

## **Vorlage Stadtparlament**

Datum 7. Mai 2019  
Beschluss Nr. 2966  
Aktenplan 524.12 Verkehrsbetriebe, Fahrleitungen

### **Sanierung Gleichrichteranlagen VBSG; Erneuerung der Gleichstromversorgung**

#### **Antrag**

Wir beantragen Ihnen, folgenden Beschluss zu fassen:

1. Für die Sanierung der Gleichrichteranlagen im Gesamtbetrag von CHF 4'038'000 (inkl. MWST) werden folgende Verpflichtungskredite erteilt:
    - a. Ein Verpflichtungskredit von CHF 3'186'000 (inkl. MWST) zu Lasten der Investitionsrechnung der Verkehrsbetriebe.
    - b. Ein Verpflichtungskredit von CHF 852'000 (inkl. MWST) zu Lasten der Baurechnung der Elektrizitätsversorgung.
  2. Dieser Beschluss untersteht gemäss Art. 8 Ziff. 6 lit. a der Gemeindeordnung dem fakultativen Referendum.
- 

#### **1 Zusammenfassung**

Seit 1950 betreibt die Stadt St.Gallen ein Trolleybus-System und damit schon seit über 68 Jahren Elektromobilität im strassengebundenen öffentlichen Verkehr. Das bestehende Fahrleitungsnetz umfasst heute eine Streckenlänge von 22,6 km und wird von acht Gleichrichteranlagen mit 600 Volt Gleichspannung versorgt. Insgesamt 24 Trolleybusse verkehren heute auf diesen elektrifizierten Strecken. Damit bewegen die Verkehrsbetriebe rund 60 % ihrer Fahrgäste elektrisch. Mit der geplanten Flottenerneuerung wird der Anteil der Trolleybusse mit der Beschaffung von insgesamt 17 Batterietrolleybussen in Zukunft erhöht. Ebenfalls wird das Fahrleitungsnetz um 6 km ausgebaut, um damit bestehende Dieselbus-Linien elektrifizieren zu können.

Die Gleichrichteranlagen stellen die Energieversorgung der Trolleybusse sicher. Sie wandeln die Netzspannung vom Mittelspannungsnetz mit 10'000 Volt Wechselspannung (VAC) in 600 Volt Gleichspannung (VDC) um und versorgen damit das Fahrleitungsnetz der Verkehrsbetriebe. Die bestehenden Anlagen sind an ihrem Lebensende angekommen und müssen erneuert werden. Für die Einrichtungen sind keine Ersatzteile mehr erhältlich. Die Betriebsbedingungen haben sich seit dem Bau der Anlagen stark verändert und werden sich mit dem Einsatz der 17 neuen Batterietrolleybusse und dem Ausbau des Fahrleitungsnetzes noch einmal stark verändern.

## 2 Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung .....	1
2	Inhaltsverzeichnis .....	2
3	Definitionen .....	3
4	Ausgangslage .....	4
5	Gleichstromversorgung der Stadt St.Gallen .....	5
5.1	Verkehrsbetriebe St.Gallen «VBSG», Linien Trolleybus .....	5
5.2	Appenzeller Bahnen «AB», Durchmesserlinie .....	5
5.3	Schnittstellen und Zuständigkeiten .....	5
5.3.1	Netzanschluss Mittelspannungsnetz .....	6
5.3.2	Betriebsführung .....	6
5.4	Erneuerungsbedarf Gleichrichteranlagen .....	6
6	Neue Anforderungen und Rahmenbedingungen .....	7
6.1	Flottenstrategie VBSG .....	7
6.2	Stromversorgungsgesetz verbietet Quersubventionierungen ...	7
6.3	Chance für Modernisierung und Weiterentwicklung .....	8
6.4	Submission «Beschaffung Gleichrichteranlagen VBSG» .....	8
7	Projektbeschrieb .....	8
7.1	Ausführung und Umsetzung .....	9
7.1.1	Total- / Teilsanierung und Neubau Gleichrichteranlagen .....	9
7.1.2	Aufwendungen sgsw .....	9
7.1.3	Anpassungen Fahrleitungsnetz .....	10
7.2	Technische Neuerungen .....	10
7.2.1	Isoliertes Gleichstromnetz für den Trolleybus .....	10
7.2.2	Spannungserhöhung von 600 VDC auf 750 VDC .....	10
7.2.3	Leistungserhöhung Gleichrichter und Trafo .....	10
7.2.4	Optimierung Netzstruktur .....	11
7.2.5	Versorgungssicherheit AB .....	11
8	Finanzierung .....	11
8.1	Wirtschaftlichkeit und Schutz der Investitionen .....	11
8.2	Einmalige Kosten Gleichstromversorgung .....	11
8.2.1	Übertrag Gleichstromkabel aus dem Anlagebuch des sgsw ...	13
8.3	Wiederkehrende Kosten Gleichstromversorgung .....	13
9	Fazit .....	13

### 3 Definitionen

Den spezifischen Begriffen in Zusammenhang mit der Gleichstromversorgung der Verkehrsbetriebe St.Gallen (VBSG) und der Appenzeller Bahnen (AB) kommt die nachfolgende Bedeutung zu:

