

Adressat

Landeshauptstadt Kiel, Stabstelle Mobilität (OB.M)

Dokumententyp

Bericht Vorplanung Stadtbahn Kiel

Datum

Juli 2023

Verkehrsanlagen LPH 1

Grundlagenermittlung

AP I-110.1-3, Bericht VP2



Verkehrsanlagen LPH 1 Grundlagenermittlung

AP I-110.1-3, Bericht VP2

Projektname **Vorplanung Stadtbahn Kiel**
Projekt Nr. **301001153**
Empfänger **Stabstelle Mobilität (OB.M)**
Dokumententyp **Bericht VP2**
Version **1**
Datum **13.07.2023**
Autor **Nils Jänig**
Qualitätssicherung Ramboll **Steffen Plogstert, David Barth**
Qualitätssicherung OB-M **Holger Wesselmann, Torben Groß**

Versionen

Nr.	Datum	Status
0A	28.03.23	Erster Entwurf Struktur
0B	11.05.23	Bearbeitung Inhalte
0C	26.05.23	Zwischenversion für OB.M (noch nicht ganz komplett)
0D	05.07.23	Bearbeitung Kommentare von OB.M und Ergänzungen
0E	07.07.23	Bearbeitung Karten und Vorbereitung für Check Barrierefreiheit
0F	10.07.23	Version mit Check Barrierefreiheit
0F QS	11.07.23	QS Version Ramboll intern
1	13.07.23	Finale Version für OB.M

Ramboll
Zur Gießerei 19-27c
76227 Karlsruhe

T +49 721 9154 9740
<https://de.ramboll.com>

Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48
22763 Hamburg

Amtsgericht Hamburg, HRB 168273
Geschäftsführer:
Stefan Wallmann, Hannes Reuter

BNP Paribas S.A. Niederlassung
Deutschland
IBAN: DE40512106004223034010
BIC: BNPADEFFXXX

Inhalt

Inhaltsverzeichnis

1.	Projekteinordnung	5
2.	Darstellung des Vorhabens	9
2.1	Vorhabensbeschreibung	9
2.2	Anlass und Aufgabenstellung der Planung	9
2.3	Ziele des Vorhabens	9
2.4	Beschreibung des Planungsraums	9
3.	Planungsrandbedingungen	10
3.1	Parallele Planungen und ergänzende Unterlagen	10
3.2	Verknüpfung zu anderen Verkehrsträgern	11
3.2.1	Busnetz	12
3.2.2	SPNV	13
3.2.3	Rad- und Fußverkehr	13
3.2.4	Mobilitätsstationen und P+R	13
3.2.5	Übergeordnetes Straßennetz	13
3.3	Erweiterbarkeit	14
4.	Entscheidungshilfen für die Auswahl anderer an der Planung	
	fachlich Beteiligter	15
5.	Ortsbesichtigungen	16
6.	Technische Planungsparameter	16
6.1	Vorgehen	16
6.2	Grundsatz Hochwertiger Stadtbahnbetrieb	16
6.3	Unterstützung der Zielerreichung durch die Planungsparameter	17
6.4	Kernbereiche der Planungsparameter	17
6.5	Umgang mit einer zukünftigen Regiotram	18
7.	Planungsparameter Stadtbahn: Betrieb	19
7.1	Gesetzlicher Rahmen	19
7.2	Betriebsform	19
7.3	Haltestellenabstände	20
7.4	Reisegeschwindigkeit	21
7.5	Barrierefreiheit	22
7.6	Nachfrage, notwendige Fahrzeugkapazität und -anzahl, Takt	22
7.7	Endhaltestellen	23
7.8	Betriebsstabilität	23
7.9	Erste Inbetriebnahmestufe	24
7.10	Energieversorgung	24
7.11	Signaltechnische Einrichtungen	26
7.12	Autonomer Betrieb	26
8.	Planungsparameter Stadtbahn: Infrastruktur	27

Confidential

8.1	Trassierung	27
8.2	Spurweite	28
8.3	Schienenprofil	28
8.4	Barrierefreiheit	29
8.5	Haltestellen	30
8.5.1	Bahnsteighöhe	30
8.5.2	Haltestellenlänge	33
8.5.3	Lage Bahnsteige und Breite	34
8.5.3.1	Mittellage	34
8.5.3.2	Seitenlage	34
8.5.3.3	Sonderformen	36
8.6	Regelquerschnitte	37
8.6.1	Querschnittsgestaltung	37
8.6.2	Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ1: Besonderer Bahnkörper mit innenliegendem Mast	38
8.6.3	Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ2: Besonderer Bahnkörper mit außenliegendem Mast	39
8.6.4	Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ3: Besonderer Bahnkörper mit Zäunen bei höheren Geschwindigkeiten	40
8.6.5	Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ4: Besonderer Bahnkörper mit Querüberspannung	40
8.6.6	Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ5: Straßenbündiger Bahnkörper	41
8.6.7	Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ6: Besonderer Bahnkörper auf Brückenbauwerk	42
8.7	Oberbauformen	42
8.8	Leitungsverlegung	43
8.9	Bauwerke	44
8.10	Abstände zu anderen Verkehrsträgern	44
9.	Planungsparameter Stadtbahn: Fahrzeuge	45
9.1	Fahrzeugtyp	45
9.2	Fahrzeugkapazität und -länge	47
9.3	Fahrzeugbreite	48
9.4	Barrierefreiheit	49
9.4.1	Einstiegshöhe	49
9.4.2	Fußbodenhöhe	50
9.4.3	Spaltüberbrückung	50
9.4.4	Rampen im Fahrzeug	50
9.4.5	Stufen im Fahrzeug	51
9.4.6	Multifunktionsbereiche im Fahrzeug	51
9.5	Zweirichtungsfahrzeug	52
9.6	Fahrdynamik und Antriebsadhäsion	52
9.6.1	Fahrdynamik	52
9.6.2	Antriebsadhäsion	53
9.7	Lichtraum	53
9.7.1	Theoretische Herleitung des notwendigen Lichtraumbedarfs	53
9.7.2	Berechnung des lichten Raumes	54
9.7.3	Statische Hüllkurve	54
9.7.4	Sicherheitsräume	54
9.7.5	Hüllkurve Stadtbahn	55
9.8	Radprofil Stadtbahn	56
9.9	Radsatzfahrmassen	59

9.10	Fahrleitungslose Abschnitte	61
9.10.1	Infrastrukturseitige Lösungen	61
9.10.2	Energiespeicher (fahrzeugseitig)	64
9.10.2.1	Batteriespeicher für die Traktion	64
9.10.2.2	Besonderheiten der Ultra Cap (Doppelschicht-Kondensatoren) Speicher	64
9.10.2.3	Kosten und Wirtschaftlichkeit	65
9.10.2.4	Vor- und Nachteile	65
9.10.2.5	Empfehlung Antriebstechnologien Stadtbahn	66
10.	Offenhaltung für Regiotram	67
	Glossar und Abkürzungsverzeichnis	72
	Anhänge	77

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Zeitliche Einordnung Vorplanung	6
Abbildung 2	Aufteilung Kernnetz in 11 Abschnitte	7
Abbildung 3	Projektziele	8
Abbildung 4	Kernnetz und Planungsraum	9
Abbildung 5	Eingangsdaten Trassenstudie	10
Abbildung 6	Eingangsdaten Trassenstudie, Planungen für Teilgebiete	11
Abbildung 7	Eingangsdaten Vorplanung	11
Abbildung 8	Liniennetz Stadtbahn	12
Abbildung 9	Denkbare BOStrab-Erweiterungen des Kernnetzes innerstädtisch	14
Abbildung 10	Überblick Projektbeteiligte	15
Abbildung 11	Definition Hochwertiger Stadtbahnbetrieb in Kiel	17
Abbildung 12	Betriebsformen Stadtbahn	19
Abbildung 13	Rillenschiene 59R2 und Vignolschiene 49E1 (Maße in mm)	29
Abbildung 14	Anzustrebende Einstiegssituation – Quelle: VDV 7011, Kapitel 3.1, 11/2000	31
Abbildung 15	Bahnsteiglänge Stadtbahn	33
Abbildung 16	Mittelbahnsteig Stadtbahn	34
Abbildung 17	EAÖ-Dimensionen Seitenbahnsteig (EAÖ-Ausgabe 2013)	35
Abbildung 18	Seitenbahnsteig Stadtbahn	35
Abbildung 19	Getrennte Seitenbahnsteige Stadtbahn	36
Abbildung 20	Seitenbahnsteig Stadtbahn, Straße in Mittellage	36
Abbildung 21	Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ1: Besonderer Bahnkörper mit innenliegendem Mast	38
Abbildung 22	Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ2: Besonderer Bahnkörper mit außenliegendem Mast	39
Abbildung 23	Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ3: Besonderer Bahnkörper mit Zäunen bei höheren Geschwindigkeiten	40
Abbildung 24	Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ4: Besonderer Bahnkörper	40
Abbildung 25	Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ5: Straßenbündiger Bahnkörper	41
Abbildung 26	Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ6: Besonderer Bahnkörper auf Brückenbauwerken	42
Abbildung 27	Oberbauformen Stadtbahn (grünes Gleis in Brest, geschlossener Oberbau in Jerusalem, Schottergleis in Karlsruhe)	43

Abbildung 28 Fahrzeugtypen Stadtbahn, die grundsätzlich für die Stadtbahn Kiel in Frage kommen	46
Abbildung 29 Beispiel Alstom Niederflurfahrzeug KVB Köln 60 m durchgehende Länge (Vergabe 11/2020) Quelle: KVB	48
Abbildung 30 Längsrampen im Fahrzeug über den Fahrwerken	50
Abbildung 31 Lichtraumtechnische Begriffe (schematische Darstellung, Quelle: TR Strab, BOStrab)	54
Abbildung 32 Beispiel Oberleitungsmasten im geteilten mittigen Sicherheitsraum nach BOStrab	55
Abbildung 33 übereinander gelegte Radprofile des Betriebssystem S und E (BOStrab TR Sp)	57
Abbildung 34 Beispiel für Betriebssystem M aus TR Sp BOStrab (auch für EBO-Strecken geeignet)	57
Abbildung 35 Radsatzlasten Stadtbahnfahrzeug 54 m	60
Abbildung 36 Radsatzlasten Stadtbahnfahrzeug 45 m	60
Abbildung 37 APS Kontaktsystem (Quelle: Alstom)	62
Abbildung 38: Tram Luxembourg, Stromzuführung aus dem Gleisbett an Haltestellen (Quelle Stadt Luxembourg)	63
Abbildung 39 Beispiel für einen kombinierten Traktionsspeicher (Quelle: Siemens)	64
Abbildung 40 Abschnitte des Kernnetzes, für die eine Regiotrambedienung nicht sinnvoll ist	68
Abbildung 41 Abschnitte des Kernnetzes, für die eine Regiotrambedienung denkbar ist	69
Abbildung 42 Radsatzlasten RegioTramfahrzeug	70

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Kernbereiche Planungsparameter	18
Tabelle 2 Vergleich Betriebsformen Stadtbahn	20
Tabelle 3 Haltestellenabstände Stadtbahn	21
Tabelle 4 Durchschnittsgeschwindigkeit Stadtbahn	21
Tabelle 5 Stromversorgung Stadtbahn	25
Tabelle 6 Trassierungsparameter Stadtbahn	27
Tabelle 7 Spurweite Stadtbahn	28
Tabelle 8 Bahnsteighöhe Stadtbahn	32
Tabelle 9 Oberbauformen Stadtbahn	43
Tabelle 10 Vergleich Einfach- und Doppeltraktion Stadtbahn	47
Tabelle 11 Fahrzeugbreite Stadtbahn	49
Tabelle 12 Ein- und Zweirichtungsbetrieb Stadtbahn	52
Tabelle 13 Hüllkurve Stadtbahn	56
Tabelle 14 Radreifenprofil Stadtbahn	58
Tabelle 15 Antriebstechnologien Stadtbahn	66
Tabelle 16 Anforderungen durch RegioTram	67

1. Projekteinordnung

Dieses einleitende Kapitel gibt einen kurzen Überblick über den Projekthintergrund, dessen Entstehung sowie Ziele und dient zur Einordnung des ab Kapitel 2 beginnenden inhaltlichen Teils des Berichts.

Die Landeshauptstadt Kiel kann die Klimaschutzziele des Masterplan 100% Klimaschutz und des Masterplan Mobilität der KielRegion mit dem Zielhorizont 2035 ohne eine Optimierung des bestehenden ÖPNV-Angebotes (derzeitig Bus-, Fähr- und Regionalbahnbetrieb) im Bereich Verkehr nicht erreichen. Die Beseitigung der Kapazitätsengpässe durch mögliche verschiedene betriebliche und infrastrukturelle Maßnahmen im Busverkehr ist nur sehr begrenzt möglich und reicht nicht aus. Durch die Einstellung des Vorhabens der StadtRegionalBahn wurde die Teilfortschreibung des Kieler Verkehrsentwicklungsplans notwendig.

Dafür wurde im Jahr 2016 die Grundlagenstudie „Mobilitätskonzept für einen nachhaltigen Öffentlichen Nah- und Regionalverkehr in Kiel“ beauftragt. Diese Grundlagenstudie, die im Jahr 2019 abgeschlossen wurde, hat untersucht ob und wo ein ergänzendes hochwertiges ÖPNV-System im Kieler Stadtgebiet über ausreichend Nachfragepotenzial verfügt und ob der Mobilitätsverbund über begleitende Maßnahmen gestärkt werden kann. Dafür wurden verschiedene hochwertige ÖPNV-Systeme miteinander verglichen und für Einführung in der Landeshauptstadt Kiel bewertet. Die dort genannten Ergebnisse beinhalten umfangreiche planerische Grundlagen und Empfehlungen für das weitere Vorgehen. Empfohlen wurde die weitere Untersuchung einer Tram (Stadtbahn) oder eines BRT-Systems auf dem Stadtgebiet von Kiel. Diese Untersuchung wurde in der Trassenstudie zur Einführung eines zukunftssicheren ÖPNV-Systems auf eigener Trasse aufgenommen und fortgeführt. In den Jahren 2020 – 2022 wurden die Herleitung für die Empfehlung für das Trassenetz und den Systementscheid bearbeitet. Im Ergebnis wurde durch die Trassenstudie die Machbarkeit des Trassennetzes nachgewiesen. Die Bearbeitung der Trassenstudie erfolgte im intensiven Austausch mit dem Projektteam, das sich aus den wesentlichen planenden Ämtern der Landeshauptstadt Kiel zusammensetzt, einer umfangreichen Öffentlichkeitsbeteiligung, sowie kontinuierlichen Einbindung der Ortsbeiräte und Politik. Am 17.11.2022 ist die Kieler Ratsversammlung der Empfehlung von Ramboll gefolgt, die weitere Planung auf die Einführung eines modernen Stadtbahnsystems (Tram) in dem erarbeiteten 35,8 km langen Netz der Trassenstudie auszurichten. Bestandteil der Ergebnisse der Trassenstudie waren die Infrastrukturpläne für das gesamte Kernnetz, sodass die Realisierbarkeit des Stadtbahnsystems für das Kernnetz nachgewiesen wurde. Dieses Stadtbahnnetz wird in den Jahren 2023 - 2024 in der Vorplanung detaillierter in Form von Varianten zur Ausgestaltung des Trassennetzes und der Verkehrsraumaufteilung erarbeitet. Dabei wird die Beteiligung des Projektteams durch Hinzunahme weiterer Fachämter der Landeshauptstadt Kiel ausgedehnt und die intensive Durchführung der Öffentlichkeitsarbeit fortgesetzt. Die Vorplanung endet mit der Empfehlung einer Vorzugsvariante für das gesamte Kernnetz, welche in die Politik zur Entscheidung gegeben und Basis für den abschließenden Förderantrag sein wird. Damit wird ebenfalls die Unterteilung in Inbetriebnahmestufen und dadurch die weitere Projektaufteilung im Hinblick auf die Entwurfs- und Genehmigungsplanung als Ergebnis aus der Vorplanung hervorgehen.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die angesprochenen zeitlichen Abläufe der Grundlagenstudie, der darauffolgenden Beschlüsse, der Trassenstudie mit vertiefter Infrastruktur- und Gesamtsystemplanung sowie der aktuellen Vorplanung. Auf diese Phase folgen dann die Entwurfsplanung, die Genehmigungsplanung und nach einer Ausführungsplanung dann der Bau der Trasse mit der Anpassung der Trassen-Nebenbereiche:

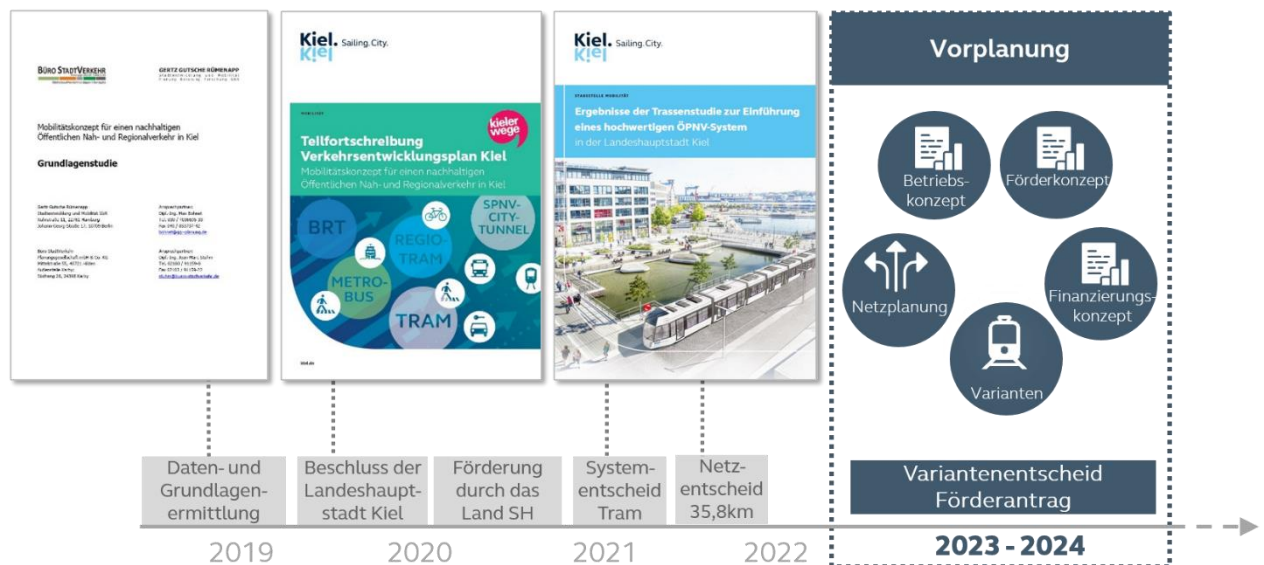


Abbildung 1 Zeitliche Einordnung Vorplanung

Hauptbestandteil der Vorplanung ist die Ausarbeitung von detaillierten Plänen von bis zu drei Varianten der in der in Abbildung 2 dargestellten elf Streckenabschnitte. Die anschließende Diskussion dieser Varianten verfolgt das Ziel der Festlegung einer Vorzugsvariante nach Vergleich und Bewertung aller betrachteten Variantenvorschläge. Zum Ende der Vorplanung werden diese Vorzugsvarianten zur Vorzugstrasse zusammengesetzt. Die Entscheidungsfindung inkl. des Beteiligungsprozesses wird dokumentiert und damit Basis für die erforderlichen Planrechtsverfahren bzw. der Planrechtsanträge.

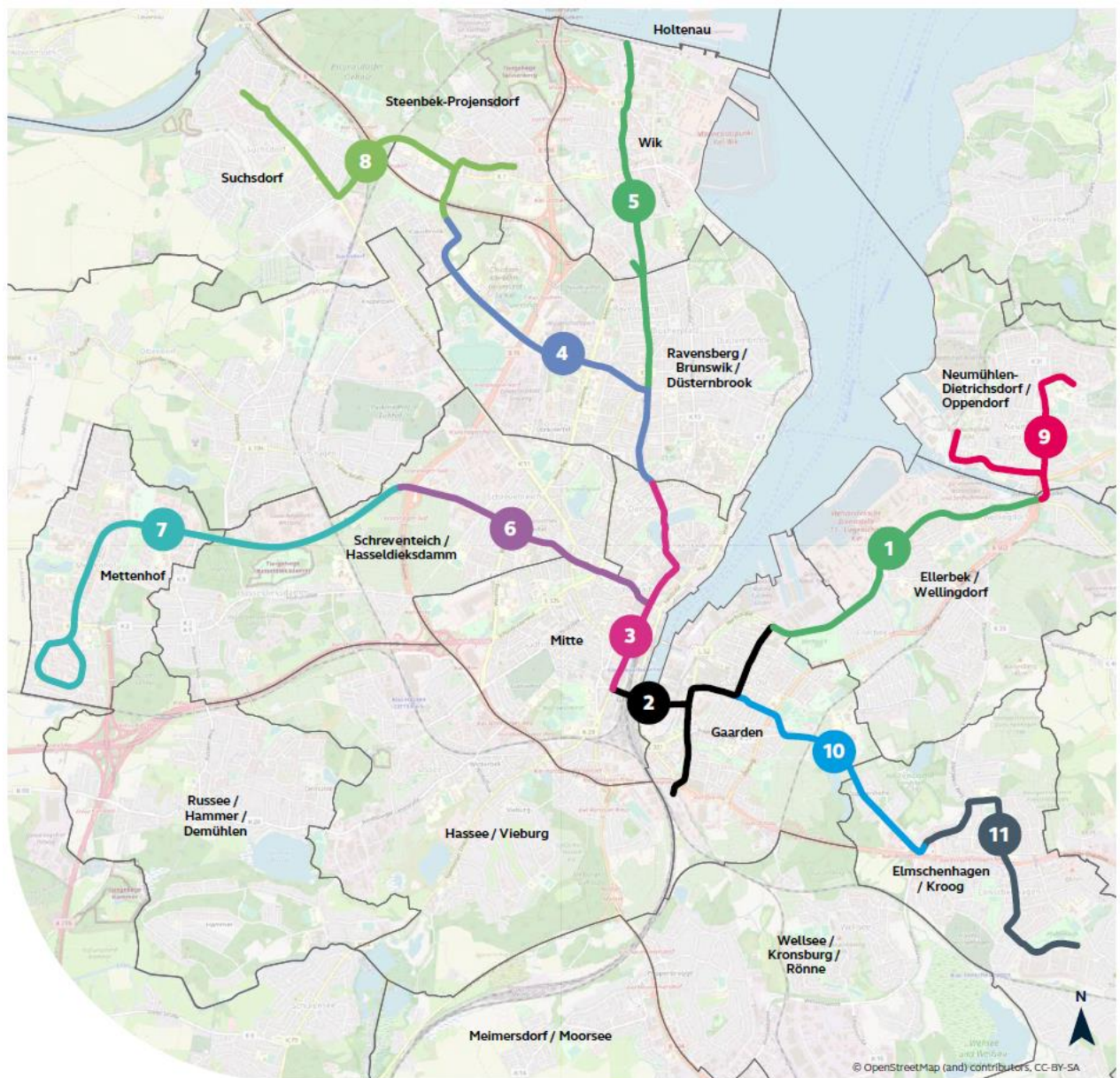


Abbildung 2 Aufteilung Kernnetz in 11 Abschnitte

Im Rahmen der Definition der Vorzugsvarianten werden neben den Anforderungen an die Stadtbahn auch Einflüsse aus angrenzenden Belangen wie die der anderen Verkehrsarten (Bus, Fahrradverkehr, Fußverkehr, motorisierter Individualverkehr), Zulassungsfragen, finanzielle Aspekte (insbesondere Fördermöglichkeiten), Umweltaspekte und die städtebauliche Integration bewertet. Laufende Planungen paralleler Vorhaben der Landeshauptstadt Kiel sowie Dritter werden berücksichtigt und die Abstimmung zur Berücksichtigung der Belange der Stadtbahn in den Parallelmaßnahmen begleitet. Dieser Prozess findet fortlaufend in unterschiedlichen Formaten mit Beteiligung der Fachämter, Bürger*innen und politischen Gremien der Landeshauptstadt Kiel statt.

Die Herleitung der Vorzugsvariante berücksichtigt auch alle technischen Grundlagen wie beispielsweise allgemeine Versorgungsleitungen und die Entwässerung für die Strecke; es findet außerdem eine verkehrliche Modellierung ausgewählter Kreuzungsbereiche statt. Aus zunächst entwickelten Varianten mit unterschiedlicher Umsetzung der Nebenräume mit Rad- und

Fußwegen, Straßenbaumkonzepten und den Möglichkeiten des ruhenden Verkehrs wird anhand von Planungsprämissen eine Bewertung vorgenommen und die Vorzugsvariante definiert, die dann in die weiteren Planungsphasen übernommen wird.

Die Variantenplanung ist ein vorgelagerter Prozess, indem die Variantenfindung bzw. -herleitung stattfindet. Anhand von schematischen Plänen für die 68 homogenen Unterabschnitte der insgesamt 11 Planungsabschnitte wird bereits im Vorfeld mit entscheidenden Stakeholdern die genannte Ausgestaltung der Nebenräume und die Lage der Trasse in der Straße diskutiert. Das Ziel dieses Variantenfindungsprozesses ist die Vorauswahl der für einen Unterabschnitt möglichen Varianten mit unterschiedlichen Trassenlagen sowie der zugehörigen Nebenvarianten mit unterschiedlicher Gestaltung der Trassennebenräume, jeweils in Abhängigkeit von den lokal variierenden Anforderungen an den Straßenraum. Die eigentliche Vorplanung auf Basis der Variantenfindung überführt abschließend die schematischen Pläne aus der Variantenfindung in detaillierte Infrastrukturpläne mit bis zu drei möglichen Varianten je Abschnitt. Durch diesen vorgelagerten Prozess soll die eigentliche Planerstellung für das gesamte 36 km Netz zur Beteiligung ausgerichtet und umfassend dokumentiert werden, um die Vorplanung bis Ende 2024 abzuschließen.

