



Kanton Bern  
Canton de Berne



Regionalkonferenz  
**Bern**Mittelland

# Linie 10 Bern–Köniz: Technische Studie betreffend mittelfristiges Angebot

Schlussbericht

Genehmigt durch die Kommission Verkehr der Regionalkonferenz Bern-Mittelland am 22. April 2021



## **Impressum**

### **Herausgeber**

Regionalkonferenz Bern-Mittelland  
Holzikofenweg 22  
Postfach 8623  
3001 Bern

Amt für öffentlichen Verkehr und Verkehrskoordination  
Reiterstrasse 11  
3013 Bern

### **Gesamtprojektleitung**

Heiniger Bettina, wissenschaftliche Mitarbeiterin AÖV  
Krebs Timo, Projektleiter Verkehr RKBM

### **Begleitgruppe**

Aebi Christian, AÖV Kanton Bern  
Anderegg Markus, Bernmobil  
Ebinger Luc, Köniz  
Ledergerber Thomas, Bernmobil  
Moser Martin, RKBM  
Müller Ueli, Fachstelle ÖV Stadt Bern  
Schmid Thomas, Tiefbauamt Kanton Bern  
Vogel Karl, Verkehrsplanung Stadt Bern

### **Auftragnehmer**

Transitec Beratende Ingenieure AG  
EBP Schweiz AG  
Enotrac AG  
Kissling + Zbinden AG

### **Bearbeitung**

Urs Gloor, Anna Cissé, Pascal Martin, Transitec  
Peter de Haan, EBP  
Stefan Nydegger, Claudia Sauter, Enotrac  
Stephan Knobel, K+Z

# Inhaltsverzeichnis

Seite

Zusammenfassung .....	6
1. Ausgangslage .....	8
1.1 Auftragsziel .....	8
1.2 Zukünftige Angebotskonzepte .....	8
1.3 Zukünftige Nachfrage .....	8
1.4 Terminliche Randbedingungen .....	9
1.4.1 Beschaffungssituation Bernmobil .....	9
1.4.2 Agglomerationsprogramm 4. Generation, kantonaler ÖV-Investitionsrahmenkredit 2022 - 2025 .....	9
1.5 Umfeld .....	10
1.6 Grundlagen .....	10
2. Vorgehen/Methode .....	11
3. Varianten .....	13
3.1 Abklärungen zur Machbarkeit .....	13
3.1.1 Strecke .....	13
3.1.2 Haltestellen .....	15
3.1.3 Machbarkeit von Ladestationen im Depot Eigerplatz .....	18
3.2 Betrieb und Angebot .....	18
3.2.1 Linienführung zwischen Eigerplatz und Bahnhof .....	18
3.2.2 Wendeschleifen und Ladestandorte in Köniz und Schliern .....	21
3.2.3 Fahrplan .....	26
3.3 Energieversorgung .....	28
3.3.1 Einfluss Energieversorgungssystem auf Wahl GB oder DGB .....	28
3.3.2 Betrachtete Technologien .....	29
3.3.3 Allgemeine Grundlagen und Annahmen .....	30
3.3.4 E-Bus Variante 1 .....	32
3.3.5 E-Bus Variante 2 .....	37
3.3.6 Trolleybus Variante .....	38
3.3.7 Grundlagen Kostenabschätzung .....	40
3.3.8 Kostenabschätzung Teil Energieversorgung .....	40
3.4 Variantenbildung .....	41
4. Variantenvergleich .....	43
4.1 Ziele und Kriterien .....	43
4.2 Variantenbewertung .....	44
4.3 Schrittweiser Variantenvergleich .....	47
4.4 Bestvariante .....	54
5. Folgerungen .....	55
5.1 Empfehlungen zur Buslinie 10 .....	55

5.2	Empfehlungen für die Flotte von Bernmobil.....	55
5.3	Weiteres Vorgehen.....	56
Anhang	.....	57

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kapazität und Nachfrage 2018/2040 in der maximalen Spitzenstunde (Datenquelle: Infras).....	9
Abbildung 2: Laden im Depot (Prinzipbild).....	18
Abbildung 3: Linienführung und Ladestandorte im Raum City West - Bahnhof.....	19
Abbildung 4: Übersicht Varianten Wendeschleifen in Schliern .....	21
Abbildung 5 - Prinzipskizzen zur Wendeschleifenanalyse in Schliern.....	22
Abbildung 6: Prinzipskizzen zur Endhaltestelle in Schliern für die verschiedenen Varianten der Wendeschleife .....	23
Abbildung 7 - Ausbauvarianten Dörfliweg (Prinzipskizzen).....	24
Abbildung 8: Übersicht Varianten Wendeschleifen in Köniz.....	24
Abbildung 9: Alternative Wendeschleifen Köniz Schloss .....	25
Abbildung 10: Umlaufzeiten und HVZ-Takt .....	27
Abbildung 11: Übersicht zum zukünftigen Takt [min] für GAB und DGB zwischen Bahnhof und Köniz Schloss 27	
Abbildung 12: Beispielhafte Darstellung der Anzahl Busse im Depot und auf der Strecke über einen Tag für die Variante 1a, GAB (Fahrplan Mo-Fr gemäss Kapitel 3.2.3). .....	34
Abbildung 13: Beispielhafte Darstellung der Anzahl Busse im Depot und auf der Strecke über einen Tag für die Variante 1a, DGB (Fahrplan Mo-Fr gemäss Kapitel 3.2.3).....	34
Abbildung 14: Beispielhafte Darstellung der Anzahl Busse im Depot und auf der Strecke über einen Tag für die Untervariante 1b, GAB (Fahrplan Mo-Fr gemäss Kapitel 3.2.3). .....	37
Abbildung 15: Mögliche Fahrleitungsabschnitte für die Trolleybusvarianten. S1: Bahnhof – Monbijou. (Umlauf 1.3 km), S2: Köniz Schloss – Köniz Schliern (Umlauf 3.287 km), S3: Dübystrasse – Brühlplatz (Umlauf 2.4 km). .....	39
Abbildung 16 - Übersicht Variantenvergleich .....	49
Abbildung 17 – Variantenvergleich: E-Busvarianten.....	50
Abbildung 18 - Variantenvergleich ohne die Varianten E-GAB/DGB 2 .....	51
Abbildung 19 - Variantenvergleich E-DGB1a und E-DGB 1b .....	52
Abbildung 20 - Variantenvergleich E-DGB 1b und DGTB .....	53
Abbildung 21 - Projektierung und Baubewilligungsverfahren (Dauer und Fristen).....	56

## Zusammenfassung

2024/2025 muss ein Teil der Busflotte für die Linie 10 ersetzt werden, somit handelt es sich um ein ideales Zeitfenster für den Wechsel zu einem anderen Antriebssystem/einer anderen Gefässgrösse. Die Stadt Bern als Eignerin von Bernmobil hat dem Unternehmen im Mai 2019 im Rahmen des «Erweiterten Handlungsplans Klima» die Vorgabe gemacht, dass ab 2040 alle Linien des Ortsverkehrs möglichst CO<sub>2</sub>-frei betrieben werden (Massnahme 16). Bernmobil soll deshalb ab 2025 nur noch emissionsfreie Fahrzeuge beschaffen. Die vorliegende Studie soll spezifisch für die Buslinie 10 zwischen Bern Bahnhof und Schliern die Entscheidungsgrundlagen für die zukünftige Busbeschaffung liefern und aufzeigen, welche Antriebsart und welche Gefässgrösse mittelfristig (2025 bis 2040) am zweckmässigsten ist. Als langfristige Lösung sind laut Netzstrategie die Varianten «Tram Köniz» und «RBS-Verlängerung» mögliche Varianten.

Im Rahmen dieses Projekts wurden folgende CO<sub>2</sub>-freie Antriebstechnologien im Variantenstudium mit dem Hybridbus (Referenzvariante) verglichen:

- der batterieelektrische Antrieb mit zwei Varianten:
  - E-Bus Varianten 1 a und b: E-Bus mit Ladestationen an der Endhaltestelle in Schliern und
    - Nachladen im Depot
    - an einem streckenunabhängigen Ort und Nachladen im Depot
  - E-Bus Variante 2: E-Bus mit Streckenschnellladern an ca. der Hälfte aller Haltestellen
- der Trolleybus mit Fahrleitungen auf ca. der Hälfte der Strecke

Für jede Antriebstechnologie wurde sowohl der Gelenk- als auch der Doppelgelenkbus (GAB und DGB) als Variante berücksichtigt.

Für DGB-Varianten wurde die Befahrbarkeit der Strecke und des Depots Eigerplatz sowie der Platz im Depot geprüft. Der Betrieb mit DGB ist machbar. Ausserdem wurde der hindernisfreie Ausbau der Haltestellen geprüft, etwaige nötige bauliche Massnahmen wurden identifiziert. Die aktuelle Wendeschleife in Schliern ist für den Betrieb mit DGB nicht geeignet, sie kann jedoch nach baulichen Anpassungen und Erweiterungen weiterhin verwendet werden.

Aus betrieblicher Sicht wurden alternative Endhaltestellen/Ladestandorte am Bahnhof Bern und die damit verbundene Linienführung im Raum City-West analysiert. Das Variantenstudium zeigte, dass ausschliesslich die aktuelle Endhaltestelle mit Wendeschleife über die Bundesgasse zweckmässig ist. Eine Ladestation kann jedoch im Bereich Bahnhof - Hirschengraben nicht gebaut werden. Somit werden für beide Gefässgrössen die aktuelle Linienführung und die bestehenden Wendeschleifen (Bahnhof Bern und Dörfliweg) beibehalten. Bei den DGB-Varianten ist jedoch eine zusätzliche Wendeschleife für den Verstärkungskurs über den Parkplatz Muhlenstrasse nötig, da die Befahrbarkeit der Haltestelle Köniz Schloss stadteinwärts mit DGB problematisch ist.

Als ausschlaggebend zeigt sich in der Variantenevaluation das Kriterium Kapazität. Da gemäss aktuellem Fahrplan mit GAB zur HVZ schon ein 2.5-Minuten-Takt besteht, gibt es keinen Spielraum mehr zu einer Kapazitätserhöhung; somit werden die GAB-Varianten ausgeschlossen. Mit DGB könnte mit einer Fahrplanverdichtung die Kapazität weiter gesteigert werden. Dies ist besonders dann relevant, wenn davon ausgegangen werden muss, dass die langfristige Lösung (Tram oder RBS-Verlängerung) nicht, wie zurzeit laut Netzstrategie geplant, 2040 umgesetzt werden kann. Bei einer geringeren Taktichte wird zudem der Strassenraum entlastet und die Fahrplanstabilität erhöht. Deshalb werden Doppelgelenkbusse favorisiert.

Doppelgelenkbusse sind kein Standardprodukt, sondern eine Spezialität, welche nur in wenigen Städten im Einsatz stehen. Grundsätzlich ist es so, dass das Angebot für Batterie-Elektroantrieb bei kleineren Bussen grösser ist. Deshalb hat die Bevorzugung von Doppelgelenkbussen dazu geführt, dass die übrigen Kriterien tendenziell Trolleybusse statt Batteriebusse als Antriebstechnologie favorisierten. Weil in

Bern bereits Doppelgelenk-Trolleybusse eingesetzt werden, ergeben sich Doppelgelenk-Trolleybusse mit partieller Oberleitung als Bestvariante.

Die vorliegende Variantenstudie fokussierte auf die bestmögliche Antriebstechnologie für die Linie 10 Bern - Köniz – Schliern zwischen 2025 und 2040. Die Wechselwirkungen mit der gesamten Busflotte wurden über mehrere Kriterien abgebildet. Die gewählte Varianten-Priorisierung entspricht einer Strategie, bei der das Busliniennetz in der Stadt Bern, sofern es nicht auf Tram umgestellt wird, mit einer Mischflotte betrieben werden soll. Die Anzahl verschiedener Antriebstechnologien innerhalb der Busflotte soll möglichst geringgehalten werden. Somit wurden die Varianten E-GAB 2 und E-DGB 2 aus betrieblichen und wirtschaftlichen Gründen (Finanzierung durch Kanton und Gemeinden) ausgeschlossen (neues Antriebssystem im Fuhrpark Bernmobil). Dies reduziert die Werkstattkosten und erhöht die betriebliche Flexibilität im Normalfall ebenso wie im Ereignisfall.

Für die Bestvariante – Doppelgelenktrolleybusse mit partieller Oberleitung – werden die Investitionskosten grob auf ca. 30 Mio. CHF geschätzt (mit der Kostengenauigkeit aus dem Variantenvergleich).

# 1. Ausgangslage

## 1.1 Auftragsziel

2024/2025 muss ein Teil der Busflotte für die Linie 10 ersetzt werden, somit handelt es sich um ein ideales Zeitfenster für den Wechsel zu einem anderen Antriebssystem/einer anderen Gefässgrösse. (Die über-nächste Busbeschaffung steht erst ca. 2035 an, da erst dann wieder ein Bedarf für eine Beschaffung von Gelenk- oder Doppelgelenkbussen besteht und ein vorzeitiger Verkauf von Bussen ein erhebliches Ver-lustgeschäft wäre.)

Die Stadt Bern als Eignerin von Bernmobil hat dem Unternehmen im Mai 2019 im Rahmen des «Erweiter-ten Handlungsplans Klima» die Vorgabe gemacht, dass ab 2040 alle Linien des Ortsverkehrs möglichst CO<sub>2</sub>-frei betrieben werden (Massnahme 16). Bernmobil soll deshalb ab 2025 nur noch emissionsfreie Fahrzeuge beschaffen. Die Beschaffung von neuen Fahrzeugen muss vom AÖV als Bestellerin des Orts-verkehrs genehmigt werden.

Diese Studie soll spezifisch für die Buslinie 10 für den Abschnitt Bern - Schliern die Entscheidungsgrund-lagen für die zukünftige Busbeschaffung liefern und aufzeigen, welche Antriebsart und welche Gefäss-grösse mittelfristig (bis 2040) am zweckmässigsten ist. Die verschiedenen Aspekte werden über entspre-chende gewählte Kriterien abgebildet (siehe Kapitel 4). Natürlich hat die Wahl der Antriebstechnologie auch Implikationen auf Ebene der gesamten Busflotte von Bernmobil (Unterhalt und flexibler Einsatz von Fahrzeugen auf mehreren Buslinien, sowie Aufrechterhaltung des Betriebs bei Streckensperrungen).

## 1.2 Zukünftige Angebotskonzepte

Kurzfristig wurde mit dem Fahrplanwechsel 2020 die im kantonalen Angebotskonzept 2018-2021 enthal-tene Verdichtung des Angebots zu den Hauptverkehrszeiten auf den 2.5-Minutentakt zwischen Bahnhof Bern und Schloss Köniz (resp. Ostermundigen Wegmühlegässli) umgesetzt (Betriebskonzept 2020).

Im Rahmen der Erarbeitung der Netzstrategie ÖV Kernagglomeration Bern 2040 durch die RKBM haben die Abklärungen folgende Möglichkeiten für die Kapazitätsdeckung ergeben:

- Die Kapazität des heutigen Betriebs mit Gelenkautobussen (GAB) im 2.5'-Takt zur Hauptverkehrszeit (HVZ) wird mit Vorbehalten hinsichtlich Angebotsqualität (Risiko von Eigenbehinderungen beim aus-serordentlich dichten Fahrplantakt) beibehalten (Betriebskonzept 2020).
- Die Variante Doppelgelenkbusse (DGB) ermöglicht bei gleicher Kapazität eine geringere Takt-dichte. Die Variante bietet Vorteile aus betrieblicher und Kunden-Sicht.
- Die Varianten «Tram Köniz» (Option Schliern) und «RBS-Verlängerung» werden in der Netzstrategie beide als mögliche langfristige Lösungen (Zielbild 2040) für den Korridor Köniz beurteilt. Die Variante «RBS-Verlängerung» steht in Abhängigkeit zu den Ergebnissen der momentan laufenden ZMB Insel, in welcher ebenfalls eine Variante «RBS» untersucht wird.

## 1.3 Zukünftige Nachfrage

Die zukünftige Nachfrage kann mit GAB im 2.5'-Takt zur HVZ zwischen Bern Bahnhof und Köniz Schloss grösstenteils abgedeckt werden. Für den Abschnitt Eigerplatz-Hirschengraben kommt es jedoch zur HVZ zu Kapazitätsengpässen.

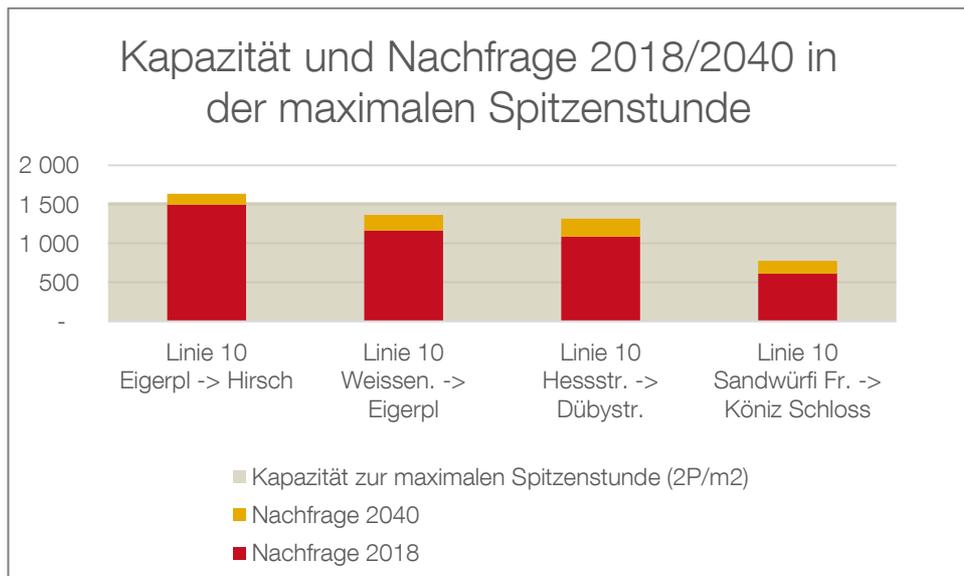


Abbildung 1: Kapazität und Nachfrage 2018/2040 in der maximalen Spitzenstunde (Datenquelle: Infras)

Die für 2040 prognostizierte Nachfrage ist nur bei 15-Minutentakt auf der S-Bahnlinie bis Köniz und mit 7.5-Minutentakt auf der Tramlinie 3 realistisch. Die Kapazität wurde für die maximale Spitzenstunde variantenunabhängig aus der Netzstrategie öV Kernagglomeration Bern übernommen.

## 1.4 Terminliche Randbedingungen

### 1.4.1 Beschaffungssituation Bernmobil

Die Lebensdauer der heute auf der Linie 10 eingesetzten Fahrzeuge wird schon 2 bis 3 Jahre verlängert, damit neue Fahrzeuge erst 2025 nötig sind. Falls die Studie zum Schluss kommt, dass der Einsatz grösserer Gefässe dem Betriebskonzept 2020 vorzuziehen ist, so muss diese Lösung rasch umgesetzt werden, denn für die Beschaffung grösserer Fahrzeuge und die damit verbundenen Anpassungen der strassenseitigen und betrieblichen Infrastrukturen werden mehrere Jahre Vorlauf benötigt. Gemäss aktuellem Arbeitsstand der Rollmaterial-Beschaffungsplanung von Bernmobil sollte die Submission für die Ersatzbeschaffung der Busse für die Linie 10 2023 gestartet werden.

### 1.4.2 Agglomerationsprogramm 4. Generation, kantonaler ÖV-Investitionsrahmenkredit 2022 - 2025

Falls sich der Einsatz grösserer Fahrzeuge oder eine Elektrifizierung der Gelenkbusse auf der Linie 10 Bern-Köniz als sinnvoll erweist, so ist für die Finanzierung der damit verbundenen Investitionskosten (streckenbezogene Infrastruktur und allfälliger Beitrag an das Rollmaterial) im Rahmen der 4. Generation des Agglomerationsprogramms (AP4) eine Mitfinanzierung durch den Bund anzustreben. Das Projekt ist so weit zu konkretisieren, dass

- die Anforderungen an den Planungsstand 2 gemäss den aktuellen Richtlinien für das Programm Agglomerationsverkehr (RPAV)<sup>1</sup> erfüllt werden, um die Chance auf A-Priorität zu erreichen bzw. um in der Realisierungsperiode 2024 – 2027 umgesetzt werden zu können.
- es in den kantonalen ÖV-Investitionsrahmenkredit 2022 - 2025 aufgenommen werden kann (Projek-  
tierung und Realisierung).

<sup>1</sup> [https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/verkehr/dokumente/agglomerationsprogramme/rpav\\_Konsultation.pdf.download.pdf/RPAV%20Konsultation.pdf](https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/verkehr/dokumente/agglomerationsprogramme/rpav_Konsultation.pdf.download.pdf/RPAV%20Konsultation.pdf), S. 45

## 1.5 Umfeld

Das Projekt steht in einem Umfeld, in dem sich die Rahmenbedingungen zurzeit stark verändern:

- Die **technologische Entwicklung** ist in einer intensiven Veränderungsphase (neue Technologien, Marktreife, Anzahl Hersteller / Konkurrenzsituation, usw.). Für Busse mit elektrischem Antrieb gibt es viele unterschiedliche Lösungen und Entwicklungen.
- **Regulatorische und finanzielle Rahmenbedingungen:** Mehrkosten von Bussen mit alternativen Antriebstechnologien gegenüber Dieselnissen stellen heute ein Hemmnis dar, um den öffentlichen Busbetrieb umweltfreundlicher zu machen. Das Bundesamt für Energie erarbeitet z.Z. eine Studie, in der u.a. die bestehenden Rahmenbedingungen sowie Fördermöglichkeiten für Busse mit alternativen Antriebstechnologien aufgezeigt werden. Die Studie dient als Grundlage für den Postulatsbericht 19.3000 <sup>2</sup>.

Im lokalen Umfeld sind, nebst der bereits im Kapitel 1.2 erwähnten Netzstrategie ÖV, insbesondere folgende laufenden Projekte von Bedeutung:

- **Projekt «Zukunft Bahnhof Bern Stadt Bern (ZBBS) / Planung Stadtraum Bahnhof Bern»** (Federführung Stadt Bern)
- **Netzstrategie ÖV Kernagglomeration Bern 2040** (Federführung RKBM)
- **E-Bus-Projekte für die Linien 19, 21, 28** (Federführung: Bernmobil): Für diese Linien wird geprüft, welche Art Batteriebus und Ladesystem zweckmässig sind. Für die Linien 19 und 21 sind die Abklärungen abgeschlossen und es ist ein System analog Linie 17 geplant (Ladestationen an den Endhaltestellen und in der Garage). Für die Linie 28 sind Garagenlader (Nachtladung) vorgesehen.

## 1.6 Grundlagen

Die wichtigsten für die vorliegende Studie verwendeten Grundlagen sind im Anhang 1 aufgelistet.

<sup>2</sup> <https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaeft?AffairId=20193000>

## 2. Vorgehen/Methode

Für die Identifikation der bestgeeigneten Antriebs- und Ladetechnologie wird wie folgt vorgegangen:

- 1 Referenz- und 3 Haupt-**Varianten** bilden die möglichen **Antriebstechnologien** (Diesel-, Batterie oder Trolleybus) **und Angebotskonzepte** (in der HVZ 2.5-Minuten-Takt gemäss Betriebskonzept 2020, oder 3.5-Minuten-Takt) ab. Das Angebotskonzept geht mit entsprechenden Gefässgrössen einher (2.5-Minuten-Takt = Gelenkbus; 3.5-Minuten-Takt = Doppelgelenkbus). Dabei werden nicht alle möglichen Kombinationen betrachtet.
- Für die verschiedenen **Ladetechnologien** werden **Untervarianten** gebildet; dies betrifft die Batterie-Busse. Batteriebusse können entweder nur in der Nacht geladen werden (Nachtlader, in Busgarage; ob via Stecker oder Pantographen ist für die vorliegende Studie unerheblich) oder – zusätzlich zur Nacht-Ladung – auch tagsüber nachgeladen werden. Das Nachladen tagsüber kann entweder induktiv (im Strassenbelag eingebaut) oder konduktiv (über Pantographen) erfolgen. Das Nachladen mit Pantographen wiederum kann in der Bus-Garage, an Zwischenhaltestellen oder an Endhaltestellen erfolgen. Insgesamt betrachten wir 5 verschiedene Kombinationen von Ladetechnologien, welche den gesamten Raum aller Möglichkeiten sinnvoll und repräsentativ abbilden.

Für den Vergleich und die Gegenüberstellung der Varianten (Antriebstechnologie und Angebotskonzept) und Untervarianten (Ladetechnologie im Falle der Batterie-Elektrobusse) werden **Kriterien** verwendet, welche alle relevanten **Aspekte abbilden**: Qualität des Angebots (Kapazität und Fahrplanstabilität), städtebauliche Aspekte (Ortsbild; Kohärenz mit raumplanerischer Entwicklung), Umwelt (Lärm und Luftschadstoffe, Treibhausgasemissionen, Einsatz erneuerbarer Energie), Wirtschaftlichkeit (dies wird über die Kostenabschätzungen abgebildet), und die Entwicklungsfähigkeit (Auswirkungen auf Ebene der gesamten Busflotte inkl. Unterhalt, Flexibilität im Fahrplan- und im Ereignisfall).

Die Kriterien betreffend **Angebotskonzept** sind dabei **unabhängig** von den übrigen **Kriterien**, welche die **Antriebs- und Lade-Technologie abbilden**. Für die vorliegende Studie ist in einem ersten Schritt festzulegen, ob GAB oder DGB eingesetzt werden sollen. Die Wahl der Antriebstechnologie ist dann als zweiter Schritt festzulegen: Zwar kann grundsätzlich jede Gefässgrösse mit jeder Antriebstechnologie kombiniert werden, in der Detailanalyse zeigen sich aber Verschiebungen, d.h. für DGB sieht die bestgeeignete Antriebstechnologie anders aus als für GAB.

Ein weiterer Schritt ist der Variantenvergleich aufgrund der festgelegten Kriterien: Während die Kriterien möglichst objektiv versuchen, alle relevanten Aspekte abzubilden, ist die Gewichtung der Kriterien letztlich immer subjektiv: Nicht jedes Kriterium hat das gleiche Gewicht. Auch kann es sein, dass alle betrachteten Varianten bei einem Kriterium «gut» oder «sehr gut» abschneiden. Dann verliert das Kriterium für die Wahl der Antriebs- oder Ladetechnologie an Einfluss, obwohl es grundsätzlich ein wichtiges Kriterium ist.

Nachstehende Tabelle zeigt die betrachteten Varianten und Untervarianten, welche in Kapitel 3 beschrieben, spezifiziert und analysiert werden. Die Varianten werden in Kapitel 4 anhand der Kriterien verglichen und die Bestvariante identifiziert. Kapitel 5 schliesst mit den Empfehlungen, was bei der Weiterverfolgung und Vertiefung der Bestvariante für die Linie 10 Bern-Köniz-Schliern zu beachten sein wird.

*Tabelle 1: Betrachtete Varianten und Untervarianten (GAB = Gelenkautobus; DGB = Doppelgelenkbus; GTB = Gelenktrolleybus; DGTB = Doppelgelenktrolleybus)*

Variante	Untervariante	Beschreibung
Referenzvariante GAB (2.5'-Takt)	Diesel-Hybridantrieb (2.5'-Takt = Betriebskonzept 2020)	Alle anderen (Unter-)Varianten werden mit der Referenzvariante verglichen
E-GAB (2.5'-Takt) oder E-DGB (3.5'-Takt)	(1) E-Bus mit induktivem Laden während Fahren	Laden der Batterien über im Strassenbelag eingebaute «Ladestationen».
	(2) E-Bus Nachtlader (Busdepot)	Die relativ grossen Batterien werden nur in der Nacht z.B. im Depot geladen. Diese Ladung muss grundsätzlich für die Abdeckung des Betriebes tagsüber ausreichen.
	(3) E-Bus mit Ladestation an Endhaltestelle	Die Batterien werden an Endhaltestellen nachgeladen (in Köniz Schliern).
	(4) E-Bus mit Ladestation an Endhaltestelle und an einem linienunabhängigen Standort	Mischvariante von E-Bus mit Ladestationen an der Endhaltestelle und E-Bus Laden an einem Linienunabhängigen Standort. Zusätzlich zu den Endhaltestellen werden die Busse an einem eigens dafür gebauten Ort (z.B. Depot, Garage,...) geladen. Die Busse unterbrechen dabei für das Laden planmässig ihren Kurs oder Laden im Depot/in der Garage während der Nebenverkehrszeit (NVZ) nach (während dieser Zeit ist ein grosser Teil der Bussflotte nicht im Einsatz). Die Verfügbarkeit der gesamten Anlage ist dadurch deutlich höher im Vergleich zu den Varianten mit Ladestationen ausschliesslich an der Endhaltestelle oder in der Garage.
	(5) E-Bus mit Streckenschnellladern an Haltestellen (Zwischenladestationen, z.B. System TOSA)	Die kleinen Batterien der Fahrzeuge werden an etwa der Hälfte aller Haltestellen mit relativ hoher Leistung kurz geladen.
GTB (2.5'-Takt) oder DGTB (3.5'-Takt)	Trolleybus mit partieller Fahrleitung	Dank Batteriepaketen brauchen Trolleybusse keine komplett durchgehende Fahrleitung mehr; bei neu gebauten Trolleybusstrecken wird allgemein auf partielle Fahrleitungen gesetzt: Namhafte Streckenanteile (>50%) werden mit Fahrleitung ausgerüstet; die Batterien werden während des Fahrens stetig geladen. In einer Nebenbetrachtung wird auch die Kombination von partieller Fahrleitung und Ladestationen an Zwischenhaltestellen (Trolleybus mit partieller Oberleitung und Gelegenheitsladung) analysiert.

## 3. Varianten

### 3.1 Abklärungen zur Machbarkeit

Einerseits wurde für den gesamten Streckenabschnitt zwischen dem Bahnhof Bern und der Wendeschleife in Schliern an kritischen Stellen die Befahrbarkeit mit Doppelgelenkbussen überprüft und andererseits wurde bei allen Haltestellen die erforderlichen baulichen Anpassungen für eine BehiG-konforme Haltekantenhöhe von 22 cm abgeklärt.

#### 3.1.1 Strecke

An folgenden Punkten wurde die Befahrbarkeit mit Doppelgelenkbussen überprüft:

##### **Knoten Schwarzenburgstrasse / Könizstrasse (Kreisel, Fahrtrichtung stadtauswärts)**

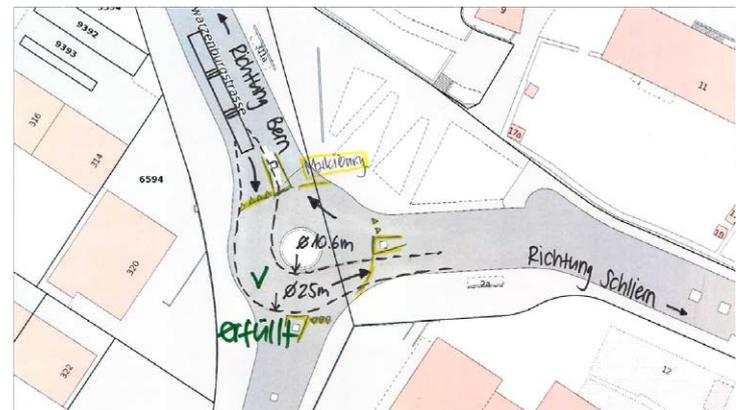
Die Schleppkurve des Doppelgelenkbusses überfährt die heute markierte Leitinsel bei der Einfahrt in den Kreisel. Bei der Kreiselausfahrt, beim Beginn der T30-Zohne, ist eine bauliche Insel als Beginn des Mehrzweckstreifens vorhanden. Dort sind die Platzverhältnisse für die Durchfahrt mit einem Doppelgelenkbuss eher knapp.

Bei der Fahrtrichtung stadteinwärts sind keine Beeinträchtigungen vorhanden.



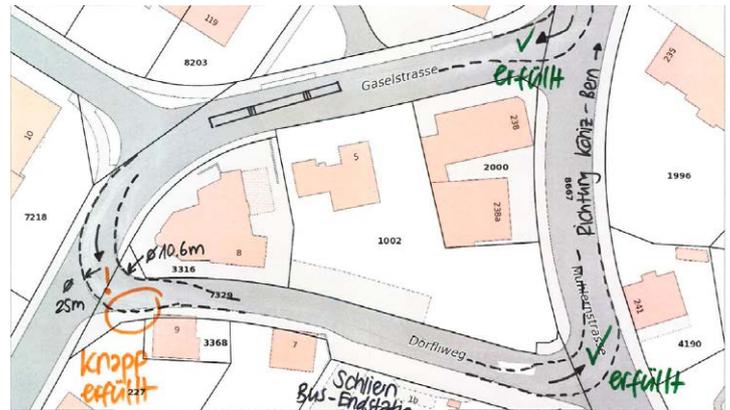
##### **Knoten Schwarzenburgstrasse / Muhlerstrasse (Kreisel)**

Der Knoten kann in beiden Fahrrichtungen mit einem Doppelgelenkbuss befahren werden. Es bestehen keine Einschränkungen.



### Wendeschleife Schliern:

Bei der Einfahrt von der Gaselstrasse in den Dörfliweg sind die örtlichen Platzverhältnisse knapp und daher mit einem Doppelgelenkbus nur schwer befahrbar. Um die Befahrbarkeit zu verbessern, sind kleinere bauliche Anpassungen an den Randabschlüssen erforderlich.



### Fazit:

Die Strecke zwischen Bern Bahnhof und der Endhaltestelle in Schliern ist mit Doppelgelenkbussen gut befahrbar. Am 18. Juni 2020 wurde mit einem Doppelgelenktrolleybus eine Testfahrt durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass die Strecke grundsätzlich befahrbar ist. Die oben beschriebenen Engstellen wurden bestätigt.

