

Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Arbeit, Technologie  
und Tourismus | Postfach 71 28 | 24171 Kiel

**Staatssekretär**

An den  
Vorsitzenden  
des Wirtschaftsausschusses  
des Schleswig-Holsteinischen Landtages  
Herrn Dr. Andreas Tietze, MdL  
Landeshaus  
24105 Kiel

Schleswig-Holsteinischer Landtag  
Umdruck 19/5543

19. März. 2021

Sehr geehrter Herr Vorsitzender Dr. Tietze,  
sehr geehrte Damen und Herren,

in der Sitzung des Wirtschaftsausschusses vom 17.03.2021 hatten die Gutachter die Methodik und wesentlichen Erkenntnisse des Gutachtens zur Optimierung des Schienenverkehrs in Schleswig-Holstein (OdeS) vorgestellt.

Ich hatte Ihnen zugesichert, dass ich die redaktionell endbearbeitete Fassung des Abschlussberichts im Nachgang schriftlich zuleite. Dieser Zusage komme ich hiermit gerne nach.

Welche der darin untersuchten Projekte in welchem Zeithorizont finanzierbar sind und in welcher Priorisierung die Projekte umgesetzt werden könnten, ist eine Prüfbite an die NAH.SH und wird im Anschluss Gegenstand politischer Beratungen sein.

Parallel erarbeitet meine Fachabteilung mit der NAH.SH den Entwurf eines landesweiten Nahverkehrsplans, den wir voraussichtlich nach der Sommerpause vorlegen werden.

Mit freundlichen Grüßen



Dr. Thilo Rohlf

Anlage 1: Abschlussbericht OdeS-Gutachten



IVE mbH

Ingenieurgesellschaft für Verkehrs- und  
Eisenbahnwesen mbH

Lützerodestraße 10

D-30161 Hannover

Telefon: +49 (511) 89 76 68-10

Telefax: +49 (511) 89 76 68-29

Internet: [www.ivembh.de](http://www.ivembh.de)

E-Mail: [info@ivembh.de](mailto:info@ivembh.de)

# Schlussbericht

## Gutachten

# OdeS – Optimierung des Schienenverkehrs in Schleswig-Holstein für das MWWATT

erstellt durch die Ingenieurgesellschaft für  
Verkehrs- und Eisenbahnwesen mbH  
in Zusammenarbeit mit



Hannover, März 2021

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung und Untersuchungsziele</b>	<b>1</b>
1.1	Ansatz für Zielerreichung	3
1.2	Leitbild für ein Zukunftskonzept / Planfallkonzept	4
<b>2</b>	<b>Methodisches Vorgehen</b>	<b>6</b>
2.1	Allgemein	6
2.2	Datengrundlagen	7
2.3	Verkehrsmodell und Rahmenbedingungen der Berechnung	10
2.3.1	Allgemeines und Modellansatz	10
2.3.2	Untersuchungsgebiet	11
2.3.3	Angebotsmodell Öffentlicher Verkehr	18
2.3.4	Angebotsmodell Straßenverkehr	19
2.3.5	Nachfragewirkungen	19
2.4	Entwicklung von Fahrtenkonzepten	20
2.5	Entwicklung von Infrastrukturmaßnahmen	20
<b>3</b>	<b>Energiewende: Energiebedarf und Energieversorgung</b>	<b>21</b>
3.1	Bearbeitungsschritte	21
3.2	Energiebedarfsabschätzung	21
3.3	Energieversorgung und Elektrifizierung	23
3.4	Einzelanalyse der Energieversorgungssysteme	27
3.4.1	Grundlegende Anforderungen an die Energieversorgung von Bahnsystemen	27
3.4.2	Elektrifizierung mit Oberleitungsanlage	30
3.4.3	Wasserstoff-Batterie-Elektroantriebssystem	32
3.4.4	Batterie-Elektroantriebssystem	35
<b>4</b>	<b>Schienenverkehr in Schleswig-Holstein – Ist-Zustand</b>	<b>39</b>
4.1	Bahnnetz und Infrastruktur	39
4.2	Netzparameter	40
4.3	Verkehrsangebot im SPNV	41
4.4	Fahrzeitenmatrizen Straßenverkehr / Vergleich zum öffentlichen Verkehr	42
4.5	Verkehrsnachfrage	43
4.5.1	Berechnung und Kalibrierung der Matrix	43

4.5.2	Fahrgastnachfrage Ist-Zustand	45
<b>5</b>	<b>Prognose-Nullfall 2035</b>	<b>47</b>
5.1	Rahmenbedingungen des Prognose-Nullfalls 2035	47
5.1.1	Raumstrukturelle Entwicklung	48
5.1.2	Beschlossene Infrastrukturentwicklungen bis 2035	49
5.1.3	Verkehrsangebot	51
5.2	Ergebnisse des Prognose-Nullfalls 2035	54
5.2.1	Fahrgastnachfrage Prognose-Nullfall 2035	54
5.2.2	Entwicklung der Fahrzeitenmatrizen Straßenverkehr / Vergleich zum öffentlichen Verkehr	55
<b>6</b>	<b>Prognose-Planfall 2035</b>	<b>57</b>
6.1	Nachfragepotenziale	57
6.2	Betriebskonzepte für den Prognose-Planfall 2035	57
6.3	Netzentwicklung für den SPNV in Schleswig-Holstein	60
6.3.1	Streckennummer 1001 Flensburg-Weiche – Lindholm	64
6.3.2	Streckennummer 1011 Husum – Jübek	65
6.3.3	Streckennummer 1020 Kiel – Flensburg	66
6.3.4	Streckennummer 1022 Rendsburg - Kiel	67
6.3.5	Streckennummer 1023 / 1110 Kiel – Lübeck	68
6.3.6	Streckennummer 1040 Flensburg – Rendsburg – Neumünster	69
6.3.7	Streckennummer 1041 Neumünster – Ascheberg	70
6.3.8	Streckennummer 1042 Neumünster – Heide	71
6.3.9	Streckennummer 1043 Neumünster – Bad Oldesloe	72
6.3.10	Streckennummer 1100 Lübeck – Puttgarden	73
6.3.11	Streckennummer 1120 Hamburg – Bad Oldesloe – Lübeck	74
6.3.12	Streckennummer 1121/1150 Lübeck – Ratzeburg – Büchen – Lüneburg	75
6.3.13	Streckennummer 1122 Lübeck – Bad Kleinen	76
6.3.14	Streckennummer 1204/1205 (Husum) – Hörn – Bad St. Peter-Ording	77
6.3.15	Streckennummer 1206 Heide – Büsum	78
6.3.16	Streckennummer 1210 Elmshorn – Itzehoe – Heide – Husum – Westerland	79
6.3.17	Streckennummer 1220 Hamburg-Altona – Neumünster – Kiel	81
6.3.18	Streckennummer 6100 Berlin – Büchen – Hamburg	82
6.3.19	Streckennummer 9100 Niebüll – Dagebüll Mole	83
6.3.20	Streckennummer 9107/9108 Kiel – Schönberger Strand	83

6.3.21	Streckenummer 9120/9121/9122 Elmshorn/Neumünster – Kaltenkirchen – Ulzburg Süd – Hamburg-Eidelstedt/Norderstedt Mitte (AKN-Netz)	84
6.3.22	Streckenummer 9123 Geesthacht – Bergedorf – Nettelnburg	85
6.3.23	Streckenummer 9129 Uetersen – Tornesch	86
6.3.24	S-Bahn Hamburg	87
6.3.25	S-Bahn Kiel	89
6.3.26	Regional-Stadtbahn Flensburg	90
6.3.27	Verbindung Hamburg – Westerland	91
6.4	Störungsfreier Schienenverkehr	92
6.4.1	Aktuelle Situation	92
6.4.2	Maßnahmen: Infrastruktur	93
6.4.3	Maßnahmen: Fahrzeugtechnik	94
6.4.4	Maßnahmen: Fahrplan	94
6.4.5	Maßnahmen: Störungsmanagement	95
6.5	Energiewende auf der Schiene	96
6.5.1	Szenarien für das Energieversorgungs- und Antriebssystem in Schleswig-Holstein im Prognose-Planfall 2035	99
6.5.2	Grundsätze der Systemgestaltung	110
6.5.3	Maßnahmen für das Energieversorgungs-/ Antriebssystem 2035	113
6.5.4	Nächste Schritte auf dem Weg zur Umsetzung	116
6.5.5	Regionale und regenerative Energieversorgung	117
6.6	Ergebnisse des Prognose-Planfalls 2035	123
6.6.1	Fahrgastnachfrage Prognose-Planfall 2035	123
6.6.2	Entwicklung der Fahrzeitenmatrizen Straßenverkehr / Vergleich zum öffentlichen Verkehr	127
<b>7</b>	<b>Handlungsempfehlungen</b>	<b>129</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>131</b>
	<b>Anlagen</b>	<b>133</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung des Untersuchungsraums mit allen Bahnlinien in Schleswig-Holstein in 2020 [Quelle: <a href="https://www.nah.sh/de/karten/bahnlinienplan-fuer-schleswig-holstein/">https://www.nah.sh/de/karten/bahnlinienplan-fuer-schleswig-holstein/</a> ]	2
Abbildung 2: Ist-Zustand und Fälle der Prognoseberechnung	7
Abbildung 3: Untersuchungsgebiet und Umland	12
Abbildung 4: Einwohner im Untersuchungsgebiet – absolut und Dichtedarstellung	13
Abbildung 5: Arbeitsplätze im Untersuchungsgebiet – absolut und Dichtedarstellung	14
Abbildung 6: Pendlerverflechtungen innerhalb Schleswig-Holsteins (TOP 2.500 Beziehungen)	15
Abbildung 7: Pendlerverflechtungen innerhalb Schleswig-Holsteins (TOP 50 Beziehungen)	16
Abbildung 8: Pendlerverflechtungen Schleswig-Holsteins zum Umland inkl. Hamburg (TOP 500 Beziehungen)	16
Abbildung 9: Pendlerverflechtungen Schleswig-Holsteins zum Umland ohne Hamburg (TOP 500 Beziehungen)	17
Abbildung 10: Angebotsmodell öffentlicher Verkehr	18
Abbildung 11: Angebotsmodell Straßenverkehr	19
Abbildung 12: SPNV-Linien in Schleswig-Holstein, Streckenlängen und zugehörige elektrifizierte Streckenabschnitte	25
Abbildung 13: Zugkonfigurationen systematisch nach Leistungsklassen	29
Abbildung 14: Bahnstrecken in Schleswig-Holstein, Stand 2020	40
Abbildung 15: Reisezeitverhältnisse Straßenverkehr und öffentlicher Verkehr im Ist-Zustand	43
Abbildung 16: Fahrgastnachfrage des Schienenpersonennahverkehr (Ist-Zustand)	45
Abbildung 17: Bahnstrecken, Ausgangslage Prognose-Nullfall 2035 (2020 beschlossene und in 2035 als bereits realisiert angenommene Vorhaben)	47
Abbildung 18: Einwohnerentwicklung der kreisfreien Städte und Landkreise in Schleswig-Holstein	48
Abbildung 19: Nachfrage Straßenverkehr 2035 [Hintergrundkarte: Google Maps]	51
Abbildung 20: Fahrgastnachfrage Prognose-Nullfall 2035	54
Abbildung 21: Fahrgastnachfrage Prognose-Nullfall 2035 – Differenz zum Ist-Zustand	54
Abbildung 22: Reisezeitverhältnisse im Prognose-Nullfall 2035 und Vergleich zum Ist-Zustand	56
Abbildung 23: Linienkonzept für den Prognose-Planfall 2035 [Hintergrundkarte: OpenStreetMap]	58
Abbildung 24: Streckennetz im Analyse-Szenario „EMU-FCMU 2035“	101
Abbildung 25: Streckennetz im Analyse-Szenario „EMU-BEMU 2035“	104

---

Abbildung 26: Streckennetz im Analyse-Szenario „Vollelektrifizierung 2035“ .....	107
Abbildung 27: Bahnnetz Schleswig-Holstein, Prognose-Planfall 2035 .....	115
Abbildung 28: Energienetze Elektro in Schleswig-Holstein: Übertragungs- und Verteilnetz [Quelle Tennet 2018] .....	120
Abbildung 29: Fahrgastnachfrage Prognose-Planfall 2035 .....	124
Abbildung 30: Fahrgastnachfrage Prognose-Planfall 2035 – Differenz zum Prognose-Nullfall 2035 .....	124
Abbildung 31: Fahrgastnachfrage Prognose-Planfall 2035 – Differenz zum Ist-Zustand.....	125
Abbildung 32: Reisezeitverhältnisse im Prognose-Planfall 2035 und Vergleich zum Ist-Zustand.	128

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Verkehrszellen in den Teilräumen des Untersuchungsgebietes .....	13
Tabelle 2: Einwohner und Arbeitsplätze in Schleswig-Holstein (Datenstand 2017).....	14
Tabelle 3: Nicht-elektrifizierte SPNV-Strecken in Schleswig-Holstein (Ist-Zustand) .....	26
Tabelle 4: Zusammenstellung des aktuellen Verkehrsangebotes im SPNV in Schleswig-Holstein	41
Tabelle 5: Kenngrößen der Berechnung – Ist-Zustand (SPNV) .....	46
Tabelle 6: Einwohnerentwicklung Schleswig-Holstein und Hamburg .....	48
Tabelle 7: Zusätzliche Haltepunkte in Schleswig-Holstein im Prognose-Nullfall 2035.....	50
Tabelle 8: Darstellung des Verkehrsangebotes im Prognose-Nullfall 2035 in Schleswig-Holstein	53
Tabelle 9: Kenngrößen der Berechnung Prognose-Nullfall (SPNV) .....	55
Tabelle 10: Darstellung des Verkehrsangebotes im Prognose-Planfall 2035 in Schleswig-Holstein .....	59
Tabelle 11: Zusätzliche Haltepunkte/Verkehrsstationen des Prognose-Planfalls 2035 .....	61
Tabelle 12: Nahverkehrsangebot auf den Strecken in Schleswig-Holstein, Vergleich Ist-Zustand – Prognose-Planfall 2035 (grüne Markierung zeigt Angebotsausweitungen im Vergleich zum Ist- Zustand).....	63
Tabelle 13: Verspätungsursachen nach wesentlichen Merkmalen im SPNV Schleswig-Holsteins (über alle SPNV-Linien 2017 – 2019) [Datenquelle NAH.SH] .....	92
Tabelle 14: Kenngrößen der Berechnung Prognose-Nullfall (SPNV) .....	125

## **Abkürzungsverzeichnis**

AKN	Altona-Kaltenkirchen-Neumünster Eisenbahn GmbH
B+R	Bike-and-Ride
BEMU	Battery Electric Multiple Unit (Batterietriebwagen)
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BR	Baureihe
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
DB	Deutsche Bahn
EBO	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung
EIU	Eisenbahn-Infrastrukturunternehmen
EMU	Electric Multiple Unit (Elektrotriebwagen)
ET	Elektrotriebwagen
EU	Europäische Union
EVU	Eisenbahn-Verkehrsunternehmen
FCMU	Fuel Cell Multiple Unit (Wasserstoff-Triebwagen)
FFBQ	Feste Fehmarnbeltquerung
GUB	Güterumgehungsbahn
Hbf.	Hauptbahnhof
HVZ	Hauptverkehrszeit
IC	Intercity
ICE	Intercity Express
IT	Informations- und Telekommunikationstechnik
LZB	Linienförmige Zugbeeinflussung
MiD	Mobilität in Deutschland (Befragung zum Verkehrsverhalten)
MWVATT	Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Arbeit, Technologie und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein
NAH.SH	Nahverkehrsverbund Schleswig-Holstein GmbH
NEG	Norddeutsche Eisenbahngesellschaft Niebüll GmbH
OLA	Oberleitungsanlage
P+R	Park-and-Ride

---

PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
RB	Regionalbahn
RE	Regionalexpress
SGV	Schienengüterverkehr
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
UIC	Union internationale des chemins de fer (Internationaler Eisenbahnverband)
VT/VTA	Verbrennungstriebwagen
WLAN	Wireless Local Area Network
ZOB	Zentraler Omnibusbahnhof
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr

## **Eingangsbemerkung**

Hinweis zu Abbildungen und Tabellen:

Wenn keine Quellen angegeben sind, handelt es sich um Darstellungen von Ergebnissen der Arbeiten aus dieser Untersuchung.

## **Management Summary**

Die Management Summary fasst die wesentlichen Maßnahmen und Ergebnisse des entwickelten Strategiekonzepts für den Prognose-Planfall 2035 zusammen.

### **1. Ausbau von Strecken**

Für den zwei- und mehrgleisigen Ausbau der Streckeninfrastruktur werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- 2. Gleis Neumünster – Bad Oldesloe, zweite leistungsfähige Verbindung zwischen Schleswig-Holstein und Hamburg, Beitrag zur Steigerung der Pünktlichkeit durch Entlastung der Verbindung Elmshorn – Pinneberg, Erhöhung des Angebotes zwischen Neumünster und Bad Oldesloe, deutliche Verkürzung der Fahrzeit Neumünster – Bad Oldesloe
- 2. Gleis Eckernförde – Kiel – Preetz, Erhöhung der Leistungsfähigkeit, Verkürzung der Fahrzeit, Verbesserung der Fahrplangestaltung
- Durchgängige Zweigleisigkeit der Marschbahn, Erhöhung der Leistungsfähigkeit, Verkürzung der Fahrzeit, Verbesserung der Fahrplangestaltung
- Eigene Infrastruktur für die S-Bahnverlängerung Pinneberg – Elmshorn, Entmischung der Verkehre, Erhöhung der Leistungsfähigkeit, Erhöhung des Angebotes zwischen Pinneberg und Elmshorn

### **2. Reaktivierungen**

Für eine Reaktivierung des Schienenpersonennahverkehrs (SPNV) werden folgende Maßnahmen empfohlen

- Tornesch – Uetersen und Verlängerung des Angebotes nach HH-Barmbek über die Güterumgehungsbahn für eine nördliche Erschließung aufkommensstarker Gebiete
- Flensburg – Niebüll, Stärkung der Ost-West-Achse im Norden Schleswig-Holsteins, Ausweichstrecke bei Störung auf der Marschbahn
- Geesthacht – Hamburg (-Bergedorf), Erschließung einer nachfragestarken Region, die derzeit nicht auf der Schiene zu erreichen ist
- Neumünster – Ascheberg, Stärkung der Ost-West-Achse

### **3. Weiterentwicklung neuer Stadt-Umland-Systeme**

Eine Weiterentwicklung der Stadt-Umland-Beziehungen wird für folgende Räume empfohlen:

- Kiel – Nutzung der RB-Angebote auf den Streckenästen Richtung Eckernförde (Nord), Rendsburg, Neumünster, Preetz und Schönberg, eine Umbenennung als Regional-S-Bahn ist denkbar
- Lübeck – Nutzung der Angebote auf den Streckenästen Richtung Grevesmühlen, Travemünde-Strand, Neustadt, Eutin und Bad Oldesloe
- Flensburg – Einführung eines Angebotes nach Süderbrarup und Schafflund mit der Option eines grenzüberschreitenden Verkehrs nach Padborg (DK)

#### 4. Weitere Maßnahmen

Folgende weitere Maßnahmen mit dem Ziel eines störungsfreien Bahnbetriebs sind zu nennen:

- Reduzierung von Geschwindigkeitseinbrüchen, Blockverdichtungen (dazu LuFV III Mittel zielgerichtet in Schleswig-Holstein einsetzen)
- Verlegung Autoreisezuganlage Westerland zur Reduzierung von Behinderungen aufgrund von Fahrtausschlüssen
- Vorhalten von Fahrzeug-Ersatzgarnituren im SPNV als Landesreserve
- Ergänzende Durchführung von eisenbahnbetriebswissenschaftlichen Untersuchungen (Betriebssimulationen) zur Robustheitsprüfung neuer Fahrplankonzepte
- Fachkompetenzen stärken, Störungsmanagement, Echtzeitinformationen, Apps, Serviceleistungen optimieren

#### 5. Energiewende auf der Schiene

Die Erweiterung des Verkehrsangebotes im SPNV wird dazu führen, dass die Elektrifizierungswürdigkeit zahlreicher Bahnstrecken gegeben sein wird. Vor diesem Hintergrund sollte die Energiewende auf die Schiene dahingehend umgesetzt werden, dass ein optimaler Mix aus Elektrifizierung und Batterieantriebstechnik herzustellen ist, wobei langfristig die Option einer Vollelektrifizierung berücksichtigt werden sollte.

Entsprechend wird empfohlen, die Streckenelektrifizierung im Land Schleswig-Holstein voranzutreiben, von aktuell ca. 360 km (30 %) im Jahr 2020 (Ausgangslage) auf etwa 1.200 km (91 %) im Jahr 2035.

Die Elektrifizierung sollte stufenweise erfolgen – unter Nutzung der vorhandenen BEMUs.

Die Nutzung regionaler regenerativ gewonnener elektrischer Energie für den SPNV in Schleswig-Holstein ist aus technischer Sicht möglich. Die damit verbundenen technischen und kommerziellen Anforderungen sind bei Umsetzung der Elektrifizierungsstrategie einzubeziehen.

#### 6. Wirkung

Mit der Umsetzung der unter den Punkten 1 bis 5 genannten Maßnahmen als ein landesweites, integriertes Konzept sind folgende Wirkungen verbunden:

- Die Reisegeschwindigkeiten werden erhöht. Damit entstehen kürzere Fahrzeiten für Wege, die im Schienenpersonennahverkehr durchgeführt werden.
- Das veränderte Linienkonzept führt zu mehr direkten, das heißt umsteigefreien Fahrtmöglichkeiten.
- Das Konzept beinhaltet eine höhere Bedienungshäufigkeit für die überwiegende Mehrzahl der Strecken. Damit entstehen mehr Fahrtmöglichkeiten für bestehende und potenzielle Fahrgäste. Die Fahrplankilometer steigen im Prognose-Planfall 2035 im Vergleich zum Prognose-Nullfall 2035 um fast 51 Prozent an einem mittleren Werktag.
- Die Konkurrenzsituation des Schienenverkehrs zum Straßenverkehr verbessert sich. Der Schienenverkehr gewinnt an Attraktivität.

- Die Anzahl der in den Schienenpersonennahverkehr einsteigenden Fahrgäste nimmt im Vergleich zum Prognose-Nullfall 2035 um 33 Prozent an einem mittleren Werktag zu. In gleichem Maße steigt die Verkehrsleistung (Personenkilometer).
- Es werden insgesamt 61.900 (Personen-)Pkw-Fahrten täglich auf die Schiene verlagert. Das macht eine Reduzierung der Verkehrsleistung für die Straße um rund 1,9 Mio. Personenkilometer je Tag im motorisierten Individualverkehr aus; entsprechend 568 Mio. Personenkilometer je Jahr. Zur Berechnung der Treibhausgase (CO<sub>2</sub>-Äquivalente) wurde ein spezifischer Emissionsfaktor in Höhe von 145 Gramm/Personenkilometer (Quelle: Umweltbundesamt, 11/2020) angesetzt. Es resultiert eine CO<sub>2</sub>-Vermeidung pro Jahr in Höhe von etwa 82,3 Tsd. Tonnen.

## 7. Einordnung der Untersuchung und Fazit

Durch die Untersuchung zur Optimierung des Schienenverkehrs wurden wesentliche Grundlagen für eine Stärkung des Schienenpersonennahverkehrs, wie verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmodelle, Netzparameter des Angebotskonzeptes, technische Umsetzungsstrategien und Entstörungsansätze ganzheitlich erarbeitet.

Es konnte gezeigt werden, dass signifikante Verkehrsverlagerungen und Fahrgaststeigerungen möglich sind, wenn die vorgeschlagene landesweite integrierte Strategie umgesetzt wird.

Der für die Angebotsausweitung und effiziente Netzgestaltung erforderliche Ausbau von Infrastruktur und Technik erfordert einen konsequenten Mitteleinsatz, um bis 2035 die ambitionierten Ziele zu erreichen bzw. mit den erforderlichen Maßnahmen zu beginnen.

Das Untersuchungsergebnis bietet in Beantwortung der Aufgabenstellung des Gutachtens die Grundlagen für politische Entscheidungen zur weiteren Entwicklung des Schienenpersonennahverkehrs in Schleswig-Holstein und die Aufstellung des nächsten Landesnahverkehrsplans. Für die konkrete Umsetzung sind weiterführende Untersuchungen unabdingbar, um realisierungsbezogene Faktoren genauer zu betrachten.

Eine Priorisierung bzw. die Festlegung einer Umsetzungsreihenfolge von Maßnahmen sowie die Beurteilung der zeitlichen und finanziellen Realisierbarkeit bis zum Untersuchungshorizont 2035 waren nicht Gegenstand des Gutachtens. Benötigte und verfügbare Landesressourcen zur weiterführenden Planung werden von Gutachterseite deshalb nicht eingeschätzt.

## 1 Einleitung und Untersuchungsziele

Das öffentliche Eisenbahnnetz in Schleswig-Holstein weist eine Länge von 1.246 Schienenkilometern auf und befindet sich überwiegend in der Verantwortung der DB Netz AG. Weitere Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) sind die AKN (Altona-Kaltenkirchen-Neumünster Eisenbahn GmbH) und die NEG (Norddeutsche Eisenbahngesellschaft Niebüll GmbH). Das gesamte Streckennetz wird von unterschiedlichen Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) im Schienenpersonennah- und -fernverkehr (SPNV, SPFV) sowie im Schienengüterverkehr (SGV) befahren. Das Schienennetz weist eine Nord-Süd-Ausrichtung auf und ist auf die Knoten Hamburg, Kiel und Lübeck ausgerichtet. Verschiedene Strecken stellen Ost-West Verbindungen her.

Nach der Einführung des „Integralen Taktfahrplans Schleswig-Holstein“ kam es zu einem deutlichen Anstieg der Fahrgastzahlen. Dennoch hat der Schienenverkehr in Schleswig-Holstein bisher nur einen Verkehrsanteil von rund 7 % und liegt damit unter dem deutschen Durchschnitt. Diese 7 % beziehen sich auf den Gesamtverkehr in Schleswig-Holstein, das beinhaltet sowohl Relationen, in denen kein Schienenverkehr angeboten wird und der Marktanteil daher 0 % beträgt, wie auch Relationen in denen eine Verkehrsmittelwahl möglich ist und der Marktanteil der Schiene bis zu circa 25 % beträgt. Unter anderem zur verkehrlichen und auch klimarelevanten Entlastung im Land bedarf es einer deutlichen Nachfragesteigerung im Schienenverkehr. Für Schleswig-Holstein hat die amtierende Koalition in Kiel politisch vereinbart, das Schienennetz in Schleswig-Holstein zu ertüchtigen und zu modernisieren, um besonders den SPNV für die Kunden attraktiver zu machen.

Möglichkeiten zur Verbesserung der Attraktivität des SPNV können eine deutlich verbesserte Anbindung der Regionen an die Ballungsräume, höhere Geschwindigkeiten oder auch dichtere Taktfrequenzen und dadurch kürzere Reisezeiten sein. Ein weiterer Aspekt ist die Stärkung der Stadt-Umland-Verkehre sowie eine bessere Vernetzung mit anderen Mobilitätsformen und neuen Mobilitätskonzepten. Eine Verbesserung der West-Ost-Achsen ist ebenfalls gewünscht.

Ein weiteres Ziel ist der Ausbau der Elektrifizierung im gesamten Netz. Durch die Ausrüstung der Strecken mit Oberleitung und die Verwendung alternativer Energieversorgungs- und Antriebstechnologien, wie zum Beispiel Batterie-elektrische Züge oder Züge mit Wasserstoffantrieb, soll der Dieselantrieb ersetzt werden, um die Energiewende auf der Schiene voranzubringen. Außerdem sollen unter anderem durch die Einführung von innovativen Technologien die Effizienz und Stabilität des Bahnbetriebs gesteigert werden.

Um diese Ziele zu erreichen, sollen verschiedene Maßnahmen im gesamten Netz für den Betrieb des SPNV auf ihre Wirkung untersucht werden. Mit dieser Untersuchung wurde ein Gutachtertteam bestehend aus der Ingenieurgesellschaft für Verkehrs- und Eisenbahnwesen mbH (IVE mbH) in Zusammenarbeit mit der PTV Transport Consult GmbH (PTV) und dem Institut für Bahntechnik GmbH (IFB) beauftragt.

Um die Untersuchungsziele zu erreichen, wurden

- ein Verkehrsmodell für den öffentlichen Verkehr und den Individualverkehr erarbeitet, um die Verteilung der Verkehrsmengen zu berechnen und um Analysen durchführen zu können,

- Fahrzeitmatrizen für die Verkehre auf Straße und Schiene aufgestellt, um die Wettbewerbsfähigkeit der Verkehrsmittel zu erfassen,
- eine Ermittlung des Nutzens verschiedener Fahrtenkonzepte in Bezug auf das Verkehrsaufkommen und die Verkehrsleistung vorgenommen,
- die Bewertung eines Prognose-Planfalls durchgeführt und daraus den eisenbahnbetrieblichen Aufwand abgeleitet,
- eine Evaluierung der Auswirkungen von Störungen auf den Bahnbetrieb durchgeführt,
- eine Berechnung des infrastrukturellen und betrieblichen Aufwandes für den Antrieb mittels Oberleitung, Wasserstoff und Akkumulatoren bei einer vollkommen regionalen Energieversorgung durch Wind und Sonne vorgenommen.

Die folgende Abbildung 1 zeigt die Bahnlinien in Schleswig-Holstein im Jahr 2020.

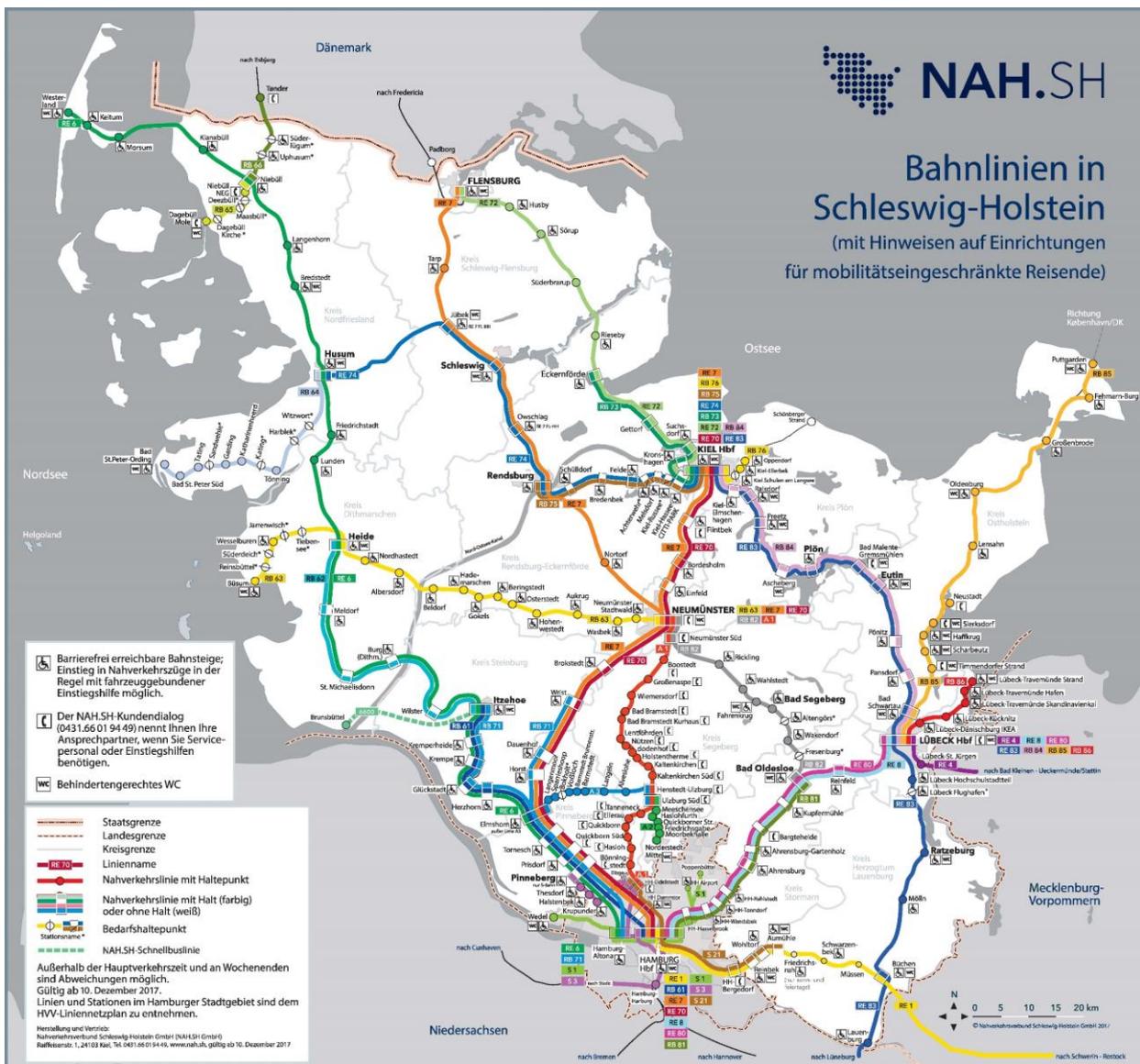


Abbildung 1: Darstellung des Untersuchungsraums mit allen Bahnlinien in Schleswig-Holstein in 2020 [Quelle: <https://www.nah.sh/de/karten/bahnlinienplan-fuer-schleswig-holstein/>]

## 1.1 Ansatz für Zielerreichung

Die aktuellen Zahlen zeigen, dass die Bundesrepublik Deutschland die angestrebten Zielwerte für die Treibhausgasemissionen im Jahre 2030 und folgende nicht erreichen wird. Bei einer sektoralen Betrachtung zeigt sich, dass besonders der Verkehrssektor die Zielvorgaben verfehlen wird. Aus diesem Grund ist eine Diskussion um eine mögliche Verkehrswende in vollem Gang. Schleswig-Holstein als Produzent von grüner Energie hat dabei möglicherweise besonders gute Ausgangsvoraussetzungen.

Aus Befragungen und Erhebungen ist bekannt, dass die Bürger bei einer Wahlfreiheit der Verkehrsmittel eine hohe Flexibilität schätzen. Außerdem vergleichen sie die Fahrzeiten der einzelnen Verkehrsmittel und entscheiden sich für kurze Reisezeiten. Vor diesem Hintergrund ist der öffentliche Nahverkehr in vielen Relationen nicht attraktiv, um Reisende zu motivieren, vom motorisierten Individualverkehr umzusteigen. Dies gilt insbesondere bei Verkehren in ländlichen Räumen, da dort das Angebot im öffentlichen Verkehr oft nur schwach ausgeprägt ist.

Die Regierung in Schleswig-Holstein hat entschieden, auf Landesebene Anreize zu schaffen, damit die Bewohner für ihre Fahrten die Möglichkeit bekommen, auf den öffentlichen Verkehr umzusteigen. Da der SPNV in der Verantwortung der Länder liegt, hat Schleswig-Holstein hier eine entsprechende Gestaltungsmöglichkeit. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es verschiedene Nutzungen im SPNV gibt – insbesondere der Berufsverkehr, ausgerichtet auf die Zentren sowie saisonal starker Tourismusverkehr, ausgerichtet auf die Küstenerschließung. Zudem stellen der Sylt-Verkehr und grenzüberschreitende Verkehre nach Dänemark Besonderheiten dar. Darüber hinaus nutzen Fernverkehr und Güterverkehr dieselbe Infrastruktur. Hier ist also letztlich ein ganzheitlicher Ansatz notwendig. Kern der vorliegenden Untersuchung ist eine Konzentration auf ein ganzheitliches strategisches Zukunftskonzept für den SPNV.

Um die Attraktivität des SPNV zu steigern, soll die Reisezeit für die Nutzer reduziert werden. Dies kann beispielsweise erreicht werden, indem die Infrastruktur für höhere Geschwindigkeiten ertüchtigt wird. In diesem Fall ist zu prüfen, ob eine Geschwindigkeitserhöhung mit dem aktuellen bzw. geplanten Taktfahrplänen und den ausgewiesenen (Umsteige-)Knoten kompatibel ist. Politisch wird eine Geschwindigkeit von mindestens 120 km/h gewünscht. Im Rahmen der Untersuchung wurde geprüft, ob dies umsetzbar und im Konzept nutzbringend ist. Eine Anhebung der Streckengeschwindigkeit bei eingleisigen Strecken, die häufig in Schleswig-Holstein vorkommen, bedeutet dabei aber oft, dass neue Kreuzungsstellen entstehen können, für die ggf. eine Infrastruktur geschaffen werden muss. Eine höhere Geschwindigkeit bedeutet auch, dass die Sicherung der Bahnübergänge angepasst werden muss; häufig ist auch eine Anpassung der Signaltechnik erforderlich. Wenn dann zusätzlich von Dieselfahrzeugen auf elektrisch angetriebene Züge umgestellt wird, die über ein deutlich besseres Beschleunigungsvermögen verfügen, können sich weitere Fahrzeiteffekte ergeben. Aus der Summe der Einzelmaßnahmen können dann Fahrzeitveränderungen entstehen, welche die Verkehrsmittelwahl zugunsten der Bahn beeinflussen können.

Attraktivere Reisezeiten, eine Erhöhung der Bedienungshäufigkeit und eine Reduzierung der Umsteigenotwendigkeiten führen zu einer besseren Anbindung der Regionen. Die Attraktivität des

öffentlichen Verkehrs steigt. Erfahrungen aus anderen Regionen zeigen, dass unter diesen Randbedingungen Reisende den öffentlichen Verkehr stärker nutzen. Durch eine Nutzung von elektrischer Energie sowie durch den Einsatz lokal emissionsfreier Fahrzeuge trägt der öffentliche Verkehr außerdem zu einer Reduktion der Emissionen bei.

## 1.2 Leitbild für ein Zukunftskonzept / Planfallkonzept

Um die Effekte und Wirkungen zu prognostizieren, ist einerseits ein valides Verkehrsmodell zur Abbildung der verkehrlichen Nachfrage notwendig. Andererseits sind aber auch modellhafte Abschätzungen für die auf modifizierter Infrastruktur und unter Berücksichtigung neuer Fahrzeugtechnologien umsetzbaren Fahrzeiten erforderlich. Hierzu werden Fahrtenkonzepte für den SPNV entwickelt, die auf Basis der Ausgangsdaten abgeschätzte Fahrzeiten, Linien, Takte und Haltepunkte enthalten und Netzknoten sowie ergänzende Abschätzungen aufgrund der vorhandenen und angestrebten Netzparameter berücksichtigen. Hierdurch können die Anforderungen an den Detaillierungsgrad eines Strategiekonzepts umgesetzt werden.

Ein Fahrplan ist eine Festlegung der Angebotserstellung im Detail. Die Fahrplanerstellung erfordert eine Fahrzeitrechnung auf Basis hochgenauer Infrastrukturdaten und muss auch Fernverkehr und Güterzüge berücksichtigen. Außerdem beinhaltet ein Fahrplan eine eindeutige Zuweisung von Gleisen in Bahnhöfen. Das ist ohne genaue Kenntnis übriger Zug- und Rangierfahrten nicht möglich und wird in diesem Gutachten daher nicht durchgeführt.

In der Untersuchung wurde ein Prognose-Nullfall-Konzept erarbeitet, das die vorhandene Infrastruktur und die abgesicherten Infrastrukturmaßnahmen bis zum Jahr 2035 enthält. Hier sind zu nennen: die Fehmarnbeltquerung mit der Hinterlandanbindung, die Verlängerung nach Rendsburg-Seemühlen, die Verbindung Wrist – Kellinghusen, die Reaktivierung der Strecke Kiel – Schönberger Strand sowie die Inbetriebnahme weiterer Haltepunkte.

Für den Prognose-Planfall 2035 werden verschiedene Streckenreaktivierungen und Streckenausbauten unterstellt, die später im Einzelnen beschrieben werden. Weitere eigenständige Neubaustrecken oder der Neuaufbau bereits abgebauter Strecken werden nicht geprüft, da eine Planung und Fertigstellung solcher Vorhaben bis 2035 nicht realistisch sind. Die Vorschläge für einen Infrastrukturausbau orientieren sich an der möglichen Nachfragesteigerung, nicht an den finanziellen Rahmenbedingungen für eine Realisierung.

Für die zu entwickelnden Angebote standen nachfragestarke Relationen im Fokus. Relationen mit Potenzial wurden deutlich ertüchtigt. Folgende Gesichtspunkte wurden berücksichtigt:

- Die Eisenbahn spielt dann ihre Stärken am besten aus, wenn sie als Massenverkehrsmittel eingesetzt wird.
- Die Folge ist eine Fokussierung auf Verbindungen zwischen den Zentren.
- Hierfür sind leistungsfähige Bahntrassen mit Platz für alle Verkehrsarten notwendig; möglichst zweigleisig, elektrifiziert und mit passender Signaltechnik ausgestattet.

- Dies ist die Basis für einen leistungsfähigen SPNV mit hohen Reisegeschwindigkeiten als Grundlage für einen attraktiven Nahverkehr in Schleswig-Holstein.
- Der ländliche Raum wird mit passgenauen Eisenbahnkonzepten oder Landesbuslinien möglichst dicht erschlossen.
- Sehr gut erschlossene, intermodale Verkehrsknoten bieten einen direkten Anschluss in die Fläche und ermöglichen einfache Umstiege zwischen unterschiedlichen Verkehrsmitteln und Zubringersystemen.
- Die Finanzierung des SPNV mit Regionalisierungsmitteln ist aktuell nur bis 2030 festgelegt. Für Bestellungen für das Prognosejahr 2035 wurden keine Beschränkungen unterstellt.

## 2 Methodisches Vorgehen

Die Untersuchungsmethodik beschreibt die Herangehensweise und die inhaltlichen Tätigkeiten und Verfahrensweisen, die zur Lösung der Aufgabenstellung angesetzt wurden. Im Folgenden wird weiterhin auf die verwendeten Datengrundlagen eingegangen. Damit sind in diesem Kapitel die Grundlagen der Arbeiten dokumentiert.

### 2.1 Allgemein

Im Sinne eines klassischen Planungsansatzes beinhaltet die Untersuchung sowohl Analysen der aktuellen Verkehrssituation als auch die Entwicklung eines Konzeptes für den Schienenpersonennahverkehr in Schleswig-Holstein. Ziel ist es, für die Zukunft ein anforderungsgerechtes Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln zur Verfügung zu stellen und eine echte Alternative zum motorisierten Individualverkehr zu schaffen. Der Schienenpersonennahverkehr bildet dabei das Rückgrat auf landesweiter Ebene. Folgende Punkte werden in der Konzeption verfolgt:

- Bereitstellen eines Angebotes an Fahrten (Bedienungshäufigkeit)
- Einrichten von konkurrenzfähigen Reisezeiten
- Schaffen von direkten Verbindungen oder akzeptablen Verknüpfungen innerhalb des Schienenverkehrs sowie intermodal

Als Planungshorizont wurde das Jahr 2035 festgelegt. Das ist der offizielle Planungshorizont des Landes Schleswig-Holstein. Für dieses Jahr liegen die wesentlichen Grundlagen, Rahmenkonzepte und Statistiken vor.

Die genannten inhaltlichen Anforderungen setzen voraus, dass die Untersuchung von Angebot und Nachfrage eng miteinander verzahnt werden. Das erfordert:

- Die Konzipierung des Verkehrsangebots unter Berücksichtigung der verkehrlichen Wirkungen sowie
- eine anforderungsgerechte Gestaltung der Detaillierungsebene des Datenmodells.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurden folgende Untersuchungsfälle betrachtet:

- **Ist-Zustand**
  - Untersuchung Status Quo (Raumstruktur 2019, Fahrplan 2019, Infrastruktur 2019), Analysefall
- **Prognose-Nullfall 2035**
  - Fortschreibung des Ist-Zustandes auf den Planungshorizont,
  - beinhaltet raumstrukturelle Entwicklungen bis zum Jahr 2035,
  - berücksichtigt festgelegte Maßnahmen des Verkehrsangebotes bis zum Jahr 2035,
  - berechnet die Verkehrsnachfrage für die vorgenannten Rahmenbedingungen,
  - bildet die Grundlage für die Auswertung der verkehrlichen Potenziale des Schienenverkehrs und Vergleichsfall für den zu entwickelnden Planfall.

- **Prognose-Planfall 2035**

- Weiterentwicklung des Prognose-Nullfalls 2035,
- Zusammenfassung untersuchter Maßnahmen und Teilkonzepte zu einem landesweiten Schienenverkehrskonzept,
- berechnet die Verkehrsnachfrage für den weiterentwickelten Angebotszustand.

Die folgende Übersicht beschreibt die maßgeblichen Untersuchungsfälle und das Ineinandergreifen der einzelnen Berechnungsschritte:



Abbildung 2: Ist-Zustand und Fälle der Prognoseberechnung

Damit ist das Grundprinzip der Berechnungen beschrieben. Die Erläuterung der einzelnen Berechnungsfälle wird in den folgenden Kapiteln vorgenommen.

## 2.2 Datengrundlagen

Dem Gutachterteam wurden verschiedene Unterlagen zur Verfügung gestellt, um die Erarbeitung der Lösungen zu unterstützen. Dazu zählen:

- Daten und Unterlagen zum derzeitigen Angebot im SPNV
- Fahrplan- und Betriebskonzepte für den SPNV für die Prognose-Fälle
- Strategische Überlegungen und -konzepte zum zukünftigen Verkehrsangebot
- Studien und Hinweise zu geplanten und möglichen Maßnahmen zur Infrastruktur- und Angebotsverbesserung

Auf wesentliche Datengrundlagen wird bei der Beschreibung der Umsetzung der Arbeitspakete eingegangen. Die Datengrundlagen wurden mit dem MWVATT und der NAH.SH abgestimmt.

## Eisenbahninfrastruktur

Die Untersuchung entwickelt strategische Konzepte auf Basis übergebener Ausgangsdaten. Für die eisenbahntechnischen Prüfungen wurde ein vereinfachtes Fahrtenkonzept-Modell auf Excel-Basis verwendet, das für die vorliegende Untersuchung ausreichend detailliert ist. Mit diesem können die hier erforderlichen prinzipiellen Berechnungen in vereinfachter Form und Abschätzungen vorgenommen werden.

Aus den Unterlagen der NAH.SH, Untersuchungen der DB Netz AG und Planungen zum Deutschlandtakt 2030 sowie aus frei verfügbaren Daten zur Infrastruktur konnten Fahrzeiten für zukünftige Konzepte abgeschätzt werden. Für spätere Ermittlungen des Infrastrukturbedarfs und zur Erstellung von Fahrplänen mit berechneten Fahrzeiten sind mikroskopisch exakte Detailuntersuchungen mit eisenbahnbetriebswissenschaftlichen Verfahren notwendig.

## Verkehrsmodellierung

Das Verkehrsmodell wurden in PTV Visum aufgebaut. Im Modell werden alle Eingangsdaten zusammengefasst und miteinander in Beziehung gebracht.

Die notwendigen Eingangsdaten sind von der Berechnungsmethodik (hier: Verfahren zur Prognose der Verkehrsnachfrage) abhängig. Die Beschreibung des Verfahrens erfolgt in Kapitel 2.3. Für die Berechnungen der Verkehrsnachfrage sind demnach folgende Eingangsdaten ausschlaggebend:

1. Daten zur Beschreibung der Raumstruktur
2. Daten, mit denen die verkehrlichen Verflechtungen beschrieben werden
3. Angaben zum Verkehrsangebot
4. Grundlagen der Verkehrsnachfrage

Die Raumstrukturdaten wurden den offiziell zugänglichen Statistiken entnommen. Insbesondere wurden die Datenbanken des Statistischen Amtes für Hamburg und Schleswig-Holstein (Statistikamt Nord) recherchiert. Als wesentliche Merkmale zur Erstellung der für diese Untersuchung notwendigen Berechnungsgrundlagen gelten die Zahlen der Einwohner und Beschäftigten. In Anlehnung daran und um das gesamte Untersuchungsgebiet abdecken zu können, wurde weiterhin auf die Auswertungen der statistischen Ämter der umliegenden Länder zugegriffen. Für die Berechnungen wurde einheitlich auf den Datenstand des Jahres 2017 zurückgegriffen.

Für die Prognose ist die 14. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung des Bundes und der Länder (Variante W2) zum Ansatz gebracht worden. Auch diese Statistik ist öffentlich zugänglich.

Zur Beschreibung der verkehrlichen Verflechtungen wurde die Pendlerstatistik der Bundesagentur für Arbeit ausgewertet. Die Auswertung bezieht sich auf den Datenstand des Jahres 2018.

