

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Dokumentation Arbeitspaket B-100

Technische Planungsparameter Tram/BRT



Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Bearbeiter: Nils Jänig

Qualitätssicherung Ramboll: Jakob Mirea, Steffen Plogstert, Ann-Kathrin Kuppe

Datum: 13.09.2022

Ramboll Deutschland GmbH

Zur Gießerei 19-27

76227 Karlsruhe

<https://de.ramboll.com>

info@ramboll.com

Gliederung

Abbildungsverzeichnis	- 7 -
Tabellenverzeichnis.....	- 10 -
Projekteinordnung	- 11 -
1 Einführung	- 17 -
1.1 Vorgehen.....	- 17 -
1.2 Grundsatz Hochwertiger ÖPNV	- 18 -
1.3 Unterstützung der Zielerreichung durch die Planungsparameter	- 19 -
1.4 Kernbereiche der Planungsparameter	- 20 -
2 Annahmen Grundlagenstudie	- 22 -
3 Planungsparameter Tram und BRT: Betrieb.....	- 24 -
3.1 Gesetzlicher Rahmen	- 24 -
Tram.....	- 24 -
BRT.....	- 24 -
3.2 Betriebsform	- 24 -
Tram.....	- 24 -
BRT.....	- 26 -
3.3 Haltestellenabstände (Tram und BRT).....	- 27 -
3.4 Reisegeschwindigkeit (Tram und BRT)	- 27 -
3.5 Barrierefreiheit (Tram und BRT).....	- 29 -
3.6 Nachfrage, notwendige Fahrzeugkapazität und -anzahl, Takt.....	- 29 -
Tram.....	- 29 -
BRT.....	- 30 -
3.7 Endhaltestellen	- 30 -
Tram.....	- 30 -
BRT.....	- 31 -
3.8 Betriebsstabilität (Tram und BRT)	- 31 -
3.9 Erste Inbetriebnahmestufe (Tram und BRT).....	- 31 -
3.10 Energieversorgung.....	- 32 -
Tram.....	- 32 -
BRT.....	- 33 -
3.11 Signaltechnische Einrichtungen.....	- 35 -
Tram.....	- 35 -
BRT.....	- 36 -

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

4 Planungsparameter Tram und BRT: Infrastruktur	- 37 -
4.1 Trassierung	- 37 -
Tram	- 37 -
BRT	- 38 -
4.2 Spurweite (nur Tram)	- 39 -
4.3 Schienenprofil (nur Tram)	- 40 -
4.4 Barrierefreiheit (Tram und BRT)	- 42 -
4.5 Bahnsteighöhe	- 42 -
BOStrab Netz in Kiel	- 43 -
Bahnsteighöhe bei Berücksichtigung Regiotram	- 45 -
Bahnsteighöhe BRT	- 48 -
4.6 Haltestellenlänge	- 48 -
Haltestellenlänge Tram	- 48 -
Haltestellenlänge bei Berücksichtigung Regiotram	- 49 -
Schlussfolgerung Haltestellenlänge Tram und Regiotram	- 51 -
Haltestellenlänge BRT	- 52 -
4.7 Lage Bahnsteige und Breite	- 53 -
Mittellage (nur Tram)	- 53 -
Seitenlage (Tram und BRT)	- 54 -
Sonderformen Haltestellenlagen Tram	- 57 -
4.8 Regelquerschnitte	- 58 -
Tram-Regelquerschnitt RQ1: Besonderer Bahnkörper mit innenliegendem Mast .	- 59 -
Tram-Regelquerschnitt RQ2: Besonderer Bahnkörper mit außenliegendem Mast	- 60 -
Tram-Regelquerschnitt RQ3: Besonderer Bahnkörper mit Zäunen bei höheren Geschwindigkeiten	- 61 -
Tram-Regelquerschnitt RQ4: Besonderer Bahnkörper mit Querüberspannung	- 62 -
Tram-Regelquerschnitt RQ5: Straßenbündiger Bahnkörper	- 63 -
Tram-Regelquerschnitt RQ6: Besonderer Bahnkörper auf Brückenbauwerk	- 64 -
BRT Regel-Querschnitt RQ1: Besondere Fahrbahn mit innenliegendem Mast	- 65 -
BRT Regel-Querschnitt RQ2: Besondere Fahrbahn mit außenliegendem Mast	- 66 -
BRT Regel-Querschnitt RQ3: Besondere Fahrbahn mit Zäunen bei höheren Geschwindigkeiten	- 67 -
BRT Regel-Querschnitt RQ4: Besonderer Bahnkörper mit Querüberspannung	- 68 -
BRT Regel-Querschnitt RQ5: Straßenbündige Fahrbahn	- 69 -
BRT Regel-Querschnitt RQ4: Besondere Fahrbahn auf Brückenbauwerk	- 71 -
4.9 Oberbauformen	- 72 -

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Tram.....	- 72 -
BRT.....	- 73 -
4.10 Leitungsverlegung	- 74 -
Tram.....	- 75 -
BRT.....	- 75 -
4.11 Bauwerke Tram und BRT	- 76 -
5 Planungsparameter Tram und BRT: Fahrzeuge.....	- 77 -
5.1 Fahrzeugtyp	- 77 -
Tram.....	- 77 -
BRT.....	- 78 -
5.2 Fahrzeugkapazität und -länge	- 79 -
Tram.....	- 79 -
BRT.....	- 81 -
5.3 Fahrzeugbreite.....	- 81 -
Tram.....	- 81 -
BRT.....	- 82 -
5.4 Barrierefreiheit Fahrzeug Tram und BRT.....	- 82 -
Einstiegshöhe	- 82 -
Fußbodenhöhe	- 83 -
Spaltüberbrückung	- 83 -
Rampen im Fahrzeug	- 84 -
Stufen im Fahrzeug	- 85 -
Multifunktionsbereiche im Fahrzeug.....	- 86 -
5.5 Zweirichtungsfahrzeug	- 87 -
Tram.....	- 87 -
BRT.....	- 88 -
5.6 Fahrdynamik und Antriebsadhäsion	- 88 -
Tram.....	- 88 -
BRT.....	- 90 -
5.7 Lichtraum	- 90 -
Tram.....	- 90 -
BRT.....	- 94 -
5.8 Radprofil Tram.....	- 96 -
5.9 Radsatzfahrmassen	- 99 -
Regiotramfahrzeug	- 100 -

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Tramfahrzeug	- 101 -
5.10 Fahrleitungslose Abschnitte	- 103 -
Tram	- 103 -
BRT	- 109 -
6 Planungsparameter Tram und BRT: Betriebshof	- 113 -
6.1 Flächenbedarf	- 113 -
Abstellung aller Fahrzeuge auf dem Werkstattgelände	- 113 -
Trennung von Werkstattgelände und Abstellung	- 114 -
6.2 Arbeitsstände	- 114 -
6.3 Lage im Stadtraum und Entfernung zu Korridoren	- 114 -
6.4 Lärm und Schall	- 115 -
6.5 Zeitliche Aspekte	- 115 -
7 Zusammenfassung Anforderungen Regiotram	- 117 -
7.1 Schlussfolgerung Planungsparameter Trassenstudie Stufe 1B und 2A	- 117 -
7.2 Weitere Anforderungen durch eine Regiotram in kommenden Planungsphasen	- 119 -
8 Zusammenfassung Hauptplanungsparameter Tram/BRT	- 121 -
Glossar und Abkürzungsverzeichnis	- 123 -

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Zeitliche Einordnung Trassenstudie	- 11 -
Abbildung 2 Projektziele	- 13 -
Abbildung 3 Definition Hochwertiger ÖPNV in Kiel	- 19 -
Abbildung 4 Betriebsformen Tram	- 25 -
Abbildung 5 Betriebsformen BRT.....	- 26 -
Abbildung 6 Rillenschiene 59R2 und Vignolschiene 49E1 (Maße in mm).....	- 41 -
Abbildung 7 Anzustrebende Einstiegssituation – Quelle: VDV 7011, Kapitel 3.1, 11/2000	- 43 -
Abbildung 8 Definition der Abstände zwischen Fahrzeug und Bahnsteig gemäß TSI-PRM	- 46 -
Abbildung 9 VDV Tramtrain, Fahrzeugvariante Einstiegshöhe 38 und 56 cm.....	- 47 -
Abbildung 10 Bahnsteiglänge Tram	- 52 -
Abbildung 11 Haltestellenlänge BRT.....	- 53 -
Abbildung 12 Mittelbahnsteig Tram	- 54 -
Abbildung 13 EAÖ-Dimensionen Seitenbahnsteig (EAÖ Ausgabe 2013).....	- 55 -
Abbildung 14 Seitenbahnsteig Tram/BRT (Maße für Tram)	- 55 -
Abbildung 15 Getrennte Seitenbahnsteige Tram/BRT (Maße für Tram)	- 56 -
Abbildung 16 Seitenbahnsteig Tram/BRT, Straße in Mittellage (Maße für Tram) .	- 57 -
Abbildung 17 Tram-Regelquerschnitt RQ1: Besonderer Bahnkörper mit innenliegendem Mast	- 59 -
Abbildung 18 Tram-Regelquerschnitt RQ2: Besonderer Bahnkörper mit außenliegendem Mast	- 60 -
Abbildung 19 Tram-Regelquerschnitt RQ3: Besonderer Bahnkörper mit Zäunen bei höheren Geschwindigkeiten.....	- 61 -
Abbildung 20 Tram-Regelquerschnitt RQ4: Besonderer Bahnkörper	- 62 -
Abbildung 21 Tram-Regelquerschnitt RQ5: Straßenbündiger Bahnkörper	- 63 -
Abbildung 22 Tram-Regelquerschnitt RQ6: Besonderer Bahnkörper auf Brückenbauwerken	- 64 -
Abbildung 23 BRT Regel-Querschnitt RQ1: Besondere Fahrbahn mit innenliegendem Mast	- 65 -
Abbildung 24 BRT Regel-Querschnitt RQ2: Besondere Fahrbahn mit außenliegendem Mast	- 66 -
Abbildung 25 BRT Regel-Querschnitt RQ3: Besondere Fahrbahn mit Zäunen bei höheren Geschwindigkeiten.....	- 67 -

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Abbildung 26 BRT Regel-Querschnitt RQ4: Besondere Fahrbahn mit Querüberspannung	- 68 -
Abbildung 27 BRT Regel-Querschnitt RQ5: Straßenbündige Fahrbahn (50 km/h maximale Geschwindigkeit).....	- 69 -
Abbildung 28 BRT Regel-Querschnitt RQ6: Besondere Fahrbahn auf Brückenbauwerk	- 71 -
Abbildung 29 Oberbauformen Tram (grünes Gleis in Brest, geschlossener Oberbau in Jerusalem, Schottergleis in Karlsruhe).....	- 72 -
Abbildung 30 Oberbauformen BRT (Betonfahrbahn in Metz, grüne Fahrbahn in Douai, abmarkierte Fahrbahn in Malmö).....	- 73 -
Abbildung 31 Fahrzeugtypen Tram	- 78 -
Abbildung 32 Beispiel Alstom Niederflurfahrzeug KVB Köln 60 m durchgehende Länge (Vergabe 11/2020) Quelle: KVB.....	- 80 -
Abbildung 33 Beispielbild einer Spaltüberbrückung aus Karlsruhe	- 84 -
Abbildung 34 Längsrampen im Fahrzeug über den Fahrwerken	- 85 -
Abbildung 35 Lichtraumtechnische Begriffe (schematische Darstellung, Quelle: TR Strab, BOStrab)	- 91 -
Abbildung 36 Beispiel Oberleitungsmasten im geteilten mittigen Sicherheitsraum nach BOStrab	- 92 -
Abbildung 37 Lichtraum Standardlinienbus gemäß EAÖ (Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehr) Ausgabe 2013, links. Anpassung BRT rechts (Vmax bis zu 70 km/h, Verringerung bei niedrigeren Geschwindigkeiten möglich).....	- 94 -
Abbildung 38 Schleppkurve Nachlaufachse gelenkt bei Doppel-Gelenk-Bus	- 95 -
Abbildung 39 übereinander gelegte Radprofile des Betriebssystem S und E (BOStrab TR Sp)	- 97 -
Abbildung 40 Beispiel für Betriebssystem M aus TR Sp BOStrab (auch für EBO-Strecken geeignet)	- 97 -
Abbildung 41 Radsatzlasten Regiotramfahrzeug.....	- 100 -
Abbildung 42 Radsatzlasten Tramfahrzeug 54 m.....	- 101 -
Abbildung 43 Radsatzlasten Tramfahrzeug 45 m.....	- 102 -
Abbildung 44 Achslasten BRT-Fahrzeug 25 m (Quelle: VanHool)	- 102 -
Abbildung 45 APS Kontaktsystem (Quelle: Alstom)	- 104 -
Abbildung 46 Beispiel für einen kombinierten Traktionsspeicher (Quelle: Siemens)	- 106 -
Abbildung 47 Antriebstechnologien BRT	- 110 -

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Anmerkung zu den Abbildungen: Sofern keine Quelle genannt ist, sind die Abbildungen im Rahmen der Trassenstudie erstellt worden. Photos ohne Quellenangabe stammen von Ramboll. Für alle anderen Abbildungen oder Photos sind externe Quellen genannt worden.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Kernbereiche Planungsparameter.....	- 21 -
Tabelle 2 Annahmen Grundlagenstudie	- 23 -
Tabelle 3 Vergleich Betriebsformen Tram	- 25 -
Tabelle 4 Haltestellenabstände Tram und BRT	- 27 -
Tabelle 5 Durchschnittsgeschwindigkeit Tram und BRT	- 28 -
Tabelle 6 Stromversorgung Tram	- 33 -
Tabelle 7 Stromversorgung BRT	- 34 -
Tabelle 8 Trassierungsparameter Tram	- 38 -
Tabelle 9 Trassierungsparameter BRT	- 39 -
Tabelle 10 Spurweite Tram	- 40 -
Tabelle 11 Bahnsteighöhe Tram	- 45 -
Tabelle 12 Haltestellenlänge Tram.....	- 49 -
Tabelle 13 Haltestellenlänge Tram mit Regiotram	- 51 -
Tabelle 14 Fahrbahnbreite BRT	- 70 -
Tabelle 15 Oberbauformen Tram.....	- 72 -
Tabelle 16 Straßenoberbau BRT	- 74 -
Tabelle 17 Leitungsumlegung BRT.....	- 75 -
Tabelle 18 Vergleich Einfach- und Doppeltraktion Tram	- 79 -
Tabelle 19 Fahrzeugbreite Tram.....	- 81 -
Tabelle 20 Ein- und Zweirichtungsbetrieb Tram	- 88 -
Tabelle 21 Hüllkurve Tram	- 93 -
Tabelle 22 Radreifenprofil Tram	- 98 -
Tabelle 23 Antriebstechnologien Tram.....	- 109 -
Tabelle 24 Antriebstechnologie BRT	- 111 -
Tabelle 25 Anforderungen durch Regiotram	- 117 -
Tabelle 26 Zusammenfassung Hauptplanungsparameter Tram und BRT.....	- 121 -

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Projekteinordnung

Die hier vorliegende Dokumentation ist im Rahmen der Trassenstudie zur Einführung eines zukunftssicheren ÖPNV-Systems auf eigener Trasse im Auftrag der Landeshauptstadt Kiel entstanden und beschäftigt sich mit den Ergebnissen des Arbeitspakets B-100 Technische Planungsparameter für Tram und BRT. Dieses einleitende Kapitel gibt einen kurzen Überblick über den Projekthintergrund, dessen Entstehung und Ziele und dient zur Einordnung des ab Kapitel 1 beginnenden inhaltlichen Teils des Berichts.

Die Landeshauptstadt Kiel kann die Klimaschutzziele mit dem Zielhorizont 2035 ohne eine Optimierung des bestehenden ÖPNV-Angebotes (derzeitig Bus-, Fähr- und Regionalbahnbetrieb) nicht erreichen und die Kapazitätsengpässe im Busverkehr nicht beheben. Da die Planungen für eine StadtRegionalBahn in Folge durch den fehlenden politischen Rückhalt in der Region beendet werden mussten, wurde die Fortschreibung des Kieler Verkehrsentwicklungsplans notwendig.

Dafür wurde die Grundlagenstudie „Mobilitätskonzept für einen nachhaltigen Öffentlichen Nah- und Regionalverkehr in Kiel“ beauftragt. In dieser Grundlagenstudie, die im Jahr 2019 abgeschlossen wurde, ist untersucht worden, ob ein hochwertiges ÖPNV-System im Kieler Stadtgebiet über ausreichend Nachfragepotenzial verfügt und ob der Mobilitätsverbund über begleitende Maßnahmen gestärkt werden kann. Die Ergebnisse beinhalten umfangreiche planerische Grundlagen und Empfehlungen für das weitere Vorgehen. Die folgende Abbildung gibt einen zeitlichen Überblick über die angesprochenen zeitlichen Abläufe der Grundlagenstudie und den darauffolgenden Beschlüssen, die zur **Trassenstudie mit vertiefter Infrastruktur- und Gesamtsystemplanung** geführt haben und den dann folgenden Phasen:



Abbildung 1 Zeitliche Einordnung Trassenstudie

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Als wesentliches Ergebnis der Grundlagenstudie zeigte sich, dass zwei Verkehrsmittel am ehesten in der Lage sind, das bestehende ÖPNV-Angebot in der Landeshauptstadt Kiel zu verbessern: Tram oder Bus Rapid Transit (BRT).

Die Ergebnisse des Mobilitätskonzepts in der Grundlagenstudie stellten nur gutachterliche Empfehlungen dar, und die Herleitung des exakten Trassenverlaufs der betrachteten Linien wurde nicht im Detail untersucht. Aufgabe der Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse war es daher, die Ergebnisse der Grundlagenstudie sowohl kritisch zu hinterfragen als auch zu vertiefen sowie die Machbarkeit nachzuweisen und erste Teile einer darauffolgenden Vorplanung zu erreichen, damit diese Planungsphase anschließend innerhalb von zwei Jahren abgeschlossen werden kann. Im Rahmen der Trassenstudie wurden die beiden möglichen Systeme Tram und BRT gleichberechtigt in mehreren Stufen vertiefend untersucht.

Die Trassenstudie stellt eine umfassende Untersuchung der Systeme Tram und BRT für den konkreten Einsatzort Kiel dar, bei der in etwa 30 Arbeitspaketen Unterlagen über u.a. Kerncharakteristika, Systemeigenschaften, konkrete Infrastrukturplanungen und deren Auswirkungen auf andere Belange wie zum Beispiel andere Verkehrsträger, Umweltfolgen, Stadtbild oder elektromagnetische Verträglichkeit erarbeitet wurden, die als Grundlage für den weiteren Planungsprozess dienen.

Das mögliche Netz wurde in der Grundlagenstudie mit einer Länge von 34,5 km abgeschätzt. Die dort eruierten Strecken und Linien waren nur indikativ. Das Netz wurde daher in der vorliegenden Trassenstudie innerhalb der Korridore, die über ausreichend Nachfragepotenzial für ein neues ÖPNV-System verfügen, komplett neu untersucht und hergeleitet sowie im Rahmen einer umfangreichen Öffentlichkeitsbeteiligung festgelegt.

Folgende Korridore, welche in der Grundlagenstudie ermittelt worden waren, verfügen über die erforderlichen Nachfragepotenziale und eignen sich für höherwertige ÖPNV-Systeme.

- Dietrichsdorf – Gaarden-Ost – Hbf. – Wik
- Neumühlen-Dietrichsdorf/ FH Kiel – Gaarden-Ost – Hbf. – Uni – Suchsdorf
- Elmschenhagen – Gaarden-Ost. – Hbf. bis nach Mettenhof

Für die Abschichtung, also Herleitung aller denkbaren Streckenabschnitte innerhalb dieser Korridore bis zum Kernnetz, hat sich das Büro Ramboll am „Formalisierten Abwägungs- und Rangordnungsverfahren“ (FAR) orientiert. Dieses gilt bei einer ausgewogenen Auswahl der Bewertungskriterien als rechtssicher.

Alle sich aufdrängenden Varianten, sowie weitere sich aus der Planung und der Ämter- sowie Öffentlichkeitsbeteiligung ergebenden Varianten wurden erfasst und in Streckenabschnitte unterteilt. Im Falle einer Klage gegen einen erlassenen Planfeststellungsbeschluss wird das Risiko der Klage minimiert, da die Herleitung und Bewertung ausschließlich nach objektiven Kriterien erfolgt.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Für die so vorgenommene Streckennetzkonzeption wurden im weiteren Verlauf vertiefende Infrastrukturplanungen für die einzelnen Straßenzüge des Streckennetzes entworfen und abgestimmt. Auf deren Basis konnten weitere Arbeitspakete Ergebnisse erarbeiten und ableiten. Letztlich wurde eine für den Systementscheid und das Kernnetz erarbeitet.

Die detaillierte Variantenuntersuchung von Streckenverläufen (ab AP E-100) wurde bis Mitte 2022 für beide Systeme durchgeführt. Auf Grundlage der Ergebnisse der Trassenstudie ist geplant, eine Entscheidung für ein System und Netz durch die politischen Gremien der Landeshauptstadt Kiel zu treffen. Darauffolgend ist der Abschluss der Vorplanung nur noch für ein System geplant.

Das Netz ist für die Systeme BRT und Tram im Wesentlichen identisch, da die hohe Nachfrage unabhängig vom System in den gleichen Korridoren ermittelt wurde und somit beide Systeme sich hier nicht unterscheiden. Das BRT-System weist dabei durch kleine Fahrzeuge einen dichteren Takt auf. Auch haben die im festgesetzten technischen Planungsparameter gezeigt, dass ein gleiches Netz für beide Systeme technisch machbar ist. Das Netz unterscheidet sich nur dort geringfügig, wo es technisch notwendig ist, z.B. an den Endpunkten (Kopfstellen Tram vs. Wendeschleife BRT). Die Streckenlänge des Kernnetzes, für das drei Inbetriebnahmestufen vorgeschlagen werden, beträgt 35,8 km.

Die folgende Abbildung zeigt die Hauptziele der Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse:

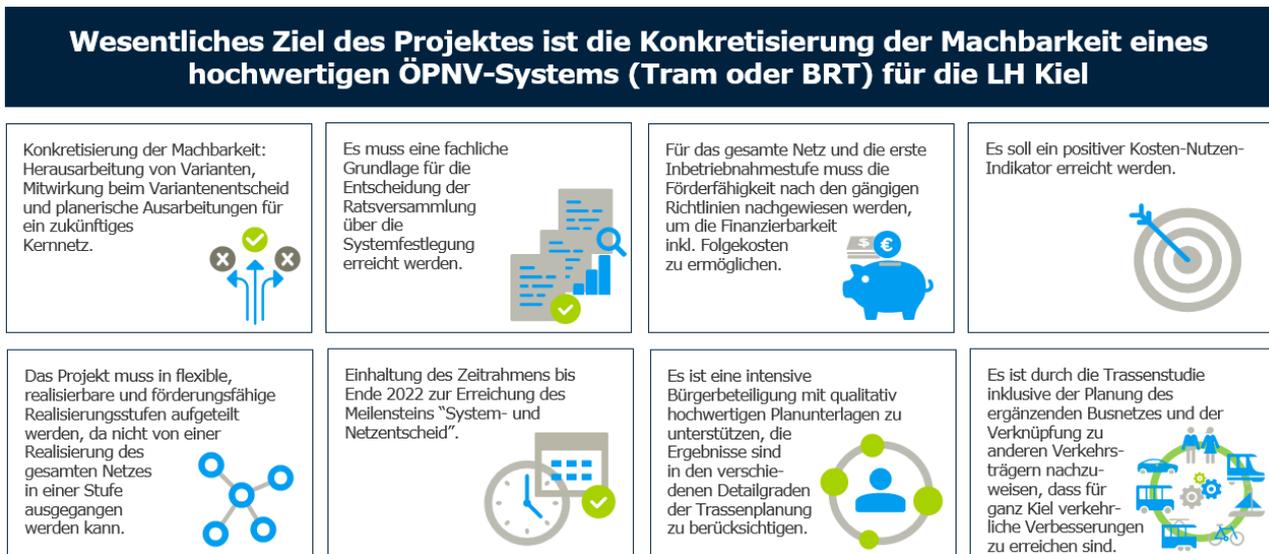


Abbildung 2 Projektziele

Zusätzlich zu diesen Hauptzielen wurden noch folgende erweiterte Ziele definiert, die von weiteren Arbeitspaketen abgedeckt wurden:

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

- Verknüpfung mit anderen städtebaulichen und verkehrlichen Planungsprozessen
- Konkretisierung des Gesamtrealisierungszeitraums und der Kostenschätzungen
- Aufbau eines transparenten Planungsprozesses
- Einbindung und Mitnahme von relevanten Stakeholdern
- Erreichen einer Grundlage, um zügig weitere Planungsphasen einleiten zu können
- Darstellung der Chancen städtebaulicher Aufwertungspotenziale
- Aussagen zur perspektivischen Erweiterbarkeit des Systems

Im Ergebnis der Trassenstudie erstellte Ramboll einen übergeordneten Endbericht mit ergänzenden Berichten als Anlage sowie eine erweiterte Dokumentation der Arbeitsergebnisse der Arbeitspakete. Die zentralen Berichte als Anlage zum Endbericht sind:

Anlage 1 – Bericht Herleitung Streckennetz (AP C-100, E-100 und E-200)

Anlage 2 – Bericht Systemvergleich Tram/BRT (AP D-100)

Anlage 3 – Bericht Busnetz mit dem neuen HÖV-System (AP E-123)

Anlage 4 – Bericht Zusammenfassung der erweiterten Dokumentation

Neben dem Endbericht und den zentralen Berichten als Anlage wurden die übrigen Ergebnisse der Arbeitspakete in einer erweiterten Dokumentation festgehalten. Die untenstehende Tabelle bietet einen Überblick über alle vorhandenen Dokumentationen. Eine Kurzzusammenfassung aller Dokumentationen bietet Anlage 4 des Endberichts.

Nr.	Arbeitspaket	Inhalt Dokumentation
A-120	Projektdefinition	Zusammenfassungen des Projektes (Inception Report)
A-130	Monitoring und Evaluation des Projektablaufs	Beschreibung des Projektablaufs
B-100	Planungsparameter	Technische Planungsparameter getrennt für beide Systeme Tram und BRT als Grundlage für die Planung der Trassenstudie
C-110	Abfrage Leitungsbestand	Zusammenfassung vom vorhandenen relevanten Leitungsbestand
E-111	Betriebsmodell	Ergebnisse Betriebsmodellierung + Konzept oberleitungsfreier Betrieb
E-112	Erweiterbarkeit des Systems	Konzept zur Erweiterungsfähigkeit
E-121	Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern, Rad- und Fußverkehr	Planungsparameter Fuß- und Radverkehr

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Nr.	Arbeitspaket	Inhalt Dokumentation
E-122	Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern, Mobilitätsstationen und P+R	Planungsparameter Mobilitätsstationen
E-123	Zukünftiges Busnetz ohne neues HÖV-System für die Nutzen-Kosten-Untersuchung	Entwicklung Gesamt-ÖPNV-Netz Bus und Tram/BRT (Ohnefall der Standardisierten Bewertung)
E-130.1	Funktionskonzepte	Erläuterung und Ergebnisse Grundkonzeption der Trassenlage
E-130.2	Bestandsbauwerke	Erläuterung und Ergebnisse Analyse der Bestandsbauwerke
E-130.3	Leitungsbestand/Verrohrte Gewässer	Erläuterung und Ergebnisse Konzept Leitungsverlegung
E-130.4	Neue Bauwerke	Erläuterung und Ergebnisse Konzept neue Bauwerke
E-130.5	Infrastrukturplanung Kernnetz und Varianten	Erläuterung und Planunterlagen Kernnetz mit Varianten (50 km) im Maßstab 1:2.500 inklusive notwendige Querschnitte 1:100
E-130.6	Bewertung Infrastrukturplanung	Erläuterung und Zusammenfassung des Abstimmungsprozesses zur Infrastrukturplanung
E-140	Städtebauliche Integration	Städtebauliches Konzept mit Skizzen und Bewertungen
E-150	Umweltbelange	Analyse und Bewertung der Umweltbelange
E-161	Energieversorgung	Konzept zu elektrischen Anlagen inkl. Kostenschätzung
E-162	Elektromagnetische Verträglichkeit sensitiver Installationen	EMV-Kompatibilität sensitiver Installationen in Forschungseinrichtungen entlang der Trasse
E-170	Signalisierung	Konzept Signalisierung inkl. Kostenschätzung
E-180	Betriebshof	Standortauswahl und Layoutplanung Betriebshof inkl. Kostenschätzung

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Nr.	Arbeitspaket	Inhalt Dokumentation
E-190	Kostenschätzung	Kostenschätzung aller Gewerke als Eingangsgröße für die Nutzen-Kosten-Rechnung
F-110	Nutzen-Kosten-Untersuchung	Wirtschaftlichkeitsuntersuchung nach dem Verfahren der Standardisierten Bewertung
F-120	Finanzierungs- und Förderkonzept	Finanzierungs- und Förderkonzept aus Basis der Kostenschätzung
F-130	Realisierungszeitplan	Realisierungszeitplan für das Kernnetz inkl. Realisierungsstufen
F-140	Zulassungsaspekte	Zulassungsaspekte für die Genehmigung der Systeme
G-100	Öffentlichkeitsbeteiligung	Zusammenfassung der gesamten Öffentlichkeitsarbeit der Trassenstudie

Diese Dokumentation Technische Planungsparameter beinhaltet alle technischen Grundlagen, die für die Bearbeitung der Trassenstudie notwendig waren. Sie wurden zu Beginn der Trassenstudie erarbeitet und intensiv abgestimmt.

1 Einführung

Als verbindliche Vorgabe und Richtlinie für die gesamte Planung eines Hochwertigen Öffentlichen Personennahverkehrssystems (HÖV) werden in diesem Bericht die Planungsparameter für Tram und BRT zusammengefasst. Die Teile, die wesentlich die weitere Planung und Ausprägung des HÖV bestimmen und für die Einhaltung des engen Zeitplans der Trassenstudie bis Ende 2022 sehr wichtig waren, wurden durch die Ratsversammlung der Landeshauptstadt Kiel (LHLHK) am 18.03.2021 (Drucksache 160/2021) verabschiedet. Das betraf:

- Definition hochwertiges ÖPNV-System
- maximale Haltestellenlänge
- Haltestellenhöhe
- Oberleitung
- Oberbauformen und Leitungsverlegung

Abweichungen von insbesondere diesen Planungsparametern waren deswegen nur begründet und nach Zustimmung von Stabstelle Mobilität der LH Kiel (OB.M) möglich.

Alle weiteren Planungsparameter, die für die technische Bearbeitung wichtig sind, aber durch die Ratsversammlung nicht verabschiedet wurden, sind auch in diesem Bericht zusammengefasst.

1.1 Vorgehen

Die Planungsparameter wurden durch Ramboll erarbeitet und intensiv mit den beteiligten Ämtern der Landeshauptstadt Kiel abgestimmt. Vor Anwendung im Rahmen der Trassenstudie wurden die Planungsparameter in der Drucksache 0160/2021 der Politik präsentiert und bestätigt.

Ausgangspunkt waren die Annahmen der Grundlagenstudie, die aber kritisch hinterfragt wurden. Grundsätzlich wurde von einem zweigleisigen Betrieb mit hoher Priorität für ein schienengebundenes BOSTrab-Tramfahrzeug bzw. BRT-Fahrzeug (siehe Kapitel 5 dieses Berichts) ausgegangen.

Ramboll hat diese Aufgabe schon mehrfach in anderen neuen Stadtbahn-Projekten durchgeführt, die durchaus mit Kiel vergleichbar sind und als Vergleich dienen. In die Erarbeitung für Kiel flossen die Erkenntnisse aus den folgenden Projekten mit ein:

- Stadtbahn Regensburg (2020)
- StUB StadtUmlandBahn Nürnberg-Erlangen-Herzogenaurach (2018)
- RSB RegionalStadtBahn Neckar-Alb (2016)
- BRT und Tram Turku (2018)
- Generelle BRT Entwurfparameter und Richtlinien für Schweden (2015), Dänemark (2019) und England (2014)

Wichtig bei der Erarbeitung der Planungsparameter war eine interdisziplinäre Herangehensweise, die Fahrzeug, Infrastruktur, Depot und Betrieb miteinander als ein System betrachtet.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Die Planungsparameter für Tram und BRT unterscheiden sich in einigen Punkten deutlich, um auch die Vorteile beider Systeme darzulegen. Da die Trassenverläufe für beide Systeme aber bis auf kleinere Details (z.B. Endhaltestellen) gleich sind, wurde in dieser Dokumentation auch herausgearbeitet, welches System das maßgebliche ist, so dass auch immer beide Systeme die Trassenverläufe bedienen können.

Die Planungsparameter folgen, wenn möglich und sinnvoll, dem Prinzip von Grundwerten und Ausnahmewerten. Die Grundwerte sind bei der Planung anzuwenden, die Ausnahmewerte können nach Zustimmung durch den OB.M- und Ramboll-Projektleiter im Einzelfall zur Anwendung kommen, sofern diese gut begründet sind und keine sinnvollen Lösungen anhand der Grundwerte machbar sind.

Die Planungsparameter wurden primär für ein städtisches System Tram oder BRT erarbeitet. Im Fall Tram wurde aber zusätzlich das System Regiotram, also eine Erweiterung in die Region, berücksichtigt. Die Parameter für die Tram wurden, wenn möglich, überall so festgelegt, dass eine Regiotram in Zukunft noch möglich sein soll, falls diese zu einem späteren Zeitpunkt realisiert werden soll. Dieser Aspekt wurde in den Planungsparametern herausgearbeitet. D.h.:

- Primärausrichtung: städtische Vorteile (u.a. Städtebauliche Integration, Aufwertungspotenziale)
- Sekundärausrichtung: Perspektivische Erweiterbarkeit in die Region

Die Planungsparameter untergliedern sich für Tram und BRT nach:

- Betrieb
- Infrastruktur
- Fahrzeuge
- Betriebshof/Abstellanlagen

Die Planungsparameter wurden im Laufe des Projektes auf den Prüfstand gestellt, hinterfragt und ggf. angepasst. Es wurden folgende Iterationsschritte durchgeführt:

- Erste Überprüfung: Ende 2021, nachdem das gesamte Planungsteam deutlich mehr Know-How über alle lokalen Gegebenheiten in Kiel erlangt hat und das Kernnetz schon klarer erkennbar war.
- Zweite Überprüfung: Nach der Beendigung der Infrastrukturplanung (Dokumentation E-130) Ende Juli 2022.

Eine nächste Überprüfung kann zu Beginn der Vorplanung ab 2023 vorgenommen werden, wenn der genaue Arbeitsumfang und die Randbedingungen für diese bekannt sind und der Systemscheid gefallen ist.

1.2 Grundsatz Hochwertiger ÖPNV

Die Planungsparameter führen zu einem hochwertigen ÖPNV:

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Definition Hochwertiges ÖPNV-System (Tram oder BRT)

Grundsätzlich auf eigener zweigleisiger bzw. zweispuriger Trasse

Mit hohen Prioritäten an Knotenpunkten und damit schnellen Reisezeiten und geringer Störanfälligkeit

Die Anpassungen im Verkehrsraum genügen einem hohen städtebaulichen Anspruch

Es muss „hochwertig“ für den Fahrgast erfahrbar sein, insbesondere im Vergleich zum Ist-Zustand



Abbildung 3 Definition Hochwertiger ÖPNV in Kiel

1.3 Unterstützung der Zielerreichung durch die Planungsparameter

Die Planungsparameter unterstützen die wesentlichen Hauptziele der Trassenstudie:

- Sie sind die Basis der Planung der Tram/BRT in Kiel
- Sie führen zu einem hochwertigen ÖPNV-System
- Sie unterstützen die Wirtschaftlichkeit und ein positives Nutzen-Kosten-Verhältnis
- Sie sind technologieoffen für beide Systeme, d.h. erlauben Weiterentwicklung (z.B. andere Antriebsysteme)
- Sie machen eine zukünftige Regiotram oder auch regionale BRT-Erweiterung grundsätzlich möglich, auch innerstädtische Verlängerungen
- Sie erlauben **gestalterischen Spielraum** unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit

Ziel 1: Weitere Konkretisierung der **Machbarkeit** eines hochwertigen ÖPNV-Systems (Tram oder BRT) für die LH Kiel; Herausarbeitung von Varianten, Mitwirkung beim Variantenentscheid und planerische Ausarbeitungen für ein zukünftiges Kernnetz.

Machbarkeit: Die Planungsparameter sichern die technische Machbarkeit durch Nennung von Planungswerten mit Reserve und Grenzwerten (z.B. bei engen Straßenräumen) ab und stellen sicher, dass in den späteren Phasen noch Optimierungspotential besteht.

Ziel 2: Es muss eine **fachliche Grundlage** für die Entscheidung der Ratsversammlung über die Systemfestlegung erreicht werden. Einhaltung des **Zeitrahmens bis Ende 2022** zur Erreichung des Meilensteins "System- und Netzentscheid".

Fachliche Grundlage: Die Planungsparameter sichern eine zwischen allen Beteiligten abgestimmte Grundlage ab, die eine klare Orientierung für die Planer, aber auch für

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

die Stadt und die Öffentlichkeit darstellen. Die fachliche Grundlage ist belastbar, marktoffen und basiert auf bewährten Standards.

Einhaltung Zeitrahmen bis Ende 2022: Die klare Definition der Planungsparameter helfen allen, den engen Zeitrahmen einhalten zu können, da Abweichungen von den Planungsparametern begründet werden müssen und eine Zustimmung des Projektbüros (OB.M und Projektleitung Ramboll) eingeholt werden muss.

Ziel 3: Für das gesamte Netz muss die Förderfähigkeit nach dem bundesweiten Verfahren der Standardisierten Bewertung nachgewiesen werden, um die Finanzierbarkeit inkl. Folgekosten zu ermöglichen. Es soll ein **Nutzen-Kosten-Indikator (NKI) größer als 1**, d.h. der volkswirtschaftliche Nutzen überwiegt die Kosten, für Tram oder BRT erreicht werden.

Nutzen-Kosten-Indikator größer als 1: Die Planungsparameter müssen wirtschaftliche Lösungen als Grundsatz möglich machen und genügend Raum für Kompromisse ermöglichen. Sie dürfen den Planungsspielraum nicht zu sehr einengen.

Das spezielle Thema **Regiotram** in die Region ist berücksichtigt und die Planungsparameter machen die Einführung der Regiotram zu einem späteren Zeitpunkt grundsätzlich möglich, die Regiotram bestimmt aber nicht die grundsätzlichen Planungsparameter (Primär- und Sekundärausrichtung) und beeinflusst damit den NKI nicht im negativen Sinne.

Ziel 4: Das Projekt muss in flexible, realisierbare und förderungsfähige **Realisierungsstufen** aufgeteilt werden, da nicht von einer Realisierung des gesamten Tram-Netzes in einer Stufe ausgegangen werden kann.

Realisierungsstufen: Die Planungsparameter berücksichtigen z.B. bei der Lage des Depots oder der Leistungsfähigkeit von Kreuzungen, bereits eine erste Inbetriebnahmestufe und dann ein späteres Kernnetz. Erweiterungen werden, wo technisch und wirtschaftlich möglich, von Beginn an mit berücksichtigt in Form von Reserven.

