



Teilgutachten Straßenbahn

Verkehrsentwicklungsplan Lübeck

Potenzialanalyse Straßenbahn Hansestadt Lübeck

Untersuchung des Potenzials und der Machbarkeit einer Straßenbahn in Lübeck unter Berücksichtigung nachfrageseitiger, technischer und wirtschaftlicher Faktoren.

Hansestadt Lübeck
Planen und Bauen
Stadtplanung und Bauordnung
Stadtentwicklung
Mühlendamm, 12 | 23552 Lübeck
(0451) 115
stadtplanung@luebeck.de
www.luebeck.de



24.06.2024

Teilgutachten Straßenbahn

Verkehrsentwicklungsplan Lübeck

Autoren

Ben-Thure von Lueder, Gertz-Gutsche-Rümenapp Stadtentwicklung und Mobilität GbR

Nils Jänig, Hannes Schweppe, Johanna Zoe Hartmann, Ramboll Deutschland GmbH



Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	10
Abkürzungsverzeichnis	12
1. Einleitung.....	13
2. Rahmenbedingungen und Kontext.....	15
2.1 Rahmenbedingungen und Kontext.....	15
2.2 Straßenbahn im Kontext der historischen Lübecker Altstadt.....	15
2.3 Renaissance der Straßenbahn in Europa	18
2.4 Verkehrspolitische Ziele bzw. Beschlusslage in Lübeck.....	18
3. Planungsparameter	19
3.1 Hochwertiger Straßenbahnbetrieb	20
3.2 Betriebsform.....	20
3.3 Fahrzeuge.....	21
3.4 Barrierefreiheit, Bahnsteighöhe und Einstiegssituation	22
3.5 Energieversorgung.....	22
3.6 Regelquerschnitte.....	24
3.7 Lichtraumbedarf in engen Radien (Altstadt)	25
3.8 Umgang mit Kreisverkehren.....	26
4. Analyse und Netzkonzepion	26
4.1 Analyse von Korridoren	26
4.1.1 Verkehrsnachfrage und Verkehrsmodellierung.....	27
4.1.2 Korridor Nord (Bad Schwartau inklusive Cleverbrück).....	29
4.1.3 Korridor Nordwest (Stockelsdorf).....	29
4.1.4 Korridor Südwest (Buntekuh und Moisling).....	30
4.1.5 Korridor Nordost (Kücknitz und Karlshof, Eric-Warburg-Brücke)	31
4.1.6 Korridor Ost (Schlutup und Eichholz).....	32
4.1.7 Korridor Süd (UKSH und Universität)	33
4.2 Realisierbarkeit einer Straßenbahn in der Altstadt.....	34
4.2.1 Bauwerke	35
4.2.2 Knotenanalyse.....	36
4.2.3 Straßenbreiten.....	38
4.2.4 Fazit Querung Altstadt.....	40
4.3 Netzkonzepion	40
4.3.1 Entwicklung Netzvarianten	40
4.3.2 Zielnetz und -konfiguration	42
4.3.2.1 Straßenbahnlinien.....	43
4.3.2.2 Begleitendes Busnetz.....	44
4.3.3 Oberbauformen	46
4.3.4 Nachfragemodellierung.....	48
4.3.5 Betriebskonzept (Takt, Fahrzeiten, Umläufe).....	50
4.3.6 Standort Betriebshof.....	50
4.3.7 Schnittstellen zu Dritten.....	53
4.4 Kostenschätzung.....	54
4.5 Fördermöglichkeiten	55
4.5.1 Brückenbauwerke	56
4.5.2 Förderanteile	56

5. Bewertung der Netzkonzeption und Vergleich mit reinem Busnetz	58
6. Fazit	60
7. Anhang	62
7.1 Anhang 1: Regelquerschnitte	62
7.1.1 Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ1: Besonderer Bahnkörper mit innenliegendem Mast.....	62
7.1.2 Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ2: Besonderer Bahnkörper mit außenliegendem Mast	63
7.1.3 Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ3: Besonderer Bahnkörper mit Zäunen bei höheren Geschwindigkeiten	64
7.1.3.1 Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ4: Besonderer Bahnkörper mit Querüberspannung	64
7.1.4 Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ5: Straßenbündiger Bahnkörper	65
7.1.5 Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ6: Besonderer Bahnkörper auf Brückenbauwerk	66
7.2 Anhang 2: Bauwerke Altstadt	67
7.2.1 Burgtor.....	67
7.2.2 Brücken	72
7.2.2.1 BW002 Holstenbrücke	72
7.2.2.2 BW004 Moltkebrücke	72
7.2.2.3 BW005 Mühlentorbrücke	72
7.2.2.4 BW006 Burgtorbrücke	73
7.2.2.5 BW011 Puppenbrücke	73
7.2.2.6 BW016 Mühlenbrücke.....	74
7.2.2.7 BW025 Rehderbrücke	74
7.3 Anhang 3: Analyse Anbindung und Querung Altstadt.....	75
7.3.1 Knoten 1: Koberg	76
7.3.2 Knoten 2: Beckergrube/An der Untertrave	77
7.3.3 Knoten 3: Beckergrube/Fünfhausen	83
7.3.4 Knoten 4: Beckergrube/Breite Straße/Pfaffenstraße.....	84
7.3.5 Knoten 5: Holstenbrücke/An der Untertrave/Holstenstraße	89
7.3.6 Knoten 6: Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße.....	94
7.3.7 Knoten 7: Kohlmarkt/Wahmstraße/Breite Straße/Sandstraße.....	100
7.3.8 Knoten 8: Wahmstraße/Königstraße	101
7.3.9 Knoten 9: Sandstraße/Schmiedestraße/Mühlenstraße (Klingenberg).....	106
7.3.10 Knoten 10: Mühlenstraße/Königstraße	107
7.3.11 Zusammenfassung Querung Altstadt.....	108
7.3.12 Straßenbreiten Altstadt Kernnetz	109
7.4 Anhang 4: Großräumige Potentialanalyse	109
7.5 Anhang 5: Ortsbesichtigung.....	120
7.6 Anhang 6: Analyse Straßenbahnnetz hinsichtlich Straßenbreiten und Querschnitten	121
7.7 Anhang 7: Regionalbuslinien	123
7.8 Anhang 8: Stadtbuslinien	125
7.9 Anhang 9: Städtebauliche Skizzen	129

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Historisches Straßenbahnnetz Lübeck, zentraler Bereich 1950er Jahre (Quelle Stadtarchiv Lübeck)	16
Abbildung 2: Historisches Straßenbahnnetz Lübeck	17
Abbildung 3: Beispiel Straßenbahn Bordeaux, Unesco-Weltkulturerbe (Quelle: Wikipedia)	17
Abbildung 4: Betriebsform Straßenbahn (Quelle: Ramboll)	21
Abbildung 5 : Anzustrebende Einstiegssituation, Quelle: VDV7011, Kapitel 3.1, 11/2000	22
Abbildung 6 : Straßenbahn Angers (links, Quelle Ingolf Berger, Ramboll) und Straßenbahn Luxemburg (rechts, Quelle Ramboll)	23
Abbildung 7 : Straßenbahn Luxemburg, Stromzuführung aus dem Gleisbett an den Haltestellen (Quelle: Stadt Luxemburg)	24
Abbildung 8: Untersuchte Korridore außerhalb der Innenstadt	28
Abbildung 9: Karte mit untersuchten Knoten in der Altstadt und den zugehörigen Korridoren	36
Abbildung 10: 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9m bei 25m Radius (rot) und Trassenbreite von 8,00m bei 23m Radius (grün))	37
Abbildung 11: Realisierbarkeit der Altstadt - Abbiegemöglichkeiten und Brückenbauwerke	38
Abbildung 12: Straßenbreiten in der Lübecker Altstadt	39
Abbildung 13: Netz der Straßenbahnlinien, farbig unterschieden	43
Abbildung 15: Liniennetz Straßenbahn mit begleitendem Busnetz im Vertiefungsbereich Kernstadt Lübeck	45
Abbildung 16: Mögliche Oberbauformen im Kernnetz	46
Abbildung 17: Mögliche Querschnitte im Kernnetz, Verteilung in %	47
Abbildung 18: Mögliche Querschnitte im Kernnetz	48
Abbildung 19: Nachfrage Straßenbahn und Bus-Zielnetz 1	49
Abbildung 20: Schematische Darstellung für Konzepte von zentralen und dezentralen Betriebshofstandorten	51
Abbildung 21: Ortsfeste Infrastruktur – Infrastrukturkosten (Stand 2022)	54
Abbildung 22: Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ1: Besonderer Bahnkörper mit innenliegendem Mast	62
Abbildung 23: Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ2: Besonderer Bahnkörper mit außenliegendem Mast	63
Abbildung 24: Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ3: Besonderer Bahnkörper mit Zäunen bei höheren Geschwindigkeiten	64

Abbildung 25: Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ4: Besonderer Bahnkörper mit Querüberspannung	65
Abbildung 26: Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ5: Straßenbündiger Bahnkörper	65
Abbildung 27: Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ6: Besonderer Bahnkörper auf Brückenbauwerken	66
Abbildung 28: GIS-Karte betroffene Bestandsbauwerke im Kernnetz	67
Abbildung 29: Burgtor, Ortsbesichtigung November 2022	68
Abbildung 30: Burgtor, historischer Plan mit Dimensionen Nr. 1 (genaues Datum unbekannt)	68
Abbildung 31: Burgtor, historischer Plan mit Dimensionen Nr. 2 (genaues Datum unbekannt)	69
Abbildung 32: Burgtor, Durchfahrt Straßenbahn 2,65 m, linkes Tor	70
Abbildung 33: Burgtor, Durchfahrt Straßenbahn 2,65 m, rechtes Tor	71
Abbildung 34: Karte mit untersuchten Knoten in der Altstadt und den zugehörigen Korridoren	76
Abbildung 35: Knoten Koberg – 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite 7,9 m bei 25 m Radius)	77
Abbildung 36: Knoten Beckergrube/An der Untertrave - 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius 8,00 m bei 23 m Radius)	78
Abbildung 37: Knoten Beckergrube/An der Untertrave - 2. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,7 m bei 25 m Radius und 4,8 m bei 23 m Radius)	78
Abbildung 38: Knoten Beckergrube/An der Untertrave - 3. Variante Multigelenkfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,3 m bei 25 m Radius und 7,4 m bei 23 m Radius)	79
Abbildung 39: Knoten Beckergrube/An der Untertrave - 5. Variante Drehgestellfahrzeug 2,40 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,4 m bei 25 m Radius und 7,5 m bei 23 m Radius)	80
Abbildung 40: Knoten Beckergrube/An der Untertrave - 6. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,40 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,45 m bei 25 m Radius und 4,55 m bei 23 m Radius)	80
Abbildung 41: Knoten Beckergrube/An der Untertrave - 7. Variante: Multigelenkfahrzeug 2,40 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 6,8 m bei 25 m Radius und 6,9 m bei 23 m Radius)	81
Abbildung 42: Knoten Beckergrube/An der Untertrave - Variante 8: Multigelenkfahrzeug 2,40 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 3,70 m bei 25 m Radius und 3,80 m bei 23 m Radius)	81
Abbildung 43: Knoten Beckergrube/Fünfhausen – 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius und 8,00 m bei 23 m Radius)	84
Abbildung 44: Knoten Beckergrube/Breite Straße/Pfaffenstraße – Variante 1: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m und 8,00 m bei 23 m Radius)	85
Abbildung 45: Knoten Beckergrube/Breite Straße/Pfaffenstraße – 2. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,7 m bei 25 m Radius und 4,8 m bei 23 m Radius)	85

Abbildung 46: Knoten Beckergrube/Breite Straße/Pfaffenstraße – 3. Variante: Multigelenkfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,30 m bei 25 m Radius und 7,40 m bei 23 m Radius)	86
Abbildung 47: Knoten Beckergrube/Breite Straße/Pfaffenstraße – Variante 4: Drehgestellfahrzeug 2,40 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,4 m bei 25 m Radius und 7,5 m bei 23 m Radius)	87
Abbildung 48: Knoten Beckergrube/Breite Straße/Pfaffenstraße – Variante 6: Multigelenkfahrzeug 2,40 m Breite (Trassenbreite von 6,80 m bei 25 m Radius und 6,90 m bei 23 m Radius)	87
Abbildung 49: Knoten Holstenbrücke/An der Untertrave/Holstenstraße Drehgestellfahrzeug – 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius und 8,00 m bei 23 m Radius)	89
Abbildung 50: Knoten Holstenbrücke/An der Untertrave/Holstenstraße – 2. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,70 m bei 25 m Radius)	90
Abbildung 51: Knoten Holstenstraße/An der Untertrave/Holstenbrücke – 3. Variante: Multigelenkfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,30 m bei 25 m Radius und 7,40 m bei 23 m Radius)	90
Abbildung 52: Knoten Holstenbrücke/An der Untertrave/Holstenstraße - 4. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,40 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius und 8,00 m bei 23 m Radius)	91
Abbildung 53: Knoten Holstenstraße/An der Untertrave/Holstenbrücke – 7. Variante: Multigelenkfahrzeug 2,40 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,30 m bei 25 m Radius und 7,40 m bei 23 m Radius)	92
Abbildung 54: Knoten Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße – 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius und 8,00 m bei 23 m Radius)	94
Abbildung 55: Knoten Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße – 2. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,70 m bei 25 m Radius und 4,80 m bei 23 m Radius)	95
Abbildung 56: Knoten Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße – 3. Variante: Multigelenkfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,30 m bei 25 m Radius und 7,40 m bei 23 m Radius)	95
Abbildung 57: Knoten Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße – 4. Variante: Multigelenkfahrzeug 2,65 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 3,70 m bei 25 m und 3,80 m bei 23 m Radius)	96
Abbildung 58: Knoten Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße - Variante 5: Drehgestellfahrzeug 2,40 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,4 m bei 25 m Radius und 7,5 m bei 23 m Radius)	97
Abbildung 59: Knoten Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße – Variante 6: Drehgestellfahrzeug 2,40 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,45 m bei 25 m Radius und 4,55 m bei 23 m Radius)	97

Abbildung 60: Knoten Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße – Variante 7: Multigelenkfahrzeug 2,40 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 6,80 m bei 25 m Radius und 6,90m bei 23m Radius)	98
Abbildung 61: Knoten Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße – Variante 8: Multigelenkfahrzeug 2,40 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 3,45 m bei 25 m Radius und 3,50 m bei 23 m Radius)	98
Abbildung 62: Knoten Kohlmarkt/Wahmstraße/Breite Straße/Sandstraße – 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius und 8,00 m bei 23 m Radius)	101
Abbildung 63: Knoten Wahmstraße/Königstraße – 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius)	102
Abbildung 64: Knoten Wahmstraße/Königstraße – 2. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,7 m bei 25 m Radius und 4,8 m bei 23 m Radius)	102
Abbildung 65: Knoten Wahmstraße/Königstraße – 4. Variante: Multigelenkfahrzeug 2,65 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 3,7 m bei 25 m Radius und 3,8 m bei 23 m Radius)	103
Abbildung 66: Knoten Wahmstraße/Königstraße – 6. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,40 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,45 m bei 25 m Radius und 4,55 m bei 23 m Radius)	104
Abbildung 67: Knoten Wahmstraße/Königstraße – 8. Variante: Multigelenkfahrzeug 2,40 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 3,7 m bei 25 m Radius und 3,8 m bei 23 m Radius)	104
Abbildung 68: Knoten Sandstraße/Schmiedestraße/Mühlenstraße (Klingenberg) – 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius)	106
Abbildung 69: Knoten Mühlenstraße/Königstraße – 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9m bei 25m Radius)	107
Abbildung 70: Umlegung der Gesamtnachfrage im Werktagsverkehr auf alle (baulich) in Frage kommenden Korridore	109
Abbildung 71: Bündelungspotentiale einzelner Korridore bei einer Bestweg-Umlegung	112
Abbildung 72: Grundszenario 1 mit Nord-Süd-Linie	114
Abbildung 73: Grundszenario 2 ohne Nord-Süd-Linie	114
Abbildung 74: Zielnetz 1 mit neuer Trave-Querung (Prioritätsstufe 1)	117
Abbildung 75: Zielnetz 1 mit neuer Trave-Querung (Prioritätsstufe 2)	117
Abbildung 76: Zielnetz 2 ohne neue Trave-Querung (Prioritätsstufe 1)	118
Abbildung 77: Zielnetz 2 ohne neue Trave-Querung (Prioritätsstufe 2)	118
Abbildung 78: Zielnetz 2 ohne neue Trave-Querung (Prioritätsstufe 2) mit Ergänzungen	119
Abbildung 79: Straßenbreiten im Verlauf des Kernnetzes	121

Abbildung 80: Straßenbreiten Kernnetz – Verteilung in %	122
Abbildung 81: Straßenbahn am Burgtor (Visualisierung)	129
Abbildung 82: Straßenbahnen mit Rasengleis am Holstentorplatz (Visualisierung)	130
Abbildung 83: Straßenbahn am zentralen Umsteigepunkt auf der Altstadtinsel, Ecke Sandstraße/Kohlmarkt (Visualisierung)	131
Abbildung 84: Straßenbahn in der Fackenburger Allee in Fahrtrichtung stadtauswärts (Visualisierung)	131
Abbildung 85: Umgestaltete Werner-Kock-Straße mit Straßenbahnhaltestelle "Hauptbahnhof" in Seitenlage (Visualisierung)	132

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abschätzung Lichtraumbedarf im Radius 25 m	25
Tabelle 2: Abschätzung Lichtraumbedarf im Radius 23 m	25
Tabelle 4: Änderung im Angebot der Stadtbuslinien	44
Tabelle 5: Oberbauform Kernnetz	46
Tabelle 6: Anteile der Querschnittsformen	47
Tabelle 7: Betriebskonzept Zielnetz	50
Tabelle 8: Gegenüberstellung zentrale und dezentrale Betriebshofstrategie	51
Tabelle 9: Zusammenstellung der Technische Grundlagen Betriebshof Straßenbahn	52
Tabelle 10: Teilindikatoren und Nutzen-Kosten-Indikator	57
Tabelle 11: Vergleich Mengengerüste zum Verkehrswendeszenario	58
Tabelle 12: BW002 Holstenbrücke	72
Tabelle 13: BW004 Holstenbrücke	72
Tabelle 14: BW005 Mühlentorbrücke	73
Tabelle 15: BW006 Burgtorbrücke	73
Tabelle 16: BW011 Puppenbrücke	73
Tabelle 17: BW016 Mühlenbrücke	74
Tabelle 18: BW025 Rehderbrücke	74
Tabelle 19: Knoten 2, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,65 m Fahrzeug	82
Tabelle 20: Knoten 2, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,40 m Fahrzeug	83
Tabelle 21: Knoten 4, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,65 m Fahrzeug	88
Tabelle 22: Knoten 4, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,40 m Fahrzeug	88
Tabelle 23: Knoten 5, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,65 m Fahrzeug	93
Tabelle 24: Knoten 5, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,40 m Fahrzeug	93
Tabelle 25: Knoten 6, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,65 m Fahrzeug	99
Tabelle 26: Knoten 6, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,40 m Fahrzeug	99
Tabelle 27: Knoten 8, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,65 m Fahrzeug	105

Tabelle 28: Knoten 8, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,40 m Fahrzeug	105
Tabelle 29: Zusammenfassung der technische Machbarkeit der Querungen Altstadt	108
Tabelle 30: Korridore für die Potentialanalyse	111
Tabelle 31: Verknüpfung der Einzelkorridore zu einem sinnvollen Grundnetzentwurf für die Potentialanalyse	113
Tabelle 32: Ergänzungsbausteine für die Potentialanalyse	116
Tabelle 33: Anteile der Straßenbreiten Kernnetz in %	122

Abkürzungsverzeichnis

BOStrab Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen

DF Drehgestellfahrzeug

EAÖ Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehrs

ERA Empfehlungen für Radverkehrsanlagen

EKrG Eisenbahnkreuzungsgesetz

GVFG Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz

HVZ Hauptverkehrszeit

Kfz Kraftfahrzeug

MIV motorisierter Individualverkehr

MG Multigelenkfahrzeug

RASt Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen

RNVP Regionaler Nahverkehrsplan

ÖPNV Öffentlicher Personennahverkehr

ÖV Öffentlicher Verkehr

PBefG Personenbeförderungsgesetz

VEP Verkehrsentwicklungsplan

VDV Verband Deutscher Verkehrsunternehmen

ZOB Zentraler Omnibusbahnhof

1. Einleitung

Die Hansestadt Lübeck ist ein Oberzentrum mit ca. 222.000 Einwohner:innen und etwa 105.000 Arbeitsplätzen, Wissensstandort mit über 10.000 Studierenden und Smart City. Die historische Lübecker Altstadt als UNESCO-Welterbestätte, das Seebad Travemünde und diverse Kulturveranstaltungen beleben den nachhaltigen Tourismus mit über 2.200.000 Übernachtungen jährlich. Nicht zuletzt aufgrund der engen Pendelverflechtungen mit dem Umland ist das täglich zu bewältigende Verkehrsaufkommen relativ hoch in Lübeck, der flächenmäßig größten Stadt in Schleswig-Holstein.

Die Bürgerschaft der Hansestadt Lübeck hat mit dem Grundlagenbeschluss zum Entwurf der Neuaufstellung des Verkehrsentwicklungsplans (VO/2021/10558-08-01) das verkehrspolitisch ambitionierte Ziel gesetzt, den prozentualen Anteil an (Haupt-)Wegen, der mit dem Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) zurückgelegt wird, von 11 % auf 20 % und den prozentualen Anteil des ÖPNV an der gesamten Verkehrsleistung nach Personenkilometern sukzessive auf 40 % bis zum Jahr 2040 zu steigern. Vor dem Hintergrund des Klimanotstandes, den die Bürgerschaft der Hansestadt Lübeck am 28. Mai 2019 festgestellt hat, und dem beschlossenen Lübecker Masterplan Klimaschutz (VO/2023/11957) mit dem Ziel der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2035, stellt sich ferner die Frage, wie die Attraktivität des ÖPNV als einem stadt- und umweltfreundlichen Verkehrssystem umfassend gesteigert werden kann.

Über die Einführung eines hochwertigen schienengebundenen Verkehrsmittels wie z. B. der Straßenbahn^[1] als Rückgrat des ÖPNV wurde in Lübeck bereits Ende der 1990er-Jahre diskutiert. Ein Basisnetz für ein hochwertiges schienengebundenes ÖPNV-System wurde im Rahmen des Verkehrsentwicklungsplanes der Hansestadt Lübeck im Jahr 2000 vorgeschlagen. Allerdings konnte die Frage, ob die Einführung einer Straßenbahn für Lübeck zweckmäßig ist, seinerzeit nicht abschließend ermittelt werden, sodass vertiefende Untersuchungen empfohlen wurden.

Im Rahmen der Neuaufstellung des Verkehrsentwicklungsplanes der Hansestadt Lübeck soll mit dem vorliegenden Gutachten die Fragestellung aufgegriffen werden, ob das Potenzial für die Einführung eines Straßenbahnsystems in Lübeck vorhanden ist. Darüber hinaus soll die Machbarkeit der Einführung eines hochwertigen schienengebundenen ÖPNV-Systems unter Berücksichtigung der topografischen und städtebaulichen Randbedingungen wie z. B. der Straßenquerschnitte und der historischen Lübecker Altstadt als UNESCO-Welterbestätte erörtert werden.

In Deutschland gibt es nur wenige Großstädte mit mehr als 200.000 Einwohner:innen, die über kein hochwertiges schienengebundenes ÖPNV-System verfügen^[2]. Ambitionierte verkehrspolitische Ziele wie die beträchtliche Steigerung des ÖPNV-Anteils am Modal Split^[3] können in der Regel nicht mit reinen Busverkehrssystemen realisiert werden. Dies ist auch für Lübeck zutreffend, was mit dem sog. „Verkehrswendeszenario“ als Randuntersuchung des 5. Regionalen Nahverkehrsplans (RNVP) modellbasiert nachgewiesen wird.

¹ Als Begriff für ein hochwertiges schienengebundenes Verkehrsmittel des ÖPNV, das mit elektrischer Energie betrieben wird, wird in diesem Gutachten einheitlich „Straßenbahn“ verwendet.

² Aachen, Kiel, Lübeck, Mönchengladbach, Münster und Wiesbaden sind deutsche Großstädte mit über 200.000 Einwohner:innen, die bislang über keinen hochwertigen schienengebundenen kommunalen Nahverkehr verfügen. Die Ratsversammlung der Landeshauptstadt Kiel hat mit der **Drucksache 0786/2022** gleichwohl die Planung eines hochwertigen ÖPNV-Systems als Tram-System (modernes Stadtbahnsystem) beschlossen.

³ Verteilung des Personen-Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel nach der Anzahl der Wege oder der zurückgelegten Personenkilometer.

Das vorliegende Gutachten wurde ergebnisoffen erarbeitet und soll Aufschluss darüber geben, ob die Einführung eines Straßenbahnsystems in Lübeck dazu beitragen kann,

- den prozentualen Anteil an (Haupt-)Wegen, der mit dem ÖPNV zurückgelegt wird, auf 20 % und den prozentualen Anteil des ÖPNV an der gesamten Verkehrsleistung nach Personenkilometern sukzessive auf 40 % bis zum Jahr 2040 zu steigern,
- und die Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors zu reduzieren
- sowie der Frage nachgehen, wie eine Straßenbahn (inkl. Busergänzungsnetz) im direkten Vergleich mit einem nachdrücklich ausgeweiteten reinen Busverkehrsangebot (sog. „Verkehrswendeszenario“) hinsichtlich verschiedener Parameter (z. B. Effizienz, Gewinn wahlfreier Fahrgäste, Fahrzeuge, Fahrer:innen) abschneidet.

Die Hansestadt Lübeck steht in Anbetracht der Neuaufstellung des Verkehrsentwicklungsplanes vor der Grundsatzentscheidung, ob der Systemwechsel von einem reinen Busverkehrssystem zu einem kombinierten System aus Bus und Straßenbahn sinnvoll ist. Sofern das Potenzial und die Machbarkeit einer Straßenbahn nachgewiesen werden können, bedarf es der Beschlussfassung der zuständigen politischen Gremien, ob auf Basis der vorliegenden Ergebnisse die Planungen fortgeführt werden und bei der weiteren Erarbeitung des Verkehrsentwicklungsplanes Berücksichtigung finden sollen.

Eingangs werden die Randbedingungen und der Kontext in Kapitel 2 beschrieben.

Die Planungsparameter, die der Potenzial- und Machbarkeitsstudie für die Einführung eines neuen Straßenbahnsystems in Lübeck zugrunde gelegt werden, werden in Kapitel 3 dargelegt.

Die Arbeitsschritte – von der Analyse der Gesamtverkehrsströme des Verkehrsmodells der Hansestadt Lübeck bis zur Modellierung des vorliegenden ÖPNV-Systems – werden in Kapitel 4 transparent gemacht. Die Analyse umfasst zum einen die verkehrliche Betrachtung unterschiedlicher Korridore und zum anderen die technische Realisierbarkeit der Einführung eines modernen Straßenbahnsystems in der historischen Lübecker Altstadt. Darauf aufbauend erfolgt die Konzeption des potenziellen Straßenbahnnetzes. Gegenstand sind z. B. das Straßenbahnliniennetz, das Buslinienergänzungsnetz, die unterschiedlichen möglichen Oberbauformen des sog. Straßenbahnkernnetzes, aus denen bspw. Abschnitte mit besonderem Bahnkörper oder Mischverkehr ersichtlich werden, ein mögliches Betriebskonzept sowie die Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der Lage eines zentralen Standortes mit mehreren dezentralen Standorten für einen Betriebshof.

Abschließend werden das Potenzial und die Machbarkeit der Einführung eines neuen Straßenbahnsystems in Lübeck fachgutachterlich in Kapitel 5 bewertet sowie der direkte Vergleich mit einem nachdrücklich ausgeweiteten reinen Busverkehrsangebot sog. „Verkehrswendeszenario“ gezogen.

Weitere Informationen wie die Regelstraßenquerschnitte mit einer Straßenbahn, die Bestandsaufnahme und Ersteinschätzung von Bauwerken (z. B. Burgtor und Holstenbrücke), die Prüfung der Schleppkurven mit unterschiedlichen Fahrzeugtypen und -breiten an Knotenpunkten der historischen Altstadt, die Ausgangsbasis der Gesamtverkehrsströme im Detail, die Analyse von Straßenbreiten und -querschnitten eines potenziellen Straßenbahnnetzes

und skizzenartige Visualisierungen einer modernen Straßenbahn an unterschiedlichen Orten in Lübeck sind dem Kapitel 7.9 – Anhang 9 zu entnehmen.

2. Rahmenbedingungen und Kontext

2.1 Rahmenbedingungen und Kontext

In diesem Kapitel werden die Voraussetzungen der Wiedereinführung der Straßenbahn beschrieben, insbesondere die grundsätzlichen Bedingungen.

Die Kernbereiche Lübecks umfassen die Altstadtinsel und die historisch gewachsenen umliegenden Stadtteile. Die historisch gewachsene Struktur mit der Altstadt im Zentrum der Stadt ist in Lübeck von der Umrandung durch die Trave und Wakenitz geprägt. Daraus ergeben sich Herausforderungen bei der Erschließung der Altstadtinsel und verkehrliche Zwänge (z.B. vorhandene Brückenbauwerke, Denkmalschutz). Die mittelalterlich geprägte Stadtstruktur der Altstadtinsel wird durch die heutigen Anforderungen vor Herausforderungen gestellt. Das UNESCO-Welterbe „Lübecker Altstadt“ auf der Altstadtinsel stellt einen Publikumsmagnet dar, der überregionale Tourist:innenströme anlockt. Aber auch innerhalb der Stadt Lübeck gibt es erhebliche Binnenverkehre, die sich ebenso stark auf die Altstadtinsel konzentrieren. Das Busverkehrssystem in Lübeck hat im Bestand seinen wichtigsten Umsteigeknoten am Hauptbahnhof, an dem der ZOB angegliedert ist. Die meisten Buslinien bedienen die Altstadt und fahren ab dem ZOB über den Holstentorplatz. Die Linie 5 quert die Altstadt beispielsweise in Ost-West-Richtung und verkehrt ganztägig im 10-Minuten-Takt, was sie zur taktstärksten Linie in Lübeck macht. Die abseits der Altstadt gelegenen Stadtteile bedingen eine gute Anbindung an die zentralen Bereiche der Stadt, insbesondere die Großwohnsiedlungen von Kücknitz, Moisling, Buntekuh und Eichholz sind Nachfrageschwerpunkte.

Die heutige Situation ist durch einen für eine Stadt dieser Größe niedrigen Modal-Split im ÖV von rund 11 % geprägt, vergleichbar mit Kiel. Die Klimaschutzziele (siehe Hauptwerk Verkehrsentwicklungsplan Lübeck) sind mit diesem ÖV-Anteil nicht zu erreichen, der Verkehrsentwicklungsplan (VEP) selbst wird Aussagen tätigen, wie diese Situation zu verbessern ist. Die Innenstadt, die ursprünglich nicht für das Auto geplant wurde und die längste Zeit ihrer Geschichte autofrei war, ist heute sehr deutlich durch den Kfz-Verkehr und Busverkehr geprägt. Der Hauptbahnhof als zentraler Bahnknoten mit ZOB liegt in westlicher Richtung außerhalb der Innenstadt.

2.2 Straßenbahn im Kontext der historischen Lübecker Altstadt

Die Straßenbahn ist 1959 in Lübeck geschlossen worden, es gab aber mal ein recht umfangreiches Netz, wie die folgende Abbildung 1 zeigt:

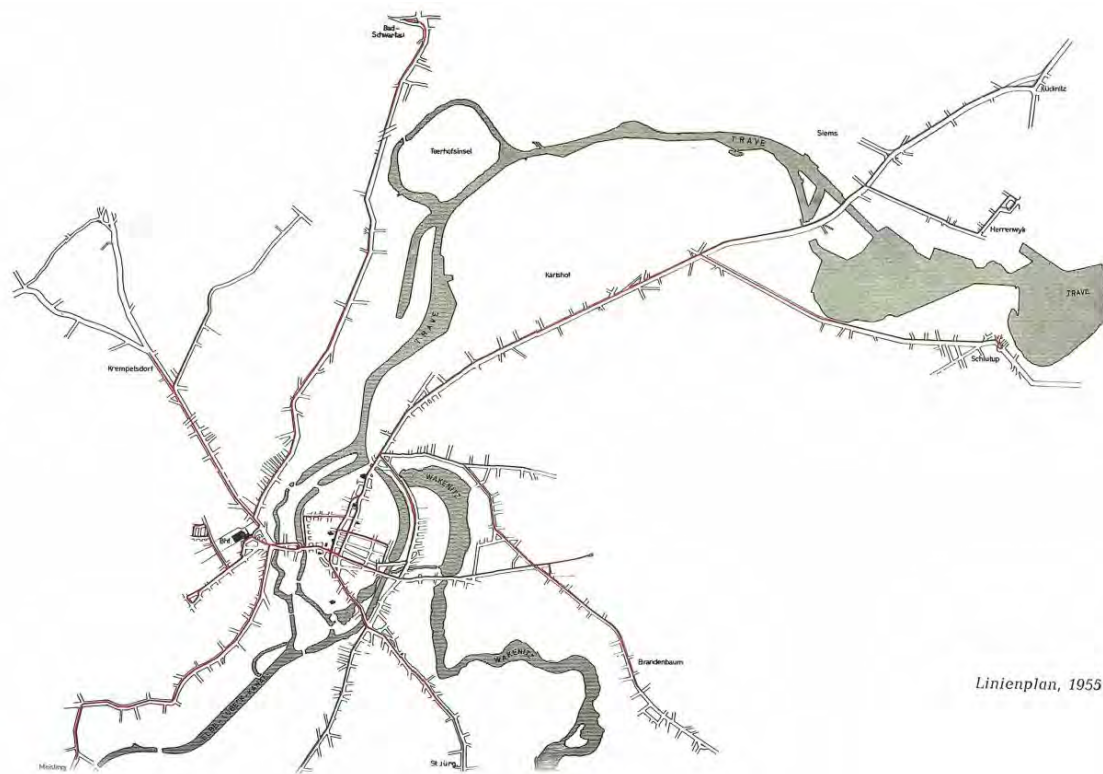


Abbildung 1: Historisches Straßenbahnnetz Lübeck, zentraler Bereich 1950er Jahre (Quelle Stadtarchiv Lübeck)

Neue Straßenbahnfahrzeuge, die deutlich breiter als die alten Straßenbahnfahrzeuge sind, müssten auch die Innenstadt mit ihren engen Straßenräumen und Kurven durchqueren. Sonst ist aufgrund der topographischen Lage auch im Zusammenhang mit der Trave und den vielen Brücken, die alle unter Denkmalschutz stehen, keine sinnvolle Anbindung der Innenstadt und Durchbindung von Linien denkbar. Für den Fall von Überlegungen, ein Straßenbahnsystem nicht in die historische Innenstadt führen zu wollen – also ein Szenario „Straßenbahn nur außerhalb der Innenstadt“ müsste diese noch durch viele Buslinien erschlossen werden, was auf den Außenästen zwangsläufig zu parallelen Bedienungen führen würde, was wirtschaftlich und planerisch nicht sinnvoll ist. Dementsprechend wird in dieser Untersuchung ein Fokus auch auf die Altstadt gelegt. Hier sinnvolle Querungs- und Bedienmöglichkeiten zu ermitteln und daraus ein Liniennetz mit ausreichender Nachfrage zu entwickeln ist von zentraler Bedeutung für das gesamte Teilgutachten.

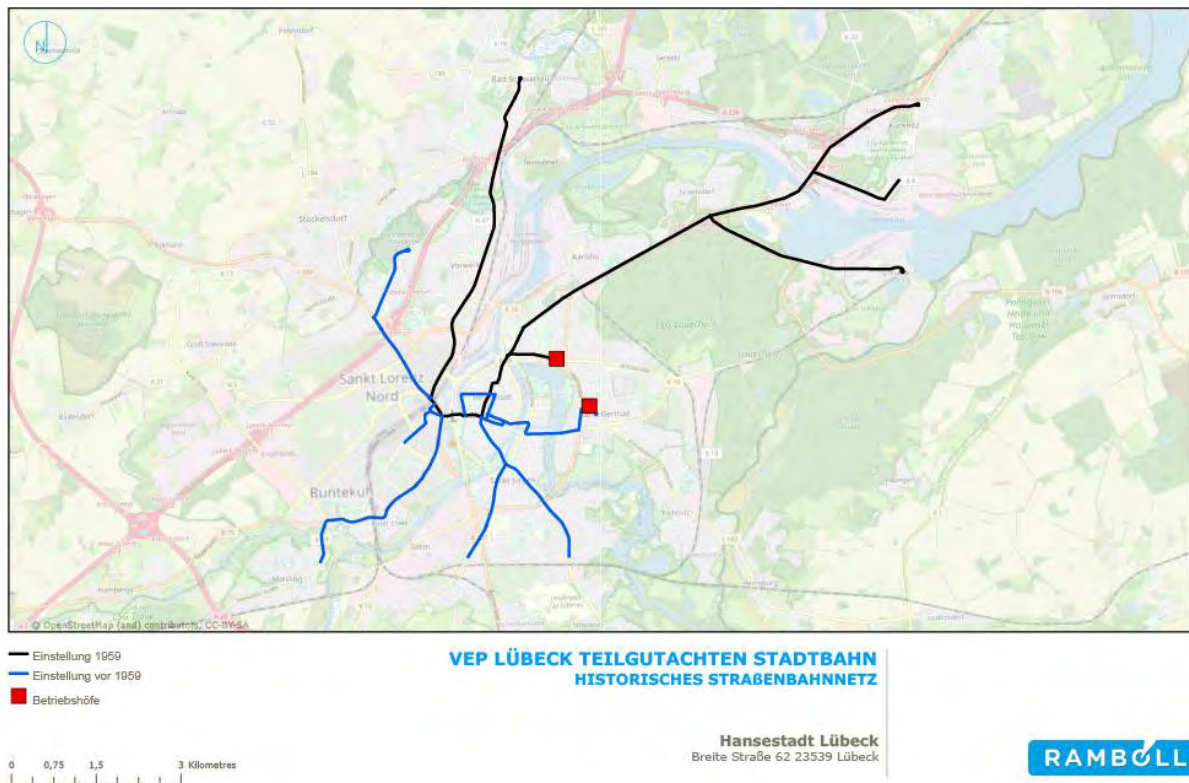


Abbildung 2: Historisches Straßenbahnnetz Lübeck

Zu beachten ist dabei der UNESCO-Weltkulturerbe-Status der Innenstadt als Ensemble. Hier ist Lübeck vergleichbar mit Bordeaux, welches diesen Status heute auch hält, ihn aber insbesondere mit der Einführung der Straßenbahn ohne Oberleitung in der Innenstadt erhalten hat (siehe folgende Abbildung 3). Der UNESCO-Weltkulturerbe-Status und eine Straßenbahn schließen sich also nicht aus, wenn diese behutsam in den städtebaulich sensiblen Bereich eingefügt wird.



Abbildung 3: Beispiel Straßenbahn Bordeaux, Unesco-Weltkulturerbe (Quelle: Wikipedia)

2.3 Renaissance der Straßenbahn in Europa

Ein Blick in unser Nachbarland Frankreich zeigt, dass dort in den letzten drei Jahrzehnten über 25 Städte (z.T. bereits ab 40.000 Einwohner:innen) neue Straßenbahnsysteme eingeführt haben. Waren dort Mitte der 1980er Jahre nur noch drei Straßenbahnsysteme in Betrieb (in Lille, St Etienne, Marseille), könnte in naher Zukunft das 130.000 Einwohner:innen zählende Annecy die 30. Straßenbahnstadt in Frankreich werden. Langzeiterfahrungen in französischen Straßenbahnstädten zeigen, dass hier oftmals eine Vervielfachung der Fahrgastzahlen im Vergleich zum vorher verkehrenden Bussystem möglich wurde sowie zusätzlich positive Effekte auf den innerstädtischen Einzelhandel feststellbar sind. Die neuen Systeme bewiesen sich als wichtiger Standortfaktor: So trat in Städten mit wiedereingeführten Straßenbahnen – beispielsweise in Strasbourg – eine Attraktivitätssteigerung und Belebung der Stadtkerne ein (mehr Passant:innen, weniger Emissionen). Hierdurch stiegen sowohl der Absatz des Handels als auch die Grundstückswerte. In Strasbourg konnten bereits drei Jahre nach der Eröffnung der ersten Straßenbahnlinie 43% mehr Menschen im Gesamtnetz des ÖPNV gezählt werden. Insgesamt konnte dort der ÖPNV-Anteil am Modal Split verdoppelt, der Autoverkehr um 17% verringert, sowie das Aufkommen an Fußgänger:innen in den Einkaufsstraßen um 20% gesteigert werden. In Grenoble in den französischen Alpen, wo bereits 1987 die Straßenbahn wiedereingeführt wurde, konnten die Fahrgastzahlen im ÖPNV-Gesamtnetz mittlerweile im Vergleich zu Vor-Straßenbahn-Zeiten mehr als verdoppelt werden, ebenso im südfranzösischen Montpellier (+115 % Fahrgäste), wo ab dem Jahr 2000 ein immer größer werdendes Netz aufgebaut werden konnte. Ähnliche Erfolgszahlen sind im Nachbarland Dänemark zu verzeichnen: In Aarhus, das seit dem 21. Dezember 2017 wieder eine Straßenbahn hat, lag das Fahrgastaufkommen bereits 100 Tage nach der Eröffnung knapp 40% über dem Niveau der zuvor auf den nun durch die Straßenbahn bedienten Busrelationen. Auch in Odense nahm 2022 ein neues Stadtbahnsystem den Betrieb auf, in Kopenhagen soll die neue Stadtbahn 2025 eröffnet werden. In Lund, Schweden, wurde der Betrieb einer neuen Straßenbahn 2020 aufgenommen.

2.4 Verkehrspolitische Ziele bzw. Beschlusslage in Lübeck

Das Thema Wiedereinführung einer Straßenbahn wurde in Lübeck in den letzten Jahren immer wieder diskutiert, war im alten VEP von 2000, sowie im ersten und zweiten Regionalen Nahverkehrsplan (RNVP) der Hansestadt Lübeck enthalten. So schlug der VEP 2000 die „Förderung des öffentlichen Personennahverkehrs durch 'Systemsprung' auf die Stadtbahn“ vor und empfahl die weitere Vertiefung dieses Themas. Entsprechend wurde die Stadtverwaltung am 24.02.2011 von der Bürgerschaft damit beauftragt, eine Machbarkeitsstudie für eine Straßenbahn durchführen zu lassen (TOP 12.3, Drs. Nr. 29). Dies konnte jedoch infolge anderer Prioritätensetzung zunächst nicht umgesetzt werden, sodass für die Klärung der vor dem Hintergrund der Verkehrswende strategisch wichtigen Grundsatzfrage pro oder contra Straßenbahnsystem bis dato eine fundierte Planungs- und Entscheidungsgrundlage fehlte.

Die hiermit vorgelegte Untersuchung hat somit eine hohe Relevanz für die politische Entscheidungsfindung und für den zukünftigen Verkehrsentwicklungsplan: Dieser soll generell aufzeigen, wie das Lübecker Verkehrssystem im Hinblick auf die Herausforderungen der Zukunft angepasst werden muss. Vor dem Hintergrund ist gleich zu Beginn des Prozesses die Frage zu klären, ob eine Straßenbahn bei der Aufstellung des VEP mitgedacht werden soll oder nicht. Das Gutachten soll dabei auf den Punkt bringen, wie und ob eine Straßenbahn dazu beitragen kann,

die Ziele der Bürgerschaft zum VEP (20 % ÖV-Modal Split-Anteil nach Wegen, 40 % nach Leistung) sowie die Ziele der Bürgerschaft zum Klimaschutz (Klimaneutralität bis 2035) zu erreichen. Darüber hinaus soll geklärt werden, wie eine Straßenbahn (mit Busergänzungsnetz) im direkten Vergleich zu einem deutlich verbesserten Busverkehrssystem im Hinblick auf Punkte, wie Effizienz, Gewinn wahlfreier Fahrgäste, verfügbare Kapazitäten der Altstadtinsel, den Einsatz von Fahrzeugen und Fahrer:innen abschneidet.

Hierbei steht die Frage im Mittelpunkt, ob ein Systemsprung auf die Straßenbahn eine Strategie ist, auf die die Hansestadt Lübeck setzen sollte, oder ob die Potenziale zu gering sind, um dieses Vorhaben hinreichend zu begründen.

3. Planungsparameter

In diesem Kapitel werden die grundsätzlichen technischen Planungsparameter für eine hochwertige, moderne Straßenbahn definiert. Es wird erläutert, wie diese auf die Hansestadt Lübeck angewendet werden können, welche Annahmen der weiteren Planung dieser Machbarkeitsstudie zugrunde liegen und welche Parameter noch flexibel sind.

Eine Straßenbahn sollte auf eigener Trasse möglichst unabhängig vom Straßenverkehr geführt werden, um einen verlässlichen und störungsfreien Betrieb zu gewährleisten. Auch für die Förderung nach Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG) ist eine Mindestquote von 50% eigenem Bahnkörper relevant.

Sollte ein eigener Bahnkörper nicht möglich sein, was im Allgemeinen an den verfügbaren Straßenraumbreiten (von Fassade zu Fassade) oder der verringerten Leistungsfähigkeit des Straßenverkehrs liegt, ist auch eine Führungsform als Mischbetrieb mit Lage von Gleisen im Straßenraum möglich. In diesem Falle sollte durch moderne Methoden der Verkehrslenkung eine gute Priorisierung der Straßenbahn erreicht werden, damit diese möglichst wenig durch andere Verkehrsteilnehmende beeinträchtigt wird. Auch das ist eine Voraussetzung für die Förderung nach GVFG (siehe Kapitel 4.5).

Grundsätzlich sind in den Straßenzügen, welche für die Straßenbahn in Frage kommen, die verfügbaren Straßenraumbreiten zu klären. Dabei sind alle Verkehrsträger angemessen zu berücksichtigen. Ein klassischer Querschnitt beinhaltet Raum für den Fußverkehr, Radverkehrsanlagen, Parken/Anliefern, Bäume, Straßen, Straßenbahn, Signale/Schilder/Lichtsignalanlagen, Masten der Stromversorgung oder Straßenbeleuchtung sowie ggf. Haltestellen. Für alle Verkehrsträger gibt es Mindestmaße, die weitgehend in den Empfehlungen für Anlagen des Öffentlichen Personennahverkehrs (EAÖ), den Richtlinien für Anlagen von Stadtstraßen (RASt) oder den Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA) geregelt sind. Zwischen den Verkehrsträgern sind dabei auch Sicherheitsabstände zu berücksichtigen. Für die Straßenbahn gilt die Verordnung für Bau und Betrieb von Straßenbahnen (BOStrab).

Die nach BOStrab maximal mögliche Fahrzeugbreite beträgt 2,65 m. Grundsätzlich wurde deswegen für diese Machbarkeitsstudie diese Breite von 2,65 m unterstellt, welche die höchste Fahrgastkapazität und damit Wirtschaftlichkeit pro Fahrgast bietet. Diesen Weg geht aktuell die Stadt Kiel mit 54 und 45 m langen Straßenbahnfahrzeugen der Breite 2,65 m. Für Lübeck muss aber die Altstadt mitberücksichtigt werden, so dass die Breite von 2,40 m, die aus städtebaulichen

Gründen viele französische Systeme (oder Deutsche Systeme aus historischen Gründen) aufweisen, mit in Betracht gezogen wird. Die Fahrzeugbreite ist also nicht vorab festgelegt.

Die notwendige Fahrzeuglänge und damit auch Haltestellenlänge ergibt sich aus der Nachfrage und wurde für diese Studie grob abgeschätzt.

3.1 Hochwertiger Straßenbahnbetrieb

Folgende Grundsätze kommen zur Anwendung, welche bei einer späteren Fortführung der Planung auch gelten werden. D.h. von diesen sollte nicht abgewichen werden:

- Führung so viel wie möglich auf eigener zweigleisiger/zweispuriger Trasse, wenn es von den Straßenbreiten möglich ist und die anderen Verkehrsträger den notwendigen Platz erhalten sowie die Straßenleistungsfähigkeit noch angemessen ist.
- Volle 100 % Priorisierung an Kreuzungen für attraktive Fahrzeiten ist anzustreben, wobei insbesondere der Einfluss auf die Knotenleistungsfähigkeit zu prüfen ist.
- Der Betrieb muss „hochwertig“ für den Fahrgast erfahrbar sein, durch einen möglichst hohen Beförderungskomfort, insbesondere im Vergleich zum Ist-Zustand.
- Für ein attraktives Angebot ist ein dichter Takt von mindestens 10 Minuten (zur Hauptverkehrszeit) auf den Außenästen einzurichten.
- Fahrzeuge verkehren im Zwei-Richtungsbetrieb ohne Wendeschleifen (die oft mehr Platz benötigen).
- Es besteht ein hoher städtebaulicher Anspruch, mit besonderer Sensibilität in der Innenstadt von Lübeck vor dem Hintergrund des UNESCO-Welterbes
- Haltestellenabstand
 - Im Kernbereich liegt dieser bei 300 bis 400 m,
 - Außenbereich gilt der Zielwert von 700m – 1000m (höhere Reisegeschwindigkeit)
- Zielwert für die Durchschnittsgeschwindigkeit einer Straßenbahn in Lübeck ist 18-20 km/h
 - Gute Balance zwischen attraktiven Fahrzeiten (auch im Vergleich zum MIV) und Nachteilen für andere Verkehrsteilnehmende.
 - Effekt der Altstadt mit langsamen Geschwindigkeiten ist dabei berücksichtigt.

3.2 Betriebsform

Folgende Möglichkeiten kommen für die Straßenbahn in Frage:

- Typ 1 Besonderer Bahnkörper: 2-gleisig; ungestörter Betrieb auf eigenem Gleiskörper (besonderer Bahnkörper gem. BOStrab) als Grundsatz der gesamten Studie
- Typ 2 Straßenbündiger Bahnkörper (Mischbetrieb mit IV im Straßenraum): Diese Ausprägung ist nur die Ausnahme - wenn möglich unter Einsatz der dynamischen Straßenraumfreigabe. Idealerweise sollte ein möglichst geringer Teil des gesamten Netzes als Mischbetriebstrasse ausgeführt werden, um die Projektziele zu erreichen. Bei hohen Werten sollten zukünftige betriebliche Simulationen zeigen, wie die Effekte auf die Fahrzeitberechnung sich insgesamt auswirken und die Projektziele - insbesondere ein positiver volkswirtschaftlicher Nutzen-Kosten-Indikator - trotzdem erreichbar sind. Bei

diesem Typ kann auch ein Gleis im Straßenraum liegen, und das andere als eigener Gleiskörper ausgeführt werden.