Für die Berechnungen sind die Daten des Verkehrsangebots des öffentlichen Verkehrs sowie des Straßenverkehrs relevant. Das Modell des öffentlichen Verkehrs wurde für den Fahrplanstand 2018/2019 neu aufgebaut. Der Fahrplantage gibt einen mittleren Werktag in der Schulzeit (Regelverkehr, ohne Baustellen) wieder. Es wurden digitale Fahrplandaten der NAH.SH verwendet und sämtliche Angebotsformen berücksichtigt. Dazu erfolgte ein Routing des Schienennetzgraphen, um für

die Schienenverkehre längenbezogene Kenngrößen auswerten zu können. Alle weiteren öffentlichen Verkehre wurden ergänzend in das Modell aufgenommen. Das Angebotsmodell deckt das Land Schleswig-Holstein sowie alle ein- und auspendelnden Verkehre ab.

Der Straßenverkehr wurde im Sinne einer konkurrierenden Verkehrsart im Modell implementiert. Die Datenquelle ist das deutschlandweite Verkehrsmodell PTV Validate. Für Schleswig-Holstein sowie die Freie und Hansestadt Hamburg und das Umland wurde ein Ausschnitt verwendet. Die Angebotsdaten sind für den Ist-Zustand (Jahr 2015) verarbeitet worden; die unterschiedlichen Datenstände wurden homogenisiert. Damit liegen konsistente Grundlagen für beide Verkehrsarten zur weiteren Verarbeitung vor.

Die Verkehrsnachfrage des öffentlichen Verkehrs wurde für den Ist-Zustand berechnet. Dazu sind in einem ersten Schritt die Wegemengen unter Verwendung der Anzahl der Einwohner und Kenngrößen, die das Verkehrsverhalten beschreiben – zum Beispiel sind das spezifische Verkehrsaufkommen als Angabe zur Anzahl an Wegen je Einwohner und Tag, bestimmt worden. Mit Hilfe eines Gravitationsansatzes wurden die Wegemengen auf die einzelnen Quelle-Ziel-Beziehungen verteilt. Um plausible Berechnungsergebnisse zu generieren, wurde die resultierende Matrix der Fahrgastnachfrage kalibriert. Vergleichsgrößen der Kalibrierung waren die Streckenbelegungen (Datenübergabe der NAH.SH) sowie weitere Sekundärdaten, die Informationen über Wege mit öffentlichen Verkehrsmitteln im Untersuchungsgebiet geben. Im Besonderen sind an dieser Stelle mittlere Reiseweiten und Reisezeiten zu nennen.

Die Nachfrage des motorisierten Individualverkehrs wurde – wie das Verkehrsangebot des Straßenverkehrs – aus PTV Validate übernommen. Vor der Berechnung erfolgte eine Vereinheitlichung der Grundlagen mit den Daten des öffentlichen Verkehrs, um die Passfähigkeit der Datenstände herzustellen. Das bezieht sich auf die räumliche und zeitliche Ausprägung des Datenstandes.

### **Energiewende im SPNV**

Für die Grunddatenermittlung erfolgte eine Recherche von aktuellen Fachinformationen zu den Themenkomplexen:

- Energiewende, Klimapolitik, Energiepolitik in Europa, Deutschland und Schleswig-Holstein – aktuell wirksame politische Beschlüsse und Gesetzgebung
- Batterieelektrische Antriebstechnik im Verkehrs- und Eisenbahnwesen
- Brennstoffzellen-elektrische Antriebstechnik im Verkehrs- und Eisenbahnwesen
- Eisenbahn und SPNV in Schleswig-Holstein
- Bahnstromversorgung und Elektrifizierung in Deutschland und Schleswig-Holstein
- Produkt- und Herstellerinformationen zu Energieversorgungs- und Antriebssystemen

Für die Modellbildung des Energieversorgungs- und Antriebssystems für Schleswig-Holstein wurden folgende Daten einbezogen:

- Eisenbahn-Streckennetzdaten der DB AG / Bahnstrecken in Schleswig-Holstein
- Netzdaten Energieversorgung Schleswig-Holstein (Hochspannungsnetz, Höchstspannungsnetz)

- Netzdaten Bahnenergieversorgung
- Fahrzeugspezifische Daten der im SPNV eingesetzten oder künftig einsetzbaren Einheiten
- Betriebsdaten des SPNV in Schleswig-Holstein: Linien, Haltestellen (Fahrplan 2020)
- Tankstellenkarte 2020
- Preisblätter, Preisinformation für die Energieversorgung durch Versorger

Die Daten dienen als Eingangsparameter der Energiebedarfsrechnung sowie für die Untersuchung der Umsetzungsszenarien.

## 2.3 Verkehrsmodell und Rahmenbedingungen der Berechnung

Zur Optimierung des Schienenverkehrs in Schleswig-Holstein wurde ein Verkehrsmodell für Schiene und Straße erstellt. Für Entscheidungen zur Stärkung der Schiene muss die Wettbewerbssituation zur Straße bekannt sein; deshalb wurden Fahrzeitmatrizen für die Straße aufgestellt. Aus der Kenntnis der Verkehrsaufkommen in einzelnen Relationen kann dann geprüft werden, ob und in welcher Ausgestaltung bei nachfragestarken Relationen bereits ein Bahnangebot besteht und inwieweit dies konkurrenzfähig ist bzw. welche Maßnahmen ergriffen werden müssen, um es wettbewerbsfähig zu gestalten. Anschließend können der Nutzen und der betriebliche Aufwand der Fahrtenkonzepte ermittelt werden. Daraus sind auch die Fahrzeuggrößen ableitbar.

Für die Erstellung des Verkehrsmodells und die Berechnung der Nachfrageprognose einschließlich der Planfallbewertung wird die Planungssoftware PTV Visum (s. Kap. 2.3.1) eingesetzt.

### 2.3.1 Allgemeines und Modellansatz

Die Spezifikation zum Aufbau des Verkehrsmodells und damit die Komplexität des Modells wurde an den Zielen der Aufgabenstellung dieser Untersuchung ausgerichtet. Die Bewertung des Planfalls für den Schienenverkehr steht demnach im Vordergrund.

Das Verkehrsmodell wird mit der Software PTV Visum aufgebaut. Alle wesentlichen Bestandteile werden im modellhaften Zusammenhang verbunden. Das betrifft die Eingangsdaten, die modellinterne Rechenmechanik des Nachfragemodells sowie seine Parameter und letztlich die Ergebnisse. Das Verkehrsmodell wird für zwei Schwerpunkte genutzt:

- a) um den Ist-Zustand abzubilden (Analyse) und
- b) um zukünftige Zustände zu berechnen (Prognose).

Das Verkehrsmodell für diese Untersuchungen besteht aus zwei Bausteinen: das Angebotsmodell und das Nachfragemodell. Das Verkehrsangebotsmodell beinhaltet die Linien mit (gerouteten) Linienwegen und Fahrplan, Haltestellen/Verknüpfungspunkten, das Straßennetz und Verkehrsbezirke.

Die Verkehrsnachfrage wird in einer Verkehrsstrommatrix dargestellt. Diese Matrix beinhaltet die Anzahl der Fahrten zwischen den Quellen und Zielen im Untersuchungsgebiet. Es wird damit die Frage beantwortet, wie viele Menschen heute von einem Ausgangsort zu einem Zielort fahren, mit welchem Verkehrsmittel sie das tun und wie regelmäßig sie unterwegs sind.

Für diese Untersuchung wird das Prognoseverfahren der Standardisierten Bewertung von Verkehrsweginvestitionen des öffentlichen Personenverkehrs verwendet. Das hat folgende Vorteile:

- Das Verfahren schließt die Betrachtung von öffentlichem Verkehr und motorisiertem Individualverkehr ein. Das sind die für diese Untersuchung relevanten Verkehrsarten.
- Veränderungen der Fahrgastnachfrage des Schienenverkehrs hängen auch von der Höhe der Verkehrsnachfrage des motorisierten Individualverkehrs als konkurrierende Verkehrsart ab. Damit erfolgt implizit eine Berücksichtigung der Potenziale für den Schienenverkehr.
- Das Modell ist in Hinblick der Spezifik unterschiedlicher Räume und Raumpotenziale sensitiv – also prognosefähig.
- Generell ist es sensitiv für Maßnahmen, die das Verkehrsangebot betreffen und gegenüber raumstrukturellen Entwicklungen. Damit können Veränderungen der verkehrlichen Potenziale berechnet werden.
- Das Verfahren ist offiziell anerkannt. Es ist Bestandteil der Berechnung von Nutzen-Kosten-Indikatoren zum Nachweis der Förderwürdigkeit von Investitionsmaßnahmen. Perspektivisch könnten die Berechnungen dahingehend erweitert werden.

Das Verkehrsmodell wurde für einen mittleren Werktag in der Schulzeit aufgebaut. Damit sind die maximalen Verkehrsmengen abgebildet, die für die Dimensionierung von Verkehrsangeboten des öffentlichen Verkehrs und des Straßenverkehrs benötigt werden. Das Modell enthält für diesen Verkehrstag eine Tagesganglinie. Mit der Tagesganglinie können Schwankungen im tageszeitlichen Verlauf dargestellt und ausgewertet werden.

Mit der Auswertung von Sekundärstatistiken und vorhandenen Milieustudien ist es möglich, Hochrechnungen vorzunehmen. Hochrechnungen können auf Wochen- und Jahreswerte erfolgen. Damit sind auch saisonale Schwankungen einbezogen. Unterschiede in der Verkehrsnachfrage, wie sie beispielsweise in den Sommermonaten auftreten, sind ebenfalls ableitbar.

### **2.3.2 Untersuchungsgebiet**

Das Untersuchungsgebiet ist das Land Schleswig-Holstein. Zur Abbildung der verkehrlichen Verflechtungen, die über die Ländergrenzen hinausgehen, wird ein Umland definiert. In das Umland werden Dänemark und die unmittelbar an Schleswig-Holstein angrenzenden Landkreise der Bundesländer Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern einbezogen. Die Freie und Hansestadt Hamburg wird vollständig aufgenommen, da starke Pendlerbeziehungen zwischen Schleswig-Holstein und Hamburg bestehen. Beziehungen, die den Hamburger Binnenverkehr betreffen, werden nicht ausgewertet, da sie auch nicht Bestandteil der Aufgabenstellung sind. Verkehre, die über den Umlandgürtel hinausgehen, werden über Fernverkehrsmatrizen berücksichtigt.

Die folgende Abbildung zeigt den räumlichen Umgriff der modellhaften Berechnungen mit der Unterteilung in Untersuchungsgebiet und Umland:

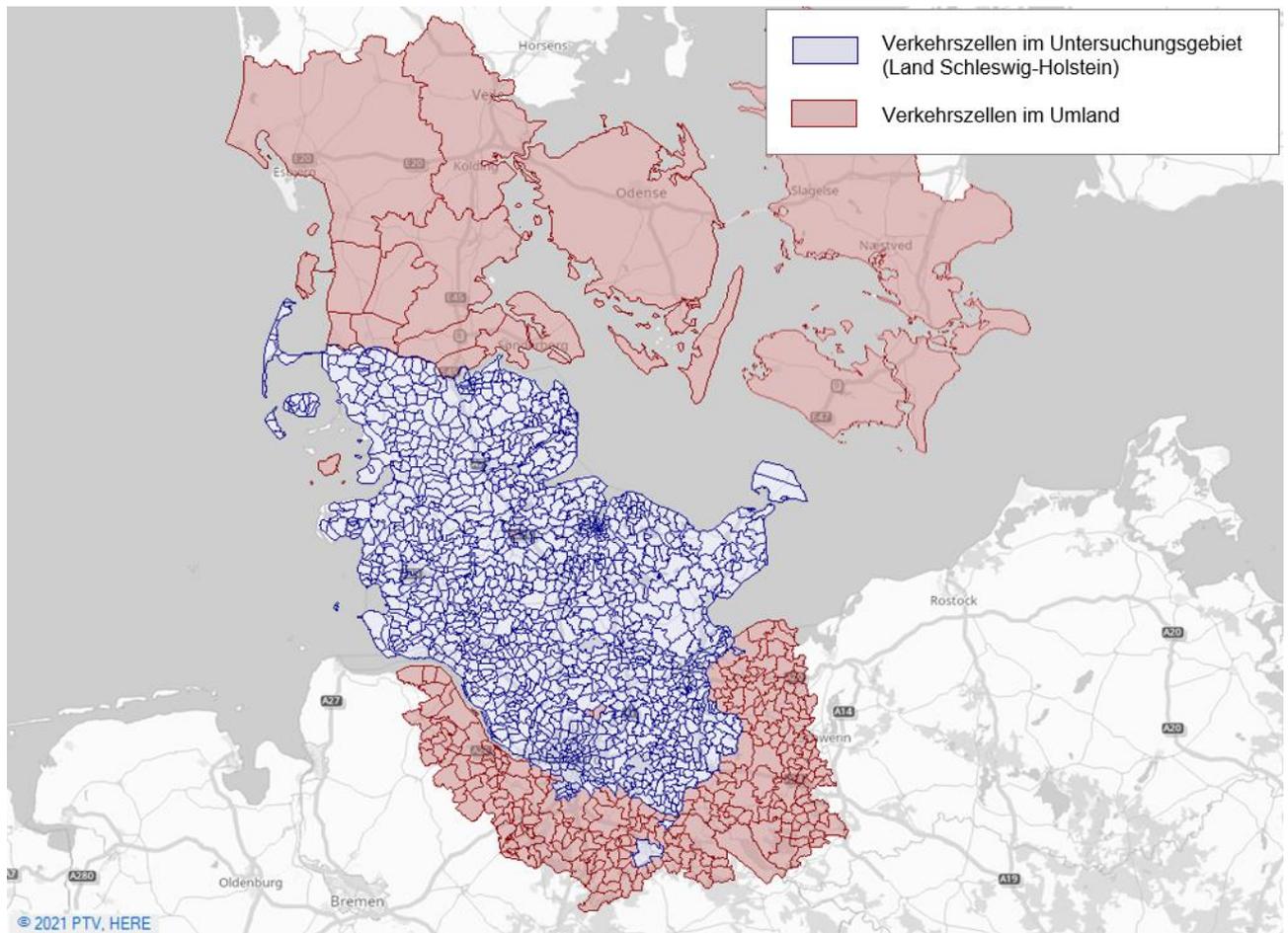


Abbildung 3: Untersuchungsgebiet und Umland

Das Untersuchungsgebiet wird weiterhin in Verkehrsbezirke (Quell- und Zielgebiete der Ortsveränderungen) unterteilt. Zur Unterteilung dienen die administrativen Grenzen der Gemeinden und Städte. Städte wurden zudem feiner differenziert. Hier sind die Stadtteile in einer ersten Orientierung maßgebend.

Die Einteilung in Verkehrsbezirke wurde dahingehend überprüft, dass eine vergleichbare Verteilung der verkehrlichen Potenziale in den einzelnen Bezirken entsteht. Damit werden unverhältnismäßige Schwerpunkte im Untersuchungsraum vermieden. Die Überprüfung erfolgte anhand der Einwohnerzahlen und der Zahl der Arbeitsplätze. Extreme Abweichungen vom Mittelwert der Kennwerte Einwohner je Verkehrsbezirk und Arbeitsplätze je Verkehrsbezirk wurden zusätzlich geprüft; die betreffenden Bezirke nach Möglichkeit weiter unterteilt. In dem Zusammenhang wurde zudem eine Orientierung an der räumlichen Einteilung des Verkehrsmodells Kiel hergestellt.

Ein weiteres Kriterium für eine stärkere Differenzierung sind die Bahnhöfe bzw. Haltepunkte. Um für jeden Haltepunkt Ein- und Aussteiger ermitteln zu können, wurde geprüft, dass jeder SPNV-Halt in einem eigenen Verkehrsbezirk liegt. Damit wird der fußläufige Einzugsbereich zu den Zugangsstellen des Schienenverkehrs dargestellt.

Die Unterteilung der Freien und Hansestadt Hamburg wurde davon abweichend festgelegt. Die Verkehrsbezirkseinteilung wurde dahingehend abgewogen, dass die ein- bzw. auspendelnden Verkehre adäquat abgebildet sind. Dieses Vorgehen ist ausreichend, da der Fokus der Untersuchung auf dem Land Schleswig-Holstein liegt.

Die räumliche Differenzierung des Untersuchungsgebietes ist der Abbildung 3 zu entnehmen. Die Tabelle 1 gibt die Statistik dazu wieder.

Untersuchungsraum	Verkehrszellen
Schleswig-Holstein	1.270
Niedersachsen	180
Mecklenburg-Vorpommern	139
Freie und Hansestadt Hamburg	104
Dänemark	15
<b>Gesamt</b>	<b>1.708</b>

Tabelle 1: Verkehrszellen in den Teilräumen des Untersuchungsgebietes

Für die oben beschriebenen Raumstrukturdaten und die Pendlerverflechtungen wurden für das Land Schleswig-Holstein als Planungsgebiet und der Verkehrsbezirke die folgenden Auswertungen vorgenommen:

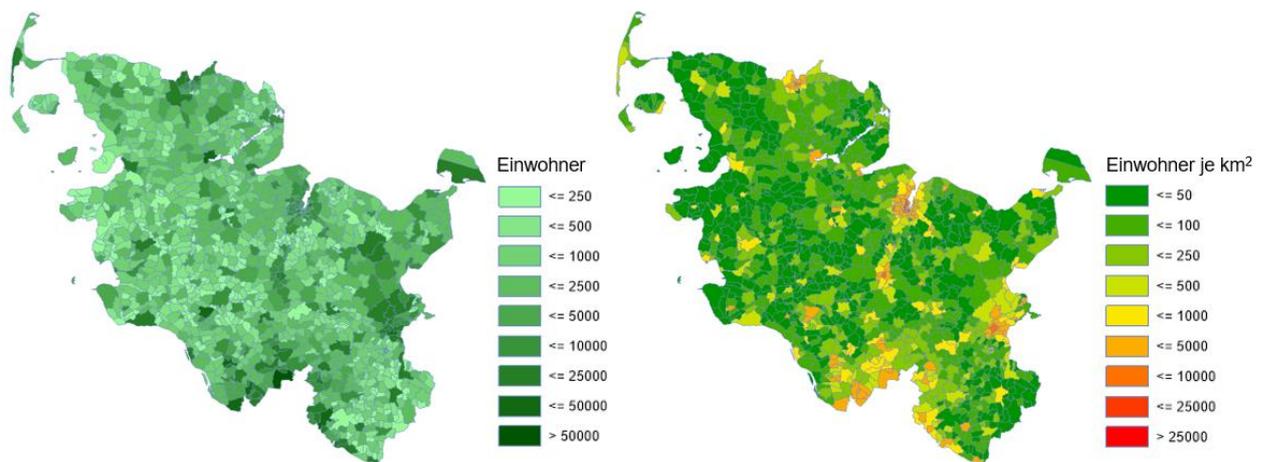


Abbildung 4: Einwohner im Untersuchungsgebiet – absolut und Dichtedarstellung

Es zeigt sich die Charakteristik des Landes Schleswig-Holstein als ein Flächenland. In weiten Teilen des Landes leben vergleichsweise wenige Menschen. Die Städte Lübeck, Kiel und Flensburg sowie Neumünster treten deutlich hervor. Auch im Einzugsbereich von Hamburg sind erwartungsgemäß höhere Einwohnerdichten auszumachen.

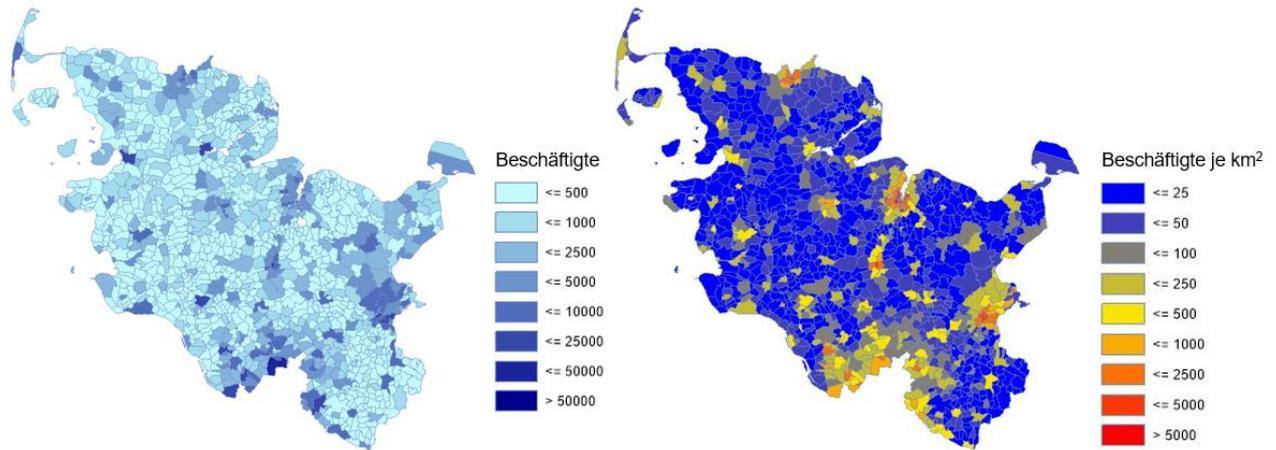


Abbildung 5: Arbeitsplätze im Untersuchungsgebiet – absolut und Dichtedarstellung

Die Verteilung der Arbeitsplätze ist zur Einwohnerverteilung vergleichbar. Diese Gegebenheiten heben die Bedeutung einer guten Schienenanbindung für die Fläche hervor. Hier spielen schnelle, häufige und nach Möglichkeit umsteigefreie Verbindungen in die Zentren eine entscheidende Rolle, um ländliche Regionen attraktiv und lebenswert zu gestalten bzw. zu erhalten.

Die Statistik der Einwohner- und Arbeitsplatzzahlen enthält die folgende Tabelle:

Landkreis / Kreisfreie Stadt	Einwohner	Arbeitsplätze
Kreisfreie Stadt Flensburg	86.800	60.000
Kreisfreie Stadt Kiel	252.200	173.500
Kreisfreie Stadt Lübeck	220.300	128.400
Kreisfreie Stadt Neumünster	80.800	51.700
Kreis Dithmarschen	133.900	60.700
Kreis Herzogtum Lauenburg	195.200	70.400
Kreis Nordfriesland	165.700	90.900
Kreis Ostholstein	201.800	91.600
Kreis Pinneberg	313.400	131.000
Kreis Plön	128.500	44.100
Kreis Rendsburg- Eckernförde	272.200	117.200
Kreis Schleswig- Flensburg	198.400	84.700
Kreis Segeberg	273.400	125.300
Kreis Steinburg	131.800	56.100
Kreis Stormarn	243.700	114.900
<b>Schleswig-Holstein</b>	<b>2.898.100</b>	<b>1.400.500</b>

Tabelle 2: Einwohner und Arbeitsplätze in Schleswig-Holstein (Datenstand 2017)

An dieser Stelle werden zudem die Ergebnisse der Auswertung der Pendlerverflechtungen dargestellt. Aufgrund der starken Beziehungen zur Freien und Hansestadt Hamburg erfolgt die Auswertung für Schleswig-Holstein und Hamburg in getrennten Darstellungen. Auch die Pendlerbeziehungen zum weiteren Umland in Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern wird im Folgenden ausgewiesen:

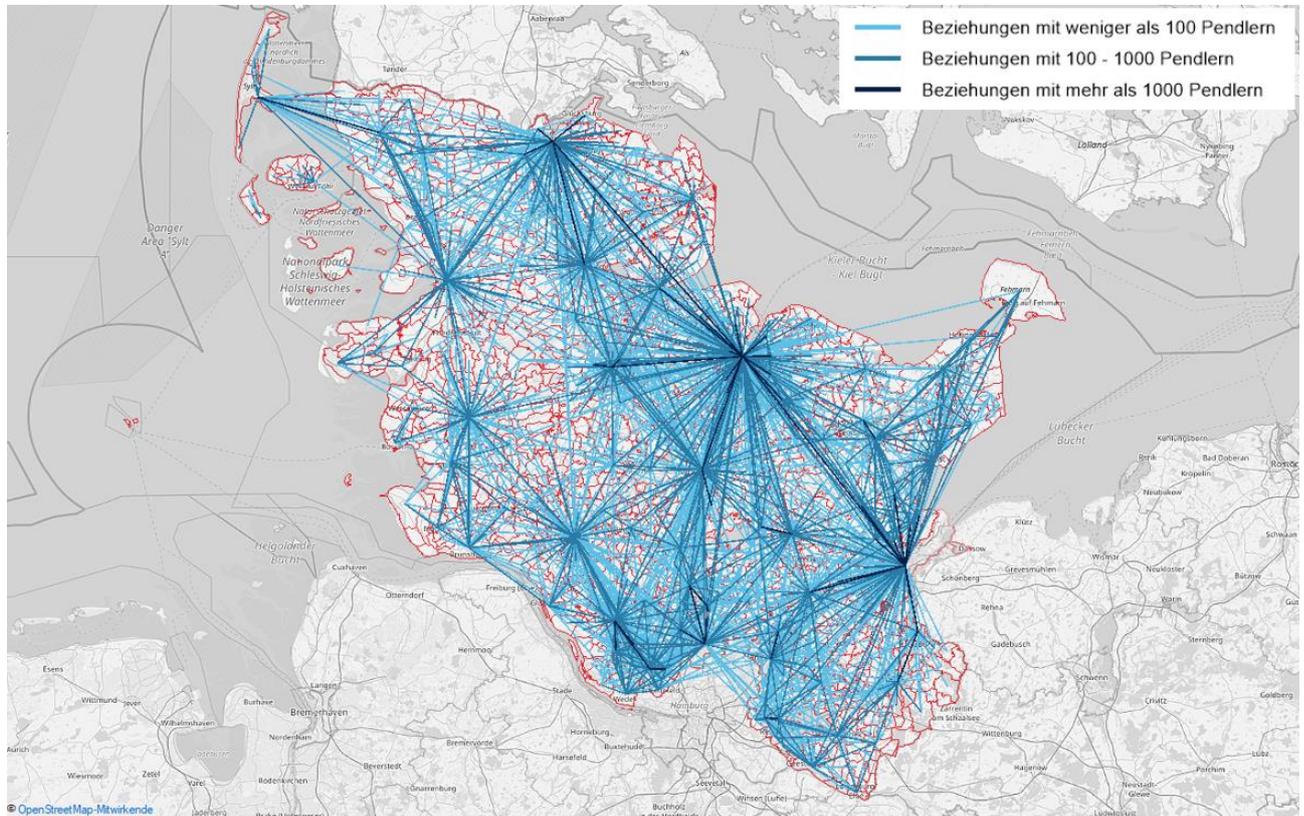


Abbildung 6: Pendlerverflechtungen innerhalb Schleswig-Holsteins (TOP 2.500 Beziehungen)

Die Aufbereitung in Abbildung 6 zeigt die Ausrichtung der Pendlerbeziehungen auf die Zentren. Arbeitsplatzschwerpunkte im Binnenverkehr des Landes sind insbesondere die Städte Lübeck, Kiel und Flensburg. Weitere Schwerpunkte – wenn auch in geringerer Ausprägung – zeigen sich zum Beispiel in Neumünster, Rendsburg, Husum sowie im unmittelbaren Umland von Hamburg.

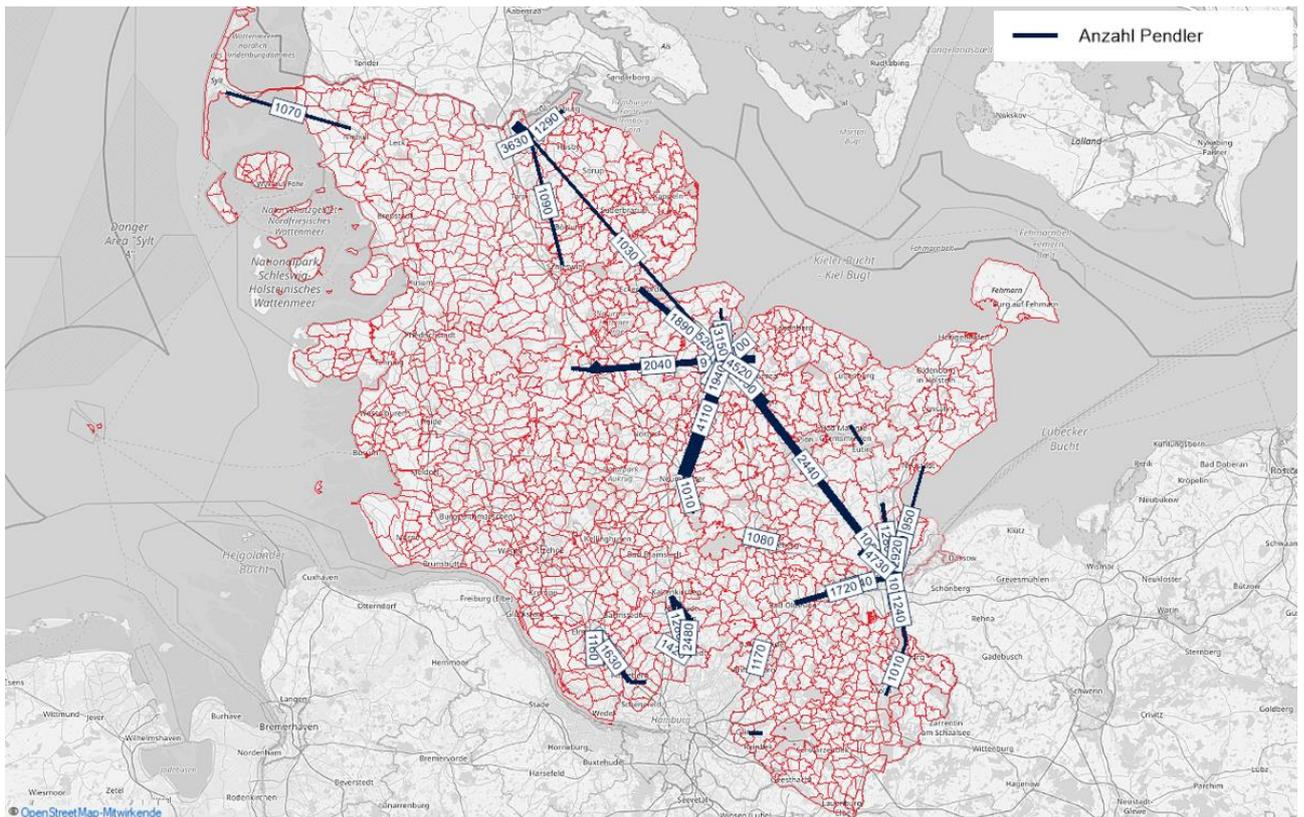


Abbildung 7: Pendlerverflechtungen innerhalb Schleswig-Holsteins (TOP 50 Beziehungen)

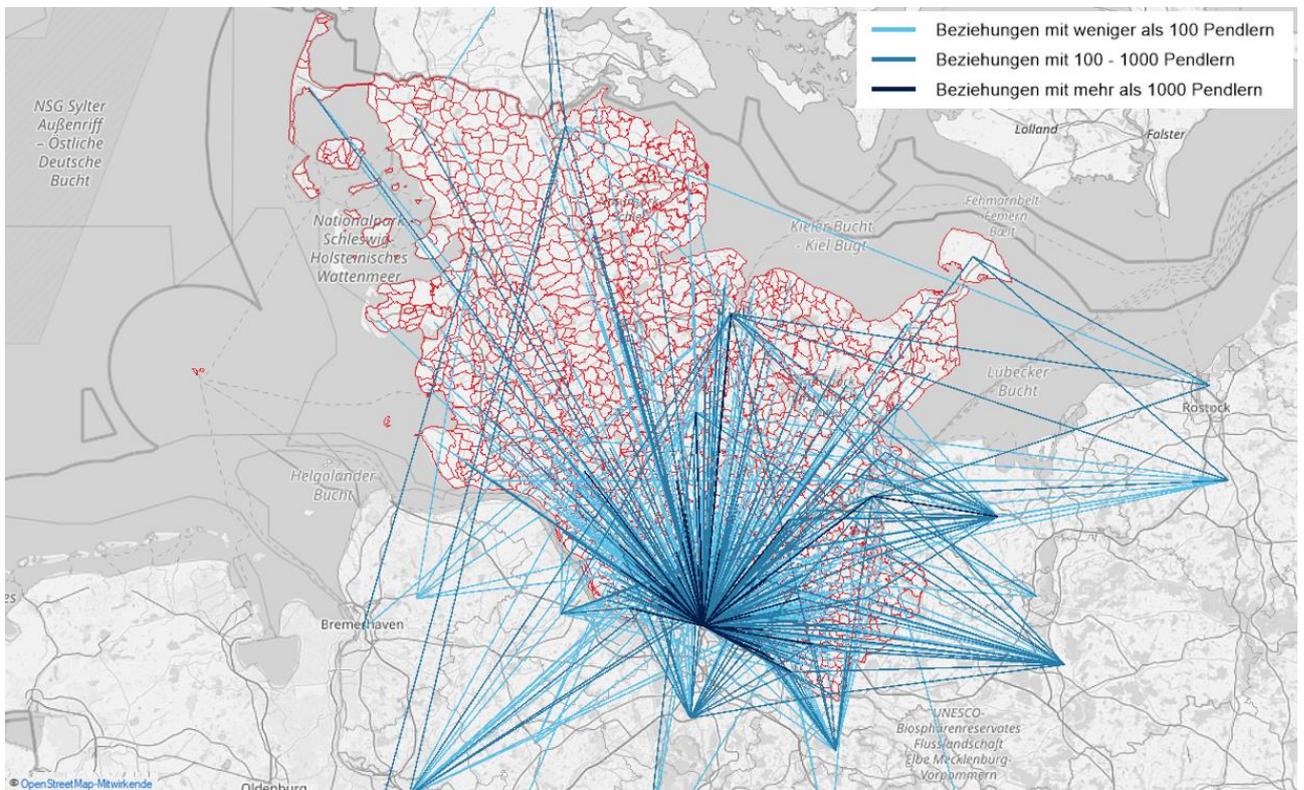


Abbildung 8: Pendlerverflechtungen Schleswig-Holsteins zum Umland inkl. Hamburg (TOP 50 Beziehungen)

Die verkehrlichen Verflechtungen der Berufspendler des Landes Schleswig-Holstein in Bezug auf die Freie und Hansestadt Hamburg und das weitere Umland sind in Abbildung 8 dargestellt. Auch hier sind die Städte Lübeck, Kiel und Flensburg erkennbar, auch wenn Flensburg aufgrund der relativ weiten Entfernung an dieser Stelle nicht deutlich hervortritt. Ansonsten ist auch hier das unmittelbare Umland von Hamburg hervorgehoben.

Eine vergleichbare Auswertung zeigt die folgende Darstellung. Im Unterschied zur Abbildung 8 sind hier die 500 stärksten Relationen ohne Hamburg dargestellt:

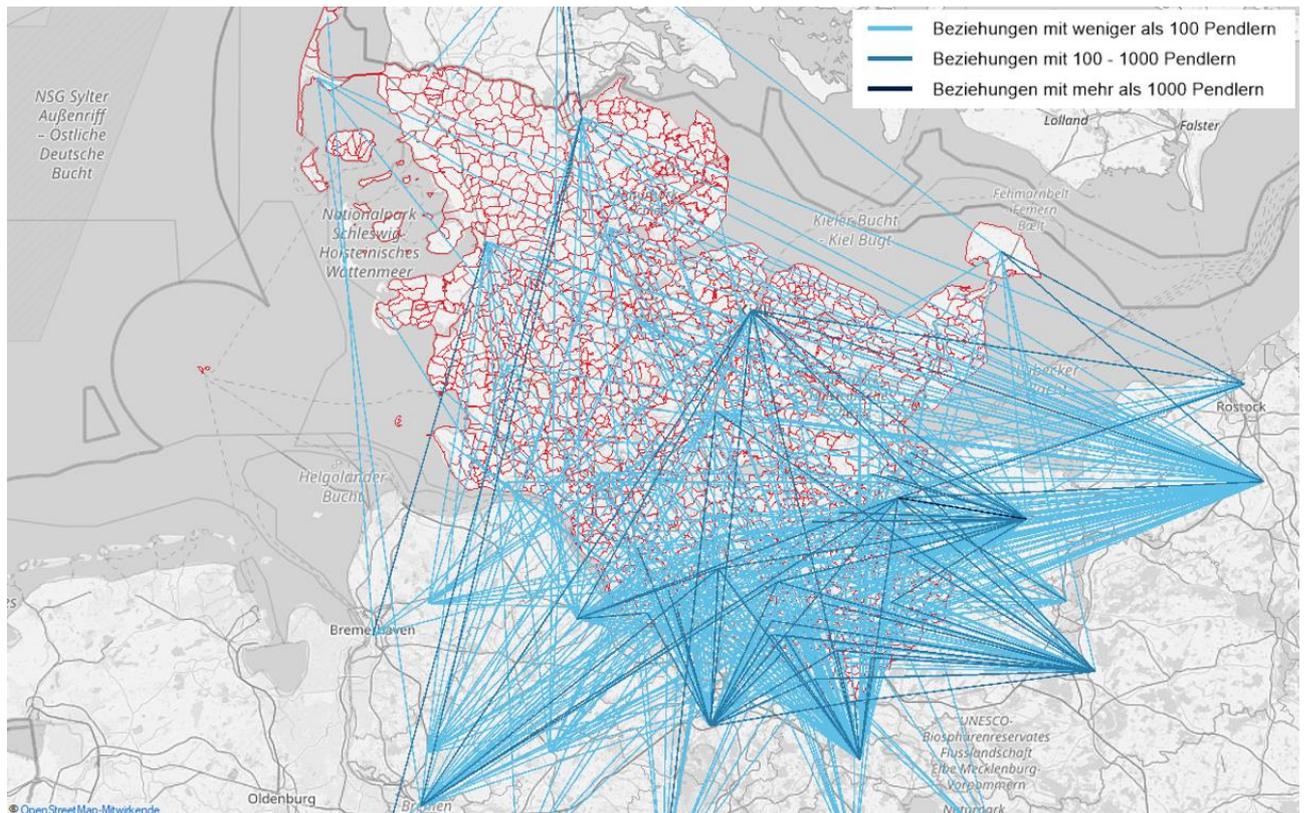


Abbildung 9: Pendlerverflechtungen Schleswig-Holsteins zum Umland ohne Hamburg (TOP 500 Beziehungen)

### 2.3.3 Angebotsmodell Öffentlicher Verkehr

Kern der Untersuchung ist der SPNV und dessen künftige Entwicklung. Aus diesem Grund wurde das Angebot für den Schienenverkehr detailliert modelliert. Bei Stadt- und Regionalbusverkehren wurde dahingehend vereinfacht, dass auf ein genaues Routing der Linienwege verzichtet wurde. Diese Vereinfachungen beeinflusst die Aussagegenauigkeit für den Schienenverkehr nicht. Für das gesamte Untersuchungsgebiet wurden die Fahrplandaten für einen mittleren Werktag in das Verkehrsmodell aufgenommen. Neben dem SPNV wurde auch der SPFV berücksichtigt. Zu den verwendeten Datengrundlagen wird auf die Ausführungen in Kapitel 2.2 verwiesen.

Eine graphische Darstellung des Netzgraphen zeigt die Abbildung 10:

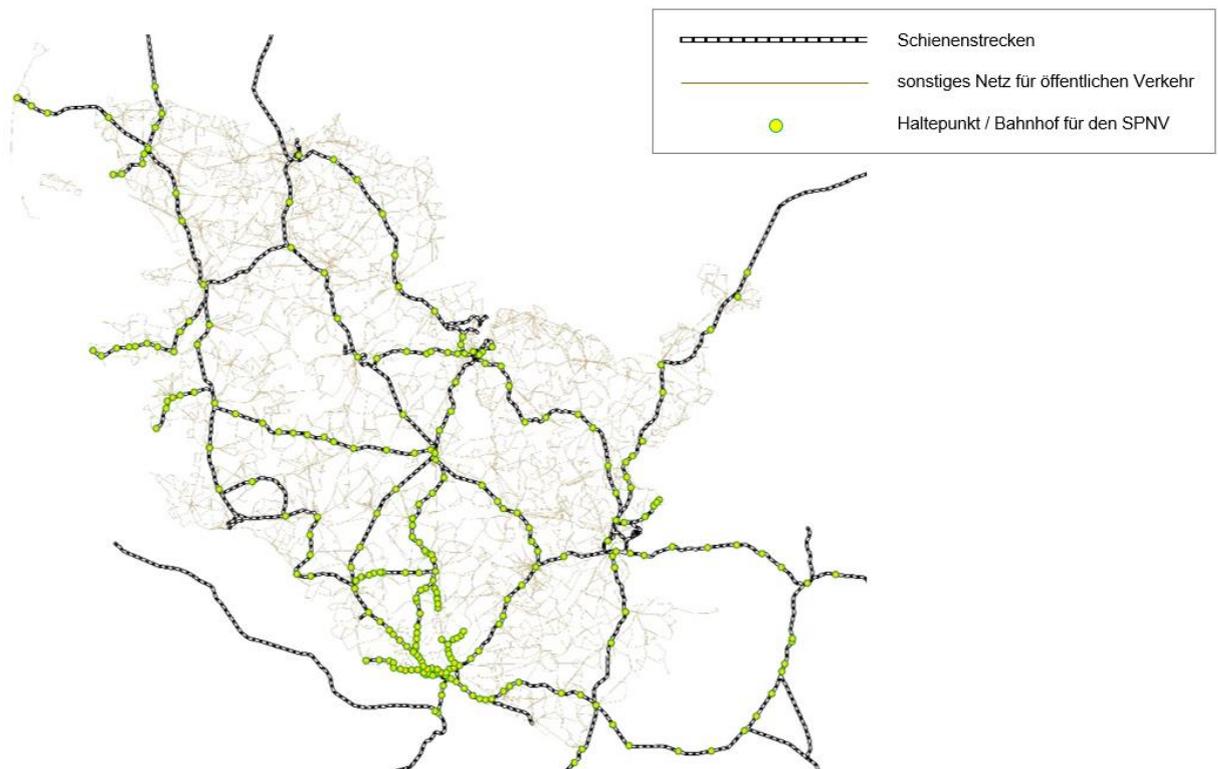


Abbildung 10: Angebotsmodell öffentlicher Verkehr

Der Schienennetzgraph einschließlich der Haltestellen sowie die (ungerouteten) Strecken der Busverkehre sind darauf zu erkennen. Die Angebote des Busverkehrs sind mit denen des Schienenverkehrs verknüpft. Damit entstehen bei der Berechnung der Aufwandskenngrößen, zum Beispiel der Reisezeit des öffentlichen Verkehrs, durchgängige Wegeketten für rein schienengebundene Wege und für Wege, bei denen zwischen den Verkehrssystemen umgestiegen wird. Insgesamt liegt ein konsistentes Angebotsmodell vor.

Auf Grundlage dieses Modellstandes werden die Aufwandskennwerte des öffentlichen Verkehrs berechnet. Die relevanten Kennwerte sind die Reisezeit (im Wesentlichen Fahrzeit in den Fahrzeugen sowie Zu- und Abgangszeit), Bedienungshäufigkeit und Umsteigehäufigkeit.

### 2.3.4 Angebotsmodell Straßenverkehr

Der verwendete Netzausschnitt des Straßenverkehrs ist in der folgenden Abbildung dargestellt:

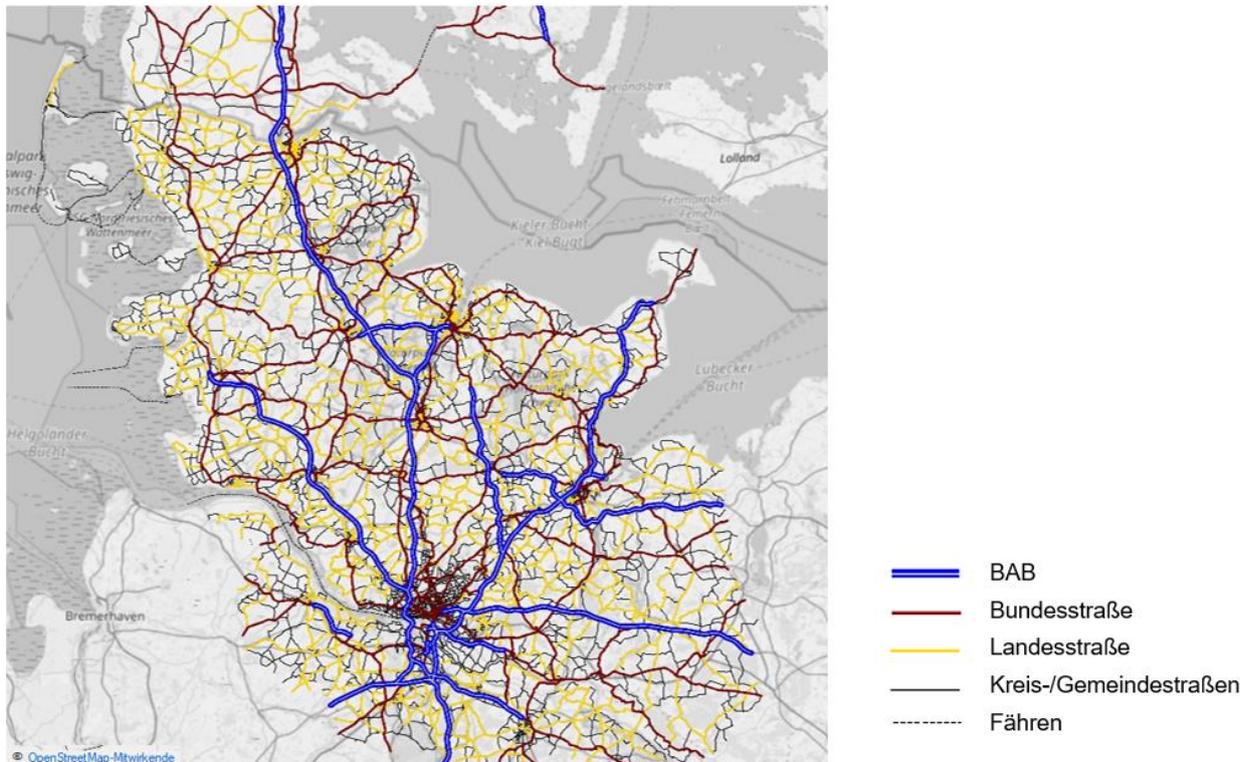


Abbildung 11: Angebotsmodell Straßenverkehr

Das Angebotsmodell des Straßenverkehrs enthält das gesamte klassifizierte Netz sowie Gemeindestraßen mit Verbindungsfunktion. Es ist vollständig attribuiert und steht rechenfertig zur Verfügung. Es wurde verwendet, um den verkehrlichen Aufwand des motorisierten Individualverkehrs zu ermitteln. Dafür wurde die Reisezeit im belasteten Straßennetz berechnet.

### 2.3.5 Nachfragewirkungen

Wie in Kapitel 2.3.1 dargelegt, werden auf der Grundlage des Verkehrsmodells und mit dem Verfahren der Standardisierten Bewertung die Berechnungen der Verkehrsnachfrage durchgeführt. In die Nachfrageprognose fließen die Kenngrößen ein, die für die Berechnung einer Verkehrsverlagerung bei Betrachtung von Maßnahmen im Planfall des Schienenverkehrs von Bedeutung sind.

Letztlich ergibt der Vergleich der folgenden Kenngrößen von Prognose-Nullfall und dem Prognose-Planfall die Wirkung auf die Fahrgastnachfrage

- Reisezeit des öffentlichen Verkehrs
- Bedienungshäufigkeit
- Umsteigehäufigkeit
- Reisezeit des motorisierten Individualverkehrs (im belasteten Netz)

Eine auslastungsabhängige Berechnung wurde nicht aufgebaut. Diese Effekte sind bei der hier stattfindenden landesweiten Betrachtung von untergeordneter Bedeutung.

Die Ergebnisse der Berechnungen für den Ist-Zustand, den Prognose-Nullfall sowie den Prognose-Planfall sind in den folgenden Kapiteln beschrieben.

## **2.4 Entwicklung von Fahrtenkonzepten**

Zu den Untersuchungsfällen werden Fahrtenkonzepte erstellt. Die Fahrplandaten und Fahrplaninformationen der NAH.SH für das Jahr 2019 bilden die Grundlage für den Ist-Zustand. Für den Prognose-Nullfall 2035 wurde das von NAH.SH für den Zeitraum nach 2024 erstellte Netzfahrplankonzept aufbereitet und angesetzt. Hierzu erfolgte ergänzend eine detaillierte Abstimmung mit dem Auftraggeber und dem begleitenden Arbeitskreis, woraus maßnahmenspezifische Anpassungen resultierten.

