

Kapazitätsbetrachtung des Streckenabschnitts Lübeck Hbf – Schwartau Waldhalle (Abzw) im Kontext der Eröffnung der Festen Fehmarnbeltquerung



Lübeck Port Authority
Abteilung Strategische Hafenentwicklung

Ersteller:
Zentrum für Eisenbahnwesen
in der
Innovationsgesellschaft
Technische Universität Braunschweig mbH (iTUBS)

Braunschweig, 12.11.2025

Kapazitätsbetrachtung des Streckenabschnitts Lübeck Hbf – Schwartau Waldhalle (Abzw) im Kontext der Eröffnung der Festen Fehmarnbeltquerung

Bearbeiter: Bastian Ehrenholz, M.Sc.
Fabian Zwick, M.Sc.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Gegenstand der Untersuchung.....	1
2 Eisenbahnverkehrliche Situation in Lübeck.....	2
3 Analytische Kapazitätsabschätzung.....	9
4 Ergebnisdiskussion	14
5 Zusammenfassung.....	15

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Differenzbelastungen des SPFV zum Bezugsfall [BVWP 2030]	4
Abbildung 2 - Vereinfachte schematische Darstellung des Streckengleises von Lübeck Hbf nach Schwartau Waldhalle (Abzw), Strecke 1100	9

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Verkehrsmengen 2025 - Status Quo	2
Tabelle 2 - Verkehrsmengenprognose Anbindung FBQ (BVWP 2030 / EBWU 2018)	3
Tabelle 3 - Verkehrsmengenprognose Deutschlandtakt 3. Gutachterentwurf [D-Takt 2020]	3
Tabelle 4 - Ausgewähltes SPFV-Angebot zwischen Metropolen vergleichbar Hamburg – Kopenhagen (Fahrplan 2025)	5
Tabelle 5 - Verkehrsmengenprognose 2029 - Eröffnung FFBQ mit eingleisiger Fehmarnsundbrücke	7
Tabelle 6 - Verkehrsmengenprognose 2033 - Eingeschwungener Zustand und Eröffnung Fehmarnsundtunnel	7
Tabelle 7 - Verkehrsmengenprognose 2037 - S-Bahn Lübeck	8
Tabelle 8 - Modellzüge	10
Tabelle 9 - Zusammenhang Infrastrukturauslastung und Betriebsqualität nach DB Ril 405	11
Tabelle 10 - Betrachtete Szenarien für die zukünftige Verkehrsmengenentwicklung	15

Abkürzungsverzeichnis

Abzw	Abzweig
DB Ril.....	DB Richtlinie
EBWU	Eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchung
ESTW.....	Elektronisches Stellwerk
FBQ	Fehmarnbeltquerung
FFBQ	Feste Fehmarnbeltquerung
NBS	Neubaustrecke
PZB.....	Punktförmige Zugbeeinflussung
RB.....	Regionalbahn
RE.....	Regionalexpress
SGV	Schienengüterverkehr
SPFV.....	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
SPV	Schienenpersonenverkehr
TEN-T	Transeuropäische Netze - Verkehr

1 Gegenstand der Untersuchung

Mit Eröffnung der Festen Fehmarnbeltquerung (FFBQ) wird die Verlagerung des Schienengüterverkehrs (SGV) von der Jütland-Linie auf die Vogelfluglinie erwartet. Weiterhin ist entlang dieser Achse aufgrund der deutlich reduzierten Reisezeiten¹ mit einem starken Angebotszuwachs im Schienenpersonenfernverkehr (SPFV) zu rechnen. Diese internationalen Verkehre treffen im Raum Lübeck auf eine wachsende SGV-Trassennachfrage aus / zu dem Lübecker Hafen sowie auf Planungen zur Verdichtung des Taktangebotes im Schienenpersonennahverkehr (SPNV).

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ist eine Kapazitätsbetrachtung des Streckenabschnitts Lübeck Hbf – Schwartau Waldhalle (Abzw) (Strecke 1100). Dabei werden in drei Szenarien die zukünftigen Verkehrsmengen der Kapazität der Strecke 1100 im Abschnitt Lübeck Hbf – Schwartau Waldhalle (Abzw) gegenübergestellt. Dazu werden zunächst die Verkehrsmengenprognosen unterschiedlicher Quellen (bspw. Prognosedaten FFBQ, Deutschlandtakt) im Untersuchungsgebiet abgeglichen, zusammengeführt und unter Berücksichtigung aktueller Entwicklungen aktualisiert. Anschließend wird die Leistungsfähigkeit des Streckenabschnitts analytisch bestimmt. Auf Basis der Gegenüberstellung wird die im Zuge der FFBQ-Anbindung geplante Infrastruktur für den Knoten Lübeck kritisch hinterfragt und mögliche Handlungsbedarfe skizziert.

Sämtliche Zugzahlen beziehen sich in der Regel auf die Größenordnung je Stunde und Richtung. Für die Infrastrukturdimensionierung sind die Spitzenstunden maßgebend. Angebotsausdünnungen in Randlagen werden nicht weiter betrachtet.

Der Lübecker Hauptbahnhof ist ein zentraler Bündelungspunkt diverser Eisenbahnstrecken. Hier treffen folgende Strecken zusammen:

- von Süden
 - Strecke 1120: Lübeck - Hamburg, zweigleisig, elektrifiziert
 - Strecke 1122: Lübeck - Bad Kleinen, eingleisig, Elektrifizierung im Bau seit Mai 2025
 - Strecke 1150: Lübeck - Lüneburg, eingleisig, nicht elektrifiziert
- von Norden
 - Strecke 1100: Lübeck - Puttgarden, ab Bad Schwartau Abzw eingleisig, nicht elektrifiziert
 - Strecke 1110: (Kiel Hbf -) Eutin - Bad Schwartau Abzw, eingleisig, nicht elektrifiziert
 - Strecke 1113: Schwartau Waldhalle (Abzw) - Lübeck-Travemünde Strand, teilweise zweigleisig, elektrifiziert

Die Neubaustrecke zur Anbindung der Festen Fehmarnbeltquerung soll nördlich von Bad Schwartau Abzw von der Bestandsführung abgehen. Durch die Einbindung wird zukünftig die Schienenachse des europäischen Verkehrskorridors (TEN-T) ScanMed durch den Knoten Lübeck führen.