1.4 Kernbereiche der Planungsparameter

Durch die frühzeitige Erarbeitung und Verabschiedung der Planungsparameter (siehe Kapitel 1.1) im Gesamtprojekt wurden in folgenden wichtigen Kernbereichen Festlegungen getroffen, um die Projektziele erreichen zu können. Die folgende Tabelle fasst diese und die möglichen Folgewirkungen zusammen:

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Nr.	Kernbereich	Folgewirkung
1	Hochwertiges ÖPNV-System: Eigene Trasse, attraktive Reisegeschwindigkeit und -komfort, geringe Störanfälligkeit	Wichtig für Nachfrage, Nutzen für NKU (positiver Faktor) und Gesamtwirtschaftlichkeit, Folgewirkung für Individualverkehr
2	Maximale Haltepunktlänge (BRT und Tram)	Wichtig für Platzierungen von Haltestellen, Flexibilität in der Planung und späterem Betrieb, Nachfrage und Nutzen in der NKU, städtebauliche Integration; Entscheidung mit/ohne Regiotram
3	Bandbreite Bahnsteighöhe (BRT und Tram)	Wichtig für Barrierefreiheit und städtebauliche Integration Entscheidung mit/ohne Regiotram
4	Oberleitung (BRT und Tram) mit Verweis auf die weitere technologische Entwicklung	Wichtig für Betriebsstabilität und Kosten, Städtebauliche Integration
5	Konsequente Führung des besonderen Bahnkörpers (Tram) bzw. eigene Streckenführung (BRT)	Wichtig für Nachfrage, Betriebsstabilität, attraktive Fahrzeiten und Leitungsverlegung
6	Oberbauform inkl. Leitungsverlegung (Tram und BRT) im Zusammenhang mit „hochwertigem ÖPNV-System“	Wichtig Städtebauliche Integration und Mischnutzung mit anderen Verkehrsteilnehmern, Leitungsverlegung

Tabelle 1 Kernbereiche Planungsparameter

2 Annahmen Grundlagenstudie

Die folgende Tabelle beinhaltet die wesentlichen Annahmen in der Grundlagenstudie. Auf diesen Werten basierte die bisherige Rangfolge und Entscheidung für Tram und BRT, die in der Trassenstudie weiter betrachtet wurden. Die Werte sind deswegen als Eingangsgrößen für die Planungsparameter zu verstehen. Sie wurden alle im Rahmen der Erarbeitung dieser Planungsparameter im Hinblick auf die konkreten Ziele der Trassenstudie hinterfragt und bewertet, ggf. angepasst wenn notwendig.

Nr.	Parameter	Tram	BRT
1	Fahrzeugdimensionen	<ul style="list-style-type: none"> Tram war mit 37 m Länge und 2,65 m Breite angenommen worden Regiotram: 2 x 37,5 m Länge (Doppeltraktion), 2,65 m Breite Zugverband < 75 m nach BOStrab (Fahren im Straßenraum) 	<ul style="list-style-type: none"> BRT Doppelgelenkbus Länge maximal 25 m (bedingt bereits eine Ausnahmegenehmigung nach StVZO) Breite 2,55 m (nach StVZO)
2	Bahnsteigdimensionen und Barrierefreiheit	<ul style="list-style-type: none"> Bahnsteiglänge mindestens 76 m (exkl. Rampen), 88 m (inkl. Rampen) für potentiellen Regio-tram-Betrieb Regelbahnsteighöhe für Niederflurfahrzeuge (300 bis 350 mm) Volle Barrierefreiheit 	<ul style="list-style-type: none"> Bahnsteiglänge 50 m für zwei Fahrzeuge aufgrund des hohen Taktes (exkl. Rampen) Auf der Stammstrecke in der Innenstadt 75 m Bahnsteiglänge für drei Fahrzeuge (exkl. Rampen) Regelbahnsteighöhe ca. 320 mm (ohne Kneeling, d.h. Neigen des Fahrzeugs zur Haltestelle) Volle Barrierefreiheit
3	Fahrzeugtyp	<ul style="list-style-type: none"> Tram, Zweirichtungsfahrzeug Regiotram, Zweirichtungsfahrzeug 	<ul style="list-style-type: none"> BRT Doppelgelenkbus
4	Nachfrage auf Hauptachse	<ul style="list-style-type: none"> Ca. 50.000 Fahrgäste/Werktag bei 10-Minuten-Takt, im gesamten Tramsystem ca. 135.000 Fahrgäste/Werktag Ca. 42.000 Fahrgäste/Werktag bei 15-Minuten-Takt, im 	<ul style="list-style-type: none"> Ca. 44.000 Fahrgäste/Werktag bei 5-Minuten-Takt, im gesamten BRT-System ca. 123.000 Fahrgäste/Werktag

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Nr.	Parameter	Tram	BRT
		gesamten Tramsystem ca. 107.000 Fahrgäste/Werhtag	
5	Energieversorgung	<ul style="list-style-type: none"> Energieversorgung 750 V Gleichstrom über komplette Oberleitung 	<ul style="list-style-type: none"> Energieversorgung 750 V Gleichstrom über partielle Oberleitung
6	Leitungsverlegung	<ul style="list-style-type: none"> Komplette Verlegung aller Leitungen unter der Trasse 	<ul style="list-style-type: none"> Keine Verlegung der vorhandenen Leitungen unter der Trasse

Tabelle 2 Annahmen Grundlagenstudie

3 Planungsparameter Tram und BRT: Betrieb

3.1 Gesetzlicher Rahmen

Tram

Der Betrieb im städtischen Kernnetz erfolgt nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab), bei eventuellen Erweiterungen ins Eisenbahnnetz als Regiotram dann nach Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) auf den Strecken der Eisenbahn.

BRT

Der Betrieb im städtischen Kernnetz erfolgt nach Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) und der Verordnung über den Betrieb von Kraftfahrunternehmen im Personenverkehr (BOKraft), wobei einige Teilelemente wie Oberleitungsanlagen gemäß §41 PBefG genehmigt werden müssen und entsprechend üblicherweise nach BOStrab betrieben werden. Das ist im weiteren Projektverlauf noch mit der zuständigen Technischen Aufsichtsbehörde (TAB) zu klären.

Bis zu 25 m lange Fahrzeuge sind als Ausnahme durch die zuständige Straßenverkehrsbehörde gemäß StVZO § 70 Abs.1 Nr.2 auf Widerruf zu genehmigen.

3.2 Betriebsform

Tram

Folgende Möglichkeiten kommen für die Tram in Frage:

- Typ 1 Besonderer Bahnkörper: 2-gleisig; ungestörter Betrieb auf eigenem Gleiskörper (besonderer Bahnkörper gem. BOStrab) als Grundsatz der gesamten Trassenstudie
- Typ 2 Straßenbündige Bahnkörper (Mischbetrieb mit IV im Straßenraum): Diese Ausprägung ist nur die Ausnahme, wenn möglich Einsatz der dynamischen Straßenraumfreigabe. Idealerweise nicht mehr als 20 % des gesamten Netzes sollte als Mischbetriebstrasse ausgeführt werden, um die Projektziele zu erreichen. Dies wurde von der Infrastrukturplanung in Stufe 1B validiert (siehe Dokumentation zum AP E-130 und AP F-120). Bei höheren Werten über 20 % muss die betriebliche Simulation zeigen, wie die Effekte auf die Fahrzeitberechnung sich insgesamt auswirken und die Projektziele, insbesondere der Nutzen-Kosten-Indikator trotzdem erreichbar sind. Es kann auch nur 1 Gleis im Straßenraum liegen, das andere als eigener Gleiskörper ausgeführt werden.
- Typ 3 Eingleisige Abschnitte: Diese Betriebsform ist grundsätzlich zu vermeiden und nur in Ausnahmefällen (z.B. städtebaulich, Platzverhältnisse) denkbar, sie ist intensiv auf ihre betrieblichen Folgewirkungen im Netz mit dem Betriebsmodell zu prüfen.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse



Abbildung 4 Betriebsformen Tram

	2-gleisig eigener besonderer Bahnkörper	2-gleisig Mischbetrieb mit IV	Eingleisige Strecke
BOStrab Rechtsrahmen	§ 16 (4) Definition besonderer Bahnkörper § 15 (5) Strecken sollen unabhängige und besondere Bahnkörper haben	§ 16 (4) Definition Strassenbündiger Bahnkörper	§ 15 (5) Strecken für den Zweirichtungsverkehr sollen nicht eingleisig sein
Ausprägungen	Benötigt den meisten Platz, kann mit jedem Oberbau kombiniert werden	Kommt in engeren Strassenräumen zum Einsatz, Oberbau muss überfahrbar sein	Im 10 Minuten Takt max. 400-500 m möglich, Sichtverbindung für Fahrer ist von großem Vorteil
Betriebliche Auswirkungen	Keine Einschränkungen, volle betriebliche Flexibilität	Höherer Einfluss auf Betriebsstabilität und Fahrzeiten, dynamische Strassenraumfreigabe als Lösung	Je nach Lage starker Einfluss auf Betriebsstabilität und Fahrzeiten, Zwänge für den Fahrplan entstehen
Wirtschaftlichkeit Betrieb	Wirtschaftlich die beste Lösung	Etwas störanfälliger, etwas längere Fahrzeiten und Umläufe	Zwänge können zu Fahrzeugmehrbedarf und längeren Fahrzeiten führen
Städtebauliche Auswirkungen	Benötigt am meisten Platz, kann aber durch verschiedenen Oberbauformen gut integriert werden	Kann bei engen Platzverhältnissen gut integriert werden	Kann bei engen Platzverhältnissen am besten integriert werden
Empfehlung	Grundsätzliche Bauform	Max 20 % der Strecken, lokal immer zu prüfen	Zu vermeiden, starke betriebliche Nachteile

Tabelle 3 Vergleich Betriebsformen Tram

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Betriebsform

Besonderer Bahnkörper 2-gleisig; ungestörter Betrieb auf eigenem Gleiskörper (besonderer Bahnkörper gem. BOStrab) als Grundsatz der gesamten Trassenstudie. Ausnahmen möglich, idealerweise für nicht mehr als 20 % der Strecken, um die betrieblichen Projektziele zu erreichen. Bei höheren Werten über 20 % muss die betriebliche Simulation zeigen, wie die Effekte sich insgesamt auswirken und die Projektziele trotzdem erreichbar sind.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

BRT

Folgende Möglichkeiten kommen für BRT in Frage:

- Typ 1: Eigene Bustrasse durch bauliche Anpassungen: Diese Betriebsform erlaubt den ungestörten Betrieb auf eigener Fahrbahn (vergleichbar mit besonderem Bahnkörper gem. BOStrab) als Grundsatz der gesamten Trassenstudie. Dieser Typ sollte, analog Tram, mindestens 80 % des Netzes ausmachen, um die Projektziele erreichen zu können. Bei Werten unter 80 % muss die betriebliche Simulation zeigen, wie die Effekte sich insgesamt auswirken und die Projektziele trotzdem erreichbar sind.
- Typ 2: Eigene Bustrasse durch Markierung/Beschilderung: Diese Form ist nach Möglichkeit zu vermeiden, da sie deutlich störanfälliger ist und nicht mehr dem Prinzip des Hochwertigen ÖPNV entspricht.
- Typ 3: Gemeinsam mit dem MIV genutzte Mischverkehrsfläche: Diese Betriebsform ist grundsätzlich zu vermeiden und nur in Ausnahmefällen (z.B. städtebaulich, Platzverhältnisse) denkbar, sie muss intensiv auf ihre betrieblichen Folgewirkungen im Netz mit dem Betriebsmodell geprüft werden.
- Typ 4: Bustrasse mit Rasen in Mittellage (eine Gestaltungsform, die funktional identisch mit Typ 1 ist). Diese Betriebsform erlaubt den ungestörten Betrieb auf eigener Fahrbahn und kann wie Typ 1 in Bereichen zur Anwendung kommen, die durch eine grüne Trasse aufgewertet werden. Anders als im Fall Tram ist aber aufgrund der fehlenden Spurführung zu erwarten, dass die BRT-Reifen immer wieder einmal über Teile des Rasens fahren werden. Das ist in einem Seeklima an der Küste mit mehr Regentagen nicht ideal und kann sehr schnell zu unansehnlichen Trassen führen. Dazu kann Erde auf der Trasse der Reibungskoeffizient zwischen Rad und Betonoberfläche verringern und somit zu einer verringerten Bremswirkung führen. Deswegen wird diese Oberbauform in Kiel nicht empfohlen.



Abbildung 5 Betriebsformen BRT

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

EMPFEHLUNG FÜR BRT KIEL

Betriebsform

Eigene Bustrasse durch bauliche Anpassungen als Grundsatz der gesamten Trassenstudie. Ausnahmen möglich, idealerweise für nicht mehr 20 % der Strecken, um die betrieblichen Projektziele zu erreichen. Bei Werten über 20 % muss die betriebliche Simulation zeigen, wie die Effekte sich insgesamt auswirken und die Projektziele trotzdem erreichbar sind.

3.3 Haltestellenabstände (Tram und BRT)

Die Haltestellenabstände sind auf das Nachfragevolumen abzustellen. Im Kernbereich, z.B. Innenstadt und höher verdichtete Gegenden, können diese auf bis zu 400 m verringert werden, insgesamt sollte im Außenbereich ein Zielwert von 700 m – 1000 m angestrebt werden, um eine hohe Reisegeschwindigkeit zu erreichen.

Haltestellenabstände	Abstand bis zu 400 m	Abstand 400 bis 700 m	Abstand 700 – 1000 m
Nachfrage/Fahrgast	Beste Erschliessung, kurze Wege zur Haltestelle, aber längere Fahrzeiten wegen Mehrhalte	Mittlere Erschliessung, mittlere, aber noch akzeptable Wege zur Haltestelle, weniger Auswirkungen auf Fahrzeiten wegen Mehrhalte	Schlechtere Erschliessung, längere, aber noch akzeptable Wege zur Haltestelle, geringste Auswirkungen auf Fahrzeiten wegen Mehrhalte
Betriebliche Auswirkungen	längere Fahrzeiten wegen Mehrhalten	weniger Auswirkungen auf Fahrzeiten wegen Mehrhalte	geringste Auswirkungen auf Fahrzeiten wegen Mehrhalte
Wirtschaftlichkeit	Längste Fahrzeiten, höchster Fahrzeugbedarf, höchste Investitionen	Mittlerer Fahrzeiten, mittlerer Fahrzeugbedarf, mittlere Investitionen	Geringste Fahrzeiten, geringster Fahrzeugbedarf, geringste Investitionen
Städtebauliche Auswirkungen	In allen Fällen vergleichbar, Haltestellen können ein lokales Gebiet immer aufwerten bei guter Gestaltung und Integration	In allen Fällen vergleichbar, Haltestellen können ein lokales Gebiet immer aufwerten bei guter Gestaltung und Integration	In allen Fällen vergleichbar, Haltestellen können ein lokales Gebiet immer aufwerten bei guter Gestaltung und Integration
Empfehlung	Kernbereiche mit hoher Nachfrage (Quelle oder Ziel) 	Zwischen Kernbereichen und Aussenbereichen 	Bereiche mit weniger Quellen oder Zielen, die schneller zu durchfahren sind (eher Aussenbereiche) 

Tabelle 4 Haltestellenabstände Tram und BRT

EMPFEHLUNG FÜR TRAM UND BRT KIEL

Haltestellenabstände

Kernbereich bis zu 400 m, Außenbereich 700 m – 1000 m

3.4 Reisegeschwindigkeit (Tram und BRT)

Die Reisegeschwindigkeit ist ein sehr wichtiger Faktor, um Fahrgäste vom PKW zu gewinnen. Ältere Tramsysteme weisen oft aufgrund der straßenbündigen Abschnitte und

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

indirekteren Linienführungen Reisegeschwindigkeiten von 16 bis 18 km/h auf. Reisegeschwindigkeiten von 25 bis 30 km/h oder mehr können im städtischen Bereich nur durch U-Bahn-ähnliche Systeme erreicht werden, wobei dann aber die Bau- und Betriebskosten überproportional steigen. Auch hat die Grundlagenstudie gezeigt, dass tunnelgebundene ÖPNV-Systeme für Kiel nicht wirtschaftlich sind.

Reisegeschwindigkeit	Bis zu 20 km/h	20 bis 23 km/h	23-27 km/h
Nachfrage/Fahrgast	Längere Fahrzeiten sind für Fahrgäste nicht attraktiv, Nachfrage geht zurück	Für ein Tramsystem ist dieser Bereich eine gute Balance zwischen attraktiven Fahrzeiten (auch im Vergleich zum IV) und Nachteilen für andere Verkehrsteilnehmer. Die höchste Nachfrage wird hier erwartet.	Kürzere Fahrzeiten sind für Fahrgäste attraktiv, Nachfrage punktuell am höchsten, aber meistens erfolgt das auf Kosten der Erschließung.
Betriebliche Auswirkungen	Höherer Fahrzeugbedarf, mehr Personalbedarf	Mittlerer Fahrzeugbedarf, mittlerer Personalbedarf	Geringster Fahrzeugbedarf, geringster Personalbedarf
Auswirkungen auf andere Verkehrsteilnehmer	Am geringsten, da hier am meisten Kompromisse möglich sind	Mittel	Am höchsten durch hohe notwendige Priorität und eigenen Bahnkörper
Wirtschaftlichkeit	Längste Fahrzeiten, höchster Fahrzeugbedarf, höchste Investitionen	Mittlere Fahrzeiten, mittlerer Fahrzeugbedarf, mittlere Investitionen, ergänzendes Busnetz wirtschaftlicher als bei 23-27 km/h, höchster Modal-Split	Geringste Fahrzeiten, geringster Fahrzeugbedarf, geringste Investitionen, größeres ergänzendes Busnetz notwendig
Empfehlung			

Tabelle 5 Durchschnittsgeschwindigkeit Tram und BRT

Der Zielwert für die Durchschnittsgeschwindigkeit des Systems wird auf 20 bis 23 km/h festgelegt. Wie viele vorhandene Tramsysteme zeigen, ist für ein BRT-/Tramsystem dieser Bereich eine gute Balance zwischen attraktiven Fahrzeiten (auch im Vergleich zum IV) und Nachteilen für andere Verkehrsteilnehmer. Die höchste Nachfrage wird hier erwartet. In der Trassenstudie wurde diese Geschwindigkeit mit einer dynamischen Fahrzeitsimulation inkl. Störungen und Unregelmäßigkeiten, dem Open Track Modell, immer wieder geprüft und somit die Infrastrukturplanung begleitet werden (siehe Dokumentation AP E-111).

EMPFEHLUNG FÜR TRAM UND BRT KIEL

Durchschnittsgeschwindigkeit

Der Zielwert für die Durchschnittsgeschwindigkeit des Systems wird auf 20-23 km/h festgelegt, um attraktive Fahrzeiten für die Fahrgäste und einen positiven Nutzen-Kosten-Indikator zu erreichen.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

3.5 Barrierefreiheit (Tram und BRT)

Die vollständige Barrierefreiheit ist zu gewährleisten. Das ist eine gesetzliche Vorgabe ab 2022 in allen ÖV-Netzen. In dem zum 01. Januar 2013 erneuerten PBefG kommt der Barrierefreiheit im ÖPNV eine deutlich erhöhte Bedeutung zu. Die aktualisierte Vorschrift des § 8 Abs. 3 S. 3 PBefG verlangt, dass der Nahverkehrsplan des ÖPNV Aufgabenträgers die Belange der in ihrer Mobilität oder sensorisch eingeschränkten Menschen mit dem Ziel zu berücksichtigen hat, für die Nutzung des ÖPNV bis zum 01. Januar 2022 eine vollständige Barrierefreiheit zu erreichen. Diesen Tatbestand muss auch die Trassenstudie berücksichtigen. Weitere Ausführungen finden sich in den jeweiligen Abschnitten Infrastruktur und Fahrzeuge.

EMPFEHLUNG FÜR TRAM UND BRT KIEL

Barrierefreiheit

Die vollständige Barrierefreiheit ist zu gewährleisten. Das ist eine gesetzliche Vorgabe ab 2022 in allen ÖV-Netzen. Weitere Ausführungen finden sich in den jeweiligen Abschnitten Infrastruktur und Fahrzeuge.

3.6 Nachfrage, notwendige Fahrzeugkapazität und -anzahl, Takt

Die Nachfrage und der Takt auf Hauptachsen als Dimensionierungswert wurde zu Beginn der Trassenstudie aus der Grundlagenstudie übernommen, da im Rahmen von der Nutzen-Kosten-Untersuchung (Siehe Dokumentation AP F-110) erst im Jahr 2022 neue Werte berechnet wurden. Im Rahmen der Berechnungen im Verkehrsmodell der Kiel Region sind dann im Jahr 2022 für das Kernnetz (Länge 35,8 km) mit 4 Linien folgende Nachfragewerte abgeschätzt worden, welche die Basis für die Fahrzeuganzahl sind. Eine genauere Herleitung findet sich in den Dokumentationen der AP F-110 und E-111:

Tram

- Nachfrage auf Hauptachse (Siehe Dokumentation AP F-110)
 - Ca. 60.000 Fahrgäste/Werktag bei 10-Minuten-Takt, im gesamten Tramsystem ca. 153.000 Fahrgäste/Werktag
 - Am stärksten belasteter Querschnitt in der Hauptverkehrszeit am Werktag (beide Richtungen) Morgenspitzenstunde liegt zwischen Andreas-Gayk-Straße und Holstenbrücke: 5.400 Fahrgäste
- Takt auf Hauptachse
 - 10 Minuten Takt auf den Außenästen, 2-3 Minuten-Takt im zentralen Abschnitt bei 4 überlappenden Linien
- Fahrzeugkapazität (siehe Kapitel 5.2)
 - Fahrzeugkapazität ca. 325 Fahrgäste des 45 m Fahrzeugs (alle Sitzplätze und 4 Personen pro m² Stehplatzfläche)

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

- Fahrzeugkapazität ca. 375 Fahrgäste des 54 m Fahrzeugs (alle Sitzplätze und 4 Personen pro m² Stehplatzfläche)
 - Für die Dimensionierung des Netzes ist davon 65% ansetzbar
- Resultierende Fahrzeuganzahl (inkl. 10 % Reserve)
 - 20 Fahrzeuge Länge 45 m
 - 23 Fahrzeug Länge 54 m

BRT

- Nachfrage auf Hauptachse (Siehe Dokumentation AP F-110)
 - Ca. 63.000 Fahrgäste/Werktag bei 10-Minuten-Takt, im gesamten Tramsystem ca. 165.000 Fahrgäste/Werktag
 - Am stärksten belasteter Querschnitt in der Hauptverkehrszeit am Werktag (beide Richtungen) Morgenspitzenstunde liegt zwischen Andreas-Gayk-Straße und Holstenbrücke: 5.800 Fahrgäste
- Takt auf Hauptachse
 - 5 Minuten Takt auf den Außenästen, 1-1,5 Minuten-Takt im zentralen Abschnitt bei 4 überlappenden Linien
- Fahrzeugkapazität (siehe Kapitel 5.2)
 - Fahrzeugkapazität ca. 160 Fahrgäste des 25 m Fahrzeugs (alle Sitzplätze und 4 Personen pro m² Stehplatzfläche)
 - Für die Dimensionierung des Netzes ist davon 65% ansetzbar
- Resultierende Fahrzeuganzahl (inkl. 10 % Reserve)
 - 88 Fahrzeuge Länge 25 m

EMPFEHLUNG FÜR TRAM UND BRT KIEL

Takt und notwendige Fahrzeuganzahl

Das Tramsystem verkehrt im 10-Minuten-Takt auf allen Linien und benötigt 43 Fahrzeuge. Das BRT-System verkehrt im 5-Minuten-Takt auf allen Linien und benötigt 88 Fahrzeuge.

3.7 Endhaltestellen

Tram

Endhaltestellen sind idealerweise so zu platzieren, dass grundsätzlich eine Weiterführung in die Region (wenn sich die Stelle mit Übergang zum EBO-Netz anbietet) oder eine Streckenverlängerung innerhalb der Stadt machbar ist. Stumpfgleise mit Gleiswechseln sind erforderlich für den Zweirichtungsbetrieb, Wendeschleifen werden bei einem Zweirichtungsbetrieb für eine Tram nicht benötigt.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

BRT

Endhaltestellen sind so zu platzieren, dass eine Weiterführung in die Region noch denkbar ist, wobei die Lage etwas flexibler als im System Tram zu sehen ist. Wendeanlagen werden benötigt.

EMPFEHLUNG FÜR TRAM UND BRT KIEL

Endhaltestellen

Endhaltestellen sind so zu platzieren, dass grundsätzlich eine Weiterführung in die Region machbar ist. Für die Tram sind Stumpfgleise zu planen, für den BRT Wendeanlagen.

3.8 Betriebsstabilität (Tram und BRT)

Es ist idealerweise eine 100 %ige Priorisierung an Kreuzungen für attraktive Fahrzeiten notwendig und in der gesamten Planung anzustreben, in der Trassenstudie wurden die Auswirkungen mit dem Betriebsmodell überprüft und auch die Auswirkungen auf den motorisierten Individualverkehr (MIV) lokal an wesentlichen Kreuzungen ermittelt (siehe Dokumentation AP E-111). Im Fall Tram sind zusätzlich Gleiswechsel an betrieblich sinnvollen Stellen (betriebliche Erfahrungen aus anderen Netzen zeigen ca. alle 2 km) zu planen. Dies kann noch im weiteren Planungsverlauf erfolgen, muss aber spätestens in der Phase Entwurf festgelegt werden.

EMPFEHLUNG FÜR TRAM UND BRT KIEL

Priorisierung

Es ist eine volle 100 % Priorisierung an Kreuzungen für attraktive Fahrzeiten anzustreben, wobei die Auswirkungen auf den motorisierten Individualverkehr (MIV) zu ermitteln und abzuschätzen sind. Wenn diese volle Priorität nicht möglich ist, sind die Auswirkungen einer reduzierten Priorität auf die Fahrzeiten und auf den Nutzen-Kosten-Indikator in den Projektphasen zu verfolgen und zu dokumentieren.

3.9 Erste Inbetriebnahmestufe (Tram und BRT)

Die erste Inbetriebnahmestufe des Kernnetzes muss allein voll funktionsfähig sein und so geplant werden, dass die betriebliche Leistungsfähigkeit (Knotenpunkte, Streckenabschnitte, innerstädtische Bereiche mit dichteren Takten, Haltestellenlänge etc.) eine Netzerweiterung mit so geringen Anpassungen wie möglich erlaubt, d.h. Netzerweiterungen müssen von vornherein mitgedacht werden. Auch muss das Depot bereits an der ersten Inbetriebnahmestufe liegen. In der Trassenstudie ist die erste Inbetriebnahmestufe in der Dokumentation AP E-130 Realisierungsterminplan enthalten.

EMPFEHLUNG FÜR TRAM UND BRT KIEL

Erste Inbetriebnahmestufe

Die erste Inbetriebnahmestufe des Kernnetzes muss allein voll funktionsfähig sein. Die betriebliche Leistungsfähigkeit erlaubt eine Netzerweiterung mit so geringen Anpassungen wie möglich.

3.10 Energieversorgung

Tram

Die gegenwärtig am häufigsten verwendete Technologie und somit die herkömmlichste Antriebstechnologie im Bahnsektor ist das Fahren unter Fahrdrabt. Die Oberleitung ist ein sehr bewährtes System, das sich nicht nur als wirtschaftlichste Lösung der Stromversorgung für Straßen- und Stadtbahnen kennzeichnet, sondern auch einen geringen ökologischen Fußabdruck aufweist. Auch was den Wirkungsgrad (Ausnutzungsgrad der zu Verfügung gestellten Primärenergie) angeht, ist der Fahrdrabt mit 80 % die bestmögliche Lösung (Quelle: Miklautz, 2019).

Die Erfahrungen der seit den 1990er Jahren in Frankreich neu entstandenen Netze zeigen, dass eine städtebaulich verträgliche Integration (auch Oberleitung ohne Tragseil) auch bei der klassischen Oberleitung machbar ist.

Wie in der untenstehenden Tabelle herausgearbeitet, ist eine Energieversorgung mit 750 V Gleichstrom über Oberleitung der Planungsstandard und erlaubt auch einen Regiotram-Betrieb. Solange die Planung mit 750 V Oberleitung erfolgt, können zu einem späteren Zeitpunkt technische Entwicklungen, wie z.B. Wasserstoff als Primärtriebsquelle oder Batterien, immer noch berücksichtigt werden.

Nicht empfohlen, aber theoretisch denkbare Alternativen sind der Betrieb ohne Oberleitung und eine Oberleitung mit Gleichstromspannung bis 1.500 V für innerstädtische Verkehre. Die Argumente sind in der untenstehenden Tabelle zusammengefasst. Nicht machbar ist der Betrieb unter 15/25 kV Wechselstrom, was nur im Vollbahnbereich vorkommt (im innerstädtisch bebauten Raum sind die Abstände zur Bebauung oft deutlich zu gering).

In der Trassenstudie sind weitere Ausarbeitungen in der Dokumentation AP E-161 Elektrische Anlagen enthalten.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

	750 V Gleichstrom	1.500 V Gleichstrom	15 kV Wechselstrom	Gesamtes Netz Ohne Oberleitung
Betrieb Stadtnetz (BOStrab) möglich	Ja, mit oder ohne Tragseil	Ja, mit oder ohne Tragseil, aber kein Anwendungsfall in Deutschland bisher	nein	Nein, ohne Zwischenladung nicht machbar. Kein Anwendungsfall in Deutschland bisher
Investitionen	Gut und planbar, Standard in der Industrie, breites Anbieterfeld, mehr Unterwerke als bei 1.500 V	Gut und planbar, nicht Standard in der Industrie, aber noch normales Anbieterfeld, weniger Unterwerke	Unbekannt Keine Anwendungsfälle im innerstädtischen Bereich bekannt, Normenlage lässt das nicht zu	Je nach Lösung geringerer Investition in Infrastruktur, aber höhere Betriebskosten (Fahrzeug)
Anzahl Unterwerke	Alle 1,5 bis 2 km	Alle 3-4 km	Ein Unterwerk kann längere Abschnitte je nach Taktichte von 20-25 km versorgen	keine
Regiotram-Betrieb möglich	Ja, Standard-Zweissystemfahrzeuge	Ja, Angepasste Zweissystemfahrzeuge	Nein	Batterien auf dem Fahrzeug notwendig, welche den Platzbedarf auf dem Dach und das Fahrzeuggewicht erhöhen, Regiotram Betrieb wird schwieriger
Empfehlung		Kann eine Alternative sein, wenn es Probleme im 750 V Fall mit den Plätzen für Unterwerke gibt	Nicht machbar 	Kürzere Abschnitte sind denkbar, die gesamte Netzplanung sollte nicht auf dieser unerprobten Variante basieren 

Tabelle 6 Stromversorgung Tram

Vertiefte Aussagen zu einem abschnittswisen Betrieb ohne Oberleitung werden im Kapitel 5 Fahrzeuge getätigt.

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Energieversorgung

Eine Energieversorgung mit 750 V Gleichstrom über Oberleitung ist der Planungsstandard.

BRT

Für ein BRT kommt, wie bei der Tram, auch eine durchgehende 750 V Oberleitung als Lösung in Frage. Alternativen sind eine partielle Oberleitung mit Fahrzeugen, die einen eigenen Energiespeicher (hier Batterie) mitführen oder eine induktive Ladung aus der Trasse. Erste Erfahrungen mit Batteriebusen sind in Kiel bereits vorhanden, wobei diese an den Endpunkten geladen werden und somit dort länger stehen müssen, was zu Fahrzeugmehrbedarf führt.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

	Betrieb hauptsächlich mit Oberleitung 750 V	Betrieb mit Batterie und punktueller Ladung, ggf. mit partieller Oberleitung	Betrieb mit einer induktiven Stromzuführung aus der Trasse (ohne Oberleitung)
Betrieb Stadtnetz möglich	Ja, aber in Deutschland nur zwei Anwendungsfälle (Esslingen, Solingen). Klassisches Beispiel: Trolley-Bus in der Schweiz	Ja, kommende Technologie. In vielen deutschen Städten auch in Kiel.	Ja, aber bisher nur zwei Testfälle (Mannheim und Braunschweig bekannt)
Betriebliche Auswirkungen	Zuverlässige Technik unter allen Wetterbedingungen. Je nach Technologie ist sogar Weiterfahrt ohne Oberleitung möglich.	Aufladen an einzelnen Punkten führt zu längeren Standzeiten und negativen Betriebsauswirkungen. Bei Nutzung partieller Oberleitung ist das nicht der Fall.	Geringere Zuverlässigkeit als klassisches OL-System, witterungsempfindlicher. Weiterfahrt nur mit zusätzlicher Technologie möglich.
Wirtschaftlichkeit	Höhere Kosten für die Infrastruktur (ca. 1 M€ / km). Betriebskosten vergleichbar mit reinen E-Bussen. Wartungskosten höher als bei reinen E-Bussen, wenig technische Synergien mit restlicher E-Busflotte.	Größerer Markt für E-Busse als für Oberleitungsbusse. Doppelgelenkbusse jetzt schon als Hybridbusse verfügbar und in wenigen Jahren vollelektrisch.	Deutlich höhere Investitionen und auch Betriebskosten
Städtebauliche Auswirkungen	Hoher visueller Einfluss durch komplizierten Oberleitungsaufbau. Querschnittsbreite: mit Masten höher als bei Tram	Je nach Lösung nur geringer visueller Einfluss hauptsächlich an den Ladepunkten. Partielle Oberleitung hat größeren Einfluss.	Geringer visueller Einfluss
Empfehlung	Kein Standard Höherer Platzbedarf Städtebauliche Auswirkung 	Kommende Technologie Betrieblich flexibel Städtebaulich integrierbar 	Kein Standard Höhere Kosten Beste städtebauliche Lösung 

Tabelle 7 Stromversorgung BRT

Ein reiner Oberleitungs-Busbetrieb führt zu höheren Investitionskosten in die Infrastruktur (im Vergleich zur partiellen Oberleitung) und höherem Flächenbedarf (bis zu einem Meter breiterer Querschnitt). Außerdem ist ein komplizierter Oberleitungsaufbau (auch im Vergleich zur Tram bei Einfachfahrleitung) notwendig, da der Rückleiter, welcher bei dem System Tram die Schiene ist, beim BRT aufgrund der Gummireifen, als zweite Oberleitung installiert ist. Dieser hat einen hohen visuellen Einfluss. Auch ergeben sich wenig bis keine Synergien bei der Depotlösung und Wartung mit ohnehin zu beschaffenden städtischen E-Bussen (doppelte technische Lösung), bei BRT-Bussen mit Batterien wären technische Synergieeffekte erzielbar (Wartung, Ersatzteile, Qualifikation des Personals, etc.). Die regionale Erweiterung wäre auch teurer, da alle weiterführenden Strecken elektrifiziert werden müssten, wenn Fahrzeuge keinen Energiespeicher besitzen (wie z.B. bei In-Motion-Charging (IMC) + Batterie). Diese Lösung wird deswegen als Planungsparameter nicht empfohlen.

In der Trassenstudie sind weitere Ausarbeitungen in der Dokumentation AP E-161 Elektrische Anlagen enthalten.

EMPFEHLUNG FÜR BRT KIEL

Energieversorgung

Eine Energieversorgung mit 750 V Gleichstrom über Oberleitung ist der Planungsstandard, wobei die Oberleitung nicht im gesamten System errichtet werden muss (partielle Oberleitung) und insbesondere in den zentralen Innenstadtbereichen weggelassen werden kann. Linien sollten mindestens unter 30% Oberleitungen verkehren.

3.11 Signaltechnische Einrichtungen

Tram

Der Betrieb nach BOStrab sieht generell das Fahren auf Sicht vor (§49). Dies ist bis zu Streckenhöchstgeschwindigkeiten von 70 km/h für straßenabhängige Bahnen möglich. Bei höheren Geschwindigkeiten oder in Tunneln müssen die Strecken mit einer Zugsicherung (§22) ausgestattet werden, um den sicheren Betrieb gewährleisten zu können.

Demzufolge kann davon ausgegangen werden, dass Tramfahrzeuge, die ausschließlich im Innenstadtbereich betrieben werden, nicht mit Zugsicherungseinrichtungen ausgestattet werden. Fahrsignalanlagen und die zugehörigen Prozesse an Lichtsignalanlagen (Anforderung durch das Fahrzeug, An- und Abmeldung an der Querung) im innerstädtischen Betrieb sind mit dem heutigen Stand der Technik der Fahrzeugindustrie ausreichend abgedeckt, d.h. alle Fahrzeughersteller können hier unterschiedliche Systeme in ihre Fahrzeugplattformen integrieren.

Eisenbahnstrecken müssen nach § 15 der EBO mit einem Zugsicherungssystem ausgerüstet sein, sobald mehrere Bahnen auf den Strecken mit einer Geschwindigkeit über 50 km/h verkehren. Die Regiotramfahrzeuge, für die Bedienung der Region, müssen entsprechend der streckenseitigen Ausrüstung der zu befahrenden EBO-Strecken mit einem Zugsicherungssystem ausgestattet werden. Eine zukünftige Aus-/Umrüstung der Fahrzeuge auf ETCS (European Train Control System) sollte berücksichtigt werden, wie es bereits in anderen Ausschreibungen Standard ist.

In der Trassenstudie sind weitere Ausarbeitungen in der Dokumentation AP E-170 Signalisierung enthalten.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Signaltechnische Einrichtungen

Für die Fahrzeuge im innerstädtischen Betrieb nach BOStrab ist keine Zugsicherung notwendig. Es sind BOStrab-Fahrsignalanlagen und deren zugehörige Prozesse an Knotenpunkten zu implementieren, um die volle Priorisierung an Knotenpunkten für die Tram zu gewährleisten. Eine Meldungsübertragung für Weichen und Signalanlagen, auch mit der Option der Übertragung von Befehlen der Infrastruktur an das Fahrzeug, ist zur Anforderung von Weichen und Fahr- und Lichtsignalanlagen vorzusehen.

BRT

Der Betrieb für BRT auf eigener Trasse wird in ähnlicher Form wie für die Tram signalisiert. Nur ist die Grundlage nicht die BOStrab, sondern die Signale aus den Richtlinien für Signalanlagen (RiLSA) – Lichtsignalanlagen für den Straßenverkehr, Ausgabe 2015. Es sind Fahrsignalanlagen und die zugehörigen Prozesse an Lichtsignalanlagen (Anforderung durch das Fahrzeug, An- und Abmeldung an der Querung) im innerstädtischen Betrieb erforderlich. Dabei ist die Technik, die zukünftig im Busbereich zur Priorisierung in Kiel genutzt werden soll, mit zu berücksichtigen, da es auf einem BRT-Netz auch zu Trassen mit Mischnutzung von anderen Bussen kommen kann.

In der Trassenstudie sind weitere Ausarbeitungen in der Dokumentation AP E-170 Signalisierung enthalten.

EMPFEHLUNG FÜR BRT KIEL

Signaltechnische Einrichtungen

Es sind Fahrsignalanlagen und deren zugehörigen Prozesse an Knotenpunkten nach der RiLSA zu implementieren, um die volle Priorisierung an Knotenpunkten für BRT zu gewährleisten.

4 Planungsparameter Tram und BRT: Infrastruktur

4.1 Trassierung

Tram

Bei der Trassenplanung muss die TRStrab Trassierung¹ eingehalten werden. Dadurch ergeben sich jeweils Anforderungen an die Trassierung, das Fahrzeug und die Infrastruktur. Geringer Verschleiß an der Infrastruktur und am Fahrzeug, der zu einer langen Lebensdauer und möglichst geringen Betriebskosten führt, ist der wichtigste Grundsatz der Trassierung, wobei auch andere Aspekte wie Minimierung von Lärm und Erschütterung technisch eine Rolle spielen.

Nr.	Parameter	Wert
1	Horizontalradius	Grundwert: 40 m Ausnahmewert: 25 m
2	Vertikalradius (Kuppe/Wanne)	Grundwert: $R \geq 1000$ m Ausnahmewert: $R \geq 525$ (nicht in Kombination mit horizontaler Ausrundung) Kuppen / Wannen sollten, wenn möglich, in der Geraden liegen.
3	Steigung	Grundwert: 4 % Ausnahmewert: 6 %
4	Überhöhung	Im Straßenraum und bei überfahrbarem Bahnkörper oder in Bereichen mit Steigungen über Grundwert: Keine oder maximal analog Straßenniveau Im Schottergleis oder nicht überfahrbarem Bahnkörper 150 mm Überhöhung maximal
5	Überhöhungsrampe	Grundwert: 1/400 Ausnahmewert: 1/300
6	Trassierung Haltestellenbereich	Grundwert: Haltestellen müssen in der Geraden liegen Ausnahmewert: Radius mindestens 500 m horizontal und mindestens 3500 m vertikal

¹ Technische Regeln für Straßenbahnen - Trassierung von Bahnen (TRStrab Trassierung)

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Nr.	Parameter	Wert
		Länge gerade Strecke (Radius unendlich) entspricht der Bahnsteiglänge plus 10 m an jedem Ende Ausnahmewert: keiner, ggf. bedarfsweise Diskussion
7	Übergangskurve (Klotoide), Ruck	TRStrab Trassierung

Tabelle 8 Trassierungsparameter Tram

Zusätzliche Anmerkungen:

- Grundsätzlich erlaubt die TRStrab Trassierung eine Kombination aller Regelwerte, aber keine Kombination von Ausnahmewerten. Darüber hinaus ist es nicht sinnvoll, große Gefälle/Steigungen (> 3%) mit horizontalen Radien < 80 m zu kombinieren².