Aus den Ergebnissen des Verkehrsmodells und den Erkenntnissen, die sich nach Auswertung aller Daten ergeben haben, wurde ein Fahrtenkonzept für das Jahr 2035 als Grundlage für den Prognose-Planfall 2035 entwickelt.

Weitere Informationen zu den einzelnen Fahrtenkonzepten einschließlich der dafür notwendigen Infrastruktur werden in den folgenden Kapiteln dargestellt.

## **2.5 Entwicklung von Infrastrukturmaßnahmen**

Es wird in den einzelnen Untersuchungsfällen auf Basis der verfügbaren Daten geprüft, welche Fahrtenkonzepte sich bereits auf der vorhandenen und zusätzlich geplanten Infrastruktur entwickeln lassen. Sollte eine Umsetzung nicht möglich erscheinen, so wird geprüft, welche Infrastrukturmaßnahmen notwendig werden, um die Fahrtenkonzepte zu realisieren.

Für den Ist-Zustand wird die aktuelle Infrastruktur betrachtet. Die derzeit vorhandenen Engpässe, die aktuell zu Verspätungen führen, werden im Kapitel 6.4. thematisiert. Für den Prognose-Nullfall im Jahr 2035 wurden die bereits fest geplanten Infrastrukturveränderungen übernommen und im Modell hinterlegt.

Für den Prognose-Planfall 2035 wird auf Basis der Fahrtenkonzepte eine Weiterentwicklung der Infrastruktur vorgenommen. Für die Eisenbahnstrecken in Schleswig-Holstein werden die empfohlenen Entwicklungen zusammengestellt (vgl. Kap. 6.3).

### 3 Energiewende: Energiebedarf und Energieversorgung

#### 3.1 Bearbeitungsschritte

Die Untersuchung zur Energiewende auf der Schiene umfasst die Ermittlung des infrastrukturellen und betrieblichen Aufwandes für den Antrieb mittels Oberleitung, Wasserstoff und Akkumulatoren in einer vollkommen regionalen Energieversorgung aus Wind und Sonne, die Ermittlung des Energiebedarfs und die Untersuchung, welche Energieversorgungs- und Antriebstechnologie im Eisenbahnsystem bzw. für den SPNV in Schleswig-Holstein zu Einsatz kommen soll. Die Bearbeitung erfolgt in den Schritten

- Bestandsaufnahme
- Prognose-Nullfall 2035
- Prognose-Planfall 2035
  - Festlegen von Prämissen
  - Untersuchen von Szenarien
  - Schlussfolgerung und Ableitung eines Energieversorgungs-/ Antriebssystems für den Prognose-Planfall 2035, konkrete Maßnahmen
  - Versorgung mit regenerativer, regionaler Energie: Energiebedarfsabschätzung, Untersuchung der Ansätze zur Einhaltung der Anforderung
- Handlungsempfehlungen für die Energiewende auf der Schiene

Die Bestandsaufnahme erfolgte unter Berücksichtigung sowohl eisenbahnspezifischer als auch energiewirtschaftlicher Faktoren. Die Untersuchung des Eisenbahnsystems erfolgte für die Ausgangssituation 2020, für den Prognose-Nullfall und den Prognose-Planfall 2035. Es wurden für jede Zeitscheibe die Netzspezifika im Eisenbahnnetz des Landes Schleswig-Holstein, die einzusetzenden Fahrzeuge und betrieblichen Merkmale erfasst und ausgewertet. Daneben wurden die Bedingungen der Energieversorgung in Schleswig-Holstein mit besonderer Berücksichtigung der „Dieselstrecken“ (Ausgangsjahr 2020), den Möglichkeiten zur Energieversorgung aus dem Landesnetz auf Basis einer Abschätzung des aktuellen/prognostizierten Energiebedarfs für das SPNV-Angebot und die aktuelle sowie perspektivisch absehbare Versorgerkapazität in Schleswig-Holstein analysiert.

Zur Untersuchung des Prognose-Planfalls 2035 wurden die im Gutachten erarbeiteten Eckdaten für den Bahnbetrieb übernommen. Es wurde darauf geachtet, dass die Bearbeitung hinsichtlich der einzusetzenden Energieversorgungs- und Antriebssysteme technologieoffen startet.

#### 3.2 Energiebedarfsabschätzung

Die für den SPNV in Schleswig-Holstein bereitzustellende Energiemenge muss bekannt sein, um einerseits Schlussfolgerungen zum Energiebedarf des Eisenbahnsystems zu ziehen und um die erforderliche Kapazität des Versorgungssystems abschätzen zu können. Daraus kann sowohl die Auswahl des geeigneten Energieträgers als auch die spezifische Versorgungstechnik abgeleitet werden. Dabei sind Energieträger und die damit verbundene Energieversorgung wesentliche Determinanten der betrieblichen Systemcharakteristik und des Systemwirkungsgrades.

Die Energiebedarfsabschätzung erfolgt durch Zusammenführung spezifischer Infrastruktur-, Fahrzeug- und Betriebsparameter zu einem Modell, wobei mittels Fahrzeugkennlinien und linienbezogener betrieblicher Merkmale eine mechanische Fahrdynamikberechnung der Zugfahrten vorgenommen wird. Je mehr Parameter in die Modellierung einfließen, umso genauer kann die Energiebedarfsabschätzung erfolgen. Mit hochgenauen Berechnungsverfahren können detaillierte dynamische Verbrauchs- bzw. Versorgungsnetzmerkmale ermittelt werden.

Für den Zweck des Gutachtens soll der Mehrbedarf an Energie ermittelt werden, um festzustellen, ob es grundsätzlich möglich ist, den Energiebedarf regional und regenerativ zu decken. Zu diesem Zweck wurde zunächst eine Rechnung auf Basis einfacher Netz- und Betriebsparameter vorgenommen. Der Vergleich von Bedarf und Angebot war dabei eindeutig, sodass auf eine weitere Detaillierung der Energiebedarfsabschätzung verzichtet werden konnte. Für weitere Planungsschritte und für Optimierungszwecke ist jedoch eine detaillierte betriebsabhängige Energiebedarfsrechnung empfehlenswert.

Der Energiebedarf wurde auf Basis einer fahrdynamischen Energierechnung ermittelt, wobei die folgenden Parameter berücksichtigt wurden:

- Netzcharakteristik: Länge befahrener Strecken und raumbezogene Merkmale, wie Halte und Geschwindigkeiten
- Fahrzeugcharakteristik: Masse, Zugkraft, Bremskraft, Rekuperation, Beschleunigung, Geschwindigkeit, Aerodynamik, Fahrwiderstände, spezifische Zugkraftcharakteristik und spezifischer Energiebedarf
- Betriebsparameter: Anzahl der Halte im Linienverlauf, zyklische Wiederholungen pro Tag / Monat / Jahr, Fahrzeugeinsatz und Zugkonfiguration (Einfach-/ Doppeltraktion)

Die Energiebedarfsabschätzung wurde für zwei Zustände durchgeführt – für die Gegenwart auf Basis von Daten des Jahres 2020 und für den Prognose-Planfall 2035. Für die Energiebedarfsabschätzung des gegenwärtigen SPNV-Angebots 2020 wurden die Parameter den folgenden Quellen entnommen:

- Streckenverläufe nach DB Streda.X und OpenRailwayMap
- Fuhrpark des SPNV im Land, eigene Recherchen
- Fahrzeugdaten der Hersteller (siehe Tabelle)
- Bahnlinienplan für Schleswig-Holstein der NAH.SH
- Fahrplantabellen 2020 (ab 15. Dezember 2019), veröffentlicht durch NAH.SH

Die qualitativ hochwertige Datengrundlage für den Ist-Zustand 2020 ermöglichte eine Differenzierung des Modells nach Zug-Konfiguration des Modellzuges in die Unterteilung „leichter“ und „schwerer“ Zug. Zunächst wurde der Energiebedarf für eine Fahrt eines „Modellzuges“ auf einer Linie ermittelt. Anschließend wurde der Energiebedarf gemäß Fahrplan für ein Jahr weitergerechnet.

Die Parametervariation des Modells kann in großer Detailtiefe verfeinert werden. So können mittels Parametervariation neben zahlreichen unterschiedlichen Zugtypen mit entsprechend spezifischen Gewichts- und Geschwindigkeitseigenschaften und einem spezifischen Energieverbrauch auch zahlreiche betriebliche Variationen nachgebildet werden. Das sind zum Beispiel Sonder-/Verstärkerfahrten, außerplanmäßige Fahrten, Betriebsfahrten, Betriebspausen, Streckensperungen, Störungen im Betriebsablauf, die beispielsweise zum außerplanmäßigen Halten und Wiederanfahren oder reduzierten Geschwindigkeiten von Zügen führen können. Um den Energiemehrbedarf durch die Angebotsausweitung abzuschätzen und der Versorgungskapazität der vorhandenen Energieversorgungssysteme gegenüberzustellen, war eine Abschätzung auf Basis einfacher Betriebsparameter ausreichend. Für nachfolgende detaillierte Planungs- und Optimierungsaufgaben muss eine genauere Nachbildung des Betriebes und der Energieversorgungssysteme vorgenommen werden.

### 3.3 Energieversorgung und Elektrifizierung

Schleswig-Holstein ist aus energiewirtschaftlicher Sicht ein Erzeugerland. Im Land wird mehr Energie erzeugt als verbraucht. Insbesondere wird Windenergie gewonnen und steht als Elektrizität zur Verfügung. Aufgrund der verkehrsgeographischen Lage zwischen Skandinavien und Mitteleuropa betreffen Entscheidungen im Zusammenhang mit der Energieversorgung des Landes nicht nur die Region, sondern haben überregionale Auswirkungen.

Das SPNV-Angebot wird aktuell mit einem Energieversorgungs- und Antriebssystem auf Basis von Dieselmotoren und durch Oberleitungsanlagen (OLA) direktgespeister Antriebssysteme erbracht. Dazu sind etwa 30 % der Bahnstrecken in Schleswig-Holstein elektrifiziert und es stehen Dieselmotoren-Tankstellen in Schleswig-Holstein und Hamburg zur Verfügung. Elektrifiziert ist die nach Norden hin verzweigte Nord-Süd-Achse zwischen Flensburg/Kiel/Itzehoe und Hamburg sowie die Strecke von Hamburg nach Lübeck. Daneben verläuft die elektrifizierte Berlin-Hamburger Eisenbahn für etwa 30 km in West-Ost-Richtung durch das Land. Einzelne Äste des Hamburger Gleichstrom-S-Bahn-Netzes enden in Schleswig-Holstein (Pinneberg, Aumühle). Die weiteren Haupt- und Nebenbahnen im Land sind nicht elektrifiziert. Der Bahnbetrieb auf ihnen wird derzeit mit Dieselmotortriebfahrzeugen durchgeführt. Dabei werden im schweren Reisezugdienst Strecken-Diesellokomotiven eingesetzt; im leichten Reisezugdienst kommen Verbrennungstriebwagen zum Einsatz. Die Fahrzeugtypen und ihre Einsatzfelder sind für die spätere Festlegung alternativer Energieversorgungs- und Antriebskonzepte zu berücksichtigen.

Schleswig-Holstein ist also eine Region mit gemischter Energieversorgung im Eisenbahnsystem, wobei die Energieversorgungssysteme gleichwertig nebeneinander betrieben werden. So ist es zumindest für Dieselfahrzeuge jederzeit möglich, auch die elektrifizierten Strecken zu befahren. Damit ergeben sich betriebliche Vorteile einer flexiblen Disposition insbesondere in betrieblichen Sonder-situationen, weil Dieselfahrzeuge auch als betriebliche Rückfallebene für das elektrifizierte Netz einsetzbar sind.

Ein Batterie-elektrisches Antriebssystem befindet sich im Aufbau. Die erforderliche Ausrüstung einschließlich der Fahrzeuge und der erforderlichen Infrastruktur (Ladestationen sowie

Elektrifizierungsinselformen in Tönning, Husum und Heide) werden entwickelt und beschafft. Zur Versorgung der Straßenverkehrsteilnehmer mit Wasserstoff stehen drei Betankungsmöglichkeiten in Hamburg, Brunsbüttel und Handewitt zur Verfügung. Für den Bahnverkehr gibt es derzeit keine stationäre Infrastruktur zur Versorgung mit Wasserstoff. Für die Region Kiel wird derzeit im Rahmen des Projektes „HyStarter“ eine Roadmap für eine Wasserstoffregion erarbeitet.

Der hohe Anteil an dieselbetriebenen Linien ist historisch gewachsen. Die Elektrifizierung in Schleswig-Holstein erfolgte im deutschlandweiten Vergleich recht spät. Während die Streckenelektrifizierung in Süd- und Mitteldeutschland bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts einsetzte, erreichte der Fahrdracht Hamburg erst im Jahr 1965. Die Weiterführung erfolgte erst seit den 1990er Jahren (zum Beispiel Hamburg – Kiel 1995, Neumünster – Flensburg 1996, Elmshorn – Itzehoe 1998, Hamburg – Lübeck-Travemünde 2008), während wichtige Hauptstrecken, wie zum Beispiel die Marschbahn, seit Jahren aus bahnbetrieblicher Sicht elektrifizierungswürdig sind, aber bis zur Gegenwart noch auf die Elektrifizierung warten. Entsprechend weist das Eisenbahnnetz in Schleswig-Holstein einen Anteil elektrifizierter Strecken von knapp 30 % auf. Gemäß einer Untersuchung der Organisation „Allianz pro Schiene“ betrug der Elektrifizierungsanteil im Jahr 2005 im Bundesdurchschnitt immerhin 57 %. Damit liegt der Elektrifizierungsgrad des Landes derzeit unter dem Bundesdurchschnitt.

Die Oberleitung entlang der elektrifizierten Strecken in Schleswig-Holstein wird momentan durch drei Unterwerke (Elmshorn, Neumünster, Jübek) gespeist. Die Unterwerke wiederum werden aus dem zentralen Bahnstromverteilernetz (110 kV 16 2/3 Hz) versorgt. In Neumünster ist eine Netzeinspeisung vorhanden, um Elektrizität aus dem Landesnetz zu entnehmen und in das Bahnstromverteilernetz einzuspeisen. Ein dezentrales Unterwerk bei Lübeck entnimmt Energie aus dem Landesnetz und speist direkt in die Oberleitung in der Region Lübeck ein, ohne mit dem Bahnstromnetz verbunden zu sein (dezentrale Einspeisung).

Der gesamte Energiebedarf für die Erstellung des SPNV-Angebotes des Jahres 2020 wird auf etwa 178 bis 210 GWh geschätzt. Die Energiebedarfsabschätzung ist eine „energetische Abbildung des Fahrplans“, also ohne Fernverkehr, Güterverkehr, Betriebsfahrten oder außerplanmäßigen Betriebsituationen. Die Spanne ergibt sich aus der Tatsache, dass das SPNV-Angebot mit unterschiedlichen Fahrzeugtypen bzw. Zugkonfigurationen erbracht wird. Aus energetischer Sicht hat dabei das Fahrzeuggewicht bzw. das Gewicht der Zugkonfiguration einen Einfluss auf den Energiebedarf. Um diesen Faktor zu berücksichtigen, wurde zwischen lokbespannten Zügen und Triebwagen unterschieden. Bei den Triebwagen wurde zwischen leichten und schweren Fahrzeugen unterschieden. Für die vereinfachte Modellrechnung wurde die tatsächlich eingesetzte Konfiguration nicht berücksichtigt, sondern es wurden die beiden Extremfälle ermittelt: Es verkehren lokbespannte Züge und nur leichte Triebwagen (Energiebedarf 178 GWh) bzw. es verkehren lokbespannte Züge und nur schwere Triebwagen (210 GWh). Die betriebliche Realität ist eine Mischung aus dem Einsatz der leichten und schweren Triebwagen, sodass der tatsächliche Energiebedarf für die Erstellung des SPNV-Angebotes im Bereich zwischen 178 GWh und 210 GWh liegt.

Stellt man die Linienlänge und die verfügbare Energieversorgung-/Antriebstechnik der Linien im Streckenverlauf gegenüber, dann zeigt sich, dass das gegenwärtige Linienkonzept die

infrastrukturseitig gegebenen Voraussetzungen weitgehend abdeckt. Bis auf wenige Ausnahmen folgen die SPNV-Linien den elektrifizierten Strecken, sodass Elektrofahrzeuge für den Linienbetrieb einsetzbar sind oder nicht elektrifizierten Strecken, auf denen Dieselfahrzeuge für den Linienbetrieb zum Einsatz kommen.

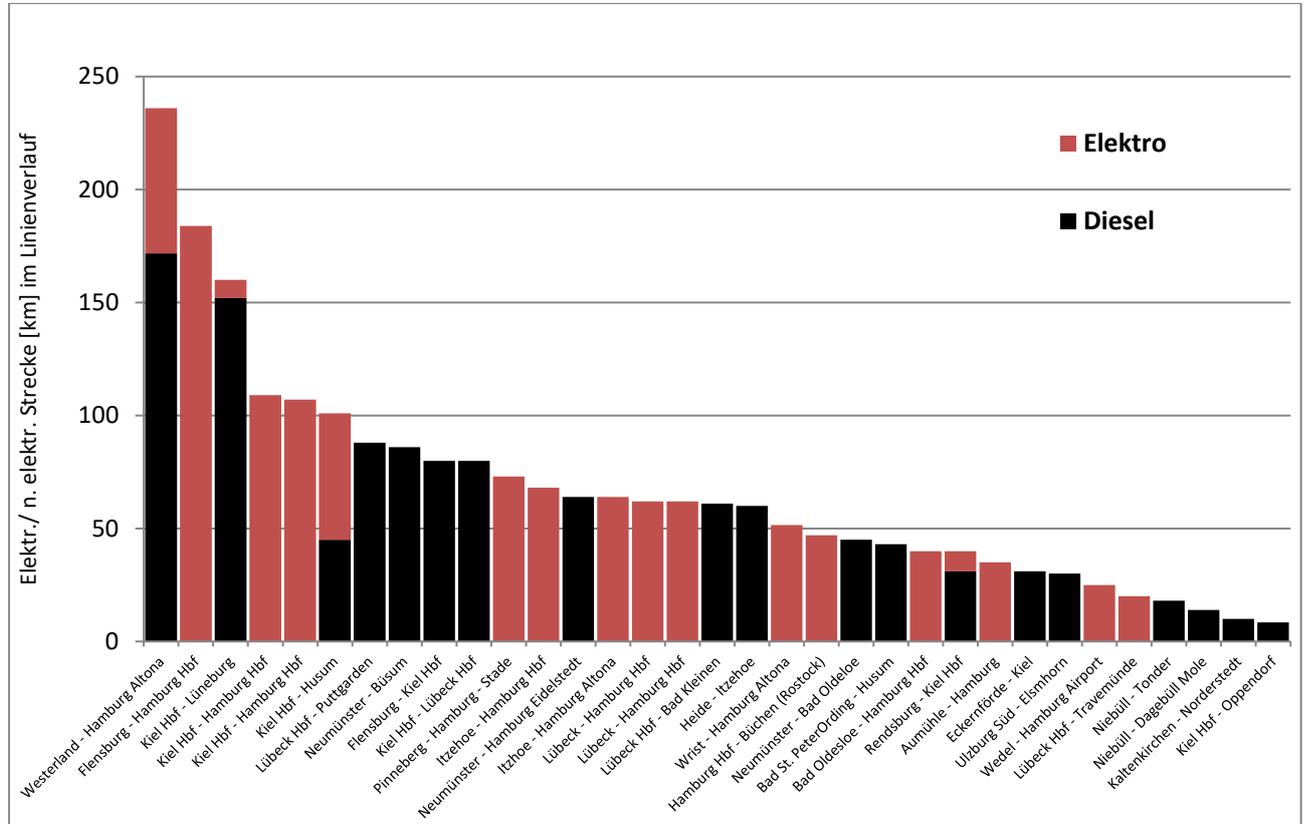


Abbildung 12: SPNV-Linien in Schleswig-Holstein, Streckenlängen und zugehörige elektrifizierte Streckenabschnitte

Die Aufgabenstellung im Zusammenhang mit der Energiewende auf der Schiene besteht nunmehr darin, dass eine technologische Alternative zum bisher verwendeten Dieselantriebssystem gefunden werden muss. Dabei geht es nicht um die Beschaffung von Fahrzeugen mit alternativer Antriebstechnik, sondern um die Ausformung eines Energieversorgungs- und Antriebssystems, was mit Berücksichtigung der regionalen Rahmenbedingungen und der betrieblichen Anforderungen für das Land Schleswig-Holstein optimiert ist. Ausgangspunkt des Systementwurfs ist die Feststellung der Perspektive für die derzeitigen „Dieselstrecken“ im Land.

Die folgende Übersicht zeigt die derzeit nicht elektrifizierten Strecken in Schleswig-Holstein, ihren aktuellen Zustand und ihre aktuelle Nutzung durch den SPNV.

Str.-Nr.	von/nach	aktueller Zustand	aktuelle Nutzung, Grundtakt
1011	Husum – Jübek	Nebenbahn eingleisig, nicht elektrifiziert	RE 74 (60')
1020	Kiel – Eckernförde – Flensburg	Nebenbahn eingleisig, nicht elektrifiziert	RE 72 (60'), RB 73 (60')
1022	(Rendsburg–) Osterrönfeld – Kiel	Hauptbahn eingleisig, nicht elektrifiziert	RB 75 (60'), RE 74 (60')
1023/1110	Kiel – Ascheberg – Malente – Lübeck	Hauptbahn eingleisig (Malente-Gremsmühlen – Eutin zweigleisig), nicht elektrifiziert	RE 83 (60'), RB 84 (60')
1042	Neumünster – Hohenw. – Heide	Nebenbahn eingleisig, nicht elektrifiziert	RB 63 (60'/120')
1043	Neumünster – Bad Oldesloe	Hauptbahn eingleisig, nicht elektrifiziert	RB 82 (60')
1100	Lübeck – Puttgarden	Hauptbahn eingleisig, nicht elektrifiziert	RB 85 (60'/120')
1121/1150	Lübeck – Büchen – Lauenburg (– Lüneburg)	Hauptbahn eingleisig, nicht elektrifiziert	RE 83 (60')
1122	Lübeck – Herrnburg (–Bad Kl.)	Hauptbahn eingleisig, nicht elektrifiziert	RE 4 (60')
1201	Niebuß – Tønder (–Esbjerg)	Nebenbahn eingleisig, nicht elektrifiziert	RB 66 (60'/120')
1204/1205	(Husum–) Hörn – Tönning – St. Peter-Ording	Nebenbahn eingleisig, nicht elektrifiziert	RB 64 (60')
1206	Heide – Büsum	Nebenbahn eingleisig, nicht elektrifiziert	RB 63 (60')
1210	(Hamburg–) Elmshorn – Itzehoe – Westerland (Marschbahn)	Hauptbahn zweigleisig, abschnittsweise eingleisig, Abschnitt Itzehoe – Westerland nicht elektrifiziert	RE 6 (60'), RB 62 (60')
9100	Niebuß – Dagebuß	Nebenbahn eingleisig, nicht elektrifiziert	RB 65 (60')
9107/9108	Kiel Hbf. – KI Oppendorf	Nebenbahn eingleisig, nicht elektrifiziert	RB 76 (60')
9120	Elmshorn – Barmstedt – Ulzburg Süd	Nebenbahn eingleisig, nicht elektrifiziert	A3 (30' / 60')
9121	Neumünster – Henstedt – Ulzburg – HH-Eidelstedt	Nebenbahn eingleisig, abschnittsweise zweigleisig, nicht elektrifiziert	A1 (20' / 60')
9122	Ulzburg Süd – Norderstedt	Nebenbahn zweigleisig, abschnittsweise eingleisig, nicht elektrifiziert	A2 (10' / 20')

Tabelle 3: Nicht-elektrifizierte SPNV-Strecken in Schleswig-Holstein (Ist-Zustand)

Die Entscheidung für ein weiterentwickeltes Energieversorgungs- und Antriebssystem ohne Einsatz von fossilen Energieträgern und unter Einsatz regionaler regenerativer Energiequellen ist von zahlreichen Faktoren abhängig und muss ganzheitlich getroffen werden. Neben den Eigenschaften der zur Verfügung stehenden Technologien spielt auch eine Rolle, welche betrieblichen Anforderungen an das gegenwärtige und künftige Bahnsystem in Schleswig-Holstein in der Zukunft gestellt werden. Daher werden die betrieblichen Anforderungen aus dem Prognose-Planfall 2035 der Systementwicklung zugrunde gelegt.

### **3.4 Einzelanalyse der Energieversorgungssysteme**

#### **3.4.1 Grundlegende Anforderungen an die Energieversorgung von Bahnsystemen**

Für die Bewertung der als Alternative zum Dieselantrieb derzeit verfügbaren Energieversorgungs- und Antriebstechnologien wurden zunächst Anforderungen definiert. Qualitative Kriterien im Sinne grundlegender Anforderungen sind

- Betriebstauglichkeit
- Wirtschaftlichkeit
- Nachhaltigkeit
- Betrieblicher Aufwand
- Technische Realisierbarkeit / Machbarkeit / Beherrschbarkeit
- Erfahrung / etablierte Technik / Kompatibilität zum Bestand
- Entwicklungsperspektive

Wichtig aus Sicht der Betriebstauglichkeit ist beispielsweise, dass energetische Leistungsanforderungen im Gleichklang mit der sogenannten „Bahnfestigkeit“ erbracht werden. Das heißt, dass die Leistung beispielsweise bei möglichst geringen Betriebsaufwendungen praktisch „rund um die Uhr“ und über die gesamte Einsatzdauer des Betriebsmittels bedarfsgerecht verfügbar sein muss. Insbesondere müssen technische Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Gebrauchstauglichkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit gewährleistet sein. In Bezug auf die Energieversorgung bedeutet dies zum Beispiel:

- bedarfsgerechte Bereitstellung / Verfügbarkeit der Energie / Energieträger
- Wandelbarkeit / Wandelfähigkeit
- (Zwischen-)Speicherfähigkeit
- Versorgungssicherheit

Die Traktionsleistung wird bei Eisenbahnen grundsätzlich auf folgende Weise bereitgestellt:

- Verwendung eines stoffgebundenen Energieträgers mit Entnahme bei Verbrauch und regelmäßigem Wiederauffüllen – was fahrzeugseitige Energieträgerspeicher (Tender, Tanks, Druckbehälter) und punktuelle streckenseitige Energieträgerzuführung (Tankstellen) erfordert,
- Kontinuierliche Energiezuführung während der Fahrt, sodass nur kleine oder keine fahrzeugseitigen Energiespeicher erforderlich sind, dafür jedoch eine kontinuierliche Energieversorgung durch streckenseitige Infrastruktur zur Energiezuführung vorhanden sein muss.

Batterien stellen ein Mischprinzip dar. Die Energie wird in elektrischer Form stofflos zugeführt und chemisch in den Batteriezellen gespeichert. Ein stoffgebundener Energieträger ist beim Energietransfer nicht erforderlich – die Energie wird in Form von Elektrizität übertragen.

Die beiden Grundprinzipien zeigen, dass die Frage der Energieversorgung bei der Eisenbahn im Gesamtzusammenhang aus fahrzeugseitigen und streckenseitigen Anlagen zu betrachten ist.

- Die Verwendung stoffgebundener Energieträger einschließlich Batterien sorgt dafür, dass die Funktionalität der Energiebereitstellung während einer Fahrt durch das Fahrzeug übernommen wird. Entsprechende Einrichtungen sind auf allen Triebfahrzeugen vorzuhalten, während im Netz nur punktuell Einrichtungen erforderlich sind, um Energie oder Energieträger aufzunehmen. Damit ist ein Fahrzeugeinsatz weitgehend unabhängig von einer netzseitigen Bereitstellung möglich.
- Bei der kontinuierlichen Energieversorgung wird die Funktionalität der Energiebereitstellung während der Fahrt eines Fahrzeugs streckenseitig gewährleistet. Dazu werden entsprechende Einrichtungen entlang der zu befahrenden Strecke errichtet, während fahrzeugseitig auf speichernde Elemente grundsätzlich verzichtet werden kann.

Üblicherweise wird bei Eisenbahnen das Prinzip der fahrzeugseitigen Energiespeicherung dort angewendet, wo relativ wenige Fahrzeuge auf relativ langen Strecken verkehren. In diesem Fall ist es günstiger, wenige Fahrzeuge mit zusätzlicher Technik auszustatten – und damit auf die aufwändige kontinuierliche streckenseitige Energiebereitstellung verzichten zu können. Dreht sich das Verhältnis um, wenn also viele Fahrzeuge verkehren und/oder relativ kurze Strecken zu befahren sind, ist es günstiger, das Netz auszurüsten und die Fahrzeugtechnik zu vereinfachen.

Darüber hinaus sind für die Gestaltung eines Energieversorgungs- und Antriebssystems weitere betriebliche Aspekte zu berücksichtigen, so zum Beispiel:

- Nutzungsdauer und Pflegeaufwand für Betriebsmittel
- möglichst wenige erforderliche Nebenprozesse für das Handling der Energieträger, Energiewandler und Energiespeicher (Betriebsaufwand, Gebrauchstauglichkeit)
- möglichst wenige Betriebsverluste, auch ggf. Rückwandlung nicht gebrauchter kinetischer Energie (Rekuperation), bedarfsgerechte Bereitstellung der erforderlichen Energiemengen – dort so viel Energie bereitstellen, wie an diesem Ort gebraucht wird.

- Möglichst universelle Einsetzbarkeit eines Energieträgers über möglichst das gesamte Leistungsspektrum, den der Bahnbetrieb abdeckt: Rangieren, Güterzugdienst, Reisezugdienst (S-Bahn bis Hochgeschwindigkeitszug) – jeweils kleine, mittlere oder große Gefäßgrößen (Energiebedarf)
- insbesondere SPNV: Eignung des Energieversorgungs- und Antriebssystems für häufiges Halten und hohes Beschleunigungsvermögen, wobei zusätzliches Gewicht durch Energiespeicher immer mitgebremst/beschleunigt werden muss. Energiespeicher müssen daher über ein sehr gutes Leistungsvermögen (Verhältnis Energiebereitstellung zu Gewicht) verfügen.

Die Verbindung aus Energieversorgungs- und Antriebssystem mit betrieblichen Belangen wie Fassungsvermögen, Geschwindigkeit und Zuglänge, zeigt die nachfolgende Abbildung der derzeit gebräuchlichen Fahrzeugkonfigurationen im SPNV.

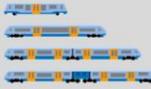
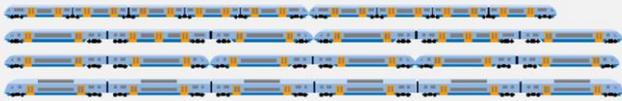
<b>Klasse A</b> bis zu 100 Sitzplätze		Einteiler und kleine Zweiteiler im Regelfall als VT, selten als ET
<b>Klasse B</b> ca. 100 bis 200 Sitzplätze		Zweiteiler derzeit als ET oder VT <i>aktuell das Segment der Neuentwicklung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben</i>
<b>Klasse C</b> ca. 200 bis 300 Sitzplätze		Dreiteiler derzeit als ET, seltener als VT, Doppelstock-Dreiteiler als ET oder lokbespannter Zug (E-Lok oder Diesellok) <i>Zugbildung aus Fahrzeugen mit alternativen Antrieben möglich</i>
<b>Klasse D</b> ca. 300 bis 400 Sitzplätze		Vierteiler derzeit im Regelfall als ET Doppelstock-Vierteiler als ET oder lokbespannter Zug (E-Lok oder Diesellok) <i>Zugbildung aus Fahrzeugen mit alternativen Antrieben möglich</i>
<b>Klasse E</b> ca. 400 bis 500 Sitzplätze		Zug aus 2-5 Teilern; Doppelstock-Fünfteiler als ET oder lokbespannter Zug (E-Lok oder Diesellok)
<b>Klasse F</b> ca. 500 bis 600 Sitzplätze		Sechsteiler als ET; Doppelstock-Sechsteiler als ET oder lokbespannter Zug (E-Lok oder Diesellok)
(...)		

Abbildung 13: Zugkonfigurationen systematisch nach Leistungsklassen

Dieselfahrzeuge kommen derzeit im SPNV üblicherweise in Zugkonfigurationen der Leistungsklassen A und B, seltener in der Klasse C vor. Für die Energiewende auf der Schiene muss demnach der Ersatz im Segment der Triebwagen mit einem Fassungsvermögen bis zu 100 Plätzen sowie im Bereich von 100 bis 200 Plätzen vorhanden sein. Aus diesen Fahrzeugen lassen sich wiederum Zugverbände bilden, die auch die Leistungsklassen C und D abdecken. Die derzeit durch die Fahrzeugindustrie entwickelten oder angebotenen Fahrzeuge bedienen das Segment der Fahrzeuge der Klasse B, sodass hier ein Ersatz verfügbar ist.

Im SPNV des Landes Schleswig-Holstein werden gegenwärtig Zugkonfigurationen der Leistungsklassen B bis F eingesetzt. Dieselfahrzeuge werden dabei in Zugkonfigurationen von A bis F eingesetzt – vom Einzeltriebwagen bis hin zum Diesellok-bespannten Doppelstockzug mit bis zu fünf

Doppelstockwagen und im Bedarfsfall bis zu zwölf einstöckigen Reisezugwagen. Dabei lässt die derzeitige Fahrzeugauswahl bereits erste Schlussfolgerungen für das künftige Energieversorgungs- und Antriebssystem in Schleswig-Holstein zu: Dort, wo bereits heute lange (doppelstöckige) Reisezüge mit Diesellokbespannung für den SPNV eingesetzt werden, ist ein Leistungsbedarf vorhanden, der bereits heute am günstigsten mit E-Lok-bespannten Zügen (OLA-direktgespeistes Elektroantriebssystem) bedient werden sollte. Hervorzuheben ist an dieser Stelle der bereits gegenwärtig bestehende Elektrifizierungsbedarf der Marschbahn zwischen Itzehoe und der Insel Sylt.

Nachfolgend werden die zur Verfügung stehenden und die gemäß Aufgabenstellung zu berücksichtigenden Energieversorgungs- und Antriebssysteme vorgestellt.

### 3.4.2 Elektrifizierung mit Oberleitungsanlage

#### Überblick

Bei Energieversorgung mittels Oberleitungsanlage (OLA) erfolgt die Energiezuführung aus einer Oberleitung, die über dem Gleis mittels Kettenwerk installiert ist. Die Anlage gehört zur Streckenausrüstung und befindet sich im Regelfall im Verantwortungsbereich des für die Strecke zuständigen Eisenbahn-Infrastrukturunternehmens (EIU). Elektrotriebfahrzeuge sind mit einem Stromabnehmer sowie weiteren Komponenten zur Wandlung von Elektrizität ausgerüstet. Sie befinden sich im Verantwortungsbereich der Eisenbahn-Verkehrsunternehmen (EVU). Mit dem angelegten Stromabnehmer wird die erforderliche Energie durch das Fahrzeug aus der Oberleitung entnommen. Die OLA wird durch ein Versorgungssystem (zentral oder dezentral) mit Energie versorgt. Die Technik wird in Deutschland seit etwa 100 Jahren angewendet und gilt entlang des gesamten Lebenszyklus (Beschaffung, Handling, Instandhaltung, Erneuerung, Sicherheit, Entsorgung) als etabliert. Es gibt einen Markt entlang der gesamten Wertschöpfungskette – sowohl von Seiten der Fahrzeugindustrie als auch von Seiten der Energieversorgung und Anlagenerrichtung.

#### Nutzen, Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit

Das Energieversorgungs- und Antriebssystem „OLA-direktgespeister Elektroantrieb“ besteht aus der streckenseitig installierten Energieversorgung und den mit elektrischen Energiewandlungs- und Antriebskomponenten ausgerüsteten Fahrzeugen. Die Oberleitungsanlage ist national standardisiert (zum Beispiel Ebs-Zeichenwerk) und vielfältig betriebserprobt. Ihre Errichtung ist mit signifikanten Investitionsaufwendungen verbunden. Elektrische Fahrzeuge sind in hoher Vielfalt verfügbar – als Elektrolokomotiven und Elektrotriebwagen (ET) bzw. Electric Multiple Unit (EMU) in unterschiedlichen Anwendungs- und Leistungsklassen zugelassen und erprobt.

Die hohe Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems resultiert aus einem sehr günstigen Aufwand-Nutzen-Verhältnis. Die Kosten der Fahrzeugausrüstung sind relativ gering, weil der Elektroantrieb aus einfachen Komponenten (Motoren, Transformatoren usw.) besteht und kein zusätzlicher Aufwand für das Handling stofflicher Energieträger entsteht. Zusätzlich sind die Energiebeschaffungskosten („Strompreis“) für den Verbraucher vergleichsweise gering. Der Beschaffungspreis für Bahnstrom liegt derzeit bei etwa 6 ct/KWh (Quelle: DB Energie: Bahnstrompreisregelung ab 01.01.2019), wobei es sich nicht um „grünen Strom“ handelt, sondern um einen Mix aus Elektrizität unterschiedlicher

Energiequellen, so aus fossilen Energieträgern, Kernkraft und regenerativen Energiequellen (Quelle: DB Energie: Kennzeichnung der Stromlieferungen 2019, Stand Oktober 2020).

Ein weiteres wesentliches Element der Wirtschaftlichkeit des OLA-direktgespeisten Elektroantriebssystems besteht im günstigen Kostenverlauf der sehr langlebigen Infrastruktur. OLA-Komponenten weisen Nutzungsdauern von 70 bis teils 100 Jahren auf. So verteilt sich der hohe Investitionsblock für die Errichtung der Infrastruktur (Beschaffung des Anlagevermögens) durch die „gemeinsame Nutzung vieler“ über eine lange Nutzungsdauer. Die Wirtschaftlichkeit steigt, je intensiver die Anlage während der Nutzungsdauer genutzt wird (Kostendegressionseffekt).

Ob das gegenständliche Energieversorgungs- und Antriebssystem im Einzelfall (Einzelstrecke oder Netz) wirtschaftlich zweckmäßig ist, lässt sich durch Analysen mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad ermitteln. Das empfohlene Anwendungsgebiet für OLA-direktgespeiste Elektroantriebssysteme sind grundsätzlich Bahnstrecken mit mäßiger bis hoher Belastung der Streckenkapazität. Mit Blick auf die Verkehrsleistung führen hohe Anforderungen an einen schnellen Zugverkehr mit schweren Einheiten zu hohen Anforderungen an Beschleunigungsvermögen, Zugkraft und hohen Geschwindigkeiten (schneller schwerer Reisezugverkehr sowie Hochgeschwindigkeitsverkehr) – die jeweils besonders günstig mit dem OLA-direktgespeisten Elektroantriebssystem realisierbar sind. Durch die Möglichkeit der kontinuierlichen und bedarfsspezifischen Energiebereitstellung eignet sich die Energieversorgung mittels OLA-direktgespeistem Antrieb auch für den schweren Schienengüterverkehr und Bahnstrecken mit anspruchsvoller Topologie. Im Folgenden wird der Anwendungsbereich der OLA auch als „**Elektrifizierungswürdigkeit**“ bezeichnet. Aus Studien und Erfahrungen im SPNV geht hervor, dass als Indikator für die Elektrifizierungswürdigkeit einer Bahnstrecke derzeit die SPNV-Bedienfrequenz eines 30-Minuten-Taktes angenommen werden kann. Dieser Erfahrungswert dient im weiteren Fortgang der Untersuchung als Richtwert für die Einschätzung der Elektrifizierungswürdigkeit einer derzeit nicht elektrifizierten Bahnstrecke.

Weil der Elektroantrieb bereits aus physikalischen Gründen einen hohen Wirkungsgrad (Elektrizität zu Bewegungsenergie >90 %) aufweist, gilt er grundsätzlich als ressourcenschonend. Die Möglichkeit der Bremsenergie-Rückgewinnung (Rekuperation) mittels Pufferfähigkeit des Bahnstromnetzes ermöglicht weitere Energieeinsparungen und ein effektives Energiemanagement. Schließlich macht „grüner Strom“ den OLA-direktgespeisten Antrieb zusätzlich umweltfreundlich. In Verbindung mit der hohen Wirtschaftlichkeit bei langer Nutzungsdauer ist die Energieversorgung mittels Oberleitung hinsichtlich zahlreicher Kriterien „nachhaltig“ und rechtfertigt die finanziellen und technischen Startinvestitionen – einschließlich Platz- und Materialbedarf sowie verbundene CO<sub>2</sub>-Emissionen.

#### Technik, Einsatz im Bahnbetrieb / SPNV

Die freizügige Disposition von Elektrofahrzeugen ist nur innerhalb des elektrifizierten Streckennetzes möglich. Lokal ist eine auf die Betriebsbedingungen bedarfsgerechte Leistungsbereitstellung über die Oberleitung möglich, zum Beispiel für einen gesteigerten Energiebedarf im Bereich von Steilrampen oder im Knotenverkehr. Ein Bahnstrom-Netzmanagement und Einrichtungen für den OLA-Betrieb, zum Beispiel Fahrleitungsmeistereien, sind erforderlich.

Ein breites Spektrum an Fahrzeugtypen und Fahrzeugklassen in Ausführung mit Elektroantrieb stehen zur Verfügung. Grundsätzlich lässt sich das gesamte für den SPNV erforderliche Leistungsspektrum durch Elektrofahrzeuge abdecken – vom leichten Nebenbahn-Triebwagen bis zum schweren Reisezug. Die Höchstgeschwindigkeit elektrischer Fahrzeuge deckt in jedem Fall die betrieblichen Erfordernisse des SPNV, ebenso das Beschleunigungsvermögen. Die betriebliche Reichweite für Elektrofahrzeuge wird räumlich durch das elektrifizierte Eisenbahnnetz und zeitlich durch Instandhaltungsintervalle begrenzt. Die Kapazität einzelner Triebzuginheiten beträgt zwischen 160 bis 600 Sitzplätzen – Zugkonfigurationen aus mehreren Triebzuginheiten verfügen über eine entsprechend gesteigerte Kapazität. Die Antriebsleistung ist ebenfalls variabel und liegt derzeit bei SPNV-Fahrzeugen zwischen 2.000 bis 4.000 kW.

### Entwicklungsperspektive

Das Gesamtsystem befindet sich in einem ausgereiften Zustand. Es wird durch Verbesserungen ständig weiterentwickelt. Technologiesprünge sind aktuell nicht absehbar. Es gibt Bemühungen im Zusammenhang mit den Klimaschutzmaßnahmen, dass auch Bahnstrecken elektrifizierungswürdig werden, die es bisher nicht waren – in Ergänzung zum Ansatz der Nachfragesteigerung durch Verkehrsverlagerung. Eine aktuelle Herausforderung besteht darin, den Bahnstrommix in Deutschland zu verändern und vollständig durch regenerative Energie zu decken.

### **3.4.3 Wasserstoff-Batterie-Elektroantriebssystem**

#### Überblick

Das Wasserstoff-Batterie-Antriebssystem besteht aus einem Fahrzeug mit Elektroantrieb und fahrzeugseitigem Batteriesystem als Energiespeicher sowie einer Brennstoffzellen-Elektrizitätserzeugung (Fuel Cell) zur bedarfsgerechten, fahrzeugseitigen Energieversorgung, um den Batteriespeicher nachzuladen. Derart ausgerüstete Fahrzeuge werden auch als Fuel Cell Multiple Unit (FCMU) bezeichnet. Der ähnliche Elektroantrieb in Kombination mit Batteriespeichern auf Basis von Blei-Akkumulatoren wird in Deutschland bereits seit etwa 100 Jahren für Schienenfahrzeuge verwendet, während die Nutzung der Brennstoffzelle im Bereich der Eisenbahn-Triebfahrzeuge zum Nachladen von fahrzeugseitig vorhandenen Batterien ein vergleichsweise junger technologischer Ansatz ist. Im Zusammenhang mit der Politik zur CO<sub>2</sub>-Einsparung im Verkehr gilt die Verwendung von Wasserstoff als möglicher universeller Energiespeicher sowie die Brennstoffzellentechnologie als eine der Optionen für die künftige Energieversorgung und wird daher intensiv untersucht, gefördert und vorangetrieben. Derzeit gilt Wasserstoff als junger, innovativer Energieträger und damit verbundene Technologien noch als Nischenerscheinung. Die Marktstrukturen aus Herstellern, Lieferanten und Abnehmern für Schienenfahrzeugantriebe und das übergeordnete Infrastruktursystem für die allgemeine Versorgung mit (grünem) Wasserstoff entwickeln sich derzeit.

#### Nutzen, Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit

Das Wasserstoff-Elektroantriebssystem besteht aus den fahrzeugseitigen Komponenten zur Energieerzeugung (Brennstoffzelle), Energiespeicherung (Wasserstofftanks, Batteriesystem) sowie dem elektrischen Antrieb. Die fahrzeugseitig gespeicherte Energie wird sowohl für den Antrieb, also auch

alle weiteren Hilfsbetriebe, zum Beispiel Klimatisierung/ Heizung, in Form elektrischer Energie bereitgestellt. Eine kontinuierlich entlang der Bahnstrecken installierte Anlage zur Energieversorgung ist nicht erforderlich, wohl aber ein System aus Wasserstoff-Tankstellen, die in der Nähe des Gleises errichtet sein sollten, um eine direkte Betankung der Schienenfahrzeuge möglich zu machen. Die Wasserstoff-Tankstellen wiederum müssen regelmäßig durch einen nachgeordneten Versorgermarkt mit (grünem) Wasserstoff versorgt werden. Bremsenergie kann mittels Rekuperation zurückgewonnen werden und wird mittels Batteriesystem gespeichert.

Der Vorteil des Wasserstoff-Elektroantriebssystems besteht darin, dass ein CO<sub>2</sub>-neutraler Bahnbetrieb ohne zeit- und ressourcenintensive Ausrüstung mit streckenseitiger Infrastruktur möglich ist. Gleichzeitig sorgen Wasserstoffspeicher und Brennstoffzelle dafür, dass die betrieblichen Reichweiten hoch und der Batteriebedarf je Fahrzeug im Vergleich zum Batteriefahrzeug gering sind. Jedoch sorgt die Ausrüstung der Fahrzeuge mit Brennstoffzellen- und Batterietechnik dafür, dass jede der Komponenten sowohl in der Beschaffung, als auch im Betrieb die entsprechenden Kosten verursacht, zum Beispiel die große Instandhaltung des Batteriesystems derzeit alle acht Jahre (Batterietausch) und die große Instandhaltung der Brennstoffzellenkomponente derzeit alle fünf Jahre (Zellentausch). Darüber hinaus ist ein wichtiges Kriterium für die Wirtschaftlichkeit der Preis pro Kilowattstunde für grünen Wasserstoff, der derzeit in Mitteleuropa bei 15 bis 18 ct/kWh (5 bis 6 €/kgH<sub>2</sub>) liegt [Quelle: Wiss. Dienst des Dt. Bundestags: Kosten der Produktion von grünem Wasserstoff, Berlin April 2020], wobei angenommen wird, dass die Endverbraucherpreise bis 2050 stark sinken werden.

Zusammengefasst wird aufwändige streckenseitige Infrastruktur eingespart, dafür entstehen jedoch erhöhte fahrzeugbezogene Aufwendungen. Das Antriebssystem ist derzeit insbesondere für Situationen geeignet, bei denen Eisenbahnverkehrsdienstleistungen auf relativ langen, abgelegenen Strecken mit eher geringem Verkehrsaufkommen zu erbringen sind. Damit ist es günstiger, einen kleinen Fahrzeugpark mit komplexer Technik auszurüsten, als eine streckenseitige Infrastruktur zu errichten und zu betreiben. Ob Wasserstoff langfristig ein ähnlich universelles Energieträgermedium wie bisher die fossilen Brennstoffe werden wird und damit weitere Anwendungsbereiche im Eisenbahnwesen möglich sind, ist derzeit häufig Wunsch und Hoffnung, muss sich jedoch in der Wirklichkeit noch zeigen.

Für eine Nachhaltigkeit im Sinne Umweltfreundlichkeit muss grüner Wasserstoff eingesetzt werden. Dieser kann importiert oder regional hergestellt werden. Wasserstoff hat das Potenzial, ein universelles Speichermedium für die Energieversorgung der Zukunft zu sein. Der System-Wirkungsgrad der Wasserstofftechnologie ist jedoch im Vergleich zum Elektroantrieb schon deshalb geringer, weil die im Wasserstoff enthaltene Energie bis zur Entfaltung ihrer Wirkung als Antriebskraft sowohl innerhalb, als auch außerhalb des Eisenbahnsystems vielfach behandelt und gewandelt wird. Ein herausragender Baustein für die Nachhaltigkeit des Energieversorgungs- und Antriebssystems ist die Möglichkeit der Rückgewinnung der Bremsenergie (Rekuperation).