¹ Hamburg – Kopenhagen von derzeit über 5 Stunden auf unter 2:30 Stunden

2 Eisenbahnverkehrliche Situation in Lübeck

Der zu untersuchende ca. 5 km lange Abschnitt der Strecke 1100 befindet sich nördlich des Lübecker Hauptbahnhofes. Untersucht wird die freie Strecke ab dem Ausfahrtsignal P4 des Lübecker Hauptbahnhofes bis zum Abzweig Schwartau Waldhalle (Abzw), an dem die Bahnstrecke 1113 in Richtung Lübeck-Travemünde Strand abgeht. Sicherungstechnisch ist der betrachtete Abschnitt mit einer Punktförmigen Zugbeeinflussung (PZB) ausgestattet und die Höchstgeschwindigkeit der Strecke beträgt 120 km/h. Für die elektronischen Stellwerke (ESTW) werden eine Fahrstraßenbildezeit von 16 Sekunden und eine Fahrstraßenauflösezeit von 3 Sekunden angenommen.

Aktuelle verkehrliche Situation im Raum Lübeck

Zum aktuellen Zeitpunkt verkehren über den Abschnitt bis zu 10 Züge pro Stunde und Richtung. Der internationale Fernverkehr auf der Vogelfluglinie ist seit dem Fahrplanwechsel im Dezember 2019 eingestellt², im Nahverkehr und im touristischen Fernverkehr erfolgte die Einstellung der Verkehre in Richtung Fehmarn im Jahr 2022³. Im SPNV verkehren RE 83 und RB 84 in Richtung Kiel Hbf jeweils im Stundentakt, RB 85 auf der Bäderbahn im Halbstundenstakt sowie RE 8 und RE 86 in Richtung Travemünde jeweils im Stundentakt. Im SGV sind die Zugumläufe auf die Fähren im Lübecker Hafen getaktet, sodass die Abfahrten / Ankünfte üblicherweise möglichst gebündelt auftreten und aufgrund der Produktionsketten Grenzen der zeitlichen Flexibilität vorhanden sind. In der Spitzenstunde verlassen vier Züge das Hafengebiet (dienstags zwischen 16:45 und 17:30 Uhr sowie mittwochs und freitags zwischen 17:59 und 18:55 Uhr)⁴.

Tabelle 1 - Verkehrsmengen 2025 - Status Quo

Lübeck - Waldhalle - ...	SPFV	SPNV	SGV	Gesamt
Travemünde	0	2	4	6
Bäderbahn	0	2	0	2
Fehmarnsund	0	0	0	0
Kiel	0	2	0	2
Gesamt	0	6	4	10

Züge pro Stunde und Richtung

² <https://www.lok-report.de/news/europa/item/15231-daenemark-deutschland-letzte-fahrten-auf-der-vogelfluglinie.html> abgerufen am 09.07.2025

³ <https://www.eurailpress.de/nachrichten/unternehmen-maerkte/detail/news/vogelfluglinie-zugverkehr-auf-die-insel-fehmarn-endet-heute-fuer-jahre.html> abgerufen am 09.07.2025

⁴ Lübeck Port Authority, Stand November 2023

Verkehrliche Entwicklung im Zuge der FFBQ-Eröffnung

Diverse Verkehrsprognosen aus der Zeit vor Planungsbeginn öffnen einen Verkehrsmengenkorridor von 83 bis 137 Zügen pro Tag, wobei etwa 60 % auf den SGV entfallen. Dies würde für den SGV ca. 1 - 1,7 Züge pro Stunde und Richtung bedeuten und für den Schienenpersonenverkehr (SPV) 0,69 - 1,14 Züge pro Stunde und Richtung⁵. Eine genauere Aufteilung zwischen SPFV und SPNV ist nicht ersichtlich, weswegen für diese eine hälftige Trassenzuweisung, also jeweils ein Zweistudentakt unterstellt wird.

Eine eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchung (EBWU) der DB InfraGO aus dem Jahr 2018 prüfte die Hinterlandanbindung inkl. Knoten Lübeck basierend auf Zugzahlen aus dem Bundesverkehrswegeplan 2030 (vgl. Tabelle 2, ursprüngliche Angabe in Zugpaare zwischen 6 und 22 Uhr hier auf pro Stunde bezogen)⁶. Die Zugzahlen fallen in den oben angeführten Verkehrsmengenkorridor. Die EBWU kommt zu dem Fazit, dass unter der Annahme aufgeführter Spurplananpassungen "die Schienenanbindung Fehmarnbeltquerung (FBQ) [...] angemessen und robust dimensioniert [ist]", aber "nennenswerte Mehrverkehre über das unterstellte Betriebsprogramm hinaus [...] nicht fahrbar" wären.

Tabelle 2 - Verkehrsmengenprognose Anbindung FBQ (BVWP 2030 / EBWU 2018)

Lübeck - Waldhalle - ...	SPFV	SPNV	SGV	Gesamt
Travemünde	0	2	0,75	2,75
Bäderbahn	0	0	0	0
Fehmarnsund	0,875	2,5	1,5	4,875
Kiel	0	2	0	2
Gesamt	0,875	6,5	2,25	9,625

Züge pro Stunde und Richtung

Tabelle 3 - Verkehrsmengenprognose Deutschlandtakt 3. Gutachterentwurf [D-Takt 2020]

Lübeck - Waldhalle - ...	SPFV	SPNV	SGV	Gesamt
Travemünde	0	2	2	4
Bäderbahn	0	2	0	2
Fehmarnsund	1 + HVZ	1	1,5	3,5
Kiel	0	3	0	3
Gesamt	1	8	3,5	12,5

Züge pro Stunde und Richtung

⁵ „Vergleichende Gegenüberstellung der Verkehrsprognosen“, HTC, Stand 29.02.2012

⁶ „Schienenanbindung Fehmarnbeltquerung und Knoten Lübeck: EBWU-Ergebnisbericht“, DB Netz AG, Stand 26.02.2018

Im 3. Gutachterentwurf zum Deutschlandtakt werden für die Region folgende Zugzahlen unterstellt (vgl. Tabelle 3). Diese liegen im SGV unter dem heutigen Angebot. Da der Deutschlandtakt als vertaktetes Systemangebot gedacht ist, können weitere Einzelzüge möglich sein. Die Verkehrsmengensteigerung geht vornehmlich aus der FFBQ hervor.