### 3.1.2 Haltestellen

Bei sämtlichen Haltestellen, welche sich innerhalb des Projektperimeters befinden, wurde untersucht, ob eine BehiG-konforme Haltekante mit einer Anschlagshöhe von 22 cm für das Befahren mit Doppelgelenkbussen realisiert werden kann. Eine detaillierte Zusammenstellung der erforderlichen Massnahmen bei einzelnen Haltestellen ist im Anhang 2<sup>3</sup>.

Table 2: Anpassungsbedarf an den Haltestellen stadtauswärts

Name	Länge Haltekante IST	Haltekante A = 22 cm machbar	Lage der Haltestelle	Bemerkungen
Monbijou	25.0 m	ja	i.O.	--
Eigerplatz	42.0 m	bereits realisiert (A = 27 cm)	i.O.	Ohne Sonderbord für Busse (nicht BehiG-Konform), langfristig ist ein Kombibord (Tram/Bus) notwendig.
Weissensteinstrasse	25.0 m	Nein (HST befindet sich neben bestehender Zufahrt und im Radius)	Verschiebung erforderlich (vor den Knoten Weissenstein-/ Schwarzenburgstrasse)	Veloführung, Fahrbahnaufteilung und Abbiegebeziehungen müssen neu beurteilt werden
Dübystrasse	25.0 m	bereits realisiert (A = 22 cm)	i.O.	--
Hessstrasse	25.0 m	Nein (HST befindet sich im Bereich von Einfahrten und Parkfeldern)	Verschiebung erforderlich (neue Lage nach dem Knoten Schwarzenburg-/ Waldeggstrasse <sup>4</sup> )	Haltestelle befindet sich neu auf der Fahrbahn, Bucht nicht realisierbar
Liebefeldpark	25.0 m	ja	i.O.	--
Brühlplatz	40.0 m	ja	i.O.	--
Köniz Zentrum	35.0 m	ja	i.O.	--
Köniz Schloss	25.0 m	ja, evtl. nur mit einer Teilerhöhung	i.O.	Fahrbahnrand muss geometrisch optimiert werden
Sandwürfi Friedhof	25.0 m	ja	i.O.	Das Überholen des MIV ist nicht mehr möglich
Eichmatt	25.0 m	ja	i.O. (Begradigung der Haltekante erforderlich)	Fahrbahnrand bei der Kreiselausfahrt muss geometrisch optimiert werden

<sup>3</sup> Der Kanton projiziert zurzeit den behindertengerechten Ausbau sämtlicher Bushaltestellen auf der Kantonsstrasse entlang der Strecke für DGB.

<sup>4</sup> In der Detailprojektierung muss die Lage und Ausgestaltung so optimiert werden, dass hinter dem in der Haltestelle wartenden Bus Rückstaus auf den Kreisel Schwarzenburg-/Waldeggstrasse so gut wie möglich verhindert werden können.

Name	Länge Halte- kante IST	Haltekante A = 22 cm machbar	Lage der Haltestelle	Bemerkungen
Köniz Schliern	Vergleiche Kap.3.2.2			

Tabelle 3: Anpassungsbedarf an den Haltestellen stadteinwärts

Name	Länge Halte- kante IST	Haltekante A = 22 cm machbar	Lage der Haltestelle	Bemerkungen
Eichmatt	25.0 m	ja	i.O.	Fahrbahnrand bei der Kreiselausfahrt muss geometrisch optimiert werden
Sandwürfi Friedhof	25.0 m	ja	i.O.	Fahrbahnrand muss für die Wegfahrt geometrisch optimiert werden
Köniz Schloss	25.0 m	ja, evtl. nur Teilerhöhung	i.O.	--
Köniz Zentrum	35.0 m	ja	i.O.	--
Brühlplatz	40.0 m	ja	i.O.	--
Liebefeldpark	25.0 m	ja	i.O.	--
Hessstrasse	25.0 m	ja, evtl. nur Teilerhöhung (private Liegenschaftszugänge vorhanden)	i.O. (evtl. Aufhebung Busbucht erforderlich)	--
Dübystrasse	25.0 m	bereits realisiert (A = 22 cm)	i.O.	--
Weissensteinstrasse	25.0 m	ja, evtl. nur Teilerhöhung	i.O. (Begradigung Haltekante erforderlich, evtl. Aufhebung Busbucht)	-- Die hindernisfreie Fläche erfordert voraussichtlich Landerwerb.
Eigerplatz	42.0 m	bereits realisiert (A = 30 cm)	i.O.	Ohne Sonderbord für Busse (nicht BehiG-Konform), langfristig ist ein Kombibord (Tram/Bus) notwendig.
Monbijou	25.0 m	ja	i.O.	--
Hirschengraben	50.0 m	ja, evtl. nur Teilerhöhung (private Liegenschaftszugänge vorhanden)	i.O.	--
Bahnhof	35.0 m	ja, evtl. nur Teilerhöhung (wegen bestehender Zufahrt)	i.O.	--

Bei einzelnen Haltestellen wird voraussichtlich eine Veloumfahrung, wie sie z.B. bei der Haltestelle Dübystrasse realisiert wurde, erforderlich sein. Die dazu erforderlichen baulichen Massnahmen und Kosten wurden in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt.

### 3.1.3 Machbarkeit von Ladestationen im Depot Eigerplatz

Im Depot am Eigerplatz steht gemäss Aussagen von BERNMOBIL in den Garagen Nr. 2 und 4 genügend Platz zur Verfügung, um insgesamt 16 DGB abstellen und laden zu können. Die Befahrbarkeit der Garagen mit DGB wurde anhand von Fahrversuchen durch BERNMOBIL nachgewiesen. Die Montage der Ladestationen für die E-DGTB sind unter dem Hallendach vorgesehen. Die Dachkonstruktion ist daher statisch auf diese zusätzlichen Lasten zu überprüfen. Auch die Durchfahrts Höhe im Bereich der neuen Ladestationen ist zu prüfen, damit sichergestellt werden kann, dass das Lichtraumprofil nicht verletzt wird.

Um die erforderliche Ladekapazität für die E-DGTB bereit stellen zu können, muss die bestehende Trafanlage ausgebaut werden.

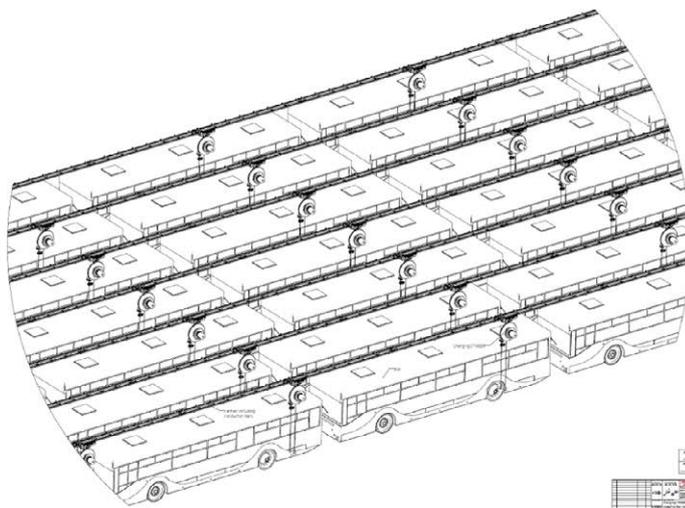


Abbildung 2: Laden im Depot (Prinzipbild)

Durch den in der vorliegenden Studie zu Grunde gelegten, begrenzten Zeithorizont von ca. 15 Jahren ist die Berücksichtigung eines neuen Depot-/Garagenstandorts mit Ladeplätzen nicht realistisch.

## 3.2 Betrieb und Angebot

### 3.2.1 Linienführung zwischen Eigerplatz und Bahnhof

Grundsätzlich wird die bestehende Linienführung zwischen Schliern und Bahnhof beibehalten, ausschliesslich an den Endhaltestellen wurden mögliche Alternativen analysiert.

Im Raum City West wurden für die E-Busvarianten 3 mögliche Ladestandorte/Wendeschleifen und die damit verbundene angepasste Linienführung identifiziert und analysiert:

- Die aktuelle Linienführung: Verlauf über die Monbijoustrasse. Da die Linie zukünftig am Bahnhof Bern endet und nicht mehr bis nach Ostermundigen fahren wird, wird der Bus über die Christoffel- und die Bundesgasse wenden.
- Alternative A: Linienführung über Belpstrasse – Laupenstrasse – Bollwerk, mit Endhaltestelle/Ladestation Schützenmatte
- Alternative B: Belpstrasse – Laupenstrasse – Schanzenstrasse mit Endhaltestelle/Ladestation am PostAuto-Stellplatz
- Alternative C: aktuelle Linienführung mit Ladestation(en) im Depot Eigerplatz und Dienstfahrten ins Depot für E-Busvarianten



Tabelle 4 - Bewertung Linienführung und Ladestandorte im Raum City West - Bahnhof

Kriterium	(0)	(A)	(B)	(C)
<b>Ladestationspotenzial</b>	1 min	Standzeit ausreichend	Standzeit ausreichend	Standzeit ausreichend
<b>Realisierbarkeit</b>	Machbar, aber ohne Ladestation im Bereich Bahnhof – Hirschengraben 	Platz wird heute anderweitig genutzt 	Platz wird heute anderweitig genutzt 	Machbar, Depotparkplatz = Ladeplatz 
<b>Linienführung</b>	Aktuelle LF über Monbijoustr.	Belpstr.-Laupenstr.-Bollwerk	Belpstr.-Laupenstr.-Schanenstr.	Dienstfahrten Bern Bhf-Eigerplatz Depot
<b>Distanz*</b>	1.2 km 	3 km → +1.8 km 	1.6 km → +0.4 km Höhenbeschränkung: 3.10 m, Ausbau max. 3.40 m 	+ 1.4 km (nicht alle Fahrten) 
<b>Kapazität Strassennetz</b>	Behinderungen gering 	Bubenberglplatz problematisch 	Bubenberglplatz problematisch 	Behinderungen gering 
<b>Fahrzeit</b>	Eigerpl.-Bern Bhf Ca. 5-6 min + 0 min 	(0) + Bern Bhf-Schützenmatte 9-10 min + 4-5 min 	Belpstr.-Laupenstr.-Schanenstr. 8-9 min + 3-4 min 	Bern Bhf-Eigerpl. Nur für aufzuladende Busse (Dienstfahrten) 5-6 min + 5-6 min (nicht jede Fahrt) 

\*Distanz Depot Eigerplatz – Wendeschleife-Alternativen Bern Bahnhof

Kriterium	(0)	(A)	(B)	(C)
<b>Haltestellenstandorte</b>	Bahnhofplatz Süd (=Referenz)	Bahnhofplatz Mitte ≈ Referenz	Schanenstr. → Längere Umsteigezeiten Hirschengraben/Bahnhof → +3-5 min	Wie (0) = Referenz
<b>Haltestelle Bahnhof</b> - Anzahl Busse alle Linien - Länge der Haltekante	24 GAB/h (HVZ) Platz für (knapp) 2 GAB/1 DGB 	ca. 37 Busse/h Platz für 2 GAB/1 DGB 	Ca. 55 Busse/h Platz für 2 GAB/1-2 DGB 	24 GAB/h (HVZ) Platz für (knapp) 2 GAB/1 DGB 
<b>Potenzielle Linienverknüpfungen (Redundanz-erhöhung)</b>	BL 12: Aktuell GTB, Machbarkeit mit DGTB ist zu prüfen Nachteile: DGB in der Altstadt eher problematisch (Kreuzen kritisch) /	BL 11: Viel geringere Nachfrage  BL 18: nur HVZ  BL 21: viel geringere Nachfrage und mit DGB nicht möglich 	BL 11: Viel geringere Nachfrage  BL 18: nur HVZ  BL 21: viel geringere Nachfrage und mit DGB nicht möglich 	Keine 

(0)	(A)	(B)	(C)

**Fazit:**

- Nur die aktuelle Linienführung kommt in Frage, allerdings ohne Ladestation im Bereich Bahnhof - Hirschengraben.
- Die Alternativen A und B können aus mehreren Gründen ausgeschlossen werden:
  - Die beiden Alternativen führen zu einer längeren Fahrzeit, was zu höheren Betriebskosten, sowie einer höheren Anzahl nötiger Fahrzeuge führt.
  - Der Bubenberglplatz ist bereits sehr stark ausgelastet; mit ZBB wird die Situation noch kritischer. Es soll daher vermieden werden, eine weitere stark befahrene Linie über diese Verkehrsachse zu führen.
  - Bezüglich der Alternative B kommt ausserdem erschwerend hinzu, dass die maximale lichte Höhe der Einfahrt zum PostAuto-Busbahnhof heute nur 3.40 m beträgt, was für einen E-Bus nicht ausreicht.
- Die Alternative C ist eine denkbare Variante, die bei den E-Bus-Varianten behandelt wird.

### 3.2.2 Wendeschleifen und Ladestandorte in Köniz und Schliern

#### Schliern

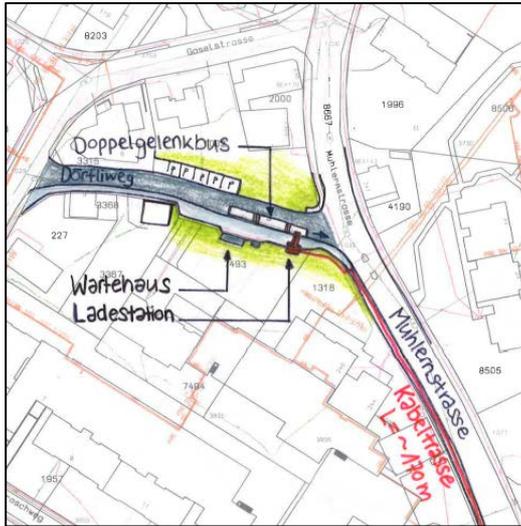
Im Bereich der heutigen Endhaltestelle wurden diverse Standorte für das Laden von E-DGB untersucht und in Skizzen abgebildet. Dabei wurde davon ausgegangen, dass je nach Variante 3 – 4 E-DGB gleichzeitig aufgeladen werden müssen. Durch die Vertiefung der Varianten, stellte sich heraus, dass für die Antriebsvarianten mit dem höchsten Platzbedarf am Ladestandort in Schliern für DGB 2 und für GAB 3 Ladeplätze ausreichend sind. Dazu ist heute im Dörfliweg nicht genügend Platz vorhanden.

Folgende Ladestandorte wurden untersucht:

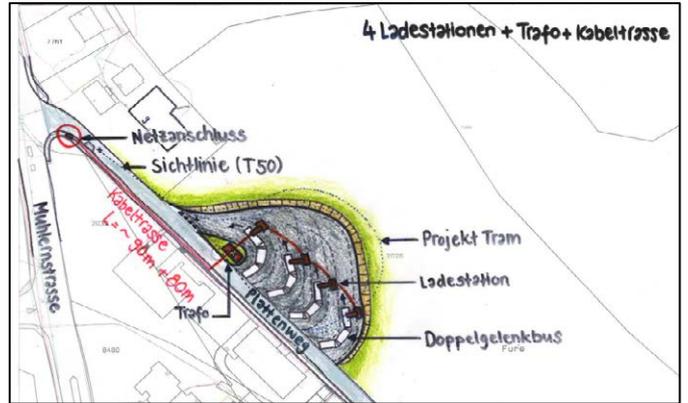


Abbildung 4: Übersicht Varianten Wendeschleifen in Schliern

**Dörfliweg (1)**



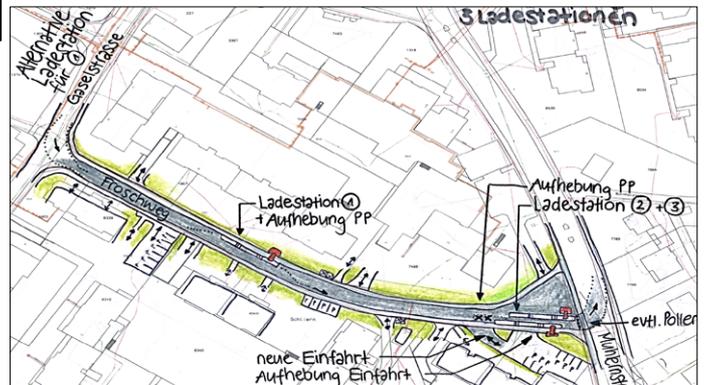
**Plattenweg (2) (ursprünglich geplante Tramwendeschleife)**



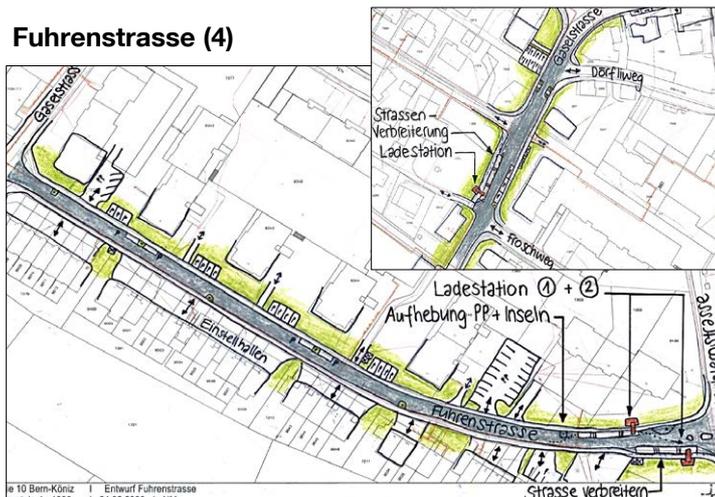
Zusätzliche Ladestationen Gaselstrasse  
(Mögliche Ergänzungen für Varianten  
Froschweg und Fuhrenstrasse)



**Froschweg (3)**



**Fuhrenstrasse (4)**



**Areal Eggimann (5)**

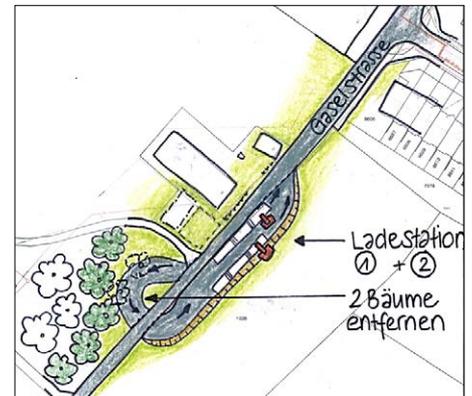


Abbildung 5 - Prinzipskizzen zur Wendeschleifenanalyse in Schliern

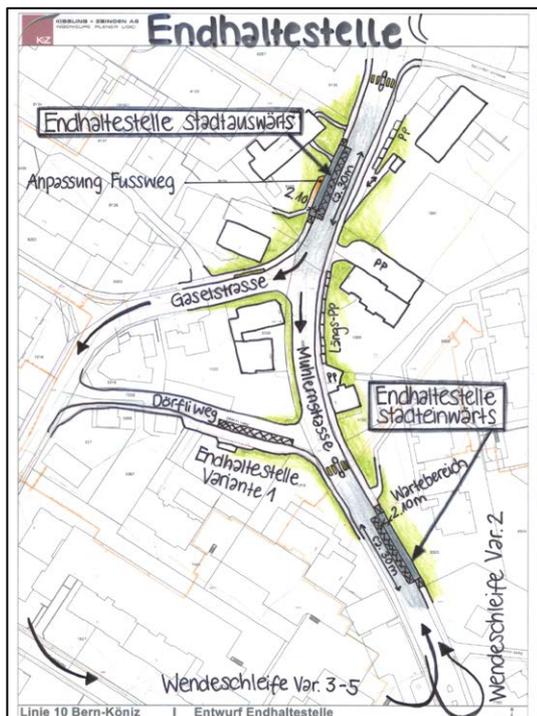


Abbildung 6: Prinzipskizzen zur Endhaltestelle in Schliern für die verschiedenen Varianten der Wendeschleife

Für Varianten 2 bis 5 befindet sich die Endhaltestelle Schliern auf der Muhlernstrasse eine mögliche Anordnung der Endhaltestellen ist in Abbildung 6 dargestellt.

Der Landbedarf für die Varianten 2 und 5 ist gross. Ausserdem stiess Variante 2 schon beim Tramprojekt auf grossen Widerstand.

Vor allem bei den Varianten 4 und 5 fallen die längeren Strecken und damit auch längeren Umlaufzeiten negativ ins Gewicht, was zu Mehrkosten führt.

Sowohl die Wendeschleife durch den Froschweg als auch die Variante über die Fuhrenstrasse führen durch ruhige Wohnquartiere. Die Akzeptanz ist somit fraglich.

Aus diesen Gründen drängt es sich auf, die Buslinie 10 weiterhin via Dörfliweg wenden zu lassen.

An der Projektsitzung vom 26.05.2020 wurde festgehalten, dass nur eine Wendemöglichkeit via Gasselstrasse – Dörfliweg – Muhlernstrasse umsetzbar ist. Dabei dürfen zwei nahegelegene Parzellen mitberücksichtigt werden, da sich diese nun in Gemeindebesitz befinden. Der Platzbedarf für insgesamt zwei DGB führt zu den in Abbildung 7 dargestellten Varianten.

Tabelle 5: Fazit zu Wendeschleifen in Köniz

	Referenz (1)	Plattenweg (2)	Froschweg (3)	Fuhrenstrasse (4)	Areal Eggimann (5)
Fazit Platzverhältnisse / bauliche Erweiterungen	✓ / ~	✗	✓ / ~	✗	✗
Fazit für den Betrieb	~	✓ / ~	✓ / ~	~	~
GESAMTBEWERTUNG	↓	↓	↓	↓	↓



**Variante 1: Endhaltestelle und Ladestation Dörfliweg**

**Variante 2 2: Endhaltestelle Muhlernstrasse, Ladestation Dörfliweg**

Abbildung 7 - Ausbauprodukte Dörfliweg (Prinzipzeichnungen)

Bei der Ausfahrt aus dem Dörfliweg in die Muhlernstrasse sind bei der Projektierung der vertikalen Linienführung unbedingt die örtlichen Gefällsverhältnisse zu berücksichtigen. Die Befahrbarkeit mit DGB ist nachzuweisen.

Auf der Muhlernstrasse ist eine mögliche Zusammenlegung mit der Postautohaltestelle zu prüfen.

**Köniz Schloss**

Auch im Bereich des Zentrums von Köniz wurden zusätzliche oder alternative Wende- und Lademöglichkeiten gesucht. Dies vor allem mit der Überlegung, für die Verstärkungskurse eine zusätzliche Wende- und Lademöglichkeit zu schaffen. In der HVZ fährt nur jeder zweite Bus bis nach Schliern, die anderen Busse wenden nach der Haltestelle Köniz Schloss. Es wurden zwei Alternativen und die aktuelle Haltestelle und Wendeschleife verglichen:

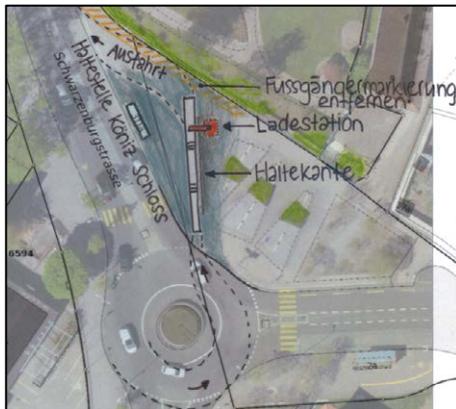


Abbildung 8: Übersicht Varianten Wendeschleifen in Köniz

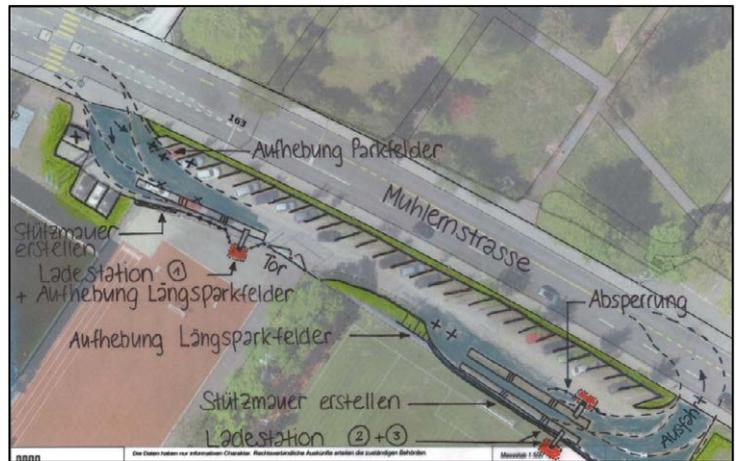
Für jede Variante wurde die maximal mögliche Anzahl an Ladeplätzen für DGB dargestellt.

- **Köniz Schloss** (Referenz): Die aktuelle Haltestelle ist aus betrieblicher Sicht am vorteilhaftesten, da der Umlauf nicht verlängert wird. Auf Grund der Fahrgeometrie der DGB ist diese Variante als Wendeschleife jedoch nicht für DGB geeignet, da der Wegfahrbereich aus der schrägangeordneten Wendehaltestelle nicht ausreicht und die Fahrbahnhaltestelle stadteinwärts für den Grundkurs freigehalten werden muss.
- **Parkplatz Muhlernstrasse:** Dieser Standort eignet sich gut für die Platzierung der Ladestationen. Jedoch sind umfangreiche bauliche Anpassungen im Bereich des Sport- und Parkplatzes erforderlich (inkl. LSA bei der Ausfahrt in die Muhlernstrasse). Für DGB-Varianten ist der Parkplatz Muhlernstrasse die interessantere Alternative, da die Haltestelle Köniz Schloss weiter regulär bedient werden kann.
- **Parkplatz Schwarzenburgstrasse:** Der Parkplatz bietet Platz für 3 Ladestationen. Bei dieser Variante kann die Fläche nicht mehr als Parkplatz genutzt werden. Der Bus muss bei dieser Variante stadtauswärts vor der Haltestelle Köniz Schloss abbiegen, die Haltestelle Schloss müsste somit verlegt werden. Die Variante wird aus diesen Gründen schlechter als die Variante Muhlernstrasse bewertet.

**Köniz Schloss (1.1)**



**Parkplatz Muhlernstrasse (1.2)**



**Schulparkplatz Schwarzenburgstrasse (1.3)**



Abbildung 9: Alternative Wendeschleifen Köniz Schloss

Tabelle 6: Fazit zu Wendeschleifen in Köniz

	Referenz (1.1)	Muhlernstrasse (1.2)	Schwarzenburgstrasse (1.3)
Fazit Platzverhältnisse / bauliche Erweiterungen			
Fazit für den Betrieb			
GESAMTBEWERTUNG			

Die detaillierte Bewertung aus baulicher und betrieblicher Sicht befindet sich im Anhang 3.

### Weitere Standorte für Wende- und Lademöglichkeiten:

Weitere Landestandorte beim Brühlplatz oder beim Rappentöri wurden während der Projekterarbeitung ebenfalls andiskutiert. Schnell zeigte sich, dass diese keine Vorteile bringen und nicht weiterfolgt werden müssen. Bei diesen Varianten würde die ÖV-Erschliessungsqualität des südlichen Teils des Zentrums von Köniz verschlechtert. Die ÖV-Nachfrage bis Köniz Zentrum würde in der HVZ nicht abgedeckt. Beim Brühlplatz müsste der gesamte Parkplatz vor dem bestehenden Einkaufszentrum aufgehoben werden und beim Rappentöri ist aufgrund der knappen Platzverhältnisse kein Standort realisierbar.

#### Fazit:

- Die beste Wendeschleife für GAB ist die Wendeschleife Köniz Schloss (Referenz).
- Die beste Wendeschleife für DGB ist der Parkplatz Muhlernstrasse (Variante 1.2).

### 3.2.3 Fahrplan

Die ersten Monate des Jahres 2020 <sup>5</sup> mit dem neuen Fahrplan (2.5-Minutentakt in der HVZ zwischen Bahnhof Bern und Schloss) zeigen, dass die Buslinie stabiler läuft. Eine Paketbildung kann jedoch nicht ganz vermieden werden.

Für den Variantenvergleich wird der 2020 eingeführte Fahrplan verwendet (2.5-Minutentakt in der HVZ für GAB, Wendezeit in Schliern 6-8 Minuten). Die Taktverdichtung durch den Verstärkungskurs zwischen Bern Bahnhof und Köniz Schloss wird für GAB- und DGB-Varianten beibehalten (Abbildung 10). Für die DGB-Varianten wird das Taktintervall im Variantenstudium so erhöht, dass die Kapazität für DGB und GAB gleichbleibt. Für die Berechnungen wurde für GAB mit einer Kapazität von 75 Personen pro Fahrzeug und für DGB mit 105 Personen pro Fahrzeug gerechnet <sup>6</sup>. Da der Takt für die DGB-Varianten in der HVZ erhöht wird, verschlechtert sich das Angebot in Schliern für DGB-Varianten (7 bis 7.5'-Takt statt 5'-Takt). In der NVZ wäre für die DGB-Varianten somit das Angebot in Schliern besser als in der HVZ (HVZ: 7 bis 7.5'-Takt, NVZ: 6'-Takt). In der Nebenverkehrszeit (NVZ) wird ab 7.5 -Minutentakt für DGB der GAB-Takt beibehalten, um das Angebot zu sichern (siehe Abbildung 11).

<sup>5</sup> vor dem Lockdown infolge Corona

<sup>6</sup> Diese Zahlen wurden aus der Netzstrategie ÖV Kernagglomeration Bern 2040 übernommen. Es wird davon ausgegangen, dass die Buskapazität sich durch das Antriebssystem nicht verändert.

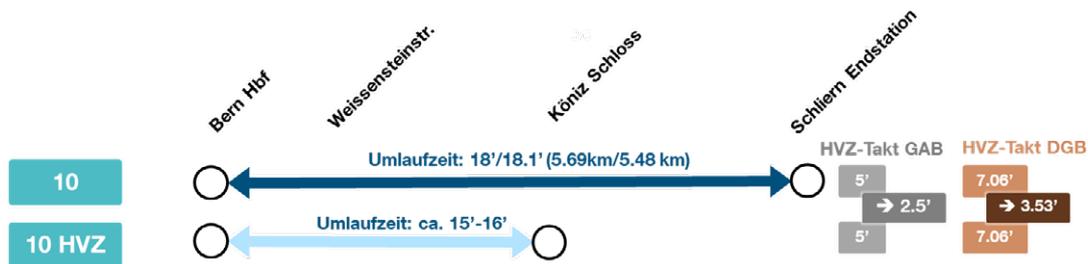


Abbildung 10: Umlaufzeiten und HVZ-Takt <sup>7</sup>

GAB		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Montag - Freitag		7.5	2.5 (10 HVZ)	5	6	6	6	6	6	6	6	6	2.5 (10 HVZ)	5	6/7	10	10	10	10	15	15
Montag - Freitag Ferienfahrplan		7.5	5	3 (10 HVZ)	6	6	6	6	6	6	6	6	3 (10 HVZ)	6/7	10	10	10	10	10	15	15
Samstag		15	10	7.5	6	6	6	6	6	6	6	6	4	5	7.5	10	10	10	10	15	15
Sonn- und Feiertag		15	10	7.5	6	6	6	6	6	6	6	6	4	5	7.5	10	10	10	10	15	15

DGB		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Montag - Freitag		7.5	3.53 (10 HVZ)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	3.53 (10 HVZ)	6	7.5	10	10	10	10	15	15
Montag - Freitag Ferienfahrplan		7.5	6	4 (10 HVZ)	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	4 (10 HVZ)	7.5	10	10	10	10	10	15	15
Samstag		15	10	7.5	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	7.5	10	10	10	10	15	15
Sonn- und Feiertag		15	10	7.5	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	7.5	10	10	10	10	15	15

Abbildung 11: Übersicht zum zukünftigen Takt [min] für GAB und DGB zwischen Bahnhof und Köniz Schloss <sup>8</sup>

### Zugrunde gelegte Fahrpläne

Zur Bestimmung der notwendigen Anzahl Busse sowie zur Berechnung der Betriebskosten wurde ein variantenspezifischer tabellarischer Fahrplan erstellt. Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus Kapiteln 3.2.1 und 3.2.2 wird folgende Linienführung (gemäss Abbildung 2) zugrunde gelegt:

- Endhaltestelle Bern Bahnhof: die aktuelle Haltestelle Bern Bahnhof Richtung Ostermundigen wird zur Endhaltestelle mit Wendeschleife über Christoffel- und Bundesgasse <sup>9</sup>
- Wendeschleife Köniz (Verstärkungskurs in der HVZ):
  - GAB: die aktuelle Haltestelle/Wendeschleife Köniz Schloss wird beibehalten
  - DGB: die aktuelle Haltestelle wird beibehalten, eine neue Wendeschleife über den Parkplatz Muhlerstrasse ist für den Verstärkungskurs nötig, um wartenden Bussen genügend Platz zu bieten.

<sup>7</sup> theoretischer Takt bei der Variante DGB

<sup>8</sup> HVZ-Takt in Schlieren: mit GAB: 5'-Takt, mit DGB: 7 bis 7.5'-Takt

<sup>9</sup> Am Bahnhof wurde eine Wendezeit von 1 bis maximal 3 Minuten (unabhängig von der Gefässgrösse) angenommen.

- Wendeschleife Schliern: die aktuelle Wendeschleife im Dörfliweg wird beibehalten, für bestimmte Varianten sind jedoch bauliche Massnahmen nötig.<sup>10</sup>
  - GAB: Die aktuelle Haltestelle/Wendeschleife in Schliern wird beibehalten, bei GAB-Varianten mit erhöhtem Platzbedarf (wegen Ladestationen) ist ein Ausbau der Haltestelle nötig (siehe Kapitel 3.2.2 Abbildung 7).
  - DGB: Die aktuelle Haltestelle/Wendeschleife in Schliern wird beibehalten. Ein Ausbau der Haltestelle ist nötig (siehe Kapitel 3.2.2 Abbildung 7).