- Typ 3 Eingleisige Abschnitte: Diese Betriebsform ist grundsätzlich zu vermeiden und nur in Ausnahmefällen (z.B. städtebauliche Gründe, enge Platzverhältnisse) denkbar; sie ist bei Fortführung der Planung auf ihre betrieblichen Folgewirkungen (geringe Kapazität und Betriebsstabilität) im Netz mit einem Betriebsmodell zu prüfen.



Abbildung 4: Betriebsform Straßenbahn (Quelle: Ramboll)

3.3 Fahrzeuge

Folgende Grundsätze kommen zur Anwendung:

- Modernes attraktives Niederflersystem mit 100% Barrierefreiheit, die gesetzlich vorgeschrieben ist.
- Der Einstiegsbereich der Fahrzeuge liegt ca. 50 mm höher als die Bahnsteighöhe. Eine Standardbahnsteighöhe für neue Systeme ist normalerweise 300 mm, was ein guter Kompromiss zwischen der notwendigen Barrierefreiheit, der Wirtschaftlichkeit von Fahrzeugen (Instandhaltung und Anschaffung) und der städtebaulichen Integration von Haltestellen darstellt. Die Bahnsteighöhe ist aber für Lübeck noch nicht festgelegt.
- Die Fahrzeuglänge ist abhängig von Nachfrage und bestimmt auch die Länge der Haltestellen. Beides ist aktuell für Lübeck noch nicht festgelegt, erste grobe Abschätzungen wurden getroffen.
- Es gibt eine klare Tendenz bei neuen Straßenbahnsystemen zu längeren Fahrzeugen, die nicht mehr in zweifach-Traktion gekuppelt fahren. Die Unterschiede zwischen Hauptverkehrs- und Schwachlastzeiten nehmen generell ab, Stärken- und Schwächen von Fahrzeugeinheiten wird damit weniger relevant. Das wurde auch für Lübeck unterstellt, ist aber nicht final festgelegt.
- Die Fahrzeugbreite sollte aus wirtschaftlichen Gründen die maximale Breite von 2,65 m nach BOStrab ausnutzen, eine geringere Breite von 2,40 m sollte aber auch aufgrund der engen Platzverhältnisse in der Altstadt geprüft werden. Die Fahrzeugbreite ist somit nicht festgelegt.
- Bei einer Fahrzeugbreite von 2,30 m sind nur noch 2+1 Sitze in einer Reihe möglich, was langfristig zu einer zu geringen Kapazität führt und für ein neues System nicht zu empfehlen ist. Diese Breite wurde in der Machbarkeitsstudie deswegen nicht berücksichtigt.
- Die minimale Fahrzeughöhe mit abgezogenem Stromabnehmer beträgt 3,80 m, was für die Prüfung bei engen Durchfahrten (z.B. Burgtor) wichtig ist.
- Es wird noch keine Vorentscheidung für einen Fahrzeugtyp getroffen, die wesentlichen Typen werden in dieser Machbarkeitsstudie geprüft:
 - Drehgestellfahrzeug, d.h. unter dem Fahrzeug sind frei ausdrehbare Drehgestelle angebracht, die im Allgemeinen eine gute Laufruhe, hohen Fahrgastkomfort und

geringeren Lärm in Kurvefahrten aufweisen sowie zu weniger Verschleiß (Instandhaltungskosten) führen.

- Multigelenkfahrzeug, d.h. nur geringfügig ausdrehbare Fahrgestelle unter dem Fahrzeug, welche aber zu einem großzügigeren Innenraum und dessen Konfigurationsmöglichkeiten führen. Multifunktionsbereiche und Türen können freier angeordnet werden. Die meisten der modernen französischen Systeme sind Multigelenkfahrzeuge, die aber im Allgemeinen mehr Verschleiß und Instandhaltungskosten nach sich ziehen.

3.4 Barrierefreiheit, Bahnsteighöhe und Einstiegssituation

Die vollständige Barrierefreiheit ist zu gewährleisten. Das ist eine gesetzliche Vorgabe ab 2022 in allen ÖV-Netzen. In dem zum 1. 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 1. Januar 2022 eine vollständige Barrierefreiheit zu erreichen.

Bahnsteige für moderne neue Straßenbahn-Systeme weisen eine Höhe von 250 bis 300 mm auf (siehe auch Kapitel 3), die genaue Höhe muss zum aktuellen Zeitpunkt nicht festgelegt werden. Die Einstiegshöhe des Fahrzeugs liegt rund 50 mm im leeren unbeladenen Zustand über der Bahnsteighöhe.

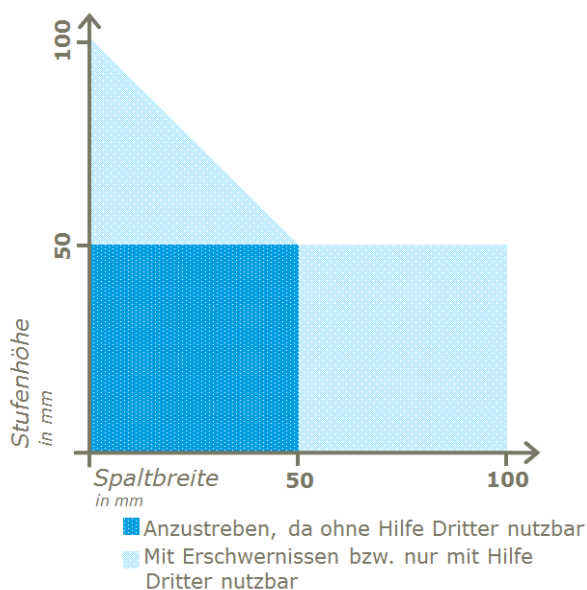


Abbildung 5 : Anzustrebende Einstiegssituation, Quelle: VDV7011, Kapitel 3.1, 11/2000

3.5 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, das sich nicht nur als wirtschaftlichste Lösung der Stromversorgung für Straßen- und Straßenbahnen kennzeichnet, sondern auch einen geringen ökologischen

Fußabdruck aufweist. Auch was den Wirkungsgrad (Ausnutzungsgrad der zu Verfügung gestellten Primärenergie) angeht, ist der Fahrdraht 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.

Deswegen ist die klare Empfehlung außerhalb der Altstadt eine Oberleitung mit 750 V zu installieren, Unterwerke sind alle 1,5 bis 2 km notwendig. Das sollte in zukünftigen Planungsphasen auch berücksichtigt werden.

Für die Altstadt stellt sich die Lage anders dar. Hier wird ein oberleitungsloser Betrieb aus städtebaulichen Gründen empfohlen. Die genaue technische Lösung steht zu einem so frühen Zeitpunkt aber nicht fest. Grundsätzlich ist dabei folgendes zu beachten bzw. folgende Lösungen kommen in Frage:

- UNESCO-Welkulturerbe Status: Nach der Ortsbesichtigung ist nach Auffassung von Ramboll eine Oberleitung kaum vorstellbar oder technisch teilweise nicht möglich (z.B. Burgtor Durchfahrtshöhe)
- Mögliches Vorbild ist die Straßenbahn in Bordeaux, die im Innenstadtbereich ohne Oberleitung verkehrt; dessen Lösung der Stromzuführung aus dem Gleisbereich (APS) ist aber teuer und technisch anspruchsvoll; in Deutschland ist das System bisher nicht realisiert und nicht zugelassen worden.
- Die Batterietechnik auf den Fahrzeugen entwickelt sich immer weiter und stellt eine sinnvolle Alternative zur Oberleitung auf kürzeren Abschnitten dar. Gesamte Systeme, die nur mit Batterieenergie ohne weitere Aufladung verkehren, gibt es bisher nicht. Nachteilig ist das höhere Gewicht der Fahrzeuge und insbesondere die Auswirkungen auf die vielen Brücken in Lübeck.
- Für Lübeck kommt nach Einschätzung von Ramboll eine Lösung wie in Luxemburg ohne Oberleitung mit kurzer Aufladung von Fahrzeugbatterien an zentralen Haltestellen in der Altstadt in Frage; die Aufladung kann aus dem Gleisbett erfolgen, um die Fahrzeuge nicht mit zu schweren und großen Batterien ausstatten zu müssen.



Abbildung 6 : Straßenbahn Angers (links, Quelle Ingolf Berger, Ramboll) und Straßenbahn Luxemburg (rechts, Quelle Ramboll)

- Die wesentlichen Merkmale aus Luxemburg sind:

- Das Fahrzeug verfügt über einen Stromabnehmer für den Betrieb in Außenbereichen- 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 ist so bemessen, 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.

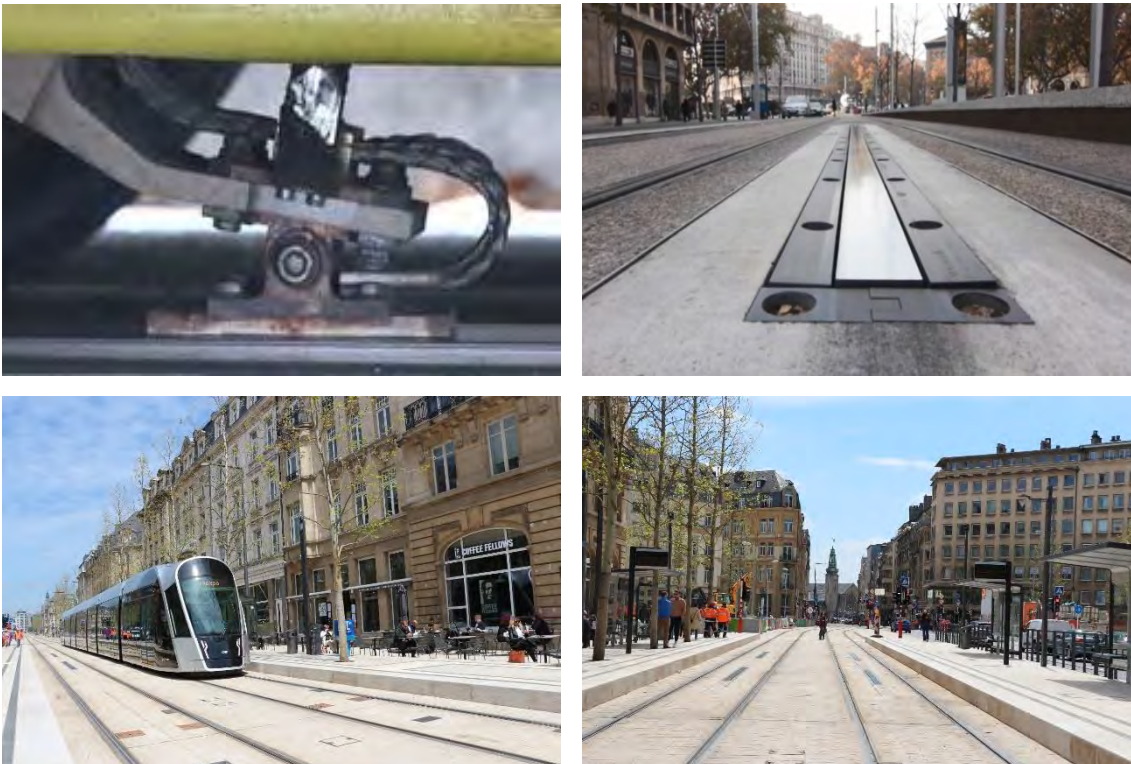


Abbildung 7 : Straßenbahn Luxemburg, Stromzuführung aus dem Gleisbett an den Haltestellen (Quelle: Stadt Luxemburg)

3.6 Regelquerschnitte

Die Regelquerschnitte beziehen sich nur auf den Bereich der Fahrbahn der Straßenbahn, 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 lokalen Standards, die hier nicht aufgelistet werden.

Die vorgeschlagenen Regelquerschnitte beruhen auf:

- Betriebsordnung Straßenbahn, BOStrab
- Empfehlungen für Anlagen des Öffentlichen Personennahverkehrs, EAÖ-Ausgabe 2013
- Richtlinien für Anlagen von Stadtstraßen, RAST 2006

- Dem Lichtraumbedarf von Fahrzeugen der Breite 2,65 m mit Zuschlägen (siehe auch Kapitel 7.1 - Anhang 1

Es wurden 6 Regelquerschnitte entwickelt, welche in Kapitel 7.1 – Anhang 1 dokumentiert sind:

- Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ1: Besonderer Bahnkörper mit innenliegendem Mast
- Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ2: Besonderer Bahnkörper mit außenliegendem Mast
- Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ3: Besonderer Bahnkörper mit Zäunen bei höheren Geschwindigkeiten
- Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ4: Besonderer Bahnkörper mit Querüberspannung
- Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ5: Straßenbündiger Bahnkörper
- Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ6: Besonderer Bahnkörper auf Brückenbauwerk

3.7 Lichtraumbedarf in engen Radien (Altstadt)

In engen Radien ist der Standardlichtraum der Regelquerschnitte aufzuweiten, da Straßenbahnfahrzeuge in verschiedenen Konfigurationen, d.h. in Abhängigkeit der Länge und Anordnung von Wagenkästen und Drehgestellen bzw. Fahrwerken, nach innen und außen „ausschlagen“ und mehr Platz als im geraden Gleis benötigen. Da zu diesem Zeitpunkt noch kein Fahrzeugtyp ausgewählt wurde (siehe Kapitel 3.3) ist aufgrund von vergleichbaren Projekten der notwendige Zuschlag für enge Radien abgeschätzt worden. Das ist für die beiden in Frage kommenden Fahrzeugbreiten von 2,40 m und 2,65 m erfolgt.

Generell gilt, dass der Verschleiß Rad-Schiene in engen Radien deutlich ansteigt und ein wesentlicher Kostentreiber ist. Auch nimmt das sogenannte „Kurvenquietschen“ zu und damit das Lärm- und Erschütterungsrisiko. Deswegen wurden die minimalen Radien, die für moderne Fahrzeuge noch sinnvoll zu betreiben sind, auf 25 bzw. 23 m gesetzt. Der Zielwert ist 25 m, 23 m der Ausnahmewert. Davon sollte auch in zukünftigen Planungen nicht abgewichen werden. Insbesondere die Straßenräume in der Altstadt werden einer detaillierten Betrachtung mit diesen Radien unterzogen.

Die folgenden Annahmen für minimalen Lichtraumbedarf der Trasse in engen Kurvenradien bei geringen Geschwindigkeiten und 15 cm Zuschlag für den dynamischen Lichtraum ohne Sicherheitsbereich (50 cm in den Regelquerschnitten, siehe Kapitel 7.1 - Anhang 1) wurden getroffen. Mit diesen Werten wurden die Quermöglichkeiten der Altstadt berechnet:

Tabelle 1: Abschätzung Lichtraumbedarf im Radius 25 m

Kurvenradius=25 m	Multigelenkfahrzeug	Drehgestellfahrzeug
Fahrzeugbreite: 2,65 m; 2 Gleise	7,30 m	7,90 m
Fahrzeugbreite: 2,40 m; 2 Gleise	6,80 m	7,40 m
Fahrzeugbreite: 2,65 m; 1 Gleis	3,70 m	4,70 m
Fahrzeugbreite: 2,40 m; 1 Gleis	3,45 m	4,45 m

Tabelle 2: Abschätzung Lichtraumbedarf im Radius 23 m

Kurvenradius=23 m	Multigelenkfahrzeug	Drehgestellfahrzeug
Fahrzeugbreite: 2,65 m; 2 Gleise	7,40 m	8,00 m
Fahrzeugbreite: 2,40 m; 2 Gleise	6,90 m	7,50 m

Fahrzeugbreite: 2,65 m; 1 Gleis	3,80 m	4,80 m
Fahrzeugbreite: 2,40 m; 1 Gleis	3,55 m	4,55 m

3.8 Umgang mit Kreisverkehren

Eine im Vergleich zu anderen Städten besondere verkehrliche Situation ergibt sich in der Hansestadt Lübeck durch die Vielzahl groß dimensionierter, teils mehrspuriger und größtenteils bisher nicht signalisierter Kreisverkehrsplätze, die "Teller" genannt werden.

Die Dimensionen würden ein Ausfahren der Kreisfahrbahn durch die Straßenbahn zwar teilweise sogar zulassen, aus verkehrstechnischer und fahrdynamischer Sicht stellt dies jedoch keine sinnvolle Lösung dar. Grundsätzlich ist daher davon auszugehen, dass bei einer Umgestaltung der Kreisverkehre mit entsprechender Signalisierung eine gradlinige Führung der Straßenbahn über die Kreisverkehrsmitte baulich machbar ist. Hierfür existieren aus umgesetzten Straßenbahnprojekten im In- und Ausland auch entsprechende Umsetzungsbeispiele, die sowohl die baulichen, als auch die regulatorischen Anforderungen erfüllen.

Aufgrund der beschriebenen besonderen Situation in Lübeck, der teils im heutigen Bestand nachgewiesenen Unfallhäufung und der Auswirkungen der teils sehr innenstadtnah liegenden "Teller" auf den Fuß- und Radverkehr und das Stadtbild sollte jedoch stets im Einzelfall betrachtet werden, welche anderen Führungsformen machbar sind. Da für einen Straßenbahnkorridor ohnehin der Straßenraum umverteilt wird, besteht hier auch eine Chance, historisch gewachsene, aber nicht mehr zeitgemäße Strukturen zu ersetzen und die geförderten Baukosten der Straßenbahn auch für die Zwecke der anderen Verkehrsträger einzusetzen.

Der in Erarbeitung befindliche Verkehrsentwicklungsplan ist ein Bindeglied der Anforderungen der einzelnen Verkehrsträger und soll optimale Lösungen ableiten, die trotz der Konkurrenz um die begrenzten Flächen eine verbesserte Gesamtsituation ergeben. Hierbei werden auch die Lübecker Teller mit ihren Besonderheiten betrachtet und Erkenntnisse abgeleitet werden, die für den Umsetzungsprozess einer Straßenbahn hilfreich sein werden.

4. Analyse und Netzkonzepction

4.1 Analyse von Korridoren

Nachfolgend wird beschrieben, mit welchen Eingangsdaten die denkbaren Varianten geprüft wurden und welche Erkenntnisse hierbei gewonnen wurden. Die gesamte Phase der Netzkonzepction wurde mit dem Verkehrsmodell begleitet, sodass transparent und vergleichbar Aufwand und Wirkungen der Ansätze in Relation gebracht werden konnten.

Zunächst sollen in Kapitel 4.1.1 das Verkehrsmodell und die daraus gewonnenen Daten beschrieben werden, anschließend werden für jeden Korridor die Ergebnisse der Abwägung dargestellt.

4.1.1 Verkehrsnachfrage und Verkehrsmodellierung

Für die Hansestadt Lübeck wurde in den vergangenen Jahren ein neues regionales multimodales Verkehrsnachfragemodell erarbeitet. Zu Beginn der Bearbeitung des "Teilgutachten Straßenbahn" lag aus diesem der finalisierte Analysestand vor, wohingegen die Prognose noch in Abstimmung war. Aus diesem Grund wurde für das Teilgutachten Straßenbahn ein mehrstufiges Vorgehen gewählt. Die Grobanalyse der einzelnen Korridore wurde basierend auf dem Analysestand durchgeführt. Die Erkenntnisse aus der Modellierung wurden zur Veredelung der Modellstände im Sinne der Fragestellung genutzt, die in das Grundmodell einfließen. Parallel wurde der Prognosestand finalisiert und erarbeitet, sodass für die Bewertung der Gesamtnetzvarianten auf diesen zurückgegriffen werden konnte.

Die Verkehrsströme im Analysefall sind anhand von Zählwerten der Jahre 2016-2019 sowie 2022 kalibriert, um Effekte durch die Corona-Pandemie auszublenden. Die Strukturdatenbasis (z. B. Einwohner:innenzahlen, Beschäftigte etc.) wurde für den Analysefall auf das Basisjahr 2021 festgesetzt. Für den Prognosefall sind die Strukturdaten auf das Prognosejahr 2035 fortgeschrieben worden, wobei hier insbesondere auch künftig geplante Aufsiedlungen von Wohnen und Gewerbe im Stadtgebiet und angrenzenden Umland im Modell berücksichtigt sind. Weiterhin sind beispielsweise auch Veränderungen der demographischen Struktur der Bevölkerung sowie die Umsetzung bestimmter Verkehrsprojekte im Straßen- und Schienenverkehr berücksichtigt. Für den Straßenverkehr handelt es sich um die Maßnahmen des vordringlichen Bedarfs der Bundesverkehrswegeplanung sowie kommunale Maßnahmen mit fortgeschrittenem Planungsstadium. Für den ÖPNV lag ein landesweites Prognosenetzt 2030+ der NAH.SH vor, welches u. a. neue Halte und verdichtete Betriebsleistung im Schienenverkehr vorsieht. Dieses wurde für den Prognosenußfall des Teilgutachtens Straßenbahn berücksichtigt, um mögliche Wechselwirkungen zwischen SPNV-Ausbau und einer städtischen Straßenbahn zu erkennen und zu bewerten.

Das Modell wurde als zentrales Werkzeug an diversen Stellen im Bearbeitungsprozess eingesetzt, welche nachfolgend dokumentiert werden:

Phase 1 – Anhand der heutigen Gesamtverkehrsströme aus dem Verkehrsmodell und der vorhandenen Nachfrage im ÖPNV wurde ermittelt, auf welchen Grobkorridoren die Einführung einer Straßenbahn nachfrageseitig Sinn ergeben könnte. Die in Frage kommenden Korridore wurden hiernach grob auf ihre bauliche Machbarkeit geprüft. Hierbei wurden Korridore ausgeschlossen, die zwar die hinreichende Nachfrage aufweisen, aber baulich deutliche Herausforderungen aufweisen und für die ein gleichwertiger anderer Korridor existiert.

Phase 2 – Modellierung und Bewertung der Bündelungswirkung eines Straßenbahn-Angebots in unterschiedlichen Korridoren bezogen auf gewonnene Neufahrgäste und Bündelung von Bestandsfahrgästen.

Mittels eines unterstellten Grundnetzes und korridorweisen "Ergänzungsbausteinen" wurden die einzelnen Ansätze auf ihre Wirksamkeit untersucht. Der Fokus hierbei lag auf der Anzahl gewonnener Neufahrgäste und der Bündelungsfähigkeit der Achse (Querschnittsbesetzung).

Phase 3 – Iterative Weiterentwicklung von Variantenansätzen in Korridoren in Abhängigkeit der baulichen und betrieblichen Restriktionen sowie qualitativen Auswirkungen auf das Gesamtnetz.

Für Korridore, in denen mehrere mögliche Laufwege und Bedienansätze bestanden, wurden diese einzeln bewertet. Sofern die Ergebnisse gleichrangig waren, wurden beide Varianten in die Gesamtnetzkonzeption weitergetragen. Sofern sich eine eindeutige Vorzugsvariante ergab, wurde nur diese für die Gesamtnetze verwendet.

Phase 4 – Kopplung der Einzelkorridore und der für die Korridore vorliegenden Alternativvarianten in Gesamtnetze, die betrieblich und baulich machbar erscheinen.

Phase 5 – Weiterentwicklung der Gesamtnetze und Priorisierung möglicher Bauabschnitte in Abstimmung mit der Hansestadt Lübeck für ein realistisches Gesamtszenario.

Phase 6 – Entwicklung eines flankierenden Busnetzes für das Gesamtszenario mit iterativer Prüfung von unterschiedlichen Ansätzen in den nicht von der Straßenbahn erschlossenen Gebieten.

Phase 7 – Modellierung des finalen Gesamtszenarios und Ergebnisdarstellung.



Abbildung 8: Untersuchte Korridore außerhalb der Innenstadt

Nachfolgend werden die Erkenntnisse für die einzelnen Korridore in den jeweiligen Phasen dargestellt und die Auswirkungen auf die Untersuchungen beschrieben. Dabei bleibt die Innenstadt vorerst unbetrachtet, da eine Führung aller Linien über die zentrale Altstadt als notwendig gilt und die exakte Verortung der Durchfahrung der Innenstadt hierbei nicht

entscheidend ist. Die technische Realisierbarkeit wird daher erst in den folgenden Kapiteln erörtert.

4.1.2 Korridor Nord (Bad Schwartau inklusive Cleverbrück)

Der Korridor weist bereits eine hohe Nachfrage im Bestand und zusätzlich hohe zusätzliche Nachfragepotentiale für ein Straßenbahn-Angebot auf. Durch die Lage im Netz besteht eine sehr hohe Bündelungsfähigkeit und ohne zusätzliche Travequerung auch keine Alternativtrasse (siehe Kapitel 4.1.5). Da die Nachfrage im südlichen Teil für einen 10-Minuten-Takt bereits zu hoch ist, wurde eine Aufspaltung auf zwei Linienäste als betrieblich beste Lösung angesehen. Diese stellen bis Vorwerk die notwendige Kapazität mit einem überlagerten 5-Minuten-Takt sicher. Für die beiden Außenäste drängt sich die Linienführung aus den heutigen starken Busachsen auf. In Phase 3 wurden diverse Untervarianten im Bereich Vorwerk sowie weitere Verlängerungen im Bereich Cleverbrück - Bad Schwartau ausgeschlossen, da für den zu erwartenden Mehraufwand keine hinreichende zusätzliche Nachfrage oder eine Reduktion der Busbetriebsleistung zu erwarten wäre. Vielmehr stellte sich eine starke tangential Busachse zwischen Stockelsdorf, Clever Landstraße und Bad Schwartau, die alle drei Straßenbahn -Radialen vernetzt, als beste Lösung in diesem Korridor heraus.

Alternative Linienführungen mit besserer Feinerschließung des Stadtbezirks Holstentor-Nord wurden verworfen, da hier straßenräumlich keine Eignung für eine Straßenbahn gegeben ist. Auch eine baulich einfacher zu realisierende Führung gebündelt mit dem Korridor in Richtung Stockelsdorf bis zur Lohmühle und Weiterführung über den breiteren Straßenquerschnitt im Verlauf "Bei der Lohmühle" bis Vorwerk wurde bereits in Phase 2 ausgeschlossen, da den denkbaren baulichen Umsetzungsvorteilen eine erheblich schlechtere Erschließungswirkung gegenüber steht, die Verkehrsbelastung hoch ist und zudem für die südliche Schwartauer Allee weiter ein dichtes Busangebot finanziert werden müsste.

4.1.3 Korridor Nordwest (Stockelsdorf)

In diesem Korridor weist die direkte radiale Führung bis ins Stadtzentrum Stockelsdorf eine hohe Nachfrage aus, die mit einem 10-Minuten-Takt kapazitativ kongruiert. Da eine Verdichtung der Achse somit nicht zwingend nötig ist, verursachen weitere Außenäste höhere Betriebskosten bei geringerem Nutzen. Denkbare Abschnitte in Richtung Dornbreite, Schönböcken, Groß Steinrade und Stockelsdorf-Nord wurden aufgrund der geringen Nachfragewirkung bei höheren Betriebskosten und baulichsteils schwierig umzusetzenden Rahmenbedingungen bereits in Phase 2 ausgeschlossen. Eine Führung der Achse in Richtung Cleverbrück (siehe 4.1.2) über die Friedhofsallee wurde in Phase 3 verworfen, da ein deutlich geringeres Nachfragepotential als über die Schwartauer Allee und Vorwerk besteht und sich dort eine weitere Linie aus Kapazitätsgründen als notwendig herausgestellt hat.

Das Linienende in Stockelsdorf wurde in Phase 3 in verschiedenen Varianten geprüft. Die im Zielnetz unterstellte Endstelle am Ravensbusch mit räumlich feinerschließender Durchfahrung des Zentrums via Ahrensböcker Str. und Marienburgstr. hat sich hierbei als zielführend erwiesen,

da hierdurch die meiste Einsparung an Buskilometern bei guter Erschließungswirkung möglich ist.

4.1.4 Korridor Südwest (Buntekuh und Moisling)

In den Phasen 1+2 wurde die hohe Bündelungswirkung und das hohe Nachfragepotential über die Ziegelstraße bestätigt. In Phase 3 wurde geprüft, ob eine Verdichtung mit einer zweiten Linie die Nachfrage weiter steigern kann. Hierbei wurden auch verschiedene Endstellen und Erschließungsvarianten im Bereich Buntekuh überprüft. Die Nachfragewirkung blieb verglichen mit anderen Korridoren jedoch unterdurchschnittlich, sodass eine Verdichtung mit einer zweiten Linie für die ersten Umsetzungsstufen verworfen wurde. Über Buntekuh hinaus besteht nur im Korridor in Richtung Moisling ein ausreichend hohes Nachfragepotential, welches jedoch innerhalb von Moisling auf drei Korridore aufgespalten wird. Eine alle Nachfragebereiche erschließende Lösung ist nicht möglich und Varianten mit optimaler Erschließung stellten sich baulich als schwierig heraus. Da auch weiterhin starke Busachsen in Richtung Moisling über Sankt-Lorenz-Süd bestehen und insbesondere der Bahnhof Moisling auch aus verschiedenen Korridoren angefahren werden sollte, weswegen weitere Busleistungen notwendig sind, hat sich auch aus Sicht der Betriebsleistung eine Durchbindung nach Moisling nicht als vorteilhaft erwiesen. Da die grundsätzliche Nachfrage jedoch vorhanden ist und mit einer möglichen Alternativführung mit neuer Travequerung im Bereich Hohenstiege auch eine optimierte Variante besteht, wird der Korridor Moisling für eine mögliche weitere Ausbaustufe empfohlen und nicht verworfen.

Über Buntekuh hinausgehend wurden mögliche weitere Endpunkte am CITTI-Park Herrenholz, im Bereich Moislinger Baum oder Hamburger Str. untersucht. Alle Varianten wiesen nur geringe zusätzliche Nachfrageeffekte bei gleichzeitig höheren Baukosten auf und werden daher nicht zur Umsetzung empfohlen. Eine konsequente Ausrichtung des Busverkehrs auf die Haltestelle Buntekuh mit optimierten Umsteigebeziehungen hat sich auch als betrieblich effizienteste Lösung herausgestellt. Zur optimalen Erschließung von Buntekuh hat es sich als ausreichend erwiesen eine Verlängerung der Trasse von der Ziegelstraße bis zum Quartierszentrum vorzunehmen. Eine rückwärtige Führung über Fregattenstraße weist gegenüber einer direkten Führung über die Ziegelstraße ein geringeres Nachfragepotential auf und wurde daher verworfen. Eine Optimierung der Fußwegebeziehungen in Richtung Ziegelstraße bzw. Quartierszentrum ist für eine Hebung der Nachfragepotentiale ausreichend.

Ein zusätzlicher Linienast im Bereich Sankt Lorenz-Nord in Richtung Beethovenstraße bis zur Schönböckener Str. / Hugo-Distler-Straße hat in den Phasen 1+2 ebenfalls eine hinreichend hohe Nachfrage gezeigt. Jedoch würde hierfür eine weitere Linie benötigt, für die auf der anderen Seite der Innenstadt kein passender Gegenast besteht. Zudem wären weiter Busangebote in Richtung Roggenhorst/Groß Steinrade nötig und eine bauliche Machbarkeit über Artlenburger Str. oder Beethovenstraße erscheint ebenfalls herausfordernd. Daher wurden im Abgleich zu anderen potentiellen Ästen diese Varianten in Sankt Lorenz-Nord zum Ende der Phase 3 verworfen.

Der Korridor Innenstadt – Moisling via Moislinger Allee bzw. durch weitere Straßenzüge in Sankt Lorenz-Süd wurde ebenfalls geprüft. Das grundsätzliche Potential ist hier ebenfalls als straßenbahnwürdig einzustufen. Eine Führung über Wendische Straße wurde hierbei jedoch

aufgrund der Fahrbahnbreiten und Radien bereits in Phase 2 ausgeschlossen. Ebenso wurde die Führung über die Moislinger Allee aufgrund der geringen Restbreiten und des kurvigen Verlaufs als herausfordernd angesehen. Da nachfrageseitig für Varianten in Richtung Moisling (s.o.) zudem der Korridor über Ziegelstraße die höhere Wirkung erzielte, wurden die Varianten über die Moislinger Allee in Phase 3 zurückgestellt. Im Zusammenhang mit Überlegungen zu einer direkteren Verbindung aus Richtung Hauptbahnhof in Richtung SANA-Klinikum und Hochschulstadtteil wurde auch eine tangentielle Führung über Lachswehrallee und Berliner Allee untersucht. Hierbei würde auch das Drägerwerk als Arbeitsplatzschwerpunkt direkt angebunden. Um zusätzlich auch den Hauptbahnhof anzubinden, wäre eine Führung über den Töpferweg denkbar, wenn eine direkte Fortführung auf die Lachswehrallee möglich wäre. Aufgrund der geringeren Nachfrage dieser Ergänzungsachse gegenüber der Stammstrecke über Mühlenstraße und Ratzeburger Allee (siehe Kapitel 4.1.7) wird diese Ergänzung für eine weitere Umsetzungsstufe zurückgestellt. Zudem wurde geprüft ob eine Teilrealisierung, z.B. mit Endpunkt am Drägerwerk nachfrageseitig sinnvoll wäre. Hierbei stellte sich heraus, dass aufgrund des weiter dichten Busangebots in Richtung Moisling keine ausreichend hohe Zusatzwirkung der Straßenbahn entsteht, sondern diese nur eintritt, wenn eine Fortführung bis mindestens zum SANA-Klinikum umgesetzt würde.

4.1.5 Korridor Nordost (Kücknitz und Karlshof, Eric-Warburg-Brücke)

Der Korridor in Richtung Kücknitz und Travemünde weist bereits durch die Status-Quo-Nachfrage ein straßenbahnwürdiges Potential auf, welches in den Untersuchungen bestätigt wurde. Jedoch wurden travequerende Varianten in Richtung Kücknitz für diese Untersuchung nicht weiter verfolgt, da eine bauliche Realisierbarkeit und die zu erwartenden Kosten den auf anderen Korridoren leichter hebbaren Nachfragepotentialen gegenüberstanden. Zudem ist eine durchgehende Führung bis Travemünde auch nachfrageseitig als schwierig einzuschätzen, da sich die Nachfrage auf mehrere Teilkorridore aufteilt. Eine Brechung der Achse in Kücknitz würde erfordern, dass die Busverkehre aus Travemünde dort ebenfalls gebrochen werden, womit Direktverbindungen gegenüber heute verloren gehen würden. Da die grundsätzliche Nachfrage bis Kücknitz jedoch vorhanden ist und mit der Solmitzstraße auch eine optimal feinerschließende potentielle Führung vorliegt, wird die Variante nicht verworfen, sondern für weitere Umsetzungsstufen empfohlen. Hierbei sollte das Augenmerk insbesondere auf möglichen Travequerungen liegen, wo mehrere Optionen (Nutzung Herrentunnel, neue Umweltverbund-Brücke bei Schlutup) sich als denkbar erweisen. Ohne neue Travequerung wäre zudem auch eine bahnparallele Führung ab Vorwerk über Dänischburg-Siems denkbar, wenn beispielsweise ein Ast des Korridors Schwartauer Allee (siehe Kapitel 4.1.1) sich als nicht umsetzbar erweist.

Demgegenüber weist die Führung einer Straßenbahn in Richtung Karlshof oder Israelsdorf keine hinreichend hohe Nachfrage auf, die auch durch ein dichtes Fahrplanangebot nicht auf ein sttraßenbahnwürdiges Niveau angehoben werden konnte. Lediglich Karlshof könnte als Endpunkt herangezogen werden, wenn ein freier Linienast aus Richtung Innenstadt zur Verfügung stünde, da sich hier im Verlauf zwischen Gustav-Radbruch-Platz und Karlshof noch höhere Nachfragepotentiale befinden. Jedoch hat sich in Phase 3 die Führung nach Karlshof als betrieblich ineffizient herausgestellt, da weiter ein starkes Busangebot in Richtung Kücknitz und Travemünde benötigt wird, welches die Nachfragepotentiale der südlichen Travemünder Allee ebenso heben kann. Die Führung nach Marli (siehe Kapitel 4.1.6) wurde daher ab Phase 3 weiterverfolgt und der Endpunkt Karlshof verworfen.

Da sich in Phase 3 herausstellte, dass mehr potentielle Äste auf der Westseite der Innenstadt ein hohes Nachfragepotential aufweisen als auf der Ostseite, wurde zudem überlegt, ob eine Entzerrung der Verkehre über den Holstentorplatz möglich ist, indem Verkehre in Richtung Vorwerk und Bad Schwartau ganz oder teilweise mit einer Linienführung über Gustav-Radbruch-Platz und Eric-Warburg-Brücke abgewickelt werden. Hierbei stellte sich heraus, dass bei entsprechender Netzverknüpfung hier ein ausreichendeswüdiges Bündelungspotential auf Nachfrageniveau einer Straßenbahn bestünde, obwohl dort heute kein regelmäßig verkehrendes ÖPNV-Angebot angeboten wird. Da jedoch eine bauliche Umsetzung als herausfordernd erscheint, wird diese Lösung analog zur Travequerung in Richtung Kücknitz als mögliche weitere Ausbauvariante zurückgestellt, während für die Grundvariante die Variante ohne Nutzung der Eric-Warburg-Brücke festgelegt wird.

4.1.6 Korridor Ost (Schlutup und Eichholz)

Die Achse nach Eichholz über die Brandenbaumer Landstraße wurde bereits in das Basisnetz integriert, da hier eine durchweg gute Querschnittsbelastung vorliegt, insbesondere da sich am Linienende auch eine Arbeitsplatzagglomeration befindet. Eine Verlängerung bis zum Bahnhof Herrnburg hat sich als nicht potentialträchtig erwiesen, da gegenüber dem Laufweg des Busverkehrs die Wohngebiete schlechter feinerschlossen werden können und auch eine Verknüpfung mit dem SPNV die Fahrgastzahlen nicht deutlich steigern konnte, da die Verflechtungen in diesen Korridor zu gering sind. Allenfalls eine kurze Verlängerung bis zum Kreisverkehr Herrnburg wäre denkbar, erfordert jedoch größere Eingriffe in die Natur und die Beteiligung weiterer Gebietskörperschaften. Da ohnehin ein Busangebot in Richtung Herrnburg aufrecht erhalten bleiben muss, kann dieses auch weiterhin bis zur vorgesehenen Endhaltestelle Eichholz geführt werden. Die Endstelle Eichholz/Teich ist als Sensitivität geprüft worden und verändert die Nachfrageabschöpfung des Korridors kaum. Es kann also je nach baulicher Umsetzung der dortigen Gleisquerung bzw. Umsetzung eines Übergangspunktes zwischen Straßenbahn, Bus und potentieller Regio S-Bahn flexibel entschieden werden.

Der Korridor nach Schlutup weist nicht die notwendigen Fahrgastmengen für einen 10-Minuten-Betrieb auf, die einen Ausbau der Gesamtstrecke rechtfertigen würden. Aufgrund der großen Streckenlänge müsste der Nutzen hier auch entsprechend höher sein, als bei kürzeren Ausbaustrecken. Wenn die bestehenden Gleisanlagen ab Kirschenallee mitgenutzt werden könnten, würde sich eventuell ein anderes Bild ergeben, da hiermit deutliche Ausbaukostenersparnisse einhergehen. Allerdings ist unklar ob und wie Straßenbahn, eine geplante Regio S-Bahn und der Güterverkehr zum Schlutupkai auf diesem Abschnitt harmonisiert werden können. Auch verkürzte Ausbauten mit einer Endhaltestelle an der Wesloer Brücke über Schlutuper Straße oder Arnimstraße wurden geprüft. Da von Schlutup entweder ein Umstieg nötig wäre (schlechterer Nutzen) oder der direkte Busverkehr parallel aufrecht erhalten werden müsste (höhere Kosten) und die Fahrgasteffekte in den Teilabschnitten auf der Schlutuper Str. bzw. Arnimstraße nur gering waren, wurden diese Varianten verworfen.

Für das Zielnetz wurde daher eine Variante gewählt, die gute Adaptionmöglichkeiten für zukünftige Weiterentwicklungen besitzt. Der Linienverlauf verstärkt die Äste Hauptbahnhof – Innenstadt – Gustav-Radbruch-Platz zum 5-Minuten-Takt und den Korridor Innenstadt – Marli zu einem angenäherten 5-Minuten-Takt über verschiedene Laufwege mit unterschiedlichen

Zwischenzielen. Für den Abschnitt zwischen Gustav-Radbruch-Platz und Marli wurden die Varianten über Marlistraße oder Marliring geprüft. Die Variante Marliring schnitt hierbei nachfrageseitig besser ab, da die Erschließungswirkung der Trasse bis in die dicht besiedelten Wohngebiete entlang der Arnimstraße reicht. Zudem ermöglicht die Einführung dieses Linienasts von Osten in die Haltestelle Kaufhof eine später denkbare Verlängerung dieser Linie in Richtung St. Jürgen und Universität, womit eine halbringförmige Tangentialerschließung im Osten der Innenstadt entstünde.

Eine Führung der Verstärkerlinie über die Wahnstraße in Richtung Kaufhof wurde ebenfalls geprüft. Hierbei zeigte sich, dass die Nachfrageabschöpfung zwar bis Kaufhof ähnlich hoch ist, jedoch bereits in der 1. Ausbaustufe Zielnetz die maximale Aufnahmefähigkeit der Wahnstraße erreicht wäre. Insbesondere wenn zukünftig sowohl eine mögliche Erweiterung in Richtung Schlutup, als auch eine tangentielle Ergänzung in Richtung Universität möglich bleiben sollen, sollte die Variante über Gustav-Radbruch-Platz für die erste Baustufe präferiert werden.

4.1.7 Korridor Süd (UKSH und Universität)

Der Korridor aus der Altstadt in Richtung Ratzeburger Allee ist bereits für das Basiszenario zwingend gesetzt, da hier mit Abstand die größten Potentiale im Gesamtverkehr liegen. Es stellte sich bereits früh heraus, dass eine Bedienung mit nur einer Linie kapazitativ nicht ausreichend ist, weswegen von Beginn an mit zwei überlagerten Linien geplant wurde, die einen 5-Minuten-Takt herstellen. Mögliche Varianten über die Possehlstraße statt der Altstadtinsel wurden ausgeschlossen, da sich die Nachfrageabschöpfung massiv schlechter darstellte. Eine Führung über den Mönkhofer Weg statt der Ratzeburger Allee wurde aus baulichen Gründen für das Basisnetz ebenfalls zunächst ausgeschlossen, sodass bis zur Kreuzung Universitätsstraße eine gradlinige Führung gewählt wurde. Allerdings ist hierbei zu beachten, dass für die Ratzeburger Allee die Umsetzung eines Radschnellwegs mit entsprechenden Flächenbedarfen beschlossen wurde. Daher stellen sich die im Status Quo noch günstigen Rahmenbedingungen für die Integration einer straßenunabhängigen Führung der Straßenbahn in einem Fall mit Radschnellweg anders dar, sodass nur eine gemeinsame Führung von MIV und Straßenbahn möglich erscheint. Diese Situation wäre aber am dem Mönkhofer Weg, als einziger möglicher Parallelachse gleich, sodass hier bei einer geänderten Führung der Straßenbahn keine Vorteile entstehen würden. Da zudem die Nachfrageabschöpfung einer Trasse über Mönkhofer Weg oder Ratzeburger Allee annähernd gleich ist, wurde für das Basisnetz die Variante über die Ratzeburger Allee beibehalten.

Für die Führung über den Campus wurden verschiedene Varianten untersucht. Die konkrete Umsetzung hängt sehr von der baulichen Machbarkeit und den Möglichkeiten einer konfliktarmen und schnellen Trassierung ab. Die Studie greift diesem komplexen Punkt nicht vorweg, sondern simuliert nur einen denkbaren Verlauf, der die Nachfrageeffekte gut widerspiegelt.

Für das Basisnetz wurde eine der beiden Linien über den Campus weiter in den Hochschulstadtteil geführt, die Führung beider Linien dorthin wurde als Unterplanfall untersucht. Ausgehend von diesem Netz wurden verschiedene Optionen für den zweiten Linienast geprüft,

u.a. mit einer Führung über den Campus, die ab Audimax nach Süden abschwinkend weiter den Verlauf bis St. Hubertus bedient. Diese Variante erzielte zwar gewisse Nachfragezuwächse im direkten Einzugsbereich, machte aber aus Richtung Süden entweder eine Parallelführung der Busse bis mindestens auf den Campus oder eine Brechung der Linien kurz vor einem der wichtigen Zielorte nötig, die entsprechend negative Nachfragewirkungen hatte. Eine Endstelle St. Hubertus wird daher nicht empfohlen, stattdessen sollten die von dort einbrechenden Busverkehre optimal mit der Straßenbahn vernetzt werden und beispielsweise im dichten Überlagerungstakt den Korridor Universität - Berliner Allee – Hauptbahnhof bedienen. Dieser Korridor wurde ebenfalls als Erweiterungsbaustein im Straßenbahnnetz geprüft, wird für die erste Ausbaustufe jedoch nicht empfohlen, da kein passender Gegenast besteht und auch Kannibalisierungseffekte mit der Hauptachse über die Ratzeburger Allee bestehen. Für weitere Ausbaustufen, insbesondere wenn die maximalen Zugzahlen in der Innenstadt überschritten sind, stellt die Trasse Uni – Hauptbahnhof via SANA-Klinikum eine wichtige tangentielle Ausweichrelation dar.

Sollten sich im Zuge der Umsetzungsplanung auf der Ratzeburger Allee wegen der Flächenkonkurrenz mit Radverkehr und MIV bauliche oder betriebliche Schwierigkeiten ergeben, steht zusätzlich zur Variante Mönkhofer Weg auch die weiträumigere Umfahrung über Berliner Allee und Kronsfordter Allee zur Verfügung, die auch deswegen als Erweiterungsstufe vorgeschlagen wird. Diese Erweiterungsstufe kann zum Beispiel ins Basisnetz aufgestuft werden, wenn über die Ratzeburger Allee nur Kapazitäten für die Abwicklung einer Linie bestehen.

Insbesondere bei Führung der Busverkehre aus Süden weiter in Richtung Berliner Allee über Hochschulstadtteil schwindet die Notwendigkeit der Führung beider Straßenbahn-Äste in diese Richtung. Daher wurde die als Ergänzungsbaustein gerechnete Verlängerung beider Linien bis in den Hochschulstadtteil verworfen, da kaum zusätzliche Nachfrage abgeschöpft werden konnte. Stattdessen wurde auch eine abzweigende Endstelle im südlichen Campus gerechnet, die die Nachfrage dort besser auf die Straßenbahn konzentrieren kann. Mit einer solchen Lösung sind sowohl eine bessere Erschließung des Campus als auch mögliche Verlängerungen in Richtung Süden in Zukunft weiterhin möglich, weswegen diese als Vorzugslösung empfohlen wird.

4.2 Realisierbarkeit einer Straßenbahn in der Altstadt

Um die Querung der Altstadt mit der Straßenbahn einschätzen zu können, wurde nach einer Ortsbesichtigung (siehe Kapitel 7.5 – Anhang 5 eine grundsätzliche Analyse durchgeführt. Ausgangspunkt der Analyse ist die Annahme, dass für ein zukünftiges Netz mindestens eine durchgehende Ost-West-Querung möglich sein sollte und ein Abzweig nach Süden vorhanden ist. Zudem sollte geprüft werden, wie die nördliche Altstadt und der Gustav-Radbruch-Platz in das Netz eingebunden werden können und auf welchen Laufwegen eine durchgehende Nord-Süd-Verbindung realisiert werden könnte.

Im Rahmen der Ortsbesichtigung in der Altstadt Lübecks wurden mögliche Korridore zur Aufnahme von Straßenbahnstrecken identifiziert. Diese Korridore orientieren sich an den heute genutzten Achsen des Busverkehrs und den Straßenzügen mit besten Voraussetzungen zur Aufnahme einer Straßenbahn. Die Führungen in der Altstadt wurden im Anschluss an die nachfrageseitige Untersuchung in Kapitel 4.1 Analyse von Korridoren durchgeführt. Die Auswahl

orientiert sich dabei an den heutigen Führungen im Busbereich, zumal ein Großteil der Straßenzüge aufgrund ihrer Breite vorab ausgeschlossen werden konnten. Gleichwohl wurde auf eine möglichst offene Betrachtung besonders Wert gelegt und auch technisch aufwändige Varianten geprüft. Im weiteren Schritt wurde die technische Machbarkeit dieser Korridore vertiefend untersucht, insbesondere an Knoten, an denen Korridore abknicken und somit für den Betrieb eines hochwertigen Straßenbahnsystems kritische Radian entstehen. Die Knoten wurden im Rahmen der Analyse nummeriert (siehe Abbildung 9). Diese Nummerierung wurde bei der vertieften Untersuchung, die in Kapitel 7.3 - Anhang 3 beigelegt ist, genutzt.

4.2.1 Bauwerke

Die Querung der Innenstadt erfordert die Befahrung der Brückenbauwerke, die vor allem die Altstadtinsel erschließen.

Für die in der Bestandsaufnahme ermittelten Bauwerke entlang relevanter Korridore sind keine vertieften Analysen oder Berechnungen durchgeführt worden, sondern es wurde eine erste Einschätzung über zu erwartende Problembereiche gegeben, in der Analogieschlüsse, sofern möglich, zu Bauwerken aus der Trassenstudie Stadtbahn Kiel gezogen wurden.

Folgende Bauwerke wurden in die Machbarkeitsstudie mit einbezogen:

- BW002 Holstenbrücke
- BW004 Moltkebrücke
- BW005 Mühlentorbrücke
- BW006 Burgtorbrücke
- BW011 Puppenbrücke
- BW016 Mühlenbrücke
- BW025 Rehderbrücke
- Bahnhofsbrücke

Für alle Bauwerke wurden auf Basis der von HL zu Verfügung gestellten Unterlagen folgende Punkte, die im 7.2- Anhang 2 zu finden sind, analysiert:

- Baujahr
- Brückenklasse
- Zustandsnote
- Standsicherheit für Verkehrslasten aus Straßenbahn
- Breite und Einschätzung, welche Trasse (eigener Gleiskörper oder Mischbetrieb) möglich ist
- Einschätzung, ob ein Neubau erforderlich ist

Die Analyse hat gezeigt, dass die meisten Brücken ertüchtigt oder neu gebaut werden müssen. Falls weitere Planungsphasen für die Straßenbahn anstehen, sind die Bauwerke auch vertieft zu untersuchen.