Dennoch ist nicht nachvollziehbar, warum bei einem Infrastrukturprojekt dieser Dimension auf einem Verkehrskorridor mit europäischer Bedeutung ein stärkeres Wachstum auf der Schiene

- a. nicht unterstellt wurde (vgl. bspw. Differenzbelastung des SPFV, Abbildung 1: Kein SPFV-Fahrgastwachstum über FFBQ unterstellt.) und
- b. mit der bislang gewählten Infrastrukturdimensionierung der Hinterlandanbindung ab Tag 1 der Eröffnung nicht zugelassen werden soll.

Ein Vergleich von Tabelle 2 und Tabelle 3 mit Tabelle 1 zeigt, dass auf dem Untersuchungsabschnitt bereits heute - ohne eröffnete FFBQ und den damit verbundenen SPFV und SGV Verbindungen – in etwa so viele Züge verkehren, wie sie für den Planfall inkl. FFBQ unterstellt wurden.

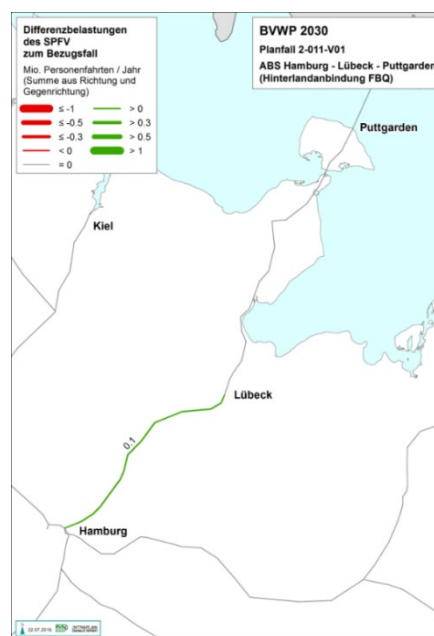


Abbildung 1 - Differenzbelastungen des SPFV zum Bezugsfall [BVWP 2030]

Wenngleich die Dringlichkeit einer Verlagerung hin zum energieeffizienten Schienenverkehr seit Planungsbeginn zugenommen hat, so muss zu Beginn des Jahrtausends die Notwendigkeit bereits bekannt gewesen sein. Sowohl die seitdem grundsätzlich positiven angebotsseitigen Entwicklungen im Schienenverkehrsmarkt als auch die Erkenntnis, dass die Verflechtungen zwischen Ballungsräumen mit abnehmender Reisezeit zunehmen, geben Anlass, die ursprünglich zugrunde gelegten Prognosen zu hinterfragen und mit aktuellen Planungen zu überarbeiten.

Im **Schiene**personenfernverkehr wird die Eröffnung der FFBQ zu erheblichen Reisezeitgewinnen und auch -vorteilen gegenüber dem Pkw als auch dem Flugzeug führen. Ein Vergleich mit Relationen zwischen Metropolregionen ähnlichen Größenordnungen und Reisezeiten zeigt deutlich das Potential für einen Halbstundentakt im SPFV. Wie in der Tabelle 4 dargestellt, gibt es auf der nationalen Ebene bereits einige Beispiele von SPFV Angeboten, die über einen Stundentakt hinaus gehen, obwohl größere Distanzen überwunden werden als bspw. Hamburg – Kopenhagen.

Tabelle 4 - Ausgewähltes SPFV-Angebot zwischen Metropolen vergleichbar Hamburg – Kopenhagen (Fahrplan 2025)

National (Hochgeschwindigkeitszüge schnellster und Durchschnitt):					
Land	Start	Ziel	Länge	Reisezeit	Takt
Deutschland	Berlin	München	623 km	4 h	2 Züge pro Stunde
	Hamburg	Köln	400 km	4 h	2 Züge pro Stunde
Spanien	Barcelona	Madrid	600 km	2,5 h - 3 h	3 - 4 Züge pro Stunde
	Madrid	Valencia	391 km	2 - 2,5 h	3 Züge in 2 Stunden
Italien	Rom	Mailand	500 km	3 h	4 Züge pro Stunde
Frankreich	Paris	Lyon	409 km	2 - 2,5 h	2 - 3 Züge pro Stunde
	Paris	Bordeaux	530 km	2,5 h	1 - 2 Züge pro Stunde
International (Hochgeschwindigkeit)					
F - GB	Paris	London	400 km	3 h	1 - 2 Züge pro Stunde
CH - IT	Zürich	Mailand	300 km	3 h	1 Zug pro Stunde
China-Laos	Boten	Vientiane	400 km	3,5 h	1 Zug pro Stunde

Insgesamt zeigt sich für den europäischen SPFV-Markt ein bisheriges Wachstum von ca. 4 % p.a. und ein mögliches Wachstumspotential von 4,5 % p.a.⁷. Das vorhandene Potential auf der Relation Hamburg – Kopenhagen wird auch von den Operateuren gesehen:

- DSB: Verdopplung der ursprünglichen Bestellung von 8 auf 16 Talgo-Zuggarnituren für die Verbindungen Hamburg – Aarhus und Hamburg – Kopenhagen
- FlixTrain: Bestellung von 65 Talgo-Zuggarnituren für den europäischen SPFV-Markt, u.a. für Verbindungen nach Dänemark
- DB: Bestellung einer zweiten Tranche von 56 Talgo-Zuggarnituren, explizit für die Verbindung nach Kopenhagen
- CD: ab 2026 Verlängerung von Verbindungen aus Prag über Hamburg bis Kopenhagen

Um die Lieferzeiten und einen Markthochlauf zu berücksichtigen, wird für den Zeitpunkt der FFBQ-Eröffnung zunächst ein Stundentakt und später mit der Eröffnung des Fehmarnsundtunnels ein Halbstundentakt unterstellt.