Für beide Gefässgrössen fahren die Verstärkungskurse zur HVZ den kurzen Umlauf zwischen Bern Bahnhof und Köniz Schloss. Grundkurs und Verstärkungskurs werden nicht vermischt.

### Zugrunde gelegte zukünftige Busflotte ohne Berücksichtigung der Antriebsmethode

Für die Varianten kommen zur HVZ 15 GAB oder 11 DGB zum Einsatz (ohne Berücksichtigung des Einflusses der Antriebstechnologie (z.B. Ladezeiten) und ohne Reservefahrzeuge).

## 3.3 Energieversorgung

### 3.3.1 Einfluss Energieversorgungssystem auf Wahl GB oder DGB

Erste Überlegungen zeigen, dass die Wahl der Busgrösse, d.h. Gelenk- oder Doppelgelenkbus, nur einen marginalen Einfluss auf die Wahl des Energieversorgungssystems hat – und umgekehrt. Die Wahl der Busgrösse ist primär abhängig von der Nachfrage, vom Betrieb und von den infrastrukturseitigen Rahmenbedingungen (Befahrbarkeit Kurven oder Kreisel). Die Busgrösse hat zwar einen Einfluss auf die benötigte Traktionsleistung während dem Fahren respektive auf die Ladezeiten der Batterien aufgrund des unterschiedlichen Energiebedarfs. Diese Unterschiede führen zu leicht anderen Anforderungen an die Energieversorgung, sie werden aber für den Variantenentscheid nicht als zentral erachtet. Beispiele zur Erläuterung dazu:

- Trolleybus: aufgrund des höheren Leistungsbedarfs des Doppelgelenkbusses im Vergleich zum Gelenkbus steigt kurzzeitig auch die Belastung am Fahrdraht oder der Gleichrichterstation. Im zeitlichen Mittel, welches für thermische Betrachtungen bei Traktionsstromversorgungssystemen relevant ist, wird die Belastung aber ungefähr gleich sein (DGTB: höhere Leistung jedoch geringerer Takt). Daher ist nicht davon auszugehen, dass die Energieversorgung, z.B. Anzahl Gleichrichter, Anzahl/Querschnitt Fahrleitung, Anzahl/Querschnitt Speisekabel oder Gleichrichterleistung, wesentliche Unterschiede aufweisen würde.
- E-Bus mit stationärem Laden: aufgrund des höheren Energieverbrauchs pro Umlauf des Doppelgelenkbusses müsste für eine identische Ladezeit die Ladeleistung pro Ladestation erhöht werden. Dies führt pro Ladestation grundsätzlich zu höheren Investitionskosten. Aufgrund der geringeren Anzahl benötigter Fahrzeuge sind aber unter Umständen auch weniger Ladestationen notwendig. Es ist dabei aber eher davon auszugehen, dass unabhängig von der Wahl der Busgrösse die gleiche Ladeleistung zu Grunde gelegt werden muss, da die Batterien technisch keine höhere Leistung zulassen. Somit verlängert sich beim Doppelgelenkbus die nötige Ladezeit entsprechend. Dies wird aber bei den betrieblichen Aspekten (z.B. Umlaufzeit, Anzahl nötiger Fahrzeuge etc.) entsprechend berücksichtigt.

Folglich wurde entschieden, bei der Wahl der Gefässgrösse die Energieversorgung respektive die Traktionstechnologie eher als variantenneutral zu betrachten und die zu untersuchenden Varianten der Energieversorgung unabhängig von der Gefässgrösse der Busse zu definieren (siehe Kapitel 3.3.2). Die

<sup>10</sup> In Schliern wurde für GAB eine Wendezeit von 4 bis 7 Minuten berücksichtigt. Die Wendeschleife am Dörfliweg wird für die GAB-Referenzvariante beibehalten, da ausreichend Platz für zwei Busse vorhanden ist. Für den DGB-Grundfahrplan wurde in Schliern eine Wendezeit von 6 bis 10 Minuten eingeplant. (Je nach Ladekonzept fallen längere Wendezeiten/Ladezeiten an.) Wie im Kapitel 3.2.2 beschrieben, wurde für die Berechnung der Betriebskosten bei einzelnen Varianten eine Wendeschleife via Froschweg zugrunde gelegt, da im damaligen Bearbeitungszeitraum davon ausgegangen werden musste, dass an der heutigen Endhaltestelle in Schliern (Dörfliweg) bei diesen Varianten nicht genügend Platz zur Verfügung steht. Die Auswirkungen dieser Annahme sind gering und wurden deshalb nicht angepasst.

Bestimmung des Mengengerüsts und die Abschätzung der Kosten werden jedoch schlussendlich detailliert für alle Kombinationen der untersuchten Energieversorgungssystemen und Gefässgrössen durchgeführt.

### 3.3.2 Betrachtete Technologien

In der folgenden Tabelle werden mögliche Lösungen zur Energieversorgung der E-Busse und Trolleybusse bewertet und die Varianten bestimmt, welche in der vorliegenden Studie detaillierter untersucht werden. Dies unter der Annahme, dass die Wahl der Busgrösse und die Wahl der Energieversorgung weitgehend unabhängig voneinander erfolgen kann (siehe Kapitel 3.3.1).

*Tabelle 7: Betrachtete Technologien für die Energieversorgung und Definition der untersuchten Untervarianten.*

Technologie	Beschreibung	Beurteilung/ Fazit
E-Bus mit induktivem Laden während Fahren	Die Batterien der Fahrzeuge werden über Ladestationen im Boden (in der Strasse) induktiv geladen. Vorteil: Laden während Fahren möglich ohne „störende“ Fahrleitungen, wie dies beim Trolleybus der Fall ist. Technologie wird bei Tramnetzen vereinzelt eingesetzt. Für Busse gibt es nach aktuellem Kenntnisstand noch keine erprobte Anwendung.	Technologie noch nicht ausgereift (noch kein erprobtes Bus-System bekannt), weshalb diese Technologie nicht weiterverfolgt wird.
E-Bus Nachtladen an einem Linienunabhängigen Standort (z.B. Garage)	Die relativ grossen Batterien der Busse werden nur in der Nacht z.B. im Depot geladen. Diese Ladung muss grundsätzlich für die Abdeckung des Betriebes tagsüber ausreichen. Rechenbeispiel: bei einer Umlaufzeit von ca. 40 Minuten und einer Betriebszeit von 19 h resultieren für ein Fahrzeug, wenn es dauernd in Betrieb ist, ca. 29 Umläufe pro Tag. Bei einem Energiebedarf von beispielsweise 33 kWh pro Umlauf für einen Gelenkbus resultiert eine nötige Batteriekapazität von rund 1000 kWh. E-Busse mit einer solch hohen Kapazität gibt es zurzeit nicht auf dem Markt und es ist auch nicht davon auszugehen, dass dies kurz- oder mittelfristig der Fall sein wird. Daher müssten mit kleinerer Batterie die Busse tagsüber 1-2 Mal geladen werden.	Für das geplante Betriebskonzept (Streckenlänge und Taktichte) wird dieser Ansatz, mit reinem Nachtladen, als eher ungeeignet erachtet (sehr grosse Kapazität der Batterien notwendig sowie zweiter unabhängiger Garagenstandort aus Redundanzgründen nötig). Zudem ist es sinnvoll, das Potential der Standzeiten an der Endhaltestelle für die Nachladung der Busse zu verwenden. Es lässt sich jedoch eine Mischvariante mit der Variante „Ladestation an Endhaltestelle“ ableiten -> siehe Variante „E-Bus mit Ladestation an Endhaltestelle und an einem linienunabhängigen Standort“.
E-Bus mit Ladestation an Endhaltestelle	Die Busse werden an der Endhaltestelle (oder Endhaltestellen) geladen. Bei der Linie 10 wäre dies in Köniz Schliern und für die Kurse, welche in der HVZ frühzeitig wenden, in Köniz Schloss. Es sind keine Redundanzen vorhanden, welche bei einer N-1 Energieversorgung (Ausfall einer Ladestation oder eines Ladestandortes) den Betrieb weiterhin gewährleisten könnten.	Aufgrund der fehlenden Redundanzen wird diese Technologie als eher ungeeignet erachtet (ungenügende Verfügbarkeit). Zudem würde das Ladepotential im Depot nicht ausgenutzt werden. Die Busse haben relativ lange Standzeiten im Depot (während der Nacht und Verstärkerkurse auch am Tag), welche zum Laden ausgenutzt werden sollten. Es lässt sich jedoch eine Mischvariante mit Nacht- & Tagladen an einem Linienunabhängigen Standort ableiten -> siehe Variante „E-Bus mit Ladestation an Endhaltestelle und an einem linienunabhängigen Standort“.
E-Bus mit Ladestation an Endhaltestelle und an einem linienunabhängigen Standort	Mischvariante von E-Bus mit Ladestationen an der Endhaltestelle und E-Bus Laden an einem linienunabhängigen Standort. Zusätzlich zu den Endhaltestellen werden die Busse an einem eigens dafür gebauten Ort (z.B. Depot, Garage, ...) geladen. Die Busse unterbrechen dabei für das Laden	Diese Variante wird als <b>Untervariante 1a</b> und <b>Untervariante 1b für E-GAB und E-DGB</b> weiterverfolgt. Die Subvarianten unterscheiden sich durch die unterschiedlichen Belastungen und Ladezeiten an den Endhaltestellen und im

Technologie	Beschreibung	Beurteilung/ Fazit
	planmässig ihren Kurs oder Laden im Depot/Garage während der NVZ nach (während dieser Zeit ist ein grosser Teil der Busflotte nicht im Einsatz). Die Verfügbarkeit der gesamten Anlage ist dadurch deutlich höher im Vergleich zu den Varianten mit nur Ladestationen an der Endhaltestelle oder in der Garage.	Depot und den dadurch verursachten betrieblichen Rahmenbedingungen.
E-Bus mit Streckenschnell-ladern an Haltestellen (Zwischenladestationen, z.B. System TOSA)	Die kleinen Batterien der Fahrzeuge werden an allen (oder den meisten) Haltestellen mit relativ hoher Leistung kurz geladen.	Das Konzept mit Schnellladestationen an Zwischenhaltestellen ist für stark belastete ÖV-Linien (kurze Wendezeiten, regelmässig Verspätungen bei HVZ) konzipiert worden. Daher eignet es sich aus technischer Sicht gut für die Buslinie 10. Diese Variante wird daher als <b>Untervariante 2 für E-GAB, E-DGB</b> weiterverfolgt.
Trolleybus mit partieller Fahrleitung	Ziel dabei ist ein partiell fahrdrahtloses Fahren mit Batteriepaketen. Es müssen namhafte Streckenanteile mit Fahrleitung ausgerüstet werden, jedoch können die Batterien kontinuierlich und während dem Fahren geladen werden (ohne längere Standzeiten).	Diese Variante wird als <b>Bestvariante für Trolleybusse</b> weiterverfolgt.
Trolleybus mit Gelegenheitsladung (Opportunity Charging)	Kombination der Varianten mit Ladestation an Zwischenhaltestellen und Trolleybus mit partieller Fahrleitung.	Diese Variante ist weitgehend durch die Bestvariante für Trolleybusse und die Untervariante 1 für E-Busse abgedeckt und wird daher nicht separat betrachtet.

Bei der Variante mit Trolleybussen wird gemäss dem Auftragsziel ein Konzept mit partieller Fahrleitung berücksichtigt, wobei der Einsatz von Gelenk- wie auch Doppelgelenkbusse möglich ist.

Für die E-Busse (Batteriebusse mit stationären Ladestandorten ohne Fahrleitung) werden zwei Varianten betrachtet: Bei der Variante 1 werden die Batterien an der Endhaltestelle und an einem linienunabhängigen Standort geladen. Das Ziel ist dabei, die Standzeiten möglichst effizient und mit möglichst kleinen betrieblichen Auswirkungen zur Nachladung zu nutzen. Bei der Variante 2 werden Streckenschnelllader an mehreren Haltestellen der Linie berücksichtigt. Die einzelnen Ladezeiten sind von sehr kurzer Dauer, dafür gibt es deutlich mehr Lademöglichkeiten als bei der Variante 1 und es werden höhere Ladeleistungen verwendet.

### 3.3.3 Allgemeine Grundlagen und Annahmen

In den folgenden Unterkapiteln werden variantenübergreifende Grundlagen und Annahmen beschrieben, welche zur Bestimmung der Mengengerüste verwendet wurden.

#### Grundlagedaten Strecke und Energieverbrauch

vgl. Anhang 4

## Endhaltestelle

Eine Ladestation am Bern Hauptbahnhof ist von den Platzverhältnissen und Haltezeiten her sehr schwierig zu realisieren. Es werden daher lediglich die Endhaltestellen Köniz Schliern respektive für den Verstärkungskurs Köniz Schloss als Ladeort berücksichtigt.

## Ladestationen Endhaltestelle

Aktuell wird gemäss Angaben BERNMOBIL<sup>11</sup> von einer Ladestation bei einer Endhaltestelle von einer Nennleistung von 450 kW ausgegangen, basierend auf einem maximalen Ladestrom von 600 A bei 750 V.

- Die Ladeleistung (bei konstantem Strom) ist eigentlich abhängig von der Batteriespannung und ist nicht konstant. Diese wiederum ist abhängig von der Batterieladung. Die mittlere Ladeleistung für die Batterie beträgt daher lediglich 400 kW.
- Ein Teil der Ladeleistung wird zudem für die Abdeckung der Heizung oder Klimatisierung der Busse während dem Ladevorgang verwendet, ca. 30 kW
- Weitere 20 kW gehen aufgrund der Verluste verloren

Die mittlere verfügbare Ladeleistung für die Batterie beträgt daher lediglich ca. 350 kW, was 5.83 kWh pro Minute entspricht. Diese mittlere Ladeleistung wird bei den Berechnungen der benötigten Ladezeiten verwendet.

## Linienunabhängiger Ladestandort

Als linienunabhängigen Ladestandort bietet sich das bestehende BERNMOBIL-Busdepot beim Eigerplatz an. Dieses liegt nicht weit von der Buslinie 10 entfernt. Zudem läuft in einem weiteren Projekt eine Untersuchung zum Ausbau der Energieversorgung des Depots für die Elektrifizierung der Buslinien 19 und 21. Es ist daher naheliegend, diesen Standort zu verwenden und den Ausbau des Depots projektübergreifend zu koordinieren.

Das Depot Eigerplatz wird in der vorliegenden Studie bei allen Batteriebus-Varianten als Nachladestandort verwendet und bei der Untervariante 1 (E-Bus mit Ladestation an Endhaltestelle und an einem linienunabhängigen Standort) auch als Tagladestandort.

## Ladestationen Depot Eigerplatz

Beim Nachladen der Busse im Depot müssen nicht alle Busse einer Linie gleichzeitig laden. Dies gilt vor allem für die Nachladung, bei welcher einige Stunden zur Nachladung aller Busse zur Verfügung stehen. Mit einem intelligenten Lademanagement kann die total bezogene Leistung gemäss der Anschlussleistung begrenzt und möglichst clever auf die Busse verteilt werden. Im Mengengerüst der Varianten werden daher weniger Ladeeinheiten als die Anzahl benötigter Busse berücksichtigt. Alle E-Bus-Parkplätze werden jedoch mit Ladeanschlüssen ("nur der Stecker") ausgestattet, damit die Busse bei der Ankunft im Depot einmal abgestellt und an die Energieversorgung zum Laden angehängt werden können und hierzu später nicht umgeparkt werden müssen. Denkbar wären beispielsweise platzsparende Zuführungen der Anschlüsse über Deckeninstallationen, welche eine gemischte Parkierung von SB/GAB/DGB Bussen ermöglichen.

Bei einer Realisierung ist es sinnvoll, die Planung der Ladeinfrastruktur im Depot Eigerplatz mit der laufenden Planung für die neuen E-Bus-Linien 19 und 21 abzustimmen. Wichtig zu beachten ist dabei auch die begrenzte Anschlussleistung beim Depot. Gemäss BERNMOBIL läuft zurzeit eine Studie zur Analyse der Speisesituation. Aktuell sind zwei neue Transformatoren und ein Reservefeld mit Leistungen von je 1000-1600 kW vorgesehen. Bei der Variantenbildung für die Buslinie 10 wird, falls notwendig, der Bau eines solchen Transformators mit einer Leistung von 1.5 MW beim Mengengerüst und somit bei den Kosten berücksichtigt.

## Redundanzen

Für die Verfügbarkeit der stark-frequentierten Buslinie 10 ist es zentral, Redundanzen bei der Planung des Energieversorgungssystems zu berücksichtigen. Der Einbau einer zweiten Energiequelle im Bus ist wegen

<sup>11</sup> BERNMOBIL, Grundlagenpräsentation, AÖV / RKBM: Studie Linie 10 Bern - Köniz. 21. Januar 2020

dem Gewicht heute nicht möglich. Die Stabilität und dadurch die Verfügbarkeit der elektrischen Infrastruktur zur Ladung der Batterien kann jedoch bei der Planung stark beeinflusst werden. Die Abdeckung eines Ausfalls einer Komponente des Energieversorgungssystems (z.B. Ausfall oder Nichtverfügbarkeit einer Ladestation oder eines Fahrleistungssektors) wird daher bei der Bildung der Varianten und somit auch bei der Kostenabschätzung berücksichtigt. Bei örtlich getrennten Lademöglichkeiten (z.B. Ladestation in Schliern und im Depot) wird davon ausgegangen, dass diese von unterschiedlichen Speisepunkten versorgt werden und daher bei einer N-1 Betrachtung nicht gleichzeitig ausfallen.

### Batteriegrößen

Die empfohlenen Batteriegrößen werden mit einer Reichweite in Kilometern angegeben. Gemäss den Angaben von BERNMOBIL<sup>12</sup> zur E-Bus-Linie 17 werden für eine Reichweite von 40 km 152 kWh für Gelenkbusse benötigt. In den ausgearbeiteten Varianten werden Reichweiten  $\leq 100$  km empfohlen. Entsprechende Batteriekapazitäten, für Reichweiten von 100 km ergibt dies 380 kWh für Gelenkbusse und ca. 510 kWh für Doppelgelenkbusse (basierend auf spezifischem Verbrauch gemäss Tabelle), sind bereits auf dem heutigen Markt verfügbar.

## 3.3.4 E-Bus Variante 1

### Untervariante 1a

Bei der Untervariante 1a („E-Bus mit Ladestation an Endhaltestelle und an einem linienunabhängigen Standort“) werden die Batterien der Busse an der Endhaltestelle in Köniz Schliern und im Depot Eigerplatz geladen. Das Ziel ist die Ausnutzung der Wendezeiten in Schliern und der Standzeiten im Depot. Die Wendezeit in Schliern soll das Laden der maximal verbrauchten Energie pro Umlauf ermöglichen. Somit werden die Busse des Grundkurses lediglich in der Nacht im Depot nachgeladen und müssen zwischenzeitlich nicht eigens ins Depot. Die Busse des Verstärkungskurses können jedoch auch tagsüber im Depot nachgeladen werden, da diese während der NVZ nicht im Einsatz sind.

Aus den beschriebenen Anforderungen und den Grundlagen betreffend Energieverbrauch, Ladeleistung und Fahrplankontakt ergibt sich, dass im schlimmsten Fall Ladestationen für 3 Gelenkbusse respektive 2 Doppelgelenkbusse in Schliern nötig sind. Diese Werte können folgendermassen hergeleitet werden:

Gemäss den Angaben von BERNMOBIL<sup>13</sup> beträgt der Energieverbrauch für Traktion als auch für Nebenverbraucher (insbesondere Komfortanlagen) pro Umlauf Bern Bahnhof – Köniz Schliern maximal

- 33.5 kWh für Gelenkbus
- 44.7 kWh für Doppelgelenkbus

Mit der heute üblichen 450 kW Leistung von Ladestationen ergibt dies unter Berücksichtigung von Wirkungsgrad und Leistung für Komfortanlagen der Busse (siehe Ladestationen Endhaltestelle in Kapitel 3.3.3) folgende Ladezeiten:

- 6 Minuten für Gelenkbus
- 8 Minuten für Doppelgelenkbus

Die Wendezeit in Schliern soll das Laden der maximal verbrauchten Energie pro Umlauf ermöglichen. Zusätzlich dazu wird aufgrund möglicher Verspätungen eine Reserve von 4 Minuten berücksichtigt, damit mindestens 84 % der Busse während der HVZ die vorgegebene Ladezeit erreichen (Werte gemäss Auswertung Reisezeiten 2019<sup>14</sup>). Die Zeit fürs An- & Abbügeln beträgt ca. 30 Sekunden<sup>15</sup>. Es wird daher von folgenden totalen Wendezeiten ausgegangen:

<sup>12</sup> Flyer eBus, Elektrobuss Linie 17. Dezember 2018

<sup>13</sup> BERNMOBIL. Grundlagenpräsentation, AöV / RKBM: Studie Linie 10 Bern - Köniz. 21. Januar 2020

<sup>14</sup> Siehe Fussnote 9

<sup>15</sup> Gemäss Fahrleitungssitzung vom 22.06.2020

- 11 Minuten für Gelenkbus
- 13 Minuten für Doppelgelenkbus

Basierend auf den Annahmen zur totalen Wendezeit und zu den Takten während der HVZ gemäss Kapitel 3.2.3 (5- respektive 7-Minuten-Takt nach Schliern) ergibt sich nun, dass im schlimmsten Fall gleichzeitig 3 Gelenkbusse respektive 2 Doppelgelenkbusse in Schliern zum Laden stehen werden. Es sind also 3 respektive 2 Ladestationen in Köniz Schliern notwendig. Die Umlaufzeit beträgt bei der vorliegenden Variante für die Gelenkautobusse ca. 47 Minuten und für die Doppelgelenkbusse ca. 49 Minuten. Daraus ergibt sich, dass während der HVZ 16 GAB oder 12 DGB im Einsatz stehen (+1 Bus im Vergleich zur Referenz in Kapitel 3.2.3).

Erwartete Verspätungen wurden, wie oben erwähnt, bei den erforderlichen Wendezeiten mitberücksichtigt. Um längere Verspätungen (vorwiegend in der HVZ) aufzufangen, werden Batteriegrössen mit einer Reichweite von 60 – 100 km empfohlen. Damit können mindestens 5 Umläufe ohne Nachladen gefahren werden. Da die HVZ gemäss Kapitel 3.2.3 maximal 2.5 h und ein Umlauf knapp 50 Minuten dauert, kann die HVZ auch ohne Nachladen bedient werden. Die Ladeverluste können jeweils während der NVZ mit weniger Verspätungen und längeren Wendezeiten kompensiert und die Batterien bis zur nächsten HVZ während dem Betrieb wieder voll aufgeladen werden. Die Verstärkungskurse werden während der HVZ von 2-2.5 Stunden auf einer Strecke von ca. 7.9 km (Umlauf ca. 32 min, siehe Tabelle) eingesetzt und legen daher knapp 40 km zurück. Batteriereichweiten von 60 – 100 km sind daher auch für den Verstärkungskurs (kein Nachladen während HVZ) ausreichend.

Zum vollständigen Nachladen der Busse des Verstärkungskurses während der NVZ sind im Depot Ladepunkte vorzusehen. Basierend auf den Annahmen zum verteilten Laden im Kapitel zu Ladestationen Depot Eigerplatz (Kapitel 3.3.3) wird von 6 Ladestationen à 150 kW ausgegangen. Damit können die Batterien der Gelenk- oder Doppelgelenkbusse in ca. 3 respektive 4 Stunden voll aufgeladen werden. Nach aktueller Planung für die Linien 19 und 21 sind 50-kW-Lader im Depot vorgesehen. Diese Leistung ist jedoch zu knapp für die Linie 10. Tagsüber stehen ca. 6 Stunden für eine Ladung der Verstärkungsbusse im Depot zur Verfügung. In der Nacht hat der letzte Bus auch nur 6 h zur Nachladung zur Verfügung (gemäss Fahrplan in Kapitel 3.2.3, Visualisierung in Abbildung 12 und Abbildung 13). Zusätzlich muss angenommen werden, dass die Busse nicht während der ganzen Standzeit im Depot zum Laden verfügbar sind (z.B. aufgrund Reinigungs- oder Wartungsarbeiten). Daher sind Ladestationen mit einer höheren Leistung und Ladezeiten von 3-4 Stunden für die Busse der Linie 10 sinnvoll. Alle E-Bus-Parkplätze der Linie 10 werden mit Anschlüssen an die genannten Ladeeinheiten ausgerüstet.

Für die Stabilität des Energieversorgungssystems werden Ausfälle von einzelnen Komponenten der Energieversorgung berücksichtigt. Am kritischsten ist bei der Untervariante 1a der Ausfall der Transformatorstation Schliern und damit aller Ladestationen an der Endhaltestelle. In einer solchen Situation müssen alle Busse mehrmals am Tag aus dem Betrieb genommen und im Depot geladen werden. Um dabei den Einfluss auf den Betrieb zu minimieren, sind zusätzlich Schnellladeplätze à 450 kW im Bereich des Depots notwendig. Damit können die Busse mit einer Batteriereichweite von 100 km in ca. 1 h (Gelenkautobusse) respektive ca. 1.5 h (Doppelgelenkbusse) vollständig aufgeladen werden. Mit betrieblichen Rochaden der Busse und 6 Schnellladeplätzen (entspricht der Anzahl Busse des Verstärkungskurses) sollte es möglich sein, den Betrieb aufrecht zu erhalten und gleichzeitig die Busse 2-3-mal pro Tag im Depot aufzuladen. Das Prinzip mit den betrieblichen Rochaden wird bei der Untervariante 1b nochmals aufgegriffen. Die 6 Schnellladeplätze werden daher aus Redundanzgründen in das Mengengerüst aufgenommen. Die Schnellladeplätze sind grundsätzlich nicht liniengebunden und können für andere E-Bus-Linien von BERNMOBIL verwendet werden, aus diesem Grund wurden nur 40 % der Kosten für die Buslinie 10 berücksichtigt<sup>16</sup>. Die Stromversorgung dieser Schnellladeplätze à 450 kW sollte unabhängig von der Stromversorgung der Ladeplätze à 150 kW im Depot Eigerplatz erfolgen. Dadurch kann auch der Ausfall der 150-kW-Ladestationen mit den Schnellladeplätzen aufgefangen werden (und umgekehrt).

In Tabelle 8 ist das Mengengerüst für die Untervariante 1a dargestellt. Für Anschlussleistungen im/beim Depot > 600 kW wird der Bau eines zusätzlichen Transformators berücksichtigt (siehe Erläuterungen in

<sup>16</sup> Für Kreditvorlage müsste dann 100 % eingesetzt werden.

Kapitel zu Ladestationen Depot Eigerplatz, Kapitel 3.3.3). Das gleiche gilt für die Ladestationen in Köniz Schliern: Gemäss ersten Abschätzungen von BKW<sup>17</sup> wird bei Anschlussleistungen > 600 kW in Schliern ein Anschluss an die Mittelspannung und dadurch eine Transformatorstation notwendig.

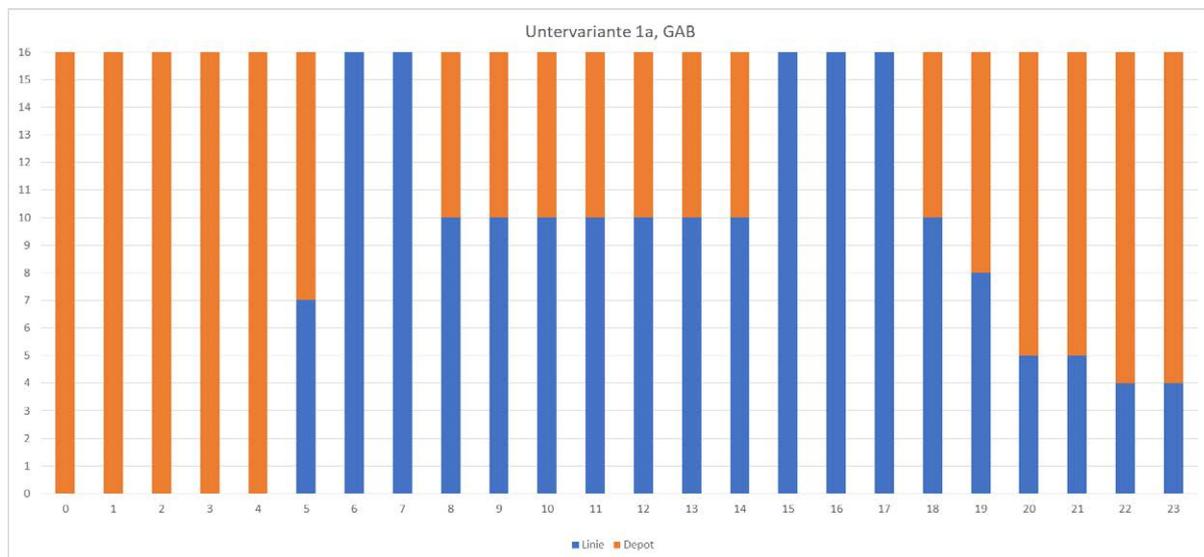


Abbildung 12: Beispielhafte Darstellung der Anzahl Busse im Depot und auf der Strecke über einen Tag für die Variante 1a, GAB (Fahrplan Mo-Fr gemäss Kapitel 3.2.3).

Die Busse des Verstärkungskurses werden jeweils direkt nach der HVZ geladen und die Busse des Grundkurses am Abend / in der Nacht (vgl. Abbildung oben).

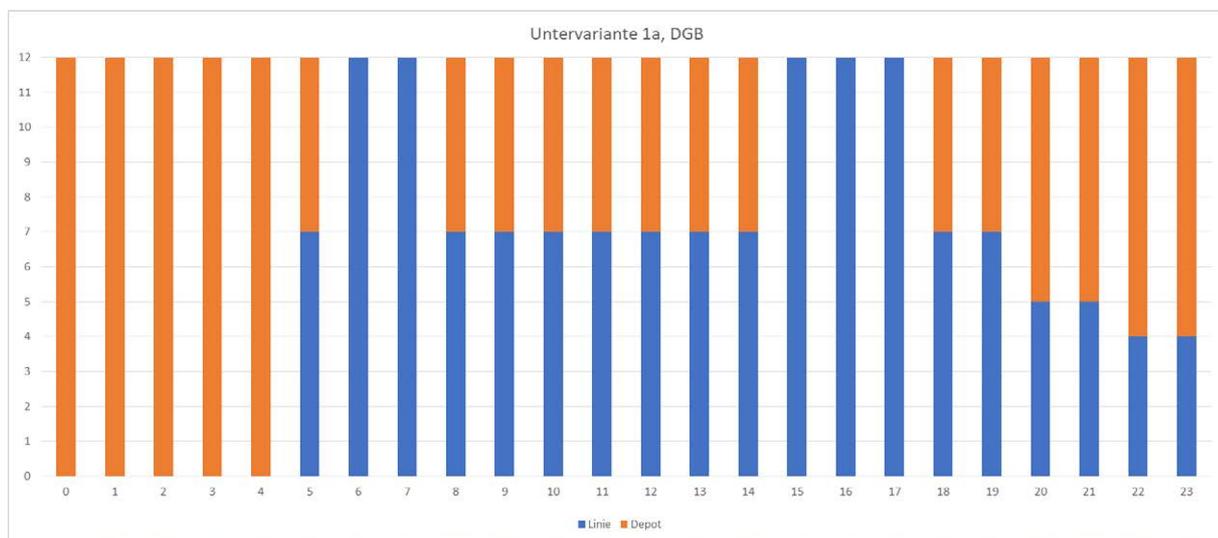


Abbildung 13: Beispielhafte Darstellung der Anzahl Busse im Depot und auf der Strecke über einen Tag für die Variante 1a, DGB (Fahrplan Mo-Fr gemäss Kapitel 3.2.3)

Die Busse des Verstärkungskurses werden jeweils direkt nach der HVZ geladen und die Busse des Grundkurses am Abend / in der Nacht (vgl. Abbildung oben).

### Untervariante 1b

Bei der Untervariante 1b („E-Bus mit Ladestation an Endhaltestelle und an einem linienunabhängigen Standort, Verkürzung der Endaufenthaltszeit (nur 1 Ladestation)“) werden die Batteriebusse wie bei der

<sup>17</sup> BKW. Nieder- oder Mittelspannungsanschluss E-Bus Linie 10 nach Köniz, Information am 17.04.2020 per Email erhalten.

Untervariante 1a an der Endhaltestelle in Köniz Schliern und im Depot Eigerplatz geladen. Es wird jedoch nicht mehr gefordert, dass die Wendezeiten in Schliern fürs Laden der verbrauchten Umlaufenergie ausreichen müssen. Somit können die Wendezeiten verkürzt und die Anzahl Ladestationen in Schliern reduziert werden (kleinerer Eingriff ins Ortsbild). Es wird von einer Ladestation à 450 kW in Schliern ausgegangen. Im Gegensatz dazu kann durch die verkürzte Ladezeit an der Endhaltestelle die benötigte Energie pro Umlauf nicht in allen Betriebslagen vollständig kompensiert werden. Es müssen folglich regelmässige Tagladungen im Depot erfolgen. Dies wird betriebliche Nachteile nach sich ziehen.