Die folgende Abbildung zeigt die Hauptziele der Vorplanung für eine Stadtbahn:

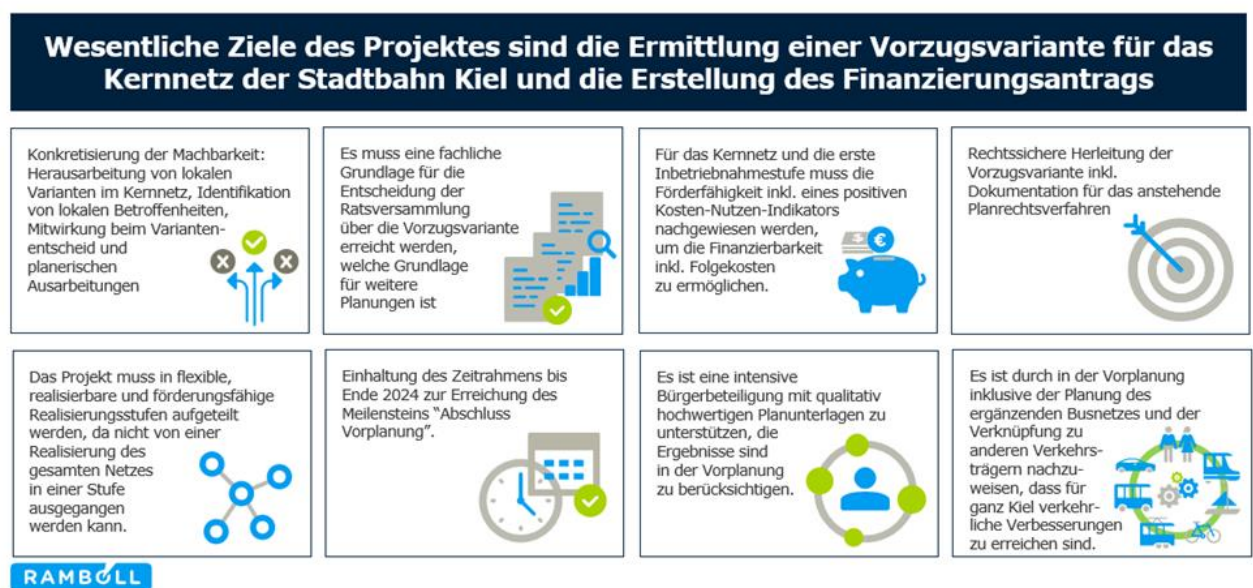


Abbildung 3 Projektziele

Zusätzlich zu diesen Hauptzielen wurden noch folgende erweiterte Ziele definiert:

- Verknüpfung mit anderen städtebaulichen und verkehrlichen Planungsprozessen
- Konkretisierung des Gesamtrealisierungszeitraums und der Kostenschätzungen
- Fortführung des transparenten Planungsprozesses aus der Trassenstudie
- Einbindung und kontinuierliches Informieren von relevanten Stakeholdern
- Einbindung und kontinuierliches Informieren von zuständigen Behörden im frühen Projektstadium
- Aufbau und Pflege eines dem Projektstand angemessenen Risikomanagements

Im Ergebnis der Vorplanung erstellt Ramboll einen abschließenden Endbericht mit zentralen Anlagen. Wie die Struktur dieses Endberichts und der Inhalte der Anlagen genau gestaltet wird, ist im weiteren Projektverlauf noch festzulegen.

2. Darstellung des Vorhabens

2.1 Vorhabensbeschreibung

Siehe Kapitel 1.

2.2 Anlass und Aufgabenstellung der Planung

Siehe Kapitel 1.

2.3 Ziele des Vorhabens

Siehe Kapitel 1, Abbildung 3.

2.4 Beschreibung des Planungsraums

Die Planung erfolgt komplett auf dem Stadtgebiet der Landeshauptstadt Kiel. Das Kernnetz der Länge 35,8 km führt hauptsächlich durch dichter besiedelte Gebiete, verbindet das West- und Ostufer miteinander und quert 11 von 18 der Kieler Stadtteile. Die folgende Abbildung zeigt den Planungsraum und das Kernnetz.

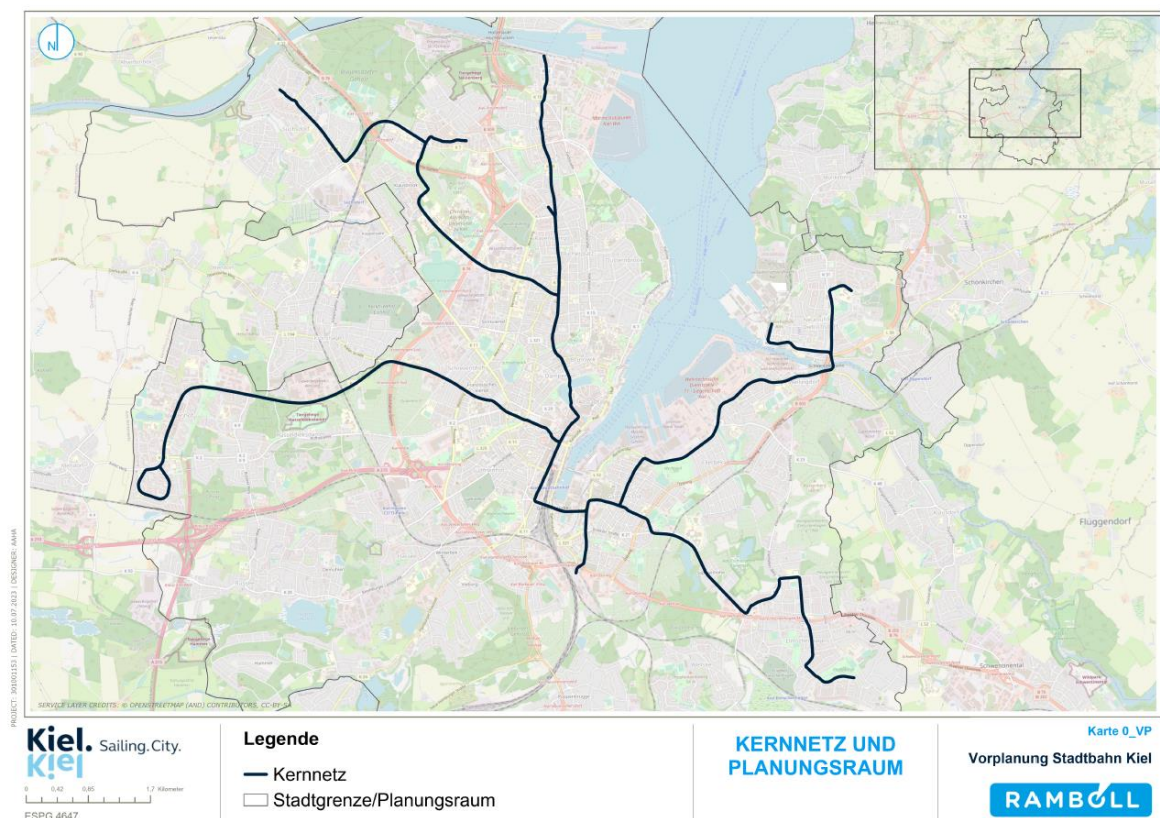


Abbildung 4 Kernnetz und Planungsraum

3. Planungsrandbedingungen

3.1 Parallele Planungen und ergänzende Unterlagen

Im Rahmen der Trassenstudie und der Vorplanung wurden umfangreiche Dateien von der LH Kiel übergeben, die während des Projektverlaufs immer weiter ergänzt und aktualisiert wurden. Diese sind wie folgt strukturiert:

00_Eingang	☁	01_Grundlagenstudie ÖV	✓
02_VEP_Teilfortschreibung	✓	03_KielRegionModell	✓
04_Dezerernatsverteilung	✓	05_TBA_Bericht_MobilitätinKiel	✓
06_Straßenverkehrslärmkartierung (...)	☁	07_Übersichtskarten	☁
08_Stadtentwicklung_Freiraum-Lan...	✓	09_Übersicht über gesamtstädtische...	☁
10_Bericht_Stadtteile	✓	11_Aktuelle Fahrplandaten KVG Kiel	☁
12_Ortsbeiraeete	☁	13_Bäume	☁
14_Elmschenhagener Kreisel	☁	15_Denkmalschutz_Asmus_Bremer	☁
16_KVG_E-Bus	☁	17_Vissim-Simulationen	☁
18_Inhaltsverzeichnis_Geodaten_Sta...	☁	19_Hinweise_Öffentlichkeitsbeteilig...	☁
20_Einzelhandelskonzept	✓	21_Beschlussvorlagen_und_geschäf...	☁
22_Umwelt	☁	23_Denkmalschutz	✓
24_Stadtarchiv	☁	25_GEP_Pläne_Tiefbauamt	☁
26_3D-Modell	☁	27_SRB	☁
28_Teilgebiete Planungen	☁	29_Verkehrsmodell	☁
30_Daten_Kartendienst	☁	31_UTM_Suedspange_Stadtbahn	☁
32_Flaechennutzungsplan	☁	33_Rad und Fussverkehr	☁
34_Gablenzbrücke	☁	35_Schwentinebrücke	☁
36_Lärmkartierung	☁	37_RNVP Regionaler Nahverkehrsplan	☁
38_LNVP Landesnahverkehrsplan	☁	39_NAH.SH SPNV	☁
40_Naturschutzrecht	☁	41_Zentrenkonzept	☁
42_Standardaufbauten_Straße	☁	43_Altpläne	☁
44_Sondertransporte	✓	45_Gleisanlagen_des_Seehafens_Kiel	☁
46_Bevölkerungsprognose	☁	47_Mobilitätsstationen_P+R	☁
48_Gestaltungsleitbilder_Stephan_B...	☁	50_Parkraumkonzept TBA	☁
50_Städtebau	✓	51_Ingenieurbauwerke	☁
52_Amt_61	☁	53_Straßen	☁
54_Region Kiel - Mobilitätskonzept ...	☁	55_Bus-Priorisierung und Grüne We...	☁
56_Fördeschiffahrt - Fähren	☁	57_Standorte Betriebshof	☁
58_Kiellinie	☁		

Abbildung 5 Eingangsdaten Trassenstudie

Im Order 28 sind für Teilgebiete Planungen zusammengefasst worden:

01_UTM_Z_Projektplan_Korridore_61		02_CAU_Bremerskamp	
03_Hörnbereich		04_Kieler Innenstadt	
05_Kieler Süden		06_Preetzer Straße	
07_Werftstraße		08_Holtenauer_Knoten	
09_Adalbertstr-Prinz-Heinrich-Str		10_W8	
11_Umgebung_Holstein-Stadion		12_B-Plan_1018_Rotenbek	
13_Holtenau Ost - MFG 5		14_Wik	
15_Asmus-Bremer-Platz		16_Friedrichsort, Strandort	
17_Lessingplatz		18_Rungholtplatz	
19_Technische Fakultät Gaarden		20_Strandort	
21_Bebelplatz		22_Schwentinemündung	
23_Eckernförder Straße		24_Torfmoorkamp	
25_Rungholtplatz		26_Bushaltestellen Franzensbader St...	
27_Ladestationen BHS Schwentinstest...		28_Exerzierplatz	
29_Belvedere		30_Winterbeker_Weg	
31_Ellerbeker Weg		32_DRL Heidenberger Teich	
33_Holtenauer Straße Lieferkonzept		34_StrandOrt	
35_Dreiecksplatz		36_FH Neumühlen	

Abbildung 6 Eingangsdaten Trassenstudie, Planungen für Teilgebiete

Die Eingangsdaten werden auch weiter in der Vorplanung aktualisiert und strukturiert wie folgt abgelegt (Stand Juni 2023):

- 000 Planungsparameter
- 001 IBS 1
- 002 IBS 2
- 003 IBS 3
- 004 Holtenauer Hochbrücke
- 005 Kieler Süden - Meimersdorf
- 006 Leitlinie Kiel Barrierefreiheit
- 007 Radverkehr
- 008 Lieferzonenkonzept
- 009 Max-Rubner-Institut (B-Plan 1028, Bemerskamp)
- 010 E-Bus Kiel
- 011 Masterarbeit Einstellung Tram Kiel
- 012 Update Umweltdaten Stadt Kiel
- 013 Parken
- 014 Aufstiegsbauwerk

Abbildung 7 Eingangsdaten Vorplanung

3.2 Verknüpfung zu anderen Verkehrsträgern

Das geplante Liniennetz besteht aus 4 Linien und wurde in der Trassenstudie hergeleitet. Es wird zum Ende der Vorplanung auf Basis der Ergebnisse der Standardisierten Bewertung aktualisiert.

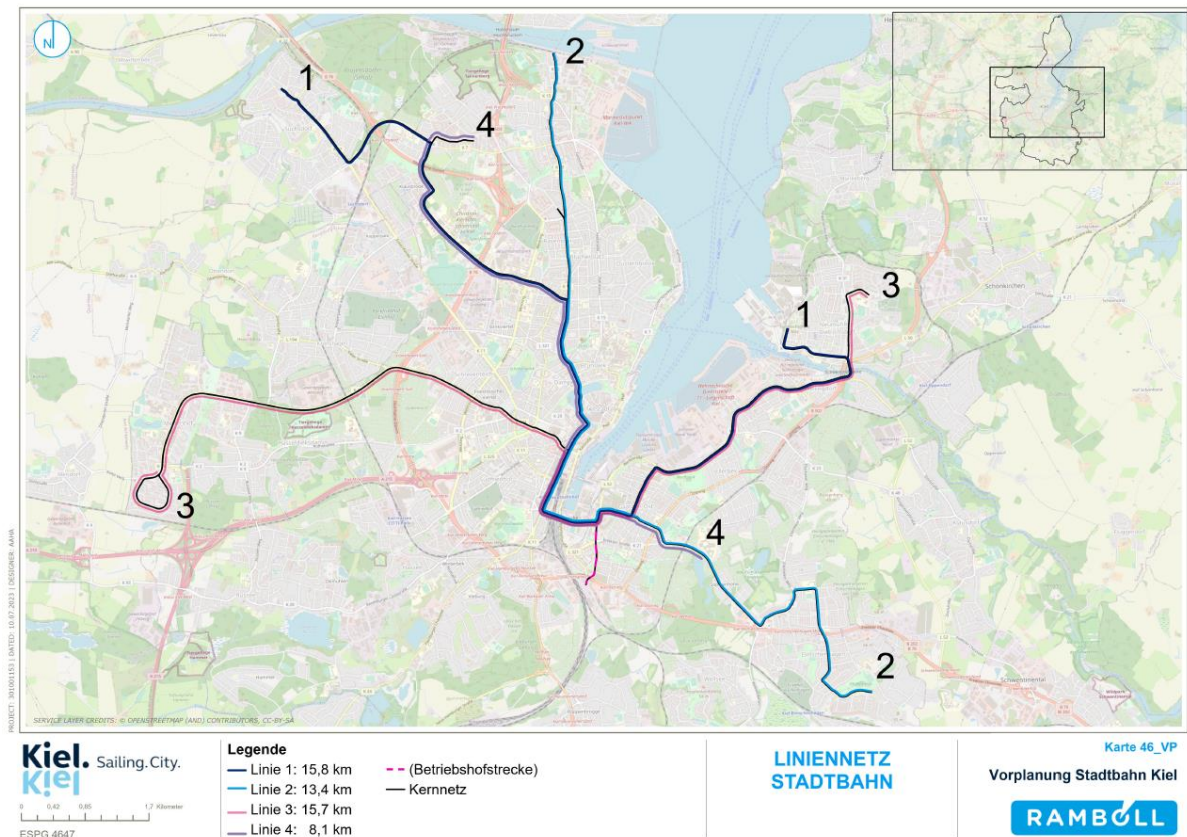


Abbildung 8 Liniennetz Stadtbahn

3.2.1 Busnetz

Das Stadtbahnnetz wird integriert mit allen anderen Verkehrsteilnehmern geplant, insbesondere denen des Umweltverbundes, hier das ergänzende Busnetz. Grundsätzlich wird das zukünftige Busnetz auf die Stadtbahn ausgerichtet, Parallelbedienungen sind zu vermeiden. Stadtteile, die nicht durch die Stadtbahn erschlossen werden, erhalten ein attraktives Busangebot, welches in der Gesamtwirtschaftlichkeit aber darstellbar ist.

Das ergänzende Busnetz ist in dem Bericht mit Anlagen „Endbericht Anlage 3 Zukünftiges Busnetz mit dem neuen HÖV-System.pdf“ der Trassenstudie zusammengestellt, die hier öffentlich verfügbar ist:

https://www.kiel.de/de/umwelt_verkehr/ dokumente kiel bewegt sich/endbericht/kiel oepnv system endbericht anlage 3 bericht busnetz mitfall AP E-123.pdf

Im Rahmen der parallel zu der Vorplanung zu bearbeitenden Standardisierten Bewertung werden die Busnetze für die einzelnen Inbetriebnahmestufen weiter ausgearbeitet und vertieft. Dabei werden folgende Grundsätze verfolgt:

- Es wird insgesamt mit der Fortschreibung der Planungsparameter das Konzept der Trassenstudie weiterverfolgt, welches grundsätzlich die Haupt Bus-Achsen durch Stadtbahnlinien ersetzt und das Busnetz neu ordnet.
- Eine parallele Führung von Stadtbahn und Bus soll vermieden werden. Wo Bushaltestellen in direkter Nachbarschaft zu einer Stadtbahnhaltestelle erforderlich werden oder durch die Stadtbahn verdrängt werden, so sind (Ersatz-)Haltestellen und eine geeignete Straßenanbindung für den Bus zu planen, so dass im Notfall auch Schienenersatzverkehre (SEV) durchgeführt werden können. Der SEV wird erst in späteren Projektphasen geplant.

- Nur bei beengten Verhältnissen kann die Sondernutzung des besonderen Bahnkörpers für den Bus freigegeben werden und Bushaltestellen vor oder nach den Stadtbahnhaltestellen angeordnet werden. Die Abstimmung erfolgt hier mit dem Betriebsleiter BOStrab.

3.2.2 SPNV

Das Stadtbahnnetz wird integriert mit allen anderen Verkehrsteilnehmern geplant, insbesondere denen des Umweltverbundes, hier der SPNV und die zukünftige S-Bahn Kiel.

Grundsätzliche Aussagen im Zusammenhang mit dem SPNV und zur S-Bahn sind in der Dokumentation „Dokumentation AP E-112 Erweiterbarkeit des Systems.pdf“ der Trassenstudie zusammengestellt, die hier öffentlich verfügbar ist:

https://www.kiel.de/de/umwelt_verkehr/ dokumente kiel bewegt sich/dokumentation/kiel oepe n v system Dokumentation AP E-112 Erweiterbarkeit des Systems.pdf

Bezüglich der Diskussionen um die regionale Erweiterbarkeit des Netzes wurde klargestellt, dass

- als erste Option entweder eine Offenhaltung des Stadtbahnnetzes für eine Regiotram für eine Regiotram oder
- als zweite Option die Optimierung von Verknüpfungspunkten regionaler Verkehre inkl. der notwendigen Ausbauplanungen in Kombination mit möglichen BOStrab- Erweiterungen des Kernnetzes (auch ggf. außerhalb des Stadtgebietes von Kiel, siehe Kapitel 3.3) sinnvoll sind.

Die Entscheidung ist zugunsten der zweiten Option getroffen worden und die Vorplanung ist, wo sinnvoll, auch auf Schnittstellen zum SPNV auszurichten. Dafür gibt es eine Handvoll relevante Punkte im Netz, die zu beachten sind. Gleichzeitig sollte für den zu erstellenden Förderantrag möglichst die Beschlussreife der parallelen SPNV-Maßnahmen herbeigeführt werden, sodass diese ggf. Bestandteil der neu zu erstellenden Nutzen-Kosten-Untersuchung werden können. Das genaue Vorgehen ist mit dem Bund abzustimmen.

3.2.3 Rad- und Fußverkehr

Das Stadtbahnnetz wird integriert mit allen anderen Verkehrsteilnehmern geplant, insbesondere denen des Umweltverbundes, hier Rad- und Fussverkehr. Die Grundlagen des Rad- und Fussverkehrs sind in der Dokumentation „AP E-121 Planungsparameter Rad- und Fußverkehr.pdf“ der Trassenstudie zusammengestellt, die hier öffentlich verfügbar ist:

https://www.kiel.de/de/umwelt_verkehr/ dokumente kiel bewegt sich/dokumentation/kiel oepe n v system Dokumentation AP E-121 Planungsparameter Rad- und Fussverkehr.pdf

Aktualisierungen für die Vorplanung und die Querschnittsbildung wurde in den Modulblöcken vorgenommen, die in Kapitel 7.10 enthalten sind.

3.2.4 Mobilitätsstationen und P+R

Das Stadtbahnnetz wird integriert mit anderen Verkehrsteilnehmern über Mobilitätsstationen und P+R-Anlagen verknüpft. Die Grundlagen dafür sind in der Dokumentation „Dokumentation AP E-122 Mobilitätsstationen.pdf“ der Trassenstudie zusammengestellt, die hier öffentlich verfügbar ist:

https://www.kiel.de/de/umwelt_verkehr/ dokumente kiel bewegt sich/dokumentation/kiel oepe n v system dokumentation AP E-122 mobilitaetsstationen.pdf

Im Rahmen der Vorplanung werden diese Grundlagen weiter ausgearbeitet und vertieft, siehe Bericht VP20.

3.2.5 Übergeordnetes Straßennetz

Das Stadtbahnnetz wird Auswirkungen auf die Struktur und Klassifizierung des übergeordneten Straßennetzes haben. Erste grundsätzliche Aussagen dazu sind in der Dokumentation

„Dokumentation AP E-130.1 Funktionskonzepte.pdf“ der Trassenstudie zusammengestellt, die hier öffentlich verfügbar ist:

https://www.kiel.de/de/umwelt_verkehr/_dokumente_kiel_bewegt_sich/dokumentation/kiel_oepnv_system_Dokumentation_AP_E-130_1_Funktionskonzepte.pdf

Im Rahmen der Vorplanung werden diese Aussagen für die Stadtbahn weiter ausgearbeitet und vertieft, siehe Bericht VP 8, AP I-110.6. Diese Aussagen finden auch Eingang in eine gesamte Neustrukturierung des Straßennetzes, welche das TBA in einer separaten Untersuchung durchführt.

3.3 Erweiterbarkeit

Das Stadtbahnnetz wird so geplant, dass es über das Kernnetz hinaus auch erweiterbar ist. Das betrifft innerstädtische Stadtbahn Erweiterungen (neue Strecken), Verlängerungen von Stadtbahnstrecken in das Umland, aber auch die grundsätzliche Entscheidung das Netz für eine Regiotram offen zu halten (siehe auch Kapitel 10). Es wurde im Projektteam beschlossen, dass sich diese Offenhaltung aber auf die Parameter Spurweite und Lichtraum beschränkt.

Die Grundlagen der Erweiterbarkeit sind in der Dokumentation „Dokumentation AP E-112 Erweiterbarkeit des Systems.pdf“ der Trassenstudie zusammengestellt, die hier öffentlich verfügbar ist:

https://www.kiel.de/de/umwelt_verkehr/_dokumente_kiel_bewegt_sich/dokumentation/kiel_oepnv_system_Dokumentation_AP_E-112_Erweiterbarkeit_des_Systems.pdf

Die folgende Karte zeigt die innerstädtischen denkbaren BOStrab-Erweiterungen.

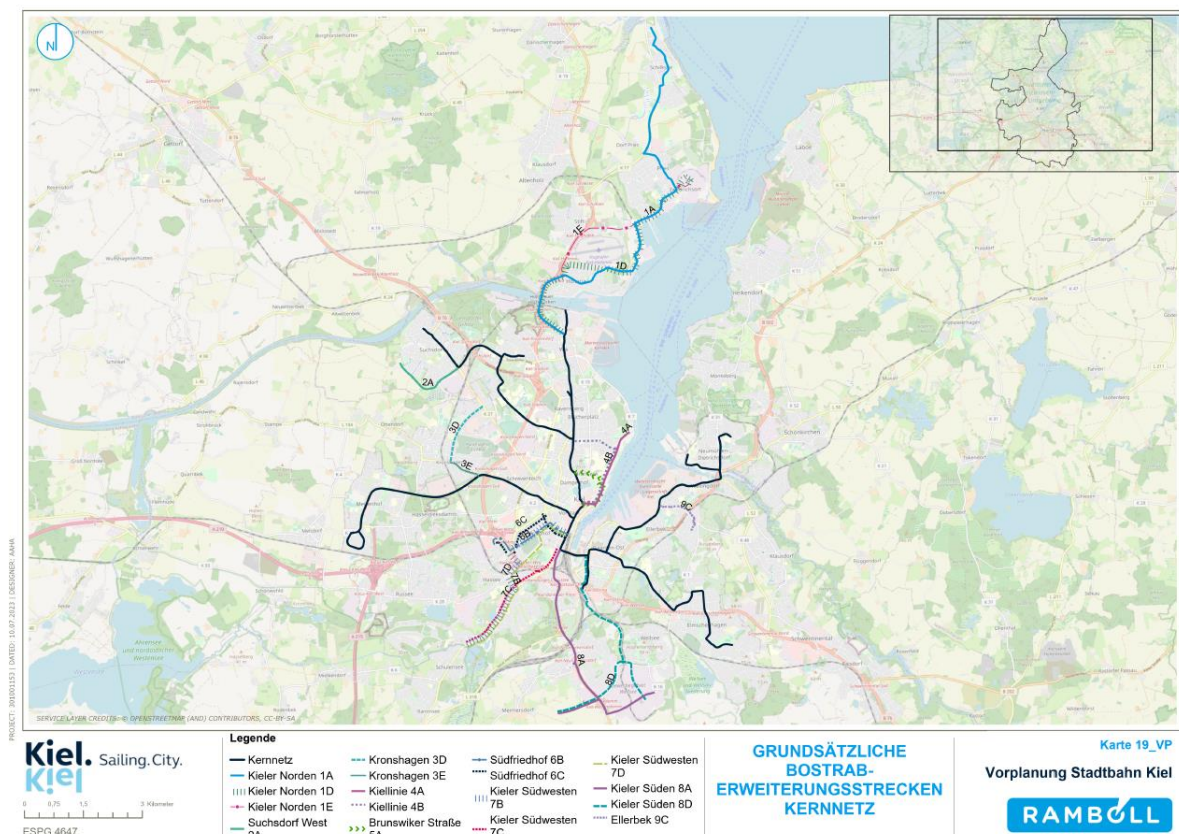


Abbildung 9 Denkbare BOStrab-Erweiterungen des Kernnetzes innerstädtisch

Im Rahmen der Vorplanung wurde nun zusätzlich zu den in der vorstehenden Abbildung enthaltenen Erweiterungsmöglichkeiten entscheiden, dass die Erweiterung der innerstädtischen BOStrab-Strecken gemäß der Trassenstudien-Dokumentation grundsätzlich auch ins Umland erfolgen kann, wenn Potential dafür vorhanden ist oder bestehende EBO-Strecken auf BOStrab umgewidmet werden könnten. Dafür liegt aber noch kein Konzept vor.

4. Entscheidungshilfen für die Auswahl anderer an der Planung fachlich Beteiligter

Grundsätzlich werden separate Gutachten, welche für die Planfeststellung notwendig sind, erst in der LPH 3 Entwurf erstellt, da in dieser LPH 2 der genaue Trassenverlauf noch ermittelt wird und somit die Grundlagen für viele Gutachten noch nicht gegeben sind.