4.2.2 Knotenanalyse

PROJECT: 352003925-64 | DATED: 16.12.2022 | DESIGNER: HAPF

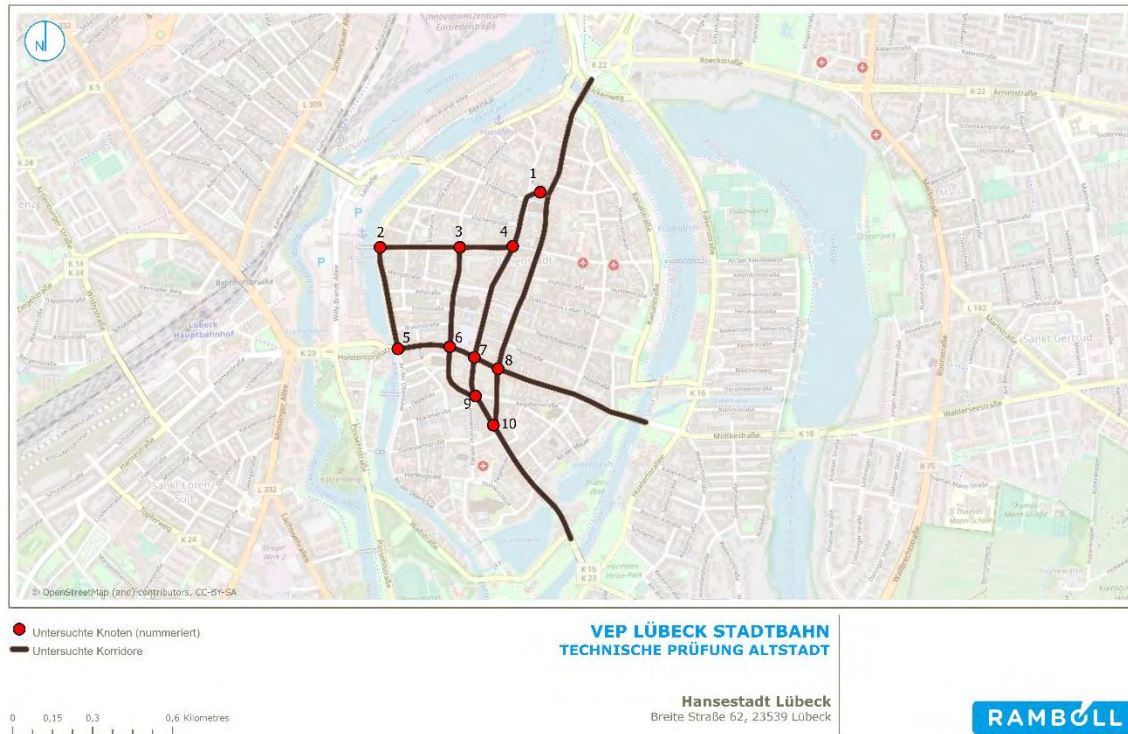


Abbildung 9: Karte mit untersuchten Knoten in der Altstadt und den zugehörigen Korridoren

Wie bei den Untersuchungen vorgegangen wurde, lässt sich aus Abbildung 10 entnehmen. Die breiteste Fahrzeug- und Infrastrukturkonfiguration wurde zuerst gewählt und anschließend die Parameter so verändert, dass die Unterbringung der Trasse möglich wird. Die dafür angepassten Parameter umfassen den Fahrzeugtyp (Drehgestell- und Multigelenkfahrzeug), die Fahrzeugbreite (2,40 m und 2,65 m) und den Kurvenradius (25 m und 23 m) (siehe Tabellen Kapitel 7.3 - Anhang 3). In Abbildung 10 ist der Knoten 2 beispielhaft für ein Drehgestellfahrzeug mit 2,65 m Breite untersucht worden. Im Rahmen der Untersuchung wurden weitere Konfigurationen geprüft, die den Eingriff in die Uferpromenade an der Stadttrave reduzieren können. Insgesamt zeigt sich, dass sich die Umsetzung nach Abschluss der technischen Grobprüfung als möglich herausgestellt hat.

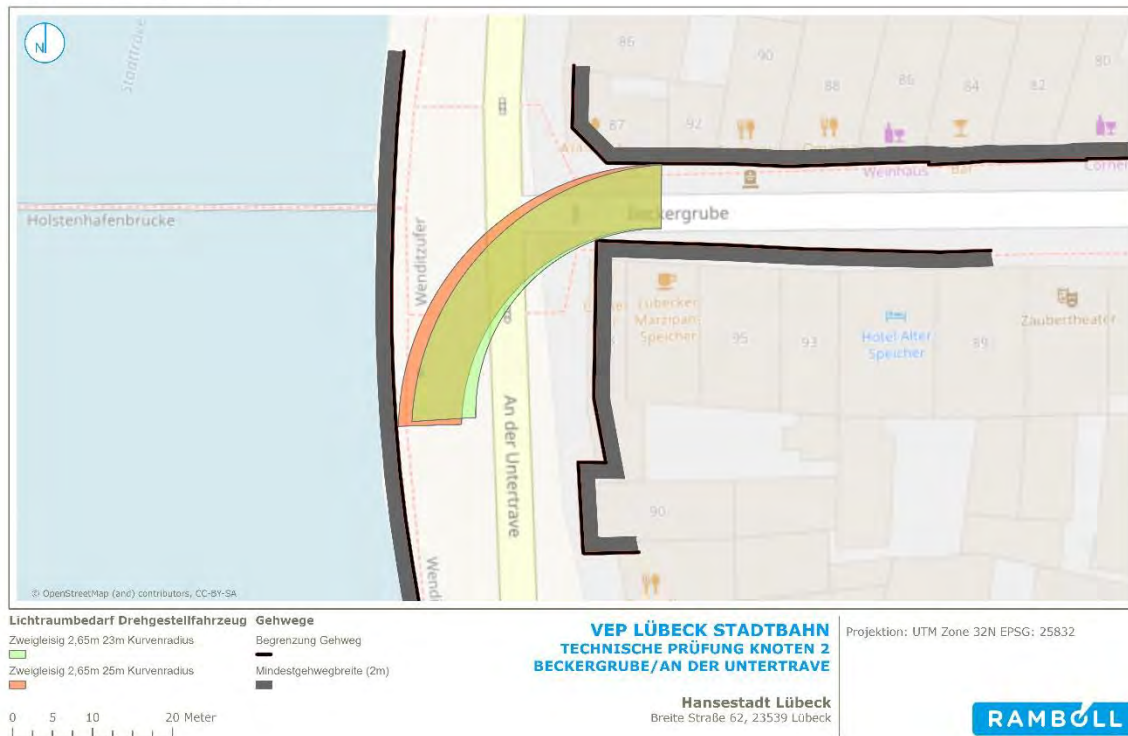


Abbildung 10: 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9m bei 25m Radius (rot) und Trassenbreite von 8,00m bei 23m Radius (grün))

Anschließend wurden die Ergebnisse der Untersuchung in einer Tabelle (siehe Kapitel 7.3 - Anhang 3, Tabelle 28) zusammengefasst. Aufgrund des Eingriffs in die Gehwege wurde geschlussfolgert, dass ein Abbiegen hier nur mit Eingriff in die Mindestgehwegbreite möglich ist. Durch andere Fahrzeugkonfigurationen können die Eingriffe gemindert werden, was Kapitel 7.3 - Anhang 3 zu entnehmen ist. Die genannte Tabelle wurde auch noch einmal in kartographischer Form zusammengefasst. Diese Karte fasst als Abbildung 11 die Erkenntnisse der technischen Machbarkeitsprüfungen in der Altstadt zusammen.

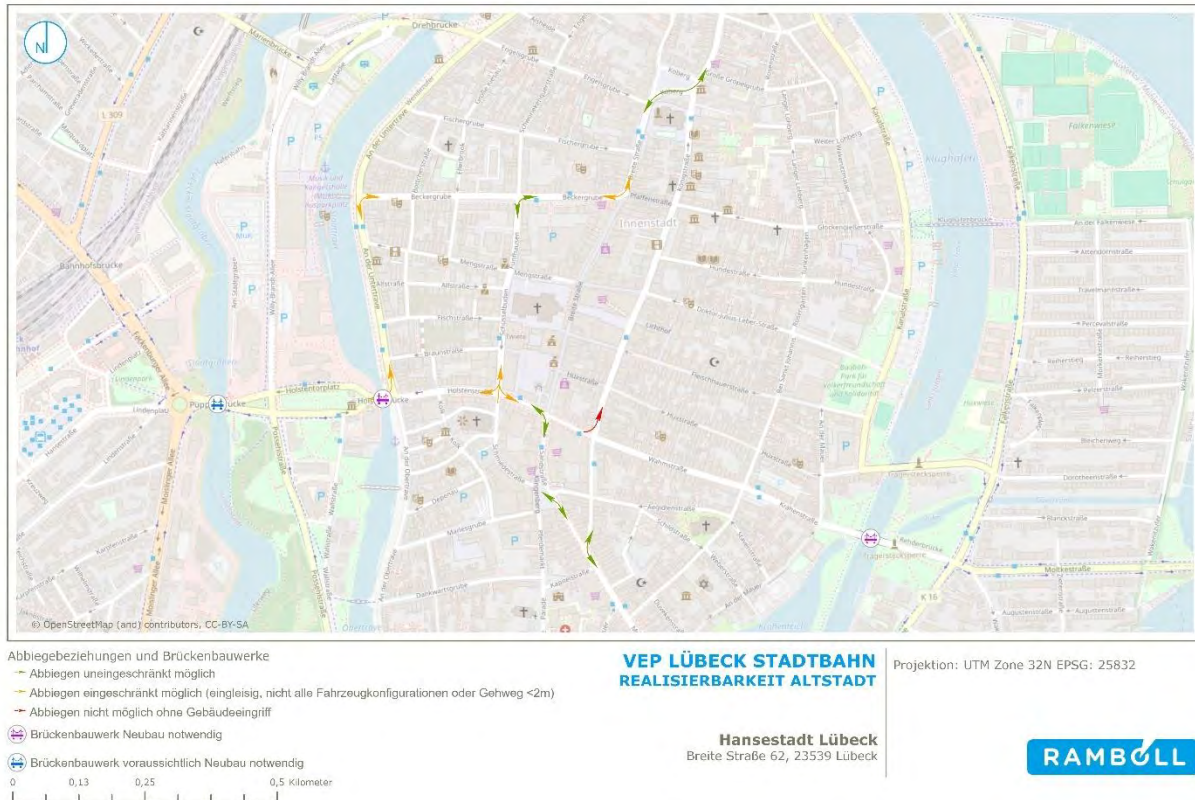


Abbildung 11: Realisierbarkeit der Altstadt - Abbiegemöglichkeiten und Brückenbauwerke

Die Abbildung 11 zeigt, wie die Altstadt durchfahren werden kann. An mehreren Knoten ist die Trassierung voraussichtlich nur realisierbar, wenn die Parameter Fahrzeugtyp, Ein-/Zweigleisigkeit und Kurvenradius angepasst werden.

Insgesamt ist die Durchfahrung der Altstadt entlang der Ost-West-Achse über Holstenstraße, Wahnstraße und Krähenstraße technisch möglich. Auch das Abbiegen vom Kohlmarkt in die Sandstraße ist aufgrund der verhältnismäßig großzügigen Platzverhältnisse in diesem Bereich der Lübecker Altstadt machbar. Das Abbiegen aus „An der Untertrave“ in die Beckergrube erfordert bei den breiteren Fahrzeugkonfigurationen einen Eingriff in den Uferbereich an der Trave. Ebenfalls untersucht wurde das Abbiegen aus der westlichen Holstenstraße in die Schüsselbuden, was allerdings nur eingleisig möglich ist. Auch die Durchfahrt aus der Schmiedestraße in die Schüsselbuden ist nur eingleisig möglich. Darüber hinaus können die Schüsselbuden ebenfalls nur eingleisig vom Kohlmarkt aus erreicht werden.

4.2.3 Straßenbreiten

Um einen möglichst störungsfreien Straßenbahnbetrieb zu gewährleisten, sind möglichst hohe Anteile von besonderem Bahnkörper förderlich. Insbesondere die in den letzten Jahrzehnten neu entstandenen Straßenbahnsysteme zeichnen sich durch einen hohen Anteil von besonderem Bahnkörper aus, der eine effektive Priorisierung der Straßenbahn im Straßenraum ermöglicht. Klar ist, dass in der Lübecker Altstadt der Fokus auf eine behutsame Integration der Straßenbahn in die bestehende Stadtstruktur gelegt werden sollte. Die verfügbaren Straßenbreiten,

städtebauliche Gestaltungsoptionen und Nutzungsanforderungen an den Straßenraum bedingen die Straßenraumaufteilung. In der Lübecker Altstadt stehen neben der Wahrung des UNESCO-Titels die städtebauliche Aufwertung durch die Straßenbahn im Vordergrund. Die Straßenbahn kann die Straßenräume nachhaltig umgestalten.

In der Lübecker Altstadt bestehen allerdings teilweise Straßenräume, die die Integration der Straßenbahn aller Voraussicht nach herausfordernd machen. Die Holstenstraße weist als Beginn der Ost-West-Achse immer eine Breite von mindestens 15 m auf. Im weiteren Verlauf bis Kohlmarkt steigt die Breite auf über 20 m an. Dort ist eine Straßenbahn gut integrierbar. Auch der Ast in südlicher Richtung zum Mühlentor weist durchweg hohe Straßenbreiten auf. Die Ost-West-Verbindung weist im weiteren Verlauf der Wahnstraße Straßenbreiten von nur knapp zehn Metern auf. Hier ist eine Sonderlösung möglich, die eine eingleisige Führung im Beidrichtungsbetrieb vorsieht. Da es sich um einen kurzen Abschnitt handelt, der im zentralen Innenstadtbereich liegt, erscheint hier allerdings eine Taktverdichtung dichter als ein 10-Minuten-Takt wenig realistisch und ist mit erheblichen betrieblichen Risiken behaftet. Die Strecke entlang der Untertrave weist hohe Straßenbreiten von über 20 m auf. Hier scheint eine Priorisierung der Straßenbahn gegenüber dem Individualverkehr realistisch. In der Beckergrube wechseln die Breiten des Straßenraums mehrfach, sind allerdings deutlich weniger herausfordernd als in der Wahnstraße und erfordern voraussichtlich nicht die Einrichtung eines eingleisigen Abschnitts.

Folgende Abbildung 11 zeigt die Straßenbreiten für das in Kapitel 4.3 hergeleitete Straßenbahnnetzstruktur.

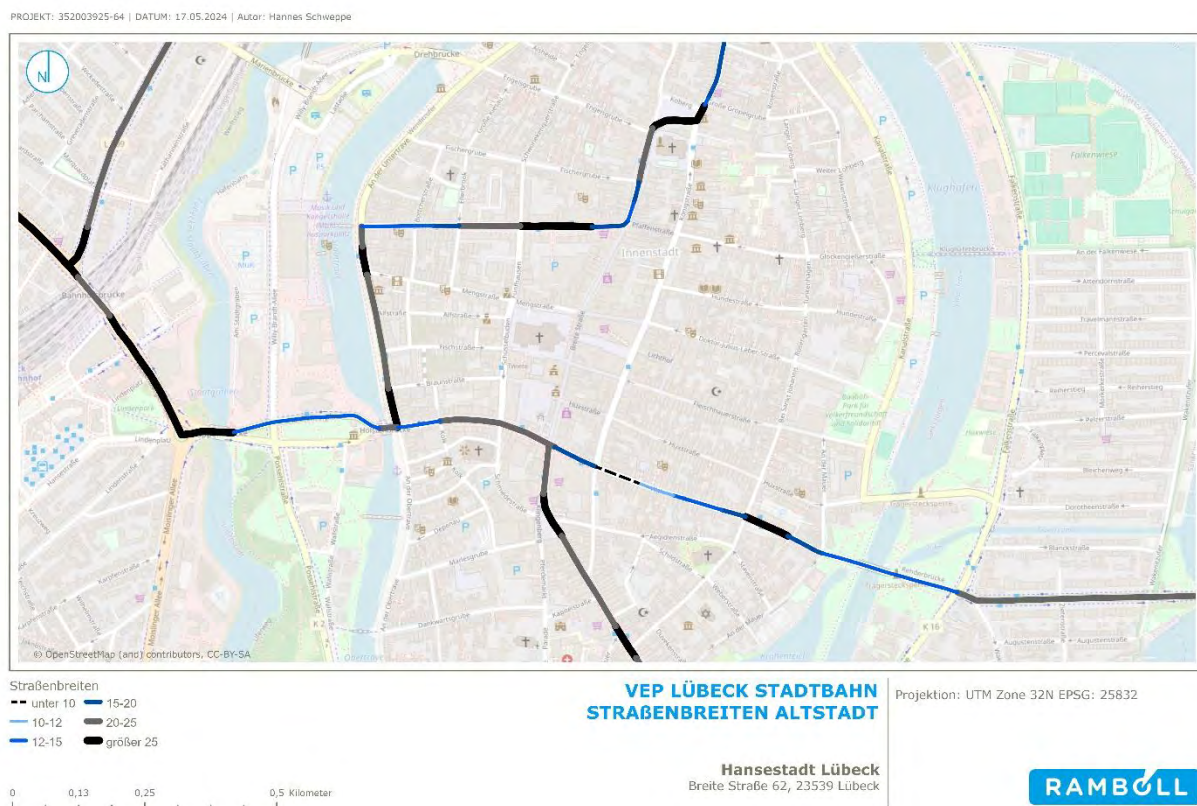


Abbildung 12: Straßenbreiten in der Lübecker Altstadt

4.2.4 Fazit Querung Altstadt

Schlussfolgerung für die gesamte Innenstadt:

- Es wird empfohlen die weitere Untersuchung auf den minimalen Infrastrukturparametern wie folgt zu basieren: 2,65 m breites Multigelenkfahrzeug mit einem Mindestradius von 23 m in Kurvenbereichen. Das Multigelenkfahrzeug ermöglicht eine größere Flexibilität bei der Trassierung, insbesondere im Innenstadtbereich und erhält größere Platzreserven für andere Verkehrsarten als das Drehgestellfahrzeug. Die Breite von 2,65 m wird empfohlen, da diese Fahrzeuge eine höhere Fahrgastkapazität (Wirtschaftlichkeit) aufweisen und diese Breite das Standardmaß moderner Straßenbahnsysteme ist.

Genauere Untersuchungen zur technischen Machbarkeit und der Trassierung können andere Parameter als empfehlenswert hervorbringen und müssen mit den weiteren Planungsphasen zu Beginn einhergehen. Diese Schlussfolgerung fußt auf der erfolgten Grobuntersuchung. Die Altstadt ist wie in Abbildung 11 dargestellt auf der Ost-West-Achse durchfahrbar. Dafür muss auf die Sonderbauform mit einem eingleisigen Abschnitt in der Wahnstraße gesetzt werden. Auch die Trasse in Richtung Südosten (Mühlentor) ist durchfahrbar. In Richtung Norden ergeben sich Änderungen zum Bestand, die Straßenbahn kann nicht wie die bestehenden Busverkehre die Königstraße nutzen, da der Knoten Wahnstraße/Königstraße aus Gründen des Kurvenradius nicht machbar ist. Die Nutzung der Beckergrube in beide Fahrtrichtungen ermöglicht Fahrgästen eine leichtere Orientierung als heute (Bündelung der ÖV-Verkehre entlang der Achse Beckergrube-Koberg-Burgtor). An den Knoten Holstenbrücke/An der Untertrave und Beckergrube/Breite Straße sind Eingriffe in die Gehwegbreite von zwei Metern bei der empfohlenen Fahrzeugkombination nicht auszuschließen. Insgesamt zeigt sich, dass die gewählten Parameter voraussichtlich die Einführung der Straßenbahn in Lübeck nicht ausschließen. In weiteren Planungsphasen wären in dem Fall weitere Untersuchungen zur technischen Machbarkeit notwendig.

4.3 Netzkonzeption

Nachdem in Kapitel 4.1 die grundsätzlich nachfragewirksamen Korridore im Zulauf und in Kapitel 4.2 die Durchfahung durch die Innenstadt hergeleitet wurden, wird in diesem Kapitel die konkrete Netzkonzeption beschrieben, die sich auf die vorhergehenden Ergebnisse bezieht.

4.3.1 Entwicklung Netzvarianten

Auf Grundlage der Analyseergebnisse konnten erste Überlegungen für Verknüpfungen von Korridoren getroffen werden. Dabei steht neben der generierten Nachfrage und passenden Takten auch eine Ausgeglichenheit der Anzahl der Linienäste im Zu- und Ablauf zur Innenstadt im Fokus. Hintergrund ist, dass möglichst eine gleiche Anzahl von Ästen westlich wie östlich des Holstentors bestehen sollte, um ein sinnvolles Betriebskonzept zu ermöglichen. Im Rahmen der Netzvariantendiskussion wurde eine Vielzahl von Lösungen diskutiert. Die gesamthafte Erschließung der Altstadt mit der Straßenbahn erfordert die Aufspaltung der Verkehre vom

Hauptbahnhof kommend in drei Äste, die jeweils den nördlichen, östlichen und südlichen Teil der Altstadt erschließen. Auf dem Südast werden hierbei kapazitativ zwei Linien benötigt, sodass insgesamt 4 Linienäste durch die Innenstadt verlaufen sollten.

1. Nord-Süd-Strecke

Nachfrageseitig hat sich gezeigt, dass eine mögliche Nord-Süd-Strecke ein großes Verkehrsbedürfnis befriedigen kann. Dem steht gegenüber, dass eine Nord-Süd-Strecke mit erheblichen Schwierigkeiten der technischen Machbarkeit verknüpft ist. Sowohl das Abbiegen in die Schüsselbuden ist nur eingleisig machbar, ebenso die Durchfahrt aus der Schmiedestraße in die Schüsselbuden. Um ein attraktives Angebot zu ermöglichen, sollte ein 10-Minuten-Takt gewährleistet sein. Sowohl die Einrichtung einer eingleisigen Trasse in der Schmiedestraße als auch ein eingleisiges Abbiegen in die Schüsselbuden birgt erhebliche betriebliche Risiken. Bei der Schmiedestraße scheint die Machbarkeit in baulicher Hinsicht sehr herausfordernd und ungewiss. Ein eingleisiges Abbiegen aus dem Kohlmarkt in die Schüsselbuden wirkt sich direkt auf andere hier verkehrende Linien aus.

2. Ausgeglichenheit der Linienäste

Für eine sinnvolle Konfiguration des Gesamtnetzes ist es förderlich, dass die Äste des Netzes im Gleichgewicht sind. Nachfrageseitig sind die Äste nach Eichholz, Stockelsdorf, zur Universität und nach Bad Schwartau am stärksten belastet. Außerdem hat sich nachfrageseitig gezeigt, dass sich zur Universität zwei Linien im überlagerten 5-Minuten-Takt positiv auswirken. Hierbei sollte angestrebt werden, dass eine möglichst lange Überlagerungsstrecke besteht, um durchgehende Verbindungen im dichten Takt anbieten zu können. Daher wurden die Linien 1 und 2 mit einem gemeinsamen Laufweg zwischen Vorwerk und Uni-Campus festgelegt, wo sich die Fahrten zum 5-Minuten-Takt überlagern.

3. Zweite Westzufahrt

Aufgrund der sich abzeichnenden dichten Belegung der Trasse im Abschnitt vom Hauptbahnhof zur Holstenstraße wurden auch weitere Möglichkeiten zur Erschließung der Altstadt aus Westen untersucht. Die anfängliche Fokussierung auf die Trasse am Holstentor entlang ergibt sich aus der heutigen Bedeutung im Busbereich. Es wurde zur Entlastung auch eine weitere Erschließung der Altstadt diskutiert. Eine mögliche Führung sah dabei ein neues Brückenbauwerk von der Musik- und Kongresshalle (MuK) zur Altstadtinsel vor. Die Diskussion dieser Führung stand im Zeichen des Neubaus der Radverkehrsbrücke über den Stadtgraben. Damit wäre eine zweite Erschließung der Altstadt gegeben. Eine Brücke an der MuK kann auch eine mögliche Trasse über die Marienbrücke zur Schwartauer Allee ermöglichen. Daraus würden sich neue Netzvarianten ergeben, die grundsätzlich mit den Konzeptionsüberlegungen harmonisieren. Aufgrund der zu erwartenden ähnlichen Nachfragewirkungen wurden diese Optionen nicht vertiefter untersucht, sondern die Stammstrecke im Laufweg über den Holstentorplatz belassen.

4. Hauptbahnhof

Am Hauptbahnhof wurden verschiedene Möglichkeiten geprüft, eine gute Verknüpfung der Straßenbahn zum SPNV sicherzustellen. Da die nachfragestarken Äste in Richtung Stockelsdorf, Schwartauer Allee und Buntekuh über die Bahnhofsbrücke verkehren, wäre eine Haltestelle auf der Brücke mit Treppenabgängen zu den Bahnsteigen eine Variante, die Umstiege erleichtern würde und gleichzeitig die Fahrzeit für durchfahrende Fahrgäste stark verkürzen würde. Zudem kann die verkehrliche Leistungsfähigkeit durch den Entfall der Abbiegebeziehungen der Busse aus bzw. in Richtung ZOB deutlich gesteigert werden.

Aus betrieblicher Sicht sollte jedoch auch weiterhin eine Endstelle im Bereich des Hauptbahnhofs zur Verfügung stehen, um ggf. Verstärkerfahrten zu Nachfragespitzen abwickeln zu können. Diese könnte über eine entsprechende Ausschleifung aus der Stammstrecke an verschiedenen Stellen realisiert werden,

Auf Basis der Analyseergebnisse wurden entlang der nachfragewürdigen potentiellen Straßenbahnkorridore unter Berücksichtigung der Platzverhältnisse und Planungsparameter zwei zusammenhängende Zielnetze entwickelt. Die Vorgehensweise ist in Kapitel 4.2 beschrieben. Da eine Vorfestlegung auf die Variante ohne zusätzliche Travequerung erfolgte, werden die nachfolgenden Details nur für das Zielnetz 1 dargestellt. Für eine valide Bewertung wurden hierbei auch Anpassungen im Busnetz vorgenommen, da die Straßenbahn diesen auf vielen Abschnitten ersetzt und das System als Zubringersystem grundlegend neu organisiert werden muss.

4.3.2 Zielnetz und -konfiguration

Das Zielnetz sieht die Einführung von vier Straßenbahnlinien vor, da bei einer höheren Linienanzahl aufgrund der dichten Belegung der Innenstadt-Stammstrecke keine 10-Minuten-Taktung je Linie mehr möglich wäre, was zu einer inkonsistenten Bedienung von Außenästen führen würde. Die Straßenbahnlinien übernehmen im Mitfall die Hauptlast des ÖPNVs in der Hansestadt Lübeck. In diesem Zuge wird das gesamte Busnetz überplant und umstrukturiert. Künftig übernehmen die Buslinien schwerpunktmäßig eine Zubringerfunktion zur Straßenbahn. Lediglich die Abschnitte, die erst für weitere Ausbaustufen der Straßenbahn vorgesehen sind, erhalten weiter eine direkte Anbindung in die Innenstadt im Sinne eines hochwertigen Bussystems, während auf vielen anderen Relationen ein einmaliger Umstieg auf die Straßenbahn notwendig wird.

4.3.2.1 Straßenbahnlinien

PROJEKT: 352003925-64 | DATUM: 14.06.2023 | AUTOR: HANNES SCHWEPPE

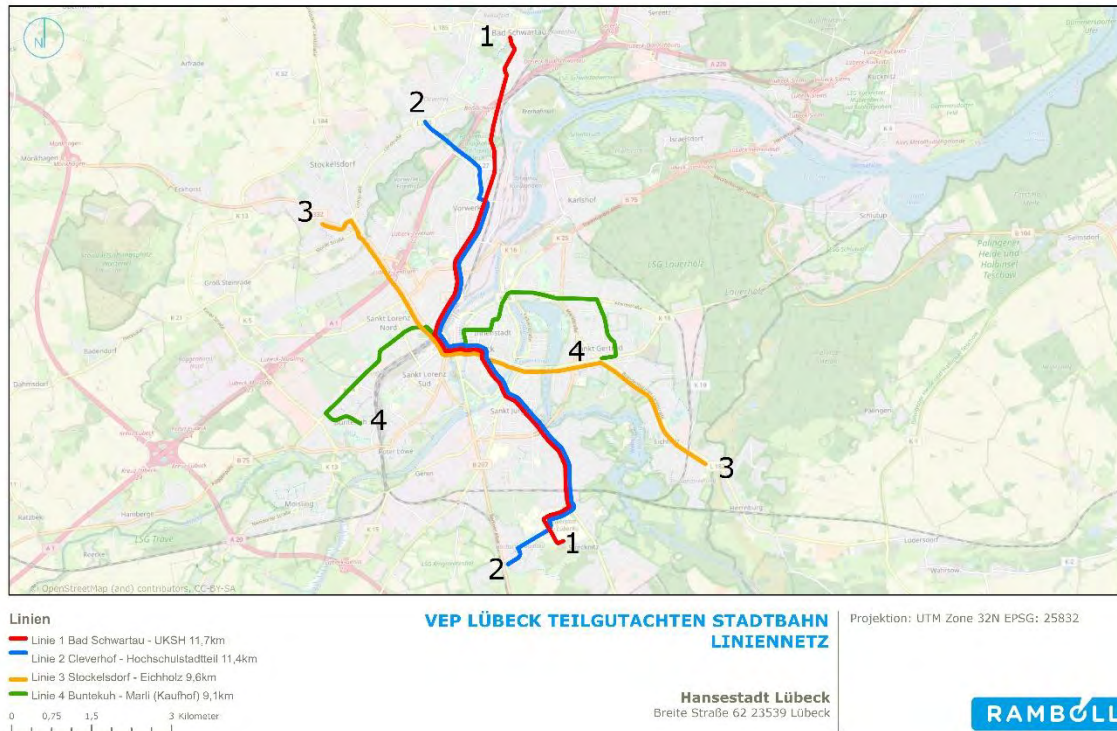


Abbildung 13: Netz der Straßenbahnlinien, farbig unterschieden

Das Netz der geplanten Straßenbahn in Lübeck sieht vier Linien vor, die in der Hauptverkehrszeit (HVZ) allesamt im Zehn-Minuten-Takt bedient werden:

- Linie 1: Bad Schwartau – UKSH (11,7 km)
- Linie 2: Cleverhof – Hochschulstadtteil (11,4 km)
- Linie 3: Stockelsdorf – Eichholz (9,6 km)
- Linie 4: Buntekuh – Marli/Kaufhof (9,1 km)

Mit diesem Straßenbahnnetz werden die Stadtteile und Hauptziele (Bsp. Universität, UKSH) mit dem größten Fahrgastpotenzial erschlossen. Aus dem Netz mit vier Linien auf der Altstadtinsel ergibt sich die Möglichkeit, weniger Busse im Kerngebiet der Altstadt fahren zu lassen. Daraus ergeben sich auch Chancen für die städtebauliche Aufwertung des Straßenbahnumfelds. Die vier Linien fahren jeweils im Zehn-Minuten-Takt und gewährleisten damit einen leicht merkbaren und attraktiven Fahrplan mit sechs Abfahrten pro Stunde in Haupt- und Nebenverkehrszeit.

Aus Überlagerungen im Linienverlauf ergeben sich Taktverdichtungen, beispielsweise bei den Linien 1 und 2, die im exakten Fünf-Minuten-Takt verkehren. Darüber hinaus wird insbesondere in der Altstadt das Angebot durch Linienüberlagerungen verdichtet, weil hier alle vier Linien verkehren und die Hauptrelation zum Hauptbahnhof bedienen.

4.3.2.2 Begleitendes Busnetz

Auch bei einem realisierten Zielnetz (siehe Kapitel 5) sind weiterhin Buslinien zur Erschließung der nicht von der Straßenbahn erschlossenen Stadtteile notwendig. Das begleitende Busnetz aufbauend auf das Straßenbahnnetz mit seinen vier Linien ausgearbeitet.

Für die Durchführung einer standardisierten Bewertung sollten möglichst wenige Linien und Linienführungen verändert werden, um eine Vergleichbarkeit zum Ohnefall sicherzustellen und die Bewertung von Kosten und Nutzen transparent durchführen zu können.

Die nachfragestärksten Relationen des heutigen Busnetzes werden mit dem vorliegenden Zielnetz von der Straßenbahn übernommen. Einige Linien entfallen daher komplett. Um Parallelverkehre zu vermeiden, werden weitere Buslinien verkürzt und einige Linienäste neu verknüpft. Dabei wurde das Hauptaugenmerk auf die Zubringerfunktion und ergänzende Tangentiallinien in Ergänzung zur Straßenbahn gelegt. Gleichwohl bleiben für viele Stadtteile, die nicht Teil des Straßenbahnnetzes sind, attraktive Verbindungen erhalten.

Die heutigen Regionalbuslinien bleiben im Konzept unverändert bestehen, da Parallelverkehre zur Straßenbahn auf den meisten Korridoren vernachlässigbar sind. Einzige Ausnahme stellt die aus Ostholstein ins Stadtgebiet einbrechende Linie 500 dar, die auf gesamter Länge zwischen Bad Schwartau und Hauptbahnhof parallel zur Straßenbahnlinie 1 verkehren würde. Hier zeigte sich in Nachfrageberechnungen, dass eine tangentielle Verschwenkung der Buslinie ab Vorwerk über Gustav-Radbruch-Platz in Richtung Marli und Eichholz sinnvoll ist. Für die Erreichbarkeit von Hauptbahnhof und Innenstadt ist aus Richtung Ostholstein zwar ein Umstieg nötig, dieser kann jedoch an einem kombinierten Bahnsteig stattfinden und ist aufeinander abgestimmt. Durch die tangentielle Weiterführung werden aus Richtung Ostholstein, Bad Schwartau und Vorwerk zahlreiche Ziele in der nördlichen Altstadt und im Lübecker Südosten erstmals direkt erreicht, sodass die Nachfragegewinne durch die Netzeffekte den Malus des Umstiegs deutlich überlagern.

In der folgenden Tabelle sind die Änderungen im Stadtbusnetz gegenüber dem Fahrplan 2024 dargestellt.

Änderungen im Angebot der Stadtbuslinien

Tabelle 3: Änderung im Angebot der Stadtbuslinien

Linie	Verlauf	Takt HVZ
5	Moisling – Drägerwerk – ZOB – Kohlmarkt – Gustav-Radbruch-Platz – Kücknitz – Travemünde (bis Kohlmarkt wie heutige Linie 5, ab Siems 2 Äste via Kücknitzer Scheide, 1 Ast via Seelandstraße)	10
9	Bad Schwartau Bf. -Bad Schwartau West-Clever Landstraße – Stockelsdorf Mitte (verkürzter Laufweg der heutigen Linie)	10
10 (neu)	Schlutup -Wesloer Brücke-Kaufhof-Fahlenkampsweg-Bf. St. Jürgen-Uni/UKSH- Grillenweg	10
11	Klein Wesenberg/Moorgarten -Moisling- Buntekuh (wie heutige Linie 11 im verkürzten Laufweg)	30
12 (neu)	Blankensee/Groß Grönau -St. Hubertus-Uni/UKSH-Hochschulstadtteil-SANA-Klinikum-Lachswehrallee-ZOB	10 außen 20

13	Klein Wesenberg/Moorgarten -Moisling-Buntekuh (wie heutige Linie 11 im verkürzten Laufweg)	30
14	Groß Parin -Bad Schwartau-Bf. Bad Schwartau-LUV-Sereetz	30
21	Gleisdreieck -Wesloer Brücke-Arnimstraße-Gustav-Radbruch-Platz (wie heutige Linie 21 im verkürzten Laufweg)	30
500	Ratekau/Scharbeutz/Timmendorfer Strand -Bad Schwartau Markt-Tremskamp-Hochstraße-Gustav-Radbruch-Platz-Kaufhof-Wesloer Brücke-Eichholz- Herrnburg (nördlich von Bad Schwartau mit heutigen diversen Endpunkten)	30

Linien 2+7+12+15+16+17+18+33+35+38+39+40 verkehren **wie im Fahrplan 2024**, teilweise anschlussoptimiert auf die Straßenbahn

Entfall der heutigen Linien 1+3+4+5+6+8+10+12+30+31+32

PROJEKT: 352003923-54 | DATUM: 20.06.2024 | AUTOR: HANINIS SCHWEPPE

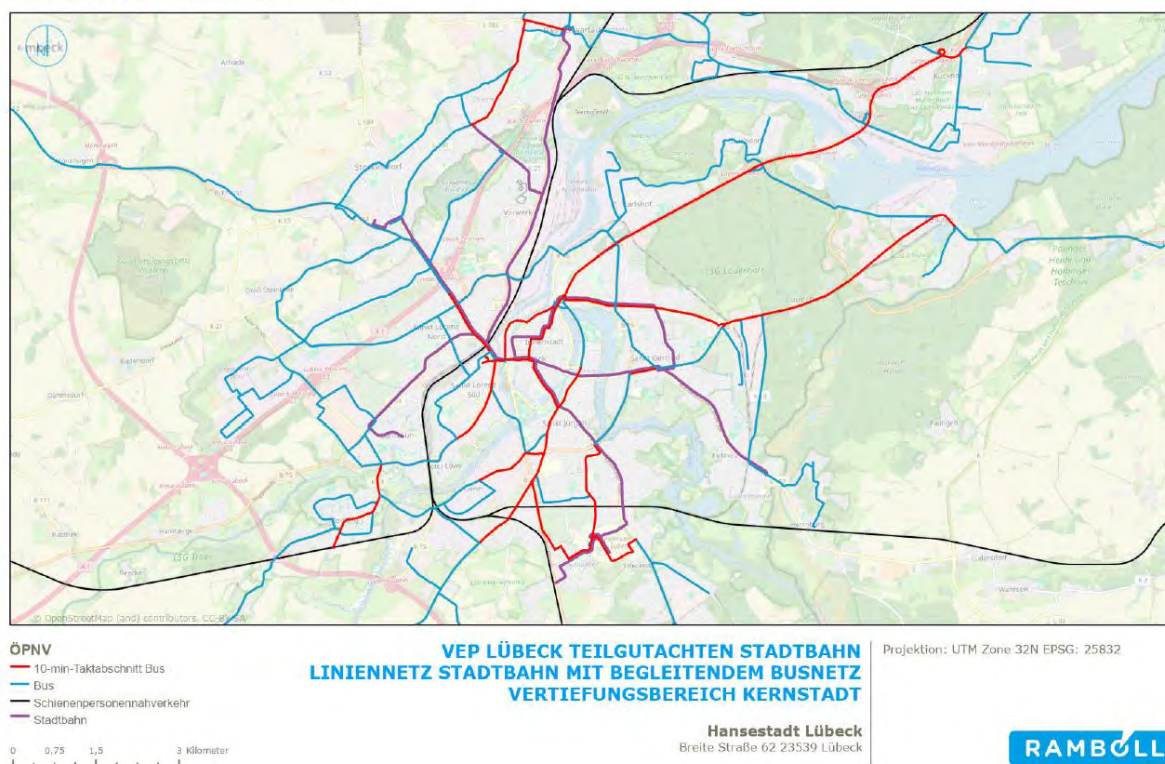


Abbildung 14: Liniennetz Straßenbahn mit begleitendem Busnetz im Vertiefungsbereich Kernstadt Lübeck

Etwaige weitere Änderungen, insbesondere die Neugestaltung ganzer Korridore oder des Gesamtnetzes sollten entweder vorab erfolgen und somit bereits im Ohnefall übernommen werden oder als Ergänzungsbaustein im Nachgang umgesetzt werden. Erste Empfehlungen für weitergehende Änderungen im Kontext eines Straßenbahnnetzes sind in Kapitel 7.7 – Anhang 7 für den Regionalbusverkehr und in Kapitel 7.8 – Anhang 8 für den Stadtbusverkehr enthalten.

4.3.3 Oberbauformen

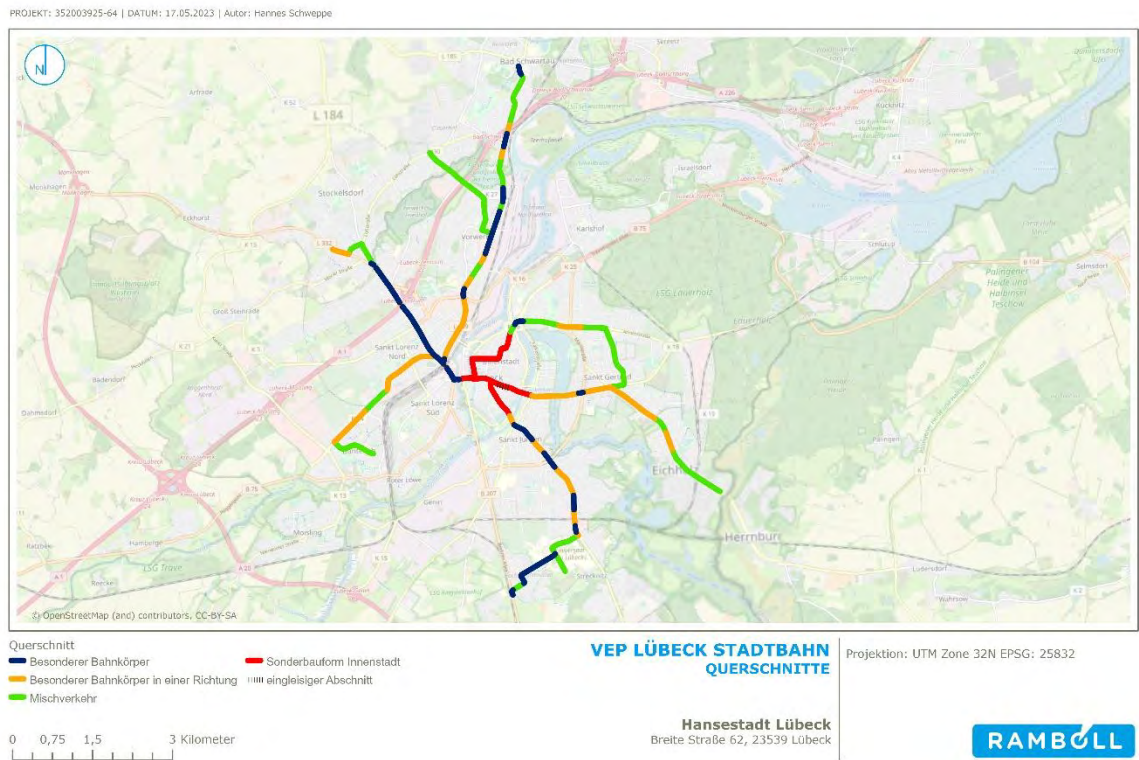


Abbildung 15: Mögliche Oberbauformen im Kernnetz

Tabelle 4: Oberbauform Kernnetz

Oberbauform	Länge km
Besonderer Bahnkörper	6,7
Besonderer Bahnkörper in einer Richtung	9,3
Mischverkehr	12
Sonderbauform Innenstadt	3,4
Sonderbauform Innenstadt eingleisig	0,3

Das erarbeitete Netz der Straßenbahn sieht eine Gesamtstreckenlänge von 31,4 Kilometern vor. Im Rahmen der zuvor untersuchten Breite der Straßenräume in Kapitel 4.2.3 wurden die Querschnitte katalogisiert. Daraus können in der Konzepterstellung Führungen der Straßenbahn im Straßenraum abgeleitet werden, die prinzipiell technisch möglich sind. Es handelt sich hierbei um eine ausschließlich technische Abschätzung auf Grundlage des Straßenraums, die die lokalen Gegebenheiten wie beispielsweise Baumbestand außen vor lässt. Aus den Untersuchungen ergibt sich ein Anteil besonderen Bahnkörpers von 23 % in beiden Richtungen sowie weiteren 33 % in eine Richtung. Diese Untersuchung gilt für die Annahme, dass 2,65 m breite Fahrzeuge verwendet werden. Entsprechend kann der Anteil an besonderem Bahnkörper im Nachhinein durch Anpassung der Planungsparameter noch weiter erhöht werden.

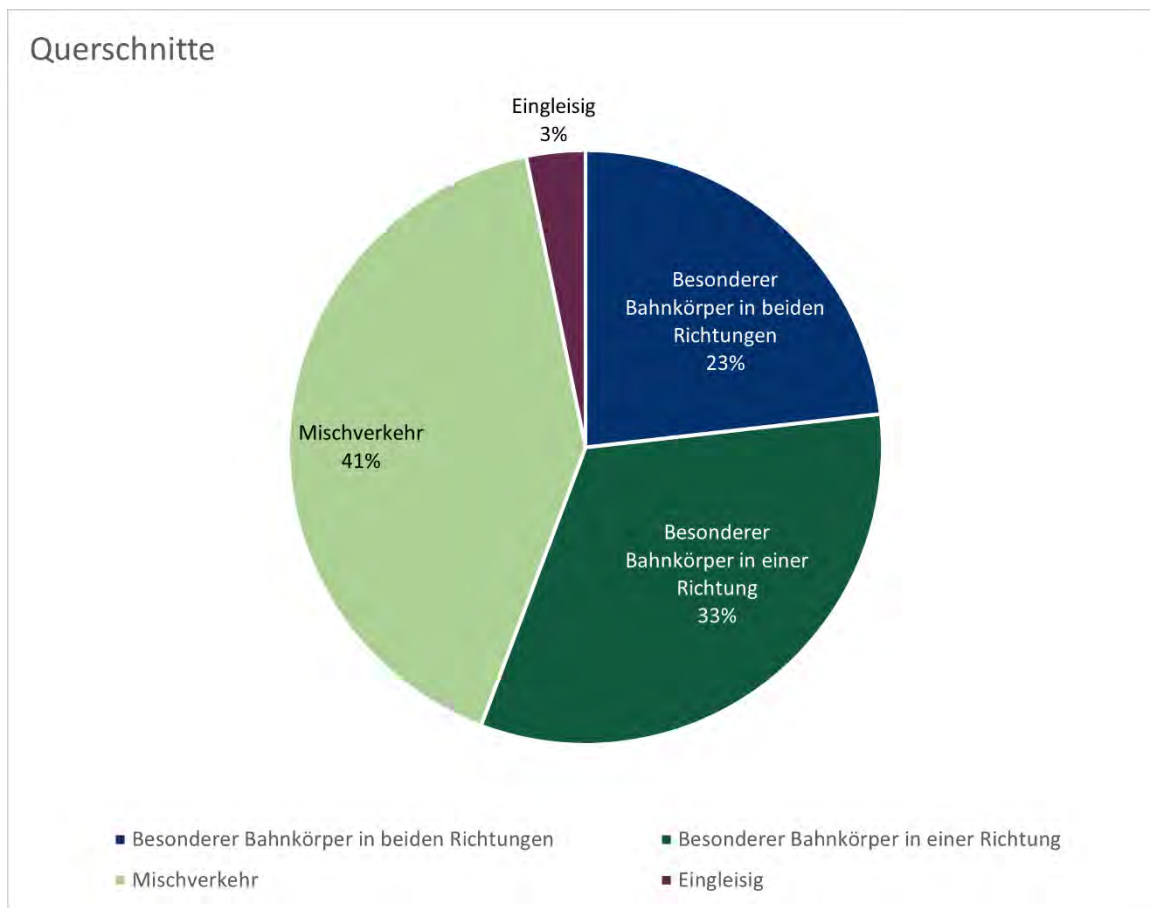


Abbildung 16: Mögliche Querschnitte im Kernnetz, Verteilung in %

Tabelle 5: Anteile der Querschnittsformen

Querschnitt	Anteil
Besonderer Bahnkörper in beiden Richtungen	23 %
Besonderer Bahnkörper in einer Richtung	33 %
Mischverkehr	41 %
Eingleisig, genaue Gestaltung offen	3 %

Aus den Straßenbreiten ergeben sich die entsprechenden Querschnitte, was den besonderen Bahnkörper vor allem in den breiten Ausfallstraßen, z.B. Fackenburger Allee, Ratzburger Allee und Schwartauer Allee ermöglicht (siehe Abbildung 17).

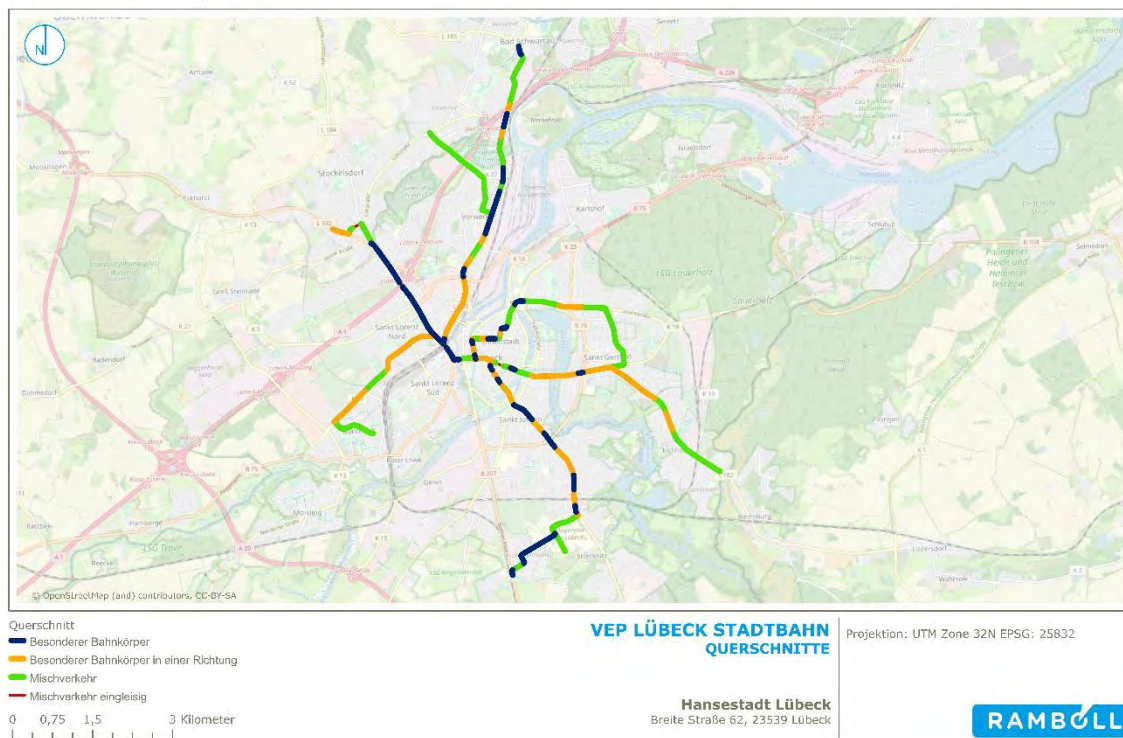


Abbildung 17: Mögliche Querschnitte im Kernnetz

4.3.4 Nachfragemodellierung

Während die grundsätzlichen Konzeptionsbetrachtungen und die Herleitung der Zielnetze mit dem multimodalen Verkehrsnachfragemodell der Hansestadt Lübeck bewertet wurden, gelten für die Einflussgrößen der Nachfrage für die standardisierte Bewertung abweichende Rahmenbedingungen und -parameter. Daher wurde hierfür gemeinsam mit der Hansestadt Lübeck ein Zielnetz ausgewählt, für welches bereits in diesem Projektstadium die Adaption auf die Berechnungsverfahren der Standardisierten Bewertung erfolgte. Dadurch sind die Ergebnisse dieser Studie noch einmal konservativer verglichen mit einer herkömmlichen Betrachtung im Verkehrsmodell der Hansestadt Lübeck, da das Berechnungsverfahren der Standardisierten Bewertung auf die sichere Seite geht. Die Erfahrungen aus vielen realisierten Straßenbahnprojekten zeigen, dass die tatsächliche Nachfrage deutlich höher, als die mit Berechnungsverfahren ermittelte liegt.