### Technik, Einsatz im Bahnbetrieb / SPNV

Derzeit wird ein Fahrzeugtyp eines Herstellers in Deutschland im SPNV im Betrieb eingesetzt. Weitere Hersteller haben die Lieferung von FCMUs angekündigt. Die Fahrzeuge sind als FCMUs am Markt als zwei- bis vierteilige Triebwagen für den SPNV-Einsatz oder in Entwicklung. Mehre Aufgabenträger haben größere Flotten bestellt. Zukünftig sollen FCMUs im Weser-Elbe-Netz und ab 2023 im Netz Taunus (Rhein-Main-Verkehrsverbund) zum Einsatz kommen. Der iLINT von Alstom war 2018 bis 2020 im Regelbetrieb auf einer Regionalbahnlinie in Niedersachsen im Einsatz und wird Ende 2020 bei der ÖBB im Regelbetrieb im Raum Wien vorgestellt.

Die Betriebstauglichkeit der Technik wurde in den genannten Langzeitbetriebseinsätzen im Grundsatz gezeigt. Der Alstom-Wasserstoffzug ist zudem vom Eisenbahn-Bundesamt zugelassen. Die langfristige Eignung des Energieversorgungs- und Antriebssystems im Bahnbetrieb (und nicht nur auf einzelne Fahrzeuge oder Linien bezogen) einschließlich der Einhaltung von funktionalen Anforderungen wie Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Gebrauchstauglichkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit des Gesamtsystems muss der Einsatz größerer Flotten über längere Zeiten noch zeigen.

Aufgrund des Elektroantriebs haben Wasserstoff-elektrische Schienenfahrzeuge grundsätzlich ähnliche Eigenschaften wie Schienenfahrzeuge mit vergleichbarem Elektroantriebssystem – auch hinsichtlich Beschleunigungsverhalten und Höchstgeschwindigkeit. Die tatsächlich betrieblich sinnvollen Fahreigenschaften stehen allerdings in direkter Beziehung zur Kapazität der fahrzeugseitigen Speicher und zur Leistungsfähigkeit des zum Nachladen eingesetzten Brennstoffzellensystems. Energieverbrauchsintensive Fahrprogramme sorgen dafür, dass viel Elektroenergie verbraucht wird und damit leistungsfähige Brennstoffzellen oder große Batteriezwischenspeicher erforderlich sind und häufig Wasserstoff nachgetankt werden muss. Insgesamt kann angenommen werden, dass Wasserstoff-Fahrzeuge derzeit und zukünftig über genügend Speicherkapazität verfügen, damit sinnvolle Betriebsprogramme für den SPNV ausführbar sind.

Entsprechend eignet sich das FCMU-Fahrzeugkonzept derzeit für den leichten SPNV-Nebenbahnverkehr bis mittleren SPNV-Hauptbahnverkehr. Beispielsweise beträgt die Geschwindigkeit des iLint (Alstom) 140 km/h bei einem Beschleunigungsvermögen, was nach Angaben des Herstellers vergleichbar mit dem Beschleunigungsvermögen aktueller Dieseltriebwagen der Lint-Familie ist. Ein konkreter Wert wird dabei nicht angegeben. Dazu ist anzumerken, dass der elektrische Antrieb grundsätzlich dafür sorgt, dass aus technischer Sicht ein Beschleunigungsvermögen eines FCMUs um  $1,00 \text{ m/s}^2$  insbesondere zu Beginn der Fahrt (geringer Fahrtwiderstand, hoher Zugkraftbedarf) durchaus erreichbar ist. Im S-Bahn-ähnlichen Nahverkehrseinsatz mit häufigen Halten und kurzen Halteabständen muss jedoch ein Gleichgewicht aus Energiespeicherkapazität, nacherzeugter Elektrizität aus der Brennstoffzelle und den konkreten Betriebsanforderungen (Beschleunigungsanforderungen im unteren und auch im oberen Geschwindigkeitsbereich) hergestellt werden. Daher kann es sein, dass die betrieblich zweckmäßige Beschleunigung niedriger ist. Die Reichweite hängt dabei vom betrieblichen Anwendungsfall und der Kapazität des Fahrzeugtanks ab und variiert beim Zwei- oder Dreiteiler zwischen 550 km bis 1000 km bei einer Kapazität von etwa 100 bis 200 Sitzplätzen. Die Antriebsleistung der Elektromotoren beträgt etwa 500 kW bis 1.700 kW. Mit einer

Leistung von 2 x 200 kW können die Brennstoffzellen die Batterien laden, wobei das Batteriesystem eine Leistung von 2 x 175 bis 2 x 225 kW aufweisen kann. Aktuelle FCMU-Modelle können 130 – 260 kg Wasserstoff im Tank bevorraten. Die Betankung kann an portabler oder stationärer Infrastruktur stattfinden. Diese ähnelt betrieblich der Dieselbetankung hinsichtlich zeitlicher Intervalle und Zeitbedarf für den Tankvorgang.

#### Entwicklungsperspektive

Die Wasserstofftechnik ist noch keine etablierte Antriebstechnologie, jedoch wird sie auch in anderen Branchen vermehrt eingesetzt und genießt derzeit hohe öffentliche Aufmerksamkeit als mögliches universelles Energieversorgungssystem der Zukunft. Die Entwicklungsdynamik im geförderten Rahmen ist hoch, während die breite Alltagsanwendung zögerlich nachzieht. Weitere Entwicklungssprünge werden erwartet. Derzeit beläuft sich die Betriebserfahrung im SPNV auf weniger als fünf Jahre und ist nur in einzelnen Betrieben vorhanden, sodass praktische Vor- und Nachteile sich daher derzeit nur schwer nachweisen lassen.

Durch die massive Forschung an Wasserstoffanwendungen sollen auch Brennstoffzellen zukünftig leistungsstärker, preiswerter und effizienter werden. Die Batterietechnologie verzeichnet momentan ähnliche Sprünge in der Entwicklung. Weil beide Technologien im FCMU zum Einsatz kommen, ist mit einer starken Entwicklungsdynamik in diesem Fahrzeugsegment zu rechnen. Darüber hinaus wird erwartet, dass die Preise für (grünen) Wasserstoff in der Zukunft sinken werden, weil Erzeugerkapazitäten ausgeweitet und die spezifischen Herstellungskosten sinken sollen.

#### **3.4.4 Batterie-Elektroantriebssystem**

##### Überblick

Das Batterie-Elektroantriebssystem besteht aus dem Fahrzeug mit Elektroantrieb, einem zugehörigen fahrzeugseitigen Batteriesystem sowie einer netzseitigen Ladeinfrastruktur. Die fahrzeugseitig benötigte Energie wird in Batterien zwischengespeichert und bedarfsgerecht als elektrische Energie für die Elektromotoren und Hilfsbetriebe, zum Beispiel Heizung/ Klimatisierung, bereitgestellt. Eine kontinuierlich entlang der Bahnstrecken zur Energieversorgung installierte Versorgungstechnik ist nicht erforderlich, wohl aber ein System aus Ladestationen zum Nachladen der Batterien. Die Ladefunktion kann technisch unterschiedlich realisiert sein, so zum Beispiel als einfacher Ladestecker unter Verwendung UIC-standardisierter Komponenten bis hin zum Laden während der Fahrt unter elektrifizierten Ladestrecken mittels Dachstromabnehmer und fahrzeugseitiger Wandler (standardisierte Komponenten der klassischen Elektrotriebfahrzeuge verwendbar). Derart ausgerüstete Fahrzeuge werden auch als Battery Electric Multiple Unit (BEMU) bezeichnet. Der Elektroantrieb in Kombination mit Batteriespeichern auf Basis von Blei-Akkumulatoren wird in Deutschland bereits seit etwa 100 Jahren für Schienenfahrzeuge verwendet.

Im Zusammenhang mit der Politik zur CO<sub>2</sub>-Einsparung im Verkehr gilt die Verwendung von Batteriesystemen als universelle Energiespeicher als eine der Optionen für die künftige Energieversorgung und wird daher intensiv untersucht, gefördert und vorangetrieben. Derzeit gilt die Batterie-Elektroantriebstechnik als junge, innovative Technologie und bildet noch eine Nischenerscheinung

im Verkehrs- und Eisenbahnwesen. Die Marktstrukturen aus Herstellern, Lieferanten und Abnehmern für Schienenfahrzeugantriebe und das übergeordnete Infrastruktursystem aus Ladestationen entwickeln sich derzeit bzw. befinden sich im Aufbau.

### Nutzen, Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit

Das Produktionssystem besteht aus fahrzeugseitigen Komponenten (Elektroantrieb, Batteriesystem einschließlich fahrzeugseitige Ladeschnittstelle) sowie der stationären Ladeinfrastruktur unterschiedlicher Ausprägung. Die Elektrizität kann von unterschiedlichen Lieferanten stammen. Die fahrzeugseitig gespeicherte Energie wird sowohl für die Fortbewegung (Antrieb), als auch alle weiteren Hilfsbetriebe, zum Beispiel Klimatisierung/ Heizung) in Form von Elektrizität bereitgestellt. Die fahrzeugseitige Ausrüstung umfasst neben dem Elektroantrieb das Batteriesystem und ggf. zusätzliche Ladeeinrichtungen wie Stromabnehmer und Umrichtertechnik. Da sämtliche Energie im Batteriesystem gespeichert wird, ist die Kapazität des Batteriespeichers ausreichend zu bemessen. Dabei hat das Batteriesystem einen erheblichen Einfluss auf den Fahrzeuganschaffungspreis und die Instandhaltungskosten (Lebenszykluskosten).

Eine kontinuierlich entlang der zu befahrenden Bahnstrecke errichtete Energieversorgungsanlage ist prinzipiell nicht erforderlich, wohl aber ein System aus Lademöglichkeiten – realisierbar als punktuelle Ladestation in der Nähe des Gleises („Kabel und Stecker“) oder als partiell elektrifizierte Bahnstreckenabschnitte (punktuell montierte Stromschiene oder Elektrifizierungsinsel), wobei die elektrifizierte Ladestrecke bei entsprechender fahrzeugseitiger Ausrüstung das Laden während der Fahrt ermöglicht. Die Ladestationen wiederum müssen mit leistungsfähigen Elektrizitätsanschlüssen versehen sein. Die damit verbundenen Aufwendungen beeinflussen den Investitionsbedarf. Vorhandene bereits elektrifizierte Bahnsteiggleise können für das Laden genutzt werden, wobei in diesem Fall die Wechselwirkung mit der Gleisbelegungszeit in der Verkehrsstation zu beachten ist, welche die Betriebsdurchführung direkt beeinflusst. Bremsenergie kann mittels Rekuperation zurückgewonnen werden und wird durch das Batteriesystem gespeichert.

Ein Vorteil des Batterie-elektrischen Antriebssystems besteht darin, dass ein CO<sub>2</sub>-neutraler Bahnbetrieb ohne Ausrüstung mit streckenseitiger Infrastruktur möglich ist. Leistung und Kapazität des Batteriespeichers können so dimensioniert werden, dass eine angemessene betriebliche Funktionalität des BEMU gewährleistet werden kann, zum Beispiel hinsichtlich Reichweite, Höchstgeschwindigkeit, Beschleunigungsvermögen und Zugkraft. Allerdings steigen Beschaffungs- und Betriebskosten mit dem Leistungsbedarf des Batteriespeichers an. Das betrifft zum Beispiel den Aufwand für die große Instandhaltung des Batteriesystems, was derzeit alle acht Jahre erfolgt (Batterietausch). Darüber hinaus ist ein wichtiges Kriterium für die langfristige Wirtschaftlichkeit der Preis pro Kilowattstunde für (grüne) Elektrizität. So erfolgt das Laden über die Oberleitung in elektrifizierten Streckenabschnitten derzeit zu einem Preis von 6 ct/kWh – mit dem oben beschriebenen Energiemix des derzeitigen und künftigen Bahnstroms.

Im Vergleich zum Wasserstoff-elektrischen Antrieb ist die fahrzeugseitige Ausrüstung eines BEMUs einfacher. Es werden zwar relativ große Batteriespeicher benötigt, aber keine zweite Technologiekomponente in Form des Wasserstoffspeichers/-versorgungssystems mit Brennstoffzellensystem.

Darüber hinaus ist (zumindest aktuell) der Bezugspreis für Elektrizität geringer als der für Wasserstoff. Jedoch sind bei der Realisierung eines SPNV-Angebotes zahlreiche Faktoren zu berücksichtigen, damit das Energieversorgungs- und Antriebssystem keine betrieblichen Restriktionen erzeugt, die Funktionalität langfristig erhalten und beispielsweise kein vorzeitiger Leistungsverlust des Antriebs- und Energieversorgungssystems zu beklagen ist bzw. teure Korrekturmaßnahmen erforderlich sind. In diesem Zusammenhang ist der Zeitbedarf für das Nachladen des Batteriespeichersystems zu nennen. Die Zeitkomponente kann mit diversen technischen und betrieblichen Maßnahmen gesteuert, beeinflusst und kontrolliert werden. Das ist in jedem Falle beim Entwurf des Energieversorgungs- und Antriebssystems zu berücksichtigen.

Zusammengefasst wird aufwändige streckenseitige Infrastruktur eingespart, dafür entstehen jedoch erhöhte fahrzeugbezogene Aufwendungen. Damit ist das Antriebssystem derzeit insbesondere für Situationen geeignet, wo Eisenbahnverkehrsdienstleistungen auf abgelegenen Strecken mit eher geringem Verkehrsaufkommen zu erbringen sind. Damit ist es günstiger, einen kleinen Fahrzeugpark mit komplexer Technik auszurüsten, als eine streckenseitige Infrastruktur zu errichten und zu betreiben. Die Nutzung bestehender anschließender elektrifizierter Strecken steigert den wirtschaftlichen Effekt zusätzlich und kann betrieblich gesteuert werden, indem beispielsweise BEMU-betriebene Linien in das elektrifizierte Netz durchgebunden werden.

Somit besteht ein hohes Synergiepotenzial zwischen dem BEMU mit Dachstromabnehmer zum Laden während der Fahrt und der Streckenelektrifizierung im Zusammenhang mit dem OLA-direktgespeisten Elektroantriebssystem. Die Wirtschaftlichkeit der Investition in streckenseitige Infrastruktur mit Elektrifizierungsinseln und Ladeinfrastruktur sollte im Einzelfall durch eine linienbezogene Analyse festgestellt werden.

Die Nachhaltigkeit der Batterie-elektrischen Antriebstechnik hängt maßgeblich von der Form der geladenen Energie ab. Daher ist die Nutzung von „grünen Strom“ für die Traktion anzustreben. Der hohe Anteil der Batterien am Gesamtgewicht ist ein Nachteil im Vergleich zum OLA-direktgespeisten Antriebssystem. Der Gewichtsunterschied kann bis zu 10 % des Gesamtgewichts ausmachen. Die tatsächliche Nachhaltigkeit der Batterietechnik muss sich zukünftig in allen Branchen zeigen. Ein herausragender Baustein für die Nachhaltigkeit des Energieversorgungs- und Antriebssystems ist die Möglichkeit der Rückgewinnung der Bremsenergie (Rekuperation).

#### Technik, Einsatz im Bahnbetrieb / SPNV

Mit Blick auf die aktuelle Marktsituation und den SPNV-Einsatz befindet sich das Batterie-elektrische Antriebssystem derzeit im fortgeschrittenen Entwicklungsstadium. Momentan werden zwei- bis vierteilige Triebwagen für den SPNV-Einsatz entwickelt und getestet, jedoch sind aktuell keine BEMUs in Deutschland im Regelbetrieb eingesetzt und zugelassen.

Um die Leistungsfähigkeit während der Nutzungsdauer zu gewährleisten, sind Maßnahmen erforderlich, wie zum Beispiel ein mit dem Batteriesystem abgestimmtes Betriebs-, Flotten- und Instandhaltungsmanagement. Das schließt die Instandhaltung der Batterietechnik (inkl. Batteriewechsel etwa alle acht Jahre bei pfleglicher Nutzung) ein. Das Batteriemangement verbindet die

betrieblichen Anforderungen des Betriebs mit den Anforderungen des Energieversorgungs- und Antriebssystems.

Ladestationen dienen dem Nachladen des Batteriesystems von Schienenfahrzeugen. Sie können unterschiedlich realisiert werden. Grundlage zur Bemessung ist die erwartete Leistungsfähigkeit der Station. Dies kann beispielsweise die Anzahl der nachzuladenden Züge in einem Zeitintervall sein. Daraus lässt sich ableiten, wie lang der Zeitbedarf für das Laden eines Zuges sein darf oder auch die Anzahl der Züge, die gleichzeitig geladen werden sollen. Die Anforderungen dafür resultieren aus dem Betriebskonzept des zugehörigen SPNV-Systems. Die Leistungsanforderungen für die Ladestationen hängen dabei nicht nur von den Anforderungen an den Durchsatz einer Ladestation oder von der fahrzeugseitigen Technik ab, sondern beispielsweise auch von betrieblichen Determinanten. Das ist beispielsweise der Zeitbedarf, den ein Zug ein (Lade-)Gleis zum Nachladen belegen darf. Aus diesen Überlegungen resultiert die Festlegung der Ausgestaltung einer bestimmten Ladestation – vom „Stecker und Kabel“ bis hin zur partiellen Elektrifizierung einer Bahnstrecke. Dabei gilt grundsätzlich für die SPNV-Betriebsführung: Je dichter die Ladeinfrastruktur in Relation zur Leistungsfähigkeit der Batterien, umso stabilisierender ist die Wirkung für den Betrieb.

BEMUs sind frei auf allen geeigneten Bahnstrecken einsetzbar. Die betriebliche Optimierung des Systems auf Energiebedarf, Reichweite, Ladezeitbedarf, Ladestandorte und Umläufe ist empfehlenswert. So wirkt sich die Höchstgeschwindigkeit direkt auf die Reichweite des Fahrzeugs aus. BEMUs können 160 km/h schnell sein, während die Betriebsgeschwindigkeit von 140 km/h ein betrieblich sinnvolles Optimum aus Reisezeitverkürzung, Reichweite und Kosten sein kann. Das Beschleunigungsvermögen beträgt etwa  $1,10 \text{ m/s}^2$  – ebenfalls in Abhängigkeit von optimalen Betriebseinsatz. Die Reichweite wird mit 80 bis 120 km, abhängig von installiertem Speicher, angegeben. Die derzeit in Entwicklung befindlichen BEMUs verfügen über eine Kapazität von etwa 100 bis 200 Sitzplätzen. Die Antriebsleistung aktueller BEMU-Entwicklungen liegt zwischen 1.700 und 2.600 kW bei einer Batterieleistung von etwa 500 bis 700 kWh.

### Entwicklungsperspektive

Erfahrungen mit BEMUs werden derzeit im Rahmen von Erprobungen gesammelt. So setzt die ÖBB seit 2018 den CityJetEco von Siemens zur Betriebserprobung ein. Von Stadler wird seit 2018 der „Flirt Akku“ getestet. Der EcoTrain der DB AG ist 2020 erstmals im Erzgebirge erprobt worden. Bisher besteht keine längere Erfahrung mit BEMUs im Betriebsalltag. In den letzten Jahren sind Batteriesysteme immer leistungsstärker, preiswerter und effizienter geworden. Es wird damit gerechnet, dass dieser Entwicklungstrend in Zukunft anhält.

Künftig werden 55 BEMUs in Schleswig-Holstein zum Einsatz kommen. Die Fahrzeuge und das zugehörige Einsatzkonzept befanden sich zum Zeitpunkt der Anfertigung der Studie in Entwicklung durch Stadler Pankow und die NAH.SH.

## 4 Schienenverkehr in Schleswig-Holstein – Ist-Zustand

Aktuell verkehren Züge des Schienenpersonennahverkehrs, des -fernverkehrs und des -güterverkehrs auf dem Schienennetz in Schleswig-Holstein. Das Angebot wird vom vertakteten SPNV bestimmt, der mit langlaufenden Zügen auch Relationen bedient, auf denen der SPFV nur mit einzelnen Zügen angeboten wird. Angebote des SPFV gibt es in den Relationen

- Hamburg – Kiel
- Hamburg – Lübeck (– Fehmarn)
- Hamburg – Westerland
- Hamburg – Flensburg
- Hamburg – Büchen

Verschiedene Tarifpunkte im Land werden mit dem SGV bedient. Besonders zu erwähnen ist die Anbindung Skandinaviens über den Grenzübergang Flensburg – Padborg. Hierbei handelt es sich um den Güterverkehrskorridor 3 „Stockholm – Malmö – Kopenhagen – Hamburg – Innsbruck – Verona – Palermo (in Abstimmung mit der EU-Regulierung Nr. 913/2010). Damit verläuft eine wichtige transeuropäische Achse des SGV durch Schleswig-Holstein.

Auf dieser Achse läuft derzeit der einzige internationale Fernverkehr in Schleswig-Holstein, der von Hamburg aus verschiedene Ziele in Dänemark erreicht. Dabei werden in Schleswig-Holstein die Städte Rendsburg und Flensburg bedient.

### 4.1 Bahnnetz und Infrastruktur

Aus Sicht der Verkehrsgeographie nimmt Schleswig-Holstein eine periphere Lage in Deutschland ein und bildet das Bindeglied zwischen Mitteleuropa und Skandinavien. Der Verkehrsraum ist nach Westen und Osten durch die Nord- und Ostsee begrenzt, nach Norden schließt sich Dänemark an und nach Südwesten bildet die Unterelbe eine natürliche Begrenzung des Verkehrsraums. Die Ausrichtung der Bahnstrecken erfolgt küstenparallel in etwa drei Nord-Süd-Achsen, die nach Süden hin in den Knoten Hamburg münden mit Seitenästen über Lübeck nach Mecklenburg-Vorpommern und über Lauenburg nach Niedersachsen.

Dänemark und Schleswig-Holstein bilden einen ähnlich strukturierten Eisenbahnraum bestehend aus nicht elektrifizierten Flachlandstrecken mit relativ langen Streckenabschnitten und großen Netzmaschen aufgrund der aufgelockerten Raum- und Siedlungsstruktur. Auf den Strecken verläuft ein ausgeprägter Transitkorridor in Nord-Süd-Richtung zwischen Jütland/Skandinavien und Mitteleuropa.

Das Land Schleswig-Holstein ist aus Sicht der Energiewirtschaft ein aufstrebendes Energie-Erzeugerland. Insbesondere wird Windenergie onshore und offshore gewonnen und steht als Elektrizität zur Verfügung. Aufgrund der oben dargestellten verkehrsgeographischen Lage und Funktion betreffen Entscheidungen im Zusammenhang mit der Energieversorgung des Bahnverkehrs in Schleswig-Holstein nicht nur den SPNV, sondern auch den transeuropäischen Schienenfernverkehr von Fernreisezügen und Güterzügen.

Derzeit wird der SPNV mit Elektro- (ET) und Dieseltriebfahrzeugen (VT) durchgeführt. Entsprechende Energieversorgungs- und Antriebssysteme sind vorhanden. Ladestationen sowie Elektrifizierungsinseln für den Einsatz von Zügen mit Batterie-Elektroantrieb in Tönning, Husum, Heide befinden sich derzeit in Planung. Zur Wasserstoffversorgung für den Straßenverkehr in Schleswig-Holstein gibt es aktuell drei Tankanlagen in Hamburg, Brunsbüttel und Handewitt. Bahnseitige Wasserstofftankstellen/ Wasserstoffherstellung existieren bis dato nicht.

## 4.2 Netzparameter

Die Betriebslänge der Eisenbahninfrastruktur in Schleswig-Holstein beträgt ca. 1.246 km, davon sind

- 485 km zwei-/mehrgleisig (39 %)
- 761 km eingleisig (61 %)
- 367 km elektrifiziert (30 %)
- 879 km nicht elektrifiziert (70 %)

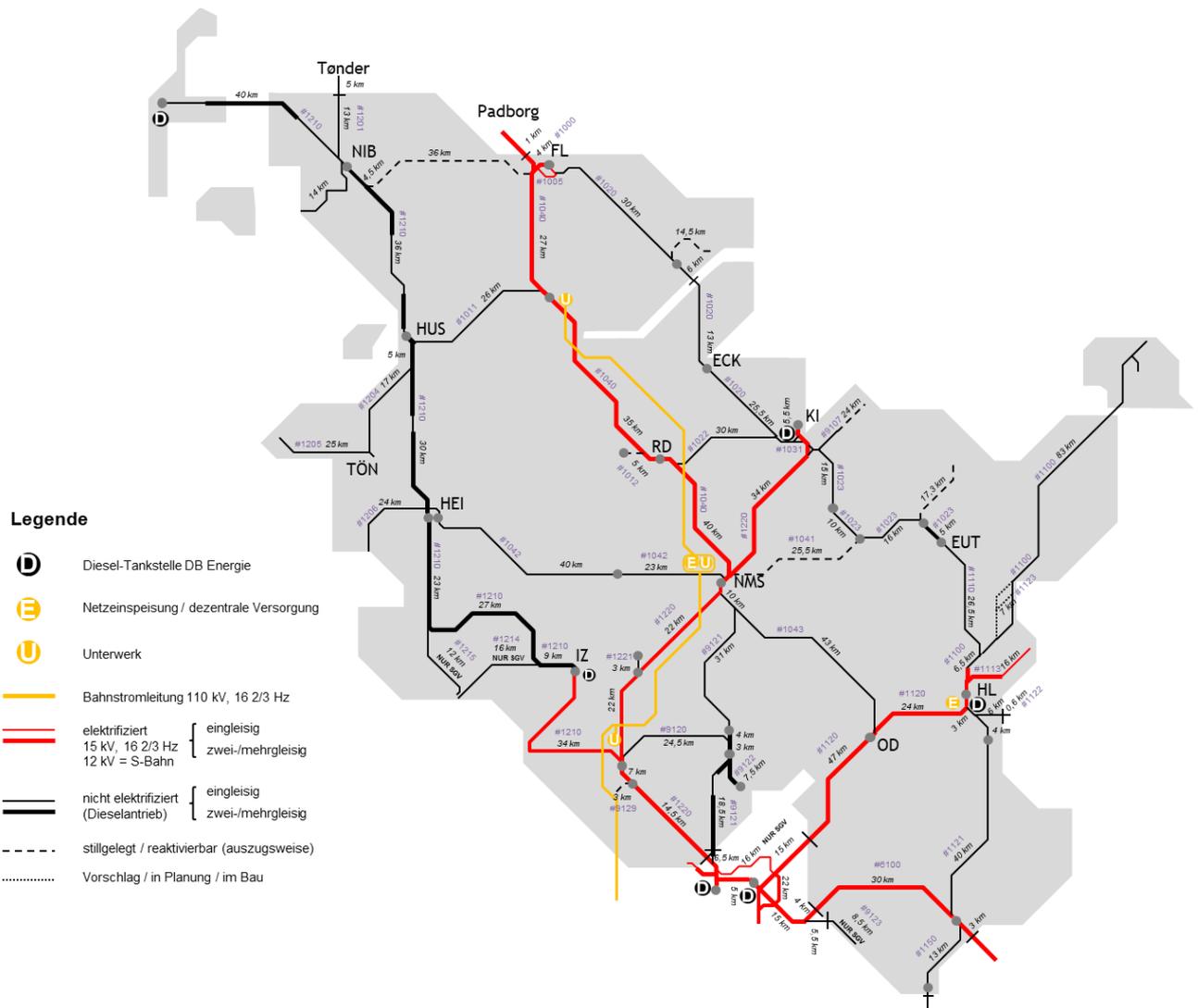


Abbildung 14: Bahnstrecken in Schleswig-Holstein, Stand 2020

Mit einem Anteil von 30 % elektrifizierten Strecken liegt Schleswig-Holstein weit unter dem Bundesdurchschnitt, der ca. 60 % beträgt. Politisch ist bundesweit eine Anhebung des Anteils des elektrischen Netzes auf 70 % beschlossen worden.

Derzeit werden über 180 Bahnstationen im SPNV bedient. An zehn Bahnstationen halten auch Züge des SPNV.

### 4.3 Verkehrsangebot im SPNV

Das aktuelle Verkehrsangebot des SPNV in Schleswig-Holstein ist in folgender Tabelle dargestellt.

Linie	Strecke	Betreiber	Fahrzeugtypen	Energie/ Antrieb	Grundtakt [min]
<b>Netz West</b>					
RE 6	Westerland (Sylt) – HH-Altona	DB	BR245 + Marschbahn Wagen	Diesel	60
RB 61	Itzehoe – HH Hbf.	Nordbahn	2 x Flirt (5- bzw. 6-teilig)	Elektrisch	60
RB 62	Heide – Itzehoe	DB	Lint 54	Diesel	60
RB 63	Büsum – Neumünster	Nordbahn	Lint 41	Diesel	60/120
RB 64	Bad St. Peter-Ording – Husum	DB	Lint 41	Diesel	60
RB 65	Nieüll – Dagebüll Mole	Neg	VT 628/ex-ÖBB 5047	Diesel	ca. 60
RB 66	Tønder (DK) – Nieüll	Arriva	Lint 41	Diesel	60/120
<b>Netz Mitte</b>					
RE 7	Flensburg/Kiel – HH Hbf.	DB	Twindexx	Elektrisch	60
RE 70	Kiel – HH Hbf.	DB	1x/2x Twindexx	Elektrisch	60
RB 71	Wrist/ Itzehoe – Elmshorn – HH-Altona	Nordbahn	1x Flirt (HVZ 2x) (5- bzw. 6-teilig)	Elektrisch	60
RE 72	Flensburg – Kiel	DB	Lint 41	Diesel	60
RB 73	Eckernförde – Kiel	DB	Lint 41	Diesel	60
RE 74	Husum – Kiel	DB	Lint 41	Diesel	60
RB 75	Rendsburg – Kiel	DB	Lint 41	Diesel	60
RB 76	Kiel Hbf. – Kiel Opendorf	DB	Lint 41	Diesel	60
<b>Netz Ost</b>					
RE 8	Lübeck – HH Hbf.	DB	BR112/BR146.3 + 7 Dostos	Elektrisch	60
RE 80	Lübeck – Ahrensburg – HH Hbf.	DB	BR112/BR146.3 + 7 Dostos	Elektrisch	60
RB 81	Bad Oldesloe – HH Hbf.	DB	BR112 + 5 Dostos	Elektrisch	60
RB 82	Neumünster – Bad Oldesloe	Nordbahn	Lint 41	Diesel	60
RE 83	Kiel – Lübeck – Lüneburg	DB	Lint 41	Diesel	60
RB 84	Kiel – Lübeck	DB	Lint 41	Diesel	60
RB 85	Puttgarden – Neustadt – Lübeck	DB	Lint 41	Diesel	60/120
RB 86	Lübeck-Travemünde Strand – Lübeck Hbf.	DB	Lint 41	Diesel	60
RE 4	Lübeck – Bad Kleinen (– Szcz.)	DB	Lint 41	Diesel	60
RE 1	HH Hbf. – Büchen (– Schwerin)	DB	BR182 + 5 Dostos	Elektrisch	60
<b>Netz Süd</b>					
A1	Neumünster – Hamburg-Eidelst.	AKN	Lint 54, VTA	Diesel	20/60
A2	Ulzburg Süd – Norderstedt Mitte	AKN	VTA	Diesel	10/20
A3	Elmshorn – Ulzburg Süd	AKN	VTA	Diesel	30/60
S1	Wedel – HH -Poppenb. /Airport	S-Bahn HH	BR 474, BR490	Elektrisch	10/20
S21	HH-Elbgaustraße – Hamburg Hbf. – Aumühle	S-Bahn HH	BR 474, BR490	Elektrisch	10/20
S3	Pinneberg - Stade	S-Bahn HH	BR 474, BR490	Elektrisch	10

Tabelle 4: Zusammenstellung des aktuellen Verkehrsangebotes im SPNV in Schleswig-Holstein

Die einzelnen Linien verkehren in der Regel im 1h-Takt. Durch Überlagerung verschiedener Linien kommt es auf vielen wichtigen Relationen zu angenäherten 30 min-Takten. Durch unterschiedliche Haltemuster können aber einzelne Stationen auf diesen Relationen ggf. nur einmal pro Stunde bedient werden. Wenn die Überlagerung durch RE- und RB-Linien erfolgt, ergeben sich auf Grundlage unterschiedlicher Fahrzeiten in einigen Stationen zwei Halte je Stunde, die sich aber nicht zu einem 30 min-Takt ergänzen. Auf einigen Relationen mit besonders geringer Nachfrage verkehren die Züge nur alle zwei Stunden (s. vorstehende Tabelle). Andererseits wird in besonders nachfragestarken Relationen während der Hauptverkehrszeit die Bedienung weiter verdichtet.

Für den Ersatz von Dieseltriebwagen sind 55 elektrische Triebwagen mit Akkus (BEMU) für den flexiblen Einsatz sowohl auf elektrifizierten, als auch auf nicht elektrifizierten Streckenabschnitten bei der Firma Stadler bestellt worden. Es ist geplant, dass sie Ende des Jahres 2022 im Betrieb eingesetzt werden.

#### 4.4 Fahrzeitenmatrizen Straßenverkehr / Vergleich zum öffentlichen Verkehr

Aufbauend auf der Angebotsmodellierung des Straßenverkehrs ist die Berechnung von Fahrzeitenmatrizen des Straßenverkehrs möglich. Diese Matrizen stellen die Kenngrößen des verkehrlichen Widerstandes dieser Verkehrsart dar. Für den Straßenverkehr wird die Fahrzeit im belasteten Straßennetz ermittelt.

Um die Konkurrenzsituation des Straßenverkehrs zum öffentlichen Verkehr auszudrücken, werden in vergleichbarer Weise die Reisezeitmatrizen des öffentlichen Verkehrs ermittelt. Auf dieser Grundlage werden Reisezeitverhältnisse in der Form

$$\text{Reisezeitverhältnis} = \frac{\text{Reisezeit im SPNV}}{\text{Reisezeit im MIV}}$$

zwischen Straßenverkehr und öffentlichem Verkehr berechnet.

In der Abbildung 15 sind die Reisezeitverhältnisse zwischen Straßenverkehr und Schienenverkehr im Ist-Zustand dargestellt. Dabei drücken die Werte aus, um welchen Faktor der SPNV schneller (kleiner Eins) oder langsamer (größer Eins) als der MIV ist. Da im Wesentlichen der Schienenverkehr die Grundlage der Auswertung ist, wurden ausgewählte Ober- und Mittelzentren des Landes Schleswig-Holstein sowie die Freie und Hansestadt Hamburg in die Darstellungen einbezogen. Die Werte gelten für Hin- und Rückrichtung.

Für den Vergleich wurden die jeweiligen Stadtzentren mit dem Hauptbahnhof als Start- bzw. Zielort gewählt. Dieses Verfahren wurde auch für die Berechnung der Reisezeitverhältnisse des Prognose-Nullfalls 2035 und -Planfalls 2035 gewählt. Insofern sind die resultierenden Matrizen konsistent miteinander vergleichbar. Zu beachten ist, dass der reale Weg mit öffentlichen Verkehrsmitteln oft einen Vor- und Nachlauf hat, um zum Hauptbahnhof zu gelangen. Dieser (Teil-)Weg wird nicht in die Berechnung der Verhältniszahlen einbezogen; genauso wie die über die Stadt verteilten Start- und Zielorte des Straßenverkehrs.

Es wird ersichtlich, in welchen Achsen der SPNV bereits heute konkurrenzfähig ist und in welchen Bereichen dieser noch Defizite aufweist. Vor allem von Kaltenkirchen und Norderstedt aus benötigt

ein Fahrgast zu fast allen betrachteten Zielen etwa doppelt so viel Zeit als mit dem MIV. Während hingegen an der Achse Hamburg – Elmshorn – Neumünster – Kiel bzw. Flensburg liegende Orte bereits heute schon gute Erreichbarkeitswerte aufweisen. Diese Erkenntnisse sind in die weiteren Planungsschritte aufzunehmen, um so Angebotsverbesserungen auf den SPNV-Relationen für Schleswig-Holstein herstellen zu können.

	Kiel	Hamburg	Flensburg	Lübeck	Neumünster	Heide	Geesthacht	Mölln	Husum	Eutin	Elmshorn	Pinneberg	Wedel	Eckernförde	Rendsburg	Schleswig	Bad Segeberg	Kaltenkirchen	Norderstedt	Wahlstedt	Itzehoe	Ahrensburg	Bad Oldesloe	Reinbek
Kiel		1,0	1,3	1,1	0,7	1,6	-	1,4	1,3	1,2	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,6	1,4	1,6	1,8	1,3	1,3	1,7	1,4	1,4
Hamburg			1,1	0,9	0,9	1,3	-	1,4	1,3	1,2	0,7	0,7	0,9	1,3	1,0	1,1	1,0	1,7	1,9	1,4	1,3	0,5	0,7	0,9
Flensburg				1,4	1,0	1,5	-	1,5	1,5	1,5	0,8	1,1	1,4	0,9	0,8	0,7	1,1	1,4	1,6	1,1	1,4	1,3	1,2	1,2
Lübeck					1,5	1,4	-	0,8	1,6	0,8	1,0	1,0	1,0	1,4	1,5	1,6	1,6	2,0	1,9	1,6	1,4	0,9	0,7	1,8
Neumünster						1,1	-	1,8	1,5	1,7	0,4	0,9	1,1	1,2	0,7	1,0	0,9	1,3	1,6	0,7	1,3	1,5	1,1	1,3
Heide							-	1,6	0,6	1,6	1,1	1,4	1,7	2,2	1,9	1,2	1,2	1,8	1,9	1,2	1,0	1,4	1,3	1,2
Geesthacht								-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mölln									1,7	1,1	1,3	0,8	1,3	1,4	1,7	1,7	1,9	1,8	2,0	1,9	1,5	1,9	1,5	1,9
Husum										1,7	1,2	1,4	1,5	2,2	0,9	0,8	1,4	1,8	1,8	1,5	1,0	1,4	1,5	1,2
Eutin											1,1	1,3	1,3	1,5	1,6	1,8	2,2	1,9	2,1	2,4	1,4	1,3	1,3	1,6
Elmshorn												0,5	1,8	1,0	0,7	0,8	1,0	1,9	1,6	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9
Pinneberg													2,7	1,3	1,0	1,1	1,4	1,8	2,3	1,4	1,4	1,0	1,0	0,9
Wedel														1,6	1,5	1,5	1,4	1,9	2,2	1,6	2,0	1,0	1,0	1,0
Eckernförde															2,4	3,2	1,5	1,9	1,9	1,6	1,8	1,7	1,6	1,5
Rendsburg																0,5	1,0	1,5	1,7	1,0	1,8	1,3	1,1	1,1
Schleswig																	1,1	1,6	1,7	1,1	1,5	1,3	1,2	1,2
Bad Segeberg																		2,2	2,5	0,5	1,2	1,3	0,8	1,8
Kaltenkirchen																			0,9	2,0	2,4	1,8	2,5	1,3
Norderstedt																				2,1	2,4	2,3	2,6	1,6
Wahlstedt																					1,6	1,7	1,1	2,0
Itzehoe																						1,2	1,4	1,2
Ahrensburg																							0,5	2,1
Bad Oldesloe																								1,7
Reinbek																								

Abbildung 15: Reisezeitverhältnisse Straßenverkehr und öffentlicher Verkehr im Ist-Zustand

## 4.5 Verkehrsnachfrage

### 4.5.1 Berechnung und Kalibrierung der Matrix

Entsprechend der in Kapitel 2.3.1 beschriebenen Methodik wird das Verkehrsnachfragemodell in einem ersten Schritt für den Ist-Zustand aufgebaut. Ausgehend von einer Matrix (Verkehrstrommatrix), mit der die Quelle-Ziel-Beziehungen des Ist-Zustandes beschrieben werden, wird im zweiten Schritt auf den Prognosehorizont hochgerechnet.

Für den Ist-Zustand erfolgt damit die Generierung von Verkehrsstrommatrizen für den öffentlichen Verkehr und den Straßenverkehr, mit denen die heutigen verkehrlichen Verhältnisse adäquat repräsentiert werden. Das Verfahren und die Ergebnisse werden im Folgenden beschrieben:

### Öffentlicher Verkehr

Für den öffentlichen Verkehr werden die Quelle-Ziel-Beziehungen initial modellhaft berechnet. Die Quellen und Ziele werden durch die Verkehrsbezirke repräsentiert. Anhand der Einwohnerzahlen der Bezirke und den Angaben zur mittleren Anzahl an Wegen je Person und Tag (spezifische Verkehrsaufkommen) kann die Anzahl der Wege, die an einem mittleren Werktag in der Schulzeit realisiert wird, ermittelt werden. Die spezifischen Verkehrsaufkommen wurden anhand der Mobilitätsbefragung Mobilität in Deutschland MiD 2017 bestimmt. Es fand eine Differenzierung nach verschiedenen Raumtypen statt. Bei der Auswertung wurden nur Wege, die mit öffentlichen Verkehrsmitteln realisiert werden, einbezogen, um eine für den öffentlichen Verkehr spezifische Wegezahl zu generieren.

Die Anzahl der Wege je Verkehrsbezirk wurde anhand eines Gravitationsansatzes auf die möglichen Ziele im Untersuchungsgebiet verteilt. Als Eingangsgrößen des Gravitationsansatzes gelten das Einwohner- und Arbeitsplatzpotenzial sowie der verkehrliche Widerstand (Reisezeiten, Umsteigehäufigkeiten usw.) des öffentlichen Verkehrs. Der Widerstand wurde mit Hilfe des Angebotsmodells ermittelt.

Mit diesem Berechnungsansatz steht eine initiale Matrix der Quelle-Ziel-Beziehungen zur Verfügung. Diese Matrix wurde kalibriert. Dazu ist ein Vergleich der modellhaften Berechnungsergebnisse mit Erhebungsdaten sowie weiterer Sekundärstatistik notwendig. Zielgrößen der Kalibrierung waren im Wesentlichen folgende Kenngrößen:

- Streckenbelegungen des Schienenpersonennahverkehrs (Datenstand 2018, Quelle: NAH.SH)
- Linienbeförderungsfälle (Datenstand 2018, Quelle: NAH.SH)
- Linienleistungen (Personenkilometer) (Datenstand 2018, Quelle: NAH.SH)
- Ein-/Aussteiger an den Bahnhöfen und Haltepunkten (Datenstand 2018, Quelle: NAH.SH)
- mittlere Reiseweiten und mittlere Reisezeiten (Datenauswertung aus MiD 2017)

Bei der Kalibrierung wurden die Fahrgastnachfrage und die modellinternen Parameter solange angepasst, bis eine hinreichende Genauigkeit der Berechnungsergebnisse im Vergleich mit den Erhebungsdaten und der Sekundärstatistik erreicht ist. Das erfolgte mit einem Korrekturverfahren auf Matrixebene. Im Ergebnis konnten realitätsnahe Annäherungen der Berechnungsergebnisse mit den Vergleichsdaten erzielt werden. Abweichungen lagen in einem zulässigen Bereich.

### Straßenverkehr

Zur Abbildung der Nachfrage des Straßenverkehrs wurde, wie bereits bei den methodischen Ausführungen beschrieben, ein Ausschnitt aus dem deutschlandweiten Verkehrsmodell PTV Validate



vorhandenen Verkehrsaufwand. Auch die Planfallbewertungen enthalten Vorschläge zur Anpassung der S-Bahn-Angebote.

Die Tabelle 5 fasst die Kenngrößen der Berechnung für den Ist-Zustand zusammen. Die Angaben beziehen sich auf einen mittleren Werktag.

	Ist-Zustand
Fahrplankilometer	73.000
Personenkilometer	5.854.000
Beförderungsfälle	229.000

Tabelle 5: Kenngrößen der Berechnung – Ist-Zustand (SPNV)

## 5 Prognose-Nullfall 2035

Die Ergebnisse des Prognose-Nullfalls 2035 geben die Vergleichsgrundlage zu den Ergebnissen des Prognose-Planfalls, der ebenfalls für den Planungshorizont 2035 berechnet wird. Wie bereits in Kapitel 2.1 beschrieben, umfasst der Prognose-Nullfall diejenigen Entwicklungen, die in Hinblick auf ihr Eintreten bzw. ihre Umsetzung feststehen. Das bezieht sich auf die Raumstruktur und das Verkehrsangebot. Mit dieser Vorgehensweise können die Wirkungen der Maßnahmen des Planfalls unmittelbar interpretiert werden. Weitere Einflussgrößen sind bei diesem Vergleich nicht enthalten. In den folgenden Kapiteln wird auf den Prognose-Nullfall 2035 eingegangen. Die Beschreibung des Prognose-Planfalls 2035 erfolgt in Kapitel 6.

