

Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern  
Amt für öffentlichen Verkehr und Verkehrskoordination (AÖV)

# **Tram Bern Ostermundigen**

## Grundlagenstudie zur Systemfrage Tram oder Doppelgelenkbus

Schlussbericht  
Zürich, 29. Dezember 2016

Matthias Lebküchner

## Inhalt

Zusammenfassung	3
1. Ausgangslage und Auftrag	4
2. Ergebnisse aus der ZMB 2008	5
3. Aktualisierte Nachfrageprognose	8
4. Annahmen zu den Beförderungskapazitäten	13
5. Bis wann reichen die Kapazitäten des Bussystems?	15
6. Entwicklungsstand Doppelgelenkbusse	18
7. Folgerungen zum Systementscheid Tram oder Bus	19

## Zusammenfassung

### Aktualisierte Nachfrageprognose

Die Nachfrageprognose basiert auf aktuellen Nachfragezahlen und einer aktuellen Siedlungsentwicklungsprognose; Unsicherheiten bei der längerfristigen Siedlungsentwicklung sind mit zwei Szenarien «Minimum» und «Maximum» berücksichtigt.

Die aktualisierte Prognose für die Spitzenstunde im stärksten Linienabschnitt in Lastrichtung liegt für den Zeithorizont 2030 in derselben Grössenordnung wie bei der ZMB-Prognose aus dem Jahre 2008 geschätzt (ca. 1'700 Pers/h und Richtung).

Doppelgelenk-Hybridbusse bieten bei 3-Minuten-Taktintervallen ausreichende Beförderungskapazitäten bis ca. 2025, Doppelgelenk-Trolleybusse je nach Siedlungsentwicklungsdynamik bis in den Zeithorizont 2030/2035.

### Entwicklungsstand Doppelgelenkbusse

Für Doppelgelenk-Trolleybusse ist eine erprobte und bewährte Technologie auf dem Markt verfügbar. Bei den Doppelgelenk-Hybridautobussen sind zurzeit nur wenige Modelle auf dem Markt verfügbar, die Technologie befindet sich noch in der Entwicklungsphase. Der Einsatz im Zeithorizont 2020/2025 ist folglich mit Risiken im Kontext Zuverlässigkeit/Verfügbarkeit verbunden. Aus heutiger Sicht ist davon auszugehen, dass sich fahrleitungsungebundene Doppelgelenkbusse eher als Batteriebusse und nicht als Hybride am Markt durchsetzen werden.

### Folgerungen zum Systementscheid: Tramlösung sinnvoll, weil

- Buslösung sehr dichte Taktfolgen bedingt; ab ca. 2030/2035 wird gemäss aktuellen Prognosen ein 2.5-Minutentakt in den Hauptverkehrszeiten nötig;
- derart dichte Taktfolgen beim Bus kaum mit der notwendigen Betriebsqualität möglich sind bzw. grosse Investitionen in die Eigentrassierung nötig wären;
- die Betriebskosten des Bussystems (ohne Infrastruktur) vermutlich nicht günstiger sind;
- mit dem Bussystem auch ausserhalb der Hauptverkehrszeiten ein vergleichsweise hoher Stehplatzanteil in Kauf genommen werden muss;
- die Buslösung aufgrund der sehr dichten Taktfolgen zu grösseren Beeinträchtigungen des übrigen Verkehrs (MIV, Langsamverkehr) verglichen mit einer Tramlösung führt;
- die Belastungen als Folge des sehr dichten Takts für die Quartiere entlang der Linie mit dem Bus grösser sind als beim Tram (v.a. Trennwirkung);
- Doppelgelenkbusse auf der Linie 10 aufgrund des technologischen Entwicklungsstandes (Hybrid- oder Batteriebusse) oder der betriebswirtschaftlich erforderlichen Abschreibungszyklen (Trolleybus) auch als Übergangslösung nicht zweckmässig sind.

## 1. Ausgangslage und Auftrag

Nachdem am 3. April 2016 die Stimmberechtigten von Ostermundigen dem Gegenvorschlag zur Initiative «Bernstrasse sanieren – Verkehr optimieren» zugestimmt hatten, vereinbarten der Kanton, die Stadt Bern sowie die Gemeinde Ostermundigen die Planungsarbeiten für eine neue Tramlinie zwischen Bern und Ostermundigen aufzunehmen. Das Projekt wird von einer Behördendelegation unter dem Vorsitz von Regierungsrätin Barbara Egger-Jenzer, Bau-, Verkehrs- und Energiedirektorin, geleitet. Basis für die Planungsarbeiten ist das bisherige Auflageprojekt. Mit einer Grundlagenstudie zur Systemfrage ist in einem ersten Schritt die Frage zu beantworten, ob die gegenwärtig zur Diskussion stehende Tramlösung zwischen Bern und Ostermundigen aufgrund der heutigen Rahmenbedingungen nach wie vor die zweckmässigste Lösung darstellt.

Die Frage, ob die Tramlösung zwischen Bern und Ostermundigen aufgrund der heute vorliegenden Grundlagen nach wie vor die zweckmässigste Lösung darstellt, wird auftragsgemäss unter der Prämisse beantwortet, dass die Linienführung des Trams gemäss bisherigem Auflageprojekt gesetzt ist. Ausnahme bildet das Teilstück Oberfeld – Rüti in Ostermundigen, für welches sowohl die Initiative «Bernstrasse sanieren – Verkehr optimieren» als auch der Gegenvorschlag des Gemeinderates keinen Trambetrieb mehr vorsehen. Alternative Tramlinienführungen zwischen Ostermundigen und Bern sind nicht Gegenstand dieser Studie.

Im Zentrum der Studie steht die aktualisierte Nachfrageprognose und daraus abgeleitet die Anforderungen an die Beförderungskapazitäten, namentlich während der Hauptverkehrszeiten. Dabei ist aufzuzeigen, welche Taktintervalle beim Tram bzw. beim Doppelgelenkbus nötig sind, um die mittel- und längerfristig erwartete Nachfrage im Korridor Bern – Ostermundigen zu bewältigen. Zudem ist innerhalb des Systems Doppelgelenkbus die Traktionsfrage (elektrisch, Diesel oder Hybrid) aufgrund des aktuellen Technologiestandes zu beantworten. Ergänzend werden weitere Aspekte, welche für den Systemscheid Tram oder Doppelgelenkbus heranzuziehen sind, qualitativ beleuchtet: Betriebsqualität und Zuverlässigkeit, Wirtschaftlichkeit, Umwelt und Stadt-/Quartierverträglichkeit sowie Netzaspekte. Eine Aktualisierung der Kosten-Nutzen-Analyse ist nicht Gegenstand dieser Studie.