Fachlich an der Vorplanung sind beteiligt (siehe auch folgende Abbildung aus dem Projekthandbuch):

- Betroffene Fachämter, welche in einer Steuerungsgruppe zusammengefasst sind
- Die Ratsversammlung, betroffene Fachausschüssen und Ortsbeiräte
- Der OB, die Dezernate II und III
- EBK (Eigenbetrieb)
- Stadtwerke
- KVG
- NAH.SH
- Genehmigungsbehörden und der Betriebsleiter BOStrab
- Bund und Land
- Prof. Vick als EMV-Experte (AP I-130.3, siehe Bericht VP14)
- Zebalog und Boy für die Öffentlichkeitsarbeit
- Der Gutachter für die parallel verlaufenden Standardisierte Bewertung (noch offen)

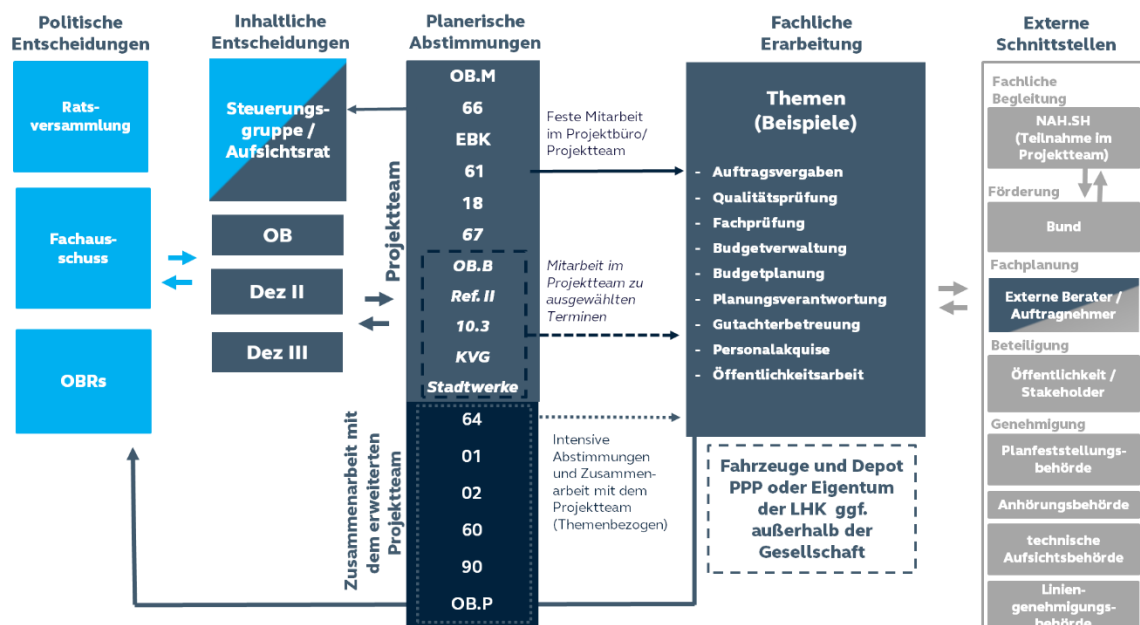


Abbildung 10 Überblick Projektbeteiligte

5. Ortsbesichtigungen

Ortsbesichtigungen wurden seit Oktober 2020, dem Beginn der Trassenstudie, kontinuierlich durchgeführt. Das 36 km Kernnetz der Vorplanung wurde ursprünglich aus Streckenabschnitten der Länge von fast 130 km hergeleitet und mit Hilfe des FAR-Verfahrens (siehe Endbericht Anlage 1 Herleitung Streckennetz.pdf der Trassenstudie) abgeschichtet. Für alle Streckenabschnitte hat es bis zum Ende der Trassenstudie im Dezember 2022 Ortsbesichtigungen durch das Ramboll Team allein oder zusammen mit OB.M und betroffenen Ämtern gegeben. Es sind umfangreiche Fotodokumentationen entstanden, die auf der KielCloud [hier](#) verfügbar sind.

Mit Beginn der Vorplanung im Januar 2023 werden diese Ortsbesichtigungen Abschnitt für Abschnitt fortgeführt.

6. Technische Planungsparameter

Als verbindliche Vorgabe und Richtlinie für die Vorplanung werden in diesem Bericht die Planungsparameter für die Stadtbahn zusammengefasst. Dieses Dokument ist eine Fortschreibung des der Dokumentation B-100 Technische Planungsparameter Stadtbahn und BRT aus der Trassenstudie, wobei nur die Inhalte für die Tram, nun neu als Stadtbahn bezeichnet, übernommen und erweitert wurden. Abweichungen von insbesondere diesen Planungsparametern waren deswegen nur begründet und nach Zustimmung von Stabstelle Mobilität der LH Kiel (OB.M) möglich.

6.1 Vorgehen

Die Planungsparameter wurden bereits in der Trassenstudie durch Ramboll erarbeitet und mit den beteiligten Ämtern der Landeshauptstadt Kiel abgestimmt, dieser Bericht beinhaltet die Aktualisierung.

Grundsätzlich wird von einem zweigleisigen Betrieb mit hoher Priorität für ein schienengebundenes BOStrab-Stadtbahnfahrzeug ausgegangen. Wichtig bei der Erarbeitung der Planungsparameter ist eine interdisziplinäre Herangehensweise, die Fahrzeug, Infrastruktur, Depot und Betrieb miteinander als ein System betrachtet.

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 Betriebsleiter zur Anwendung kommen, sofern diese gut begründet sind und keine sinnvollen Lösungen anhand der Grundwerte machbar sind.

Die Planungsparameter untergliedern sich für Stadtbahn nach:

- Betrieb
- Infrastruktur
- Fahrzeuge
- Betriebshof/Abstellanlagen

6.2 Grundsatz Hochwertiger Stadtbahnbetrieb

Die Planungsparameter führen zu einem hochwertigen Stadtbahnbetrieb:

Definition Hochwertiger Stadtbahnbetrieb

Grundsätzlich auf eigener zweigleisiger 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 11 Definition Hochwertiger Stadtbahnbetrieb in Kiel

6.3 Unterstützung der Zielerreichung durch die Planungsparameter

Die Planungsparameter unterstützen die Hauptziele der Vorplanung wie folgt:

- Sie sind die Basis der Planung der Stadtbahn in Kiel
- Sie führen zu einem hochwertigen Stadtbahnssystem
- Sie unterstützen die Wirtschaftlichkeit und ein positives Nutzen-Kosten-Verhältnis
- Sie sind technologieoffen wo sinnvoll, d.h. erlauben technologische Weiterentwicklung
- Sie erlauben innerstädtische oder regional Verlängerungen nach BOStrab und machen eine zukünftige Regiotram grundsätzlich immer noch möglich
- Sie erlauben gestalterischen Spielraum unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit

6.4 Kernbereiche der Planungsparameter

In der Trassenstudie wurden 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, durch die Ratsversammlung der Landeshauptstadt Kiel (LHK) am 18.03.2021 (Drucksache 160/2021) verabschiedet. Das betraf:

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

Durch die frühzeitige Erarbeitung und Verabschiedung der Planungsparameter im Gesamtprojekt wurden in der Trassenstudie in folgenden wichtigen Kernbereichen Festlegungen getroffen, um die Projektziele erreichen zu können. Diese haben weiterhin auch in der Vorplanung Bestand.

Die folgende Tabelle fasst diese und die möglichen Folgewirkungen zusammen:

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

Tabelle 1 Kernbereiche Planungsparameter

6.5 Umgang mit einer zukünftigen Regiotram

Für die Stadtbahn wurde zusätzlich das System Regiotram, also eine Erweiterung in die Region, grundsätzlich berücksichtigt. In der Trassenstudie wurden die Parameter für die Stadtbahn, 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

In der Vorplanung wurde nun entschieden, nur noch den Lichtraum für eine Regiotram offen zu halten, andere Aspekte aber nur auf die Stadtbahn auszurichten, um die Planungsfreiheit zu erhöhen. Somit ist eine Regiotram immer noch grundsätzlich denkbar. Vertiefte Inhalte dazu sind in Kapitel 10 enthalten.

7. Planungsparameter Stadtbahn: Betrieb

7.1 Gesetzlicher Rahmen

Der Betrieb im städtischen Kernnetz erfolgt nach dem Personenbeförderungsgesetz (PBefG) und der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab).

7.2 Betriebsform

Folgende Möglichkeiten kommen für die Stadtbahn 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. Nach den Plänen der Trassenstudie wird etwas mehr als 20 % des gesamten Netzes als Mischbetriebstrasse ausgeführt. Die betrieblichen Fahrzeitsimulationen, welche in der Vorplanung auch fortgeführt werden, haben gezeigt, dass die Effekte auf die Fahrzeitberechnung insgesamt akzeptabel sind und die Projektziele, insbesondere der Nutzen-Kosten-Indikator trotzdem positiv ist. 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 und bedarf der Genehmigung durch den Betriebsleiter.



Abbildung 12 Betriebsformen Stadtbahn




	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 2 Vergleich Betriebsformen Stadtbahn

Empfehlung für die Stadtbahn

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.

7.3 Haltestellenabstände

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 3 Haltestellenabstände Stadtbahn

Empfehlung für die Stadtbahn

Haltestellenabstände

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

7.4 Reisegeschwindigkeit

Die Reisegeschwindigkeit ist ein sehr wichtiger Faktor, um Fahrgäste vom PKW zu gewinnen. Ältere Stadtbahnsysteme weisen oft aufgrund der straßenbündigen Abschnitte und 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	Mittlerer 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 4 Durchschnittsgeschwindigkeit Stadtbahn

Der Zielwert für die Durchschnittsgeschwindigkeit des Systems wird auf 20 bis 23 km/h festgelegt. Wie viele vorhandene Stadtbahnsysteme zeigen, ist für ein Stadtbahnsystem 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 in der Vorplanung begleitet werden.

Empfehlung für Stadtbahn

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.

7.5 Barrierefreiheit

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 die Stadtbahn

Barrierefreiheit

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

7.6 Nachfrage, notwendige Fahrzeugkapazität und -anzahl, Takt

Die Nachfrage und der Takt auf Hauptachsen als Dimensionierungswert wurde zu Beginn der Trassenstudie aus der Grundlagenstudie übernommen und im Rahmen der Nutzen-Kosten-Untersuchung (Siehe Dokumentation AP F-110 der Trassenstudie) 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 der Trassenstudie, welche im Laufe der Vorplanung für die Standardisierte Bewertung aktualisiert werden:

- Nachfrage auf Hauptachse (Siehe Dokumentation AP F-110 Trassenstudie)
 - Ca. 60.000 Fahrgäste/Werktag bei 10-Minuten-Takt, im gesamten Stadtbahnsystem 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 8.2)
 - Fahrzeugkapazität ca. 300-310 Fahrgäste des 45 m Fahrzeugs (alle Sitzplätze und 4 Personen pro m² Stehplatzfläche)
 - 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

Empfehlung für die Stadtbahn

Takt und notwendige Fahrzeuganzahl

Das Stadtbahnsystem verkehrt im 10-Minuten-Takt auf allen Linien und benötigt 43 Fahrzeuge (Stand Abschluss Trassenstudie, Werte werden nach Abschluss der Vorplanung aktualisiert).

7.7 Endhaltestellen

Endhaltestellen sind idealerweise so zu platzieren, dass grundsätzlich eine Weiterführung in die Region (wenn sich die Stelle mit Übergang zum EBO-Netz anbietet, Thema Regiotram) oder eine Streckenverlängerung als BOStrab-Strecke innerhalb der Stadt oder auch in über Stadtgrenzen hinaus machbar ist (siehe Dokumentation E-111 der Trassenstudie). Stumpfgleise mit Gleiswechseln sind erforderlich für den Zweirichtungsbetrieb, Wendeschleifen werden bei einem Zweirichtungsbetrieb für eine Stadtbahn nicht benötigt.

Empfehlung für die Stadtbahn

Endhaltestellen

Endhaltestellen sind so zu platzieren, dass grundsätzlich eine Weiterführung in die Region machbar ist. Für die Stadtbahn sind Stumpfgleise zu planen.

7.8 Betriebsstabilität

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 der Trassenstudie). Für die Stadtbahn 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 die Stadtbahn

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.

7.9 Erste Inbetriebnahmestufe

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 der Trassenstudie AP F-130 Realisierungsterminplan beschrieben

Empfehlung für die Stadtbahn

Erste Inbetriebnahmestufe

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

7.10 Energieversorgung

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, dass 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, könnten zu einem späteren Zeitpunkt technische Entwicklungen, wie z.B. Wasserstoff als Primärantriebsquelle oder Batterien, immer noch berücksichtigt werden, auch wenn diese aktuell nicht empfohlen werden. Diese Empfehlung wurde auch durch die Fahrzeugindustrie bestätigt, mit der im März 2023 im Rahmen der Vorplanung intensive Workshops durchgeführt 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. Diese Empfehlung wurde auch durch die Fahrzeugindustrie bestätigt, mit der im März 2023 im Rahmen der Vorplanung intensive Workshops durchgeführt werden.

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.

	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 5 Stromversorgung Stadtbahn

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

Empfehlung für die Stadtbahn

Energieversorgung

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

7.11 Signaltechnische Einrichtungen

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

Empfehlung für die Stadtbahn

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 Stadtbahn 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.

7.12 Autonomer Betrieb

Der Betrieb nach BOStrab sieht generell das Fahren auf Sicht vor (§49). In den Fahrzeugtechnikworkshops im März 2023 wurde mit allen Herstellern die Möglichkeit eines autonomen Betriebs (GOA 0 bis 4) diskutiert. Alle Hersteller haben sehr deutlich klargemacht, dass bei dem Zeitplan in Kiel autonomes Fahren auf der Strecke nicht möglich ist. Wenn, dann kann das im Depot mitgedacht werden. Das ist, besonders da dieses komplett neu errichtet wird, machbar und realistisch. Alle Hersteller haben Fahrerassistenzsysteme in Angebot, die als Grundlage für einen späteren teilautonomen Betrieb Voraussetzung sind. Diese sollten Teil des Lastenheftes sein. Die Vorplanung braucht aber entlang des Kernnetzes noch keine Vorkehrungen für einen autonomen Betrieb zu treffen.

8. Planungsparameter Stadtbahn: Infrastruktur

Grundlage für die Planung sind im Wesentlichen die einschlägigen Regelwerke und Leitfäden der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (z.B. ERA 2010¹; RAST 2006²; EAÖ 2013³; EAR 2005⁴) und die TRStrab Trassierung der BOStrab.

8.1 Trassierung

Bei der Trassenplanung muss die TRStrab Trassierung⁵ 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	Kurvenradius	Regelwert: ≥ 30 m Ausnahmewert: 25 m
2	Ausrundung von Neigungswechseln	Regelwert: $R \geq 1000$ m Ausnahmewert: $R \geq 525$ (nicht in Kombination mit horizontaler Ausrundung) Kuppen / Wannen sollten, wenn möglich, in der Geraden liegen.
3	Steigung	Regelwert: 4 % Ausnahmewert: 6 % (Abschnitte mit höherer Steigung bedürfen einer Einzelfallprüfung)
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	Regelwert: 1/400 Ausnahmewert: 1/300
6	Trassierung Haltestellenbereich	Regelwert: Haltestellen müssen in der Geraden liegen Ausnahmewert: Radius mindestens 1000 m horizontal und mindestens 3500 m vertikal 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
8	Gleisabstand	Siehe Kapitel 7.6 Regelquerschnitte

Tabelle 6 Trassierungsparameter Stadtbahn

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 kombinieren⁶.

¹ Empfehlung für die Anlage von Radverkehrsanlagen (ERA2010), 2010

² Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen (RASt06), 2006

³ Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehrs (EAÖ2013), 2013

⁴ Empfehlungen für die Anlagen des ruhenden Verkehrs (EAR05), 2005

⁵ Technische Regeln für Straßenbahnen - Trassierung von Bahnen (TRStrab Trassierung)

⁶ 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 Ausrundungen vermieden werden.

Empfehlung für die Stadtbahn

Trassierung

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

8.2 Spurweite

Die Spurweite beträgt 1.435 mm, das ist der EBO/UIC-Standard in West-Europa und diese Spurweite eignet sich für einen potentiellen Regiotram-Betrieb (siehe Kapitel 9).



	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 7 Spurweite Stadtbahn

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 die Stadtbahn

Spurweite

1.435 mm

8.3 Schienenprofil

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.

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).

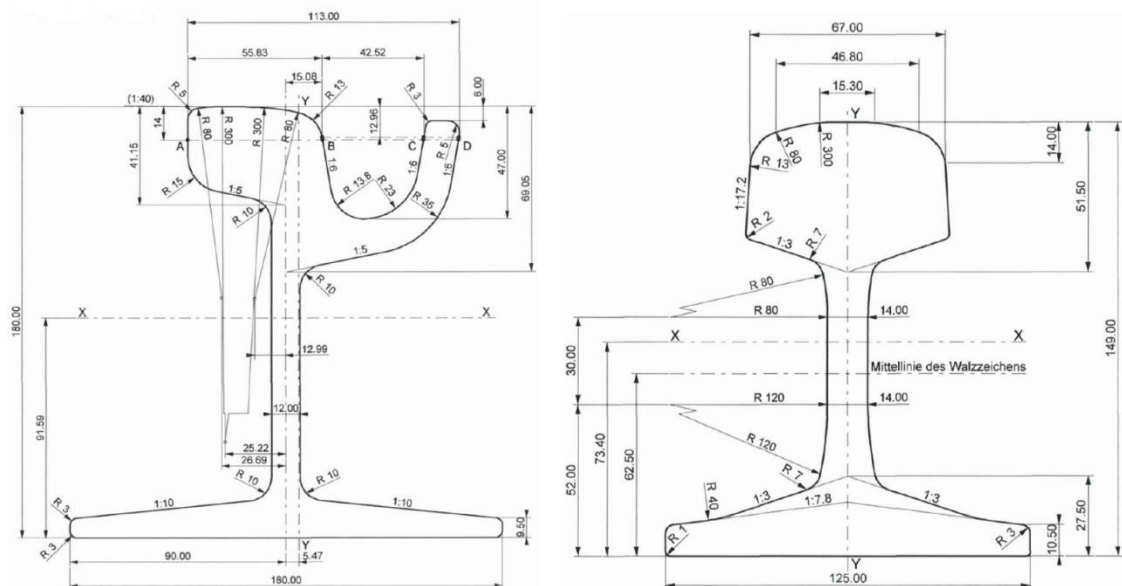


Abbildung 13 Rillenschiene 59R2 und Vignolschiene 49E1 (Maße in mm)

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 die Stadtbahn

Schienenprofil

Rillenschiene 59R2 + Vignolschienen 49E1 oder 54E1

8.4 Barrierefreiheit

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

- Stufenloser Zugang zu den Bahnsteigen
- Die Gestaltung von Haltestelle ist über gesamter Länge der Bahnsteigkante barrierefrei auszuführen.
- 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 die Stadtbahn

Barrierefreiheit

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

8.5 Haltestellen

Zusammen mit dem Projektteam sind sogenannte Musterhaltestellen entwickelt worden, welche die Grundsätze für die zukünftigen Stadtbahnhaltestellen darstellen. Diese sind der Vorplanung zugrunde zu legen, um eine Standardisierung zu erreichen. Sie sind im Anhang 2 enthalten. Alle Haltestellen sind wie folgt auszustatten:

- elektrische Abfahrtsanzeiger,
- Wetterschutz/ Fahrgastunterstand (FGU),
- Infotafeln,
- Beleuchtung,
- Sitzgelegenheiten, Sitzgruppen,
- Papierkörbe,
- ggf. Geländer mit Spritzschutz und
- taktile Leitelemente.

8.5.1 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.

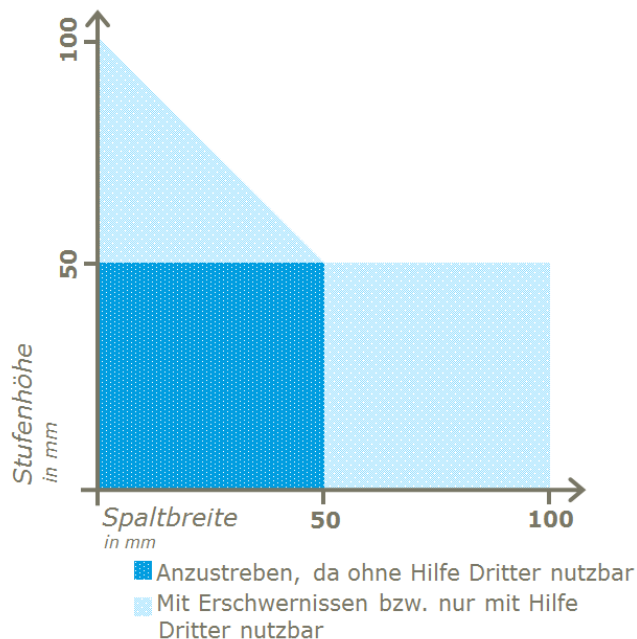


Abbildung 14 Anzustrebende Einstiegssituation – Quelle: VDV 7011, Kapitel 3.1, 11/2000

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.

In Abstimmung mit den Projektzielen erfolgt die Betrachtung ab der Vorplanung bezüglich der Bahnsteighöhe nur noch für eine Stadtbahn. Eine Regiotram (siehe Kapitel 10) wird aktuell nicht berücksichtigt, hier müssten die Bahnsteige in den Linien, auf der eine Regiotram verkehren würde, zu einem späteren Zeitpunkt mit der dementsprechenden Einstiegshöhe von mindestens 350 mm (oder höher, was aber innerstädtisch nicht zu empfehlen ist) verlängert werden.

Eine Bahnsteighöhe für eine Stadtbahn von unter 300 mm hat fahrzeugseitig eine Reihe von Nachteilen zur Folge, ist aber städtebaulich besser zu integrieren. Dieser Punkt wurde auch mit der Fahrzeugindustrie im März 2023 in mehreren Workshops besprochen.

Die Einhaltung der zulässigen Toleranzen wird mit geringerer Einstiegshöhe immer 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 300 mm städtebaulich deutlich schwieriger zu integrieren, insbesondere bei langen Bahnsteigen stellen diese dann deutlichere Barrieren im Raum dar. Hinzu

kommt, dass noch nicht final geklärt ist, an welchen 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 Stadtbahnnetzen 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 Stadtbahn in Kiel als oberster Planungsparameter empfohlen. Sollte aus städtebaulichen Gründen eine niedrigere Bahnsteighöhe gewünscht werden, so sind 250 mm der niedrigste sinnvolle Wert, wobei dann bestimmte Drehgestell-Fahrzeugtypen von ausgewählten Herstellern bereits ausgeschlossen werden, da die Fußbodenhöhe auch mit Rampen nicht so weit abgesenkt werden kann. Demnach kann für die Vorplanung eine Bandbreite von 250 bis 300 mm vorgegeben werden, eine genaue Entscheidung muss im Entwurf und bei Erstellen des Fahrzeuglastenheftes fallen. Die Planung muss dementsprechend eine Bahnsteighöhe von 300 mm erlauben.

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






	220 mm	250 mm	300 mm	350 mm	550 mm (oder mehr)
Fahrzeugtechnik	Sehr Komplex	Komplexer	Standard	Standard	Standard
Wirtschaftlichkeit	Höchste Betriebskosten	Höhere Betriebskosten	Normale Betriebskosten	Normale Betriebskosten	Geringste Betriebskosten
Bahnsteig / Städtebau	Sehr gut	Gut	Gut bis Mittel	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 Bandbreite 250 bis 300 mm			✓ Nur bei Regiotram		

Tabelle 8 Bahnsteighöhe Stadtbahn

Empfehlung für Stadtbahn Kiel

Bahnsteighöhe

Es wird für die Bahnsteighöhe eine Bandbreite von 250 bis 300 mm empfohlen. Die Planung muss 300 mm erlauben.

8.5.2 Haltestellenlänge

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

Die definierte Fahrzeuglänge liegt zwischen 45 m und 54 m, daraus ergibt sich eine Haltestellenlänge 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 Haltestellenlänge (die im Notfall etwas Optimierungspotential bieten, die in der Planung genutzt werden kann):

- 60 m Bahnsteiglänge plus Rampen
- 80 m gerade Strecke

Fahrten im Zugverband als Doppeltraktion sind bis maximal 75 m Zuglänge nach BOStrab (Teilnahme am Straßenverkehr) möglich, eine solch hohe Kapazität wird in Kiel nicht benötigt. Dementsprechend sind auch Bahnsteiglängen von 60 m ausreichend.

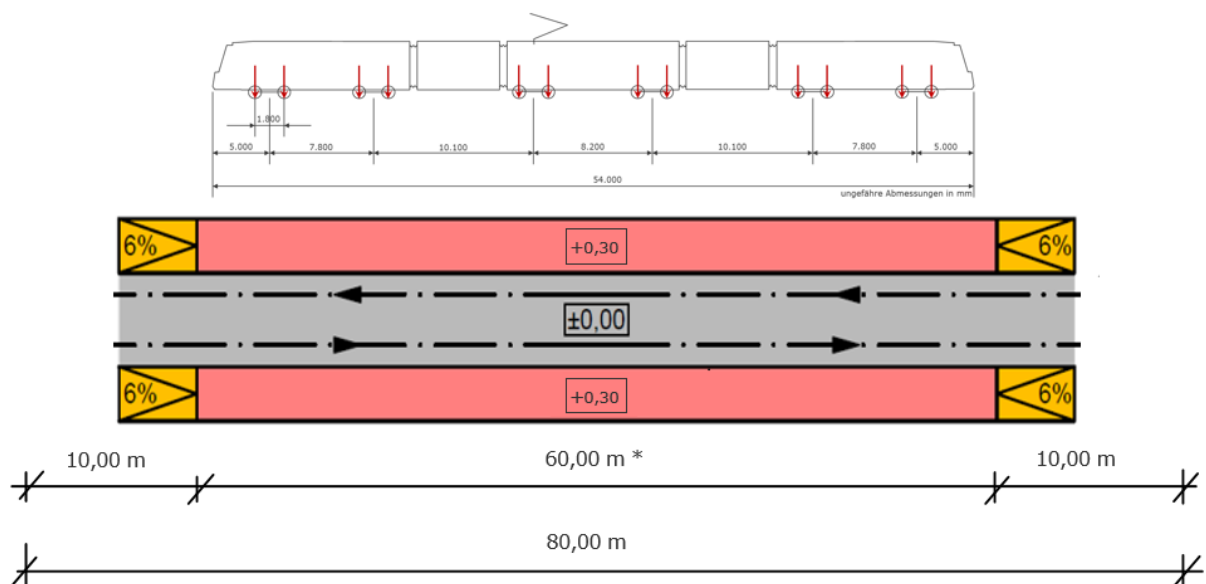


Abbildung 15 Bahnsteiglänge Stadtbahn

Empfehlung für die Stadtbahn

Haltestellenlänge

Es wird eine Haltestellenlänge von 60 m Bahnsteiglänge plus Rampen für den Stadtbahnbetrieb festgelegt. Vor und nach einer Haltestelle schließen sich 10 m gerades Gleis an.

8.5.3 Lage Bahnsteige und Breite

Grundsätzlich kommen für einen Zweirichtungsstadtbahnbetrieb Haltestellen in Mittellage oder Außenlage in Betracht. Für diese Anwendungsfälle werden Planungsparameter vorgegeben, um die Planung in der Vorplanung zu standardisieren.

8.5.3.1 Mittellage

Für die Mindestbreite des Bahnsteigs in Mittellage geben die Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehrs (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 7.6 Regelquerschnitte enthalten.

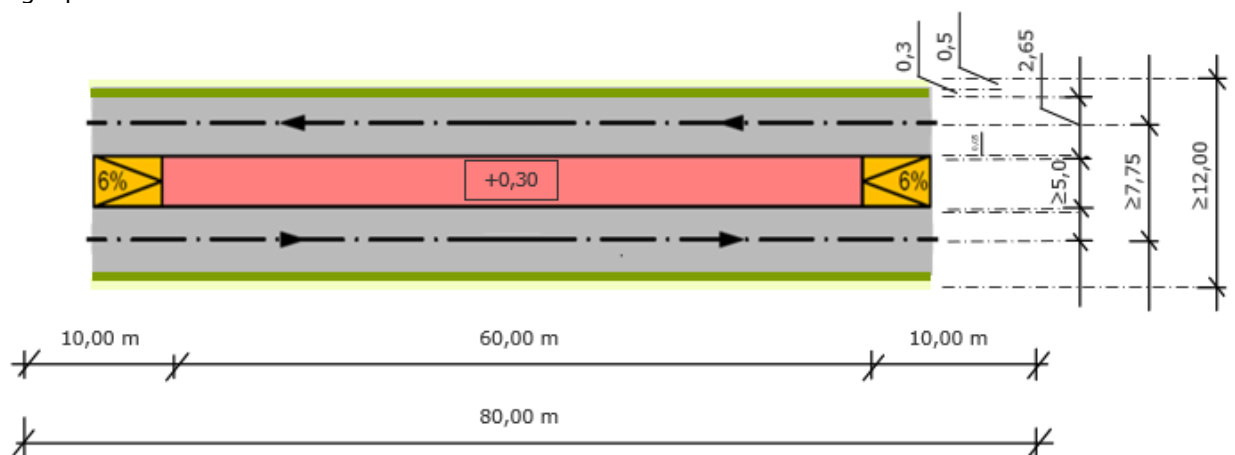


Abbildung 16 Mittelbahnsteig Stadtbahn

8.5.3.2 Seitenlage

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, RAS (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 Manövrierfläche 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.