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Trassierung

Basis ist die TRStrab Trassierung (nach BOStrab). Weiterführende Werte sind immer mit Grundwert- und Ausnahmewert definiert.

BRT

Für BRT gibt es keine klare Vorgabe, wie bei der Tram mit der TRStrab Trassierung. Es gelten die Richtlinien für Anlagen von Stadtstraßen, RAS 2006 als Grundsatz. Die RAS ist als anerkannte Regel der Technik verbindlich anzuwenden. Weiterhin wurden weiterführende Werte für Doppelgelenkbusse, welche auf der VDV 10010 sowie den BRT-Richtlinien aus Schweden (Energimyndigheten / Sveriges Bussföretaget / Trafikverket 2015, [Guidelines för attraktiv kollektivtrafik med fokus på BRT](#)) und den Trassierungsrichtlinien für Stadtbusse aus Finnland (Suomen Paikallisliikenneliitto – finnischer Nahverkehrsverband, [Trassierungsrichtlinien für Stadtbusse](#)) basieren, herangezogen:

² Grundlagen der Trassierung sind u.a. "Sicherheit, Geschwindigkeit, Fahrdynamik mit Fahrkomfort und eine wirtschaftliche Instandhaltung" und darum sollten große Neigungen mit kleinen Gleisbögen und evtl. noch in vertikalen Abrundungen vermieden werden.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Nr.	Parameter	Wert
1	Horizontalradius	Grundwert: 25 m in Anlehnung an die BOStrab Ausnahmewert: 12,50 m Außenradius und 7,50 m Innenradius der Hüllkurve z.B. im Depot, „BOKraft-Kreis“
2	Vertikalradius (Kuppe/Wanne)	Grundwert: $R \geq 625$ m für Kuppen und Wannen Ausnahmewert: $R \geq 100$ m für Kuppen, $R \geq 150$ für Wannen
3	Steigung	Grundwert: 6 % Ausnahmewert: 9 %
4	Überhöhung	Grundwert: 150 mm Überhöhung maximal Ausnahmewert: keiner
5	Überhöhungsrampe	Nicht relevant für BRT
6	Trassierung Haltestellenbereich	Grundwert: Haltestellen müssen in der Geraden liegen, Länge gerade Strecke (Radius unendlich) entspricht der Bahnsteiglänge plus 10 m an jedem Ende Ausnahmewert: keiner, ggf. bedarfsweise Diskussion
7	Übergangskurve (Klotoide), Ruck	Grundwert: maximal $0,4 \text{ m/s}^3$ Ausnahmewert: maximal $0,67 \text{ m/s}^3$

Tabelle 9 Trassierungsparameter BRT

Anmerkung: Es ist zu beachten, dass die genannten Radien Mindestwerte sind. Ausreichend Platz für die Übergangskurven (Klotoide) muss mit eingeplant werden.

EMPFEHLUNG FÜR BRT KIEL

Trassierung

Basis sind die Richtlinien für Anlagen von Stadtstraßen (RASt 2006). Weiterführende Werte sind immer mit Grundwert- und Ausnahmewert definiert.

4.2 Spurweite (nur Tram)

Die Spurweite beträgt 1.435 mm, das ist der EBO/UIC-Standard in West-Europa und diese Spurweite eignet sich überhaupt für Regiotram-Betrieb.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

	1.435 mm Normalspur	1.000 mm Meterspur
Betrieb Stadtnetz (BOStrab) möglich	ja	ja
Regiotram Betrieb möglich	ja	Nein
Fahrkomfort	Hoch	Etwas geringer als bei Normalspur
Wirtschaftlichkeit	Standard in neuen Netzen, Industrie (Infrastruktur und Fahrzeuge) bietet hier die günstigsten Preise	Kein Standard in neuen Netzen, Höhere Preise für Infrastruktur und Fahrzeuge sind zu erwarten
Empfehlung	 ✓ Empfehlung Tram	

Tabelle 10 Spurweite Tram

Die alternative Meterspur 1.000 mm, die auch historische Gründe hat und bei neuen Netzen nicht mehr zur Anwendung kommt, wird nicht empfohlen.

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Spurweite

1.435 mm

4.3 Schienenprofil (nur Tram)

Im Allgemeinen werden in allen Stadtbahnsystemen zwei verschiedene Querschnittsgrundformen als Fahrschienen für spurgeführte Nahverkehrsbahnen eingesetzt: Die rillenlose Schiene und die Rillenschiene. Die rillenlose Schiene, auch Vignolschiene genannt, wird bei Bahnen nach EBO fast ausschließlich verwendet. Bei Systemen, die nach BOStrab ausgelegt sind, finden diese auf unabhängigem sowie auf besonderem Bahnkörper ebenfalls Anwendung, da sie die wirtschaftlichste Lösung ist. Sie ist aber nicht überfahrbar und kann somit in Mischbereichen mit anderen Verkehren nicht zum Einsatz kommen.

Rillenschienen werden auf Grund des integrierten Spurkanals für den Spurkranz des Rades vorwiegend für Gleisanlagen mit straßenbündigem Bahnkörper oder an Bahnübergängen angewendet.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Im Verkehrsraum öffentlicher Straßen darf die Rillenweite bei Gleisen in gleichlaufenden Straßenfahrbahnen im geraden Gleis nicht größer als 45 mm, im Bogen und im Bereich der Zungenspitzen von Weichen nicht größer als 60 mm sein (TR Spurführung).

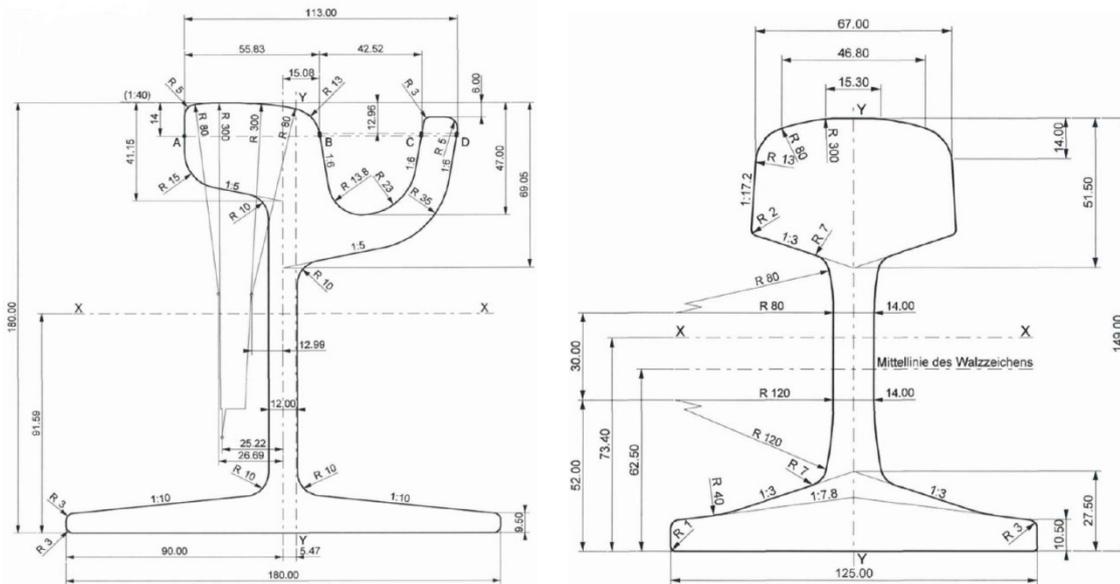


Abbildung 6 Rillenschiene 59R2 und Vignolschiene 49E1 (Maße in mm)

Um ein gutes Verschleißverhalten sowohl des Rades als auch der Schiene zu erreichen, sind Schienenprofile zu wählen, bei welchen die Geometrie des Schienenkopfes zwischen Vignol- und Rillenschiene übereinstimmt. Dies ist bei den Profilen 59R2 (Rillenschiene) und 49E1 bzw. 54E1 bei der in Deutschland üblichen Einbauneigung der Vignolschienen von 1:40 der Fall.

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Schienenprofil

Rillenschiene 59R2 + Vignolschienen 49E1 oder 54E1

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

4.4 Barrierefreiheit (Tram und BRT)

Maßgeblich für die Gestaltung öffentlicher Verkehrsflächen (damit auch Haltestellen) ist die DIN 18040-3:

- Stufenloser Zugang zu den Bahnsteigen
- Rampenneigung für Zugang max. 6 % über max. 10 m, bei längeren Rampen sind Zwischenpodeste erforderlich
- Mindestens 1,80 m Breite für Begegnung zweier Rollstuhlfahrer, mindestens 90 cm an Engstellen
- 1,50 m x 1,50 m vor Einstiegen zum Rangieren
- Orientierung durch Bodenindikatoren/Leitelemente gemäß DIN 32984
- Fahrgastinformation nach Zwei-Sinne-Prinzip
- Empfehlungen der VDV 7011
- Abstand zwischen Bahnsteigkante und Einbauten mindestens 2,50 m, bei punktuellen Einbauten 1,50 m
- Blindenleitsystem einheitlich zum in Stadt/Region Kiel gebräuchlichen
- Die VDV 7011 beinhaltet auch Empfehlungen an die Wahrnehmbarkeit von Markierungen, Einbauten, Fahrgastinformation etc.

EMPFEHLUNG FÜR TRAM UND BRT KIEL

Barrierefreiheit

DIN 18040-3 und VDV 7011 sollten als Grundlage bzw. allgemein anerkannte Regeln der Technik in jedem Fall eingehalten werden.

4.5 Bahnsteighöhe

Zum 1. Januar 2013 trat die Novelle des Personenbeförderungsgesetzes (PBefG) in Kraft. Für die Schaffung eines barrierefreien Öffentlichen Personennahverkehrs hat der Gesetzgeber im PBefG verankert, dass die Aufgabenträger verpflichtet sind, in Umsetzung der UN-Behindertenrechtskonvention schon bis 01. Januar 2022 die Barrierefreiheit auf den gesamten ÖPNV in Deutschland auszudehnen.

Dazu gehört es auch, Möglichkeiten zu schaffen, dass Fahrgäste mit reduzierter Mobilität die ÖPNV-Fahrzeuge ohne Hilfe Dritter betreten und verlassen können.

Außerdem legt das PBefG in §8 Abs. 3 fest, dass bei der Aufstellung von Nahverkehrsplänen Behindertenbeauftragte oder -beiräte und Verbände anzuhören sind. Von Vorteil ist, dass Planer und Entscheider die besonderen Bedürfnisse verschiedener Nutzergruppen kennenlernen und gleichzeitig die Akzeptanz für das eigene Vorgehen stärken. Aus Gründen der Akzeptanz empfiehlt es sich, Behindertenverbände in die Diskussion von Lösungen zur Barrierefreiheit für das Kernnetz in Kiel einzubeziehen.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

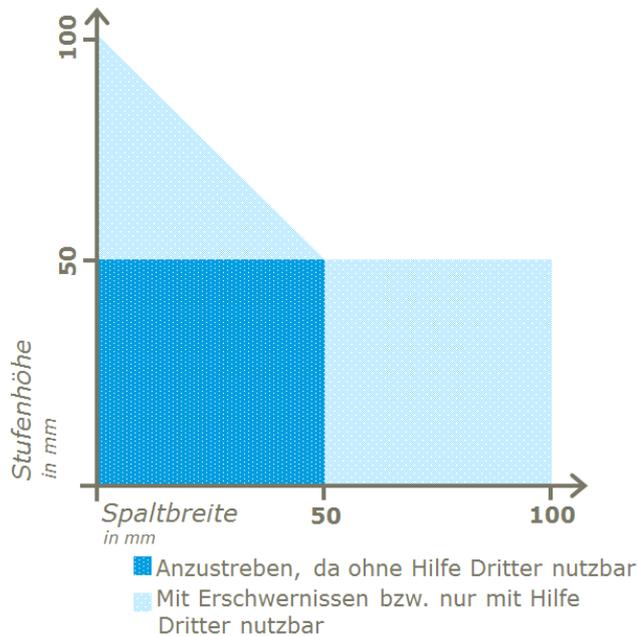


Abbildung 7 Anzustrebende Einstiegssituation – Quelle: VDV 7011, Kapitel 3.1, 11/2000

Grundsätzlich sollen Haltestellen auch ohne Längsneigung ausgeführt werden. Der Ausnahmewert ist eine maximale Steigung im Haltestellenbereich von bis zu 3 %, die – insbesondere bei Trassierung im Straßenbestand – akzeptiert werden können.

Um einen barrierefreien Zustieg entlang der gesamten Bahnsteiglänge für alle gängigen Fahrzeugkonzepte zu gewährleisten, sind jeweils vor und nach den Haltestellen gerade Abschnitte nötig. Nur so ist sichergestellt, dass die Fahrzeuge parallel am Bahnsteig stehen und der Abstand zwischen Fahrzeug und Bahnsteig so gering wie möglich ausfällt. Daraus ergibt sich das Erfordernis, dass vor und nach dem jeweiligen Bahnsteigbereich ein gerader Abschnitt von jeweils mindestens 10 Metern vorzusehen ist.

BOStrab Netz in Kiel

In Abstimmung mit den Projektzielen erfolgt die Betrachtung von der Stadt in die Region. Dies bedeutet, dass die Einstiegssituation insbesondere für den Trambetrieb im Stadtnetz optimiert sein soll. Im Falle eines Einsatzes von Regiotramfahrzeugen ist zu untersuchen, welche Maßnahmen auf den Strecken in der Region erforderlich sind, damit das Fahrzeug dort eingesetzt werden kann. Die Bahnsteighöhe in der Region wird zukünftig einheitlich 760 mm betragen, was mit einem Tramniederflurnetz nicht vereinbar ist.

Eine Bahnsteighöhe von unter 300 mm wird für das Stadtnetz nicht empfohlen, da diese fahrzeugseitig eine Reihe von Nachteilen zur Folge hat. Die Einhaltung der zu-

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

lässigen Toleranzen wird mit geringerer Einstiegshöhe aufwändiger, da auch nach unten hin Zwangsbedingungen bestehen (z.B. Bodenfreiheit, durchgehende Radsatzwellen, etc.). Des Weiteren wird die Innenraumgestaltung durch den für Fahrwerke benötigten Raum beeinträchtigt und unter der beengten Einbausituation leidet die Wartungsfreundlichkeit im Fahrwerksbereich. Gleichzeitig kann sich durch den erhöhten Platzbedarf der Fahrwerke ergeben, dass weniger Bauraum für die Motorisierung zur Verfügung steht, was auch Einfluss auf die gesamte Fahrzeugleistung nimmt.

Andererseits sind Bahnsteighöhen über 350 mm städtebaulich deutlich schwieriger zu integrieren, insbesondere bei langen Bahnsteigen stellen diese dann deutlichere Barrieren im Raum dar. Hinzu kommt, dass auch nach Abschluss der Trassenstudie nicht final geklärt ist, ob an einem geringen Teil der vorgesehenen Haltestellen auch Busse halten sollen. Für die Bedienung durch Busse müssten dann ebenfalls Lösungen gefunden werden. Beispiele hierfür lassen sich in Karlsruhe finden: Dort halten Busse und Bahnen an hintereinander angeordneten Haltestellen, die durch Rampen verbunden sind, sodass kurze Umsteigewege gewährleistet sind. Weiterführend muss bei der gleichzeitigen Bedienung von Bussen berücksichtigt werden, dass ein „Überstreichen“ beim Anfahren einer Haltestelle mit 300 mm Bahnsteighöhe nicht mehr möglich ist und somit eine detaillierte Betrachtung in Bezug auf den Abstand zwischen den Bahnsteigkanten und das Haltestellendesign erfordert.

Die Bahnsteighöhe 300 mm hat sich in vielen neue Tramnetzen als der beste Kompromiss zwischen Barrierefreiheit, städtebaulichen Aspekten, fahrzeugtechnischen Aspekten und der Wirtschaftlichkeit herausgestellt und ist eine Art „Standard“. Deswegen würde dieser Wert auch für eine reine Tram in Kiel als Planungsparameter empfohlen, der aber durch die Offenhaltung für die Regiotram (siehe folgendes Kapitel) auf 350 mm erhöht wird.

Die folgende Tabelle erläutert noch einmal die Vor- und Nachteile der verschiedenen Höhen:

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

	220 mm	250 mm	300 mm	350 mm	550 mm (oder mehr)
Fahrzeugtechnik	Sehr Komplex	Komplex	Standard	Standard	Standard
Wirtschaftlichkeit	Höchste Betriebskosten	Hohe Betriebskosten	Normale Betriebskosten	Normale Betriebskosten	Geringste Betriebskosten
Bahnsteig / Städtebau	Sehr gut	Gut	Gut	Mittel	Schlecht
Barrierefreiheit	Gut	Gut	Gut	Gut	Mittel
Regiotram-Betrieb	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja
Betrieb Tram/ Bus an einem Bahnsteig	Gut möglich	Nur mit Einschränkungen	Nicht möglich	Nicht möglich	Nicht möglich
Empfehlung	✘	✘	✔	✔	✘
			✔ Empfehlung ohne Regiotram	✔ Empfehlung mit Regiotram	

Tabelle 11 Bahnsteighöhe Tram

Bahnsteighöhe bei Berücksichtigung Regiotram

Bei einem Einsatz auf EBO-Strecken muss mindestens ein Ein- und Ausstieg gemäß TSI-PRM gewährleistet sein.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

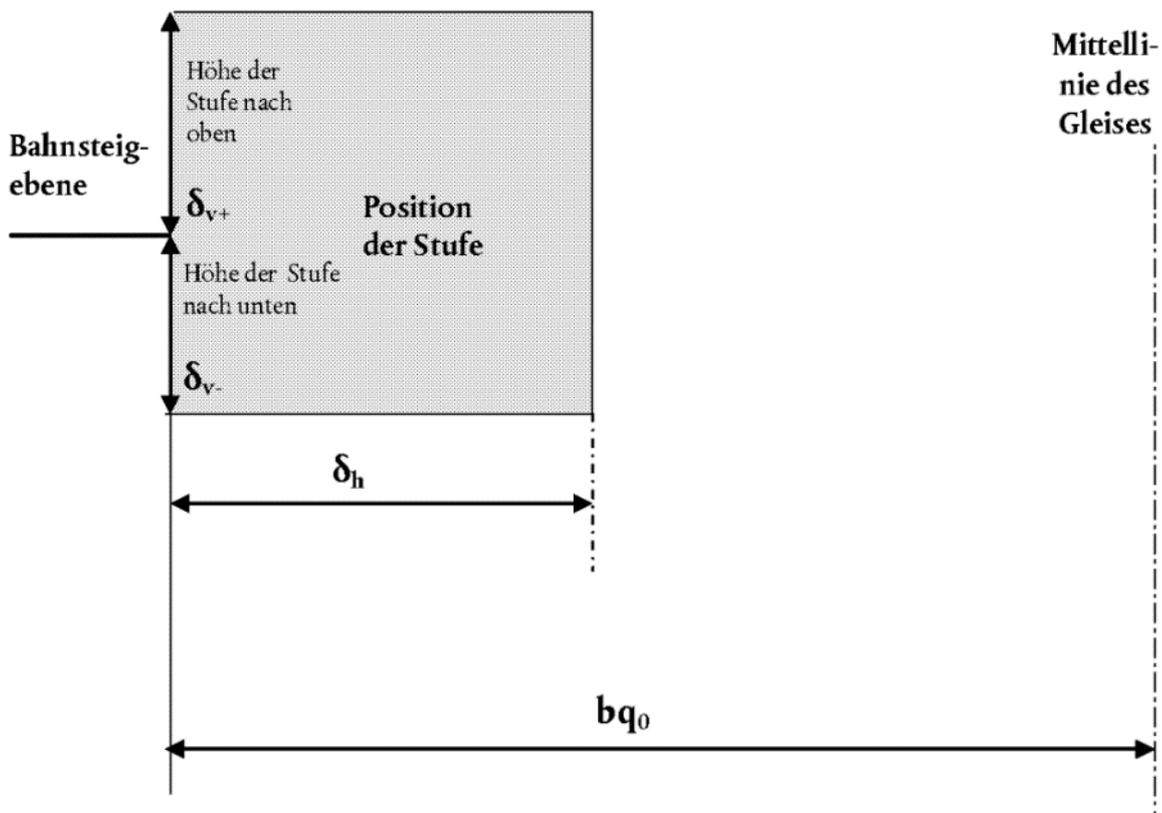


Abbildung 8 Definition der Abstände zwischen Fahrzeug und Bahnsteig gemäß TSI-PRM

Für die Abweichung δ_{v-} sind nach TSI-PRM an Bahnsteigen mit 550 mm oder 760 mm maximal 160 mm zugelassen, für die horizontale Abweichung δ_h im geraden ebenen Gleis maximal 200 mm (TSI-PRM Abschnitt 4.2.2.11). Ein TSI-PRM-konformer Halt ist mit Fahrzeugen, die über eine Einstiegshöhe von 400 mm verfügen folglich nur an bis zu 550 mm hohen Bahnsteigen möglich.

Ein niveaugleicher Einstieg ist aus betrieblicher und fahrzeugtechnischer Sicht aber günstiger, da Maßnahmen zur Überbrückung der Höhendifferenz die Haltezeit verlängern. Niveaugleich gemäß TSI-PRM bedeutet dabei einen horizontalen Spalt ≤ 75 mm und einen vertikalen Spalt ≤ 50 mm. Aufgrund des gegenüber Straßenbahnfahrzeugen breiteren EBO-Lichtraumprofils wird hierfür in jedem Fall eine Überbrückung des horizontalen Spalts notwendig werden.

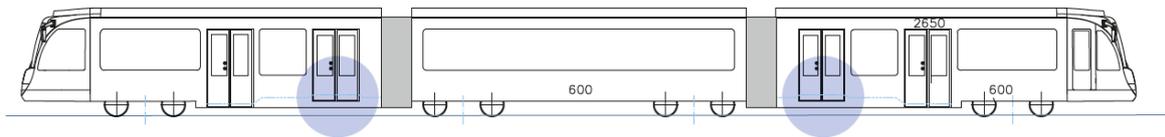
Die aktuelle VDV Tramtrain Ausschreibung (laufende Ausschreibung von mehreren Städten/Verkehrsbetrieben unter Karlsruher Führung zum gemeinsamen Kauf von mehr als 300 Regiotram Fahrzeugen) gibt die technisch niedrigste Einstiegshöhe für eine Regiotram vor, das sind 380 mm. D.h. ein 300 mm hoher BOStrab Bahnsteig in der Stadt wäre nicht mehr barrierefrei bedienbar mit einer Regiotram (maximale Höhendifferenz 50 mm, siehe Abbildung 6). Deswegen sollte bei Berücksichtigung einer Regiotram der Wert für die Bahnsteighöhe in der Stadt Kiel auf 350 mm festgelegt

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

werden, damit die Barrierefreiheit gewährleistet ist. Das hat spätestens mit der Phase HOAI 3 Entwurf zu erfolgen.



Technische Daten, nur Änderungen zum Standardfahrzeug:

- Klimatisierung kompletter Fahrgastraum
- Höhe Einstiegs-kante an den Türen zum Fahrzeuggelenk hin: 56 cm über SO;
Spaltüberbrückung für 38 cm Bahnsteig

Abbildung 9 VDV Tramtrain, Fahrzeugvariante Einstiegshöhe 38 und 56 cm

Die regionale Bahnsteighöhe darf dann in diesem Zusammenhang maximal 380 oder 550 mm betragen (die DB-Standardbahnsteighöhen), 760 mm ist aus Sicht der Barrierefreiheit nicht möglich in Kombination mit einem niedrigen BOStrab-Bahnsteig, da dies zu einer unzulässigen Stufe im Mehrzweckbereich des Fahrzeugs führen würde (siehe Abbildung 9 VDV Tramtrain, Fahrzeugvariante Einstiegshöhe 38 und 56 cm). Dementsprechend besteht in der Region um Kiel ein Zielkonflikt mit der Ziel-EBO-Standardbahnsteighöhe von 760 mm, der technisch nicht auflösbar ist.

Folgende Lösungen sind denkbar:

- Für einen möglichen Regiotram-Betrieb müssen die EBO Bahnsteige eine Einstiegshöhe von maximal 550 mm aufweisen und dafür entweder umgebaut oder verlängert werden.

Diese Umplanungen und Zusatzkosten würden den Nutzen-Kosten-Faktor der Tram Kiel stark belasten, sofern sie jetzt berücksichtigt würden. Dieses Problem ist durch die Einführung der Tram Kiel nicht zu lösen und liegt auch nicht im Verantwortungsbereich der Stadt Kiel.

Die finale Bahnsteighöhe muss spätestens in der Phase HOAI 3 „Entwurf“ entschieden werden, ab 2025.

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Bahnsteighöhe

Es wird eine Bahnsteighöhe von 350 mm empfohlen, um den Zweisystembetrieb für die Regiotram Kiel offen zu halten. Sollte diese Offenhaltung in der Zukunft wegfallen, kann die Bahnsteighöhe auf 300 mm verringert werden.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Bahnsteighöhe BRT

Die Einstiegshöhe im BRT-Fahrzeug liegt bei 320 bis 350 mm, die dazu korrespondierende barrierefreie Bahnsteighöhe liegt bei:

- Ohne Kneeling/Absenken: 270-300 mm
- Mit Kneeling von bis zu 110 mm kann der Bahnsteig mit einer Höhe von 160 bis 190 mm erreicht werden, das erlaubt auch kombinierte BRT/Bus-Haltestellen, falls diese errichtet werden sollen. Das unterscheidet BRT und Tram, wo niedrigere Bahnsteighöhen nicht möglich sind. 160 bis 190 mm sollten aber nicht der BRT-Standard sein, da Kneeling grundsätzlich zu verlängerten Haltestellenaufenthaltszeiten führt und damit dem Ziel der Durchschnittsgeschwindigkeit von 20-23 km/h entgegensteht.
- Behindertengerechtes Zu- und Austeigen muss jederzeit gewährleistet werden.

EMPFEHLUNG FÜR BRT KIEL

Bahnsteighöhe

Es wird eine Bahnsteighöhe von 300 mm empfohlen, um Kneeling und damit höhere Haltestellenaufenthaltszeiten zu vermeiden

4.6 Haltestellenlänge

Die Länge einer Haltestelle ergibt sich aus der Haltepunktlänge plus Rampen oder direkten Zuwegen in Längsrichtung.

Haltestellenlänge Tram

Die benötigte Länge ist grundlegend abhängig von der zu erwartenden Nachfrage an Fahrgästen des zu planenden ÖPNV-Systems, da diese Nachfrage eine bestimmte Fahrgastkapazität für das Bemessungsfahrzeug vorgibt. Eine höhere abzuwickelnde Fahrgastnachfrage führt zu einer größeren Fahrgastkapazität, die wiederum dazu führt, dass längere Fahrzeuge eingesetzt werden müssen. Weiterführend ist dann die gewählte Fahrzeuglänge für die Länge des Bahnsteiges maßgebend.

Generell sind Bahnsteige an geraden Gleisen anzuordnen, da ein Bahnsteig, der im Gleisbogen angebracht wird, nicht die Anforderungen an einen barrierefreien Ein- und Ausstieg erfüllt (TR Trassierung). Außerdem benötigen die gängigen Fahrzeugtypen zur Gewährleistung eines barrierefreien Zugangs vor und nach den Haltestellen gerade Abschnitte, sodass ein paralleles Aufstellen der Fahrzeuge am Bahnsteig sichergestellt ist. Demzufolge sind bei der Bemessung der Bahnsteige jeweils min. 10 m vor und nach dem gesamten Haltestellenbereich in der Geraden vorzusehen. Darüber hinaus ist die Bahnsteiglänge ca. 2 m länger zu wählen als die Fahrzeuglänge, um eine Reserve für ein Verbremsen oder eine falsche Positionierung durch den/ die Fahrer*in zu gewährleisten.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Die definierte Fahrzeuglänge liegt zwischen 37,5 m und 54 m, daraus ergibt sich eine Haltstellenlänge von mindestens 56 m für das längste Fahrzeug, als Planungsparameter wird diese Zahl mit einem Sicherheitszuschlag zu einem Wert 60 m aufgerundet. Zusätzlich gemäß Trassierungsparametern sind die + 10 m am Anfang und Ende der Haltestelle für gerades Aufstellen zu berücksichtigen. Daraus ergeben sich die folgenden Planungsparameter für die Haltstellenlänge (die im Notfall etwas Optimierungspotential bieten, die in der Planung genutzt werden kann):

- 60 m Bahnsteiglänge plus Rampen
- 80 m gerade Strecke

Die folgende Tabelle fasst noch einmal die Argumente für den 60 m Bahnsteig zusammen.

	Doppeltraktion (2x30 m oder 2x37m) Haltstellenlänge 75 m	Einfachtraktion bis zu 37 m Haltstellenlänge 40 m	Einfachtraktion bis zu 54 m Haltstellenlänge 60 m
Betrieb Stadtnetz (BOStrab)	Betrieblich hohe Flexibilität und Verfügbarkeit Kuppeln- und Flügeln möglich Bei Ausfall eines Fahrzeugs noch Betrieb ein Einfachtraktion möglich, geringere Fahrzeugreserve	Betrieblich normale Flexibilität und Verfügbarkeit Kuppeln- und Flügeln nicht möglich Bei Ausfall eines Fahrzeugs fällt der Kurs aus, etwas höhere Fahrzeugreserve	Betrieblich normale Flexibilität und Verfügbarkeit Kuppeln- und Flügeln nicht möglich Bei Ausfall eines Fahrzeugs fällt der Kurs aus, etwas höhere Fahrzeugreserve
Fahrgast	Kein Durchgang möglich, subjektive Sicherheit geringer im zweiten Wagen, hohe Platzkapazität	Angepasste Mindestkapazität, kann keine erhöhte Nachfrage auffangen, offenes Raumgefühl, höchste Sicherheit	Höchste Kapazität, offenes Raumgefühl, höchste Sicherheit Kann erhöhte Nachfrage auffangen
Städtebau	Höchster Platzbedarf Haltestelle	Geringster Platzbedarf Haltestelle	Mittlerer Platzbedarf Haltestelle
Wirtschaftlichkeit	2 Fahrerstände, die nicht oft gebraucht werden, weniger Kapazität führt zu höheren Betriebskosten je Fahrgast-km, etwas höhere Instandhaltung, klar höhere Investition Verlängerungen nicht möglich	Nur 1 Fahrerstand, mittlere Kapazität führt zu mittleren Betriebskosten je Fahrgast-km, geringere Instandhaltung, klar geringere Investition Anpassungen durch modulare Erweiterung nicht möglich, wenn die Haltestellen nur 40 m lang sind. Nachträgliche Verlängerung aller Bahnsteige ist teurer	Nur 1 Fahrerstand, höchste Kapazität führt zu geringsten Betriebskosten je Fahrgast-km, geringere Instandhaltung, klar geringere Investition Anpassungen durch modulare Erweiterung möglich Zukunftsfähig
Technische Aspekte	Komplexere Lösung (2 Fahrerstände, 2 Kupplungen mehr), etwas höhere Instandhaltung	Einfachste Lösung, Fahrzeug braucht nicht verlängert werden, da die Bahnsteige nur 40 m lang sind	Einfachste Lösung, Fahrzeug kann modular erweitert werden (Upgradefähigkeit)
Empfehlung			

Tabelle 12 Haltstellenlänge Tram

Haltstellenlänge bei Berücksichtigung Regiotram

Das zusätzliche Ziel, die Regiotram zu berücksichtigen, stellt Anforderungen an die Bahnsteiglänge. In der Grundlagenstudie wurde als Planungsstandard deswegen von 76 m langen Bahnsteigen (plus Rampen) ausgegangen. Dieser Wert hat aber städtebaulich Nachteile und schränkt die möglichen Lagen von Haltestellen deutlich ein. Deswegen wird er hinterfragt, folgende Optionen sind denkbar:

Die Regiotram aus der Region fährt in die Stadt und ersetzt Tramkurse in der Stadt. Das ist wirtschaftlich, dann sind aber aufgrund der zu erwartenden Nachfrage Regiotramkurse in Doppeltraktion notwendig, da sonst die angebotene Kapazität im Stadtbereich zu gering ausfällt. Schlussfolgerung (wie in der Grundlagenstudie): Mindestens 76 m lange Bahnsteige plus Rampen

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Die Regiotram aus der Region fährt in die Stadt und ersetzt Tramkurse in der Stadt, wird aber an der ersten Haltestelle (Endhaltestelle der Tram im BOStrab-Bereich) geflügelt, damit nicht 75 m lange Züge durch die Stadt fahren müssen. Schlussfolgerung: Haltestellenlänge wird dann durch die Tramnachfrage bestimmt, Bahnsteige von 60 m plus Rampen.

Die Folgen für den Regiotrambetrieb sind:

- Betrieblich ist das für Fahrgäste sehr ungünstig, Wartezeiten an Flügelhaltestellen entstehen für alle Fahrgäste im zweiten Fahrzeug
- Betriebliche Zwänge im System nehmen zu, Takt in der Stadt wird „unregelmäßig“
- Wirtschaftlich schlechter als Option 1 durch Mehrfahrerbedarf

Die Regiotram aus der Region fährt in die Stadt in Einfachtraktion und ersetzt keine Tramkurse in der Stadt, sondern fährt zusätzlich zu dem innerstädtischen Takt. Schlussfolgerung: Haltestellenlänge wird dann durch die Tramnachfrage bestimmt, Bahnsteige von 60 m plus Rampen.

Folgerungen für Regiotram:

- Die Regiotram Fahrzeuge müssen im Wesentlichen die regionale Nachfrage abdecken, das könnte zu einem Betrieb in Einfachtraktion führen (falls die regionale Nachfrage nicht zu hoch ist, für genaue Werte muss eine Nachfrageanalyse durchgeführt werden)
- Betriebliche Zwänge im System nehmen zu, Takt in der Stadt wird „unregelmäßig“
- Wirtschaftlich schlechter als Option 1 durch Mehrfahrerbedarf
- Gesamtheitlich nur wirtschaftlich, wenn die zusätzliche Kapazität in der Stadt auch benötigt wird oder Fahrzeuge in der Stadt dadurch auch in Einfachtraktion verkehren könnten.
- Betrieblich schwierig, da zwischen den normalen Takten gefahren wird, nicht sehr attraktiv für Fahrgäste

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Die folgende Tabelle fasst die Folgewirkungen der 3 Optionen zusammen.

	Option 1 Regiotram aus der Region fährt in die Stadt und ersetzt Kurse in der Stadt	Option 2 Regiotram aus der Region fährt in die Stadt und ersetzt Kurse in der Stadt mit Flügeln	Option 3 Regiotram aus der Region fährt in die Stadt und ersetzt keine Kurse in der Stadt, sondern fährt zusätzlich zu dem innerstädtischen Takt
Fahrgast	positiv	Wenig attraktiv	positiv
Betrieb	positiv mit Zwängen	Teilweise komplex	positiv
Bahnsteig / Städtebau	76 m / komplex	60 m / positiv	60 oder 76 m / positiv bis komplex
Wirtschaftlichkeit	Höhere Investitionen in Haltestellen Betrieb nur geringe Mehrkosten	Investition neutral Betrieb Mehrkosten durch Fahrpersonal	Investition neutral oder höher Betrieb Mehrkosten durch Fahrpersonal
Empfehlung	Nicht verfolgen 	Nicht verfolgen 	Mit untersuchen, ob 76 m möglich sind  <small>✓ Empfehlung für Regiotram</small>

Tabelle 13 Haltestellenlänge Tram mit Regiotram

Schlussfolgerung Haltestellenlänge Tram und Regiotram

Für ein zukunftsfähiges Tramkonzept in der Stadt Kiel wird die Haltestellenlänge mit 60 m plus Rampen festgelegt. Damit ist grundsätzlich auch ein Regiotram-Betrieb in Einfachtraktion in der Stadt machbar (oder Regiotrambetrieb mit längeren Fahrzeugen, die aktuell auf dem Markt aber nicht angeboten werden), siehe Abbildung 10.

Um aber aufgrund der erwarteten hohen Nachfrage in einem zukünftigen Regiotrambetrieb Züge mit einer Zuglänge von 75 m (Doppeltraktion) nicht auszuschließen, soll für in Frage kommende Haltestellen nach rund 20 m Reserveplatz gesucht werden, d.h. 80 m Bahnsteige und Rampen. Damit könnten zumindest Teile des BOStrab Netzes durch Doppeltraktion-Regiotram befahrbar sein. In Stufe 1B ist festzulegen, wo das prinzipiell möglich und wo es betrieblich auch sinnvoll ist.

In der Trassenstudie sind weitere Ausarbeitungen zu diesem Thema in der Dokumentation AP E-112 Erweiterungen enthalten.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

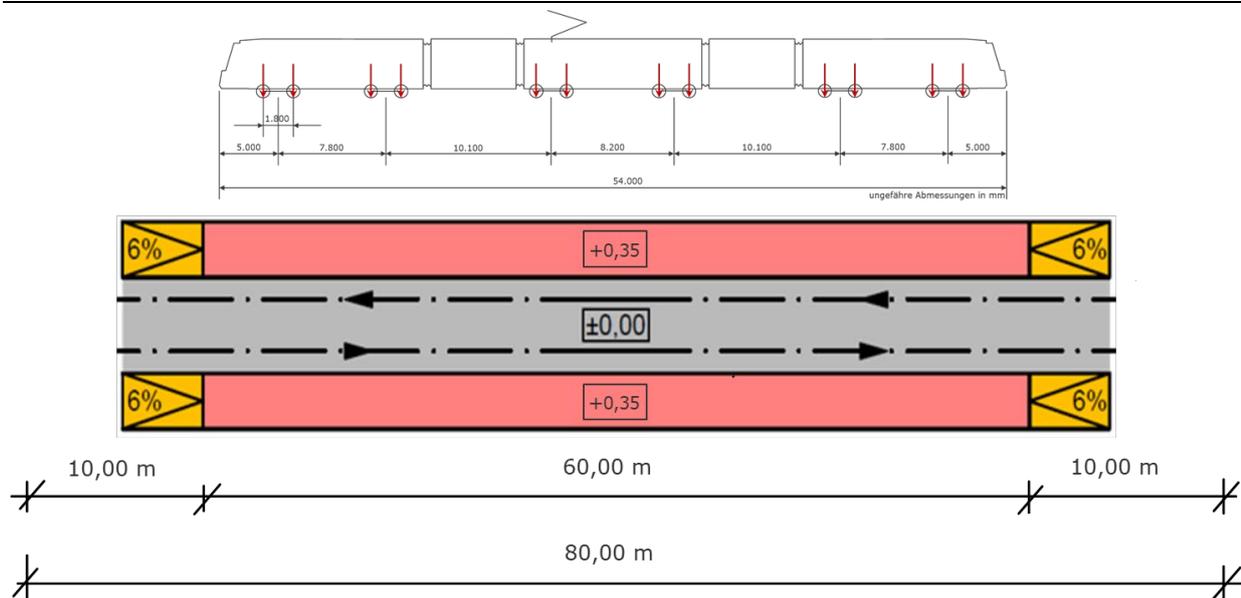


Abbildung 10 Bahnsteiglänge Tram

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Haltestellenlänge

Es wird eine Haltestellenlänge von 60 m Bahnsteiglänge plus Rampen für den Trambetrieb festgelegt. Um die Regiotram für Kiel offen zu halten, wird für in Frage kommende Haltestellen prinzipiell untersucht, ob diese um 20 m auf 80 m plus Rampen verlängerbar sind.

Falls die zukünftige Option auf eine Regiotram aufgegeben wird, kann die Haltestellenlänge von 60 m Bahnsteiglänge plus Rampen für den Fall Tram festgelegt werden.

Vor und nach einer Haltestelle schließen sich 10 m gerades Gleis an.