Die Wendezeit entspricht bei dieser Variante den betrieblichen Schätzungen (6-8 Minuten gemäss Fahrplan 2020). Folgendes kann daraus abgeleitet werden:

- GAB: Die benötigte Ladezeit wird meistens erreicht (maximal 6 Minuten notwendig, siehe Untervariante 1a). Bei Verspätungen stehen weniger als 6 Minuten zur Ladung zur Verfügung, jedoch wird meist auch nicht der maximale spezifische Energieverbrauch aus Kapitel 3.3.3 erreicht. Basierend auf den Annahmen zur Wendezeit und zu den Takten während der HVZ gemäss Kapitel 3.2.3 (5-Minuten-Takt nach Schliern) ergibt sich nun, dass im schlimmsten Fall 2 Gelenkbusse in Schliern stehen werden, wobei halt nur einer der Busse nachladen kann. Die Busse können an der bestehenden Endhaltestelle parkiert werden (siehe Kapitel 3.2.2) und es ist keine neue Wendeschleife notwendig.
- DGB: Die benötigte Ladezeit von 8 Minuten zur Kompensation der verbrauchten Energie pro Umlauf wird auch ohne Verspätungen nicht erreicht. Da nicht garantiert werden kann, dass nur ein Bus an der Endhaltestelle steht, ist aufgrund der Platzverhältnisse ein Ausbau der Wendeschleife/(Endhaltestelle Dörfliweg nötig (siehe Kapitel 3.2.2).

Zum vollständigen Nachladen der Busse (Grund- und Verstärkungskurs) müssen betriebliche Rochaden organisiert werden. Mit Batteriereichweiten von 60-100 km und mit der pessimistischen Annahme, dass Ladungen an der Endhaltestelle aufgrund Verspätungen selten möglich sind, sind 2-3 Tagladungen im Depot erforderlich. Um die Rochaden zu ermöglichen und dabei den Einfluss auf den Betrieb zu minimieren, sind 6 Schnellladestationen à 450 kW notwendig. Damit können die Busse mit einer Batteriereichweite von 100 km in ca. 1 h (Gelenkautobusse) respektive ca. 1.5 h (Doppelgelenkbusse) vollständig aufgeladen werden. Ein Beispiel von möglichen Rochaden ist in Abbildung 14 dargestellt. Alle E-Bus-Parkplätze der Linie 10 im Depot werden mit Anschlüssen an die genannten Ladeeinheiten ausgerüstet und die Leistung wird mit einem Lademanagementsystem verteilt (siehe Annahmen zum verteilten Laden in Kapitel zu Ladestationen Depot Eigerplatz (Kapitel 3.3.3)).

Aus Redundanzgründen sind weitere 6 Schnellladestationen beim Depot notwendig. Beim kritischen Ausfall der Ladeinfrastruktur im Depot könnte ohne Einbezug von Redundanzen der Betrieb nicht aufrechterhalten werden. Es sind daher im Bereich des Depots, jedoch unabhängig von der Stromversorgung des Depots Eigerplatz, 6 weitere Schnellladestationen vorzusehen.

In Tabelle 8 ist das Mengengerüst für die Untervariante 1b als Gegenüberstellung zum Mengengerüst der Untervariante 1a dargestellt.

Tabelle 8: Mengengerüst Energieversorgung Untervariante 1a und Untervariante 1b.

Komponenten des EV-Systems	Variante 1a		Variante 1b	
	GAB	DGB	GAB	DGB
Ladestationen Endhaltestelle Köniz Schliern <i>1a: Laden der pro Umlauf verbrauchten Energie, Anzahl Ladeplätze gegeben durch Ladezeiten und Fahrplankontakt</i> <i>1b: maximal 1 Ladestation</i>	3x 450 kW	2x 450 kW	1x 450 kW	1x 450 kW
Trafostation Köniz Schliern <i>Aufgrund Anschlussleistung &gt; 600 kW</i>	1	1	-	-
Ladestationen Depot Eigerplatz <i>Zuführung über Deckeninstallation</i> <i>1a: Tagladen der Verstärkerbusse, Nachtladen</i> <i>1b: Tag- &amp; Nachtladen aller Busse</i>	6 x 150 kW	6 x 150 kW	6x 450 kW	6x 450 kW
Depot - Parkplätze mit Anschluss an Ladeeinheit <i>1b: gegeben durch Anzahl Fahrzeuge gemäss Kapitel 3.2.3 und 3.4.</i>	16	12	15	11
Trafo Depot Eigerplatz, pro 1.5 MW <i>Aufgrund Anschlussleistung &gt; 600 kW</i>	1	1	2	2
Batteriereichweite <i>Energiereserven zur Kompensation von Ladeausfällen berücksichtigt</i>	60-100 km	60-100 km	60-100 km	60-100 km
<b>Redundanz für Ladestationen</b>				
Schnellladestationen	6x 450 kW	6x 450 kW	6x 450 kW	6x 450 kW
Trafo, pro 1.5 MW (kann auch ein 3 MW sein) <i>Aufgrund Anschlussleistung &gt; 600 kW</i>	2	2	2	2
anrechenbarer Anteil der redundanten Ladestationen für die Buslinie 10	0.4	0.4	0.4	0.4

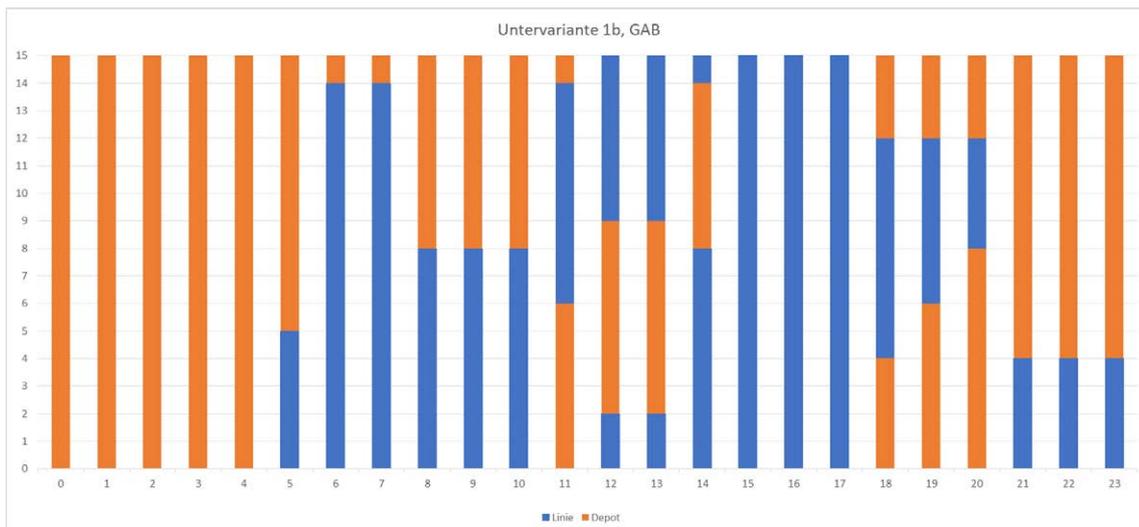


Abbildung 14: Beispielhafte Darstellung der Anzahl Busse im Depot und auf der Strecke über einen Tag für die Untervariante 1b, GAB (Fahrplan Mo-Fr gemäss Kapitel 3.2.3).

Busse, welche ausser Betrieb genommen werden, können im Depot an das Lademanagementsystem angeschlossen werden. Die y-Achse bezeichnet einzelne Busse. In der Darstellung kann so der Einsatz aller 15 Busse abgelesen werden.

### 3.3.5 E-Bus Variante 2

Bei dieser Variante (E-Bus mit Streckenschnellladern an Zwischen- und Endhaltestellen) werden die Batterien der Busse regelmässig an den Haltestellen entlang der Strecke mit hohen Ladeleistungen geladen. Für die Betrachtungen werden Batteriereichweiten von 10-15 km als sinnvoll angesetzt.

Die Nachladungen sollen keine betrieblichen Einschränkungen verursachen und erfolgen daher während den betrieblichen Halte- und Wendezeiten. Durch die sehr kurzen Ladezeiten ist eine andere Ladetechnologie mit anderen Anforderungen als bei der Variante 1 oder bei der E-Bus-Linie 17 notwendig:

- Während dem Ein- und Aussteigen der Passagiere an Zwischenhaltestellen können die Batterien ca. 15-20 Sekunden lang geladen werden. Es wird daher von Stationen mit Ladeleistungen à 600 kW ausgegangen. Der Verbindungsaufbau dauert ca. eine Sekunde. Solche effiziente „Flash-Charging“ Systeme sind auf dem Markt verfügbar (z.B. System TOSA der ABB).
- Bei der Endhaltestelle in Köniz Schliern wird von betrieblichen Wendezeiten von 6-8 Minuten (gemäss Fahrplan 2020) ausgegangen. Aufgrund möglicher Verspätungen wird wie bei der Untervariante 1a für die Berechnung der Ladezeiten eine Reserve von 4 Minuten berücksichtigt. Die Ladezeit beträgt demnach 2-4 Minuten. Für die Ladestation in Schliern wird eine Leistung von 450 kW verwendet.
- Bei der Endhaltestelle Schloss des Verstärkungskurses wird analog zu Schliern eine Ladestation à 450 kW verwendet. Die Ladezeit beträgt ca. 2 Minuten (Annahme).

Der Energieverbrauch eines Umlaufs soll mit den Ladestationen an den Zwischenhaltestellen abgedeckt werden, damit das System Redundanzen berücksichtigt und die Verfügbarkeit erhöht wird. An einer Zwischenhaltestelle können ca. 2.5 kWh geladen werden. Basierend auf dem maximalen Energieverbrauch pro Umlauf (siehe Grundlagedaten Strecke und Energieverbrauch in Kapitel 3.3.3) ergibt dies 14 Ladestationen (7 Haltestellen in beide Richtungen) für die Variante mit Gelenkautobussen und 18 Ladestationen (9 Haltestellen in beide Richtungen) für die Doppelgelenkbusse. Der Ausfall einer Ladestation kann mit den zusätzlichen Ladestationen in Köniz Schloss und Schliern abgedeckt werden. Bei tiefer Nachfrage kann es sein, dass bei gewissen Haltestellen nicht angehalten und somit die Batterie nicht geladen werden kann. Es ist jedoch davon auszugehen, dass dabei auch der spezifische Energieverbrauch entsprechend tiefer ist.

Würde eine Haltestelle in beide Richtungen mit einer eigenständigen Ladestation ausgerüstet, würde eine sehr hohe Leistung (1200 kW) auf kleinem Raum installiert. In diesem Fall wären separate Anschlüsse ans Mittelspannungsnetz über Transformatorstationen notwendig, was erhebliche Kosten zur Folge hätte. Es wird daher angenommen, dass pro Zwischenhaltestelle eine Leistung von 600 kW installiert wird und die verfügbare Leistung auf die Ladeanschlüsse pro Fahrtrichtung aufgeteilt wird. Stehen dabei zufälligerweise Busse beider Richtungen an der gleichen Haltestelle, kann in dieser Zeit pro Bus halt weniger Energie nachgeladen werden. Es darf aber angenommen werden, dass dieser „Verlust“ jedoch an anderen Orten aufgefangen werden kann.

Zum Laden der Busse während der Nacht sind im Depot Ladeplätze vorzusehen. Bei dieser Variante mit kleinen Batteriereichweiten sind kleine Ladeleistungen ausreichend. Basierend auf den Annahmen zum verteilten Laden im Kapitel zu Ladestationen Depot Eigerplatz (Kapitel 3.3.3) wird von 7 Ladestationen à 50 kW ausgegangen.

In Tabelle 9 ist das Mengengerüst für die Variante 2 dargestellt.

Komponenten des EV-Systems	Variante 2 GAB	Variante 2 DGB
Ladestationen Endhaltestelle Köniz Schliern <i>Ladezeiten 2-4 min inkl. Reserven</i>	1x 450 kW	1x 450 kW
Ladestationen Endhaltestelle Köniz Schloss <i>Ladezeiten ca. 2 min</i>	1x 450 kW	1x 450 kW
Ladestationen Zwischenhaltestellen (beide Richtungen) <i>Ladezeiten 15-20 s, ausreichend fürs Nachladen des Energieverbrauchs eines Umlaufs</i>	7x 600 kW	9x 600 kW
Ladestationen Depot Eigerplatz <i>Zuführung über Deckeninstallation, Nachladen</i>	7x 50 kW	7x 50 kW
Depot - Parkplätze mit Anschluss an Ladeeinheit <i>Gegeben durch Anzahl Fahrzeuge gemäss Kapitel 3.2.3</i>	15	11
Batteriereichweite	10-15 km	10-15 km

Tabelle 9: Mengengerüst Energieversorgung Variante 2.

### 3.3.6 Trolleybus Variante

Bei der Trolleybusvariante gilt folgende Arbeitshypothese: ca. 50 % der Strecke soll mit einer Trolleybus-Fahrleitung ausgerüstet und ca. 50 % der Strecke soll fahrdrahtlos ab Batterie gefahren werden.

Betriebliche Störungen, beispielsweise aufgrund von Baustellen oder Veranstaltungen, treten häufig auf und sollten die Verfügbarkeit des Linienbetriebs aufgrund allenfalls fehlender Energieversorgung möglichst nicht beeinträchtigen. Trolleybus-Linien sind hierbei weniger flexibel als beispielsweise Hybridbusse.

Die Fahrleitung wird zur Erhöhung der Verfügbarkeit in mindestens 4 Sektoren mit jeweiligem Gleichrichter aufgeteilt. Beim Ausfall oder Nichtverfügbarkeit eines Sektors (z.B. Ausfall des Gleichrichters oder Umleitung) muss weiterhin mindestens ca. 35 % der Strecke elektrifiziert sein. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass in diesem Fall kein Spielraum für weitere Störungen (z. B. beim Aufbügeln) besteht, was bei der Beschaffung zu berücksichtigen ist.

Die elektrische Infrastruktur im Depot wird fürs Nachladen der Batterien verwendet. Analog zu den E-Bus-Varianten werden alle Parkplätze der Linie 10 mit einer Trolleybusfahrleitung ausgerüstet. Die maximale Anschlussleistung kann begrenzt und mit einem Lademanagement auf die Busse verteilt werden. Trotzdem wird der Bau einer neuen Gleichrichterstation beim Depot Eigerplatz erforderlich sein. Dieser wird BERNMOBIL bereits aufgrund der heutigen Energieversorgungssituation empfohlen und kann auch für die Speisung des Tramnetzes im Depot verwendet werden. Es wird daher im Mengengerüst in Tabelle 10 ein Anteil von 50 % des neuen Gleichrichters für die Trolleybusvariante berücksichtigt. Die Machbarkeit und Art der Umsetzung sind für die neue Gleichrichterstation zu klären.

Abbildung 15 zeigt Varianten möglicher Fahrleitungsabschnitte, basierend auf den Diskussionen mit dem Projektteam. Abklärungen von Bernmobil haben ergeben, dass eine Fahrleitung im Bereich Eigerplatz problematisch wäre (z.B. viele Weichen). Bei der Bahnunterführung Schwarzenburgstrasse ist aufgrund der beschränkten Höhe heute keine Fahrleitung möglich. Aus städtebaulichen Gründen wird ferner zwischen Brühlplatz und Schloss auf eine Fahrleitung verzichtet.



Abbildung 15: Mögliche Fahrleitungsabschnitte für die Trolleybusvarianten. S1: Bahnhof – Monbijou. (Umlauf 1.3 km), S2: Köniz Schloss – Köniz Schliern (Umlauf 3.287 km), S3: Dübystrasse – Brühlplatz (Umlauf 2.4 km).

Damit der Fahrleitungsanteil auf der Strecke ausreicht, ist, auf Basis der angenommenen möglichen Fahrleitungsabschnitte, die Kombination S1 + S2 + S3 mit durchgängiger Fahrleitung an den Endhaltestellen erforderlich, damit ein ausreichender Teil der Strecke mit Fahrleitungen versehen werden kann. Für diese Variante sind 4 Aufbügelmanöver nötig.

Im Rahmen der weiteren Projektierung muss die Fahrleitung in Abwägung der politischen und technischen Schwierigkeiten im Detail optimiert und projektiert werden (genauer Standort der Fahrleitungsabschnitte, Mauerhaken an Fassaden, Masten).

Komponenten des EV-Systems	GTB	DGTB
Fahrleitung in km (total, für beide Spuren) <i>ca. 50% der Strecke</i>	5.6	5.6
Anzahl Gleichrichterstationen <i>4 Sektoren mit je einem GR aus Redundanzgründen</i>	4	4
Depot - Parkplätze mit Fahrdrat <i>Gegeben durch Anzahl Fahrzeuge gemäss Kapitel 3.2.3</i>	15	11
Anteil Gleichrichter im Depot <i>Bau eines GR ohnehin empfohlen, kann auch für die Speisung des Tramnetzes im Depot verwendet werden</i>	0.5	0.5
Batteriereichweite	ca. 20 km	ca. 20 km

Tabelle 10: Mengengerüst Energieversorgung Trolleybusvariante (für Kostenberechnung)

### 3.3.7 Grundlagen Kostenabschätzung

Die in der Studie verwendeten Kostengrundlagen für die Energieversorgung sind im Anhang 4 dargestellt.

### 3.3.8 Kostenabschätzung Teil Energieversorgung

Nachfolgende Tabelle zeigt die Zusammenfassung der durchgeführten Kostenberechnung für den Teil Energieversorgung. Die Details, inkl. verwendetes Mengengerüst, sind in Anhang 4 zu finden.

Position	E-GAB			E-DGAB			Trolleybus	
	1a	1b	2	1a	1b	2	DGTB	GTB
Kosten Infrastruktur [kCHF]	7'930	8'380	11'155	6'780	8'180	13'235	9'975	10'175
Projektierung (15%) [kCHF]	1'190	1'257	1'673	1'017	1'227	1'985	1'496	1'526
Investitionskosten total (als Zwischensumme) [kCHF]	9'120	9'637	12'828	7'797	9'407	15'220	11'471	11'701
Unterhaltskosten pro Jahr [kCHF]	367	414	426	403	464	480	396	362
Unterhaltskosten für 15 Jahre [kCHF]	5'501	6'215	6'394	6'039	6'966	7'203	5'937	5'425
Erwartete Gesamtkosten [kCHF]	14'621	15'852	19'223	13'836	16'373	22'423	17'409	17'127

Tabelle 11 :Zusammenfassung der Kostenberechnung für die Energieversorgung, Kosten in kCHF (1000 CHF, für Variantenvergleich); Details siehe Beilage 4

### 3.4 Variantenbildung

Tabelle 12 bietet eine Übersicht zu den analysierten Varianten.

Tabelle 12 - Übersicht Variantenbildung

	Referenz	E-GAB		E-DGB		GTB	DGTB
		Untervariante		Untervariante			
		1a & 1b	2	1a & 1b	2		
Kapazität [Pers/Bus]	75	75		105		75	105
HVZ-Takt	2.5'	2.5'		3.5'		2.5'	3.5'
Beschaffung ohne Reserve [Anzahl Fahrzeuge]	15	a:16, b:15	15	a:12, b:11	11	15	11
Standorte Ladestationen/ Trolleyfahrleitungen	-	Schliern, Depot	Schliern, Schloss, Strecke, Depot	Schliern, Depot	Schliern, Schloss, Strecke, Depot	Abschnitte nicht endgültig definiert	Abschnitte nicht endgültig definiert
Wendeschleife Schliern	Dörfliweg	a <sup>18</sup> & b: Dörfliweg	Dörfliweg	Dörfliweg (bauliche Anpassungen <sup>18</sup> nötig)	Dörfliweg (bauliche Anpassungen nötig)	Dörfliweg	Dörfliweg (bauliche Anpassungen nötig)
Wendeschleife Köniz (Verstärkungs-kurse)	Schloss	a + b: Schloss	Schloss	Parkplatz Muhlernstrasse		Schloss	Parkplatz Muhlernstrasse
Anzahl Ladestationen davon in Schliern	-	a <sup>19</sup> : 25; b <sup>19</sup> :22 a: 3; b: 1	16 <sup>20</sup> 1	a <sup>19</sup> : 20; b <sup>19</sup> : 18 a: 2; b: 1	18 <sup>20</sup> 1	Fahrleitungen, 15 (Depot)	Fahrleitungen, 11 (Depot)

<sup>18</sup> grosser Eingriff auf Parzelle nördlich Dörfliweg nötig, siehe auch Kapitel 3.2.2

<sup>19</sup> Die 6 als Redundanz vorgesehenen Schnellladestationen à 450 kW wurden in dieser Aufzählung nicht berücksichtigt (könnten auch von anderen Buslinien genutzt werden)

<sup>20</sup> Die genauen Standorte für die Ladestationen an Zwischenhaltestellen wurden nicht definiert.

Die E-Busvarianten 1a und 1b beeinflussen die Länge der Wendezeit; die baulichen Massnahmen am Dörfliweg und die Anzahl benötigter Busse weichen also von der Referenzvariante ab:

■ Antriebsvariante 1a:

- E-GAB 1a: um die nötige Wendezeit von 11 Minuten zum Laden der Busse an der Endhaltestelle (siehe Kapitel 3.3.4) zu berücksichtigen, ergeben sich für den tabellarischen Fahrplan aufgrund der Randbedingungen (z.B. keine Wendezeit am Bahnhof) 11 bis 15 Minuten Wendezeit.
- E-DGB 1a: um die nötige Wendezeit von 13 Minuten zum Laden der Busse an der Endhaltestelle (siehe Kapitel 3.3.4) zu berücksichtigen, ergeben sich für den tabellarischen Fahrplan aufgrund der Randbedingungen (z.B. keine Wendezeit am Bahnhof) 13 bis 16 Minuten Wendezeit.
- Als Konsequenz dieser höheren Wendezeiten, wird für die Antriebsvariante 1a mehr Platz für Ladestationen benötigt:
  - E-GAB 1a: Platz für 3 E-GAB-Ladestationen
  - E-DGB 1a: Platz für 2 E-DGB-Ladestationen

■ Antriebsvariante 1b:

- Für diese Antriebsvariante wurde der Fahrplan ohne betriebliche Einschränkungen aus Kapitel 3.2.3 übernommen. Die Busse werden unter Berücksichtigung der in Kapitel 3.3.4 aufgeführten technischen Anforderungen, je nach Ladezeit an der Endhaltestelle und Anzahl Umläufen bei ungenügender Batteriereichweite aus dem Betrieb genommen, um im Depot zu laden und durch vollgeladene Busse ersetzt.
- Durch die Betriebsfahrten ins Depot (Batterieladungen) werden im Vergleich zur Antriebsvariante 1a keine zusätzlichen Fahrzeuge beansprucht, da ausserhalb der Spitzenzeiten genügend Fahrzeuge zur Verfügung stehen, um die Depotfahrten durchzuführen.
- Die Wendezeiten an der Endhaltestelle werden nicht verändert, die Kapitel 3.2.3 aufgeführten Wendeschleifen werden verwendet.
- Bei der Variante 1b können Grund- und Verstärkungskurs in der HVZ nicht getrennt betrieben werden, die Fahrzeuge wechseln vom kurzen auf den längeren Umlauf und umgekehrt.
- Anmerkung: diese Antriebsvariante ist aus betrieblicher Sicht sehr aufwändig in der Umsetzung.

■ E-Busvariante 2: die Variante ist betriebsunabhängig, die Angaben aus Kapitel 3.2.3 sind anwendbar.

■ Trolleybusvarianten: Für Trolleybusse entsteht fürs Andocken an der Fahrleitung ein Zeitbedarf von ca. 2 Minuten pro Umlauf. Dieser Zeitbedarf überschneidet sich mit der Standzeit an den betroffenen Haltestellen und ist somit für die Taktgewährleistung nicht relevant.

## 4. Variantenvergleich

### 4.1 Ziele und Kriterien

Die betrachteten Varianten werden anhand von 7 Kriteriengruppen beurteilt, welche alle wesentlichen Aspekte der zu wählenden Antriebstechnologie-Varianten (inkl. Gefässgrösse) und Ladetechnologie-Untervarianten abbilden.

Thema	Kriterium	Beurteilungsindikator
1. Qualität Verkehrssystem (öV)	1.1 Kapazität	Systemkapazität, Kapazitätsreserven, Ausbaumöglichkeiten
	1.2 Fahrplanstabilität	Verspätungsrisiko (qualitativ)
	1.3 Reisezeit	Reisezeit (qualitativ aufgrund Kursfolgezeiten und Netzdurchbindung)
2. Übrige Verkehrsteilnehmer	2. Auswirkungen	Behinderungen (qualitativ) für MIV, Velo- und Fussverkehr (Schwerpunkt Velo)
3. Wirtschaftlichkeit	2.1 Investitionskosten	Investitionskosten neuer Infrastrukturen
	2.2 Betriebs- und Unterhaltskosten	Betriebskosten, Unterhaltskosten Infrastruktur
4. Entwicklungsfähigkeit	4.1 Aufwärtskompatibilität Netz	Aufwärtskompatibilität mit langfristigen Lösungen
	4.2 Flexibilität	Netzflexibilität
	4.3 Kompatibilität Flotte Bernmobil	Anzahl unterschiedliche Systeme
	4.4 Systemstabilität	Zuverlässigkeit, Redundanz (z.B. bei Ausfall Ladestation oder Trolleyfahrlitung)
5. Städtebau, Raumentwicklung	5.1 Eingriffe ins Stadtbild	Fürs Stadtbild relevante Infrastrukturen (v.a. Fahrlitung, qualitativ)
	5.2 Kohärenz mit Raumentwicklungszielen	Konflikte mit allfälligen Entwicklungsgebieten
6. Umwelt, Sicherheit	6.1 Immissionen	Veränderung Lärmimmissionen (qualitativ) und Stickoxidbelastung
	6.2 Veränderung CO2-Emissionen	
	6.3 Energieverbrauch	
	6.4 Integration neuer erneuerbarer Energien	v.a. Solarenergie
7. Bewilligungsrisiken		Einspracherisiko, Prozessrisiko

Tabelle 13: Kriterien und Indikatoren

## 4.2 Variantenbewertung

Es werden jeweils Punkte von –5 (klar schlechter als Referenzvariante) bis +5 (klar besser als Referenzvariante) vergeben.

Tabelle 14 - Übersicht Variantenbewertung

Beurteilungsindikator	Ref. (GAB)	E-GAB 1a	E-GAB 1b	E-GAB 2	E-DGB 1a	E-DGB 1b	E-DGB 2	DGTB	GTB
1.1 Systemkapazität, Kapazitätsreserven	+0	+0	+0	+0	+3	+3	+3	+3	+0
1.2 Verspätungsrisiko (qualitativ)	+0	+1	-1	+0	+3	+1	+2	+2	+0
1.3 Reisezeit (qualitativ)	+0	+0	+0	-1	-2	-2	-3	-2	+0
2 Behinderungen (qualitativ) für MIV, FVV (Schwerpunkt Velo)	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0
3.1 Investitionskosten neuer Infrastrukturen	+0	-4	-4	-5	-4	-4	-5	-4	-5
3.2 Betriebs- und Unterhaltskosten	+0	-2	+0	+0	-1	+0	+0	+1	+0
4.1 Aufwärtskompatibilität mit langfristigen Lösungen	+0	-5	-4	-5	-5	-3	-5	-4	-4
4.2 Netzflexibilität und Ladeflexibilität	+0	-2	-3	-4	-3	-4	-4	-2	-3
4.3 Anzahl unterschiedliche Systeme	+0	+0	+0	-5	-3	-3	-5	-1	-1
4.4 Zuverlässigkeit, Redundanz	+0	-1	-1	+0	-1	-1	+0	+0	+0
5.1 Fürs Stadtbild relevante Infrastrukturen	+0	-3	-1	-3	-4	-2	-5	-4	-3
5.2 Konflikte mit allfälligen Entwicklungsgebieten	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0
6.1 Lärmimmissionen (qualitativ) und Stickoxidbelastung	+0	+4	+4	+3	+4	+4	+3	+5	+5
6.2 Veränderungen CO <sub>2</sub> -Emissionen	+0	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5
6.3 Energieverbrauch	+0	+4	+4	+5	+4	+4	+5	+5	+5
6.4 Integration neuer erneuerbarer Energien	+0	+4	+4	+5	+4	+4	+5	+5	+5
7. Risiko zeitliche Verzögerung	+0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4

### Kriteriengruppe 1 – Qualität des ÖV-Verkehrssystems

- Kriterium/Indikator 1.1 – Systemkapazität, Kapazitätsreserven: Dieses Kriterium ist vor allem abhängig von Fahrzeuggrösse (bei grösseren Fahrzeugen besteht die Möglichkeit, den Takt zu verringern, falls die Nachfrage stärker ansteigen sollte als erwartet). Aufgrund der Nachfrageprognosen einerseits und den unterschiedlichen Gefässgrössen je Variante ist dies ein potenziell ausschlaggebendes Kriterium.

Für Gelenkbusse 0 Punkte (gleich wie heutige Referenzvariante), für Doppelgelenkbusse +3 Punkte.

- Kriterium/Indikator 1.2 – Verspätungsrisiko (qualitativ): Die Gefässgrösse spielt eine Rolle (beim 2.5-Minuten-Takt mit Gelenkbussen kann es etwas schneller zur sogenannten Paketbildung von Bussen kommen als beim 3.5-Minuten-Takt mit Doppelgelenkbussen). Auch die Platzverhältnisse beim Wendepunkt sind relevant. Eine Rolle spielen hier auch Verspätungsrisiken durch das Nachladen von Batterien tagsüber sowie durch zusätzliche Fahrten ins Depot. Da die Unterschiede zwischen den untersuchten Varianten eher gering sind, wird dieses Kriterium nicht stark differenziert.

Die GAB-Variante 1a erhält +1 Punkt (höhere betriebliche Stabilität dank längerer Wartezeit in Schliern), die GAB-Variante 1b jedoch -1 Punkt (ähnlich wie die Referenzvariante, aber das zusätzliche

Laden und Fahrten ins Depot erhöhen die Verspätungsgefahr leicht). Für die Variante E-GAB 2 und GTB entsteht kein Unterschied zur Referenz → 0 Punkte. Grundsätzlich wird für DGB von einem geringeren Verspätungsrisiko ausgegangen (geringere Taktdichte). Die E-DGB qb Variante wird schlechter als die anderen DGB-Varianten bewertet, da durch Ladezeiten und Fahrten ins Depot wenig Spielraum besteht um Verspätungen zu vermeiden. Bei den Trolleybusvarianten besteht das Risiko, dass das Aufbügeln nicht in jedem Fall optimal gelingt; deshalb sind Möglichkeiten vorzusehen, damit das Aufbügeln an der nachfolgenden Haltestelle nochmals versucht werden kann.

- Kriterium/Indikator 1.3 – Reisezeit (qualitativ): Hier spielen Unterschiede in der Kursfolgezeit eine Rolle sowie die potenzielle künftige Durchbindung von Linien am Bahnhof. Da die Unterschiede zwischen den untersuchten Varianten in Bezug zum dichten Fahrplankontakt gering sind, wird dieses Kriterium nicht stark differenziert.

Die Batterie-Elektrobusse erhalten 0 Punkte (d.h. gleich wie Referenzvariante). Doppelgelenkbus-Varianten erhalten -2 Punkte (weil der Takt auf die Teilstrecke Köniz Schloss bis Schliern in der Hauptverkehrszeit "nur" 7' und 6' in der Nebenverkehrszeit beträgt); die Variante 2 zusätzlich -1 Punkt (da auch ohne ein- oder aussteigende Passagiere an Zwischenhaltestellen manchmal nachgeladen werden müsste).

### Kriteriengruppe 2 – Übrige Verkehrsteilnehmer

- Kriterium/Indikator 2 – Behinderungen (qualitativ) für MIV, Velo- und Fussverkehr (Schwerpunkt Velo): Auch dieses Kriterium wird im Wesentlichen vom Kursintervall, und damit der Gefässgrösse, beeinflusst. Im Falle von Gelenkbussen kann der übrige Verkehr durch die hohe Taktdichte beeinflusst werden, dafür können Doppelgelenkbusse Velos schwieriger überholen. Insgesamt wird dieses Kriterium nicht stark differenzieren, da die Unterschiede zwischen den Varianten gering sind.

Die Behinderungen sind insgesamt so geringfügig, dass für alle Varianten 0 Punkte vergeben werden (wie heutige Referenzvariante).

### Kriteriengruppe 3 – Wirtschaftlichkeit

- Kriterium/Indikator 3.1 – Investitionskosten neuer Infrastrukturen: Für dieses Kriterium wurden grobe Berechnungen für alle Varianten durchgeführt; das Kriterium wird in Bezug auf die Referenzvariante (Diesel-Hybrid-Gelenkbusse) beurteilt. Obwohl es ein wichtiges Kriterium ist, sind die Unterschiede zwischen den Varianten mässig ausgeprägt.

Pro 4 Mio. CHF Unterschied zur Referenzvariante wird 1 Punkt vergeben; alle Varianten sind bei den Investitionskosten teurer als die Referenzvariante, weshalb es nur negative Punktebewertungen gibt: -4 Punkte für die meisten Varianten, für die Variante 2 -5 Punkte.

- Kriterium/Indikator 3.2 – Betriebs- und Unterhaltskosten: Für dieses Kriterium werden die Kosten über 15 Jahre (also ungefähr von 2025 bis 2040) berechnet und der Referenzvariante gegenübergestellt. Die Unterschiede zwischen den Varianten sind mässig ausgeprägt.

Pro 3.5 Mio. CHF Unterschied zur Referenzvariante wird 1 Punkt vergeben; Variante 1a erhält -2 Punkt (Gelenkbus) bzw. -1 Punkte (Doppelgelenkbus-Variante), die Trolley-Doppelgelenkbusse wären im Betrieb günstiger (+1 Punkt).

### Kriteriengruppe 4 – Entwicklungsfähigkeit

- Kriterium/Indikator 4.1 – Aufwärtskompatibilität mit langfristigen Lösungen: Ab ca. 2040 sieht die längerfristige Planung ein schienengebundenes System vor (Einführung Tram oder RBS-Verlängerung). Für dieses Kriterium ist ausschlaggebend, welche Ladeinfrastruktur auf der Strecke und im Depot (für das Nachladen sowie für das schnellere Nachladen tagsüber) gebaut werden muss und ob jene im Depot ggf. für andere Buslinien verwendet werden kann; im Falle von Trolleybussen würden die Fahrleitungen obsolet, die Masten können aber ggf. teilweise weiterverwendet werden. Da bei allen Varianten wesentliche Infrastrukturen wieder zurückgebaut werden müssten, diese andererseits aber 15 Jahre in Betrieb wäre, sind die Unterschiede zwischen den Varianten nur mässig ausgeprägt.