Anlagen der Gleichstromversorgung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sämtliche Gleichrichterstationen</li> </ul>
Fahrleitungsnetz (entspricht Trolleybus-Netz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sämtliche Oberleitungen mit den dazugehörenden Teilen (Abspanner, Streckentrenner, Masten, Einspeisekasten inkl. Trenner am Masten, Kabelverbindung von Einspeisekasten auf Oberleitung)</li> </ul>
Gleichrichter	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bestehend aus Gleichrichter-, Strecken- und Koppelfeld</li> </ul>
Gleichrichteranlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bestehend aus Gleichrichter und Gleichrichtertransformator</li> </ul>
Gleichrichterstation (GR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sämtliche Anlagenteile vom Netzanschlusspunkt bei der Mittelspannungsschaltanlage bis zu den Kabelabgängen nach dem Gleichrichter sowie dem Gebäude bei Stationen, welche nicht an eine Netztransformatorstation angegliedert sind</li> </ul>
Gleichrichtertransformator	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Transformator für den Gleichrichter</li> </ul>
Gleichstromversorgung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dient der Speisung des Fahrleitungsnetzes (bzw. des Trolleybus-Netzes) bestehend aus Anlagen und Netz</li> </ul>
Isoliertes Netz	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ungeerdetes Verteilnetz ohne direkte Verbindung zwischen den aktiven Leitern und dem Erdreich</li> </ul>
Mittelspannungsverteilstromnetz	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verteilnetz der Netzbetreiberin auf Netzebene 5 mit einer verketteten Spannung von 10'800 Volt</li> </ul>
Netz der Gleichstromversorgung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sämtliche Kabelverbindungen (Plus- und Minuskabel) abgehend vom Gleichrichter bis zu den Anschlussstellen bei den Einspeisekasten an den Fahrleitungsmasten</li> </ul>
Netzanschluss	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die technische / physikalische Anbindung von Anlagen einer Kundin an das Verteilnetz der Netzbetreiberin</li> <li>▪ Der Netzanschluss dient der Erschliessung eines Objektes und erfolgt durch die Anschlussleitung</li> </ul>
Netzbetreiberin	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verantwortliche Stelle für die Gewährleistung des Betriebs des Verteilnetzes.</li> <li>▪ Die St.Galler Stadtwerke (sgsw) im Gebiet der Stadt St.Gallen</li> </ul>
Transformator	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anlage zur Spannungsumwandlung z. B. von Mittelspannung auf Niederspannung</li> </ul>

#### **4 Ausgangslage**

Die teils über 50 Jahre alten Gleichrichteranlagen entsprechen nicht mehr den heutigen Anforderungen an die Bedienungs- und Betriebssicherheit. Die Gleichrichter und die Gleichrichtertransformatoren haben aufgrund ihres Alters die erfahrungsgemäss gegebene Lebensdauer überschritten und müssen saniert werden. Die Betriebsmittel werden wo nötig ersetzt und die damit verbundenen baulichen Massnahmen vorgenommen.

Der Umstand, dass alle Anlagen ausser einer saniert werden müssen, bringt einerseits einen hohen Nachholbedarf an Investitionen mit sich, und andererseits bietet sich die Chance für grundlegende technische Neuerungen und Weiterentwicklungen. Unter diesen Voraussetzungen wurden in Zusammenarbeit mit internen und externen Fachspezialisten die Gleichstromversorgung und das Fahrleitungsnetz der Stadt St.Gallen kritisch hinterfragt und auf mögliche grundlegende Verbesserungen überprüft. Aufgrund dieser Analyse sind zahlreiche technische Neuerungen und wertvolle Verbesserungen ins Projekt eingeflossen. Der Ausbau der Trolleybusflotte von 24 auf 41 Fahrzeuge und die Erweiterung des Fahrleitungsnetzes haben ebenfalls einen Einfluss auf die Gleichrichteranlagen. Einerseits werden Gleichrichteranlagen für die neuen elektrifizierten Linien zugebaut und andererseits müssen die bestehenden Anlagen saniert und verstärkt werden. Die neuen Anlagen müssen so ausgelegt und konzipiert sein, dass sie die erhöhten Leistungsanforderungen des zukünftigen Trolleybusbetriebs erfüllen können. So werden beispielsweise neu die Betriebsspannung von 600 VDC auf 750 VDC umgestellt und die Nennleistungen der Anlagen mehr als verdoppelt.

Der Umstand, dass fast alle Gleichrichteranlagen saniert werden müssen, bringt auch Vorteile in Hinblick auf eine effiziente und kostengünstige Beschaffung mit sich. Durch die sgsw wurde im Auftrag der VBSG als Vorbereitung eine Ausschreibung für die «Beschaffung Gleichrichteranlagen VBSG» erarbeitet und unter dem Vorbehalt der erforderlichen Krediterteilung öffentlich ausgeschrieben.

Mit dieser Vorlage beantragt der Stadtrat, das Projekt zur Sanierung der Gleichrichteranlagen VBSG zu genehmigen und die nötigen Kredite zu Lasten der Verkehrsbetriebe und der Stadtwerke zu bewilligen. Die bestehenden Verwaltungsvereinbarungen zwischen den Verkehrsbetrieben St.Gallen und den St.Galler Stadtwerken werden erneuert und den neuen Bedürfnissen und Begebenheiten angepasst.