## 2. Ergebnisse aus der ZMB 2008

### Annahmen zur Nachfrageentwicklung bis 2030

Die folgende Abbildung zeigt die der ZMB 2008 unterstellte Nachfrageprognose für die Linie 10, differenziert nach verschiedenen Effekten. Demnach soll die tägliche Nachfrage (DWV) auf dem stärksten belasteten Linienabschnitt Schönburg – Bahnhof Bern zwischen 2005 und 2030 um ca. 50% zunehmen. Den grössten Einfluss hat dabei die Siedlungsentwicklung im Korridor Bern – Ostermundigen (Struktureffekt). Berücksichtigt sind auch Angebotsausbauten im Umfeld des Korridors (Netzeffekte), insbesondere der S-Bahnausbau am Bahnhof Ostermundigen (15-Minutentakt S1 Bern – Münsingen), welche sich dämpfend auf die Nachfrageentwicklung der Linie 10 auswirken (-10% bzw. -14% auf Stadtberner Gebiet gegenüber 2005). Vergleichsweise geringe Auswirkungen zeigen Änderungen bei den nachfragebeeinflussenden Faktoren wie z. Bsp. verstärktes Mobilitätsmanagement oder Förderung von Langsamverkehr (Effekt NFBeinfl.).

Abbildung 1: Nachfrageprognose Tagesverkehr (DWV) für die Linie 10 gemäss ZMB 2008

DWV Linienabschnitt mit Fahrtrichtung	Anzahl Fahrten pro Tag und Querschnitt								
	Ist 2005 abs.	Struktureffekt abs.	relativ	Effekt NFBeinfl. abs.	relativ	Netzeffekt abs.	relativ	Referenz 2030 abs.	relativ
Zytglogge - Viktoria- riaplatz	20'600	+10'700	+52%	+700	+3%	-2'000	-10%	30'000	+46%
Viktoriaplatz - Schönburg	18'000	+10'800	+60%	+1'200	+7%	-2'600	-14%	27'400	+52%
Friedhof - Galgen- feld	10'770	+3'430	+32%	+2'100	+19%	-1'500	-14%	14'800	+37%
Bf Ostermundigen - Zollgasse	7'700	+3'200	+42%	+3'400	+44%	+400	+5%	14'700	+91%
Oberfeld - Oster- mundigen	3'850	+750	+19%	+2'200	+57%	+100	+3%	6'900	+79%

NFBeinfl. = nachfragebeeinflussende Massnahmen

Quelle: Regionale Verkehrskonferenz Bern-Mittelland: ZMB ÖV Ostermundigen, 3. Zwischenbericht, RappTrans, 22.02.2008

Abbildung 2 zeigt die prognostizierte Spitzenstundenbelastung der Linie 10. Diese wird im Jahr 2030 auf dem stärksten belasteten Linienabschnitt auf 1'600 bis 1'700 Fahrgäste pro Stunde in Lastrichtung geschätzt, was einer Zunahme gegenüber 2005 von rund 30% entspräche.

Abbildung 2: Nachfrageprognose Spitzenstunde für die Linie 10 gemäss ZMB 2008

Linienabschnitt mit Fahrtrichtung	Anzahl Fahrten pro Morgen-Spitzenstunde in Fahrtrichtung									
	IST 2005		IST 2005 + Struktureffekt		IST 2005 + Effekt NFBeinfl.		IST 2005 + Netzeffekt		Referenz 2030	
	Be- last- -ung Fg/h	Takt- be- darf Min.	Be- last- -ung Fg/h	Takt- be- darf Min.	Be- last- -ung Fg/h	Takt- be- darf Min.	Be- last- -ung Fg/h	Takt- be- darf Min.	Be- last- -ung Fg/h	Takt- be- darf Min.
Zytglogge - Viktoriaplatz	1'350	2.5	1'810	2.0	1'380	2.5	1'210	3.0	1'700	2.0
Viktoriaplatz - Schönburg	1'200	3.0	1'710	2.0	1'250	3.0	1'040	4.0	1'600	2.0
Friedhof - Galgenfeld	400	7.5	490	6.0	420	7.5	390	7.5	500	6.0
Bf Ostermundigen - Zollgasse	550	6.0	670	5.0	620	5.0	610	5.0	800	4.0
Oberfeld - Ostermundigen	290	10.0	290	10.0	340	10.0	290	5.0	340	10.0

Tab. 4: Erforderliche Takte auf der Linie 10 in Abhängigkeit der nachfragebeeinflussenden Aspekte

NFBeinfl. = nachfragebeeinflussende Massnahmen

Quelle: Regionale Verkehrskonferenz Bern-Mittelland: ZMB ÖV Ostermundigen, 3. Zwischenbericht, RappTrans, 22.02.2008

### Aussagen zur Systemfrage gemäss Synthesebericht RappTrans<sup>1</sup>

Zitat (ZMB, Seite 13): «Insgesamt stellen Grossbusse<sup>2</sup> keine sinnvolle Lösung dar und werden verworfen. Falls sich eine Tramlinie Ostermundigen aus irgendwelchen Gründen nicht realisieren lässt und auch auf anderen Buslinien der Bedarf nach grösseren Gefässen auftaucht, muss allenfalls auf diesen Entscheid zurückgekommen werden.»

Ausgeführte Gründe/Nachteile:

- Bei einer Kapazität von ca. 90 Plätzen pro Bus und einer zulässigen maximalen Auslastung von 80% (=Dimensionierungsbelastung) ist im Zeithorizont 2030 immer noch ein 2.5-Minutentakt in den Hauptverkehrszeiten erforderlich, womit die betrieblichen Probleme keineswegs gelöst wären.
- Neues Rollmaterial für Bernmobil bedingt Anpassungen an Werkstätten, Depots, Haltestellen etc. und führt somit zu erheblichen Investitionskosten. Deshalb könnten Grossbusse höchstens als definitive Lösung gewählt werden. Ein provisorischer Zwischenzustand mit Grossbussen macht keinen Sinn.
- Mit Dieselbussen, Trolleybussen und verschiedenen Tramtypen hat Bernmobil bereits heute einen relativ heterogenen Fahrzeugpark. Dies verteuert den Unterhalt und erschwert einen flexiblen Fahrzeugeinsatz. Grossbusse werden diese Situation zusätzlich erschweren.

<sup>1</sup> Regionale Verkehrskonferenz Bern-Mittelland: Zweckmässigkeitsbeurteilung öffentlicher Verkehr Ostermundigen, Synthesebericht, RappTrans, 22. Februar 2008

<sup>2</sup> In der ZMB wurde damals der Begriff Grossbusse als Sammelbegriff für Anhängerzug bzw. Doppelgelenkbus verwendet.