Alle betrachteten Varianten weisen grössere Infrastrukturen auf, welche bei der Umsetzung langfristiger Lösungen zurückgebaut werden müssen; je nach Anzahl der Ladestationen ausserhalb des Depots Eigerplatz werden -3 oder -4, im Falle von Variante 2 -5 Punkte vergeben; bei Trolley-Fahrleitungen -4 Punkte.

- Kriterium/Indikator 4.2 – Netzflexibilität und Ladeflexibilität: Es geht hauptsächlich darum, ob die Busse auch auf anderen Buslinien verwendet werden können oder ob ihre Batteriekapazität dafür nicht ausreicht (falls z.B. die anderen Buslinien auf reine Depotlader ausgelegt wären); im Falle von schnellem Nachladen an Zwischenhaltestellen (Variante 2) wären die Busse mit anderen Batteriebus-Ladetechnologien nicht kompatibel. Im Falle von Trolleybussen ist zu beachten, ob andere Linien ggf. auch auf Doppelgelenkbusse vorbereitet wären. Fast alle Varianten (ausser Variante 2) können bedingt auf anderen Buslinien (der Einsatz ist antriebs- und gefässgrößenabhängig) eingesetzt werden.

Im Vergleich zu den heute ohne Weiteres überall einsetzbaren Dieselhybrid-Gelenkbussen erhalten die betrachteten Varianten negative Punktebewertungen: Batterie-Elektrobusse je nach Ladetechnologie -2 bis -3 Punkte, im Falle der Variante 2 -4 Punkte. Doppelgelenkbusse sind weniger breit auf anderen Linien einsetzbar. Trolleybusse sind nur auf anderen Trolleybuslinien einsetzbar. Falls die Trolleybuslinien 11 und 12 auf Doppelgelenk-Trolleybusse umgestellt würden, wären Doppelgelenk-Trolleybusse der Linie 10 auch dort einsetzbar. Es gilt ausserdem zu beachten, dass die für Linie 10 vorgesehenen Doppelgelenktrolleybusse zwar auf der Linie 20 (heute schon mit DGTB betrieben) einsetzbar wären, die Busse der Linie 20 jedoch aufgerüstet werden müssten, damit sie auf der Linie 10 eingesetzt werden können. Die Aufrüstung ist mit Kosten verbunden → -3 Punkte.

- Kriterium/Indikator 4.3 – Anzahl unterschiedliche (Bus-Antriebstechnologie-)Systeme: Dies ist ein wichtiges Kriterium, weil die Komplexität in Wartung, Einsatzplanung und Betrieb zunimmt, je mehr Antriebstechnologien in der gesamten Bernmobil-Busflotte vertreten sind. Vor allem die Variante 2 sowie allfällige Batterie-Doppelgelenkelektrobusse wären neue, heute in der Bernmobil-Flotte noch nicht vertretene Systeme.

Die Variante 2 würde die Anzahl Systeme erhöhen und erhält -5 Punkte, Batterie-Doppelgelenkelektrobus-Varianten -3 Punkte. Die Trolleybusvarianten erhalten je -1 Punkt, da sie mit vorhandenen Trolleybussen nicht ganz kompatibel sind (vgl. Kriterium 4.2).

- Kriterium/Indikator 4.4 – Zuverlässigkeit, Redundanz: Hier geht es vor allem um die Systemstabilität der elektrischen Infrastruktur. Beispiele sind der Ausfall von Schnellladeplätze, Gleichrichtern, des Depots Eigerplatz oder von einzelnen Abschnitten der Trolleybus-Fahrleitungen. Die Gewährleistung der sogenannten «N minus 1»-Redundanz (Ausfall einer Komponente der Energieversorgung sollte aufgefangen werden können) ist in der Planung integriert und somit bei den Kosten bereits berücksichtigt; deshalb differenziert dieses Kriterium nicht stark zwischen den Varianten.

Da bei allen Varianten «N minus 1»-redundante Systeme betrachtet und eingepreist wurden, werden keine hohen Punktzahlen vergeben. Namentlich infolge des Ausfallrisikos des Depots Eigerplatz beim Nachladen erhalten die Batterie-Elektrobus-Systeme -1 Punkt.

## Kriteriengruppe 5 – Städtebau, Raumentwicklung

- Kriterium/Indikator 5.1 – Fürs Stadtbild relevante Infrastrukturen: Dies ist ein wichtiges und zwischen den Varianten differenzierendes Kriterium. Es hängt von den lokalen Eingriffen für den allfälligen Bau neuer Wendeschleifen und Ladeinfrastrukturen ab, sowie vom Bau von Fahrleitungen oder Ladeinfrastruktur an Zwischenhaltestellen.

Alle Varianten sehen neue Eingriffe vor, weshalb negative Punktebewertungen vergeben werden: Bei Gelenkbussen in Variante 1a sowie Trolley-Gelenkbusse -3 Punkte (umfangreiche bauliche Massnahmen an der Wendeschleife/Endhaltestelle Dörfliweg sowie Ladeinfrastruktur), in Variante 1b nur -1 Punkt, da die Ladeinfrastruktur an der bestehenden Endhaltestelle errichtet werden kann; Variante 2 bedingt Eingriffe an vielen Zwischenhaltestellen (-3 Punkte). Doppelgelenk-Varianten werden schlechter als die jeweilige GAB-Varianten bewertet (umfangreichere bauliche Massnahmen an der Wendeschleife/Endhaltestelle Dörfliweg sowie Ladeinfrastruktur, und zusätzlich neue Wendeschleife Muhlenstrasse).

- Kriterium/Indikator 5.2 – Konflikte mit allfälligen Entwicklungsgebieten: Da keine Entwicklungsgebiete tangiert werden, ist dieses Kriterium für die vorliegende Studie nicht relevant.

Alle Varianten erhalten 0 Punkte (wie Referenzvariante).

## Kriteriengruppe 6 – Umwelt, Sicherheit

- Kriterium/Indikator 6.1 – Veränderung Lärmimmissionen (qualitativ) und Stickoxidbelastung: Alle betrachteten Varianten verwenden lärmarme Elektroantriebe; die Geräusche beim Nachladen der

Batterien sind noch ungewohnt und könnten deshalb anfänglich verstärkt wahrgenommen werden. Dieses Kriterium differenziert nur mässig zwischen den Varianten.

Die Trolleybusvarianten erhalten das Maximum von +5 Punkten (gewohnte Fahrgeräusche), die Batterie-Elektrobusvarianten +4 Punkte (neuartige Geräusche an den Ladestationen), die Variante 2 (häufiges Nachladen an Zwischenhaltestellen) +3 Punkte.

- Kriterium/Indikator 6.2 – Veränderungen CO<sub>2</sub>-Emissionen: Alle betrachteten Varianten erlauben den Einsatz von erneuerbarem Strom, weshalb dieses Kriterium nicht differenziert zwischen den Varianten.

Alle Varianten erhalten das Maximum von 5 Punkten, weil sie die vollständige Dekarbonisierung auf Ebene der Fahrenergie erlauben.

- Kriterium/Indikator 6.3 – Energieverbrauch: Alle betrachteten Varianten setzen auf Elektroantriebe (welche eine hohe Energieeffizienz haben). Die Batteriegrösse beeinflusst (bei der Herstellung und im täglichen Betrieb) den Energiebedarf, deshalb sind Batterie-Elektrobusse mit häufigerer Nachladung und kleinerer Batterie leicht im Vorteil, ebenso wie die Batterie-Trolleybusse. Insgesamt differenziert dieses Kriterium nur mässig zwischen den Varianten.

Varianten mit Fahrleitung sowie häufigem Nachladen (und deshalb kleineren Batterien) erhalten +5 Punkte, die übrigen Varianten +4 Punkte.

- Kriterium/Indikator 6.4 – Integration neuer erneuerbarer Energien: Es geht darum, dass unser Stromversorgungssystem sich stark verändern wird im Zeitraum 2025 bis 2040 (Abschaltung aller AKW sowie starke Erhöhung des Anteils der neuen Erneuerbaren Energien). Varianten, welche nicht nur nachts, sondern auch tagsüber laden, weisen stärkere Vorteile auf; im künftigen Energiesystem wird das reine Laden tagsüber (Trolleybusse) als am vorteilhaftesten für das Stromsystem der Zukunft eingestuft. Dieses Kriterium differenziert für die Buslinie 10 nicht stark, weil bei den Elektrobusen gar keine Variante mit reinen Depotladern betrachtet wurde.

Da alle betrachteten Varianten nicht nur nachts, sondern auch tagsüber laden, erhalten alle Batterie-Elektrobus-Varianten +4 Punkte; da von einem künftigen Stromsystem mit einem sehr hohen Anteil stochastischer neuer erneuerbarer Energie ausgegangen wird, erhalten die nur tagsüber ladenden Trolleybus-Varianten +5 Punkte.

#### Kriteriengruppe 7 – Bewilligungsrisiken

- Kriterium/Indikator 7 – Risiko zeitliche Verzögerung: Hier geht es vor allem darum, ob Einsprachen und andere Rechtsmittel den Zeitplan so beeinflussen könnten, dass die Inbetriebnahme auf das Fahrplanjahr 2026 infrage gestellt sein könnte. Grundsätzlich werden die Einspracherisiken als unabhängig von der Anzahl Ladestationen betrachtet, aber bei Varianten mit einer höheren Anzahl Ladestationen an der Endhaltestelle als erhöht betrachtet; im Falle des Ausbaus des Depots Eigerplatz wird nur von geringen Risiken ausgegangen. Generell wird angenommen, dass die Prozessrisiken bei neuen Ladetechnologien (für Batterie-Elektrobusse) etwas höher sind als für gerichtlich bereits bekannte herkömmliche Technologien (für Trolleybusse). Da bei der Trolleybusvariante jedoch vielerorts bauliche Eingriffe für die Fahrleitung entstehen, gibt es viele direkt Betroffene, die Variante verliert somit ihren Vorteil.

Alle Alternativen zur Referenzvariante werden mit –4 Punkten bewertet, somit ist für dieses Kriterium die Referenz die attraktivste Variante.

## 4.3 Schrittweiser Variantenvergleich

Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Varianten (Abbildung 16) sind grundsätzlich gering. Das Endergebnis ist stark davon abhängig welche Kriterien für den Variantenvergleich ausschlaggebend sind. Folgende Kriterien wurden als ausschlaggebend identifiziert, um die Anzahl Varianten zu reduzieren:

- 1.1 Systemkapazität, Kapazitätsreserven
- 4.3 Anzahl unterschiedlicher Systeme

Zur Herleitung der Bestvariante werden die Varianten in diesem Kapitel schrittweise miteinander verglichen und ausgeschlossen:

### **Schritt 1 – Vergleich der E-Busvarianten**

Die Varianten E-GAB/DGB 2 stellen ein neues Antriebssystem in der Bernmobil-Flotte dar (Kriterium 4.3). Der Vergleich der verschiedenen E-Busvarianten (siehe Abbildung 17) zeigt, dass dieser Hauptnachteil durch die anderen Kriterien nicht ausgeglichen werden kann. Deshalb scheidet die Varianten E-GAB 2 und E-DGB 2 aus. Die verbleibenden Varianten sind in Abbildung 18 dargestellt.

### **Schritt 2 – Vergleich GAB versus DGB Varianten**

Bei den Gelenkbus-Varianten sind keine relevante Kapazitätsreserven vorhanden, die für eine Nachfragesteigerung verwendet werden könnten, d.h. Kapazitätsengpässe in der Spitzenstunde könnten bei Gelenkbus-Variante nicht vermieden werden. Des Weiteren weisen die GAB-Varianten im Vergleich zur Referenz ausser in der Kriteriengruppe 6 (Umwelt und Sicherheit) keine nennenswerten Vorteile auf. In der Kriteriengruppe 6 schneiden GAB und DGB jedoch gleich ab. Die hier aufgeführten Argumente heben DGB-Varianten als attraktivere Lösung hervor.

### **Schritt 3 – Vergleich E-Busvariante 1a und 1b**

Die Unterschiede zwischen E-DGB 1a und 1b sind in der Bewertung nur gering. Abbildung 19 zeigt, dass die Variante 1b leicht besser abschneidet. Der Einfachheit halber wird für den letzten Vergleich nur die Variante E-DGB 1b mit dargestellt.

### **Schritt 4 – Vergleich E-DGB 1b und DGTB**

Im Ausschlussverfahren bleiben nun noch E-DGB 1b und DGTB als Varianten bestehen (siehe Vergleich in Abbildung 20). Die Unterschiede zwischen den beiden Varianten sind gering: Der E-DGB 1b weist im Vergleich Vorteile bei der Aufwärtskompatibilität mit langfristigen Lösungen und Eingriffen ins Stadtbild auf. Der DGTB schneidet bei anderen Kriterien besser ab. Die Gesamtkosten (Investitionskosten sowie Betriebs- und Unterhaltskosten über 15 Jahre) sind bei beiden Varianten in etwa gleich.

Da der DGTB im Fuhrpark Bernmobil bereits existiert und da der ausschliesslich batteriebetriebene DGB heute noch nicht existiert<sup>21</sup>, ist der DGTB die interessantere Variante. Ausserdem handelt es sich um die einzige Variante mit einer im Vergleich zur Referenzvariante besseren Bewertung beim Kriterium Betriebskosten.

Der DGTB schneidet bei 7 von 17 Kriterien besser als die Referenzvariante ab und ist bei weiteren 3 Kriterien mit der Referenzvariante gleichrangig. Unter den Kriterien mit besserer Bewertung ist das Kriterium Kapazitätsreserven besonders relevant.

<sup>21</sup> Eine Anfrage von Bernmobil im Sommer 2020 bei 3 bei Herstellern, die Doppelgelenktrolleybusse herstellen, ergab, dass es bisher noch keine E-DGB auf dem Markt gibt. Eine Bestellung für die Buslinie 10 wäre ein Pilot mit entsprechenden technischen und finanziellen Risiken.

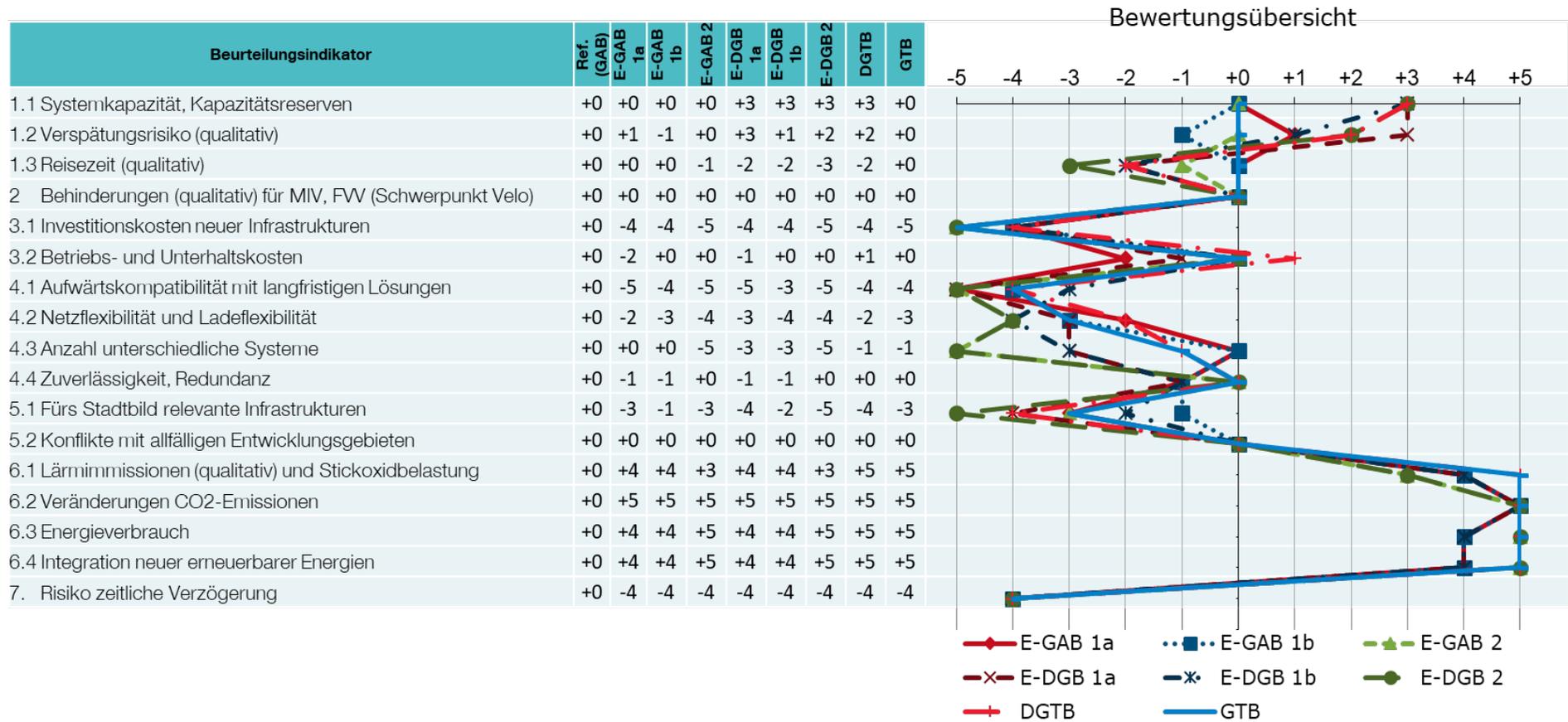
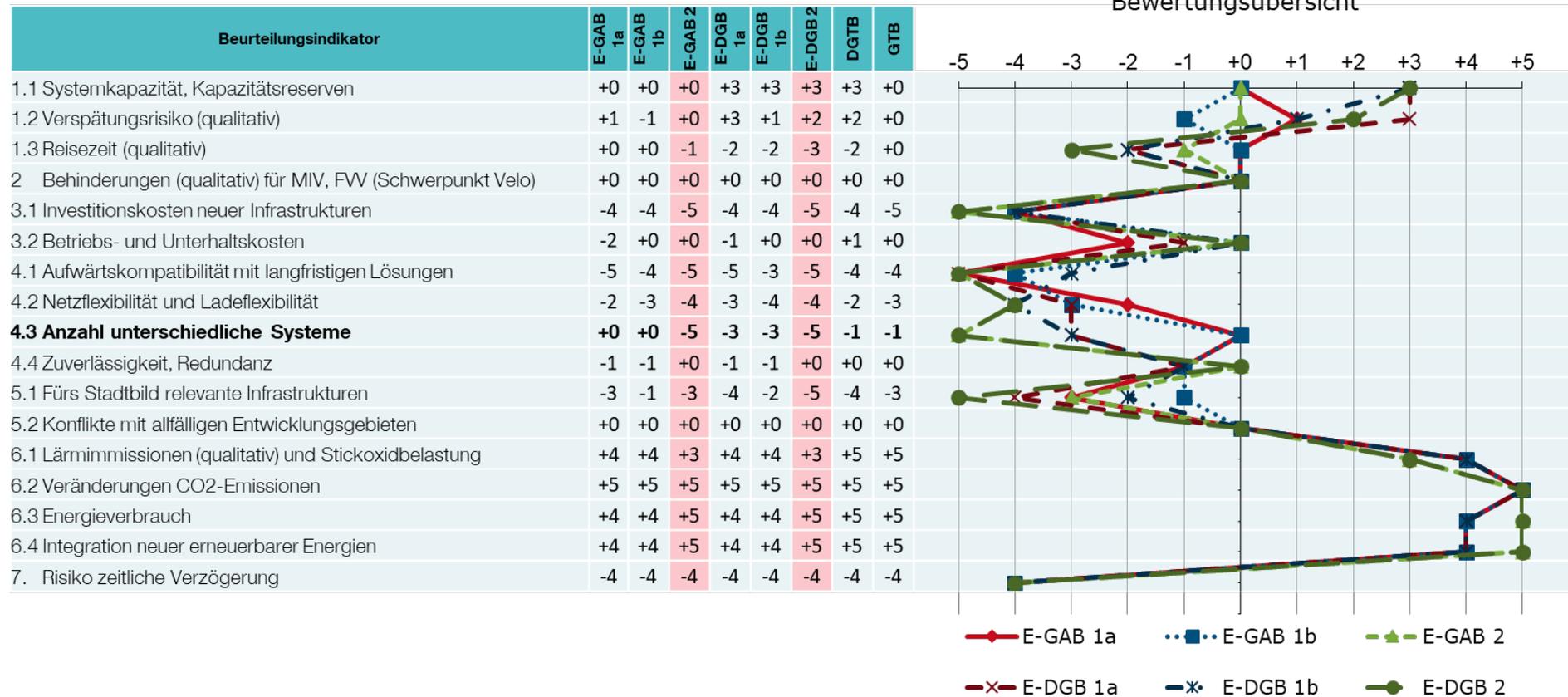


Abbildung 16 - Übersicht Variantenvergleich

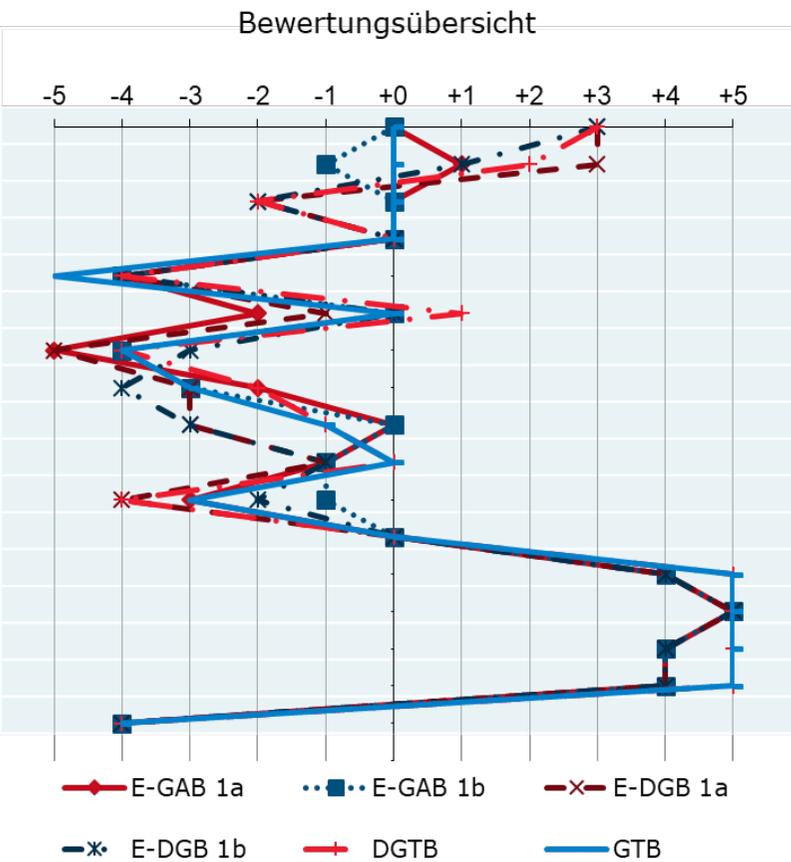
Bewertungsübersicht



Referenzvariante liegt auf 0-Achse.

Abbildung 17 – Variantenvergleich: E-Busvarianten

Beurteilungsindikator	E-GAB 1a	E-GAB 1b	E-GAB 2	E-DGB 1a	E-DGB 1b	E-DGB 2	DGTB	GTB
1.1 Systemkapazität, Kapazitätsreserven	+0	+0	+0	+3	+3	+3	+3	+0
1.2 Verspätungsrisiko (qualitativ)	+1	-1	+0	+3	+1	+2	+2	+0
1.3 Reisezeit (qualitativ)	+0	+0	-1	-2	-2	-3	-2	+0
2 Behinderungen (qualitativ) für MIV, FW (Schwerpunkt Velo)	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0
3.1 Investitionskosten neuer Infrastrukturen	-4	-4	-5	-4	-4	-5	-4	-5
3.2 Betriebs- und Unterhaltskosten	-2	+0	+0	-1	+0	+0	+1	+0
4.1 Aufwärtskompatibilität mit langfristigen Lösungen	-5	-4	-5	-5	-3	-5	-4	-4
4.2 Netzflexibilität und Ladeflexibilität	-2	-3	-4	-3	-4	-4	-2	-3
4.3 Anzahl unterschiedliche Systeme	+0	+0	-5	-3	-3	-5	-1	-1
4.4 Zuverlässigkeit, Redundanz	-1	-1	+0	-1	-1	+0	+0	+0
5.1 Fürs Stadtbild relevante Infrastrukturen	-3	-1	-3	-4	-2	-5	-4	-3
5.2 Konflikte mit allfälligen Entwicklungsgebieten	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0
6.1 Lärmimmissionen (qualitativ) und Stickoxidbelastung	+4	+4	+3	+4	+4	+3	+5	+5
6.2 Veränderungen CO2-Emissionen	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5
6.3 Energieverbrauch	+4	+4	+5	+4	+4	+5	+5	+5
6.4 Integration neuer erneuerbarer Energien	+4	+4	+5	+4	+4	+5	+5	+5
7. Risiko zeitliche Verzögerung	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4

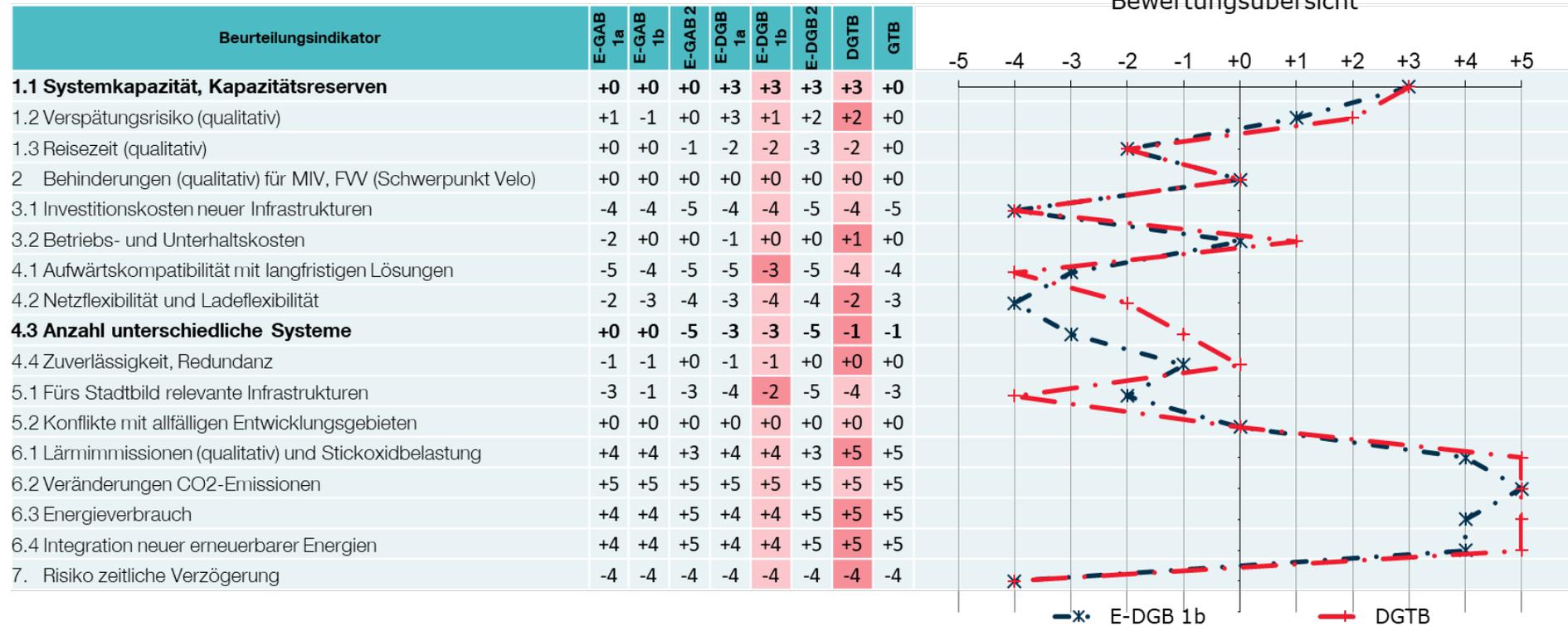


Referenzvariante liegt auf 0-Achse.

Abbildung 18 - Variantenvergleich ohne die Varianten E-GAB/DGB 2



Bewertungsübersicht



Referenzvariante liegt auf 0-Achse.

Abbildung 20 - Variantenvergleich E-DGB 1b und DGTB

## 4.4 Bestvariante

Die Kernaussagen aus Kapitel 4.3 werden hier vertieft erläutert.

Als ausschlaggebend zeigt sich in der Variantenbewertung das Kriterium Kapazität. Deshalb werden Doppelgelenkbusse favorisiert.<sup>22</sup>

Doppelgelenkbusse sind kein Standardprodukt, sondern eine Spezialität, welche nur in wenigen Städten im Einsatz stehen. Grundsätzlich ist es so, dass das Angebot für Batterie-Elektroantrieb bei kleineren Bussen grösser ist. Deshalb hat die Bevorzugung von Doppelgelenkbussen dazu geführt, dass die übrigen Kriterien tendenziell Trolleybusse statt Batteriebusse als Antriebstechnologie favorisierten. Weil in Bern bereits Doppelgelenk-Trolleybusse eingesetzt werden und weil es andererseits Batterie-Doppelgelenk-Elektrobusse als Standardprodukt gar nicht gibt, ergeben sich Doppelgelenk-Trolleybusse mit partieller Oberleitung als Bestvariante.

Die vorliegende Variantenstudie fokussierte auf die bestmögliche Antriebstechnologie für die Linie 10 Bern - Köniz – Schliern zwischen 2025 und 2040. Die Wechselwirkungen mit der gesamten Busflotte wurden über mehrere Kriterien abgebildet. Die gewählte Varianten-Priorisierung entspricht einer Strategie, bei der das Busliniennetz in der Stadt Bern, sofern es nicht auf Tram umgestellt wird, mit einer Mischflotte betrieben werden soll. Die Anzahl verschiedener Antriebstechnologien innerhalb der Busflotte soll möglichst geringgehalten werden. Aus diesem Grund wurden die Varianten E-GAB 2 und E-DGB 2 ausgeschlossen (neues Antriebssystem im Fuhrpark Bernmobil). Dies reduziert die Werkstattkosten und erhöht die betriebliche Flexibilität im Normalfall ebenso wie im Ereignisfall.

Sollte die langfristige Lösung nicht wie zurzeit laut Netzstrategie geplant 2040 umgesetzt werden, reichen die Kapazitäten auf der Buslinie 10 mit der hier angestrebten Lösung nicht aus. Eine DGB-Variante bietet jedoch einen gewissen Spielraum für eine Kapazitätserhöhung.

Die genauen Abschnitte für Fahrleitungen und eine allfällige Kombination aus partieller Fahrleitung und Ladestationen an Zwischen-/Endhaltestelle(n) (Trolleybus mit Gelegenheitsladung, siehe Kapitel 3.3.2) mit einer Ladestation am Wendepunkt in Köniz müssen im Rahmen des Vorprojekts abgeklärt werden.

Für die Bestvariante – Doppelgelenktrolleybusse mit partieller Oberleitung – werden die Investitionskosten auf ca. 30 Mio. CHF geschätzt (mit der Kostengenauigkeit aus dem Variantenvergleich).

<sup>22</sup> Die Betriebszahlen für die Buslinie 10 im ersten Quartal zeigen, dass in der HVZ der Verstärkungskurs nicht so voll besetzt ist wie der Grundkurs. Es wäre daher denkbar den DGTB-Grundkurs in der HVZ mit Gelenktrolleybussen auf dem Verstärkungskurs zu kombinieren.

## 5. Folgerungen

### 5.1 Empfehlungen zur Buslinie 10

Als Schlussfolgerung aus dem Variantenvergleich wird empfohlen, die Variante Doppelgelenktrolleybus weiterzuverfolgen. Dieses Fazit basiert auf den spezifischen Gegebenheiten der Linie 10 zwischen Bern und Schliern (die Empfehlung kann nicht ohne weiteres auf andere Linien übertragen werden) und der aktuellen Situation auf dem E-Bus-Markt:

- Grosse, weiterhin zunehmende Nachfrage
- Dichter Takt, der nicht weiter verdichtet werden kann
- Hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit
- Aktuelle Situation auf dem E-Bus-Markt
- Vorhandener und bereits geplanter Fahrzeugmix von Bernmobil

### 5.2 Empfehlungen für die Flotte von Bernmobil

Vor dem Hintergrund der bestehenden (Linie 17), geplanten (Linie 19 und 21) und priorisierten (Linie 10) Antriebs- und Lade-Technologien scheint es möglich, sich längerfristig auf zwei Busflotten zu konzentrieren:

- Buslinien mit sehr hohem Passagieraufkommen werden mit Doppel-Gelenkbussen betrieben, welche alle als Batterie-Trolleybusse mit partieller Oberleitung ausgelegt werden.
- Restliche, tendenziell schwächer belastete Buslinien werden längerfristig mit als Depotlader ausgelegten Batterie-Elektrobussen betrieben (Busse mit grosser Batteriekapazität).
- Diese Weiterentwicklung der Busflotte ist auf ein bis zwei Fahrzeuggenerationen auszulegen.
- Bei den Batterie-Elektrobussen sind, je nach geforderter Tagesfahrleistung, Lösungen zur partiellen Nachladung der Busse an Endhaltestellen vorzusehen; wie lange solche Ladeinfrastrukturen an Endhaltestellen notwendig sind, hängt vom technischen Fortschritt bei den Batterien ab.
- Es sollte eine redundante Depot-Ladeinfrastruktur angestrebt werden (d.h. Depotlader sollten nicht nur im Depot Eigerplatz geladen werden können).
- Bei bevorstehendem Ersatz sollen heutige Trolleybusse durch Batterie-Trolleybusse ersetzt werden, welche mit einem Oberleitungsanteil von ca. 50 % verkehren können.
- Auch ist sicherzustellen, dass die erforderliche Leistungsfähigkeit der verbleibenden Oberleitungsinfrastruktur gesichert ist, namentlich auch bei erhöhter Leistungsaufnahme bei Haltestellen.

