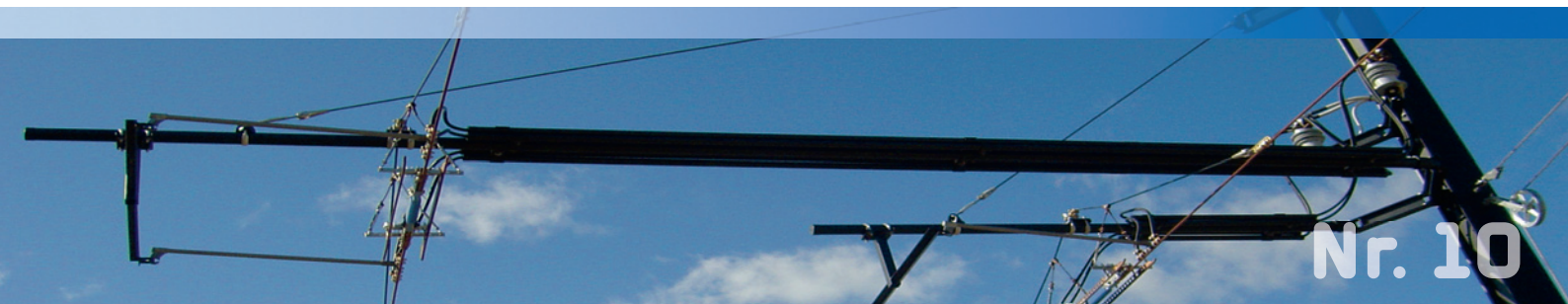


Wie die GlattalBahn unter Strom gerät



Samuel Schmid

Die Energieversorgung – eine Knacknuss

Zu Projektbeginn war der Variantenfächer für die Lösung der Energieversorgung weit offen. Eine interessante Aufgabe für das Projektteam – aber auch eine schwierige. So diskutierten die Planer etwa, ob es hinsichtlich der bevorstehenden Elektrizitätsmarktöffnung und aus Verfügbarkeitsgründen sinnvoll wäre, ein eigenes Mittelspannungsnetz auf die Beine zu stellen. Sie prüften ebenfalls, ob die Energie von lokalen Versorgungsunternehmen bezogen werden sollte, oder ob es wirtschaftlich interessanter wäre, bereits aufbereitete Energie auf der Spannungsebene 600 Volt Gleichstrom (VDC) einzukaufen.

Das Energieversorgungskonzept

Die Evaluation der besten Variante für das Energieversorgungskonzept erfolgte unter Berücksichtigung von politischen, technischen, sicherheitstechnischen, betrieblichen, terminlichen,

verfügbarkeitstechnischen und wirtschaftlichen Aspekten. Das Energieversorgungskonzept der GlattalBahn präsentiert sich heute wie folgt:

- Drei Gleichrichterstationen sorgen auf der zweiten Etappe – insgesamt acht auf der ganzen Strecke der GlattalBahn – für eine Stromversorgung, die perfekt auf die Bahn abgestimmt ist.
- Die Gleichrichterstationen werden ab den Mittelspannungsnetzen von den kommunalen Energieversorgern gespeist.
- Das Fahrstromnetz der GlattalBahn ist über die Sammelschienen der Streckenschalter elektrisch zusammengeschaltet. Durch diese Auslegung ist es möglich, die Ausbauleistungen der Gleichrichterstationen zu optimieren. Gleichzeitig schafft dies die Voraussetzung dafür, dass die rekuperationsfähigen Cobratrams ihre Bremsenergie in ein relativ grosses Fahrstromnetz zurückspeisen können und diese von anderen Cobras wieder aufgenommen werden kann.