Haltestellenlänge BRT

Die Standardhaltestellenlänge beträgt 50 m plus Rampen, so dass zwei BRT Doppelgelenkbusse (Länge je 25 m, siehe Kapitel 5.2.2) dort gleichzeitig hintereinander halten können. Dies ist auf Grund des bei BRT zu erwartenden hohen Taktes erforderlich., siehe Abbildung 11. An zentralen Haltestellen mit sehr hohem Fahrgastaufkommen ist zu prüfen, ob nicht die Länge von 75 m möglich ist.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

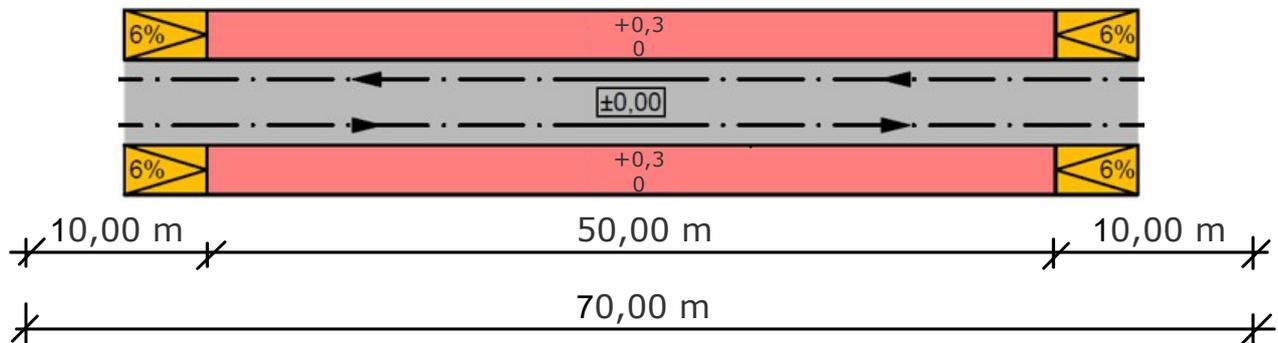


Abbildung 11 Haltestellenlänge BRT

EMPFEHLUNG FÜR BRT KIEL

Haltestellenlänge

Es wird eine Haltestellenlänge von 50 m plus Rampen für den Betrieb festgelegt.

4.7 Lage Bahnsteige und Breite

Grundsätzlich kommen für einen Zweirichtungstrambetrieb Haltestellen in Mittellage oder Außenlage in Betracht, für einen BRT-Betrieb mit einem Fahrzeug, welches nur Türen auf einer Seite hat, entfällt der Fall Mittellage. Für diese Anwendungsfälle werden Planungsparameter vorgegeben, um die Planung in der Trassenstudie zu standardisieren.

Mittellage (nur Tram)

Für die Mindestbreite des Bahnsteigs in Mittellage geben die Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehr (EAÖ) keinen direkten Wert an. Es wird jedoch eine Mindestbreite von 5 m empfohlen, siehe Abbildung 12. Diese hängt von den auf dem Bahnsteig vorgesehenen Einbauten ab.

Die Gesamtbreite aus Haltestelle und Fahrbahn hängt vom Lichtraum, den Zuschlägen, den Sicherheitsräumen und der Barrierefreiheit ab, die genaue Herleitung der Werte ist im Kapitel 4.8 Regelquerschnitte enthalten.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

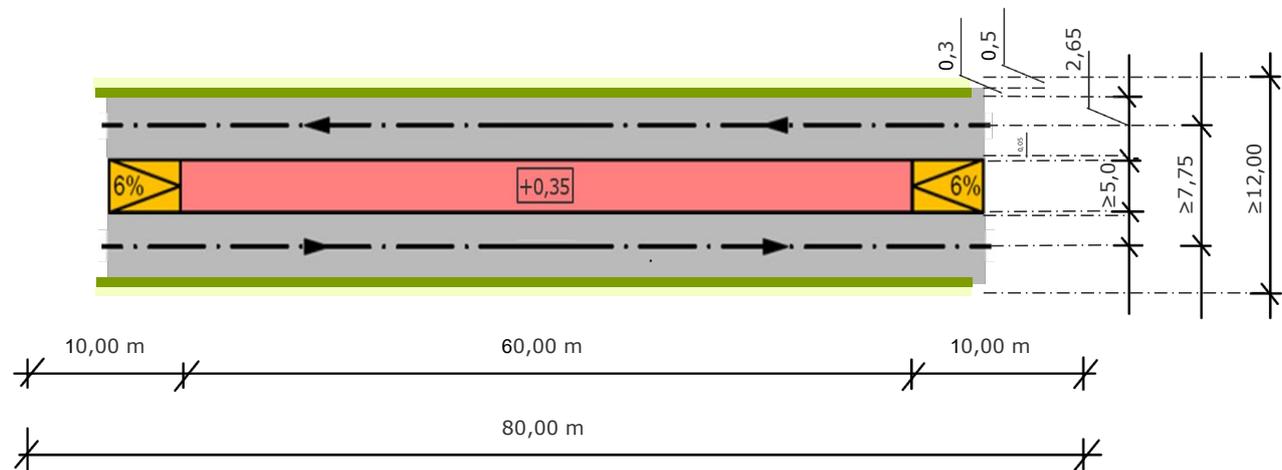


Abbildung 12 Mittelbahnsteig Tram

Seitenlage (Tram und BRT)

Die Dimensionierung von Haltestellen in Seitenlage ist abhängig von der EAÖ und der BOStrab:

- Die Bahnsteigbreite hängt von der Nutzung und den Bewegungsräumen (z.B. für Rollstuhlfahrer 1,50 x 1,50 m) ab
- Die nutzbare Breite muss mindestens 2,5 m betragen
- Bei hohem Fahrgastlängsverkehr ist eine höhere Breite erforderlich, das muss im Einzelfall entschieden werden
- Bei MIV oder Radweg hinter Bahnsteig ist ein Sicherheitsabstand von 0,5 m gemäß Richtlinien für Anlagen von Stadtstraßen, RASt (bei verminderter Geschwindigkeit 0,3 m) zu berücksichtigen
- Nach BOStrab ist stets eine Durchgangsbreite von mindestens 1,5 m freizuhalten
- Bei Klapprampen ist auf zusätzliche Manövriertfläche für Rollstuhlfahrer zu achten

Daraus resultiert eine Mindestbahnsteigbreite von 3,0 m, wie auch die Abbildung 11 aus der EAÖ zeigt. Je nach Unterstandstyp (Musterhaltestelle Kiel) ist an Haltestellen mit hoher Nachfrage die Breite ggf. entsprechend zu erhöhen.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

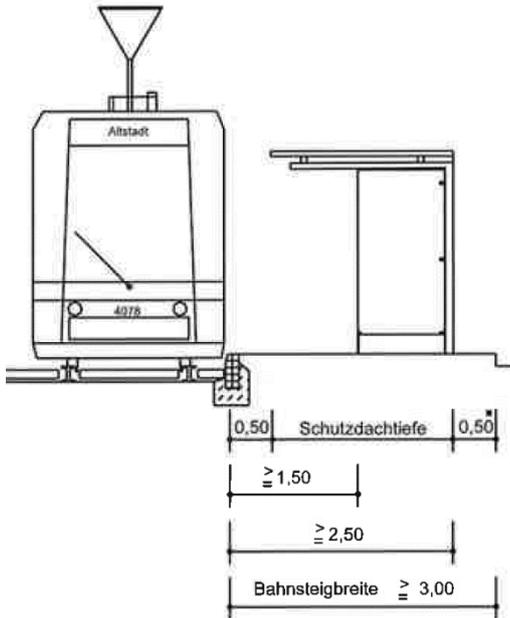


Abbildung 13 EAÖ-Dimensionen Seitenbahnsteig (EAÖ Ausgabe 2013)

Für Bahnsteige in Seitenlage ergeben sich folgende Abmessungen (Basis Lichtraum Fahrzeuge Tram und BRT, siehe Kapitel 4.7, seitlicher Abstand zum Bahnsteig 5 cm):

- Tram gesamte Breite Haltestelle und Fahrbahn 12,00 m
- BRT gesamte Breite Haltestelle und Fahrbahn 12,40 m

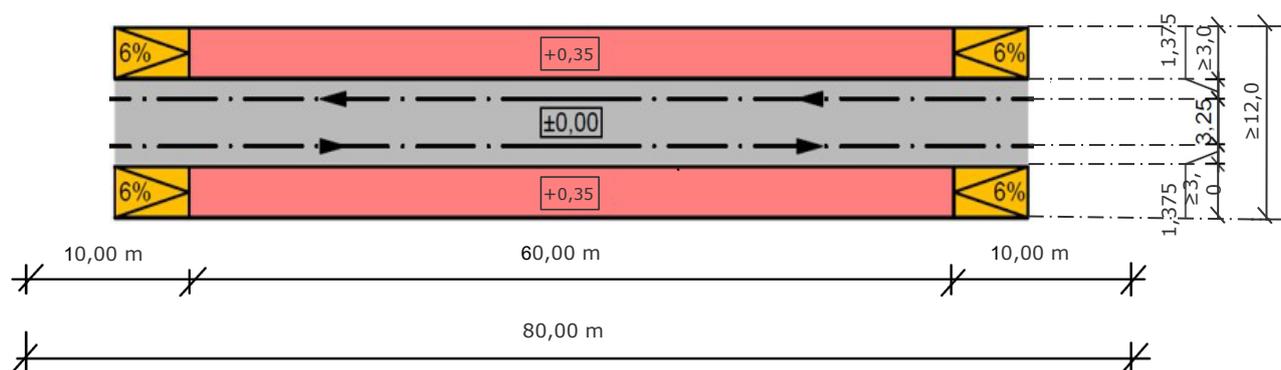


Abbildung 14 Seitenbahnsteig Tram/BRT (Maße für Tram)

Eine weitere Standardanordnung ist die Haltestelleninsel in Seitenlage, aber getrennte Bahnsteige vor und nach einer Querstraße/Kreuzung. Dabei ergeben sich folgende Abmessungen (Basis Lichtraum Fahrzeuge Tram und BRT, siehe Kapitel 4.7, seitlicher Abstand zum Bahnsteig 5 cm):

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

- Tram gesamte Breite Haltestelle und Fahrbahn 9,75 m*
- BRT gesamte Breite Haltestelle und Fahrbahn 10,15 m

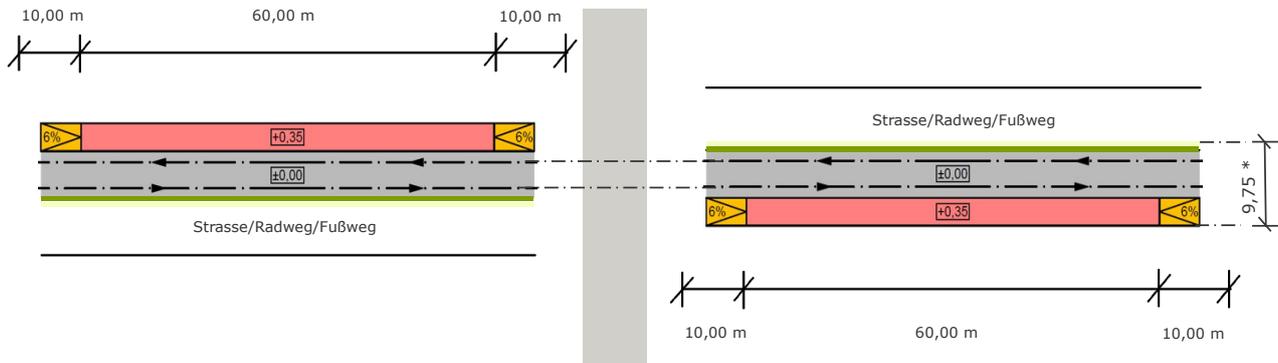


Abbildung 15 Getrennte Seitenbahnsteige Tram/BRT (Maße für Tram)

* Wert von 9,75 m ergibt sich aus: 3,0 m Bahnsteigbreite, 5 cm Abstand Fahrzeug zum Bahnsteig, 2x Fahrzeugbreite 2,65 m, 2x 30 cm Sicherheitsraum zwischen den Fahrzeugen, 30 cm Abstand zum dynamischen Lichtraum auf der Seite, wo kein Bahnsteig ist, 50 cm Sicherheitsraum von der Straße.

Der letzte Standardfall ist die Haltestelleninsel in Seitenlage mit Straße in der Mitte. Dabei ergeben sich folgende Abmessungen (Basis Lichtraum Fahrzeuge Tram und BRT, siehe Kapitel 4.7, seitlicher Abstand zum Bahnsteig 5cm):

- Tram gesamte Breite Haltestelle und Fahrbahn 6,50 m
- BRT gesamte Breite Haltestelle und Fahrbahn 6,40 m

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

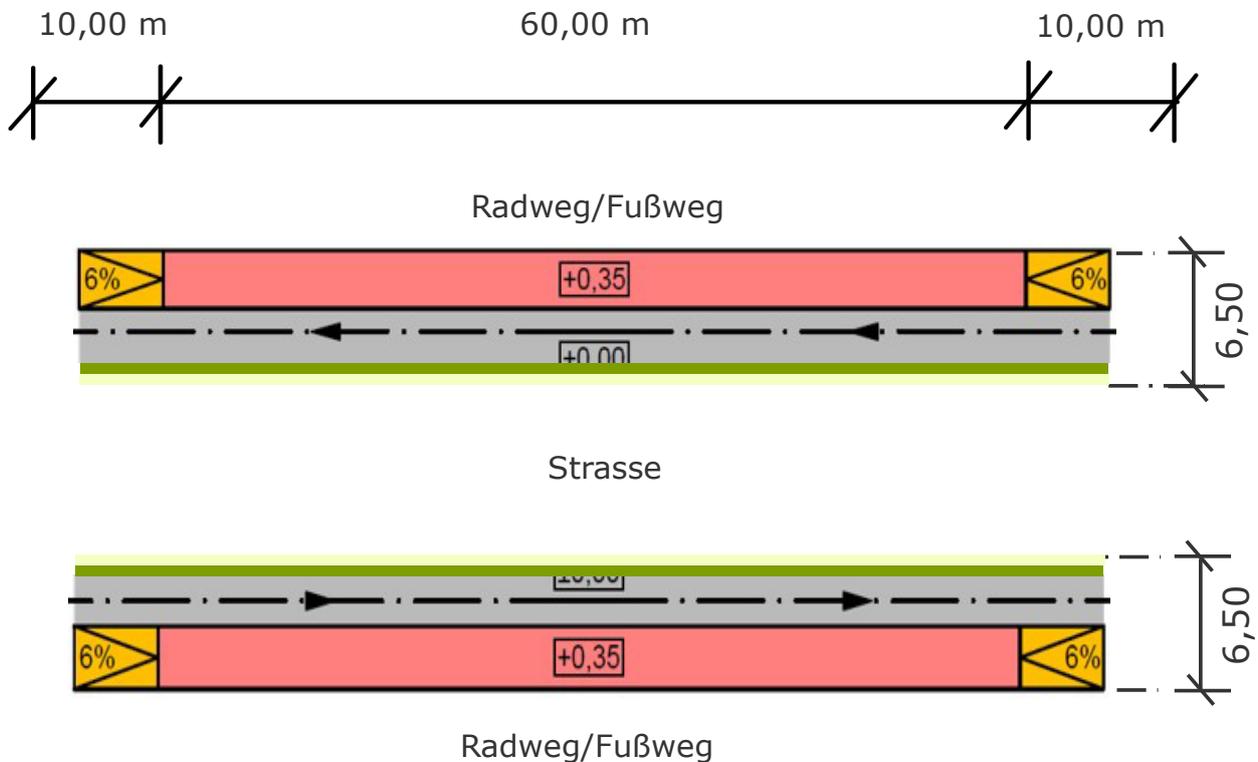


Abbildung 16 Seitenbahnsteig Tram/BRT, Straße in Mittellage (Maße für Tram)

Sonderformen Haltestellenlagen Tram

In kritischen Bereichen können weitere Formen zum Einsatz kommen, die immer an die lokalen Gegebenheiten angepasst werden müssen und keine Standardlösungen darstellen, d.h. sie müssen als Ausnahmen im Einzelfall geprüft werden:

- Bereiche hoher Nachfrage mit mehreren Linien
- Längere Bahnsteige von 120 m für zwei lange Tramfahrzeuge hintereinander in zentralen Bereichen mit hoher Taktdichte, in denen es häufiger vorkommen kann, dass zwei Linien direkt hintereinander eine Haltestelle anfahren
- 3- oder 4-gleisige Tramhaltestellen in zentralen Bereichen mit hoher Nachfrage und Taktdichte
- Längere Bahnsteige von 75 m für drei BRT-Fahrzeuge hintereinander in zentralen Bereichen mit hoher Taktdichte, in denen es häufiger vorkommen kann, dass 2-3 Linien direkt hintereinander eine Haltestelle anfahren
- Kombinierte Bus/Bahn-Haltestellen in Bereichen, wo sonst für den Bus kein Raum mehr besteht. Generell sind diese aber immer so zu gestalten, dass der Bus niemals den Tram- bzw. BRT-Betrieb blockieren kann, d.h.:
 - Tram/BRT innen und Bus außen ist möglich, wenn der Trambetrieb unbehindert an der Haltestelle ein und ausfahren kann

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

- Bus innen und Tram außen ist auch möglich, aber die Fahrwege des Buses dürfen vor und nach der Haltestelle den Tramfahrweg nicht kreuzen und somit behindern
- Bus und Bahn hintereinander nur dann, wenn die Bahn immer frei zuerst und ungestört einfahren kann (was in der Realität an viel frequentierten Haltestellen schwierig ist)

4.8 Regelquerschnitte

Die Regelquerschnitte beziehen sich nur auf den Bereich der Fahrbahn Tram oder BRT, die Planung und Dimensionierung von Kfz-Fahrspuren, Radwegen oder Gehwegen erfolgt nach den einschlägigen Regelwerken bzw. nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik und den Kieler Standards, die hier nicht aufgelistet werden.

Die vorgeschlagenen Regelquerschnitte beruhen auf:

- Betriebsordnung Straßenbahn, BOStrab
- Empfehlungen für Anlagen des Öffentlichen Personennahverkehrs, EAÖ-Ausgabe 2013
- Richtlinien für Anlagen von Stadtstraßen, RASt 2006
- Dem Lichtraumbedarf der Fahrzeuge mit Zuschlägen (siehe Kapitel 4.7)
- Erfahrungswerten aus anderen Tram- und Regiotramprojekten
- Den Fahrzeugbreiten aus Kapitel 4.3
- Dem Fahrzeuglichtraum aus Kapitel 4.7

Die Regelquerschnitte werden je nach Raumsituation auf dem Kieler Netz angewendet. Die dargestellte Oberleitung (mit oder ohne Tragseil) nimmt keine Lösung vorweg, diese ist in der Dokumentation AP E-160 enthalten.

Dokumentation AP B-100

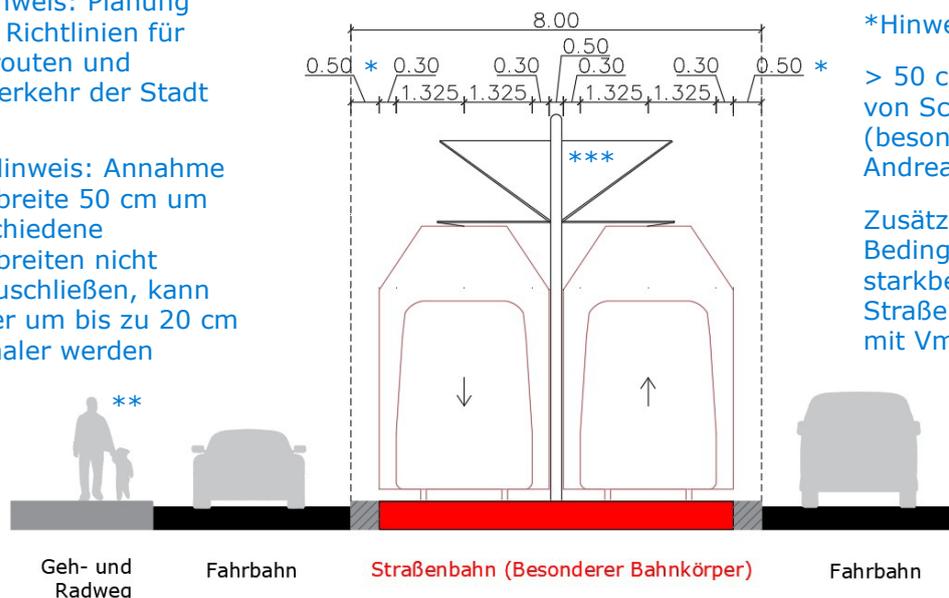
Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Tram-Regelquerschnitt RQ1: Besonderer Bahnkörper mit innenliegendem Mast

**Hinweis: Planung nach Richtlinien für Velorouten und Fußverkehr der Stadt Kiel

***Hinweis: Annahme Mastbreite 50 cm um verschiedene Mastbreiten nicht auszuschließen, kann später um bis zu 20 cm schmaler werden



*Hinweis:

> 50 cm bei Aufstellung von Schildern (besonders beim Andreaskreuz) und LSA

Zusätzliche Bedingungen bei starkbefahrenen Straßen und Straßen mit $V_{max} > 50$ km/h

Abbildung 17 Tram-Regelquerschnitt RQ1: Besonderer Bahnkörper mit innenliegendem Mast

Der gesamte Querschnitt hat eine Breite von 8,00 m, wobei jeweils 0,5 m Straßensicherheitsraum mit eingerechnet sind. Die Tramtrasse mit dynamischem Lichtraumprofil benötigt 7,00 m.

Der dargestellte Gleisachsabstand von 3,75 m gilt bei Stahlmasten mit 0,50 m Querschnittsbreite. Für den Abstand zwischen Gleisachse und Bordsteinkante der Fahrbahn zur Straße wird berücksichtigt:

- halbe Fahrzeugbreite $2,65 \text{ m}/2 +$
- dynamischer Zuschlag Lichtraum $0,3 \text{ m} +$
- Sicherheitsraum der Straße $0,5 \text{ m}$ (nicht zu verwechseln mit dem BOStrab-Sicherheitsraum, dieser beträgt ab dem dynamischen Lichtraum $0,7 \text{ m}$, darf aber in der Straße liegen, da hier kein festes Hindernis zwischen Straße und Tramtrasse liegt)
- Summe = $2,125 \text{ m}$

In Bereichen mit niedrigeren Fahrgeschwindigkeiten als 50 km/h kann der Querschnitt schrittweise auch um bis zu $0,5 \text{ m}$ reduziert werden, was aber von Fall zu Fall lokal zu entscheiden ist. So könnte der Querschnitt von $8,00 \text{ m}$ auf $7,50 \text{ m}$ reduziert werden. Weitere Reduktionen sind bei der Auswahl schmalere Mastformen möglich, was aber zu einem späteren Zeitpunkt entschieden werden kann.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Auch der BOStrab-Sicherheitsraum in Höhe von 0,70 m (Vgl. § 19 (2) BOStrab) wird in diesem Querschnitt eingehalten, da es zulässig ist, dass der Sicherheitsraum auch im Verkehrsraum des Individualverkehrs liegt (Vgl. §19 (4) BOStrab und EAÖ, S. 28).

Tram-Regelquerschnitt RQ2: Besonderer Bahnkörper mit außenliegendem Mast

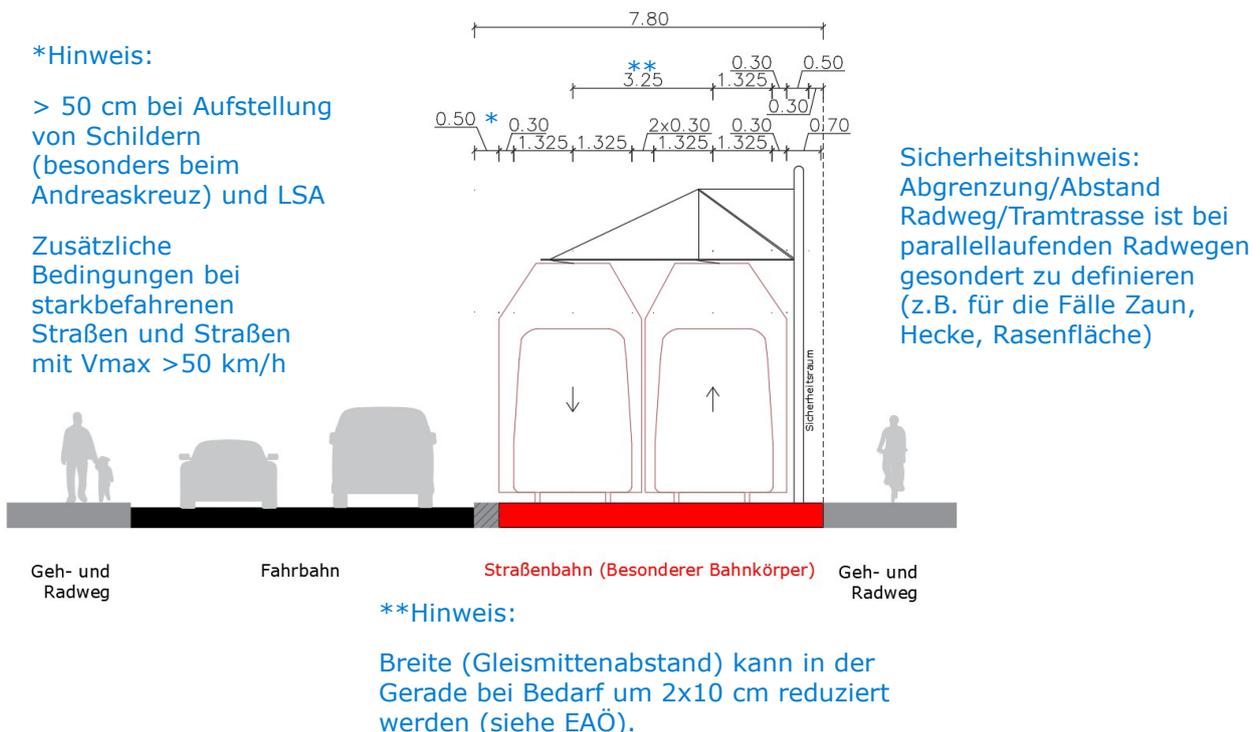


Abbildung 18 Tram-Regelquerschnitt RQ2: Besonderer Bahnkörper mit außenliegendem Mast

Grundsätzliche Erläuterungen siehe Tram RQ1.

Unterbrechungen des Sicherheitsraums von 0,70 m (Vgl. § 19 (2) BOStrab) durch Einbauten, insbesondere durch Stützen oder Signalanlagen (hier Fahrleitungsmast), sind auf kurzen Längen zulässig, wenn dabei zwischen den Einbauten und dem Fahrzeug ein Abstand von mindestens 0,45 m vorhanden ist (Vgl. § 19 (3) BOStrab).

In Bereichen mit niedrigeren Fahrgeschwindigkeiten als 50 km/h kann der Querschnitt schrittweise auch um bis zu 0,25 m reduziert werden (nur auf der Seite zur Straße hin), was aber von Fall zu Fall lokal zu entscheiden ist. So könnte der Querschnitt von 8,00 m auf 7,55 m reduziert werden. Weitere Reduktionen sind bei der Auswahl schmalerer Mastformen möglich, was aber zu einem späteren Zeitpunkt entscheiden werden kann.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Tram-Regelquerschnitt RQ3: Besonderer Bahnkörper mit Zäunen bei höheren Geschwindigkeiten

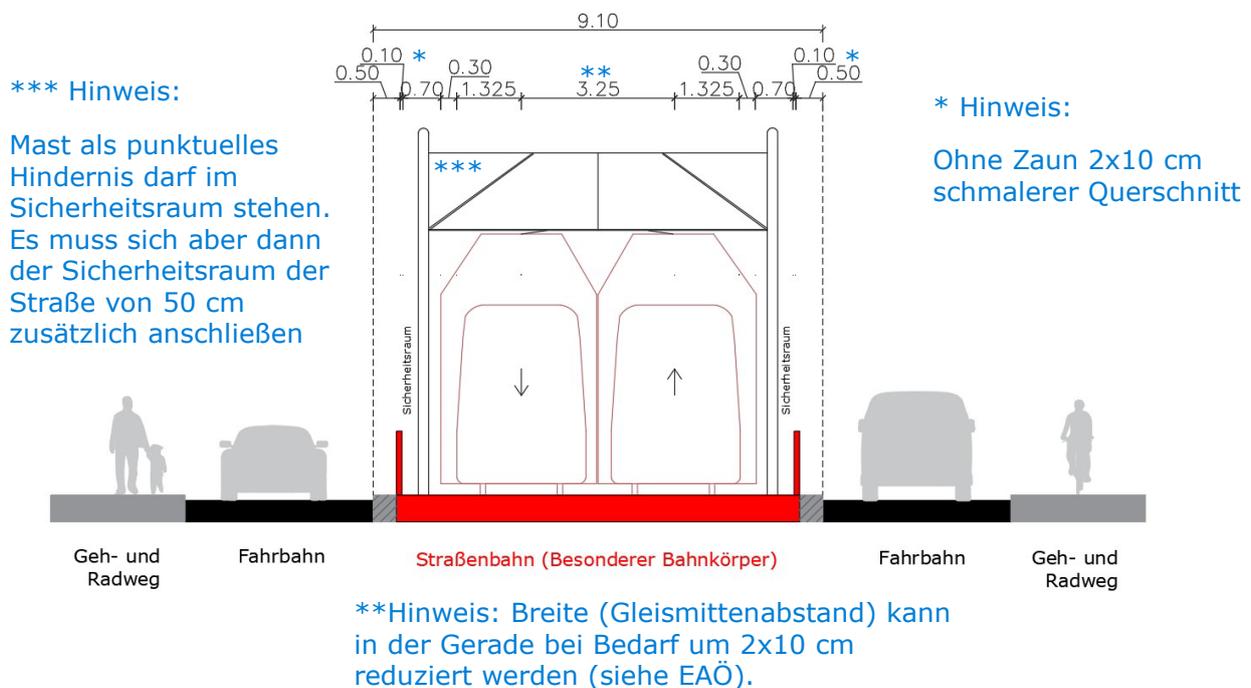


Abbildung 19 Tram-Regelquerschnitt RQ3: Besonderer Bahnkörper mit Zäunen bei höheren Geschwindigkeiten

Grundsätzliche Erläuterungen siehe Tram RQ1.

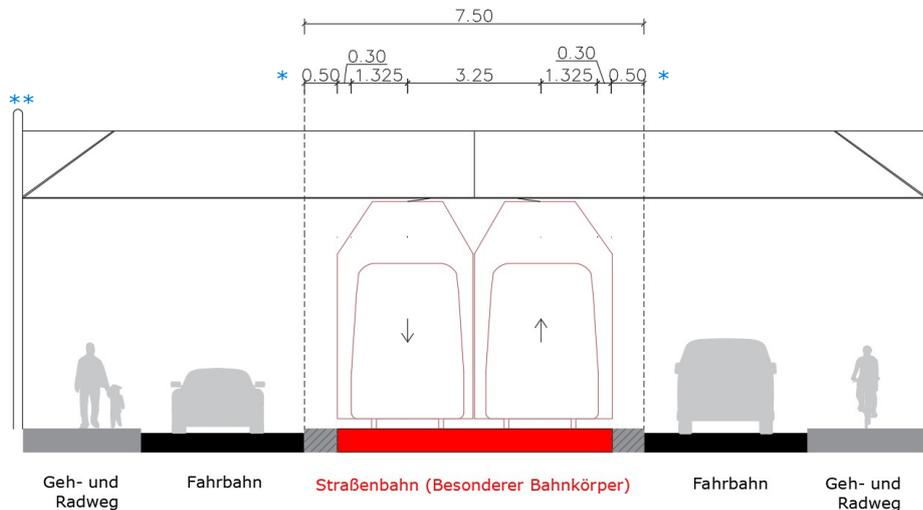
Auf der Straßenbahnseite der Geländer ist ein Sicherheitsraum von 0,70 m (Vgl. § 19 (2) BOStrab) vorzusehen, wohingegen auf der Straßenseite ab Bordsteinkante ein seitlicher Sicherheitsraum von 0,50 m einzuhalten ist. Dieses Maß kann bei Fahrge-
schwindigkeiten von ≤ 30 km/h auf 0,30 m reduziert werden (Vgl. EAÖ, S. 29).

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Tram-Regelquerschnitt RQ4: Besonderer Bahnkörper mit Querüberspannung



*Hinweis:

> 50 cm bei Aufstellung von Schildern (besonders beim Andreaskreuz) und LSA

Zusätzliche Bedingungen bei starkbefahrenen Straßen und Straßen mit $V_{max} > 50$ km/h

** Hinweis:

Mast steht ausserhalb des Strassenraumes kann mit Beleuchtung kombiniert werden

Abbildung 20 Tram-Regelquerschnitt RQ4: Besonderer Bahnkörper

Grundsätzliche Erläuterungen siehe Tram RQ1.

In Bereichen mit niedrigeren Fahrgeschwindigkeiten als 50 km/h kann der Querschnitt schrittweise auch um bis zu 0,50 m reduziert werden, was aber von Fall zu Fall lokal zu entscheiden ist. So könnte der Querschnitt von 7,50 m auf bis zu 7,00 m reduziert werden.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

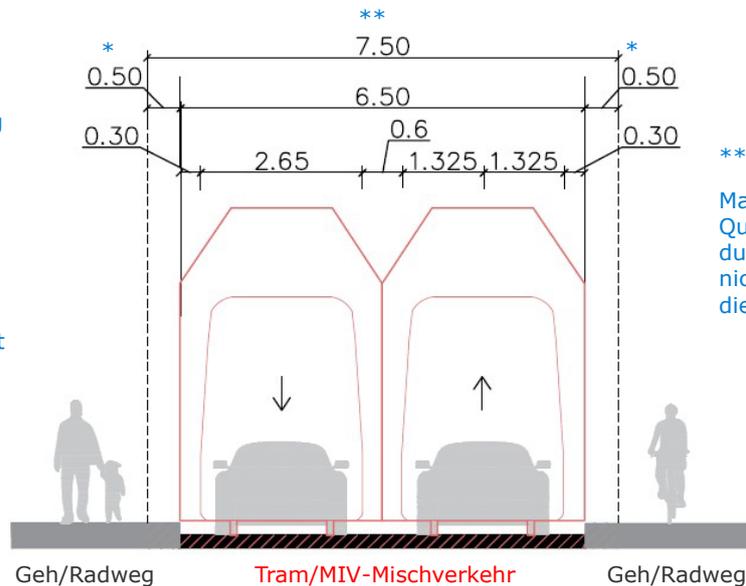
Tram-Regelquerschnitt RQ5: Straßenbündiger Bahnkörper

* Hinweis:

> 50 cm bei Aufstellung von Schildern (besonders beim Andreaskreuz) und LSA

Hinweis:

Mast steht hier außerhalb des Straßenraums, kann mit Beleuchtung kombiniert werden



** Hinweis:

Maximale Querschnittsbreite wird durch den IV bestimmt, nicht durch die Tram in diesem Fall

Abbildung 21 Tram-Regelquerschnitt RQ5: Straßenbündiger Bahnkörper

Der angezeigte Regelquerschnitt gilt für Bereiche mit Fahrgeschwindigkeiten bis 50 km/h. Die Fahrleitungen sind der individuellen Situation vor Ort anzupassen. Maßgebend für die Bemessung ist das Grundmaß für den Verkehrsraum beim Begegnen von Linienbussen (6,50 m von Bordstein zu Bordstein, wie im Fall Tram hier). Die Freihaltung des lichten Raumes für den Straßenbahnverkehr ist dagegen nicht maßgebend (Vgl. EAÖ, S. 28). Im Falle eines an die Straßenbahn angrenzenden Radverkehrsstreifens ist ein Abstand vom Straßenbahnverkehrsraum zum Bord in Höhe von $\geq 1,60$ m ($\geq 1,30$ m ohne Überholmöglichkeiten im Radverkehr) bzw. zu Parkstreifen $\geq 2,10$ m ($\geq 1,80$ m ohne Überholmöglichkeiten im Radverkehr) vorzusehen (Vgl. Empfehlungen für Radverkehrsanlagen, 2010, ERA, S. 31).

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Tram-Regelquerschnitt RQ6: Besonderer Bahnkörper auf Brückenbauwerk

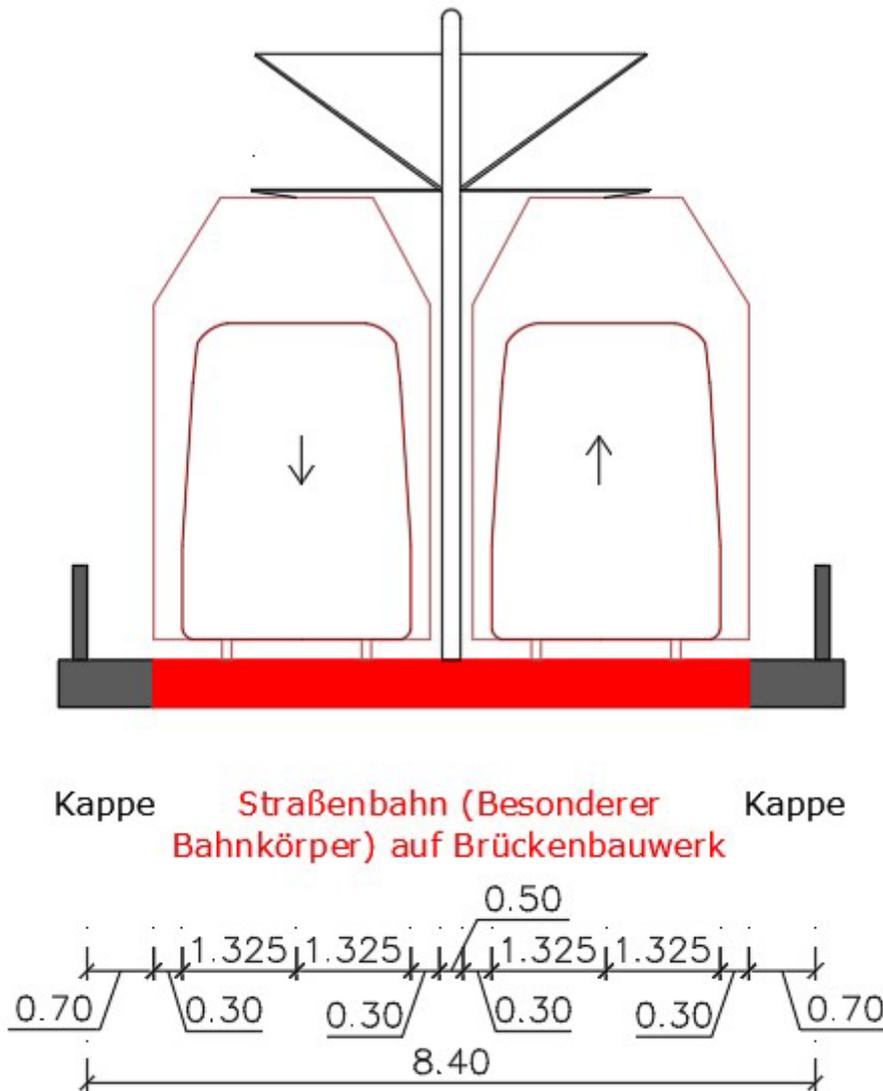


Abbildung 22 Tram-Regelquerschnitt RQ6: Besonderer Bahnkörper auf Brückenbauwerken

Grundsätzliche Erläuterungen siehe Tram RQ1.

In Bereichen mit niedrigeren Fahrgeschwindigkeiten besteht in diesem Querschnitt kein Optimierungspotential, nur eine schmalere Mastform ändert die Dimensionen etwas. Der BOStrab Sicherheitsraum von 0,70 m kann nicht reduziert werden.

Der Mast kann auch als Seitenmast gestellt werden, dann ändert sich der Querschnitt analog der anderen Beispiele.