Ausgewählt wurde das Zielnetz ohne zusätzliche Travequerung, welches in den vorhergehenden Kapiteln bereits beschrieben wurde. Für dieses Zielnetz wurden folgende alle notwendigen Kennziffern für Kosten und Nutzenkomponenten der standardisierten Bewertung ermittelt.

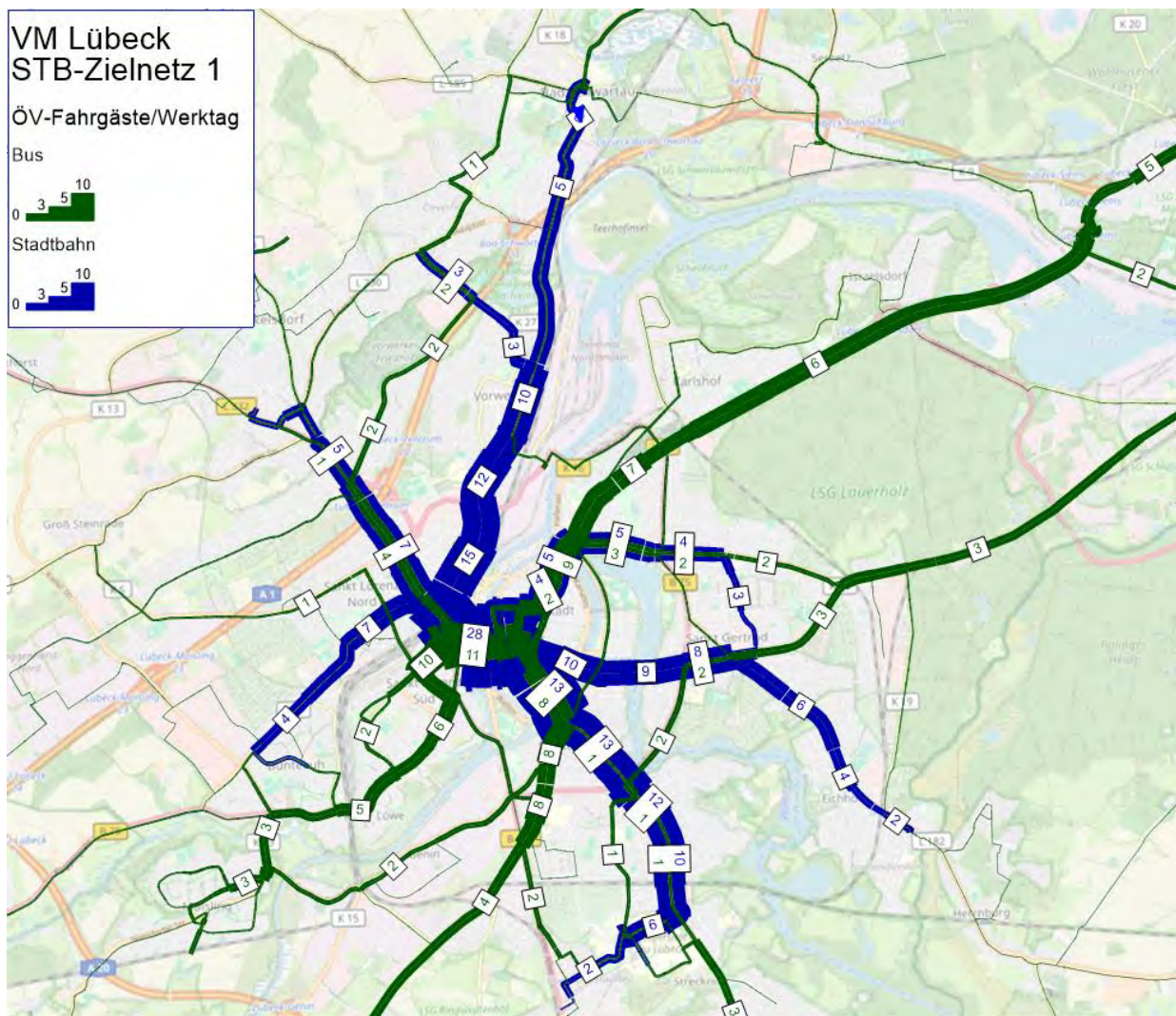


Abbildung 18: Nachfrage Straßenbahn und Bus-Zielnetz 1

4.3.5 Betriebskonzept (Takt, Fahrzeiten, Umläufe)

Die folgende Tabelle fasst die wesentlichen betrieblichen Kennzahlen für die vier Linien zusammen und weist die Fahrzeuganzahl mit Reserve (15 %) aus.

Tabelle 6: Betriebskonzept Zielnetz

Linie	Länge [km]	V [km/h]	Fahrzeit [min]	Umlauf [min]	Takt [min]	Anzahl Fahrzeuge
1	11,74	19	37,1	90	10	9
2	11,36	19	35,9	90	10	9
3	9,62	18	32,1	80	10	8
4	9,13	18	30,4	70	10	7
Summe	41,84	18,5				33 (ohne Reserve) 38 (mit Reserve)

Die Fahrzeuglänge ergibt sich aus dem Abgleich der nachfragstärksten Querschnitte (siehe Kapitel 4.1.1) bei dem 10-Minuten-Takt. Dabei wird von einer Ausnutzung von 65 % der Fahrzeugkapazität (alle Sitzplätze besetzt und 4 Personen / m² Stehplätze) ausgegangen, welche als Dimensionierungskriterium gemäß VDV für die Standardisierte Bewertung vorgegeben ist (analoges Vorgehen Stadtbahn Kiel).

Der stärkste Querschnitt im aktuellen Modell liegt an der Schwartauer Allee nördlich des Hbf mit 15.000 Fahrgästen/Weritag für beide Richtungen. Die notwendige Kapazität errechnet sich auf dieser Basis wie folgt: $15000/2=7500$ je Richtung, Annahme 15 % Spitzenstunde bei 65% Auslastung, 2 Linien, d.h. 12 Kurse: Kapazität 144 Fahrgäste.

Die notwendige Kapazität je Fahrzeug beträgt demnach mindestens 150 Personen (alle Sitzplätze besetzt und 4 Personen / m² Stehplätze). Das kann aber nur ein erster Hinweis sein.

Es wird klar empfohlen hier nicht zu konservativ zu planen, die aktuellen Modellzahlen sind eine Art „Worst-Case-Szenario“, da sie den Formeln der Standardisierten Bewertung folgen und die zusätzlichen (nachfragesteigernden) VEP-Maßnahmen nicht integriert sind. Auch hat sich in fast allen neuen Straßenbahnsystemen gezeigt, dass nach Einführung die tatsächliche Nachfrage deutlich höher, als in den Modellen prognostiziert, war.

Da der Fahrzeugtyp noch nicht vorgegeben ist, führt dies zu einem 30 bis 40 m langen Fahrzeug der Breite 2,40 m oder 2,65 m. Ein Fahrzeug dieser Größe kann rund 200 -250 Personen befördern (bei 2,65 m sogar etwas mehr).

4.3.6 Standort Betriebshof

Gemäß der nachfolgenden Darstellung wird die zentrale und dezentrale Lage des Betriebshofes in der Anzahl und der Lage der Standorte unterschieden. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist die Trennung von Werkstatt und Abstellung.

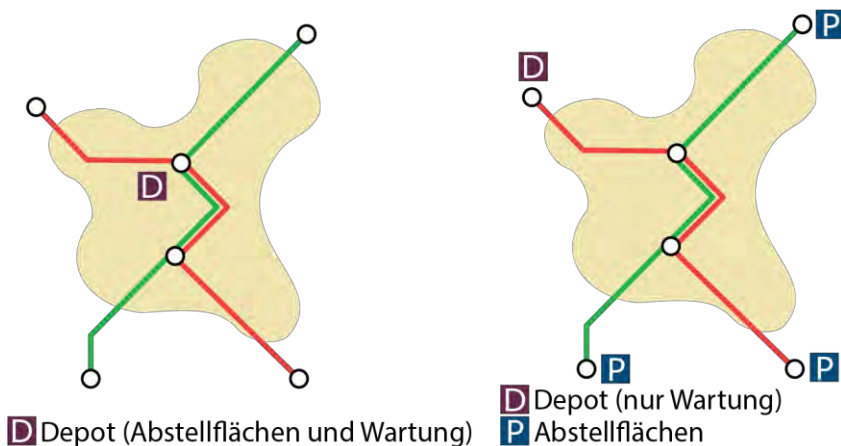


Abbildung 19: Schematische Darstellung für Konzepte von zentralen und dezentralen Betriebshofstandorten

Vergleicht man die beiden möglichen Strategien so ergeben sich daraus die folgenden grundsätzlichen Unterschiede.

Tabelle 7: Gegenüberstellung zentrale und dezentrale Betriebshofstrategie

Input	zentraler Betriebshof		dezentraler Betriebshof	
Länge Strecke zum Betriebsnetz	minimal da Standort zentral im Netz liegt	+	Standortbedingt lang für einzelne Streckenäste	-
Linienbeginn der Strecke	kann lang sein in Bezug auf einzelnen Streckenästen	-	Standortbedingt kürzer, vor allem für die Abstellung	+
Wirtschaftlichkeit	Höher, da sich Synergien bei Werkstatt und Abstellung ergeben	+	Geringer, da u.a. längere Leerfahrten zwischen Werkstatt und Abstellung notwendig sind	-
Platzbedarf je Standort	Am zentralen Standort ist der Platzbedarf höher, da alle Funktionen an einem Standort zusammengefasst werden	-	Funktionen werden auf mehrere Standorte verteilt mit geringerem Platzbedarf je Standort	+
Platzbedarf gesamt	Platzbedarf gesamt ist geringer als bei dezentralen Standorten	+	Platzbedarf gesamt ist höher da mehrere Standorte benötigt werden	-
Fahrbetrieb	Minimiert Leerkilometer und Personalkosten	+	Höherer Aufwand und erhöhte Personalkosten	-
Fahrzeuginstandhaltung	Vorteilhaft, da die Infrastruktur für alle Arbeiten an einem Standort konzentriert wird und die Auslastung höher ist	+	Keine Nachteile, wenn Fahrfertig machen jeweils mit der Abstellung kombiniert wird, ansonsten müssen Funktionen mehrfach vorgesehen werden und Auslastung u.U. geringer	-
Grunderwerbskosten	In der Regel geringer, da der Platzbedarf niedriger ist	+	Höher, da mehrere Standorte, die auch nicht zusammenhängend sind	-

Die Gegenüberstellung in Tabelle 7 demonstriert sehr gut, dass viele Vorteile für einen zentralen Standort sprechen. Dazu kommt, dass bei einem neuen ÖPNV-System, welches zumindest im Fall der Straßenbahn auch eine neue Organisationsform benötigt, die Konzentration an einem

Standort zu empfehlen ist. Daher wird für die Standortsuche ein zentraler Betriebshofstandort mit allen Funktionen empfohlen.

Am Ende sind jedoch auch die tatsächlich zur Verfügung stehenden Standorte maßgebend. Selbst wenn alle Argumente aus der Tabelle 7 für eine zentrale Betriebshofstrategie sprechen, braucht es dafür den passenden Standort. Das bedeutet, dass aufgrund der zur Auswahl stehenden Grundstücke die gewählte Strategie unter Umständen noch einmal modifiziert werden muss.

Die notwendigen Anforderungen für das Straßenbahn-System werden in der folgenden Tabelle definiert.

Tabelle 8: Zusammenstellung der Technische Grundlagen Betriebshof Straßenbahn

Input	Straßenbahn
Anzahl Fahrzeuge	40 (aufgerundet aus Betriebskonzept, Abschätzung)
Länge	Bis zu 45 m (das beinhaltet eine mögliche Verlängerung von Fahrzeugen für die Zukunft)
Anzahl der Arbeitsstände	6
Notwendige Größe	40.000 m ²
Instandhaltungstiefe	100 %
Abstellmöglichkeit	ja
Erweiterungsflächen	nicht zugrunde gelegt

Auf Basis des in der vorstehenden Tabelle angegebenen Flächenbedarfs hat die Stadt Lübeck grob geprüft, welche Flächen als mögliche Standorte in Frage kämen. Zwei Flächen wurden als besonders geeignet identifiziert: Kleingartenfläche nahe Ziegelstraße sowie das SWL-Betriebsgelände am Seeetzer Weg.

- Fläche nahe Ziegelstraße: Das ist eine Kleingartenanlage, welche nicht mehr im besten Zustand ist und deren Umnutzung denkbar erscheint. Es besteht die Schwierigkeit, dass der Boden schlecht für die Versickerung von Regenwasser geeignet ist. Daher müssen evtl. zusätzliche Versickerungsflächen eingeplant werden.
- Das Betriebsgelände von SWL am Seeetzer Weg: Wie viel Fläche nutzbar wäre, wäre in einer Folgephase mit SWL mobil zu klären. Attraktiv könnte in diesem Fall die Konzentration aller Werkstattflächen an diesem Standort sein. Zusätzlich wären aber dann wahrscheinlich weitere Abstellanlagen notwendig – evtl. auch nur für Busse. Ein ähnliches Vorgehen wurde in Kiel mit dem Depot und Werkstatt in der Dietrichstraße gewählt.

Weitere denkbare Flächen, die aber nur deutlich weniger geeignet erscheinen, sind:

- Fläche nahe Gewerbegebiet Genin: Wenig genutzte Gewerbeflächen, nur bei Trasse über Kronsfordter Allee anbindbar.
- Fläche am Tremser Teich Schwartauer Landstraße/Warthestraße: Private Fläche, für die eine Nachnutzung gesucht wird – bisher aber keine Absprache mit Eigentümer:innen; nur ca. 3 ha.
- Fläche nahe Ziegelstraße/Padelügger Weg: Private Fläche, für die eine Umnutzung ansteht – bisher aber keine Absprache mit Eigentümer:innen.

- Fläche nahe An den Schießstände): Kleingartenanlage, Prüffläche des FNP; Anbindung direkt nach Querung des Industriegleises wahrscheinlich herausfordernd.

Falls eine Straßenbahn in Lübeck weiterverfolgt wird, sollte diese Standortsuche und Bewertung in detaillierterer Form durchgeführt werden. Das Ergebnis an dieser Stelle ist nur als vorläufig zu bewerten und gibt einen Hinweis, dass grundsätzlich Flächen der richtigen Größe zu Verfügung stehen.

4.3.7 Schnittstellen zu Dritten

Bei Einführung eines neuen Straßenbahnsystems sind viele Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern, vorhandener Infrastruktur, Flora und Fauna, Anwohner:innen, vorhandenen Gebäuden etc. zu beachten. Diese Themen können in späteren Planungsphasen iterativ behandelt werden – im vorliegenden Gutachten wurde im Wesentlichen die Frage der Straßenraumbreite in der Altstadt und die Frage der grundsätzlichen Tragfähigkeit der Brücken betrachtet.

Die Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern beinhalten z. B. die Querbarkeit einer Straßenbahntrasse für Fußgänger:innen (Sicherheit, Leistungsfähigkeit) oder parallele oder querende Wege für Radfahrer:innen^[4]. So wird aktuell in der Vorplanung der Stadtbahn Kiel die Veloroutenplanung eng mit den konkreten Vorzugsvarianten der Stadtbahn abgestimmt, damit Konflikte vermieden werden.

Eine andere wesentliche Schnittstelle besteht zum MIV. Die Leistungsfähigkeit des geänderten Straßennetzes ist nachzuweisen, was im Allgemeinen kleinräumig (mit VISSIM oder HBS wie für die Stadtbahn Kiel nun in der Vorplanung) oder großräumig mit einem Verkehrsmodell (VISUM, auch in Kiel in der Nutzung) erfolgt.

Schnittstellen zu vorhandener Infrastruktur sind zu beachten, im Allgemeinen ist Grunderwerb von privaten Dritten zu minimieren (das ist eine der Planungsmaximen der Stadtbahn Kiel aktuell), da das die finanziellen und rechtlichen Risiken bei der Realisierung steigert. Wichtig in diesem Zusammenhang sind auch die vorhandenen Leitungen unter der Trasse (Regen- und Schmutzwasser, Versorger, Telekommunikation etc.). Im Allgemeinen verbleiben diese parallel nicht unter einer Trasse und werden verlegt. Das wird auch anteilig gefördert, ist aber zeitlich früh zu planen und wird oft vorlaufend bereits umgesetzt, um die Dauer der eigentlichen späteren Bauphase der Straßenbahn zu minimieren.

Schnittstellen zu Flora und Fauna betreffen oft den existierenden Baumbestand oder geschützte Naturgebiete in städtischen Räumen. Gutachten dazu sind in den späteren Planungsphasen notwendig, oft kann der bestehende Baumbestand nicht komplett erhalten werden und es sind Ausgleichsmaßnahmen notwendig. In der Vorplanung der Stadtbahn Kiel wird eine genaue Baumbilanz erstellt, das Grünflächenamt plant, ein Baumkonzept für die gesamten 36 km Stadtbahnstrecken erstellen zu lassen.

⁴ Es sollte vermieden werden, Radverkehr auf einer neuen Straßenbahntrasse zu führen, da Radfahrer:innen sonst leicht in die Rillenschiene gelangen und stürzen können. Systeme, in denen die Rillenschiene mit Gummielementen aufgefüllt wird, welche die Straßenbahn bei Überfahrt „freifährt“, haben sich bisher nicht bewährt, besonders nicht bei den Wetterbedingungen Regen und Schnee.

Weitere Schnittstellen zu Anwohner:innen und anderen Gebäuden betreffen Themen wie Lärm und Erschütterung oder die elektromagnetische Verträglichkeit - EMV (insbesondere mit Forschungsinstitutionen). Auch hier sind Gutachten in den späteren Planungsphasen zu erstellen.

Im weiteren Planungsprozess sind auch betriebliche Schnittstellen zur Feuerwehr, Rettungsverkehren oder der Müllabfuhr zu beachten. So wird bei der Stadtbahn Kiel in der Vorplanung der grundsätzliche Dialog mit der Feuerwehr geführt, um besondere Anforderungen integrieren zu können. Grundsätzlich ist das städtische Rettungskonzept unter Berücksichtigung der Anleiterung und Befahrbarkeit zu berücksichtigen.

4.4 Kostenschätzung

Die Kosten werden auf Basis vereinfachter Einheitskostensätze vergleichbarer Projekte abgeleitet. Für die Infrastruktur Straßenbahn werden die ermittelten Längen des Zielnetzes herangezogen, wobei Analogieschlüsse anhand des laufenden Projekts Trassenstudie Kiel herangezogen werden können (Stand Ende 2022). Dort wurde in der Trassenstudie bis Ende 2022 eine detaillierte Kostenermittlungen auf Basis einer Planung 1:2.2500/1:1.000 nach den Positionen der Standardisierte Bewertung durchgeführt. Für Lübeck werden noch keine Pläne erstellt.

Die notwendigen Investitionskosten im ergänzenden Busnetz beinhalten die Maßnahmen, die im Zusammenhang mit der Straßenbahn erforderlich werden und die es ohne das Straßenbahnnetz allein nicht gegeben hätte. Das sind z.B. Umsteigeanlagen/Mobilitätshubs oder Busspuren im Zubringernetz. Laut Standardisierter Bewertung werden pauschal 10% der Baukosten als Planungskosten angesetzt.

Anlagenteil Nr.	Anlagenteilbezeichnung	Kosten [€]
Teil A: Verkehrswege ÖPNV		
10	Grunderwerb (nichtstädtische Flächen)	€2.954.108
20	einmalige Aufwendungen	€53.501.832
60	Brücken inkl. Bahnsteigunter-/überführungen	€86.721.152
72	Gleise: Feste Fahrbahn	€98.860.467
73	Weichen inkl. Heizungen und Antriebe	€11.220.000
74	Oberbau Straßen und Wege inkl. Busspuren	€961.510
81	Betriebs-, Verkehrs- und Sozialgebäude (oberirdisch)	€503.691
90	Haltestellenausstattung und Zubehör	€1.420.000
100	Bahnsteige und Rampen (inkl. Überdachungen)	€12.780.000
110	Sicherungs- und Signalanlagen inkl. BÜ-Sicherungsanlagen	€20.710.000
120	Fernmeldeanlagen, Leitsysteme, Telekommunikationsanlagen, DFI	€5.680.000
131	Fahr- und Speiseleitungen (inkl. Masten), Stromschienen	€20.243.645
132	Umformwerke, Unterwerke (elektrischer und maschineller Teil)	€20.057.700
170	Landschaftsbau, Bepflanzungen	€925.425
Teil B: Verlegung von Anlagen Dritter (sonstige Infrastruktur)		
300	Straßen und Wege inkl. Ausstattung	€163.389.130
310	Stützmauern	€1.177.378
340	Leitungen für Strom, Telekom, Gas, Wasser, Abwasser, Fernwärme	€29.375.402
Zwischensumme		€578.224.770
400	10 % Planungsleistungen	€57.822.477
Gesamtsumme		€636.047.247

Abbildung 20: Ortsfeste Infrastruktur – Infrastrukturkosten (Stand 2022)

Die Fahrzeugkosten können nur grob geschätzt werden, da weder Typ noch genaue Länge feststehen. Für die 38 Fahrzeuge wird ein mittlerer Fahrzeugpreis von 4,5 Mio € angesetzt, was zu 171 Mio. € führt.

Auch für den Betriebshof liegt keine Planung vor, aus Vergleichsprojekten kann von durchschnittlichen Kosten pro Fahrzeug von 2,0 bis 2,5 Mio € ausgegangen werden, das führt zu 95 Mio. € (oberer Wert).

D.h. die Gesamtkosten für die Infrastruktur, Fahrzeuge und den Betriebshof (Stand 2022) können grob auf rund 900 Mio € abgeschätzt werden, was aber ohne Planungen nur als ein erster Hinweis dienen kann. In dieser Summe sind bisher keine Zuschläge und Risikopuffer enthalten.

4.5 Fördermöglichkeiten

Der Bund stellt für die Förderung von ÖPNV-Vorhaben insbesondere das Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG) zur Verfügung. Der Bundesanteil beträgt üblicherweise 75 % der förderfähigen Kosten.

Weitere Fördermöglichkeiten ergeben sich aus verschiedenen Landesprogrammen, insbesondere zu nennen ist hier das GVFG-SH, welches durch das Land Schleswig-Holstein aufgestellt wurde.

Im Landes-GVFG Schleswig-Holstein (GVFG-SH) wird – analog dem Bundes GVFG – eine Maximalfinanzierung von bis zu 75 % der zuwendungsfähigen Kosten genannt. Es ist allerdings auf Grund der finanziellen Ausstattung dieses Etatpostens eher unwahrscheinlich, dass diese Förderquote für ein Projekt in der Größenordnung der Straßenbahn Lübeck allein aus Mitteln des Landes SH erreicht werden könnte. Nicht fixiert ist auch die Komplementärfinanzierung des Landes, die bei einer Förderung durch Bundes-GVFG durch das Land SH beigesteuert würde. Erfahrungen aus anderen Straßenbahnprojekten in Schleswig-Holstein gibt es bisher nicht. In anderen Bundesländern beträgt der Landesanteil in der Regel 15 %, sodass von diesem zumindest als Basisszenario ausgegangen wird. So wurde auch in Kiel für das Straßenbahnprojekt vorgegangen. Beispiele finden sich in Ulm (neue Straßenbahn Kuhberg/Science Park), Heidelberg (Mobilitätskonzept, u.a. Straßenbahn in die Bahnstadt) oder dem Straßenbahntunnel in Karlsruhe (Kombilösung).

Auf Grund der aktuell noch frühen Planungsphase mussten sowohl bei der Kostenschätzung als auch bei der Ermittlung der zuwendungsfähigen Anteile einige Annahmen getroffen werden. Bisher noch nicht berücksichtigt und im weiteren Planungsverlauf zu betrachten sind dabei der Wertausgleich für Anpassungen an sowohl städtischen Anlagen als auch solchen im Eigentum Dritter – dies kann insbesondere bei bereits vorhandenen (und damit teilweise abgeschriebenen Anlagen) relevant werden, die für die Straßenbahn umgebaut oder neu erstellt werden, z.B. Lichtsignalanlagen oder Versorgungsleitungen.

Grundsätzlich ist dem Zuwendungsgebenden gegenüber immer das Erfordernis der (Teil-) Maßnahme für das Gesamtprojekt Straßenbahn darzulegen, da nur in diesem Fall die grundsätzliche Zuwendungsfähigkeit gegeben ist.

4.5.1 Brückenbauwerke

Insbesondere bei Brückenbauwerken ergeben sich einige Themen, die gesondert zu den übrigen Anlagenteilen des Straßenbahn-Projektes zu betrachten sind.

Für Kreuzungsbauwerke, die andere Verkehrswege queren, kommen teilweise neben dem GVFG weitere Gesetzesregelungen zum Tragen, um diese Bauwerke (ggf. anteilig) zu fördern bzw. es tritt eine gesetzlich geregelte Kostenfolge ein. Diese ist beispielsweise im Sinne des Eisenbahnkreuzungsgesetzes (EKrG) zu untersuchen. Für Lübeck ergibt sich die Besonderheit der denkmalgeschützten Bauwerke im Innenstadtbereich, die besondere Aufmerksamkeit erfordert.

4.5.2 Förderanteile

(1) Die Länder können folgende Vorhaben durch Zuwendungen aus den Finanzhilfen fördern, soweit sie dem öffentlichen Personennahverkehr dienen und überwiegend auf besonderem Bahnkörper oder auf Streckenabschnitten, die eine Bevorrechtigung der Bahnen durch geeignete Bauformen beziehungsweise Fahrleitsysteme sicherstellen, geführt werden:

1. Bau oder Ausbau von Verkehrswegen der
 - a) Straßenbahnen, Hoch- und Untergrundbahnen sowie Bahnen besonderer Bauart,
 - b) nichtbundeseigenen Eisenbahnen,
 - c) Seilbahnsysteme, sofern die nach dem Beihilferecht der Europäischen Union zu beachtenden Voraussetzungen vorliegen,

Für die Einführung eines Straßenbahnsystems kann für die Kostenteile A und B (siehe Tabelle) eine Förderung gemäß Bundes-GVFG von 75 % angenommen werden. Der Kostenteil C (Baunebenkosten und Risiken) kann lediglich für den Teil der Planungskosten mit der Pauschalen Förderung von 10 % der zuwendungsfähigen Kosten gemäß Bundes-GVFG mit 75 % gefördert werden. Eine Risikoposition findet bei der Ermittlung der zuwendungsfähigen Kosten keine Anwendung, da eine Förderung lediglich auf tatsächlich anfallende Kosten erfolgen kann. Für den Kostenteil D wird keine Förderung für Fahrzeuge, Betriebshof und Betriebshofstrecke angenommen, da diese im Rahmen des Bundes-GVFG nicht Fördertatbestand sind.

Möglichkeiten ergeben sich ggf. über Förderprogramme für Fahrzeuge mit alternativen Antrieben oder für Ladeinfrastruktur. Zielgerichteter erscheint zum aktuellen Zeitpunkt aber eine Debatte auf politischer Ebene, ob auf Grund der Erfordernis insbesondere der Betriebshofanlagen – ohne die die Einführung einer Straßenbahn ja gar nicht möglich wird – eine Förderung denkbar wird. Gleiches gilt auf Landesebene zum Thema Fahrzeugförderung, welches für ein städtisches System anders zu bewerten ist als für Eisenbahnverkehre, da die betrieblichen Kosten des Stadtverkehrs nicht durch Regionalisierungsmittel unterstützt werden.

Städtebauliche Aufwertungen und parallele Maßnahmen, die nicht im direkten Zusammenhang mit dem Straßenbahn-Projekt stehen sind in aller Regel nicht zuwendungsfähig. Das ausgearbeitete Straßenbahnnetz ist so ausgeplant, dass nach aktuellem Stand von einem Anteil an besonderem Bahnkörper von 56 % ausgegangen werden kann (siehe Kapitel 6.1.3). Um die Anforderung gemäß §2 GVFG zu erfüllen, dass die Straßenbahnen „überwiegend auf besonderem Bahnkörper“ verkehrt, sollte in weiteren Planungsschritten ein Hauptaugenmerk auf die Steigerung des Anteils des besonderen Bahnkörpers gelegt werden. Hierfür ist insbesondere eine vertiefende Untersuchung der Straßenbreiten notwendig, um genauere Aussagen über mögliche Querschnittsbreiten treffen zu können. Auch für die nicht im besonderen Bahnkörper trassierten Abschnitte wäre eine gleichwertige Bevorrechtigung, z.B. via Lichtsignalanlagen zu erreichen. Diese Planungsgrundsätze wären in den weiteren Planungsschritten zu berücksichtigen.

Tabelle 9: Teilindikatoren und Nutzen-Kosten-Indikator

Teil	Beschreibung	GVFG (Bund)	GVFG (Land)	Eigenanteil Hansestadt Lübeck	Bemerkung
Teil A	Verkehrswege ÖPNV				Aufhebung Bahnübergänge (EKrG)
	Grunderwerb Trassen Bauwerke Gleise inkl. Weichen Haltestellen inkl. -ausstattung Telekommunikation Unterwerke Landschaftsbau und Bepflanzungen	75 %	15 %	10 %	
Teil B	Verlegung von Anlagen				Thema Leitungsverlegung, evtl.- Wertausgleich oder Folgepflicht nicht förderfähig
	Bauwerke Leitungen Gewässer	75 %	15 %	10 %	
Teil C	Baunebenkosten und Risiken				Teilweise nicht förderfähig (Baunebenkosten)
	Fachplanung Baunebenkosten	Ca. 40 %	Ca. 7,5 %	Ca. 52,5 %	
Teil D	Betriebshof und Fahrzeuge	0 %	0 %	100 %	Nicht förderfähig gemäß Bundes GVF, Annahme keiner Landesförderung
Teil E	Städtebauliche Aufwertungen	0 %	0 %	100 %	Als nicht förderfähig angesetzt

5. Bewertung der Netzkonzeption und Vergleich mit reinem Busnetz

Im Zuge der Erstellung des 5. Regionalen Nahverkehrsplans (RNVP) sind auch die Potentiale einer Erweiterung eines reinen Busnetzes umfangreich hergeleitet worden. Mit diesem Verkehrswendeszenario sollte geprüft werden, wie weit der Modal Split des ÖPNV mit Angebotsausweitungen gesteigert werden kann, ohne bestimmte Rahmenbedingungen, wie die Belastung der Strecken in der Innenstadt, zu verletzen. Die Details der Herleitung sind dem eigenständigen Bericht zu entnehmen.

Analog zur Weiterentwicklung der Netzvarianten im vorliegenden Gutachten ist auch das Verkehrswendeszenario ausgehend von einem Basisnetz Schritt für Schritt weiterentwickelt worden, bis ein möglichst hohes Fahrgastwachstum mit optimiertem Gesamtnetz erzielt werden konnte. Bei der Interpretation zu beachten ist, dass für das Verkehrswendeszenario einige Streckenabschnitte auf dem Kreisgebiet Ostholstein in das Konzept einbezogen und aufgewertet wurden, während im Straßenbahnkonzept nur die bisherigen Lübecker Stadtbuslinien in die Überarbeitung einbezogen wurden. Eine Vergleichbarkeit besteht jedoch trotzdem.

Tabelle 10: Vergleich Mengengerüste zum Verkehrswendeszenario

	Vergleichsfall o. Maßnahmen	Zielnetz Straßenbahn	Verkehrswendeszenario
Anzahl Straßenbahnlinien	-	4	-
Anzahl Buslinien	31	19	25
Anzahl Fahrten / Werktag	2.323	2.443	3.889
Wagenkilometer / Werktag	30.912	33.240	67.282
ÖV-Wege / Werktag Gesamtraum	194.732	234.018	242.063
ÖV-Wege / Werktag Binnen HL	73.300	100.966	103.532
Modal-Split ÖV – Lübeck	11,1%	15,4%	16,0%

Es wird deutlich, dass im Verkehrswendeszenario insgesamt ein höheres Fahrgastwachstum erzielt wird, als im hergeleiteten Straßenbahn-Zielnetz (inkl. Busergänzungsnetz).

Im Unterschied zum Verkehrswendeszenario bestand im Teilgutachten der Straßenbahn jedoch die Anforderung, die Leistungsausweitung in einem engen Rahmen zu halten und möglichst viel Busverkehrsleistung 1:1 durch die Straßenbahn zu substituieren. Um eine Finanzierung der Straßenbahn aus Bundes- und Landesmitteln förderfähig zu gestalten, ist zwingend ein Kosten-Nutzen-Faktor > 1 zu erzielen. Da hierbei auch die laufenden Betriebskosten, der effiziente Fahrzeugeinsatz und andere Parameter berücksichtigt werden, muss ein Zielnetz für eine Straßenbahn immer stark auf Effizienz fokussiert werden. Im Verkehrswendeszenario stand hingegen vor allem die Steigerung von Fahrgastzahlen im Vordergrund, da abgeprüft werden sollte, wieviele Fahrgäste mit Angebotsmaßnahmen für den ÖPNV gewonnen werden können. Zwar wurden auch hier durch das iterative Vorgehen besonders unwirtschaftliche Ausweitungen wieder zurückgenommen, jedoch nicht in dem hohen Maße wie beim Teilgutachten Straßenbahn. Dies führt dazu, dass die beiden Ansätze zwar grundsätzlich vergleichbar sind, aber bedacht werden sollte, dass die Fahrgastzahlen des Straßenbahnnetzes ebenfalls noch steigerbar wären, wenn mehr Verkehrsleistung vorgesehen würde.

Deutlich wird der Unterschied der beiden Szenarien beim Blick auf die erbrachte Betriebsleistung. Während das Zielnetz Straßenbahn mit 33.240 Wagenkilometern gegenüber dem Fahrplan 2024 nur eine Mehrleistung von 7,5 % enthält, wird im Verkehrswendeszenario das Volumen mehr als verdoppelt (+117 %). Diese Ausweitung hat auch erhebliche Folgen auf die benötigte Anzahl an Fahrzeugen und somit auch die Betriebshofstandorte. Zudem wäre ein erheblicher Personalaufwuchs nötig. Diese Zahlen verdeutlichen, dass bereits eine Steigerung des Modal-Split auf 16 % erhebliche Aufwendungen notwendig machen würde und das Netz zudem nur eine beschränkte Aufnahmefähigkeit für weitere Verkehre besitzt.

Im Straßenbahn-Netz hingegen wird trotz der erheblich geringeren Leistungsausweitung ebenfalls eine deutliche Steigerung des Modal-Split auf 15,4 % erzielt. Ein Abgleich der abgeschöpften Nachfrage nach Teilkorridoren zeigt, dass im Verkehrswendeszenario vor allem auf den Abschnitten außerhalb des Straßenbahn-Kernnetzes und auf den Tangentialen noch Fahrgastmengen gewonnen werden konnten, während die Abschöpfung innerhalb der Korridore des Straßenbahn-Kernnetzes trotz des erheblich üppigeren Angebots in etwa auf einem Niveau ist. Diese Erkenntnis ist folgerichtig, da im Verkehrswendeszenario insbesondere in den Außenbereichen teils massive Angebotsverdichtungen enthalten sind, die aus beschriebenen Gründen im Straßenbahn-Netz nicht umgesetzt wurden.

Es ist davon auszugehen, dass mit den Erkenntnissen des Verkehrswendeszenarios auch im Straßenbahn-Szenario weitere Leistungsausweitungen möglich wären, die den Modal-Split noch weiter steigern können. Aufgrund der höheren Massenleistungsfähigkeit und der höheren Attraktivität einer Straßenbahn sind jedoch bei weitem keine so hohen Ausweitungen wie im Verkehrswendeszenario erforderlich.

Bei einer generellen Steigerung des Leistungsvolumens ist auch eine Ausbildung fester Hierarchiestufen im Netz deutlich einfacher umzusetzen. Im Verkehrswendeszenario konnte nachgewiesen werden, dass ein System aus starken Achsen und starken tangentialen Ergänzungslinien auch zur Entlastung der Kapazitäten in besonders stark nachgefragten Korridoren beiträgt. Auch der gezielte Einsatz von Expressverbindungen bei hohem Punkt-zu-Punkt-Aufkommen über einen langen Laufweg hat sich als effizient und nachfragesteigernd erwiesen.

Die im Verkehrswendeszenario hergeleitete Hierarchieebene eines "Metrobus" wird im Straßenbahn-Szenario weitestgehend durch die Straßenbahn ersetzt.

Bei einem Straßenbahn-System besteht durch das Produkt an sich bereits eine hochwertige und hoch leistungsfähige Netzebene, bei denen aufgrund der höheren Massenleistungsfähigkeit grundsätzlich auch weniger Kapazitätsengpässe auftreten, als in einem vergleichbaren Busnetz. Dennoch gilt auch für das Straßenbahn-System, dass eine tangentiale Ergänzung notwendig ist, um die Nachfrage auf besonders stark belasteten Korridoren zu entzerren. Dies gilt insbesondere für die Ratzeburger und Schwartauer Allee, wo durch tangentiale Ergänzungslinien verhindert werden konnte, dass noch größere Fahrzeuge oder noch engere Takte eingesetzt werden müssten.

Zudem ist auch die hochwertigere Angebotsebene auf Niveau eines "Metrobus" auch im Straßenbahn-Szenario sinnvoll, da aufgrund nötiger baulicher Abwägung bzw. aus betrieblichen Gründen (vgl. Kap. 4) nicht auf allen grundsätzlich nachfragewürdigen Strecken eine gleichzeitige

Umsetzung einer Straßenbahn in der 1. Stufe möglich ist. Diese Teilstrecken werden daher als potentielle Erweiterungsbausteine. Somit verbleibt der Bus auf diesen stark nachgefragten Korridoren als "Vorläufer". Aufgrund des nachgewiesenen hohen Potentials sollten hier dieselben Planungsparameter wie für eine Straßenbahn gelten, was gradlinige Laufwege, einheitliche Takte und einen ganztägigen 10-Minuten-Takt (oder dichter) umfasst. Für die betreffenden Achsen wurde daher auch ein gradliniger Laufweg durch die Altstadt vorgesehen, um den Fahrgästen dieser Korridore einerseits einen direkten Innenstadtzugang und andererseits einen optimalen Übergang auf das Straßenbahn-Netz zu bieten.

Auch im Straßenbahn-Szenario zeigt sich die im Verkehrswendeszenario beschriebene Überlastung bestimmter Korridore in der Innenstadt, wenngleich in geringer ausgeprägter Form. Zur Entlastung der Innenstadt wurden daher viele Ergänzungslinien, die nicht als Metrobus klassifiziert wurden, tangential abgeleitet. Hierbei wurden jedoch optimierte Umsteigepunkte mit direktem Übergang zur Straßenbahn vorgesehen, zudem werden im tangentialen Laufweg auch mehrere andere Achsen erreicht, sodass für die Fahrgäste zwar teilweise ein Umstieg mehr entsteht, dafür aber andere Ziele und Korridore direkter und öfter erreicht werden. Diese Logik des "gebrochenen Verkehrs" mit einem zusätzlichen Umstieg führt zu einer besseren Bündelung in der kapazitativ leistungsfähigen Straßenbahn, während mit der eingesparten Betriebsleistung der Busse die tangentiale Ergänzung und dichtere Takte kompensiert werden können.

Die im Verkehrswendeszenario beschriebenen hochwertigen Umsteigepunkte sind auch auf ein Straßenbahn-Netz übertragbar. Hiermit sind insbesondere die Kreuzungsstellen der radialen auf die Innenstadt zulaufenden Straßenbahn-Linien mit den tangentialen Busachsen gemeint. Ein Beispiel stellt die Haltestelle Fahrenkampsweg dar, die im Verkehrswendeszenario als "Südkreuz" fungiert. Hier kann die starke Nachfrage der Ratzeburger Allee durch ein dichtes Busangebot auf dem Ring (St. Jürgen-Ring-Wallbrechtstraße) entzerrt werden, wenn gute Übergänge angeboten werden. Da für die Straßenbahn ohnehin neue Haltestellen gebaut würden und der öffentliche Raum umgestaltet wird, kann somit auch eine optimierte Haltestellenlage mit optimaler Verknüpfung mit möglichst kurzen Fußwegen ausgearbeitet werden. Insbesondere am Beispiel Südkreuz stellen sich hierbei aufgrund der Situation im MIV mit dem kreuzenden Brückenbauwerk und den Rampen und den parallelen Anforderungen aus dem Rad- und Fußverkehr besondere bauliche Herausforderungen, die nur integriert mit dem Blick auf die Belange aller Verkehrsträger gelöst werden können. Diese integrierte Betrachtung wird maßgeblicher Bestandteil des zur Zeit in Erarbeitung befindlichen Verkehrsentwicklungsplans sein, auf den an dieser Stelle verwiesen wird.

6. Fazit

Das Teilgutachten Straßenbahn hat gezeigt, dass technisch – auch in der Innenstadt – eine Straßenbahn in Form einer modernen Stadtbahn in der Hansestadt Lübeck eingeführt werden kann. Die Ergebnisse des Verkehrswendeszenarios zeigen, dass ein erweitertes Bussystem sehr bald an die Grenzen der Leistungsfähigkeit kommt. Der Vergleich Ziernetz Straßenbahn mit den Ergebnissen des Verkehrswendeszenarios des 5. RNVP legt nahe, dass das verkehrspolitische Ziel, den prozentualen Anteil an (Haupt-)Wegen, der mit dem Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) zurückgelegt wird, von 11 % auf 20 % und den prozentualen Anteil des ÖPNV an der gesamten Verkehrsleistung nach Personenkilometern sukzessive auf 40 % bis zum Jahr 2040 zu steigern, nicht mit einem reinen verbesserten Busverkehrssystem erreicht werden kann. Im dargestellten Straßenbahn-Ziernetz werden mangels Ausweitung der Gesamtverkehrsleistung

zwar die Ziele auch nicht erreicht, im Unterschied zum Verkehrswendeszenario sind jedoch bei weitem noch nicht alle potentialträchtigen Elemente aktiviert, sodass sowohl Restkapazitäten im Netz als auch potentialträchtige Maßnahmenansätze vorliegen. Zudem kommt der sogenannte "Schienenbonus" zum Tragen, d. h. nur eine Straßenbahn ist in der Lage (im Vergleich zum Bus) deutlich mehr Fahrgäste für den ÖPNV zu gewinnen. Daher wird die Erreichung des politischen Modal-Split-Ziels mit einer Straßenbahn als möglich angesehen.

Die Investitionen in die ortsfeste Infrastruktur, Fahrzeuge und Betriebshof einer Straßenbahn wurden mit ca. 900 Mio. € für das vorgeschlagene Netz grob abgeschätzt. Die Anteile für die Infrastruktur sind nach GVFG mit bis zu 90% förderfähig. Diese GVFG-Förderung beinhaltet auch Zuschüsse für Brückensanierungen oder Zuschüsse zur Umlegung von Leitungen, was bei ohnehin anstehenden Sanierungen oder Erneuerungen genutzt werden kann.

Im Gesamtzusammenhang sollte auch das Projekt Stadtbahn Kiel noch einmal erwähnt werden. Dieses 36 km Netz ist aktuell in der Vorplanung und schreitet mit großem lokalen Engagement voran. Eine Straßenbahn in Lübeck kann davon profitieren und es gibt sicher viele Synergieeffekte zwischen den Projekten, wenn sie in ähnlichen Zeitkorridoren geplant und realisiert werden.

Wie in Kiel darf die Straßenbahn nicht nur als reines Transportmittel gesehen werden. Die französischen Vorbilder der neuen Straßenbahnen der letzten 30 Jahre zeigen, wie eine Straßenbahn zur städtebaulichen Aufwertung und Erneuerung beitragen und diese voranbringen kann. Diese Chance besteht auch in Lübeck und ist positiv zu bewerten. Die ersten Visualisierungen (siehe Kapitel 7.9 – Anhang 9) deuten diese Potentiale an.

Risiken, die mit der Einführung einer Straßenbahn verbunden sind, sind in dieser Studie nicht im Detail ausgearbeitet worden, müssen aber auch genannt werden. Hier sind insbesondere die Beeinträchtigungen, die mit den notwendigen Bauphasen einhergehen, zu erwähnen. Dafür sind profunde Konzepte mit Kommunikationsstrategien zu entwickeln.

Es wird empfohlen als nächste Schritte folgendes zu untersuchen:

- Detaillierte Trassenauswahl für ein zukünftiges Straßenbahnnetz
- Vertiefte technische Machbarkeit für ein zukünftiges Straßenbahnnetz
- Standardisierte Bewertung (Nutzen-Kosten-Untersuchung)

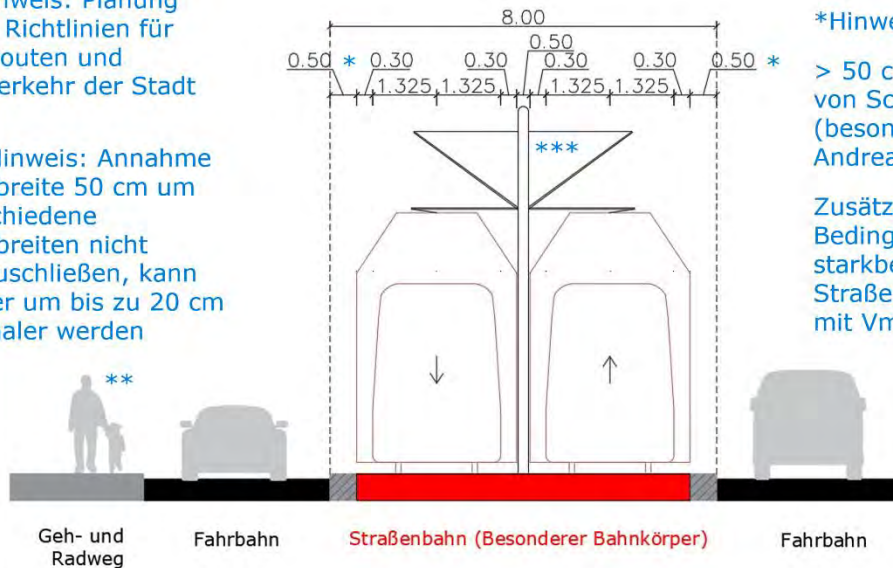
7. Anhang

7.1 Anhang 1: Regelquerschnitte

7.1.1 Straßenbahn-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: Straßenbahn-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 Straßenbahntrasse 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 m/2 +
- dynamischer Zuschlag Lichtraum 0,3 m +
- Sicherheitsraum der Straße 0,5 m (nicht zu verwechseln mit dem BOStrab-Sicherheitsraum, dieser beträgt ab dem dynamischen Lichtraum 0,7 m, darf aber in der Straße liegen, da hier kein festes Hindernis zwischen Straße und Straßenbahntrasse liegt)
- Summe = 2,125 m

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 8,00 m auf 7,50 m reduziert werden. Weitere Reduktionen sind bei der Auswahl schmalere Mastformen möglich, was aber zu einem späteren Zeitpunkt entschieden werden kann.

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

***Hinweis:**

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

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

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

****Hinweis:**

Breite (Gleismittenabstand) kann in der Gerade bei Bedarf um $2 \times 10 \text{ cm}$ reduziert werden (siehe EAÖ).

Grundsätzliche Erläuterungen siehe Straßenbahn RQ1.

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

7.1.3 Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ3: Besonderer Bahnkörper mit Zäunen bei höheren Geschwindigkeiten

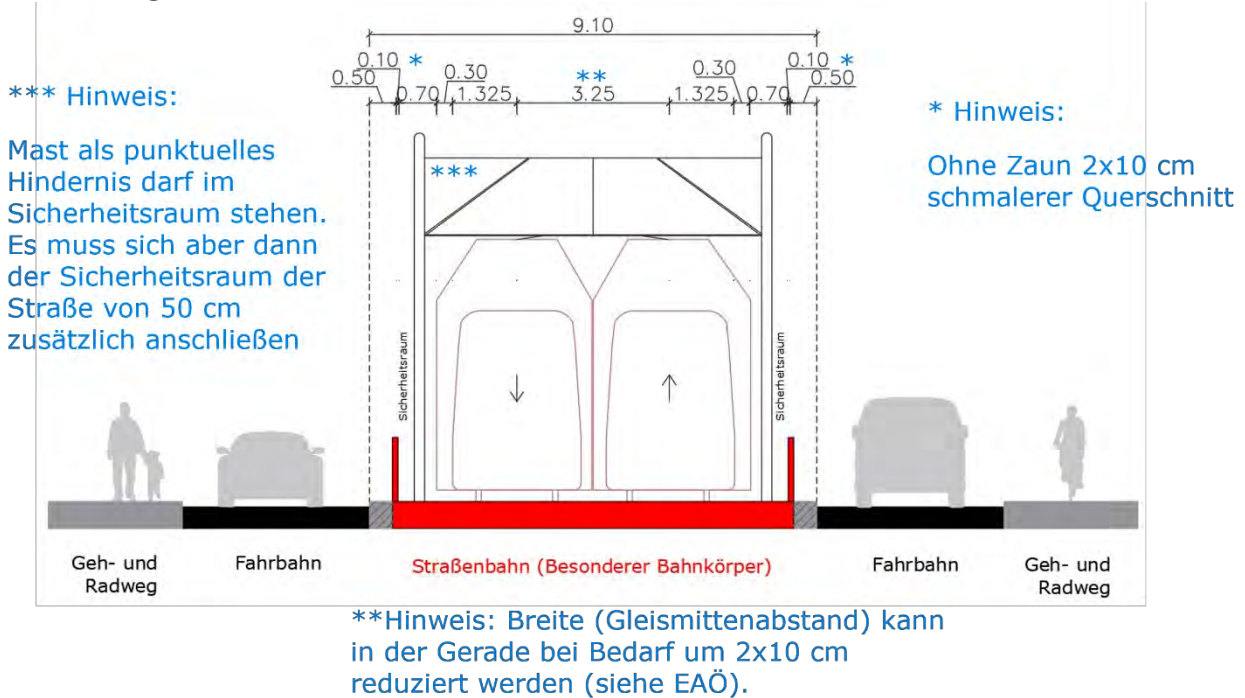


Abbildung 23: Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ3: Besonderer Bahnkörper mit Zäunen bei höheren Geschwindigkeiten

Grundsätzliche Erläuterungen siehe Straßenbahn 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).