## **5 Gleichstromversorgung der Stadt St.Gallen**

Die Gleichstromversorgung der Stadt St.Gallen stammt aus dem Jahre 1950 und wurde fortlaufend ausgebaut. Der letzte Ausbau erfolgte vor 10 Jahren mit dem Bau der Gleichrichterstation Schlössli im Zusammenhang mit der Beschaffung der heutigen Trolleybusflotte. Das Fahrleitungsnetz wird durch acht Gleichrichteranlagen versorgt, wobei die Gleichrichteranlage Blumenberg nicht nur die Trolleybusse der VBSG, sondern auch die Schienenfahrzeuge der AB versorgt.

### **5.1 Verkehrsbetriebe St.Gallen «VBSG», Linien Trolleybus**

Das Trolleybusnetz in St.Gallen erstreckt sich über die Hauptverkehrsachsen und führt in die bevölkerungsreichsten städtischen Quartiere. Das Fahrleitungsnetz umfasst aktuell 22.6 km; mit diesem Netz werden die heutigen Linien 1, 2 und 5 mit einem Bestand von 24 Trolleybussen abgedeckt.

Mit der Elektrifizierung der neuen Linien 3, 4 und 6 per Dezember 2020 wächst das Fahrleitungsnetz um 6 km, wobei sich die Gesamtlänge der elektrisch betriebenen Linien auf 58,6 km verdoppelt. Es werden 17 Batterietrolleybusse angeschafft, welche knapp 12 km der Strecke ohne Fahrleitung zurücklegen. Die Versorgung der Linien 1, 2, 3, 4, 5 und 6 bei einem Bestand von 24 Trolleybussen und 17 Batterietrolleybussen soll zukünftig über elf Gleichrichteranlagen gewährleistet werden.

### **5.2 Appenzeller Bahnen «AB», Durchmesserlinie**

In der Innenstadt verkehren die Appenzeller Bahnen zwischen Bahnhof und Brühltor bis heute auf dem Trasse der ehemaligen Strassenbahn und damit parallel zum Trolleybus. Die Betriebsspannung der AB beträgt innerhalb des Stadtgebiets 600 VDC und ausserhalb 1'500 VDC. Die AB werden ihre Betriebsspannung auf Stadtgebiet ebenfalls auf 750 VDC anheben, damit die Synergien in der Stromversorgung genutzt werden können.

Eine zusätzliche Gleichrichteranlage in der Trafostation Blumenberg soll zukünftig die Schienenfahrzeuge der AB separat versorgen. Damit der Betrieb der AB auch im Störfall sichergestellt werden kann, können die Gleichrichter VBSG und AB in der Station Blumenberg bei Bedarf über ein Koppelfeld miteinander verbunden werden. Mit Blick auf die Störungen vom Januar 2019 macht eine derartige Redundanz Sinn und ermöglicht eine Wiederversorgung durch Umschalten innert kurzer Zeit. Die Kosten für diese Gleichrichteranlage inklusive Koppelfeld werden direkt durch die AB getragen. Die Projektierung, Beschaffung und Installation der Anlage erfolgt durch die sgsw im Auftrag der AB zusammen mit den Anlagen der VBSG.

### **5.3 Schnittstellen und Zuständigkeiten**

Die Gleichstromversorgung der Stadt St.Gallen dient den VBSG und den AB. Die Anlagen befinden sich zum heutigen Zeitpunkt im Eigentum der VBSG. Mit Beschluss vom 6. April 2006 übertrug der Stadtrat die Gleichrichteranlagen von der Elektrizitätsversorgung auf die Verkehrsbetriebe im Gesamtwert von CHF 1'645'949 und hob den Sondertarif 600 VDC auf. Seit diesem Zeitpunkt sind die VBSG Mittelspannungskunde analog den Industriekunden der sgsw. Die AB beziehen Gleichstrom von den VBSG und beteiligen sich damit an den Kosten der Gleichrichteranlage Blumenberg.

Im Zusammenhang mit der Sanierung der Gleichrichteranlagen erfolgt eine klare Trennung zwischen den VBSG und der AB.

Änderungen, Anpassungen oder Neubauten innerhalb der Gleichstromversorgung für den Teil VBSG erfolgen durch die sgsw im Auftrag der VBSG, jene der Fahrleitungen direkt durch die VBSG. Dies gilt analog für den Teil AB.

Aus Sicht der sgsw sind die VBSG und die AB als Industriekunden zu betrachten mit allen Rechten und Pflichten.

### **5.3.1 Netzanschluss Mittelspannungsnetz**

Der Netzanschluss wird jeweils durch den lokalen Verteilnetzbetreiber sichergestellt, im Gebiet der Stadt St.Gallen durch die sgsw als Netzbetreiberin. Die Gleichrichteranlagen der VBSG sind und werden auch in Zukunft direkt an das Mittelspannungsnetz der sgsw angeschlossen. Ebenso wird die separate Gleichrichteranlage für die AB in der Station Blumenberg direkt an das Mittelspannungsnetz der sgsw angeschlossen. Damit steht ihnen ein leistungsfähiger Netzanschluss zur Verfügung, analog den Industriekunden der sgsw. Die Leistungen für Stromlieferung, Netznutzung und Netzanschluss werden ebenfalls analog den Industriekunden von den sgsw angeboten.