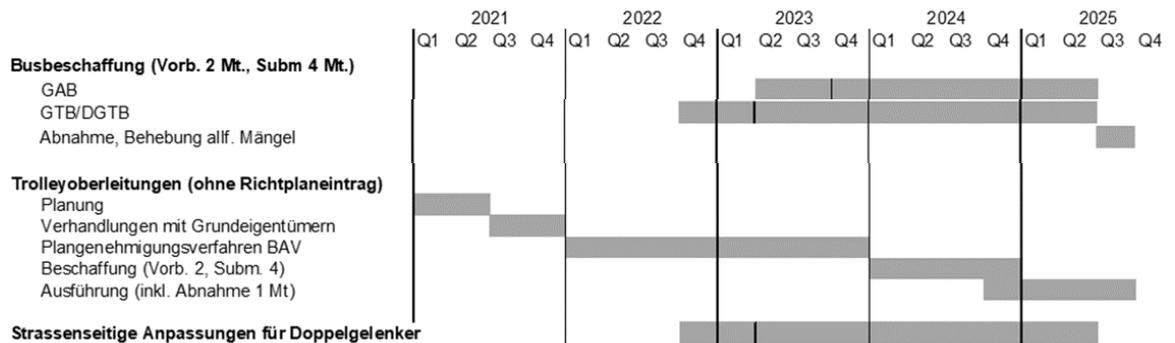
Um die nötige betriebliche Flexibilität auch im Ereignisfall sicherzustellen, sollte der Anteil der mit Depotladern betriebenen Linien nicht zu klein werden.

## 5.3 Weiteres Vorgehen

Die Anpassungen auf der Buslinie 10 sollen Anfang 2021 ins Aggloprogramm aufgenommen werden.

Für eine Inbetriebnahme auf Fahrplanwechsel Dezember 2025 ist der Terminplan bereits heute sehr eng. Auf folgender Abbildung ist der Zeitbedarf für die einzelnen Arbeiten dargestellt (für "strassenseitige Anpassungen für Doppelgelenkbus" muss das Terminprogramm noch konkretisiert werden).

Abbildung 21 - Projektierung und Baubewilligungsverfahren (Dauer und Fristen)



Im Anschluss an die Mitwirkung, muss der Planungsprozess rasch aufgenommen werden, falls die Variante DGTB per Fahrplanwechsel Dezember 2025 umgesetzt werden soll. Der Terminplan ist sehr eng, laut Bernmobil sollten offene Pendenzen schnellst möglich in Angriff genommen werden, um eine Umsetzung per 2025 gewährleisten zu können.

Im Rahmen der weiteren Planung sind die Gesamtkosten zu ermitteln (z.B. inkl. attraktivitätssteigernde Massnahmen für den Veloverkehr, die im gleichen Zuge umgesetzt werden sollen) und die Aufteilung auf die Kostenträger zu bestimmen.

# Anhang

## Anhang 1

### 1.1 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Ausgeschriebener Begriff
AP	Agglomerationsprogramm
BehiG	Behindertengleichstellungsgesetz
DGB	Doppelgelenkbus
DGTB	Doppelgelenktrolleybus
E-DGB	Elektro-Doppelgelenkbus
E-GAB	Elektro-Gelenkautobus
GAB	Gelenkautobus
GTB	Gelenktrolleybus
HVZ	Hauptverkehrszeit
NVZ	Nebenverkehrszeit
öV	öffentlicher Verkehr
RPAV	Richtlinien für das Programm Agglomerationsverkehr
SB	Standardbus
ZBB	Projekt «Zukunft Bahnhof Bern»

## 1.2 Grundlagen

- Regionalkonferenz Bern-Mittelland (2019): Netzstrategie ÖV Kernagglomeration Bern (in Bearbeitung)
- Detaillierte Angaben zu Nachfrageprognosen 2040 aus Projekt Netzstrategie ÖV Kernagglomeration Bern (DWV, Spitzenstunden)
- Bernmobil: Fahrgastzahlen IST (Ein-/Aussteiger pro Haltestelle, Belastungen zwischen den Haltestellen, Tagesganglinien)
- AÖV (2016): Tram Bern Ostermundigen, Grundlagenstudie zur Systemfrage Tram oder Doppelgelenkbus
- Tram Region Bern (2015): Teilprojekt 1 Köniz - Bern bei Projektabbruch (Stand: genehmigtes Bauprojekt)
- Tiefbauamt Kanton Bern: Verkehrsmanagement Bern Süd
- RKBM (2016): Buslinie 10 Köniz–Bern–Ostermundigen: Angebotskonzept 2018–2021
- ARE (2019): Richtlinien zum Agglomerationsverkehr (RPAV)
- Zwischenstand Netzstrategie 2040: Folienpräsentation vom 17.10.2019 in Kommission Verkehr der
- RKBM (2 Varianten: Erschliessung Köniz mit Tram resp. RBS)
- Kurzbericht "Kapazitätserweiterung Hirschengraben"
- Detaillierte Strassenpläne auf Web-GIS der Stadt Bern
- LSA-Situationspläne pro Knoten
- Verkehrsmassnahmen ZBB Stadt Bern (ZBBS): Mitwirkungs-Dossier (Stand Anfang 2019)
- Planungsprozess Stadtraum Bahnhof – langfristiges Zielbild. Bericht zur Phase 1.1 mit Aufzeigen der Aufwärtskompatibilität Bausteine ZBBS; Stand Sept. 2019
- Übersichtsplan Fahrleitungen Raum Bahnhof – Eigerplatz von Bernmobil
- Aktuelle Fahrgastzahlen
- E-Bus-Grundlagen Bernmobil (21.01.2020, 08.04.2020)
- Flyer eBus, Elektrobuss Linie 17. Dezember 2018
- BKW. Nieder- oder Mittelspannungsanschluss E-Bus Linie 10 nach Köniz (17.04.2020)

## Anhang 2 – Linie 10 Bern – Köniz; Umrüsten best. Haltestellen

### 1 UMRÜSTEN DER HALTESTELLEN VON GB AUF DGB

#### 1.1 Fahrtrichtung Bern → Schliern

##### Monbijou

##### Höhe Haltekante

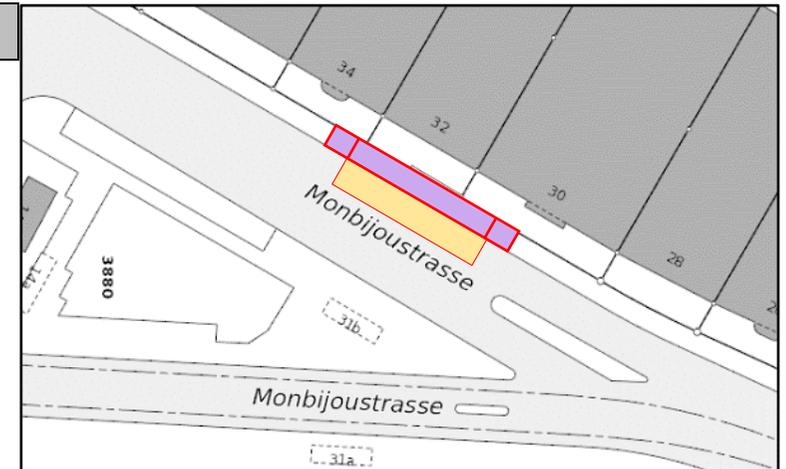
- Haltekante 22cm machbar
- Wegfahrbereich > 25.0m

##### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

##### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Keine



## Eigerplatz

### Höhe Haltekante

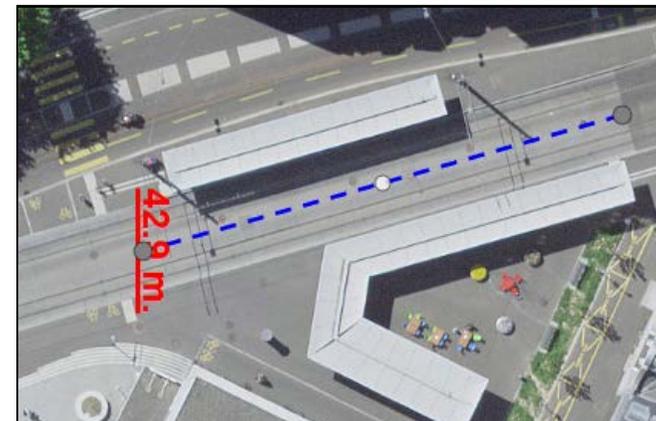
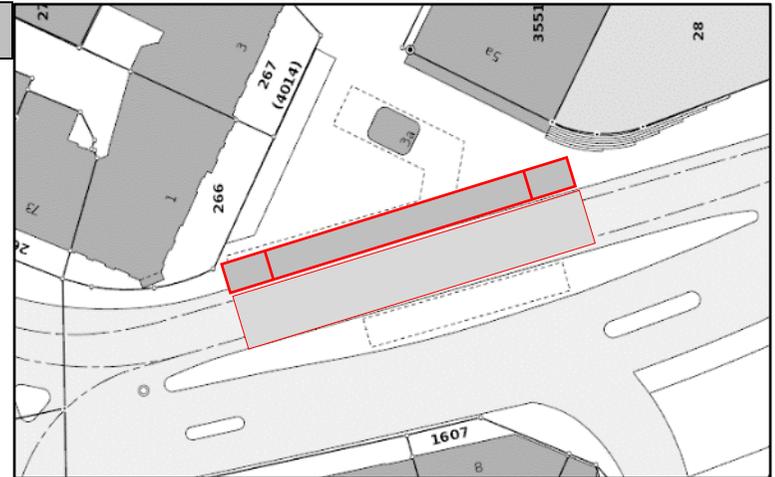
- **Tramkante (30cm)**
- **Wegfahrbereich > 25.0m**

### Länge Haltekante

- IST = 42.0m → SOLL = 42.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Keine



## Weissensteinstrasse heutiger Standort

### Höhe Haltekante

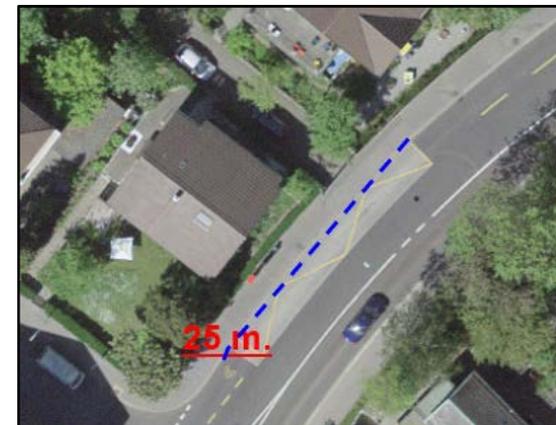
- Haltekante 22cm nicht machbar
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Haltekante befindet sich in einer Kurve.
- Im Bereich der Haltekante befindet sich eine Einfahrt.
- Haltekante sollte an einen neuen Standort verschoben werden.



## Weissensteinstrasse neuer Standort

### Höhe Haltekante

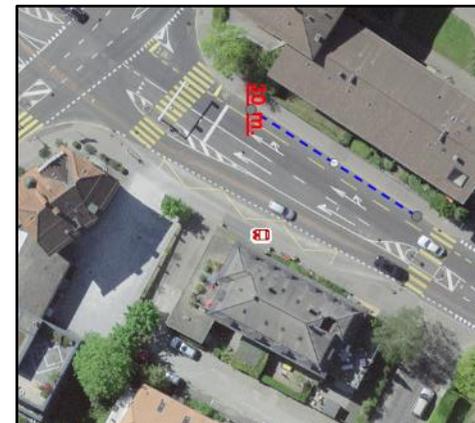
- Haltekante 22cm machbar
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Die Linienführung des Radverkehrs und Abbiegeverhältnisse am Knoten müssen neu beurteilt werden.



## Dübystrasse

### Höhe Haltekante

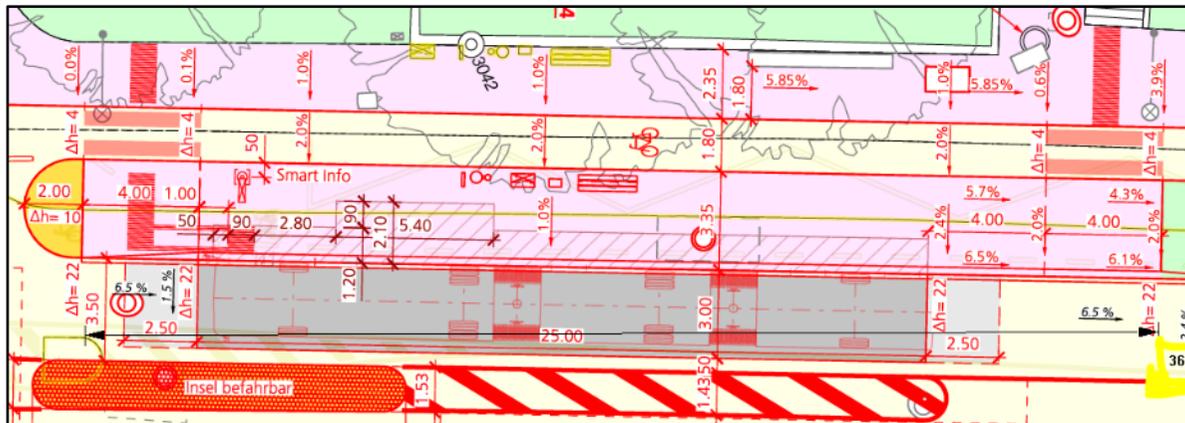
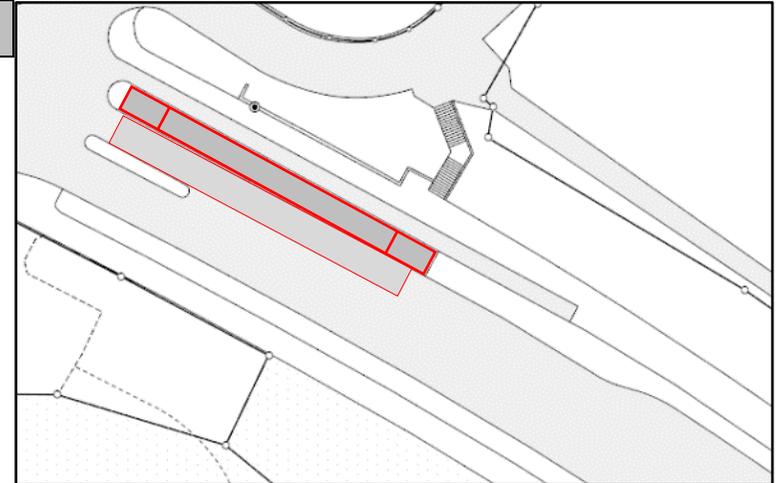
- Haltekante 22cm bereits erstellt
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Keine



## Hessstrasse heutiger Standort

### Höhe Haltekante

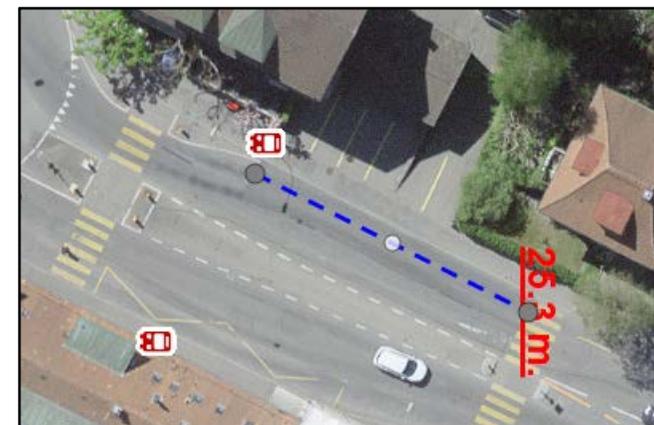
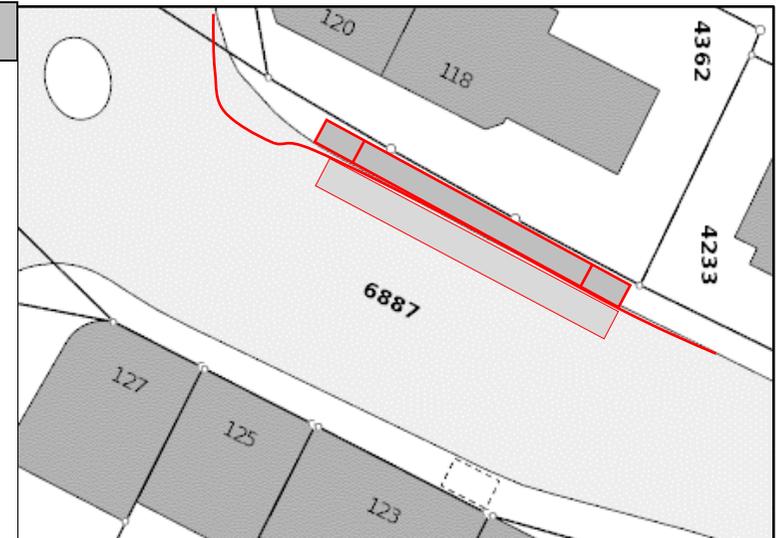
- Haltekante 22cm nicht machbar, Haltebucht nicht machbar
- Wegfahrbereich < 15.0m (Kreisel)

### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Haltekante befindet sich in einer Haltebucht.
- Im Bereich der Haltekante befinden sich Einfahrten und Parkfelder.
- Haltekante sollte an einen neuen Standort verschoben werden.



## Hessstrasse neuer Standort

### Höhe Haltekante

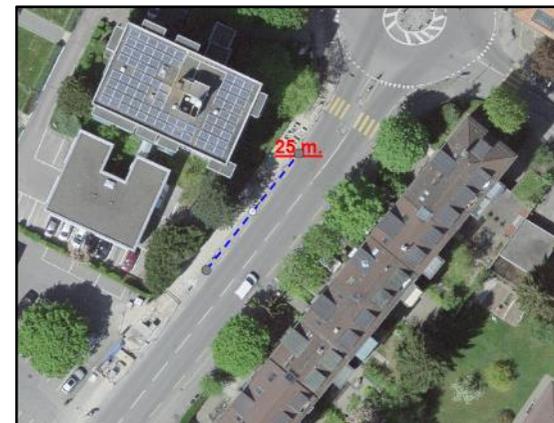
- Haltekante 22cm machbar
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Die neue Haltekante befindet unmittelbar nach dem Kreisel.
- Falls die Haltekante auf der Fahrspur erstellt wird, muss die Kreiselsituation (Rückstau) neu beurteilt werden.
- Möglichkeit einer Haltebucht ist zu prüfen.



## Liebefeld, Liebefeldpark

### Höhe Haltekante

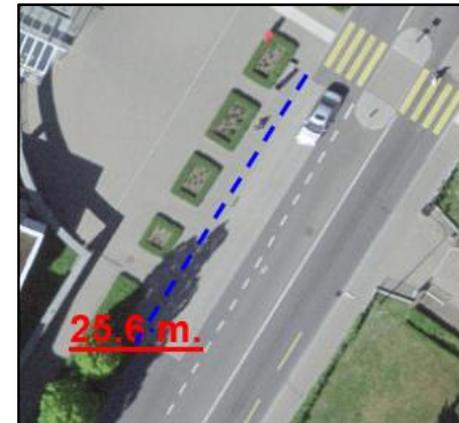
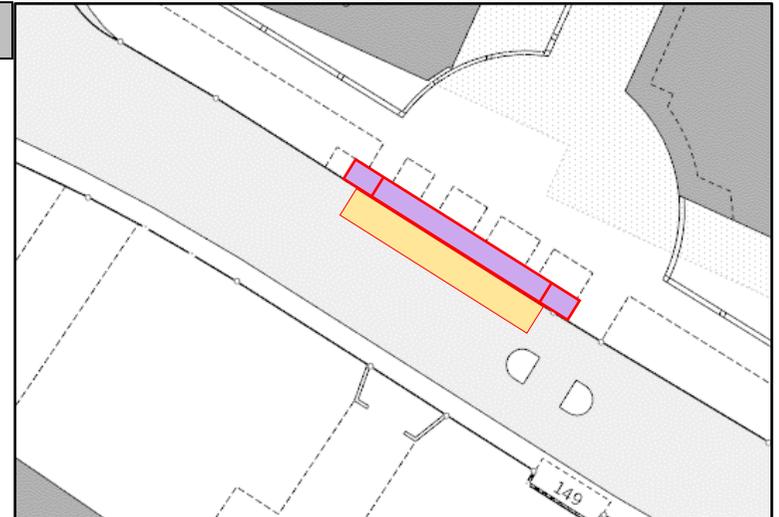
- Haltekante 22cm machbar
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Keine



## Brühlplatz

### Höhe Haltekante

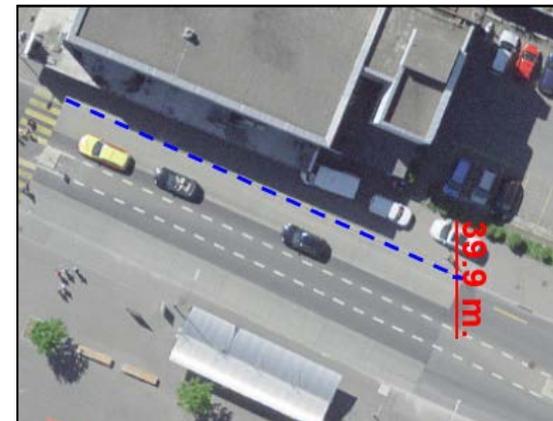
- Haltekante 22cm machbar
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 40.0m → SOLL = 40.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Keine



## Köniz Zentrum

### Höhe Haltekante

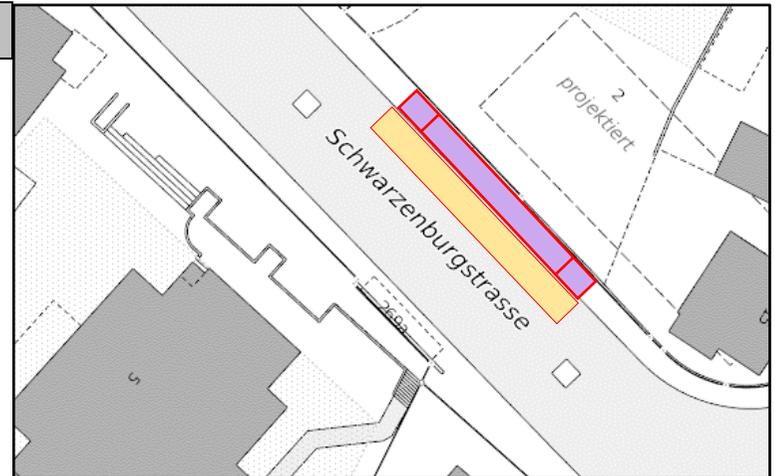
- Haltekante 22cm machbar
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 35.0m → SOLL = 35.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Keine



## Köniz Schloss

### Höhe Haltekante

- Haltekante 22cm machbar, Teilerhöhung falls Schleppkurve kritisch
- Wegfahrbereich 15.0m - 25.0 m (Rechts-Kurve)

### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Der Wegfahrbereich muss mit Schleppkurven überprüft werden. Evtl. Teilerhöhung erforderlich, Fahrversuch durchführen.



## Sandwürfli Friedhof

### Höhe Haltekante

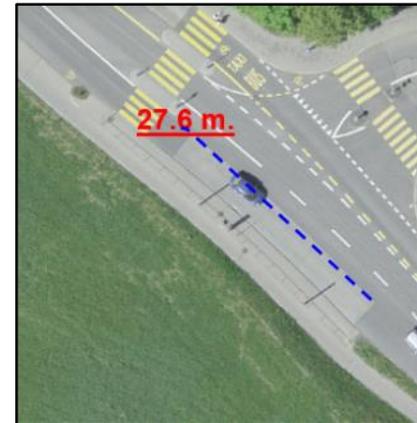
- Haltekante 22cm machbar
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Keine



## Eichmatt

### Höhe Haltekante

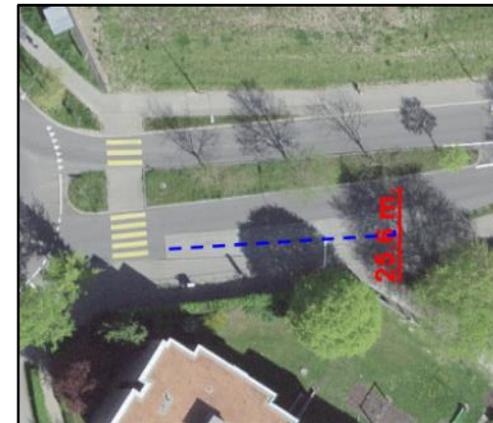
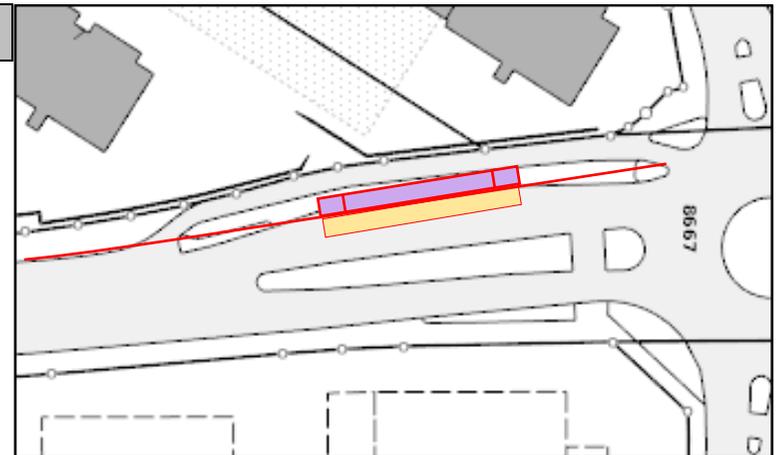
- Haltekante 22cm machbar
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Haltekante befindet sich in einer Kurve.
- Haltekante muss begradigt werden, bei Platzmangel kann die Mittelinsel verkleinert werden.



## Köniz Schlieren (Bus- Endstation) - Referenzvariante<sup>1</sup>

### Höhe Haltekante

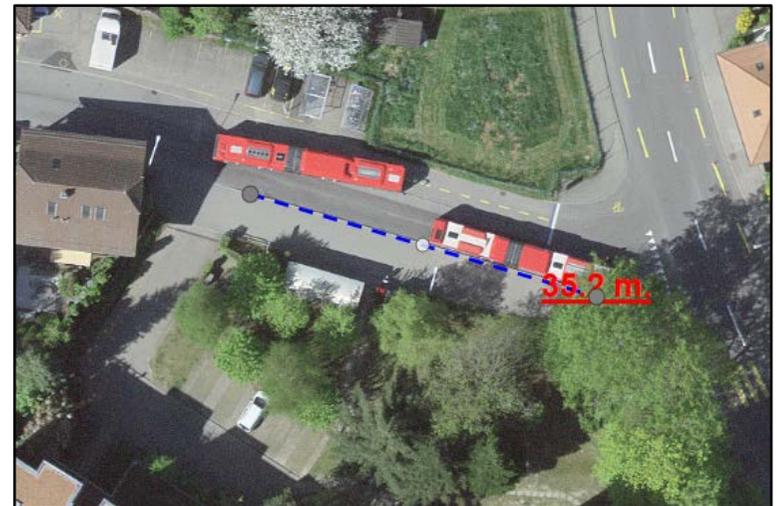
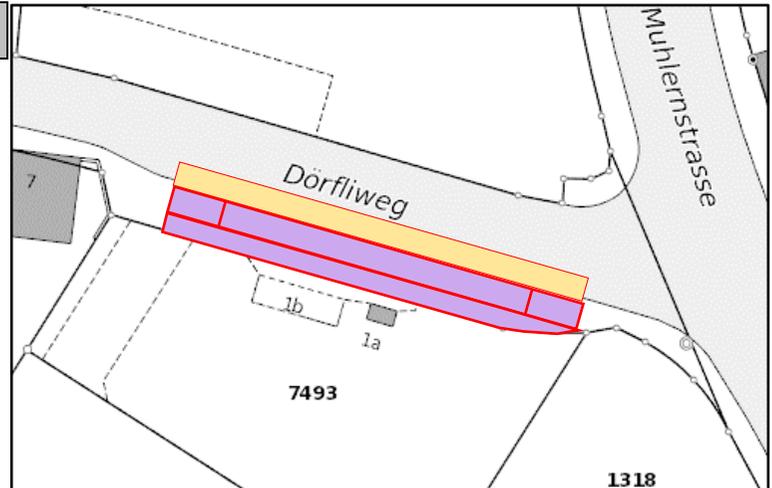
- Haltekante 22cm machbar
- Wegfahrbereich < 15.0m (Links-Kurve)

### Länge Haltekante

- IST = 35.0m → SOLL = 35.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Der Wegfahrbereich muss mit einer Schleppkurve geprüft werden, um den Haltepunkt zu definieren.