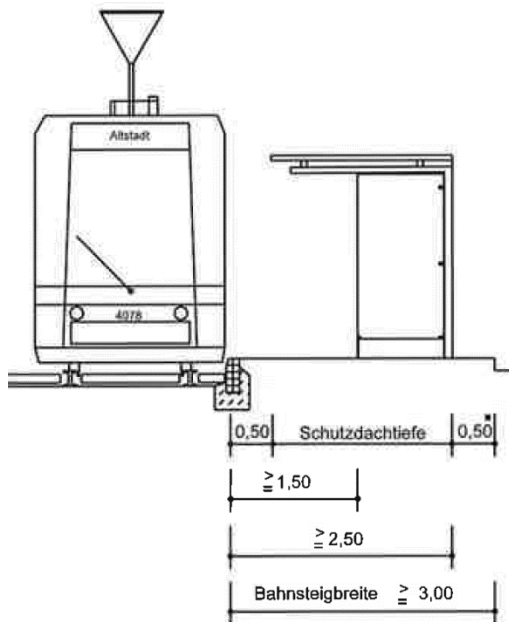


Abbildung 17 EAÖ-Dimensionen Seitenbahnsteig (EAÖ-Ausgabe 2013)

Für Bahnsteige in Seitenlage ergeben sich folgende Abmessungen (Basis Lichtraum Fahrzeuge Stadtbahn, siehe Kapitel 8.7, seitlicher Abstand zum Bahnsteig 5 cm):

- Stadtbahn gesamte Breite Haltestelle und Fahrbahn 12,00 m

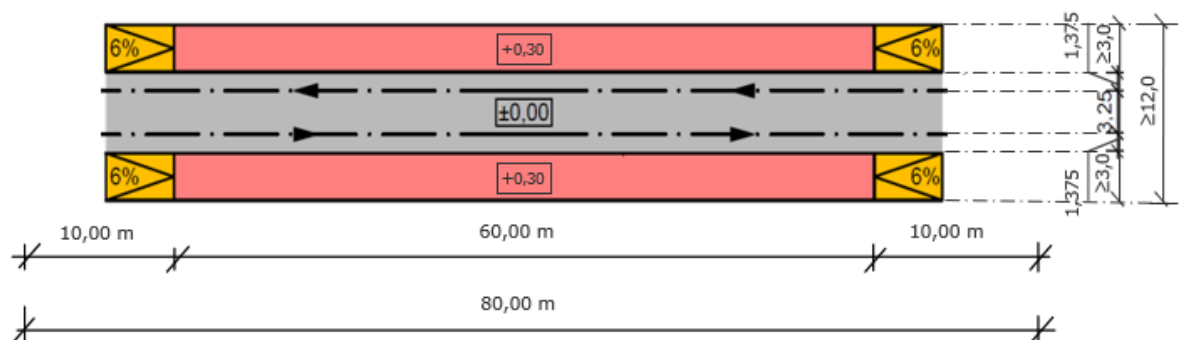


Abbildung 18 Seitenbahnsteig Stadtbahn

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 Stadtbahn siehe Kapitel 8.7, seitlicher Abstand zum Bahnsteig 5 cm):

- Stadtbahn gesamte Breite Haltestelle und Fahrbahn 9,75 m*

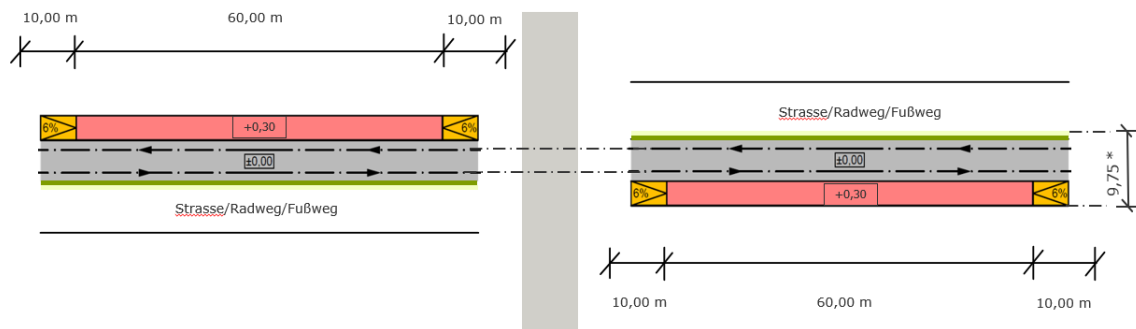


Abbildung 19 Getrennte Seitenbahnsteige Stadtbahn

* 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 Stadtbahn, siehe Kapitel 8.7, seitlicher Abstand zum Bahnsteig 5cm):

- Stadtbahn gesamte Breite Haltestelle und Fahrbahn 6,50 m

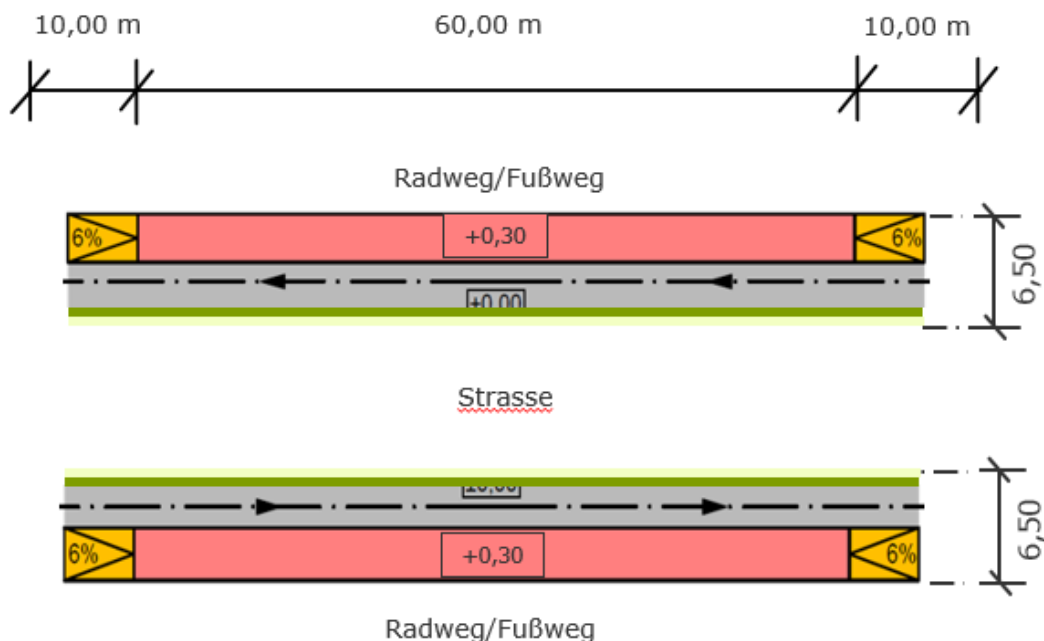


Abbildung 20 Seitenbahnsteig Stadtbahn, Straße in Mittellage

8.5.3.3 Sonderformen

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:

- In Bereichen mit sehr beengten Platzverhältnissen
- Bereiche hoher Nachfrage mit mehreren Linien
- Längere Bahnsteige von 120 m für zwei lange Stadtbahnfahrzeuge 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 Stadtbahnhaltestellen in zentralen Bereichen mit hoher Nachfrage und Taktdichte
- Kombinierte Bus/Bahn-Haltestellen in Bereichen, wo sonst für den Bus kein Raum mehr besteht. Diese Haltestellen sollten eine Länge von mindestens 80 m aufweisen, Fahrgäste und müssen barrierefrei ohne Stufen von einem Einstiegsbereich zum anderen gelangen können. Generell sind diese auch immer so zu gestalten, dass der Bus niemals den Stadtbahn-Betrieb blockieren kann, d.h.:
 - Stadtbahn innen und Bus außen ist möglich, wenn der Stadtbahnbetrieb unbehindert an der Haltestelle ein und ausfahren kann
 - Bus innen und Stadtbahn außen ist auch möglich, aber die Fahrwege des Busses dürfen vor und nach der Haltestelle den Stadtbahnfahrweg 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)

8.6 Regelquerschnitte

Zusammen mit dem Projektteam sind sogenannte Modulblöcke entwickelt worden, welche die Grundsätze für die Abstände der Stadtbahn zu anderen Verkehrsträgern oder Elementen im Straßenraum darstellen. Diese sind der Vorplanung zugrunde zu legen, um eine Standardisierung zu erreichen. Sie sind im Anhang 1 enthalten.

Alle Haltestellen sind wie folgt auszustatten:

8.7 Querschnittsgestaltung

Die Regelquerschnitte beziehen sich nur auf den Bereich der Fahrbahn Stadtbahn, 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 vorgeschlagenen Regelquerschnitte beruhen auf:

- Betriebsordnung Straßenbahn, BOStrab
- Empfehlungen für Anlagen des Öffentlichen Personennahverkehrs, EAÖ-Ausgabe 2013
- Richtlinien für Anlagen von Stadtstraßen, RAS 2006
- Dem Lichttraumbedarf der Fahrzeuge mit Zuschlägen (siehe Kapitel 8.7)
- Erfahrungswerten aus anderen Stadtbahnprojekten
- Den Fahrzeugbreiten aus Kapitel 8.3
- Dem Fahrzeuglichtraum aus Kapitel 8.7

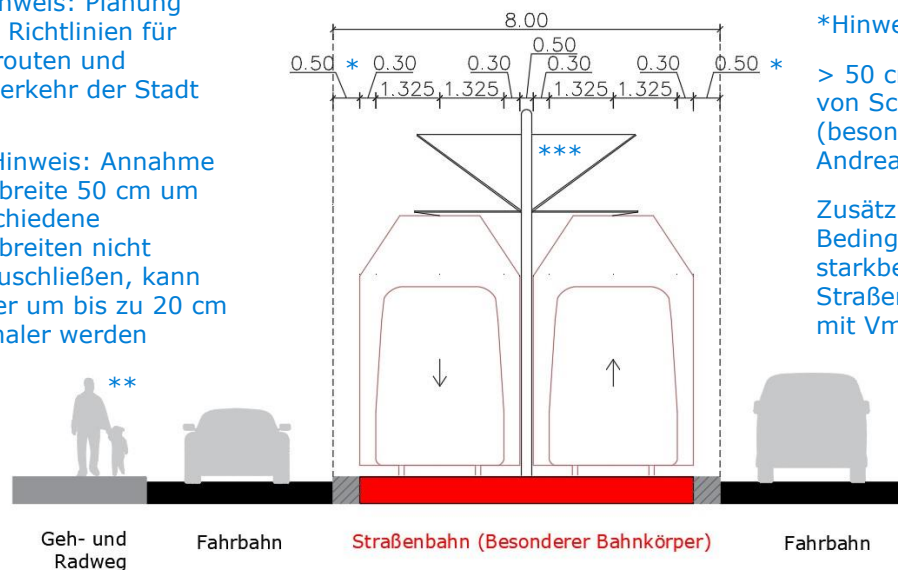
Die Ausgestaltung der einzelnen Querschnittselemente (Modulblöcke) sind als Planungsgrundlage in Anhang 1 dargestellt.

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 der Trassenstudie enthalten. Im Laufe der Vorplanung werden dann lokale Lösungen für die Oberleitung entlang dem gesamten Kernnetz entwickelt.

8.7.1 Stadtbahn-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 $V_{\max} > 50 \text{ km/h}$

Abbildung 21 Stadtbahn-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 Stadtbahntrasse 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 Stadtbahntrasse liegt)
- Summe = $2,125 \text{ m}$

In Bereichen mit niedrigeren Fahrgeschwindigkeiten als 50 km/h kann der Querschnitt schrittweise auch um bis zu $0,50 \text{ m}$ 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 schmalerer Mastformen möglich, was aber zu einem späteren Zeitpunkt entschieden werden kann.

Auch der BOStrab-Sicherheitsraum in Höhe von $0,70 \text{ m}$ (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).

8.7.2 Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ2: Besonderer Bahnkörper mit außenliegendem Mast

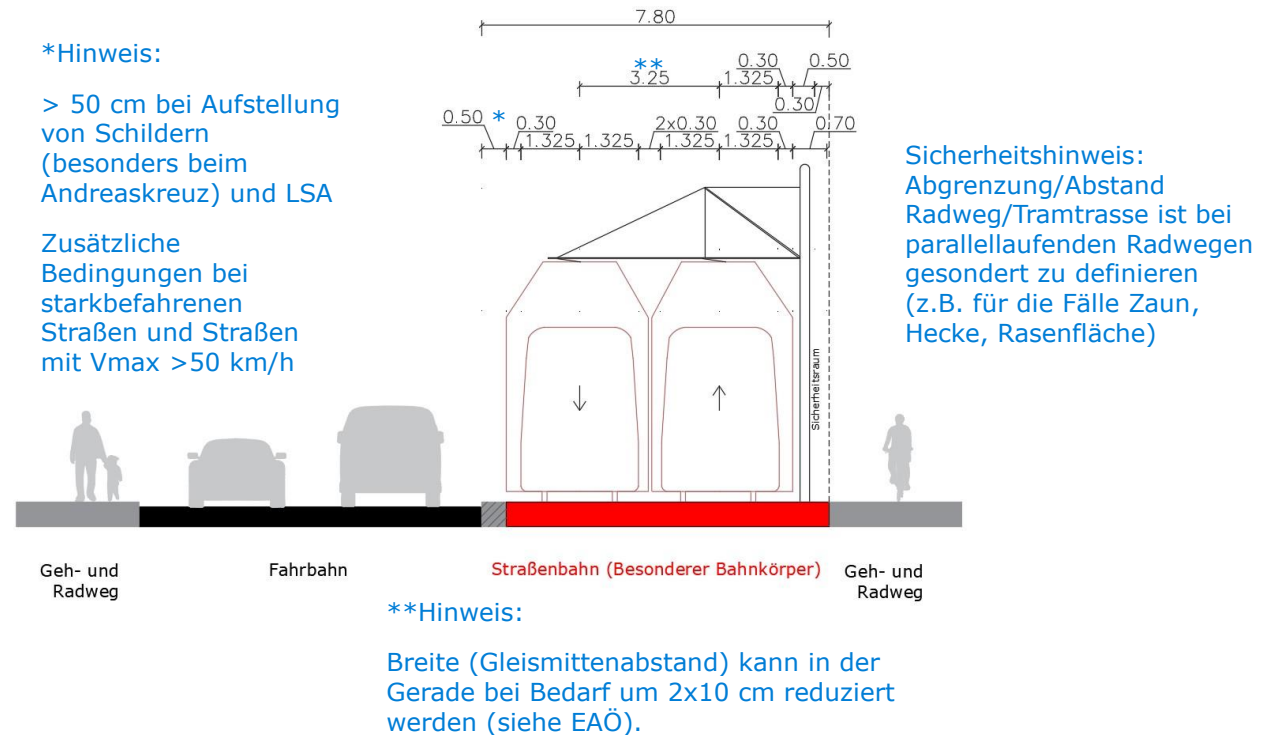


Abbildung 22 Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ2: Besonderer Bahnkörper mit außenliegendem Mast

Grundsätzliche Erläuterungen siehe Stadtbahn 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 schmalere Mastformen möglich, was aber zu einem späteren Zeitpunkt entschieden werden kann.

8.7.3 Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ3: Besonderer Bahnkörper mit Zäunen bei höheren Geschwindigkeiten

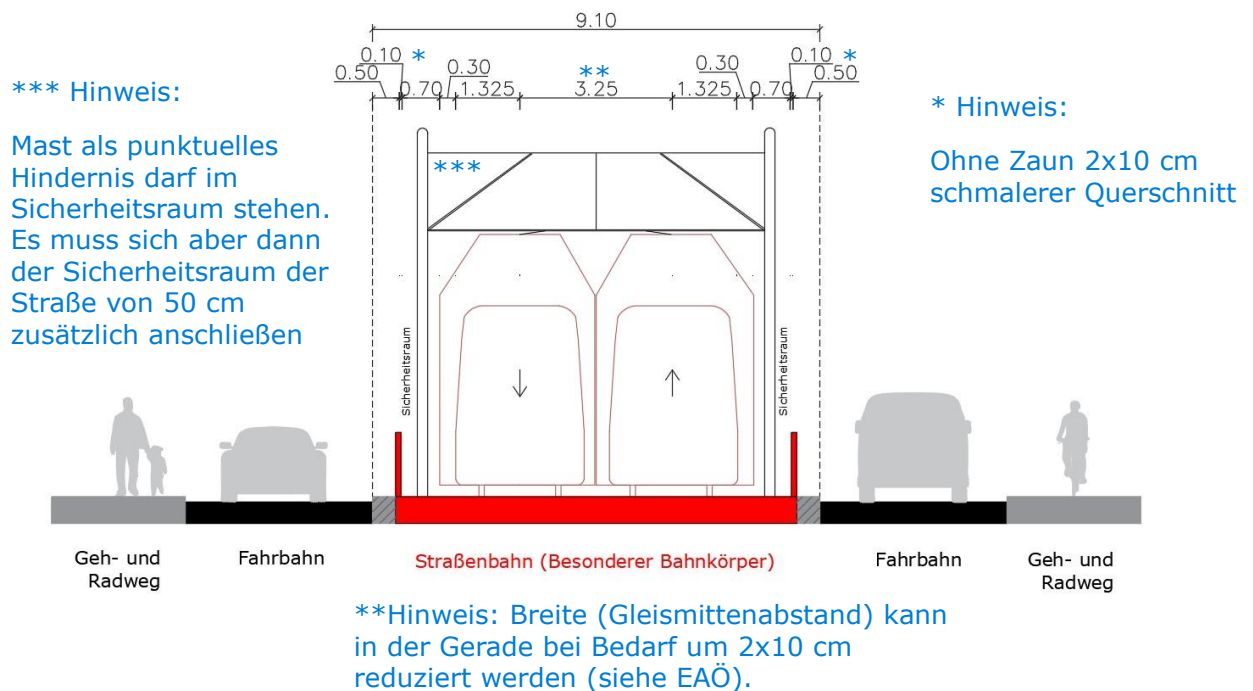


Abbildung 23 Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ3: Besonderer Bahnkörper mit Zäunen bei höheren Geschwindigkeiten

Grundsätzliche Erläuterungen siehe Stadtbahn 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 Fahrgeschwindigkeiten von ≤ 30 km/h auf 0,30 m reduziert werden (Vgl. EAÖ, S. 29).

8.7.4 Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ4: Besonderer Bahnkörper mit Querüberspannung

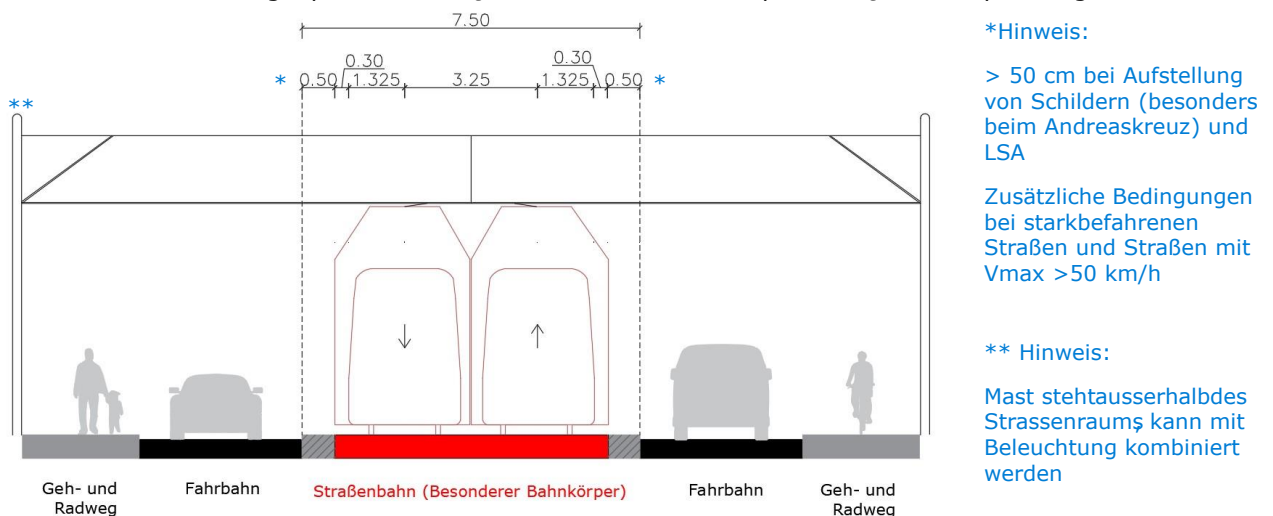


Abbildung 24 Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ4: Besonderer Bahnkörper

Grundsätzliche Erläuterungen siehe Stadtbahn 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.

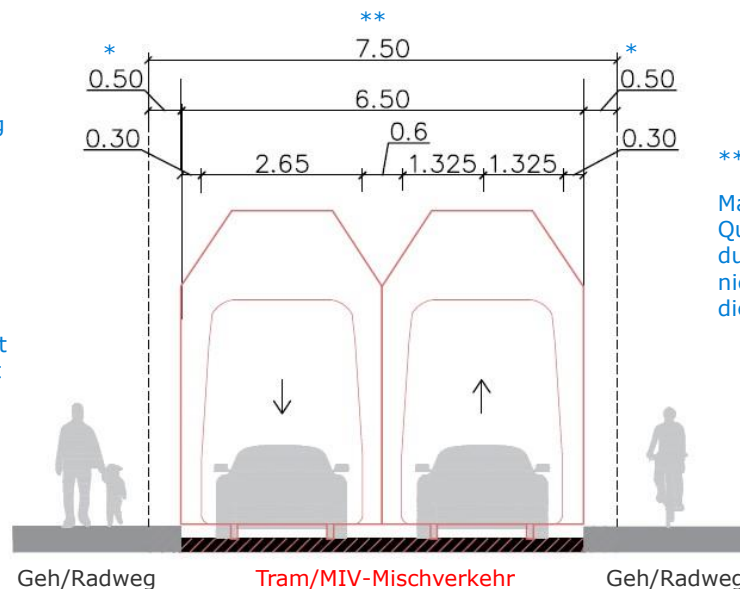
8.7.5 Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ5: Straßenbündiger Bahnkörper

* 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 25 Stadtbahn-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 Stadtbahn 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).

8.7.6 Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ6: Besonderer Bahnkörper auf Brückenbauwerk

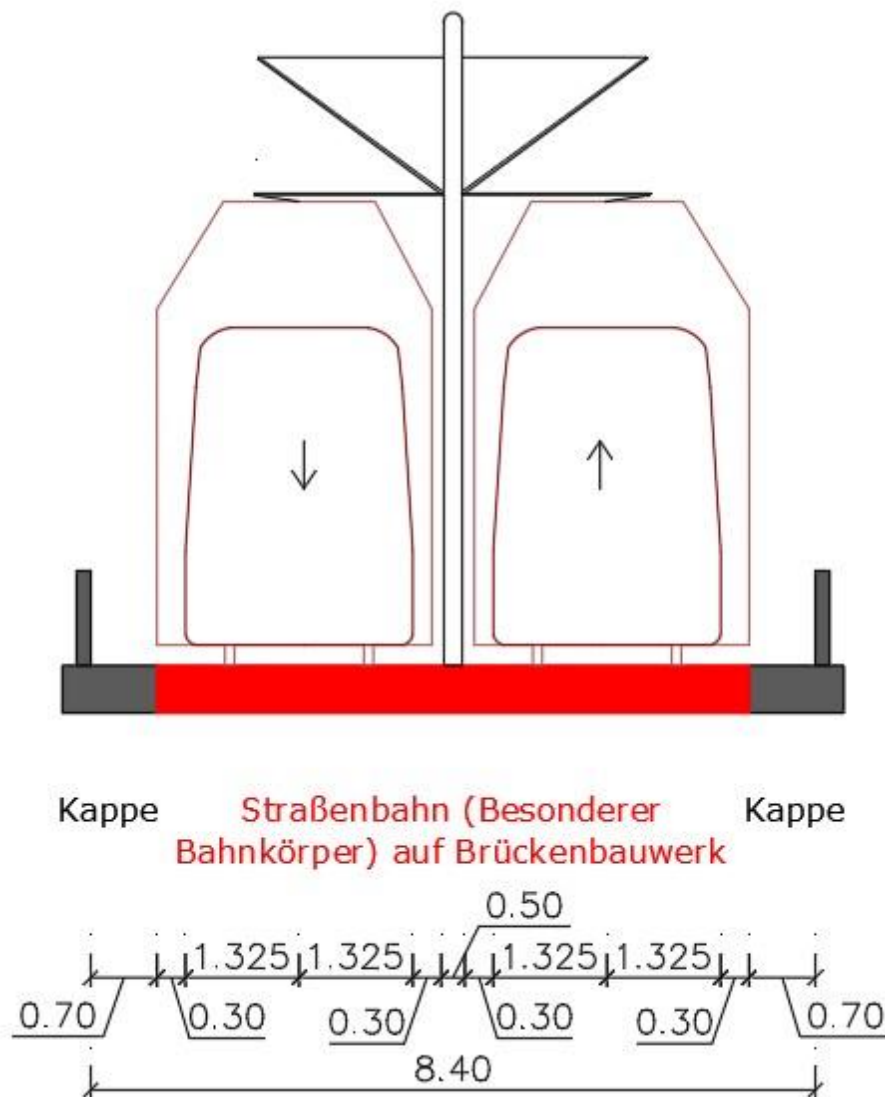


Abbildung 26 Stadtbahn-Regelquerschnitt RQ6: Besonderer Bahnkörper auf Brückenbauwerken

Grundsätzliche Erläuterungen siehe Stadtbahn 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 den anderen Beispielen.

8.8 Oberbauformen

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 27 Oberbauformen Stadtbahn (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 9 Oberbauformen Stadtbahn

Empfehlung für die Stadtbahn

Oberbauform

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

8.9 Leitungsverlegung

Zusammen mit dem Projektteam sind die grundsätzlichen Planungsparameter der Entwässerung entwickelt worden, welche als Grundsätze vom TBA bereits vorab bei Maßnahmen entlang der Stadtbahntrassen berücksichtigt werden können. Diese sind auch der Vorplanung zugrunde zu legen, um eine Standardisierung zu erreichen. Sie sind im Anhang 3 enthalten.

Alle Haltestellen sind wie folgt auszustatten:

Für ein hochwertiges Stadtbahnsystem ist die Leitungsumlegung grundsätzlich zu empfehlen. Bei Stadtbahnneubauprojekten ist es deutschlandweit Standard, alle Leitungen zu verlegen.

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 im Notfall (Rohrbruch etc.) sonst nur schwer zugänglich

Ausnahmen z.B. bei großen Schachtbauwerken, deren Instandhaltung auch von außerhalb der Trasse möglich ist, sind im Einzelfall denkbar.

Empfehlung für die Stadtbahn

Leitungsverlegung

Vollständige Verlegung aller Leitungen unter der Stadtbahntrasse.