Beim Anschluss an das Mittelspannungsnetz wird pro Gleichrichterstation ein Netzanschlussvertrag abgeschlossen. Dieser regelt die Kostentragung, die Erstellung des Netzanschlusses, die vertragliche Leistung als obere Limite der Netzkapazität sowie die Eigentumsverhältnisse. Die neuen Netzanschlussverträge sollen per 1. Juli 2019 in Kraft treten.

### **5.3.2 Betriebsführung**

Die Betriebsführung der Gleichstromversorgung für den Teil VBSG erfolgt weiterhin durch die sgsw im Auftrag der VBSG. Die Betriebsführung des Fahrleitungsnetzes der VBSG erfolgt direkt durch die VBSG. Die Trennstelle für die Betriebsführung bildet die Anschlussstelle bei den Einspeisekasten an den Fahrleitungsmasten.

Die Betriebsführung der Gleichstromversorgung für den Teil AB erfolgt durch die sgsw im Auftrag der AB, die Betriebsführung des Fahrleitungsnetzes der AB erfolgt durch die VBSG im Auftrag der AB. Die Trennstelle für die Betriebsführung bildet beim Hinleiter die Anschlussstelle beim Einspeisekasten am Fahrleitungsmasten und für den Rückleiter die Anschlussstelle im Verteilschacht, von welchem die Schienen der AB nach der Sanierung der Bahnhofstrasse neu erschlossen werden.

### **5.4 Erneuerungsbedarf Gleichrichteranlagen**

Die Gleichrichteranlagen wandeln die Netzspannung vom Mittelspannungsnetz mit 10'000 Volt Wechselspannung (VAC) in 600 Volt Gleichspannung (VDC) um und versorgen damit das Fahrleitungsnetz der Verkehrsbetriebe. Die Anlagen bestehen aus Gleichrichter-, Strecken-, Koppelfeldern und Gleichrichtertransformatoren für die Traktionsstromversorgung.

Die bestehenden Gleichrichteranlagen sind am Ende ihrer Lebensdauer angelangt und müssen saniert und den neuen Anforderungen angepasst werden.

Der Sanierungsbedarf der Gleichrichteranlagen wurde bereits mit Stadtratsbeschluss vom 6. April 2006 festgehalten. Die Investitionen für eine Totalsanierung der Gleichrichteranlagen sind jedoch nur gerechtfertigt, sofern das Fahrleitungsnetz langfristig bestehen bleibt. Aus diesem Grund wurde mit der Sanierung der Gleichrichteranlagen bis zur Entscheidung über die Zukunft des Fahrleitungsnetzes zugewartet. Mit der Flottenstrategie der VBSG und der Volksentscheidung vom 25. November 2018, welcher den Ausbau des Fahrleitungsnetzes um 6 km beinhaltet, ist diese Bedingung nun klar gegeben.

Gleichrichter-Stationen (GR)	Alter 2019	Baujahr	Ersatz geplant	Einsatzdauer
GR Geltenwilen	51	1968	2019	51
GR Blumenberg	51	1968	2020	52
GR Waldau	45	1974	2020	46
GR Steinachstrasse	42	1977	2020	43
GR Stationsweg	37	1982	2020	38
GR Neudorf	35	1984	2021	37
GR Bildweiher	31	1988	2021	33
GR Schlössli	10	2009	20xx	x

Die Gleichrichteranlage GR Schlössli ist mit Baujahr 2009 die jüngste Anlage der VBSG. Die Anlage ist noch in einem guten Zustand und muss grundsätzlich nicht ersetzt werden. Aufgrund der technischen Neuerungen, welche im Zusammenhang mit der Sanierung der Gleichrichteranlagen eingeführt werden, sind dennoch einzelne Anpassungen notwendig.

## 6 Neue Anforderungen und Rahmenbedingungen

Das St.Galler Stimmvolk hat am 25. November 2018 mit über 84 % Ja der Vorlage «VBSG-Flottenerneuerung und Umstellung der Linien 3 Heiligkreuz – St.Josefen, 4 Wittenbach – Säntispark und 6 St.Georgen – Heiligkreuz auf Batterietrolleybus Betrieb» zugestimmt. Die VBSG erhielten damit den Auftrag für die Beschaffung von Batterietrolleybussen, den Ausbau des Fahrleitungsnetzes und den Neubau von drei zusätzlichen Gleichrichterstationen.

### 6.1 Flottenstrategie VBSG

Basierend auf dem Energiekonzept 2050 der Stadt St.Gallen haben die VBSG eine Flottenstrategie erarbeitet, welche eine schrittweise und möglichst konsequente Elektrifizierung der Flotte vorsieht. Bei konservativen Annahmen darf erwartet werden, dass der Energieverbrauch von Batterietrolleybussen gegenüber den klassischen Trolleybussen um 15 % tiefer sein wird. Möglich macht dies das Energiemanagement der Traktionsbatterie, welches die Bremsenergie auf dem Fahrzeug wieder in nutzbare Energie umwandelt und speichert. Als weiterer Vorteil ist die konstante Ladeleistung der Batterietrolleybusse zu erwähnen. Der Fahrmotor bezieht seine Energie direkt aus der Traktionsbatterie, womit die Gleichstromversorgung nicht mit hohen Anfahrströmen belastet wird, sondern mit einer konstanten Ladeleistung von 200 bis 300 kW pro Fahrzeug.