### 5.1 Rahmenbedingungen des Prognose-Nullfalls 2035

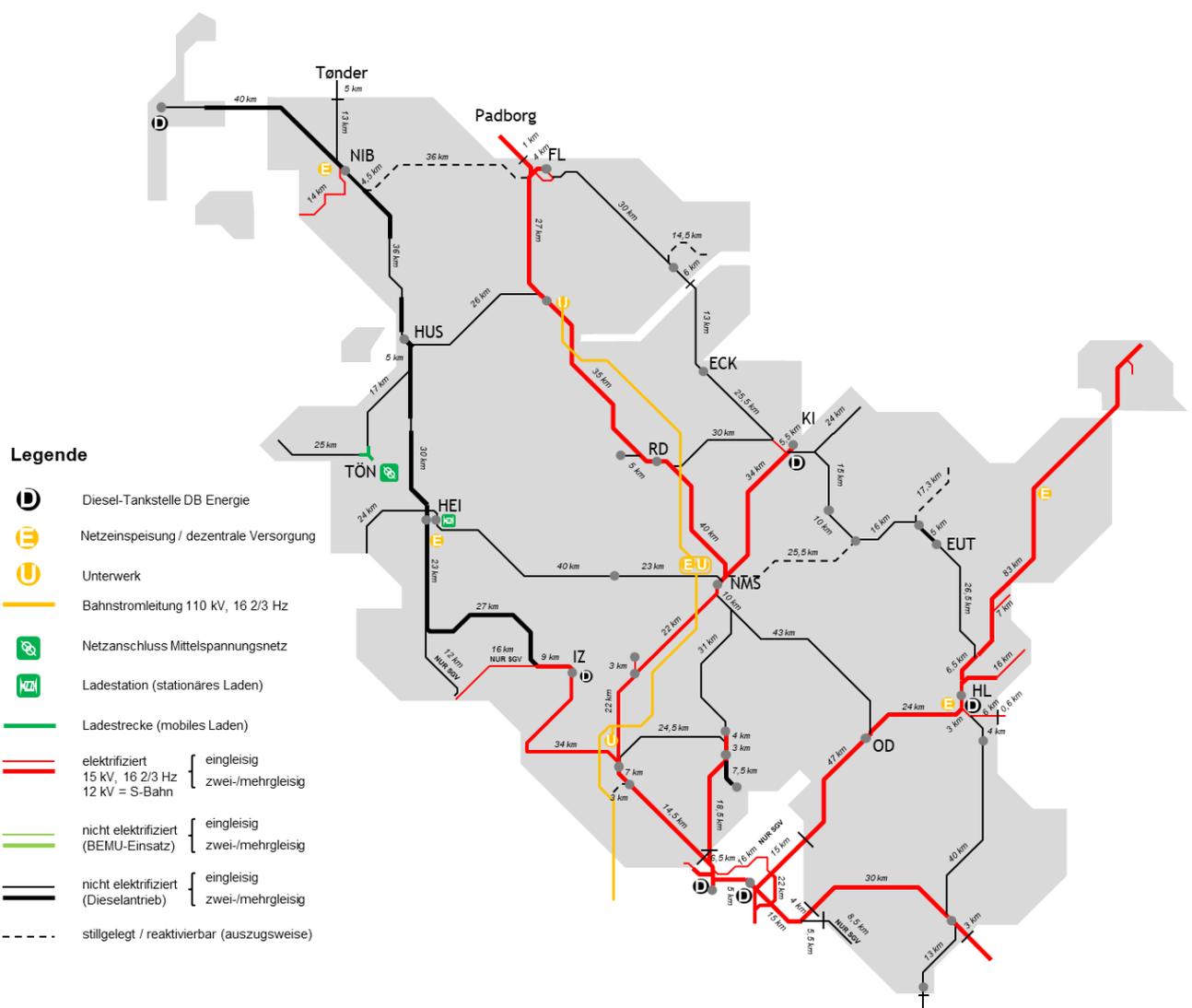


Abbildung 17: Bahnstrecken, Ausgangslage Prognose-Nullfall 2035 (2020 beschlossene und in 2035 als bereits realisiert angenommene Vorhaben)

### 5.1.1 Raumstrukturelle Entwicklung

Als erste Grundlage zur Bestimmung des Prognose-Nullfalls wird die Entwicklung der Raumstruktur bis zum Jahr 2035 betrachtet. Es wird auf die Einwohnerentwicklung abgestellt, die aus der 14. Koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Bundes und der Länder abgeleitet wird. Den Berechnungen liegt die Variante W2 (Variante mit mittlerer Entwicklung) zugrunde. Demnach kann von folgender Veränderung der Einwohnerzahlen ausgegangen werden:

	2017	2035
Schleswig-Holstein	2.890.000 Einwohner	2.896.000 Einwohner
Freie und Hansestadt Hamburg	1.831.000 Einwohner	1.959.000 Einwohner

Tabelle 6: Einwohnerentwicklung Schleswig-Holstein und Hamburg

Bis zum Jahr 2035 wird für das Land Schleswig-Holstein eine Stagnation der Einwohnerzahlen erwartet. Die Tendenz ist leicht steigend. Für die Freie und Hansestadt Hamburg wird von einem Zuwachs an Einwohnern bis zum Jahr 2035 ausgegangen. Das Plus beträgt 7 %. Für Schleswig-Holstein zeigt die Abbildung 18 zusätzlich die Entwicklung der kreisfreien Städte und Landkreise:

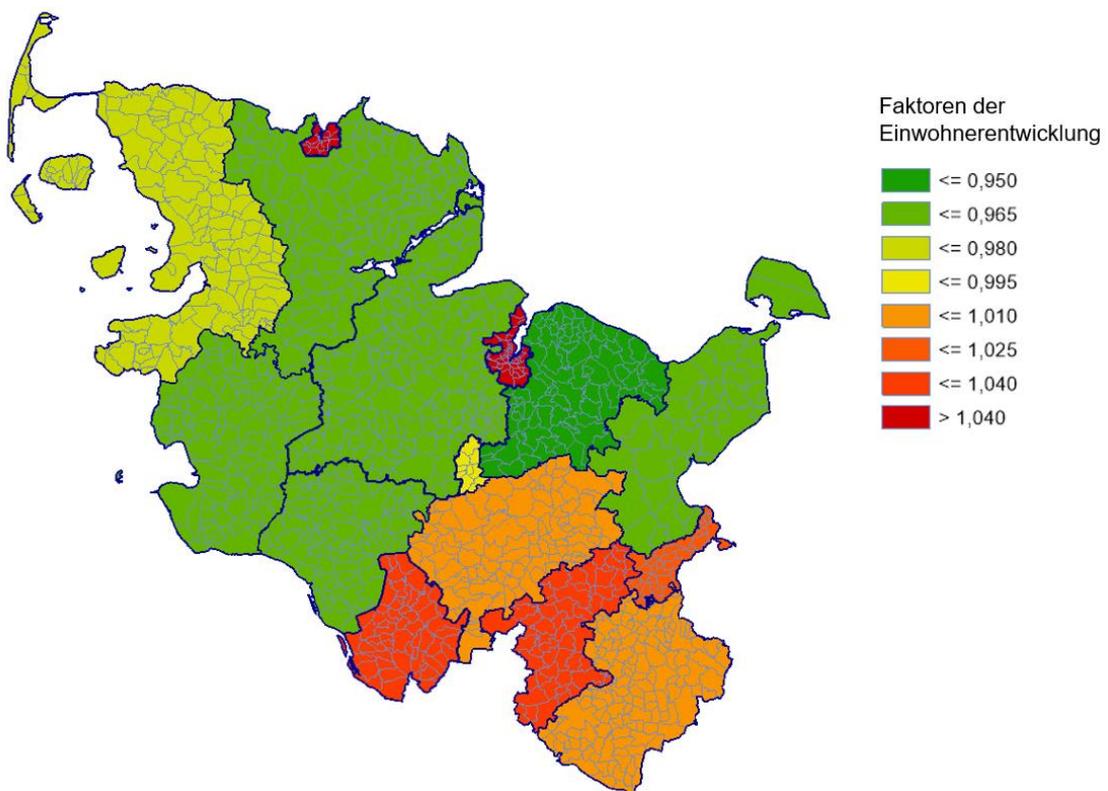


Abbildung 18: Einwohnerentwicklung der kreisfreien Städte und Landkreise in Schleswig-Holstein

Die Veränderungen der Einwohnerzahlen finden auf einem niedrigen Niveau statt. Zuwächse werden für die Städte Flensburg, Kiel und Lübeck sowie für die Landkreise Herzogtum Lauenburg, Pinneberg, Segeberg und Stormarn prognostiziert. Rückgänge werden für die Stadt Neumünster sowie

für die Landkreise Dithmarschen, Nordfriesland, Ostholstein, Plön und Rendsburg-Eckernförde, Schleswig-Flensburg sowie Steinburg erwartet.

Die Angaben der Einwohnerzahlen der kreisfreien Städte und Landkreise wurden auf die administrativen Einheiten (Stadtteile und Gemeinden) und weiter differenziert auf die Verkehrsbezirke verteilt. Im Ergebnis zeigt sich, dass sich die für den Ist-Zustand beschriebene Verteilung der Einwohner bis 2035 weiter verstärken wird. Gebiete mit heute vergleichsweise hoher Einwohnerzahl werden an Einwohnern gewinnen; im Gegensatz dazu werden Gebiete mit vergleichsweise niedriger Einwohnerzahl verlieren – diese Schlussfolgerung gilt, wenn auch auf niedrigem Niveau.

Für weitere Merkmale der Raumstruktur, wie zum Beispiel den Arbeitsplätzen, lag keine abgestimmte Datengrundlage für den Prognosehorizont vor. Deshalb begründet sich die verkehrliche Entwicklung aus raumstruktureller Sicht allein auf der Einwohnerentwicklung.

### 5.1.2 Beschlossene Infrastrukturentwicklungen bis 2035

Für einen Netzausbau der Schiene sind vom Land Schleswig-Holstein folgende Festlegungen politisch getroffen worden, die bis 2035 als sicher realisiert gelten:

- Ausfädelung der S21 in Hamburg-Eidelstedt und Verlängerung bis Quickborn bzw. Kaltenkirchen. Die Durchbindung der S21 ermöglicht eine umsteigefreie Fahrt aus Kaltenkirchen ins Hamburger Zentrum und ersetzt den aktuellen Dieselbetrieb durch elektrische Fahrzeuge.
- Betriebsaufnahme der Linie S4 Ost mit Ausfädelung in Hamburg-Hasselbrook auf eigener Infrastruktur bis Ahrensburg Gartenholz und Verlängerung bis Bargtheide – Bad Oldesloe im Mischverkehr auf vorhandener Infrastruktur (im Prognose-Nullfall ist der Vorlaufbetrieb enthalten)
- Ausbau Kiel – Lübeck, neue Weichenverbindung und längere Bahnsteige in Preetz. Zwischen Kiel und Preetz wird die bisherige Infrastruktur ertüchtigt. Der Bahnhof Kiel-Elmschungen erhält einen zweiten Bahnsteig.
- Elektrifizierung der Strecke Niebüll – Dagebüll der Norddeutsche Eisenbahngesellschaft Niebüll GmbH (neg)
- Elektrifizierung der Strecke Itzehoe – Brunsbüttel (für den Güterverkehr)

Außerdem gibt es Vorhaben des vordringlichen Bedarfs des Bundesverkehrswegeplans (BVWP):

- Zweigleisiger Ausbau Niebüll – Klanxbüll zur Steigerung der Leistungsfähigkeit Niebüll – Westerland und Verbesserung der Pünktlichkeit (BVWP-Projekt Schleswig-Holstein)
- Hinterlandanbindung und Feste Fehmarnbeltquerung (FFBQ) als neue Verbindung Deutschland – Skandinavien (BVWP-Projekt Schleswig-Holstein)
- 4. Bahnsteigkante Elmshorn zur Steigerung der Leistungsfähigkeit des Bahnknotens Elmshorn (BVWP-Projekt Knoten Hamburg)

### Reaktivierungen:

- Die Strecke Rendsburg – Seemühlen wird reaktiviert zur Erschließung von Rendsburg.
- Die Strecke Wrist – Kellinghusen wird reaktiviert zur direkten Erschließung des Ortes Kellinghusen.
- Die Strecke Kiel-Oppendorf – Schönberger Strand wird reaktiviert.

Die genannten Infrastrukturprojekte ermöglichen neue und zum Teil schnellere Bedienungen im SPNV, die für den Prognose-Nullfall berücksichtigt werden.

Weiterhin wurden folgende neue Haltepunkte in den Prognose-Nullfall 2035 aufgenommen:

Neue Haltepunkte Prognose-Nullfall 2035		
Ahrensburg-West	Kiel-Elmschenhagen Kroog	Rendsburg-Mastbrook
Bad Oldesloe Ost	Lübeck-Moisling	Rendsburg-Seemühlen
Büdelsdorf / Gymnasium Kronwerk	Passade	Schönberg (Holstein)
Eckernförde Süd	Preetz Krankenhaus	Schönberger Strand
Fiefbergen	Preetz Nord	Schönkirchen
Kellinghusen	Probsteierhagen	Schwentinental Gutenbergstraße

Tabelle 7: Zusätzliche Haltepunkte in Schleswig-Holstein im Prognose-Nullfall 2035

### 5.1.3 Verkehrsangebot

#### Straßenverkehr

Für den Straßenverkehr wurden die Maßnahmen angesetzt, die entsprechend der BWVP-Planungen für Schleswig-Holstein bis zum Jahr 2035 als umgesetzt gelten. Beispielhaft werden folgende Maßnahmen benannt:

- A20 – Maßnahmen zum Neubau
- A21 – Kiel (mit Anschluss B 76) – Stolpe
- A23 – Ausbau zwischen Anschlussstelle Tornesch und Anschlussstelle Eidelstedt
- B199 – Ortsumfahrung Handewitt

Auf der Grundlage dieser Maßnahmen wurde die Nachfrage für den Straßenverkehr für 2035 abgeleitet. Diese Nachfrage wird für das Berechnungsverfahren zur Prognose des Planfalls verwendet. Im Sinne der konkurrierenden Verkehrsart stellt sie das Verlagerungspotenzial für die Maßnahmen des öffentlichen Verkehrs dar.

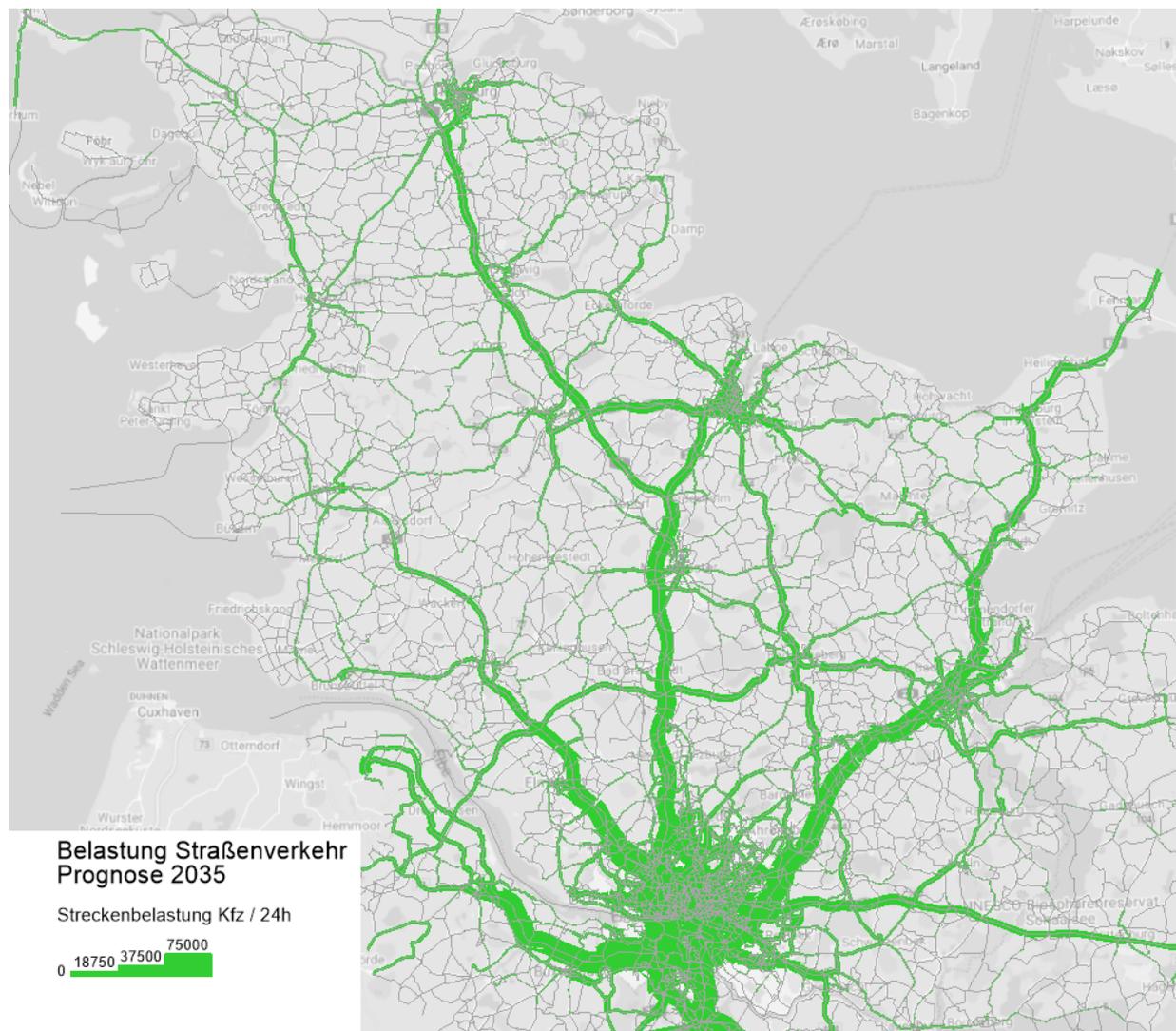


Abbildung 19: Nachfrage Straßenverkehr 2035 [Hintergrundkarte: Google Maps]

## Öffentlicher Verkehr – SPNV

Nach Abstimmung mit dem Auftraggeber, der NAH.SH sowie in Rücksprache mit dem begleitenden Arbeitskreis basiert der Prognose-Nullfall 2035 auf folgenden Grundlagen, die für das Angebot des öffentlichen Verkehrs unterstellt wurden:

- abgestimmte Infrastrukturmaßnahmen
- abgestimmte Annahmen zur Inbetriebnahme neuer Haltepunkte
- dem Fahrplankonzept 2024 der NAH.SH

Das Zielkonzept 2024 der NAH.SH (Stand 11/2019, sma) wurde als erste Orientierung zugrunde gelegt. In Abstimmung mit den Beteiligten wurden an den Inhalten Anpassungen für den hier zu erstellenden Prognose-Nullfall vorgenommen. Im Ergebnis wurden die in Kap. 5.1.2 genannten Maßnahmen berücksichtigt.

Das für die Untersuchung unterstellte Verkehrsangebot des Prognose-Nullfalls 2035 ist in folgender Tabelle dargestellt. Da die laufenden Verkehrsverträge bis 2035 neu ausgeschrieben werden, ist kein Betreiber genannt, auch sind die einzusetzenden Fahrzeuge auf den elektrifizierten Strecken Gegenstand der Vergabe, sodass hier keine Fahrzeuge genannt werden können. Für die S-Bahn-Linien S21 von Aumühle nach Kaltenkirchen und S4 von Bad Oldesloe nach Pinneberg/Elmshorn wird das Zweisystem S-Bahn-Fahrzeug der Baureihe ET 490 unterstellt, diese Baureihe wird seit 2020 in Betrieb gestellt und werden voraussichtlich bis 2050 im Einsatz sein.

Linie	Strecke	Fahrzeugtypen	Energie/ Antrieb	Grundtakt [min]
<b>Netz West</b>				
RE 6	Westerland (Sylt) – HH-Altona	Vergabe-abhängig	offen	60
RB 61	Itzehoe – HH Hbf	Vergabe-abhängig	Elektrisch	60
RB 62	Heide – Itzehoe	BEMU	Akku, Elektrisch	60
RB 63	Büsum – Neumünster	BEMU	Akku, Elektrisch	60/120
RB 64	Bad St. Peter-Ording – Husum	BEMU	Akku, Elektrisch	60
RB 65	Niebüll – Dagebüll Mole	ET, Typ offen	Elektrisch	ca. 60
RB 66	Tønder (DK) – Niebüll	offen	offen	60/120
<b>Netz Mitte</b>				
RE 7	Flensburg/Kiel – HH Hbf.	Vergabe-abhängig	Elektrisch	60
RE 70	Kiel – HH Hbf.	Vergabe-abhängig	Elektrisch	60
RB 71	Kellinghusen / Itzehoe – Elmshorn – HH-Hbf	Vergabe-abhängig	Elektrisch	60
RE 72	Flensburg – Kiel	BEMU	Akku, Elektrisch	60
RB 73	Eckernförde – Kiel	BEMU	Akku, Elektrisch	60
RE 74	Husum – Kiel	BEMU	Akku, Elektrisch	60
RB 75	Rendsburg Seemühlen – Kiel	BEMU	Akku, Elektrisch	60
RB 76	Kiel Hbf. – Kiel Schönberg. Strand	BEMU	Akku, Elektrisch	60
<b>Netz Ost</b>				
RE 8	Lübeck – HH Hbf.	Vergabe-abhängig	Elektrisch	60
RE 80	Lübeck – Ahrensburg – HH Hbf.	Vergabe-abhängig	Elektrisch	60
RB 82	Neumünster – Bad Oldesloe	BEMU	Akku, Elektrisch	60
RE 83	Kiel – Lübeck – Lüneburg	BEMU	Akku, Elektrisch	60
RB 84	Kiel – Lübeck	BEMU	Akku, Elektrisch	60
RB 85	Lübeck – Neustadt – Puttgarden	BEMU	Akku, Elektrisch	60/120
RB 86	Lübeck-Travemünde Strand – Lübeck Hbf.	Vergabe-abhängig	Elektrisch	60
RB 87	Kiel – Preetz	BEMU	Akku, Elektrisch	60
RE 4	Lübeck – Bad Kleinen (– Szczecin)	BEMU	Akku, Elektrisch	60
RE 1	HH Hbf. – Büchen (– Schwerin)	Vergabe-abhängig	Elektrisch	60
<b>Netz Süd</b>				
A1	Neumünster – Norderstedt Mitte	offen	offen	20/60
A2	Ulzburg Süd – Norderstedt Mitte	offen	offen	10/20
A3	Elmshorn – Ulzburg Süd	offen	offen	30/60
S1	Wedel – HH-Poppenbüttel/Airport	BR490	Elektrisch	10
S21	Kaltenkirchen – Quickborn – Hamburg Hbf. – Aumühle	BR490	Elektrisch	10/20
S3	Pinneberg – Stade	BR490	Elektrisch	10
S4 Ost	HH Altona – Ahrensburg – Bad Oldesloe	BR490	Elektrisch	10/20/60

Tabelle 8: Darstellung des Verkehrsangebotes im Prognose-Nullfall 2035 in Schleswig-Holstein

Damit stehen die Berechnungsgrundlagen des Prognose-Nullfalls fest. Die Verkehrsnachfrage wurde methodisch nach dem Prognoseverfahren der Standardisierten Bewertung bestimmt. Die Ergebnisse werden im Folgenden vorgestellt.

## 5.2 Ergebnisse des Prognose-Nullfalls 2035

### 5.2.1 Fahrgastnachfrage Prognose-Nullfall 2035

Die Fahrgastnachfrage für den Schienenverkehr ist in den folgenden Abbildungen veranschaulicht:

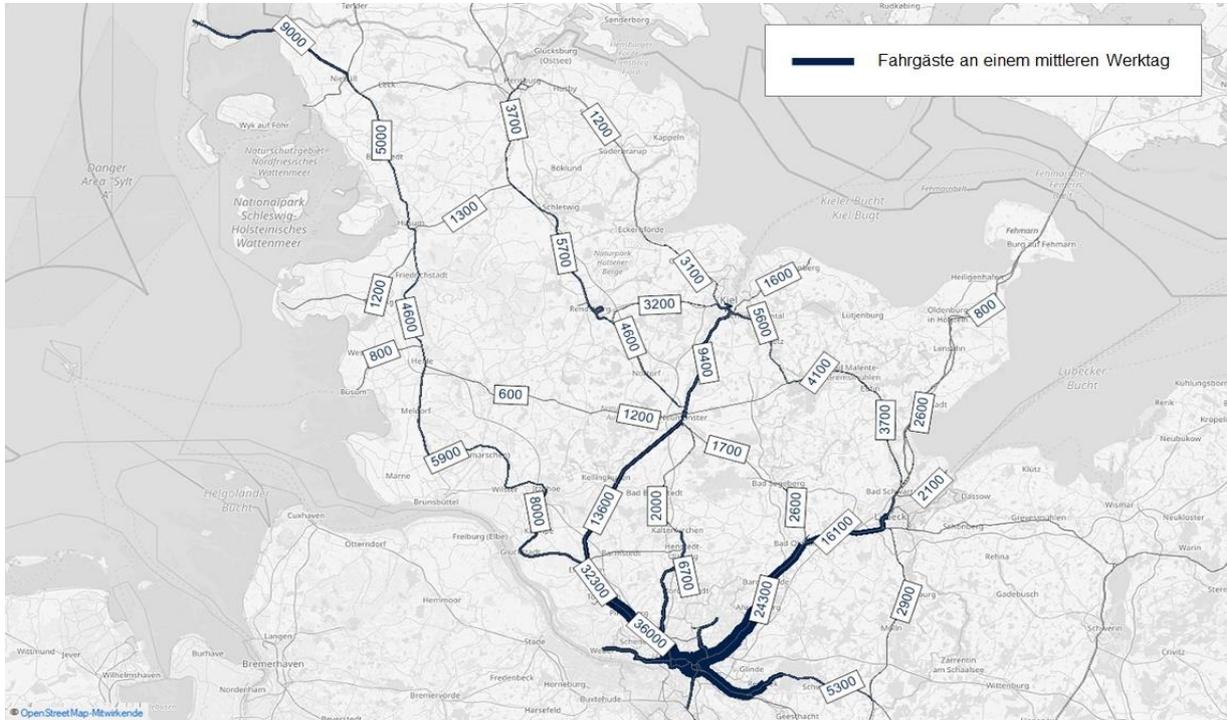


Abbildung 20: Fahrgastnachfrage Prognose-Nullfall 2035

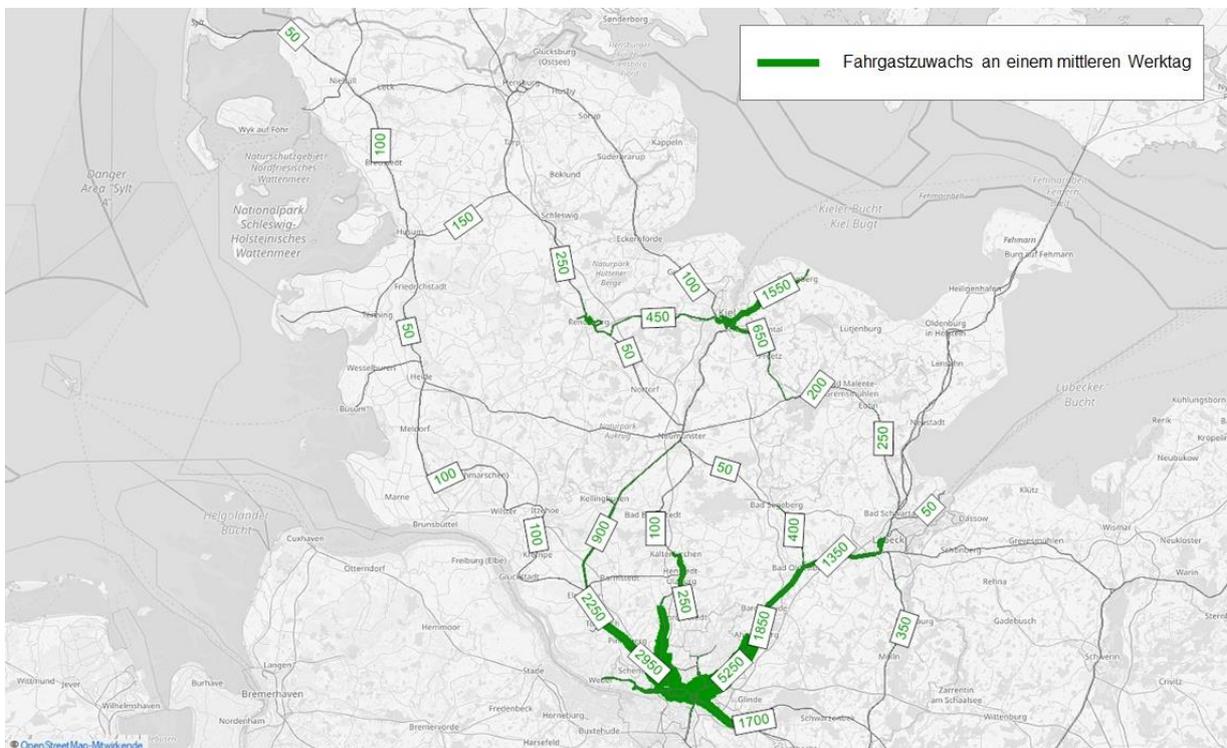


Abbildung 21: Fahrgastnachfrage Prognose-Nullfall 2035 – Differenz zum Ist-Zustand

Die Strecken, die auf die Freie und Hansestadt Hamburg zulaufen, werden vergleichsweise stark an Fahrgastnachfrage gewinnen. Hier wirken sich die positive Entwicklung der Einwohner und insbesondere die Maßnahmen, welche die S-Bahn Hamburg betreffen, mit zunehmenden Fahrgastzahlen aus. Weitere Zuwächse auf vergleichsweise geringem Niveau sind auf den auf Kiel zulaufenden Streckenästen zu erkennen. Diese Zuwächse resultieren in erster Linie aus der wachsenden Attraktivität Kiels und der Inbetriebnahme einiger neuer Haltepunkte. Die Reaktivierung der Strecke Kiel – Schönberger Strand zeichnet sich durch einen Fahrgastgewinn aus.

Die weiteren Strecken gewinnen im Prognose-Nullfall 2035 dagegen nur in leichtem Maß.

Die Eckwerte der Entwicklung der Fahrgastnachfrage bezogen auf einen mittleren Werktag zeigt die folgende Tabelle.

	Ist-Zustand	Prognose-Nullfall
Fahrplankilometer	73.000	77.000
Personenkilometer	5.854.000	6.205.000
Beförderungsfälle	229.000	251.000

Tabelle 9: Kenngrößen der Berechnung Prognose-Nullfall (SPNV)

Die angegebenen Kennzahlen beziehen sich auf das Land Schleswig-Holstein. Die Eckwerte steigen im Prognose-Nullfall im Vergleich zur Analyse; die Fahrplankilometer um 5 %, die Personenkilometer um 6 %. Die Zahl der Beförderungsfälle nimmt um 10 % zu.

Damit sind die Grundlagen für die Herleitung des Prognose-Planfalls 2035 gelegt.

## 5.2.2 Entwicklung der Fahrzeitenmatrizen Straßenverkehr / Vergleich zum öffentlichen Verkehr

Für den erstellten Prognose-Nullfall 2035 wurden ebenfalls Reisezeitverhältnisse berechnet. In Abbildung 21 sind die Differenzen der jeweiligen Reisezeitverhältnisse zwischen dem Prognose-Nullfall 2035 und dem Ist-Zustand dargestellt. Somit stellt eine negative Differenz eine Verbesserung und eine positive Differenz eine Verschlechterung des Reisezeitverhältnisses dar.

	Kiel	Hamburg	Flensburg	Lübeck	Neumünster	Heide	Geesthacht	Mölln	Husum	Eutin	Elmshorn	Pinneberg	Wedel	Eckernförde	Rendsburg	Schleswig	Bad Segeberg	Kaltenkirchen	Norderstedt	Wahlstedt	Itzehoe	Ahrensburg	Bad Oldesloe	Reinbek
Kiel	-	0,8	1,2	1,1	0,5	1,4	-	1,3	1,2	1,1	0,7	1,0	1,2	0,8	0,9	1,2	1,2	1,4	1,4	1,2	1,3	1,5	1,3	1,2
Hamburg	-0,2	-	1,2	0,8	0,8	1,3	-	1,3	1,4	1,1	0,6	0,5	0,6	1,3	1,2	1,1	0,9	1,4	1,2	1,3	1,1	0,4	0,6	0,5
Flensburg	-0,1	0,0	-	1,5	1,0	1,4	-	1,8	1,5	1,5	0,9	1,4	1,3	0,9	0,8	0,7	1,1	1,5	1,5	1,1	1,5	1,3	1,2	1,2
Lübeck	0,0	-0,1	0,1	-	1,6	1,9	-	0,7	1,6	0,7	1,2	1,4	1,0	1,6	1,5	1,6	1,3	2,3	1,8	1,8	2,0	0,8	0,7	1,4
Neumünster	-0,1	-0,1	0,0	0,1	-	1,1	-	2,0	1,6	1,9	0,5	1,0	1,0	1,5	0,7	1,0	0,8	1,1	1,2	0,7	1,2	1,4	1,1	1,1
Heide	-0,2	0,0	-0,1	0,4	0,0	-	-	1,9	0,6	1,6	1,2	1,4	1,8	2,3	1,9	1,2	1,5	2,1	1,9	1,4	1,1	1,3	1,6	1,2
Geesthacht	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mölln	0,0	-0,1	0,3	-0,1	0,2	0,3	-	-	1,8	1,0	1,2	0,7	1,2	1,7	1,8	2,0	1,8	2,2	1,9	2,0	2,1	2,1	1,6	1,6
Husum	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	-	0,1	-	1,4	1,3	1,3	1,6	2,2	0,9	0,7	1,4	1,8	1,9	1,6	1,0	1,4	1,6	1,2
Eutin	-0,2	-0,1	0,0	-0,1	0,2	0,0	-	0,0	-0,3	-	1,4	1,6	1,4	1,4	1,4	1,5	2,1	2,2	2,0	2,5	1,8	1,1	1,6	1,4
Elmshorn	0,0	-0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	-	-0,1	0,1	0,3	-	0,5	1,9	1,3	0,8	1,0	1,2	1,8	1,5	1,0	0,9	0,7	1,0	0,6
Pinneberg	0,0	-0,2	0,3	0,4	0,1	0,0	-	-0,1	-0,1	0,3	0,0	-	2,3	1,5	1,2	1,2	1,6	1,8	1,9	1,5	1,4	0,8	1,0	0,6
Wedel	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	-0,1	0,1	-	-0,2	0,1	0,1	0,0	-0,5	-	1,6	1,5	1,4	1,6	1,8	1,8	1,7	2,2	0,7	0,9	0,7
Eckernförde	-0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	-	0,2	0,1	0,0	0,3	0,2	0,0	-	2,3	3,3	1,6	2,0	1,8	1,7	1,9	1,8	1,7	1,5
Rendsburg	-0,4	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	-	0,2	0,0	-0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	-	0,5	1,0	1,5	1,5	1,1	1,8	1,3	1,2	1,1
Schleswig	-0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,3	0,0	-0,3	0,2	0,1	-0,1	0,1	0,0	-	1,1	1,6	1,5	1,1	1,5	1,3	1,2	1,3
Bad Segeberg	-0,2	-0,2	0,0	-0,2	0,0	0,2	-	-0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	-0,1	-	2,8	2,1	0,4	1,1	1,1	0,7	1,5
Kaltenkirchen	-0,2	-0,4	0,1	0,3	-0,2	0,3	-	0,4	0,0	0,3	-0,1	0,0	-0,1	0,1	0,0	0,0	0,5	-	0,7	2,6	2,6	1,6	2,3	1,1
Norderstedt	-0,3	-0,7	-0,1	-0,1	-0,4	0,0	-	-0,1	0,1	-0,1	-0,1	-0,4	-0,4	-0,1	-0,1	-0,2	-0,4	-0,2	-	2,2	2,1	1,8	2,1	1,0
Wahlstedt	-0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	-	0,1	0,1	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	-0,1	0,6	0,1	-	1,5	1,6	1,2	1,9
Itzehoe	-0,1	-0,2	0,1	0,6	-0,1	0,1	-	0,5	0,1	0,4	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	-0,3	-0,1	-	1,4	2,1	1,3
Ahrensburg	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	-	0,2	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,2	0,0	0,0	0,0	-0,3	-0,2	-0,5	-0,2	0,1	-	0,4	1,4
Bad Oldesloe	-0,1	-0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	-	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	-0,1	0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,1	-0,5	0,1	0,7	-0,1	-	1,3
Reinbek	-0,2	-0,4	0,1	-0,4	-0,2	0,0	-	-0,4	0,0	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	0,0	0,0	0,1	-0,3	-0,2	-0,7	-0,1	0,2	-0,7	-0,4	-

Abbildung 22: Reisezeitverhältnisse im Prognose-Nullfall 2035 und Vergleich zum Ist-Zustand

Neben den Angebotsänderungen des Prognose-Nullfalls 2035 im SPNV fließen in den Reisezeitvergleich auch die prognostischen Maßnahmen des MIV in die Ermittlung der Reisezeitverhältnisse ein. Somit sind auch große Infrastrukturmaßnahmen des BVWP 2030, wie zum Beispiel die A 20 von Bad Segeberg nach Glückstadt, enthalten. Entsprechende Maßnahmen führen demnach zu Beschleunigungen des MIV, was wiederum zu einer Verschlechterung des Zeitverhältnisses für den SPNV führt. Verdeutlicht wird dieser Effekt beispielsweise in den Achsen Mölln, Heide oder aber auch Itzehoe, welche wesentlich von der Inbetriebnahme der A 20 profitieren. Es ist zu erkennen, dass die Angebotsverbesserungen im SPNV von jenen des MIV überlagert werden. Lediglich für bestimmte Bereiche führen die Maßnahmen im Schienenverkehr zu verbesserten Reisezeitverhältnissen. Eine Zielstellung des Prognose-Planfalls 2035 soll es auch sein, eine Reisezeitverbesserung für die Zentren zu entwickeln.

## 6 Prognose-Planfall 2035

Die Ableitung des Prognose-Planfalls 2035 baut auf einer Potenzialanalyse auf. Dazu wird die Nachfrage ermittelt, dann ein darauf abgestimmtes Fahrtenangebot konzeptionell entwickelt. Hierbei steht einerseits die Infrastruktur, andererseits das Betriebsangebot sowie auch die Fahrzeuge im Fokus. Die genannten Faktoren bedingen einander. Es wird geprüft, ob auf der vorhandenen Infrastruktur das geplante Angebot gefahren werden kann. Wenn dies nicht möglich ist, sind entsprechende Ausbaumaßnahmen zu planen. Das Verfahren wird fahrplanbasierte Infrastrukturplanung genannt und ist methodisch auf Basis eines konzeptionellen Fahrtenangebots anwendbar.

### 6.1 Nachfragepotenziale

Die Untersuchung der Potenziale für die angestrebten Weiterentwicklungen des SPNV-Angebotes basieren auf folgenden Grundlagen:

- Schwerpunkte der Raumstruktur und deren Entwicklung, insbesondere Einwohner, Arbeitsplätze und touristische Potenziale
- bestehende und künftige verkehrliche Verflechtungen des öffentlichen Verkehrs sowie des Straßenverkehrs
- Analyse der Pendlerverflechtungen innerhalb Schleswig-Holsteins und über die Landesgrenzen hinweg
- Angebotsqualitäten des Schienenverkehrs sowie des Straßenverkehrs

Beispielsweise wurde für den Prognose-Nullfall 2035 das Verkehrsaufkommen und die Belegungen aus Wegen des öffentlichen Verkehrs und des Straßenverkehrs ermittelt. Damit wurde ein Vergleich aufgebaut, bei dem die Nutzung des SPNV dem Aufkommen im Straßenverkehr gegenübergestellt wurde. Darauf aufbauend konnte für die einzelnen Strecken und für repräsentative Querschnitte der Anteil des SPNV am gesamten Verkehrsaufkommen ermittelt werden – bezogen auf eine sogenannte Screen-Line. Die Verteilung des Verkehrsaufkommens auf die Verkehrsmittel Schiene und Straße zeigte, dass der Anteil der Schiene zwischen maximal rund 25 % und minimal ca. 5 % variierte. Außerdem wurde ermittelt, welche Quellen und Ziele die Fahrten in den untersuchten Querschnitten hatten. Aus der Kenntnis der Verteilung und dem Wissen, wo Wege beginnen und enden, wurden die aktuellen Angebote des SPNV überprüft, mit dem Prognose-Nullfall abgeglichen und dann für den Prognose-Planfall 2035 weiterentwickelt. Anschließend wurde überprüft, ob für die Umsetzung der entwickelten Angebote des SPNV Infrastrukturmaßnahmen notwendig werden.

### 6.2 Betriebskonzepte für den Prognose-Planfall 2035

In dieser Untersuchung liegt der Fokus auf einer Optimierung des SPNV. Aus der Zusammenfassung der raumstrukturellen Potenziale, der bestehenden sowie künftigen verkehrlichen Verflechtungen sowie den Erkenntnissen zu den Nachfragepotenzialen – hier insbesondere in Bezug auf den motorisierten Individualverkehr – wurde das folgende Linienkonzept entwickelt.

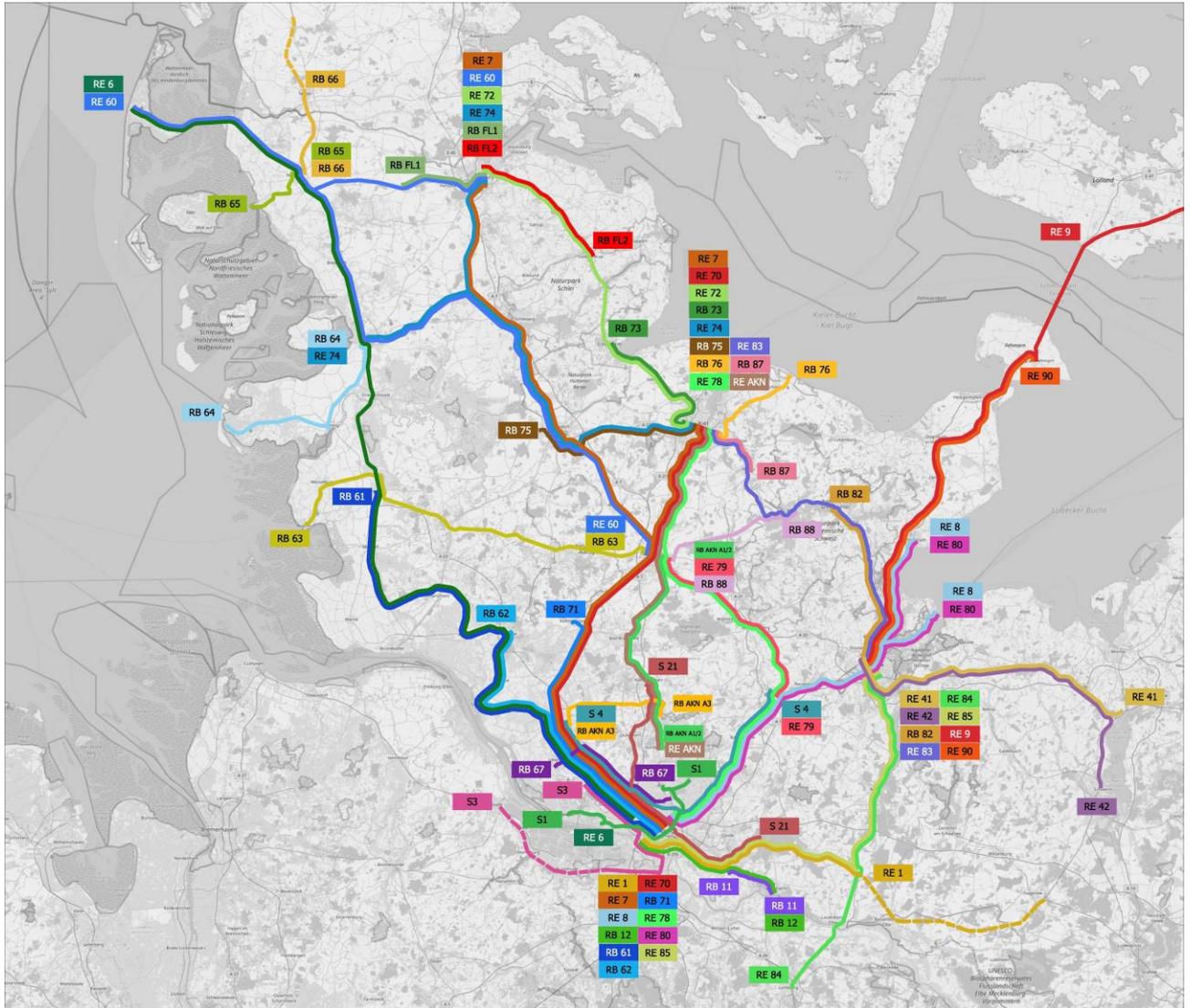


Abbildung 23: Linienkonzept für den Prognose-Planfall 2035 [Hintergrundkarte: OpenStreetMap]

Die Bezeichnung der Linien orientiert sich an den aktuellen Bezeichnungen. Bei starken Änderungen oder neuen Linien wurden neue Linienbezeichnungen vergeben. Die Details zu den einzelnen Linien werden im Kapitel 6.3 beschrieben.

In der Tabelle 10 sind die Linien für den Prognose-Planfall 2035 dargestellt. Da bis 2035 eine Neuausschreibung der Strecken erfolgen wird, können weder Betreiber noch eingesetzte Fahrzeuge genannt werden. Es werden die vorgeschlagenen Streckennummern mit den zugehörigen Strecken, die mögliche Traktion und der für die Prognose unterstellte Grundtakt angegeben. Die Größe der einzusetzenden Fahrzeuge richtet sich nach der prognostizierten Fahrgastzahl. Die Erfahrung zeigt, dass in der Spitzenstunde 10 % der prognostizierten Fahrgäste zu befördern sind. Beträgt zum Beispiel die Prognose/Zählung 3.000 Fahrgäste pro Tag auf einer Strecke, so kann von 1.500 Fahrgästen je Richtung ausgegangen werden. Die eingesetzten Fahrzeuge müssen dann bei einem 60 Minuten-Takt Platz für 150 Fahrgäste bieten.

Linie	Strecke	Energie/ Antrieb	Grund-Takt [min]
<b>Netz West</b>			
RE 6	Westerland (Sylt) – HH-Altona Nord	Elektrisch	60
RE 60	Westerland – Niebüll – Flensburg/Rendsburg – Neumünster	Elektrisch	60
RB 61	Heide – Hamburg Hbf.	Elektrisch	60
RB 62	Itzehoe – Elmshorn – HH-Hbf (ab Elmshorn mit RB 71)	Elektrisch	60
RB 63	Büsum – Neumünster	Akku, Elektrisch	60
RB 64	Bad St. Peter-Ording – Husum	Akku, Elektrisch	60
RB 65	Niebüll – Dagebüll Mole	Elektrisch	60
RB 66	Tønder (DK) – Niebüll	Akku, Elektrisch	60
<b>Netz Mitte</b>			
RB 67	Uetersen – Tornesch – Barmbek	Elektrisch	30/60
RE 7	Flensburg/Kiel – Hamburg Hbf.	Elektrisch	60
RE 70	Kiel – Hamburg Hbf.	Elektrisch	60
RB 71	Kellinghusen – Elmshorn – HH-Hbf (ab Elmshorn mit RB 62)	Elektrisch	60
RE 72	Flensburg – Kiel	Elektrisch	60
RB 73	Eckernförde Nord – Kiel	Elektrisch	30
RE 74	Husum/Flensburg – Jübek – Kiel	Elektrisch	60
RB 75	Rendsburg Seemühlen – Kiel	Elektrisch	30
RB 76	Kiel Hbf. – Schönberger Strand	Elektrisch	30
RE 78	Kiel – Neumünster – Bad Oldesloe – Hamburg Hbf.	Elektrisch	60
RE 79	Neumünster – Bad Oldesloe	Elektrisch	60
RE AKN	Kiel – Neumünster – Norderstedt Mitte	Elektrisch	60
RB 87	Kiel – Preetz	Elektrisch	30
RB 88	Neumünster – Ascheberg – Plön	Akku, Elektrisch	60
RB FL1	Flensburg – Schafflund	Elektrisch	60
RB FL2	Flensburg – Süderbrarup	Elektrisch	60
<b>Netz Ost</b>			
RE 8	Travemünde Strand/Neustadt – Lübeck – Hamburg Hbf.	Elektrisch	60
RE 80	Travemünde Strand/Neustadt - Lübeck – Ahrensburg – Hamburg Hbf.	Elektrisch	60
RB 82	Lübeck – Bad Malente-Gremsmühlen	Elektrisch	60
RE 83	Kiel – Lübeck	Elektrisch	30
RE 84	Lübeck – Büchen – Lüneburg	Elektrisch	60
RE 85	Lübeck – Büchen – Hamburg	Elektrisch	60
RE 41	Lübeck – Bad Kleinen	Elektrisch	120
RE 42	Lübeck – Schwerin	Elektrisch	120
RE 9	Lübeck – Fehmarn-Burg – Nykøbing/Falster	Elektrisch	120
RE 90	Lübeck – Fehmarn-Burg	Elektrisch	120
RE 1	HH Hbf. – Büchen – Schwerin – Rostock	Elektrisch	60
RB 11	Geesthacht – Bergedorf	Elektrisch	20
RB 12	Geesthacht – Hamburg Hbf.	Elektrisch	60
<b>Netz Süd</b>			
A1	Norderstedt Mitte – Neumünster	Elektrisch	60
A2	Norderstedt Mitte – Kaltenkirchen	Elektrisch	60
A12	Norderstedt Mitte – Ulzburg Süd	Elektrisch	20
A3	Elmshorn – Barmstedt – Ulzburg Süd	Elektrisch	30/60
<b>S-Bahn</b>			
S1	Wedel – HH-Poppenbüttel/Airport	Elektrisch	10
S21	Kaltenkirchen – Quickborn – Hamburg Hbf. – Aumühle	Elektrisch	10/20
S3	Pinneberg – Stade	Elektrisch	10
S4	Bad Oldesloe – Bargteheide – Hamburg – Pinneberg – Elmshorn	Elektrisch	10/20/60

Tabelle 10: Darstellung des Verkehrsangebotes im Prognose-Planfall 2035 in Schleswig-Holstein

Für eine optimierte Verzahnung sind bei Umsetzung die nachgelagerten Verkehrssysteme und Mobilitätsformen bedarfsgerecht anzupassen (zum Beispiel ÖPNV, P+R, B+R). Das Ziel sollte sein, kurze Übergangszeiten sowie Wartezeiten zu planen, damit möglichst kurze Reisezeiten entstehen. Die nachgelagerten Verkehrssysteme sind im Zuge von Detailplanungen zu überprüfen und auf den angepassten Schienenverkehr auszurichten.

### 6.3 Netzentwicklung für den SPNV in Schleswig-Holstein

Bei der Netzentwicklung werden für die Infrastruktur die Regelungen der Eisenbahnbau- und Betriebsordnung (EBO) beachtet. Für die zulässige Geschwindigkeit gibt es drei Einteilungen:

- Nebenbahnen dürfen mit maximal 100 km/h befahren werden (Ausnahme Kiel-Flensburg mit 120 km/h), gemäß §11 EBO sind bei diesen Strecken auch nicht technisch gesicherte Bahnübergänge bei schwachem Verkehr erlaubt, wenn die dort gefahrene Geschwindigkeit auf der Schiene 80 km/h nicht überschreitet.
- Hauptbahnen dürfen mit maximal 160 km/h befahren werden, wenn sie mit punktförmiger Zugsicherungstechnik (so genannte punktförmige Zugbeeinflussung = PZB) ausgerüstet sind. Alle Bahnübergänge müssen technisch gesichert sein. An Bahnübergängen mit starker Frequenz auf Straße und/oder Schiene ist der Ersatz des Bahnübergangs durch eine Über- oder Unterführung zu prüfen.
- Hauptbahnen dürfen mit mehr als 160 km/h befahren werden, wenn eine linienförmige Zugsicherung (so genannte linienförmige Zugbeeinflussung = LZB) vorhanden ist. Bahnübergänge sind nicht erlaubt.

Bei einer Änderung der zulässigen Geschwindigkeit ist darüber hinaus in der Regel eine Anpassung der Signaltechnik erforderlich. Bei einer Anhebung der Streckengeschwindigkeit ändert sich die Länge des Bremsweges der Züge. In der Folge müssen sowohl der Abstand zwischen Vor- und Hauptsignal als auch die Einschaltkontakte der Bahnübergangssicherung angepasst werden.