⁷ “Long-Distance Travel Market Report”, OC&C, Stand Oktober 2023

Im **Nahverkehrsmarkt** zeigte sich seitens der Aufgabenträger bereits eine klare Tendenz zu mindestens halbstündigen Angeboten zwischen Oberzentren, welche sich durch Einführung des Deutschlandtickets und dem damit verbundenen Nachfrageschub deutlich zugunsten weiterer Taktverdichtungen entwickelt haben dürfte. Sichtbar wird dies im Untersuchungsraum Lübeck durch den 5. Landesweiten Nahverkehrsplan 2027 des Landes Schleswig-Holstein. Dieser spricht von der Notwendigkeit eines 15-Minuten-Taktes, damit die Bahn eine echte Mobilitätsalternative werden kann. Die Prüfung dieser Angebotsziele sollte bei zukünftigen Schieneninfrastrukturprojekten und EBWU stärker Berücksichtigung finden.

In diesem Gutachten wird für die *Verbindung nach Lübeck-Travemünde* ein 15-Minuten-Takt unterstellt, da hier einerseits Travemünde selbst große Anziehungskraft besitzt und andererseits die Reedereien aufgrund des Trends zur Ostseekreuzfahrt für die fußläufigen Verkehre eine kapazitätsstarke Zuführung benötigen. Weiterhin soll der Streckenabschnitt zwischen Lübeck-Travemünde Skandinavienkai und Lübeck-Travemünde Hafen zweigleisig ausgebaut werden - als Vorbereitung für einen 15 Minuten Takt. In *Richtung Kiel* werden die Planungen für eine stündliche RB bis Malente aufgegriffen.

Die Notwendigkeit der *Bäderbahn* ergibt sich aus den Plänen zur Erhöhung der Hotelbettenkapazitäten und dem Ruf "die Tagesgäste [...] mit einer intelligenten Besucherlenkung in den Griff [zu] bekommen"⁸. So ist es nicht nur aus touristischer Perspektive, sondern auch aus verkehrlicher und betrieblicher Sicht sinnvoll, die auf der Neubaustrecke (NBS) geplanten Regionalbahnen weiterhin über die Bäderbahn bis Neustadt (Holst) zu führen und lediglich den RE bis Fehmarn/Rødby auf der NBS zu belassen. Der Neubau geplanter Haltepunkte entlang der NBS könnte entfallen bzw. für Ratekau entlang der Bäderbahn realisiert werden. Durch diese Entflechtung kann die Geschwindigkeitsschere auf der NBS reduziert und durch Harmonisierung der Geschwindigkeiten die Streckenleistungsfähigkeit erhöht werden. Eine konfliktarme Ein- / Ausfädelung der Bäderbahn ist im Detail zu prüfen. Darüber hinaus sprechen für den Erhalt der Bäderbahn zwei wesentliche Fakten:

1. Seit 2010 beinahe Verdopplung der Fahrgastzahlen.⁹
2. Verlegung der Haltepunkte führt mindestens zu einer Halbierung der Fahrgastzahlen.¹⁰

Auch der **Schienengüterverkehr** wird sich von der Jütland-Route teilweise verlagern und die Reisezeitgewinne durch die FFBQ als Vorteil im Wettbewerb mit anderen Verkehrsträgern erkennen - sofern der SGV in der Fahrplankonstruktion nicht künstlich ausgebremst wird. Des Weiteren lassen sich durch die deutlich kürzere Route über die FFBQ sowohl Trassenpreise als auch Energiekosten einsparen und das Wagenmaterial samt Personal effizienter einsetzen. Die Tunnelnutzung wird zwar auch mit einer Gebühr einhergehen, nichtsdestotrotz hat der

⁸ <https://www.sueddeutsche.de/service/scharbeutz-touristiker-fordern-mehr-hotelbetten-an-der-luebeker-bucht-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-211010-99-544287> abgerufen am 09.07.2025

⁹ NAH.SH: Kartenbasierte Abfrage zum Bahnverkehr, Stand 2023

¹⁰ „Anforderungen für den möglichen Erhalt der Bäderbahn (als sog. „2+1“-Variante)“, HTC, 2015

Tunnelbetreiber Femern A/S ein Interesse an einer optimalen Tunnelauslastung. Daher sollte ein hoher Verkehrsstrom aus der FFBQ bei der Infrastrukturdimensionierung der Hinterlandanbindung - über Lübeck hinaus - erwartet und berücksichtigt werden. Die Führung des SGV über die Vogelfluglinie wird erst nach Fertigstellung des Fehmarnsundtunnels erwartet, da die Tragfähigkeit der Fehmarnsundbrücke altersbedingt für die höhere Verkehrsbelastung vermutlich nicht ausreichend sein wird.

Betriebsszenarien

Auf Basis der vorangehenden Überlegungen wurden - ausgehend von dem Basisszenario „2025 – Status Quo“ (vgl. Tabelle 1) - drei Szenarien für die Abbildung der erwartbaren zeitlichen Entwicklungen abgeleitet. Für den SGV aus Travemünde wird ein Maximum von 4 Zügen je Stunde und Richtung unterstellt, da der Hafenbetrieb mehrere starke Spitzenstunden aufweist, sodass ein leichtes Verschieben in die nachgelagerte Stunde denkbar ist.