7.1.3.1 Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ4: Besonderer Bahnkörper mit Querüberspannung

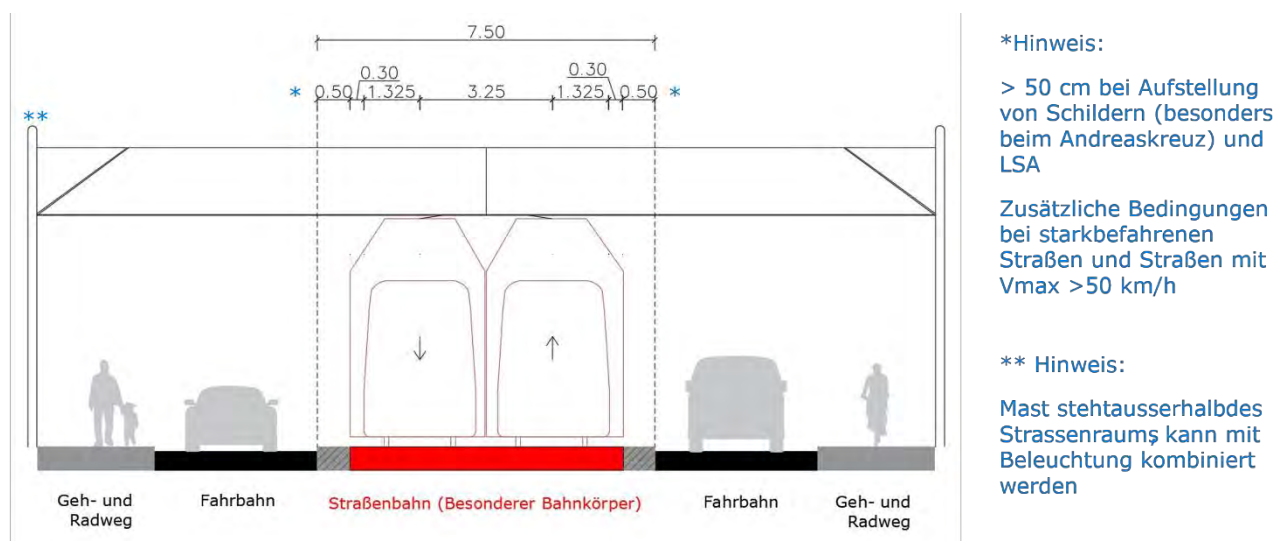


Abbildung 24: Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ4: Besonderer Bahnkörper mit Querüberspannung

Grundsätzliche Erläuterungen siehe Straßenbahn 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.

7.1.4 Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ5: Straßenbündiger Bahnkörper

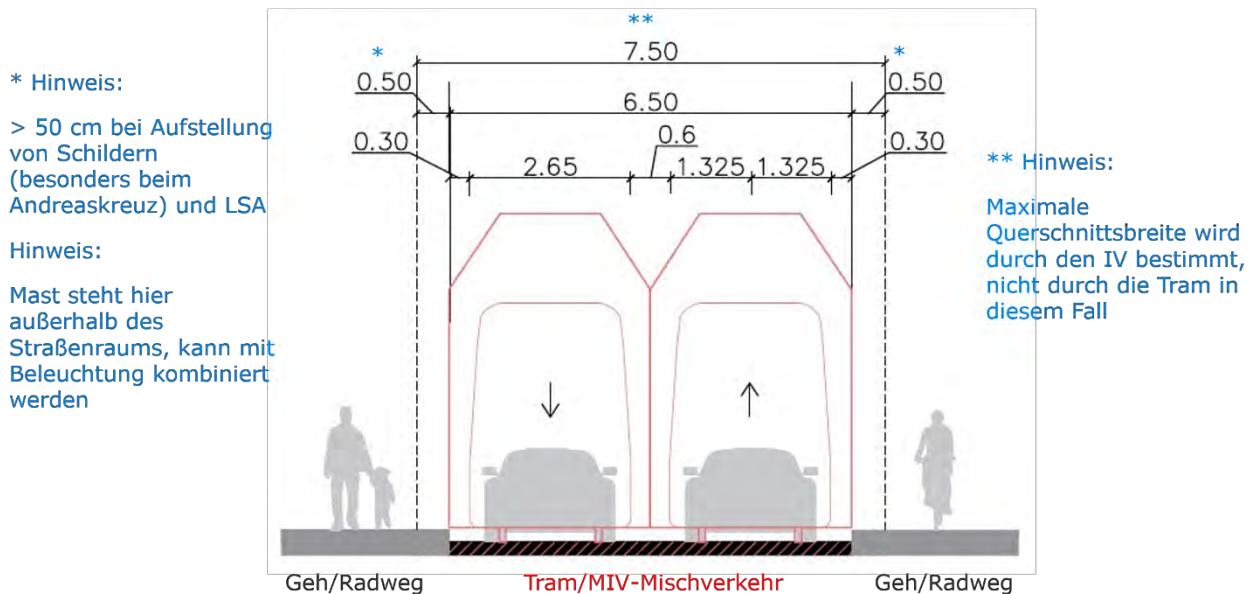


Abbildung 25: Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ5: Straßenbündiger Bahnkörper

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 Straßenbahn hier). Die Freihaltung des lichten Raumes für den Straßenbahnverkehr ist dagegen nicht maßgebend (vgl. EAÖ, S. 28). Im Falle eines an die Straßenbahn angrenzenden Radverkehrstreifens 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).

7.1.5 Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ6: Besonderer Bahnkörper auf Brückenbauwerk

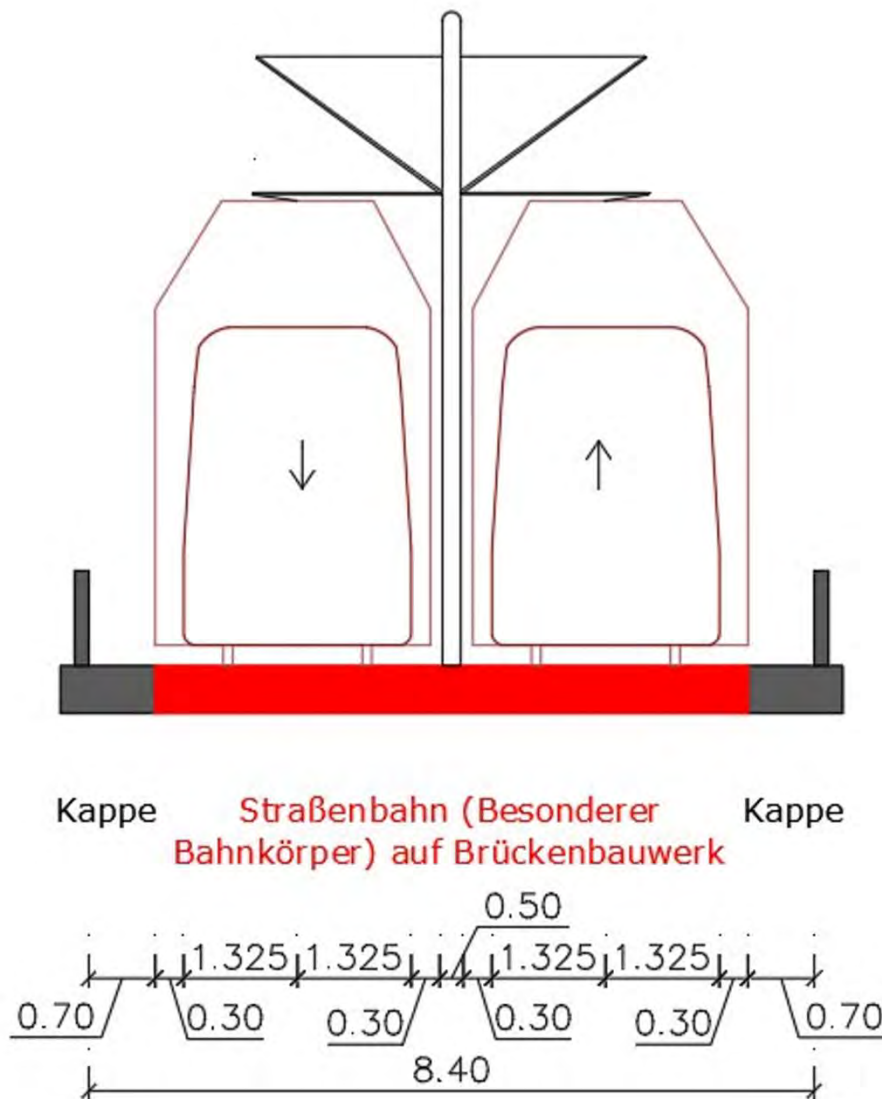


Abbildung 26: Straßenbahn-Regelquerschnitt RQ6: Besonderer Bahnkörper auf Brückenbauwerken

Grundsätzliche Erläuterungen siehe Straßenbahn RQ1.

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

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

7.2 Anhang 2: Bauwerke Altstadt

Bestandsbauwerke: Für die in der Bestandsaufnahme ermittelten Bauwerke entlang relevanter Korridore werden keine vertieften Analysen oder Berechnungen durchgeführt, sondern eine erste Einschätzung über zu erwartende Problembereiche gegeben, indem Analogieschlüsse, sofern möglich, zu Bauwerken (besonders aus Kiel) gezogen werden.



Abbildung 27: GIS-Karte betroffene Bestandsbauwerke im Kernnetz

7.2.1 Burgtor

Im Norden kann die Altstadt nur durch das Burgtor erschlossen werden. Dort verkehrte in der Vergangenheit bis 1957 auch die Straßenbahn, aber mit einer Fahrzeugbreite von 2,20 m. Es besteht aus zwei Tordurchfahrten mit folgenden Dimensionen (Fahrtrichtung stadteinwärts):

- Linkes Tor
 - Breite 4,30 m
 - Höhe in der Mitte am Scheitelpunkt 4,50 m
- Rechtes Tor
 - Breite 4,0 m
 - Höhe in der Mitte am Scheitelpunkt 4,50 m



Abbildung 28: Burgtor, Ortsbesichtigung November 2022

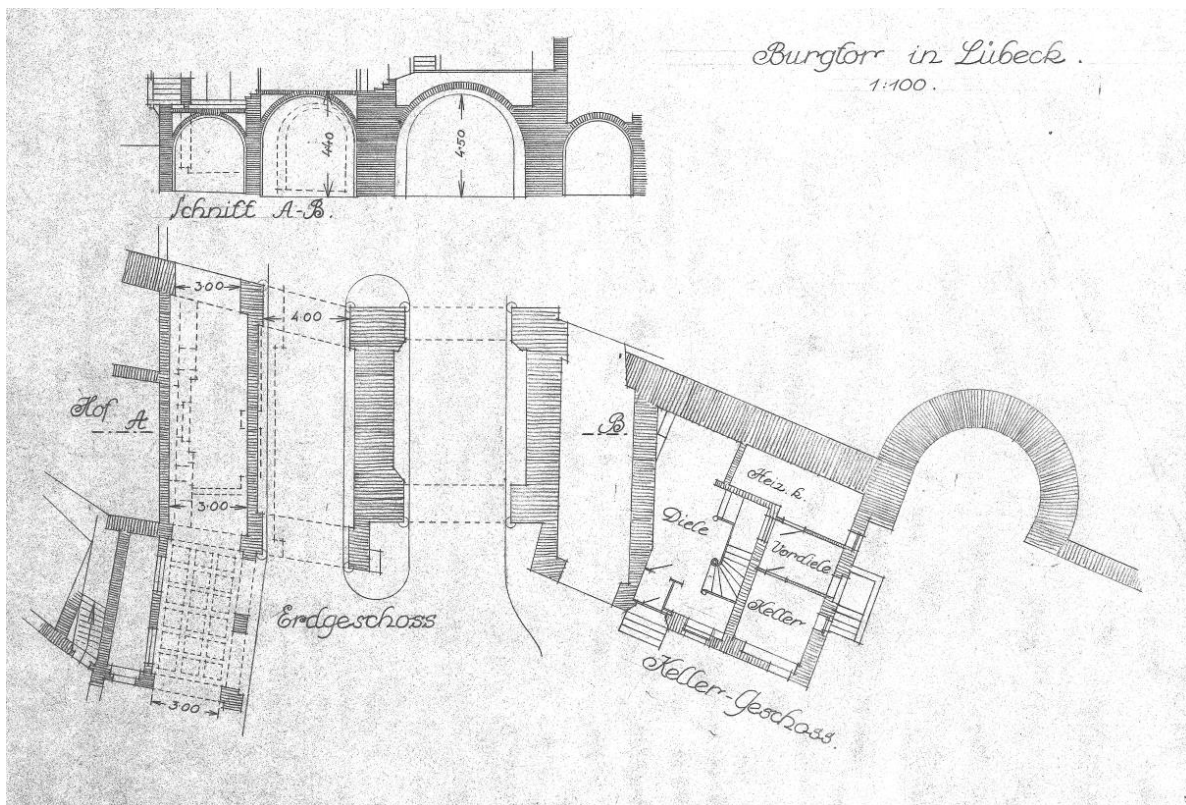


Abbildung 29: Burgtor, historischer Plan mit Dimensionen Nr. 1 (genaues Datum unbekannt)

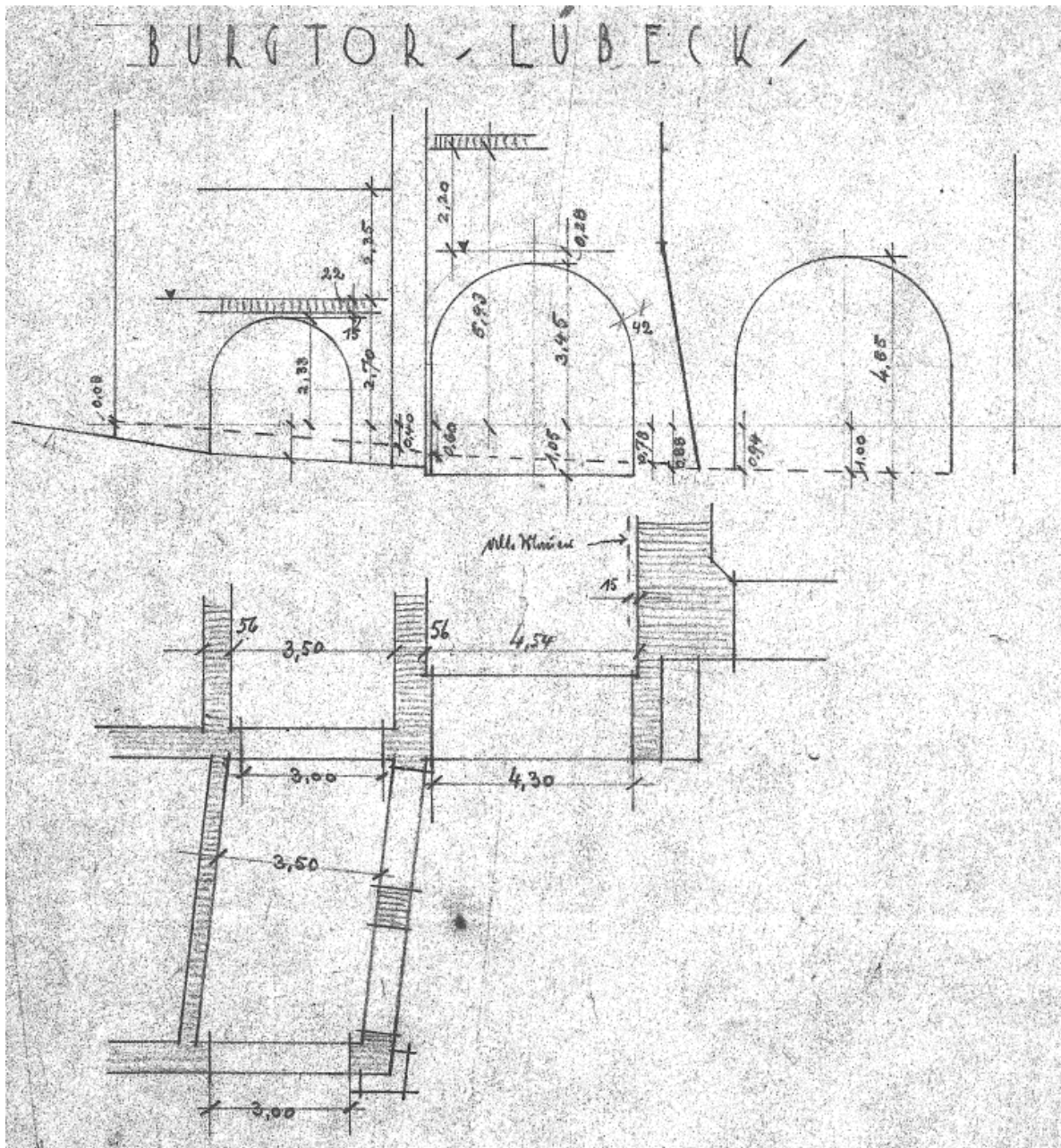


Abbildung 30: Burgtor, historischer Plan mit Dimensionen Nr. 2 (genaues Datum unbekannt)

Für die beiden in Frage kommenden Fahrzeugbreiten 2,40 m und 2,65 m wurde ermittelt, ob eine Durchfahrt mit modernen Fahrzeugen grundsätzlich möglich ist. Dafür wurde das „Quetschmaß“ gemäß BOStrab unterstellt, welches für die Unterbrechung von Sicherheitsräumen gilt, auch wenn dieser formal immer auf der der anderen Seite liegen kann (Zweirichtungsfahrzeuge mit Türen auf beiden Seiten). Trotzdem wurde dieser mit 500 mm angesetzt, um auf der sicheren Seite zu sein. Der BOStrab Sicherheitsraum ist mit 700 mm anzusetzen. Für ein Fahrzeug der Breite 2,65 m ergibt sich dann folgendes Bild:

- Prüfung Durchfahrt Burgtor (Lichtraum): Linkes Tor
 - Breite Durchfahrt 4.300 mm
 - Höhe am Scheitelpunkt 4.500 mm
 - Gleis in der Geraden

- Fahrzeughöhe mit abgezogenem Stromabnehmer 3.600 mm
- Dynamischer Sicherheitsraum um das Fahrzeug 150 mm (V_{\max} 15 km/h, anstelle von 300 mm in den Regelquerschnitten)
- Fahrzeugbreite 2.650 mm
- Quetschmaß zum Gebäude 500 mm (beinhaltet 150 mm Sicherheitsraum bei Sperrung für Rad- und Fußverkehr)
- Sicherheitsraum BOStrab 700 mm
- Benötigte Breite: $2.650 + 2 \times 150 + 500 + 700 \text{ mm} = 4.150 \text{ mm}$
- Verfügbare Breite 4.300 mm
 - Schlussfolgerung: Durchfahrt für ein Fahrzeug Breite 2,65 m möglich

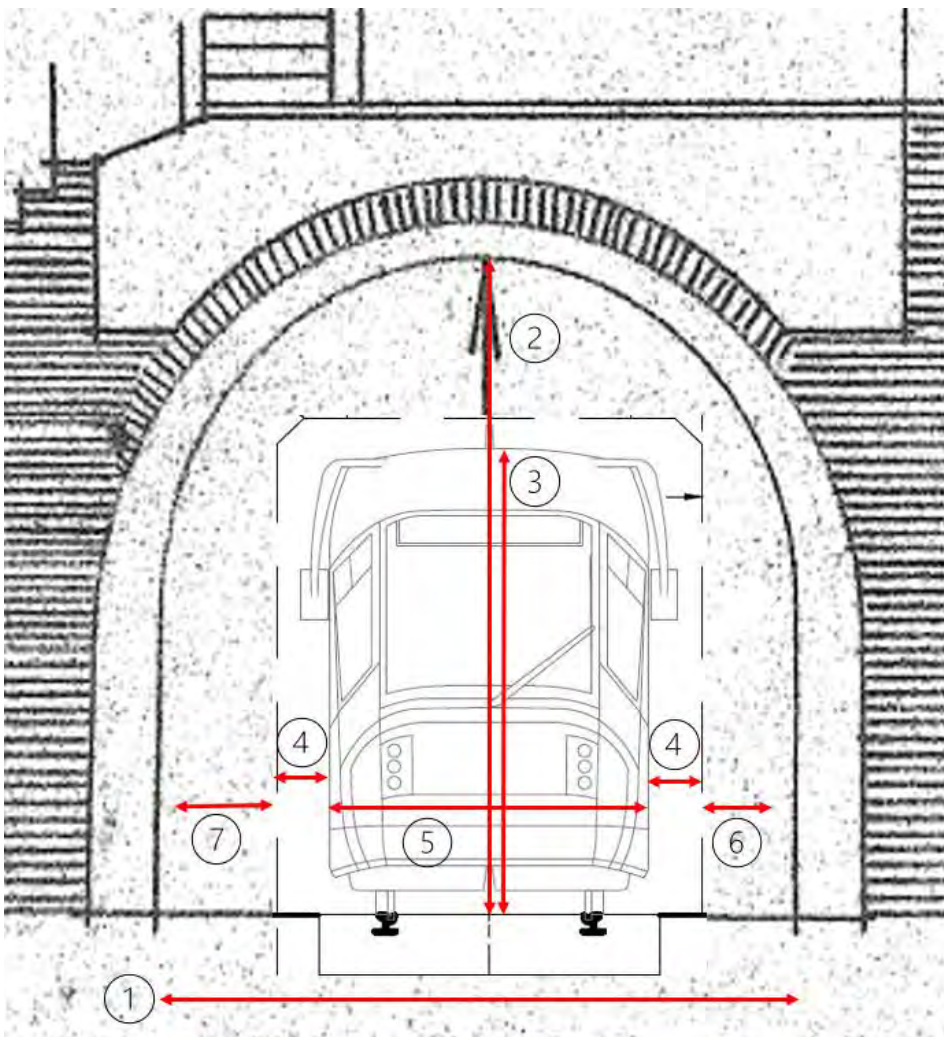


Abbildung 31: Burgtor, Durchfahrt Straßenbahn 2,65 m, linkes Tor

- Prüfung Durchfahrt Burgtor (Lichttraum): Rechtes Tor
 - Breite Durchfahrt 4.000 mm
 - Höhe am Scheitelpunkt 4.500 mm
 - Gleis in der Geraden
 - Fahrzeughöhe mit abgezogenem Stromabnehmer 3.600 mm
 - Dynamischer Sicherheitsraum um das Fahrzeug 150 mm (V_{\max} 15 km/h, anstelle von 300 mm in den Regelquerschnitten)

- Fahrzeugbreite 2.650 mm
- Quetschmaß zum Gebäude 500 mm (beinhaltet 150 mm Sicherheitsraum bei Sperrung für Rad- und Fußverkehr)
- Sicherheitsraum BOStrab 700 mm
- Benötigte Breite: $2.650 + 1 \times 150 + 500 + 700 \text{ mm} = 4.000 \text{ mm}$
- Verfügbare Breite 4.000 mm
 - Schlussfolgerung: Durchfahrt mit Fahrzeugen Breite 2,65 m möglich

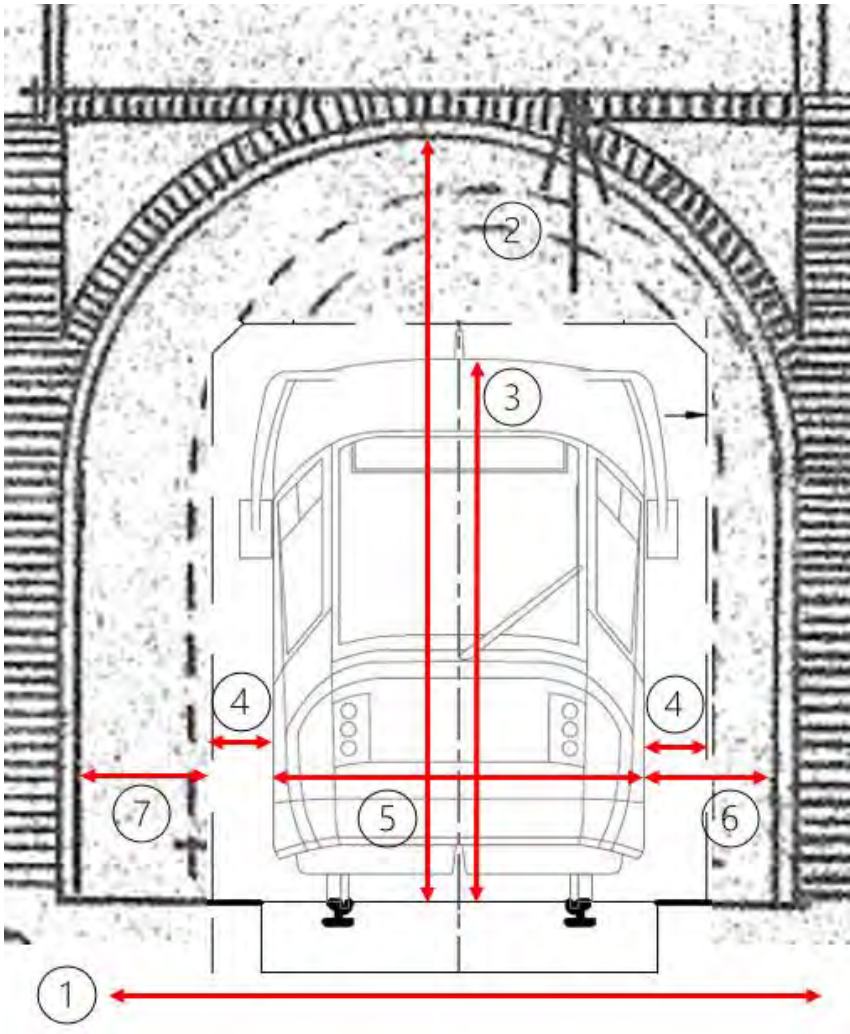


Abbildung 32: Burgtor, Durchfahrt Straßenbahn 2,65 m, rechtes Tor

Die grobe Prüfung zeigt, dass auch moderne Fahrzeuge der Breite 2,65 m oder 2,40 m durch das Burgtor verkehren können, sogar eine Oberleitung ist in diesem Bereich denkbar, wenn auch nicht empfohlen.

Es gibt einige prominente Beispiele von anderen historischen Tordurchfahrten mit Straßenbahnen, auch wenn es keine Neusysteme sind. Das zeigt aber generell, dass solche engen Durchfahrten machbar sind:

- Potsdam – Nauener Tor: Nauener Tor – Wikipedia
- Freiburg – Schwabentor: Schwabentor (Freiburg im Breisgau) – Wikipedia
- Freiburg – Martinstor: Martinstor – Wikipedia

- Freiburg – Günterstaler Tor: Günterstal – Wikipedia
- Bern – Käfigturm: Käfigturm – Wikipedia
- Prag auf der Kleinseite: Praha (Prag) – Tordurchfahrt Foto & Bild | bus & nahverkehr, straßenbahnen, verkehr & fahrzeuge Bilder auf fotocommunity

7.2.2 Brücken

7.2.2.1 BW002 Holstenbrücke

- Baujahr 1854
- Brückenklasse 45
- Zustandsnote 3,5 (ungenügend)
- Standsicherheit für Verkehrslasten aus Straßenbahn voraussichtlich nicht gegeben

Tabelle 11: BW002 Holstenbrücke

Kriterium	Antwort
eigener Gleiskörper Straßenbahn und MIV möglich (Breite ausreichend)	geom. ja
Mischverkehrstrasse 2-gleisig Straßenbahn und MIV	nein
Mischformen (z.B. Mischverkehrstrasse in eine Richtung MIV und Straßenbahn, die andere Richtung Eigener Bahnkörper oder nur 1 eigenes Gleis Straßenbahn, d.h. eingleisiger auf einem kurzen Abschnitt, und eines oder zwei MIV)	nein
Umwandlung in reine Straßenbahn-Brücke 2-gleisig, kein MIV mehr	ggf.
Neubau notwendig	Ja, ist bereits avisiert

7.2.2.2 BW004 Moltkebrücke

- Baujahr 1973
- Brückenklasse 60
- Zustandsnote 1,7 (gut)
- Standsicherheit für Verkehrslasten aus Straßenbahn voraussichtlich nicht gegeben

Tabelle 12: BW004 Holstenbrücke

Kriterium	Antwort
eigener Gleiskörper Straßenbahn und MIV möglich (Breite ausreichend)	nein
Mischverkehrstrasse 2-gleisig Straßenbahn und MIV	ggf.
Mischformen (z.B. Mischverkehrstrasse in eine Richtung MIV und Straßenbahn, die andere Richtung Eigener Bahnkörper oder nur 1 eigenes Gleis Straßenbahn, d.h. eingleisiger auf einem kurzen Abschnitt, und eines oder zwei MIV)	ggf.
Umwandlung in reine Straßenbahn-Brücke 2-gleisig, kein MIV mehr	ggf.
Neubau notwendig	ggf.

7.2.2.3 BW005 Mühlentorbrücke

- Baujahr 1898
- Brückenklasse 60

- Zustandsnote: 3,9 (ungenügend)
- Standsicherheit für Verkehrslasten aus Straßenbahn voraussichtlich nicht gegeben

Tabelle 13: BW005 Mühltorbrücke

Kriterium	Antwort
eigener Gleiskörper Straßenbahn und MIV möglich (Breite ausreichend)	nein
Mischverkehrstrasse 2-gleisig Straßenbahn und MIV	ggf.
Mischformen (z.B. Mischverkehrstrasse in eine Richtung MIV und Straßenbahn, die andere Richtung Eigener Bahnkörper oder nur 1 eigenes Gleis Straßenbahn, d.h. eingleisiger auf einem kurzen Abschnitt, und eines oder zwei MIV)	ggf.
Umwandlung in reine Straßenbahn-Brücke 2-gleisig, kein MIV mehr	ggf.
Neubau notwendig	voraussichtlich

7.2.2.4 BW006 Burgtorbrücke

- Baujahr 1898
- Brückenklasse 60
- Zustandsnote: 3,5 (ungenügend)
- Standsicherheit für Verkehrslasten aus Straßenbahn voraussichtlich nicht gegeben

Tabelle 14: BW006 Burgtorbrücke

Kriterium	Antwort
eigener Gleiskörper Straßenbahn und MIV möglich (Breite ausreichend)	nein
Mischverkehrstrasse 2-gleisig Straßenbahn und MIV	ggf.
Mischformen (z.B. Mischverkehrstrasse in eine Richtung MIV und Straßenbahn, die andere Richtung Eigener Bahnkörper oder nur 1 eigenes Gleis Straßenbahn, d.h. eingleisiger auf einem kurzen Abschnitt, und eines oder zwei MIV)	ggf.
Umwandlung in reine Straßenbahn-Brücke 2-gleisig, kein MIV mehr	ggf.
Neubau notwendig	voraussichtlich

7.2.2.5 BW011 Puppenbrücke

- Baujahr 1906
- Brückenklasse 45
- Zustandsnote: 3,0 (nicht ausreichend)
- Standsicherheit für Verkehrslasten aus Straßenbahn voraussichtlich nicht gegeben

Tabelle 15: BW011 Puppenbrücke

Kriterium	Antwort
eigener Gleiskörper Straßenbahn und MIV möglich (Breite ausreichend)	geom. ja
Mischverkehrstrasse 2-gleisig Straßenbahn und MIV	nein
Mischformen (z.B. Mischverkehrstrasse in eine Richtung MIV und Straßenbahn, die andere Richtung Eigener Bahnkörper oder nur 1 eigenes Gleis Straßenbahn, d.h. eingleisiger auf einem kurzen Abschnitt, und eines oder zwei MIV)	nein
Umwandlung in reine Straßenbahn-Brücke 2-gleisig, kein MIV mehr	ggf.

Neubau notwendig	voraussichtlich
------------------	-----------------

7.2.2.6 BW016 Mühlenbrücke

- Baujahr 1913
- Brückenklasse 60
- Zustandsnote: 3,5 (ungenügend)
- Standsicherheit für Verkehrslasten aus Straßenbahn voraussichtlich nicht gegeben

Tabelle 16: BW016 Mühlenbrücke

Kriterium	Antwort
eigener Gleiskörper Straßenbahn und MIV möglich (Breite ausreichend)	nein
Mischverkehrstrasse 2-gleisig Straßenbahn und MIV	ggf.
Mischformen (z.B. Mischverkehrstrasse in eine Richtung MIV und Straßenbahn, die andere Richtung Eigener Bahnkörper oder nur 1 eigenes Gleis Straßenbahn, d.h. eingleisiger auf einem kurzen Abschnitt, und eines oder zwei MIV)	ggf.
Umwandlung in reine Straßenbahn-Brücke 2-gleisig, kein MIV mehr	ggf.
Neubau notwendig	voraussichtlich

7.2.2.7 BW025 Rehderbrücke

- Baujahr 1936
- Brückenklasse 12 (sehr gering)
- Zustandsnote: 3,5 (ungenügend)
- Standsicherheit für Verkehrslasten aus Straßenbahn voraussichtlich nicht gegeben
- Breite ca. 11 m zwischen den Geländern

Tabelle 17: BW025 Rehderbrücke

Kriterium	Antwort
eigener Gleiskörper Straßenbahn und MIV möglich (Breite ausreichend)	nein
Mischverkehrstrasse 2-gleisig Straßenbahn und MIV	nein
Mischformen (z.B. Mischverkehrstrasse in eine Richtung MIV und Straßenbahn, die andere Richtung Eigener Bahnkörper oder nur 1 eigenes Gleis Straßenbahn, d.h. eingleisiger auf einem kurzen Abschnitt, und eines oder zwei MIV)	nein
Umwandlung in reine Straßenbahn-Brücke 2-gleisig, kein MIV mehr	nein
Neubau notwendig	ja

Insgesamt wird festgehalten, dass die vielen denkmalgeschützten Brücken, die der Erschließung der Altstadt dienen, in den seltensten Fällen für die Straßenbahn nutzbar sein können. Entsprechend muss in potentiell folgenden Projektschritten das Thema der Brückenbauwerke vertieft untersucht werden.

7.3 Anhang 3: Analyse Anbindung und Querung Altstadt

Die Altstadt wird separat behandelt, da hier andere Kriterien als für das übrige Netz gelten. Es kommt vielmehr auf die städtebauliche Integration an. Es wird geprüft, ob sich hier Strecken im Zusammenhang mit den Hauptkorridoren anbieten. Dabei wird neben der Breite von 2,65 m auch die Fahrzeugbreite von 2,40 m mit einem schmaleren Lichtrauprofil geprüft.

Auf Grundlage der Ortsbesichtigung wurden die Straßenräume in der Altstadt vertiefend untersucht. Insbesondere im Bereich der Knoten, an denen ein Abbiegen der Straßenbahn erforderlich ist, wurde der Platzbedarf für die Straßenbahn in den minimalen Kurvenradien 23 m und 25 m auf Basis der HL-Daten aus dem GIS-Systems abgeschätzt. Das erfolgte für die zwei in den Planungsparametern beschriebenen Fahrzeugtypen, deren Platzbedarf unterschiedlich ist: Das Drehgestell- und das Multigelenkfahrzeuge.

Folgende Faktoren wurden in die Untersuchung einbezogen:

- Fahrzeugtyp (Drehgestellfahrzeug, Multigelenkfahrzeug)
- Fahrzeugbreite (2,40 m, 2,65 m)
- Minimaler Kurvenradius (23 m, 25 m)
- Ggf. eingleisige Abschnitte (bei unzureichenden Platzverhältnissen für Zweigleisigkeit)

Folgende grundsätzlich Annahmen wurden dafür getroffen, die mit HL abgestimmt wurden:

- Kurvenradius Standard 25 m, wenn dieser nicht passt, minimaler Radius 23 m, da sonst bei niedrigeren Radien der Verschleiß und auch die Lärmbelastung (u.a. Kurvenquietschen) lokal zu hohe Werte annehmen.
- Zwei Meter Gehweg pro Seite erhalten/herstellen. Wenn dieser nicht möglich ist, wird bis zu einer Mindestbreite von 1 m geprüft, ob eine Trasse integrierbar ist.
- Zwei verschiedene Fahrzeugtypen prüfen, deren Lichtraum sich in Kurvenbereichen unterscheiden. Ein Drehgestellfahrzeug benötigt rund 1 m mehr Platz, als ein Multigelenkfahrzeug.
- Sollte der breiteste Querschnitt für eine Planung sich in den Straßenraum integrieren lassen, wird von weiteren Untersuchungen für schmalere Querschnitte (beispielsweise eingleisig) abgesehen.

Im Rahmen der Ortsbesichtigung in der Altstadt Lübecks wurden mögliche Korridore zur Aufnahme von Straßenbahnstrecken identifiziert. Diese Korridore orientieren sich an den heute genutzten Achsen des Busverkehrs und den Straßenzügen mit besten Voraussetzungen zur Aufnahme einer Straßenbahn. Dabei wurden die schnellsten (=direktesten) mit möglichst wenig Kurven für die weitere Untersuchung favorisiert, zumal ein Großteil der Straßenzüge aufgrund ihrer Breite vorab ausgeschlossen werden konnten. Gleichwohl wurde auf eine möglichst offene Betrachtung besonders Wert gelegt und auch technisch aufwändige Varianten geprüft. Im weiteren Schritt wurde die technische Machbarkeit dieser Korridore vertiefend untersucht, insbesondere an Knoten, an denen Korridore abknicken und somit für den Betrieb eines hochwertigen Straßenbahnsystems kritische Radien entstehen. Die Abbildung 33 zeigt die untersuchten Straßenzüge und Knotenpunkte.

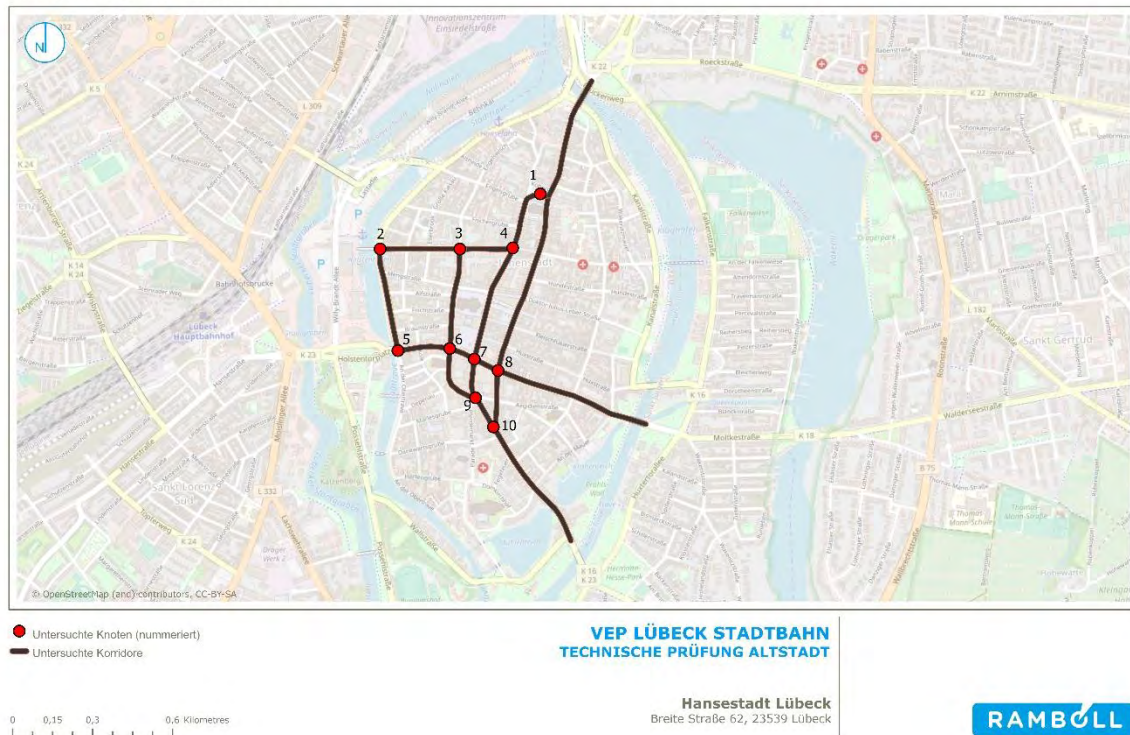


Abbildung 33: Karte mit untersuchten Knoten in der Altstadt und den zugehörigen Korridoren

7.3.1 Knoten 1: Koberg

Fahrzeug mit 2,65 m Breite

- Variante 1: Drehgestellfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius (orangene Darstellung))



Abbildung 34: Knoten Koberg – 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite 7,9 m bei 25 m Radius)

Schlussfolgerung

Die Prüfung des Straßenraums hat ergeben, dass sich eine 7,9 m breite Trasse für eine zweigleisige Trasse mit 2,65 m Drehgestellfahrzeugen integrieren lässt, und dabei die minimale Gehwegbreite von zwei Metern nicht unterschritten wird. Entsprechend wird auf weitere Untersuchungen in diesem Bereich verzichtet, da damit auch alle anderen Fahrzeugkonfigurationen in diesem Bereich frei verkehren können. Der Mindestradius von 25 m wird in der Darstellung nicht erreicht.

7.3.2 Knoten 2: Beckergube/An der Untertrave

Fahrzeug mit 2,65 m Breite

- Variante 1: Drehgestellfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius (rot) und Trassenbreite von 8,00 m bei 23 m Radius (grüne Darstellung))
- Variante 2: Drehgestellfahrzeug, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,7 m bei 25 m Radius (blau) und Trassenbreite von 4,8 m bei 23 m Radius (orangene Darstellung))
- Variante 3: Multigelenkfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,3 m bei 25 m Radius (rot) und Trassenbreite von 7,4 m bei 23 m Radius (grüne Darstellung))

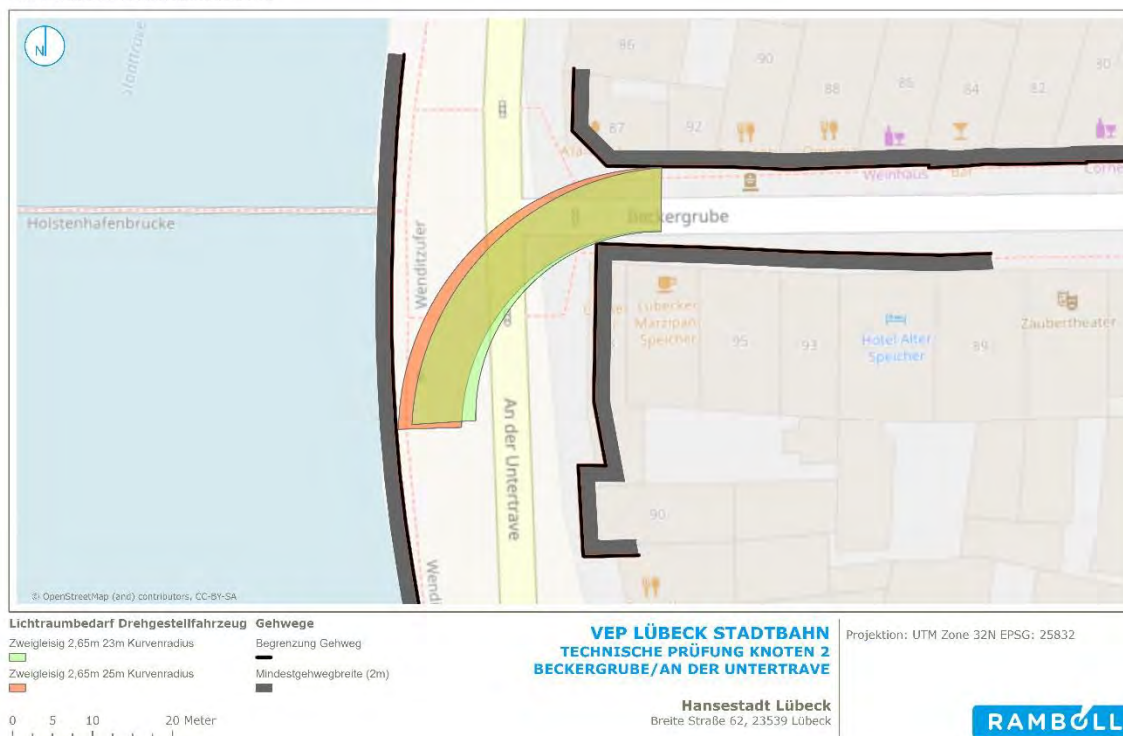


Abbildung 35: Knoten Beckergrube/An der Untertrave - 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius 8,00 m bei 23 m Radius)

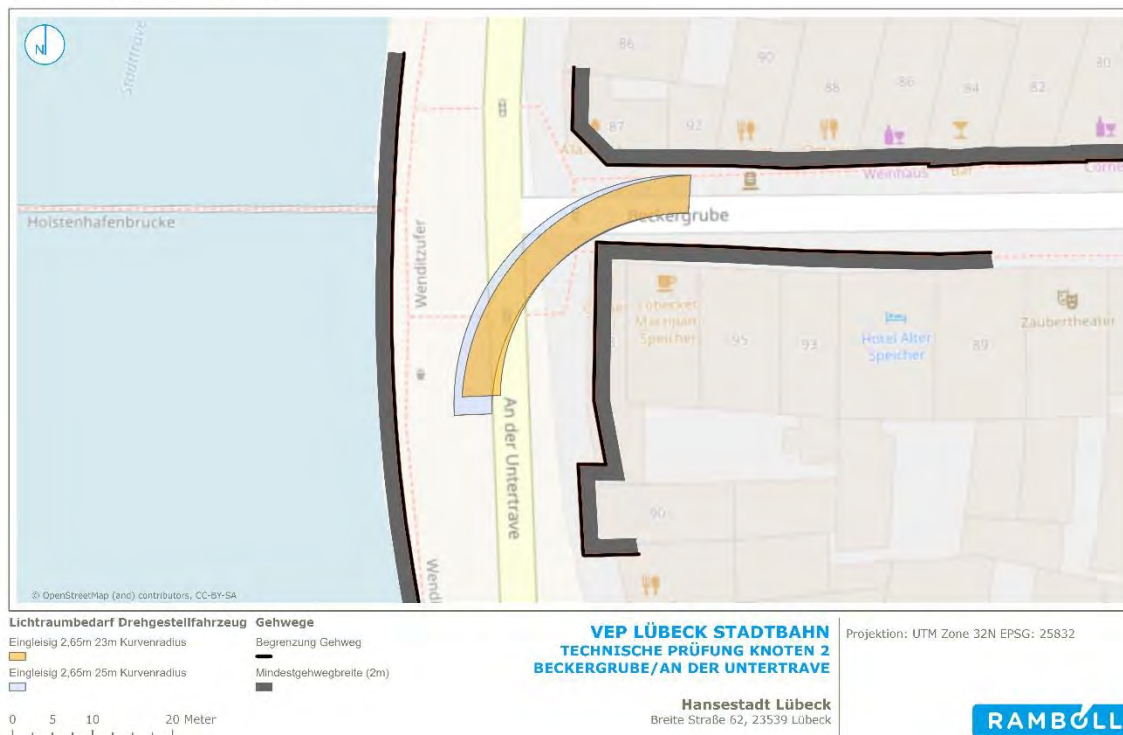


Abbildung 36: Knoten Beckergrube/An der Untertrave - 2. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,7 m bei 25 m Radius und 4,8 m bei 23 m Radius)

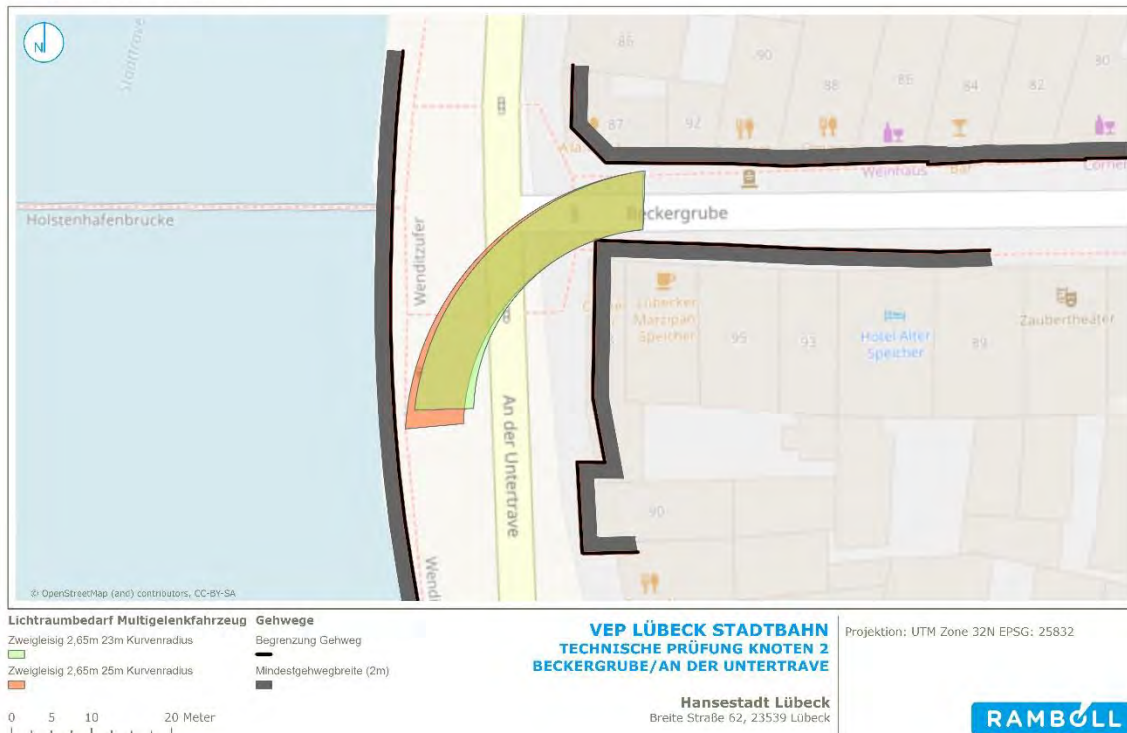


Abbildung 37: Knoten Beckergrube/An der Untertrave - 3. Variante Multigelenkfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,3 m bei 25 m Radius und 7,4 m bei 23 m Radius)