### **Aussagen zur Systemfrage gemäss Gutachten ETH/ewp<sup>3</sup>**

Das Gutachten hält zur Nachfrageprognose und zur Zweckmässigkeit in Bezug auf die Varianten- und Verkehrsmittelauswahl u.a. Folgendes fest:

- Die prognostizierte Nachfrage könnte langfristig eintreffen, basiert jedoch auf sehr optimistischen Annahmen bei der Entwicklungsgeschwindigkeit der Siedlungsprognose (Seite 19 Gutachten ETH/ewp).
- Doppelgelenk-Trolleybusse auf der Linie 10: Realistischer Ansatz, der aber angesichts der Nachfrageprognose ebenfalls ausgeschlossen wurde, obwohl so eine schrittweise Kapazitätsanpassung an die sich langsam vollziehende Nachfragesteigerung möglich wäre. Das Argument, die Doppelgelenk-Trolleybusse passen nicht in die Flotte von Bernmobil, ist nicht stichhaltig (Seite 22 Gutachten ETH/ewp).
- Die heutige Nachfrage ist für eine Buslinie sehr hoch. Die eher optimistische Nachfrageprognose für die Linie 10 sollte aber nicht zu einem vorzeitigen Ausschluss von (Bus-) Alternativen führen, zumal die Entwicklung der Nachfrage auch eine gewisse Zeit beansprucht. Zumindest als Zwischenschritt zu einem Tram sind Buslösungen grundsätzlich denkbar (Seite 22 Gutachten ETH/ewp).
- Hier (im Korridor Ostermundigen) bietet das Tram klare Vorteile. Aufgrund der absehbaren Entwicklung von Ostermundigen (vorwiegend Wohnraum) ist ausserdem eine weitere Verkehrszunahme für die kapazitätskritische Lastrichtung zu erwarten. Die Tram-Lösung bietet somit eine zukunftsfähige und zweckmässige Erschliessung für den Raum Ostermundigen. Der Sanierungsbedarf der Strassen unterstreicht ebenfalls den günstigen Zeitpunkt für die Realisierung einer Tramstrecke (Seite 24 Gutachten ETH/ewp).

---

<sup>3</sup> Kanton Bern, Amt für öffentlichen Verkehr: Tram Region Bern, Gutachten, Überprüfung von Zweckmässigkeit und Kosten, ewp/ETHZ, 03.05.2011

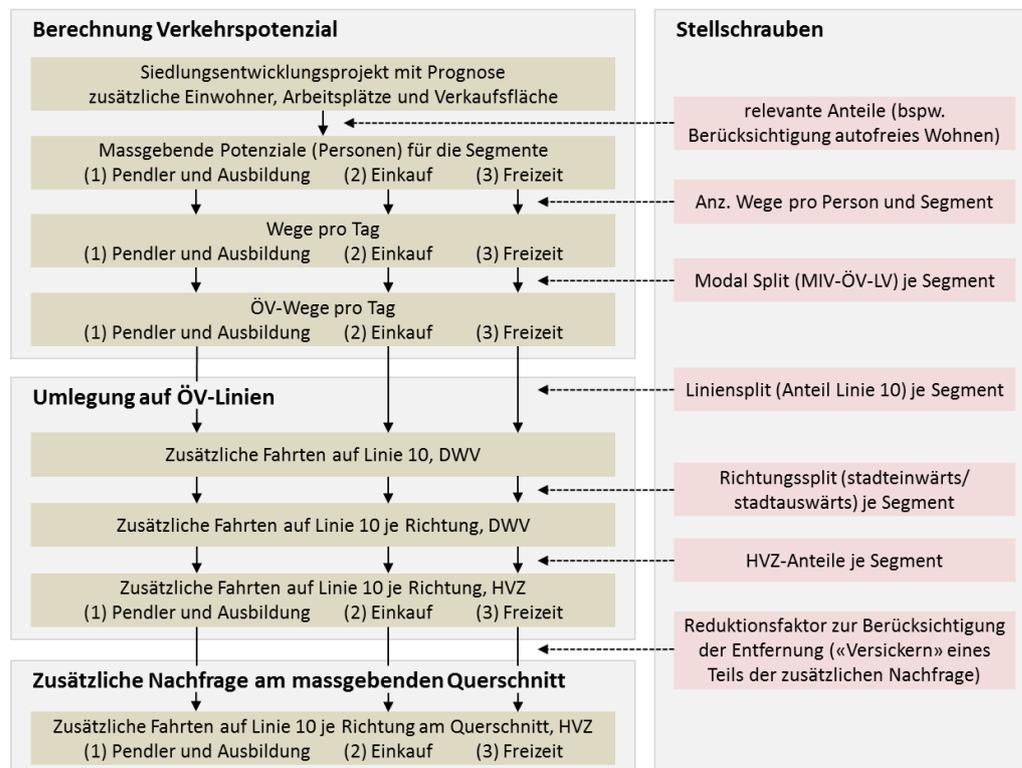
### 3. Aktualisierte Nachfrageprognose

#### Methodik

Die aktualisierte Nachfrageprognose stützt sich auf das «Bottom up» Wirkungsmodell ab, welches durch die Firma 3B AG entwickelt und bereits auch im Rahmen der Studie zu den Übergangsmassnahmen Linie 10<sup>4</sup> zugrunde gelegt wurde:

- Jahresscharfe Quantifizierung richtungsgetrennter Querschnittsbelastungen,
- Ausgangsbasis: Nachfragezahlen Bernmobil 1. Quartal 2016,
- Input: Kennzahlen zu den Siedlungsentwicklungen im Einzugsbereich der Linie 10 (zusätzliche Einwohner und Arbeitsplätze),
- Annahmen zu Verkehrserzeugungsraten, Modal Split, Linien- und Richtungssplit sowie HVZ-Anteile,
- Retrospektive Eichung der Annahmen.

Abbildung 3: Nachfragemodell zur Abschätzung der Nachfrageprognose



Grafik INFRAS/3B AG

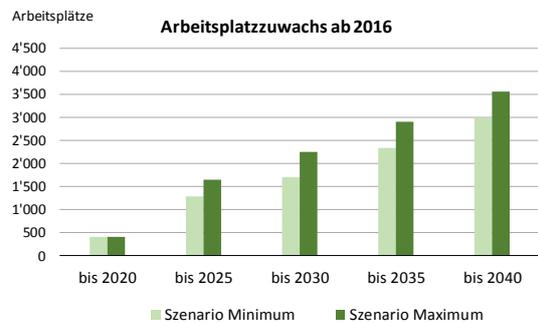
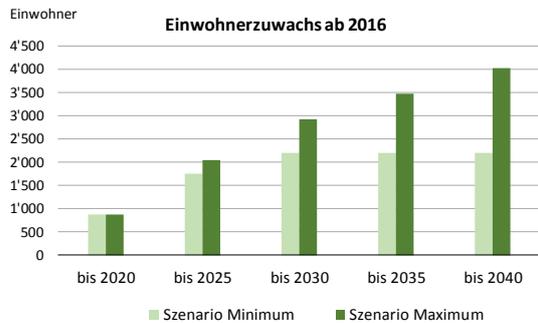
<sup>4</sup> INFRAS/3B AG: Schlussbericht vom 28.04.2016, im Auftrag RKBM.

**Annahmen zur Siedlungsentwicklung**

Die Annahmen zur Siedlungsentwicklung im Korridor der Linie 10 zwischen Bern und Ostermundigen wurden zusammen mit der Stadt Bern und der Gemeinde Ostermundigen definiert. Weil längerfristige Siedlungsprognosen naturgemäss mit Unsicherheiten, sowohl in Bezug auf die Mengen als auch die Entwicklungsgeschwindigkeiten, behaftet sind, wurden zwei Entwicklungsszenarien (Minimum und Maximum) definiert. Die folgenden Abbildungen zeigen die gemäss aktuellen Planungen und Strategien angenommenen Entwicklungen für die beiden Szenarien bis in den Zeithorizont 2040.