### 6.2 Stromversorgungsgesetz verbietet Quersubventionierungen

Das Bundesgesetz vom 23. März 2007 über die Stromversorgung (Stromversorgungsgesetz, StromVG; SR 734.7) untersagt Quersubventionierungen. Gemäss Art. 10 dieses Gesetzes haben die Elektrizitätsversorgungsunternehmen die Unabhängigkeit des Netzbetriebs sicherzustellen. Quersubventionierungen zwischen dem Netzbetrieb und den übrigen Tätigkeitsbereichen sind untersagt. Das Stromversorgungsgesetz hat Einfluss auf die Vergütungsansätze zwischen VBSG und sgsw. Aufgrund der neuen Gesetzgebung werden neu alle Kosten der Gleichstromversorgung offen und transparent dargestellt und der entsprechenden Dienststelle zugeordnet.

### **6.3 Chance für Modernisierung und Weiterentwicklung**

Der grosse Sanierungsbedarf der Gleichrichteranlagen bietet die einmalige Chance für grundlegende technische Neuerungen und Weiterentwicklungen. In Zusammenarbeit mit internen und externen Fachspezialisten wurden die Gleichstromversorgung und das Fahrleitungsnetz der Stadt St.Gallen kritisch hinterfragt und auf mögliche grundlegende Verbesserungen überprüft. Aufgrund dieser Analyse sind zahlreiche technische Neuerungen und wertvolle Verbesserungen ins Projekt eingeflossen. Die neuen Anlagen müssen so ausgelegt und konzipiert sein, dass sie die erhöhten Leistungsanforderungen des zukünftigen Trolleybusbetriebes erfüllen können. Der Ausbau der Trolleybusflotte von 24 auf 41 Fahrzeuge und die Erweiterung des Fahrleitungsnetzes entspricht fast einer Verdoppelung der Bezugsleistung. Zudem verkehren die zusätzlichen Batterietrolleybusse quer durch die ganze Stadt, womit auch die bestehenden Gleichrichterstationen den zusätzlichen Leistungsanforderungen angepasst und entsprechend im Projekt berücksichtigt werden müssen. Aus den genannten Gründen wird zum Beispiel neu die Betriebsspannung von 600 VDC auf 750 VDC umgestellt und die Nennleistung der Anlagen von total 4'800 kW auf 10'500 kW mehr als verdoppelt. Damit ist die Gleichstromversorgung der Stadt St.Gallen auch für die Zukunft gerüstet und bietet eine gewisse Reserve für einen zukünftigen Ausbau der Trolleybusflotte.

### **6.4 Submission «Beschaffung Gleichrichteranlagen VBSG»**

Im Sinne einer effizienten und kostengünstigen Beschaffung wurde im Vorfeld eine Ausschreibung für die «Beschaffung Gleichrichteranlagen VBSG» erarbeitet und unter dem Vorbehalt der erforderlichen Krediterteilung öffentlich ausgeschrieben. Insgesamt fünf Anbieter haben sich für die Lieferung der Gleichrichteranlagen beworben. Der Zuschlag an das wirtschaftlich günstigste Angebot erfolgte am 11. Dezember 2018 durch den Stadtrat an die Sécheron SA, Satigny-Genf.

## **7 Projektbeschreibung**

Einerseits werden Gleichrichteranlagen für die neuen elektrifizierten Linien zugebaut und andererseits müssen die bestehenden Anlagen saniert und den erhöhten Leistungsanforderungen des zukünftigen Trolleybusbetriebs angepasst werden. Der Projektumfang des gesamten Projektes «Sanierung und Ausbau Gleichstromversorgung» beinhaltet die folgenden Gleichrichteranlagen, wobei die Finanzierung von einzelnen Anlagen bereits gesichert ist.

Totalsanierung Gleichrichteranlagen:

- GR Geltenwilen
- GR Blumenberg (Teil VBSG)
- GR Waldau
- GR Steinachstrasse
- GR Stationsweg
- GR Neudorf
- GR Bildweiher

Teilsanierung Gleichrichteranlagen:

- GR Schlössli



Neubau Gleichrichteranlagen:

- GR Lettenstrasse
- GR Wassergasse
- GR Walenbüchel
- GR Blumenberg (Teil AB)

## **7.1 Ausführung und Umsetzung**

Die Sanierung der Gleichrichter steht im Zusammenhang mit der Flottenerneuerung der VBSG. Mit Fahrplanwechsel per Dezember 2020 kommen die neuen zusätzlichen 11 Doppelgelenktrolleybusse und 6 Gelenktrolleybusse mit Batteriepaketen zum Einsatz. Der nötige Ausbau, um eine Versorgung der neuen Batterietrolleybusse im Dezember 2020 zu gewährleisten, wurde in der Projektplanung berücksichtigt. Die Spannungsumstellung und die Umstellung auf das isolierte Netz erfolgen in der letzten Phase des Projektes.