Dokumentation AP B-100

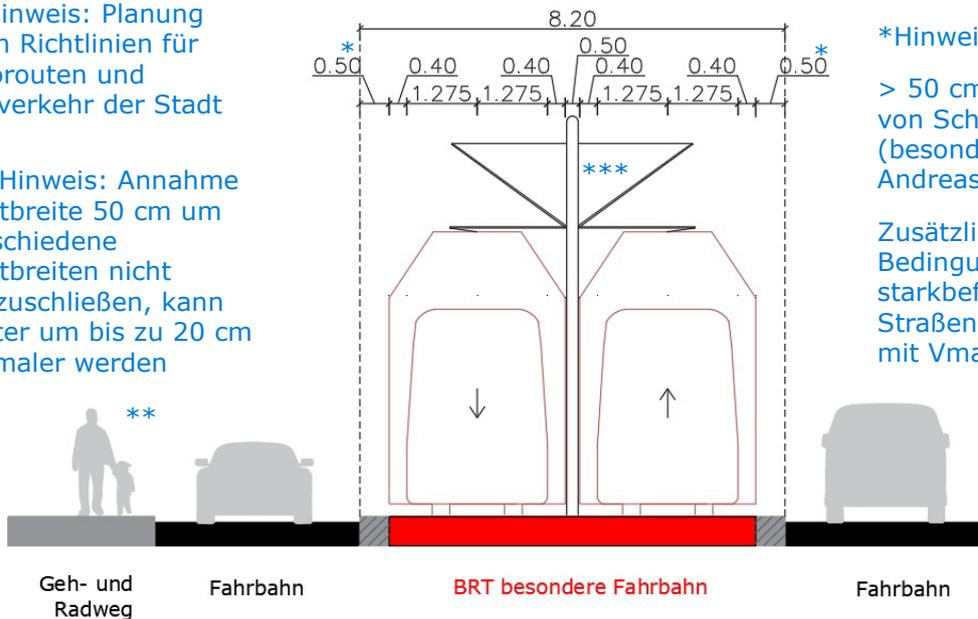
Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

BRT Regel-Querschnitt RQ1: Besondere Fahrbahn mit innenliegendem Mast

**Hinweis: Planung nach Richtlinien für Velorouten und Fußverkehr der Stadt Kiel

***Hinweis: Annahme Mastbreite 50 cm um verschiedene Mastbreiten nicht auszuschließen, kann später um bis zu 20 cm schmaler werden



*Hinweis:

> 50 cm bei Aufstellung von Schildern (besonders beim Andreaskreuz) und LSA

Zusätzliche Bedingungen bei starkbefahrenen Straßen und Straßen mit $V_{max} > 50$ km/h

Abbildung 23 BRT Regel-Querschnitt RQ1: Besondere Fahrbahn mit innenliegendem Mast

Der dynamische Lichtraumzuschlag BRT wurde mit 0,4 m um 0,15 m höher angesetzt, als es die EAÖ für Standardlinienbusse mit 0,25 m vorsieht (siehe auch Kapitel 5.7 Lichtraum BRT). Das deckt zu einem frühen Projektplanungsstand die Lichtraumeigenschaften eines 25 m langen nicht spurgeführten Doppelgelenkbusses auch bei Geschwindigkeiten bis 70 km/h gegenüber Standardlinienbussen ab. Bei niedrigeren Geschwindigkeiten kann dieser Wert in Abstimmung mit der TAB bzw. Straßenverkehrsbehörde auch schrittweise reduziert werden, was aber von Fall zu Fall lokal zu entscheiden ist. So könnte der Querschnitt von 8,20 m auf bis zu 7,60 m reduziert werden. In Bereichen mit niedrigeren Fahrgeschwindigkeiten kann aber nicht der dynamische Lichtraumzuschlag BRT (oben mit 0,40 m angesetzt) und der Sicherheitsraum (oben mit 0,50 m nach EAÖ gewählt) reduziert werden.

Weitere Reduktionen sind bei der Auswahl schmalere Mastformen möglich, was aber zu einem späteren Zeitpunkt entschieden werden kann.

Zur Erklärung Sicherheitsraum Straße siehe Tram RQ1.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

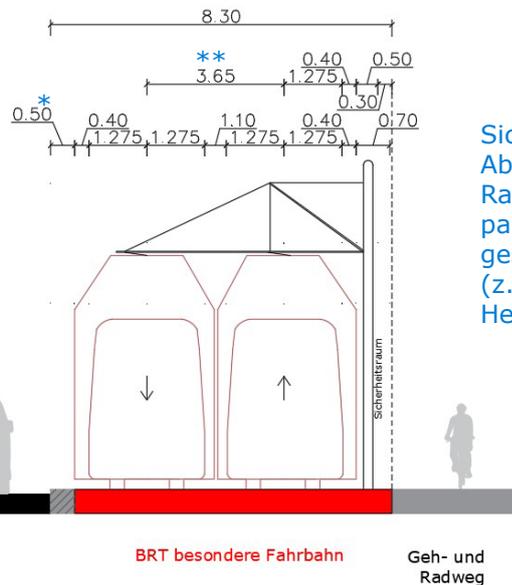
Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

BRT Regel-Querschnitt RQ2: Besondere Fahrbahn mit außenliegendem Mast

***Hinweis:**

> 50 cm bei Aufstellung von Schildern (besonders beim Andreaskreuz) und LSA

Zusätzliche Bedingungen bei starkbefahrenen Straßen und Straßen mit $V_{max} > 50$ km/h



Sicherheitshinweis: Abgrenzung/Abstand Radweg/BRT-trasse ist bei parallellaufenden Radwegen gesondert zu definieren (z.B. für die Fälle Zaun, Hecke, Rasenfläche)

****Hinweis:** Breite (Fahrbahnmittenabstand) kann in der Gerade bei Bedarf um 2×10 cm reduziert werden (siehe EAÖ).

Abbildung 24 BRT Regel-Querschnitt RQ2: Besondere Fahrbahn mit außenliegendem Mast

Grundsätzliche Erläuterungen siehe Tram RQ2 und BRT RQ1.

Bei niedrigeren Geschwindigkeiten kann der dynamische Lichtraumzuschlag BRT in Abstimmung mit der TAB auch schrittweise reduziert werden (Argumentation BRT RQ1), was aber von Fall zu Fall lokal zu entscheiden ist. So könnte der Querschnitt von 8,30 m auf bis zu 7,70 m reduziert werden.

In Bereichen mit niedrigeren Fahrgeschwindigkeiten kann aber nicht der dynamische Lichtraumzuschlag BRT (oben mit 0,40 m angesetzt) und der Sicherheitsraum (oben mit 0,50 m nach EAÖ gewählt) reduziert werden.

Weitere Reduktionen sind bei der Auswahl schmalerer Mastformen möglich, was aber zu einem späteren Zeitpunkt entschieden werden kann.

Zur Erklärung Sicherheitsraum Straße siehe Tram RQ1.

Dokumentation AP B-100

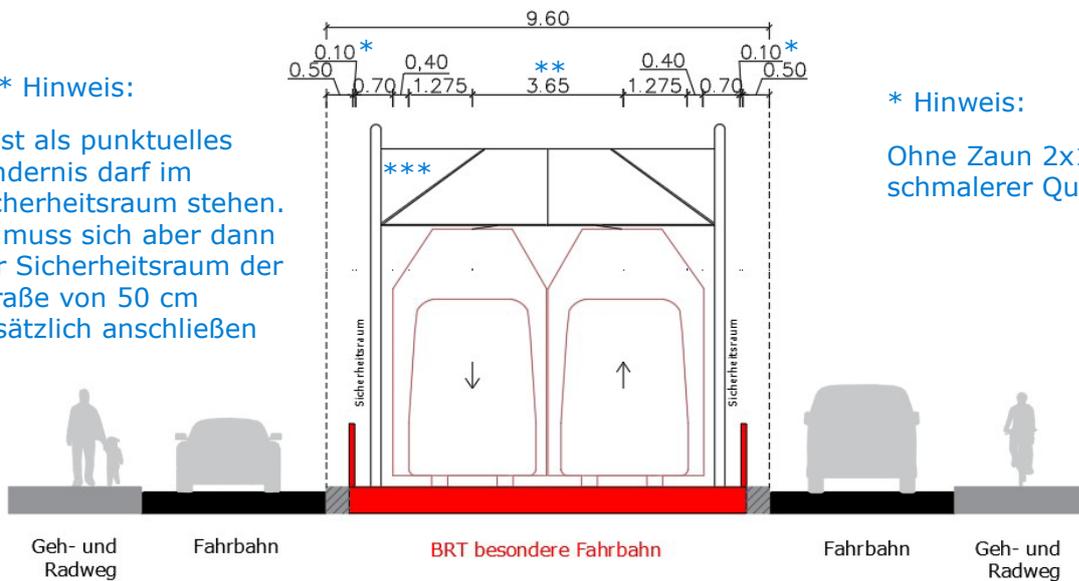
Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

BRT Regel-Querschnitt RQ3: Besondere Fahrbahn mit Zäunen bei höheren Geschwindigkeiten

*** Hinweis:

Mast als punktuell
Hindernis darf im
Sicherheitsraum stehen.
Es muss sich aber dann
der Sicherheitsraum der
Straße von 50 cm
zusätzlich anschließen



* Hinweis:

Ohne Zaun 2x10 cm
schmalere Querschnitt

**Hinweis: Breite (Fahrbahnmittenabstand)
kann in der Gerade bei Bedarf um 2x10 cm
reduziert werden (siehe EAÖ).

Abbildung 25 BRT Regel-Querschnitt RQ3: Besondere Fahrbahn mit Zäunen bei höheren Geschwindigkeiten

Grundsätzliche Erläuterungen siehe Tram RQ3 und BRT RQ1.

Bei niedrigeren Geschwindigkeiten kann der dynamische Lichtraumzuschlag BRT in Abstimmung mit der Aufsichtsbehörde auch schrittweise reduziert werden (Argumentation BRT RQ1), was aber von Fall zu Fall lokal zu entscheiden ist. So könnte der Querschnitt von 9,60 m auf bis zu 9,00 m reduziert werden. Das erscheint aber in diesem Querschnitt nicht zielführend, da er ja insbesondere in Bereichen höherer Geschwindigkeiten zum Einsatz kommt.

In Bereichen mit niedrigeren Fahrgeschwindigkeiten besteht in diesem Querschnitt sonst kein Optimierungspotential, auch eine schmalere Mastform ändert die Dimensionen nicht, da es in diesem Fall der BOSTrab³ Sicherheitsraum von 0,70 m ist, welcher die Abmessungen bestimmt.

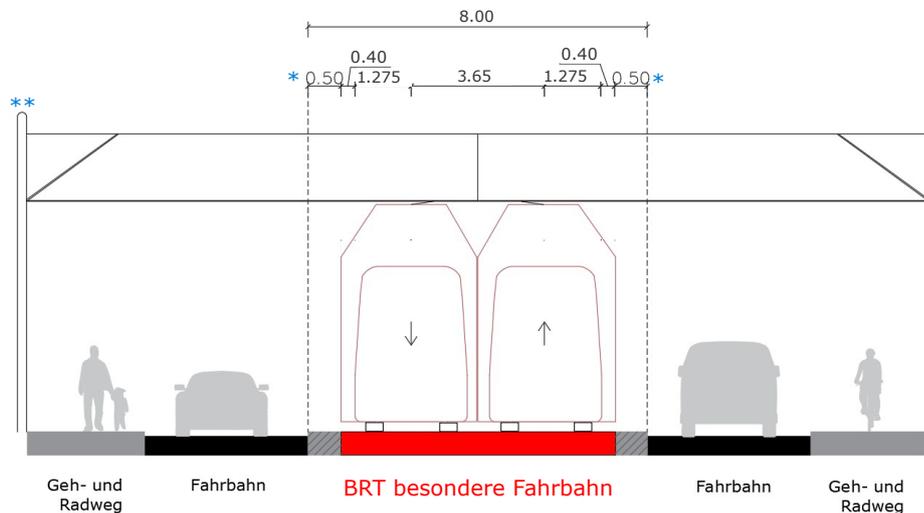
³ Annahme: Die Behörde wird sich hier auf die Anforderungen der BOSTrab stützen, auch wenn diese nicht direkt auf BRT anwendbar ist.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

BRT Regel-Querschnitt RQ4: Besonderer Bahnkörper mit Querüberspannung



*Hinweis:

> 50 cm bei Aufstellung von Schildern und LSA

Zusätzliche Bedingungen bei starkbefahrenen Straßen und Straßen mit $V_{max} > 50$ km/h

** Hinweis:

Mast steht ausserhalb des Strassenraumes kann mit Beleuchtung kombiniert werden

Abbildung 26 BRT Regel-Querschnitt RQ4: Besondere Fahrbahn mit Querüberspannung

Grundsätzliche Erläuterungen siehe Tram RQ4 und BRT RQ1.

Bei niedrigeren Geschwindigkeiten kann der dynamische Lichtraumzuschlag BRT in Abstimmung mit der Aufsichtsbehörde auch schrittweise reduziert werden, was aber von Fall zu Fall lokal zu entscheiden ist. So könnte der Querschnitt von 8,00 m auf bis zu 7,40 m reduziert werden.

In Bereichen mit niedrigeren Fahrgeschwindigkeiten kann aber nicht der dynamische Lichtraumzuschlag BRT (oben mit 0,40 m angesetzt) und der Sicherheitsraum (oben mit 0,50 m nach EAÖ gewählt) reduziert werden.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

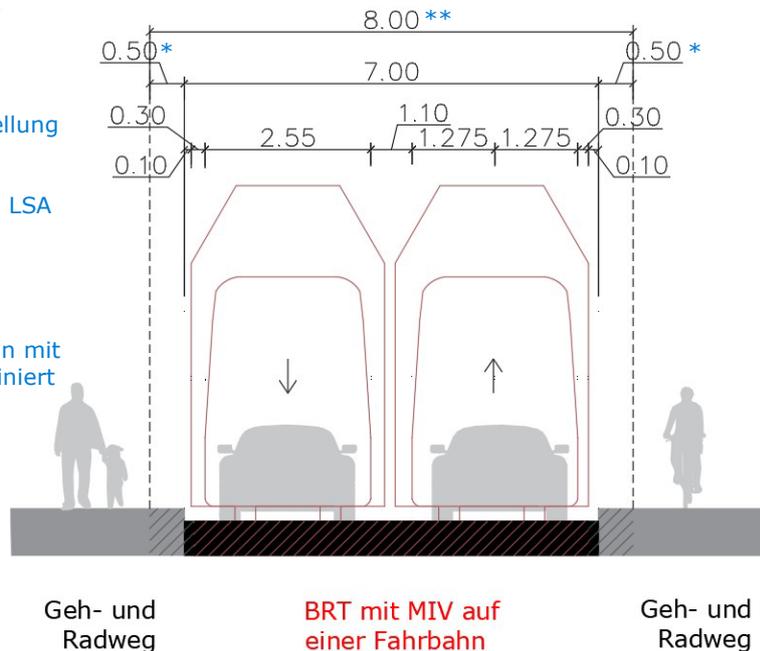
BRT Regel-Querschnitt RQ5: Straßenbündige Fahrbahn

* Hinweis:

> 50 cm bei Aufstellung von Schildern (besonders beim Andreaskreuz) und LSA

Hinweis:

Mast steht hier außerhalb des Straßenraums, kann mit Beleuchtung kombiniert werden



** Hinweis:

Maximale Querschnittsbreite wird durch den MIV bestimmt, nicht durch den BRT in diesem Fall

Abbildung 27 BRT Regel-Querschnitt RQ5: Straßenbündige Fahrbahn (50 km/h maximale Geschwindigkeit)

Der normale straßenbündige Bus-Regelquerschnitt gemäß EAÖ beträgt nur 6,50 m (siehe Kapitel 4.7). Es wird aber ein mittiger Zuschlag von 0,5 m zu diesem frühen Zeitpunkt im Projekt vorgeschlagen, um die Lichtraumeigenschaften eines 25 m langen nicht spurgeführten Doppelgelenkbusses auch bei Geschwindigkeiten bis 50 km/h gegenüber Standardlinienbussen abzudecken. Deswegen sind in dem RQ5 7,00 m als Gesamtbreite angegeben (plus jeweils 0,5 m Sicherheitsraum zum anderen Verkehrsträger). Das zeigen auch die schwedischen BRT-Richtlinien (Energimyndigheten / Sveriges Bussföretaget / Trafikverket 2015, [Guidelines för attraktiv kollektivtrafik med fokus på BRT](#)). Diese Reserve kann zu einem späteren Zeitpunkt, wenn das Projekt detaillierter geplant wird, ggf. wieder geändert werden.

Die folgende Tabelle vergleicht noch einmal 6,50 und 7,00 m und erklärt die Unterschiede.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

	Fahrbahnbreite 7,0 m	Fahrbahnbreite 6,5 m
Fahrgast	Ruhigere Fahrweise, da weniger Ausweichmanöver notwendig, höhere Zuverlässigkeit	Ruppigere Fahrweise, da plötzliche Brems- und Ausweichmanöver notwendig, weniger Zuverlässigkeit
Betrieb	Immer möglich, die sich aus den restlichen Randbedingungen (z.B. Trassegeometrie) ergebende höchstmögliche Geschwindigkeit zu fahren Bei Glatteis und Schnee ist immer noch genügend Platz vorhanden	Häufigere Mikroanpassungen der Fahrgeschwindigkeit notwendig, da häufiger Kollisionen drohen Bei Glatteis und Schnee stellenweise deutliche Geschwindigkeitsreduzierungen notwendig
Städtebau	0,5 m breiterer Querschnitt, weniger Platz für andere Verkehrsträger (vorrangig Rad- und Fußverkehr)	0,5 m schmalere Querschnitt, mehr Platz für andere Verkehrsträger (vorrangig Rad- und Fußverkehr)
Wirtschaftlichkeit	Leicht höhere Baukosten, aber Betrieb störungsfreier; weniger Verschleiß (Bremsen) und minimal höhere Durchschnittsgeschwindigkeit	Leicht niedrigere Baukosten, aber Betrieb störungsanfälliger; mehr Verschleiß (Bremsen) und minimal geringere Durchschnittsgeschwindigkeit
Empfehlung		

Tabelle 14 Fahrbahnbreite BRT

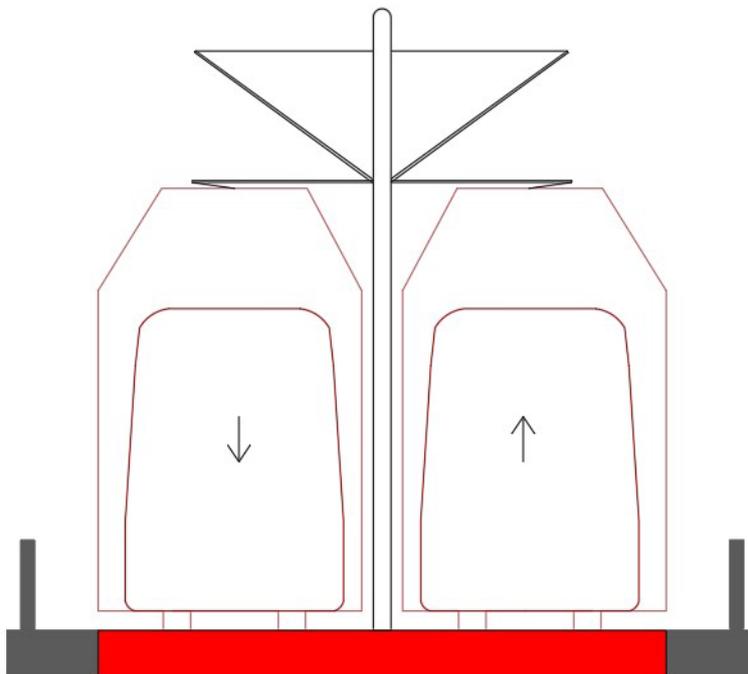
Dieser Zuschlag von 0,5 m ist auch auf alle anderen BRT-Regelquerschnitte angewendet worden.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

BRT Regel-Querschnitt RQ4: Besondere Fahrbahn auf Brückenbauwerk



Kappe **BRT besondere Fahrbahn auf** Kappe
Brückenbauwerk

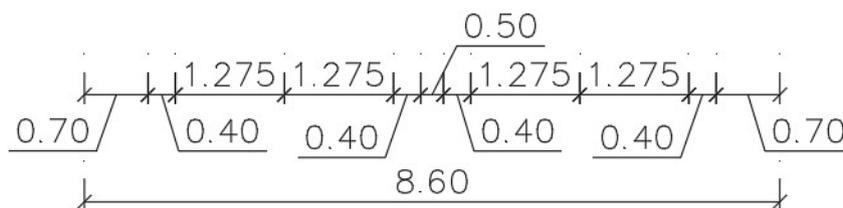


Abbildung 28 BRT Regel-Querschnitt RQ6: Besondere Fahrbahn auf Brückenbauwerk

Grundsätzliche Erläuterungen siehe Tram RQ6 und BRT RQ1.

Bei niedrigeren Geschwindigkeiten kann der dynamische Lichtraumzuschlag BRT in Abstimmung mit der TAB auch schrittweise reduziert werden (Argumentation BRT RQ1), was aber von Fall zu Fall lokal zu entscheiden ist. So könnte der Querschnitt von 8,60 m auf bis zu 8,00 m reduziert werden. Das erscheint aber in diesem Querschnitt nicht zielführend, da er ja auch in Bereichen höherer Geschwindigkeiten zum Einsatz kommt.

Weitere Reduktionen sind bei der Auswahl schmalerer Mastformen möglich, was aber zu einem späteren Zeitpunkt entscheiden werden kann.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

4.9 Oberbauformen

Tram

Folgende Oberbauformen kommen zum Einsatz:

- Rasengleis als Grundsatz, wenn Gleise nicht überfahrbar sein müssen
- Geschlossener Oberbau überall, wo es betrieblich erforderlich (Mischnutzung mit anderen Verkehrsteilnehmern, Überfahrten, etc.) oder städtebaulich gewünscht ist
- Schottergleis als Ausnahme in außerörtlichen Bereichen bei höheren Geschwindigkeiten und in städtebaulich unproblematischen Gegenden



Abbildung 29 Oberbauformen Tram (grünes Gleis in Brest, geschlossener Oberbau in Jerusalem, Schottergleis in Karlsruhe)

	Schotter	Geschlossener Bahnkörper	Rasengleis
Lärm und Erschütterung	Sehr gute Werte im Vergleich aller 3 Oberbauarten zur Minimierung von Lärm und Erschütterung	Schlechteste Werte im Vergleich aller 3 Oberbauarten, da der Oberbau Lärm und Erschütterung eher „reflektiert“ und nicht absorbiert	Sehr gute Werte im Vergleich aller 3 Oberbauarten zur Minimierung von Lärm und Erschütterung
Betriebliche Auswirkungen	Oberbau ist nicht überfahrbar für andere Verkehrsteilnehmer	Oberbau ist überfahrbar, Mitnutzung Bus oder Feuerwehr etc. möglich	Oberbau ist nicht überfahrbar für andere Verkehrsteilnehmer
Wirtschaftlichkeit	Günstigster Oberbau in Investition und Instandhaltung	Deutlich teurerer Oberbau in Investition, Instandhaltung bei guter Oberflächenqualität etwas teurer als Schotter	Teurerer Oberbau in Investition und besonders Instandhaltung im Vergleich zu Schotter
Städtebauliche Auswirkungen	Keine visuell ansprechende Lösung, deutlich höhere Trennwirkung	Kann je nach Eindeckung positiv in das städtebauliche Umfeld eingebunden werden	Visuell ansprechende Lösung, gut integrierbar
Empfehlung	Ausnahme in außerörtlichen Bereichen bei höheren Geschwindigkeiten und städtebaulich unproblematischen Gegenden	Standard wenn es betrieblich erforderlich (Mischnutzung mit anderen Verkehrsteilnehmern, etc.) oder städtebaulich gewünscht ist.	Grundsatz wenn Gleise nicht überfahrbar sein müssen

Tabelle 15 Oberbauformen Tram

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Oberbauform

Es wird als Grundsatz ein grünes Rasengleis oder, falls die Überfahrbarkeit gewährleistet werden muss, eingeschlossener Oberbau empfohlen.

BRT

Folgende Oberbauformen kommen zum Einsatz:

- Grundsatz: Durchgehende Betonfahrbahn unabhängig von der Lage im Straßenraum. Eine Asphaltfahrbahndecke wird nicht als Standard empfohlen (Argumentation siehe Tabelle 15), sondern nur in Ausnahmebereichen bei Straßenkreuzungen oder in städtebaulich sensiblen Bereichen, bei denen eine Betonoberfläche visuell sehr negativ wirkt.
- Die „Grüne“ Trasse ist eine Unterform der durchgehenden Betontrasse, ist aber deutlich schwieriger als bei der Tram zu realisieren. Anders als im Fall Tram ist auch aufgrund der fehlenden Spurführung zu erwarten, dass die BRT-Reifen immer wieder einmal über Teile des Rasens fahren werden. Das ist in einem Seeklima an der Küste mit mehr Regentagen nicht ideal und kann sehr schnell zu unansehnlichen Trassen führen. Dazu kann Erde auf der Trasse der Reibungskoeffizient zwischen Rad und Betonoberfläche verringern und somit zu einer verringerten Bremswirkung führen. Deswegen wird diese Oberbauform in Kiel nicht empfohlen (siehe auch Kapitel 3.2)
- Mischverkehr mit IV oder nur abmarkierte Bus-Trasse dürfen nur die Ausnahme sein, da die Störanfälligkeit deutlich höher ist und dies nicht mehr den Grundprinzipien eines hochwertigen ÖPNV entspricht.



Abbildung 30 Oberbauformen BRT (Betonfahrbahn in Metz, grüne Fahrbahn in Douai, abmarkierte Fahrbahn in Malmö)

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

	„Klassischer“ Straßenoberbau mit festem Asphaltbelag	Spezieller Oberbau mit hochfester Betonplatte
Fahrgast	Verringerter Fahrkomfort durch Unebenheiten (Spurrillenbildung, Schlaglöcher)	Guter Fahrkomfort, wenn auch nicht ganz so gut wie bei Tram
Betrieb	Höherer Verschleiß an Trasse und Fahrzeug Durch dichteren Erneuerungszyklus des Belags, öfter betriebliche Unterbrechungen	Zuverlässiger Betrieb durch sichere Fahrt auf standhafter Fahrbahn mit geringem Verschleiß an Trasse und Fahrzeug
Städtebau	Besser städtebaulich integrierbar als Beton	An städtebaulich sensiblen Orten kann Beton als hässlich empfunden werden; die Verwendung von gefärbtem Beton (teurer) kann dieses Empfinden aber lindern
Wirtschaftlichkeit	Niedrigere Anfangsinvestition, aber auch kürzere Lebensdauer – dadurch hohe Lebenszykluskosten; Erneuerungsbedarf insbesondere durch Spurrillen (sehr große Spurtreue auf der Eigentrasse)	Hohe Investitionskosten, aber dafür lange Lebensdauer; kaum Spurrillenbildung
Empfehlung	Anwendung nur die Ausnahme Nur im Kreuzungsbereich und ggf. an städtebaulich sensiblen Orten, nicht an Haltestellen 	Standardoberbau, immer wenn möglich, an Haltestellen immer 

Tabelle 16 Straßenoberbau BRT

EMPFEHLUNG FÜR BRT KIEL

Fahrbahn

Es wird als Grundsatz eine geschlossene Betonfahrbahn empfohlen.

4.10 Leitungsverlegung

Für ein hochwertiges ÖV-System ist die Leitungsumlegung grundsätzlich zu empfehlen. Bei Tramneubauprojekten ist es deutschlandweit Standard, alle Leitungen zu verlegen, vergleichbare BRT Beispiele gibt es in Deutschland nicht.

Für die Leitungsumlegung sprechen folgende wesentliche Gründe:

- Ausschluss von Störungen des Betriebs durch spätere Baumaßnahmen
- Verminderte Lebensdauer von Leitungen, die den Belastungen durch Fahrzeuge ausgesetzt sind
- Leitungen auch im Notfall (Rohrbruch etc.) nur schwer zugänglich

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Tram

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Leitungsverlegung

Vollständige Verlegung aller Leitungen unter der Tramtrasse.

BRT

Auch für ein hochwertiges BRT-System ist die Leitungsumlegung grundsätzlich zu empfehlen. Nur in Bereichen, die betrieblich im Störfall gut und räumlich nahe zu umfahren sind (was ja ein Vorteil des BRT ist) oder wenn der BRT im Straßenraum verkehrt (was nur eine absolute Ausnahme darstellen darf), kann von der Leitungsverlegung abgesehen werden. In der folgenden Tabelle werden die Argumente für diese Empfehlung noch einmal verglichen.

	Partielle oder keine Leitungsumlegung für BRT (z.B. nur kleinere Leitungen umlegen, größere u.a. Hauptsammler aber belassen)	Weitgehende Leitungsumlegung für BRT (nur dort nicht, wo betrieblich im Störfall räumlich nahe Umleitungen gefahren werden können)
Fahrgast	Dauerhafte negative Auswirkungen durch hohen Verschleiß an Asphalttrasse und Fahrzeug (Fahrkomfort) sowie zeitweise auch durch Baustellen	Keine negativen Auswirkungen
Betrieb	Durch Baustellen zeitweise massiv höhere Störanfälligkeit / Betriebsbeschränkungen. Auf Streckenabschnitten mit Oberleitung bedeuten Leitungsarbeiten praktisch immer Betriebsunterbrechungen.	Zuverlässiger und kosteneffizienter Betrieb ohne Baustellen und mit geringem Verschleiß an Trasse und Fahrzeugen
Städtebau	Keine dauerhaften Auswirkungen, zeitweise aber durch Baustellen (BRT-Umleitungen, Haltestellenverlegungen usw.)	Keine dauerhaft negativen Auswirkungen, aber später stärkere Behinderung anderer Verkehrsträger durch Baustellen
Wirtschaftlichkeit	Hohe Betriebskosten durch Verschleiß an Trasse und Fahrzeug	Hohe Investitionskosten durch Leitungsumlegung und „Trassenneubau“ ^a
Empfehlung	Hoher Verschleiß an Trasse und Fahrzeug sowie zeitweise Betriebsbeschränkungen durch Baustellen 	Erfüllt die Leitziele für ein hochwertiges ÖPNV-System deutlich besser als ein BRT-System ohne Leitungsumlegung 

Tabelle 17 Leitungsumlegung BRT

EMPFEHLUNG FÜR BRT KIEL

Leitungsverlegung

Weitgehende Verlegung aller Leitungen unter der BRT-Fahrbahn, Abweichungen nur in Ausnahmefällen.

Dokumentation AP B-100**Technische Planungsparameter Tram und BRT****Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse**

4.11 Bauwerke Tram und BRT

Die vorhandenen Bauwerke entlang der Strecken sind auf Ihre Tragfähigkeit nach dem Lastenzug und den Achsfahrmassen des Bemessungsfahrzeugs zu überprüfen (siehe Kapitel 5.9), neue Bauwerke (z.B. Brücke über Schwentine) sind dahingehend möglichst wirtschaftlich zu dimensionieren. Bauwerke werden vertieft erst in der Vorplanung nach Abschluss der Trassenstudie bearbeitet, deswegen werden zu diesem Zeitpunkt keine weiteren Planungsparameter festgelegt, die über die Angaben in Kapitel 5.9 hinausgehen.

In der Trassenstudie sind weitere Ausarbeitungen zu den Bestand- und neuen Bauwerken in den Dokumentationen AP E-130.2 und D-130.4 enthalten.

5 Planungsparameter Tram und BRT: Fahrzeuge

Durch diese Planungsparameter werden, insbesondere im Fall Tram, keine Standardfahrzeuge, die aktuell am Markt angeboten werden, ausgeschlossen. Es ist zu früh zu definieren, welches spezifische Fahrzeug genau zum Netz in Kiel am bestens passt und es ist aus wirtschaftlicher Sicht auch nicht sinnvoll, frühzeitig Festlegungen zu treffen. Wichtig für einen späteren attraktiven Fahrzeugpreis ist immer der Wettbewerb und dieser sollte nur eingeschränkt werden, wenn es stichhaltige technische Gründe gibt.

Wichtig für die Planungsparameter Fahrzeug ist es, diese so zu definieren, dass einerseits diese mit allen anderen technischen Parametern, insbesondere Infrastruktur und Betrieb, abgestimmt sind und andererseits sie dem Ziel „Hochwertiger ÖPNV“ genügen.

Das gilt für Tram und BRT beiderseits, wohingegen die Auswahl an verschiedenen Tramfahrzeugtypen gegenüber BRT größer ist. Auch kommt nur im Fall Tram die mögliche Ergänzung Regiotram dazu.

5.1 Fahrzeugtyp

Tram

Generell kann im Trambereich zwischen Fahrzeugen mit Drehgestellen und Fahrzeugen mit Fahrwerken unterscheiden werden.

- Drehgestelle brauchen generell etwas mehr Platz unter dem Fahrzeug, was die Innenraumgestaltung, die Türpositionen und die Niederflurigkeit einschränkt. Sie erlauben aber einen höheren Fahrkomfort für Fahrgäste und führen zu geringerem Verschleiß an Rad und Schiene, da sie in Kurvenbereichen voll ausdrehen können und sich somit dem Kurvenverlauf anpassen. Drehgestellfahrzeuge weisen besonders in älteren Netzen Vorteile auf, weswegen man in Deutschland aktuell eine Renaissance dieser Fahrzeuge beobachten kann.
- Fahrwerke können nicht voll ausdrehen und stoßen am Fahrzeugrahmen an, d.h. die Kräfte, Ruck und Vibrationen in Kurvenfahrten werden in das Fahrzeug übertragen. Das führt im Allgemeinen zu mehr Verschleiß und mehr Wartungsaufwand an Rad und Schiene. Der Fahrkomfort für die Fahrgäste kann bei intensiver Wartung ähnlich gut, wie der für Drehgestellfahrzeuge sein. Fahrzeuge mit Fahrwerken weisen aber Vorteile in der Innenraumgestaltung oder bei der Positionierung von Türen auf. Auch erlauben sie 100% Niederflurigkeit. Fast alle französischen Tramsysteme, welche die letzten 25 Jahre gebaut wurden, folgen diesem Prinzip.

Fahrzeugtypen können auch diverse Mischformen annehmen, jeder Fahrzeughersteller hat seine eigenen Konzepte und versucht die Vorteile in seiner Entwicklung zu kombinieren. Das muss dann immer im Zusammenhang mit der Nachfrage, welche die Fahrzeuglänge definiert, und allen infrastrukturellen Parametern gesehen werden. So kommt es zu einer Bandbreite an Lösungen, welche in der folgenden Abbildung im Überblick dargestellt werden:

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

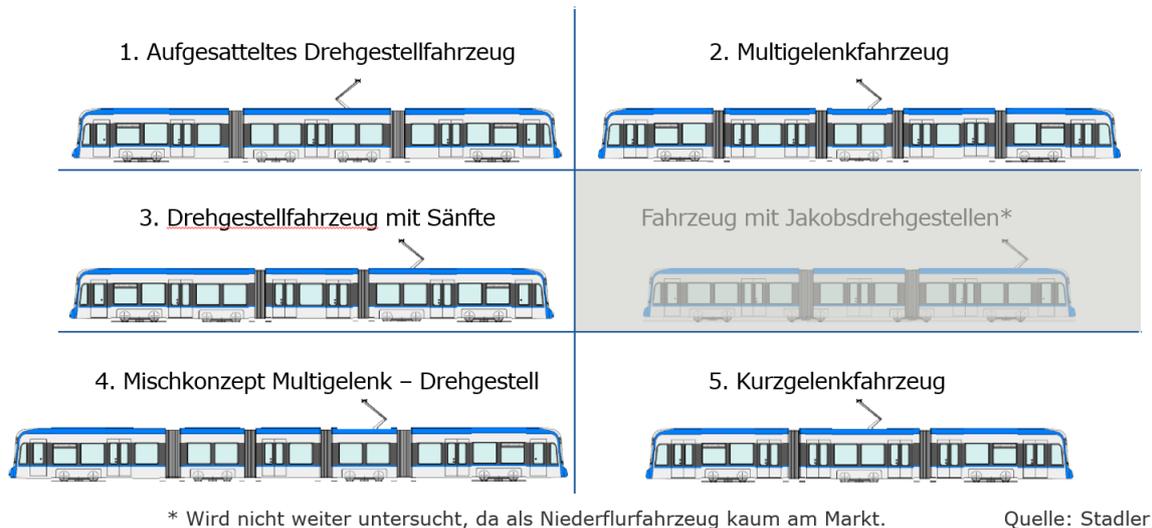


Abbildung 31 Fahrzeugtypen Tram

Welcher Fahrzeugtyp für Kiel am besten passt, sollte deswegen zu einem späteren Zeitpunkt entschieden werden, spätestens rund 5 Jahre vor Betriebsbeginn mit Veröffentlichung des Lastenhefts. Die Planung sollte offen für alle gängigen Fahrzeugtypen erfolgen, um ein möglichst wirtschaftliches Angebot im Wettbewerb erhalten zu können

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Fahrzeugtyp

Die Planung erfolgt offen für alle am Markt verfügbaren Fahrzeugtypen und berücksichtigt relevante Aspekte der Regiotram, um diese nicht frühzeitig auszuschließen.

BRT

Der Fahrzeugtyp BRT ist klarer definiert, da hier aus Kapazitätsgründen die maximale Länge der Doppelgelenkbusse am Markt von rund 25 m und die maximal zulässige Breite von 2,55 m gewählt wird. Das führt zu Standard-Doppel-Gelenkbussen, welche trotz verschiedener Hersteller sehr ähnlichen Typs sind. Wie in Kapitel 3.1.2 bereits erklärt, sind bis zu 25 m lange Fahrzeuge als Ausnahme durch die zuständige Straßenverkehrsbehörde gemäß StVZO § 70 Abs.1 Nr.2 auf Widerruf zu genehmigen.

EMPFEHLUNG FÜR BRT KIEL

Fahrzeugtyp

Die Planung erfolgt offen für alle am Markt verfügbaren Fahrzeugtypen.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

5.2 Fahrzeugkapazität und -länge

Tram

Die benötigte Fahrzeugkapazität wurde zu Beginn der Trassenstudie, basierend auf den Erkenntnissen der Grundlagenstudie, mit 250 – 375 Fahrgästen festgelegt, was mit verschiedenen Fahrzeugkonfigurationen abdeckbar ist:

- Einfachtraktion: ein Tramfahrzeug von 37 m Länge (Kapazität 250 Personen bei 4 P/m² Stehplatzfläche)
- Doppeltraktion von 2 Tramfahrzeugen mit 30 m Länge (Kapazität 400 Personen bei 4 P/m² Stehplatzfläche)
- Einfachtraktion: ein Tramfahrzeug von 54 m Länge (Kapazität 375 Personen bei 4 P/m² Stehplatzfläche)

Es stellt sich für die Tram in Kiel deswegen die generelle Frage, welche Konfiguration zielführender ist. Die folgende Tabelle listet dafür die Argumente auf und vergleicht diese:

	Doppeltraktion (2x30 m oder 2x37m) Haltestellenlänge 75 m	Einfachtraktion bis zu 37 m Haltestellenlänge 40 m	Einfachtraktion bis zu 54 m Haltestellenlänge 60 m
Betrieb Stadtnetz (BOStrab)	Betrieblich hohe Flexibilität und Verfügbarkeit Kuppeln- und Flügeln möglich Bei Ausfall eines Fahrzeugs noch Betrieb ein Einfachtraktion möglich, geringere Fahrzeugreserve	Betrieblich normale Flexibilität und Verfügbarkeit Kuppeln- und Flügeln nicht möglich Bei Ausfall eines Fahrzeugs fällt der Kurs aus, etwas höhere Fahrzeugreserve	Betrieblich normale Flexibilität und Verfügbarkeit Kuppeln- und Flügeln nicht möglich Bei Ausfall eines Fahrzeugs fällt der Kurs aus, etwas höhere Fahrzeugreserve
Fahrgast	Kein Durchgang möglich, subjektive Sicherheit geringer im zweiten Wagen, weniger Platzkapazität	Angepasste Mindestkapazität, kann keine erhöhte Nachfrage auffangen, offenes Raumgefühl, höchste Sicherheit	Höchste Kapazität, offenes Raumgefühl, höchste Sicherheit Kann erhöhte Nachfrage auffangen
Wirtschaftlichkeit	2 Fahrerstände, die nicht oft gebraucht werden, weniger Kapazität führt zu höheren Betriebskosten je Fahrgast-km, etwas höhere Instandhaltung, klar höherer Invest. Verlängerungen nicht möglich	Nur 1 Fahrerstand, mittlere Kapazität führt zu mittleren Betriebskosten je Fahrgast-km, geringere Instandhaltung, klar geringerer Invest. Anpassungen durch modulare Erweiterung nicht möglich, wenn die Haltestellen nur 40 m lang sind. Nachträgliche Verlängerung aller Bahnsteige ist teurer	Nur 1 Fahrerstand, höchste Kapazität führt zu geringsten Betriebskosten je Fahrgast-km, geringere Instandhaltung, klar geringerer Invest. Anpassungen durch modulare Erweiterung möglich Zukunftsfähig
Technische Aspekte	Komplexere Lösung (2 Fahrerstände, 2 Kupplungen mehr), etwas höhere Instandhaltung	Einfachste Lösung, Fahrzeug braucht nicht verlängert werden, da die Bahnsteige nur 40 m lang sind	Einfachste Lösung, Fahrzeug kann modular erweitert werden (Upgradefähigkeit)
Empfehlung			
✓ Empfehlung für Tram, zukunftsfähig			

Tabelle 18 Vergleich Einfach- und Doppeltraktion Tram

Es wird für Tram der Betrieb in Einfachtraktion und nicht in Doppeltraktion empfohlen. Diese Tendenz ist allgemein auch in anderen neuen und älteren Netzen zu beobachten, da es bei ausgeglichener Nachfrage wirtschaftlicher ist. Früher waren Tramfahrzeuge kürzer und es gab deutlich mehr Nachfrageschwankungen am Werktag, von Werktag zum Wochenende oder nach Lastrichtung. So konnten Betreiber Züge in Einfach- oder Doppeltraktion stärken oder schwächen und somit auf die veränderte Nachfrage zeitnah reagieren. Diese Faktoren nehmen aber ab, da sich Fahrzwecke, die Arbeitszeiten

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

und -orte deutlich ändern und zunehmend die Nachfrage gleichmäßiger wird, eine Veränderung der Fahrzeugkonfiguration von Einfach- zu Doppeltraktion (oder zurück) ist nicht mehr notwendig. Verkehrsbetriebe reagieren darauf, so hat z.B. die KVB, Köln, als erster deutscher Betrieb 60 m lange Tramfahrzeuge bestellt. Auch Regensburg als neues System hat sich für längere Fahrzeuge entschieden. In den meisten französischen Systemen, welche die letzten 25 Jahre errichtet wurden, ist das auch der Fall.