Im Bericht VP 6 a und b zu den Arbeitspaketen I-110.4 RW+SW und im Bericht VP 7 I-140 Medien sind detailliertere Angaben zur Leitungsverlegung zu finden.

8.10 Bauwerke

Die vorhandenen Bauwerke entlang der Strecken wurden in der Trassenstudie auf Ihre Tragfähigkeit nach dem Lastenzug und den Achsfahrmassen des Bemessungsfahrzeugs überprüft (siehe Kapitel 9.9), neue Bauwerke (z.B. Brücke über Schwentine) sind dahingehend möglichst wirtschaftlich zu dimensionieren. Bauwerke werden vertieft erst in dem Entwurf nach Abschluss der Vorplanung bearbeitet, deswegen werden zu diesem Zeitpunkt keine weiteren Planungsparameter festgelegt, die über die Angaben in Kapitel 9.9 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.

8.11 Abstände zu anderen Verkehrsträgern

Um ein einheitliches Vorgehen der Planerstellung im Rahmen der Vorplanung zu gewährleisten, wurden sogenannte Modulblöcke entwickelt und mit OB.M sowie dem Projektteam intensiv abgestimmt. Diese zeigen standardisierte Lösungen für die Straßenraumaufteilung zusammen mit anderen Verkehrsträgern auf, die im Kernnetz immer wieder in ähnlicher Form vorkommen. Sofern möglich sollen die dort vereinbarten Abstände in der Planung eingehalten werden, um den Abstimmungsaufwand zu minimieren. Begründete Abweichungen von diesen Modulblöcken sind aber immer möglich, bedürfen dann der Diskussion. Die Modulblöcke sind im Anhang 1 enthalten

9. Planungsparameter Stadtbahn: Fahrzeuge

Durch diese Planungsparameter werden, insbesondere im Fall Stadtbahn, keine relevanten Standardfahrzeuge bzw. Herstellerfirmen, die aktuell am Markt angeboten werden, ausgeschlossen. Es sind jedoch auch nicht alle verfügbaren Plattformen zum Einsatz im geplanten Netz geeignet. In der Trassenstudie wurden noch alle Fahrzeuge berücksichtigt. Im Rahmen der Vorplanung sind im März 2023 intensive Fahrzeugtechnikworkshops mit allen größeren Fahrzeugherstellern, welche sich auf eine europaweit veröffentlichen Bekanntmachung gemeldet hatten, durchgeführt worden. Die Ergebnisse dieser Workshops sind hier mit eingeflossen, u.a. wurde ein Fahrzeugtyp nun ausgeschlossen (siehe Kapitel 8.1).

Wichtig für einen späteren attraktiven Fahrzeugpreis (und damit auch die Gesamtwirtschaftlichkeit des Projektes) ist aber 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.

9.1 Fahrzeugtyp

Generell kann im Stadtbahnbereich zwischen Fahrzeugen mit Drehgestellen und Fahrzeugen mit Fahrwerken unterschieden werden.

- Drehgestelle brauchen generell etwas mehr Platz unter dem Fahrzeug, was die Innenraumgestaltung, die Türpositionen und die Niederflrigkeit 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% Niederflrigkeit. Fast alle französischen Stadtbahnssysteme, 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 Fahrzeuglängen definiert, und allen infrastrukturellen Parametern gesehen werden. So kommt es zu einer Bandbreite an Lösungen, welche in der folgenden Abbildung im Überblick dargestellt werden:

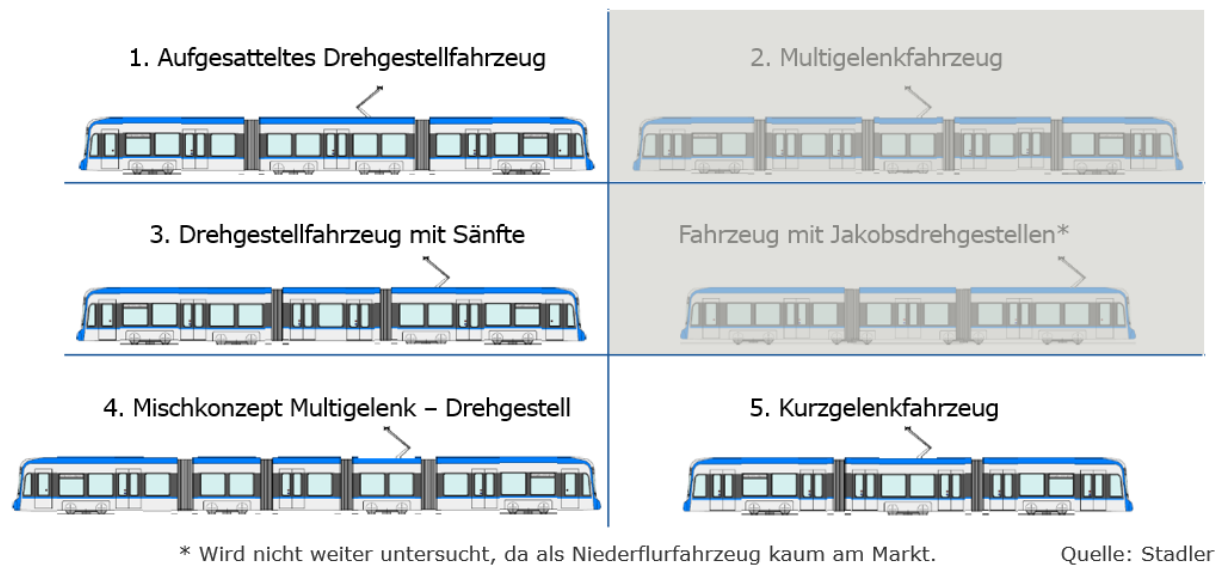


Abbildung 28 Fahrzeugtypen Stadtbahn, die grundsätzlich für die Stadtbahn Kiel in Frage kommen

Im Rahmen der Fahrzeugtechnikworkshops wurde deutlich, dass der Typ 2 Multigelenker bei einer Breite von 2,65 m (siehe Kapitel 9.3) bei der notwendigen Kapazität und Länge (siehe Kapitel 9.2) und der Erfordernis Abschnitte ohne Oberleitung bzw. stromlos zu durchfahren, bezüglich der Achslast die maximale Grenze von 12,0 t klar überschreitet. Das ist sehr ungünstig für die Bestands- und neuen Bauwerke und führt generell zu mehr Verschleiß und Betriebskosten. Deswegen wurde dieser Fahrzeugtyp ausgeschlossen.

Alle anderen Fahrzeugtypen 1, 3, 4 und 5 kommen weiter in Frage, sie weisen unterschiedliche Vor- und Nachteile auf.

Ein reines Drehgestell-Fahrzeug wurde in den Fahrzeugtechnikworkshops im März 2023 durch fast alle Hersteller positiv bewertet, da hier der Fahrkomfort hoch und Verschleiß gering ist. Aber die Anzahl der Türen ist geringer als bei anderen Typen, was kritisch für den Fahrgastwechsel ist. Eine Mischform aus Drehgestellen an den Fahrzeugenden und Fahrwerken (Typ Multi-Gelenker) in der Mitte war in den Diskussionen oft ein guter Kompromiss, diesen Typ haben auch alle Hersteller im Angebot. Ein Fahrzeug mit Jakobs-Drehgestellen wird von allen Herstellern nicht empfohlen. Das Kurzgelenkfahrzeug ist ein Sonderfall, ist für Kiel aber auch geeignet, da es die höchste Anzahl an Türen bei gleichzeitig geringsten Achslasten realisieren kann. Schlussfolgerung: Ein reiner Multi-Gelenker und ein Fahrzeug mit Jakobs-Drehgestellen kann ausgeschlossen werden, alle anderen Typen sollte die Planung weiter zulassen.

Die Planungsparameter werden für diese Fahrzeuge offengehalten. Die meisten Hersteller haben nicht alle Fahrzeugtypen im Portfolio. Schon um den Wettbewerb aufrecht zu erhalten, sollte aktuell noch keine Festlegung getroffen werden. Diese muss, sofern notwendig, während der Bearbeitung der Entwurfsplanung und der Erstellung des Lastheftes bis spätestens zur Veröffentlichung desselben getroffen werden, welches nach aktuellem Zeitplan nicht vor Ende 2026 stattfindet.

Empfehlung für die Stadtbahn

Fahrzeugtyp

Die Planung erfolgt offen für folgende am Markt verfügbaren Fahrzeugtypen: Reines Drehgestellfahrzeug, Drehgestellfahrzeug mit Sänfte, Mischkonzept Drehgestellfahrzeug und Multigelenker, Kurzgelenkfahrzeug. Ein reiner Multigelenker wird nicht weiterverfolgt.

9.2 Fahrzeugkapazität und -länge

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 Stadtbahnfahrzeug von 37 m Länge (Kapazität 250 Personen bei 4 P/m² Stehplatzfläche)
- Doppeltraktion von 2 Stadtbahnfahrzeugen mit 30 m Länge (Kapazität 400 Personen bei 4 P/m² Stehplatzfläche)
- Einfachtraktion: ein Stadtbahnfahrzeug von bis zu ca. 54 m Länge (Kapazität 375 Personen bei 4 P/m² Stehplatzfläche)

Es stellt sich für die Stadtbahn 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 teuer	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 10 Vergleich Einfach- und Doppeltraktion Stadtbahn

Es wird für Stadtbahn 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 Stadtbahnfahrzeuge 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 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 Stadtbahnfahrzeuge 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 29 Beispiel Alstom Niederflurfahrzeug KVB Köln 60 m durchgehende Länge (Vergabe 11/2020) Quelle: KVB

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

Für einen schnellen Fahrgastwechsel ist eine möglichst hohe Anzahl an Türen wichtig, wobei noch keine genauen Festlegungen getroffen werden. Das hängt auch von der prognostizierten Nachfrage ab. Als Richtwert sind mindestens 6 Doppeltüren je Fahrzeugseite für das 45 m Fahrzeug und 8 Doppeltüren je Fahrzeugseite für das 54 m Fahrzeug sinnvoll. Ggf. kann eine Doppeltür auch durch 2 Einzeltüren ersetzt werden.

Generell gilt, dass rund 25-30 % der gesamten Kapazität Sitzplätze sein sollten.

Empfehlung für Stadtbahn Kiel

Fahrzeugkapazität und -länge

Das System Stadtbahn Kiel sollte auf Fahrzeuge der maximalen Länge von ca. 54 m mit einer Kapazität von bis zu 375 Fahrgästen ausgelegt werden. Es können, in Abhängigkeit von der Nachfrage, auch kürzere Fahrzeuge zum Einsatz kommen, die aber modular auf die maximale Länge erweiterbar sein müssen. Das kann ein Fahrzeug der Länge ca. 45 m mit einer Kapazität von ca. 300 bis 310 Fahrgästen sein.

Eine genaue Fahrzeuglänge muss aktuell noch nicht festgelegt werden, die Angaben 54 oder 45 m sind eher als Bandbreite zu verstehen (43-47 m und 53-57 m), da der Fahrzeugtyp und damit auch die Türkonfiguration noch nicht feststeht. Um diese Flexibilität offen zu halten, werden die Haltestellen alle auf eine Länge von 60 m ausgelegt.

9.3 Fahrzeugbreite

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 RegioTrambetrieb 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 Stadtbahn	

Tabelle 11 Fahrzeugbreite Stadtbahn

Empfehlung für die Stadtbahn

Fahrzeugbreite

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

9.4 Barrierefreiheit

9.4.1 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.

Gemäß Kapitel 7.5.1 wird eine Bahnsteighöhe mit einer Bandbreite von 250 bis 300 mm empfohlen, das führt zu einer Einstiegshöhe am Fahrzeug von 300 bis 350 mm.

9.4.2 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 Niederflrigkeit der Fahrzeuge sollte mindestens zwischen der ersten und letzten Fahrgasttür gegeben sein, muss aber nicht 100 % betragen.

9.4.3 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.

9.4.4 Rampen im Fahrzeug

Bei fast 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 Stadtbahn 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 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 30 Längsrampen im Fahrzeug über den Fahrwerken

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

9.4.6 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.

Empfehlung für Stadtbahn

Barrierefreiheit

Stadtbahn-Systeme müssen 100 % barrierefrei errichtet werden.

Die Einstiegshöhe mit 300 bis 350 mm liegt ca. 50 mm über der Bahnsteighöhe. Querrampen im Fahrzeug weisen eine maximale Neigung von 6 % auf, Längsrampen können bei Stadtbahn bis zu 10 % aufweisen.

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

Stufen im Fahrzeug sind bei der Stadtbahn an Fahrzeugenden oder über Drehgestellen zulässig, wenn der Niederfluranteil mindestens 70 % beträgt.

Bewegliche Spaltüberbrückungen zwischen Fahrzeug und Bahnsteig sind nicht zulässig.

9.5 Zweirichtungsfahrzeug

Stadtbahnfahrzeuge 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.

Die folgende Tabelle vergleicht die beiden Optionen für die Stadtbahn.

	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 Stadtbahn

Tabelle 12 Ein- und Zweirichtungsbetrieb Stadtbahn

Empfehlung für Stadtbahn Kiel

Ein- oder Zweirichtungsfahrzeug

Es wird ein Zweirichtungsfahrzeug empfohlen.

9.6 Fahrdynamik und Antriebsadhäsion

9.6.1 Fahrdynamik

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

- **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 $\geq 1,2 \text{ m/s}^2$
- Gefahrbremsung (mittlere Verzögerung): Gefahrbremsung 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

9.6.2 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 Stadtbahnnetz nicht vor. Der Streckenabschnitt in der Bergstraße ist mit ca. 5,8 % der steilste und stellt mit seiner Länge von 200 m doch zusätzlichen Anforderungen an die Standardfahrzeuge. So ist eine Antriebsadhäsion von mindestens 67% anzustreben.

Empfehlung für Stadtbahn Kiel

Fahrdynamik und Antriebsadhäsion

Für die Fahrzeuge für die Stadtbahn Kiel wird eine Fahrdynamik nach VDV 150 und eine Antriebsadhäsion von mindestens 67 % auf Grund der zu befahrenden Steigungen im vorgesehen Kernnetz empfohlen.

9.7 Lichtraum

9.7.1 Theoretische Herleitung des notwendigen Lichtraumbedarfs

In diesem Kapitel werden die zugrunde gelegten Annahmen für den notwendigen Lichtraumbedarf 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.

9.7.2 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 Bauleranzen, Spiele und Verschleiß

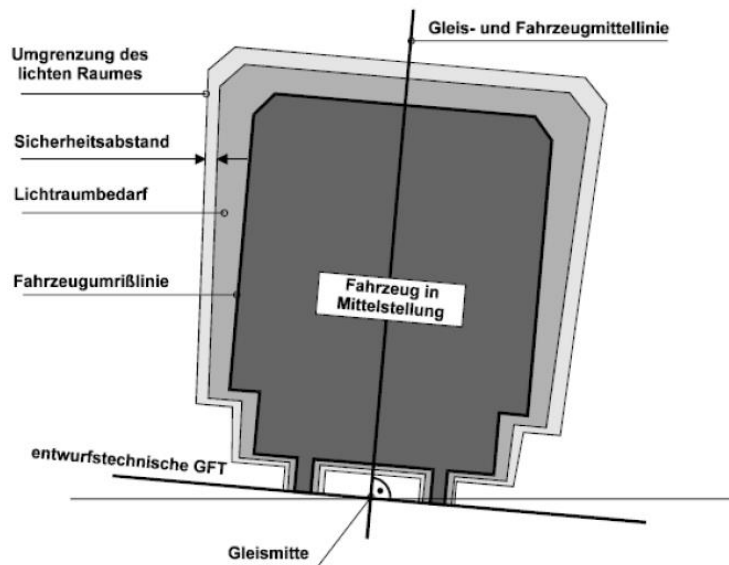


Abbildung 31 Lichtraumtechnische Begriffe (schematische Darstellung, Quelle: TR Strab, BOStrab)

9.7.3 Umgrenzung des Lichten Raums (dynamische Hüllkurve)

Zur Herleitung des Lichtraumbedarfs wird die statische Hüllkurve zugrunde gelegt. Sie beinhaltet sowohl die Fahrzeugbreite als auch die notwendigen Warenausschläge 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-Zuschlägen 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 in der Vorplanung und 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.

9.7.4 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.

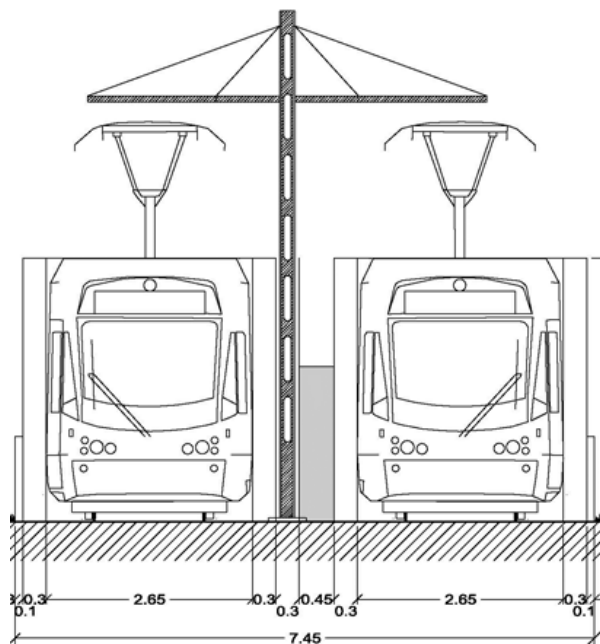


Abbildung 32 Beispiel Oberleitungsmasten im geteilten mittigen Sicherheitsraum nach BOSTrab

9.7.5 Hüllkurve Stadtbahn

Für die weiterführende Planung empfiehlt sich außerdem eine überschlägige Ermittlung der Wagenauslässe bei Bogenfahrt, die in dieser Phase des Projektes Stadtbahn 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. Es wurde festgelegt, dass der Lichtraum für das gesamte Kernnetz grundsätzlich eine RegioTram berücksichtigt, da diese sonst zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr einführbar wäre.

In den Fahrzeugtechnikworkshops im März 2023 wurde die in der Trassenstudie genutzte Hüllkurve (die RegioTram berücksichtigt) allen Herstellern zur Prüfung übergeben. Es wurde bestätigt, dass alle unter 8.1 berücksichtigten Fahrzeugtypen in diese Hüllkurve passen und diese kein Markthindernis darstellt.

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 13 Hüllkurve Stadtbahn

Empfehlung für Stadtbahn Kiel

Lichtraum

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

9.8 Radprofil Stadtbahn

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 vorgeschrieben und somit einzuhalten.

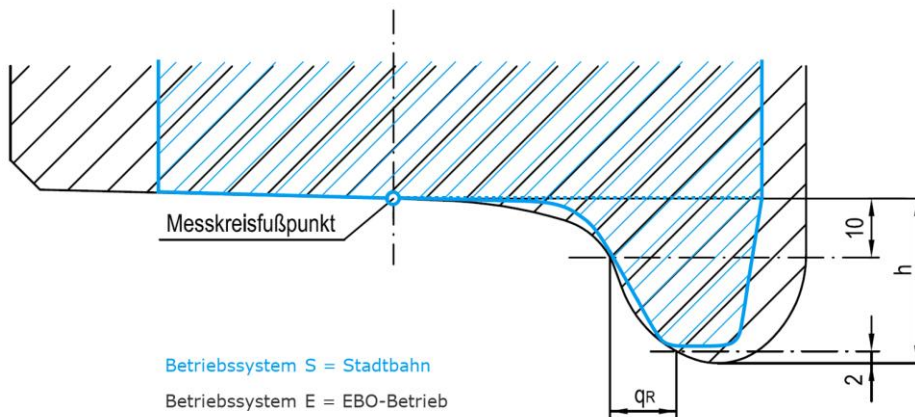


Abbildung 33 übereinander gelegte Radprofile des Betriebssystems S und E (BOStrab TR Sp)

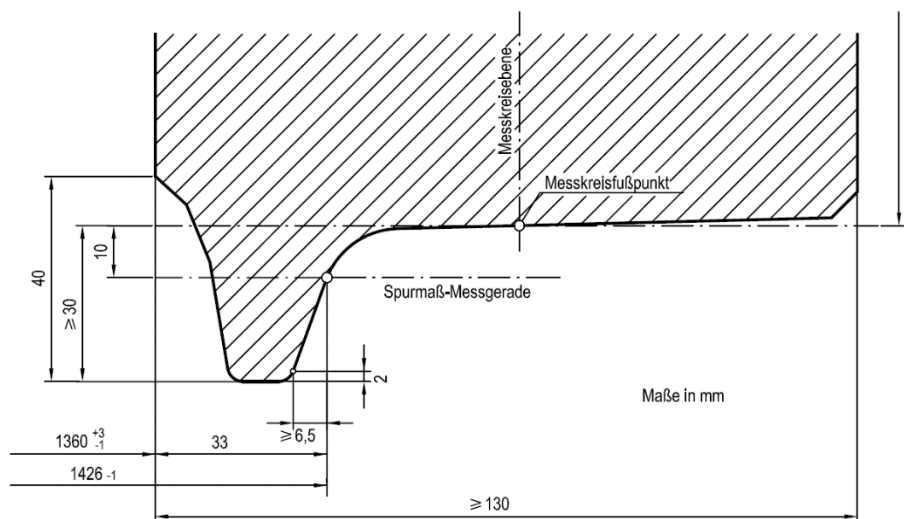


Abbildung 34 Beispiel für Betriebssystem M aus TR Sp BOStrab (auch für EBO-Strecken geeignet)

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 des BOStrab-Bereichs entsprechend so zu konstruieren, dass auch ein EBO-Radprofil darauf verkehren kann, wird hiervon Abstand genommen, wenngleich für die Stadtbahn Kiel eine Regiotramerweiterung noch offengehalten wird. Der ausschlaggebende Punkt ist hierbei, dass für die Stadtbahn Kiel die Trassierung auch zu einem Teil straßenbündig verläuft, was zur Verwendung von Rillenschienen führt, deren Rillenweite und -tiefe bei der Verwendung eines Radprofils des Betriebssystems E zu Problemen mit Radfahrern im Stadtgebiet führt. 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 14 Radreifenprofil Stadtbahn

Die Thematik der Radprofile hat auch einen erheblichen Einfluss auf die Auswahl der zu verwendenden Schienenprofile. 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).

Empfehlung für Stadtbahn Kiel

Radprofile

Für die Stadtbahn 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 Stadtbahn erhalten ein dazu passendes (insbesondere Laufflächenbreite und Spurkranzhöhe) Profil. Um den Weg zu einem optimalen Radprofil M offen zu halten, ist ein Radrückenabstand $r = 1375 \text{ mm}$ für das Stadtbahnprofil (S) zu wählen und darauf die zukünftige Quermaßtafel aufzubauen.

9.9 Radsatzfahrmassen

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 der Breite 2,65 m 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 (siehe auch Kapitel 9) und zum anderen ein fahrleistungsloser Betrieb denkbar ist, muss hier die richtige Anforderung getroffen werden, um keine Fahrzeugtypen gemäß Kapitel 9.1 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. Grundsätzlich 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 Stadtbahnfahrzeuge brauchen je nach Typ (siehe Kapitel 9.1) aufgrund der Normenlage und hohen Kapazität $\sim 12 \text{ t}$ (was in Bestandsnetzen oft ein Problem darstellt, in neuen aber eher „Standard“ ist)
- Empfehlung: 120 kN für die Infrastruktur und 12 t für die Fahrzeuge anstreben, um keine Fahrzeugtypen auszuschließen und eine Regiotram grundsätzlich offen zu halten. Dieser Wert wurde durch die Fahrzeugindustrie in den Workshops vom März 2023 auch als sinnvolle Obergrenze bestätigt, geringere Werte sind je nach Fahrzeugtyp problematisch.
- Tragfähigkeit von Brücken und anderen Ingenieurbauwerken ist in der Trassenstudie gegen diesen Wert untersucht worden und die notwendigen Investitionen für Ertüchtigung sind in die Kostenschätzung eingegangen. Eine Doppeltraktion RegioTram ist dabei nicht berücksichtigt worden.

Das bis zu 54 m lange Stadtbahn Fahrzeug für Kiel, das für die Dimensionierung der Haltestellen herangezogen wird, könnte als Drehgestellfahrzeug (welcher Fahrzeugtyp später gewählt wird, ist aber jetzt noch offen, siehe Kapitel 9.1), auch unter potentiellen Einbezug von Energiespeichern auf dem Dach für den Betrieb von fahrleistungslosen Abschnitten, wie folgt aussehen:

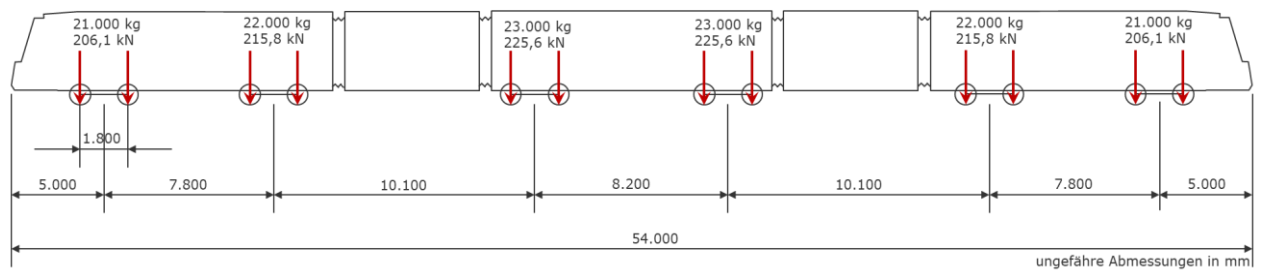


Abbildung 35 Radsatzlasten Stadtbahnfahrzeug 54 m

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
	1030,0 kN	Personen, Laststufe II entspr. EL 4 nach DIN EN 13452-1)
Max. Achsfahrmasse	11.500 kg	(für die inneren 2 Drehgestelle)
(Laststufe III / voll	11.000 kg	(für die äußeren 2 Drehgestelle)
beladen):	10.500 kg	(für die letzten 2 Drehgestelle)

Das etwas kürzere 45 m Fahrzeug weist folgende Werte auf:

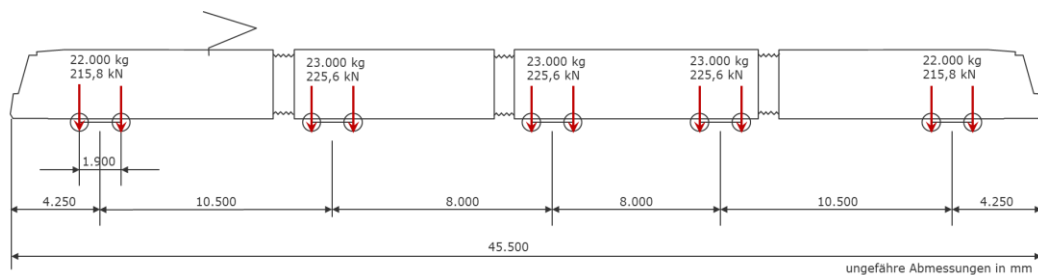


Abbildung 36 Radsatzlasten Stadtbahnfahrzeug 45 m

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,
	971,2 kN	Laststufe II entspr. EL 4 nach DIN EN 13452-1)

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

Empfehlung für Stadtbahn Kiel

Achsfahrmassen

Die maximale Achsfahrmasse wird auf 12 t je Achse festgelegt.