Fahrzeug mit 2,40 m Breite

- Variante 5: Drehgestellfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,40 m bei 25 m Radius (hellgrüne Darstellung) und Trassenbreite von 7,50 m bei 23 m Radius (hellrote Darstellung))
- Variante 6: Drehgestellfahrzeug, eingleisige Führung Trassenbreite von 4,45 m bei 25 m Radius (hellblaue Darstellung) und Trassenbreite von 4,55 m bei 23 m Radius (orangene Darstellung))
- Variante 7: Multigelenkfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 6,80 m bei 25 m Radius (hellgrüne Darstellung) und Trassenbreite von 6,90 m bei 23 m Radius (hellrote Darstellung))
- Variante 8: Multigelenkfahrzeug, eingleisige Führung (Trassenbreite von 3,70 m bei 25 m Radius (hellblaue Darstellung) und Trassenbreite von 3,80 m bei 23 m Radius (orangene Darstellung))

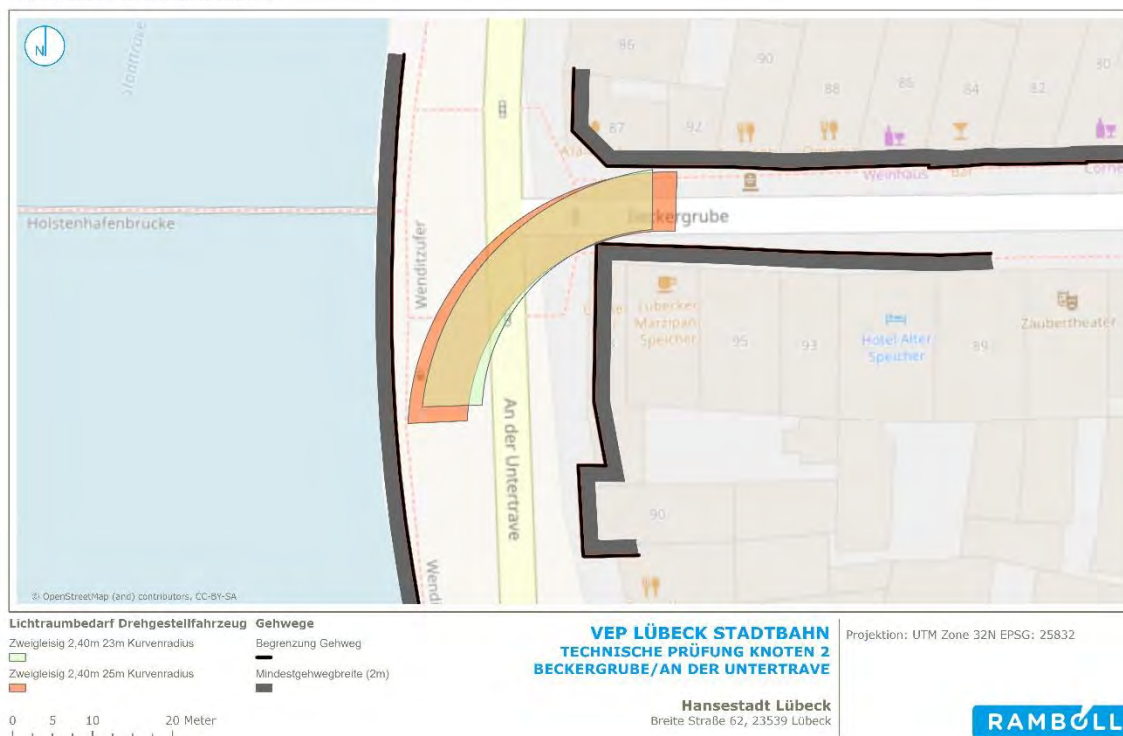


Abbildung 38: Knoten Beckergrube/An der Untertrave - 5. Variante Drehgestellfahrzeug 2,40 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,4 m bei 25 m Radius und 7,5 m bei 23 m Radius)

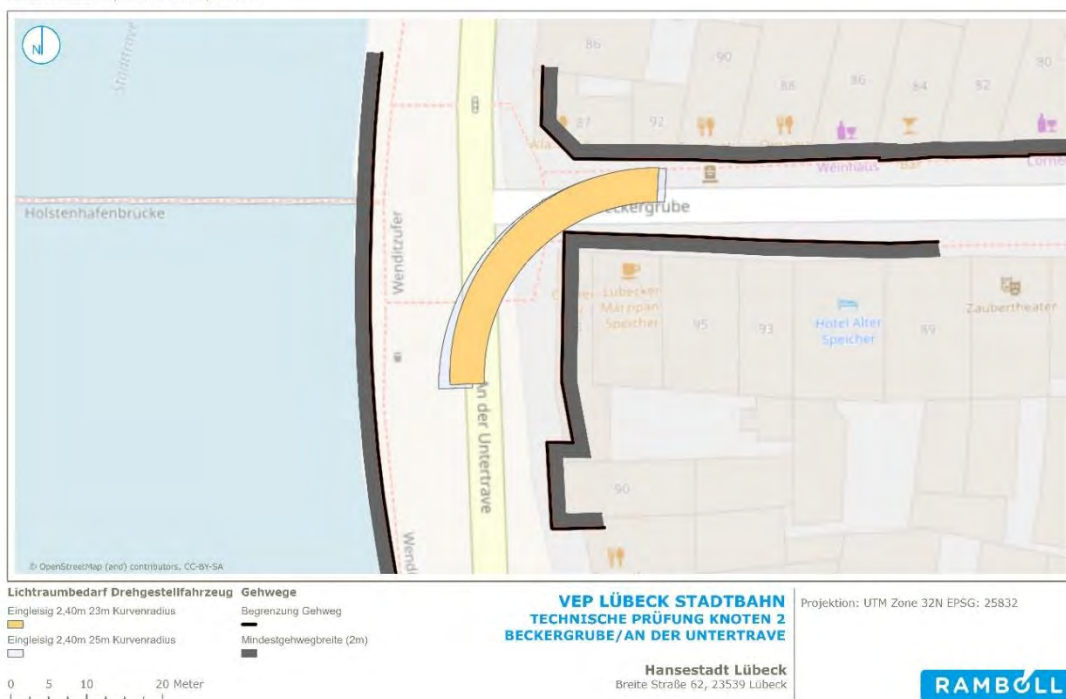


Abbildung 39: Knoten Beckergrube/An der Untertrave - 6. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,40 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,45 m bei 25 m Radius und 4,55 m bei 23 m Radius)



Abbildung 40: Knoten Beckergrube/An der Untertrave - 7. Variante: Multigelenkfahrzeug 2,40 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 6,8 m bei 25 m Radius und 6,9 m bei 23 m Radius)

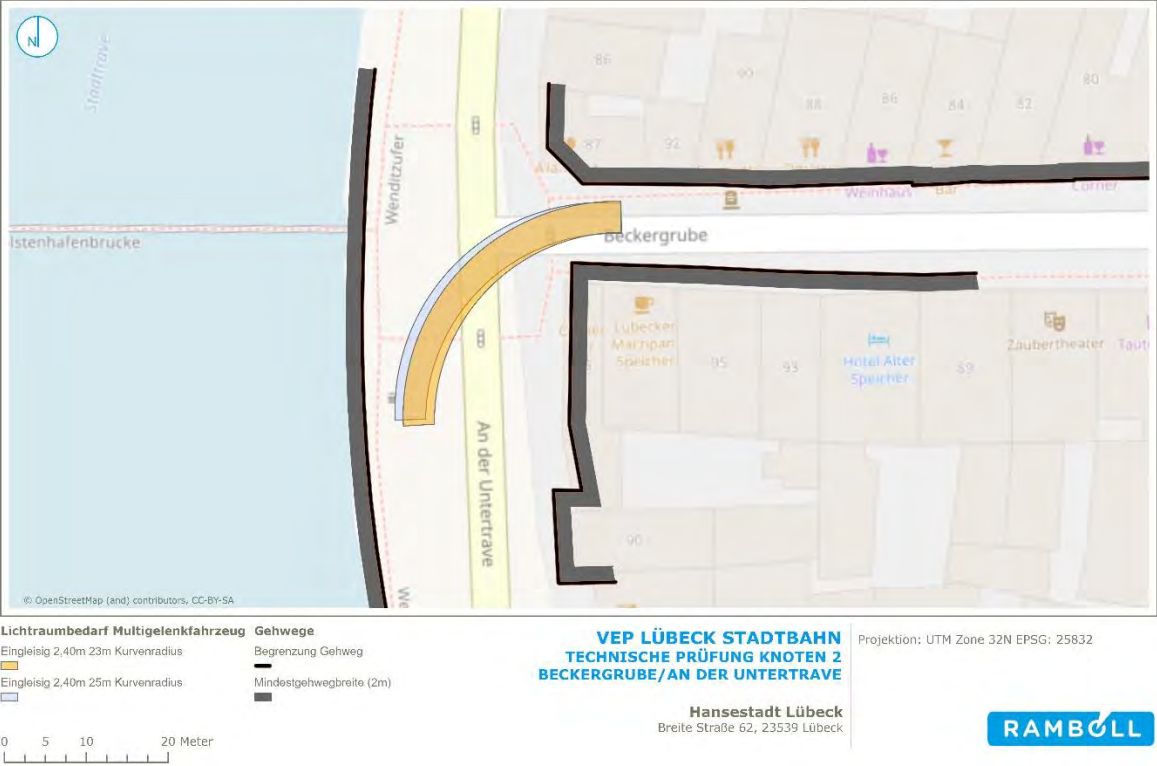


Abbildung 41: Knoten Beckergrube/An der Untertrave - Variante 8: Multigelenkfahrzeug 2,40 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 3,70 m bei 25 m Radius und 3,80 m bei 23 m Radius)

Schlussfolgerung

2,65 m Breite

Tabelle 18: Knoten 2, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,65 m Fahrzeug

Querschnitt, Radius (Breite)	Fahrzeug	Eingriff in Gebäude, Mindest- abstand 1 m	Eingriff in Gehweg (Mindestbreite 2 m) bzw. Uferpromenade	Empfehlung
2-gleisig, 25 m (7,90 m)	Drehgestell	Nein	Nein / Ja	Nicht machbar, Uferpromenade nicht mehr nutzbar
2-gleisig, 23 m (8 m)	Drehgestell	Nein	Nein / Ja	Nicht machbar, Uferpromenade nicht mehr nutzbar
1-gleisig, 25 m (4,70 m)	Drehgestell	Nein	Nein / Ja	Machbar, geringer Eingriff in Uferpromenade
1-gleisig, 23 m (4,80 m)	Drehgestell	Nein	Nein / Ja	Machbar, geringer Eingriff in Uferpromenade
2-gleisig, 25 m (7,30 m)	Multigelenk	Nein	Nein / Ja	Nicht machbar, Uferpromenade nicht mehr nutzbar
2-gleisig, 23 m (7,40 m)	Multigelenk	Nein	Nein / Ja	Nicht machbar, Uferpromenade nicht mehr nutzbar
1-gleisig, 25 m (3,7 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Machbar, geringer Eingriff in Uferpromenade
1-gleisig, 23 m (3,8 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Machbar, geringer Eingriff in Uferpromenade

2,40 m Breite

Tabelle 19: Knoten 2, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,40 m Fahrzeug

Querschnitt, Radius (Breite)	Fahrzeug	Eingriff in Gebäude, Mindestabst and 1 m	Eingriff in Gehweg	Empfehlung
2-gleisig, 25 m (7,40 m)	Drehgestell	Nein	Ja	Weiter zu verfolgen
2-gleisig, 23 m (7,50 m)	Drehgestell	Nein	Ja	Weiter zu verfolgen
1-gleisig, 25 m (4,70 m)	Drehgestell	Nein	Nein	Keine Umsetzung
1-gleisig, 23 m (4,80 m)	Drehgestell	Nein	Nein	Keine Umsetzung
2-gleisig, 25 m (6,80 m)	Multigelenk	Nein	Ja	Weiter zu verfolgen
2-gleisig, 23 m (6,90 m)	Multigelenk	Nein	Ja	Weiter zu verfolgen
1-gleisig, 25 m (3,45 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Keine Umsetzung
1-gleisig, 23 m (3,55 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Keine Umsetzung

Es wird für die weiteren Planungsschritte empfohlen, die Gehwegbreite (insbesondere im Bereich An der Untertrave im Promenadenbereich) und die Zweigleisigkeit (Kapazität), miteinander abzuwägen. Ein zweigleisiger Querschnitt benötigt einen weiteren Lichtraum, dessen Breite durch die Nutzung von 2,40 m- bzw. Multigelenkfahrzeugen gemindert werden kann. Ein eingleisiger Abschnitt wird nur im Ausnahmeverfall zur Weiterverfolgung empfohlen, da dieser den Betriebsablauf verkompliziert und die Kapazität reduziert. Allerdings können die örtlichen Gegebenheiten (beispielsweise durch Umgestaltung der Promenade) einen eingleisigen Abschnitt erzwingen.

7.3.3 Knoten 3: Beckergrube/Fünfhausen

Fahrzeug mit 2,65 m Breite

- Variante 1: Drehgestellfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius (grüne Darstellung) und Trassenbreite von 8,00 m bei 23 m Radius (orangene Darstellung))



Abbildung 42: Knoten Beckergrube/Fünfhausen – 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius und 8,00 m bei 23 m Radius)

Schlussfolgerung

Die Prüfung des Straßenraums hat ergeben, dass sich eine 7,9 m breite Trasse für eine zweigleisige Trasse mit 2,65 m Drehgestellfahrzeugen integrieren lässt, und dabei die minimale Gehwegbreite von zwei Metern nicht unterschritten wird. Entsprechend wird auf weitere Untersuchungen in diesem Bereich vorerst verzichtet, da damit auch alle anderen Fahrzeugkonfigurationen in diesem Bereich frei verkehren können. Der Mindestradius von 25 m bzw. 23 m wird in der Darstellung vollständig ausgeschöpft.

7.3.4 Knoten 4: Beckergrube/Breite Straße/Pfaffenstraße

Fahrzeug mit 2,65 m Breite

- Variante 1: Drehgestellfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius (hellgrüne Darstellung) und Trassenbreite von 8,00 m bei 23 m Radius (hellrote Darstellung))
- Variante 2: Drehgestellfahrzeug, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,7 m bei 25 m Radius (hellblaue Darstellung) und Trassenbreite von 4,8 m bei 23 m Radius (orangene Darstellung))
- Variante 3: Multigelenk-Fahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,30 m bei 25 m Radius (hellgrüne Darstellung) und Trassenbreite von 7,40 m bei 23 m Radius (hellrote Darstellung))

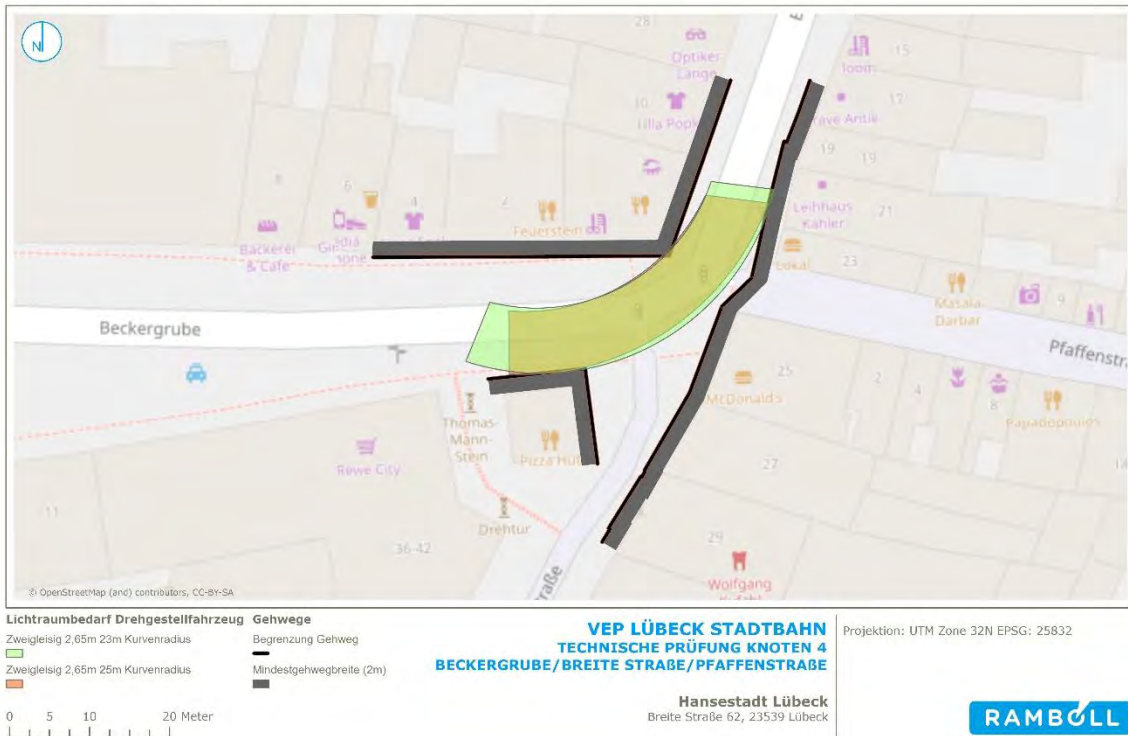


Abbildung 43: Knoten Beckergrube/Breite Straße/Pfaffenstraße – Variante 1: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m und 8,00 m bei 23 m Radius)

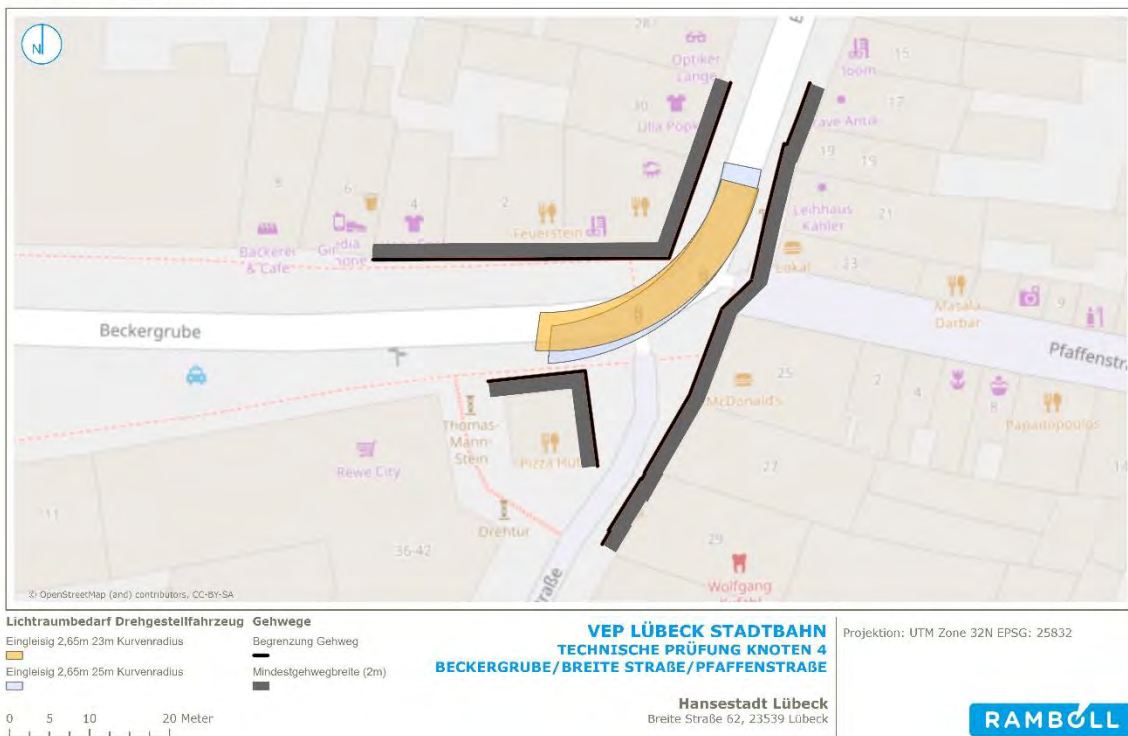


Abbildung 44: Knoten Beckergrube/Breite Straße/Pfaffenstraße – 2. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,7 m bei 25 m Radius und 4,8 m bei 23 m Radius)

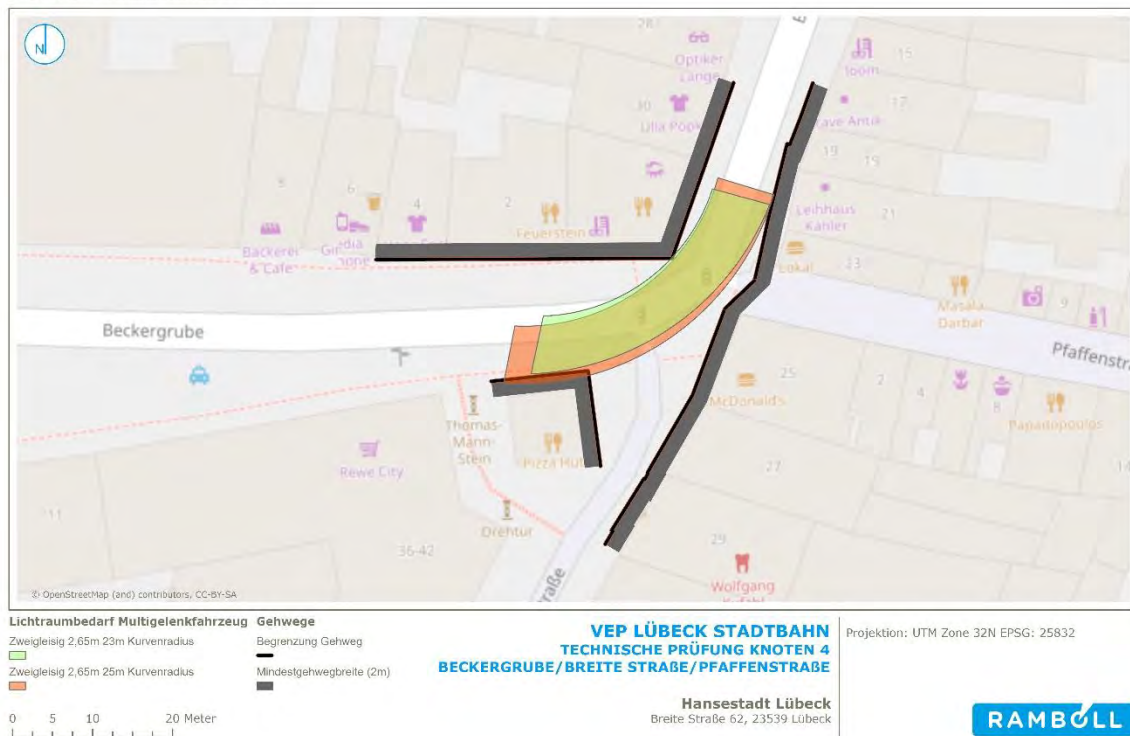


Abbildung 45: Knoten Beckergrube/Breite Straße/Pfaffenstraße – 3. Variante: Multigelenkfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,30 m bei 25 m Radius und 7,40 m bei 23 m Radius)

Fahrzeug mit 2,40 m Breite

- Variante 4: Drehgestellfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,4 m bei 25 m Radius (hellgrüne Darstellung) und Trassenbreite von 7,5 m bei 23 m Radius (hellrote Darstellung))
- Variante 6: Multigelenkfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 6,80 m bei 25 m Radius (hellgrüne Darstellung) und Trassenbreite von 6,90 m bei 23 m Radius (hellrote Darstellung))

PROJEKT: 35200925-64 | DATUM: 04.05.2023 | Autor: HAPF

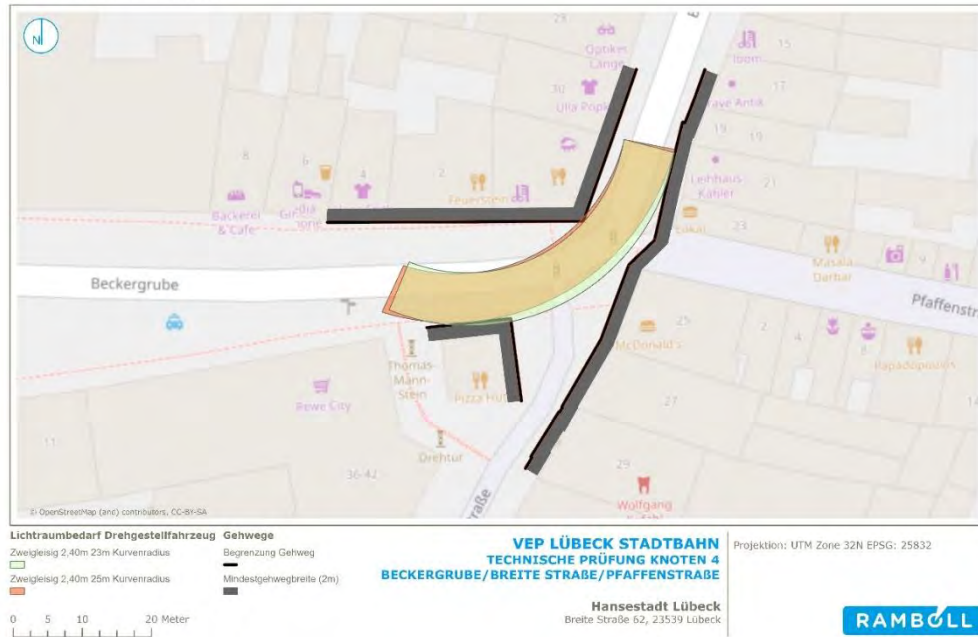


Abbildung 46: Knoten Beckergrube/Breite Straße/Pfaffenstraße – Variante 4: Drehgestellfahrzeug 2,40 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,4 m bei 25 m Radius und 7,5 m bei 23 m Radius)

PROJEKT: 35200925-64 | DATUM: 04.05.2023 | Autor: HAPF

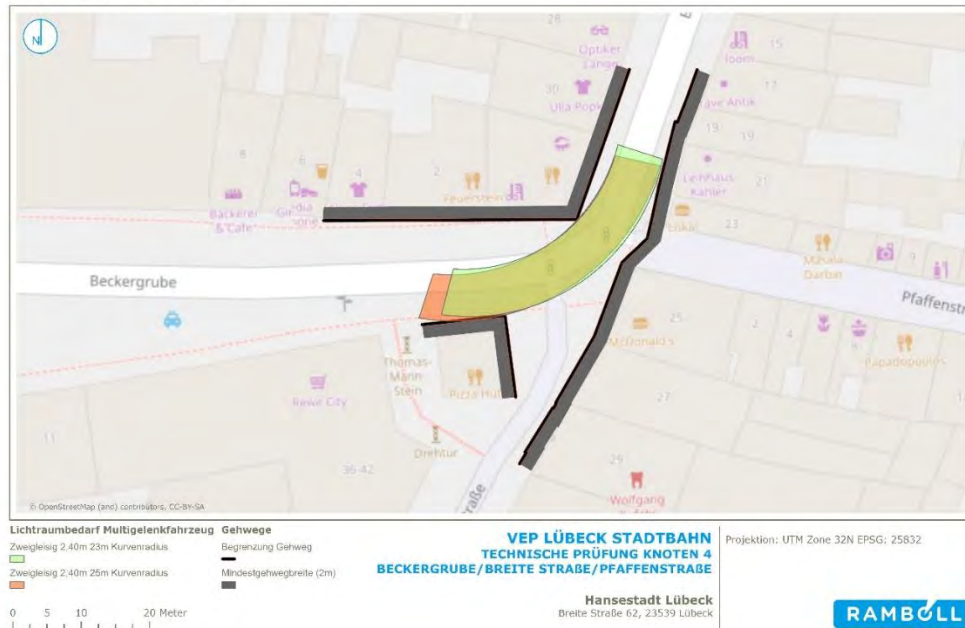


Abbildung 47: Knoten Beckergrube/Breite Straße/Pfaffenstraße – Variante 6: Multigelenkfahrzeug 2,40 m Breite (Trassenbreite von 6,80 m bei 25 m Radius und 6,90 m bei 23 m Radius)

Schlussfolgerung

2,65 m Breite

Tabelle 20: Knoten 4, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,65 m Fahrzeug

Querschnitt, Radius (Breite)	Fahrzeug	Eingriff in Gebäude, Mindestabstand 1 m	Eingriff in Gehweg	Empfehlung
2-gleisig, 25 m (7,90 m)	Drehgestell	Nein	Ja	Weiter zu verfolgen
2-gleisig, 23 m (8 m)	Drehgestell	Nein	Ja	Weiter zu verfolgen
1-gleisig, 25 m (4,70 m)	Drehgestell	Nein	Nein	Keine Umsetzung
1-gleisig, 23 m (4,80 m)	Drehgestell	Nein	Nein	Keine Umsetzung
2-gleisig, 25 m (7,30 m)	Multigelenk	Nein	Ja	Weiter zu verfolgen
2-gleisig, 23 m (7,40 m)	Multigelenk	Nein	Ja	Weiter zu verfolgen
1-gleisig, 25 m (3,7 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Keine Umsetzung
1-gleisig, 23 m (3,8 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Keine Umsetzung

2,40 m Breite

Tabelle 21: Knoten 4, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,40 m Fahrzeug

Querschnitt, Radius (Breite)	Fahrzeug	Eingriff in Gebäude, Mindestabstand 1 m	Eingriff in Gehweg	Empfehlung
2-gleisig, 25 m (7,40 m)	Drehgestell	Nein	Ja	Weiter zu verfolgen
2-gleisig, 23 m (7,50 m)	Drehgestell	Nein	Ja	Weiter zu verfolgen
1-gleisig, 25 m (4,70 m)	Drehgestell	Nein	Nein	Keine Umsetzung
1-gleisig, 23 m (4,80 m)	Drehgestell	Nein	Nein	Keine Umsetzung
2-gleisig, 25 m (6,80 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Weiter zu verfolgen
2-gleisig, 23 m (6,90 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Weiter zu verfolgen

1-gleisig, 25 m (3,45 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Keine Umsetzung
1-gleisig, 23 m (3,55 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Keine Umsetzung

7.3.5 Knoten 5: Holstenbrücke/An der Untertrave/Holstenstraße

Fahrzeug mit 2,65 m Breite

- Variante 1: Drehgestellfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius (hellgrüne Darstellung) und Trassenbreite von 8,00 m bei 23 m Radius (hellrote Darstellung))
- Variante 2: Drehgestellfahrzeug, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,70 m bei 25 m Radius))
- Variante: Drehgestellfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius (hellgrüne Darstellung) und Trassenbreite von 8,00 m bei 23 m Radius (hellrote Darstellung))
- Variante 3: Multigelenkfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,30 m bei 25 m Radius (hellgrüne Darstellung) und Trassenbreite von 7,40 m bei 23 m Radius (hellrote Darstellung))

PROJEKT: VEP Lübeck | DATUM: 21.06.2024 | Autor: Hannes Schweppe

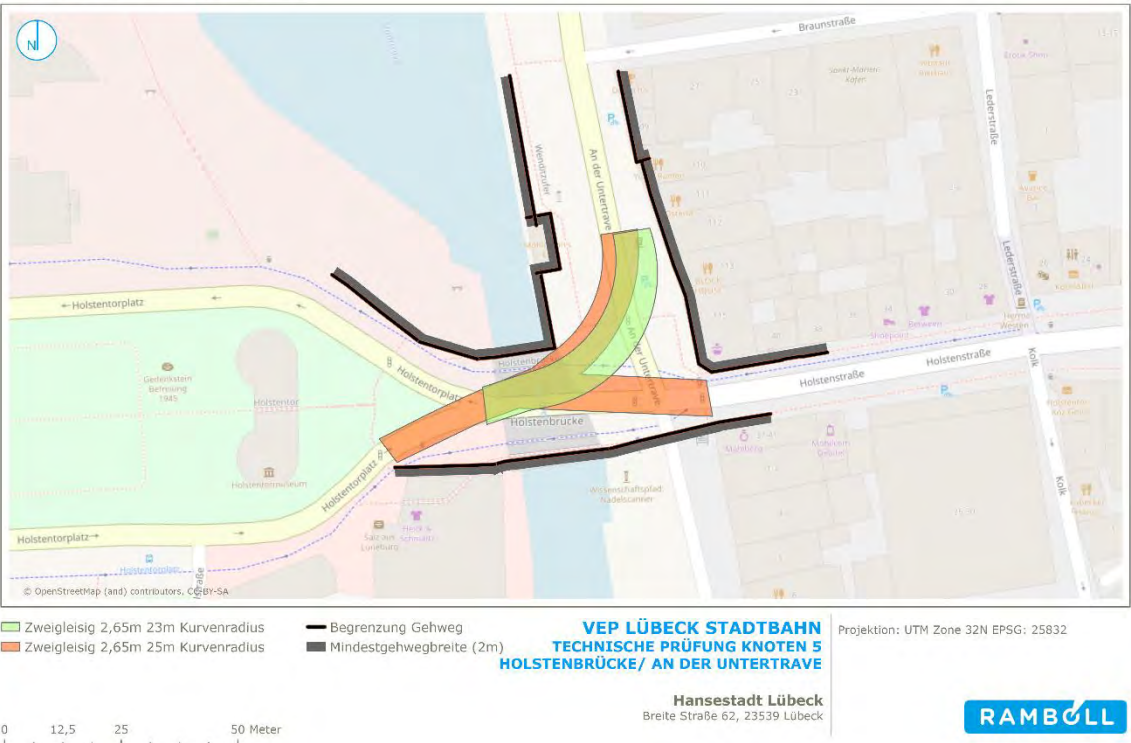


Abbildung 48: Knoten Holstenbrücke/An der Untertrave/Holstenstraße Drehgestellfahrzeug – 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius und 8,00 m bei 23 m Radius)

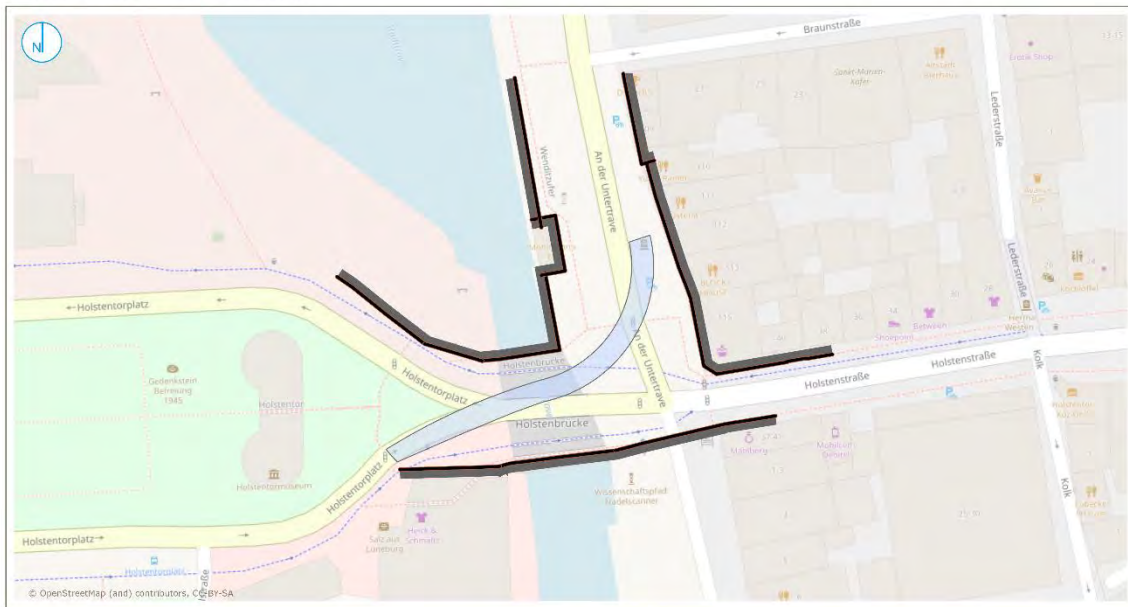


Abbildung 49: Knoten Holstenbrücke/An der Untertrave/Holstenstraße – 2. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,70 m bei 25 m Radius)

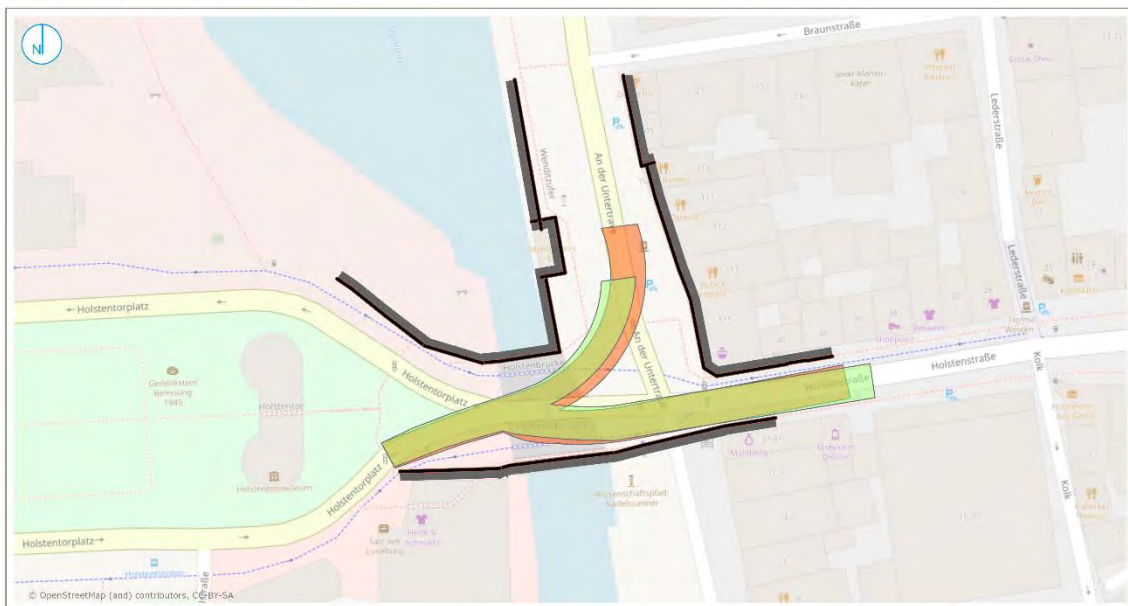


Abbildung 50: Knoten Holstenstraße/An der Untertrave/Holstenbrücke – 3. Variante: Multigelenkfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,30 m bei 25 m Radius und 7,40 m bei 23 m Radius)

Fahrzeug mit 2,40 m Breite

- Variante 5: Drehgestellfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius (hellgrüne Darstellung) und Trassenbreite von 8,00 m bei 23 m Radius (hellrote Darstellung))
- Variante 7: Multigelenk-Fahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,30 m bei 25 m Radius (hellgrüne Darstellung) und Trassenbreite von 7,40 m bei 23 m Radius (hellrote Darstellung))

PROJEKT: VEP Lübeck | DATUM: 21.06.2024 | Autor: Hannes Schewpe

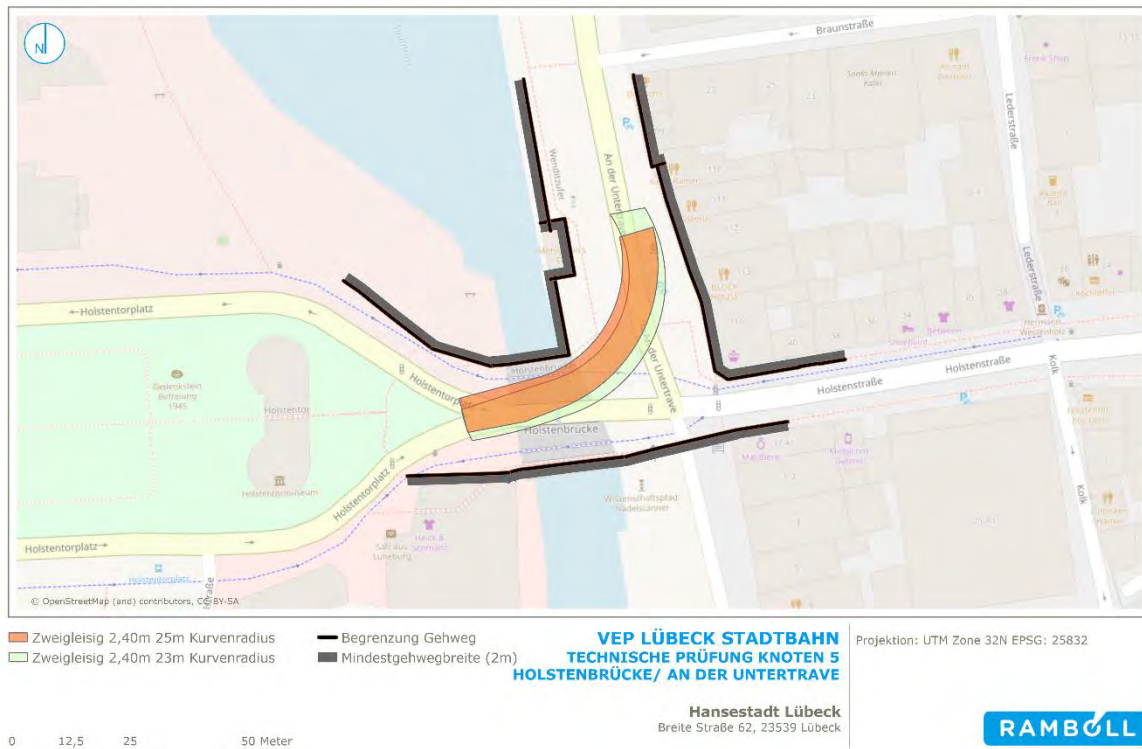
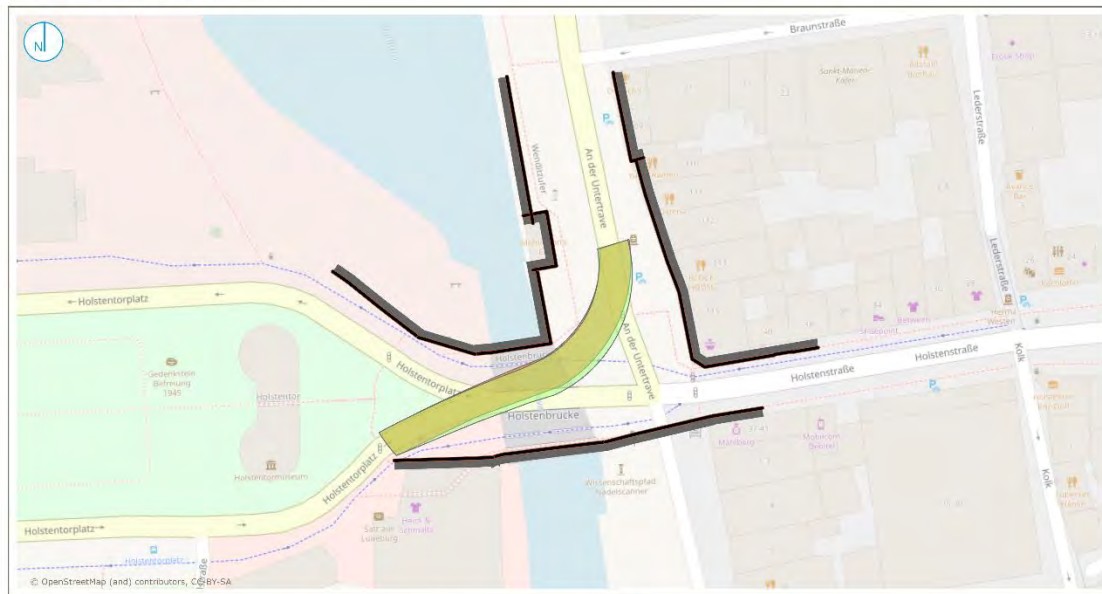


Abbildung 51: Knoten Holstenbrücke/An der Untertrave/Holstenstraße - 4. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,40 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius und 8,00 m bei 23 m Radius)



■ Zweigleisig 2,40m 23m Kurvenradius
■ Zweigleisig 2,40m 25m Kurvenradius

— Begrenzung Gehweg
— Mindestgehwegbreite (2m)

VEP LÜBECK STADTBahn
TECHNISCHE PRÜFUNG KNOTEN 5
HOLSTENBRÜCKE/ AN DER UNTERTRAVE

Projektion: UTM Zone 32N EPSG: 25832

0 12,5 25 50 Meter

Hansestadt Lübeck
 Breite Straße 62, 23539 Lübeck

RAMBOLL

Abbildung 52: Knoten Holstenstraße/An der Untertrave/Holstenbrücke – 7. Variante: Multigelenkfahrzeug 2,40 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,30 m bei 25 m Radius und 7,40 m bei 23 m Radius)

Fahrzeug mit 2,65 m Breite

Tabelle 22: Knoten 5, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,65 m Fahrzeug

Querschnitt, Radius (Breite)	Fahrzeug	Eingriff in Gebäude, Mindestabstand 1 m	Eingriff in Gehweg	Empfehlung
2-gleisig, 25 m (7,90 m)	Drehgestell	Nein	Ja	Weiter zu verfolgen
2-gleisig, 23 m (8 m)	Drehgestell	Nein	Ja	Weiter zu verfolgen
1-gleisig, 25 m (4,70 m)	Drehgestell	Nein	Nein	Keine Umsetzung
1-gleisig, 23 m (4,80 m)	Drehgestell	Nein	Nein	Keine Umsetzung
2-gleisig, 25 m (7,30 m)	Multigelenk	Nein	Ja	Weiter zu verfolgen
2-gleisig, 23 m (7,40 m)	Multigelenk	Nein	Ja	Weiter zu verfolgen
1-gleisig, 25 m (3,7 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Keine Umsetzung
1-gleisig, 23 m (3,8 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Keine Umsetzung

2,40 m Breite

Tabelle 23: Knoten 5, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,40 m Fahrzeug

Querschnitt, Radius (Breite)	Fahrzeug	Eingriff in Gebäude, Mindestabstand 1 m	Eingriff in Gehweg	Empfehlung
2-gleisig, 25 m (7,40 m)	Drehgestell	Nein	Ja	Weiter zu verfolgen
2-gleisig, 23 m (7,50 m)	Drehgestell	Nein	Ja	Weiter zu verfolgen
1-gleisig, 25 m (4,70 m)	Drehgestell	Nein	Nein	Keine Umsetzung
1-gleisig, 23 m (4,80 m)	Drehgestell	Nein	Nein	Keine Umsetzung
2-gleisig, 25 m (6,80 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Weiter zu verfolgen
2-gleisig, 23 m (6,90 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Weiter zu verfolgen
1-gleisig, 25 m (3,45 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Keine Umsetzung

1-gleisig, 23 m (3,55 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Keine Umsetzung
-----------------------------	-------------	------	------	-----------------

7.3.6 Knoten 6: Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße

Fahrzeug mit 2,65 m Breite

- Variante 1: Drehgestellfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius (hellgrüne Darstellung) und Trassenbreite von 8,00 m bei 23 m Radius (hellrote Darstellung))
- Variante 2: Drehgestellfahrzeug, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,70 m bei 25 m Radius (hellblaue Darstellung) und Trassenbreite von 4,80 m bei 23 m Radius (orange Darstellung))
- Variante 3: Multigelenkfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,30 m bei 25 m Radius (hellgrüne Darstellung) und Trassenbreite von 7,40 m bei 23 m Radius (hellrote Darstellung))
- Variante 4: Multigelenkfahrzeug, eingleisige Führung (Trassenbreite von 3,70 m bei 25 m Radius (hellblaue Darstellung) und Trassenbreite von 3,80 m bei 23 m Radius (orange Darstellung))

PROJEKT: 352003925-64 | DATUM: 04.05.2023 | AUTOR: HAPF



Abbildung 53: Knoten Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße – 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius und 8,00 m bei 23 m Radius)



Abbildung 54: Knoten Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße – 2. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,70 m bei 25 m Radius und 4,80 m bei 23 m Radius)



Abbildung 55: Knoten Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße – 3. Variante: Multigelenkfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,30 m bei 25 m Radius und 7,40m bei 23m Radius)



Abbildung 56: Knoten Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße – 4. Variante Multigelenkfahrzeug 2,65 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 3,70 m bei 25 m und 3,80 m bei 23 m Radius)

Fahrzeug mit 2,40m Breite

- Variante 5: Drehgestellfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,4 m bei 25 m Radius (hellgrüne Darstellung) und Trassenbreite von 7,5 m bei 23 m Radius (hellrote Darstellung))
- Variante 6: Drehgestellfahrzeug, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,45 m bei 25 m Radius (hellblaue Darstellung) und Trassenbreite von 4,55 m bei 23 m Radius (orange Darstellung))
- Variante 7: Multigelenkfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 6,80 m bei 25 m Radius (hellgrüne Darstellung) und Trassenbreite von 6,90m bei 23m Radius (hellrote Darstellung))
- Variante 8: Multigelenkfahrzeug, eingleisige Führung (Trassenbreite von 3,45 m bei 25 m Radius (hellblaue Darstellung) und Trassenbreite von 3,50 m bei 23 m Radius (orange Darstellung))



Abbildung 57: Knoten Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße - Variante 5: Drehgestellfahrzeug 2,40 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,4 m bei 25 m Radius und 7,5 m bei 23 m Radius)



Abbildung 58: Knoten Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße - Variante 6: Drehgestellfahrzeug 2,40 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,45 m bei 25 m Radius und 4,55 m bei 23 m Radius)



Abbildung 59: Knoten Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße – Variante 7: Multigelenkfahrzeug 2,40 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 6,80 m bei 25 m Radius und 6,90m bei 23m Radius)



Abbildung 60: Knoten Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße – Variante 8: Multigelenkfahrzeug 2,40 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 3,45 m bei 25 m Radius und 3,50 m bei 23 m Radius)

Schlussfolgerung

2,65 m Breite

Tabelle 24: Knoten 6, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,65 m Fahrzeug

Querschnitt, Radius (Breite)	Fahrzeug	Eingriff in Gebäude, Mindestabstand 1 m	Eingriff in Gehweg	Empfehlung
2-gleisig, 25 m (7,90 m)	Drehgestell	Ja, Abriss erforderlich	Ja, Minimum von 1m nicht herstellbar	Keine Umsetzung
2-gleisig, 23 m (8 m)	Drehgestell	Ja, Mindestabstand unterschritten	Ja, Minimum von 1m nicht herstellbar	Keine Umsetzung
1-gleisig, 25 m (4,70 m)	Drehgestell	Nein	Ja	Weiter zu verfolgen
1-gleisig, 23 m (4,80 m)	Drehgestell	Nein	Nein	Weiter zu verfolgen
2-gleisig, 25 m (7,40 m)	Multigelenk	Ja, Mindestabstand unterschritten	Ja	Keine Umsetzung
2-gleisig, 23 m (7,50 m)	Multigelenk	Ja, Mindestabstand unterschritten	Ja	Keine Umsetzung
1-gleisig, 25 m (4,45 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Weiter zu verfolgen
1-gleisig, 23 m (4,55 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Weiter zu verfolgen

2,40 m Breite

Tabelle 25: Knoten 6, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,40 m Fahrzeug

Querschnitt, Radius (Breite)	Fahrzeug	Eingriff in Gebäude, Mindestabstand 1 m	Eingriff in Gehweg	Empfehlung
2-gleisig, 25 m (7,40 m)	Drehgestell	Ja	Ja	Keine Umsetzung
2-gleisig, 23 m (7,50 m)	Drehgestell	Ja	Ja	Keine Umsetzung
1-gleisig, 25 m (4,70 m)	Drehgestell	Nein	Nein	Weiter zu verfolgen

1-gleisig, 23 m (4,80 m)	Drehgestell	Nein	Nein	Weiter zu verfolgen
2-gleisig, 25 m (6,80 m)	Multigelenk	Ja	Ja	Keine Umsetzung
2-gleisig, 23 m (6,90 m)	Multigelenk	Nein	Ja	Keine Umsetzung
1-gleisig, 25 m (3,45 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Weiter zu verfolgen
1-gleisig, 23 m (3,55 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Weiter zu verfolgen

Bei der Untersuchung des Knotens hat sich gezeigt, dass die Herstellung einer zweigleisigen Strecke nur mit Eingriffen in die Gebäudestruktur möglich ist. Des Weiteren sind mit den Querschnitten von sieben bzw. acht Metern Breite die Gehwege nicht mit der minimal zu Grunde gelegten Breite herstellbar. Auch in Abbildung 11 die den Knoten mit 4,70 m Querschnitt zeigt, wird deutlich, dass diese eingleisige Trasse nur mit Eingriff in den Gehweg (gestrichelt) möglich ist, wenn der Kurvenradius exakt bei 25 m belassen wird. Der Querschnitt mit 3,70 m ermöglicht eine eingleisige Führung der Trasse, die auch einen durchgängigen Gehweg mit mindestens zwei Metern Breite zulässt.