Abbildung 32 Beispiel Alstom Niederflurfahrzeug KVB Köln 60 m durchgehende Länge (Vergabe 11/2020)
Quelle: KVB

Für Kiel wird empfohlen die Planung auf bis zu 54 m lange Fahrzeuge auszurichten. Je nach Nachfrage und Wirtschaftlichkeit können zu Beginn auch 37 m oder 45 m lange Fahrzeuge beschafft und dann später mit weiteren Modulen auf 54 m verlängert werden.

Generell gilt, dass rund 25-30 % der gesamten Kapazität Sitzplätze sein sollten, bei der Regiotram haben sich aufgrund der längeren Fahrzeiten höhere Werte von bis zu 50 % etabliert.

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Fahrzeugkapazität und -länge

Das System Tram Kiel sollte auf Fahrzeuge der maximalen Länge 54 m mit einer Kapazität von bis zu 375 Fahrgästen ausgelegt werden.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

BRT

Die maximale Fahrzeugkapazität großer BRT Doppelgelenkbusse von ca. 25 m Länge liegt bei ca. 160 Fahrgästen (alle Sitzplätze und 4 P/m² Stehplatzfläche). Diese muss aufgrund der hohen Nachfrage auch angesetzt werden. Längere BRT-Fahrzeuge verkehren im Fahrgastbetrieb bisher nicht, es gibt aber Versuchsträger in der Forschung.

EMPFEHLUNG FÜR BRT KIEL

Fahrzeugkapazität und -länge

Das System BRT Kiel sollte auf Fahrzeuge der maximalen Länge 25 m mit einer Kapazität von bis zu ca. 160 Fahrgästen ausgelegt werden. Bahnsteiglängen sind mit 2x 25 m darauf auszurichten.

5.3 Fahrzeugbreite

Tram

2,65 m ist die maximal nach BOStrab §34 zulässige Breite, welche die höchste Fahrgastkapazität und damit beste Wirtschaftlichkeit erlauben. Außerdem ist diese Breite für einen möglichen Regiotram Betrieb zwingend notwendig. Alternative Breiten im Markt sind 2,30 m oder 2,40 m, die aber eher historisch gewachsen sind und bei neuen Netzen kaum zur Anwendung kommen. Die folgende Tabelle vergleicht die verschiedenen Breiten:

	2,65 m	2,30 oder 2,40 m
Fahrzeugkapazität	Maximal mögliche Kapazität, innen 2+2 Bestuhlung durchgehend machbar	Geringere Kapazität, innen 2+2 Bestuhlung nur noch bei 2,40 m eingeschränkt machbar, bei 2,30 m 1+2 Bestuhlung
Hüllkurve	Größte Hüllkurve und größte notwendige Querschnitte	Geringere Hüllkurve und geringerer Querschnitt (50 bis 70 cm weniger)
Mehrzweckabteile, Gangbreiten	Ja, größte Kapazität und Flexibilität für Rollstühle und Kinderwagen Größte Gangbreite	Ja, aber deutlich geringere Kapazität und Flexibilität für Rollstühle und Kinderwagen Geringere Gangbreiten besonders bei 2,40 Fahrzeugen mit 2+2 Bestuhlung
Wirtschaftlichkeit Anschaffung und Betrieb	Höchste Investition Bei höherer Nachfrage beste Wirtschaftlichkeit (Kosten je Fahrgast) im Betrieb	Investition geringfügig niedriger Bei höherer Nachfrage schlechtere Wirtschaftlichkeit (Kosten je Fahrgast) im Betrieb
Empfehlung		
	✓ Empfehlung Tram	

Tabelle 19 Fahrzeugbreite Tram

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Fahrzeugbreite

Das System Tram Kiel sollte auf Fahrzeuge der Breite 2,65 m ausgelegt werden.

BRT

2,55 m ist die maximal nach Straßenverkehrsordnung zulässige Breite, welche die höchste Fahrgastkapazität und damit beste Wirtschaftlichkeit erlauben.

EMPFEHLUNG FÜR BRT KIEL

Fahrzeugbreite

Das System BRT Kiel sollte auf Fahrzeuge der Breite 2,55 m ausgelegt werden.

5.4 Barrierefreiheit Fahrzeug Tram und BRT

Die folgenden Aussagen gelten weitestgehend für Tram und BRT zusammen, die Änderungen für BRT sind am Ende jedes Abschnitts kenntlich gemacht.

Einstiegshöhe

Die Grundlage der im Kapitel 3.5 Bahnsteighöhe gezeigten Abstände 50x50 mm wird durch §31 Abs. 7 der BOStrab festgelegt:

„Die Höhen von Bahnsteigoberflächen, Fahrzeugfußboden und Fahrzeugtrittstufen müssen so aufeinander abgestimmt sein, dass die Fahrgäste bequem ein- und aussteigen können. Der Höhenunterschied zwischen Oberfläche des Bahnsteigs und Fahrzeugfußboden ist unter Berücksichtigung der Belastungs- und Verschleißparameter der eingesetzten Fahrzeuge zu minimieren. Die Bahnsteigoberfläche soll nicht höher liegen als der Fahrzeugfußboden; sie muss rutschhemmend sein.“

Insbesondere der letzte Satz wird von Technischen Aufsichtsbehörden in der Regel als Muss-Vorschrift interpretiert, sodass es hier eine Abweichung einer Ausnahmegenehmigung bedürfte. Eine nominelle Einstiegshöhe bei neuen Radreifen und Laststufe I (Die Laststufen nach den Technischen Regeln Bremse der BOStrab bezeichnen verschiedene Beladungszustände, Laststufe I ist die geringste, III, die Höchste) BOStrab von 50 mm über der im Stadtnetz gewählten Einstiegshöhe ist realisierbar. Um zu verhindern, dass die Einstiegshöhe bei Laststufe III unterhalb der Bahnsteighöhe liegt, sind Maßnahmen zum Ausgleich des Verschleißes an Radreifen und Schienen, sowie eine geeignete Auslegung der Federung des Fahrzeugs erforderlich.

Für BRT gelten diese Aussagen analog, die Einstiegshöhe muss aufgrund der Einfederung des Fahrzeugs bei verschiedenen Beladungszuständen über dem Bahnsteigniveau liegen. Beim BRT fällt hingegen die Abnutzung der Schiene oder des Radreifens weg,

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

dafür muss die Lage der Betonfahrbahn immer unverändert bleiben. In der Summe ist die Situation mit der Tram vergleichbar. Der barrierefreie BRT-Einstieg sollte ohne Kneeling erreicht werden, da sonst die Haltestellenaufenthaltszeit und die Gesamtfahrzeiten verlängert werden.

Fußbodenhöhe

Die Fußbodenhöhe außerhalb der Einstiegsbereiche ist bei Niederflurfahrzeugen in der Regel größer als die Einstiegshöhe. Insbesondere über Fahrwerken steigt der Fußboden an, um den notwendigen Raum für das Fahrwerk, sowie bei Einsatz von Drehgestellen für deren Ausdrehbarkeit zu lassen. Wie stark der Fußboden ansteigt, hängt auch von der Anordnung der Antriebe ab. Längsrampen im Fahrzeug und deren Neigung sollen nicht über 10 % liegen (wenn dieser Wert niedriger angesetzt wird, werden ggf. bestimmte Fahrzeugtypen ausgeschlossen). Die Niederflurigkeit der Fahrzeuge sollte mindestens zwischen der ersten und letzten Fahrgasttür gegeben sein, muss aber nicht 100 % betragen. Für BRT-Busse gilt, dass diese zu 100 % niederflurig ohne Längsrampen im Fahrzeug auskommen wie z.B. Van Hool AGG 300.

Spaltüberbrückung

Da in Kiel ein vollkommen neues Netz gebaut wird, ist ein Schiebetritt bei einem Betrieb rein nach BOStrab nicht erforderlich, um die horizontale Lücke zum Standard-Bahnsteig zu schließen. Wichtig ist, dass Fahrzeug und Infrastruktur entsprechend aufeinander abgestimmt werden.

Für einen Zweisystembetrieb auch auf EBO-Strecken ist eine Spaltüberbrückung aufgrund der im Vergleich mit EBO-Regelfahrzeugen geringeren Breite von Stadtbahnfahrzeugen jedoch unumgänglich. Diese sollte dann jedoch im BOStrab-Bereich deaktiviert sein.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse



Abbildung 33 Beispielbild einer Spaltüberbrückung aus Karlsruhe

Technische Maßnahmen zur Spaltüberbrückung bringen einige wirtschaftliche, technische und betriebliche Nachteile mit sich, insbesondere:

- Mehrkosten in der Anschaffung
- höhere Betriebskosten (Instandhaltung)
- geringere betriebliche Verfügbarkeit
- erhöhte Masse
- höhere Haltestellenaufenthaltszeiten

BRT Fahrzeuge benötigen keine Spaltüberbrückung.

Rampen im Fahrzeug

Bei allen derzeit auf dem Markt befindlichen Niederflurfahrzeugen ist der Fußboden in den Bereichen abseits der Einstiege höher als die Einstiegshöhe. Die Differenzen werden i.d.R. durch Rampen überwunden. Anordnung und Anzahl der Rampen hängen u.a. vom Fahrzeugtyp, der Türverteilung und der Aufteilung des Fahrgastraums ab. Die VDV 7011 und die TSI-PRM (deren Anwendung aber für Tram oder BRT nicht vorgeschrieben ist, sie dient eher der Orientierung. Bei neuen Regiotramsystemen ist sie aber anzuwenden) beschränken die Neigung von Rampen, über die von der Tür aus der Multifunktionsbereich erreicht wird, auf 6 %. Für Rampen, welche nicht dem Erreichen von Multifunktionsbereichen dienen, lässt die TSI-PRM abhängig von der Länge

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

der Rampe auch größere Neigungen zu (siehe auch Längsrampen im Abschnitt Fußbodenhöhe dieses Kapitels). Eine Gestaltung der Rampenneigungen anhand der TSI-PRM lässt den Fahrzeugherstellern größere konstruktive Freiheiten und wird somit empfohlen.



Abbildung 34 Längsrampen im Fahrzeug über den Fahrwerken

Für BRT Busse gilt, dass diese zu 100 % niederflurig ohne Längsrampen im Fahrzeug auskommen, aber für die notwendigen Rampen im Einstiegsbereich hin zur Fahrzeugmitte gelten die gleichen Regelungen wie bei der Tram mit 6 %.

Stufen im Fahrzeug

Stufen in Längsrichtung sind möglichst zu vermeiden, jedoch auch bei reinen Straßenbahnfahrzeugen nicht grundsätzlich auszuschließen. Bei einem Drehgestellfahrzeug mit 70-85 % Niederflur wäre eine Stufe in einer maximalen Höhe von 220 mm über den Drehgestellen akzeptabel, was die Standardfahrzeuge auch alle einhalten. Bei Drehgestellfahrzeugen kann es ebenfalls sinnvoll sein, eine Stufe über den Enddrehgestellen vorzusehen. Ein solch erhöhter Bereich wird insbesondere von Fahrgästen, die längere Strecken zurücklegen, teilweise als Komfortmerkmal wahrgenommen. Insofern wurde das Kriterium Niederflurigkeit für die Tramfahrzeuge nicht spezifisch festgelegt.

Ein Teil der Sitze ist bei allen gängigen Niederflur-Fahrzeugtypen über Fahrwerken/Drehgestellen angeordnet. Je nach Fußbodenhöhe kann eine Querstufe hin zu den Sitzen notwendig sein, bei der für die Tram Kiel vorgesehenen Bahnsteighöhe von 350 mm ist jedoch zu erwarten, dass der Fahrzeugfußboden außerhalb der Einstiegsbereiche auf ≥ 400 mm liegen wird. Bei dieser Fußbodenhöhe ist eine Ausführung ohne

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Querstufen grundsätzlich möglich, da unter dem Wagenkasten genügend Raum zur Verfügung steht. Insofern ist eine Stufe ggf. nur an den Fahrzeugenden akzeptabel.

BRT Fahrzeuge weisen keine Stufen im Fahrzeug auf.

Multifunktionsbereiche im Fahrzeug

In den letzten Jahren ist generell zu beobachten, dass der Bedarf an Mehrzweckabteilen zunimmt. Dies liegt unter anderem am gestiegenen Durchschnittsalter der Bevölkerung. Der Wunsch, auch in höherem Alter selbstständig mobil zu sein, wächst. Die Anzahl der Fahrgäste in Rollstühlen und mit Rollatoren steigt deshalb kontinuierlich. Damit nehmen auch die Fahrgastwechselzeiten tendenziell zu. Mit dem Ziel, verschiedene Verkehrsträger besser zu vernetzen, steigt die Anzahl der Verkehrsverbünde, die die Fahrradmitnahme in ihren Bahnen erlauben. Als weitere Nutzer der Mehrzweckflächen sind Eltern mit Kinderwagen zu nennen. Eine gute Zugänglichkeit verbunden mit einem leichten Ein- und Ausstieg wird deshalb immer wichtiger.

Eine gute Zugänglichkeit des Mehrzweckbereichs wird durch eine Anordnung nahe der Tür erreicht. Außerdem muss eine stufenlose Zugänglichkeit immer gewährleistet werden. Die Bereiche sind so zu gestalten, dass je Bereich eine Beförderungsmöglichkeit für Rollstuhlfahrer besteht. Diese muss unabhängig von der Fahrtrichtung einen sicheren Transport gewährleisten. Anzustreben sind Bereiche mit einer Mindestgröße von wenn möglich 1900 x 900 mm. Sinnvoll ist hier die Einhaltung der TSI-PRM, obwohl diese für BOSTrab-Fahrzeuge nicht vorgeschrieben ist. Aufgrund der hohen Anzahl an Fahrgästen, die neben Rollstuhlfahrern auf die Nutzung des Mehrzweckbereichs angewiesen sind (Fahrgäste mit Fahrrad, Kinderwagen, Rollator, etc.) ist anzuraten, den gesamten Türzwischenraum ausschließlich mit Klappsitzen auszustatten. Je Bereich lassen sich dann (wenn dort gleichzeitig keine Personen mit Rollstühlen, Kinderwagen oder Rollatoren zusteigen) rund drei Fahrräder transportieren.

Abhängig vom gewählten Fahrzeugtyp bestehen bauliche Einschränkungen bei der Anordnung von Multifunktionsbereichen. Zwei Multifunktionsbereiche pro Fahrzeug werden mindestens empfohlen, sodass auch bei Ausfall einer zu einem Multifunktionsbereich führenden Tür eine Nutzung durch Fahrgäste mit eingeschränkter Mobilität möglich ist.

Die Fahrzeuge sind so zu gestalten, dass eine Beförderung von schweren Elektrorollstühlen grundsätzlich möglich ist. Ob dies schlussendlich auch umgesetzt wird, kann zu einem späteren Zeitpunkt entschieden werden. In etwa je 15 m Fahrzeuglänge sollte ein Multifunktionsbereich vorgesehen werden.

Für BRT gelten die gleichen Vorgaben, je 15 m Fahrzeuglänge führt zu 1-2 Multifunktionsbereichen, wobei durch die Länge von nur maximal 25 m und etwas schmalere Breite von nur 2,55 m die Flexibilität zur Platzierung und der Anzahl von Multifunktionsbereichen im BRT geringer im Vergleich zur Tram ausfällt. Die genaue Anzahl kann zu einem späteren Zeitraum entschieden werden.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

EMPFEHLUNG FÜR TRAM/BRT KIEL

Barrierefreiheit

Tram- oder BRT-Systeme müssen 100 % barrierefrei errichtet werden.

Die Einstiegshöhe liegt ca. 50 mm über Bahnsteighöhe für die Tram, bei BRT kann dieser Wert etwas geringer ausfallen, der Spalt zum Fahrzeug fällt nach aktuellem Stand der Technik aber größer aus als bei der Tram (fehlende Spurführung). Querrampen im Fahrzeug weisen eine maximale Neigung von 6 % auf, Längsrampen können bei Trams bis zu 10 % aufweisen, beim BRT kommen diese nicht vor.

Alle 15 m Fahrzeuglänge ist für BRT und Tram ein Multifunktionsbereich vorzusehen, alle Wege von Multifunktionsbereichen im Fahrzeug zu den nächstgelegenen Türen müssen vollkommen barrierefrei sein.

Stufen im Fahrzeug sind bei der Tram an Fahrzeugenden oder über Drehgestellen zulässig, wenn der Niederfluranteil mindestens 70 % beträgt. Beim BRT kommen diese nicht vor.

Bewegliche Spaltüberbrückungen zwischen Fahrzeug und Bahnsteig sind nicht zulässig. Der barrierefreie BRT-Einstieg muss ohne Kneeling erreicht werden.

5.5 Zweirichtungsfahrzeug

Tram

Tramfahrzeuge können grundsätzlich als Einrichtungs- oder Zweirichtungsfahrzeuge konstruiert werden. Bei einem Einrichtungsfahrzeug mit einer Fahrerkabine ist die Kapazität leicht höher (ca. bis zu 10 Personen bei 4 Personen/m² Stehplatzbelegung), das Fahrzeug weist aber nur Türen auf einer Seite auf, was die betriebliche Flexibilität einschränkt. Für ein solches Fahrzeug sind auch Wendeschleifen an allen Endhaltestellen erforderlich.

Regiotramfahrzeuge müssen als Zweirichtungsfahrzeuge verkehren, da es in den EBO-Bereichen keine Wendeschleifen gibt und somit eine Wende sonst unmöglich ist.

Die folgende Tabelle vergleicht die beiden Optionen für die Tram.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

	Einrichtungsbetrieb	Zweirichtungsbetrieb
Kapazität	Höchste Passagierkapazität, mehr Sitzplätze, da Türen nur auf einer Seite	Geringfügig geringere Sitz und Stehplatzkapazität (ca. -10)
Betriebsablauf	Wendeschleifen sind notwendig, auch unterwegs Kurzwenden sind nicht möglich, Bedienung von Mittelbahnsteigen nicht möglich	Keine Wendeschleifen notwendig, Kurzwende unterwegs machbar
Betriebliche Flexibilität	Nur Türen auf einer Seite, damit im Störfall und bei Bahnsteigen, an denen man auf beiden Seiten aussteigen könnte, geringere Flexibilität	Türen auf beiden Seiten, volle Flexibilität auch im Störfall
Fahrzeugkosten	Wegfall eines Fahrerstands verringert den Fahrzeugpreis kaum, da es nicht mehr „Standard“ ist	Vergleichbar mit Einrichtungsfahrzeug
Infrastrukturkosten	Höher, da Wendeschleifen benötigt werden und keine Mittelhaltestellen möglich sind, ggf. also baulich teurere Lösungen gefunden werden müssen	Geringer als bei Einrichtungsbetrieb
Gestaltung Infrastruktur	Weniger flexibel, da Platz für Wendeschleifen benötigt werden (auch unterwegs im Netz?) und keine Mittelhaltestellen möglich sind	Höchste Flexibilität in der Gestaltung der Infrastruktur und dem Platzbedarf
Erweiterbarkeit zu Regiotram	Machbar, auch wenn aufgrund der Zwänge (Wendeschleifen, Haltestellenlage) weniger Spielraum für die Anpassung an eine Regiotram zu Verfügung steht	Machbar
Empfehlung		
		✓ Empfehlung Tram

Tabelle 20 Ein- und Zweirichtungsbetrieb Tram

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Ein- oder Zweirichtungsfahrzeug

Es wird ein Zweirichtungsfahrzeug empfohlen.

BRT

BRT-Fahrzeuge sind grundsätzlich nur Einrichtungsfahrzeuge.

EMPFEHLUNG FÜR BRT KIEL

Ein- oder Zweirichtungsfahrzeug

BRT-Fahrzeuge sind grundsätzlich nur Einrichtungsfahrzeuge.

5.6 Fahrdynamik und Antriebsadhäsion

Tram

Fahrdynamik

Für die Fahrdynamik werden die Werte aus der VDV 150 vorgeschlagen:

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

- **Konstante** Beschleunigung vom Ruckende bis zum Erreichen der **max.** Leistung: $\geq 1,3 \text{ m/s}^2$
- **Mittlere** Beschleunigung von 0 bis 70/80/100 km/h: $\geq 0,6 \text{ m/s}^2 / \geq 0,5 \text{ m/s}^2 / \geq 0,4 \text{ m/s}^2$
- Betriebsbremsung (konstante Verzögerung): $\geq 1,3 \text{ m/s}^2$ / mittlere Verzögerung $\geq 1,2 \text{ m/s}^2$
- Gefahrenbremsung (mittlere Verzögerung): Gefahrenbremsung Werte nach BOStrab Tabelle 2, Anlage 2 für 2/3 beladenes Fahrzeug (2/3 von: alle Sitzplätze belegt und 8 P/m^2 Stehplatzfläche= 5.000 N/m^2) Werte 70 – 100 km/h siehe DIN 5566 bzw. EN 12663

Antriebsadhäsion

Die Antriebsadhäsion gibt die gewichtete Anzahl der angetriebenen Achsen bzw. Räder im Verhältnis zu allen Achsen bzw. Rädern an. Ein wirtschaftlich optimiertes Standardfahrzeug weist rund 50 % Antriebsadhäsion auf. Davon sollte nur abgewichen werden, wenn besondere Betriebsbedingungen dies erfordern, insbesondere längere steile Abschnitte.

Gemäß den Richtlinien für die Trassierung von Bahnen nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab) soll eine Regel-Längsneigung von 4 % nicht überschritten werden. Diese Neigung wird von normal ausgerüsteten Fahrzeugen mit einer Antriebsadhäsion von 50 % gut bewältigt.

Bei einer entsprechenden Ausrüstung der Fahrzeuge können bei schwierigen topographischen Verhältnissen auch stärkere Neigungen ausgeführt werden. Die Trassierung an der Haftreibungsgrenze erfordert eine sorgfältige Berücksichtigung bei der Auslegung von Bremse und Antrieb (vgl. BOStrab - § 17, Abs. 5).

Die durch die BOStrab vorgegebenen Bremssysteme bei einem Betrieb der Fahrzeuge als straßenabhängige Bahn sind bei entsprechender Dimensionierung auch für steilere Strecken ausreichend. Längere Steilstrecken, wie in anderen deutschen Netzen (z.B. Würzburg, Ulm oder Stuttgart) kommen im potentiellen Kieler Tramnetz nicht vor. Der Streckenabschnitt in der Bergstraße ist mit ca. 5,4 % noch der steilste, stellt aber aufgrund seiner Kürze und der moderaten Steigung keine zusätzlichen Anforderungen an Standardfahrzeuge.

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Fahrdynamik und Antriebsadhäsion

Für die Fahrzeuge für die Tram Kiel wird eine Fahrdynamik nach VDV 150 und eine Antriebsadhäsion von mindestens 50 % auf Grund der zu befahrenden Steigungen im vorgesehen Kernnetz empfohlen.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

BRT

Die Fahrdynamik eines BRT-Busses entspricht derjenigen eines modernen Standardlinienbusses. Das Thema Antriebsadhäsion spielt im Gegensatz zur Tram nicht die gleiche Rolle, da die Reibung zwischen Straßenbelag und Gummireifen um ein Vielfaches höher ist, als für einen Rad-Schiene-Kontakt der Tram. Es wird relevanter bei sehr winterlichen Bedingungen (dann nimmt die Reibung ab) oder starken Steigungen.

Insofern ist es beim BRT-Bus nicht ganz so wichtig, wie viele Achsen angetrieben sind. Moderne BRT-Busse mit vier Achsen haben normalerweise zwei angetriebene Achsen, was auch einer Antriebsadhäsion von ca. 50 % entspricht (in diese Berechnung fließt auch immer noch das Gewicht, welches auf den angetriebenen Achsen liegt, mit ein). Das ist für den Anwendungsfall BRT Kiel ausreichend.

EMPFEHLUNG FÜR BRT KIEL

Fahrdynamik und Antriebsadhäsion

Für die BRT-Fahrzeuge wird analog Standardlinienbussen und eine Antriebsadhäsion von ca. 50 % empfohlen.

5.7 Lichtraum

Tram

Theoretische Herleitung des notwendigen Lichtraumbedarfs

In diesem Kapitel werden die zugrunde gelegten Annahmen für den notwendigen Lichttraumbedarf sowie für die Berechnung von Trassenkorridoren zusammengestellt.

Nach § 18 der BOStrab wird der zu jedem Gleis gehörende Raum als lichter Raum bezeichnet, der von festen sowie beweglichen Gegenständen freigehalten werden muss, um einen sicheren Betrieb der Fahrzeuge garantieren zu können. Dabei müssen die lichtraumtechnisch maßgebenden Merkmale der Fahrzeuge und des Gleises aufeinander abgestimmt werden, sodass es in keinem Betriebszustand zu gefährdenden Berührungen zwischen Fahrzeugen und Gegenständen sowie zwischen Fahrzeugen auf benachbarten Gleisen kommt.

Nach § 34 der BOStrab darf der Lichtraumbedarf auf straßenbündigen Bahnkörpern im Verkehrsraum öffentlicher Straßen in Gleisbögen auf Grund der bogengeometrischen Ausragung der Fahrzeuge beidseitig höchstens 0,65 m größer sein als in der Geraden. Außerdem werden Installationen wie Fahrtrichtungsanzeiger, Meldeleuchten, Rückspiegel, geöffnete Türen und ausgefahrene Trittstufen nicht zur Fahrzeugbreite dazugerechnet, müssen aber für die Berechnung des sicherheitsrelevanten lichten Raums berücksichtigt werden.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Berechnung des lichten Raumes

Der seitliche Lichtraumbedarf setzt sich aus den folgenden Punkten zusammen:

- der Fahrzeugbreite,
- der bogengeometrischen Ausragung (Auslegung auf schlechtesten Fall),
- dem Lichtraumbedarf aufgrund der nicht zufallsbedingten Einflussfaktoren und
- dem Lichtraumbedarf aufgrund der zufallsbedingten Einflussfaktoren
- seitliche Bautoleranzen, Spiele und Verschleiß

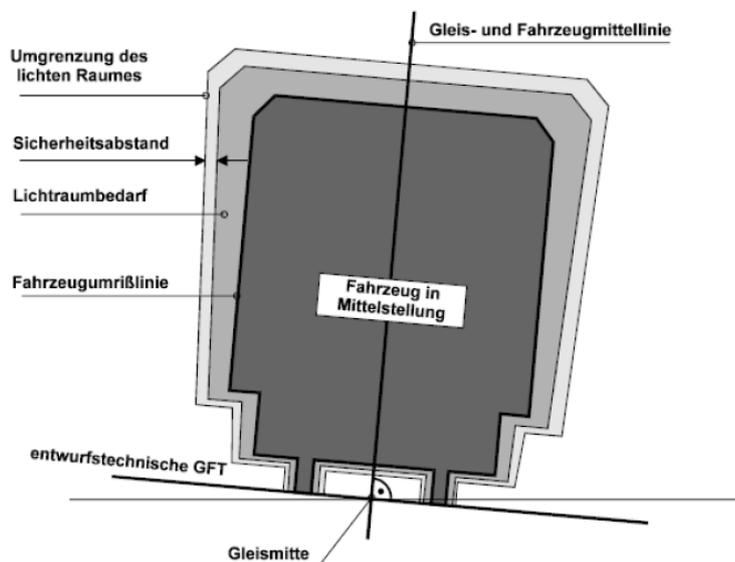


Abbildung 35 Lichtraumtechnische Begriffe (schematische Darstellung, Quelle: TR Strab, BOStrab)

Statische Hüllkurve

Zur Herleitung des Lichtraumbedarfs wird die statische Hüllkurve zugrunde gelegt. Sie beinhaltet sowohl die Fahrzeugbreite als auch die notwendigen Wagenauslässe für das jeweilige Fahrzeug in Abhängigkeit der Trassierung. Da diese Werte nicht der dynamischen Hüllkurve und damit dem tatsächlichen Fahrverhalten des Fahrzeuges entsprechen, werden gemäß EAÖ Zuschläge für die dynamische Hüllkurve dazu addiert. Diese betragen auf der Außen- und Innenseite des Fahrzeuges jeweils 0,30 m.

Das definierte Vorgehen ist nach unserer Erfahrung in der jetzigen Planungsphase und der Vorplanung, dem Entwurf ausreichend. Es wird jedoch empfohlen, spätestens zur Ausführungsplanung die tatsächlichen dynamischen Hüllkurven der infrage kommenden Fahrzeuge bei den Herstellern einzuholen und der detaillierten Planung zugrunde zu legen bzw. die Einhaltung der ermittelten Hüllkurve bestätigen zu lassen.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Sicherheitsräume

Der § 19 der BOStrab besagt, dass neben jedem Gleis und dessen lichten Raum ein Sicherheitsraum zum Schutz von Personen vorhanden sein muss. Dieser Sicherheitsraum muss ausgehend vom Gleis und von den Fahrzeugtüren einfach zu erreichen sein. Für nebeneinander verlaufende Gleise bei Betrieb mit Zweirichtungsfahrzeugen ist ein Sicherheitsraum zwischen den Gleisen ausreichend.

Der Sicherheitsraum muss lotrecht stehend eine minimale Breite von 0,7 m und eine minimale Höhe von 2,0 m aufweisen; bei nicht rechteckigen Tunnelquerschnitten darf der Sicherheitsraum im unteren und oberen Bereich geringfügig eingeschränkt werden. Dieser Sicherheitsraum darf über kurze Längen durch beispielsweise Einbauten unterbrochen werden, wenn ein Mindestabstand von 0,45 m zwischen den Einbauten und dem Fahrzeug eingehalten wird. Bei geteiltem Sicherheitsraum (mittig) muss dieser Sicherheitsabstand nur auf einer Seite berücksichtigt werden (siehe folgende Abbildung). Es empfiehlt sich jedoch, den Sicherheitsraum immer konsistent auf einer Seite anzulegen, die in Fahrtrichtung rechte Seite bietet sich daher an, da dann auch der Straßenraum mitgenutzt werden kann.

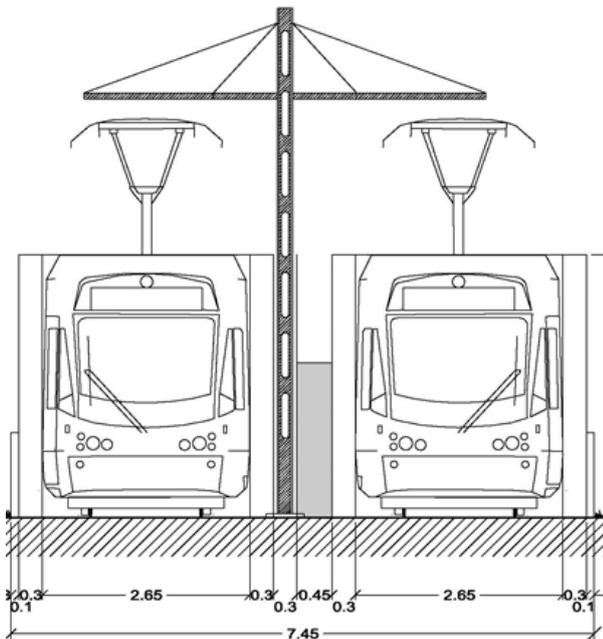


Abbildung 36 Beispiel Oberleitungsmasten im geteilten mittigen Sicherheitsraum nach BOStrab

Hüllkurve Tram

Für die weiterführende Planung empfiehlt sich außerdem eine überschlägige Ermittlung der Wagenausschläge bei Bogenfahrt, die in dieser Phase des Projektes Tram Kiel nicht von vornherein einzelne Fahrzeuge oder Fahrzeugtypen ausschließt. Dies gilt vor allem auch für die Regiotram, da diese Fahrzeuge auf Grund ihrer Bauweise auf der Bogeninnenseite oft einen größeren Platzbedarf aufweisen.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Eine Hüllkurve für den Lichtraumbedarf beim Befahren von Gleisbögen, die diesen Anforderungen entspricht und auch für den Betrieb von Mehrsystemfahrzeugen ausgelegt ist, ist der folgenden Tabelle zu entnehmen. Die hier angegebenen Werte können als Planungsparameter vorgegeben werden:

Kurvenradius [m]	Zuschlag Hüllkurve außen [mm]	Zuschlag Hüllkurve innen [mm]	Zuschlag dynamische Hüllkurve [mm]	Total außen ab Gleismitte [mm]	Total innen ab Gleismitte [mm]
25	500	538	300	2125	2163
30	405	447	300	2030	2072
35	340	382	300	1965	2007
40	290	334	300	1915	1959
45	255	297	300	1880	1922
50	225	267	300	1850	1892
60	190	222	300	1815	1847
70	170	190	300	1795	1815
80	160	167	300	1785	1792
90	150	148	300	1775	1773
100	140	140	300	1765	1765
125	120	120	300	1745	1745
150	110	110	300	1735	1735
200	100	100	300	1725	1725
340	60	60	300	1685	1685
700	25	25	300	1650	1650
1000	15	15	300	1640	1640

Tabelle 21 Hüllkurve Tram

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Lichtraum

Bei der Bestimmung einer Hüllkurve für die Tram für die innerhalb des Gesamtprojektes folgende Trassenplanung ist darauf zu achten, dass es zu keinem versehentlichen Ausschluss von bestimmten Fahrzeugtypen kommt, die folglich auch nicht mehr als Fahrzeug für die Tram Kiel in Frage kommen. Die hier angegebene Hüllkurve spiegelt alle gängigen Fahrzeugtypen und eine Regiotram wider und ist zusätzlich durch konservativ gewählte Zuschläge großzügig ausgewählt, um eben dieser Problematik entgegenzuwirken.

BRT

Die Berechnung des lichten Raumes setzt sich analog dem Anwendungsfall Tram aus dem statischen Lichtraum, welcher der Fahrzeugbreite von 2,55 m entspricht, plus den dynamischen Zuschlägen zusammen.

Der dynamische Lichtraumzuschlag BRT wurde mit 0,4 m um 0,15 m höher angesetzt, als es die EAÖ für Standardlinienbusse mit 0,25 m vorsieht. Das deckt zu einem frühen Projektplanungsstand die Lichtraumeigenschaften eines 25 m langen nicht spurgeführten Doppelgelenkbusses auch bei Geschwindigkeiten bis 70 km/h gegenüber Standardlinienbussen ab. Bei niedrigeren Geschwindigkeiten kann dieser Wert in Abstimmung mit der TAB auch schrittweise reduziert werden, z.B. bei 50 km/h um insgesamt 0,10 m.

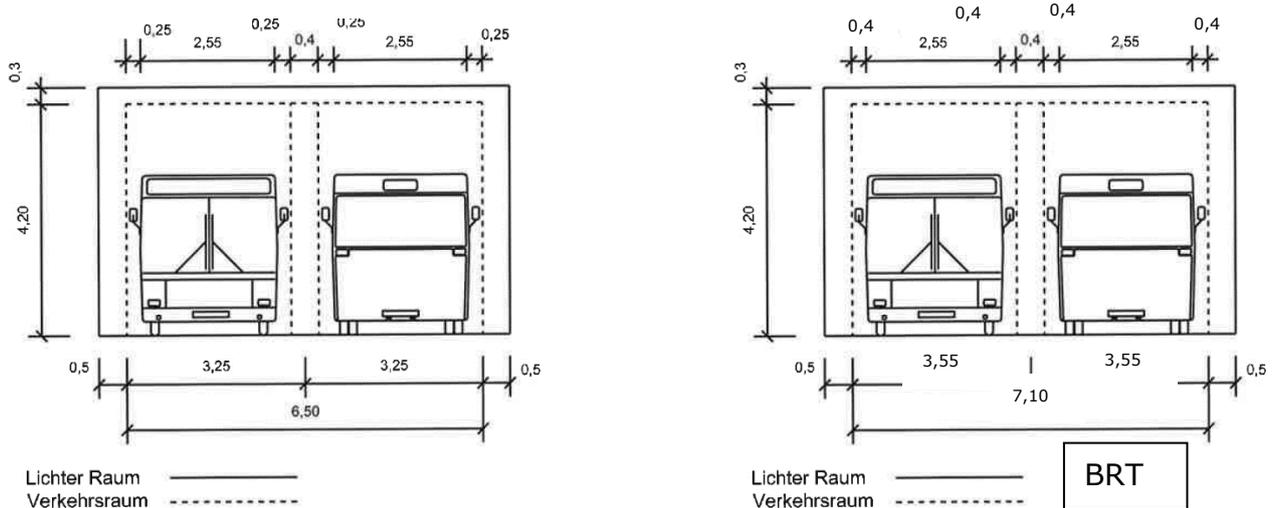


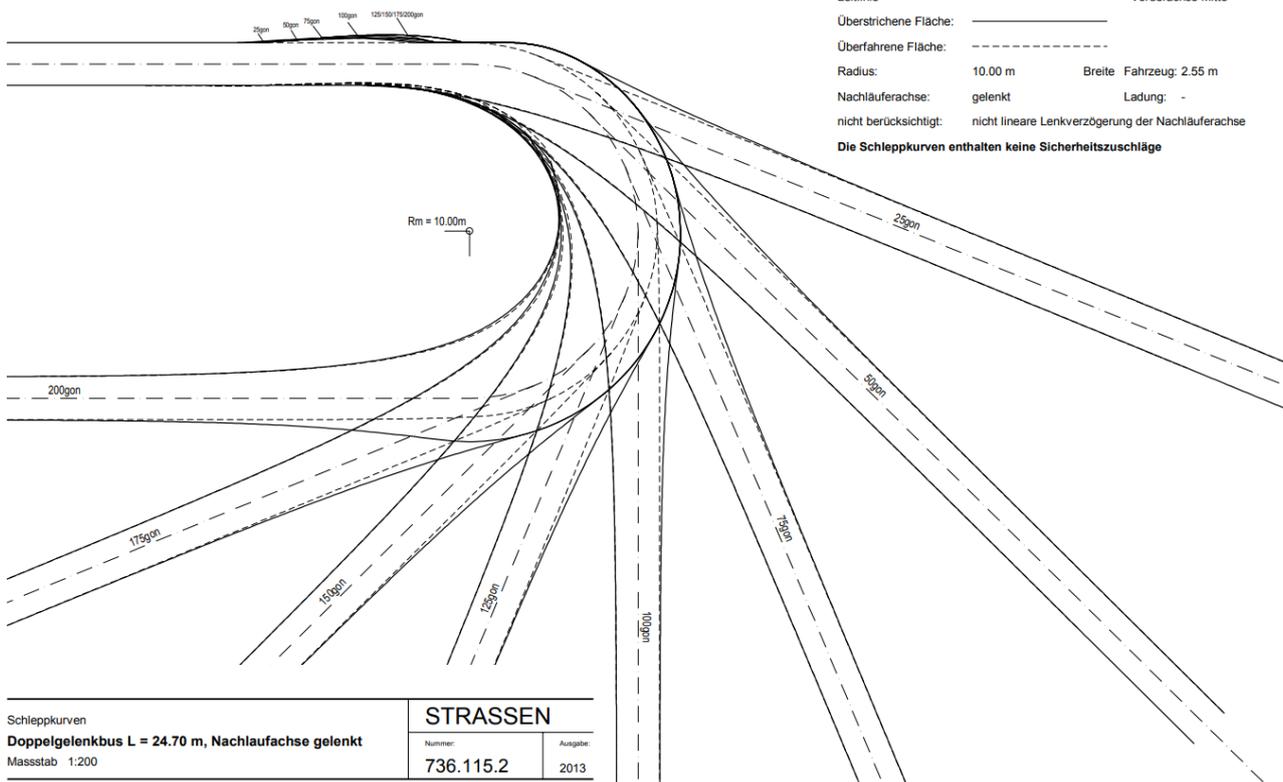
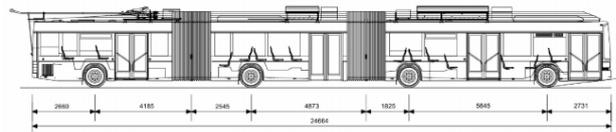
Abbildung 37 Lichtraum Standardlinienbus gemäß EAÖ (Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehr) Ausgabe 2013, links. Anpassung BRT rechts (Vmax bis zu 70 km/h, Verringerung bei niedrigeren Geschwindigkeiten möglich).