9.10 Fahrleitungslose Abschnitte

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:

- Übertragung der notwendigen Energie über eine Art "dritte" Schiene (=Infrastrukturseitig), die entweder kontinuierlich verläuft oder nur an Haltestellen und dann mit Speichern auf dem Fahrzeug kombiniert ist.
- 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 und ist aktuell eher eine französische Lösung und ausgewählten Städten.

Grundsätzlich 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.

9.10.1 Infrastrukturseitige Lösungen

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

Alstom APS/APS II

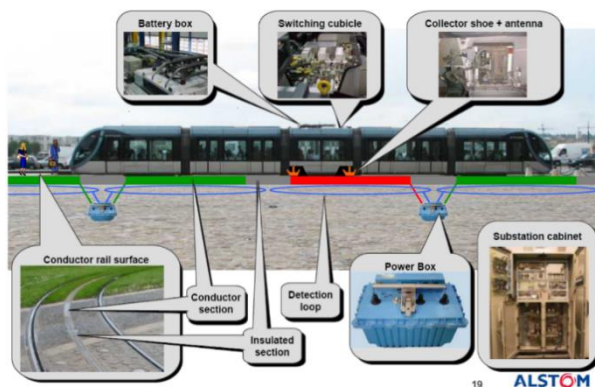


Abbildung 37 APS Kontaktsystem (Quelle: Alstom)

- 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.
- 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
- Kann auch mit Energiespeichern auf dem Fahrzeug kombiniert werden, so dass APS nur in Haltestellenbereichen installiert wird.

Nachteile:

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

CAF Stromschiene an Haltestellen

- In Luxemburg weist das Fahrzeug der Firma CAF im neuen System einen Stromabnehmer für den Betrieb in Außenbereichen auf, in der zentralen Innenstadt wird der Strom (auch 750 V) über einen sogenannten „ausfahrbaren Schuh“ unter dem Drehgestell an Haltestellen zugeführt.
- Die Stromschiene im Gleis an den Haltestellen führt nur Strom, wenn das Fahrzeug darüber fährt, d.h. es ist eine aufwändigere Sicherung notwendig. Das System ist deutlich komplexer und auch teurer als eine konventionelle Oberleitung.
- Batterien/Super-Caps werden an den Haltestellen kurz aufgeladen, was für den Betrieb in der Innenstadt ausreicht.
- Die Kapazität der Batterien/Super-Caps muss so bemessen sein, dass die Innenstadt auch bei technischen Fehlern der Stromschiene (Frage nach der Verfügbarkeit des Systems) eingeschränkt durchfahren werden kann. Wichtig ist die Redundanz des Gesamtsystems



Abbildung 38: Tram Luxembourg, Stromzuführung aus dem Gleisbett an Haltestellen (Quelle: Stadt Luxembourg)

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
- 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 Stadtbahn Kiel nicht empfohlen.

9.10.2 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.

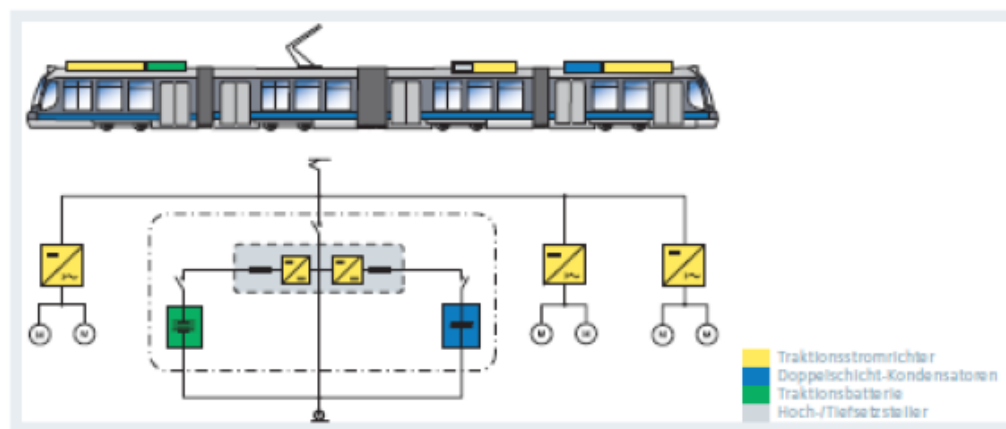


Abbildung 39 Beispiel für einen kombinierten Traktionsspeicher (Quelle: Siemens)

9.10.2.1 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. Die Lebensdauer von Batterien entspricht nicht derjenigen eines Fahrzeugs, hier 30 bis 35 Jahre. Nach dem heutigen Stand der Technik ist über 30 bis 35 Jahre von 2 x Ersatz der Batterien auszugehen, bei verbessertem Lademanagement und etwas weiterentwickelten Batterien kann zumindest von einem Ersatz ausgegangen werden.

9.10.2.2 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 Stadtbahn)

- 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 von Energie beim Bremsen in den Speicher

Inzwischen bieten alle namhaften Fahrzeughersteller Fahrzeuge mit Speicher an.

9.10.2.3 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 und aus dem Industrieworkshops im März 2023 lassen klar 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.). Als Faustformel gilt, dass ein Fahrzeug durch die Energiespeicher rund 10 % teurer in der Anschaffung wird.

In der Stadtbahn Kiel gibt es stromlose Abschnitte aus EMV-Gründen, siehe Bericht VP14, AP I-130.3. Dort wurde auch für die konkreten Betroffenen Längen eine Wirtschaftlichkeitsrechnung durchgeführt.

9.10.2.4 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

Nachteile

- Energiedichte der Speicher zur oberleitungsfreien Bewältigung von längeren Abschnitten aktuell noch schnell im Grenzbereich (ggf. Zwischenladen erforderlich, Details siehe Bericht VP14, AP I-130.3)
- 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

9.10.2.5 Empfehlung Antriebstechnologien Stadtbahn




	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 15 Antriebstechnologien Stadtbahn

Empfehlung für Stadtbahn Kiel

Antriebstechnologien

Die Ausstattung der Infrastruktur erfolgt überall, wo es städtebaulich verträglich ist mit Fahrdrabt 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 RegioTrambetrieb wird erschwert bzw. verhindert. Ebenso erhöht sich der Energiebedarf des Systems.

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

10. Offenhaltung für Regiotram

Viele technische Parameter können für Stadtbahn und RegioTram ausgelegt werden, da sie für eine 2,65 m breite Stadtbahn mit der notwendigen Kapazität ohnehin zutreffen (siehe auch folgende Tabelle). In der Vorplanung wird nur noch der Lichtraum für eine Regiotram offengehalten, da diese sonst nicht mehr in Kiel zu einem späteren Zeitpunkt eingeführt werden kann.

Wichtigste Unterschiede zu der bisherigen Offenhaltung in der Trassenstudie 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 Stadtbahn) steigen. Diese Verlängerung ist in der Vorplanung nicht mehr berücksichtigt. Auf den Ästen, auf denen zu einem späteren Zeitpunkt einmal eine Regiotram verkehren könnte, sind dann längere Haltestellen nachträglich zu planen.
- Die Bahnsteighöhe BOStrab muss bei Einbezug der RegioTram bei mindestens 350 mm liegen. Das ist in der Vorplanung nicht berücksichtigt, da bei der gewählten Bahnsteighöhe von 250 bis 300 mm die Planungsfreiheit für die Stadtbahn im Bereich Barrierefreiheit, städtebaulicher Integration und auch die Auswahl der möglichen Fahrzeuge besser ist. D.h. auf den Ästen, auf denen zu einem späteren Zeitpunkt einmal eine Regiotram verkehren könnte, sind dann verlängerte Haltestellen mit einer höheren Einstiegshöhe von mindestens 350 innerstädtisch nachträglich zu planen.

Die folgende Tabelle fasst die relevanten Anpassungen durch eine RegioTram noch einmal zusammen, wobei aktuell nur noch die Hüllkurve berücksichtigt ist.

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 16 Anforderungen durch RegioTram

Der Grundsatz der Planung, dass in der Trassenstudie prioritär eine Stadtbahn für Kiel geplant wird, wird demnach beibehalten, wenn auch eingeschränkter als noch in der Trassenstudie. Die RegioTram ist eine mögliche zukünftige Erweiterung, darf aber die Planungen in der Umsetzung der Stadtbahn und deren Wirtschaftlichkeit in der Vorplanung nicht gefährden. Das gilt insbesondere für die Nutzen-Kosten-Untersuchung: Vorhaltungen für RegioTram führen zu höheren Kosten und erzeugen erst einmal keinen Nutzen, das darf nicht zu Nachteilen für die Stadtbahn Kiel führen.

Mögliche Netzkonfiguration

Es ist ein RegioTramkernnetz zu definieren, das offengehalten werden könnte. Dieses darf aber nicht nur eine Linie betreffen, da die sprungfixen Kosten für die Einführung einer Regiotram zu hoch sind (neue Fahrzeugtechnik, Depot, andere Weichen...). Das Ostufer, die Äste Elmschenhagen und Wellingdorf, weisen keine sinnvollen Verknüpfungspunkte (Systemwechselstelle) zum EBO-Netz unter Einbindung der Innenstadt auf, da die Problematik Tragfähigkeit Gablenzbrücke besteht. In der Trassenstudie wurde nachgewiesen, dass eine Regiotram in Doppeltraktion nicht über die Gablenzbrücke verkehren kann. Deswegen macht es keinen Sinn, nur das Ostufer in ein RegioTramnetz einzubinden.

Das betrifft auch eine denkbare Verbindung aus Richtung Neumünster über eine Systemwechselstelle Werftbahnstraße (wie in der alten SRB-Studie) weiter nach Wellingdorf. Hier ist ziemlich sicher keine ausreichende Nachfrage vorhanden

Der Korridor Mettenhof weist auch keinen sinnvollen Abschnitt für eine Systemwechselstelle auf und bietet auch keinen verkehrlichen Mehrwert.

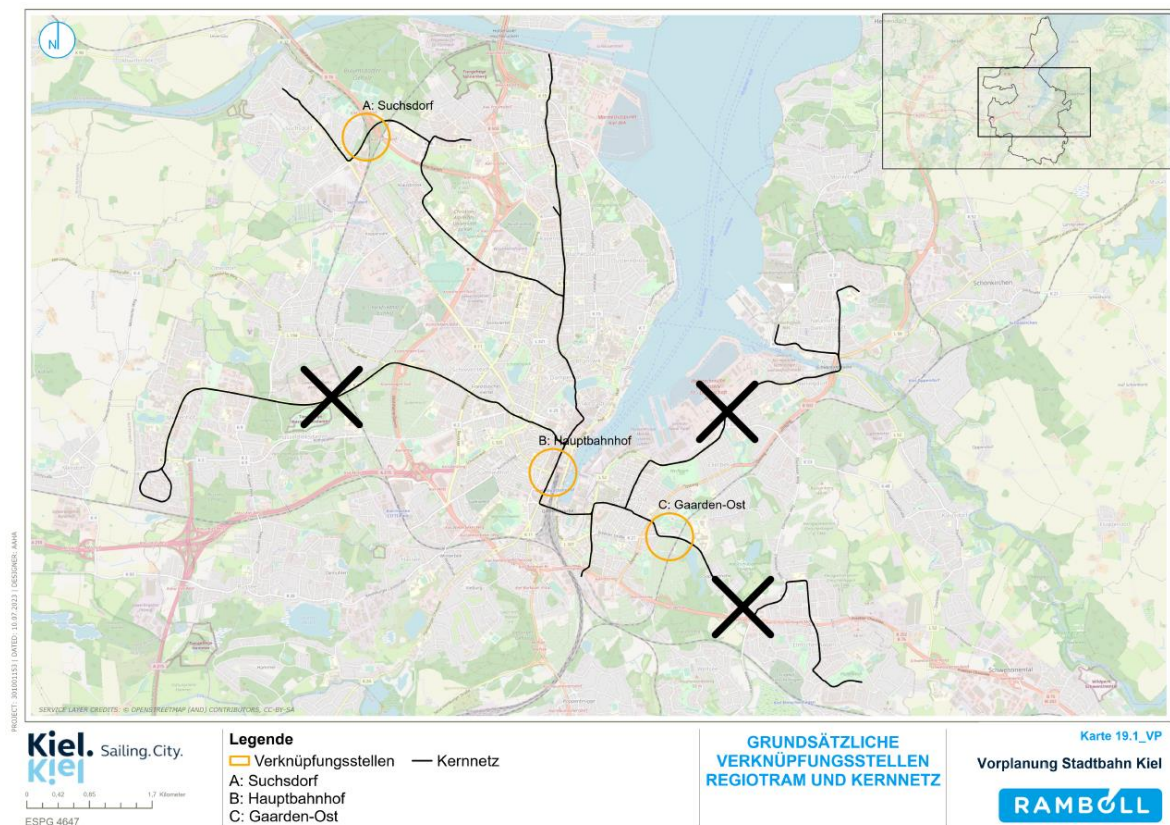


Abbildung 40 Abschnitte des Kernnetzes, für die eine RegioTrambedienung nicht sinnvoll ist

Es bleiben dann nur die in der folgenden Karte gelb markierten Korridore für eine Regiotram übrige, die freigehalten werden sollen. Damit könnte eine in die Region wirkende Nord-Süd-Achse über wesentliche Schwerpunktbereiche von Kiel (Innenstadt, Holtenauer Straße, Universität) geschaffen werden. Für den Norden von Kiel besteht die Option der Bedienung mit Regio-Tram-Fahrzeugen, was betriebliche Vorteile bieten kann (Mitnutzung EBO-Strecken, größere Kapazität). Das weitere Netz kann ohne Berücksichtigung Regiotram (außer dem Lichtraum) weiter geplant werden, so könnten die Vorteile bei einer reinen Stadtbahn hier auch ab der Vorplanung genutzt werden.

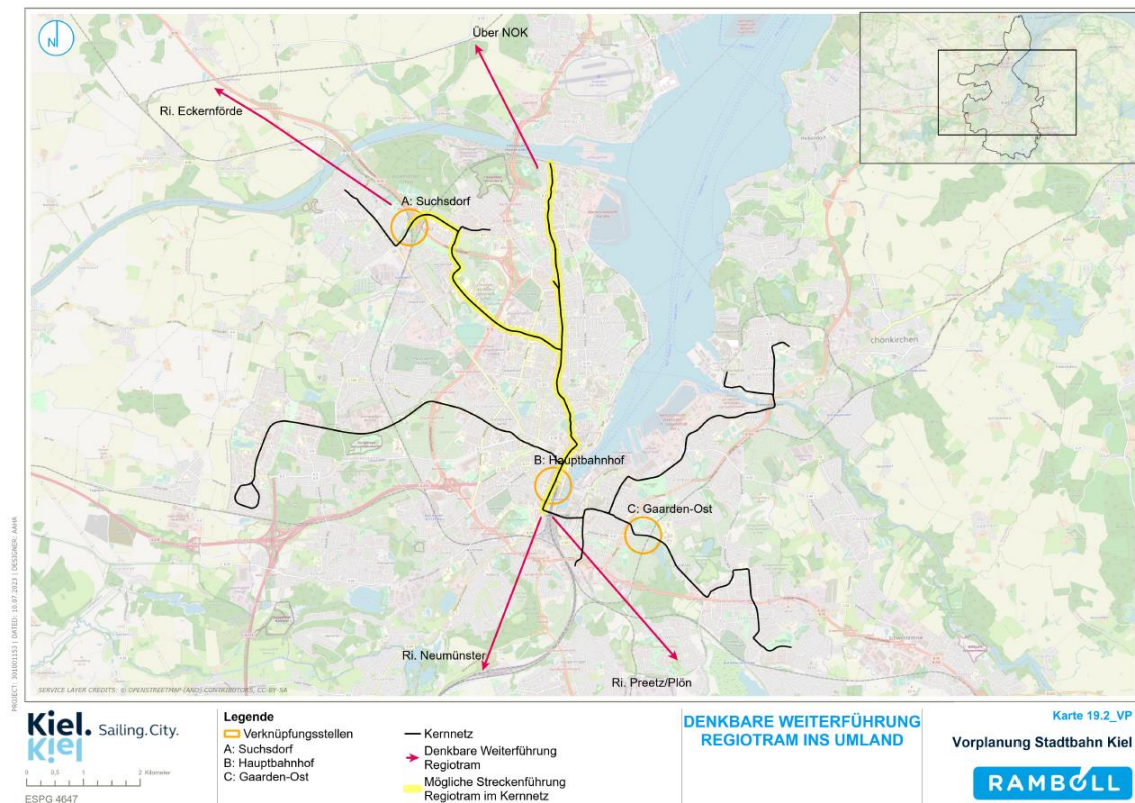


Abbildung 41 Abschnitte des Kernnetzes, für die eine RegioTrambedienung denkbar ist

Auswirkungen oberleitungsfreier Betrieb

Durch einen RegioTrambetrieb ergeben sich auch Auswirkungen auf den oberleitungsfreien Betrieb in der Stadt Kiel. Bei einem Zweisystemfahrzeug sind durch das Fahren unter zwei Fahrdrabtspannungen 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 (Klimaanlagen, 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. Das betrifft insbesondere den Streckenabschnitt in der Olshausenstraße. 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 Stadtbahntrain Projektes als Zukunftsvariante diskutiert. Ob diese Alternative in der Region um Kiel im Zusammenhang mit dem Stadtbahnnetz sinnvoll ist, kann nur anhand einer vertieften separaten Untersuchung geklärt werden.

Achslasten

Reine Tramfahrzeuge können, je nach Typ und Festlegung geringere Achslasten als RegioTramfahrzeuge aufweisen. Bei der zukünftigen Festlegung von möglichen ausgewählten RegioTramkorridoren müssen nur die dort betroffenen Brücken auf die RegioTramachslasten (Fahrten in Doppeltraktion) ausgelegt werden, was in der Vorplanung nicht berücksichtigt ist. Es

sind zusätzliche Kosten für die Ertüchtigung zu erwarten, falls ein Regiotrambetrieb zu einem späteren Zeitpunkt eingeführt wird. Der Lastzug für eine Regiotram ist in der folgenden Abbildung enthalten.

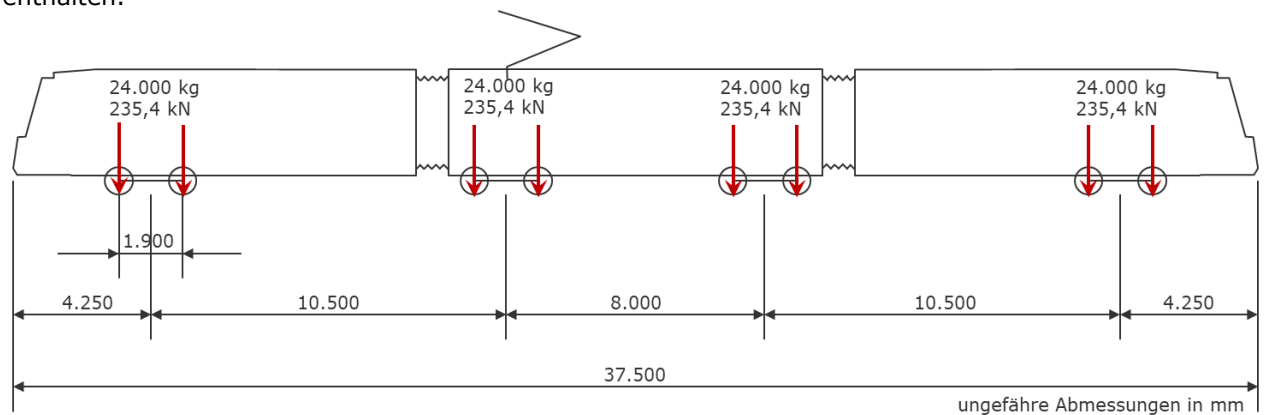


Abbildung 42 Radsatzlasten RegioTramfahrzeug

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,
	843,7 kN	Laststufe II entspr. EL 4 nach DIN EN 13452-1)
Gesamtmasse:	79.000 kg	(Besetzung von 65% der Kapazität 250
	775,0 kN	Personen, Laststufe II entspr. EL 4 nach DIN EN 13452-1)
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)

Weitere Anforderungen durch eine RegioTram

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. 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 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).

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	Das Kernnetz besteht aus 11 Abschnitten
Bahnkörper	Fahrweg für die Stadtbahn 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.
Betriebsleiter	Der Betriebsleiter ist für die sichere und ordnungsgemäße Durchführung des Stadtbahnbetriebs insgesamt verantwortlich.
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
CAU	Christian-Albrechts-Universität in 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 gab es insgesamt drei Design Freezes, die unter Berücksichtigung aller internen und externen Rückmeldungen iterativ aufeinander aufbauen.
DIN	Deutsches Institut für Normung
DFI	Dynamische Fahrgastinformation, Anzeige an den Haltestellen

Abkürzung / Fachbegriffe	Erklärung / Beschreibung
EAÖ	Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehr
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EBO	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung
EMF	Elektromagnetisches Feld
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
ETCS	European Train Control System
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
Homogener Abschnitt	Das gesamte Kernnetz ist in 68 homogene Abschnitte unterteilt, die in ihrer Ausprägung einen vergleichbaren Straßenraum aufweisen.
HÖV	Hochwertiges Öffentliches Personennahverkehrssystem
HVZ	Hauptverkehrszeit
Inbetriebnahmestufe	Das Kernnetz besteht aus 3 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
KOOLKiel	Bau- und Entwicklungsgebiet auf dem Ostufer südlich der Hörn an der Gablenz- und Werftstraße
Korridor	Ein grob abgegrenzter geographischer Raum zwischen der Innenstadt und einem peripheren Stadtteil, der eine oder mehrere Strecken beinhaltet
KVG	Kieler Verkehrsgesellschaft mbH
Laststufe	Die Laststufen nach den Technischen Regeln Bremse der BOStrab bezeichnen verschiedene

Abbkürzung / Fachbegriffe	Erklärung / Beschreibung
	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)
Modulblöcke	Schematische Querschnittsdarstellungen zur Definition von Standards bezüglich Breiten und Abständen
Nebenvarianten	Kleinräumige und lokal begrenzte alternative Planung zu Varianten in ausgewählten Bereichen. Die Lage der Trasse ist im Wesentlichen die gleiche (Verschiebungen $\leq 1\text{m}$).
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	Öffentlicher Dienstleistungsauftrag
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 (Tram oder BRT) nicht eingeführt wird.

Abbkürzung / Fachbegriffe	Erklärung / Beschreibung
	<p>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
PBefG	Personenbeförderungsgesetz
PPP	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.
Premiumrouten Radverkehr	> 4.000 Radfahrende/24h
Radius/Radien	Das Hochwertige Öffentliche Personennahverkehrssystem (HÖV) kann nur bestimmte Mindestradien in Kurven bedienen. Diese sind bei der Infrastrukturplanung beachtet worden.
RASt	Richtlinien für Anlagen von Stadtstraßen
Regiotram	Schienengebundenes Verkehrssystem, welches das städtische Tramnetz in der Stadt Kiel mit dem Eisenbahnnetz in der Region über Anschlussstrecken umsteigefrei verbindet (bisher StadtRegionalBahn, SRB)
RiLSA	Richtlinien für Signalanlagen
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
Standardisierte Bewertung	Bundeseinheitliches Verfahren zur gesamtwirtschaftlichen Nutzen-Kosten-Untersuchung von ÖPNV-Projekten in Deutschland
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 für Straßenbahnen
Teilszenario	In einem Korridor sinnvoll zusammengesetzte (Teil-) Varianten
TÖB	Träger öffentlicher Belange

Abkürzung / Fachbegriffe	Erklärung / Beschreibung
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 (<i>International Union of Railways</i>)
Untervariante	Untervariante verschiedener Führung der Stadtbahntrasse (u.a straßenbündig oder Mittellage, Seitenlage) in einem homogenen Abschnitt (1 bis 68), im Rahmen des AP I-110.5 Variantenfindung
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
Variante der Vorplanung (Verkehrsanlage)	Varianten verschiedener Führung der Stadtbahntrasse (u.a. straßenbündig oder Mittellage, Seitenlage) in den Abschnitten (1 bis 11), für die eine vollständige Vorplanung erstellt wird
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
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

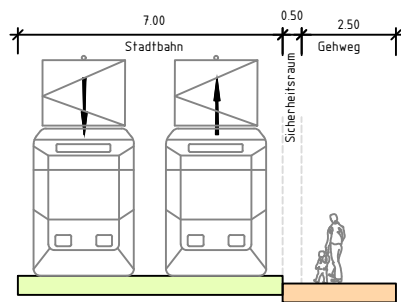
Stand Juni 2023

Das Glossar wird im weiteren Verlauf der Berichterstellung laufend angepasst und ergänzt.

Anhänge

Anhang 1: Modulblöcke

Gehweg

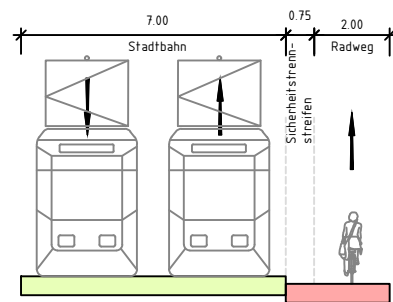


Immer ein 12cm Bord
 Stadtbahn <= 30 km/h – möglichst Grünstreifen oder nicht befahrbare Oberfläche bis zum Bord; sonst keine besonderen Anforderungen

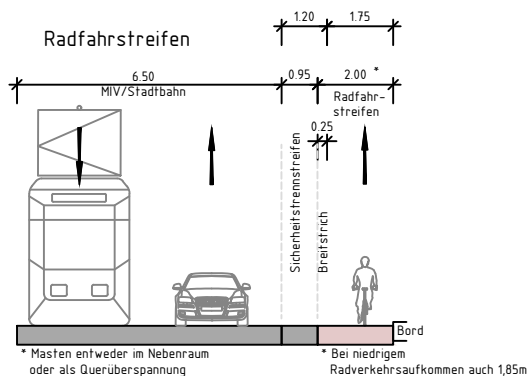
Stadtbahn <= 50 km/h – bauliche Abgrenzung durch Zaun/Hecke o.ä. oder Mindestabstand zur Radverkehrsfläche 1,00 – 1,20m; diese Fläche nicht befahrbar (z.B. Rasengleis verbreitern)

Stadtbahn > 50 km/h – bauliche Abgrenzung durch Zaun/Hecke o.ä.