### **7.1.1 Total- / Teilsanierung und Neubau Gleichrichteranlagen**

Innerhalb der Totalsanierung der Gleichrichteranlagen werden sämtliche Betriebsmittel ersetzt und die damit verbundenen baulichen Massnahmen vorgenommen. Die nötigen Massnahmen zur Einhaltung der Verordnung zum Schutz vor nicht ionisierender Strahlung werden getroffen. Für die Umbauphase werden keine Provisorien benötigt. Die bestehenden Gleichstromkabel werden je nach Alter und Zustand verlängert und wieder an die neue Anlage angeschlossen oder ersetzt. Mit der Sanierung der Gleichrichteranlage werden auch die Vorbereitungen getroffen, das Fahrleitungsnetz der VBSG in Zukunft als isoliertes Netz zu betreiben. Dazu sind Anpassungen an der Fahrleitungsanlage nötig. Die Teilsanierung der Gleichrichteranlage GR Schlössli beinhaltet die Anpassungen, welche aufgrund der technischen Neuerungen nötig sind. So werden zum Beispiel beim bestehenden Gleichrichter neue Schutzgeräte nachgerüstet oder der bestehende Gleichrichtertransformator wird durch einen von 600 VDC auf 750 VDC umschaltbaren Transformator ersetzt.

Die Total- / Teilsanierung, sowie der Neubau der Gleichrichteranlagen erfolgt durch die sgsw im Auftrag der VBSG. Die Bestellung der Gleichrichteranlagen beim Lieferanten erfolgt direkt durch die VBSG.

### **7.1.2 Aufwendungen sgsw**

Die Gleichrichteranlagen sind grösstenteils in den Trafostationen der sgsw integriert. Aufwendungen für bauliche Anpassungen der Trafostationen, welche zum allgemeinen Stationsgebäude gehören, werden durch die sgsw ausgeführt und finanziert. Der Stationsraum Blumenberg zum Beispiel muss aufgrund der neuen Anlagen erweitert und ausgebaut werden. Zu diesem Zweck wird ein benachbartes Kellerabteil zum Stationsraum umgebaut. Die Umbaukosten werden von den sgsw getragen. Ebenso die Anbindung an das Netzleitsystem der sgsw inklusive Fernwirkunterstationen und Signalkabel. Auch die Investitionen für die Rohranlagen inklusive Tiefbauarbeiten, von den Gleichrichteranlagen zu den Einspeisestellen an den Fahrleitungsmasten, werden durch die sgsw finanziert. Dies betrifft einerseits die neuen Stationen Wassergasse, Lettenstrasse und Walenbüchel und andererseits die bestehenden Stationen Geltenwilen, Stationsweg und Blumenberg, wo neue Rohranlagen zur Verbesserung der Netzstruktur gebaut werden. Die VBSG und die AB entschädigen den sgsw die Nutzung dieser Infrastruktur in Form von Mieten. In Analogie zu den Industriekunden übernehmen die sgsw ebenfalls die Messeinrichtungen für die Verrechnungsmessungen bei Mittelspannungsnetzanschlüssen.

### **7.1.3 Anpassungen Fahrleitungsnetz**

Die Einführung der technischen Neuerungen bringt auch geringfügige Anpassungen am Fahrleitungsnetz mit sich. So müssen zum Beispiel zusätzliche Trenner für die (-) Pole eingebaut werden, damit das geerdete Netz auf ein isoliertes Netz umgebaut werden kann. Auch sind Anpassungen bei den Einspeisestellen an den Fahrleitungsmasten nötig. Die Anpassungen an der Fahrleitungsanlage werden von den VBSG beauftragt.

## **7.2 Technische Neuerungen**

Das Projekt Sanierung Gleichrichteranlagen beinhaltet eine Reihe von technischen Neuerungen und Weiterentwicklungen. In Zusammenarbeit mit internen und externen Fachspezialisten sind die folgenden technischen Neuerungen ins Projekt eingeflossen:

### **7.2.1 Isoliertes Gleichstromnetz für den Trolleybus**

Das bestehende Fahrleitungsnetz der VBSG und der AB ist mit dem (-) Pol geerdet und damit fest mit dem Erdreich verbunden. In der Fachsprache wird von einem geerdeten Netz gesprochen. Im Falle der AB ist diese Netzform gegeben, da die Schienen den (-) Pol darstellen und diese wiederum fest mit dem Erdreich verbunden respektive geerdet sind. Eine modernere Netzform stellt das isolierte Netz dar. Bei dieser Netzform besteht keine direkte Verbindung zwischen den aktiven Leitern (+/-) Pol und dem Erdreich. Der Umstand, dass im Blumenberg im Zuge der Sanierung zwei separate Gleichrichteranlagen (Teil VBSG und Teil AB) installiert werden, bietet die Möglichkeit, die Netzform des Trolleybusfahrleitungsnetzes der VBSG umzustellen und zu modernisieren. Hauptgründe für die Umstellung vom geerdeten Netz auf ein isoliertes Netz sind: Personenschutz z. B. bei herabfallenden Fahrleitungsdrähten, keine vagabundierenden Streuströme im Erdreich und damit keine Streustromkorrosion von metallischen Strukturen wie z. B. Rohranlagen im Erdreich und besserer Anlagenschutz durch die neue Isolationsüberwachungsschutzeinrichtung.