**Abbildung 4: Siedlungsprognose für den Korridor Bern - Ostermundigen**

Realisierungs-horizont	Projekte	Szenario Minimum		Szenario Maximum	
		Einwohner	Arbeitsplätze	Einwohner	Arbeitsplätze
bis 2020	Sommerrain (UeO Grube)	317		317	
	Sommerrain plus	222	50	222	50
	Oberfeld Mietwohnungen	202		202	
	Oberfeld Stockwerkeigentum	126		126	
	Umnutzung Swisscom Hochhaus		350		350
ca. 2025	Umnutzung Schönburg	330	200	330	250
	ESP Bahnhof Ostermundigen		400		600
	Bärenareal	317	170	475	220
ca. 2030	Acifer	240	120	360	180
	ESP Bahnhof Ostermundigen		400		600
ca. 2035	Springgarten	440		880	
	Ostermundigenstrasse			220	
	Burgfeld			330	
ca. 2040	Galgenfeld		650		650
	Ostermundigenstrasse			220	
	Burgfeld			330	
<b>Total Zuwachs 2020 - 2040</b>		<b>2'194</b>	<b>2'990</b>	<b>4'012</b>	<b>3'550</b>



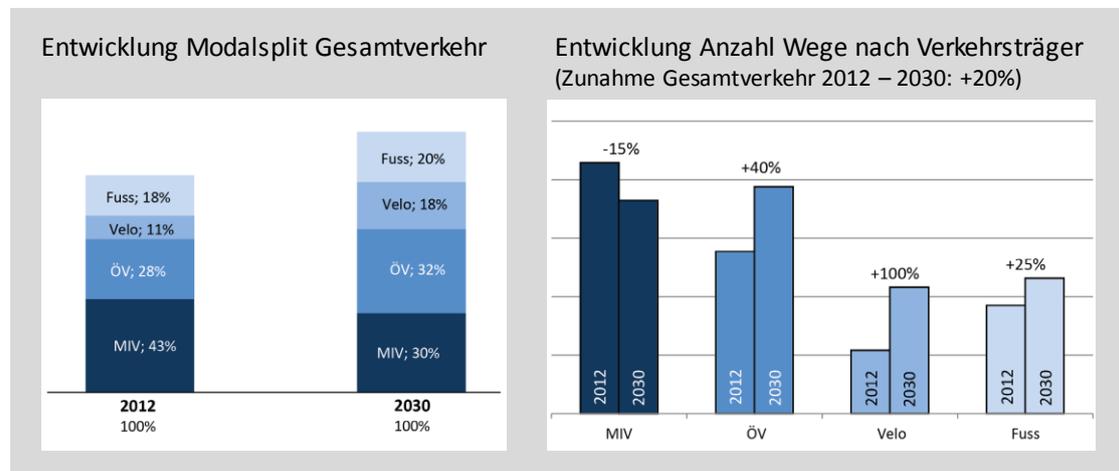
Grafik INFRAS. Quelle: Angaben der Stadt Bern und der Gemeinde Ostermundigen; Stand November 2016

### Annahmen zum Modalsplit

Für den zusätzlichen Verkehr aus den Siedlungsentwicklungen wurde angenommen, dass 50% bis 60% mit dem ÖV erfolgen. Der Vergleich mit den Modalsplit-Zielen gemäss STEK 2016 der Stadt Bern zeigt, dass die Modalsplit-Annahmen für die Nachfrageprognose der Linie 10 eher hoch angesetzt sind. Gemäss STEK wird bis ins Jahre 2030 eine Erhöhung des ein ÖV-Anteils am Gesamtverkehr in der Stadt Bern von heute 28% auf 32% angestrebt (vgl. Abbildung 5). Gleichzeitig soll der MIV sowohl anteilmässig als auch absolut reduziert werden. Dies soll durch eine Velo-Offensive (auch über die Stadtgrenzen) und durch die Verlagerung der längeren Wege auf den ÖV (vor allem auf die S-Bahn) erreicht werden.

Ein höherer ÖV-Anteil im Korridor der Linie 10 verglichen mit dem mittleren ÖV-Anteil des Gesamtverkehrs in der Stadt Bern anzunehmen ist plausibel, weil dieser Korridor ein attraktives, gegenüber dem MIV konkurrenzfähiges Angebot aufweist bzw. aufweisen soll (Nahverkehr in sehr dichtem Takt direkt in die Innenstadt und zum Bahnhof Bern sowie S-Bahnbedienung über den Bahnhof Ostermundigen).

Abbildung 5: Modalsplit-Ziele Stadt Bern gemäss STEK 2016



Quelle: STEK 2016, Vertiefungsbericht Mobilität, Stand: 17.08.2016

### Annahmen zum S-Bahn Entlastungseffekt

Durch den geplanten 15-Minutentakt auf der S1 zwischen Bern und Münsingen sind ab ca. 2025 Entlastungswirkungen auf der Linie 10 zwischen Ostermundigen und Bern durch die S-Bahn zu erwarten. Folgende S-Bahnanteile wurden für die zusätzliche Nachfrage aus der Siedlungsentwicklung im Einzugsbereich der S-Bahnhaltestelle Ostermundigen angenommen:

- Swisscom-Hochhaus (Arbeitsplätze): 20%
- ESP Bahnhof Ostermundigen (Arbeitsplätze): 45%
- Bärenareal (Wohnungen/Arbeitsplätze): 35%
- Acifer-Areal (Wohnungen/Arbeitsplätze): 35%
- Burgfeld (Wohnungen): 25%

Für die restlichen Entwicklungen, welche nicht im unmittelbaren Einzugsbereich liegen, wurde angenommen, dass Richtung Innenstadt/Hauptbahnhof Bern 100% der zusätzlichen Fahrten via die Linie 10 stattfinden.

### Annahmen zum Allgemeinen Mobilitätswachstum

Zusätzlich zur Nachfrage aus der Siedlungsentwicklung wurde ein allgemeines Mobilitätswachstum im Korridor der Linie 10 von +0.5% pro Jahr unterstellt.

### Im Prognose-Modell nicht berücksichtigte Effekte und deren Einfluss auf die Prognose

Die folgende Abbildung zeigt weitere Effekte, die das künftige Nachfragewachstum im öffentlichen Verkehr zwischen Ostermundigen und Bern beeinflussen können. Eine Quantifizierung dieser Effekte ist jedoch schwierig bzw. spekulativ. Der Einfluss auf die Nachfrage auf dem nachfragestärksten Abschnitt der Linie 10 wurde deshalb nur qualitativ beurteilt. Insgesamt dürften sich diese Effekte in der Tendenz dämpfend auf die Nachfrageentwicklung auswirken.