Die Änderungen zum vorhergehenden Szenario sind in den Tabellen fett markiert. Die Zeithorizonte der ersten beiden Szenarien entsprechen den offiziellen Planungen von DB InfraGO und Femern A/S zum Stand Juni 2025. Das letzte Szenario basiert auf den oben angeführten Überlegungen und wird daher bewusst von ähnlich klingenden, die S-Bahn fokussierenden Konzepten zeitlich abgegrenzt.

2029 - Eröffnung FFBQ mit eingleisiger Fehmarnsundbrücke

- ✓ Neue Verkehre aus / nach Fehmarn und Dänemark

Tabelle 5 - Verkehrsmengenprognose 2029 - Eröffnung FFBQ mit eingleisiger Fehmarnsundbrücke

Lübeck - Waldhalle - ...	SPFV	SPNV	SGV	Gesamt
Travemünde	einzelne	2	4	6
Bäderbahn (oder NBS)	einzelne	2	0	2
Fehmarnsund	1	1	0	2
Kiel	0	2	0	2
Gesamt	1	7	4	12

Züge pro Stunde und Richtung

2033 - Eingeschwungener Zustand und Eröffnung Fehmarnsundtunnel

- ✓ Angebotsausweitung aus / nach Dänemark (insb. SGV), da der kapazitätsbegrenzende Streckenabschnitt „Fehmarnsundbrücke“ aufgelöst wurde.
- ✓ Angebotsausweitung der RB nach Malente (in Richtung Kiel).

Tabelle 6 - Verkehrsmengenprognose 2033 - Eingeschwungener Zustand und Eröffnung Fehmarnsundtunnel

Lübeck - Waldhalle - ...	SPFV	SPNV	SGV	Gesamt
Travemünde	einzelne	2	4	6
Bäderbahn (oder NBS)	einzelne	2	0	2
Fehmarnsund	2	2	2-4	6-8
Kiel	0	3	0	3
Gesamt	2	9	6-8	17-19

Züge pro Stunde und Richtung

2037 - S-Bahn Lübeck

- ✓ Zusätzliche Züge in Richtung Travemünde.
- ✓ Angebotsausweitung im SGV aus / nach Dänemark.

Tabelle 7 - Verkehrsmengenprognose 2037 - S-Bahn Lübeck

Lübeck - Waldhalle - ...	SPFV	SPNV	SGV	Gesamt
Travemünde	einzelne	4	4	8
Bäderbahn (oder NBS)	einzelne	2	0	2
Fehmarnsund	2	2	3-4	7-8
Kiel	0	3	0	3
Gesamt	2	11	7-8	20-21

Züge pro Stunde und Richtung

3 Analytische Kapazitätsabschätzung

Es gilt zu prüfen, wie viele Zugfahrten in einem bestimmten Untersuchungszeitraum den Streckenabschnitt von Lübeck Hbf nach Schwartau Waldhalle (Abzw) befahren können. Für solche Untersuchungen sind in der DB Richtlinie 405 „Fahrwegkapazität“ (DB Ril 405) verschiedene Verfahren detailliert beschrieben. Diese Verfahren sind unterschiedlich aufwendig und haben dementsprechend auch unterschiedliche Stärken und Schwächen. Neben den konstruktiven, statistisch / deterministischen und der Simulationsmethode gibt es im Eisenbahnwesen die analytische Methode. Diese analytische Methode basiert auf der Warteschlangentheorie und erlaubt sowohl die Betrachtung von Strecken als auch ganzen Eisenbahnknoten. Für die analytische Methode sind sowohl die Streckenparameter als auch vereinfachte Modellzüge mit ihren spezifischen Parametern notwendig.

Der zu untersuchende Streckenabschnitt ist von Lübeck Hbf nach Schwartau Waldhalle (Abzw) vereinfacht schematisch in der Abbildung 2 dargestellt. Relevant für die Untersuchung sind die Signalstandorte aus denen sich die Mindestzugfolgezeiten berechnen lassen. Diese Mindestzugfolgezeiten sind die Zeiten, die ein Zug mindestens benötigt, um den Abschnitt zwischen zwei Hauptsignalen zu durchfahren.

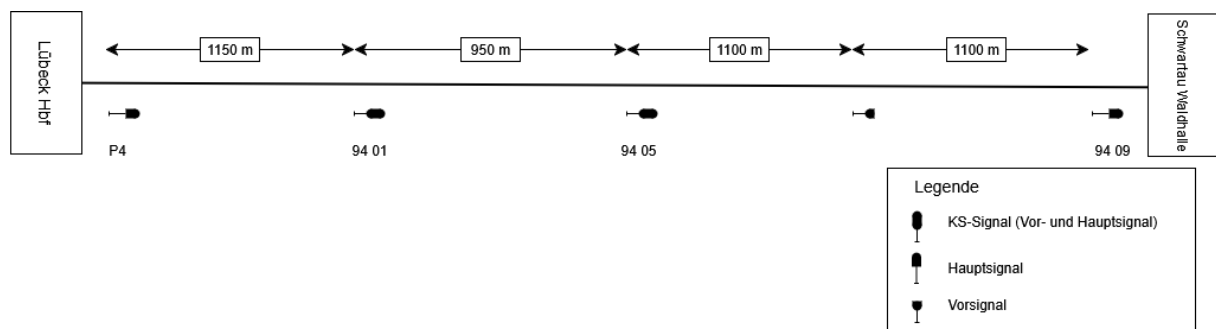


Abbildung 2 - Vereinfachte schematische Darstellung des Streckengleises von Lübeck Hbf nach Schwartau Waldhalle (Abzw), Strecke 1100

Um den Abschnitt zwischen Lübeck Hbf und Schwartau Waldhalle (Abzw) analytisch berechnen zu können, müssen die dort verkehrenden Verkehrsarten als Modellzüge abstrahiert werden. Für den Fernverkehr wird ein Modellzug gebildet, der Nahverkehr wird in zwei unterschiedliche Kategorien unterteilt und für die Güterzüge werden 740 m Züge unterstellt. Die Modellzüge orientieren sich an gängigem Wagenmaterial. Für Personenzüge wird eine Haltezeit im Bahnhof Lübeck festgelegt, um den Beschleunigungsvorgang in die Strecke hinein zu berücksichtigen. Beim Güterverkehr wird eine Durchfahrt unterstellt. Im SPFV und SGV orientieren sich die Werte für die Einbruchverspätung an der EBWU 2025 von der DB InfraGO. Im SPNV werden aufgrund der hohen Pünktlichkeit laut NAH.SH-Qualitätsmonitor stattdessen die Werte für die Haltezeitverlängerung aus der EBWU 2025 genutzt. Die gewählten Modellzüge mit den relevanten Parametern sind in der Tabelle 8 aufgeführt.