### **7.2.2 Spannungserhöhung von 600 VDC auf 750 VDC**

Abklärungen haben ergeben, dass sowohl die Trolleybusflotte der VBSG als auch die Schienenfahrzeuge der AB in der Lage sind, mit einer Betriebsspannung von 750 VDC zu fahren. Ein aufwendiger Umbau oder ein Nachrüsten der Fahrzeuge ist nicht erforderlich. Das bestehende Fahrleitungsnetz ist ebenfalls bereits für eine Maximalspannung von 1'000 VDC ausgelegt und bedarf diesbezüglich keiner Anpassungen. Damit ergibt sich im Zusammenhang mit der Sanierung der Gleichrichteranlagen die einmalige Möglichkeit, die Betriebsspannung der Gleichstromversorgung der Stadt St.Gallen VBSG und AB von 600 VDC auf 750 VDC zu erhöhen. Hauptgründe für die Spannungserhöhung sind eine bessere Spannungshaltung auf den ausgedehnten Linien und die Steigerung der Leistungsfähigkeit der ganzen Gleichstromversorgung.

### **7.2.3 Leistungserhöhung Gleichrichter und Trafo**

Die bestehenden acht Gleichrichteranlagen haben eine Leistung von je 600 kW. Damit resultiert eine Gesamtleistung von heute 4'800 kW für die Anlagen der Gleichstromversorgung bei einem Fahrzeugpark von total 24 Trolleybussen. Aufgrund der heutigen und den zukünftigen Leistungsanforderungen werden die Gleichrichteranlagen neu dimensioniert. Je nach Standort und Belastung kommen Gleichrichteranlagen von je 600, 900 oder 1'200 kW zum Einsatz. Damit verdoppelt sich die Gesamtleistung für die VBSG auf 10'500 kW und stellt damit einerseits den Betrieb der total 41 Trolleybusse ab 2021 sicher und bietet andererseits Leistungsreserven für zukünftige Fahrzeuge. Die neue Gleichrichteranlage der AB im Blumenberg wird mit einer Leistung von 900 kW dimensioniert.

#### **7.2.4 Optimierung Netzstruktur**

Der Zubau der drei neuen Gleichrichterstationen Lettenstrasse, Wassergasse und Walenbüchel ist erforderlich, um die neuen elektrifizierten Linien zu versorgen. Mit einer geschickten Standortwahl dieser neuen Anlagen können aber auch die bestehenden Gleichrichteranlagen zum Teil entlastet oder gestützt werden. Bei einer Störung oder bei Unterhaltsarbeiten können so benachbarte Gleichrichteranlagen mithelfen, die Gleichstromversorgung aufrecht zu erhalten. Damit wird die Versorgungssicherheit erhöht.

#### **7.2.5 Versorgungssicherheit AB**

Die Störungen vom vergangenen Januar 2019 haben gezeigt, dass bei einem Ausfall der Gleichrichteranlage Blumenberg die Schienenfahrzeuge der AB stillstehen. Das Projekt sieht vor, im Blumenberg zwei separate Gleichrichteranlagen für VBSG und AB zu installieren. Im Störfall können die beiden Anlagen mit einem Kuppelschalter miteinander verbunden werden. Die AB können somit im Störfall nach einer kurzen Umschaltzeit über den Gleichrichter der VBSG versorgt werden. Die Sektoren der VBSG werden in einem solchen Fall durch entsprechende Umschaltungen im Fahrleitungsnetz durch die benachbarten Gleichrichterstationen versorgt.

### **8 Finanzierung**

Der Betrieb des öffentlichen Verkehrs steht unter ökonomischem Druck. Die durch den ÖV erbrachten Mobilitätsdienstleistungen sollen effizient, kostengünstig und ökologisch sein. Gleichzeitig untersagt das neue Stromversorgungsgesetz Quersubventionierungen zwischen dem Netzbetrieb und den übrigen Tätigkeitsbereichen. Unter diesen Voraussetzungen sind die Wirtschaftlichkeit und eine transparente Finanzierung von zentraler Bedeutung.

#### **8.1 Wirtschaftlichkeit und Schutz der Investitionen**

Die intensivere Nutzung des bestehenden Fahrleitungsnetzes durch die neue Busgeneration, welche die Batterien während der Fahrt lädt, stellt gerade für St.Gallen eine hochinteressante, wirtschaftlich sinnvolle Variante der Elektrifizierung dar. Einerseits muss keine neue Schnelllade-Infrastruktur aufgebaut werden, andererseits bleibt die betriebliche Flexibilität maximal, da keinerlei Standzeiten für Zwischenladungen eingeplant werden müssen. Die neuen Batterietrolleybusse haben einen erwarteten Lebenszyklus bis 2036. Die AB rechnen mit einer Lebensdauer der neuen Tango-Schienenfahrzeuge von 27 Jahren, also bis 2045. Die erwartete Lebensdauer der neuen Gleichrichteranlagen beträgt 35 Jahre. Dies bringt Investitionssicherheit und garantiert die Gleichstromversorgung für die kommende Generation und die elektrische Mobilitätszukunft der Stadt St.Gallen.