**Abbildung 6: Im Prognose-Modell nicht berücksichtigte Effekte**

Nicht berücksichtigte Effekte	Eintretenswahrscheinlichkeit	Nachfragewirkung auf Linie 10 im stärksten Querschnitt
Velo-Förderung	Bern: hoch Ostermundigen: unsicher	dämpfend
MIV-Reduktion (RGSK-Strategie/STEK 2016)	mittel	über hohe Modalsplit-Annahmen teilweise berücksichtigt
Demografischer Wandel	sicher	(leicht) steigernd
Preisentwicklung ÖV	unsicher	dämpfend
Angebotsverdichtung Linie 9 Rtg. Guisanplatz	mittel	dämpfend
Entkoppelung Schul- und Pendlerzeiten	unsicher	dämpfend

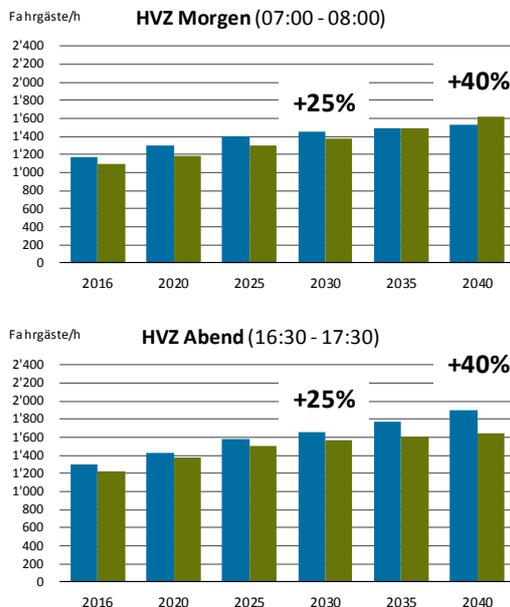
Grafik INFRAS

### Prognose Linie 10: Nachfrageentwicklung auf dem stärksten Linienabschnitt

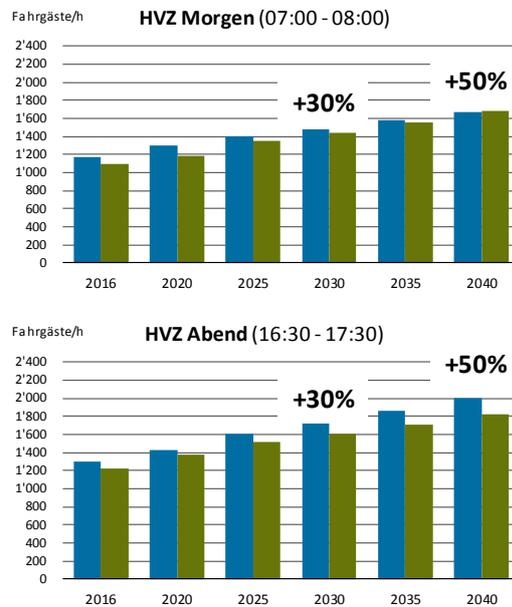
Die folgende Abbildung zeigt für die beiden Siedlungsentwicklungsszenarien «Minimum» und «Maximum» die prognostizierte Nachfrageentwicklungen in den Hauptverkehrszeiten (HVZ) morgens und abends. Bis ins Jahr 2030 sind demnach Nachfragesteigerungen gegenüber heute um 25-30% zu erwarten; bis 2040 nimmt die Nachfrage mit den unterstellten Annahmen gar um 40-50% zu.

Abbildung 7: Nachfrageentwicklung Linie 10 Bern – Ostermundigen in den Spitzenstunden auf dem stärksten Linienabschnitt

#### Szenario Minimum



#### Szenario Maximum



■ Nachfrage stadteinwärts  
■ Nachfrage stadtauswärts

Grafik INFRAS; Quelle: Nachfrageprognosemodell 3B AG

Vergleich mit der Nachfrageprognose gemäss ZMB 2008: Die aktualisierte Prognose für die Spitzenstunde im stärksten Querschnitt in Lastrichtung für den Zeithorizont 2030 liegt in derselben Grössenordnung wie bei der ZMB-Prognose aus dem Jahre 2008 (Abendspitze stadteinwärts mit ca. 1'700 Pers/h und Richtung, vgl. auch Abbildung 2 auf Seite 6).

## 4. Annahmen zu den Beförderungskapazitäten

### Annahmen zu den Fahrzeugkapazitäten

Für die Kapazitätsanalysen werden die Fahrzeugkapazitäten gemäss Tabelle 1 unterstellt. Sie beziehen sich auf neuste, stehplatzoptimierte Fahrzeugkonzepte.

Tabelle 1: Sitz- und Stehplatzkapazitäten für verschiedene Gefässgrössen

Fahrzeug/Gefässgrösse	Sitzplätze	Stehplätze bei 2 Pers/m <sup>2</sup>	Kapazität total
Gelenkautobus (18m)	45	30	75
Doppelgelenk- Hybridautobus (25m)	55	40	95
Doppelgelenk-Trolleybus (25m) <sup>5</sup>	55	50	105
Tram (42m)	80	90	170

Tabelle INFRAS

### Grundsätze zur Bestimmung der Dimensionierungs-Kapazität

Für die Dimensionierungs-Kapazität, anhand welcher die Folgerungen zum notwendigen Taktintervall zur Bewältigung der prognostizierten Nachfrage abzuleiten sind, werden folgende Grundsätze unterstellt:

- Dimensionierungsnachfrage: **durchschnittliche** Stundenwerte des 1. Quartals.
- Kapazität pro Fahrzeug: **Sitzplätze + 2 Pers/m<sup>2</sup> Stehfläche** (nicht 4 Pers/m<sup>2</sup>, um Reserven zur Berücksichtigung der Nachfrageschwankungen im Wochen-/Jahresgang zu bilden; zudem können ab Auslastungen der Stehflächen von 2 Pers/m<sup>2</sup> erfahrungsgemäss bereits negative Auswirkungen auf den Betrieb wegen längeren Fahrgastwechselzeiten auftreten).
- Kapazität pro Stunde: **85% der theoretischen Kapazität** (Anzahl Kurse pro Stunde x Kapazität pro Bus) zur Berücksichtigung der Nachfrageschwankungen zwischen einzelnen Kursen innerhalb einer Stunde; erfahrungsgemäss weisen ab Stundenauslastungen von 80 - 85% (bezogen auf eine Kapazität mit 2 Pers/m<sup>2</sup>) einzelne Kurse bereits Auslastungen von mehr als 2 Pers/m<sup>2</sup> Stehfläche auf. Die Tabelle 2 auf Seite 14 weist dies am Beispiel der Linie 10 nach. Kursauslastungen von über 2 Pers/m<sup>2</sup> Stehfläche führen zu betrieblichen Problemen, wie sie von der Linie 10 heute bekannt sind.<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Bemerkung: Gemäss aktueller Beschaffung Bernmobil liegt die Kapazität eines Doppelgelenk-Trolleybusses bei 100 Personen.

<sup>6</sup> Paketbildung, weil überlasteter Kurs aufgrund von langen Fahrgastwechselzeiten sich verspätet und dadurch noch mehr Fahrgäste an den Haltestellen aufnehmen muss, während Nachfolgekurs aufläuft.