7.3.7 Knoten 7: Kohlmarkt/Wahmstraße/Breite Straße/Sandstraße

Fahrzeug mit 2,65 m Breite

- Variante 1: Drehgestellfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius (hellrote Darstellung))



Abbildung 61: Knoten Kohlmarkt/Wahmstraße/Breite Straße/Sandstraße – 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius und 8,00 m bei 23 m Radius)

Schlussfolgerung

Die Prüfung des Straßenraums hat ergeben, dass sich eine 7,9 m breite Trasse für eine zweigleisige Trasse mit 2,65 m Drehgestellfahrzeugen integrieren lässt, und dabei die minimale Gehwegbreite von zwei Metern nicht unterschritten wird. Entsprechend wird auf weitere Untersuchungen in diesem Bereich verzichtet, da damit auch alle anderen Fahrzeugkonfigurationen in diesem Bereich frei verkehren können.

7.3.8 Knoten 8: Wahmstraße/Königstraße

Fahrzeug mit 2,65 m Breite

- Variante 1: Drehgestellfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius (hellrote Darstellung))
- Variante 2: Drehgestellfahrzeug, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,7 m bei 25 m Radius (hellblaue Darstellung) und Trassenbreite von 4,8 m bei 23 m Radius (orangene Darstellung))
- Variante 4: Multigelenkfahrzeug, eingleisige Führung (Trassenbreite von 3,7 m bei 25 m Radius (hellblaue Darstellung) und Trassenbreite von 3,8 m bei 23 m Radius (orangene Darstellung))

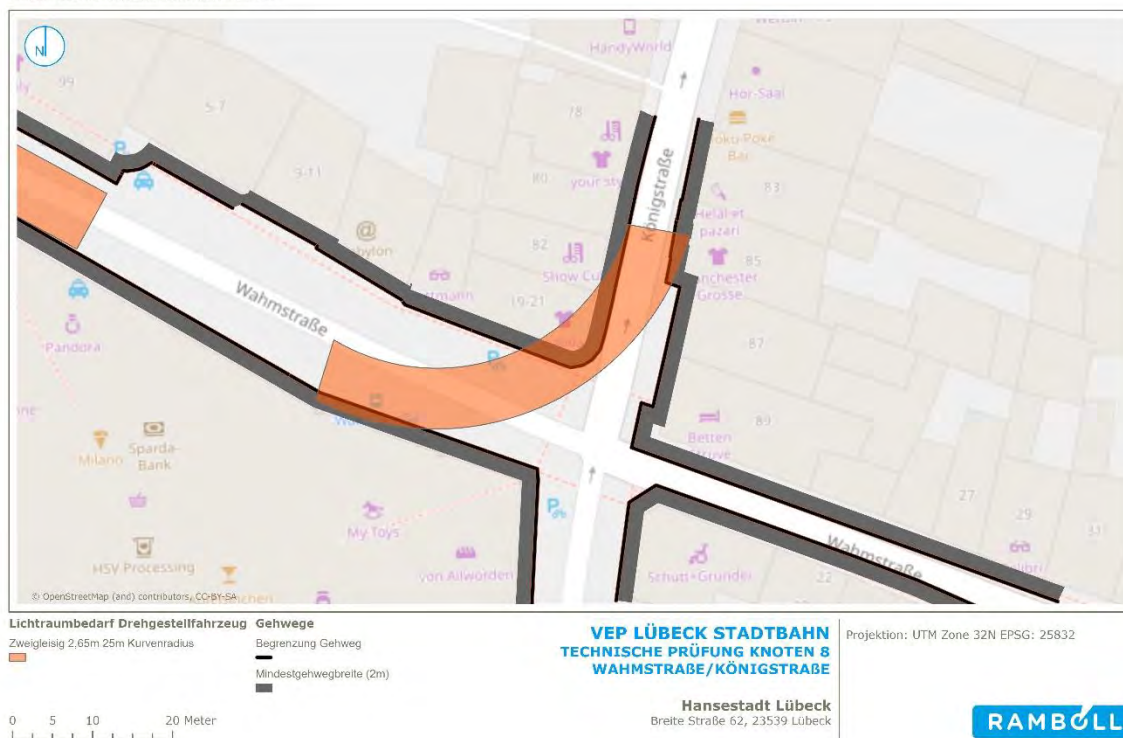


Abbildung 62: Knoten Wahnstraße/Königstraße – 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius)

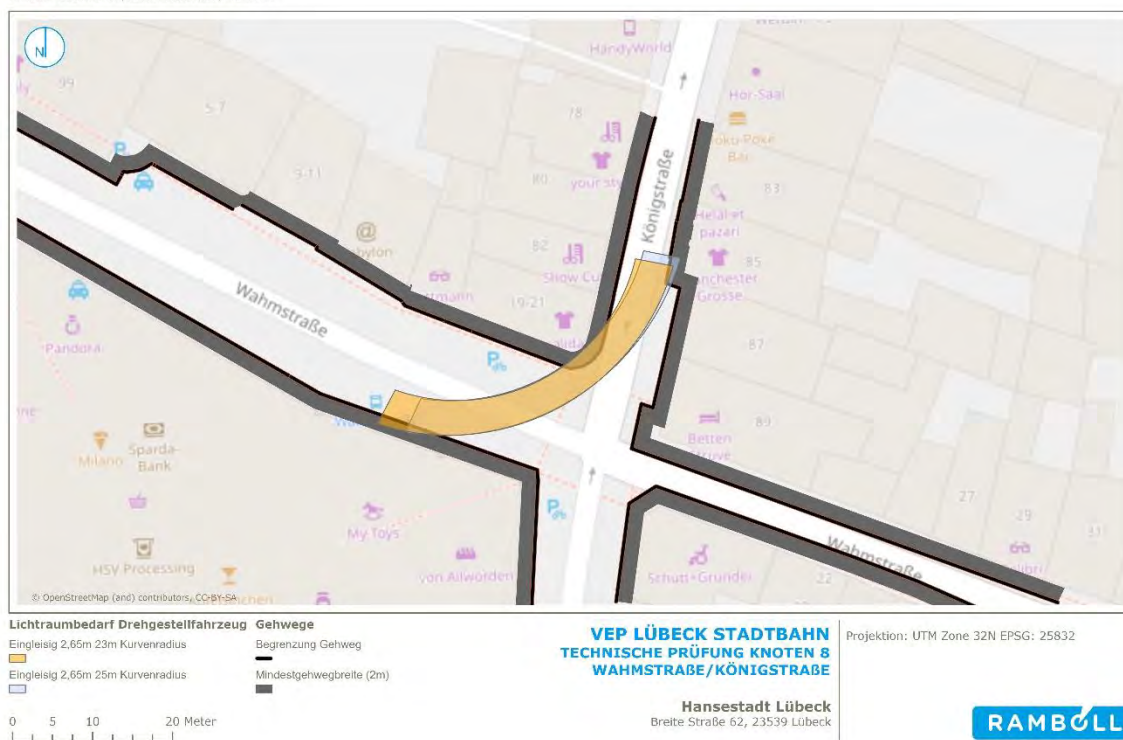


Abbildung 63: Knoten Wahnstraße/Königstraße – 2. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,7 m bei 25 m Radius und 4,8 m bei 23 m Radius)

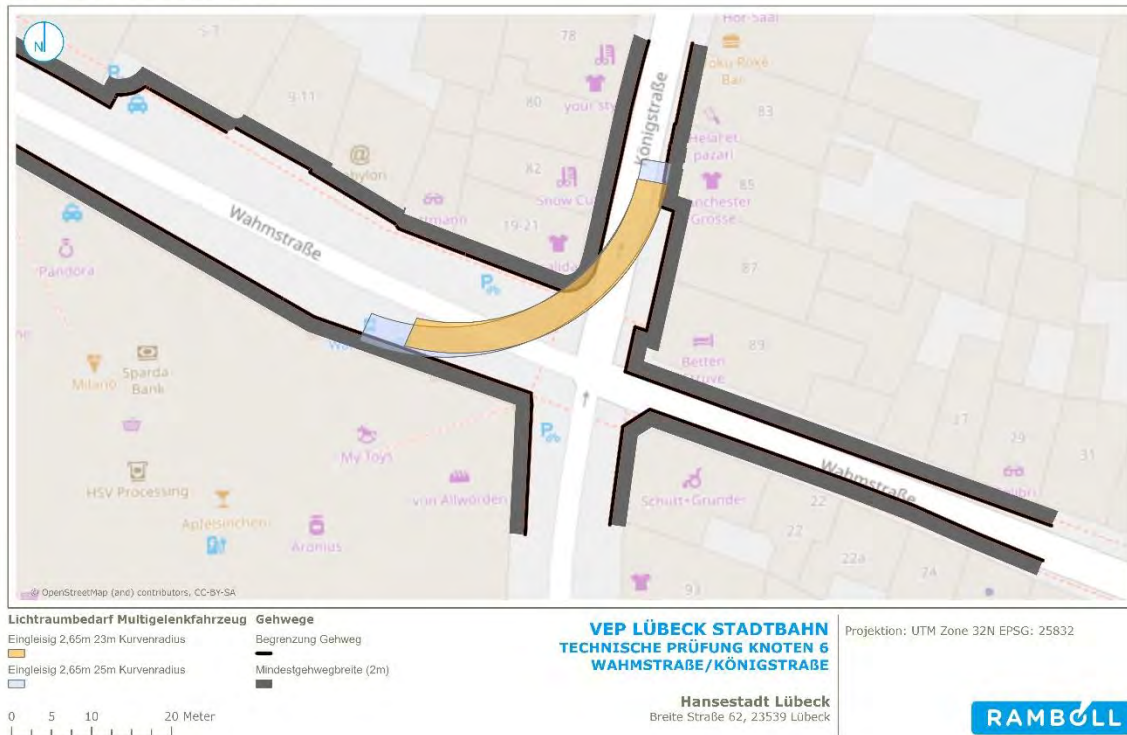


Abbildung 64: Knoten Wahnstraße/Königstraße – 4. Variante: Multigelenkfahrzeug 2,65 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 3,7 m bei 25 m Radius und 3,8 m bei 23 m Radius)

Fahrzeug mit 2,40 m Breite

Die Untersuchung hat ergeben, dass bereits eingleisige Führungen an diesem Knoten nicht möglich sind. Entsprechend wurde auf weitere Untersuchungen mit breiteren Trassen verzichtet.

- Variante 6: Drehgestellfahrzeug, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,45 m bei 25 m Radius (hellblaue Darstellung) und Trassenbreite von 4,55 m bei 23 m Radius (orangene Darstellung))
- Variante 8: Multigelenkfahrzeug, eingleisige Führung (Trassenbreite von 3,7 m bei 25 m Radius (hellblaue Darstellung) und Trassenbreite von 3,8 m bei 23 m Radius (orangene Darstellung))

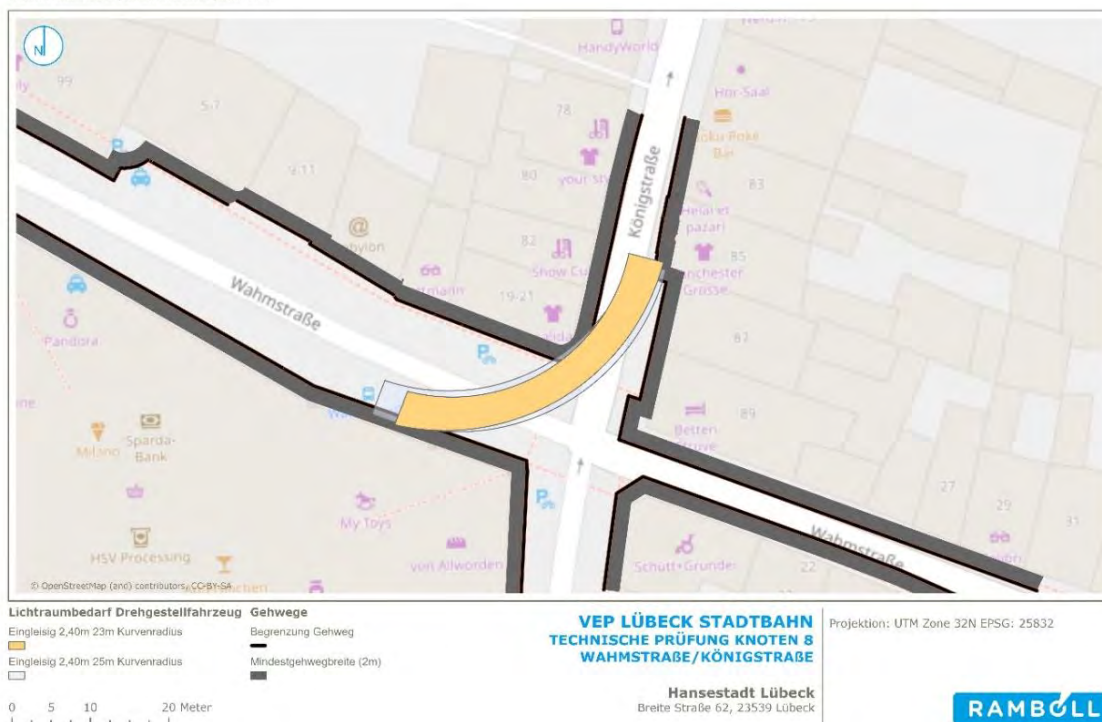


Abbildung 65: Knoten Wahnstraße/Königstraße – 6. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,40 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 4,45 m bei 25 m Radius und 4,55 m bei 23 m Radius)

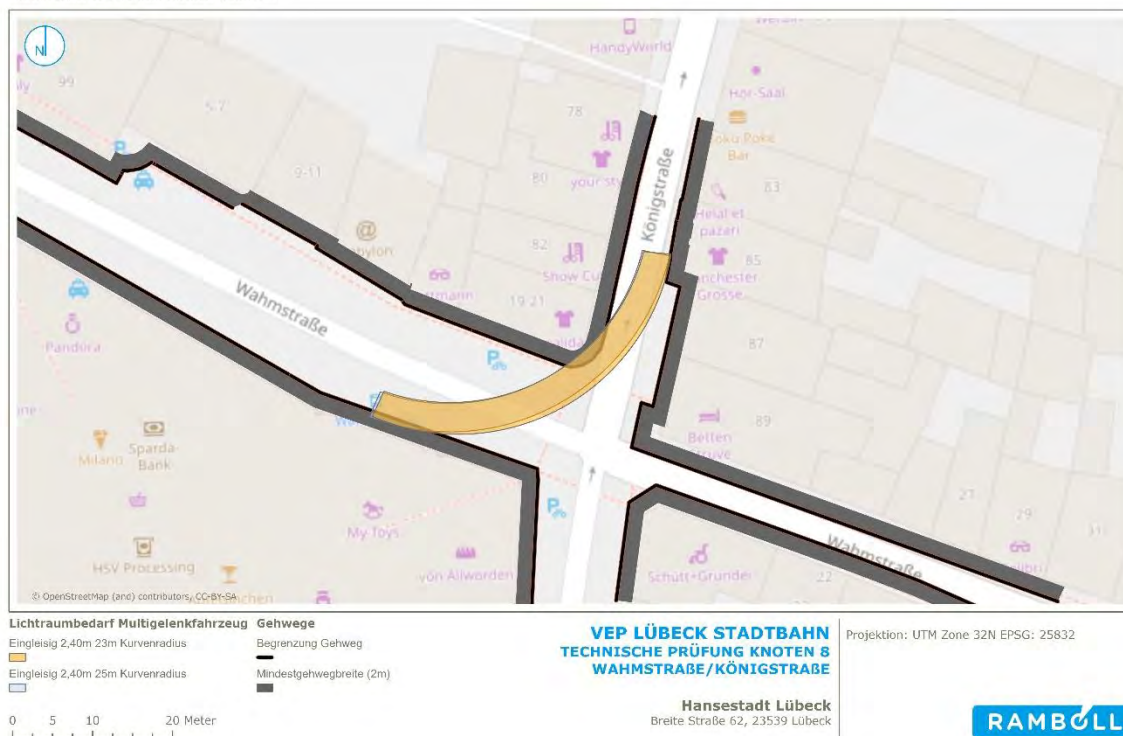


Abbildung 66: Knoten Wahnstraße/Königstraße – 8. Variante: Multigelenkfahrzeug 2,40 m Breite, eingleisige Führung (Trassenbreite von 3,7 m bei 25 m Radius und 3,8 m bei 23 m Radius)

Schlussfolgerung

Fahrzeug mit 2,65 m Breite

Tabelle 26: Knoten 8, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,65 m Fahrzeug

Querschnitt, Radius (Breite)	Fahrzeug	Eingriff in Gebäude, Mindestabstand 1 m	Eingriff in Gehweg	Empfehlung
2-gleisig, 25 m (7,90 m)	2,65 m	Ja, Abriss erforderlich	Ja, Minimum von 1m nicht herstellbar	Keine Umsetzung
2-gleisig, 23 m (8 m)	2,65 m	Ja, Mindestabstand unterschritten	Ja, Minimum von 1m nicht herstellbar	Keine Umsetzung
1-gleisig, 25 m (4,70 m)	2,65 m	Nein	Ja	Keine Umsetzung
1-gleisig, 23 m (4,80 m)	2,65 m	Nein	Nein	Keine Umsetzung
2-gleisig, 25 m (7,40 m)	2,40 m	Ja, Mindestabstand unterschritten	Ja	Keine Umsetzung
2-gleisig, 23 m (7,50 m)	2,40 m	Ja, Mindestabstand unterschritten	Ja	Keine Umsetzung
1-gleisig, 25 m (4,45 m)	2,40 m	Nein	Nein	Keine Umsetzung
1-gleisig, 23 m (4,55 m)	2,40 m	Nein	Nein	Keine Umsetzung

Fahrzeug mit 2,40 m Breite

Tabelle 27: Knoten 8, Zusammenfassung der Untersuchung für 2,40 m Fahrzeug

Querschnitt, Radius (Breite)	Fahrzeug	Eingriff in Gebäude, Mindestabstand 1 m	Eingriff in Gehweg	Empfehlung
2-gleisig, 25 m (7,40 m)	Drehgestell	Nein	Ja	Keine Umsetzung
2-gleisig, 23 m (7,50 m)	Drehgestell	Nein	Ja	Keine Umsetzung
1-gleisig, 25 m (4,70 m)	Drehgestell	Nein	Nein	Keine Umsetzung
1-gleisig, 23 m (4,80 m)	Drehgestell	Nein	Nein	Keine Umsetzung
2-gleisig, 25 m (6,80 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Keine Umsetzung

2-gleisig, 23 m (6,90 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Keine Umsetzung
1-gleisig, 25 m (3,45 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Keine Umsetzung
1-gleisig, 23 m (3,55 m)	Multigelenk	Nein	Nein	Keine Umsetzung

Knoten 8 weist ohne Eingriff in bestehende Gebäudestrukturen keine ausreichende technische Machbarkeit auf, da die Mindestabstände zu den Häusern nicht eingehalten werden können. Daher wird eine Weiterverfolgung dieser Trassenführung ausdrücklich nicht empfohlen.

7.3.9 Knoten 9: Sandstraße/Schmiedestraße/Mühlenstraße (Klingenberg)

Fahrzeug mit 2,65 m Breite

- Variante 1: Drehgestellfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius (orangene Darstellung))



Abbildung 67: Knoten Sandstraße/Schmiedestraße/Mühlenstraße (Klingenberg) – 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65 m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9 m bei 25 m Radius)

Schlussfolgerung

Die Prüfung des Straßenraums hat ergeben, dass sich eine 7,9 m breite Trasse für eine zweigleisige Trasse mit 2,65 m Drehgestellfahrzeugen integrieren lässt, und dabei die minimale Gehwegbreite von zwei Metern nicht unterschritten wird. Entsprechend wird auf weitere Untersuchungen in diesem Bereich verzichtet, da damit auch alle anderen Fahrzeugkonfigurationen in diesem Bereich frei verkehren können.

7.3.10 Knoten 10: Mühlenstraße/Königstraße

Fahrzeug mit 2,65 m Breite

- Variante 1: Drehgestellfahrzeug, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9m bei 25m Radius (hellgrüne Darstellung))

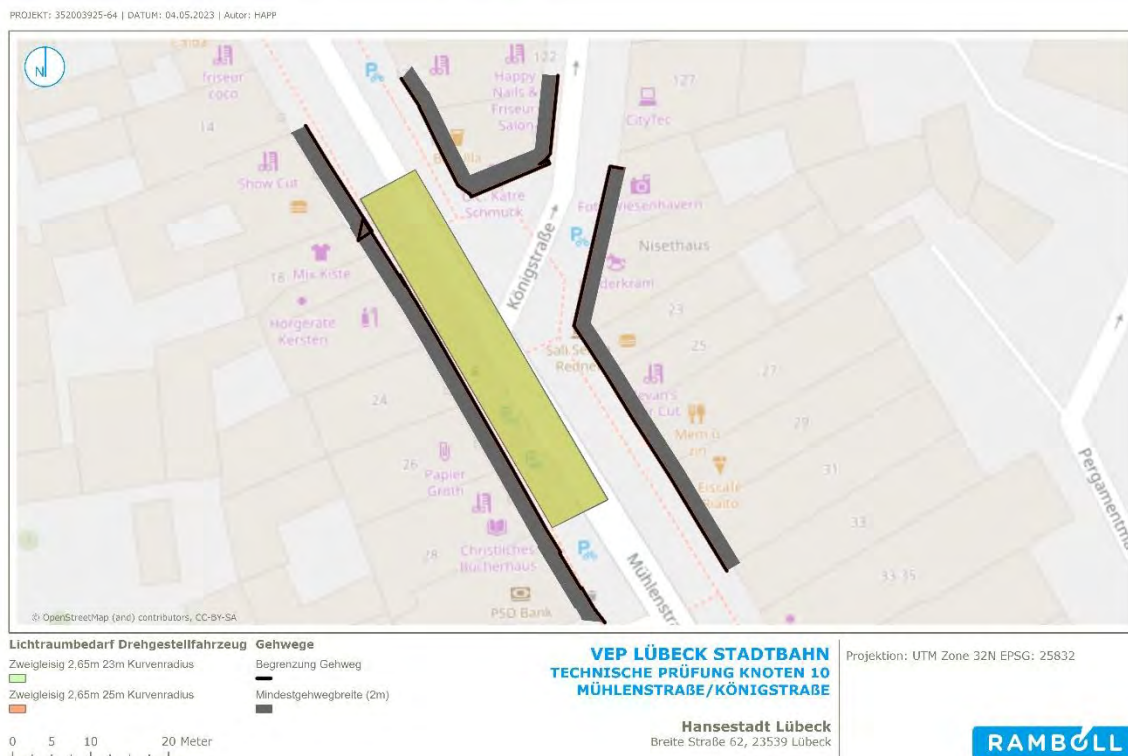


Abbildung 68: Knoten Mühlenstraße/Königstraße – 1. Variante: Drehgestellfahrzeug 2,65m Breite, zweigleisige Führung (Trassenbreite von 7,9m bei 25m Radius)

Schlussfolgerung

Die Prüfung des Straßenraums hat ergeben, dass sich eine 7,9 m breite Trasse für eine zweigleisige Trasse mit 2,65 m Drehgestellfahrzeugen integrieren lässt, und dabei die minimale Gehwegbreite von zwei Metern nicht unterschritten wird. Entsprechend wird auf weitere Untersuchungen in diesem Bereich verzichtet, da damit auch alle anderen Fahrzeugkonfigurationen in diesem Bereich frei verkehren können.

7.3.11 Zusammenfassung Querung Altstadt

Tabelle 28: Zusammenfassung der technische Machbarkeit der Querungen Altstadt

Knoten	Technische Machbarkeit (Ein-/Zweigleisig oder nicht machbar), zur Weiterverfolgung empfohlene Variante(n)
Knoten 1: Koberg	Zweigleisig (MG od. DF), Trasse ohne Einschränkungen herstellbar
Knoten 2: Beckergrube/An der Untertrave	Zweigleisig (MG od. DF), Gehwegbreite von 2 m bei DF 2,65 m, 2,40 m und MG 2,65m unterschritten, mit MG 2,40 m zweigleisige Trasse ohne Einschränkungen herstellbar
Knoten 3: Beckergrube/Fünfhausen	Zweigleisig (MG od. DF), Trasse ohne Einschränkungen herstellbar
Knoten 4: Beckergrube/Breite Straße/Pfaffenstraße	Zweigleisig (MG od. DF), Gehwegbreite von 2 m bei DF 2,65 m, 2,40 m und MG 2,65 m unterschritten, mit MG 2,40m zweigleisige Trasse ohne Einschränkungen herstellbar
Knoten 5: Holstenbrücke/An der Untertrave/Holstenstraße	Zweigleisig (MG od. DF), Gehwegbreite von 2 m bei DF 2,65 m, unterschritten, bei MG 2,65 m, MG 2,40 m und DF 2,40 m zweigleisige Trasse ohne Einschränkungen herstellbar
Knoten 6: Holstenstraße/Schüsselbuden/Kohlmarkt/Schmiedestraße	Zweigleisig (MG 2,40 m, R=23 m mit Unterschreitung von 2 m Gehwegbreite), oder eingleisig ohne Einschränkungen herstellbar
Weitere Untersuchung: Gleisdreieck Fünfhausen-Kohlmarkt	Zweigleisig (DF/MG 2,65 m unterschreitet Gehwegbreite von 2 m), DF/MG 2,40 m oder eingleisig ohne Einschränkungen herstellbar
Weitere Untersuchung: Trasse Schmiedestraße-Schüsselbuden	
	Nur Eingleisig (MG oder DF) machbar, technische Machbarkeit abhängig von baulichen Gegebenheiten (s. Abb. 21)
Knoten 7: Kohlmarkt/Wahmstraße/Breite Straße/Sandstraße	Zweigleisig (MG od. DF), Trasse ohne Einschränkungen herstellbar
Knoten 8: Königstraße/Wahmstraße	Technisch nicht machbar ohne Gebäudeabriss oder unter komplettem Entfall Gehweg, daher nicht zur Weiterverfolgung empfohlen
Knoten 9: Sandstraße/Schmiedestraße/Mühlenstraße (Klingenberg)	Zweigleisig (MG od. DF), Trasse ohne Einschränkungen herstellbar
Knoten 10: Mühlenstraße/Königstraße	Zweigleisig (MG od. DF), Trasse ohne Einschränkungen herstellbar

7.3.12 Straßenbreiten Altstadt Kernnetz

Für die (nach der Knotenanalyse) verbleibenden Abschnitte sind auf Basis von HL-Kartenmaterial die verfügbaren Straßenbreiten der relevanten Straßenzüge in der Altstadt ermittelt worden. Diese sind in der folgenden Abbildung 12 festgehalten und in die Analyse eines möglichen Netzes mit eingeflossen.

7.4 Anhang 4: Großräumige Potentialanalyse

In Kapitel 4 wurde beschrieben, nach welcher Vorgehensweise aus der Gesamtzahl von 54 denkbaren Korridore diejenigen ermittelt wurden, welche für eine Straßenbahn-Bedienung grundsätzlich in Frage kommen. In diesem Teil des Anhangs soll die Ausgangsbasis der Gesamtverkehrsströme detaillierter beschrieben werden:

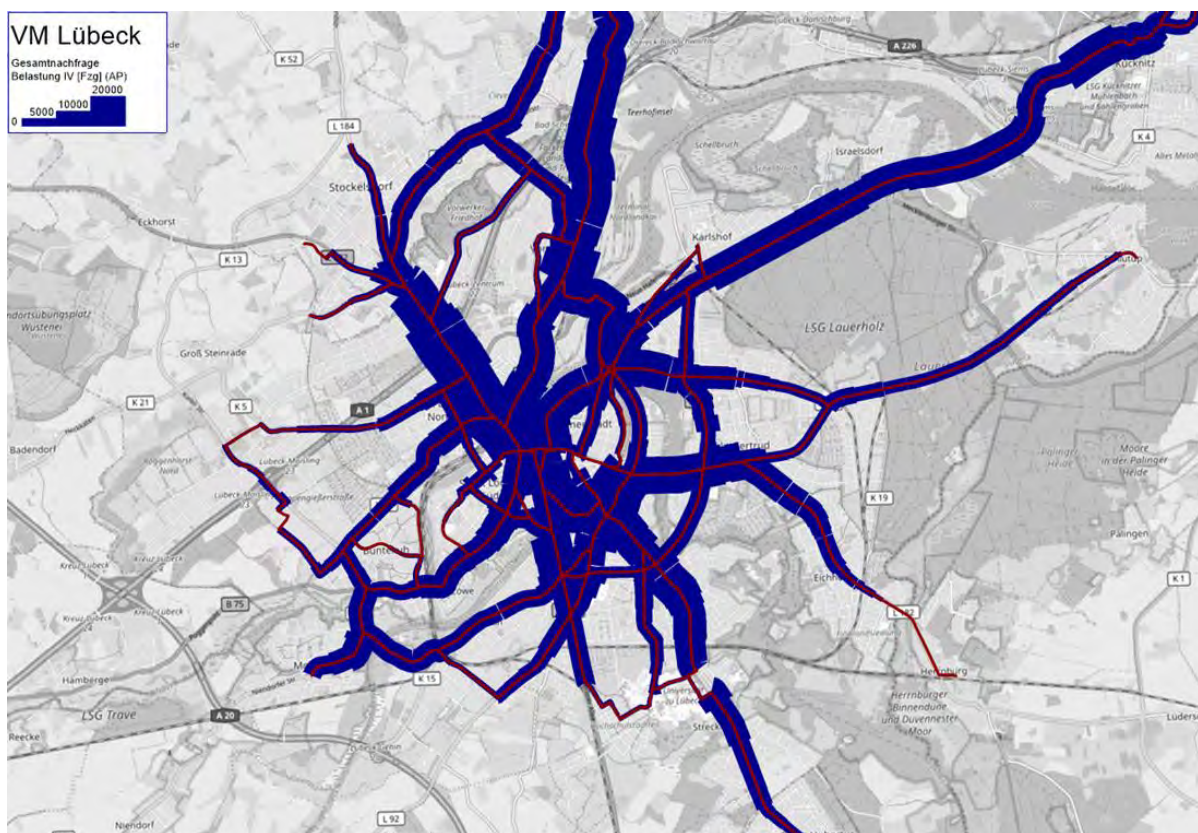


Abbildung 69: Umlegung der Gesamtnachfrage im Werktagsverkehr auf alle (baulich) in Frage kommenden Korridore

Die Abbildung illustriert die Ausgangsbasis, bei der das Gesamtverkehrsvolumen über alle Verkehrsträger, welches die Wegelänge von 1,5 km Kilometern überschreitet, im Bestweg-Verfahren auf die Korridore umgelegt wurde.

Hierbei wurden zunächst Korridore ausgeschlossen, die mangels Masse auch unter den gewählten bestmöglichen Umständen keine Aussicht auf hinreichende Bündelungsfähigkeit für eine Straßenbahn-System besitzen. Parallele Korridore wurden hierbei zusätzlich auf ein mögliches Bündelungspotential auf einem der beiden Äste untersucht. Hierdurch konnten 9 Korridore ausgeschlossen werden.

Zudem wurden Korridore ausgeschlossen, die über ein im Vergleich unterdurchschnittliches Nachfragepotential bei erschwerten baulichen Bedingungen verfügen und/oder deren Umsetzung baulich eine hohe Fragwürdigkeit aufweisen würde. Hierdurch wurden 15 weitere Varianten ausgeschlossen. Für weitere Korridore wurde festgelegt diese aufgrund der baulichen Herausforderungen nicht im Grundnetz zu betrachten, sondern als separaten Ergänzungsbaustein zu bewerten.

Der nachfolgender Tabelle 29 können die grundsätzlich überprüften Korridore und die vorgenommenen Ausschlüsse entnommen werden. Die letzte Spalte gibt hierbei Auskunft darüber, ob die Varianten in die feinere Modellierung übernommen wurden.

Tabelle 29: Korridore für die Potentialanalyse

von	via	baulich machbar?	Ausschlussgrund?	Übernahme Modellierung
INNENSTADT WEST (via BAHNHOFBRÜCKE)				ja
Korridor Ziegelstraße				ja
Moisling	Niendorfer Str. - Buntekuh - Ziegelstr.	mit Prüfbedarf	-	ja
Moisling	Hohenstiege - Buntekuh - Ziegelstr.	mit Prüfbedarf	-	ja
CITTI-Park	Buntekuh - Ziegelstr.	ja	-	ja
Moislinger Baum	Buntekuh - Ziegelstr.	ja	-	ja
Buntekuh Mitte	Ziegelstr.	ja	-	ja
Buntekuh Mitte	Korvettenstr. - Fregattenstr. - Ziegelstr.	ja	-	ja
Hugo-Distler-Str.	Beethovenstr. - Ziegelstr.	nein		nein
alle Abschnitte des Korridors jenseits der BAB1		ja	Ausschluss mangels Masse	nein
Korridor Krempeldorfer Allee				ja
Sdf./Ravensbusch	Marienburgerstr. - Ahrensböcker Str.	ja	-	ja
Vorwerker Friedhof	Friedhofsallee	erschwert	Ausschluss mangels Masse	nein
Schönböcken	Schönböckener Straße	erschwert	Ausschluss mangels Masse	nein
weitere Abschnitte in Stockelsdorf bzw. HL-Dornbreite		nein		nein
Korridor Schwartauer Allee				ja
Schwartau/Clever Landstr.	Vorwerk/Oderstr. - Peenestieg - Zum Vorwerk	ja	-	ja
Schwartau/Markt	Vorwerk - Tremser Teich - Schwartauer Landstr.	ja	-	ja
weitere Abschnitte in Holstentor-Nord, Vorwerk bzw. Bad Schwartau		nein		nein
Korridor Bei der Lohmühle				nein
mangels Potential am Korridor nur Rückfallebene zur Schwartauer Allee (Süd)				nein
INNENSTADT WEST (via BAHNHOFVORPLATZ)				ja
Korridor Moislinger Allee				ja
Moisling	Moislinger Allee - Wendische Str.	nein		nein
Moisling	Moislinger Allee - Töpferweg	nein		nein
Moisling	Moislinger Allee - Lindenplatz	nein		nein
Drägerwerk	Töpferweg - Hansestr.	erschwert	-	ja
weitere Abschnitte in St. Lorenz-Süd		nein		nein
Korridor Lindenplatz - Lachswhehallee				ja
UKSH/Campus	Berliner Platz - SANA-Klinik - Berliner Allee	ja	-	ja
SANA-Klinik	Berliner Platz	ja	-	ja
Korridor Töpferweg - Drägerwerk - Lachswhehallee				nein
Alternativführung zum Lindenplatz denkbar, aber Prüfung der Machbarkeit nötig				nein
Korridor Lachswhehallee - Berliner Platz - Kronsforde/Genin/Moisling				nein
zurückgestellt wegen Überzahl an Ästen im Westen, Prüfung über Mühlenstraße				nein
INNENSTADT WEST (via POSSEHLSTR.)				nein
Ausschluss mangels Masse				nein
INNENSTADT NORD (via BURGTOR)				ja
Korridor Travequerung - Josephinenbrücke - Hochstraße				ja
Schwartau/Clever Landstr.	Vorwerk/Oderstr. - Peenestieg - Zum Vorwerk	mit Prüfbedarf	-	ja
Schwartau/Markt	Vorwerk - Tremser Teich - Schwartauer Landstr.	mit Prüfbedarf	-	ja
Regio-Stadtbahn	z.B. Schwartau / Kücknitz / Travemünde etc.	mit erh. Prüfbedarf	-	ja
Korridor Karlshof				ja
Torneiweg	Luisenstr. - Eschenburgstr.	ja	-	ja
Korridor Israelsdorf				nein
Ausschluss mangels Masse				nein
Korridor Herrenwyk - Kücknitz - Travemünde				nein
Klärung möglicher Travequerung nötig (Nutzung Herrentunnel etc.)				nein
Korridor Travemünder Allee - Heiligen-Geist-Kamp				nein
Ausschluss mangels Masse				nein
Korridor Roeckstraße				ja
Wesloer Brücke	Arnimstraße - Roeckstraße	ja	-	ja
Wesloer Brücke	Schlutuper Str. - Kaufhof - Marlistr. - Heiligen-Geist-Kamp	ja	-	ja
Marliring/JVA	Kaufhof - Marlistr. - Heiligen-Geist-Kamp	ja	-	ja
Herbartweg	Kaufhof - Marlistr. - Heiligen-Geist-Kamp	ja	-	ja
Varianten nach Schlutup zurückgestellt mangels Masse bereits bis Wesloer Br., EBO-Gleisen etc.				nein
INNENSTADT OST (via WAHMSTRASSE)				ja
Korridor Falkenstraße & Korridor Hüntertorallee				nein
Ausschluss mangels ausreichender Masse und eingeschränkter Kapazität Wahnstraße, ggf. Rückfallebene zum Burgtor				nein
Korridor Moltkestraße				ja
Herrnburg Bf.	Eichholz - Brandenbaumer Landstr. - Kaufhof	mit Prüfbedarf	-	ja
Eichholz	Brandenbaumer Landstr. - Kaufhof	ja	-	ja
weitere Abschnitte bis Herbartweg/Wesloer Brücke oder darüber hinaus		siehe Korridor Roeckstraße		nein
weitere Abschnitte in Brandenbaum		nein	-	nein
Korridor Moltkestraße - Marlistraße - Heiligen-Geist-Kamp				nein
zurückgestellt wegen eingeschränkter Kapazitäten in der Wahnstraße				nein
INNENSTADT SÜD (via MÜHLENSTRASSE)				ja
Korridor Kronsforde Allee				ja
Moisling	Stecknitzstr. - Geniner Str.	nein		nein
Genin	Geniner Str.	ja	Ausschluss mangels Masse	nein
Malmöstraße	Kronsforde Allee (Süd)	nein		nein
SANA-Klinik	Kronsforde Allee (Nord)	ja		ja
weitere Varianten zwischen SANA-Klinik und Campus		nein		nein
Korridor Ratzeburger Allee - Mönkhofer Weg				nein
Ausschluss wegen niveaugleicher Bahnquerung und räumlichen Bedingungen				nein
Korridor Ratzeburger Allee - Campus				ja
Bf. Hochschulstadtteil	Technische HS - UKSH Nord	ja	-	ja
St. Hubertus	Campus Südwest - Technische HS - UKSH Nord	mit Prüfbedarf	-	ja
weitere Trassierungsvarianten im Bereich UKSH		erst nach Detailbetrachtung sinnvoll prüfbar		nein
weitere Varianten südlich des Campus		ja	Ausschluss mangels Masse	nein

Die Fahrgastzahlen für einzelne Korridore können nachfolgender Darstellung entnommen werden:

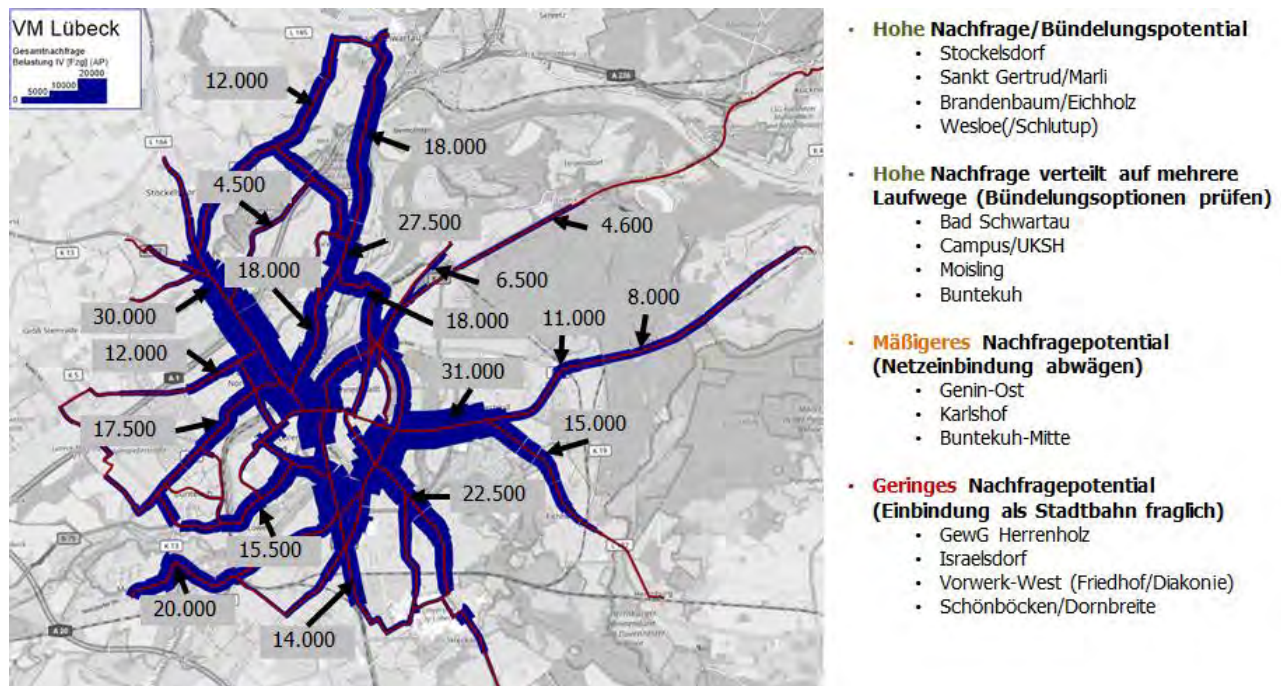


Abbildung 70: Bündelungspotentiale einzelner Korridore bei einer Bestweg-Umlegung

Für die zur weiteren Modellierung übernommenen Korridore erfolgte eine Verknüpfung der Einzelkorridore zu einem sinnvollen Grundnetzentwurf, welcher die höchsten Nachfragepotentiale bündelt und baulich in 1-2 Stufen umsetzbar erscheint. Bei Trassenparallelen mit ähnlicher Nachfragewirkung und Bündelungspotential wurde die baulich einfachere umzusetzende Variante gewählt.

Folgende Korridore/Abschnitte wurden hierbei übernommen:

Tabelle 30: Verknüpfung der Einzelkorridore zu einem sinnvollen Grundnetzentwurf für die Potentialanalyse

von	via	baulich machbar	in Modellszenario
INNENSTADT WEST (via BAHNHOFSTRASSE)			
Korridor Ziegelstraße			
Bunte Kuh Mitte	Korvetenstr. - Fregattenstr. - Ziegelstr.	ja	1+2
Korridor Krempelsdorfer Allee			
Sdf./Ravensbusch	Marienburgerstr. - Ahrensböcker Str.	ja	1+2
Korridor Schwartauer Allee			
INNENSTADT NORD (via BURGTOR)			
Korridor Travequerung - Josephinenbrücke - Hochstraße			
Korridor Karlshof			
Torneiweg	Luisenstr. - Eschenburgstr.	ja	1+2
Korridor Roedestraße			
Marlring/JVA	Kaufhof - Marlistr. - Heiligen-Geist-Kamp	ja	1+2
INNENSTADT OST (via WAHMSTRASSE)			
Korridor Moltkestraße			
Eichholz	Brandenbaumer Landstr. - Kaufhof	ja	1+2
INNENSTADT SÜD (via MÜHLENSTRASSE)			
Korridor Kronsfordter Allee			
Korridor Ratzeburger Allee - Campus			
Bf. Hochschulstadtteil	Technische HS - UKSH Nord	ja	1+2

Dieses Grundnetz stellt die Grundlage der weiteren Bearbeitung dar. Da sich eine reine Nord-Süd-Linie nachfrageseitig teilweise als vorteilhaft darstellte, jedoch nur in bestimmten Linienkonstellationen betrieblich sinnvoll eingebunden werden kann, wurden zwei Grundnetze gebildet, die auf derselben Infrastruktur basieren.



Abbildung 71: Grundszenario 1 mit Nord-Süd-Linie



Abbildung 72: Grundszenario 2 ohne Nord-Süd-Linie

Beide Grundnetze weisen hohe Fahrgasteffekte mit ca. 40.000 neu für den ÖPNV gewonnenen täglichen Wegen auf. Durch einschränkende Maßnahmen im Busnetz, die im finalen Netz für eine effiziente Betriebsleistung notwendig sind, ist zu erwarten, dass diese Nachfragewerte leicht unterschritten werden, die Bündelungswirkung auf den Straßenbahnkorridoren jedoch noch ansteigt.

Basierend auf den Grundnetzen ergaben sich aus der Potentialanalyse 17 Ergänzungsbausteine, die einzeln auf ihren Nutzen überprüft wurden und für die jeweils passende Grundvariante als Basis herangezogen wurde. Hierbei handelte sich sowohl um radiale Verlängerungen von Linienästen, als auch um Verschwenkungen der Korridore in Teilabschnitten. Zudem wurden mehrere tangentielle Abwandlungen der Netzkonzeption überprüft.

Folgende Ergänzungsbausteine wurden betrachtet:

Tabelle 31: Ergänzungsbausteine für die Potentialanalyse

von	via	baulich machbar	in Modellszenario
INNENSTADT WEST (via BAHNHOFSTRASSE)			
Korridor Ziegelstraße			
Moisling	Niendorfer Str. - Buntekuh - Ziegelstr.	mit Prüfbedarf	2L
Moisling	Hohenstiege - Buntekuh - Ziegelstr.	mit Prüfbedarf	2L1
CITTI-Park	Buntekuh - Ziegelstr.	ja	2C
Moislinger Baum	Buntekuh - Ziegelstr.	ja	2I
Buntekuh Mitte	Ziegelstr.	ja	1Q
Korridor Krempelsdorfer Allee			
Korridor Schwartauer Allee			
Schwartau/Clever Landstr.	Vorwerk/Oderstr. - Peenestieg - Zum Vorwerk	ja	1O
Schwartau/Markt	Vorwerk - Tremser Teich - Schwartauer Landstr.	ja	1O
INNENSTADT WEST (via BAHNHOFVORPLATZ)			
Korridor Moislinger Allee			
Drägerwerk	Töpferweg - Hansestr.	erschwert	1J
Korridor Lachswehrallee			
UKSH/Campus	Berliner Platz - SANA-Klinik - Berliner Allee	ja	1T
INNENSTADT NORD (via BURGTOR)			
Korridor Travequerung - Josephinenbrücke - Hochstraße			
Schwartau/Clever Landstr.	Vorwerk/Oderstr. - Peenestieg - Zum Vorwerk	mit Prüfbedarf	2M
Schwartau/Markt	Vorwerk - Tremser Teich - Schwartauer Landstr.	mit Prüfbedarf	2M1
Regio-Stadtbahn	z.B. Schwartau / Kücknitz / Travemünde etc.	mit erh. Prüfbedarf	1P
Korridor Karlshof			
Korridor Roekstraße			
Wesloer Brücke	Arnimstraße - Roekstraße	ja	2K
Wesloer Brücke	Schlutuper Str. - Kaufhof - Marlistr. - Heiligen-Geist-Kamp	ja	2H
Herbartweg	Kaufhof - Marlistr. - Heiligen-Geist-Kamp	ja	1S
INNENSTADT OST (via WAHMSTRASSE)			
Korridor Moltkestraße			
Herrnburg Bf.	Eichholz - Brandenbaumer Landstr. - Kaufhof	mit Prüfbedarf	2D
INNENSTADT SÜD (via MÜHLENSTRASSE)			
Korridor Kronsfordter Allee			
Campus	SANA-Klinik - St. Jürgen Süd	ja	1R
Korridor Ratzeburger Allee - Campus			
St. Hubertus	Campus Südwest - Technische HS - UKSH Nord	mit Prüfbedarf	1B

Die untersuchten Bausteine wiesen zusätzliche Nachfrageeffekte zwischen -2.500 und +6.500 Wegen gegenüber den Grundnetzen auf.

Für das Zielnetz wurden alle Ergänzungsbausteine mit positiver Nachfragewirkung und betrieblicher Kompatibilität aufgenommen.

Einen Sonderfall nimmt hierbei das nachgewiesene hohe Nachfragepotential einer Travequerung zwischen nördlicher Altstadt und Vorwerk ein.