Tabelle 8 - Modellzüge

	Vmax [km/h]	Beschl. [m/s ²]	Bremsverzögerung [m/s ²]	Länge [m]	Whrs. Einbruchvsp.	Einbruchvsp. [min]	Halte- zeit [s]
SPFV	230	0,8	0,7	236	50%	10	120
RE	160	0,8	0,7	200	20%	2	48
RB	160	0,8	0,7	92	20%	2	48
SGV 740	100	0,5	0,4	740	60%	10	-

Vorteilhaft bei der analytischen Methode ist, dass kein konkreter Fahrplan notwendig ist. Es müssen lediglich die Zugzahlen der unterschiedlichen Modellzüge für den gewünschten Betrachtungszeitraum vorliegen. Somit eignet sich die analytische Methode besonders gut bei kapazitiven Betrachtungen von strategischen Langfristplanungen, zu denen noch kein endgültiges Betriebsprogramm existieren kann. Daher ist es nicht unüblich, dass die Werte einer Fahrplankonstruktion leicht abweichen können. Im Kontext dieser Untersuchung ist das analytische Verfahren ausreichend robust und wird aus diesem Grund für diese Untersuchung gewählt, um Kenngrößen der Leistungsfähigkeit des Streckenabschnitts auszuwerten.

Zur Berechnung der praktischen Leistungsfähigkeit sind verschiedene Kennwerte nötig, wie bspw. die Mindestzugfolgezeiten, die mittleren Zugfolgezeiten und der Pufferzeitquotient. Durch das Fahren im Festen Raumabstand darf sich in jedem Blockabschnitt immer nur ein Zug befinden. Ein Blockabschnitt bezeichnet im Eisenbahnwesen den Abschnitt zwischen zwei Hauptsignalen. Die *Mindestzugfolgezeit* ist die Zeit, die vergehen muss, bis ein Zug einem anderen im selben Block folgen kann. Zur Bestimmung der Mindestzugfolgezeit, muss die Belegungsdauer des Blocks eines jeden Zugs bekannt sein. Diese Belegungsdauer kann mit Hilfe der fahrdynamischen Kennwerte aus der Tabelle 8 und den Blocklängen entsprechend der Abbildung 2 berechnet werden. Die Belegungsdauer eines Blocks durch eine Zugfahrt wird *Sperrzeit* genannt.

Die mittlere Mindestzugfolgezeit $\bar{z}$ wird mit Hilfe der Betriebsprogramme (vgl. Szenarien) und den Mindestzugfolgezeiten berechnet. Aus der Anzahl der Zugfahrten der definierten Modellzüge können die Wahrscheinlichkeiten für die entsprechenden Zugfolgefälle ermittelt werden, was wiederum erlaubt die mittlere Mindestzugfolgezeit zu berechnen.

Der *Pufferzeitquotient* dient der Ermittlung der nötigen Pufferzeit und kann sowohl grafisch als auch iterativ ermittelt werden. Die Pufferzeit dient im Eisenbahnbetrieb dazu, aufkommende Verspätungen bei einer Zugfahrt nicht auf weitere Zugfahrten zu übertragen. Somit ist eine ausreichend vorhandene Pufferzeit eminent wichtig für einen stabilen Bahnbetrieb, darf aber auch nicht zu groß bemessen werden, um noch ausreichend viele Zugfahrten zuzulassen. In diesem Schritt haben die in der Richtlinie 405 festgelegten Qualitätsstufen für den Betrieb maßgebenden Einfluss. Anhand der Summe der Folgeverspätungen, bzw. der Verspätungsveränderung auf einem Streckenabschnitt wird die Betriebsqualität in vier Stufen bewertet (vgl. Tabelle 9).

Tabelle 9 - Zusammenhang Infrastrukturauslastung und Betriebsqualität nach DB Ril 405

Infrastrukturauslastung	Betriebsqualität
Geringe Auslastung	Premiumqualität (unwirtschaftlich)
Optimale Auslastung	Wirtschaftlich optimal
Hohe Auslastung	Risikobehaftet
Zu hohe Auslastung	Mangelhaft (nicht marktgerecht)

Mit Hilfe des Pufferzeitquotienten und der mittleren Mindestzugfolgezeit ist die mittlere erforderliche Pufferzeit $\bar{r}_{erf}$ bestimmbar. Die mittlere Mindestzugfolgezeit und die erforderliche Pufferzeit sind die Zeitanteile, mit der die Anzahl an möglichen Zugfahrten pro Stunde ermittelt werden kann. Da die erforderliche Pufferzeit abhängig von der gewünschten Betriebsqualität ist, sind verschiedene Leistungsfähigkeiten berechenbar, wobei sich in dieser Untersuchung auf die Qualitäten optimal, premium und risikobehaftet beschränkt wurde.

Die Praktische Leistungsfähigkeit N_{zul} wird für einen festgelegten Untersuchungszeitraum T berechnet. Das Ergebnis gibt an, wie viele Zugfahrten im Untersuchungszeitraum für die festgelegte Betriebsqualität auf der zu untersuchenden Strecke möglich sind und setzt sich wie folgt zusammen:

$$N_{zul} = \frac{T}{\bar{z} + \bar{r}_{erf}}$$

Zu beachten gilt, dass die Ergebnisse für N_{zul} stets abgerundet werden müssen, da nur ganze Zugfahrten möglich sind.