Die Planungen sollen auch berücksichtigen, dass die Züge die Höchstgeschwindigkeit mindestens 30 Sekunden zwischen den Stationen halten können. Andernfalls ist die Fahrweise energetisch nicht wirtschaftlich. Bei kurzen Haltestellenabständen muss daher nicht unbedingt mit den oben angegebenen Geschwindigkeiten trassiert werden. Auch das Beschleunigungsvermögen der eingesetzten Fahrzeuge hat einen Einfluss auf die Reisegeschwindigkeit. So können unter Berücksichtigung der 30 Sekunden-Regel mit einem Elektrofahrzeug wegen der besseren Beschleunigung oft höhere Geschwindigkeiten als beim Einsatz von Dieselfahrzeugen erreicht werden.

Bei eingleisigen Strecken ist die erreichbare Reisegeschwindigkeit darüber hinaus davon abhängig, welche

- Geschwindigkeit die Einfahrweichen in die Kreuzungsbahnhöfe zulässt
- welche Zeiten erforderlich sind, um Knotenzeiten zu erreichen
- welche Zeiten erforderlich werden, um Kreuzungen zu ermöglichen

Unter Beachtung dieser verschiedenen Randbedingungen sind die folgenden Konzepte für die Strecken im Netz Schleswig-Holsteins entwickelt worden. Die meisten der derzeitigen Streckenhöchstgeschwindigkeiten sind mit dem bisherigen Einsatz von Dieselfahrzeugen zu erklären. Dies gilt insbesondere für die Höchstgeschwindigkeiten von 120 km/h bzw. 140 km/h. Die meisten der bisher eingesetzten Dieseltriebwagen verfügen nur über eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h. Die über viele Jahrzehnte im schweren Reisezugbetrieb eingesetzte Lokbaureihe BR 218 erreichte maximal 140 km/h. Fahrzeuge mit Elektroantrieb verfügen über ein höheres Beschleunigungsvermögen und sind meist für eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h zugelassen. Diese Veränderungen sind bei der Entwicklung der Infrastruktur zu berücksichtigen und anschließend bei der Erarbeitung der Betriebskonzepte.

Folgende neue Haltepunkte/Verkehrsstationen wurden in den Prognose-Planfall 2035 in Ergänzung zum Prognose-Nullfall aufgenommen:

Neue Haltepunkte/Verkehrsstationen Prognose-Planfall 2035		
Alt Duvenstedt	Handewitt	Tornesch Rathaus
Börnsen	Hattstedt	Tungendorf
Eckernförde Nord	Hemmingstedt	Uetersen
Eckernförde Strand	Itzehoe-Alsen	Uetersen Bierbahnhof
Elmshorn Süd (S4 West)	Kiel-Hofholzallee	Uetersen Ost
Escheburg	Kiel-Rondeel	Unaften
Flensburg Campus	Kronshagen Schulzentrum	Vaale/Wacken
Flensburg-Gartenstadt	Leck	Wallsbüll
Flensburg (stadtnah)	Lübeck Genin	Wankendorf
Flensburg-Weiche	Neuwittenbek	
Geesthacht P+R	Pinneberg Nord (S4 West)	
Geesthacht	Pogeez (Bedarfshalt)	
Gettorf Süd	Schafflund	

Tabelle 11: Zusätzliche Haltepunkte/Verkehrsstationen des Prognose-Planfalls 2035

Als Startpunkt in Hamburg für die Züge nach Schleswig-Holstein werden weiterhin Hamburg Hbf. und Hamburg-Altona Nord unterstellt. Aus den übergebenen Unterlagen ergeben sich keine Informationen, die eine Änderung der Startbahnhöfe in Hamburg ermöglichen. Hamburg Hbf. als Startbahnhof aller Verbindungen nach Schleswig-Holstein lässt sich erst realisieren, wenn auf der Verbindungsbahn zwischen Hamburg Hbf. und Hamburg-Altona mehr als zwei Gleise für den Fern- und Regionalverkehr zur Verfügung stehen.

Seit Ende 2020 gibt es, angestoßen durch Staatssekretär Ferlemann, erste Überlegungen die vorhandenen zwei S-Bahngleise der Verbindungsbahn in einen neuen S-Bahntunnel zwischen Hamburg Hbf. und Diebsteich/Altona Nord zu verlegen und somit für den Fern- und Regionalverkehr frei

zu machen. Damit stehen dann vier Gleise auf der Verbindungsbahn für den Fern- und Regionalverkehr zur Verfügung und würden einen generellen Start der Züge nach Schleswig-Holstein in Hamburg Hbf. ermöglichen. Eine Realisierung des S-Bahntunnels ist erst nach 2035 zu erwarten.

Die S-Bahn Hamburg bedient aktuell auf einem Streckennetz von circa 144 Kilometern 69 Stationen, davon befinden sich 54 in Hamburg, 8 in Schleswig-Holstein und 7 in Niedersachsen. Auf dem Netz verkehren derzeit sechs Linien mit einer Angebotslänge von rund 240 Kilometern. Drei Linien haben ihren Start- bzw. Zielpunkt in Schleswig-Holstein. Die Linie S1 verbindet Wedel mit Hamburg-Poppenbüttel bzw. dem Airport Hamburg. Nur die Station Wedel liegt in Schleswig-Holstein, die Streckenlänge der S1 beträgt knapp 44 Kilometer, davon knapp 3 Kilometer in Schleswig-Holstein. Die Linie S21 verbindet Hamburg-Elbgaustraße mit Aumühle, die Streckenlänge beträgt knapp 37 Kilometer. Auf dem östlichen Streckenende in Schleswig-Holstein mit knapp 8 Kilometern liegen die Stationen Reinbek, Wohltorf und Aumühle. Die Linie S3 mit einer Länge von 76,2 Kilometern verbindet Pinneberg mit Stade. Der Streckenast mit Pinneberg, Thesdorf, Halstenbek und Krupunder liegt in Schleswig-Holstein und ist ca. 6,5 Kilometer lang.

Für Flensburg wurden verschiedene Unterlagen übergeben, in denen eine Verlegung des derzeitigen Bahnhofs in eine innenstadtnähere Lage untersucht wurde. Es wurden generell positive Wirkungen auf die Fahrgastnachfrage ermittelt. Eine Quantifizierung ist ohne eine detaillierte Einzeluntersuchung aber nicht abschätzbar. Bei Beschreibung der Strecken, die Flensburg betreffen, wird daher bei den Empfehlungen allgemein eine Verkehrsstation in Innenstadtlage genannt, ohne die genaue Örtlichkeit zu spezifizieren. Hierfür wären vertiefende Untersuchungen erforderlich.

Die folgenden Vorschläge für die Infrastruktur- und Linienentwicklung in Schleswig-Holstein beschreiben auch konzeptionelle Planungen bzw. Ansätze der NAH.SH<sup>1</sup> sowie die aktuellen Entwicklungen zur Einführung eines Deutschlandtakts. Diese wurden bei der Erarbeitung der Empfehlungen berücksichtigt.

In der Streckenbeschreibung wird angegeben, wie hoch der ungefähre Marktanteil des Schienenverkehrs an dem Gesamtverkehr in der Relation bzw. dem Streckenquerschnitt ist. Dieser Wert basiert auf einem Vergleich der aktuellen Nutzung der Bahn mit den korrespondierenden Werten der Straße und gibt einen Hinweis auf die aktuelle Attraktivität des Schienenangebotes. Aus dieser Erkenntnis können für den Prognose-Planfall 2035 Maßnahmen abgeleitet werden, um das Angebot auf der Schiene attraktiver zu machen und den Marktanteil des Bahnverkehrs zu steigern.

Die folgende und die im Anhang enthaltenen Tabellen zeigen die Gesamtübersicht für die Strecken im Prognose-Planfall 2035 und deren Nutzung.

---

<sup>1</sup> Netzgrafik „Projekt ITF Schleswig-Holstein 2024/2030, Zeithorizont 2030plus – Vorzugsvariante“ (erstellt von DB Netz AG, I.NMF 33 / SMA und Partner AG)

---

Strecken-Nr.	von	nach	Ist-Zustand	Prognose-Planfall	Linien (Nummern nach Prognose-Planfall 2035)	Anmerkung
			2020	2035		
			Zugzahl SPNV je Stunde und Richtung (Basis Grundtakt)			
1001	(Niebüll -) Lindholm	Schafflund	0	1	RE60	
	Schafflund	Flensburg	0	2	RE60, RB FL1	
1011	Husum	Jübek	1	2	RE60, RE74	
1012	Büdelndorf	Rendsburg-Seemühlen	0	2	RB75	
1020	Kiel Hbf	Eckernförde Nord	2	3	RE72, RB73	
	Eckernförde Nord	Süderbrarup	1	1	RE72	
	Süderbrarup	Flensburg	1	2	RE72, RB FL2	
1022	(Rendsburg -) Osterrönfeld	Kiel Abzw. Hassee (-Kiel Hbf)	2	3	RE74, RB75	
1023/1110	Kiel Hbf	Preetz	2	4	RE83, RB87	
	Preetz	Ascheberg	2	2	RE83	
	Ascheberg	Plön	2	3	RE83, RB88	
	Plön	Bad Malente-Gremsmühlen	2	2	RE83	
	Bad Malente-Gremsmühlen	Lübeck	2	3	RE83, RB82	
1040	Flensburg	Jübek	1	2	RE7, RE74	
	Jübek	Rendsburg	2	3	RE60, RE7, RE74	
	Rendsburg	Neumünster	1	2	RE60, RE7	
1041	Neumünster	Ascheberg	0	1	RB88	
1042	Neumünster	Heide	0,5	1	RB63	
1043	Neumünster	Bad Oldesloe	1	2	RE78, RE79	
1100	Lübeck	Puttgarden über NBS	0,5	1	RE9, RE90	
	Lübeck	Neustadt (Holst)	1	2	RE8, RE80	Ersatz Bäderbahn
1113	Lübeck - Abzw. Bad Schwartau	Travemünde Strand	1	2	RE8, RE80	
1120	Hamburg	Ahrensburg Gartenstadt	3	3	RE78, RE8, RE80	+ 3 bis 6 Fahrten/60 min S4 Ost auf eigener Infrastruktur
	Ahrensburg Gartenstadt	Bad Oldesloe	3	4	RE78, RE8, RE80, S4 Ost	S4 Ost ersetzt RB 81
	Bad Oldesloe	Lübeck	2	2	RE8, RE80	
1121/1150	Lübeck	Büchen	1	2	RE84, RE85	
	Büchen	Lauenburg - (Lüneburg)	1	1	RE84	
1122	Lübeck	Grevesmühlen	1	1	RE41, RE42	
	Grevesmühlen	Bad Kleinen	1	0,5	RE41	
	Grevesmühlen	Schwerin	0	0,5	RE42	Umgehungskurve Bad Kleinen
1201	Niebüll	Bundesgrenze (-Tønder)	0,5	1	RB66	
1204/1205	(Husum-) Hörn	Bad St. Peter-Ording	1	1	RB64	
1206	Heide	Büsum	1	1	RB63	
1210	Elmshorn	Itzehoe	2	3	RE6, RB61, RB62	
	Itzehoe	Heide	2	2	RE6, RB61	Umstieg in Itzehoe entfällt bei der RB 61
	Heide	Husum	1	1	RE6	
	Husum	Niebüll	1	2	RE6, RE60	
	Niebüll	Westerland	2	2	RE6, RE60	
1220	Hamburg-Altona Nord	Elmshorn	5	5	RE6, RE7, RE70, RB61, RB62/RB71	+ 3 Fahrten/60 min S4 West auf eigener Infrastruktur
	Elmshorn	Wrist	3	3	RE7, RE70, RB71	
	Wrist	Neumünster	2	2	RE7, RE70	
	Neumünster	Kiel	2	4	RE7, RE70, RE78, RE AKN	
1221	Wrist	Kellinghusen	0	1	RB71	
6100	Hamburg	Büchen	1	2	RE1, RE85	
9100	Niebüll	Dagebüll	0,5	1	RE65	
9107/9108	Abzweig Kiel Süd	Schönberger Strand	1	2	RB76	
9120	Elmshorn	Barmstedt	2	2	RB A3	
	Barmstedt	Henstedt-Ulzburg	1	1	RB A3	
9121	Neumünster	Kaltenkirchen	1	2	RE AKN, RB A1	
	Kaltenkirchen	Ulzburg Süd	4	5	RE AKN, RB A1	
	Ulzburg Süd	Quickborn	3	3	S21	
	Quickborn	Eidelstedt	6	6	S21	
9122	Ulzburg Süd	Norderstedt Mitte	6	6	RE AKN, RB A1, RB A2	
9123	Geesthacht	Bergedorf	0	3	RB11	
	Geesthacht	Nettelburg - (Hamburg Hbf.)	0	1	RB12	
9129	Tornesch	Uetersen	0	2	RB67	
	Uetersen - Güterumgehungsbahn	Barmbek	0	1	RB67	

Tabelle 12: Nahverkehrsangebot auf den Strecken in Schleswig-Holstein, Vergleich Ist-Zustand – Prognose-Planfall 2035 (grüne Markierung zeigt Angebotsausweitungen im Vergleich zum Ist-Zustand)

### 6.3.1 Streckennummer 1001 Flensburg-Weiche – Lindholm

Die Strecke 1001 liegt zwischen Niebüll/Abzweig Lindholm und Flensburg Weiche. Sie ist seit 1999 stillgelegt, aber nicht entwidmet, auch die Gleise sind noch vorhanden. Aktuell besteht auf der Strecke lediglich ein Draisinenverkehr zwischen Leck und Unafthen (Draisinentour Nordfriesland).

Eine Reaktivierung bietet die Möglichkeit einer direkten Verbindung von Westerland über Niebüll nach Flensburg. Konzeptionelle Planungen der NAH.SH enthalten ab 2030 je eine RE und RB-Verbindung im 60 min Takt. Die für den Zeithorizont 2030plus geplante Linie RE 60 Flensburg – Westerland soll in Niebüll mit einem zweiten Zugteil aus Husum gekuppelt werden.

Die Planungen für den Deutschlandtakt sehen eine RE-Verbindung im 60 min Takt vor, die von Flensburg Innenstadtbahnhof kommend in Niebüll endet.

#### **Empfehlungen:**

Die Untersuchung der Potenzialabschätzung hat ergeben, dass im direkten Umfeld von Flensburg ein hohes Potenzial zu gewinnen ist. Auch für die Verbindung Flensburg – Westerland kann eine ausreichende Nachfrage prognostiziert werden. Die Maßnahme ist im Zusammenhang mit einer direkten Erreichbarkeit der Innenstadt Flensburgs zu sehen. Eine Untersuchung von KCW hat eine Steigerung der Nachfrage im Zusammenhang mit einer Zentralisierung des Bahnhofs belegt, der aber kommunal strittig ist. Aufgrund der direkten Anbindung der Innenstadt werden mehr Ziele/Potenziale in Flensburg unmittelbar erschlossen. Eine Konkretisierung für eine Reaktivierung der Strecke 1001 wird im Rahmen dieser Untersuchung nicht vorgenommen. Dafür ist eine Einzelbetrachtung im Sinne einer Lupenuntersuchung erforderlich.

Vor diesem Hintergrund sollte die Strecke reaktiviert werden. Für eine RE-Linie im 60 min Takt reicht die vorhandene eingleisige Strecke aus, die aber durch eine komplette Oberbausanierung, Auflassung bzw. technische Sicherung der Bahnübergänge und signaltechnische Sicherung ertüchtigt werden muss. Außerdem bietet die Streckenreaktivierung Potenzial für den Aufbau eines Vorortverkehrs rund um Flensburg, bzw. langfristig eine Regional-Stadtbahn im Flensburger Einzugsgebiet. Im Falle einer solchen Angebotsverdichtung wäre ein abschnittsweiser zweigleisiger Ausbau oder die Schaffung von Kreuzungsbahnhöfen erforderlich.

Vor dem Hintergrund einer Elektrifizierung der Verbindung Niebüll – Westerland ist auch diese Strecke bis zu einer möglichen Inbetriebnahme zu elektrifizieren, um eine notwendige Netzstabilität und Versorgungssicherheit zu erreichen. Außerdem bietet die Strecke die Möglichkeit, dass bei einer potenziellen Betriebsstörung zwischen Niebüll und Husum eine Umleitung der Verkehre Hamburg – Westerland erfolgen kann. Allerdings ist ein Weg über Flensburg auch nach Reaktivierung, Ausbau und Elektrifizierung nicht schneller als der Weg über die Marschbahn (s. Kap. 6.3.26).

#### **Zusammenfassung:**

- Reaktivierung mit Streckenhöchstgeschwindigkeit 120 km/h
- Erhöhung der Höchstgeschwindigkeit erfordert Planfeststellungsverfahren
- technische Sicherung der Bahnübergänge
- eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen oder abschnittsweise zweigleisigem Ausbau

- Elektrifizierung
- RE-Linie im 60 min Takt zwischen Flensburg und Westerland
- RB-Linie als möglicher Vorlaufbetrieb einer Regional-Stadtbahn im Umfeld von Flensburg
- neue Verkehrsstation in stadtnaher Lage von Flensburg

### 6.3.2 Streckennummer 1011 Husum – Jübek

Die Strecke Husum – Jübek ist eingleisig und nicht elektrifiziert. Die Strecke wird im 60 min Takt von der Linie RE 74 Husum – Kiel befahren. Die Streckenhöchstgeschwindigkeit beträgt 80 km/h. Derzeit nutzen weniger als 10 % der Reisenden in dieser Relation die Bahn.

Konzeptionelle Planungen der NAH.SH (Zeithorizont 2030plus) sehen für die Strecke nur geringfügige Änderungen durch Geschwindigkeitsanhebungen vor (Zielfahrzeit 22 Minuten). Die Planungen für den Deutschlandtakt bestätigen den Status Quo mit einer Fahrzeit von 23 Minuten.

#### Empfehlungen:

In den Planungen der NAH.SH soll das Angebot von Westerland bis Husum ab dem Jahr 2030 mit zusätzlich geplanten Zügen der Linie RE 60 verdichtet werden. Eine Potenzialabschätzung zeigt, dass diese Züge über die Verbindung Husum – Jübek – Rendsburg bis Neumünster verlängert werden können, um in den jeweiligen Abschnitten und durchgängig die Nachfrage besser zu bedienen.

Als Folge des zweiten Zugpaares muss zwischen Husum und Jübek eine Kreuzung vorgesehen werden. Hierfür bietet sich der Bereich Ohrstedt an. Es ist zu prüfen, ob die Kreuzung mit einem Regelhalt kombiniert werden soll. Um den Halt bei gleichen Knotenzeiten zu ermöglichen, ist eine Erhöhung der Streckengeschwindigkeit auf 100 km/h nötig. Aus betrieblichen Gründen wird jedoch eine Streckengeschwindigkeit von 120 km/h im Prognose-Planfall 2035 hinterlegt

Entsprechend der mit dem Prognose-Planfall 2035 vorgesehenen Angebotserweiterung des SPNV und des damit verbundenen erhöhten Verkehrsaufkommens ist die Elektrifizierungswürdigkeit der Strecke gegeben.

#### Zusammenfassung:

- Erhöhung der Streckengeschwindigkeit auf 120 km/h
- Kreuzungsbahnhof erforderlich
- Elektrifizierung
- zweite RE-Linie

### 6.3.3 Streckennummer 1020 Kiel – Flensburg

Die Strecke 1020 verbindet Kiel und Flensburg. Zwischenstationen sind unter anderem Eckernförde und Süderbrarup. Die Strecke ist eingleisig und nicht elektrifiziert, die zulässige Geschwindigkeit beträgt 120 km/h; es gibt aber mehrere Geschwindigkeitseinbrüche. Auf Grund baulicher und technischer Zwänge ist die Reisegeschwindigkeit derzeit kleiner als 70 km/h.

Im Zulauf auf Flensburg beträgt der Bahnanteil am Modal Split nach Abschätzung nur knapp 6 %. Der Bahnanteil in Richtung Kiel wird mit rund 13 % abgeschätzt. Südlich von Eckernförde gibt es eine starke Pendlerbeziehung nach Kiel. Im nördlichen Streckenabschnitt sind die Fahrgastströme in Richtung Flensburg ausgerichtet.

Konzeptionelle Planungen der NAH.SH (Zeithorizont 2030plus) sehen für die Strecke weiterhin die Linie RE 72 im 60 min Takt vor. Im Bereich Eckernförde – Kiel soll das Angebot durch die RB 73 im 30 min Takt verdichtet werden. Die Linie hält dann auch an neuen Haltepunkten und könnte Bestandteil einer S-Bahn Kiel werden.

Auch im Konzept zum Deutschlandtakt ist eine ähnliche Planung vorhanden.

#### **Empfehlungen:**

In Flensburg wird eine direkte Erreichbarkeit der Innenstadt zu einer stärkeren Nachfrage führen. Die entstehende Fahrzeitverlängerung durch die längere Strecke zu einer neuen Verkehrsstation in der Flensburger Innenstadt kann durch Beschleunigungsmaßnahmen kompensiert werden. Es sind verschiedene Infrastrukturmaßnahmen an den Bahnhofsein- und -ausfahrten (Weichen mit höheren zulässigen Geschwindigkeiten) und an der Strecke notwendig, um bei einer Streckenhöchstgeschwindigkeit von 120 km/h die Reisegeschwindigkeit auf größer 80 km/h zu steigern. Die Geschwindigkeit auf der Schleibrücke wird derzeit mit dem Neubau von 50 km/h auf 80 km/h erhöht.

Bis 2035 sollte der Streckenabschnitt zwischen Kiel und Eckernförde zweigleisig ausgebaut werden, damit die geplanten Kreuzungen nicht in Bahnhöfen als sogenannte Standkreuzungen stattfinden müssen. In diesen Fällen werden Verspätungen meist schnell auf die Gegenrichtung übertragen, sodass ein stabiler Betrieb nur schwer zu realisieren ist. Bei Kreuzungen in zweigleisigen Abschnitten findet keine Verspätungsübertragung auf die Gegenrichtung statt. Zusammen mit neuen Haltepunkten kann so ein Teil der S-Bahn Kiel realisiert werden. Für den Abschnitt Flensburg – Süderbrarup sind noch Detailuntersuchungen zu einem eventuellen zweigleisigen Ausbau erforderlich.

Eine Potenzialabschätzung zeigt, dass im Streckenabschnitt Flensburg – Süderbrarup mit einer Regional-Stadtbahn Flensburg eine Taktverdichtung ermöglicht werden kann, die das vorhandene Fahrgastpotenzial besser bedient. Eine Elektrifizierung ist vorgesehen. Der Abschnitt zwischen Süderbrarup und Eckernförde kann eingleisig bleiben. Der spätere Fahrplan ist entsprechend kreuzungsfrei zu gestalten. Eine Durchbindung ab Eckernförde nach Flensburg ist wegen geringer Potenziale und zusätzlich erforderlicher Infrastruktur nicht sinnvoll.

## Zusammenfassung:

- Beseitigung von Geschwindigkeitseinbrüchen
- Streckenhöchstgeschwindigkeit 120 km/h
- Einrichtung neuer Haltepunkte
- abschnittsweise zweigleisiger Ausbau, Elektrifizierung
- RB-Linie als möglicher Vorlaufbetrieb einer S-Bahn zwischen Eckernförde Nord und Kiel
- RB-Linie als möglicher Vorlaufbetrieb einer Regional-Stadtbahn zwischen Süderbrarup und Flensburg
- neue Verkehrsstation in stadtnaher Lage von Flensburg

### 6.3.4 Streckennummer 1022 Rendsburg - Kiel

Die Strecke verbindet Kiel über Osterrönfeld mit Rendsburg (Strecke 1040). Die Relation ist Teil der Ost-West-Verbindung Kiel – Husum. Zwischen Kiel Hassee und Osterrönfeld ist die Strecke eingleisig, nicht elektrifiziert und für eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h zugelassen.

Die Strecke wird im 60 min Takt von der Linie RE 74 Husum – Kiel befahren. Das Angebot wird überlagert von der RB 75, die mit einem anderen Haltemuster ebenfalls in einem 60 min Takt verkehrt. Dabei ergibt sich ein angenäherter 30 min Takt.

Derzeit nutzen schätzungsweise weniger als 10 % der Reisenden in dieser Relation die Bahn.

Konzeptionelle Planungen der NAH.SH sehen für die Strecke vor, dass der RE 74 weiterhin im 60 min Takt verkehrt, und neu in Jübek in die Richtungen Husum und Flensburg geflügelt wird. Die RB 75 soll im 30 min Takt verkehren und bis Rendsburg-Seemühlen verlängert werden.

Auch das Konzept zum Deutschlandtakt geht ebenfalls von einer RB-Linie im 30 min Takt von Kiel Hbf. bis Rendsburg-Seemühlen ergänzend zum RE aus. Zudem wird der im 60 min Takt geplante RE in Jübek nicht gekuppelt und geflügelt.

## Empfehlungen:

Die geringe Ausschöpfung der vorhandenen Nachfrage rechtfertigt die Verdichtung des Angebotes. Die RB 75 soll Teil der S-Bahn Kiel werden, um die Attraktivität zu steigern. In einer fahrplanbasierten Untersuchung ist zu prüfen, ob ein Ausbau der Kreuzungsbahnhöfe oder ein abschnittsweiser zweigleisiger Ausbau vorteilhafter ist.

Zur Verbesserung der Betriebsstabilität ist außerdem zu prüfen, ob eine Erhöhung der Streckengeschwindigkeit ohne umfangreiche Ausbauten möglich ist.

Eine Elektrifizierung ist zu planen.

## Zusammenfassung:

- Prüfung ob Kreuzungsbahnhöfe oder teilweise zweigleisiger Ausbau vorteilhafter ist
- Elektrifizierung
- Taktverdichtung der RB-Linie

### 6.3.5 Streckennummer 1023 / 1110 Kiel – Lübeck

Die Strecken 1023 / 1110 verbinden die Städte Kiel und Lübeck miteinander. Auf der überwiegend eingleisigen Verbindung liegen Ascheberg, Plön, Malente, Eutin und Bad Schwartau. Der einzige zweigleisige Abschnitt befindet sich zwischen Malente und Eutin. Die Streckenhöchstgeschwindigkeit beträgt 140 km/h, es gibt viele Abschnitte mit geringerer Höchstgeschwindigkeit.

Der Modal Split für die Bahn in dieser Relation liegt bei 11 %.

Konzeptionelle Planungen der NAH.SH für den Zeithorizont 2030plus enthalten für die Linie RE 63 zwischen Kiel und Lübeck einen 30 min Takt und zwischen Kiel und Preetz die Linie RB 87 im 30 min Takt als Teil einer möglichen S-Bahn Kiel. Zwischen Bad Malente und Lübeck ist die Linie RB 82 im 60 min Takt als Teil einer möglichen S-Bahn Lübeck geplant. Zwischen Plön und Ascheberg verkehrt zusätzlich die Linie RB 88 im 60 min Takt, die nach Neumünster über die reaktivierte Strecke 1041 fahren soll.

Der Deutschlandtakt verfolgt ein ähnliches Konzept.

#### **Empfehlungen:**

Die Potenzialabschätzung zeigt, dass die RB 87 bis Preetz ein erster Schritt sein kann. Eine Verlängerung bis Plön ist zu prüfen. Bei dem angedachten Betriebsprogramm ist ein durchgängiger zweigleisiger Ausbau zwischen Kiel und Preetz vorzusehen, um einen möglichst störungsfreien Betrieb, bei dem eine Verspätungsübertragung auf die Gegenrichtung minimiert wird, zu gewährleisten. Durch die zusätzlichen Halte der RB Linie ergeben sich deutliche fahrdynamische Unterschiede zwischen den RB- und RE-Linien.

Eine durchgängige Elektrifizierung ist zu planen, damit die Kieler S-Bahn mit elektrischen Fahrzeugen verkehren kann. Die S-Bahn Lübeck erfordert die Elektrifizierung der Strecke im südlichen Bereich, sodass eine vollständige Elektrifizierung dann auch elektrisch angetriebene Züge auf der Linie RE 83 ermöglicht.

Eine Durchbindung der Linie RB 88 Neumünster – Ascheberg bis nach Bad Malente bietet sich aus Angebotssicht an und ist zu prüfen, um eine Verbindung mit der Linie RB 82 herzustellen und damit eine durchgehende Verbindung Lübeck – Neumünster anzubieten. In diesem Fall sind die Fahrzeugkonzepte aufeinander abzustimmen.

#### **Zusammenfassung:**

- zweigleisiger Ausbau Kiel - Preetz
- neue Haltepunkte
- Elektrifizierung
- RE-Linie zwischen Kiel und Lübeck
- RB-Linie als möglicher Vorlaufbetrieb einer S-Bahn-Linie zwischen Kiel und Preetz
- RB-Linie als möglicher Vorlaufbetrieb einer S-Bahn-Linie zwischen Lübeck und Bad Malente

### 6.3.6 Streckennummer 1040 Flensburg – Rendsburg – Neumünster

Mit der Streckennummer 1040 ist die zweigleisige und bereits elektrifizierte Strecke von Neumünster über Rendsburg, Schleswig, Jübek nach Flensburg bezeichnet. Die Strecke wird vom internationalen Personenfernverkehr, dem Regionalverkehr und dem internationalen Güterverkehr befahren. Die Strecke ist die wichtigste Nord-Süd-Achse in Schleswig-Holstein. Die Streckenhöchstgeschwindigkeit beträgt 160 km/h.

Entlang dieser Strecke schwankt der Modal Split für die Bahn nach Abschätzung zwischen 6 % und 20 %.

In der konzeptionellen Planung der NAH.SH sind für den Zeithorizont 2030plus nur wenige Änderungen auf dieser Achse vorgesehen. In Flensburg ist eine neue Verkehrsstation in Innenstadtlage geplant. Die Linie RE 74 (Kiel – Rendsburg – Jübek – Husum) soll einen Flügel Jübek – Flensburg bekommen, sodass in diesem Abschnitt eine Verbesserung des Angebotes stattfindet. Außerdem gibt es dann einen angenäherten 30 min Takt zwischen Kiel und Flensburg über zwei unterschiedliche Wege.

Die Planungen des Deutschlandtakts sehen kein Flügelzugkonzept vor, die Verbindung von Flensburg nach Kiel erfolgt umsteigefrei nur über Eckernförde.

#### **Empfehlungen:**

Für die Angebotsverbesserung ist auf dieser Relation eine direkte Erreichbarkeit der Innenstadt von Flensburg interessant. Die geplante Auffassung des Haltes Jübek für die Linie RE 7 (Hamburg – Flensburg) kann nicht empfohlen werden, da damit die umsteigefreie Verbindung über Rendsburg hinaus verloren gehen würde. Durch die Verlängerung der Linie RE 60 von Husum über Jübek, Rendsburg bis Neumünster kann das Angebot weiter verdichtet werden. Auch die Linienführung der RE 74 von Rendsburg nach Flensburg/Husum führt zu einer Attraktivitätssteigerung für den SPNV. Durch einen Tausch der Fahrplantrassenlagen von RE 7 mit RE 70 (und des Flügels/Kuppels) besteht grundsätzlich die Möglichkeit eines angenäherten 30-Min-Taktes zwischen Hamburg und Jübek. Diese Möglichkeit wäre in einem weiteren Schritt im Zuge der Planung des späteren Fahrplans zu prüfen.

#### **Zusammenfassung:**

- neue Verbindung Kiel – Flensburg über Rendsburg mit RE 74 Flügelzug, damit angenäherter 30 min Takt auf zwei unterschiedlichen Wegen zwischen beiden Städten
- neue Verkehrsstation in stadtnaher Lage von Flensburg

### **6.3.7 Streckennummer 1041 Neumünster – Ascheberg**

Die Strecke 1041 verbindet Neumünster mit Ascheberg (auf der Strecke 1023). Sie ist derzeit stillgelegt, aber nicht entwidmet, auch die Gleise sind noch vorhanden. Der Schienenpersonenverkehr wurde 1985 eingestellt. Auch auf dieser Strecke werden aktuell nur Draisinen bewegt (Draisinenfreunde Mittelholstein).

Konzeptionelle Planungen der NAH.SH im Zeithorizont 2030plus sehen eine Reaktivierung mit 140 km/h vor, wobei die Linie ab Ascheberg nach Möglichkeit bis Plön durchgebunden werden soll (Strecke 1023).

Der Deutschlandtakt sieht diese Reaktivierung ebenfalls vor, wenn auch verkehrlich nur bis Ascheberg.

#### **Empfehlungen:**

Auf Basis der Potenzialabschätzung wird eine Reaktivierung befürwortet. Die Strecke kann als nicht elektrifizierte und eingleisige Strecke hergerichtet werden, um die Ost-West-Verbindungen im Bundesland Schleswig-Holstein weiter zu stärken. Hierfür muss der komplette Oberbau erneuert werden. Die Bahnübergänge müssen geschlossen, aufgehoben oder technisch gesichert werden. Die Strecke ist mit Leit- und Sicherungstechnik auszustatten.

Durch die Lademöglichkeit in Neumünster und nach geplanter Elektrifizierung zwischen Ascheberg und Plön kann die Relation mit einem Hybridfahrzeug (zum Beispiel BEMU) befahren werden.

Eine Durchbindung zum Anschluss an die Linie RB 82 ist anzustreben, um eine umsteigefreie Verbindung von Lübeck nach Neumünster zu erhalten. In diesem Fall sind die Fahrzeugkonzepte aufeinander abzustimmen und mittels fahrplanbasierter Infrastrukturplanung eine weitergehende Zweigleisigkeit zu untersuchen.

#### **Zusammenfassung:**

- Reaktivierung
- Eingleisigkeit
- keine Elektrifizierung
- Einsatz von Hybridfahrzeugen
- Durchbindung nach Lübeck zu prüfen, Fahrzeugabstimmung
- RB-Linie im 60 min Takt zwischen Neumünster, Ascheberg und Plön

### 6.3.8 Streckennummer 1042 Neumünster – Heide

Die Städte Neumünster und Heide verbindet die Strecke 1042 auf einer Länge von knapp 63 km. Die Strecke ist heute eingleisig und nicht elektrifiziert. Die Streckenhöchstgeschwindigkeit beträgt 80 km/h.

Der Modal Split für die Bahn in dieser Relation ist kleiner als 10%.

Konzeptionelle Planungen der NAH.SH für den Zeithorizont 2030plus enthalten einen durchgängigen 60 min Takt für die Gesamtstrecke. Um eine Fahrzeit von 60 Minuten zu erreichen, müssten einige Halte aufgelassen werden. Die Züge von Neumünster werden über die Strecke 1206 bis Büsum durchgebunden.

Ein ähnliches Konzept, jedoch mit etwas anderem Haltemuster, verfolgt der Deutschlandtakt.

#### **Empfehlungen:**

In Kombination mit einer Erhöhung der Geschwindigkeit auf 100 km/h kann eine Zielfahrzeit von weniger als 60 Minuten in der Relation Heide – Neumünster erreicht werden. Ein Auflassen der Halte von Osterstedt, Gockels und Beldorf wäre aus Potenzialsicht möglich. Es wird jedoch ein Bedarfshalt vorgeschlagen, um den Bewohnern der Orte weiterhin einen direkten Zugang zum System Bahn zu ermöglichen. Eine exakte Fahrzeitermittlung ist erforderlich, um zu prüfen, ob eine Geschwindigkeitserhöhung auf 120 km/h hierfür erforderlich ist. Aus Gründen der Betriebsqualität wird diese Geschwindigkeit jedoch ohnehin empfohlen.

Es wird eine teilweise Elektrifizierung empfohlen. Hierfür bietet sich der Abschnitt Neumünster – Hohenweststedt (ca. 23 km) an. Außerdem sollte die Strecke 1206 (Heide – Büsum) elektrifiziert werden.

Ein durchgängiger 60 min Takt steigert die Attraktivität der Strecke, eine Zielfahrzeit unter 60 Minuten sichert die Umstiege in Neumünster bzw. Heide.

Die Potenzialabschätzung zeigt, dass eine Durchbindung der Züge von Heide über Neumünster nach Kaltenkirchen mit einem hohen Fahrgastpotenzial verbunden wäre.

Die Strecke wird nicht als Ausweichstrecke für Störungsfälle konzipiert, da bereits Flensburg – Niebüll und Husum – Jübek diese Funktion erfüllen können.

#### **Zusammenfassung:**

- Erhöhung der Geschwindigkeit auf 120 km/h
- Umwandlung einiger Halte in Bedarfshalte
- abschnittsweise Elektrifizierung
- RB-Linie im 60 min Takt zwischen (Büsum –) Heide – Neumünster
- Einsatz von Hybridfahrzeugen möglich

### 6.3.9 Streckennummer 1043 Neumünster – Bad Oldesloe

Die Strecke 1043 ist eingleisig und nicht elektrifiziert. Sie verbindet die Städte Neumünster und Bad Oldesloe über Bad Segeberg. Die Strecke wird im 60 min Takt befahren. Die Streckenhöchstgeschwindigkeit ist 120 km/h.

Der Modal Split für die Bahn in dieser Relation liegt bei ungefähr 5 %.

Konzeptionelle Planungen der NAH.SH für den Zeithorizont 2030plus enthalten für die Linie RB 82 einen 30 min Takt. Hierfür wäre der Ausbau mehrerer Kreuzungsbahnhöfe erforderlich.

Der Deutschlandtakt sieht einen 60 min Takt vor, auf einen 30-min-Takt verdichtet zwischen Bad Segeberg und Bad Oldesloe.

#### **Empfehlungen:**

Die Verbindung Neumünster – Bad Oldesloe kann verschiedene Aufgaben übernehmen. Darum werden eine durchgängige Zweigleisigkeit und eine Elektrifizierung empfohlen. Im Zuge des Ausbaus ist die Streckengeschwindigkeit auf mindestens 140 km/h zu erhöhen. Eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h wäre zu prüfen. Die Potenzialabschätzung zeigt, dass ein 30 min Takt für den Nahverkehr gerechtfertigt ist. Zudem bietet sich die Strecke als Ausweichroute von Flensburg in Richtung Hamburg für den Güter- und Fernverkehr an, da der störungsanfällige Bereich Elmshorn – Hamburg umfahren wird.

Allein ein zweigleisiger Ausbau führt zu einer deutlichen Verkürzung der Fahrzeit, da keine Standkreuzungen in den Bahnhöfen erforderlich sind, die mit Haltezeitverlängerungen verbunden sind. Bei einer durchgängigen Zweigleisigkeit ist für einen Halt in Richtung und Gegenrichtung jeweils nur die Standard-Haltezeit notwendig.

Die Züge der Linie RB 78 und 79 sollen zwischen Bad Oldesloe und Neumünster im 30 min Takt verkehren, aus Angebotssicht sollte ein Zug pro Stunde ab Neumünster mit der bisher geplanten Linie RB 77 verknüpft und nach Kiel (Strecke 1220) durchgebunden werden. Das ermittelte Potenzial in dieser Relation rechtfertigt diese Angebotsausweitung (siehe Strecke 1220). Im Süden ist eine Durchbindung Richtung Hamburg möglich, um auch hier der hohen Nachfrage ein entsprechendes Angebot gegenüberzustellen (siehe Strecke 1120). Um den 30 min Takt zwischen Neumünster und Bad Oldesloe zu realisieren, wird neben dem durchgebundenen Zug ein Pendelverkehr zwischen beiden Städten geplant.

#### **Zusammenfassung:**

- zweigleisiger Ausbau Neumünster – Bad Oldesloe, Nutzung der ehemaligen Zweigleisigkeit
- Elektrifizierung
- Erhöhung der Streckengeschwindigkeit auf 140 km/h
- zweite Nord-Süd-Verbindung in der Relation aus Jütland/Flensburg/Kiel über Neumünster in Richtung Hamburg
- Ausweichroute bzw. neue Relation für SPfV, SGV
- RE-Linie im 30 min Takt zwischen Neumünster und Bad Oldesloe, dabei ein Zug je Stunde als Verlängerung nach Kiel bzw. nach Hamburg

### 6.3.10 Streckennummer 1100 Lübeck – Puttgarden

Die sogenannte Bäderbahn bzw. Vogelfluglinie mit der Streckennummer 1100 führt von Lübeck über die Ostseebäder Timmendorfer Strand, Scharbeutz, Neustadt in Holstein und Oldenburg in Holstein bis nach Puttgarden auf Fehmarn. Die Strecke ist eingleisig und nicht elektrifiziert. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt abschnittsweise 160 km/h.

Im Rahmen der Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung (FFBQ) erfolgt ein zweigleisiger, elektrifizierter Neu- und Ausbau der 88 Kilometer langen Strecke Lübeck – Puttgarden für eine leistungsfähige Anbindung an Dänemark mit einer maximalen Geschwindigkeit von 200 km/h im SPFV, die abschnittsweise mit der Bundesautobahn A 1 gebündelt verläuft. Die Inbetriebnahme der FFBQ ist aktuell für den Zeitraum 2027/ 2028 geplant. Über einen Abzweig im Bahnhof Haffkrug wird Neustadt angeschlossen.

Die Prüfung einer möglichen Weiternutzung der heutigen Bäderbahn in Ergänzung zur Neubaustrecke war nicht Gegenstand der Untersuchung.

Konzeptionelle Planungen der NAH.SH für den Zeithorizont 2030plus enthalten einen durchgängigen 30 min Takt für die Bedienung von Neustadt in Holstein mit Flügelzügen aus Hamburg (RE 8 und RE 80). Im 2 h Takt soll Lübeck über Fehmarn-Burg mit Nykøbing/Falster in Dänemark durch die RB 85 verbunden werden.

Die Planungen für den Deutschlandtakt sind identisch.

#### **Empfehlungen:**

Durch die mehrjährige Diskussion und frühe Öffentlichkeitsbeteiligung zur Trassierung zwischen Lübeck und Fehmarn konnten im Bürgerdialog Festlegungen getroffen werden. Die neuen Bahnhöfe Timmendorfer Strand und Scharbeutz liegen ortsferner als die derzeitigen Bahnhöfe, sodass für Fahrgäste des öffentlichen Verkehrs ein Umstieg in den Bus oder die Einrichtung alternativer Mobilitätskonzepte notwendig wird. Allerdings entfällt der bisher notwendige Umstieg in Lübeck für die Reisenden aus Richtung Hamburg. In Verbindung mit der kürzeren Fahrzeit auf der FFBQ verbessert sich das Angebot.

Durch die Durchbindung mit RE 8 und RE 80 aus Hamburg bis Neustadt in Holstein werden Züge mit einer höheren Platzkapazität eingesetzt, sodass sich die gesamte Angebotssituation verbessert. Hierdurch stehen auch für den Tourismus mehr Plätze zur Verfügung.

Zur Stärkung der Achse Lübeck – Fehmarn wird vorgeschlagen den 2 h Takt nach Nykøbing/Falster bis Fehmarn durch ein weiteres Angebot im 2 h Takt zu verdichten, sodass zwischen Lübeck und Fehmarn durch Überlagerung ein 1 h Takt entsteht. Auf Basis der aktuellen Prognosen kann ein solches Angebot ohne weiteren Infrastrukturausbau auf der zweigleisigen Strecke der FFBQ realisiert werden. Bei einer positiven Entwicklung der Fahrgastnachfrage könnte ein entsprechendes Angebot dann auch bis Nykøbing/Falster verlängert werden und so einen 1 h Takt zwischen Lübeck und Nykøbing/Falster ermöglichen.

**Zusammenfassung:**

- zweigleisiger Ausbau Lübeck - Puttgarden
- Stichstrecke nach Neustadt in Holstein
- Elektrifizierung
- Erhöhung der Streckengeschwindigkeit auf abschnittsweise 200 km/h
- Durchbindung der Züge zwischen Neustadt in Holstein und Hamburg im 30 min Takt
- Verbindung Lübeck mit Puttgarden im 1 h Takt, Nykøbing/Falster im 2 h Takt

**6.3.11 Streckennummer 1120 Hamburg – Bad Oldesloe – Lübeck**

Die zweigleisige und elektrifizierte Strecke 1120 führt von Hamburg über Bad Oldesloe nach Lübeck. Die Streckenhöchstgeschwindigkeit beträgt fast durchgängig 140 km/h. Nur auf einem kurzen Abschnitt sind 160 km/h zulässig. Die Reisegeschwindigkeit zwischen Hamburg und Lübeck beträgt rund 85 km/h.

Die Abschätzung zum Modal Split ergibt einen Anteil für die Bahn von rund 20 %.

Im Abschnitt Hamburg – Ahrensburg-Gartenholz ist ein Neubau der S-Bahn als Linie S4 mit eigener Infrastruktur beschlossen und in Umsetzung.

Konzeptionelle Planungen der NAH.SH für den Zeithorizont 2030plus sehen einen 30 min Takt zwischen Hamburg und Lübeck mit RE 8 und 80 vor. Die Züge sollen in Lübeck in Richtung Neustadt in Holstein und Travemünde Strand geflügelt werden. Für die Hauptverkehrszeit ist noch die Linie RE 81 (Sprinter) als Verstärker zwischen Hamburg und Lübeck geplant.

Der Deutschlandtakt sieht ein vergleichbares Konzept vor.

**Empfehlungen:**

Zur Gewährleistung der Betriebsstabilität sollte die Geschwindigkeit durchgängig auf 160 km/h erhöht werden. Das kommt auch dem Fernverkehr Richtung Dänemark zugute.

Um das Fahrtenangebot zu erhöhen, sollte durch eine Angebotserweiterung eine Verknüpfung mit der Strecke Bad Oldesloe – Neumünster (1043) geschaffen werden. Auch die Potenzialabschätzung zeigt, dass von der Strecke eine große Zahl der Reisenden Richtung Hamburg fahren will. Eine Durchbindung der RB Neumünster – Bad Oldesloe in Richtung Hamburg je Stunde ermöglicht zwischen Bad Oldesloe und Hamburg eine Angebotsverdichtung. In Verbindung mit der stündlichen S-Bahn ergeben sich vier Fahrten zwischen Hamburg und Bad Oldesloe je Stunde.

**Zusammenfassung:**

- durchgängige Erhöhung der Geschwindigkeit auf der Bestandsstrecke auf 160 km/h
- Verlängerung der RB-Linie von Neumünster über Bad Oldesloe nach Hamburg im 1h-Takt

### **6.3.12 Streckennummer 1121/1150 Lübeck – Ratzeburg – Büchen – Lüneburg**

Die Strecke 1121 verbindet Lübeck über Ratzeburg mit Lüneburg. Letzter Bahnhof in Schleswig-Holstein ist Lauenburg. Die Strecke ist eingleisig, nicht elektrifiziert und hat eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h.

Der Modal Split für die Bahn liegt bei rund 12%. Die Potenzialabschätzung ergibt nördlich von Ratzeburg eine starke Nachfrage in Richtung Lübeck; südlich von Mölln eine starke Nachfrage in Richtung Hamburg.

Konzeptionelle Planungen der NAH.SH für den Zeithorizont 2030plus sehen einen 60 min Takt zwischen Lübeck und Lüneburg mit der Linie RE 83 vor. Zwischen Büchen und Lüneburg soll eine RB-Linie zusätzlich im 1 h Takt verkehren. Zwischen Lübeck und Büchen weiter nach Hamburg sollen in der Hauptverkehrszeit einzelne Verstärker verkehren.

Es gibt seitens des Landes Schleswig-Holstein zudem Überlegungen einen 30-Min-Takt HL-Büchen einzuführen (Akku-Netz).

Der Deutschlandtakt sieht durchgängig einen 30 min Takt zwischen Lübeck und Lüneburg vor.

#### **Empfehlungen:**

Aus der Potenzialabschätzung ergibt sich kein Bedarf für einen durchgängigen 30 min Takt. Der vorhandene 60 min Takt soll zwischen Büchen und Lüneburg beibehalten werden. In der Relation Lübeck – Büchen – Hamburg kann ein 60-min Takt gefahren werden, der einerseits die Verbindung Lübeck – Büchen und andererseits auch die Relation Büchen – Hamburg auf 30 Minuten verdichtet.

Bei einer Angebotsverdichtung sind Kreuzungsmöglichkeiten zu schaffen. Im Abschnitt Mölln – Büchen kann der Kreuzungsbahnhof Güster genutzt werden. Es ist zu prüfen, ob die notwendigen Betriebshalte auch für Kunden genutzt werden sollen. Zur Erhöhung der Betriebsstabilität ist die Geschwindigkeit auf mindestens 140 km/h zu erhöhen. Eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h wäre zu prüfen. Die Einfahrweichen in den Kreuzungsbahnhöfen sollten bei einer Erneuerung für eine Geschwindigkeit von 100 km/h statt 60 km/h ausgelegt werden.