<sup>1</sup> Für DGB vgl. Kapitel 3.2.2 Abbildung 7 - Ausbauvarianten Dörfliweg (Prinzipischnen)

## 1.2 Fahrtrichtung Schliern → Bern

### Schlieren, Eichmatt

#### Höhe Haltekante

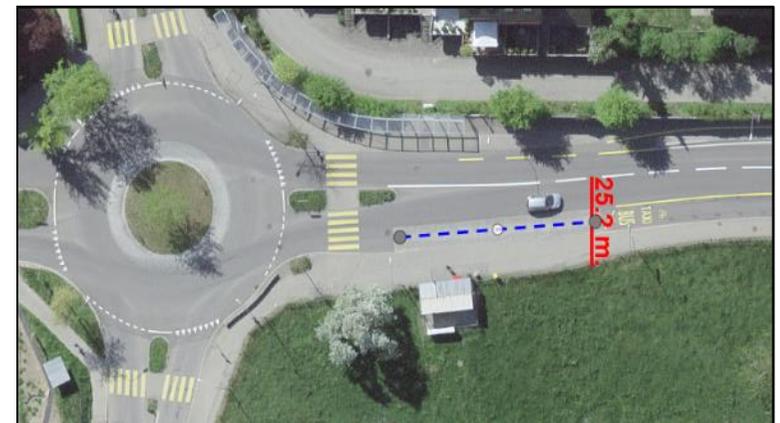
- Haltekante 22cm machbar
- Wegfahrbereich > 25.0m

#### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

#### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Keine



## Köniz, Sandwürfli Friedhof

### Höhe Haltekante

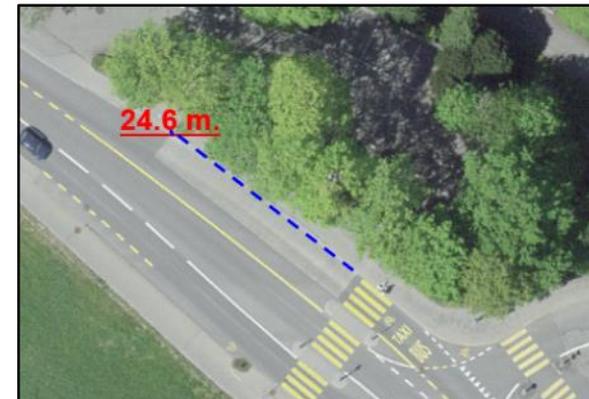
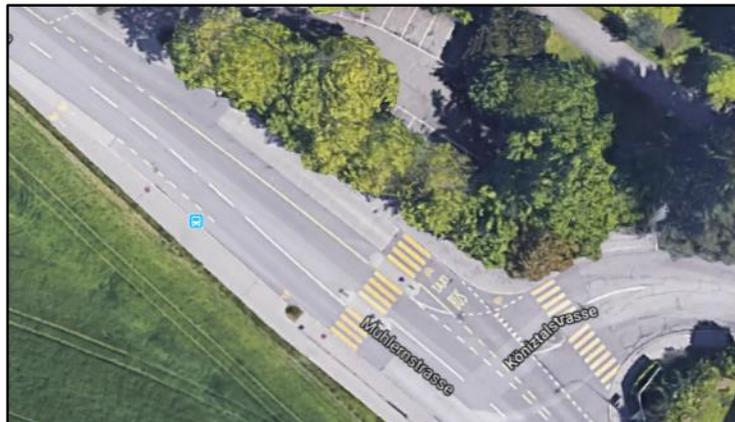
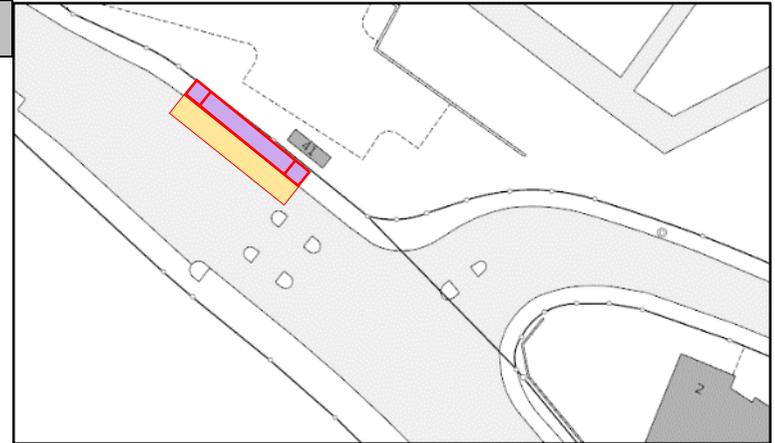
- Haltekante 22cm machbar
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Keine



## Köniz, Schloss

### Höhe Haltekante

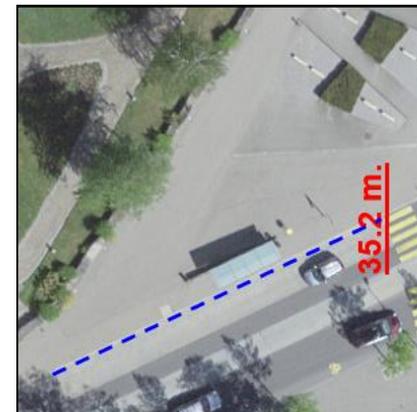
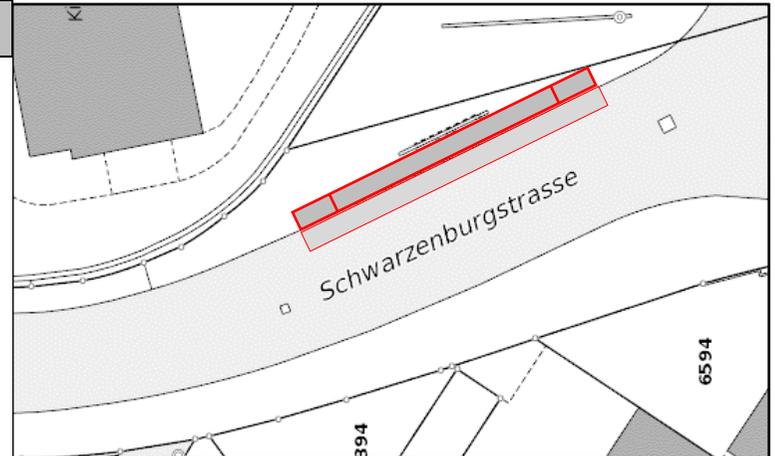
- Haltekante 22cm bereits erstellt (Teilerhöhung/Kissen über ca. 10.0 m)
- Wegfahrbereich 15.0m - 25.0 m (Rechts-Kurve)

### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Keine



## Köniz, Zentrum

### Höhe Haltekante

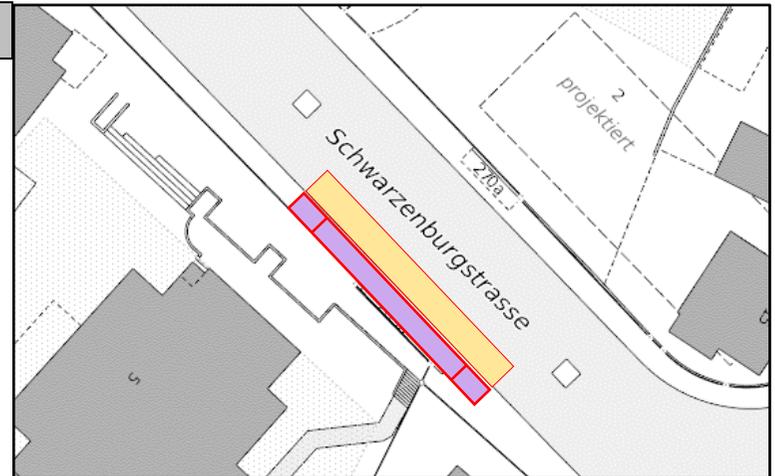
- Haltekante 22cm machbar
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 35.0m → SOLL = 35.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Keine



## Köniz, Brühlplatz

### Höhe Haltekante

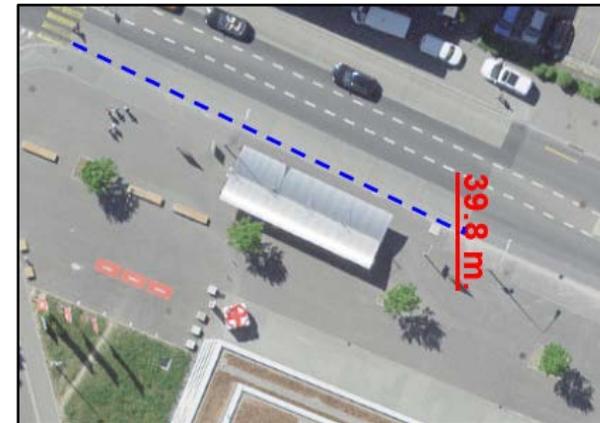
- Haltekante 22cm machbar
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 40.0m → SOLL = 40.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Keine



## Liebefeld, Liebefeldpark

### Höhe Haltekante

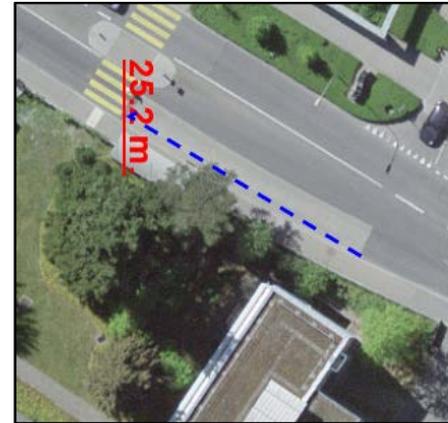
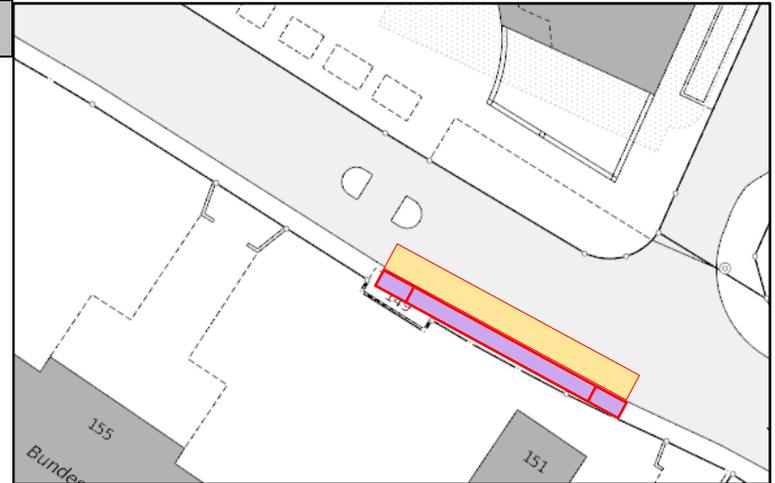
- Haltekante 22cm machbar
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Keine



## Liebefeld, Hessesstrasse

### Höhe Haltekante

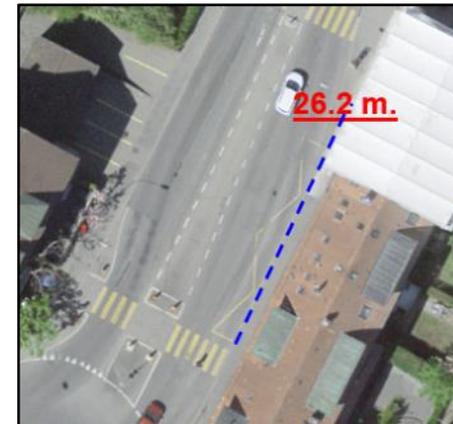
- verkürzte Teilerhöhung (Kissen) ca. 10.5m machbar, Busbucht möglich
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Die neue Haltekante befindet unmittelbar nach dem Kreisel.
- Haltekante muss begradigt werden, bei Platzmangel kann die Mittelinsel verkleinert werden.
- Busbucht ist möglich.



## Bern, Dübystrasse

### Höhe Haltekante

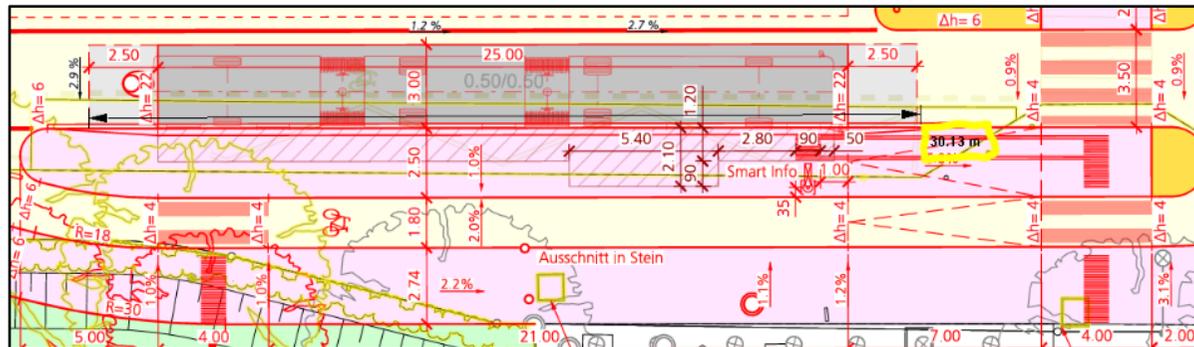
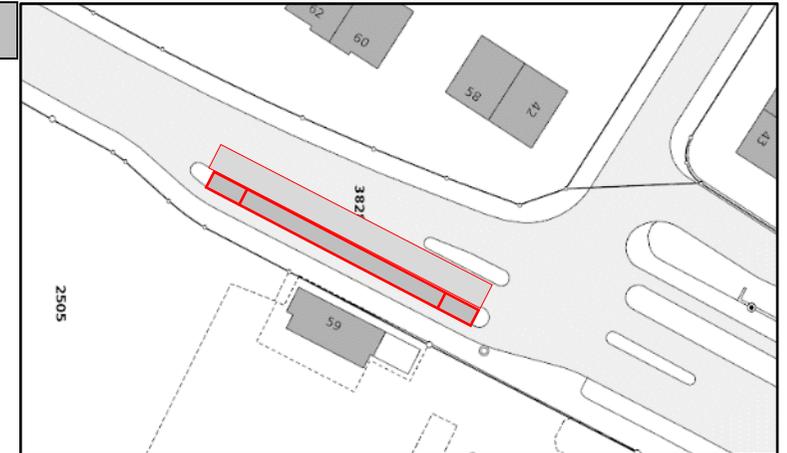
- Haltekante 22cm bereits erstellt
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Keine



## Bern, Weissensteinstrasse

### Höhe Haltekante

- verkürzte Teilerhöhung (Kissen) ca. 10.5m machbar, Busbucht möglich
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Haltekante muss begradigt werden.
- Im Bereich der Haltekante befinden sich Einfahrten und Parkfelder.
- Busbucht ist möglich.



## Bern, Eigerplatz

### Höhe Haltekante

- Tramkante (30cm)
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 42.0m → SOLL = 42.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Keine



## Bern, Monbijou

### Höhe Haltekante

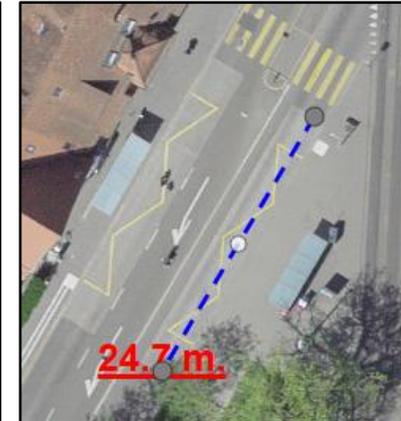
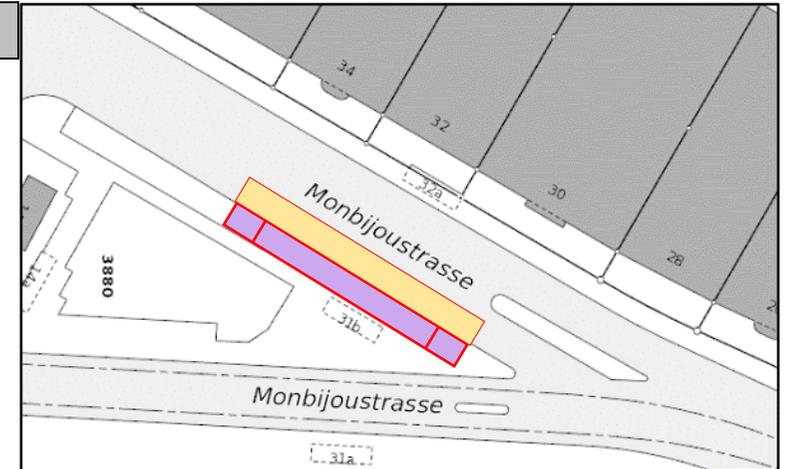
- Haltekante 22cm machbar
- Wegfahrbereich > 25.0m

### Länge Haltekante

- IST = 25.0m → SOLL = 25.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Keine





## Bern, Bahnhof

### Höhe Haltekante

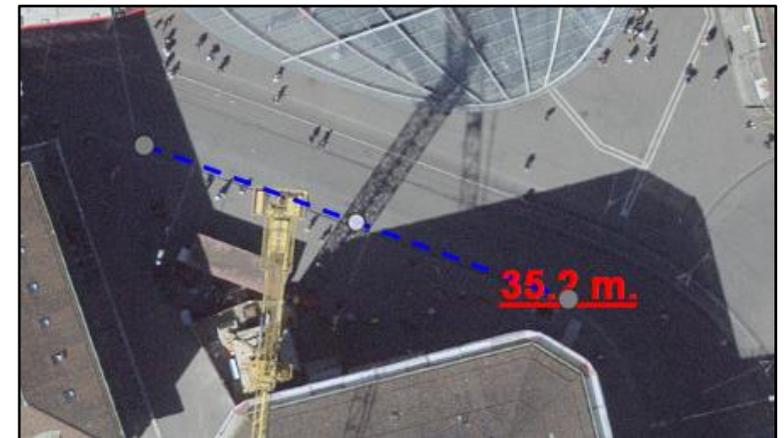
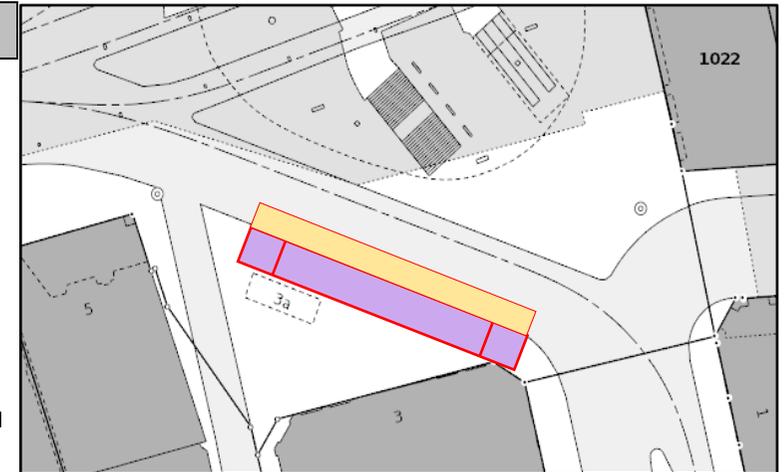
- Haltekante 22cm machbar
- Wegfahrbereich < 15.0m (Rechts-Kurve)

### Länge Haltekante

- IST = 35.0m → SOLL = 35.0m

### Auswirkungen und Erkenntnisse

- Im Bereich der Haltekante befinden sich eine Einfahrt.
- Der Wegfahrbereich muss mit einer Schleppkurve geprüft werden, um den Haltepunkt zu definieren.



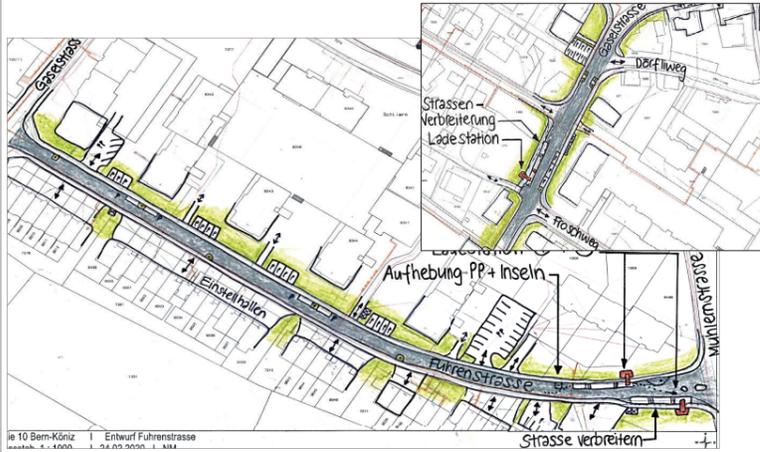
# Anhang 3: Variantenvergleich Wendeschleifen

Linie 10 Bern - Köniz; Studie betreffend mittelfristiges Angebot

## Wendeschleife SCHLIERN - VARIANTENVERGLEICH

Varianten	Energieversorgung / Antriebstechnologie	Betrieb		Bauliche Anpassungen			Fazit
	Ladeinfrastruktur	Fahrt zum Ladestandort	Kosten	Befahrbarkeit	Bauliche Erweiterungen	Landbedarf	
<p><b>Variante 1: Wendeschleife Dörfliweg (Ist-Zustand)</b></p>	<p>✓ 2</p> <p>Auf Grund des Landerwerbs durch die Gemeinde ist am Dörfliweg ausreichend Platz für 2 DGB Ladestation an der Endhaltestelle möglich.</p>	<p>✓ unverändert</p>	<p>✓ Es entstehen keine betrieblichen Mehrkosten.</p>	<p>✓ Gut. Befahrbarkeit mit DGB möglich.</p>	<p>✓ / ~ Kleinere Anpassungen an einzelnen Fahrbahnrandern erforderlich.</p>	<p>✓ Kein zusätzlicher Landbedarf</p>	<p>✓ Da es sich um die aktuelle Wendeschleife handelt, ist das die beste Variante</p>
	<p>✓ 3</p> <p>3 Ladepätze für DGB möglich.</p>	<p>~ Umlaufzeit verlängert sich durch die Fahrt zwischen Endhaltestelle und Ladestandort. Ca. + 2 min</p>	<p>~ Die Fahrt von der Endhaltestelle bis zum Depot und eine verlängerte Standzeit (Fahrer-Arbeitsstunden) führen zu Mehrkosten</p>	<p>✓ Gut. Die Endhaltestelle befindet sich auf der Muhlernstrasse.</p>	<p>~ / X Fläche analog einer Wendeschleife für Trams erforderlich.</p>	<p>X Sehr gross. Die Ladestationen sollen gerade angefahren werden können (in Skizze gekrümmte Ladeposition). Die benötigte Fläche wird daher gegenüber der Skizze grösser sein. Der Bau einer zusätzlichen Wendeschleife an gleicher Stelle für Tram würde erschwert.</p>	<p>X Diese Wendeschleife stiess bereits beim Tramprojekt auf grossen Widerstand. Daher eher ungeeignete Variante.</p>
<p><b>Variante 3: Wendeschleife Froschweg</b></p>	<p>✓ 3</p> <p>3 Ladepätze für DGB möglich. Maximal drei Ladestationen können auf dem Froschweg erstellt werden. Eine Alternative zur Ladestation 1 am Strassenrand auf der Gegenfahrbahn, bietet die Ladestation auf der Gaselstrasse. Die freien Ladepätze müssen signalisiert werden.</p>	<p>~ Umlaufzeit verlängert sich durch die Fahrt zwischen Endhaltestelle und Ladestandort. Ca. + 2 min</p>	<p>~ Die Fahrt von der Endhaltestelle bis zum Depot und eine verlängerte Standzeit (Fahrer-Arbeitsstunden) führen zu Mehrkosten</p>	<p>✓ Gut. Die Endhaltestelle befindet sich auf der Muhlernstrasse.</p>	<p>~ Froschweg: Für die Ladestationen im Wendebereich ist das Erstellen einer neuen Parkplatzzufahrt beim Froschweg Nr. 28-32 nötig. Beim Ausfahrtsbereich in die Muhlernstrasse ist das Entfernen der Bäume/Grünbereich, Belagsanpassungen und die Erstellung von Poller/Abschränkung erforderlich. Für die Ladestation auf der Gegenfahrbahn ist die Aufhebung der seitlichen Parkfelder und der Bau einer kleiner Stützmauer erforderlich.  Optional; Gaselstrasse: Strassenverbreiterung, Neubau Gehweg Abbruch Grünrabatte inkl. Entfernen von 4 Bäume und kleinere Anpassungen an den Bestand erforderlich.</p>	<p>~ Landerwerb im Bereich des Fahrbahnrandes für Ladebuchten erforderlich.</p>	<p>✓ / ~ Geeignete Variante.</p>

Variante 4: Wendeschleife Fuhrenstrasse



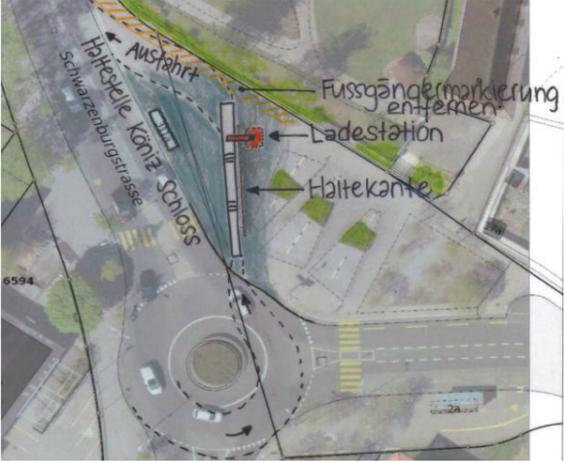
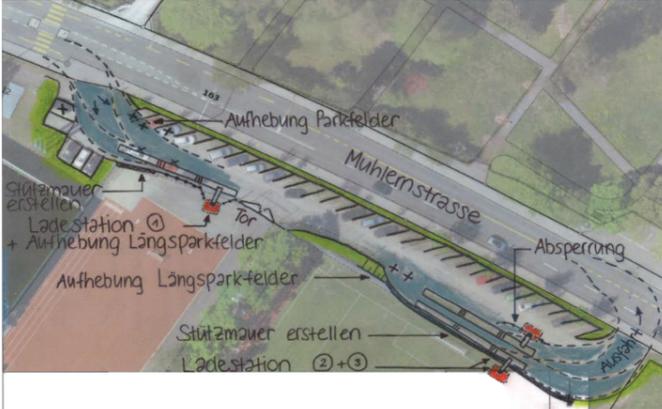
Variante 5: Wendeschleife Areal Eggimann



<p style="text-align: center;">✓ 3</p> <p>3 Ladeplätze für DGTB möglich. Maximal zwei Ladestationen können auf der Fuhrenstrasse erstellt werden. Die dritte Ladestation befindet sich auf der Gaselstrasse. Die freien Ladeplätze müssen signalisiert werden.</p>	<p style="text-align: center;">~ / X</p> <p>Umlaufzeit verlängert sich durch die Fahrt zwischen Endhaltestelle und Ladestandort. Ca. + 2.5 min</p>	<p style="text-align: center;">~ / X</p> <p>Die Fahrt von der Endhaltestelle bis zum Depot und eine verlängerte Standzeit (Fahrer-Arbeitsstunden) führen zu erheblichen Mehrkosten</p>	<p style="text-align: center;">✓</p> <p>Gut. Die Endhaltestelle befindet sich auf der Muhlenstrasse.</p>	<p style="text-align: center;">~</p> <p>Fuhrenstrasse: Aufhebung seitlicher Parkfelder, Strassenverbreiterung, Entfernen von 2 Bäumen und Abbruch der Horizontalversätze erforderlich.</p> <p>Gaselstrasse: Strassenverbreiterung, Neubau Gehweg Abbruch Grünrabatte inkl. Entfernen von 4 Bäume und kleinere Anpassungen an den Bestand erforderlich.</p>	<p style="text-align: center;">~</p> <p>Landerwerb im Bereich des Fahrbahnrandes für Ladebuchten erforderlich.</p>	<p style="text-align: center;">~ / X</p> <p>Verteilte Ladestationen mitten im Wohnquartier werden als ungünstig erachtet. Variante ungeeignet.</p>
<p style="text-align: center;">✓ 3</p> <p>3 Ladeplätze für DGTB möglich. Zwei Ladestationen können auf dem Feld beim Areal Eggimann erstellt werden. Die dritte Ladestation ist auf der Gaselstrasse vorgesehen. Mit zusätzlichem Landerwerb sind auch 3 Ladestationen auf dem Areal Eggimann möglich.</p>	<p style="text-align: center;">~ / X</p> <p>Umlaufzeit verlängert sich durch die Fahrt zwischen Endhaltestelle und Ladestandort. Ca. + 2.5 min</p>	<p style="text-align: center;">~ / X</p> <p>Die Fahrt von der Endhaltestelle bis zum Depot und eine verlängerte Standzeit (Fahrer-Arbeitsstunden) führen zu erheblichen Mehrkosten</p>	<p style="text-align: center;">✓</p> <p>Mittels Wendeschleife und Ausbau der Gaselstrasse ab Fuhrenstrasse gut. Die Endhaltestelle befindet sich auf der Muhlenstrasse.</p>	<p style="text-align: center;">~ / X</p> <p>Voraussichtlicher Ausbau der Gaselstrasse, Erstellung einer Wendeschleife inkl. entfernen von ca. 2 Obstbäume und Belagsarbeiten im Bereich der Ladestationen erforderlich.</p> <p>Gaselstrasse: Strassenverbreiterung, Neubau Gehweg Abbruch Grünrabatte inkl. entfernen von 4 Bäume erforderlich.</p>	<p style="text-align: center;">X</p> <p>Je nach Anzahl Ladestationen variiert der Landbedarf von gross bis sehr gross. Für die Wendeschleife wird noch zusätzlich Land benötigt.</p>	<p style="text-align: center;">X</p> <p>Eine Ladestation im Übergangsbereich Siedlung / Landwirtschaftszone wird als ungeeignet betrachtet.</p>

Linie 10 Bern - Köniz; Studie betreffend mittelfristiges Angebot

Wendeschleife SCHLOSS - VARIANTENVERGLEICH

Varianten	Energieversorgung / Antriebstechnologie	Betrieb			Bauliche Anpassungen			Fazit
	Ladeinfrastruktur	Fahrt zum Ladestandort	Linienführung	Kosten	Befahrbarkeit	Bauliche Erweiterungen	Landbedarf	
<p><b>Variante 11: Wendeschleife Schloss (Ist-Zustand)</b></p> 	Nur eine Ladestation an der Endhaltestelle möglich. Wenn der Bus im Kreiseln wenden würde und die Haltestelle auf der Schwarzenburgstrasse anfahren würde, wäre das Laden nicht möglich. Das Platzieren einer zweiten Ladestation ist nicht möglich, da der Gehwegbereich dadurch unterbrochen würde.	✓ unverändert	✓ unverändert	✓ Es entstehen keine Betrieblichen Mehrkosten.	~ Mit GAB gut, mit DGB auf Grund der Fahrgeometrie nicht machbar	✓ Für den Bau der Ladestation (Fundament) sind Belagsarbeiten erforderlich. Die Fußgängermarkierung muss entfernt werden, da sie überfahren wird (Schleppkurve). Der geschützte Bereich für Fußgänger entfällt.	✓ Kein zusätzlicher Landbedarf	~ Variante nur für GAB und nur bei bestimmten Antriebssystemen möglich, da nur ein Buss laden kann.
<p><b>Variante 12: Wendeschleife Parkplatz Muhlenstrasse</b></p> 	3 Ladepätze für DGTB möglich.	~ +2 min pro Umlauf	✓ unverändert	~ Betriebliche Mehrkosten (Fahrer, Treibstoff/Strom)	✓ Gut.	~ Haltebuchten auf der Seite des Sportplatzes bedingen eine Verbreiterung der Verkehrsfläche. Durch die Verbreiterung und die vorhandene Höhendifferenz zum Sportareal (heute Böschung) müssen Stützmauern erstellt werden. Einzelne Parkfelder im Einfahrtsbereich und Längsparkfelder müssen aufgehoben werden.	~ Landbedarf entlang des Sportplatzes erforderlich.	~ Mögliche Variante.
<p><b>Variante 13: Wendeschleife Schulareal Parkplatz Schwarzenburgstrasse</b></p> 	3 Ladepätze für DGTB möglich.	~ +2 min pro Umlauf	✗ Haltestelle Schloss wird stadtauswärts nicht bedient.	~ Betriebliche Mehrkosten (Fahrer, Treibstoff/Strom)	✓ Gut.	✓ Die Fläche des bestehenden Parkplatzes reicht aus, um 3 Ladestationen zu erstellen. Für den Bau der Ladestationen (Fundament) sind Belagsarbeiten erforderlich. Alle Parkfelder müssen aufgehoben werden.	✓ Kein zusätzlicher Landbedarf	✗ Die Haltestelle Könzi Schloss wird Stadtauswärts nicht bedient, daher ungünstig.

## Anhang 4: Kostenberechnung

### Grundlagen Energie

Folgende Tabellen zeigen die verwendeten Daten zur Strecke und zum Energieverbrauch der Batteriebusse. Die Werte zum spezifischen Energieverbrauch berücksichtigen das Klima im Winter, Nebenverbräuche sowie den Verbrauch während Standzeiten und sind somit pessimistisch angesetzt. Die Varianten werden bewusst mit den genannten Werten und daher basierend auf „Worst-Case“ Betrachtungen ausgearbeitet.

Parameter	Wert
Strecke Bahnhof → Köniz Schliern [km]	5.69
Strecke Köniz Schliern → Bahnhof [km]	5.48
Strecke Bahnhof-Köniz Schliern Umlauf [km]	11.17
Strecke Bahnhof – Köniz Schloss Umlauf [km]	7.893
Fahrzeit Bahnhof - Köniz Schliern [min]	18
Fahrzeit Köniz Schliern - Bahnhof [min]	18.1
Fahrzeit Bahnhof-Köniz Schliern Umlauf [min]	ca. 32

*Tabelle: Grunddaten zu Strecke Linie 10 Bahnhof – Köniz Schliern. Daten zur Kilometrierung aus (1).*

Grunddaten	GB	DGB
spez. Energieverbrauch [kWh/km]	3	4
Verbrauch pro Umlauf [kWh]	33.51	44.68
Ladezeit pro Umlauf [min] mit Ladeleistung 450 kW	5.75	7.66

*Tabelle: Grunddaten zu den E-Bussen (Verbrauch inkl. Standzeiten und Nebenverbräuche) (1)*

## Grundlagen Kostenabschätzung Energie

Die in der Studie verwendeten Kosten für die Energieversorgung basieren primär auf den Angaben von BERNMOBIL ((4) und (5)). Bei fehlenden Angaben wurden entsprechende Annahmen getroffen. Eine detaillierte Zusammenstellung ist in Anhang 4 (Tabellen) zu finden (inkl. detaillierte Referenz auf Basisdokumente). Anbei sind die Grundlagen zu den Investitionskosten sowie Unterhalts- und Energiekosten zusammengefasst.

### Investitionskosten Anlagen Energieversorgung für E-Bus

Anlage	Betrag [CHF]	Bemerkung
Ladeinfrastruktur 450 kW pro Ladeplatz für einen Bus (Streckenlader)	950'000	Einsatz bei der Endhaltestelle für „schnelles“ Laden. Preis enthält: <ul style="list-style-type: none"> <li>Ladeeinheit</li> <li>Anschluss &amp; Stromzuführung</li> </ul> Von der Leistung her (< 600 kW) kann gemäss Angaben BKW eine einzelne solche Ladeeinheit direkt ans Niederspannungsnetz angeschlossen werden
Transformatorstation für Gesamtleistungen > 600 kW pro Standort	500'000	Gemäss BKW ist bei einer Anschlussleistung grösser 600 kW ein Anschluss ans Mittelspannungsnetz gefordert. Dies bedingt eine separate Transformatorstation. Bei den Varianten in Schliern mit mehr als einer Ladeeinheit ist folglich eine eigene Transformatorstation nötig. Kosten enthalten Anlage, Anschluss an Mittelspannung sowie Gebäude.
Ladeinfrastruktur 600 kW für Streckenlader pro Haltestelle beider Fahrrichtungen	1'140'000	Einsatz bei den Haltestellen und Endhaltestelle für „schnelles“ laden (z.B. TOSA). Annahme: die Anlage speist pro Haltestelle die Ladearme (Ladeeinrichtung zur Stromabnahme) beider Fahrrichtungen. Preis enthält: <ul style="list-style-type: none"> <li>Ladeeinheit</li> <li>2 Ladearme (1 pro Fahrrichtung)</li> <li>Anschluss &amp; Stromzuführung</li> </ul> Dadurch, dass mit einer Anlage beide Fahrrichtungen gespeist werden, bleibt die Anschlussleistung unter 600 kW und kann gemäss Angaben BKW gerade noch direkt ans Niederspannungsnetz angeschlossen werden. Je nach System wird die Ladeenergie zudem zwischengepuffert, weshalb ein gleichzeitiges Laden der Busse beider Fahrrichtungen eventuell trotzdem möglich ist.
Anschluss pro E-Parkplatz im Depot (Depotlader) 50 kW – 450 kW	50'000	Idee: über ein Verteilsystem werden die Standplätze im Depot mit CCS2-Ladeanschlüsse ausgerüstet (z.B. über flexible Kabelrollen ab deckenseitiger Verteilschiene). Die Energie wird dabei zentral für mehrere E-Parkplätze von der Ladeeinheit zur Verfügung gestellt und über ein Managementsystem auf die einzelnen E-Parkplätze zugewiesen. Es wird angenommen, dass die Kosten für den Anschluss für alle betrachteten Ladeleistungen etwa gleich sind.

