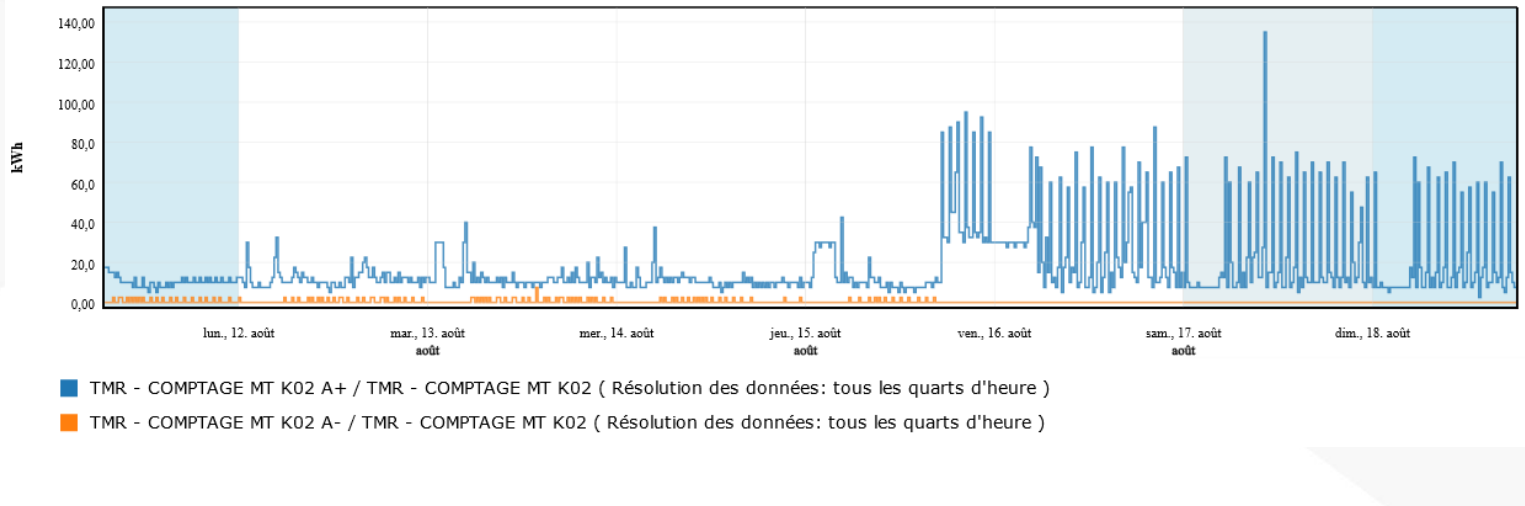
Betriebstag 04.03.2024:
Rückspeisung: 1.515 kWh
Verbrauch: 1.750 kWh