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Die Schleppkurvenzuschläge in Abhängigkeit je Radius bei Kurvenfahrten werden für die Planungsparameter durch die Schleppkurve eines Doppel-Gelenk-Busses mit gelenkter Nachlaufachse definiert. Sie wurden in der Standardsoftware AutoTURN in der Trassenstudie simuliert und in der Planung berücksichtigt (siehe Dokumentation AP E-130.5). Eine Angabe in Tabellenform, wie für die Tram, ist nicht möglich, da die Breite der Hüllkurve neben dem Kurvenradius auch immer vom Winkel der Richtungsänderung abhängig ist. Die Hüllkurvenzuschläge sind im Vergleich zu denen für die Tram in engen Kurven größer und die Hüllkurve somit breiter.



Quelle: https://vif.lu.ch/down_load/fachordner/fachordner_strassen/schleppkurven

Abbildung 38 Schleppkurve Nachlaufachse gelenkt bei Doppel-Gelenk-Bus

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

EMPFEHLUNG FÜR BRT KIEL

Lichtraum

Bei der Bestimmung einer Hüllkurve für BRT-Fahrzeuge wurde die EAÖ für Standardlinienbusse herangezogen und der dynamische Lichtraumzuschlag um 0,15 m für die BRT Doppelgelenkbusse erhöht.

5.8 Radprofil Tram

Die Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab) stellt mit den Technischen Regeln Spurführung (TR Spurführung) eine Richtlinie zur Verfügung, die sich der Spurführung von Schienenbahnen widmet. Hierzu zählt auch die spurführungstechnisch relevante Rad-Schiene-Schnittstelle.

Innerhalb dieser Technischen Regel werden drei unterschiedliche spurführungstechnische Systeme definiert, die sich hinsichtlich ihrer verschiedenen betrieblichen Bedingungen voneinander unterscheiden und somit verschiedene Gleis- bzw. Radsatz-Abmessungen empfehlen. Diese unterschiedlichen spurführungstechnischen Systeme werden nachfolgend kurz erläutert:

- Das **Betriebssystem S** kommt vorwiegend für den Straßen- und Stadtbahn-Betrieb zum Einsatz, wobei die Fahrzeuge hier sowohl im Besonderen aber auch auf straßenbündigem Bahnkörper unter Verwendung von Rillenschienen verkehren.
- Das **Betriebssystem E** findet beim Betrieb von Stadt- und U-Bahnen Einsatz, deren Fahrzeuge und Gleisanlagen hinsichtlich ihrer Spurführung der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) bzw. der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung für Schmalspurbahnen (ESBO) ähnlich sind und genügen. Es kommt in der Regel bei Bahnen zum Einsatz, die ausschließlich auf unabhängigem Bahnkörper verkehren und nicht mit dem Straßenverkehr interagieren.
- Das **Betriebssystem M** kommt zum Einsatz, wenn Bahnen und die zu befahrenden Gleisanlagen hinsichtlich ihrer Spurführung sowohl dem Betriebssystem S als auch dem Betriebssystem E bzw. der EBO / ESBO genügen. Hierbei findet ein Mischbetrieb zwischen der BOStrab und der EBO bzw. ESBO statt.

Nachfolgend sind die beiden Radprofile des Betriebssystems S und E übereinandergelegt dargestellt, um die Unterschiede klar aufzuzeigen. Abbildung 40 zeigt ein Mischprofil, welches für ein nach BOStrab und EBO ausgelegtes Betriebssystem angewendet wird. Die dargestellten Maße dieses Radprofils sind durch Eisenbahnregularien vorge-schrieben und somit einzuhalten.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

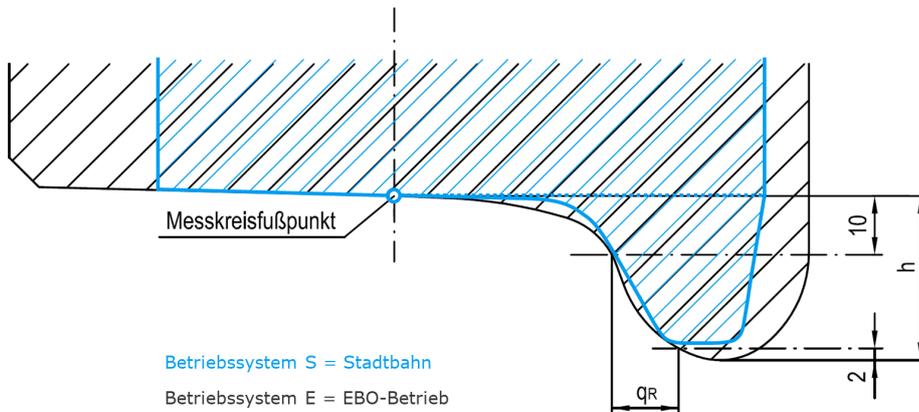


Abbildung 39 übereinander gelegte Radprofile des Betriebssystem S und E (BOStrab TR Sp)

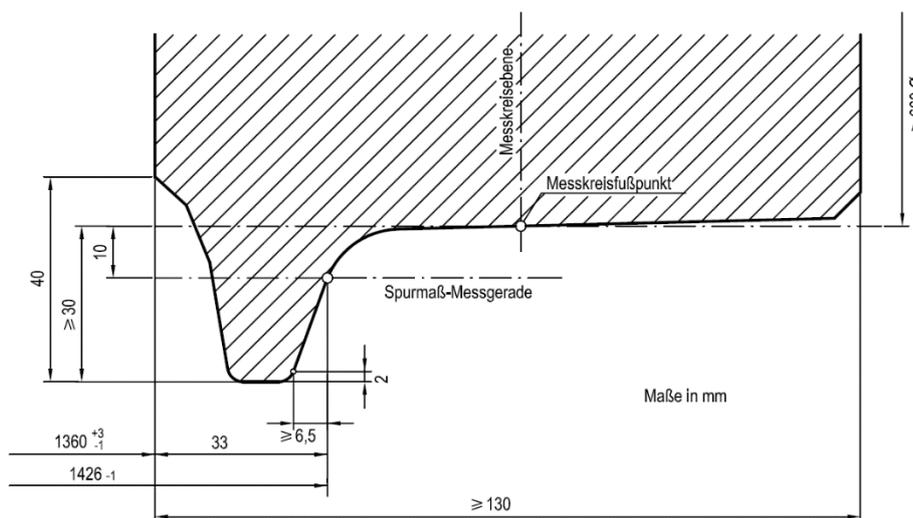


Abbildung 40 Beispiel für Betriebssystem M aus TR Sp BOStrab (auch für EBO-Strecken geeignet)

Beim Betriebssystem E gilt es zu beachten, dass das Radprofil in einem verzweigten Straßenbahnnetz mit Teilnahme am Individualverkehr auf straßenbündigem Bahnkörper mit engen Gleisbögen bis 25 m schlecht einsetzbar ist. Der deutlich breitere Spurkranz dieses Radprofils (Betriebssystem E = 33 mm zu Betriebssystem S = 25 mm) führt demzufolge vor allem in der Bogenfahrt zu unzulässig breiten Rillenschienen für ein Straßen- bzw. Stadtbahnnetz (Gefahr für Radfahrer im Stadtgebiet). Außerdem kann ein derartiges Radprofil - bzw. die dadurch notwendigen großen, von der TR Spurführung abweichenden Rillenweiten - nur mit einer Ausnahmegenehmigung der TAB betrieben werden (Beispiel Saarbrücken).

Auch wenn die Technischen Regeln der Spurführung bei einem geplanten Mischbetrieb nach BOStrab und EBO die Empfehlung aussprechen, bei einem neu aufzubauenden Netz, das an ein bestehendes Eisenbahn-Netz angeknüpft werden soll, die Gleisanlagen

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

des BOStrab-Bereichs entsprechend so zu konstruieren, dass auch ein EBO-Radprofil darauf verkehren kann, wird hiervon aus Beratersicht Abstand genommen, wengleich für die Tram Kiel in weiterer Zukunft ein ähnliches Vorgehen mit der Anbindung regionaler Bahnhalte über bestehende EBO Trassen denkbar ist. Der ausschlaggebende Punkt ist hierbei, dass für die Tram Kiel die Trassierung voraussichtlich auch zu einem Teil straßenbündig verlaufen wird, was zur Verwendung von Rillenschienen führt, deren Rillenweite und -tiefe bei der Verwendung eines Radprofils des Betriebssystems E zu Problemen mit Radfahrern im Stadtgebiet führen kann. Dies hat zur Folge, dass ein Radprofil des Betriebssystems E auf Grund des abgerundeten Spurkranzes nicht verwendet werden sollte, da das Rad beim Befahren von Flachrillen kurzzeitig auf dem Spurkranz läuft. Die abgerundeten Spurkränze des Systems E sind hierfür nicht geeignet.

	Betriebssystem S (Stadtbahn)	Betriebssystem M (Mischprofil) Voraussetzung EBO-Betrieb auf der Vollbahn
Betrieb Stadtnetz (BOStrab) möglich, Nachteile	Ja Nachteile: keine, auf diesen Anwendungsfall optimiert	Ja Nachteile: Höherer Verschleiß im Vergleich zu „S“
Zusätzliche Anpassungen im Stadtnetz notwendig (BOStrab)	nein	Ja: Flachrillen auf „Quasi“-Flachrillen (Rillentiefe im Herzstück nahezu wie Spurkranzhöhe) ausarbeiten und bei Schienenkopfverschleiß ist zu beachten, dass die Rillenköpfe nur wenig über SO „wachsen“ dürfen
Betrieb Eisenbahnnetz (EBO) möglich	nein	ja
Zusätzliche Anpassungen Eisenbahn notwendig (EBO)	Keine Angabe	Nein
Empfehlung		Falls ein Regiotram Betrieb zu einem späteren Zeitpunkt in Betracht kommt, sind Nachholinvestitionen notwendig, die technisch aber machbar sind 
	✓ Empfehlung ohne Regiotram	✓ Empfehlung Upgrade später für Regiotram

Tabelle 22 Radreifenprofil Tram

Die Thematik der Radprofile hat auch einen erheblichen Einfluss auf die Auswahl der zu verwendenden Schienenprofile, auf die im vorherigen Kapitel eingegangen wurde. Da in Kiel der erheblich größere Betriebsanteil auch bei einer potenziellen Regiotram-Erweiterung in die Region im Stadtnetz erwartet wird, ist es sinnvoll, das Radprofil für das Stadtnetz zu optimieren (Betriebssystem S) und erweiterungsfähig für die Region zu gestalten (Betriebssystem M).

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Radprofile

Für die Tram Kiel empfiehlt sich die Auswahl eines Straßenbahnprofils (Betriebssystem S) mit der Möglichkeit der Umstellung auf ein Mischprofil (Betriebssystem M), falls es zum Betrieb auf EBO-Strecken kommt. Dabei werden alle Regiotramfahrzeuge mit einem Radprofil vom Typ M ausgestattet, die Trams erhalten ein dazu passendes (insbesondere Laufflächenbreite und Spurkranzhöhe) Profil. Um den Weg zu einem optimalen Radprofil M offen zu halten, ist ein Radrückenabstand $r = 1375$ mm für das Stadtbahnprofil (S) zu wählen und darauf die zukünftige Quermaßentabelle aufzubauen.

5.9 Radsatzfahrmassen

Tram

Generell schlägt die VDV 150 aus dem Jahre 1995 einen Maximalwert von 10 t für die Achsfahrmassen vor. Dieser Wert ist zum einen nicht nur veraltet, sondern auch sonst sehr anspruchsvoll angesetzt. Einzig einem 30 m Drehgestellfahrzeug wäre es möglich diesen Wert einzuhalten. Zusätzlich führen neue Normen (Crash-Norm) und moderne Ausstattung mit beispielsweise Klimatisierungsgeräten der Fahrzeuge dazu, dass dieser Maximalwert von 10 t, wenn dann nur von Fahrzeugkonzepten mit vielen Fahrwerken eingehalten werden kann.

Außerdem ist zu beachten, dass sich dies ebenfalls ähnlich für ein Zweisystemfahrzeug auf Grund der zusätzlich benötigten Gerätschaften sowie für ein Batteriefahrzeug verhält.

Da zum einen zukünftig ein Regiotrambetrieb für Kiel zumindest prinzipiell offengehalten werden soll und zum anderen ein fahrleitungsloser Betrieb denkbar ist, muss hier die richtige Anforderung getroffen werden, um keine Fahrzeugtypen für den zukünftigen Betrieb des Stadtbahnsystems auszuschließen. Gleichzeitig muss bezüglich der Radsatzfahrmasse auch die bestehende zu befahrende Infrastruktur analysiert werden, um auch allen relevanten Anforderungen aus infrastruktureller Sicht Folge leisten zu können. Grundlegend wird jedoch empfohlen einen Maximalwert für die Radsatzfahrmasse von 12,0 t anzusetzen.

- VDV 150 (1995) schlägt max. 10 t vor (dieser Wert ist sehr anspruchsvoll und nur mit einem 30 m Drehgestellfahrzeug einzuhalten (Crash-Norm, Heizung Lüftung Klimatisierung))
- Schon 2,65 m breite Tramfahrzeuge brauchen je nach Typ (Anmerkung: diese Planungsparameter sind noch offen für alle Fahrzeugtypen) aufgrund der Normenlage und hohen Kapazität ~ 12 t (was in Bestandsnetzen oft ein Problem darstellt, in neuen aber eher „Standard“ ist)
- Empfehlung: 120 kN (~ 12 t) anstreben, um keine Fahrzeugtypen auszuschließen und den Zweisystembetrieb offen zu halten (Batterie bereits berücksichtigt)

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

- Die aktuelle VDV-Plattformfahrzeug-Ausschreibung gibt max. 11,5 t vor, mit ~12 to (genauer 120 kN) ist man auf der sicheren Seite für einen uneingeschränkten Regiotram-Betrieb.
- Tragfähigkeit von Brücken und anderen Ingenieurbauwerken muss in Stufe 1B grob gegen diesen Wert untersucht werden, wobei von einer Doppeltraktion Regiotram ausgegangen werden sollte.

Regiotramfahrzeug

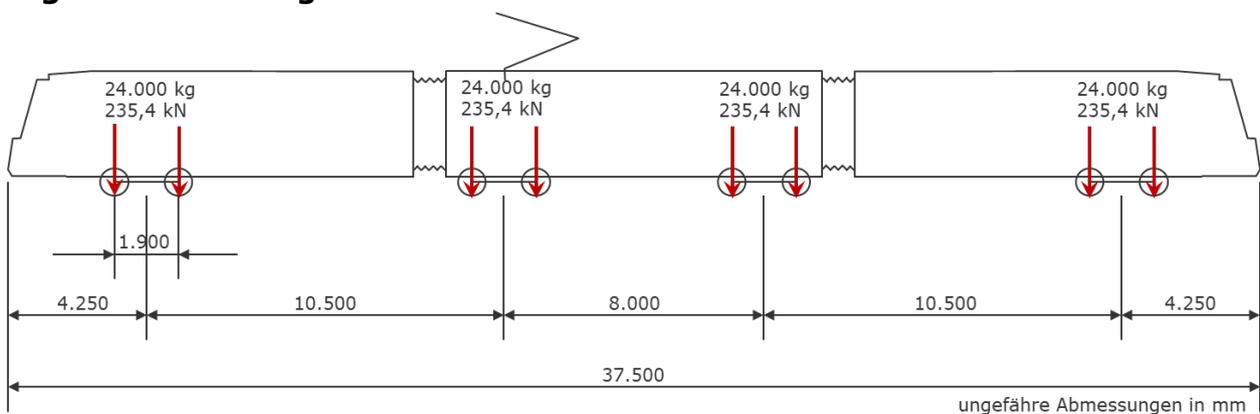


Abbildung 41 Radsatzlasten Regiotramfahrzeug

Fahrzeuglänge: 37.500 mm

Abschätzung Massen (worst case):

Gesamtmasse:	96.000 kg	(Laststufe III / voll beladen)
	941,8 kN	(Entspr. EL 6,67 nach DIN EN 13452-1)
Gesamtmasse:	86.000 kg	(Nutzung volle Kapazität 250 Personen, Laststufe II entspr. EL 4 nach DIN EN 13452-1)
	843,7 kN	
Gesamtmasse:	79.000 kg	(Besetzung von 65% der Kapazität 250 Personen, Laststufe II entspr. EL 4 nach DIN EN 13452-1)
	775,0 kN	
Max. Achsfahrmasse (Laststufe III / voll beladen):	12.000 kg	(für alle Drehgestelle, gleichmäßig verteilt) (Bem.: In der Praxis werden die End-Drehgestelle um ca. 5 % weniger belastet)

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Tramfahrzeug

Das bis zu 54 m lange Tram Fahrzeug für Kiel, das für die Dimensionierung der Haltestellen herangezogen wird, könnte als Drehgestellfahrzeug (welcher Fahrzeugtyp später gewählt wird, ist aber jetzt noch völlig offen), auch unter potentielltem Einbezug von Energiespeichern auf dem Dach für den Betrieb von fahrleistungslosen Abschnitten, wie folgt aussehen:

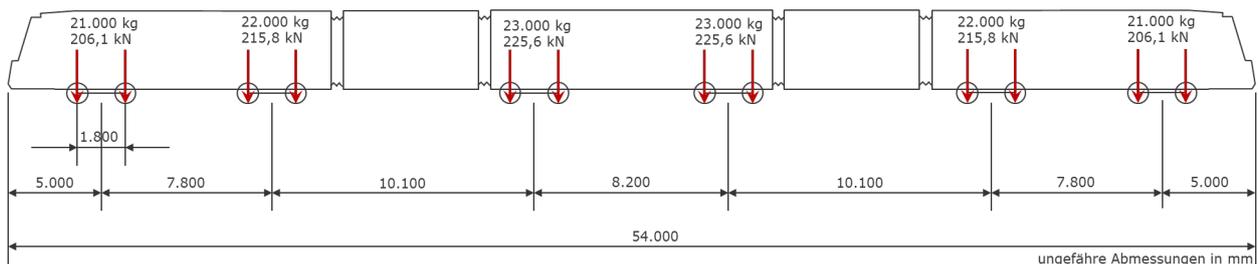


Abbildung 42 Radsatzlasten Tramfahrzeug 54 m

Fahrzeuglänge: 54.000 mm

Abschätzung Massen (worst case):

Gesamtmasse:	132.000 kg	(Laststufe III / voll beladen)
	1295 kN	(Entspr. EL 6,67 nach DIN EN 13452-1)
Gesamtmasse:	116.000 kg	(Nutzung volle Kapazität 375 Personen,
	1.138,0 kN	Laststufe II entspr. EL 4 nach DIN EN 13452-1)
Gesamtmasse:	105.000 kg	(Besetzung von 65% der Kapazität 375 Per-
	1030,0 kN	sonen, Laststufe II entspr. EL 4 nach DIN EN 13452-1)
Max. Achsfahrmasse	11.500 kg	(für die inneren 2 Drehgestelle)
(Laststufe III / voll beladen):	11.000 kg	(für die äußeren 2 Drehgestelle)
	10.500 kg	(für die letzten 2 Drehgestelle)

Das etwas kürzere 45 m Fahrzeug weist folgende Werte auf:

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

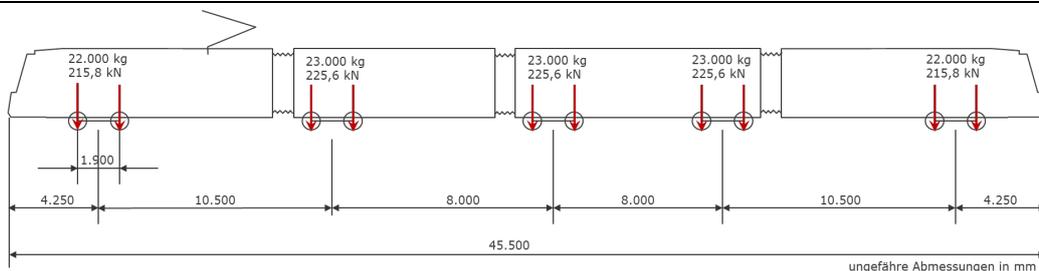


Abbildung 43 Radsatzlasten Tramfahrzeug 45 m

Fahrzeuglänge: 45.500 mm

Abschätzung Massen (worst case):

Gesamtmasse:	113.000 kg	(Laststufe III / voll beladen)
	1108,5 kN	(Entspr. EL 6,67 nach DIN EN 13452-1)
Gesamtmasse:	99.000 kg	(Nutzung volle Kapazität 325 Personen, Laststufe II entspr. EL 4 nach DIN EN 13452-1)
	971,2 kN	
Gesamtmasse:	90.000 kg	(Besetzung von 65% der Kapazität 325 Personen, Laststufe II entspr. EL 4 nach DIN EN 13452-1)
	882,9 kN	
Max. Achsfahrmasse (Laststufe III / voll beladen):	11.500 kg	(für die inneren 3 Drehgestelle)
	11.000 kg	(für die äußeren 2 Drehgestelle)
		(Vereinfachte Aussage, da das DG unter dem eingefügten WG-teil am stärksten belastet wird.)

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Achsfahrmassen

Die maximale Achsfahrmasse wird auf 120 kN je Achse festgelegt

BRT

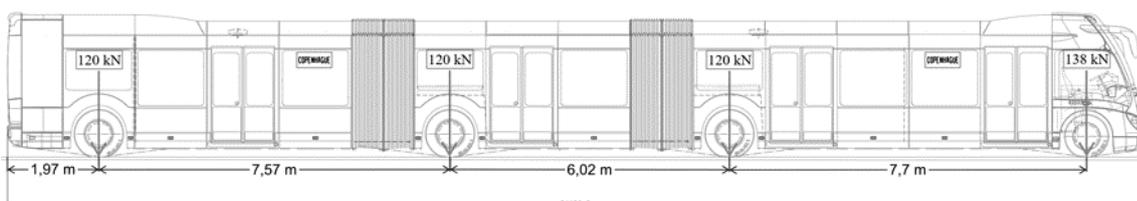


Abbildung 44 Achslasten BRT-Fahrzeug 25 m (Quelle: VanHool)

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Das Lastbild ist exemplarisch und die Achslasten unverbindlich.

- Fahrzeuglänge: 25.000 mm
- 25 m² Stehplatzfläche = 100 Stehplätze bei 4 p/m² plus 60 Sitzplätze, Kapazität 160 Personen
- Es gilt die StVZO (O-Bus zusätzlich BOStrab) und daher andere Vorgaben als für eine Tram.
- Annahme Leermasse 28.000 kg (höchster Wert verschiedener Hersteller)

Abschätzung Massen (worst case):

Gesamtmasse:	42.000 kg 412,0 kN	(Laststufe III / voll beladen aus zulässigen Achsmassen) (maximal zulässige Beladung nach § 34 StVZO wird nicht ausgeschöpft)
Gesamtmasse:	40.000 kg 392,0 kN	(Nutzung volle Kapazität 160 Personen, Laststufe II, VDV mit 4 Personen pro m ² Stehplatzfläche plus Sitzplätze mit je 75 kg/Person ergibt eine Zuladung von 12,0 t)
Gesamtmasse:	35.800 kg 351,0 kN	(Besetzung von 65% der Kapazität 160 Personen, Laststufe II)
Max. Achsfahrmasse (Laststufe III / voll beladen aus zulässigen Achslasten):	11.500 kg 113,0 kN	(für zwei Achsen, andere geringer)

EMPFEHLUNG FÜR BRT KIEL

Achsfahrmassen

Die maximale Achsfahrmasse wird auf 130 kN je Achse festgelegt.

5.10 Fahrleitungslose Abschnitte

Tram

Zum Überbrücken von Strecken, die nicht mit einer Oberleitung ausgestattet werden können bzw. sollen, gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten zur Versorgung des Fahrzeugs mit Traktionsenergie:

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

- Übertragung der notwendigen Energie über eine Art "dritte" Schiene (=Infrastrukturseitig)
- Einbau von Speicherelementen im Fahrzeug; wobei bei Bedarf eine Zwischenaufladung an Haltestellen (bevorzugt Endhaltestellen) möglich ist (fahrzeugseitig)

Insbesondere die Entwicklung von fahrzeugseitigen Speichern für Elektrofahrzeuge hat es ermöglicht z.B. an städtebaulich sensiblen Stellen auf die Installation einer Fahrleitung zu verzichten. Zudem haben diese Speicher noch den Vorteil, dass neben der Energieeinsparung durch die Rückspeisung beim Bremsen noch die zusätzliche Energie, die nicht durch andere Fahrzeuge aufgenommen werden kann, gespeichert wird.

Diese auf dem Fahrzeug aufgebauten Energiespeicher sind inzwischen in größerem Umfang im Betriebseinsatz bzw. die Systeme befinden sich im Aufbau. Dabei werden sehr kurze Strecken ohne Oberleitung (z.B. Sevilla) überbrückt oder es kommt zum Verzicht der Oberleitung für eine komplette Linie (Stadtbahn Doha). Die „dritte“ Schiene zur Vermeidung der Oberleitung hat sich bisher nicht durchgesetzt.

Prinzipiell erhöhen alle diese Lösungen die technische Komplexität des Systems.

Entscheidende Komponenten (Batterien, ...) weisen zudem eine weitaus geringere Lebensdauer als ein Stadtbahnfahrzeug auf und müssen deshalb im Laufe des Lebenszyklus (ggf. mehrmals) ersetzt werden. Ein abschnittsweiser oberleitungsfreier Betrieb erhöht deshalb sowohl Anschaffungs- als auch Instandhaltungskosten und hat auch Folgewirkungen für einen zukünftig möglichen Regiotrambetrieb.

Infrastrukturseitige Lösungen

Folgend werden zwei Beispiele für die Energiezufuhr aus dem Gleisbereich vorgestellt:

Alstom APS/APS II

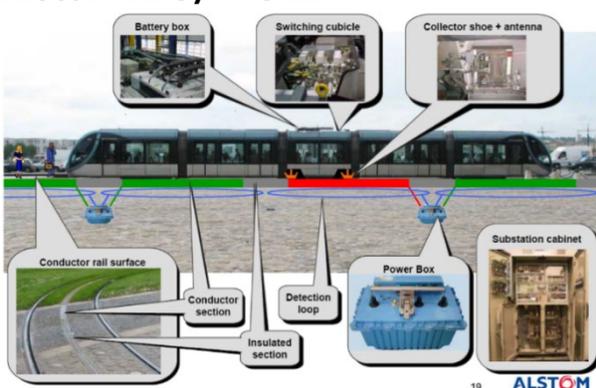


Abbildung 45 APS Kontaktsystem (Quelle: Alstom)

- In Betrieb in Bordeaux seit 2003 mit 11,4 km (Zielzustand 13,6 km von 41 km).
- Weitere Bestellungen in Reims, Angers, Tours und Orleans, Sydney mit Längen zwischen 1 und 2 km.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

- Inzwischen stabiler Betrieb nach erheblichen Anfangsproblemen.
- Investition von Oberleitung zu APS im Verhältnis 1:3-4.
- Wartung deutlich höher als Oberleitung.
- Mehrgewicht auf Fahrzeug unbedeutend.
- Übertragungswirkungsgrad analog Oberleitung.

Vorteile:

- Bereits in Betrieb (Lernkurve, Kinderkrankheiten)
- Zulassung in Frankreich liegt vor

Nachteile:

- Sehr witterungsempfindlich
- Sehr hohe Kosten (Investition und Instandhaltung)
- Keine Rückspeisung machbar
- Bisher keine Umsetzung in Deutschland / Zulassung gemäß BOStrab

Bombardier – Primove

- Induktives System (20 kHz)
- Laborversuche im BT-Werk Bautzen erfolgreich.
- Versuchsstrecke in Augsburg erfolgreich.
- Investition Oberleitung zu Primove geschätzt 1:1,3.
- Wartung höher als Oberleitung.
- Mehrgewicht auf dem Fahrzeug für die Pick-Ups 2x300 kg.
- Übertragungswirkungsgrad 90-92 %.

Vorteile:

- Witterungsunempfindlich
- Kosten überschaubar
- Überfahrbarkeit voll gegeben
- Kombinierbar mit konventionellem Oberbau (auf Gras)
- BOStrab Zulassung in Augsburg auf einer Teststrecke erlangt

Nachteile:

- Über Versuchsstadium nicht hinausgekommen, kein Stadtbahnprojekt in normalem Betrieb ist realisiert worden. Bombardier (nun von der Firma Alstom übernommen) hat diese Technologie verkauft und bietet diese nicht mehr an.
- Inzwischen Beschränkung auf Aufladung von Batterien, z.B. für Elektrobusse, oder bei Stadtbahnen in kurzen Abschnitten
- Zulassungsfragen teilweise offen

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

- Keine Rückspeisung, deswegen Kombination mit Super-Caps oder Batterien
- Hohe EMV Belastung – gute Schirmung notwendig

Infrastrukturseitige Lösungen finden bisher nur vereinzelt im Ausland Anwendung und haben sich als teuer und störanfälliger als eine normale Oberleitung erwiesen. Insofern werden diese Lösungen für die Tram Kiel nicht empfohlen.

Energiespeicher (fahrzeugseitig)

Im Wesentlichen kommen zwei Speichertypen für den Einsatz im/auf dem Fahrzeug in Betracht.

- Batterien
- Superkondensatoren

Eine Kombination der beiden Speichertechnologien ist ebenfalls möglich. Die konkrete Gestaltung hängt von den Anforderungen an das System ab.

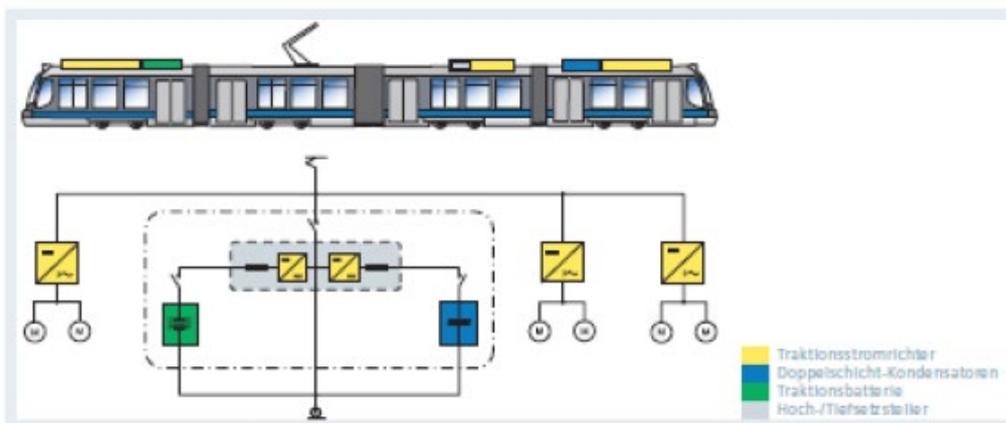


Abbildung 46 Beispiel für einen kombinierten Traktionsspeicher (Quelle: Siemens)

Batteriespeicher für die Traktion

Lithium-Ionen-Zellen sind mittlerweile am Markt etabliert und werden von allen Herstellern angeboten. Sie zeichnen sich u.a. durch große speicherbare Energiemengen und relativ hohe abrufbare Leistung aus. Allerdings ist zur Sicherstellung der Lebensdauer und der notwendigen Kapazitäten bei allen Umgebungsbedingungen ein Temperaturmanagement für die Batterie notwendig, das ebenfalls in die Massenbilanz eingeht. Darüber hinaus können für den Einsatz von Batterien spezielle Vorkehrungen beim Brandschutz und in der Werkstatt notwendig werden.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Besonderheiten der Ultra Cap (Doppelschicht-Kondensatoren) Speicher

Doppelschicht-Kondensatoren zeichnen sich durch einen hohen Wirkungsgrad, ein hochdynamisches Umladevermögen und eine sehr hohe Zyklenfestigkeit sowie Lebensdauer aus. Außerdem sind sie tiefentladungsfest und nahezu wartungsfrei. Die speicherbare Energiemenge ist allerdings deutlich kleiner als bei Batterien und Kondensatoren. Sie eignen sich nicht zum dauerhaften Speichern von Energie.

Dabei dienen die Speicher je nach Speicherkapazität folgenden Zielen:

- Räumen kritischer Bereiche bei Ausfall der Oberleitung
 - Beispiele: Rostock (Vossloh Kiepe Tralink 6N2)
- Reduktion elektromagnetischer Felder in sensiblen Bereichen
 - Beispiel: RNV (Bombardier Variobahn)
- Überbrückung kurzer Strecken ohne Oberleitung (beispielsweise in städtebaulich sensiblen Bereichen)
 - Beispiele: Sevilla, Zaragoza (beide CAF Urbos 3) Nizza (Alstom Citadis)
- Befahren einer gesamten Strecke ohne Oberleitung
 - Beispiel: Doha (Siemens Avenio)
- Rückspeisen

Inzwischen bieten alle namhaften Fahrzeughersteller Fahrzeuge mit Speicher an.

Kosten und Wirtschaftlichkeit

Eine genauere Analyse und Planung von Energiespeichern kann erst nach einer Konkretisierung der Anforderungen an das System getroffen werden. Rückmeldungen aus der Industrie zu vergleichbaren Projekten lassen die Tendenz erkennen, dass für solche Systeme bei Herstellern zwar in der Regel eine Art „Baukasten“ existiert, aber die Systeme für jeden Einsatzfall individuell angepasst werden müssen. Einflussfaktoren sind neben der Länge der ohne Oberleitung zu überwindenden Strecke auch die Geschwindigkeit auf der Strecke, klimatische Bedingungen und infrastrukturelle Randbedingungen. Grundsätzlich gilt die Aussage: Ein Traktionsspeicher verteuert das an sich schon komplexe Fahrzeug zusätzlich, ist aber wahrscheinlich günstiger als eine Lösung mit dritter Schiene (APS o.ä.).

Vor- und Nachteile

Vorteile

- Unkritischer im Hinblick auf EMV im Vergleich zur Speisung via Oberleitung in sensiblen Abschnitten
- Energieeinsparung durch Steigerung des Rückspeisegrades
- Bewährte Fallbeispiele im BOStrab-Bereich vorhanden

Dokumentation AP B-100**Technische Planungsparameter Tram und BRT****Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse**

Nachteile

- Energiedichte der Speicher zur oberleitungsfreien Bewältigung von längeren Abschnitten aktuell noch schnell im Grenzbereich (ggf. Zwischenladen erforderlich)
- Traktionsspeicher verteuert das an sich schon komplexe Fahrzeug zusätzlich
- Kapazitätseinbußen der Speicherelemente mit zunehmender Einsatzdauer
- Zusätzliche Kosten für (ggf. mehrfachen) Austausch von Batterien während der Lebensdauer der Fahrzeuge
- Höhere Masse und größere Achslasten

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Empfehlung Antriebstechnologien Tram

	Betrieb mit Oberleitung 750 V	Betrieb Batterie/Supercap und Pick-Up Charging points oder partielle Oberleitung	Betrieb mit einer induktiven Stromzuführung aus der Trasse (ohne Oberleitung)
Betrieb Stadtnetz (BOStrab) möglich	ja	Ja, aber bisher in Deutschland nur in Netzen auf kurzen Abschnitten zugelassen	Ja, aber bisher in Deutschland nicht zugelassen
Betriebliche Auswirkungen	Keine negativen, zuverlässige Technik unter allen Wetterbedingungen	Aufladen an einzelnen Punkten führt zu längeren Standzeiten und negativen Betriebsauswirkungen Bei Nutzung partieller Oberleitung ist das nicht der Fall	Geringere Zuverlässigkeit als klassisches OL-System, witterungsempfindlicher
Wirtschaftlichkeit	Betriebskosten sind bekannt und beherrschbar	Investitionen je nach Lösung nicht günstiger als klassische OK, Betriebskosten höher	Deutlich höhere Investitionen und auch Betriebskosten
Städtebauliche Auswirkungen	Je nach Lösung nur mittlerer bis hoher visueller Einfluss	Je nach Lösung nur geringer visueller Einfluss	Geringster visueller Einfluss
Empfehlung			

Tabelle 23 Antriebstechnologien Tram

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Antriebstechnologien

Die Ausstattung der Infrastruktur erfolgt überall wo es städtebaulich verträglich ist mit Fahrdraht 750 V (als Regelfall). Wenn oberleitungsfreie Abschnitte geplant werden, sollten diese möglichst kurz sein (500 – 1.500 m). Je länger diese werden, sind betriebliche und wirtschaftliche Nachteile zu erwarten und auch ein möglicher zukünftiger Regio-Trambetrieb wird erschwert bzw. verhindert.

Kürzere Bereiche ohne Fahrdraht können mit Hilfe von Energiespeichern auf dem Tramfahrzeug überbrückt werden (Technologie ist bereits einsatzfähig). Alternative Technologien, wie z.B. Energieversorgung aus dem Gleisbereich werden nicht empfohlen.

BRT

Im BRT Bereich kommt wie bei der Tram eine 750 V Oberleitung zum Einsatz. Unterschied zum Tram-Anwendungsfall ist aber, dass die möglichen oberleitungsfreien Abschnitte länger sein können als bei der Tram. Deswegen wird im BRT-Fall von „partieller Oberleitung“ gesprochen.

Im Prinzip gibt es verschiedene Technologien, die eine Alternative zum Verbrennungsmotor darstellen, die folgende Abbildung gibt einen Überblick:

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Verbrennungsmotor			E-Bus					
Diesel	Gas	Wasserstoff	Brennstoffzelle	Batterie		Batterie + In motion charging (IMC)	100 % In motion charging (IMC)	
Tanken			Tanken	Nachladen im Depot		Unterwegsladung		Laden der Batterie
		Nachts		Während dem Halt	Während dem Halt	In motion charging (IMC)	In motion charging (IMC)	
		Konduktiv		Konduktiv	IMC mit partieller Oberleitung	IMC mit vollständiger Oberleitung		
		Induktiv		Induktiv	Induktiv	Induktiv		
		Plug-in		Plug-in	Konduktiv Schiene	Konduktiv Schiene		
			Batterietausch					
Steigerung zur Autonomie:								
---	---	---	✓	✓	✓	nicht notwendig	nicht notwendig	
Als Hybrid nutzbar:								
✓	✓	✓	✓	✓	✓			

✓ Kann von Fall zu Fall geprüft werden

Abbildung 47 Antriebstechnologien BRT

Im Prinzip kommen zwei Speichermöglichkeiten auf dem Fahrzeug in Frage: Batterien oder Brennstoffzellen. Die Brennstoffzellentechnik stellt eine mögliche zukünftige Alternative dar, für die aber ein Wasserstoffkonzept benötigt wird. Aktuell wird das BRT-System mit Oberleitung und Batterietechnik geplant, es ist aber möglich sich bis zur Phase HOAI 3 Entwurf noch für eine andere Technologie zu entscheiden. In diesem Falle müsste die Oberleitung entfallen, was einfacher ist als der umgekehrte Weg.