Anlage	Betrag [CHF]	Bemerkung
Ladeeinheit «langsam» 50 kW für Depot	75'000	Preis enthält: Ladeeinheit inkl. Anschluss bis zum Transformator
Ladeeinheit «langsam» 150 kW für Depot	100'000	Dito 50 kW nur mit mehr Leistung
Ladeeinheit «schnell» 450 kW für Depot	500'000	Dito 50 kW nur mit mehr Leistung
Transformator & Anschluss Mittelspannung für Depotlader mit total 1'500 kW Leistung	500'000	Die einzelnen Depotlader werden zentral über einen oder mehrere Transformatoren gespeist. Preis enthält: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformator ca. 1600 kVA (für 1500 kW)</li> <li>• Anschluss Mittelspannung</li> </ul> Annahme: Unterbringung im bestehenden Depot mit nur marginalen Anpassungen gebäudeseitig möglich.

Tabelle: Investitionskosten für Energieversorgung der Varianten E-Bus.

### Investitionskosten Anlagen Energieversorgung für Trolleybus

Anlage	Betrag [CHF]	Bemerkung
Kosten pro km Fahrleitung Trolleybus (pro Spur)	1'000'000	Gemäss Angaben BERNMOBIL als Erfahrungswert. Kosten sind pro Spur angegeben.
Gleichrichterstation für Trolleybus (an Strecke)	850'000	Es wird angenommen, dass die Gleichrichteranlage in einen bestehenden Raum untergebracht wird und nur kleinere Anpassungen am Gebäude nötig sind. Der Bau eines GR-Gebäudes ist somit nicht enthalten.
Gleichrichter im Depot	425'000	Da die Gleichrichterstation im Depot Eigerplatz nicht nur für die Speisung der Trolleybusse gebaut würde, sondern ohnehin auch für die zuverlässige Speisung der Tramfahrzeuge im Depot nötig ist, werden die Kosten für diese Anlage nur zu 50 % an das Projekt angerechnet.
Ladeplatz in Depot pro Bus	50'000	Es wird angenommen, dass die Speisung der Busse im Depot ab Fahrleitung oder mittels CCS2-Stecker über ein Verteilsystem etwa gleich teuer zu stehen kommt. Folglich wurde zur Vereinfachung ein einheitlicher Preis angenommen.

Tabelle: Investitionskosten für Energieversorgung der Varianten Trolleybus.

(4) : BERNMOBIL. BKW Anschluss für Ladestation 450 KW, Informationen am 08.04.2020 per Email erhalten.

(5) : Kostengrundlagen Energieversorgung, Seiten aus 1403\_190-ppt-pam-aci-ugl-Projektteam-2020-02-12 revBST.pdf.

## Unterhalts- und Energiekosten

Für die Bestimmung der Unterhalts- und Betriebskosten wurden folgende Annahmen getroffen:

Anlage	Betrag	Bemerkung
Ladeinheit (unabhängig von der Leistung)	2'000 CHF/a	Annahme basierend auf Servicevertrag von Bernmobil
Transformator	0 CHF/a	Kosten vernachlässigbar, mit Netzanschluss grundsätzlich abgedeckt
Gleichrichterstation pro Jahr	8000 CHF/a	
Fahrleitung pro km pro Jahr	10'000 CHF/a	Referenzwert BERNMOBIL für eine „einfache“ Fahrleitung
Energiepreis Langsam-Ladung (< 450 kW) [Rp/kWh]	15 Rp/kWh	Annahme basierend auf Energiekosten der E-Buslinie 17 von BERNMOBIL
Energiepreis Schnell-Ladung (≥ 450 kW) [Rp/kWh]	22 Rp/kWh	Annahme basierend auf Energiekosten der E-Buslinie 17 von BERNMOBIL

*Tabelle: Annahmen zur Berechnung der Unterhaltskosten.*

Für die Ableitung der Kosten zum Energieverbrauch wurden für die unterschiedlichen Varianten die folgenden Parameter verwendet:

Position	E-GAB			E-DGAB			Trolleybus	
	1a	1b	2	1a	1b	2	DGTB	GTB
Anteil Schnell-Ladung (≥ 450 kW) [pu] <sup>24</sup>	0.59	1.00	0.99	0.55	1.00	0.99	0.00	0.00
Maximaler Energieverbrauch pro Tag in [kWh]	8'210	8'210	8'210	9'249	9'249	9'249	9'249	8'210
Mittlerer Jahres-Energieverbrauch [MWh] <sup>25</sup>	1'798	1'798	1'798	2'026	2'026	2'026	2'026	1'798

*Tabelle: Annahmen zur Berechnung der Kosten des Energieverbrauchs*

<sup>24</sup> Annahme: 95 % der Grundkurse benötigen eine Schnellladung. Die Verstärkungskurse nicht

<sup>25</sup> Annahme: 365 Tage \* 60 % des maximalen Tagesenergieverbrauchs als Mittelwert

BL10 - Kostenübersicht

Referenz (GAB)	E-GAB			E-DGB			Trolleybus		
	Variante 1a	Variante 1b	Variante 2	Variante 1a	Variante 1b	Variante 2	DGTB	GTB	
<b>Investitionskosten</b>									
Busbeschaffung	8 550 000	16 000 000	15 000 000	15 000 000	14 400 000	13 200 000	13 200 000	13 200 000	15 000 000
Infrastruktur für Energieversorgung		9 100 000	9 600 000	12 800 000	7 800 000	9 400 000	15 200 000	11 500 000	11 700 000
Bauliche Massnahmen <sup>1</sup> (inkl. LSA Muhlernstrasse für DGB-Varianten)	5 200 000	6 000 000	5 200 000	5 200 000	6 400 000	6 400 000	6 400 000	5 700 000	5 200 000
<b>GESAMTE INVESTITIONSKOSTEN</b>	<b>13 750 000</b>	<b>31 100 000</b>	<b>29 800 000</b>	<b>33 000 000</b>	<b>28 600 000</b>	<b>29 000 000</b>	<b>34 800 000</b>	<b>30 400 000</b>	<b>31 900 000</b>
<i>Gesamte Investitionskosten Differenz zur Referenz</i>	<i>+0.00</i>	<i>+17.35</i>	<i>+16.05</i>	<i>+19.25</i>	<i>+14.85</i>	<i>+15.25</i>	<i>+21.05</i>	<i>+16.65</i>	<i>+18.15</i>
<b>Betriebs- und Unterhaltskosten pro Jahr</b>									
Betriebskosten	5 400 000	6 100 000	5 500 000	5 400 000	5 800 000	5 400 000	5 300 000	5 300 000	5 400 000
Unterhaltskosten Ladeinfrastruktur und Energie	500 000	400 000	400 000	400 000	400 000	500 000	500 000	400 000	400 000
<i>Gesamte Jahreskosten</i>	<i>5 900 000</i>	<i>6 500 000</i>	<i>5 900 000</i>	<i>5 800 000</i>	<i>6 200 000</i>	<i>5 900 000</i>	<i>5 800 000</i>	<i>5 700 000</i>	<i>5 800 000</i>
<b>Kosten über 15 Jahre</b>									
Betriebskosten	81 000 000	91 500 000	82 500 000	81 000 000	87 000 000	81 000 000	79 500 000	79 500 000	81 000 000
Unterhaltskosten Ladeinfrastruktur und Energie	7 600 000	5 500 000	6 200 000	6 400 000	6 000 000	7 000 000	7 200 000	5 900 000	5 400 000
<b>GESAMTE BETRIEBS- UND UNTERHALTSKOSTEN (15 Jahre)</b>	<b>88 600 000</b>	<b>97 000 000</b>	<b>88 700 000</b>	<b>87 400 000</b>	<b>93 000 000</b>	<b>88 000 000</b>	<b>86 700 000</b>	<b>85 400 000</b>	<b>86 400 000</b>
<i>Gesamte Betriebs- und Unterhaltskosten (15 Jahre) - Differenz zur Referenz</i>	<i>+0.00</i>	<i>+8.40</i>	<i>+0.10</i>	<i>-1.20</i>	<i>+4.40</i>	<i>-0.60</i>	<i>-1.90</i>	<i>-3.20</i>	<i>-2.20</i>
<b>GESAMTKOSTEN (15 Jahre)</b>	<b>102 350 000</b>	<b>128 100 000</b>	<b>118 500 000</b>	<b>120 400 000</b>	<b>121 600 000</b>	<b>117 000 000</b>	<b>121 500 000</b>	<b>115 800 000</b>	<b>118 300 000</b>
	<i>+0.00</i>	<i>+25.75</i>	<i>+16.15</i>	<i>+18.05</i>	<i>+19.25</i>	<i>+14.65</i>	<i>+19.15</i>	<i>+13.45</i>	<i>+15.95</i>

<sup>1</sup> In der Kostenschätzung für bauliche Massnahmen werden keine Kosten für Veloinfrastrukturen zur komfortablen Umfahrung von Bushaltestellen berücksichtigt.

Investitions- & Unterhaltskosten neuer Infrastrukturen der Energieversorgung		E-GAB														E-DGB				Trolleybus			
		Referenz (GAB)	Variante 1a			Variante 1b			Variante 2			Variante 1a		Variante 1b		Variante 2		DGTB		GTB			
			Anzahl	Kosten [CHF]		Anzahl	Kosten [CHF]		Anzahl	Kosten [CHF]		Anzahl	Kosten [CHF]		Anzahl	Kosten [CHF]		Anzahl	Kosten [CHF]		Anzahl	Kosten [CHF]	
Objekt / Position	Bemerkungen / Annahmen																						
<b>Energieversorgung Strecke</b>																							
Ladeinfrastruktur Schliem, 450 kW pro Bus	Anschluss Nieder- oder Mittelspannung	3	2 850 000		1	950 000		1	950 000		2	1 900 000		1	950 000		1	950 000		0	0		
Ladeinfrastruktur Köniz Schloss, 450 kW pro Bus	Anschluss Nieder- oder Mittelspannung	0	0		0	0		1	950 000		0	0		0	0		1	950 000		0	0		
Ladeinfrastruktur Zwischenhaltestellen, 600 kW pro Bus	Anschluss Nieder- oder Mittelspannung Annahme: die Anlage speist pro Haltestelle die Ladearme beider Fahrrichtungen.	0	0		0	0		7	7 980 000		0	0		0	0		9	10 260 000		0	0		
Trafostation Schliem für Gesamtladeleistungen > 600 kW		1	500 000		0	0		0	0		1	500 000		0	0		0	0		0	0		
Fahrleitung (Angabe in km)		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		5.6	5 600 000		
Gleichrichterstationen		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		4	3 400 000		
<b>Energieversorgung Depot</b>																							
Ladeeinheit Depot Eigerplatz, 50 kW pro Bus	Anschluss an Trafostation im Depot Annahme: vorhandene Anschlussleistung ausreichend, verteiltes Laden	0	0		0	0		7	525 000		0	0		0	0		7	525 000		0	0		
Ladeeinheit Depot Eigerplatz, 150 kW pro Bus	Anschluss an Trafostation im Depot Annahme: verteiltes Laden, Trafo notwendig	6	600 000		0	0		0	0		6	600 000		0	0		0	0		0	0		
Ladeeinheit Depot Eigerplatz, 450 kW pro Bus	Anschluss an Trafostation im Depot Annahme: verteiltes Laden, Trafos notwendig	0	0		6	3 000 000		0	0		0	0		6	3 000 000		0	0		0	0		
Anschluss an Ladeeinheit		16	800 000		15	750 000		15	750 000		12	600 000		11	550 000		11	550 000		0	0		
Trafo in Depot Eigerplatz für Ladeeinheiten total > 600 kW, pro 1.5 MW	Annahme: gleichzeitiges Laden von max. 6 Bussen	1	500 000		2	1 000 000		0	0		1	500 000		2	1 000 000		0	0		0	0		
Ladeplätze im Depot Trolleybus (Fd oder Steckersystem)	Annahme: verteiltes Laden, GR notwendig	0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		11	550 000		
Anteil Gleichrichter Depot	Annahme Enotrac: Anteilsreduktion, da der Bau eines GR ohnehin empfohlen ist und der GR auch verwendbar ist für die Speisung des Tramnetzes im Depot (Streustrominsel).	0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0.5	425 000		
<b>Redundanz für Ladestationen</b>																							
anrechenbarer Anteil der redundanten Ladestationen für die Buslinie 10 [pu]	Annahme Enotrac: die redundanten Ladestationen sind nicht liniengebunden und können auch für andere E-Bus Linien verwendet werden.	0.4			0.4			0.0			0.4			0.4			0.0			0.0	0.0		
Ladeinfrastruktur, 450 kW pro Bus (anteilig)	an geeignetem Standort, separater Anschluss an Nieder- oder Mittelspannung	6	2 280 000		6	2 280 000		0	0		6	2 280 000		6	2 280 000		0	0		0	0		
Trafo für Ladeeinheiten total > 600 kW, pro 1.5 MW (anteilig)		2	400 000		2	400 000		0	0		2	400 000		2	400 000		0	0		0	0		
<b>Kosten Infrastruktur</b>																							
			7 930 000		8 380 000		11 155 000		6 780 000		8 180 000		13 235 000		9 975 000		10 175 000						
<b>Honorare Projektierung (15%)</b>			1 189 500		1 257 000		1 673 250		1 017 000		1 227 000		1 985 250		1 496 250		1 526 250						
<b>Unterhalt pro Jahr</b>																							
Ladeeinheiten	redundante Ladestationen nur anteilmässig berücksichtigt	11.4	22 800		9.4	18 800		16.0	32 000		10.4	20 800		9.4	18 800		18.0	36 000		0.0	0.0		
Fahrleitung (Angabe in km)		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		5.6	56 000		
Gleichrichterstationen	inkl. Anteil an GR Depot	0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		4	36 000		
Anteil Schnellladung ab 450 kW [pu]		0.59			1.00			0.99			0.55			1.00			0.99			0.00	0.00		
Hybridbus Treibstoffkosten		506 000																					
maximaler Tages-Energieverbrauch [kWh]		8210			8210			8210			9249			9249			9249			9249	8210		
mittlerer Jahres-Energieverbrauch [MWh]		1798			1798			1798			2026			2026			2026			2026	1798		
maximale Energiekosten Langsamladen (15Rp/kWh)			110 576			0		2 697			136 723			0			3 038			303 830	269 699		
maximale Energiekosten Schnellladen ab 450 kW (22 Rp/kWh)			233 379			395 558		391 602			245 089			445 617			441 161			0	0		
<b>Jahreskosten Unterhalt</b>		506 000	366 755		414 358		426 299		402 613		464 417		480 199		395 830		361 699						
<b>Unterhaltskosten für 15 Jahre</b>		7 590 000	5 501 332		6 215 367		6 394 488		6 039 189		6 966 252		7 202 984		5 937 445		5 425 478						
<b>Erwartete Gesamtkosten</b>		7 590 000	14 620 832		15 852 367		19 222 738		13 836 189		16 373 252		22 423 234		17 408 695		17 126 728						
<b>Busanschaffungskosten (exkl. Reserve)</b>		8 550 000	16 000 000		15 000 000		15 000 000		14 400 000		13 200 000		13 200 000		13 200 000		15 000 000						
<b>Gesamtkosten inkl. Busbeschaffung</b>		16 140 000	30 620 832		30 852 367		34 222 738		28 236 189		29 573 252		35 623 234		30 608 695		32 126 728						
<b>Erwartete Gesamtkosten (gerundet)</b>		16 100 000	30 600 000		30 900 000		34 200 000		28 200 000		29 600 000		35 600 000		30 600 000		32 100 000						
Kostenzusammenstellung K&Z		5 200 000	5 900 000		5 900 000		5 900 000		6 800 000		6 800 000		6 800 000		6 200 000		5 200 000						
<b>GESAMTKOSTEN</b>		21 300 000	36 500 000		36 800 000		40 100 000		35 000 000		36 400 000		42 400 000		36 800 000		37 300 000						
<b>Vergleich Referenz [Moi CHF]</b>			15.2		15.5		18.8		13.7		15.1		21.1		15.5		16.0						
<b>Anzahl Busse gesamt Korrigiert</b>		15	16		15		15		12		11		11		11		15						
Anzahl Busse Grundkurs		8	10		8		8		7		6		6		6		8						
Anzahl Busse Verstärkungskurs (ASP Mo-Do)		7	6		7		7		5		5		5		5		7						

Kostengrundlagen BERNMOBIL						
Quellen:						
[1] Kostengrundlagen Energieversorgung, Projektteam PPT vom 12.02.20, Bernmobil						
[2] Informationen Bernmobil zu den Anschlusskosten der Ladestationen in Blinzern und Bremgarten, 08.04.20						
[3] EBP zu den Kostenschätzungen der Depot Ladeinfrastruktur für die Linien 19 und 21, 08.04.20						
[4] 2019 Bericht – VVL Luzern (Mail PAM 20.04)						
Objekt	Bereich	Min [CHF]	Max [CHF]	verwendeter Wert [CHF]	Bemerkungen	Referenz
<b>Busse</b>						
<b>Diesel-Hybrid Bus</b>						
E-Bus Gelenkbus (18 m), grosse Batterie (ab 2025 mit einer Reichweite von 200km)	0.9-1.1 Mio CHF	900 000	1 100 000	570 000		[4]
E-Bus Doppelgelenkbus (24 m), grosse Batterie				1 000 000	nicht auf dem Markt	[1]
E-Bus Gelenkbus (18 m), «mittlere» Batterie (Schnelllader mit einer mittelgrossen Batterie bzw. einer Reichweite von ca. 100km)	0.9-1.1 Mio CHF	900 000	1 100 000	1 000 000		[1]
E-Bus Doppelgelenkbus (24 m), «mittlere» Batterie	1.1-1.3 Mio CHF	1 100 000	1 300 000	1 200 000	gemäss Herstellerangaben ca. 1.5 Mio Fr. (Juli 2020)	[1]
Gelenktrolleybus	0.9-1.1 Mio CHF	900 000	1 100 000	1 000 000		[1]
Doppelgelenktrolleybus	1.1-1.3 Mio CHF	1 100 000	1 300 000	1 200 000		[1]
E-Bus Gelenkbus (18 m), kleine Batterie	0.9-1.1 Mio CHF	900 000	1 100 000	1 000 000	Annahme Enotrac	
E-Bus Doppelgelenkbus (24 m), kleine Batterie	1.1-1.3 Mio CHF	1 100 000	1 300 000	1 200 000	Annahme Enotrac, Schnellladung an Haltestellen (TOSA-Prinzip)	
<b>Ladeinfrastruktur 450 kW pro Bus</b>						
Ladeeinheit Strecke/Endhaltestelle «schnell» 450 kW (pro Bus, ohne Stromzuführung)	0.8 Mio CHF			800 000		[1]
Anschluss & Stromzuführung	150 000			150 000	Netzanschlussbeitrag, Netzkostenbeitrag, Anschlusskasten, mit einer Ladeanlage kann der Anschluss ans Niederspannungsnetz erfolgen	[2]
<i>Total</i>				<b>950 000</b>		
<b>Trafo Schliern für Gesamtladeleistungen &gt; 600 kW pro Standort</b>						
Trafo & Anschluss Mittelspannung				500 000	Annahme Enotrac	
<b>Ladeinfrastruktur 600 kW pro Bus (z.B. TOSA)</b>						
Ladeeinheit Strecke/Endhaltestelle «schnell» 600 kW (pro Bus, ohne Stromzuführung)				960 000	Annahme Enotrac, basierend auf Kosten Ladeinfrastruktur 450 kW	
Anschluss & Stromzuführung (Anschluss Niederspannung)				180 000	Annahme Enotrac, basierend auf Kosten Ladeinfrastruktur 450 kW	
<i>Total</i>				<b>1 140 000</b>		
<b>Ladestationen Depot Eigerplatz</b>						
Ladeeinheit Garage «langsam» 50 kW (pro Bus und CCS2-Ladeanschluss)	0.05-0.1 Mio CHF	50 000	100 000	75 000		[1]
Anschluss an Ladeeinheit 50 kW				50 000	Kabelverbindung Trafo-Ladestation: 4'000, Kabelverbindung Ladestation-Schleifschienen 8'000, Ladeboxen, Lademanagement, angeglichen an Kosten für Tb Ladeplatz	[3]
Ladeeinheit Garage «langsam» 150 kW (pro Bus und CCS2-Ladeanschluss)	0.05-0.1 Mio CHF			100 000	Erfahrung EBP gemäss Offerte ABB	[3]
Anschluss an Ladeeinheit 150 kW				50 000	Kabelverbindung Trafo-Ladestation: 4'000, Kabelverbindung Ladestation-Schleifschienen 8'000, Ladeboxen, Lademanagement, angeglichen an Kosten für Tb Ladeplatz	[3]
Ladeeinheit Garage «schnell» 450 kW				500 000	Annahme Enotrac	
Anschluss an Ladeeinheit 450 kW				50 000	Annahme Enotrac	
<b>EV Depot Eigerplatz für Gesamtladeleistungen &gt; 600 kW pro Standort</b>						
Trafo & Anschluss Mittelspannung, pro 1.5 MW	0.4-0.6 Mio CHF	400 000	600 000	500 000	Annahme: 1000-1600 kVA Trafo wie in Planung für Linien 19, 21 gleichzeitiges Laden von max. 6 Bussen	
<b>Infrastruktur Trolleybus</b>						
Kosten pro km Fahrleitung Trolleybus (pro Spur)	1.0 Mio CHF			1 000 000		[1]
Kosten pro Gleichrichterstation für Trolleybus	0.7 - 1.0 Mio CHF	700 000	1 000 000	850 000	Annahme Enotrac: ohne Bau eines separaten Gebäudes	
Ladeplatz in Depot pro Bus				50 000	Annahme Enotrac: entweder Fahrdraht oder Stecker (CCS2)	
Gleichrichter Depot				850 000	Annahme Enotrac	
<b>Unterhaltskosten</b>						
Fahrleitung pro km pro Jahr	10 000			10 000	"einfache" Fahrleitung	gemäss Absprache mit Bernmobil am 07.04
Ladeeinheit pro Jahr	2 000			2 000	Annahme basierend auf Servicevertrag von Bernmobil	gemäss Absprache mit Bernmobil am 07.04
Trafo pro Jahr	0			0	Kosten vernachlässigbar, mit Netzanschluss abgedeckt	gemäss Absprache mit Bernmobil am 07.04
Gleichrichterstation pro Jahr	8 000			8 000		gemäss Absprache mit Bernmobil am 07.04
Energiepreis Langsamladung [Rp/kWh]	15			15	Annahme basierend auf Energiekosten der E-Buslinie 17	gemäss Absprache mit Bernmobil am 07.04
Energiepreis Schnellladung 450 kW [Rp/kWh]	22			22	Annahme basierend auf Energiekosten der E-Buslinie 17	gemäss Absprache mit Bernmobil am 07.04

Variantenbeschreibung	Bemerkung	E-GAB / E-DGB									Trolleybus GTB / DGTB								
		Variante 1a Ladestation an Endhaltestelle und an einem Linien-unabhängigen Standort			Variante 1b Ladestation an Endhaltestelle und an einem Linien-unabhängigen Standort, ohne zusätzliche Wendeschleife			Variante 2 Streckenschneidladungen an Zwischen- & Endhaltestellen			Bestvariante								
		GAB	DGB	Bemerkungen / Annahmen	GAB	DGB	Bemerkungen / Annahmen	GAB	DGB	Bemerkungen / Annahmen	GAB	DGB	Bemerkungen / Annahmen						
Anzahl Fahrzeuge (ohne Reserven)	Angaben Transitec	16	12		15	11		15	11		15	11							
Anzahl Fahrzeuge Grundkurs	Angaben Transitec	10	7			6		8	7		8	6							
Anzahl Fahrzeuge Verstärkungskurs	Angaben Transitec	6	5			5		7			7	5							
Batteriereichweite [km]	Informativ	60-100	60-100		60-100	60-100		10-15	10-15		20	20							
<b>Energieversorgung Strecke</b>																			
Anzahl Ladestationen Endhaltestelle Schliern	Ladeleistung 450 kW, Anschluss Nieder- oder Mittelspannung	3	2	gemäss L. Germann von der BKW ist für eine Anschlussleistung > 600 kW Anschluss an Mittelspannung erforderlich; d.h. eine Trafostation	1	1				1	1								
Anzahl Ladestationen Köniz Schloss	Ladeleistung 450 kW, Anschluss Nieder- oder Mittelspannung									1	1								
Anzahl Ladestationen Zwischenhaltestellen (beide Richtungen)	Ladeleistung 600 kW, Anschluss Nieder- oder Mittelspannung									7	9								
Trafostation Schliern	für Gesamtleistungen > 600 kW	1	1	gemäss L. Germann von der BKW ist für eine Anschlussleistung > 600 kW Anschluss an Mittelspannung erforderlich; d.h. eine Trafostation															
Fahrleitung in km (beide Spuren)													5,6	5,6					
Anzahl Gleichrichterstationen													4	4					
<b>Energieversorgung Depot Eigerplatz</b>																			
Anzahl Ladestationen "Langsamladung"	Ladeleistung 50 kW, Anschluss an Trafostation im Depot									7	7	Annahme Enotrac: Gleichzeitiges Laden von max. 7 Bussen nötig. Alle E-Bus Parkplätze werden jedoch mit Ladeanschlüssen ausgestattet und die vorhandene Leistung mit einem intelligenten Managementsystem							
	Ladeleistung 150 kW, Anschluss an Trafostation im Depot	6	6	Annahme Enotrac: Gleichzeitiges Laden von max. 6 Bussen nötig. Alle E-Bus Parkplätze werden jedoch mit Ladeanschlüssen ausgestattet und die vorhandene Leistung mit einem intelligenten Managementsystem verteilt.															
Anzahl Ladestationen "Schnellladung"	Ladeleistung 450 kW, Anschluss an Trafostation im Depot				6	6	Annahme Enotrac: Gleichzeitiges Laden von max. 6 Bussen. Alle E-Bus Parkplätze werden jedoch mit Ladeanschlüssen ausgestattet und die vorhandene Leistung mit einem intelligenten Managementsystem verteilt. Bei dieser Variante sind aufgrund der regelmässigen Depot Nachladungen Leistungen à 450kW notwendig. Aus Redundanzgründen werden im/beim Depot 2x 6 450-kW-Ladestationen installiert.												
Anzahl Parkplätze mit Anschluss an Ladestation 50-150 kW		16	12		15	11		15	11										
Trafo in Depot Eigerplatz für Ladeeinheiten total > 600 kW, pro 1.5 MW		1	1	Annahme Enotrac: Im Depot ist die vorhandene Anschlussleistung fürs Nachladen der Busse mit 50 kW Leistung mit einem Lademanagement ausreichend. Für das Nachladen mit 150 kW ist die vorhandene Anschlussleistung nicht ausreichend. Die Kosten für einen zusätzlichen Trafo (1000-1600 kVA Trafo wie in Planung für Linien 19, 21) werden berücksichtigt. Für Nachladen à 450 kW werden 2 Trafos benötigt.	2	2	Annahme Enotrac: Im Depot ist die vorhandene Anschlussleistung fürs Nachladen der Busse mit 50 kW Leistung mit einem Lademanagement ausreichend. Für das Nachladen mit 150 kW ist die vorhandene Anschlussleistung nicht ausreichend. Die Kosten für einen zusätzlichen Trafo (1000-1600 kVA Trafo wie in Planung für Linien 19, 21) werden berücksichtigt. Für Nachladen à 450 kW werden 2 Trafos benötigt.												
Anzahl Ladeplätze mit Fahrdraht													15	11	Annahme: von den Kosten her egal, ob über Fahrdraht oder Stecker (CCS2)				
Anteil Gleichrichter Depot [pu]													0,5	0,5	Annahme Enotrac: Anteilsreduktion, da der Bau eines GR ohnehin empfohlen ist und der GR auch für die Speisung des Tramnetzes im Depot verwendet wird.				
<b>Redundanz für Ladestationen</b>																			
Anzahl Ladestationen "Schnellladung"	Ladeleistung 450 kW beim Depot, Anschluss an Nieder- oder Mittelspannung, separat von Trafostation im Depot	6	6	Redundanz Ausfall Laden Schliern	6	6	Redundanz Ausfall Laden Depot												
Trafo in Depot Eigerplatz für Ladeeinheiten total > 600 kW, pro 1.5 MW		2	2		2	2													
anrechenbarer Anteil der redundanten Ladestationen für die Buslinie 10 [pu]		0,4	0,4	Annahme Enotrac: die redundanten Ladestationen sind nicht liniengebunden und können auch für andere E-Bus Linien verwendet werden.	0,4	0,4	Annahme Enotrac: die redundanten Ladestationen sind nicht liniengebunden und können auch für andere E-Bus Linien verwendet werden.												
<b>Energieverbrauch</b>																			
Anteil Schnellladung ab 450 kW [pu]		0,59	0,55	Annahme: Grundkurs 95%, Verstärkungskurs 0%	1	1		0,99	0,99	Grundsätzlich Ladung über Schnellladung	0	0	Laden über FL wird nicht als Schnellladung bewertet						
maximaler Tages-Energieverbrauch [kWh]	Berechnung anhand maximalem Verbrauch pro km (Angabe Bermobil) und Fahrplankontakt (Angabe Transitec). Für alle Busvarianten als gleich angenommen (je nach Variante nur kleinere Abweichungen)	8210	9249		8210	9249		8210	9249		8210	9249							
mittlerer Jahres-Energieverbrauch [MWh]	Annahme: Mittelwert = 60 % des maximalen Verbrauchs	1797,99	2025,53		1797,99	2025,53		1797,99	2025,53		1797,99	2025,531							

## Linie 10 Bern - Köniz; Studie betreffend mittelfristiges Angebot

**ZUSAMMENSTELLUNG GROBKOSTEN INFRASTRUKTUR**

Variante E-GAB (18m)		CHF
Umbau Haltestellen Strecke Bern --> Schliern		950'000.00
Umbau Endhaltestelle (Standort Muhlernstrasse, Ladestationen Dörfliweg)		607'000.00
Umbau Haltestellen Strecke Schliern --> Bern		1'094'000.00
Instandhaltungsplatz Depot Eigerplatz		1'150'000.00
Verstärkung Hallendach Depot Eigerplatz ( <i>gem. Tel. mit Th. Lederger, soll dieses Thema an der nächsten Sitzung nochmals besprochen werden</i> )		
<b>Zwischentotal gerundet</b>		<b>3'810'000.00</b>
Planung / Bewilligung (Annahme)	20.0%	770'000.00
Reserve	20.0%	920'000.00
Mehrwertsteuer	7.7%	430'000.00
<b>Total Variante E-GAB</b>		<b>6'000'000.00</b>

Variante E-DGB (25m)		CHF
Umbau Haltestellen Strecke Bern --> Schliern		1'069'000.00
Umbau Endhaltestelle (Standort Muhlernstrasse, Ladestationen Dörfliweg)		641'000.00
Umbau Haltestellen Strecke Schliern --> Bern		1'162'000.00
Instandhaltungsplatz Depot Eigerplatz		1'150'000.00
Verstärkung Hallendach Depot Eigerplatz ( <i>gem. Tel. mit Th. Lederger, soll dieses Thema an der nächsten Sitzung nochmals besprochen werden</i> )		
<b>Zwischentotal gerundet</b>		<b>4'030'000.00</b>
Planung / Bewilligung (Annahme)	20.0%	810'000.00
Reserve	20.0%	970'000.00
Mehrwertsteuer	7.7%	450'000.00
<b>Total Variante E-DGB</b>		<b>6'300'000.00</b>

Variante DGTB (25m)		CHF
Umbau Haltestellen Strecke Bern --> Schliern		1'099'000.00
Umbau Endhaltestelle (Standort Dörfliweg)		137'000.00
Umbau Haltestellen Strecke Schliern --> Bern		1'162'000.00
Instandhaltungsplatz Depot Eigerplatz		1'150'000.00
<b>Zwischentotal gerundet</b>		<b>3'550'000.00</b>
Planung / Bewilligung (Annahme)	20.0%	710'000.00
Reserve	20.0%	860'000.00
Mehrwertsteuer	7.7%	400'000.00
<b>Total Variante DGTB</b>		<b>5'600'000.00</b>

Variante GTB (18m)		CHF
Umbau Haltestellen Strecke Bern --> Schliern		950'000.00
Umbau Endhaltestelle (Standort Dörfliweg)		137'000.00
Umbau Haltestellen Strecke Schliern --> Bern		1'094'000.00
Instandhaltungsplatz Depot Eigerplatz		1'150'000.00
<b>Zwischentotal gerundet</b>		<b>3'340'000.00</b>
Planung / Bewilligung (Annahme)	20.0%	670'000.00
Reserve	20.0%	810'000.00
Mehrwertsteuer	7.7%	380'000.00
<b>Total Variante GTB</b>		<b>5'200'000.00</b>

## Linie 10 Bern - Köniz; Studie betreffend mittelfristiges Angebot

**INSTANDHALTUNGSPLATZ**

## Grobkostenschätzung für 2. Instandhaltungsplatz für DGA (Gleis 18 und 19 Depot Eigerplatz)

Position		Preis
2 Dacharbeitsplätze (links und rechts) , inkl. Absturzsicherung		520'000.00
Kran, analog Gleis 17		70'000.00
8 Radheber		80'000.00
Beleuchtung		20'000.00
Druckluft / Strom / Wasser		100'000.00
Trennwand zwischen Gleis 19 und 20 (Annahme)		200'000.00
Anpassung Entwässerung (Annahme 50m Leitung)		30'000.00
Anpassung Haustechnik, Leitungsumlegungen (Annahme)		50'000.00
Anpassung best. Betonkonstruktion (Annahme)		80'000.00
<b>Zwischentotal</b>		<b>1'150'000.00</b>
Planung / Bewilligungen (Annahme)	20.0%	230'000.00
<b>Zwischentotal</b>		<b>1'380'000.00</b>
Unvorhergesehenes	20.0%	280'000.00
<b>Zwischentotal</b>		<b>1'660'000.00</b>
Mehrwertsteuer	7.7%	130'000.00
<b>Total gerundet</b>		<b>1'800'000.00</b>

In den Kosten sind keine Ladestationen für E-Busse berücksichtigt