Energieversorgungsanlagen und Fahrleitungssystem

2

Technische Daten der Gleichrichterstationen

Mittelspannungsanlage

Schaltanlage

Anlagentyp	ZS8
Bemessungsspannung	24 kV
Frequenz	50 Hz
Bemessung	
Kurzschluss-Strom	25 kA
Leistungsschalertyp	VM1
Bemessung Strom	630 A
Anlagenschutz	REF 542+

Bahntransformator

Trafotyp	Trockenbauart
Schaltung	Yd11yn0
Belastungskategorie	VII
Kühlung	Luft

Fahrstromversorgungsanlage

Gleichrichter

Typ	Diodengleichrichter
Nennspannung	600 VDC
Wellenform	6-pulsig
Kühlung	Luft

Gleichstromschaltanlage

Schalertyp	UR 26-81S
Nennspannung	630 V
Bemessung	
Kurzschluss-Strom	40 kA
Abzweigbemessungs-Strom	2500A
Anlagenschutzgerät	DPU96

Hilfsbetriebe

- Niederspannungsinstallation
- Heizung
- Lüftung
- Entwässerungsanlage
- Brandmeldeanlage

Hohe Anforderungen an die Gleichrichterstationen

Die Gleichrichterstationen bilden im Endausbau der Glattalbah die Schnittstelle zwischen dem übergeordneten Energieversorgungsnetz der Energieversorger und dem Fahrstromnetz der Bahn.

Die Anforderungen an die Gleichrichterstationen sind hoch – technisch, baulich, umgebungsbedingt und natürlich betrieblich. Ihr oberstes Ziel: Sie müssen einen zuverlässigen Betrieb der Glattalbah garantieren. Sie haben die Aufgabe, die von den öffentlichen Mittelspannungsnetzen stammende Energie so aufzubereiten, dass sie mit einer Nenngleichspannung von 600 Volt in das Fahrstromnetz eingespeist werden kann.

Die Gleichrichterstationen enthalten im Wesentlichen folgende Anlagen:

- Mittelspannungsschaltanlage
- Bahntransformator
- Fahrstromversorgungsanlagen
- Hilfsbetriebe

Die elektrische Ausbauleistung der Bahntransformatoren ist je nach Örtlichkeit der Gleichrichterstationen zwischen 900 und 1400 Kilovolt-ampere ausgelegt.

Die Fahrstromversorgungsanlagen der Glattalbah sind überwachungs- und steuerungstechnisch in das Leitsystem des Elektrizitätswerks der Stadt Zürich (ewz) integriert. Dessen Netzleitstelle in Zürich-Oerlikon gewährleistet einen einwandfreien Betrieb rund um die Uhr.

Abbildung 1: Bahntransformator (Mitte) und Mittelspannungsanlage (rechts)





Eine ausgeklügelte Fahrleitungsanlage

Das Fahrleitungssystem der Glattalbahnen besteht aus der oberirdischen Stadtbahn-Fahrleitung und zwei Feederkabeln in einem Kabelrohrblock, der unter dem Bahntrasse verläuft. Die Fahrleitungsanlage ist unterteilt in Fahrleitungssektoren, die in der Regel beidseitig ab den Gleichrichterstationen eingespeist werden. Ausgenommen von dieser zweiseitigen Speisung sind die Fahrleitungsabschnitte der Streckenenden Messe/Hallenstadion, Wendeschleife Fracht (Flughafen) und später auch Wendeschleife Bahnhof Stettbach.

Die parallel zur Fahrleitung geführten unterirdischen Feederkabel sind in einer Distanz von höchstens 200 Metern mit den beiden Fahrdrähten der zweigleisigen Glattalbahnen elektrisch verbunden. Dies ermöglicht eine optimierte Stromverteilung im Fahrleitungssystem.

Aus Verfügbarkeitsgründen sind an neuralgischen Punkten zusätzliche Streckentrennschalter in die Hauptstropfpfade des Fahrleitungssystems eingebaut. Dadurch lassen sich Fahrleitungsstreckenabschnitte entweder elektrisch auftrennen oder fahrleitungsseitig zusammenschalten – womit eine zusätzliche Sektionierung oder Bypassfunktion an betrieblich wichtigen Fahrleitungsstreckenabschnitten ermöglicht wird. Die Streckentrennschalter werden genau wie die Fahrstromversorgungsanlagen in den Gleichrichterstationen von der ewz-Netzleitstelle überwacht und bedient.