Tabelle 2: Zusammenhang Spitzenstunden- und Spitzenkursauslastungen am Beispiel der Linie 10

		Ø Stundenbelastung [Pers/h]	Stundenkapazität 3'-Takt Gelenkautobus (Stehplätze 2 Pers/m <sup>2</sup> ) [Pers/h]	Ø Stundenauslastung [%]	Ø maximale Kursbelastung [Pers/Kurs]	Auslastung Stehflächen Spitzenkurs [Pers/m <sup>2</sup> ]
Morgenspitze	stadteinwärts	1'167	1'500	78%	72	1.8
	stadtauswärts	1'100	1'500	73%	81	2.4
Abendspitze	stadteinwärts	1'302	1'500	87%	86	2.8
	stadtauswärts	1'224	1'500	82%	71	1.7

Linie 10, Ast Köniz: Spitzenstundenauslastung im stärksten Querschnitt Bahnhof - Eigerplatz 1. Quartal 2016

		Ø Stundenbelastung [Pers/h]	Stundenkapazität 3'-Takt Gelenkautobus (Stehplätze 2 Pers/m <sup>2</sup> ) [Pers/h]	Ø Stundenauslastung [%]	Ø maximale Kursbelastung [Pers/Kurs]	Auslastung Stehflächen Spitzenkurs [Pers/m <sup>2</sup> ]
Morgenspitze	stadteinwärts	1'203	1'500	80%	81	2.4
	stadtauswärts	1'253	1'500	84%	76	2.0
Abendspitze	stadteinwärts	1'393	1'500	93%	93	3.2
	stadtauswärts	1'063	1'500	71%	65	1.4

Tabelle INFRAS. Quelle: Fahrgasterhebungen Bernmobil 1. Quartal 2016

### Vergleich mit Annahmen der ZMB 2008

In der ZMB 2008 wurde für die Kapazität eines Doppelgelenk- bzw. Grossbusses 90 Personen angenommen; die Kapazität pro Stunde wurde auf 80% reduziert. Infolge höherer Fahrzeugkapazitäten 95 bzw. 105 Personen pro Bus) und einem geringeren Reduktionsfaktor zur Bestimmung der Dimensionierungskapazität pro Stunde (85%-Wert) werden in den aktuellen Analysen höhere Kapazitäten für das Doppelgelenkbussystem angenommen: um ca. 15% beim Doppelgelenk-Hybridautobus bzw. um ca. 25% beim Doppelgelenk-Trolleybus.

## 5. Bis wann reichen die Kapazitäten des Bussystems?

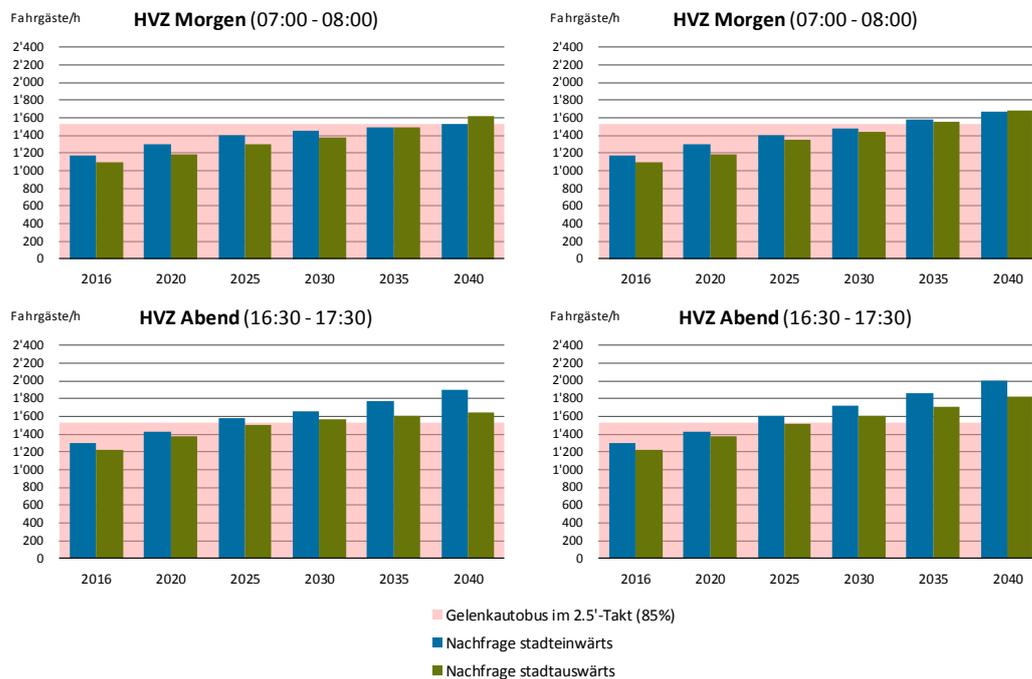
### Gelenkbusbetrieb

Der heutige 3-Minutentakt mit Gelenkautobussen auf der Linie 10 stösst in den Hauptverkehrszeiten bereits an die Kapazitätsgrenzen. Die in den nächsten Jahren stattfindenden Siedlungsentwicklungen im Korridor Bern – Ostermundigen (vgl. Abbildung 4 auf Seite 9) führen zu weiteren Nachfragesteigerungen, wodurch sich die Kapazitätsprobleme auf der Linie 10 weiter verschärfen werden. Deshalb ist im Angebotskonzept 2018 – 2021 die Verdichtung der Linie 10 auf einen 2.5-Minutentakt vorgesehen. Die folgende Kapazitätsanalyse zeigt, dass die Kapazitäten eines Gelenkbussystems im 2.5-Minutentakt jedoch lediglich **bis knapp ins Jahr 2025** ausreichen werden. Danach sind weitere kapazitätssteigernde Massnahmen erforderlich.

Abbildung 8: Kapazitätsanalyse mit einem Gelenkbussystem im 2.5-Minutentakt

Minimum ⇒ bis knapp 2025

Szenario Maximum ⇒ bis knapp 2025



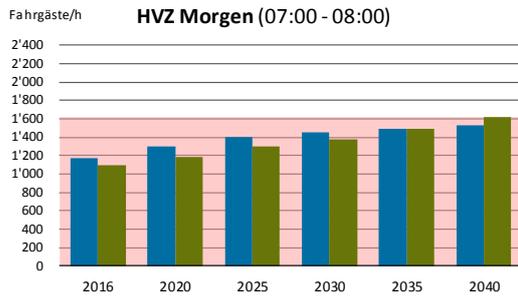
Grafik INFRAS; Quelle: Nachfrageprognosemodell 3B AG

**Doppelgelenkbusbetriebs mit Hybrid-Autobus**

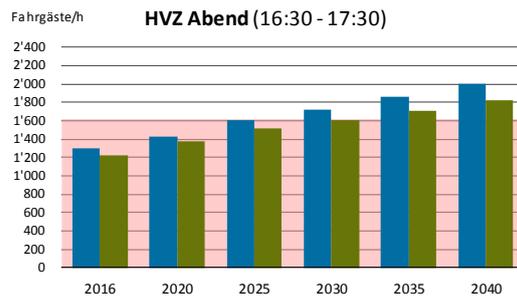
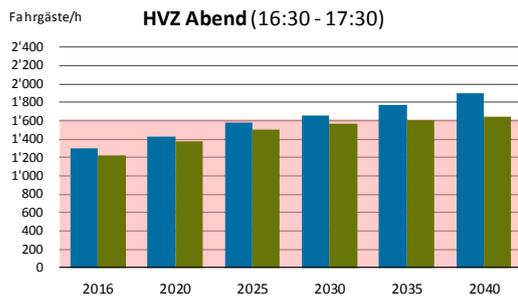
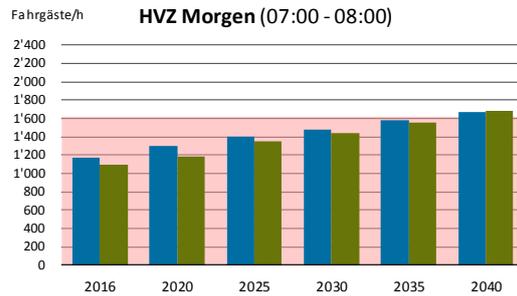
Mit einem Doppelgelenk-Hybrid-Autobussystem können mit dem 3-Minutentakt **bis 2025** ausreichende Kapazitäten angeboten werden.