#### **Zusammenfassung:**

- Erhöhung der zulässigen Geschwindigkeit
- Weichen in Kreuzungsbahnhöfen für höhere Geschwindigkeiten
- Elektrifizierung
- RE-Linie im 60 min Takt zwischen Lübeck und Lüneburg
- RE-Linie im 60 min Takt Lübeck – Büchen – Hamburg

### 6.3.13 Streckennummer 1122 Lübeck – Bad Kleinen

Die Strecke 1122 verbindet Lübeck mit Bad Kleinen, nur die Station Lübeck St. Jürgen liegt noch in Schleswig-Holstein. Der weitere Abschnitt der Strecke befindet sich in Mecklenburg-Vorpommern. Die Strecke ist eingleisig, nicht elektrifiziert und hat eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h.

Im Rahmen des Bundesverkehrswegeplans 2030 und der Fehmarnbeltquerung soll die Strecke bis 2026 ausgebaut werden. Hierzu zählen eine Elektrifizierung, die Erhöhung der Geschwindigkeit auf 160 km/h sowie der Bau einer Verbindungskurve vor Bad Kleinen zur direkten Anbindung in Richtung Schwerin. Die Fahrzeit Lübeck – Schwerin soll sich auf 54 Minuten reduzieren. Außerdem soll die Verbindung für den Güterverkehr genutzt werden, der so den Knoten Hamburg umfahren kann.

Konzeptionelle Planungen der NAH.SH für den Zeithorizont 2030plus enthalten einen alternierenden 120 min Takt zwischen Lübeck und den Zielbahnhöfen Bad Kleinen und Schwerin. Durch Überlagerung ergibt sich ein 60-min-Takt bis Grevesmühlen.

Der Deutschlandtakt sieht ein vergleichbares Konzept vor.

#### **Empfehlungen:**

Die Maßnahmen des Bundesverkehrswegeplans sind das Ergebnis einer langfristigen Diskussion. Weitergehende Erkenntnisse ergeben sich auch auf Basis der Potenzialabschätzung nicht.

#### **Zusammenfassung:**

- Erhöhung der zulässigen Geschwindigkeit auf 160 km/h
- Elektrifizierung
- RE-Linie im 120 min-Takt zwischen Lübeck und Bad Kleinen bzw. Schwerin (durch Überlagerung 60-min-Takt zwischen Lübeck und Grevesmühlen)
- Alternativroute für den Güterverkehr zwischen Skandinavien sowie Ost- und Süddeutschland

### 6.3.14 Streckennummer 1204/1205 (Husum) – Hörn – Bad St. Peter-Ording

Die Strecke verbindet Husum mit Bad St. Peter-Ording. Bis zum Abzweig in Hörn wird die Strecke 1210 genutzt. Der Bahnhof Tönning ist einziger Kreuzungsbahnhof und gleichzeitig ein Kopfbahnhof. Dadurch wird ein Fahrtrichtungswechsel erforderlich. Die Strecke ist eingleisig sowie nicht elektrifiziert. Die Strecke wird im 60 min-Takt von der Linie RB 64 befahren. Die Streckenhöchstgeschwindigkeit beträgt 80 km/h.

Die Nutzung der Strecke ist stark vom Tourismus geprägt.

Die Zukunftsplanungen der NAH.SH sehen für die Strecke keine Änderungen vor. Auch die Planungen für den Deutschlandtakt bestätigen den Status Quo mit einer Fahrzeit von 51 bzw. 52 Minuten.

#### **Empfehlungen:**

Die Strecke ist dadurch geprägt, dass im Bereich Husum bis Hörn die Strecke 1210 mitgenutzt wird. Damit wird der aktuelle und spätere Fahrplan determiniert. In Tönning ist auf Grund der vorhandenen Infrastruktur keine gleichzeitige Ein- oder Ausfahrt möglich. Außerdem ist die Geschwindigkeit wegen des Kopfbahnhofes auf 30 km/h begrenzt. Der aktuelle und auch später mögliche Fahrplan kann ohne eine Anhebung der Streckengeschwindigkeit gefahren werden.

Im Zusammenhang mit der aktuellen Beschaffung von BEMUs wird für 2035 erwartet, dass der Bf Tönning mit einer lokalen Ladeinfrastruktur ausgestattet ist (Inselelektrifizierung Bf Tönning). Gemäß dem Gestaltungsziel, dass möglichst keine nicht-elektrifizierte Strecke einer Netzmasche länger als 50 km bzw. sinngemäß keine nicht-elektrifizierte Stichstrecke länger als 25 km sein soll, um eine langfristig optimale Interaktion von Netz und Betrieb zu ermöglichen, wird der Lückenschluss zwischen der Elektrifizierungsinsel Bf Tönning und der elektrifizierten Marschbahn am Abz. Hörn empfohlen.

#### **Zusammenfassung:**

- keine Erhöhung der zulässigen Geschwindigkeit
- Elektrifizierung im Abschnitt Hörn - Tönning
- Einsatz von Hybridfahrzeugen
- RB-Linie im 60 min-Takt

### 6.3.15 Streckennummer 1206 Heide – Büsum

Die Strecke verbindet Heide mit Büsum. Die Strecke wird im 60 min Takt von der Linie RB 63 befahren. Alle zwei Stunden werden die Züge von/nach Neumünster über die Strecke 1042 durchgebunden. Die Streckenhöchstgeschwindigkeit beträgt 80 km/h.

Die Nutzung der Strecke ist stark vom Tourismus geprägt.

Konzeptionelle Planungen der NAH.SH enthalten für die Strecke eine Verkürzung der Fahrzeit um zwei Minuten, um bei angepassten Ankunfts- und Abfahrzeiten in Heide noch genügend Zeit für die Wende in Büsum zu haben.

Die Planungen für den Deutschlandtakt sind identisch.

Es ist geplant, eine Oberleitungsinsel in Heide im Zusammenhang mit dem Einsatz von BEMUs ab 2022 zu errichten.

#### **Empfehlungen:**

Zum Erreichen der Knotenzeiten in Heide und Gewährleistung der Wendezeiten in Büsum sollte die Fahrzeit um zwei Minuten gekürzt werden. Dies kann entweder durch abschnittsweise Erhöhung der Streckengeschwindigkeit auf 100 km/h oder durchgängige 80 km/h mit einer höheren Ein- und Ausfahrgeschwindigkeit durch Anpassung der Weichen in Heide erreicht werden. Alternativ können auch Fahrzeuge mit einem besseren Beschleunigungsvermögen eingesetzt werden.

Die Züge der RB-Linie 63 werden stündlich nach Neumünster durchgebunden.

Im Zusammenhang mit der aktuellen Beschaffung von BEMUs wird für 2035 erwartet, dass der Bf Heide mit einer lokalen Ladeinfrastruktur ausgestattet ist. Darüber hinaus wird empfohlen, die Bahnstrecke Heide-Büsum zu elektrifizieren, um Ladezeitbedarf während des Aufenthalts in einem Zwischenbahnhof der Linie zu vermeiden und um dafür zu sorgen, dass BEMUs am Linienende (Bf Büsum) kurze Wendezeiten unabhängig vom Zustand des Energieversorgungs- und Antriebssystems realisieren können.

#### **Zusammenfassung:**

- Erhöhung der zulässigen Geschwindigkeit auf 100 km/h
- Elektrifizierung
- Einsatz von Hybridfahrzeugen im Zusammenhang mit Strecke 1042 möglich
- RB-Linie im 60 min Takt

### **6.3.16 Streckennummer 1210 Elmshorn – Itzehoe – Heide – Husum – Westerland**

Die Marschbahn mit der Streckennummer 1210 beginnt in Elmshorn und führt mit den Zwischenbahnhöfen Itzehoe, Heide und Husum bis nach Westerland auf Sylt. Die Eiderbrücke bei Friedrichstadt sowie die Abschnitte Husum – Husum Nord (1,2 km), Hattstedt – Bredstedt (11 km), Niebüll – Klanxbüll (12,5 km) und Morsum – Westerland (8,9 km) sind nur eingleisig, ansonsten ist die Strecke zweigleisig ausgebaut.

Die Strecke ist zwischen (Hamburg –) Elmshorn und Itzehoe elektrifiziert. Die Streckenhöchstgeschwindigkeit von 140 km/h wird auf vielen Abschnitten nicht erreicht. Die Reisegeschwindigkeit zwischen Hamburg-Altona und Westerland beträgt rund 81 km/h. Züge zwischen Hamburg-Altona und Itzehoe erreichen eine Reisegeschwindigkeit von fast 90 km/h.

Zwischen Hamburg-Altona und Westerland verkehrt der RE 6 im 1 h Takt. In der Relation Hamburg Hbf. – Itzehoe wird das Angebot durch die RB 61 im 1 h Takt ergänzt. Die RB 62 verbindet Itzehoe und Heide ebenfalls im 1h-Takt. In Einzellagen verdichtet die RB 71 das Angebot zwischen (Hamburg-Altona –) Elmshorn und Itzehoe.

Der Modal Split entlang der Strecke liegt in den meisten Streckenabschnitten über 20%, im Bereich Itzehoe – Elmshorn darunter. Der Streckenabschnitt Niebüll – Westerland ist durch starken touristischen Verkehr und die fehlende Straßenanbindung der Insel Sylt gekennzeichnet.

Als Besonderheit ist die Autoverladung im Abschnitt Niebüll – Westerland zu nennen.

Die aktuelle Bundesverkehrswegeplanung 2030 enthält im vordringlichen Bedarf unter der Projektnummer 2-053-V01 die Ausbaustrecke Niebüll – Klanxbüll für eine durchgängige Zweigleisigkeit mit 140 km/h. Im Januar 2021 wurde die Ausbaumaßnahme als "Ausbau der Eisenbahnstrecke von Niebüll über Klanxbüll nach Westerland" in das Gesetz zur Planungsbeschleunigung aufgenommen. Durch die Aufnahme in dieses Gesetz können Infrastrukturvorhaben vom Parlament per Gesetz statt wie bisher nach einem Planfeststellungsverfahren genehmigt werden. Klagen sind nicht mehr vor Verwaltungsgerichten möglich, sondern nur noch vor dem Bundesverfassungsgericht. Sollten Klagen erfolgreich sein, müssen die üblichen Planungsschritte durchlaufen werden.

Grundangebot bleibt der RE 6 mit einem Stundentakt zwischen Hamburg-Altona (neu) und Westerland. Daneben soll ein RE 62 als Verstärker zwischen Hamburg und Itzehoe verkehren. Ferner ist die RB 61 geplant, die im 30 min Takt zwischen Hamburg und Itzehoe verkehren soll. Stündlich wird das Angebot bis Heide verlängert. Im nördlichen Abschnitt zwischen Husum und Westerland soll der RE 60 den RE 6 zum 30 min Takt verdichten, wobei der RE 60 in Niebüll mit einem Zugteil aus/nach Flensburg gekuppelt bzw. geflügelt wird.

Die Planungen zum Deutschlandtakt enthalten ähnliche Konzepte. Im nördlichen Abschnitt zwischen Husum und Westerland soll eine RE-Linie den RE 6 zum 30 min Takt verdichten. Ein Kuppeln und Flügel ist jedoch nicht geplant.

## Empfehlungen:

Neben dem Ausbau zwischen Niebüll und Westerland können weitere Fahrzeitverkürzungen und Betriebsstabilität durch Anhebung der Geschwindigkeit von 120 auf 140 km/h und Beseitigung von Geschwindigkeitseinbrüchen zwischen Heide und Husum erreicht werden.

Verbleibende eingleisige Abschnitte, wie die Eiderbrücke bei Friedrichstadt sowie die Abschnitte Husum – Husum Nord (zwei Brücken) und Hattstedt – Bredstedt), sind auf den zweigleisigen Standard auszubauen, um eine größere Flexibilität bei der späteren Fahrplangestaltung zu erhalten und zur Vermeidung von Verspätungsübertragung auf die Gegenrichtung. Im Zuge einer Elektrifizierung der Strecke sollte auch geprüft werden, in welchen Bereichen die Höchstgeschwindigkeit auf 160 km/h erhöht kann, da bei Einsatz von Elektrofahrzeugen die Geschwindigkeit von 160 km/h auch zwischen den meisten Halten erreicht werden kann. Die Fahrtzeitvorteile einer Elektrifizierung müssen aber die Knotenzeiten entlang der Strecke berücksichtigen.

Auf Basis der Potenzialabschätzung wird empfohlen, den RE 60 von Husum über Jübek bis nach Neumünster zu verlängern.

Aufgrund der Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Strecke aus der aktuellen und künftigen Nutzung durch Güterverkehr, Fernverkehr und SPNV gilt die Marschbahn bereits als elektrifizierungswürdig. Bei Elektrifizierung wäre ein Einsatz von Elektrofahrzeugen für den RE 6 möglich. Außerdem ist zu bedenken, dass die nächste Generation der IC-Züge ausschließlich mit Elektrotraktion verkehren wird. Zudem wäre dann auch ein Einsatz von ICE-Zügen bis Westerland möglich.

Für eine Verlegung der Autoverladeanlage auf Sylt aus dem Ortskern Westerland heraus gibt es mehrere Varianten. Allen gemein ist, dass der Bahnhofsbereich Westerland betrieblich entlastet und eine Trennung von Personenbahnhof und Autoverladung vorgenommen wird. Dies wird in jedem Fall zu einer Verbesserung der Pünktlichkeit führen.

## Zusammenfassung:

- Beseitigung eingleisiger Engstellen bzw. Streckenbereiche
- Erhöhung der Geschwindigkeit auf 160 km/h
- durchgängige Elektrifizierung
- Verlegung und Neubau der Autoverladung auf der Insel Sylt
- RE 60 über Husum hinaus verlängern
- Einsatz von ICE-Zügen bis Westerland möglich

### 6.3.17 Streckennummer 1220 Hamburg-Altona – Neumünster – Kiel

Die Streckennummer 1220 verbindet von Hamburg-Altona kommend die Städte Neumünster und Kiel. Die Strecke ist zweigleisig ausgebaut, elektrifiziert und hat eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h. Der gute Ausbauzustand zeigt sich auch darin, dass die hier verkehrenden Linien RE 7 und RE 70 eine Reisegeschwindigkeit von mehr als 90 km/h erreichen.

Für die Bahn wurde für den Abschnitt zwischen Neumünster und Kiel ein Modal Split von rund 15% abgeschätzt. Im Bereich von Elmshorn steigt der Modal Split an. Im Straßenverkehr sind in den betrachteten Querschnitten mehr als 50.000 Reisende unterwegs.

Konzeptionelle Planungen der NAH.SH enthalten eine eingleisige, ggf. zweigleisige Verlängerung der S-Bahn ab Pinneberg bis Elmshorn und dort eine weitere Bahnsteigkante. Außerdem ist für den Zeitraum ab 2030 neben den RE-Linien noch eine RB 77, die von Kiel über Neumünster bis nach Kellinghusen über eine neue Verbindungskurve in Wrist fahren soll, enthalten. Von Hamburg Hbf über Wrist bis Kellinghusen verkehrt die RB 71, die zeitweise mit der RE 62 zwischen Hamburg und Elmshorn gemeinsam verkehrt und dort geflügelt wird.

Die Planungen für den Deutschlandtakt sind weitgehend ähnlich.

#### **Empfehlungen:**

Auf dem Abschnitt zwischen Neumünster und Kiel wird ein weiterer Haltepunkt (Tungendorf) geplant. Der Abschnitt Hamburg – Elmshorn wird durch die Verlängerung der S-Bahn auf eigener Infrastruktur über Pinneberg hinaus entlastet. Die Verspätungsanfälligkeit wird zurückgehen.

Die geplante S4-West wird im Abschnitt Elmshorn – Pinneberg neue Haltepunkte (Elmshorn Süd, Pinneberg Nord) bedienen. Sie kann dann im Abschnitt zwischen Pinneberg und Elbgaustraße als sogenannte Express-S-Bahn verkehren und wird ab Eidelstedt in Richtung Hamburg-Zentrum in bestehende S-Bahn-Takte integriert. In Hamburg bedient sie alle Halte.

Für die RB-Linien ist zwischen Elmshorn und Pinneberg ein Halt in Tornesch vorgesehen, die RE haben auf diesem Abschnitt keinen Halt.

#### **Zusammenfassung:**

- eigene Infrastruktur für die S-Bahn im Abschnitt Pinneberg – Elmshorn
- Ausbau des Bahnhofs Elmshorn
- neuer Haltepunkt Tungendorf zwischen Kiel und Neumünster
- weitere RE-Linien zwischen Kiel und Neumünster (Bedienung durch RE 78 und RE AKN)

### 6.3.18 Streckennummer 6100 Berlin – Büchen – Hamburg

Die Streckennummer 6100 steht für die Strecke Berlin – Hamburg. Im Abschnitt zwischen Büchen und Hamburg werden die Stationen Müssen und Schwarzenbek in Schleswig-Holstein bedient. Alle anderen Teile der Strecke liegen außerhalb des Untersuchungsbereichs. Die Strecke ist bereits heute vollständig zweigleisig, elektrifiziert und für eine Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h ausgebaut. In paralleler Lage befindet sich die abschnittsweise zweigleisige S-Bahn-Strecke nach Aumühle.

Der RE 1 bedient die Strecke im 1 h Takt. Dabei verkehren die Züge tageszeitabhängig zwischen Hamburg und Büchen, Schwerin oder Rostock. Verdichter bedienen während nachfragestarker Zeiten den Abschnitt Hamburg – Büchen.

Der Modal Split zwischen Büchen und Schwarzenbek beträgt knapp 15%.

Konzeptionelle Planungen der NAH.SH für den Zeithorizont 2030plus sehen einen RE 1 vor, der ganztägig im 1 h Takt bis Rostock bzw. Schwerin durchfährt. Für Verstärker in der Hauptverkehrszeit wird eine RB-Linie mit gleicher Fahrzeit wie die Linie RE 1 zwischen Hamburg und Büchen geplant, die dann aber die Strecke 1121 Richtung Ratzeburg – Lübeck bedient.

Der Deutschlandtakt sieht eine RB-Linie im 30 min Takt zwischen Büchen und Hamburg vor, sodass gemeinsam mit dem stündlich verkehrenden RE ein Angebot mit drei Zügen pro Stunde entsteht.

#### **Empfehlungen:**

Auf dieser Strecke müssen keine infrastrukturellen Ausbauten vorgenommen werden, die über die aktuellen Planungen zum Deutschlandtakt, der eine echte Zweigleisigkeit im Bereich Hamburg-Tiefstack unterstellt, hinausgehen. Aus der Potenzialabschätzung ergibt sich eine starke Nachfrage, die einen dichten Takt zwischen Büchen und Hamburg rechtfertigt, sodass eine Kombination aus RE 1 und einer RB-Linie geeignet scheint. Es ist zu prüfen, wie ein Eckverkehr aus Richtung Ratzeburg (s. auch Strecke 1121) mit attraktiven Reisezeiten mit der RB-Linie verknüpft werden kann.

#### **Zusammenfassung:**

- RE 1 ganztags im 1 h Takt über Büchen hinaus verlängern
- RB-Linie zwischen Hamburg und Büchen im 1 h Takt, sodass ein angenäherter 30 min Takt entsteht
- RB-Linie geht über auf Strecke 1121 in Richtung Ratzeburg

### 6.3.19 Streckennummer 9100 Niebüll – Dagebüll Mole

Die Strecke 9100 verbindet Niebüll mit Dagebüll. Auf dieser Strecke verkehren Kurswagen der IC-Züge zwischen Westerland und verschiedenen Zielen in Deutschland.

Die Nutzung der Strecke ist stark vom Tourismus geprägt. Es wird der Anschluss an die Schiffe nach Amrum und Föhr hergestellt.

Konzeptionelle Planungen der NAH.SH für den Zeithorizont 2030plus sehen bei der RB 65 keine Änderungen vor. Gleiches gilt für den Deutschlandtakt.

Politisch wurde entschieden, dass die Strecke bis 2024 mit so genanntem „grünem Strom“, der lokal erzeugt wird, elektrifiziert wird.

#### **Empfehlungen:**

In Abhängigkeit von der Entwicklung auf der Strecke 1210 müssen ggf. Anpassungen zwischen Niebüll und Dagebüll vorgenommen werden, um Anschlüsse in Niebüll herzustellen. Erst wenn die Fernverkehrskonzepte für die Anbindung von Schleswig-Holstein vorliegen, kann ein Konzept für die Strecke entwickelt werden. Dabei ist zu prüfen, ob auch zukünftig Kurswagen von IC-Zügen übernommen werden können und sollen.

#### **Zusammenfassung:**

- Elektrifizierung der Strecke
- keine weiteren Infrastrukturmaßnahmen
- Das Betriebskonzept bleibt bestehen und ist weiterhin auf den Schiffsverkehr nach Amrum und Föhr ausgerichtet.

### 6.3.20 Streckennummer 9107/9108 Kiel – Schönberger Strand

Die Verbindung von Kiel Hbf. zum Schönberger Strand wird über den derzeitigen Endpunkt Kiel-Oppendorf verlängert. Die Geschwindigkeit der Strecke wird auf 80 km/h bzw. 100 km/h erhöht. Weitere Infrastrukturmaßnahmen sind nicht notwendig. Eine Elektrifizierung ist vorgesehen.

#### **Empfehlungen:**

Die geplanten Ausbauten werden die Verkehrsnachfrage befriedigen. Die Reaktivierung des Abschnittes Kiel-Oppendorf – Schönberger Strand ist umzusetzen. Damit verbunden ist die Inbetriebnahme von Haltepunkten. Eine Erhöhung der Streckengeschwindigkeit auf durchgängig 80 km/h bzw. 100 km/h ist zu realisieren, die Strecke wird elektrifiziert.

#### **Zusammenfassung:**

- Reaktivierung
- neue Haltepunkte
- Elektrifizierung

### **6.3.21 Streckennummer 9120/9121/9122 Elmshorn/Neumünster – Kaltenkirchen – Ulzburg Süd – Hamburg-Eidelstedt/Norderstedt Mitte (AKN-Netz)**

Zwischen Neumünster und Hamburg-Eidelstedt verläuft die Strecke 9121 mit den Zwischenstationen Kaltenkirchen, Henstedt-Ulzburg, Ulzburg Süd und Quickborn. In Ulzburg Süd zweigt die Strecke 9122 nach Norderstedt Mitte ab. Die Strecke 9120 verbindet Elmshorn mit Ulzburg Süd.

Aktuell ist die Strecke 9121 überwiegend eingleisig, in Abschnitten um Kaltenkirchen/Ulzburg-Süd und Quickborn bis Bönningstedt zweigleisig ausgebaut. Die Strecke ist nicht elektrifiziert, die Höchstgeschwindigkeit beträgt 80 km/h. Die Strecke 9122 ist fast vollständig zweigleisig, nicht elektrifiziert und die Höchstgeschwindigkeit beträgt 80 km/h. Zwischen Eidelstedt und Kaltenkirchen wird im 20 min Takt gefahren. Bis Neumünster wird die Strecke im 1 h Takt bedient. Zwischen Norderstedt Mitte und Ulzburg Süd wird ebenfalls im 20 min Takt gefahren.

Der Modal Split nördlich von Kaltenkirchen liegt abschätzungsweise unter 10%.

Die konzeptionellen Planungen der NAH.SH für den Zeithorizont 2030plus enthalten ein ganz anderes Betriebsprogramm. Bereits bis 2025 soll der Abschnitt Eidelstedt – Kaltenkirchen für einen elektrischen S-Bahn-Betrieb ausgebaut sein. Es soll ein durchgehender umsteigefreier S-Bahn-Betrieb (Aumühle –) Hamburg Hbf. – Sternschanze – Kaltenkirchen im 20-Minuten-Takt entstehen; in der Hauptverkehrszeit ist ein 10-Minuten-Takt (ab Quickborn) vorgesehen. Zwischen Neumünster und Norderstedt Mitte wird ein RB im Stundentakt verkehren. Das Angebot soll durch einen stündlichen Expresszug überlagert werden.

Im Deutschlandtakt sind keine Planungen zu dieser Strecke enthalten.

#### **Empfehlungen:**

Der Ausbau der S-Bahn nach Kaltenkirchen ist in der Umsetzung. Hier bedarf es keiner weiteren Planung. Eine Ausweitung des Angebotes zwischen Norderstedt Mitte und Neumünster ist auf Basis der Potenzialabschätzung gerechtfertigt. Neben dem RB zwischen Norderstedt Mitte, Ulzburg-Süd und Neumünster soll ein schnelleres Produkt verkehren, das nicht alle Haltepunkte bedient (vorgesehen sind Quickborner Straße, Ulzburg Süd, Henstedt-Ulzburg, Kaltenkirchen, Bad Bramstedt, Fahrzeit zwischen Norderstedt Mitte und Neumünster liegt bei etwas unter einer Stunde).

Für den Abschnitt Elmshorn – Ulzburg Süd sollte das Angebot beibehalten werden.

#### **Zusammenfassung:**

- S-Bahnausbau Eidelstedt – Kaltenkirchen
- RB-Linie und Expresszug zwischen Norderstedt Mitte und Neumünster
- Beibehaltung des Angebotes zwischen Norderstedt Mitte und Ulzburg-Süd und Elmshorn – Ulzburg Süd
- Elektrifizierung des AKN-Netzes

### 6.3.22 Streckennummer 9123 Geesthacht – Bergedorf – Nettelburg

Die Strecke von Geesthacht in Richtung Hamburg wird aktuell für einzelne Güterzugfahrten genutzt. Im Abschnitt Geesthacht – Bergedorf verkehren an einzelnen Wochenenden Museumseisenbahnen. Die Streckenhöchstgeschwindigkeit beträgt derzeit 40 km/h.

#### **Empfehlungen:**

Die Strecke von Geesthacht in Richtung Hamburg kann in zwei Schritten für den SPNV reaktiviert werden. Die Reaktivierung Geesthacht – Bergedorf erfordert im Abschnitt Weidenbaumsweg – Bahnhof Bergedorf eine Neutrassierung als Strecke gemäß Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab). Die Verbindung Geesthacht – Hamburg Hbf. kann durchgängig als EBO-Strecke realisiert werden. In Nettelburg findet eine höhengleiche Einfädelung in die Strecke 6100 statt.

Die Reaktivierungen nach Bergedorf bzw. Hamburg Hbf. können aufeinander aufbauend oder unabhängig voneinander erfolgen, ohne dass zusätzliche Kosten entstehen. In der politischen Diskussion ist zu prüfen, ob eine Durchbindung nach Hamburg Hbf. langfristig verfolgt werden soll.

Im Planfall wird eine Kombination aus einem 20 Min Takt von Geesthacht nach Bergedorf in Kombination mit einem 1 h Takt nach Hamburg Hbf. mit Ein-/Ausfädelung in Nettelburg angesetzt. Zu prüfen sind die möglichen Taktlagen auf der Strecke 6100 und die Verfügbarkeit von Bahnsteiggleisen in Hamburg Hbf.

#### **Zusammenfassung:**

- Streckenreaktivierung für den SPNV inkl. Elektrifizierung
- Bau neuer Haltepunkte
- Streckenhöchstgeschwindigkeit 80 km/h
- Einsatz von Regionalstadtbahnfahrzeugen zwischen Geesthacht und Bergedorf
- Einsatz von EBO-Fahrzeugen zwischen Geesthacht und Hamburg Hbf.
- Einsatz von BEMU-Fahrzeugen oder Elektrifizierung

### 6.3.23 Streckennummer 9129 Uetersen – Tornesch

Die Verbindung Uetersen – Tornesch wird regelmäßig im Güterverkehr mit einer Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h befahren.

#### **Empfehlungen:**

Die Verbindung Uetersen – Tornesch wird im Zusammenhang mit einer Weiterführung über die Güterumgehungsbahn von Eidelstedt über die City Nord nach Barmbek ein entsprechendes Potenzial generieren. Entsprechende Haltepunkte sind zu planen und zu realisieren.

Hiermit würde ein erster Teil eines Nordrings in Hamburg geschaffen. Durch die Verlagerung des Schienengüterverkehrs nach Skandinavien auf die Fehmarnbeltquerung wird die Güterumgehungsbahn viel Verkehr verlieren, sodass Trassen für den SPNV zur Verfügung stehen. Auch ist zu prüfen, ob die restlichen Güterverkehrszüge nicht besser über die ausgebaute Verbindung Neumünster – Bad Oldesloe verkehren.

Ein Angebot auf einem nördlichen Ring schafft direkte Möglichkeiten aufkommensstarke Gebiete im Norden Hamburgs zu erschließen, ohne über das Zentrum zu fahren.

Im Planfall wird eine Kombination aus einem 30 Min Takt von Uetersen nach Tornesch in Kombination mit einer stündlichen Verlängerung nach Hamburg Barmbek über die Güterumgehungsbahn angesetzt (Fahrzeit knapp 45 Minuten). Die fahrplantechnischen Abhängigkeiten sind in einer weiterführenden Untersuchung zu prüfen.

#### **Zusammenfassung:**

- Nutzung der Güterumgehungsbahn
- Bau neuer Haltepunkte auf der Güterumgehungsbahn
- Reaktivierung Tornesch – Uetersen für den SPNV, Elektrifizierung

### 6.3.24 S-Bahn Hamburg

Die S-Bahn Hamburg wurde seit 1907 als städtisches Schnellbahnsystem in mehreren Stufen entwickelt. 1954 wurde mit dem Endpunkt Wedel erstmals eine Strecke nach Schleswig-Holstein verlängert. 1967 wurde Pinneberg an das S-Bahnnetz angeschlossen, 1969 dann die Strecke nach Aumühle. Nach Schleswig-Holstein fahren aktuell die Linie S1 mit dem Halt Wedel, Linie S21 im Abschnitt Hamburg-Bergedorf - Aumühle mit den Zwischenhalten Reinbek und Wohltorf und die Linie S3 zwischen HH-Elbgaustraße und Pinneberg über Krupunder, Halstenbek und Thesdorf. Als neue Verbindung zwischen Hamburg und dem Umland in Schleswig-Holstein sind aktuell die Linien S21 von HH-Eidelstedt nach Kaltenkirchen, die Strecke S4 Ost von Altona nach Bad Oldesloe und S4 West von Altona nach Elmshorn in Umsetzung bzw. Planung.

Die Linie S21 verkehrt durchgängig auf eigener Infrastruktur und wird ab Hamburg-Eidelstedt die Infrastruktur der AKN bis Kaltenkirchen nutzen. Wenn die Planfeststellung für den Ausbau und die Elektrifizierung abgeschlossen ist, soll in 2023 mit den Baumaßnahmen begonnen werden, eine Inbetriebnahme ist für Ende 2025 geplant (Stand 18.09.2020, Drucksache 22/1353 Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg).

Die Linie S4 Ost nutzt die Infrastruktur der S-Bahn Hamburg von Altona bis Hasselbrook, erhält anschließend eine eigene Infrastruktur bis Ahrensburg-Gartenholz und wird dann auf der vorhandenen Infrastruktur nach Bargteheide und Bad Oldesloe fahren. Die S4 Ost ersetzt die heutige Regionalbahn RB 81. Sie bietet dichtere Takte und wird direkt in die Innenstadt durchgebunden. Gleichzeitig entlastet sie durch die wegfallenden RB-Halte den Hamburger Hauptbahnhof und ermöglicht so, die Betriebsstabilität zu erhöhen und andere Züge bis zum Hauptbahnhof durchzubinden. Nach den bisherigen Plänen sollte die S4 im Jahr 2025 zwischen Altona und Rahlstedt teileröffnet werden. Die Gesamtinbetriebnahme der S4 bis nach Bad Oldesloe war bisher für die Jahre 2027/2028 vorgesehen. Verzögerungen bei der Planfeststellung können den Zeitplan gefährden.

Die S4 West soll auf eigener Infrastruktur als Verlängerung der vorhandenen S-Bahn-Gleise ab Pinneberg bis Elmshorn verkehren. Die Planungen für diesen Streckenabschnitt laufen derzeit an. Die vorhandenen Planungsansätze müssen weiter ausgearbeitet werden, bevor Nutzen-Kosten-Untersuchungen zu erstellen sind. Erst nach Vorliegen positiver Ergebnisse können konkrete Schritte zur Realisierung eingeleitet werden.

Im Zusammenhang mit der Erstellung eines Gesamtverkehrskonzeptes für den Ausbau der S- und U-Bahnen in Hamburg gibt es Überlegungen zu einer neuen Linie S32, deren Endpunkt in Schenefeld liegen könnte.

#### **Empfehlungen:**

Die S-Bahn Hamburg ist in der Untersuchung nur berücksichtigt worden, soweit sie die Freie und Hansestadt Hamburg in Richtung Schleswig-Holstein verlässt. Für den Prognose-Planfall 2035 wurden die Linien S21 und S4 Ost wie geschildert berücksichtigt. Für diese Linien wurden alle notwendigen Untersuchungen abgeschlossen und für die Planfeststellung durch die beteiligten Länder

aufbereitet. Vorrangiges Ziel muss es sein auf dieser Basis die Realisierung der Strecken schnellstmöglich zu erreichen, um den Fahrgästen die geplanten Vorteile zu bieten.

Für die S4 West wird eine eigene Infrastruktur ab Pinneberg bis Elmshorn empfohlen. Dabei können mit Elmshorn Süd, Tornesch, Prisdorf und Pinneberg Nord mehr Haltepunkte zwischen beiden Stationen als heute bedient werden. Zwischen Elmshorn und Pinneberg bedient die S4 West alle Halte. Im Abschnitt zwischen Pinneberg und Elbgaustraße sollte sie als Express-S-Bahn geführt, um die Reisezeit zu verkürzen. In diesem Abschnitt kann die Bedienung weiterhin durch die Linie S3 erfolgen. Ab Eidelstedt, nach Einführung der S21 aus Richtung Kaltenkirchen, werden wieder alle Halte bedient, da eine Beschleunigung wegen der dichten Taktlage der übrigen S-Bahnlinien nicht möglich ist.

#### **Zusammenfassung:**

- Ausbau der Infrastruktur für die S-Bahn Hamburg nach Schleswig-Holstein
- Ertüchtigung und Elektrifizierung der AKN-Infrastruktur zwischen HH-Eidelstedt und Kaltenkirchen (S21)
- Neubau der Infrastruktur und Haltepunkte zwischen Hasselbrook und Ahrensburg Gartenholz (S4 Ost)
- eigene Infrastruktur für die S-Bahn im Abschnitt Pinneberg – Elmshorn (S4 West)
- Neubau von Haltepunkten auf der S4 West

### 6.3.25 S-Bahn Kiel

Für eine S-Bahn im Bereich Kiel können die vorhandenen Strecken Richtung Eckernförde Nord, Schönberger Strand, Preetz, Rendsburg-Seemühlen und Neumünster herangezogen werden. Die für diese Strecken dargestellten Regionalbahnen könnten in einen S-Bahn-Verkehr überführt werden. Eine Weiterentwicklung zur Regional-Stadtbahn, die auch im Stadtbereich von Kiel verkehren kann, würde den Einsatz von Fahrzeugen erfordern, die nach den Verordnungen der EBO und BOStrab zugelassen sind. Entsprechende Fahrzeuge weisen besondere Konstruktionsmerkmale auf. Sie sind kleiner und verfügen über eine geringere Höchstgeschwindigkeit als Fahrzeuge mit einer alleinigen EBO-Zulassung. Damit wird sich das zu gewinnende Potenzial für den Prognose-Planfall 2035 auf den untersuchten Strecken ändern. Eine Überprüfung in weiterführenden Untersuchungen ist erforderlich.

#### **Empfehlungen:**

Für den Einsatz einer S-Bahn in Kiel ist grundsätzlich eine Elektrifizierung notwendig, um traktionsstarke Fahrzeuge einsetzen zu können. Nur mit diesen Fahrzeugen sind Beschleunigungen zu erreichen, die eine hohe Durchschnittsgeschwindigkeit zulassen und gleichzeitig kurze Haltestellenabstände ermöglichen. Nur so sind attraktive Fahr- und Reisezeiten für die Pendler und Fahrgäste zu erreichen.

#### **Zusammenfassung:**

- Abstände der Haltepunkte wie bei S-Bahn-Systemen
- Zweigleisigkeit oder zweigleisige Begegnungsinselformen
- Elektrifizierung der Strecken

### 6.3.26 Regional-Stadtbahn Flensburg

Eine angedachte Regional-Stadtbahn in Flensburg, z. B. in Form eines Tram-Train-Konzeptes, könnte die Innenstadt mit dem Umland verbinden. Dabei wäre auch eine Verbindung nach Dänemark wünschenswert. Detaillierte Aussagen zu möglichen Linienführungen und Haltemustern erfordern eine vertiefende Untersuchung von Flensburg und seinem Umland.

Das derzeit geplante Angebot orientiert sich an der vorhandenen Schieneninfrastruktur und schließt eine direkte Erreichbarkeit der Innenstadt von Flensburg mit ein. Weitere Untersuchungen sind notwendig.

#### **Empfehlungen:**

Um eine Regional-Stadtbahn Flensburg zu realisieren, sollte zuerst die vorhandene Infrastruktur genutzt werden. Weitere Vorschläge für Ausbauten sind erst nach detaillierteren Untersuchungen möglich.

Im Planfall wird als Vorlaufbetrieb eine jeweils stündliche Verbindung von Flensburg nach Süderbrarup (Strecke 1020) und eine Verbindung nach Schafflund (Strecke 1001) angesetzt, die die Stundentakte der RE in diesen Abschnitten auf einen 30 Min Takt verdichten.

#### **Zusammenfassung:**

- Nutzung vorhandener Infrastruktur
- Berücksichtigung weiterer Halte (Flensburg-Gartenstadt, Handewitt, Unaften, Wallsbüll, Schafflund)
- Planungen zu Regional-Stadtbahn oder ähnlichen Konzepten sind nicht Teil der Begutachtung

### 6.3.27 Verbindung Hamburg – Westerland

In der Diskussion um die Verbindung Hamburg – Westerland im SPNV werden neben der Verbindung über die Marschbahn auch andere Alternativen im politischen Raum diskutiert. Es gibt zwei weitere mögliche Relationen.

Die klassische Verbindung auf der Marschbahn ist mit einer Länge von 237 km ab Hamburg-Altona bzw. 241 km ab Hamburg Hbf. die kürzeste Verbindung von Hamburg nach Westerland. Alternativ ist nach einer Reaktivierung der Verbindung Flensburg – Lindholm auch eine Führung über Neumünster, Flensburg und Niebüll vorstellbar. Hierbei beträgt die Streckenlänge 262 km. Bei einer Führung der Züge über Neumünster, Kiel, Eckernförde und Flensburg beträgt die Streckenlänge 273 km.

Die kürzeste Fahrzeit ergibt sich bei Fahrt auf der Marschbahn mit knapp drei Stunden bei einer Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h. Eine Verkürzung der Fahrzeit um ca. 10 bis 15 Minuten ist auch unter Beachtung der Knotenzeiten in Heide, Husum und Niebüll nach Elektrifizierung und Beseitigung der eingleisigen Abschnitte mit einer Erhöhung der Geschwindigkeiten möglich.

Bei Fahrt über Neumünster und Flensburg kann die abschnittsweise zulässige Geschwindigkeit von 160 km/h zwischen Hamburg und Flensburg genutzt werden, die Fahrzeit ist aber dennoch bei Bedienung der entsprechenden Bahnhöfe und Haltepunkte ca. 20 Minuten länger als auf der Marschbahn.

Bei Fahrt über Neumünster – Kiel – Eckernförde und Flensburg verlängert sich die Fahrzeit um rund 50 Minuten gegenüber der Fahrt auf der Marschbahn, da insbesondere zwischen Kiel und Flensburg die zulässige Geschwindigkeit nur 80 bis 120 km/h beträgt.

Ein beschleunigtes Zugangebot über Neumünster und Flensburg (IC 79 Fahrzeiten) ist nur bei Verzicht auf mehrere Halte in der Relation Hamburg – Neumünster – Rendsburg – Flensburg möglich. Die Fahrzeit von Hamburg nach Westerland entspricht dann mit knapp drei Stunden der aktuellen Fahrzeit auf der Marschbahn. Allerdings erfüllt ein beschleunigtes Angebot über Neumünster – Flensburg nicht die Anforderungen an ein Produkt des SPNV gemäß § 2 des Regionalisierungsgesetzes und könnte somit nur eigenwirtschaftlich (ohne Regionalisierungsmittel) betrieben werden. Außerdem wäre bei Verzicht auf Halte auf der Marschbahn auch in dieser Relation eine Fahrzeitverkürzung möglich.

Bei einer Führung der Züge nach Westerland über Kiel und Eckernförde ergibt sich auch bei Verzicht auf einige Halte eine Fahrzeit von mindestens 3:30 Stunden. Dabei verlängert sich die Fahrzeit unter anderem durch den notwendigen Fahrtrichtungswechsel in Kiel Hauptbahnhof. Ein Halt in einem Vorort von Kiel zur Vermeidung des Fahrtrichtungswechsels wirkt sich negativ auf die Nachfrage und somit die Nutzung des Angebots aus. Wenn bei diesem Fahrweg die Züge der Verbindung Hamburg – Westerland zusätzlich zu den Zügen der Verbindung Kiel – Eckernförde – Flensburg verkehren sollen, wäre ein erheblicher Ausbau der Streckeninfrastruktur notwendig. Auch dieses Angebot würde zu einer deutlichen Mehrung an Zugkilometern führen, da die Marschbahn wegen der dortigen Nachfrage weiterhin bedient werden muss.

## 6.4 Störungsfreier Schienenverkehr

### 6.4.1 Aktuelle Situation

Neben der Angebotsgestaltung mit attraktiven Fahr- und Reisezeiten sind auch Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit im öffentlichen Nahverkehr von großer Bedeutung für die Akzeptanz und Nutzung durch die Reisenden. Um dies zu gewährleisten, muss der Fahrplan im Betrieb grundsätzlich behinderungsfrei und stabil durchführbar sein. Die alltäglich vorkommenden externen Störungen oder Betriebseinschränkungen durch Haltezeitüberschreitungen, Langsamfahrstellen und kleine Baumaßnahmen sollen bestmöglich kompensiert werden. Damit eine Ausweitung bzw. Übertragung von Störungen auf andere Züge oder in andere Netzbereiche hinein möglichst vermieden bzw. reduziert wird, müssen ausreichende Zeitreserven im Fahrplan vorhanden sein, ohne die einzelnen Zugfahrten so zu verlangsamen, dass die Wettbewerbsfähigkeit leidet. Generell sollen durch das Zusammenspiel von Infrastruktur und Fahrplan kleinere Verspätungen noch während einer Zugfahrt abgebaut werden. Größere Verspätungen können weder durch Maßnahmen der Fahrplankonstruktion noch durch die Infrastruktur abgebaut werden.

Zudem sollte ein Netz über definierte Ausweichstrecken und Alternativfahrwege mit nutzbaren Kapazitäten verfügen, die im Fall von Baustellen, langfristigen Betriebsstörungen oder Sperrungen für Umleitungen überregionaler Verkehre genutzt werden können.

Die Auswertungen der Pünktlichkeitsstatistik zeigen in den letzten Jahren, dass im Fernverkehr mit Linienlängen bis zu 1.000 Kilometern weniger als 80 % der Züge den Zielbahnhof pünktlich erreichen. Der Nahverkehr verkehrt in der Regel pünktlicher. Eine Ursache ist darin zu sehen, dass SPNV-Linien meist deutlich kürzer sind. In Schleswig-Holstein weist der SPNV dennoch vergleichsweise hohe Verspätungen auf. So erreichte die Linie RE 6 (Marschbahn) in den vergangenen drei Jahren (2017 – 2019) nach Angaben der NAH.SH durchschnittlich lediglich 78 % Pünktlichkeit (als „pünktlich“ werden dabei alle Züge gewertet, die weniger als 6 Minuten verspätet sind). Auch der RE 7 und der RE 70 waren mit einem Durchschnitt von 81 bis 82 % relativ unpünktlich. Die folgende Übersicht fasst die Ursachen der Verspätungen von 2017 bis 2019 über alle RE/RB-Linien in Schleswig-Holstein zusammen. Weitere Pünktlichkeitswerte sind dem Anhang zu entnehmen.

Verspätungsursachen SPNV 2017 – 2019 (Anteile bezogen auf Häufigkeit der Verspätungen)	
Sekundäre Ursachen, in der Regel Folgeverspätungen	48 %
Infrastruktur und Technik	16 %
Verkehrliche Durchführung	13 %
Fahrzeuge	8 %
Effekte durch Baustellen	7 %
Weitere Ursachen	8 %

Tabelle 13: Verspätungsursachen nach wesentlichen Merkmalen im SPNV Schleswig-Holsteins (über alle SPNV-Linien 2017 – 2019) [Datenquelle NAH.SH]

Die Ursache ist unter anderem darin zu sehen, dass auch hoch belastete Strecken eingleisig oder abschnittsweise eingleisig sind. Verspätungen werden damit sehr leicht auf Züge der Gegenrichtung übertragen. Dieser Effekt schaukelt sich sehr schnell auf, sodass dann wiederum der nächste Gegenzug betroffen ist. Außerdem erfolgten verstärkte Baumaßnahmen in den letzten Jahren in Schleswig-Holstein. Die Folge hiervon waren lange Abschnitte mit Geschwindigkeitsbeschränkungen, die zu Reisezeitverlängerungen und Unpünktlichkeit führten. Durch Maßnahmen der Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung (LuFV III) sollen Qualitätsprobleme des Netzes bis 2030 reduziert werden.

Neben den zahlreichen eingleisigen Abschnitten, auch auf Hauptstrecken, weist das Eisenbahnnetz in Schleswig-Holstein eine weitere Besonderheit auf. Die Verbindungen Hamburg – Westerland, Hamburg – Flensburg und Hamburg – Kiel werden gemeinsam durch den Engpass Hamburg – Elmshorn geführt. Störungen auf diesem Abschnitt führen sofort zu landesweiten Verspätungen, da keine leistungsfähige Alternativroute zur Verfügung steht.

Die Pünktlichkeit der S-Bahn Hamburg lag 2020 mit 93,9 Prozent nur 0,1 Prozent unter dem mit dem Hamburger Verkehrsverbund (HVV) vereinbarten Jahresziel. Eine Anfahrt der S-Bahn Hamburg gilt laut Verkehrsvertrag als pünktlich, wenn die planmäßige Ankunftszeit um weniger als drei Minuten überschritten wird. 2019 wurde mit 92,4% die geringste Pünktlichkeit innerhalb der letzten 10 Jahre erreicht. Deutlich unter 90% Pünktlichkeit lag die Linie S21. Gründe hierfür waren u.a. notwendige Brückensanierungen, die mehrere Monate dauerten und eine Langsamfahrstelle erforderten und der Einsatz von neuen Fahrzeugen der Baureihe 490. Einerseits wiesen die Fahrzeuge sogenannte „Kinderkrankheiten“ auf, die vom Hersteller abgestellt wurden, andererseits führten insbesondere neue gesetzliche Vorgaben zur Überwachung in den Türbereichen zu häufigen Störungen. Ein Schließen der Türen ist nur noch möglich, wenn sich keine Fahrgäste im Bereich der Lichtschranken befinden, die den Türbereich überwachen. Hierzu wurden umfangreiche Informationskampagnen durchgeführt, sodass die Kunden der S-Bahn mit den neuen Regelungen inzwischen vertraut sind.

#### **6.4.2 Maßnahmen: Infrastruktur**

Eine Beseitigung des Engpasses Elmshorn – Hamburg ist nur durch einen zweiten, unabhängigen Verkehrsweg herzustellen. Hierfür bietet sich die vorhandene Verbindung Neumünster – Bad Oldesloe an, die bisher nur eingleisig und nicht elektrifiziert ist. Nach einem zweigleisigen Ausbau und Elektrifizierung kann diese Strecke Verkehre aus/nach Kiel und Flensburg aufnehmen. Es ist zu prüfen, ob der nach Inbetriebnahme der Fehmarnbeltquerung verbleibende Güterverkehr aus dem Norden Schleswig-Holsteins und Jütland (Dänemark) nicht generell auf diesem Weg geführt werden kann, da so die Fahrt auf der Güterumgebungsbahn in Hamburg vermieden wird und diese Strecke damit für den SPNV zur Verfügung stehen kann.

Bei einer Störung zwischen Niebüll und Husum ist derzeit die Insel Westerland nicht mehr mit durchgehenden Zügen zu erreichen. Hier bietet die Reaktivierung der Strecke (Niebüll –) Lindholm – Flensburg Weiche eine Umleitungsroute. Bei einer Elektrifizierung führt diese Querspanne auch zu einer Stabilisierung des elektrischen Netzes.

Bei großen Störungen kann auch die Verbindung Husum – Jübek nach der vorgeschlagenen Elektrifizierung als Umleitungsstrecke genutzt werden. Damit stehen zwei Ost-West-Verbindungen im Störfall zur Verfügung.