angestrebtes Ziel

VERNAYAZ NEUES UNTERWERK

Erste Ergebnisse

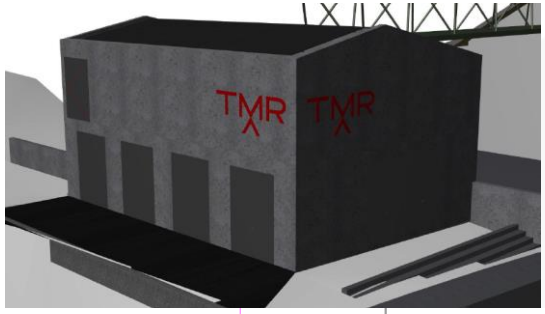


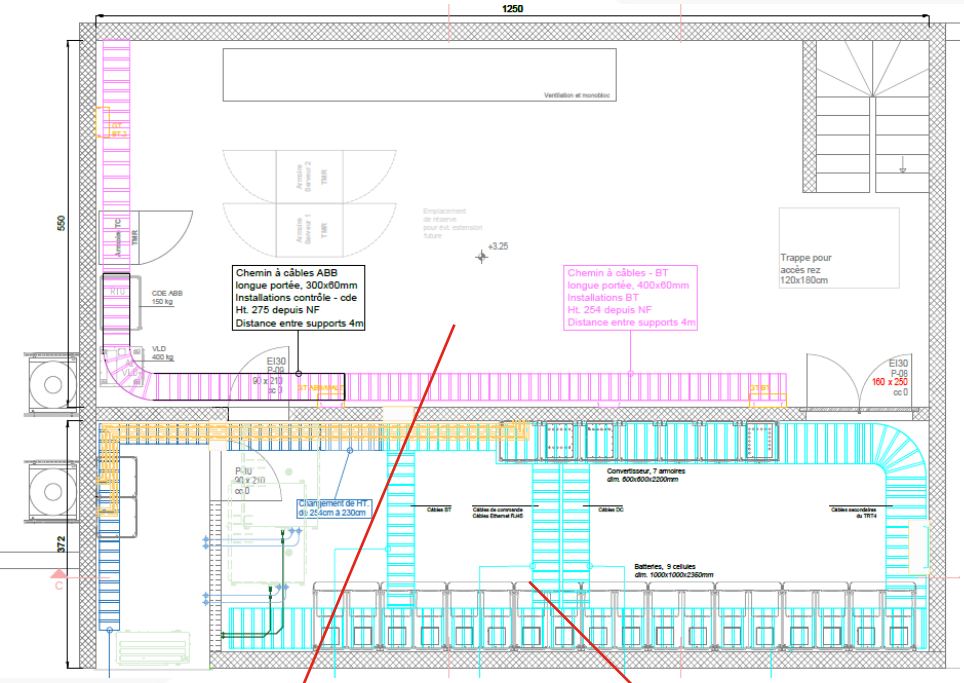


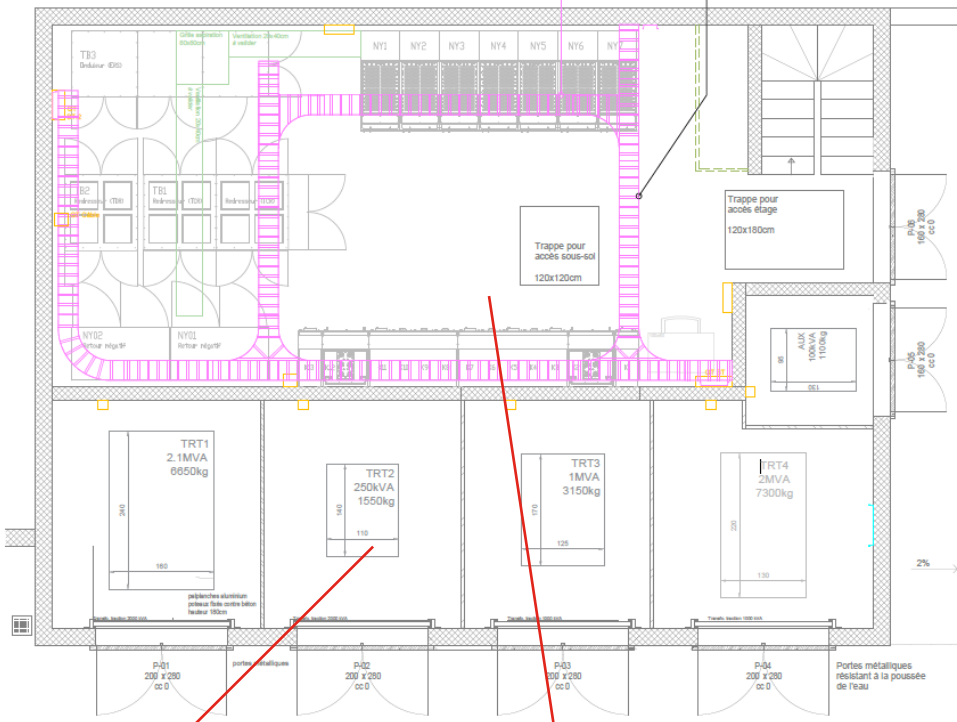
VERNAYAZ NEUES UNTERWERK

Eine gelungene Integration

Gebäude auf 2,5 Ebenen







Zukünftige BT- & IS-Räume

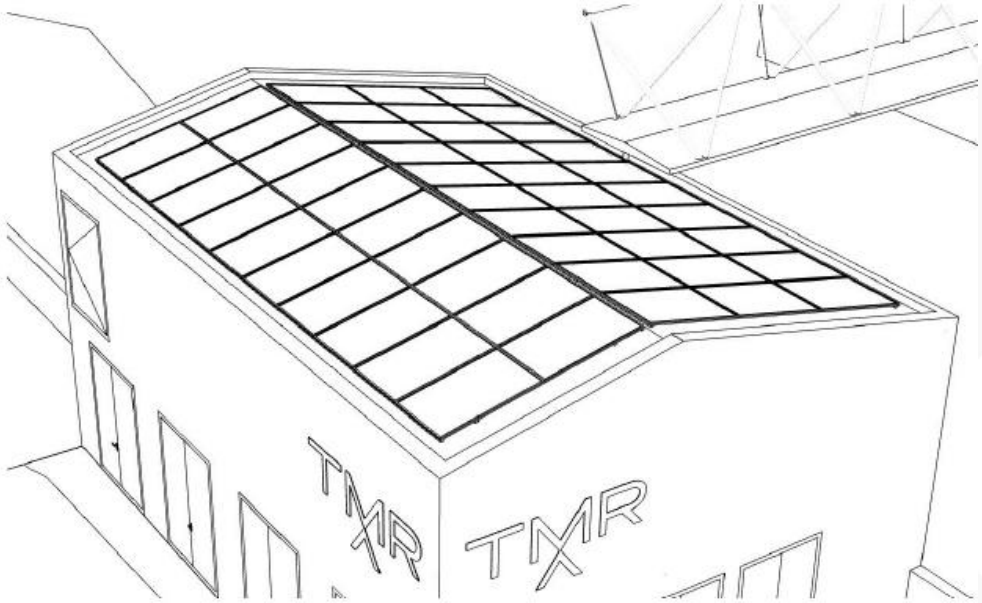
Energiespeicherung

Transformatoren

Unterwerk

VERNAYAZ NEUES UNTERWERK

Solarenergie: eine Chance, die in die Logik des Projekts passt



- 20,5 kWp Solarstrom auf dem Dach installiert.
- 100 % Eigenverbrauch.

VERNAYAZ NEUES UNTERWERK

VERNAYAZ NEUES UNTERWERK

Die wichtigsten Meilensteine:

- Vorprojekt 2018
- Projekt 2019
- Einreichen des PGV-Dossiers beim BAV Dezember 2020
- Plangenehmigungsverfügung des BAV August 2021
- Ausschreibungen im Laufe Jahres 2021
- Ausführung Ab Frühjahr 2022
  - Ende der Bauarbeiten Anfang 2023
  - Elektrotechnische Einrichtung März-Dezember 2023
  - Lieferung von Transformatoren Mai 2023
  - Installation Speichersystem Februar 2024
  - Tests März 2024
  - Inbetriebnahme April 2024

TMR

VERNAYAZ NEUES UNTERWERK

Die wichtigsten Partner & Lieferanten des Projekts:

Genedis

Boess & Ingenieure Ingénieurs Ingegneri

ABB

RAILECTRIC

R&S Rauscher Stoecklin

STATRON NON STOP POWER

FREQCON sustainable solutions

ROMANDE ENERGIE

cablex en réseau pour le futur

kek

i-watt

iG SUISSE

TMR

Vielen Dank!

TMR

tmrsa.ch