**Abbildung 9: Kapazitätsanalyse mit einem Doppelgelenk-Hybridbus System im 3-Minutentakt**

**Szenario Minimum ⇒ bis 2025**



**Szenario Maximum ⇒ bis 2025**



- Kapazität Doppelgelenk-Hybridbus im 3'-Takt (85%)
- Nachfrage im stärksten Querschnitt stadteinwärts
- Nachfrage im stärksten Querschnitt stadtauswärts

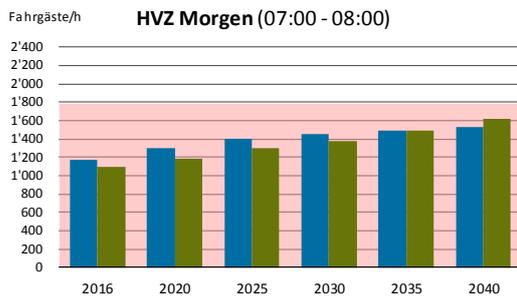
Grafik INFRAS; Quelle: Nachfrageprognosemodell 3B AG

### Doppelgelenkbusbetriebs mit Trolleybussen

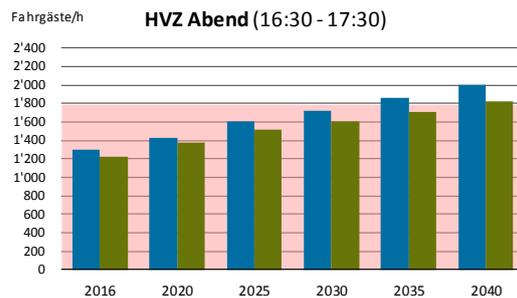
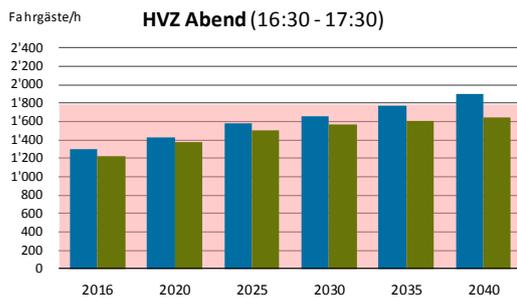
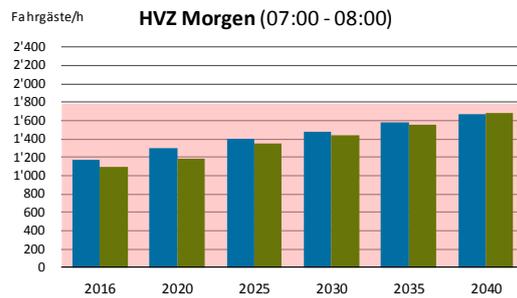
Mit einem Doppelgelenk-Trolleybus System reichen die Systemkapazitäten bei einem 3-Minutentakt je nach Siedlungsentwicklungsdynamik bis 2030 oder 2035.

Abbildung 10: Kapazitätsanalyse mit einem Doppelgelenk-Trolleybus System im 3-Minutentakt

#### Szenario Minimum ⇒ bis 2035



#### Szenario Maximum ⇒ bis 2030



- Kapazität Doppelgelenk-Trolleybus im 3'-Takt (85%)
- Nachfrage im stärksten Querschnitt stadteinwärts
- Nachfrage im stärksten Querschnitt stadtauswärts

Grafik INFRAS; Quelle: Nachfrageprognosemodell 3B AG

## 6. Entwicklungsstand Doppelgelenkbusse

Zum technologischen Entwicklungsstand sowie zu den Erfahrungen im realen Linienbetrieb lässt sich zu den Doppelgelenkbussen folgendes festhalten:

### Doppelgelenk-Trolleybus

- Erprobte und bewährte Technologie auf dem Markt verfügbar;
- (Teil-)Elektrifizierung der Strecke erforderlich; Kosten: 2-3 Mio. CHF/km;
- Kürzere Strecken auch fahrdrahtlos bewältigbar mit Batteriebetrieb (z.Bsp. Bundesplatz und Unterführung Bhf. Ostermundigen); Entwicklung für grössere Reichweiten im Batteriemodus laufen (z.Bsp. bei Hess AG).

### Doppelgelenk-Hybridautobus

- Aufgrund der Steigungsverhältnisse ist im Korridor Bern – Ostermundigen der Antrieb von zwei Achsen zwingend, weshalb nur die (serielle) Hybridtechnologie in Frage kommt.
- Diesel-Hybrid-Doppelgelenkbusse mit seriellem Antriebskonzept sind auf dem Markt verfügbar (z.Bsp. lightTram von Vossloh Kiepe/Hess), jedoch nur in sehr geringer Stückzahl; zudem fehlen zurzeit noch langjährige, verlässliche Betriebserfahrungen.
- Aufgrund der Marktentwicklung ist im Moment schwer abschätzbar, ob diese Technologie sich durchsetzen wird und ob ab 2020/2025 erprobte Hybrid-Serienfahrzeuge auf dem Markt verfügbar sein werden. Momentan ist eher davon auszugehen, dass fahrleitungsungebundene Doppelgelenkbusse als Batteriebusse und nicht als Hybride kommen werden.

### Batterieelektrischer Bus

- Gemäss aktuellem Forschungsstand wird aktuell der batterieelektrische Bus als «Bus der Zukunft» gehandelt; er befindet sich jedoch noch im Entwicklungsstadium. Besondere Herausforderungen stellen sich in den Bereichen:
  - Batterietechnologie: Optimierung Grösse/Gewicht vs. Leistung;
  - Ladetechnologie; z.Z. noch unsicher, welche Ladetechnologie sich durchsetzen wird.
- In den nächsten 10 Jahren dürfte deshalb kaum (erprobte) batterieelektrische Doppelgelenkbusse auf dem Markt verfügbar sein.