Bei der konkreten Betrachtung des Streckenabschnitts zwischen Lübeck Hbf und Schwartau Waldhalle (Abzw) ist zu beachten, dass Züge, die die Strecke 1100 in Richtung Travemünde verlassen, den Abzweig mit lediglich 80 km/h befahren können, weshalb die tatsächliche Streckenleistungsfähigkeit etwas unterhalb der ermittelten Streckenleistungsfähigkeit liegen dürfte. Ebenso fällt die Leistungsfähigkeit der Strecke in der Gegenrichtung aufgrund der Einfädelung und damit verbundenen Kreuzung der Strecke in Schwartau Waldhalle (Abzw) tendenziell geringer aus.

Ergebnis: 2025 - Status Quo

Zunächst wurde die Streckenleistungsfähigkeit für den Status Quo ermittelt, um nachzuweisen, dass die Eingangsparameter realistische Werte liefern. Hierfür wurden die für das Jahr 2025 vorliegenden Zugzahlen auf die Modellzüge umgelegt und mit der derzeit vorhandenen Infrastruktur berechnet. Es besteht die Leistungsanforderung von 10 Zügen pro Stunde und Richtung an den Infrastrukturabschnitt (vgl. Tabelle 1).

Im Ergebnis kann die Infrastruktur für eine optimale Leistungsfähigkeit 10,7 Züge die Stunde aufnehmen. Ab 11,4 Zügen je Stunde wird das Betriebsgeschehen risikobehaftet, es kommt also zu einem Verspätungsaufbau und schlechterer Betriebsqualität.

Leistungsanforderung: 10 Züge

- Leistungsfähigkeit optimal: 10,7 Züge
- Leistungsfähigkeit Premiumqualität: 8,2 Züge
- Leistungsfähigkeit Risikobehaftet: 11,4 Züge

Insgesamt liefert das analytische Verfahren für den Status Quo realistische Ergebnisse. Bereits heute ist mit den 10 verkehrenden Zügen pro Stunde die Leistungsfähigkeit des Streckenabschnitts erreicht. Dies deckt sich mit der Leistungsanforderung sowie den Ergebnissen der EBWU 2018 und 2025.

Nachdem bereits das Szenario "2025 - Status Quo" an der Grenze der Streckenleistungsfähigkeit liegt, ist die Prüfung der weiteren Szenarien mit jeweils höheren Leistungsanforderungen auf der vorhandenen Infrastruktur nicht notwendig. Die zukünftigen Szenarien können nur mit erweiterter Infrastruktur realisiert werden, wenn es nicht zu einer Verdrängung zwischen den Marktsegmenten SPFV, SPNV und SGV mit entsprechend volkswirtschaftlichem Schaden kommen soll.

Daher wird im Folgenden eine viergleisige Infrastruktur für den zu untersuchenden Streckenabschnitt simuliert. Um nördlich von Lübeck Hbf auf Höhe des Abzweig Waldhalle aufgrund der beengten Platzverhältnisse ein Überwerfungsbauwerk zu vermeiden, wird im südlichen Zulauf auf Lübeck Hbf eine Sortierung der Verkehre in die Ziele Bad Schwartau (Kiel / Fehmarn / Bäderbahn) und Lübeck-Travemünde unterstellt. Hierbei wird das Betriebsprogramm des Szenarios 2033 - Eingeschwungener Zustand mit Fehrmansundtunnel (vgl. Tabelle 6) betrachtet und auf die jeweiligen Strecken umgelegt.

Szenario 2033: Strecke Lübeck Hbf – Bad Schwartau

Leistungsanforderung: 12 Züge (2 SPFV, 7 SPNV, 3 SGV)

- Leistungsfähigkeit optimal: 9,3 Züge
- Leistungsfähigkeit Premiumqualität: 7,1 Züge
- Leistungsfähigkeit Risikobehaftet: 10,0 Züge

Das Betriebsprogramm ist nicht oder nur unter optimalen Fahrplankonstruktionsbedingungen fahrbar.

Szenario 2033: Strecke Lübeck Hbf – Lübeck-Travemünde

Leistungsanforderung: 6 Züge (2 SPNV, 4 SGV)

- Leistungsfähigkeit optimal: 10,9 Züge
- Leistungsfähigkeit Premiumqualität: 8,4 Züge
- Leistungsfähigkeit Risikobehaftet: 11,6 Züge

Das Betriebsprogramm ist fahrbar. Ein Verkehrsmengenzuwachs ist möglich.

Die Leistungsfähigkeit der Strecke Lübeck Hbf – Bad Schwartau kann mit den eingehenden Werten und analytischen Mitteln als nicht ausreichend eingestuft werden. Die Strecke von Lübeck Hbf – Travemünde hingegen bietet Premiumqualität und könnte entsprechend weitere Zugfahrten kompensieren. Bei solch komplexen Fragestellungen kommt die Analytik allerdings an ihre Grenzen. Ein Anpassen der Betriebsprogramme auf beiden Strecken, mit betrieblich sinnvoller Verteilung der Zugfahrten, wird voraussichtlich dazu führen, dass auf diesem vergleichsweise kurzen Abschnitt die Leistungsfähigkeit insgesamt im wirtschaftlich optimalen Bereich liegen wird. Ein viergleisiger Streckenabschnitt ermöglicht die parallele Ausfahrt aus dem Lübecker Hauptbahnhof in Richtung Norden, um so im Sinne eines Integralen Taktknotens, wie es der Lübecker Hauptbahnhof sein soll, agieren zu können.