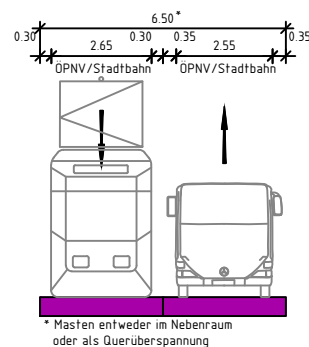
Radweg



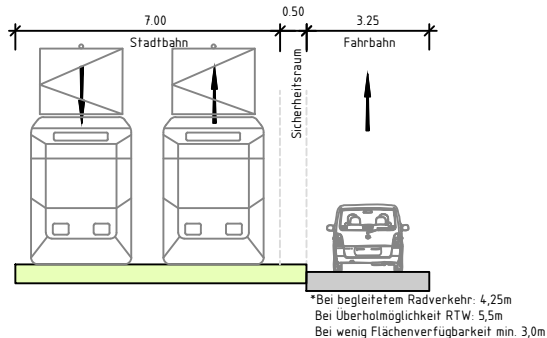
Radfahrstreifen



Begegnung ÖPNV/Stadtbahn-Trasse



KFZ



Legende

	Besonderer Bahnkörper (Grüngleis/eingedeckt/Schotter)
	Straßenbündiger Bahnkörper (eingedeckt)
	Wartebereich Bus
	Fahrbahn
	Parkfläche
	Gehweg
	Radweg
	Radfahrstreifen, straßenbündig
	Gem. Geh- & Radweg
	Grünfläche



gesehen:

20 137 200

Unterlage: Blatt 1 von 11

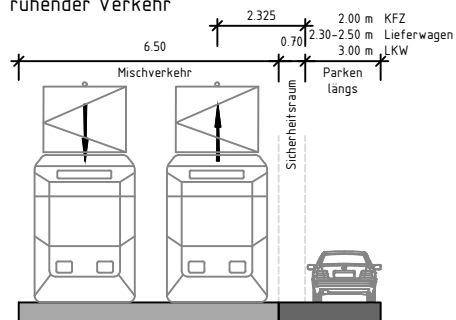
Varianten
Modulblöcke

Maßstab: ohne Maßstab

herausgegeben: 12.04.2023

Vorplanung Stadtbahn
 Modulblöcke: Stadtbahn 1

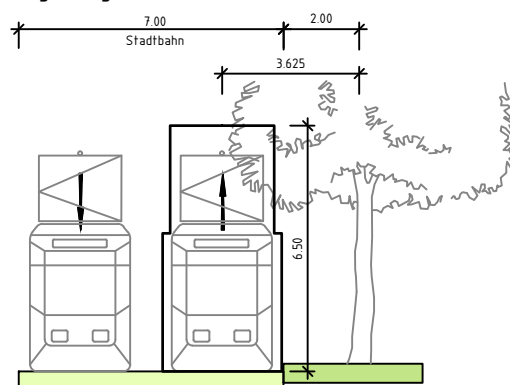
ruhender Verkehr



* Masten entweder im Nebenraum oder als Querüberspannung

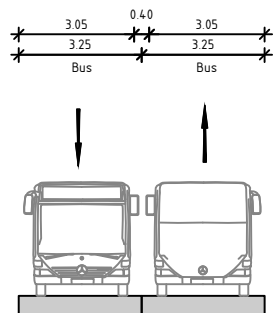
Querparken und Schrägaufstellung ist neben einer straßenbündigen Führung der Stadtbahn nicht genehmigungsfähig, bzw. wird von unserem Betriebsleiter aufgrund von Verkehrssicherheit und Störungen im Betriebsablauf grundsätzlich abgelehnt.

Begrünung













* Oberleitungsbereich ist von Baumkrone freizuhalten (Lichtraumprofil Höhe 6,50m)

Begegnung Bus uneingeschränkt



Legende

-  Besonderer Bahnkörper (Grüngleis/eingedeckt/Schotter)
-  Straßenbündiger Bahnkörper (eingedeckt)
-  Wartebereich Bus
-  Fahrbahn
-  Parkfläche
-  Gehweg
-  Radweg
-  Radfahrstreifen, straßenbündig
-  Gem. Geh- & Radweg
-  Grünfläche

* angenommener Baumkronendurchmesser: 7,50m



gesehen:

20 137 200

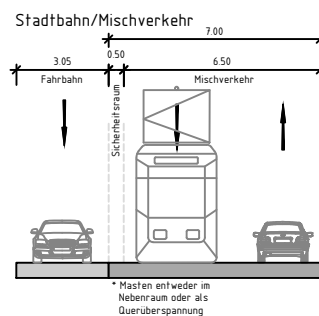
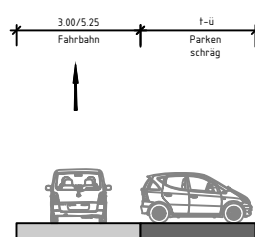
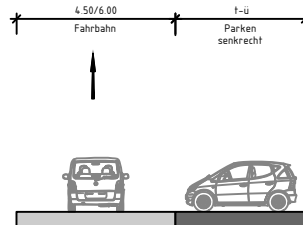
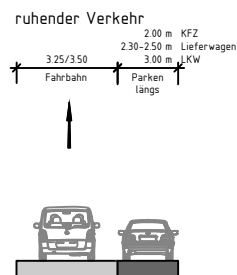
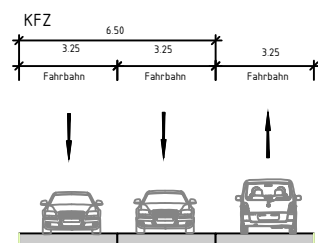
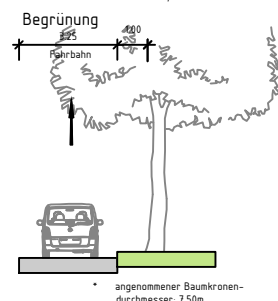
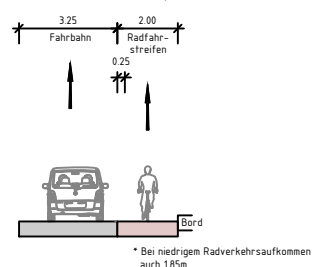
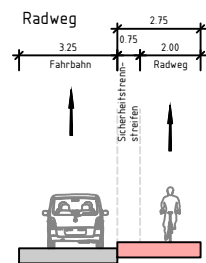
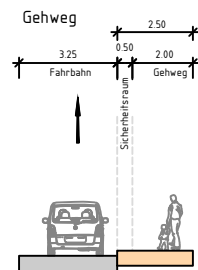
Unterlage: Blatt 2 von 11

**Varianten
Modulblöcke**

Maßstab: ohne Maßstab

herausgegeben: 12.04.2023

Vorplanung Stadtbahn
 Modulblöcke: Stadtbahn 2



Legende

- Besonderer Bahnkörper (Grüngleis/eingedeckt/Schotter)
- Straßenbündiger Bahnkörper (eingedeckt)
- Wartebereich Bus
- Fahrbahn
- Parkfläche
- Gehweg
- Radweg
- Radfahrstreifen, straßenbündig
- Gem. Geh- & Radweg
- Grünfläche

- * Bei geringer Flächenverfügbarkeit auf 3,0m reduzierbar
- * angenommener Baumkronendurchmesser: 7,50m



gesehen:

20 137 200

Unterlage: Blatt 3 von 11

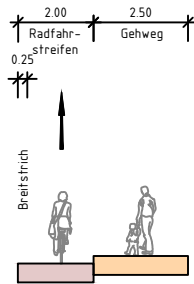
**Varianten
Modulblöcke**

Maßstab: ohne Maßstab

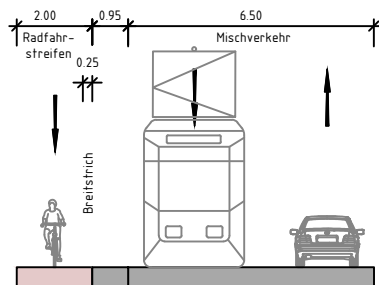
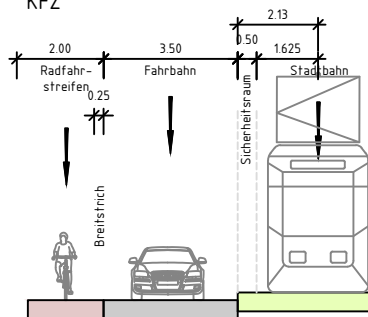
herausgegeben: 12.04.2023

Vorplanung Stadtbahn
 Modulblöcke: Kraftfahrzeuge

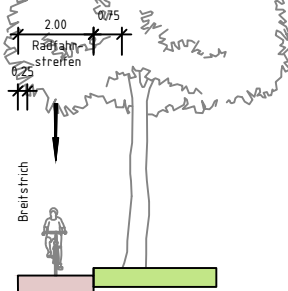
Gehweg



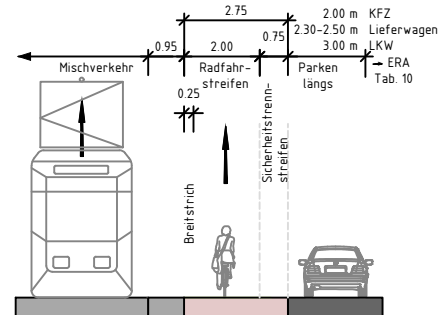
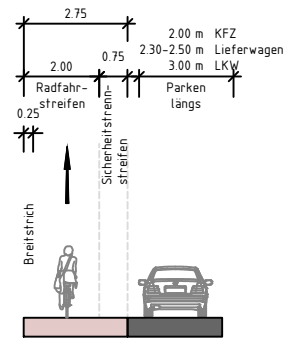
KFZ



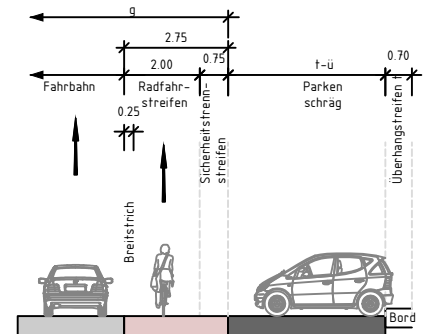
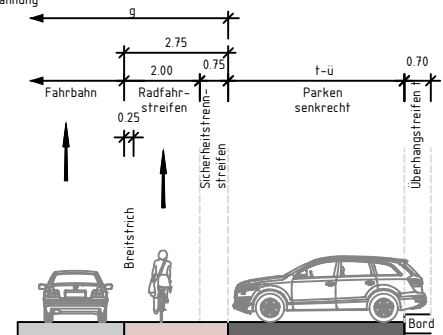
Begrünung



ruhender Verkehr



* Masten entweder im Nebenraum oder als Querverspannung



* Bei niedrigem Radverkehrsaufkommen auch 1,85m
 * angenommener Baumkronendurchmesser: 7,50 m.

Legende

- Besonderer Bahnkörper (Grüngleis/eingedeckt/Schotter)
- Straßenbündiger Bahnkörper (eingedeckt)
- Wartebereich Bus
- Fahrbahn
- Parkfläche
- Gehweg
- Radweg
- Radfahrstreifen, straßenbündig
- Gem. Geh- & Radweg
- Grünfläche



gesehen:

20 137 200

Unterlage: Blatt 4 von 11

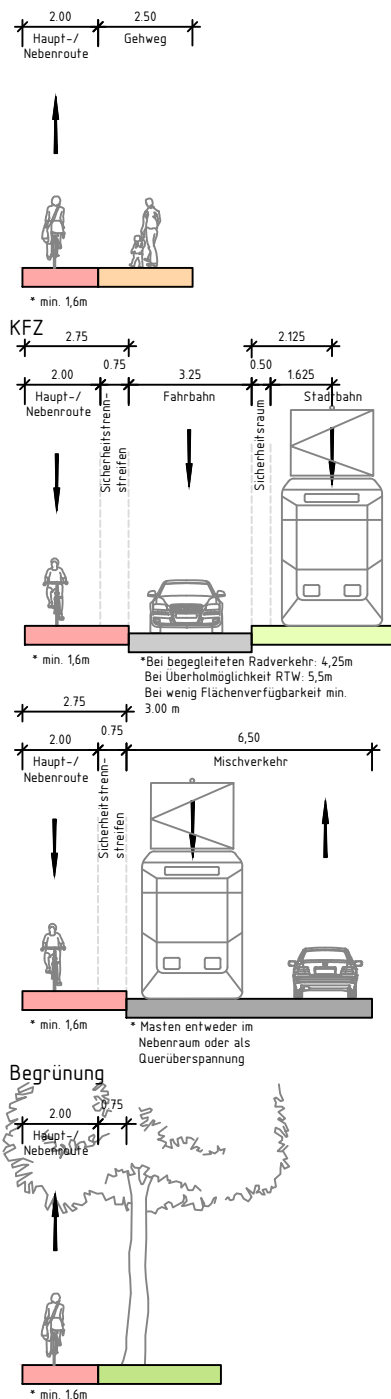
Varianten
Modulblöcke

Maßstab: ohne Maßstab

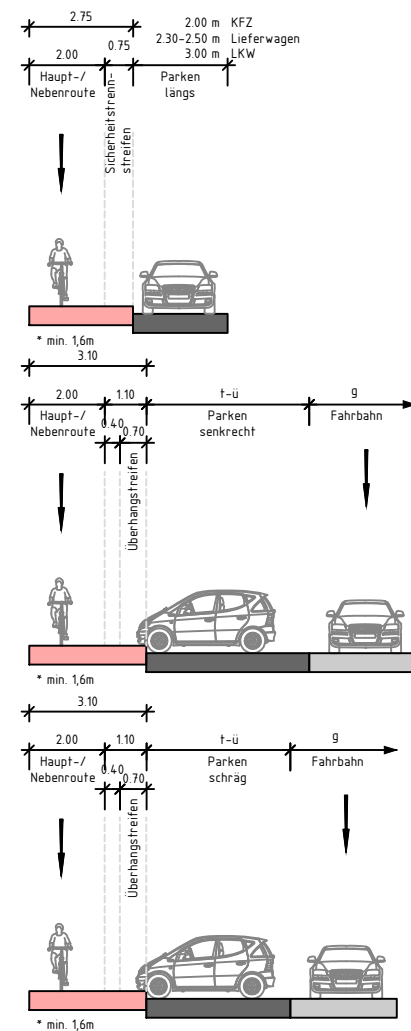
herausgegeben: 12.04.2023

Vorplanung Stadtbahn
 Modulblöcke: Radfahrstreifen

Gehweg



ruhender Verkehr



* angenommener Baumkronendurchmesser: 7,50 m.

Legende

- Besonderer Bahnkörper (Grüngleis/eingedeckt/Schotter)
- Straßenbündiger Bahnkörper (eingedeckt)
- Wartebereich Bus
- Fahrbahn
- Parkfläche
- Gehweg
- Radweg
- Radfahrstreifen, straßenbündig
- Gem. Geh- & Radweg
- Grünfläche

merkel
INGENIEUR CONSULT

RAMBOLL

gesehen:

20 137 200

Unterlage: Blatt 6 von 11

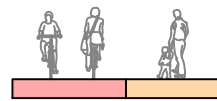
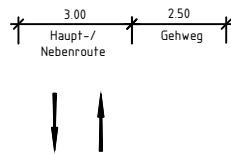
**Varianten
Modulblöcke**

Maßstab: ohne Maßstab

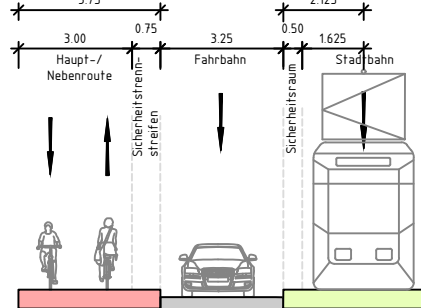
herausgegeben: 12.04.2023

Vorplanung Stadtbahn
 Modulblöcke: Haupt- /Nebenroute
 Einrichtungsrادweg

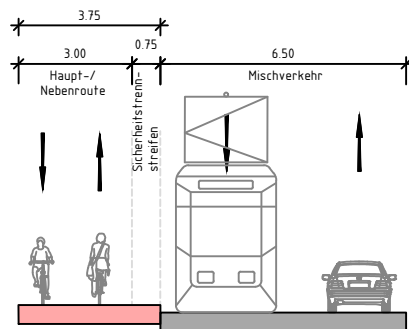
Gehweg



KFZ

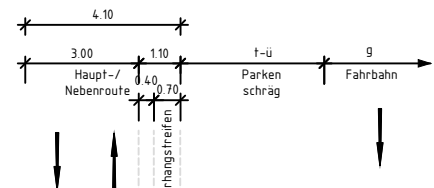
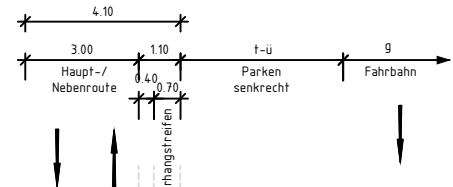
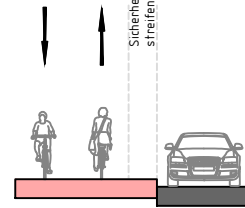
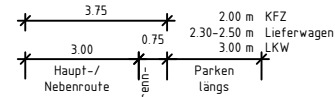


* Bei begleitetem Radverkehr: 4,25m
 Bei Überholmöglichkeit RTW: 5,5m
 Bei wenig Flächenverfügbarkeit
 min. 3,0m

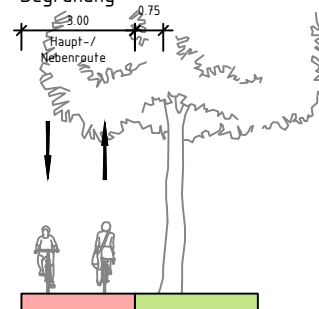


* Masten entweder im
 Nebenraum oder als
 Querüberspannung

ruhender Verkehr



Begrünung



* angenommener Baumkronendurchmesser: 7,50 m.

Legende

- Besonderer Bahnkörper (Grüngleis/eingedeckt/Schotter)
- Straßenbündiger Bahnkörper (eingedeckt)
- Wartebereich Bus
- Fahrbahn
- Parkfläche
- Gehweg
- Radweg
- Radfahrstreifen, straßenbündig
- Gem. Geh- & Radweg
- Grünfläche

merkel
 INGENIEUR CONSULT

RAMBOLL

gesehen:

20 137 200

Unterlage: Blatt 6 von 11

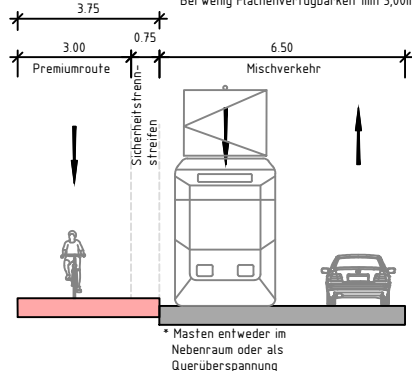
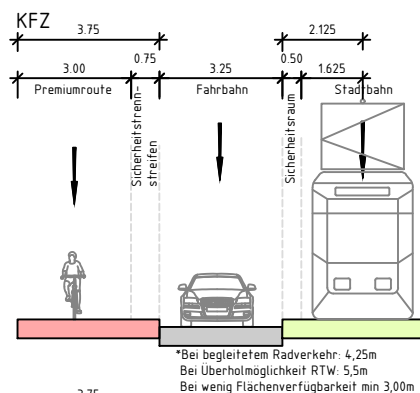
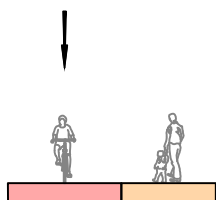
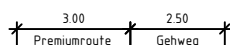
**Varianten
 Modulblöcke**

Maßstab: ohne Maßstab

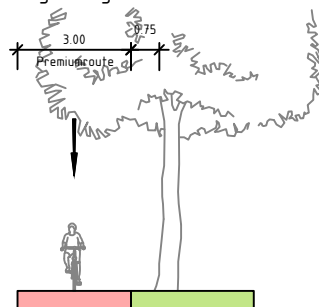
herausgegeben: 12.04.2023

Vorplanung Stadtbahn
 Modulblöcke: Haupt- /Nebenroute
 Zweirichtungsradweg

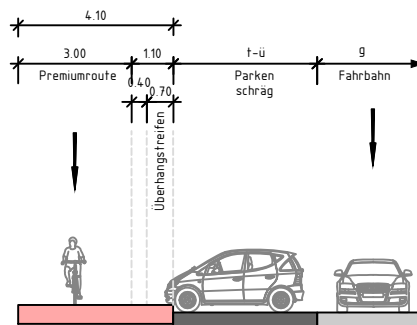
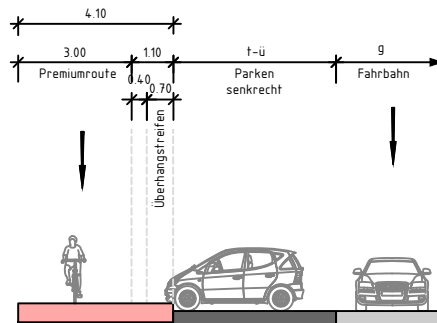
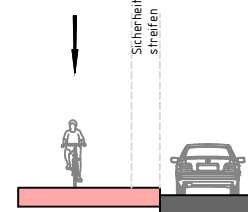
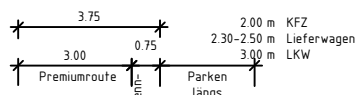
Gehweg



Begrünung



ruhender Verkehr



Legende

- Besonderer Bahnkörper (Grüngleis/eingedeckt/Schotter)
- Straßenbündiger Bahnkörper (eingedeckt)
- Wartebereich Bus
- Fahrbahn
- Parkfläche
- Gehweg
- Radweg
- Radfahrstreifen, straßenbündig
- Gem. Geh- & Radweg
- Grünfläche

* angenommener Baumkronendurchmesser: 7,50 m.



gesehen:

20 137 200

Unterlage: Blatt 7 von 11

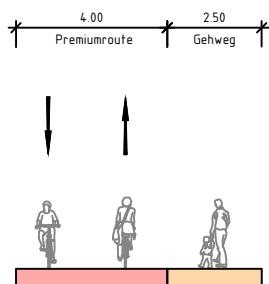
**Varianten
Modulblöcke**

Maßstab: ohne Maßstab

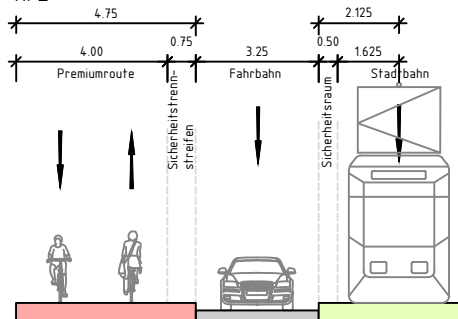
herausgegeben: 12.04.2023

Vorplanung Stadtbahn
 Modulblöcke: Premiumroute
 Einrichtungsrادweg

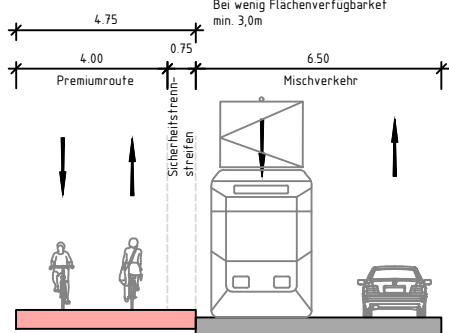
Gehweg



KFZ

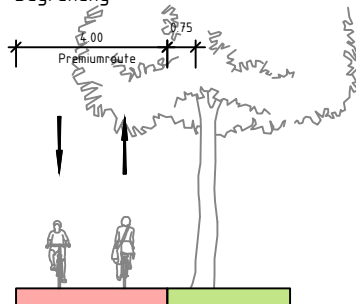


* Bei begleitetem Radverkehr: 4,25m
 Bei Überholmöglichkeit RTW: 5,5m
 Bei wenig Flächenverfügbarkeit
 min. 3,0m

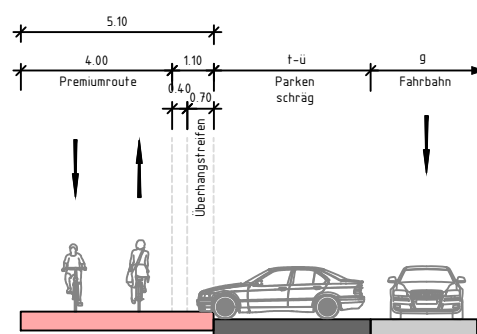
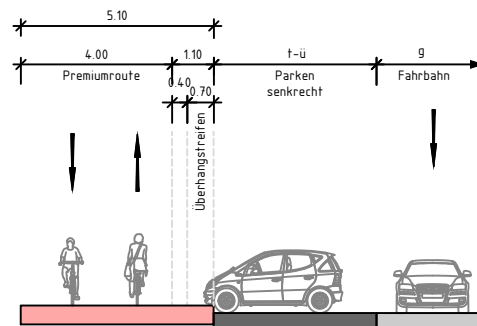
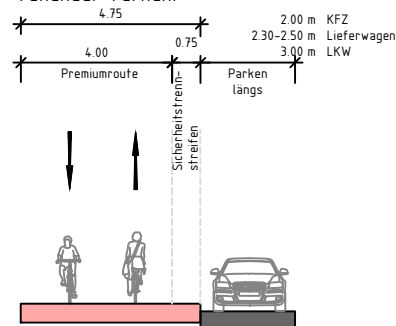


* Masten entweder im
 Nebenraum oder als
 Querüberspannung

Begrünung



ruhender Verkehr



* angenommener Baumkronendurchmesser: 7,50 m.

Legende

- Besonderer Bahnkörper (Grüngleis/eingedeckt/Schotter)
- Straßenbündiger Bahnkörper (eingedeckt)
- Wartebereich Bus
- Fahrbahn
- Parkfläche
- Gehweg
- Radweg
- Radfahrstreifen, straßenbündig
- Gem. Geh- & Radweg
- Grünfläche



gesehen:

20 137 200

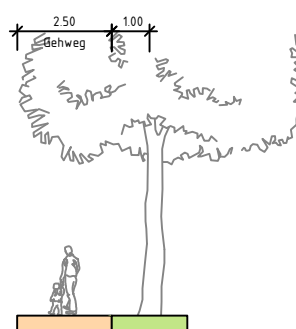
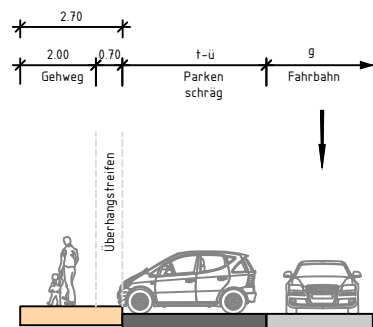
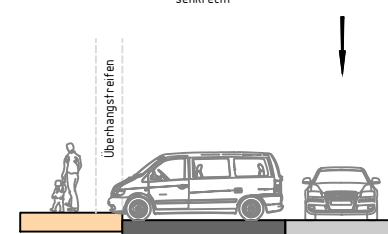
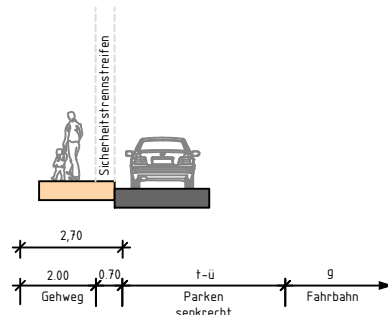
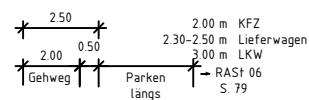
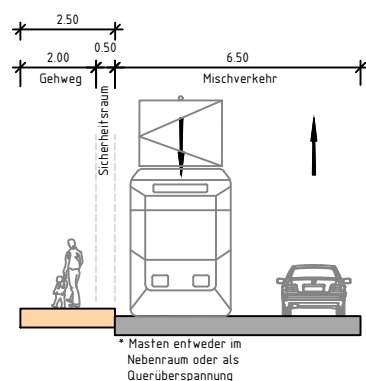
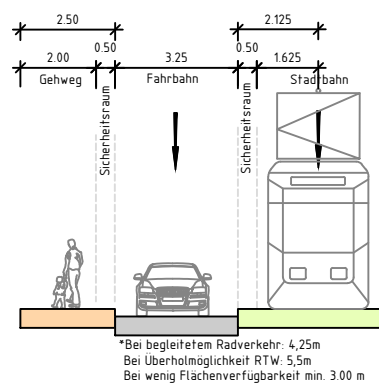
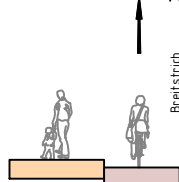
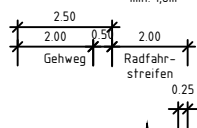
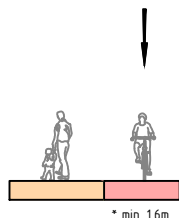
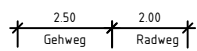
Unterlage: Blatt 8 von 11

Varianten
Modulblöcke

Maßstab: ohne Maßstab

herausgegeben: 12.04.2023

Vorplanung Stadtbahn
 Modulblöcke: Premiumroute
 Zweirichtungsradweg



* angenommener Baumkronendurchmesser: 7,50 m.