#### **8.2 Einmalige Kosten Gleichstromversorgung**

Bei der Finanzierung der Gleichrichteranlagen wird zwischen Ausbau und Sanierung unterschieden. Die Investitionen für den Ausbau der Gleichrichteranlagen sind bereits vom St.Galler Stimmvolk am 25. November 2018 mit der Vorlage «Elektrifizierung und Flottenerneuerung der VBSG» genehmigt worden. Darin enthalten sind die folgenden drei Gleichrichterstationen und die Position Verschiedenes / Anschlussgebühren:

- GR Wassergasse
- GR Lettenstrasse
- GR Walenbüchel
- Verschiedenes / Anschlussgebühren

Im vom Stadtparlament am 27. April 2004 genehmigten Rahmenkredit «Massnahmenpaket zur Erneuerung der Fahrleitungen» sind die Sanierungen von zwei Stationen enthalten. Mit Beschluss vom 5. Februar 2019 hat der Stadtrat aus diesem Rahmenkredit einen Kredit von CHF 1,09 Mio. für die Sanierung der beiden folgenden Gleichrichteranlagen erteilt:

- GR Waldau
- GR Geltenwilen

Mit dem vorliegenden Beschluss «Sanierung Gleichrichteranlagen VBSG» sind die sechs folgenden Stationen enthalten, inklusive den Aufwendungen sgsw für alle Stationen und der Position Verschiedenes / Bereinigung:

- GR Stationsweg
- GR Blumenberg (Teil VBSG)
- GR Steinachstrasse
- GR Neudorf
- GR Bildweiher
- GR Schlössli
- Verschiedenes / Bereinigung

Die Finanzierung der Gleichrichteranlage Blumenberg (Teil AB) erfolgt direkt durch die AB.

Die Investitionskosten für die Sanierung der Gleichrichteranlagen basieren auf Kostenschätzungen aus dem Vorprojekt und dem konkreten Angebot der Gleichrichteranlagen durch die Firma Sécheron SA. Die notwendigen Verpflichtungskredite für die sgsw und die VBSG setzen sich wie folgt zusammen:

<b>Gleichrichterstationen</b>	<b>Kosten sgsw CHF</b>	<b>Kosten VBSG CHF</b>	<b>Total CHF</b>
GR Bildweiher	21'000	437'000	458'000
GR Blumenberg AB	136'000	-	136'000
GR Blumenberg VBSG	166'000	546'000	712'000
GR Geltenwilen	62'000	-	62'000
GR Lettenstrasse	131'000	-	131'000
GR Neudorf	21'000	418'000	439'000
GR Schlössli	11'000	231'000	242'000
GR Stationsweg	89'000	447'000	536'000
GR Steinachstrasse	21'000	800'000	821'000
GR Waldau	21'000	-	21'000
GR Walenbüchel	36'000	-	36'000
GR Wassergasse	46'000	-	46'000
Verschiedenes / Bereinigung	30'000	79'000	109'000
<b>Total exkl. MWST</b>	<b>791'000</b>	<b>2'958'000</b>	<b>3'749'000</b>
<b>Kreditfreigabe inkl. MWST</b>	<b>852'000</b>	<b>3'186'000</b>	<b>4'038'000</b>

### **8.2.1 Übertrag Gleichstromkabel aus dem Anlagebuch des sgsw**

Im Anlagenbuch der sgsw sind Gleichstromkabel, welche der Traktionsstromversorgung dienen, mit einem Rest-/Bilanzwert von total CHF 78'000 als Restposten enthalten. Im Zuge des Projektes wurden die Schnittstellen genau definiert und die Anlagen den entsprechenden Eigentümern zugeordnet. Da in der nahen Vergangenheit die VBSG in die Gleichstromkabel investiert haben und diese auch aktuell im Anlagenbuch der VBSG aktiviert werden, macht es Sinn, diese Position zu bereinigen. In der Kostenzusammenstellung sind die Restwerte der Gleichstromkabel vom Anlagenbuch der sgsw unter der Position Bereinigung enthalten, welche ins Anlagenbuch der VBSG transferiert werden.

### **8.3 Wiederkehrende Kosten Gleichstromversorgung**

Die wiederkehrenden Kosten zwischen den VBSG und den sgsw werden in einer separaten Vereinbarung geregelt. Darin wird die Nutzung der Infrastruktur der sgsw mit den zugehörigen Dienstleistungen geregelt. Zum Beispiel: Raummiete in Trafostationen, Kabelschutzrohrmiete, Betriebsführung via Fernwirkanlage, Netzleitsystem, Signalleitungen, Bereitschaftsdienst, Sichtkontrollen, Prüfung der Schutzgeräte MS-Anlage, Reinigung der Gleichrichterstationen. Diese Vereinbarung wird von den Dienststellen VBSG und sgsw ausgefertigt und tritt per 1. Juli 2019 in Kraft.

## **9 Fazit**

Das Projekt Sanierung und Ausbau Gleichrichteranlagen ist umfassend und komplex. Es beinhaltet einerseits viele technische Neuerungen und Anpassungen, aber auch Bereinigungen im administrativen und finanziellen Bereich. Die Schnittstellen und Zuständigkeiten zwischen VBSG, AB und sgsw werden mit den entsprechenden Vereinbarungen klar geregelt. Das deutliche «Ja» des St.Galler Stimmvolkes zur Elektrifizierung und Flottenerneuerung der VBSG gibt Investitionssicherheit. Die Umsetzung dieser Vorlage gewährleistet die wirtschaftliche Gleichstromversorgung für die kommende Generation und die elektrische Mobilitätszukunft der Stadt St.Gallen.

Der Stadtpräsident:  
Thomas Scheitlin

Der Stadtschreiber:  
Manfred Linke