Für den Anwendungsfall BRT Kiel kommen demnach folgende Optionen in Frage:

- Betrieb hauptsächlich unter Oberleitung (80-95 %)
- Betrieb mit partieller Oberleitung (40-70%)
- Betrieb mit induktiver Stromzuführung und Batterie (dann ohne Oberleitung)

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

	Betrieb hauptsächlich mit Oberleitung 750 V	Betrieb mit Batterie und partieller Oberleitung	Betrieb mit einer induktiven Stromzuführung aus der Trasse (ohne Oberleitung)
Betrieb Stadtnetz möglich	Ja, aber in Deutschland nur zwei Anwendungsfälle (Esslingen, Solingen). Klassisches Beispiel: Trolley-Bus in der Schweiz	Ja, kommende Technologie. In vielen deutschen Städten auch in Kiel.	Ja, aber bisher nur zwei Testfälle (Mannheim und Braunschweig bekannt, Primove von Bombardier)
Betriebliche Auswirkungen	Zuverlässige Technik unter allen Wetterbedingungen. Je nach Technologie ist sogar Weiterfahrt ohne Oberleitung möglich.	Aufladen an einzelnen Punkten führt zu längeren Standzeiten und negativen Betriebsauswirkungen. Bei Nutzung partieller Oberleitung ist das nicht der Fall.	Geringere Zuverlässigkeit als klassisches OL-System, witterungsempfindlicher. Weiterfahrt nur mit zusätzlicher Technologie möglich.
Wirtschaftlichkeit	Höhere Kosten für die Infrastruktur (ca. 1 M€ / km). Betriebskosten vergleichbar mit reinen E-Bussen. Wartungskosten höher als bei reinen E-Bussen, wenig technische Synergien mit restlicher E-Busflotte.	Größerer Markt für E-Busse als für Oberleitungsbusse. Doppelgelenkbusse jetzt schon als Hybridbusse verfügbar und in wenigen Jahren vollelektrisch.	Deutlich höhere Investitionen und auch Betriebskosten
Städtebauliche Auswirkungen	Hoher visueller Einfluss durch komplizierten Oberleitungsaufbau. Querschnittsbreite: mit Masten höher als bei Tram	Je nach Lösung nur geringer visueller Einfluss hauptsächlich an den Ladepunkten. Partielle Oberleitung hat größeren Einfluss.	Geringer visueller Einfluss
Empfehlung	Kein Standard Höherer Platzbedarf Städtebauliche Auswirkung 	Kommende Technologie Betrieblich flexibel Städtebaulich integrierbar 	Kein Standard Höhere Kosten Beste städtebauliche Lösung 

Tabelle 24 Antriebstechnologie BRT

Die vergleichende Auswertung zeigt, dass die Option Betrieb mit partieller Oberleitung die Lösung ist, die am besten zu dem Anwendungsfall Kiel passt. Ein zu hoher Oberleitungsanteil in Option 1 führt eher zu einem klassischen Trolleybus mit städtebaulichen Nachteilen. Die induktive Stromzuführung aus Option 3, welche im vorherigen Kapitel Tram bereits erläutert wurde (z.B. Primove von Bombardier) hat sich am Markt nach den Testprojekten nicht durchsetzen können.

Wie lange fahrleitungslose Abschnitte sein können oder müssen, hängt von einigen Faktoren ab, welche in der Trassenstudie untersucht worden und in der Dokumentation AP E-161 Elektrische Anlagen zusammengefasst sind.

- Das Aufladen ist während der Fahrt (In motion charging, IMC-Technologie) und nicht an den Endpunkten (wie heute bei den ersten E-Bus-Linien in Kiel) geplant, um die Wendezeit nicht unnötig zu verlängern und damit den Fahrzeugbedarf und den notwendigen Platzbedarf (paralleles Laden an Endpunkten) zu vergrößern. Je nach Linie und Umlaufbildung muss ermittelt werden, wie lange unterwegs aufgeladen werden muss, um einen stabilen und redundanten Betrieb zu allen Jahreszeiten zu gewährleisten.
- Die Größe des Energiespeichers auf dem Fahrzeug bestimmt auch die mögliche Länge fahrleitungsloser Abschnitte.
- Dazu kommt noch der Aspekt der Erweiterung ins Umland, der auch (zumindest teilweise) ohne Fahrleitung erfolgen wird.

BRT-Fahrzeuge verschiedener Hersteller, welche die IMC-Technologie anbieten, sind am Markt aktiv.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

EMPFEHLUNG FÜR BRT KIEL

Antriebstechnologien

Die Ausstattung der Infrastruktur erfolgt partiell mit Fahrdraht 750 V, Annahme sind 30-40 % der Gesamtstrecke mit Oberleitung. Das Aufladen unter Oberleitung ist während der Fahrt (In motion charging, IMC-Technologie) vorgesehen und nicht nur an Endpunkten.

6 Planungsparameter Tram und BRT: Betriebshof

Die Basis für die Planungsparameter des Betriebshofes sind die folgenden Fahrzeuganzahlen, welche eine Betriebs- und Werkstattreserve von 10 % enthalten:

- Tram: 43 Fahrzeuge, 20 zu 45 m und 23 zu 54 m
- BRT: 88 Fahrzeuge, Typ Doppel-Gelenk-Busse mit ca. 25m Länge

Es wird angenommen, dass die Instandhaltungstiefe bei ca. 100% liegt, Synergien mit anderen Betriebshöfen werden erst einmal nicht unterstellt.

Der Betriebshof enthält alle notwendigen Funktionalitäten wie:

- Ein- und Ausfahrt, Stauräume, Fahrstraßen, Abstellanlagen, Fußwege, Parkplätze für Pkw
- Räume und Einrichtungen für Fahr-, Instandhaltungs- und sonstiges Betriebspersonal (Betriebsdienstgebäude, Büro- und Sozialräume)
- Anlagen und Einrichtungen für die Instandhaltung, Versorgung und Reinigung der Fahrzeuge
- Verwaltung, ggf. Kundencenter, ggf. Fundbüro, Kantine, Leitstelle

In der Trassenstudie sind weitere Ausarbeitungen in der Dokumentation AP E-180 Betriebshof enthalten.

6.1 Flächenbedarf

Abstellung aller Fahrzeuge auf dem Werkstattgelände

Tram

Der Flächenbedarf bei Tram auf einem ebenen Grundstück mit rechteckigem Zuschnitt (z.B. 250 m x 180 m oder 350 m x 120 m) beträgt ca. 40.000 - 45.000 m². Eine räumliche Teilung der Flächenansprüche ist vorstellbar, aber nicht ideal. Das Mindestmaß für einen Betriebshof liegt bei einer Grundstückstiefe von 120 m auf einer Länge von 215 m. Das Gelände muss für die Abstellung eben sein.

BRT

Der Flächenbedarf bei BRT auf einem ebenen Grundstück mit rechteckigem Zuschnitt (z.B. 150 m x 130 m) beträgt ca. 20.000 - 25.000 m². Das Gelände ist idealerweise eben, könnte ggf. für die Abstellung aber eine Neigung aufweisen, wenn keine andere Lösung möglich ist.

Anmerkung: Rückwärtsgerichtete Fahrzeugbewegungen sind dabei mit einem Doppelgelenkbus unbedingt zu vermeiden.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Trennung von Werkstattgelände und Abstellung

Für den Fall, dass die Flächensuche für einen großen Standort nicht erfolgreich ist, kann es notwendig werden, die gesamte Flotte oder einen Teil der Abstellung auf einem anderen Gelände vorzunehmen.

Die Trennung von Hauptwerkstatt und Abstellung ist grundsätzlich möglich, wenn folgende Grundfunktionen der Instandhaltung auch an dem dezentralen Abstellort mit angeordnet werden (hier bei Abstellung aller Fahrzeuge; Untermodelle, in denen nur ein Teil der Flotte dezentral abgestellt werden, sind auch noch denkbar):

- Kleines Gebäude für die Geräte zur täglichen Innenreinigung.
- Die Möglichkeit Graffiti zu entfernen, wenn das Gelände nicht abgeschlossen und überwacht ist (eher Tram)
- Halle mit drei Arbeitsständen - davon zwei Stände für Fahrfertigmachen / kleinere Reparaturen und ein Stand mit Waschanlage für die Außenwäsche
- In diese Halle kommen auch noch Räume für die Fahrer, Betriebstechnik für die Fahrstraßen.
- Möglichst rechteckiger Zuschnitt mit gleichen Seitenlängen bzw. dem Verhältnis 1:2.

Tram

- Annahme Fläche Dezentrale Abstellung für alle Fahrzeuge ca. 15.000 – 22.500 m²
- Annahme Fläche Hauptwerkstatt ca. 24.000 – 30.000 m²

BRT

- Annahme Fläche Dezentrale Abstellung für alle Fahrzeuge ca. 10.000 – 12.500 m²
- Annahme Fläche Hauptwerkstatt ca. 12.000 – 15.000 m²

6.2 Arbeitsstände

Tram

Nach VDV 823 ergeben sich 6-7 Arbeitsstände für 43 Tram-Fahrzeuge. Die Verlängerung ist mitzuplanen.

BRT

Nach VDV 822 ergeben sich 7-8 Arbeitsstände für 88 BRT-Fahrzeuge mit einer Länge von 25 m.

6.3 Lage im Stadtraum und Entfernung zu Korridoren

Folgende Planungsparameter sind zu erfüllen:

- **Nähe zu vorhandenem Straßennetz:** Die Zufahrt muss für Schwerlastverkehr (Anlieferung von Fahrzeugen und Ersatzteilen) möglich sein.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

- **Erschließung:** Es sollten sämtliche Ver- und Entsorgungsleitungen in der Nähe des Grundstückes vorhanden sein, damit die Erschließung sich auf das Grundstück selbst beschränkt und keine umfangreichen Anschlusskosten entstehen.
- Das Grundstück muss sich **entlang des geplanten Trassenkorridors der ersten Inbetriebnahmestufe** befinden. Zufahrten (Korridor Tram - Grundstück) sollten nicht länger als 1-2 km sein, da sich daraus Leerfahrten ergeben, die zusätzliche Betriebskosten erfordern und zu einem unwirtschaftlichen System auf Dauer führen.
- Idealerweise hat die Zufahrtsstrecke noch einen Fahrgastnutzen (Haltestellen, wenn auch mit geringerer Nachfrage), ggf. auch im Hinblick auf die publikums-trächtigen Nutzungen wie Kundencenter und Fundbüro.

6.4 Lärm und Schall

Folgende Planungsparameter sind zu erfüllen:

- **Lärm** bei innerstädtischen Lagen – Immissionsrichtwerte für Immissionsorte und deren Einhaltung werden nach **TA Lärm** (auf dem Betriebsgelände) und **16. BImSchV** (auf der Zufahrtsstrecke) definiert und müssen eingehalten werden.
- Umfangreiche Maßnahme z.B. Überbauung der Ein- und Ausfahrten oder Schallschutz können notwendig werden, um diese Grenzwerte einhalten zu können.
- Grenzwerte richten sich nach Einstufung des Standortes und seiner Umgebung (Wohngebiet/Mischgebiet/Gewerbegebiet)

6.5 Zeitliche Aspekte

Die Fertigstellung mit voller Nutzung des Betriebshofs erfolgt idealerweise 6 - 12 Monate vor Streckeninbetriebnahme. Diese ist u.a. notwendig für:

- Abstellung der Fahrzeuge,
- Gesamter Testbetrieb Strecke und Werkstatt vor Inbetriebnahme,
- Schulung von Werkstattpersonal
- Usw.

Die Planungsdauer wird mit vier Jahren abgeschätzt, die Genehmigungsdauer zwei Jahre. Die Bauzeit wird mit 2-3 Jahren angesetzt, bei umfangreichen Maßnahmen zur Ersterschließung des Grundstückes, Sanierung Altlasten, Bodenaustausch kann sich die Bauzeit verlängern. Dementsprechend sollte sich die LH Kiel ein mögliches Gelände rund 8 - 10 Jahre vor Inbetriebnahme der ersten Linie sichern.

Dokumentation AP B-100**Technische Planungsparameter Tram und BRT****Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse**

EMPFEHLUNG FÜR TRAM/BRT KIEL**Betriebshof**

Der Flächenbedarf für einen Betriebshof mit gesamter Abstellung beträgt für die Tram 40.000 - 45.000 m², für BRT 20.000 - 25.000 m². Teilmodelle mit getrennter Abstellung sind möglich, aber nicht ideal. Der Betriebshof muss zukünftig eine Zufahrt für Schwerlastverkehr aufweisen und das Grundstück muss sich entlang des geplanten Trassenkorridors der ersten Inbetriebnahmestufe in maximal 1-2 km Entfernung befinden. Besondere Anforderungen an Lärm und Vibration sind zu beachten, besonders wenn ein Betriebshof in innerstädtischem Gebiet liegt.

7 Zusammenfassung Anforderungen Regiotram

7.1 Schlussfolgerung Planungsparameter Trassenstudie Stufe 1B und 2A

Viele technische Parameter können für Tram UND Regiotram ausgelegt werden, da sie für eine 2,65 m breite Tram mit der notwendigen Kapazität ohnehin zutreffen (siehe auch folgende Tabelle). Wichtigste Unterschiede sind aber:

- Die Bahnsteiglänge in Abhängigkeit von der Fahrzeuglänge bei Betrieb in Doppeltraktion Regiotram (Es liegen keine genauen Werte vor, diese müssten durch eine Nachfrageabschätzung ermittelt werden) müsste ggf. auf bis zu 80 m (statt 60 m für Tram) steigen.
- Die Bahnsteighöhe BOStrab muss bei Einbezug der Regiotram von 300 mm auf 350 mm steigen (siehe Kapitel 4.5 Bahnsteighöhe).

Die folgende Tabelle fasst die relevanten Anpassungen durch eine Regiotram noch einmal zusammen (die Ausarbeitungen erfolgten in den vorherigen Kapiteln), die alle noch in Zukunft bis spätestens Phase HOAI 3 Entwurf berücksichtigt werden können. Nur die Hüllkurve Regiotram (Lichtraumprofil) und Einstiegshöhe ist bereits in den Planungsparametern voll berücksichtigt, da sonst ein zukünftiger Regiotrambetrieb mehr oder weniger ausgeschlossen würde.

Bemessungsfahrzeug	Tram	Zweissystemfahrzeug
Fahrzeugtyp	Drehgestell-, Multi- oder Kurzgelenkfahrzeug	Drehgestellfahrzeug
Länge	Bis zu 54 m, nur Einfachtraktion	Einfachtraktion: 37,5 m Doppeltraktion 75 m
Bahnsteiglänge	60 m (plus 2x10 m Gerade)	40 m (plus 2x10 m Gerade) bei Einfachtraktion 76 m (plus 2x10 m Gerade) bei Doppeltraktion
Hüllkurve (statisch/dynamisch)	Statisch: Analog Zweissystemfahrzeug Dynamisch: 30 cm Zuschlag	Statisch: Analog Zweissystemfahrzeug Dynamisch: 30 cm Zuschlag
Bahnsteighöhe BOStrab	300 mm	350 mm
Einstiegshöhe Fahrzeug	350 mm	380 bis 400 mm
Fahrdynamik	Standard Nach VDV 150	Standard Nach VDV 150
Höchstgeschwindigkeit	70 km/h	100 km/h (für die Region)
Max. Achsfahrmasse	120 kN	120 kN
Traktion	Einfachtraktion	Einfach- oder Mehrfachtraktion
Radreifen, Schienentyp	Strassenbahnprofil, RI59N, Vignol	Mischprofil, RI59N, Vignol

Tabelle 25 Anforderungen durch Regiotram

Der Grundsatz der Planung, dass in der Trassenstudie prioritär eine Tram für Kiel geplant wird, wird demnach beibehalten. Die Regiotram ist eine mögliche zukünftige Erweiterung, darf aber die Planungen in der Umsetzung der Tram nicht gefährden. Das

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

gilt insbesondere für die Nutzen-Kosten-Untersuchung (Los 2): Vorhaltungen für Regiotram führen zu höheren Kosten und erzeugen erst einmal keinen Nutzen, das darf nicht zu Nachteilen für die Tram Kiel führen.

Durch einen Regiotrambetrieb ergeben sich auch Auswirkungen auf den oberleitungsfreien Betrieb in der Stadt Kiel. Bei einem Zweisystemfahrzeug (= "eierlegende Wollmilchsau") sind durch das Fahren unter zwei Fahrdrachtspannungen und in zwei unterschiedlichen Netzen (Stadt nach BOStrab und Region nach EBO) mehr Ausrüstungsteile (Trafo, Vierquadrantensteller, Funk, Zugsicherung, Schiebe-/Schwenktritte, ...) als bei einem nur für ein Bahnsystem gebauten Fahrzeug erforderlich. Dazu kommen noch die Installationen zur Komfortsteigerung (Klimaanagen, u.U. Toilette, ...) für die Fahrgäste. Dies führt dazu, dass bezüglich der Radlasten und des Einbauraumes nahezu keine Reserven mehr für den Einbau von Traktionsspeichern vorhanden sind. D.h. im Umkehrschluss, dass bei längeren stromlosen Abschnitten im BOStrab-Netz ein Regiotrambetrieb sehr erschwert wird.

Welche zusätzlichen Massen und Volumina für Geräte einzuplanen sind, bedarf im Falle einer Entscheidung für den Einsatz von Energiespeichern einer vertieften Untersuchung. Dazu ist die genaue Spezifizierung der infrage kommenden fahrleistungslosen Strecke, die geforderte Geschwindigkeit, evtl. zu beachtende Halte usw. und daraus die Bestimmung der notwendigen Speicherkapazität notwendig.

Für eine Regiotram mit Energiespeicher zur Überbrückung kurzer BOStrab-Streckenabschnitte müsste im Detail geprüft werden, ob die bisher angenommene maximale Radlast von 120 kN eingehalten werden kann oder aus Platzgründen der Einbau von Energiespeichern ggf. zulasten des Fahrgastraums ginge. Dies gilt allerdings nur unter der Annahme, dass ein Zweisystemfahrzeug sowohl unter 750 V DC als auch unter 15 kV AC verkehren sollte und zusätzlich eine Ausstattung mit Energiespeichern erfolgen müsste.

Für eine zukünftige Regiotram muss daher auch geprüft werden, ob auf die 15 kV AC Ausrüstung ganz verzichtet und stattdessen Energiespeicher installiert werden könnten. In diesem Fall könnte die Elektrifizierung im EBO Bereich entfallen. Fahrzeugseitig entfielen der Transformator mit seiner hohen Masse und könnte durch Speicherelemente ersetzt werden. Das Nachladen müsste dann allerdings unter 750 V DC erfolgen, sowohl im BOStrab-Bereich als auch z.B. mit einer 750 V DC Ladeinsel am Ende der EBO-Strecke. Dies wird auch im Rahmen des VDV Tramtrain Projektes als Zukunftsvariante diskutiert. Ob diese Alternative in der Region um Kiel im Zusammenhang mit dem Tramnetz sinnvoll ist, kann nur anhand einer vertieften separaten Untersuchung geklärt werden.

Als Schlussfolgerung für das Tramnetz in Kiel kann aber in jedem Fall festgehalten werden, dass die oberleitungsfreien BOStrab-Strecken idealerweise entfallen oder möglichst kurz für einen möglichen zukünftigen Regiotram Einsatz sein sollten. Die bisherigen Werte von 500 – 1.500 m sollten nicht überschritten werden.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Der Einbezug einer Regiotram muss spätestens in der Phase HOAI 3 „Entwurf“, ab 2025, entschieden werden, idealerweise aber schon in der Vorplanung, da dann der Lichtraum im Fall Tram ein anderer sein kann und auch die Bahnsteighöhe auf 300 mm festgelegt werden kann.

EMPFEHLUNG FÜR TRAM KIEL

Einbindung Regiotram

Bahnsteighöhe: Um die Regiotram nicht auszuschließen werden 350 mm Bahnsteighöhe als Planungsparameter festgesetzt. Eine spätere Reduktion auf 300 mm, falls doch nur das System Tram zum Einsatz kommt, ist problemlos möglich. Spätestens in der HOAI Phase 3 Entwurf muss die Entscheidung fallen, idealerweise aber schon in der HOAI Phase 2 Vorplanung.

Bahnsteiglänge: 60 m Bahnsteiglänge für das längste mögliche Tramfahrzeug werden als Planungsparameter festgelegt. 80 m für eine Doppeltraktion Regiotram als Grundsatz würden die Akzeptanz und Planungsspielräume zu sehr gefährden und ist im Einzelfall zu prüfen. In der Trassenstudie wurden die optimalen Haltestellenlagen für 60 m im gesamten BOStrab-Netz identifiziert, und Erweiterungsmöglichkeiten auf 80 m für die Standorte, die potenziell für Regiotram in Betracht kommen, grob bewertet.

Lichtraum: Die dynamische Hüllkurve mit Radienzuschlägen für eine Regiotram ist vollständig in den Planungsparametern berücksichtigt.

Oberleitungsfreie Abschnitte: Als Schlussfolgerung für das Tramnetz in Kiel kann festgehalten werden, dass die oberleitungsfreien BOStrab-Strecken idealerweise entfallen oder möglichst kurz für einen möglichen zukünftigen Regiotram Einsatz sein sollten. Die bisherigen Werte von 500 – 1.500 m sollten nicht überschritten werden.

Aspekte wie Anpassungen der Weichen im BOStrab-Bereich können später berücksichtigt werden.

7.2 Weitere Anforderungen durch eine Regiotram in kommenden Planungsphasen

Für den Zweisystembetrieb ergeben sich zusätzliche Anforderungen, die in späteren Phasen des Projektes, sofern die Tür für die Regiotram offengehalten werden soll, für eine Tram in Kiel in der weiterführenden Planung berücksichtigt werden sollten. Die folgend aufgeführten Anforderungen sind als übergeordnete Anforderungen zu sehen, welche spätestens in der Phase HOAI 3 Entwurf detailliert zu betrachten und zu entscheiden sind, idealerweise aber schon in der Vorplanung.

Aus betrieblicher Sicht ergibt sich ein Mehraufwand in Bezug auf den Regiotram-Betrieb, da die Fahrer, je nach dem in welchem Netz sie eingesetzt werden eine umfangreichere Ausbildung durchlaufen müssen (Fahrbefähigung BOStrab und EBO). Dies hat

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

gleichzeitig auch Einfluss auf die Dienstplanung: Es muss ausgeschlossen sein, dass Fahrpersonal ohne Fahrberechtigung für EBO-Strecken auf diesen Strecken eingesetzt wird. Folglich wird die Dienstplanung entsprechend komplexer.

Auch die Ausstattung des Betriebshofes ist umfangreicher. Hier muss im Falle eines Zweisystem Betriebes auch eine 15 kV Anbindung der Werkstatt realisiert, die Teststrecke mit doppelter Energieversorgungsinfrastruktur ausgerüstet, sowie eine Hochspannungsprüfung gewährleistet werden. Dafür wurde ein zusätzlicher Platzbedarf von rund 4.000 - 5.000 m² abgeschätzt.

Auf der infrastrukturellen Seite müssen für den Zweisystembetrieb Systemwechselstellen geplant und gebaut werden, an denen der Wechsel der Stromversorgung vollzogen wird (sofern die regionalen Strecken mit 15 kV elektrifiziert würden). Dies hat zusätzlich Einfluss auf betriebliche Abläufe, da beispielsweise ein Halten der Fahrzeuge im Bereich von Systemwechselstellen vermieden werden muss (Auf kurzen Abschnitten in der Systemwechselstelle ist eine Fahrleitung ohne Stromversorgung vorhanden [0V-Stellen]). Außerdem erfordern die Systemwechselstellen einen komplexen Fahrleitungsaufbau.

Zusätzlich sind die Weichen im BOStrab-Bereich für den Einsatz des Radprofils Typ M anzupassen, was aber ohne zu großen Aufwand zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen kann. In diesem Fall sind keine Anpassungen im Eisenbahnnetz erforderlich.

Für das Thema Instandhaltung ergibt sich eine tendenziell kürzere Liegedauer der Schiene, was vorwiegend auf den geringeren Verschleißvorrat an der Rillenschiene und größeren Verschleiß jeweils durch die höheren Spurkränze der Räder und allgemein auf höhere Radlasten des Zweisystemfahrzeugs zurückzuführen ist. Außerdem muss für die Fahrzeuginstandhaltung ggf. eine Zertifizierung nach ECM (Entity in Charge of Maintenance) der Mitarbeiter erfolgen, die im Allgemeinen auch zwei Inspektionen nach zwei Verordnungen durchführen müssen.

Durch die höheren Massen und höheren Anforderungen an die Festigkeit, die durch die zugehörigen Crash-Normen gefordert werden, entsteht folglich auch ein höherer Energieverbrauch. Eine höhere Masse bedeutet immer mehr Lärm, mehr Verschleiß und mehr Erschütterungen.

Auch auf Seiten der Genehmigung, Zulassung und Überwachung des Gesamtsystems inklusive dessen einzelnen Unterpunkten müssen zwei verschiedene Aufsichtsbehörden konsultiert werden: Die Technische Aufsichtsbehörde (TAB) des zugehörigen Bundeslandes für alle Belange der BOStrab, sowie das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) auf Bundesebene und die Landeseisenbahnaufsicht (LEA) auf Landesebene für alle Belange der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO).

8 Zusammenfassung Hauptplanungsparameter Tram/BRT

Die wesentlichen Planungsparameter sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Es ist das System Tram, welches in den meisten Fällen die Planungsparameter bestimmt und die höheren Anforderungen stellt. Nur bei den rot dargestellten Werten ist das BRT-System bestimmend.

Bemessungsfahrzeug	Tram	BRT-Fahrzeug
Fahrzeugtyp	Drehgestell-, Multi- oder Kurzgelenkfahrzeug	Doppelgelenkbus
Länge	Bis zu 54 m, nur Einfachtraktion	Bis zu 25 m, nur Einfachtraktion
Ein- oder Zweirichtungsfahrzeug	Zweirichtungsfahrzeug, Stumpfgleis	Einrichtungsfahrzeug, Wendeschleife
Bahnsteiglänge	60 m (plus 2x10 m Gerade)	50 m
Hüllkurve (statisch/dynamisch) und Standardlichtraum	Statisch: Analog Zweisystemfahrzeug Dynamisch: 30 cm Zuschlag Lichtraum ohne Masten 7,50 m	Statisch: Analog Gelenkbus Dynamisch: ca. 50 cm Zuschlag Lichtraum ohne Masten 8,00 m
Bahnsteighöhe BOStrab	300 mm	300 mm
Einstiegshöhe Fahrzeug	350 mm	340 mm
Fahrdynamik	Standard Nach VDV 150	Analog Standardniederflurbus
Höchstgeschwindigkeit	70 km/h	70 km/h
Max. Achsfahrmasse	120 kN	130 kN
Elektrifizierung	Durchgehende Oberleitung 750 V	Partielle Oberleitung 750 V
Radreifen, Trassen/Schientyp	Strassenbahnprofil, RI59N, Vignol	Reifen, Betontrasse
Oberbauart/Belag	Rasengleis, Geschlossener Oberbau, Schotter	Geschlossen, Asphalt oder Beton, nur schmaler Rasenkorrridor möglich
Leitungen unter Trasse entfernen	Ja	Bei eigener Trasse mit Oberleitung ja, aber sonst zu prüfen

Tabelle 26 Zusammenfassung Hauptplanungsparameter Tram und BRT

Für beide Systeme ist der aktuelle technische Stand aus zuletzt maßgeblich durchgeführten Vergabeverfahren bzw. der bei der Industrie derzeit erhältlichen Konfigurationen. Sonderfahrzeuge sind in den Planungsparametern nicht berücksichtigt, sowie laufende Forschungs- und Entwicklungsvorhaben. Für die Tramfahrzeuge werden für die kommenden 10 Jahre wesentliche Entwicklungen im Bereich der alternativen Antriebstechnologien gesehen, sodass ggf. Netzerweiterungen ohne Ausbauten von Oberleitungen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten möglich werden können. Zeitgleich wird dafür aller Voraussicht nach die Bauweise der Fahrzeuge in Richtung der Leichtbauvarianten weiterentwickelt werden müssen, damit die ins Fahrzeug verlagerte Fahrerenergiespeicher die einzuhaltenden Achslasten und Bremslasten des Oberbaus und der Ingenieurbauwerke nicht gefährden.

Das Potenzial der Weiterentwicklung der alternativen Antriebssysteme hin zu einem vollständig oberleitungsfreien Betrieb wird aufgrund der Nähe zur Automobilindustrie bei den BRT Fahrzeugen frühzeitiger gesehen. Jedoch ist die derzeit fehlende Bundesförderung für meist erforderliche Infrastrukturen von BRT-Fahrzeugen mit Längen von über 18,75m in Deutschland bremsend, sodass die Fortschritte maßgeblich im Bereich herkömmlicher Bussysteme gesehen werden. Zur Steigerung der Konkurrenzfähigkeit von BRT Systemen mit Tram-Systemen sind derzeit Entwicklungen im Bereich der

Dokumentation AP B-100**Technische Planungsparameter Tram und BRT****Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse**

Fahrzeuflängenoptimierung (BRT mit Längen über 30m) bekannt, wobei dafür mehrere steuerbare Achsen den Betrieb auf einer eigenen Trasse ermöglichen sollen. Diese Systeme weisen nach aktuellem Stand noch keine Marktreife auf.

Aufgrund der aufgeführten Gründe wird die Empfehlung ausgesprochen, solange das Bemessungsfahrzeug in den Planungsphasen bis zur Genehmigung des Vorhabens nicht definiert wurde, den Entwicklungsstand im Fahrzeugbereich aktiv zu verfolgen und die bestmögliche technologische Offenheit zu gewährleisten.

Glossar und Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung / Fachbegriffe	Erklärung / Beschreibung
Abschichtung	Mit Hilfe des Formalisierten Abwägungs- und Rangordnungsverfahrens (FAR-Verfahren) wurden alle sinnvoll wirtschaftlich, technisch und nachfrageseitig machbaren Streckenabschnitte für Tram oder BRT von ca. 128 km Streckenlänge auf das Kernnetz von 35,8 km abgeschichtet.
Abschnitt	Strecken können aus verschiedenen Abschnitten bestehen
Bahnkörper	Fahrweg für Tram Kann als unabhängiger (völlig getrennt vom übrigen Verkehr), besonderer (im Verkehrsraum öffentlicher Straßen, jedoch durch bauliche Maßnahmen wie z. B. Bordsteine, Hecken oder Baumreihen vom übrigen Verkehr getrennt) oder straßenbündiger (Nutzung des Verkehrsraums anderer Verkehrsteilnehmer wie Fahrbahn oder Fußgängerzone) Bahnkörper ausgebildet sein.
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BOKraft	Verordnung über den Betrieb von Kraftfahrunternehmen im Personenverkehr
BOStrab	Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen
BRT	Bus-Rapid-Transit Fahrbahngebundenes hochwertiges ÖPNV-System auf überwiegend eigener Trasse, in dem meist Doppelgelenkbusse als Fahrzeuge eingesetzt werden
CAU	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Design Freeze	Übergabeversion aller relevanten Planunterlagen, an die andere Arbeitspakete wie die Variantenuntersuchung und die Kostenschätzung anknüpfen, und die in Teilen der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. In der Trassenstudie gibt es insgesamt drei Design Freezes, die unter Berücksichtigung aller internen und externen Rückmeldungen iterativ aufeinander aufbauen.

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Abkürzung / Fachbegriffe	Erklärung / Beschreibung
DIN	Deutsches Institut für Normung
DFI	Dynamische Fahrgastinformation, Anzeige an den Haltestellen
EAÖ	Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehr
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EBO	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung
EMF	Elektromagnetisches Feld
ETCS	European Train Control System
FAR-Verfahren	Formalisiertes Abwägungs- und Rangordnungsverfahren der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV)
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
Gesamtszenario	In einem Netz sinnvoll zusammengesetzte (Teil-) Varianten
GIS	Geographisches Informationssystem
GUW	Gleichrichter-Unterwerk für die Stromversorgung Tram oder BRT
GVFG	Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz; Fördermöglichkeiten des Bundes für schienengebundene Verkehrswege (und Seilbahnen)
Hauptroute Radverkehr	2.000-4.000 Radfahrende/24h
HBF	Hauptbahnhof
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
HÖV	Hochwertiges Öffentliches Personennahverkehrssystem
HVZ	Hauptverkehrszeit
Inbetriebnahmestufe	Das Kernnetz besteht aus verschiedenen Inbetriebnahmestufen, welche zeitlich versetzt realisiert werden
Kernnetz	Alle nach Anwendung des FAR-Verfahrens am Ende der Trassenstudie übrig gebliebenen Strecken der Tram / des BRT inkl. der Betriebshofstrecke zusammengesetzt zu einem Netz
Korridor	Ein grob abgegrenzter geographischer Raum zwischen der Innenstadt und einem peripheren Stadtteil, der eine oder mehrere Strecken beinhaltet
KVG	Kieler Verkehrsgesellschaft mbH

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Abkürzung / Fachbegriffe	Erklärung / Beschreibung
Laststufe	Die Laststufen nach den Technischen Regeln Bremse der BOStrab bezeichnen verschiedene Beladungszustände, Laststufe I ist die geringste, III, die Höchste
LEA	Landeseisenbahnaufsicht
LH	Landeshauptstadt
Linie	Betriebliche HÖV-Bedienung (Tram oder BRT) einer oder mehrerer Strecken des Kernnetzes
LSA	Lichtsignalanlage
Mitfall	Realisierung der geplanten Maßnahmen im HÖV, Tram oder BRT (Bestandteil der Standardisierten Bewertung)
MIV	Motorisierter Individualverkehr
KielRegion Modell	VISUM-Verkehrsmodell der KielRegion (siehe auch VISUM)
Netzhierarchie	Die Netzhierarchie trennt das zukünftige in die Hauptkorridore, welche durch den Hochwertigen Öffentlichen Verkehr (Tram oder BRT) bedient werden und das nachgeordnete Busnetz von nachfragestarken Hauptbuslinien und allen weiteren Buslinien.
NKU	Nutzen-Kosten-Untersuchung Instrument zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Verkehrsprojekten Eine NKU nach dem Verfahren der Standardisierten Bewertung mit positivem Ausgang ist Grundlage zur Beantragung von Bundesfördermitteln für eine Maßnahme des öffentlichen bzw. Schienenpersonennahverkehrs gemäß GVFG
NKU-Fälle	Verschiedene Gesamtszenarien, die in der NKU (Nutzen-Kosten-Untersuchung) der Trassenstudie (vereinfachte Standardisierte Bewertung) betrachtet werden (Ist-, Ohne- und Mitfälle)
NVZ	Nebenverkehrszeit
OB.M	Stabsstelle Mobilität der Landeshauptstadt Kiel
ÖDA	Öffentlichen Dienstleistungsauftrags
Ohnefall	Der Ohnefall ist ein Bestandteil der Standardisierten Bewertung. Er stellt einen die Weiterentwicklung des Ist-Zustandes im öffentlichen Verkehr dar, falls das HÖV-System

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Abkürzung / Fachbegriffe	Erklärung / Beschreibung
	<p>(Tram oder BRT) nicht eingeführt wird. Der Ohnefall muss realistisch und umsetzbar sein, eine formale Grundlage besitzen (z.B. Bestandteil eines Nahverkehrsplans sein) und mit dem Zuwendungsgeber abgestimmt werden.</p> <p>Der Ohnefall wird in der Standardisierten Bewertung mit dem Mitfall (Tram- und BRT-System) verglichen.</p>
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Paarvergleich	<p>Mit Hilfe des Formalisierten Abwägungs- und Rangordnungsverfahrens (FAR-Verfahren) wurden sich gegenseitig ausschließende Abschnitts- bzw. Streckenvarianten innerhalb eines Korridors in einem Paarvergleich bewertet zur Identifizierung von Vorzugsabschnitten bzw. -strecken und im Rahmen der Abwägung zur Abschichtung und Reduzierung von nicht aussichtsreichen Varianten</p>
PBefG	Personenbeförderungsgesetz
PPP	<p>PPP (In Englisch: Private Public Partnership) bezeichnet die gemeinsame vertraglich geregelte Projektabwicklung von öffentlichen und privaten Partnern. In Deutschland wird dafür auch der Begriff ÖPP, Öffentlich-Private-Partnerschaft, genutzt.</p>
Premiumrouten Radverkehr	> 4.000 Radfahrende/24h
Radius/Radien	<p>Das Hochwertige Öffentliche Personennahverkehrssystem (HÖV) kann nur bestimmte Mindestradien in Kurven bedienen. Diese sind bei der Infrastrukturplanung beachtet worden.</p>
RASt	Richtlinien für Anlagen von Stadtstraßen
Regiotram	<p>Schienengebundenes Verkehrssystem, welches das städtische Tramnetz in der Stadt Kiel mit dem Eisenbahnnetz in der Region über Anschlussstrecken umsteigefrei verbindet (bisher StadtRegionalBahn, SRB)</p>
RiLSA	Richtlinien für Signalanlagen
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
Standardisierte Bewertung	<p>Bundeseinheitliches Verfahren zur gesamtwirtschaftlichen Nutzen-Kosten-Untersuchung von ÖPNV-Projekten in Deutschland</p>

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Abkürzung / Fachbegriffe	Erklärung / Beschreibung
Strecke	Eine eindeutige Verbindung zwischen zwei Punkten, die aus verschiedenen Abschnitten bestehen kann
Streckennetz	Alle Strecken der Tram / des BRTs zusammengesetzt zu einem Netz
StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
SVZ	Schwachverkehrszeit
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
TAB	Technische Aufsichtsbehörde
Teilszenario	In einem Korridor sinnvoll zusammengesetzte (Teil-) Varianten
TÖB	Träger öffentlicher Belange
Tram	Schienengebundenes hochwertiges ÖPNV-System auf eigener Trasse
Trassenstudie	Technische Studie mit vertiefter Infrastruktur- und Gesamtsystemplanung
Trassierung	Entwerfen und Festlegen der Linienführung ("Trasse") eines Verkehrsweges (Straßen, Bahnstrecken) in Lage, Höhe und Querschnitt
TRStrab Spurführung (TR Sp)	Technische Regeln für die Spurführung von Schienenbahnen nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab)
TRStrab Trassierung	Technische Regeln für Straßenbahnen – Trassierung von Bahnen
TSI-PRM	Technische Spezifikation der Eisenbahn-Interoperabilität – Personen mit eingeschränkter Mobilität (Technical Specifications for Interoperability – People with reduced mobility)
UIC	Internationaler Verband der Eisenbahnen (International Union of Railways)
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
Varianten	Verschiedene Strecken(-abschnitte), welche sich im Kernnetz gegenseitig ausschließen
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen

Dokumentation AP B-100

Technische Planungsparameter Tram und BRT

Trassenstudie für ein zukunftssicheres ÖPNV-System auf eigener Trasse

Abkürzung / Fachbegriffe	Erklärung / Beschreibung
Zeitinsel	Eine Zeitinsel bezeichnet einen bestimmten Zeitraum, welcher durch Kurse des Hochwertigen Öffentlichen Personennahverkehrssystems eingehalten werden muss, um den Takt einzuhalten (wenn sich z.B. 2 Linien verzweigen oder viele Linien auf einem Abschnitt verkehren)
Zu- und Abgangszeit	Weg vom Startpunkt zur Haltestelle bzw. von der Haltestelle zum Zielpunkt

Anmerkung: Stand 19.09.22