Da hier bauliche Machbarkeit und zu erwartende Kosten nicht abschließend geklärt werden konnten und eine Umsetzung parallel erhebliche Auswirkungen auf die Linienführungen hat, wurden analog zu den Grundnetzen auch für die Zielnetze zwei Varianten entwickelt, von denen eine die Travequerung beinhaltet und die andere diese ausschließt. Aufgrund der Vielzahl an Linienästen wurde zudem eine Unterteilung in zwei Ausbaustufen vorgenommen.

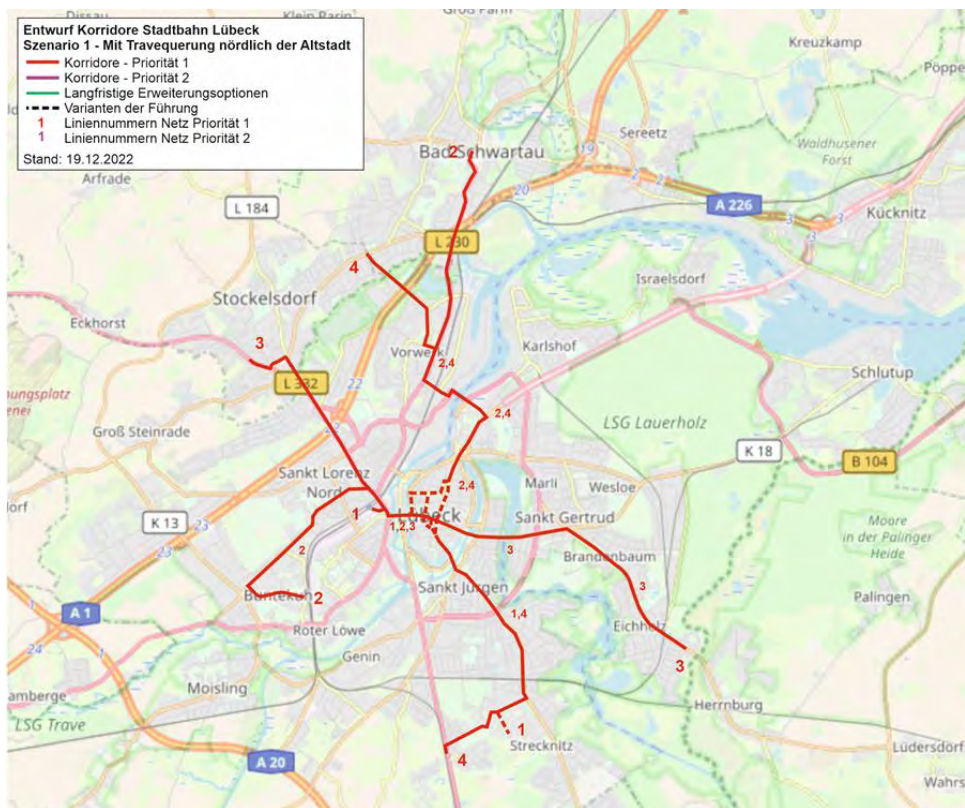


Abbildung 73: Zielnetz 1 mit neuer Trave-Querung (Prioritätsstufe 1)

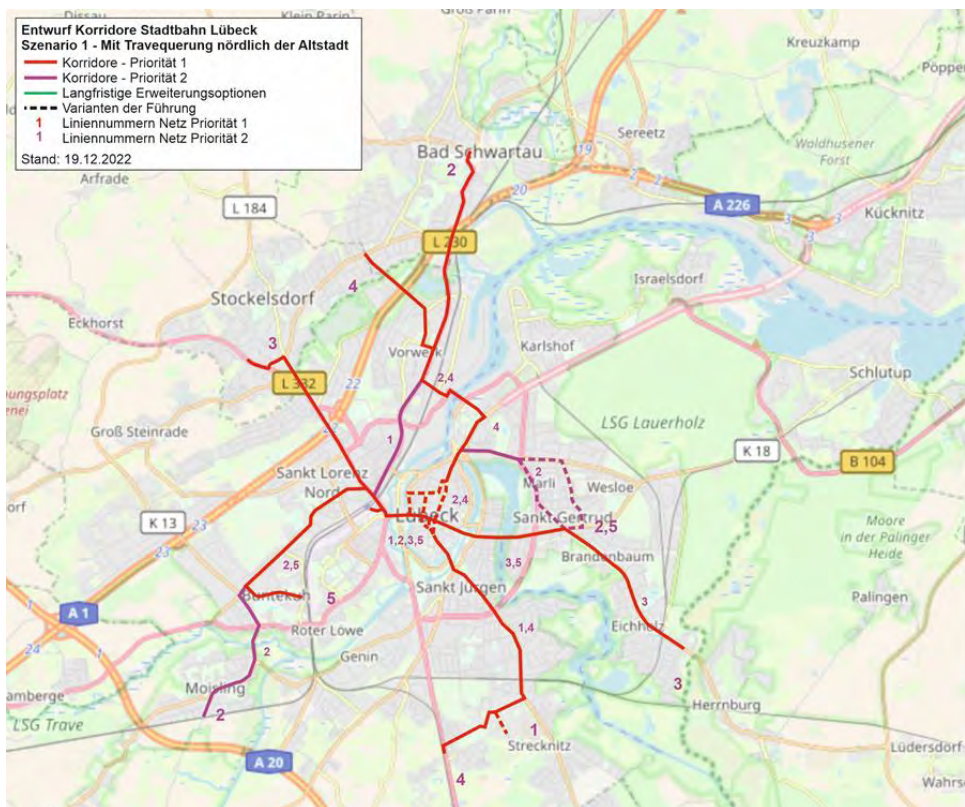


Abbildung 74: Zielnetz 1 mit neuer Trave-Querung (Prioritätsstufe 2)

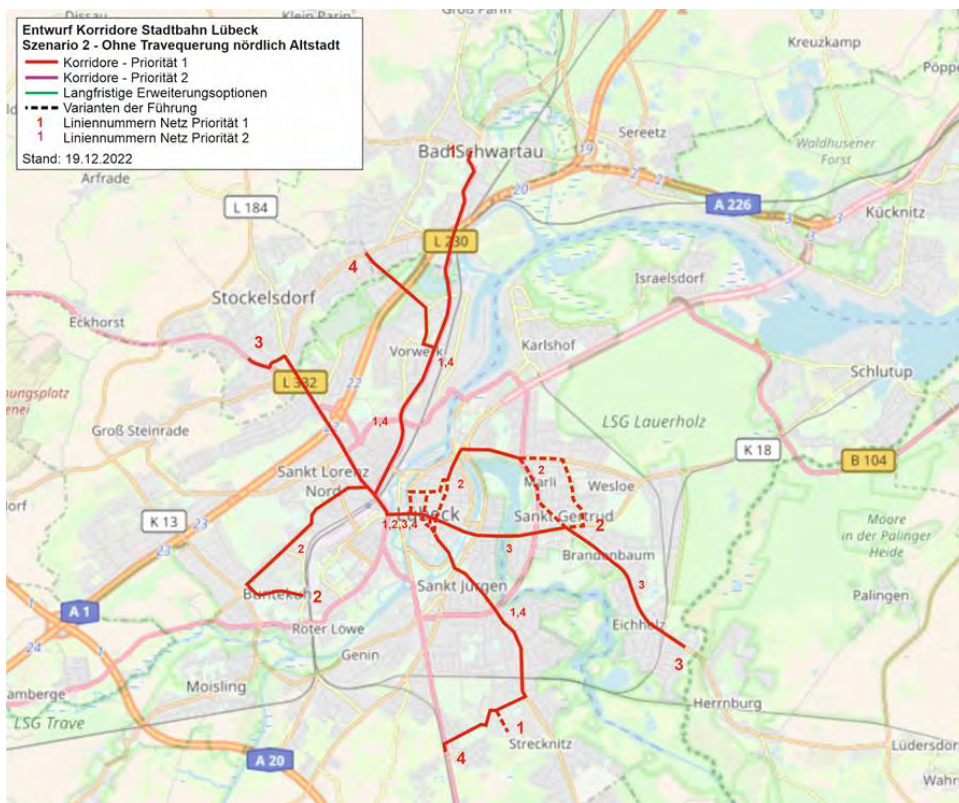


Abbildung 75: Zielnetz 2 ohne neue Trave-Querung (Prioritätsstufe 1)

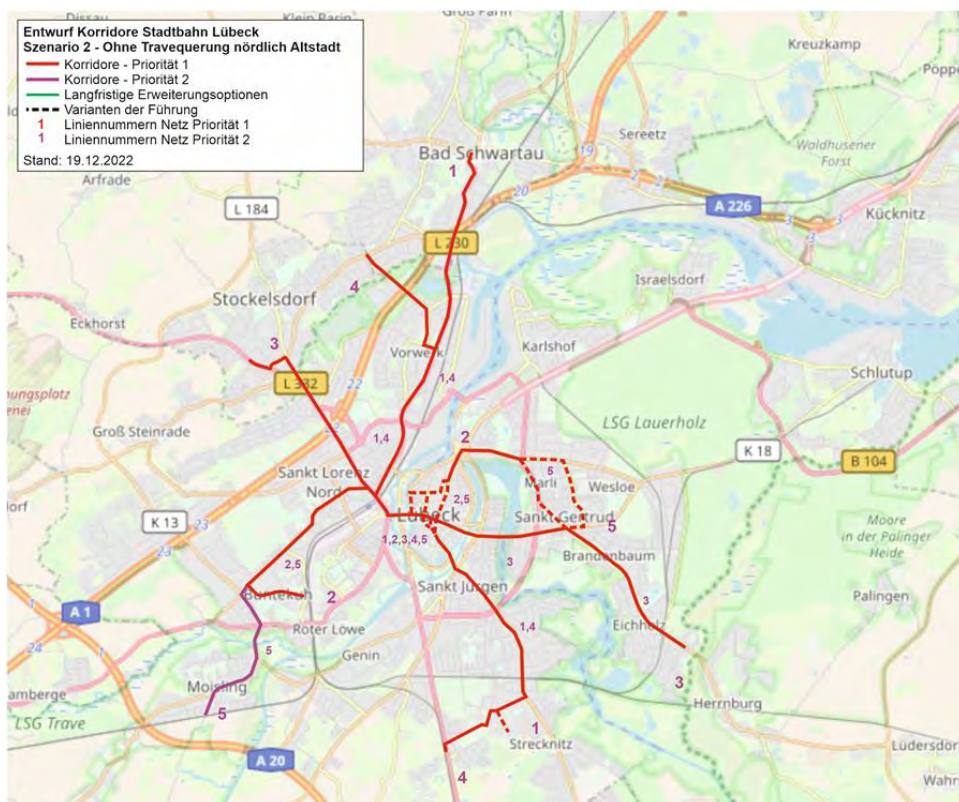


Abbildung 76: Zielnetz 2 ohne neue Trave-Querung (Prioritätsstufe 2)

Zudem wurden langfristig denkbare Ergänzungsoptionen des Liniennetzes dargestellt, die z.B. bei weiteren Siedlungsentwicklungen oder Kapazitätsengpässen im Netz zu einem späteren Zeitpunkt ergänzt werden könnten. Diese Bausteine weisen gegenüber den bisherigen Zielnetzen entweder ein (noch) zu geringes Fahrgastpotential auf oder sind baulich aufwendiger, weisen aber eine betriebliche Kompatibilität auf und können zudem helfen stark belastete Korridore zu entlasten. Die denkbaren Ergänzungsbausteine sind in nachfolgender Abbildung nachrichtlich in grün dargestellt und gelten für beide Zielnetze.

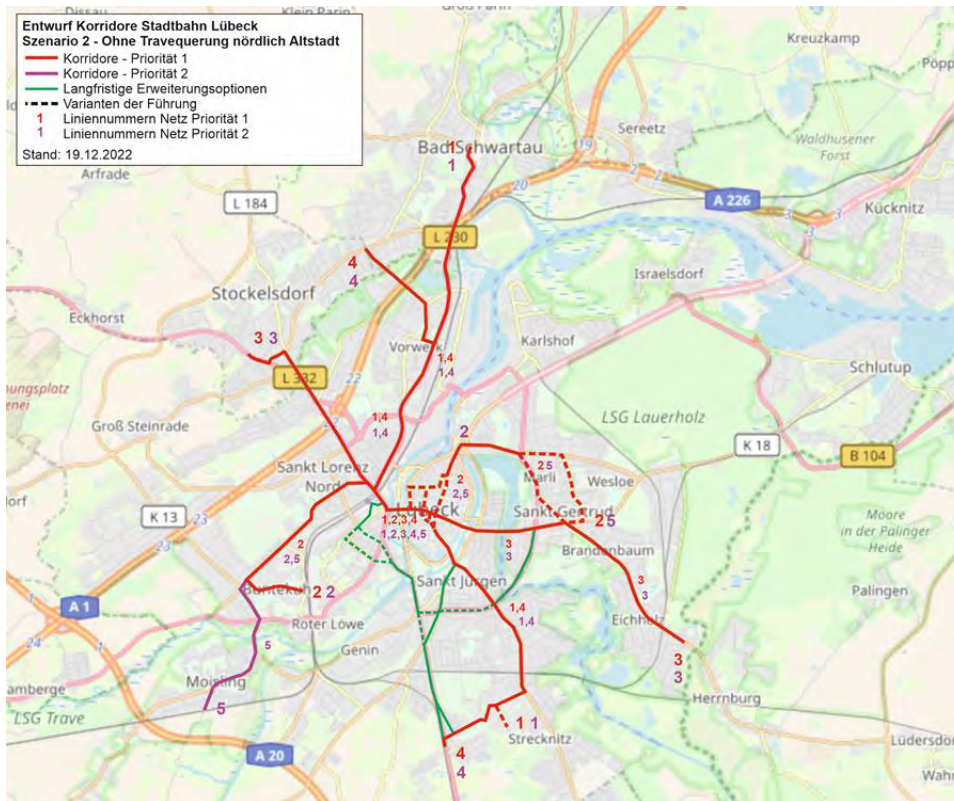


Abbildung 77: Zielnetz 2 ohne neue Trave-Querung (Prioritätsstufe 2) mit Ergänzungen

7.5 Anhang 5: Ortsbesichtigung

Am 15.11.2022 fand die durchzuführende Ortsbesichtigung statt. Dabei wurden die angedachten Korridore besichtigt und grob untersucht. Die Ortsbesichtigung begann am Hauptbahnhof, und umschloss folgende Stadtteile (mit Straßen in Klammern):

- Innenstadt (Holstenstraße, Königstraße, Wahnstraße, Koberg, Breite Straße, Sandstraße, Mühlenstraße, Rehderbrücke, Huxterdamm, An der Mauer)
- Sankt Gertrud (Moltkestraße, Wallbrechtstraße und -brücke, Walderseestraße)
- Sankt Jürgen (Mühlenkreisel, Ratzeburger Allee, Mönkhofer Weg, UKSH-Gelände, Technische Hochschule, Paul-Ehrlich-Straße)
- Moisling (August-Bebel-Straße, Am Moislinger Baum, Stecknitzstraße)
- Sankt Lorenz (Moislinger Allee, Fackenburger Allee, Puppenbrücke, Wendische Straße, Hansestraße)
- Buntekuh (Korvettenstraße, Fregattenstraße, Ziegelstraße)

7.6 Anhang 6: Analyse Straßenbahnnetz hinsichtlich Straßenbreiten und Querschnitten

Im Rahmen der Ortsbesichtigung Kapitel 7.5 – Anhang 5 wurden erste Erkenntnisse zur technischen Machbarkeit gewonnen. Im weiteren Projektverlauf wurden die Straßenbreiten analysiert. In die Analyse ging eine Betrachtung des gesamten Straßenraumes mit ein (von Hauswand zu Hauswand). Es hat sich gezeigt, dass vor allem in den Außenkorridoren (Fackenburger Allee, Ratzeburger Allee und Schwartauer Allee) große Straßenräume vorhanden sind. Gleichzeitig ist die Querung der Altstadtinsel, die integraler Bestandteil des Netzes ist, technisch herausfordernd. Nicht nur die schmalen Straßen, sondern auch die Kurvenradien stellen die technische Machbarkeit in Frage. Aus diesen Gründen wurde die Innenstadt besonders detailliert betrachtet und auf technische Ausschlusskriterien untersucht (vgl. ab Kapitel 4.2). Die heterogenen Straßenzüge der Altstadt machen lokal zugeschnittene Lösungen notwendig, die Teil von künftigen Planungsschritten sind. Gleichwohl hat sich in der Untersuchung gezeigt, dass in bestimmten Straßenabschnitten die Unterbringung leichter ist als in anderen. In der Altstadt sind vor allem die Straßen Mühlenstraße, An der Untertrave, Holstenstraße und Beckergrube für die Aufnahme einer Straßenbahn Trasse geeignet, da ihre Breite meist über 15 m beträgt und somit mehr Gestaltungsspielräume lässt. Die Wahnstraße weist stellenweise eine Breite von unter 10 m auf, hier sind besondere Lösungen gefragt (Vorschlag Ramboll: Fußgängerzone mit eingeleisigem Querschnitt).

PROJEKT: 352003925-64 | DATUM: 26.04.2023 | Autor: Hannes Scheweppe

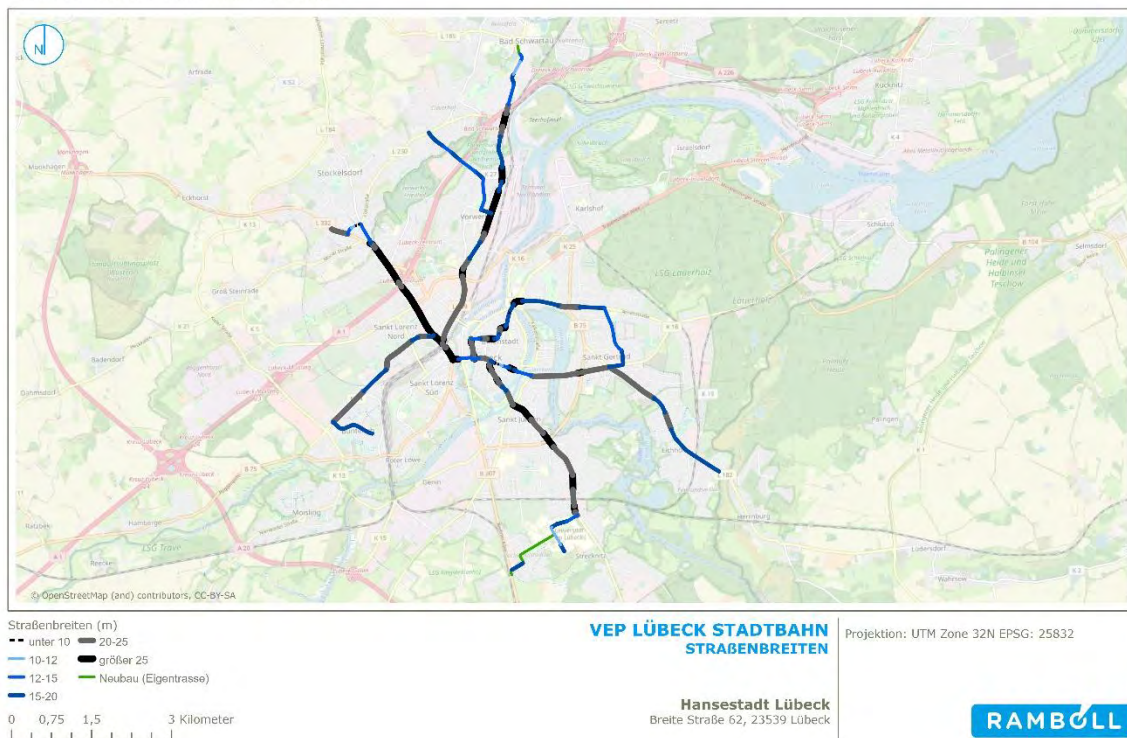


Abbildung 78: Straßenbreiten im Verlauf des Kernnetzes

Die Einführung der Straßenbahn in Lübeck erfordert eine Neuaufteilung des Straßenraums. Als Idealquerschnitt mit ausreichend verfügbarem Raum zur bestmöglichen Unterbringung aller Verkehrsarten sind circa 50 m notwendig. Diese sind real aber eine Utopie – von daher ist jede Neuaufteilung des Straßenraums ein Kompromiss aller Verkehrsträger. In den nachfolgenden Tabellen sind die Anteile der Straßenbreiten aufgeführt.

Tabelle 32: Anteile der Straßenbreiten Kernnetz in %

Straßenbreite	Prozentualer Anteil im Kernnetz
Über 25 m	19 %
20 m - 25 m	32 %
15 m - 20 m	28 %
12 m - 15 m	13 %
10 m - 12 m	3 %
Unter 10 m	1 %
Neubautrasse	4 %

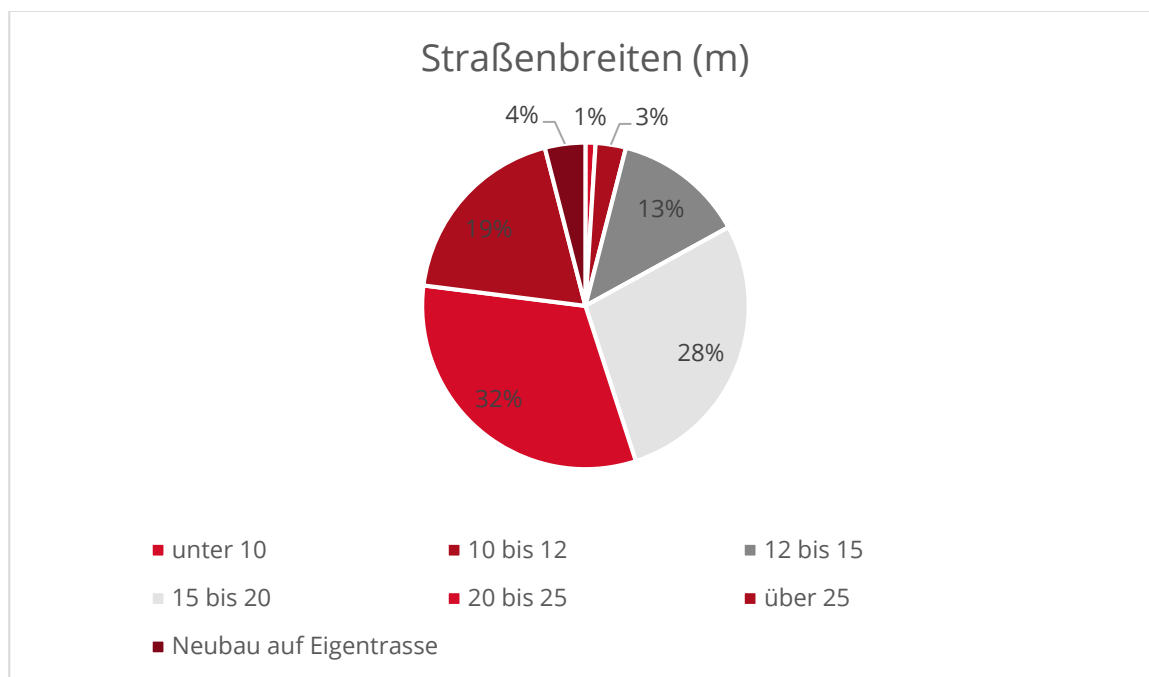


Abbildung 79: Straßenbreiten Kernnetz – Verteilung in %

7.7 Anhang 7: Regionalbuslinien

Für das Gutachten wurde das Busnetz bestandsnah adaptiert, um keine Effekte zu vermischen und die Wirkungen einer Straßenbahn transparent darzustellen. Im Regionalbusverkehr erfolgten daher keine Änderungen über das bisherige Prognosenetz 2030 hinaus.

Weitergehende Eingriffe in den Busverkehr können zusätzliche Nachfragepotentiale an die Straßenbahnachsen heranzuführen, die Wirkungen sind jedoch nicht unmittelbar der Straßenbahn zuzuschreiben. Daher ist es ratsam die einzelnen Bausteine im Busverkehr eng verzahnt mit der Straßenbahn zu betrachten und zu entscheiden welche Maßnahmen auch unabhängig von der Straßenbahn umgesetzt werden können und somit im Ohnefall unterstellt werden. In den Mitfällen können diese Wirkungen dann durch eine Verzahnung mit der Straßenbahn ggf. noch gesteigert werden bzw. betrieblich effizienter abgewickelt werden. Für weitergehende Eingriffe in den Busverkehr sind jedoch umfangreiche Abstimmungen nötig, im Falle der Regionalbuslinien auch mit benachbarten Aufgabenträgern. Die nachfolgende Darstellung stellt daher eine aus Sicht des Straßenbahnnetzes idealtypische Neuorganisation der Regionalbusverkehre dar, die als Basis für die Diskussion von Ohnefall und Mitfall dienen kann.

Linie 7650

Die Regionalbuslinie 7650 beginnt in Bad Segeberg ZOB und führt über Geschendorf und Mönkhagen nach Stockelsdorf. Sie verläuft parallel zur Straßenbahnlinie 3 zum ZOB und folgt anschließend der Moislinger und Lachswehrallee in Richtung Genin. Über die Geniner Straße und Malmöstraße führt die Linie nach Krummesse und endet dort. Diese Linie wird im 30-Minuten-Takt bedient.

Linie 300 und 310

Die Linie 300 verbindet Grevesmühlen mit Moisling im 60-Minuten-Takt. Diese Linie ist mit der Linie 310 aus Schönberg vertaktet. Ab Schlutup ergänzen sich diese Linien mit der Stadtbuslinie 10 zum durchgängigen 10-Minuten-Takt. Die Linien führen über die Wesloer Straße und Arnimstraße zum Gustav-Radbruch-Platz. Im weiteren Verlauf wird die Altstadtinsel über Koberg und Schlüsselbuden erschlossen. Über den Holstentorplatz, wo Anschlussmöglichkeiten an alle Straßenbahnlinien bestehen, wird der ZOB erreicht. Über die Moislinger Allee und Am Moislinger Baum führen die Linien nach Moisling. In Moisling wird der Gebrüder-Grimm-Ring erschlossen. Die Linien enden am Haltepunkt Moisling.

Linie 315

Die Linie 315 beginnt in Dassow und führt über Pötenitz nach Priwall. Dort wird die Priwallfähre genutzt und die Weiterfahrt in Travemünde fortgesetzt. Es wird der Hafenbahnhof angefahren und schließlich endet die im 60-Minuten-Takt verkehrende Linie in Warnsdorf.

Linie 8710

Linie 8710 dient als Schnellbus von Ratzeburg in Richtung Lübeck und verkehrt über Groß Sarau und Groß Grönau. Die im 30-Minuten-Takt bediente Linie fährt zum UKSH und Universität und verläuft über SANA-Kliniken und Lachswehrallee zum ZOB.

Linie 8720

Die Linie 8720 beginnt in Trittau und führt über Krummesse zur Geniner Straße. Die Linie endet nach der Fahrt über die Lachswehrallee und Moislinger Allee am ZOB und verkehrt im 60-Minuten-Takt.

Linie 8770

Linie 8770 beginnt in Mölln und fährt über Berkenthin und Krummesse nach Lübeck. Diese Linie verkehrt im 60-Minuten-Takt. In Lübeck wird die Linie über die Geniner Straße zum ZOB geführt.

7.8 Anhang 8: Stadtbuslinien

Für das Gutachten wurde das Busnetz bestandsnah adaptiert, um keine Effekte zu vermischen und die Wirkungen einer Straßenbahn transparent darzustellen. Im Stadtbusverkehr erfolgten daher nur partielle Eingriffe zum Abbau von Parallelverkehren und besseren Anschlüssen zwischen Bus und Straßenbahn. Zudem wurden einzelne Umstiegshaltestellen optimiert.

Weitergehende Eingriffe in den Busverkehr können zusätzliche Nachfragepotentiale an die Straßenbahnachsen heranführen, die Wirkungen sind jedoch nicht unmittelbar der Straßenbahn zuzuschreiben. Daher ist es ratsam die einzelnen Bausteine im Busverkehr eng verzahnt mit der Straßenbahn zu betrachten und zu entscheiden welche Maßnahmen auch unabhängig von der Straßenbahn umgesetzt werden können und somit im Ohnefall unterstellt werden. In den Mitfällen können diese Wirkungen dann durch eine Verzahnung mit der Straßenbahn ggf. noch gesteigert werden bzw. betrieblich effizienter abgewickelt werden. Für weitergehende Eingriffe in den Busverkehr sind jedoch umfangreiche Abstimmungen nötig. Hierfür wurden parallel zur Erarbeitung des Gutachtens mit dem 5. Regionalen Nahverkehrsplan wertvolle Erkenntnisse geliefert, wie das Stadtbus-Netz umgestaltet werden könnte.

Die nachfolgende Darstellung stellt daher eine aus Sicht des Straßenbahnnetzes mögliche Neuorganisation der Stadtbusverkehre dar, die als Basis für die Diskussion von Ohnefall und Mitfall dienen kann.

Die verwendeten Linienbezeichnungen stellen keine Hierarchisierung des Netzes dar, sie sind Arbeitsbezeichnungen, dienen vorrangig der Orientierung und bieten die Möglichkeit für textliche Stellungnahmen zur Erklärung der zu Grunde gelegten Systematik des Netzes. Die vergebenen Farben stellen vertaktete Linienbündel dar, die überlagert einen Zehn-Minuten-Takt in weiten Teilen des Linienverlaufs ergeben.

Linie 10

Die Stadtbuslinie 10 verdichtet die aus Grevesmühlen und Schönberg kommenden Regionalbuslinien ab Schlutup zu einem 10-Minuten-Takt (Linienbündel). Dabei wird der Linienweg über die Arnimstraße gewählt, um eine attraktive Verbindung des Straßenzuges in die Innenstadt und in Richtung des Hauptbahnhofes zu gewährleisten. Ab dem ZOB folgt das Linienbündel der Moislinger Allee zum Haltepunkt in Moisling. Für die Stadtteile Moisling und Schlutup bleibt so der direkte Weg in die Innenstadt erhalten, damit diese nachfragestarken Stadtteile auch ohne Straßenbahn-Anschluss eine attraktive Verbindung aufweisen können.

Linienbündel 11/12/13

Die Linien 11 und 12 bedienen Moorgarten, Klein Wesenberg und den Haltepunkt Moisling und verdichten sich ab Moisling zum 10-Minuten-Takt. Fahrten ab HP Moisling sind so getaktet, dass sie halbstündlich auf die Halte der Regionalexpresse von/nach Hamburg abgestimmt sind. Daraus ergibt sich die Weiterführung der anderen Fahrten nach Moorgarten und Klein Wesenberg, die jeweils auch im 30-Minuten Takt bedient werden. Im weiteren Verlauf über Vorrader Straße und Huxterdamm wird die Altstadtinsel tangential erschlossen unter Einbeziehung von Umsteigemöglichkeiten am Mühlen- und Huxtertor. In der Kanalstraße und der Willy-Brandt-Allee entstehen neue Haltestellen, am Holstentor wird der Umstieg auf die Straßenbahn in nächster Nähe gewährleistet. Die Linien bedienen das Märkische Viertel und fahren über Roter Löwe nach

Buntekuh, dort ist der Endpunkt der Linie – inklusive Umstieg auf die Straßenbahnlinie 4 (vertaktet).

Linienbündel 14/15/16

Das Linienbündel übernimmt die Verbindung von Travemünde bzw. Scharbeutz zur Universität und fungiert als Schnellbus für die Anbindung von Travemünde im 10-Minuten-Takt. Die Linie 14 bedient dabei den Weg über das Pommernzentrum, die Linien 15 und 16 den Weg über Skandinavienkai. Über Kücknitz und den Umsteigeknoten an der Seelandstraße fahren alle Linien den direkten Weg Richtung Innenstadt über die Travemünder Allee. Am Gustav-Radbruch-Platz bestehen Umsteigemöglichkeiten zur Straßenbahnlinie 4. Über die Altstadt und das Mühlentor fahren die Linien zum Sana-Klinikum. Anschließend enden die Linien an der Universität bzw. dem UKSH und bedienen dabei die Strecke über die Berliner Allee unter Anbindung des Hochschulstadtteils.

Linienbündel 17/18/19

Das Linienbündel 17, 18 und 19 bildet ab Kaufhof einen 10-Minuten-Takt zur Wesloer Brücke. Am Kaufhof entsteht ein Rendezvous-Halt mit den hier verkehrenden Straßenbahnlinien 3 und 4. Dort werden die Linien gebrochen, da mit den Straßenbahnlinien 3 und 4 gute Fahrtmöglichkeiten in Richtung Innenstadt bestehen. Eine Brechung der Linien ergibt insofern Sinn, um eine Überbedienung auszuschließen und die Straßenbahn und Busverkehre sinnvoll zu trennen. Das erlaubt auch die hochwertige Gestaltung der Infrastruktur der Straßenbahn beispielsweise durch den Einbau von Rasengleis etc. Die Linien 17 und 18 enden dabei an den bereits heute genutzten Endstellen Heiweg und Gleisdreieck. Die Linie 19 dient der Feinerschließung von Eichholz und endet am Bahnhof von Herrnburg unter Anschluss der Wohngebiete im Bereich Am Staunsfeld. Am Bahnhof Herrnburg wird der zum Halbstundentakt verdichtete RE4 erreicht (Annahme) und bietet eine schnelle Verbindung in Richtung des Lübecker Hauptbahnhofs und gen Osten.

Linienbündel 20/21/22

Das Linienbündel beginnt am UKSH und dient als Tangentialverbindung in Richtung Norden. Die Linien bedienen den nicht von den Straßenbahnlinien 1 und 2 erschlossenen Mönkhofer Weg. An der Haltestelle Fahlenkampsweg bestehen Umsteigemöglichkeiten zu diesen Straßenbahnlinien. Über die Wallbrechtsbrücke und Walderseestraße wird der Kaufhof erreicht. Die Linien 20, 21 und 22 sind hier in den vorgesehenen Rendezvous-Halt eingebunden. Im weiteren Verlauf wird über Marlistraße und Heiligengeistkamp die Haltestelle Ehrenfriedhof erreicht, die Umsteigemöglichkeiten zu den Schnellbuslinien in Richtung Travemünde bietet. Während die Linie 22 bereits in Karlshof am Niels-Bohr-Ring endet, fährt die Linie 20 weiter nach Kücknitz über die Travemünder Allee. Die Linie 21 übernimmt die Erschließung von Israelsdorf und endet in Schlutup am Zarnewenzweg.

Linie 23

Die Linie 23 bietet eine schnelle Anbindung aus Gothmund (Normannenweg) in Richtung Hauptbahnhof/ZOB im 30-Minuten-Takt. Die Linie 23 verläuft über die Travemünder Allee zum Gustav-Radbruch Platz. Die Altstadtinsel wird westlich über An der Untertrave und Willy-Brandt-Allee tangiert und schließlich der Hauptbahnhof erreicht. Im weiteren Verlauf führt die Linie über die Sankt-Lorenz-Brücke und Wisbystraße nach Schönboken, schließlich wird der Taktknoten am Bauernweg erreicht. Die Linie bindet das Industriegebiet Roggenhorst an und endet in Buntekuh an der Straßenbahnlinie 4.

Linie 24

Die Linie 24 ist eine Tangente von Moisling zur Universität. An die halbstündlichen Regionalexpressverbindungen von/nach Hamburg ist diese Linie angepasst, es wird über die Geniner Straße zum SANA-Klinikum gefahren. Im weiteren Verlauf wird das Gebiet Sudetenstraße in Sankt Jürgen erschlossen. Unter Nutzung des Mönkhofer Weges wird der Bahnhof Sankt Jürgen angebunden. Im weiteren Verlauf führt die Linie zum UKSH und endet schließlich am Grillenweg im Stadtteil Strecknitz.

Linie 25

Die Linie 25 übernimmt die Anbindung der peripher gelegenen Stadtteile an den Bahnhof in Moisling und verkehrt im 30-Minuten-Takt. Die Linie beginnt in Bad Schwartau und führt über die Hindenburgstraße zur Endstelle der Straßenbahnlinie 2. Hier wird der Anschluss in Richtung Innenstadt gewährleistet. Im weiteren Verlauf wird über den Rensefelder Weg Stockelsdorf erreicht. Über die Morier Straße fährt die Linie nach Groß Steinrade und ist in den Konferenzhalt am Bauernweg eingebunden. Die Linie bedient die Schönbökener Straße und bildet über Bei der Lohmühle und Einsiedelstraße unter Nutzung der Eric-Warburg-Brücke eine nördliche Umfahrung der Altstadtinsel. Am Gustav-Radbruch-Platz werden viele Anschlüsse in andere Stadtteile erreicht. Über die Falkenstraße und Kronsfordter Allee wird das Industriegebiet Genin erreicht. Nach der Fahrt über Hinter den Kirschkatzen und Malmöstraße endet die Linie am Estlandring. Gegebenenfalls kann die Linie auch am Gustav-Radbruch-Platz gebrochen werden, um den Linienweg in zwei kürzere Abschnitte zu entzerren.

Linie 26

Linie 26 bietet eine Tangentialverbindung nördlich der Trave. Die Linie beginnt in Stockelsdorf an der Marienburgstraße und führt über die Lohstraße zum Endpunkt der Straßenbahnlinie 2. Über den Stockelsdorfer Weg und die Rantzauallee geht es zum Bahnhof von Bad Schwartau. Im weiteren Verlauf wird der Haltepunkt in Lübeck Dänischburg erreicht. Der weitere Streckenverlauf führt die Linie über die Siemser Landstraße zum Umsteigeknoten Seelandstraße. Die Linie endet am Hirtenbergweg und bindet auf dem Weg noch den Stadtteil Herrenwyk an.

Linie 27

Die Linie 27 startet am Sereetzer Weg und führt über die Friedhofsallee nach Stockelsdorf. An der Kreuzung Friedhofsallee/Segeberger Straße bestehen Umsteigemöglichkeiten zur Straßenbahnlinie 3. Im weiteren Verlauf fährt die Linie über Dornbreite ins Industriegebiet Roggenhorst, hier wird im Gegensatz zur Linie 23 der direkte Weg über die Kieler Straße Richtung CITTI-Park gefahren. Gleichwohl ist die Linie 27 in den Umsteigeknoten am Bauernweg eingebunden. Über die Grapengießerstraße wird die Endstelle in Buntekuh mit Umsteigemöglichkeiten zu diversen Stadtbus- und der Straßenbahnlinie 4 gewährleistet.

Linie 28

Linie 28 bietet im 30-Minuten-Takt eine Tangentialverbindung von Krummesse zum UKSH. Über Wulfsdorf und den Flughafen, wo Anschlüsse zum Regionalverkehr bestehen, wird Sankt Hubertus angeschlossen. Schließlich endet die Linie am UKSH, wo attraktive Umsteigemöglichkeiten zur Straßenbahn und den anderen Buslinien bestehen.

Linie 29

Die Linie 29 bedient von Groß Parin ausgehend den nördlichen Teil Bad Schwartaus und führt weiter über die Ludwig-Jahn-Straße zum Bahnhof Bad Schwartau. Über die Kaltenhöfer Straße

wird der Haltepunkt Dänischburg erreicht. Im weiteren Verlauf führt die Linie nach Sereetz und endet an der Endhaltestelle „Am Rugenberg“.

Linie 30

Die Linie 30 dient als Ortsbus von Travemünde. Ausgehend vom Strandbahnhof wird das Neubaugebiet „Neue Teutendorfer Siedlung“ angebunden. Außerdem wird der Teutendorfer Weg bedient. Der Ortsbus von Travemünde endet am Hafenbahnhof und stellt Anschlüsse zum Regionalverkehr in Richtung Lübeck Hbf her.

Weitere Angebote

Für die im vorgelegten Netz nicht bedienten Gebiete Bornkamp und Dorothea-Erxleben-Straße kann ein Kleinbus Anschlüsse an den städtischen ÖPNV bieten, insbesondere zu den Straßenbahnlinien 1 und 2.

7.9 Anhang 9: Städtebauliche Skizzen

Im Rahmen des Projekts wurden in Absprache mit der Stadt Lübeck fünf verschiedene Orte zur Visualisierung gewählt. Diese umfassen:

1. Burgtor, Blick gen Norden
2. Holstentorplatz, Blick gen Osten
3. Sandstraße, Blick gen Süden
4. Fackenburger Allee, Blick gen Westen
5. Hauptbahnhof/Werner-Kock-Straße, Blick gen Osten



Abbildung 80: Straßenbahn am Burgtor (Visualisierung)

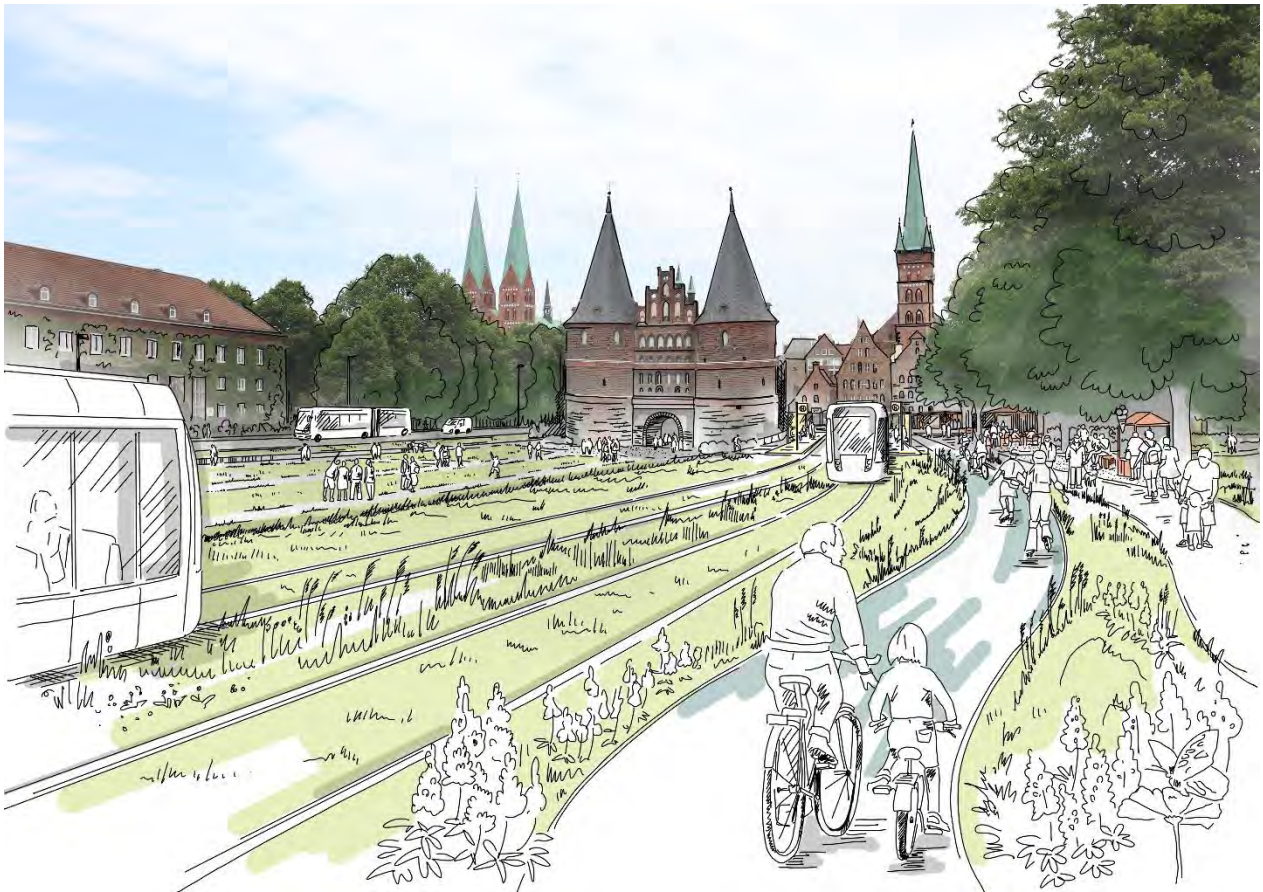


Abbildung 81: Straßenbahnen mit Rasengleis am Holstentorplatz (Visualisierung)

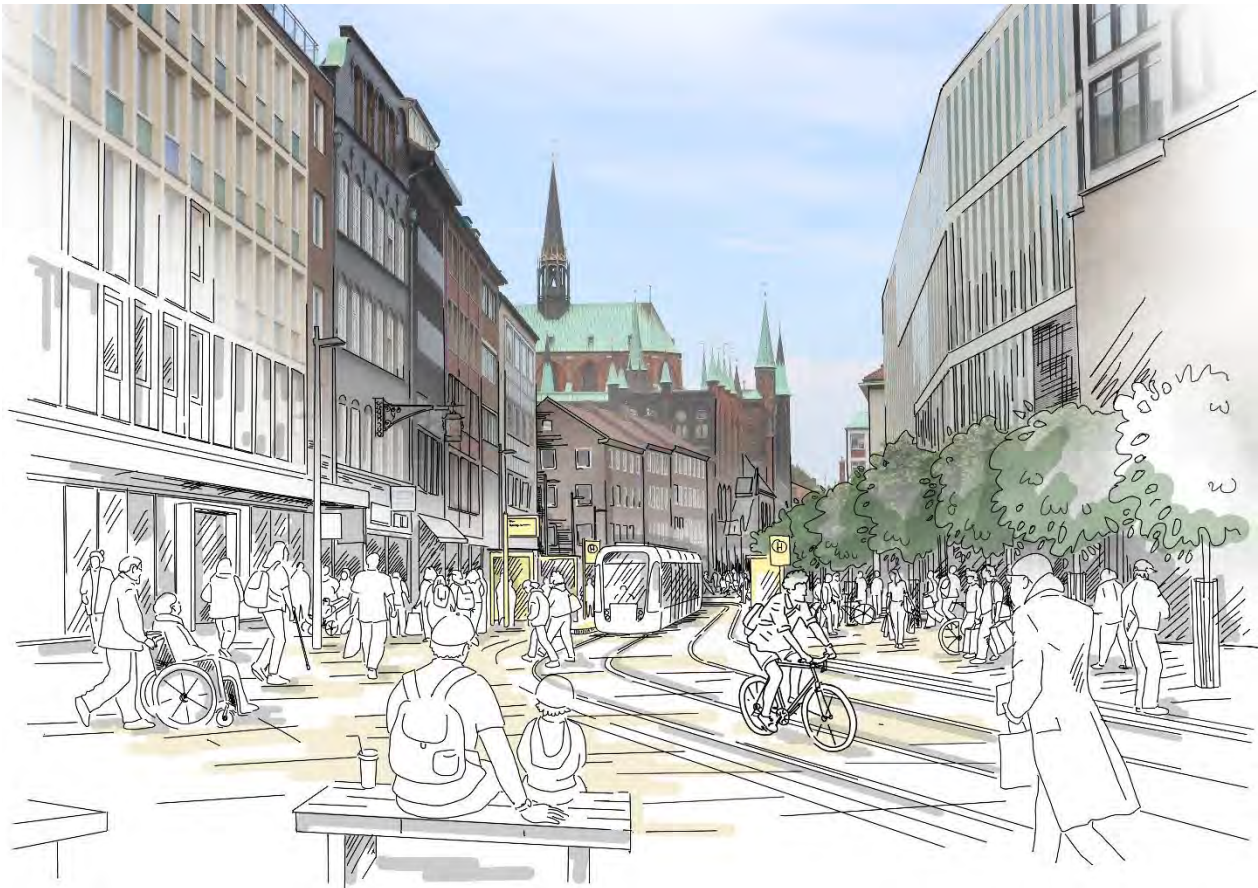


Abbildung 82: Straßenbahn am zentralen Umsteigepunkt auf der Altstadtinsel, Ecke Sandstraße/Kohlmarkt (Visualisierung)

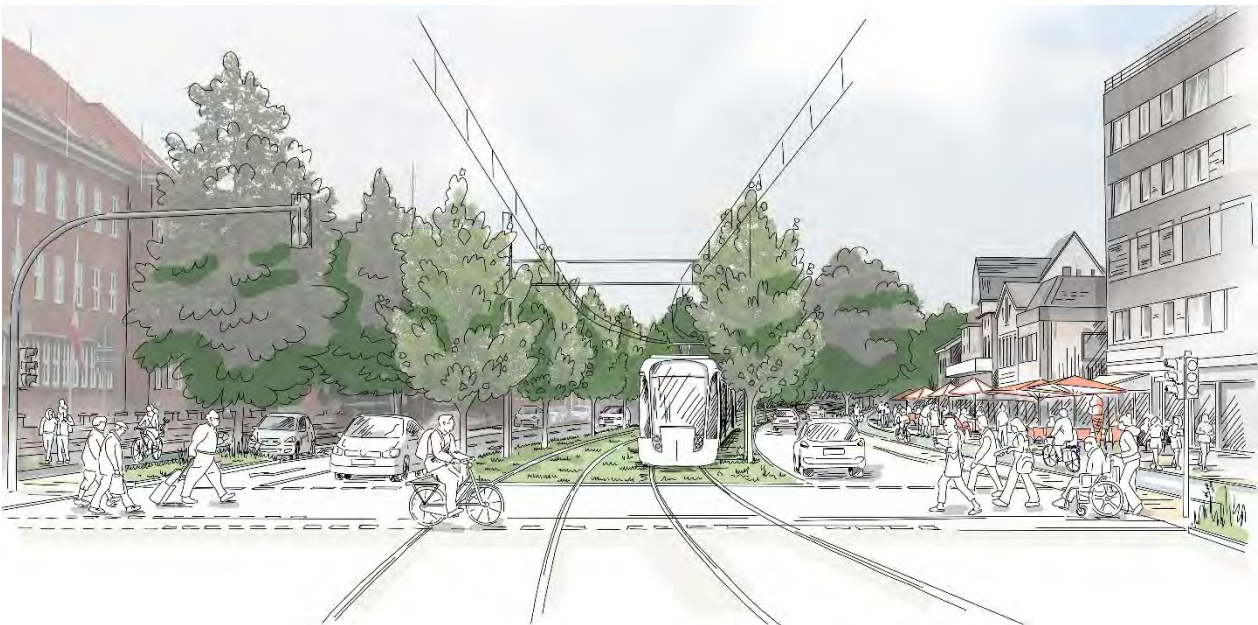


Abbildung 83: Straßenbahn in der Fackenburg Allee in Fahrtrichtung stadtauswärts (Visualisierung)



Abbildung 84: Umgestaltete Werner-Kock-Straße mit Straßenbahnhaltestelle "Hauptbahnhof" in Seitenlage (Visualisierung)