Legende

- Besonderer Bahnkörper (Grüngleis/eingedeckt/Schotter)
- Straßenbündiger Bahnkörper (eingedeckt)
- Wartebereich Bus
- Fahrbahn
- Parkfläche
- Gehweg
- Radweg
- Radfahrstreifen, straßenbündig
- Gem. Geh- & Radweg
- Grünfläche



gesehen:

20 137 200

Unterlage: Blatt 9 von 11

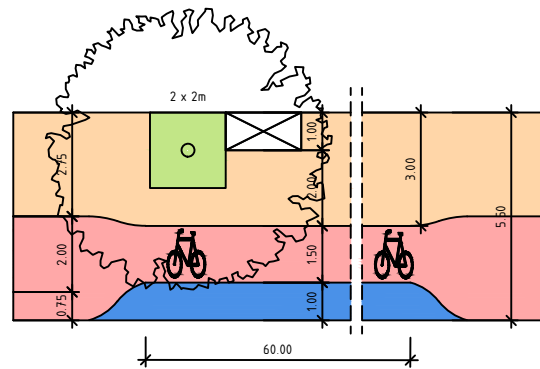
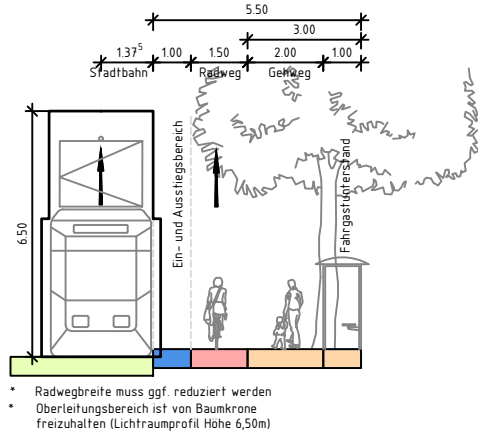
Varianten
Modulblöcke

Maßstab: ohne Maßstab

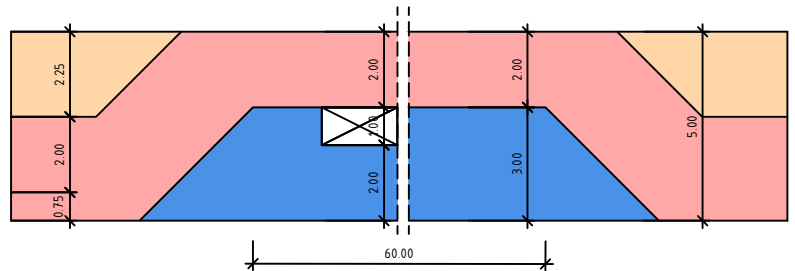
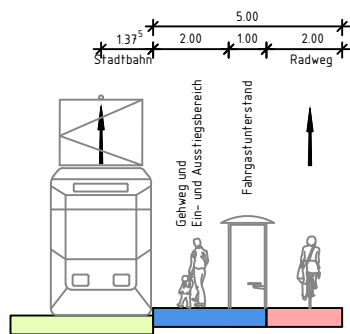
herausgegeben: 12.04.2023

Vorplanung Stadtbahn
Modulblöcke: Gehweg

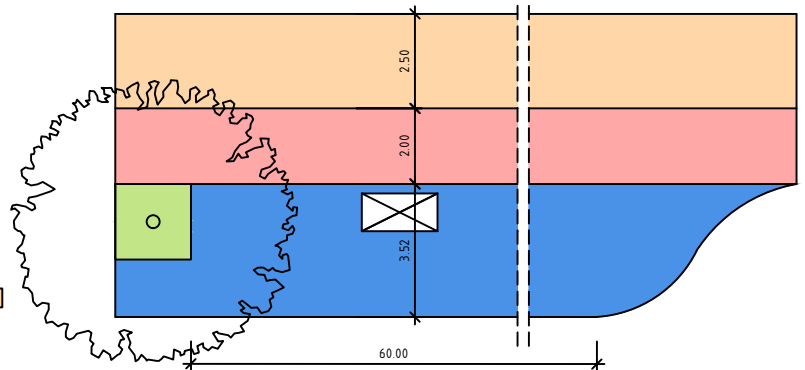
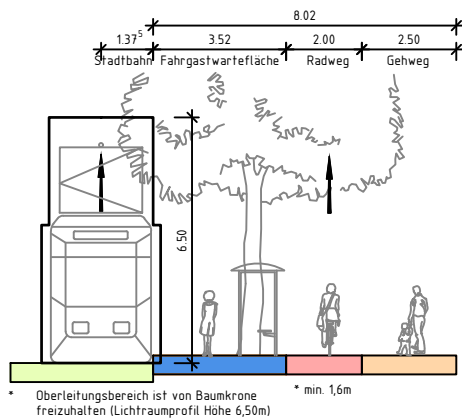
Stadtbahn-Haltestelle nach "Berliner Idee" ($\geq 5,30\text{m}$)



Stadtbahn-Haltestelle mit Radweg hinter der HST*



Stadtbahn-Haltestelle äquivalent zu Bus (LH-Kiel)



Legende

	Besonderer Bahnkörper (Grünleis/eingedeckt/Schotter)
	Straßenbündiger Bahnkörper (eingedeckt)
	Wartebereich Bus
	Fahrbahn
	Parkfläche
	Gehweg
	Radweg
	Radfahrstreifen, straßenbündig
	Gem. Geh- & Radweg
	Grünfläche
	Wartebereich Stadtbahn

- * Einbaufreiheit vom Bord mindestens 1,50 m
- * angenommener Baumkronendurchmesser: 7,50 m.



gesehen:

20 137 200

Unterlage: Blatt 10 von 11

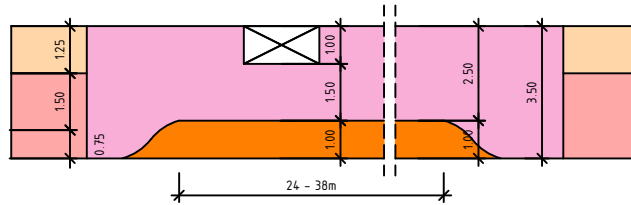
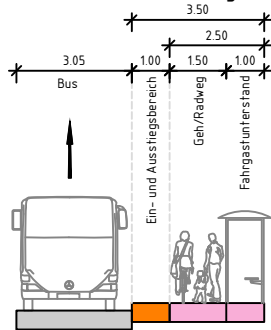
Varianten
Modulblöcke

Maßstab: ohne Maßstab

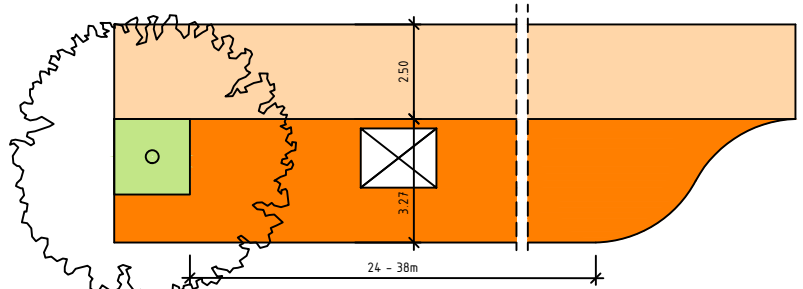
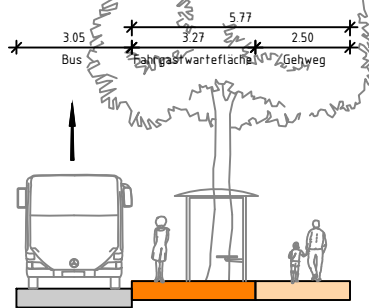
herausgegeben: 12.04.2023

Vorplanung Stadtbahn
Modulblöcke: Stadtbahnhaltestellen

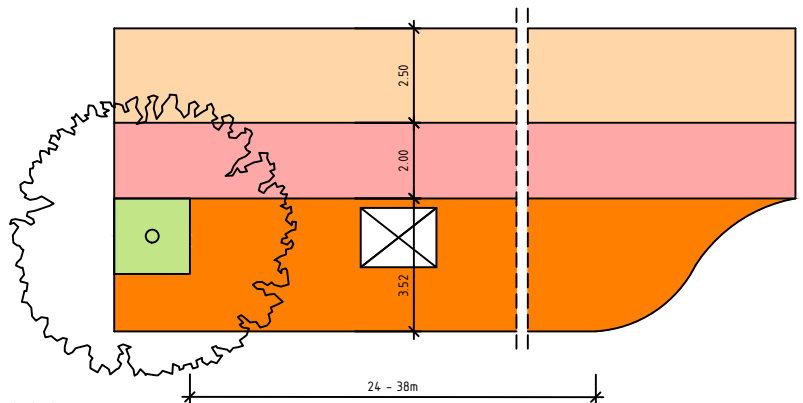
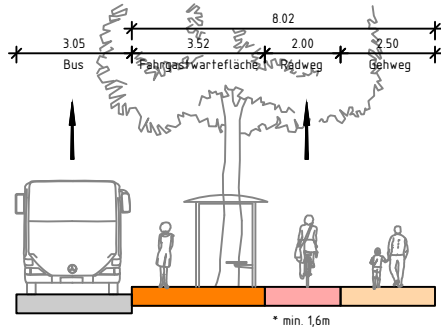
Bushaltestelle bei wenig Flächenverfügbarkeit ($\geq 3,5\text{m}$)



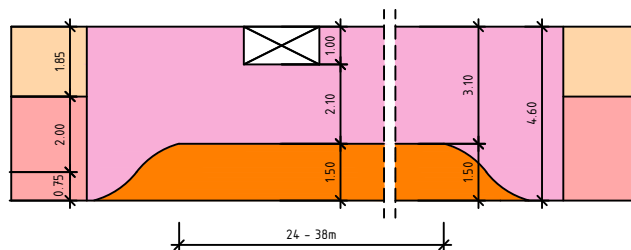
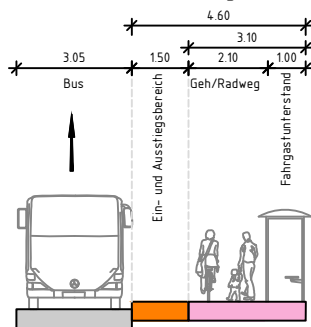
Bushaltestelle mit Gehweg (LH-Kiel)



Bushaltestelle mit Radweg + Gehweg (LH-Kiel)



Bushaltestelle bei wenig Flächenverfügbarkeit ($\geq 4,6\text{m}$)



Legende

- Besonderer Bahnkörper (Grüngleis/eingedeckt/Schotter)
- Straßenbündiger Bahnkörper (eingedeckt)
- Wartebereich Bus
- Fahrbahn
- Parkfläche
- Gehweg
- Radweg
- Radfahrstreifen, straßenbündig
- Gem. Geh- & Radweg
- Grünfläche

- * Einbaufreiheit vom Bord mind. 1,5m; im Bereich der 2.Tür 2,5m.
- * angenommener Baumkronendurchmesser: 7,50 m.



gesehen:

20 137 200

Unterlage: Blatt 11 von 11

Varianten
Modulblöcke

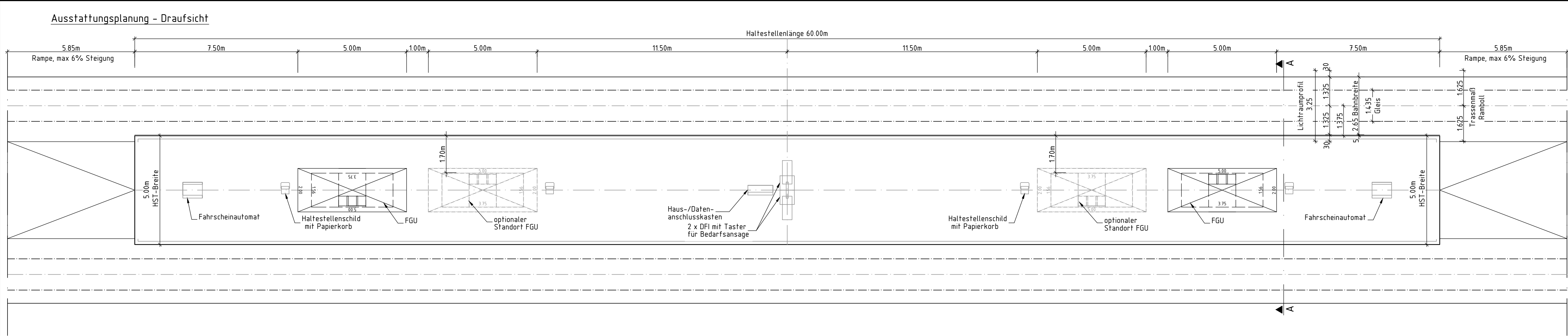
Maßstab: ohne Maßstab

herausgegeben: 12.04.2023

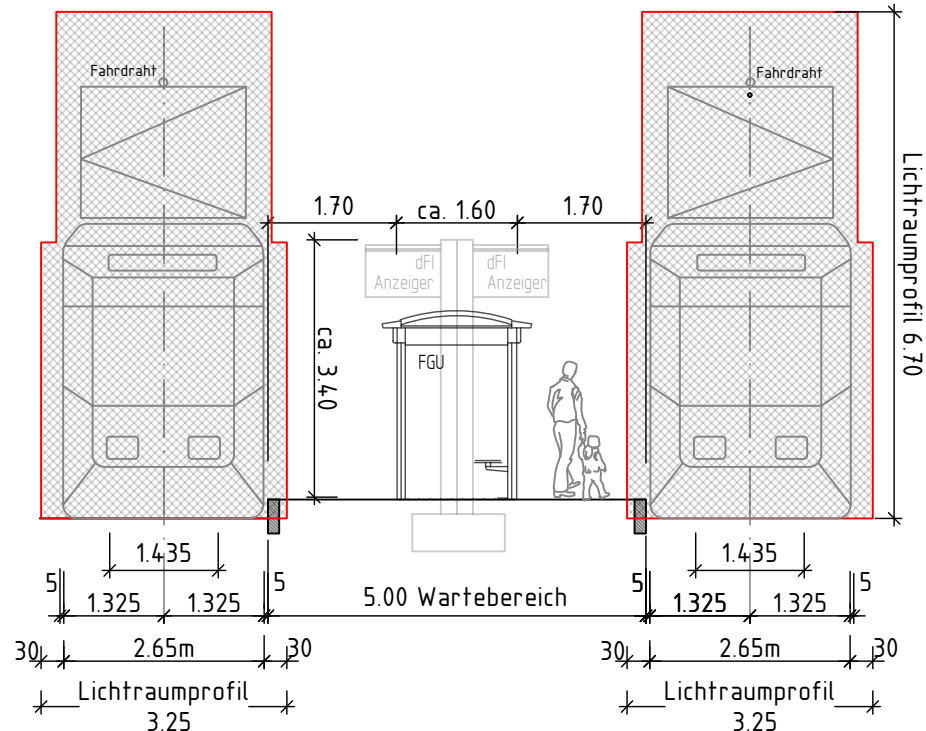
Vorplanung Stadtbahn
Modulblöcke: Bushaltestellen

Anhang 2: Musterhaltestellen

Date: 'V:\projekte\2020\201_37200 Kiel_Vorplanung Stadtbahn\02_CAD\01_Bearbeitung\Plan\Querschnitte\230425_Haltestellenstandard_Arbeitsplan.dwg
zuletzt bearbeitet und vorgeprüft am: 26.04.2023 durch:



Ausstattungsplanung - Schnitt A



Index	Art der Änderung	Datum	Zeichen

aufgestellt von	Plangrundlage	Stand

<div><div><div><div><div></div><div>RAMBOLL</div></div></div><div><div><div><div></div><div>merkel</div><div>INGENIEUR CONSULT</div></div></div></div></div><div>Ramboll Deutschland GmbH Zur Gießerei 19-27 C 76227 Karlsruhe E-mail: info@ramboll.com Dipl.-Ing. Nils Christoph Merkel Beratender Ingenieur Bismarckallee 1, 24105 Kiel E-mail: nl-kiel@merkel-mic.de</div></div>	Datum	
	Bearbeitet	Statz
	Gezeichnet	Schneider
	Geprüft	Brach
20 137 200		

<div><div><div><div></div><div>Kiel</div><div>Sailing.City</div></div></div><div>Landes- hauptstadt Kiel Der Oberbürgermeister Stabsstelle Mobilität</div></div>	Anlage	xxx
	Blatt Nr.	xx
	AP - Nr.:	xxx

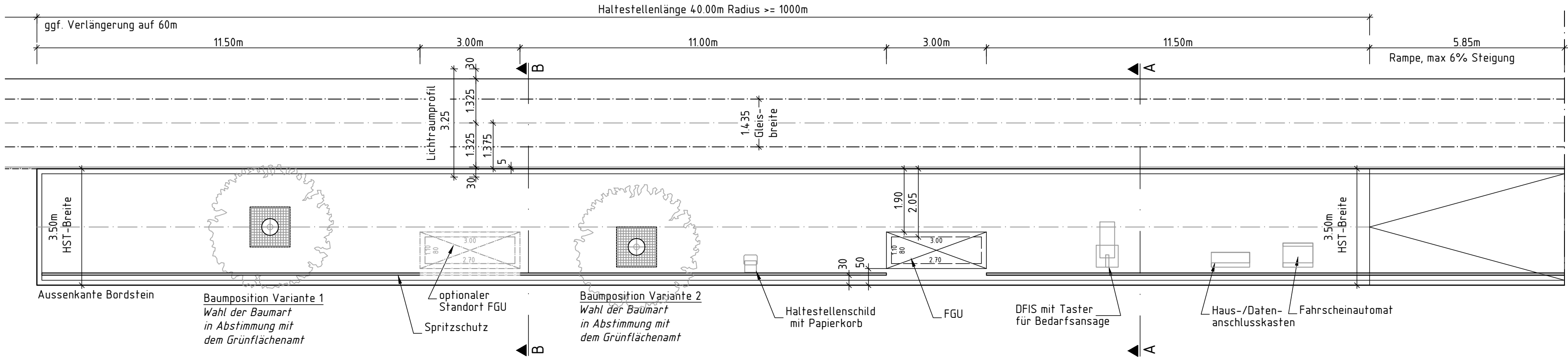
<div><div>Stadtbahn Kiel Vorplanung</div><div>Stadtbahnhaltestellenvariationen Ausstattungsplanung Mittelhaltestelle</div></div>	Detailplan Stadtbahn-Haltestelle 1 : 100
	Koordinatensystem: UTM Höhensystem: DHHN 92
	Planungsstand: 19.04.2023
	Abgabedatum: TT.MM.JJJJ

Freigabe erfolgt mit Abschlussbericht

Vorabzug
26.04.2023

Datei: V:\projekte\2020\20137200 Kiel_Vorplanung Stadtbahn\02_CAD\01_Bearbeitung\Plan\Querschnitte\230425_Haltestellenstandard_Arbeitsplan.dwg
zuletzt bearbeitet und vorgeprüft am: 26.04.2023 durch:

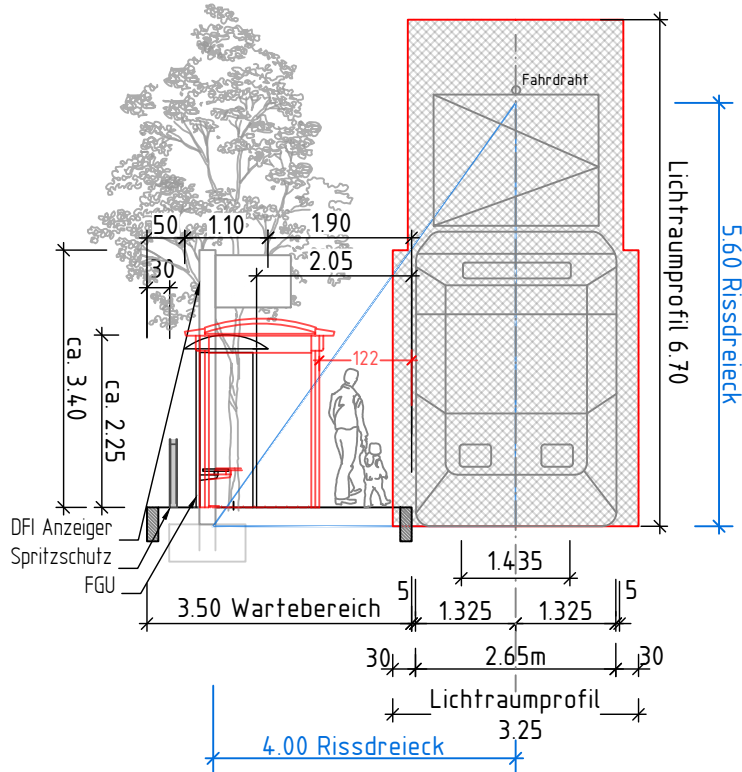
Ausstattungsplanung - Draufsicht



Ausstattungsplanung - Schnitt A-A

Baumposition Variante 2
Fahrdrabt und Lichtraumprofil sind
vom Baumbewuchs freizuhalten

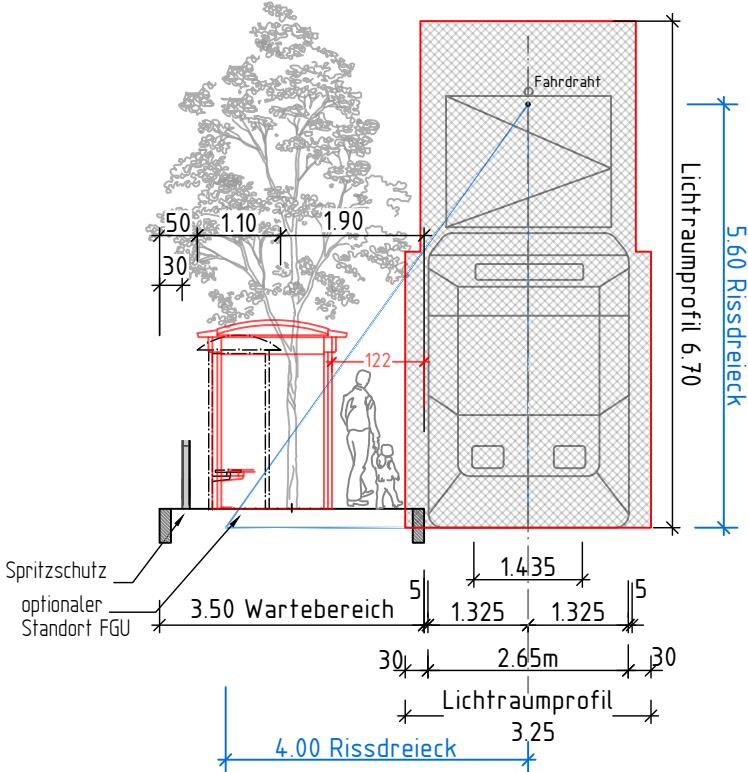
Wahl der Baumart in Abstimmung
mit dem Grünflächenamt



Ausstattungsplanung - Schnitt B-B

Baumposition Variante 1
Fahrdrabt und Lichtraumprofil sind
vom Baumbewuchs freizuhalten

Wahl der Baumart in Abstimmung
mit dem Grünflächenamt



Index	Art der Änderung	Datum	Zeichen

aufgestellt von	Plangrundlage	Stand

 	Ramboll Deutschland GmbH Zur Gießerei 19-27 C 76227 Karlsruhe E-mail: info@ramboll.com		Datum	
			Bearbeitet	Statz
			Gezeichnet	Schneider
			Geprüft	Brach
			20 137 200	

 Landes- hauptstadt Kiel Der Oberbürgermeister Stabsstelle Mobilität	Anlage	xxx
	Blatt Nr.	xx
	AP - Nr.:	xxx

Stadtbahn Kiel Vorplanung Stadtbahnhaltestellenvariationen Ausstattungsplanung Seitenhaltestelle mit Baumpflanzung	Detailplan Stadtbahn-Haltestelle 1 : 100
	Koordinatensystem: UTM
	Höhensystem: DHHN 92
	Planungsstand: 19.04.2023
Freigabe erfolgt mit Abschlussbericht	Abgabedatum: TT.MM.JJJJ

Vorabzug
26.04.2023

Anhang 3: Planungsparameter Entwässerung

Technische Notiz: Planungsparameter Entwässerung

Projektname **Vorplanung Stadtbahn Kiel**
 Projekt Nr. **301001153**
 Kunde **LH Kiel**
 Memo Nr. **1**
 Version **2**
 Von **Arne Brach, David Barth, Steffen Plogstert**

Datum 10.07.2023

Diese Planungsparameter ergänzen die Richtlinien der Abteilungen 66.2 und 66.3 des TBA für die Stadtbahnplanung ab der Vorplanung.

- Überdeckung des Rohrscheitel sollte 1,70 m bis SOK (Schienenoberkante) bzw. OK Eindeckung nicht unterschreiten.
(Anmerkung: Die genannte Überdeckung gilt für alle Oberbauformen. Prinzip Skizzen werden hierzu im Planungsverlauf noch erstellt werden.)
- Keine Schächte innerhalb / zwischen der Trasse, Abschnitte im Mischverkehr müssen immer separat betrachtet werden. Grundsätzlich sollen aber hier auch die Leitungen verlegt werden, wenn das räumlich machbar ist.
- Entwässerung der Stadtbahntrasse erfolgt analog Straßenraum bei eingedeckter Fahrbahn. Zusätzlich wird eine Entwässerung der Rillenschienen vorgesehen. Die Entwässerung der Trasse wird an die Straßenentwässerung angeschlossen.
- Abstand Schachtabdeckungen mind. 3,65m zu Gleisachse der Stadtbahn
 - ca. 1,0 m Arbeitsraum
 - ca. 1,0 m für Absperrung und Sicherungsmaterial
 - ca. 1,65m halber Trassenbereich ab Gleismitte
- Außenkannten von Schachtbauwerk sollen außerhalb der Dynamischen Hüllkurve liegen. => 1,65m ab der Gleismitte in der Geraden, im engsten 25 m Radius plus 0,5 m (für Hüllkurvenzuschlag im Radius)
- Eine Materialvorgabe für Rohrleitungen ist nicht erforderlich
- Materialvorgaben für Schächte (gem. Schachtbaurichtlinie TBA LH-Kiel) Keine gesonderten Vorgaben.
- Die Stadtbahntrassenrohrleitungen sind in Schutzrohren zu verlegen.
- Leerrohrtrassen der Stadtbahn für technische Anlagen werden separat geplant und verlaufen regelmäßig parallel zur Trasse innerhalb der Stadtbahntrasse.

Ramboll
 Zur Gießerei 19-27c
 76227 Karlsruhe

 T +49 721 9154 9740
<https://de.ramboll.com>

Ramboll Deutschland GmbH
 Jürgen-Töpfer-Straße 48
 22763 Hamburg

Amtsgericht Hamburg, HRB 168273
 Geschäftsführer:
 Stefan Wallmann, Hannes Reuter

Confidential