Die Fahrleitungsanlage – Identifikationsbauteil der Glattalbahnen

Die Fahrleitungsanlage präsentiert sich sowohl funktional wie auch aus gestalterischer Sicht als

ein zentrales Puzzleteil der Glattalbahnen. Der Fahrleitungsmast wurde für die Glattalbahnen neu entwickelt. Er ist in seiner Hauptfunktion einerseits Stützpunkt und Träger der Fahrleitung; gleichzeitig kann er zur Entlastung des öffentlichen Raumes durchaus auch Beleuchtungskörper und Verkehrssignale tragen. Andererseits trägt der Fahrleitungsmast dank seinen zahlreichen Wiederholungen zur Identifikationswirkung der Glattalbahnen bei (vgl. Abbildung 2 und 3). Die Entwicklung des Fahrleitungsmastes stellte eine grosse Herausforderung dar: Er musste wirtschaftlichen, technischen, baulichen, umgebungsbedingten und gestalterischen Kriterien genügen (vgl. Nr. 08, Seite 4).



Abbildung 3: Der Fahrleitungsmast der Glattalbahnen

Technische Daten des Fahrleitungssystems

Fahrleitungstyp	StB-FL 100
Fahrdraht	107 mm ² Cu
maximale Feldlänge	30 m
Nachspannlänge	1200 m
Regelhöhe Fahrdraht	5.80 m
Fahrdrathöhe Tunnel	4.20 m
Nachspannung	6–10 kN

Feederkabel	2x1x240 mm ² Cu
Feederverbindung	alle 200 m

Kabelrückleiter	1x240 mm ² Cu
Gleis-/Rückleiterverbindung	alle 200 m

Schienen-/Gleisverbindungen	1x50 mm ²
-----------------------------	----------------------

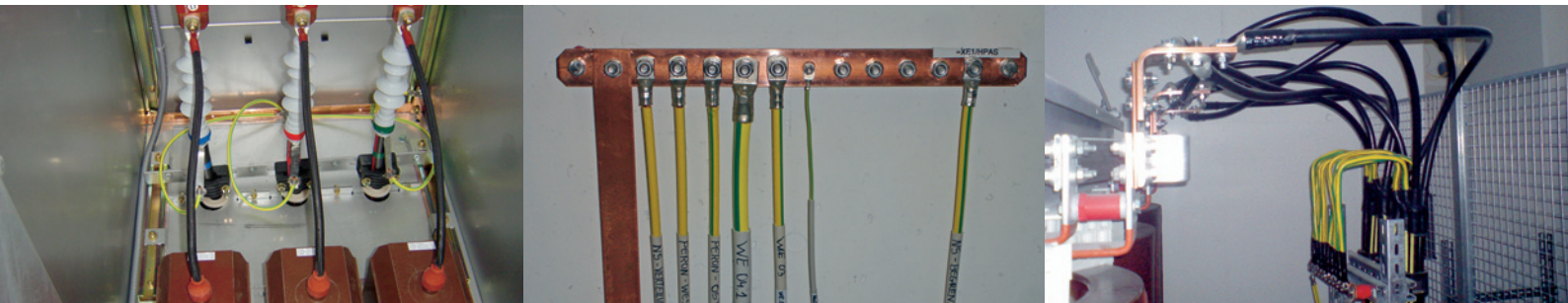


Abbildung 4: Anlagenerdung Mittelspannungsfeld; Potenzialausgleichsschiene; Erdungsschiene Trafosternpunkt

Erdung, Rückleitung und Schutz vor Streustrom

4

Anlagenschutz

Die fachtechnisch richtige Ausführung der Anlagenerdung und die richtige Dimensionierung des Rückleitungssystems einer Bahn haben einen massgebenden Einfluss darauf, wie gross ein Kurzschluss im Fehlerfall wird. Je grösser der Kurzschluss ist, desto schneller können die Schutzmechanismen diesen von den normalen Betriebsströmen unterscheiden, die Speisung abschalten und damit eine mögliche Zerstörung der Anlage verhindern.