4 Ergebnisdiskussion

Die analytische Betrachtung der Leistungsfähigkeit des Streckenabschnitts vom Lübecker Hauptbahnhof bis Schwartau Waldhalle (Abzw) hat gezeigt, dass die Kapazitätsgrenze mit dem Betriebsprogramm von heute bereits erreicht und die vorhandene Infrastruktur für die erwartete Verkehrsmenge unterdimensioniert ist. Ohne Anpassung der Infrastruktur werden bereits zum Zeitpunkt der FFBQ-Eröffnung nicht alle Züge fahrbar sein oder nur mit erheblichen betrieblichen Einschränkungen, die entweder durch unattraktiv lange Haltezeiten im SGV oder durch Kürzungen im SPNV-Angebot kompensiert werden müssten. Die den notwendigen Ausbau verursachende Verkehrsmengensteigerung erfolgt primär durch induzierten internationalen SPFV und SGV der FFBQ.

Die Errichtung eines 3. Gleises ist hier nicht zielführend, da dies nur ca. 25% mehr Kapazität bei mindestens 50% der Baukosten bringt. Demgegenüber steht eine Kapazitätssteigerung von mehr als 100% bei einem viergleisigen Ausbau.¹¹ Diese Steigerung kann unter anderem durch eine Entmischung der Verkehrsarten erreicht werden. Diese Entmischung, bzw. Sortierung der Züge könnte höhenfrei bereits im südlichen Zulauf auf den Lübecker Hauptbahnhof geschehen, sodass im Bereich nördlich des Lübecker Hauptbahnhofs die engen baulichen Verhältnisse nicht noch durch ein Überwerfungsbauwerk strapaziert werden müssten.

Eine der Besonderheiten des Lübecker Hauptbahnhofs ist seine Funktion als Taktknoten. Ein viergleisiger Ausbau könnte die parallele Ausfahrt in Richtung Bad Schwartau auch über Streckengleise in Richtung Travemünde ermöglichen. Durch ein höhengleiches Überleiten in Schwartau Waldhalle (Abzw) und die parallele Abfertigung an einem geplanten dritten Bahnsteig in Bad Schwartau könnten parallele Ein- und Ausfahrten, passend zum Taktknoten, ermöglicht werden. Für den SGV bislang notwendige und energie- sowie zeitintensive Betriebshalte könnten entfallen.

Ein viergleisiger Ausbau des untersuchten Streckenabschnitts ist für den Erhalt der Leistungsfähigkeit im europäischen TEN-T Korridor ScanMed unumgänglich. Die technische Machbarkeit inkl. Varianten für Überwerfungsbauwerke sollte unverzüglich geprüft werden.

¹¹ https://www.hamburg-bremen-hannover.de/files/page/6_mediathek/downloads/dreigleisiger_ausbau/190404-HHBH-Bewertung-3-Gleis-Lueneburg-Uelzen-Drittes-Treffen-Teil2.pdf abgerufen am 09.07.2025

5 Zusammenfassung

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ist eine Kapazitätsbetrachtung des Streckenabschnitts Lübeck Hbf – Schwartau Waldhalle (Abzw) (Strecke 1100). Dabei werden in drei Szenarien die zukünftigen Verkehrsmengen der Kapazität der Strecke 1100 im Abschnitt Lübeck Hbf – Schwartau Waldhalle (Abzw) gegenübergestellt (vgl. Tabelle 10). Dazu werden zunächst die Verkehrsmengenprognosen unterschiedlicher Quellen (bspw. Prognosedaten FFBQ, Deutschlandtakt) im Untersuchungsgebiet abgeglichen, zusammengeführt und unter Berücksichtigung aktueller Entwicklungen aktualisiert. Dabei zeigt sich, dass bereits zum heutigen Zeitpunkt - vor Eröffnung der FFBQ - über den zu untersuchenden Streckenabschnitt so viele Züge verkehren, wie bei der Infrastrukturdimensionierung unterstellt wurden.

Tabelle 10 - Betrachtete Szenarien für die zukünftige Verkehrsmengenentwicklung

Szenario	SPFV	SPNV	SGV	Gesamt
2025 – Status Quo	0	6	4	10
2029 – Eröffnung FFBQ mit eingleisiger Fehmanrsundbrücke	1	7	4	12
2033 – Eingeschwungener Zustand und Eröffnung Fehmarnsundtunnel	2	9	6-8	17-19
2037 – S-Bahn Lübeck	2	11	7-8	20-21
Züge pro Stunde und Richtung				

Die analytische Prüfung des Streckenabschnitts im Szenario 2025 – Status Quo zeigt, dass die zweigleisige Strecke mit einer Leistungsfähigkeit von 10,7 Zügen im optimalen Bereich für die heutigen Anforderungen ausreichend dimensioniert ist. Wie bereits in der EBWU 2018 festgestellt und durch die EBWU 2025 bestätigt wurde, ist ein **Mehrverkehr in diesem Abschnitt nicht fahrbar**. Das bedeutet: um die zusätzlichen - insbesondere die aus der Eröffnung der FFBQ hervorgehenden überregionalen - Verkehre durch Lübeck führen zu können, muss im Interesse eines funktionierenden (europäischen) Schienenverkehrs unverzüglich mit den Planungen für eine **viergleisige Erweiterung zwischen Lübeck Hbf und Schwartau Waldhalle (Abzw)** begonnen werden. Andernfalls werden hohe Verspätungszuwächse im Raum Lübeck entstehen, die in Richtung Dänemark und Hamburg eingeschleppt werden. Weiterhin droht durch die fehlende Kapazität auf der Schiene ein **Verdrängungswettbewerb** zwischen den Segmenten Schienenpersonenfernverkehr, Schienengüterverkehr und Schienenpersonennahverkehr mit entsprechenden **volkswirtschaftlichen Schäden**. Dies steht dem Ziel der notwendigen Verkehrswende diametral gegenüber.

Aufgrund bereits anstehender Bauarbeiten mit notwendigen Streckensperrungen im Raum Lübeck (Generalsanierung und zweigleisiger Begegnungsabschnitt in Lübeck-Travemünde) liegt ein **günstiges Zeitfenster** vor, um das Vorhaben - ohne dabei zusätzliche und langfristige Einschränkungen für den Schienenverkehr zu erzeugen - rechtzeitig zur Eröffnung der FFBQ realisieren zu können.