## 7. Folgerungen zum Systementscheid Tram oder Bus

### Aus Sicht Nachfrage/Kapazitäten

Der Doppelgelenk-Hybridautobus im 3-Minutentakt reicht im Siedlungsentwicklungsszenario «Minimum» kapazitätsmässig bis ca. 2030. Die Abschreibung einer Fahrzeuggeneration bei Einsatz ab 2022/2025 – früher ist diese Technologie kaum verlässlich verfügbar – ist bis 2030 nicht möglich (Abschreibungsdauer aus betriebswirtschaftlicher Sicht ca. 14 Jahre). Aus betriebswirtschaftlicher Sicht müssten die Doppelgelenk-Hybridbusse mindestens bis 2036 eingesetzt werden können. Zur Bereitstellung ausreichender Beförderungskapazitäten müsste deshalb ab 2030 das Angebot auf einen 2.5-Minutentakt verdichtet werden; die Kapazität des 2.5-Minutentakts wäre mit den getroffenen Annahmen zur Nachfrageentwicklung bis ca. 2040 ausreichend.<sup>7</sup>

Der Doppelgelenk-Trolleybus im 3-Minutentakt reicht im Szenario «Minimum» bis 2035. Bei Einsatz ab ca. 2022/2025 – früher ist die Realisierung der Fahrleitung kaum möglich – ist die Abschreibung der Fahrzeuge (ca. 20 Jahre) und der Fahrleitung (ca. 25 Jahre) bis 2035 nicht möglich. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht müssten die Doppelgelenk-Trolleybusse mindestens bis 2042 eingesetzt werden können. Zur Bereitstellung ausreichender Beförderungskapazitäten müsste deshalb ab 2035 das Angebot auf einen 2.5-Minutentakt verdichtet werden. Der 2.5-Minutentakt wäre kapazitätsmässig auch im Szenario «Maximum» über den Zeithorizont 2040 hinaus ausreichend.<sup>8</sup>

Aus Sicht Nachfrage bzw. Kapazität stellt das System Doppelgelenkbus nur bei sehr dichten Taktfolgen (2.5-Minutentakt) längerfristig eine Alternative zum Trambetrieb dar.

### Aus Sicht Stand Fahrzeugtechnologie

Doppelgelenk-Trolleybusse sind auf dem Markt verfügbar und könnten ohne grössere Risiken eingesetzt werden. Demgegenüber ist die Tauglichkeit im Regelbetrieb bzw. Zuverlässigkeit der Hybrid-Doppelgelenkautobusse im Zeithorizont 2022/2025 unklar. Zurzeit gibt's wenige Beispiele in der Praxis; der Einsatz ist folglich mit Risiken im Kontext Zuverlässigkeit/Verfügbarkeit verbunden.

<sup>7</sup> Ein 2.5-Minutentakt mit Doppelgelenk-Hybridbussen entspricht einer Kapazität von 1'940 Personen pro Stunde und Richtung

<sup>8</sup> Ein 2.5-Minutentakt mit Doppelgelenk-Trolleybussen entspricht einer Kapazität von 2'140 Personen pro Stunde und Richtung

### **Doppelgelenkbusse als Übergangslösung?**

Hybrid-Busse: Abschreibung Fahrzeuge möglich bei Tramumstellung zwischen 2035 und 2040; ab ca. 2030 jedoch Taktintervall in HVZ von 2.5-Minuten erforderlich.

Trolleybusse: aus wirtschaftlichen Gründen (Abschreibung der Investitionen) wäre dieses System bis mind. 2040/45 zu betreiben; ab ca. 2035 jedoch ebenfalls Taktintervall in HVZ von 2.5-Minuten erforderlich.

Zudem bedingt der Einsatz von Doppelgelenkbussen Anpassungen bei den Depot- und Unterhaltsanlagen, die jedoch später mindestens teilweise auch für zusätzliche Trams genutzt werden können.

### **Weitere Aspekte**

Für einen abschliessenden Systementscheid sind weitere Aspekte zu berücksichtigen, unter anderem:

#### ▪ **Betriebsqualität, Zuverlässigkeit**

Taktintervalle beim Bus von 3- oder 2.5-Minuten bedingen hohe ÖV-Kapazitäten im Strassennetz, wenn eine ansprechende Betriebsqualität gewährleistet werden soll; das bedeutet:

- höhere Anforderungen an das Verkehrsmanagement beim Bus als beim Tram infolge des dichteren Takts bzw. vergleichbarer Eigentrassierungsanteil wie bei einer Tramlösung,
- aufgrund der sehr dichten Taktfolgen grössere Implikationen auf den übrigen Verkehr (MIV, Langsamverkehr) als beim Tram.

#### ▪ **Wirtschaftlichkeit**

- Betriebskosten: Gegenüber Busangeboten mit 3- oder 2.5-Minutentaktintervallen können Tramlösungen aufgrund des weniger dichten Takts zu günstigeren Betriebskosten führen (Fahrpersonalkosten machen ca. 60% der Betriebskosten [ohne Infrastruktur] aus, Stundenansatz Personalkosten für Bus und Tram praktisch identisch).
- Infrastrukturinvestitionen: Tramlösung in der Regel mit teurerer Infrastruktur, jedoch Zusatznutzen in Form von stadträumlicher Aufwertung. Anforderungen an Eigentrassierung beim Bus mit derart dichten Taktfolgen dürften auch erhebliche Infrastrukturanpassungskosten auslösen (siehe oben unter Betriebsqualität).

#### ▪ **Umwelt und Stadt-/Quartierverträglichkeit**

Die notwendigen sehr dichten Taktfolgen beim Bus belasten die Quartiere stärker als das weniger dicht verkehrende Tram, v.a. in Bezug auf Lärm und Trennwirkung, beim Diesel-Hybrid resultieren zusätzlich lokale Stickoxid-Zusatzbelastungen.

Zudem: für Bernmobil bestehen Umweltvorgaben der Eignerin, die nur mit Elektrofahrzeugen zu erreichen sind.

▪ **Netzaspekte**

Direktverbindungen für Rüti in die Stadt Bern aufgrund aktueller Randbedingungen nur bei Buslösung weiterhin möglich.

Integration am Bahnhof Bern: abhängig von der generellen Netzentwicklung; Tram mit grösseren Chancen für Durchbindung am Bahnhof; beim Doppelgelenkbus vermutlich nur sinnvolle Durchbindung (Nachfrage, Linienführung) nach Köniz.

**Gesamtfazit zum Systementscheid**

Ein Systemwechsel auf Trambetrieb ist für die Linie 10 sinnvoll, weil:

- Buslösung sehr dichte Taktfolgen bedingt; ab ca. 2030/2035 wird gemäss aktuellen Prognosen ein 2.5-Minutentakt in den Hauptverkehrszeiten nötig;
- derart dichte Taktfolgen beim Bus kaum mit der notwendigen Betriebsqualität möglich sind bzw. grosse Investitionen in die Eigentrassierung nötig wären;
- die Betriebskosten des Bussystems (ohne Infrastruktur) vermutlich nicht günstiger sind;
- mit dem Bussystem auch ausserhalb der Hauptverkehrszeiten ein vergleichsweise hoher Stehplatzanteil in Kauf genommen werden muss;
- die Buslösung aufgrund der sehr dichten Taktfolgen zu grösseren Beeinträchtigungen des übrigen Verkehrs (MIV, Langsamverkehr) verglichen mit einer Tramlösung führt;
- die Belastungen als Folge des sehr dichten Takts für die Quartiere entlang der Linie mit dem Bus grösser sind als beim Tram (v.a. Trennwirkung);
- Doppelgelenkbusse auf der Linie 10 aufgrund des technologischen Entwicklungsstandes (Hybrid- oder Batteriebusse) oder der betriebswirtschaftlich erforderlichen Abschreibungszyklen (Trolleybus) auch als Übergangslösung nicht zweckmässig sind.