Personenschutz

Zwischen zwei gleichzeitig berührbaren, elektrisch leitfähigen Anlageteilen dürfen keine gefährlichen Spannungspotenziale auftreten. Wirksame Berührungsschutzmassnahmen lassen sich z. B. mittels gezielter Erdungsverbindungen zwischen den Anlageteilen realisieren.

Streustromschutz

Das Ziel ist, einerseits Streuströme zu verhindern und andererseits Überwachungsmöglichkeiten für streustromgefährdete Objekte zu schaffen.

Übergeordnetes Erdungskonzept

Wie es für den Bau von mit Gleichstrom betriebenen Bahnen erforderlich ist, wurde für die Umsetzung der Glattalbahn ein übergeordnetes Erdungs-, Rückleitungs- und Streustromkonzept erstellt. Es behandelt alle erdungstechnischen Themen der Bahn und erfüllt damit die gesetzlichen Vorgaben. Dies sind unter anderem:

- Anlagenerdung der Energieversorgungsanlagen
- Berührungsschutz, Potenzialausgleich
- Blitzschutz
- Stromrückleitung
- Streustromschutz

Schutz vor Streustrom

Ein für Gleichstrombahnen zentrales Erdungsthema ist der Streustromschutz – der Schutz also von Traktionsrückströmen aus dem Bahnbetrieb, die das definierte Rückleitersystem verlassen, um als vagabundierende Ströme im Erdreich zum Gleichrichter zurückzukehren. Elektrische Ströme, so auch Streuströme, fliessen immer auf dem Weg des geringsten Widerstandes. Sie bevorzugen also die metallischen Strukturen wie Werkleitungen oder Armierungen von Kunstbauten, wo sie ein- und irgendwo wieder austreten. Problematisch ist der Austrittspunkt dieser Streuströme: An diesem Punkt entsteht eine sogenannte Gleichstromkorrosion, bei der Eisen abgetragen wird. Die Folge: Metallische Strukturen werden beschädigt.

Eine der besten Schutzmassnahmen gegen Streuströme ist eine gute Isolation des Stromrückleitungssystems der Bahn zum gewachsenen Erdreich und zu anderen Erdungssystemen.

Das Erdungskonzept der Glattalbahn sieht zusätzlich weitere, vorbeugende Schutzmassnahmen gegen Streuströme vor, zum Beispiel bei bahnnahen Kunstbauobjekten wie Viadukten oder Stützmauern. Diese Art von Streustromschutzmassnahmen stellt die messtechnische Überwachbarkeit der Bauobjekte in den Vordergrund. Sollten irgendwann korrosionsgefährdende Spannungspotenziale festgestellt werden, lassen sich aufgrund dieser Erkenntnis entsprechende Massnahmen realisieren, um die Ströme gezielt ins Rückleitungssystem zurückzuführen.

Die Palette der nachträglich möglichen Streustromschutzmassnahmen ist vielfältig – auch hinsichtlich der Effektivität und des Aufwands. Es lohnt sich daher immer, schon vor Baubeginn einer mit Gleichstrom betriebenen Bahn ein klares Streustromkonzept zu erarbeiten, das objektspezifische Streustromschutzmassnahmen definiert.

Autor

Samuel Schmid, Dipl. El.-Ing. FH
Teilprojektleiter Energieversorgung,
Fahrleitung und Kommunikation
Team TEK, c/o pkag Paul Keller Ingenieure AG, Dübendorf

Bildnachweis

Tres Camenzind, Zürich
Feddersen & Klostermann, Zürich
pkag Paul Keller Ingenieure AG, Dübendorf

Herausgeberin

VBG Verkehrsbetriebe Glattal AG, Glattbrugg
www.vbg.ch

Glattbrugg, Dezember 2008