Der aktuelle zweigleisige Ausbau Niebüll – Klanxbüll wird maßgeblich zur Stabilisierung des Verkehrs nach Westerland beitragen. Der aktuell eingleisige Abschnitt ist überlastet. In Verbindung mit einer möglichen Verlegung der Autoreisezuganlage auf Westerland würde sich die Pünktlichkeit noch weiter verbessern, da dann die für den Autoreisezugverkehr notwendigen Rangiertätigkeiten keinen Einfluss auf den Personenverkehr im Bahnhof Westerland haben.

Weitere zweigleisige Abschnitte sind überall dort zu planen, wo es zu einer deutlichen Erhöhung der Zugzahlen kommt. Hier sind die Umlandverbindungen von Kiel nach Eckernförde Nord und Preetz zu nennen.

Außerdem ist die Marschbahn durchgängig zweigleisig auszubauen, da sonst bei der Fahrplankonstruktion Restriktionen auftreten und weitere mögliche Fahrzeitverkürzungen nicht umgesetzt werden können.

Insgesamt werden für den Prognose-Planfall 2035 rund 200 km zweigleisiger Ausbau geplant.

Die generelle Verfügbarkeit der Infrastruktur wird dadurch verbessert, dass Gelder aus der LuFV III bis 2030 zur Erhaltung und Verbesserung des Zustands der Schienenwege genutzt werden können.

Durch den Einsatz neuer Signaltechnik mit angepassten Blockabständen können sich weitere Verbesserungen ergeben.

#### **6.4.3 Maßnahmen: Fahrzeugtechnik**

Bei der Fahrzeugtechnik sind kurz- und langfristige Ausfälle zu unterscheiden. Durch den Einsatz von Fahrzeugen mit einem geringen Alter ist ein störungsfreier Betrieb zu erwarten. Hier hat in Schleswig-Holstein in den letzten Jahren eine kontinuierliche Erneuerung der Fahrzeugflotte stattgefunden. Durch vorausschauende Instandhaltung und sensorgestützte Überprüfung kritischer Bauteile der Fahrzeuge wird sich die Verfügbarkeit erhöhen. Um kurzfristig reagieren zu können, sollten auf Basis von Störfallszenarien spezielle „Not-Umläufe“ konzipiert werden, die bei Bedarf sofort umgesetzt werden können.

Langfristiger Ausfall hat seine Ursache meist in Unfallschäden. Besonders die Bahnübergänge sind häufig der Grund für Zusammenstöße zwischen Kraftfahrzeugen und Bahnfahrzeugen. Anschließend sind meist längerfristige Werkstattaufenthalte erforderlich. Bei einer Werkstattreserve von ca. 10 % können je nach Strecke schon nach ein bis zwei Ausfällen keine Reservefahrzeuge mehr zur Verfügung stehen. Dies gilt insbesondere, wenn kleine Netze im SPNV ausgeschrieben werden. Für solche Fälle sollte ein landesweiter Ersatzpark aufgestellt werden.

#### **6.4.4 Maßnahmen: Fahrplan**

Eine Möglichkeit, dass kleinere Störungen sich nicht auf den gesamten Fahrplan auswirken, besteht darin, die entwickelten Fahrpläne einer Robustheitsprüfung zu unterziehen. Dabei erfolgt eine

Überprüfung der Fahrplankonzepte durch eine synchrone mikroskopische Betriebssimulation, auch Eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchung genannt, zur Bewertung von kontinuierlichen und einmalig auftretenden Störungen. Hierbei kann auf Störungswerte aus Vorschriften der DB Netz AG zurückgegriffen werden oder aber auch die Verspätungswerte der letzten Fahrplanperiode. Hierdurch wird es möglich, die Fahrpläne so zu konstruieren, dass in kritischen Bereichen entweder die Zugfahrten mit entsprechenden Zeitzuschlägen versehen werden, oder aber ausreichende Zeitpuffer zwischen den einzelnen Fahrten vorgesehen werden.

Die so konstruierten Fahrpläne bilden eine gute Basis, um die täglich vorkommenden kleinen Verspätungen noch während des Zuglaufes zu reduzieren oder sogar auszugleichen. Sollte das nicht möglich sein, so können die Wendezeiten entsprechend dimensioniert werden, damit zumindest die geplante Rückfahrt wieder pünktlich beginnen kann.

Entsprechend konstruierte Fahrpläne leisten damit einen wichtigen Beitrag zur Stabilität des gesamten Betriebsablaufes.

#### **6.4.5 Maßnahmen: Störungsmanagement**

Die Möglichkeiten der Digitalisierung werden Störungen nicht verhindern, aber dazu beitragen, dass die Fahrgäste besser informiert und so ggf. auch schneller über alternative Reisemöglichkeiten informiert werden.

Echtzeitinformationen können dank Digitalisierung sowohl innerhalb des Bahnbetriebs, aber auch gegenüber den Fahrgästen schnell kommuniziert werden. Damit wird sichergestellt, dass den Fahrgästen eine Unsicherheit und Unkenntnis über die aktuelle Situation genommen wird. Für den Netzbetreiber oder auch das Verkehrsunternehmen ist so ein Störungsmanagement deutlich vereinfacht.

Außerdem sollte WLAN in den Zügen und Stationen zur Verfügung gestellt werden, damit die Fahrgäste, soweit sie über entsprechende Kommunikationsgeräte verfügen, mit den notwendigen Informationen versorgt werden. Entsprechende Apps zur Alternativroutenplanung als Service sind teilweise bereits verfügbar, müssen aber kontinuierlich verbessert und aktualisiert werden.

## 6.5 Energiewende auf der Schiene

Die Energiewende auf der Schiene ist ein Baustein auf dem Weg zur Erreichung der Klimaziele mit und durch das Eisenbahnsystem. Im Rahmen der vorliegenden Studie bezieht sich die Untersuchung der Energiewende auf der Schiene auf die Umsetzung des Prognose-Planfalls 2035 derart, dass klimafreundliche Energieversorgungs- und Antriebssysteme zum Einsatz gebracht werden.

Kurz vor und im Verlauf der Ausarbeitung des vorliegenden Gutachtens sind zahlreiche grundsätzliche politische Weichenstellungen erfolgt, die auf Relevanz für die Untersuchung geprüft und im gegebenen Fall berücksichtigt wurden, so unter anderem

- 2018: Inkrafttreten der EU-Klimaschutzverordnung
- 2018: Inkrafttreten der EU-Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (RED II)
- 2019: „Energieeffizienzstrategie 2050“ des Bundeswirtschaftsministeriums
- 2019: Festlegung von neun Wasserstoffregionen durch das BMVI, darunter KielRegion
- 2019: Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans
- 2019: Gesetz zur Einführung eines Bundes-Klimaschutzgesetzes und Änderung weiterer Vorschriften
- 2020: Bereitstellung zusätzlicher Bundesmittel in Höhe von 11 Mrd. Euro bis 2030 für das Eisenbahnsystem auf Grundlage des Klimaschutzprogramms 2030
- 2020: Integrierter Nationaler Energie- und Klimaplan
- 2020: Nationale Wasserstoffstrategie
- 2020: Planungsbeschleunigungsgesetz
- 2020: Investitionsbeschleunigungsgesetz

Zusätzlich sind laufend aktuelle Erkenntnisse zum Fortschritt bei der Realisierung der Energiewende auf der Schiene in das Gutachten eingeflossen, so zum Beispiel Erkenntnisse aus den Berichten der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität, die Ausarbeitungen der Bundesregierung auf Anfragen sowie Unterrichtungen des Bundestages und weitere Ausarbeitungen und Studien. Daneben wurden die zur Bearbeitung relevanten Aktivitäten in Schleswig-Holstein berücksichtigt. Dabei sind die aktuellen Bemühungen hervorgehoben, um die in Schleswig-Holstein erzeugte erneuerbare Energie regional zu verwerten und an die Bedarfsstandorte abzuleiten.

Insgesamt ist festzustellen, dass im Zusammenhang mit den oben genannten Beschlüssen eine starke Beschleunigung von Aktivitäten zur Umsetzung der Klimaschutzziele erkennbar ist. Dazu werden Programme aufgelegt, um das Eisenbahnsystem insgesamt oder relevante Bereiche innerhalb des Eisenbahnsystems zu stärken – so auch die Energieversorgungs- und Antriebstechnologie. Der systembedingt große Zeitbedarf für Elektrifizierungsvorhaben von der Planung bis zur Inbetriebnahme steht dabei aktuell noch im Widerspruch zu den Zielterminen für die Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und soll daher verkürzt werden.

Infrastruktur-Großprojekte im Eisenbahnsystem bedürfen einer weitsichtigen Raumplanung und teils jahrzehntelanger Vorbereitung. Für die Umsetzung bedarf es effektiver und effizienter Organisationsstrukturen sowie ausreichend erfahrenen Personals. Produktivmittel der Eisenbahn, wie Gleisanlagen, Fahrzeuge oder Bahn-IT, unterliegen höchsten Qualitätsanforderungen, sodass die Produktion durch hoch spezialisierte Unternehmen und Experten erfolgen muss. In diesem Zusammenhang ist erkennbar, dass der Schienenverkehrsmarkt vor einigen Herausforderungen steht. Die Eisenbahn in Deutschland wurde in der Ära der Konsolidierung nach der Bahnreform im Wesentlichen daraufhin optimiert, dass der laufende Betrieb bei möglichst geringen Kosten – teils sogar mit dem Ziel der Ausschüttung von Dividenden – durchgeführt wird. Kapazitäten für Großprojekte oder die Umsetzung nationaler Großinvestitionsprogramme wurden an den Bedarf angepasst.

Inzwischen gilt der Verkehrsträger als „Hoffnungsträger für den Klimaschutz“ – mit hohen Erwartungen der Öffentlichkeit und der Politik an die kurzfristige Steigerung der Systemleistungsfähigkeit. In diesem Zusammenhang sind beispielsweise deutschlandweit Großprogramme zur Elektrifizierung und Digitalisierung geplant, nachdem vorher über Jahrzehnte deutschlandweit jährlich maximal 100 km Strecken zusätzlich elektrifiziert und vereinzelte Stellwerksbezirke modernisiert wurden. Eine entsprechende Kapazitätsanpassung des Lieferantenmarktes dürfte im Zeitalter des Fachkräftemangels kurzfristig kaum zu erwarten sein. Ein Zielkonflikt aus kurzfristiger Leistungserwartung und kurzfristiger Leistungsfähigkeit ist absehbar.

In der Konsequenz ist unter anderem für mögliche Infrastruktur-Großprojekte, aber auch im Zusammenhang mit der Lieferung von weiteren Produktionsmitteln für die Eisenbahn, wie zum Beispiel innovative Fahrzeugflotten oder moderne Leit- und Sicherungstechnik, mit einer intensiven Konkurrenz der Vorhaben in räumlicher und zeitlicher Hinsicht zu rechnen – bundesweit und schätzungsweise für die kommenden Jahre. Wartezeiten bis zur Abarbeitung und Priorisierung von Vorhaben sind mögliche Folgen. Daher muss angestrebt werden, mit guten Ideen den Zeit- und Ressourcenbedarf zu verteilen, zum Beispiel langfristige Lieferantenverträge zu vereinbaren, Brückentechnologien zu nutzen, Stufenpläne und alternative Errichtungs-Konzepte zu entwickeln. Eine Partnerschaft zwischen der DB Netz AG, der DB Energie GmbH, dem Bund/den Ländern und im Land Schleswig-Holstein ist anzustreben, um einen gemeinsamen abgestimmten Elektrifizierungsplan zu entwickeln.

### Prämissen

Aus den oben genannten Grundlagen wurden für die Gestaltung des zukünftigen Energieversorgungs- und Antriebssystems des SPNV in Schleswig-Holstein im Prognose-Planfall 2035 folgende Prämissen abgeleitet:

- Das Energieversorgungs- und Antriebssystem muss zum Ziel der Attraktivitätssteigerung durch Reisezeitverkürzung beitragen – insbesondere durch angemessene fahrdynamische Eigenschaften, wie Beschleunigungsverhalten und Höchstgeschwindigkeit sowie Rückwirkungsfreiheit des Energieversorgungs- und Antriebssystems auf die Angebotserstellung (Betriebsablauf).
- Die Leistungsanforderungen der Fahrzeuge, des Betriebs und des Netzes sind integriert sicherzustellen, um ihre volle Wirksamkeit zu entfalten. Dazu zählt unter anderem:

- Der Fahrzeugtyp muss für die benötigte Fahrgastkapazität geeignet sein.
- Das Beschleunigungsvermögen der Fahrzeuge ermöglicht nicht nur eine Reisezeitverkürzung, sondern erlaubt eine angemessene Ausnutzung der vorhandenen Streckenkapazität.
- Die Mindest-Streckengeschwindigkeit der Infrastruktur von 120 km/h ist gewährleistet.
- Potenzielle Ausweichstrecken müssen möglichst technologieunabhängig für den SGV, SPFV und SPNV zugänglich sein.
- Die Wirtschaftlichkeit der Antriebsart in Kombination mit der Energieversorgung muss vor dem Hintergrund einer langfristigen Netzentwicklung (2035+) und unter Berücksichtigung langfristiger Lebenszykluskosten berücksichtigt werden – entsprechend einer langfristigen Strategie. In diesem Sinne sind Bahnstrecken zu elektrifizieren, wenn sie langfristig als elektrifizierungswürdig eingeschätzt werden.
- Die Systemkomplexität „Eisenbahn“ ist insgesamt so gering wie möglich zu halten, um Vorteile aus einem geringen Instandhaltungsaufwand für Fahrzeug und Infrastruktur zu generieren und maximale Nutzungsflexibilität des Gesamtsystems Eisenbahn in Schleswig-Holstein zu erhalten. Das bedeutet insbesondere
  - aus Netzsicht sind Streckenabschnitte, Knoten, Nebenanlagen mit ähnlichen Eigenschaften vorzusehen, damit keine neuen betrieblichen Zwänge erzeugt werden.
  - Für die Flotte gilt: Im Einklang mit den europäischen Interoperabilitätsvorgaben sollten Fahrzeuge im Fuhrpark mit ähnlichen Eigenschaften vorgesehen sein, damit keine neuen betrieblichen Zwänge erzeugt werden, beispielsweise für die Einsatzplanung und Fahrzeugdisposition. Das betrifft auch das Energieversorgungs- und Antriebssystem. An dieser Stelle spielt das Netz indirekt eine sehr große Rolle, denn die Fahrzeugbeschaffung ist oft eine langfristige Reaktion auf die Gegebenheiten des Netzes – über den SPNV hinaus.
- Die oben dargestellte Marktlage und der Zeitbedarf für Elektrifizierungsprojekte sind zu berücksichtigen.
- Regional und regenerativ erzeugte Energie soll für den SPNV in Schleswig-Holstein 2035 genutzt werden.

Mit diesen Prämissen kann ein Energieversorgungs- und Antriebssystem für Schleswig-Holstein entworfen werden.

Auf Basis der Verkehrsnachfrageuntersuchung und der Streckenbelastung gemäß Betriebskonzept für den Prognose-Planfall 2035 wird die Perspektive der aktuell nicht elektrifizierten Strecken ermittelt. Dabei wird angenommen, dass die Elektrifizierungswürdigkeit einer Bahnstrecke gegeben ist, wenn mindestens ein Halbstundentakt auf der Strecke (sinngemäß eine Überlagerung mehrerer Linien mit längeren Takten) für das Verkehrsangebot in 2035 vorgesehen ist.

Die Perspektive aktuell nicht elektrifizierter Strecken im Prognose-Planfall 2035:

- Etwa 650 km Streckenlänge sind aus Sicht des SPNV elektrifizierungswürdig. Dies hängt vor allem damit zusammen, dass das Betriebskonzept 2035 auf vielen Strecken eine Verdichtung des SPNV-Angebots im Vergleich zur Gegenwart vorsieht – weshalb Bahnstrecken, die bisher nicht elektrifizierungswürdig waren, bei Umsetzung der Strategie höher belastet und damit elektrifizierungswürdig werden.
- Es verbleiben nur sechs Nebenbahnstrecken mit einer Gesamtlänge von etwa 169,5 km als „nicht elektrifizierungswürdig“.

Im Ergebnis heißt das, dass das Eisenbahnsystem in Schleswig-Holstein im Zusammenhang mit der Veränderung des Modal Splits nicht nur ein deutlich gesteigertes Angebot erfährt, sondern dass das Energieversorgungs- und Antriebssystem im Vergleich zu heute umfassend anzupassen sein wird. Während der Anteil elektrifizierter Strecken im Land Schleswig-Holstein derzeit etwa 30 % beträgt, besteht für die Umsetzung der Energiewende auf der Schiene der Bedarf eines Anteils elektrifizierter Strecken von etwa 90 %.

Die Überlegungen für die Energiewende auf der Schiene reduzieren sich demnach auf zwei Kernaufgaben:

- Elektrifizieren von 650 km bis 2035 unter den Randbedingungen der Konkurrenz der Vorhaben
- Klären, wie mit den verbleibenden sechs Nebenbahnstrecken zu verfahren ist.

Die Untersuchung zur Aufklärung wird im nachfolgenden Kapitel dargestellt.

### **6.5.1 Szenarien für das Energieversorgungs- und Antriebssystem in Schleswig-Holstein im Prognose-Planfall 2035**

Die untersuchten Szenarien für das Energieversorgungs- und Antriebssystem in Schleswig-Holstein im Prognose-Planfall 2035 resultieren aus der Aufgabenstellung zum Gutachten. Demnach sollten die Möglichkeiten

- OLA-direktgespeistes Antriebssystem in Kombination mit dem Wasserstoff-Elektro-Antriebssystem (nachfolgend als Szenario „EMU+FCMU 2035“ bezeichnet),
- OLA-direktgespeistes Antriebssystem in Kombination mit dem Batterie-Elektro-Antriebssystem (nachfolgend als Szenario „EMU+BEMU 2035“ bezeichnet) sowie
- OLA-direktgespeistes Antriebssystem als einziges Energieversorgungs- und Antriebssystem (nachfolgend als Szenario „Vollelektrifizierung 2035“ bezeichnet)

untersucht werden.

Es wurde eine qualitative Analyse durchgeführt. Eine quantitative Untersuchung auf Basis einer detaillierten rechnergestützten Betriebs- und Energiebedarfssimulation zum Zwecke einer Systemoptimierung sollte im Zusammenhang mit der Realisierungsplanung auf Basis der vorliegenden Strategie und auf Basis einer großen Anzahl weiterer detaillierter Festlegungen zum zukünftigen Betrieb durchgeführt werden.

Für den Zweck der Strategie wurde eine Bewertung nach den Kriterien Betriebstauglichkeit, Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit, betrieblicher Aufwand, technische Realisierbarkeit / Machbarkeit / Beherrschbarkeit sowie Erfahrung / etablierte Technik / Kompatibilität zum Bestand vorgenommen.

#### **6.5.1.1 Szenario EMU+FCMU 2035 – Beschreibung und Bewertung**

Gemäß oben dargestellter Netzauslastung und der formulierten Prämissen sind 650 km aus Sicht des SPNV elektrifizierungswürdiger Strecken elektrifiziert. Das System der Bahnstromversorgung mittels 110 kV Bahnstromverteilung und weiterer Netzgroßanlagen ist entsprechend ausgebaut. Dafür sind Unterwerke an den Standorten Niebüll, Flensburg, Kiel und Heide zu errichten.

In diesem Zusammenhang ist feststellbar, dass Schleswig-Holstein aus heutiger Sicht in der Zukunft kein umfangreiches FCMU-affines Strecken-Netz aus langen nicht elektrifizierten Strecken mit geringer Auslastung aufweisen wird, wenn die mit der Energiewende zusammenhängende Verkehrsnachfragesteigerung eintritt.

Für den Betrieb einer FCMU-Flotte auf den Relationen Niebüll – Tønder, Niebüll – Flensburg, Husum – Tönning – St. Peter-Ording und Ascheberg – Neumünster – Hohenwestedt, Heide – Büsum ist im Szenario eine Wasserstoff-Tankstelleninfrastruktur vorhanden. Die Tankstellen sind so positioniert, dass möglichst keine bzw. allenfalls kurze Leerfahrten für den Tankprozess benötigt werden. Daher werden vier Wasserstofftankstellen in Niebüll, Husum, Heide und Ascheberg vorgesehen. Sicherlich können unter Inkaufnahme betrieblicher Anpassungen von Fahrzeugumläufen auch weniger – und ebenso zur Erhöhung der Flexibilität mehr Tankstellen errichtet werden. Für das Szenario wurde die Überlegung zugrunde gelegt, dass mindestens an jeder verbleibenden nicht elektrifizierten Strecke eine Wasserstoff-Tankstelle vorhanden sein sollte. Durch gemeinsame Knoten in Heide und Niebüll wurde bei sechs nicht elektrifizierten Strecken ein Bedarf von vier Tankstellen abgeleitet.

Die zuverlässige Versorgung der Tankstellen mit „grünem Wasserstoff“ wird angenommen und ist sicherzustellen. Dazu bedarf es eines entwickelten Lieferantenmarktes. Wasserstoffhersteller oder -händler sollten vorzugsweise in der Nähe sein. Die Belieferung muss jedenfalls in das Tankkonzept miteinfließen.

Die nachfolgende Abbildung zeigt das Eisenbahnnetz Schleswig-Holsteins im Szenario „EMU+FCMU“.

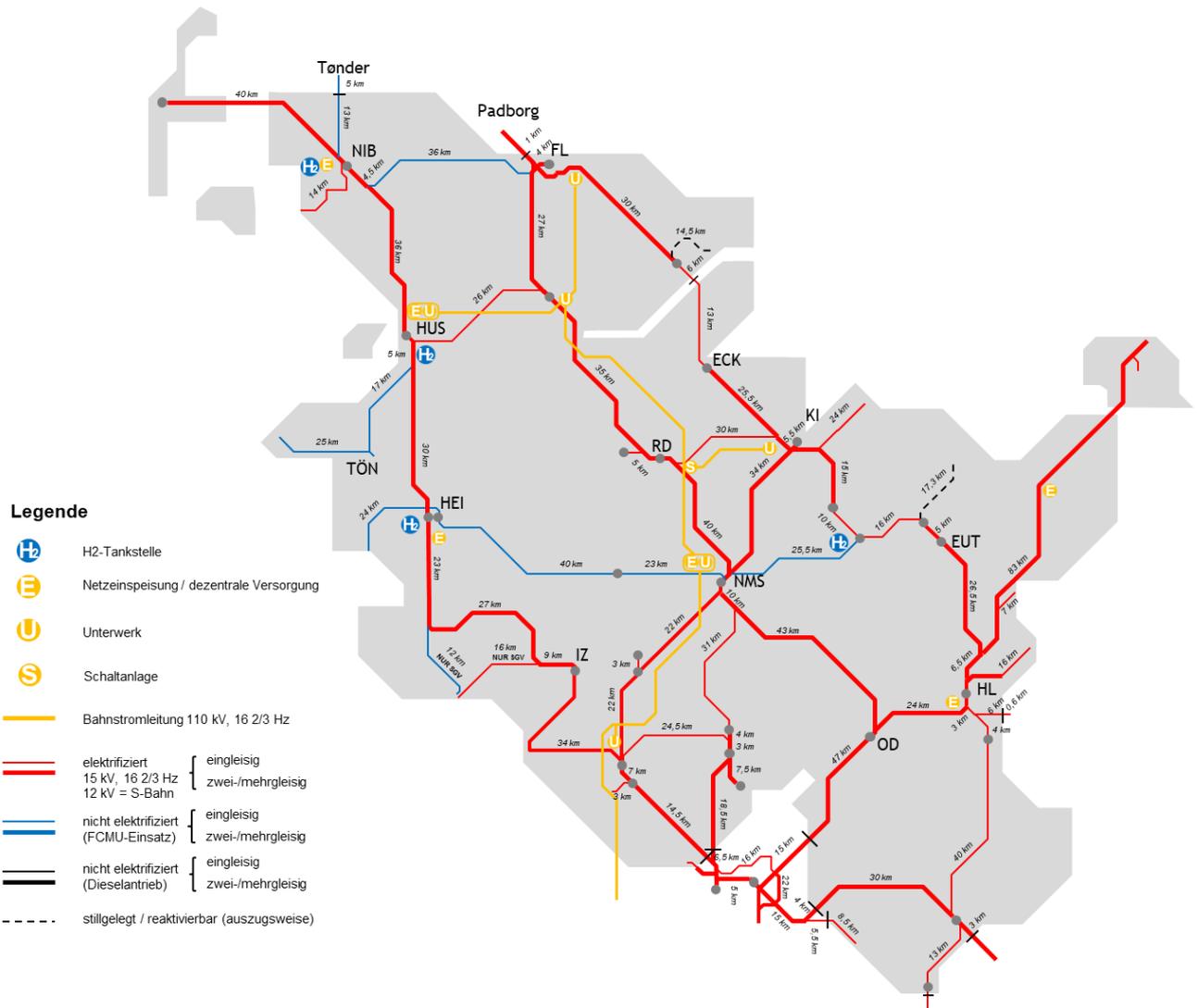


Abbildung 24: Streckennetz im Analyse-Szenario „EMU-FCMU 2035“

Vorteile und Chancen des Szenarios „EMU+FCMU“ sind:

- Die Wasserstofftechnologie als Antriebsart verursacht streckenseitig geringe Investitionskosten. Größter Kostenpunkt sind die Wasserstofftankstellen.
- Absehbar sind nur geringe Anpassungen des Betriebs nötig, da unterstellt werden kann, dass FCMUs ähnliche Eigenschaften wie heutige Dieselfahrzeuge hinsichtlich des Nachtankens und damit hinsichtlich Reichweite und der Tankzyklen aufweisen werden. Diese Parameter werden letztlich aber durch die Möglichkeiten der Technik und durch die betriebliche Nutzungsintensität (verlangte Geschwindigkeiten und Beschleunigung) beeinflusst.
- Mit Wasserstoff als Energieträger ist ein freizügiger Betriebseinsatz der FCMUs auf allen Bahnstrecken des Landes Schleswig-Holstein möglich – und auch ins elektrifizierte Netz hinein, wengleich dies aus energetischen Gründen vermieden werden sollte.

- Durch die Nutzung von „grünem Wasserstoff“ und die Fähigkeit als zentrales Speichermedium für erneuerbare Energie genutzt zu werden, kann diese Technologie einen Beitrag zur Sektorenkopplung leisten.

Nachteile und Risiken des Szenarios „EMU+FCMU“ für Schleswig-Holstein sind:

- Die Nutzung von Wasserstoff als Energieträger im Bahnverkehr setzt voraus, dass es eine funktionierende Wasserstofflieferlogistik aus Herstellern und Händlern gibt, um ausreichende Mengen „grünen“ Wasserstoffs bereitzustellen und den SPNV zuverlässig zu beliefern. Es gibt den politischen Wunsch, dass ein solcher Markt entsteht. Dieser Markt ist aber aktuell nicht vorhanden. Aus Sicht der Eisenbahn führt diese Unwägbarkeit dazu, dass Wasserstoff-Konzepte weitergehend abgesichert werden müssen, da Systementscheidungen eine Festlegung auf Jahrzehnte bedeuten. Es muss das Szenario „Wasserstoff-Fahrzeuge werden beschafft, aber innerhalb des Lebenszyklus des FCMU entsteht kein Markt, der den SPNV anforderungsgerecht beliefern kann“ abgesichert werden. Das kann dazu führen, dass im Extremfall die Wasserstoffherstellung durch den SPNV-Aufgabenträger selbst für eigene Zwecke durchgeführt werden muss. Die damit verbundenen Risiken und Aufwendungen sind in eine Technologie-Entscheidung einzubeziehen.
- Der Bezugspreis für (grünen) Wasserstoff liegt derzeit deutlich über dem Bezugspreis für (grüne) Elektrizität. Es gibt zwar den Wunsch und Willen, dass die Preise sinken. Dennoch verbleibt ein Restrisiko – und damit die Annahme, dass im Extremfall der erforderliche grüne Wasserstoff vor Ort durch das Eisenbahnsystem in Eigenleistung hergestellt und eingepreist werden muss.
- Die momentane Betriebserfahrung mit dieser Technologie ist geringer als fünf Jahre.
- Die Lebenszykluskosten werden durch zwei besondere und derzeit junge Technologien bestimmt (Batterie- und Brennstoffzellentechnik). Beide Technologien unterliegen aktuell einer hohen Entwicklungsdynamik (können also innerhalb des Lebenszyklus‘ eines Schienenfahrzeugs mehrfach technisch veralten).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Nutzung von Wasserstoff-Fahrzeugen für die verbleibenden sechs Nebenbahnlinien durchaus möglich ist. Vor dem Hintergrund der vorgesehenen Elektrifizierung zahlreicher Bahnstrecken in Schleswig-Holstein würde man jedoch auf ein Synergie-Potenzial verzichten, was die Batterie-elektrische Antriebstechnik zur OLA-direktgespeisten Antriebstechnik im Vergleich bietet. Weil es sich im Endausbau nur um sechs Nebenbahnlinien mit etwa 160 km Streckenlänge handeln soll, ist der Verzicht überschaubar. Mit Blick auf eine Migration vom heutigen Zustand (30 % Elektrifizierungsgrad) in den Zielzustand (90 % Elektrifizierungsgrad) stellt sich die Lage deutlich anders dar: Auf dem Weg zum Ziel können Batterie-Elektrische Antriebstechnik und OLA-direktgespeiste Antriebstechnik zahlreiche Zwischenstadien im Netz Schleswig-Holsteins annehmen und in dieser Synergie den Migrationspfad erleichtern. Für den Wasserstoffantrieb wird diese Erleichterung im gegebenen Rahmen nicht gesehen.

### 6.5.1.2 Szenario EMU+BEMU 2035 – Beschreibung und Bewertung

Gemäß oben dargestellter Netzauslastung und der formulierten Prämissen sind 650 km aus Sicht des SPNV elektrifizierungswürdiger Strecken elektrifiziert. Das System der Bahnstromversorgung mittels 110 kV Bahnstromverteilung und weiterer Netzgroßanlagen ist entsprechend ausgebaut. Dafür sind Unterwerke an den Standorten Niebüll, Flensburg, Kiel und Heide zu errichten.

Das Laden der Batterien soll nach Möglichkeit im ohnehin elektrifizierten Netz erfolgen. Die Linienverläufe des SPNV sind dabei so gestaltet, dass BEMUs möglichst auf elektrifizierten Strecken während der Fahrt geladen werden können. Dies ist erforderlich und realisierbar in Verlängerung der SPNV-Linien in Niebüll und Ascheberg ins elektrifizierte Netz hinein.

Für die Züge der Relation Tönning – Niebüll ist eine Weiterführung bis Dagebüll (Spurplananpassung im Bf Niebüll) oder in Richtung Husum ins elektrifizierte Netz hinein möglich. Für Züge der Relation Flensburg – Niebüll ist eine Weiterführung in Richtung Sylt in westlicher Richtung und Süderbrarup in östlicher Richtung zu ermöglichen. BEMU-Züge aus Richtung Neumünster werden über Ascheberg hinausgehend in Richtung Eutin ins elektrifizierte Netz eingeleitet und laden während der Fahrt.

Im Szenario „EMU+BEMU 2035“ wird explizit für BEMUs errichtete Ladeinfrastruktur wie folgt angenommen:

- Für batteriebetriebene Züge auf der Strecke St. Peter-Ording – Tönning – Abzw. Hörn – Husum ist eine Lademöglichkeit im Bereich des Bahnhofs Tönning vorzusehen. Aufgrund der Lage und betrieblichen Anforderungen ist eine Inselelektrifizierung erforderlich, sodass das Batteriesystem passierender Züge in der Zeit während der Einfahrt, beim Aufenthalt und zur Ausfahrt geladen werden kann.
- Für das Laden während der Fahrt werden die Streckenabschnitte zwischen Hohenwestedt und Neumünster (23 km) sowie zwischen Büsum und Heide (24 km) als elektrifiziert angenommen. Beide Streckenabschnitte sind Anschluss-elektrifiziert und werden von den Unterwerken Neumünster bzw. Heide mitversorgt.

Im Szenario „EMU+BEMU 2035“ ist die zusätzliche Infrastruktur für den Einsatz von BEMUs die Insel-Elektrifizierung des Bahnhofs Tönning nebst Unterwerk sowie die Elektrifizierung von knapp 50 km Bahnstrecke als Ladestrecke erforderlich. Energie wird aus dem Bahnstromnetz bzw. im Falle der Elektrifizierungsinsel Tönning aus dem Landesnetz bezogen.

Alternativ dazu kann auch die fahrzeugseitige Speicherkapazität so dimensioniert sein, dass die verbleibenden Elektrifizierungslücken ohne zusätzliche Infrastruktur überbrückt werden können. In diesem Falle sind erhöhte Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des Batteriesystems und an die Ladeinfrastruktur (Ladezeitbedarf) sicherzustellen, um keine betrieblichen Restriktionen herbeizuführen. Gemäß der Prämisse, wonach grundsätzlich das Netz so gestaltet sein soll, dass langfristig für Fahrzeugflotten und Betrieb keine Restriktionen aus dem Energieversorgungs- und Antriebssystem resultieren, wurde der Ansatz nicht weiter konkretisiert.

Die nachfolgende Abbildung zeigt das Eisenbahnnetz Schleswig-Holsteins im Szenario „EMU+FCMU 2035“.

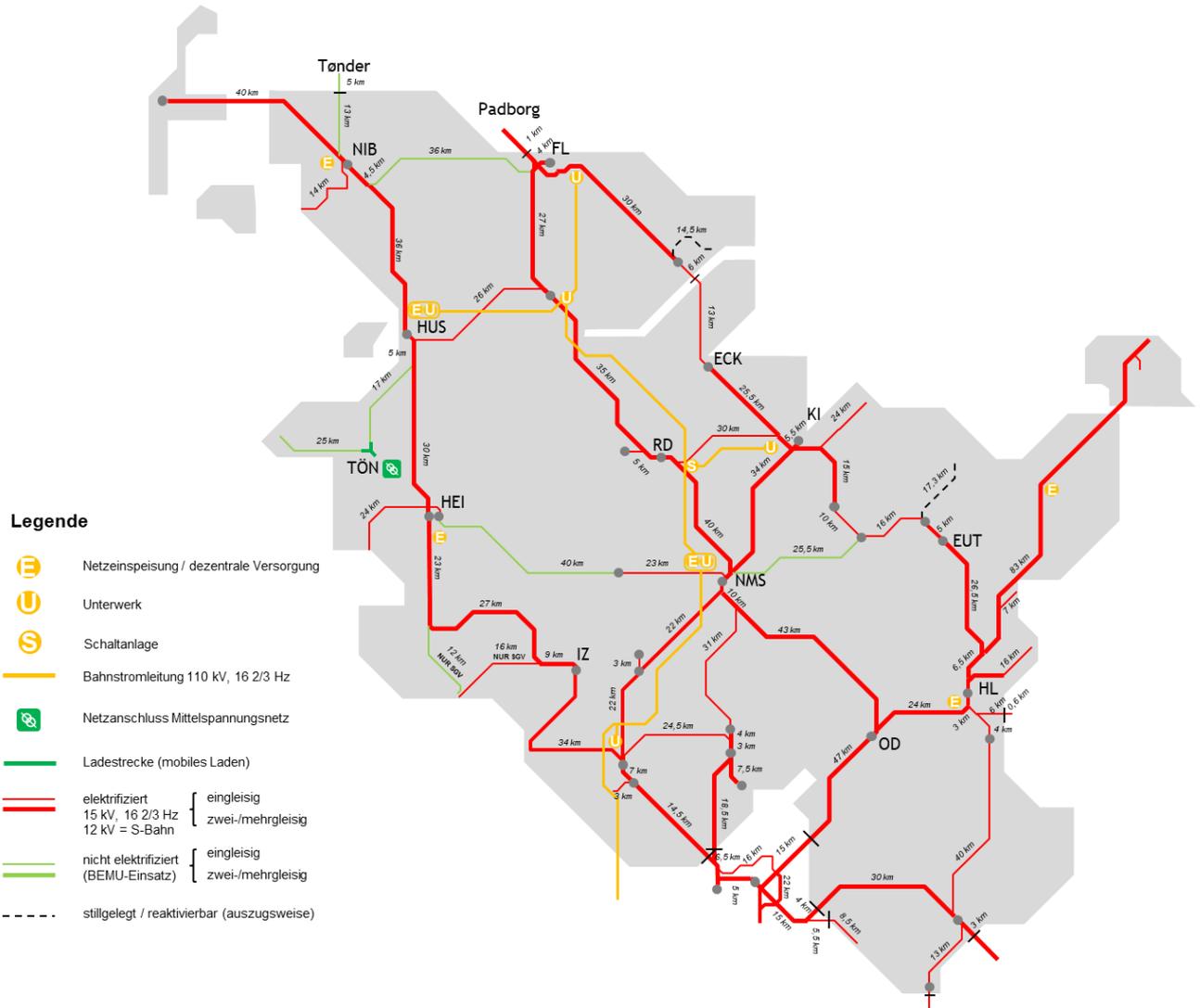


Abbildung 25: Streckennetz im Analyse-Szenario „EMU-BEMU 2035“

Nichtelektrifizierungswürdige Strecken werden im Szenario „EMU+BEMU“ teil-elektrifiziert, um die verbleibenden Elektrifizierungslücken in gleichmäßiger Länge zu erhalten. Damit wird erreicht, dass landesweit BEMUs ähnlicher Batterie-Kapazität verkehren können – was ein Beitrag zur Vermeidung von Komplexität im Netz und im Fuhrpark darstellt. Das Netz bildet ein einheitliches Verbundnetz für den flexiblen Einsatz von BEMUs und EMUs. SGV, SPNV und SPFV können unter höchster Leistung und Kapazitätsbeanspruchung auf ihren regulären Strecken verkehren. Der Ausbau des Bahnstromverteilungsnetzes dient der Sicherstellung der zentralen Energieversorgung, aber auch zur Verteilung regional produzierter Wind- und Solarenergie des Landes Schleswig-Holstein.

Vorteile und Chancen des Szenarios „EMU+BEMU“ sind:

- Das elektrifizierte Netz dient als Lademöglichkeit für BEMUs. Das betrifft die elektrifizierten Strecken im Raum Niebüll und Ascheberg sowie die Nutzung der ohnehin zu errichtenden/vorhandenen Unterwerke in Heide und Neumünster zum Einspeisen in die Ladestrecke.
- BEMUs können im elektrifizierten Netz mit der betrieblichen Charakteristik eines Elektrofahrzeugs eingesetzt werden.
- Weil mit Einsatz von BEMUs und EMUs der Betrieb vollständig elektrifiziert ist, kann die Anforderung, dass regional erzeugte erneuerbare Energien des Landes genutzt werden soll, im Grundsatz sichergestellt werden.
- Der Bezugspreis für Elektrizität ist gering und es sind keine Versorgungsrisiken erkennbar. Bilanziell kann die Verwendung „grüner“ Elektrizität bereits kurzfristig realisiert werden – im Land Schleswig-Holstein (im Landesnetz) ist die Versorgungslage aktuell und langfristig günstig.
- Auf dem Migrationspfad vom aktuellen Zustand zum Zielzustand 2035 können EMUs und BEMUs in unterschiedlicher betrieblicher Konstellation eingesetzt werden.
- Es besteht die Möglichkeit, dass im Bedarfsfall die elektrifizierten „Ladestrecken“ Heide – Büsum und Neumünster – Hohenwestedt durch vollwertige EMUs befahren werden können. Damit besteht aus technischer Sicht auch die Möglichkeit, dass Elektrofahrzeuge als lokale Verstärker-Züge zwischen Heide und Büsum und zwischen Hohenwestedt und Neumünster in Ergänzung zu den aus BEMUs gebildeten Zügen verkehren. Damit steigen Entwicklungspotenzial und Standortattraktivität besonders der Region entlang der Bahnstrecke zwischen Neumünster und Hohenwestedt.

Nachteile und Risiken des Szenarios „EMU+BEMU“ sind:

- Die Verwendung des Batterie-elektrischen Antriebssystems erfordert streckenseitige Einrichtungen, die technisch komplexer als Wasserstoff-Tankstellen sind – mit dem damit verbundenen Investitionsbedarf. Größter Kostenpunkt ist die Errichtung der Ladeinfrastruktur.
- Der Einsatz von BEMUs stellt zusätzliche Anforderungen an den Betrieb, um das technische System „BEMU“ innerhalb seiner Leistungsparameter zu betreiben und zu erhalten (Batteriemangement).
- Die Betriebserfahrung mit modernen BEMUs ist geringer als fünf Jahre. Derzeit gibt es keine BEMUs im regulären Einsatz.

Es ist festzuhalten, dass die Nutzung von Batterie-elektrischen Fahrzeugen für die verbleibenden sechs Nebenbahnlinien durchaus möglich ist. Der Investitionsbedarf ist im Vergleich zum Szenario „EMU-FCMU“ höher – erzeugt aber auch zusätzliche betriebliche Vorteile. Die Risiken der jungen Technologie sind zwar genauso vorhanden, wie im Szenario „EMU-FCMU“, jedoch bestehen praktisch keine Risiken hinsichtlich der Versorgung mit regionaler und regenerativer Elektrizität.

### 6.5.1.3 Szenario: Vollelektrifizierung 2035 – Beschreibung und Bewertung

Gemäß oben dargestellter Netzauslastung und der formulierten Prämissen sind 650 km aus Sicht des SPNV elektrifizierungswürdiger Strecken elektrifiziert. Das System der Bahnstromversorgung mittels 110 kV Bahnstromverteilung und weiterer Netzgroßanlagen ist entsprechend ausgebaut. Dafür sind Unterwerke an den Standorten Niebüll, Flensburg, Kiel und Heide zu errichten.

Die verbleibenden sechs Nebenbahnen sind elektrifiziert, obwohl die Elektrifizierungswürdigkeit nicht nach dem Kriterium der Streckenleistungsfähigkeit für die Einzelstrecken gegeben ist, sondern davon ausgegangen wird, dass die Vorteile der Vollelektrifizierung die fehlende Wirtschaftlichkeit von sechs zusätzlich elektrifizierten Nebenbahnen überkompensieren. Es sind entsprechend 160 km eingleisige Nebenbahnstrecke elektrifiziert. Zur Bahnstromversorgung wird eine Verlängerung der Bahnstromleitung vom Unterwerk/Einspeisepunkt Husum nach Südwesten (ca. 20 km Länge) sowie ein Unterwerk im Raum Tönning angenommen.

Der Fuhrpark für den SPNV in Schleswig-Holstein besteht vollständig aus Elektro-Triebfahrzeugen. Eine hohe betriebliche Flexibilität beim Fahrzeugeinsatz ist damit gegeben. Fahrzeuge aller Leistungsklassen können bedarfsweise auf allen Strecken eingesetzt werden. Die Fahrzeuginstandhaltung ist auf elektrische Triebfahrzeuge spezialisiert.

Die nachfolgende Abbildung zeigt das Eisenbahnnetz Schleswig-Holsteins im Szenario „Vollelektrifizierung 2035“.

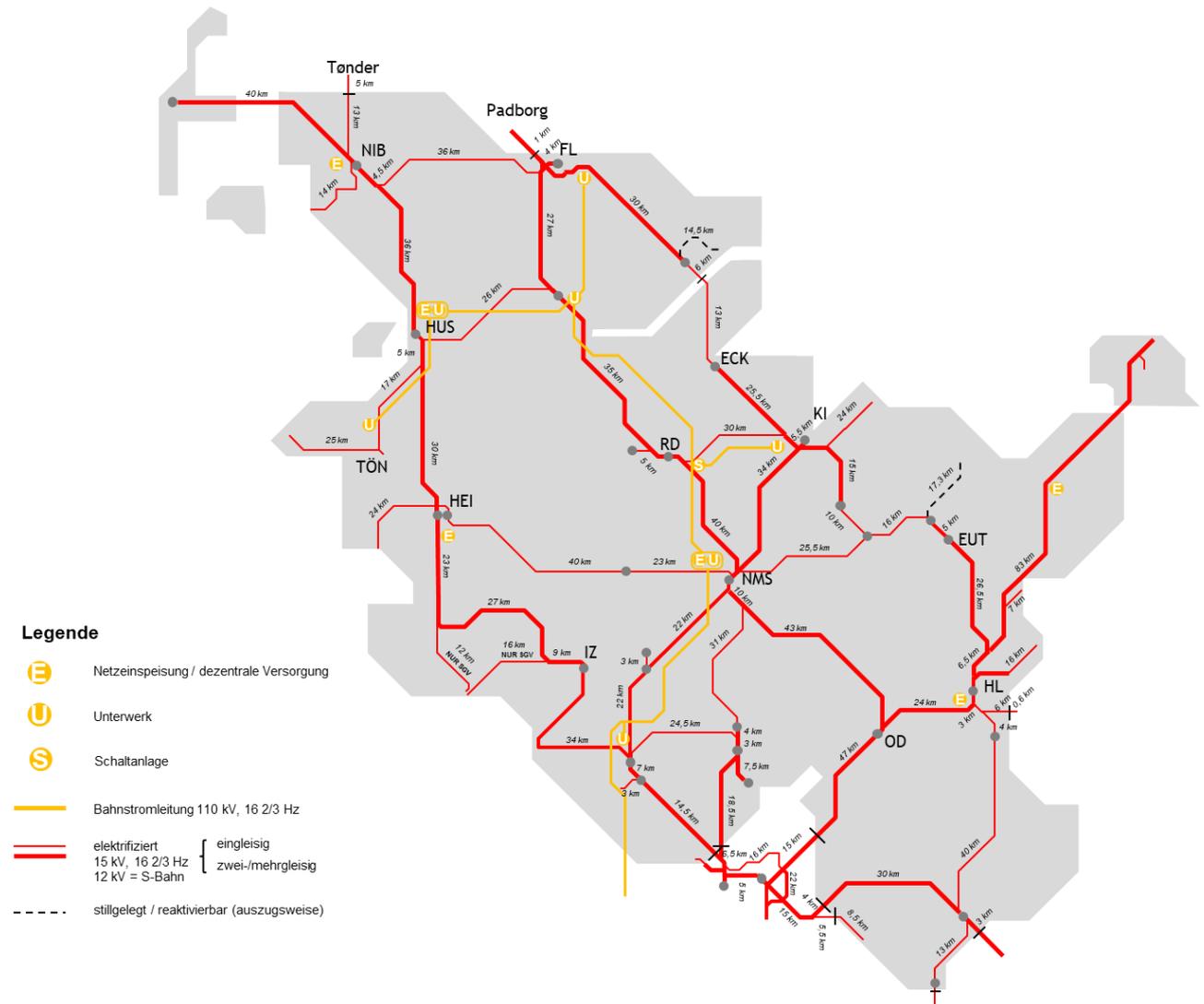


Abbildung 26: Streckennetz im Analyse-Szenario „Vollelektrifizierung 2035“

Das Eisenbahnnetz bildet hinsichtlich der verwendeten Energieversorgungs- und Antriebstechnik ein einheitliches Produktionssystem für alle Eisenbahn-Verkehrsarten – vom Nahverkehr über den Güterverkehr bis hin zum Fernverkehr. Der Ausbau des Bahnstromverteilungsnetzes dient der Sicherstellung der zentralen Energieversorgung, aber auch zur Verteilung regional produzierter Wind- und Solarenergie des Landes Schleswig-Holstein.

Die Vollelektrifizierung bringt mit sich, dass hinsichtlich des Energieversorgungs- und Antriebssystems eine einzige Technologie abgesichert werden muss. Es ist beispielsweise darauf zu achten, dass Herbststürme keinen Schaden an elektrifizierten Strecken herbeiführen oder dass Schäden durch Vorsorgemaßnahmen kompensiert werden können. In diesem Zusammenhang kann es sinnvoll sein, eine Flotte an Hybridfahrzeugen vorzuhalten, um auch im Falle der Nichtbenutzbarkeit längerer elektrifizierter Streckenabschnitte für eine längere Zeit das Angebot aufrecht zu erhalten.

Vorteile und Chancen des Szenarios „Vollelektrifizierung 2035“ sind:

- Höchste betriebliche Flexibilität hinsichtlich des Fahrzeugeinsatzes und der Produktivität des Netzes – alle Fahrzeugtypen und Verkehrsarten können jeden Ort im Netz erreichen.
- Fahrzeugseitig wird einfache, robuste und gleichzeitig höchst wirtschaftliche Antriebstechnologie eingesetzt. Keine Zusatzaufwendungen für Energieträger-Wandlung oder fahrzeugseitige Speicher.
- Es gibt keine betrieblichen Restriktionen aufgrund der Endlichkeit der Kapazität fahrzeugseitiger Energiespeicher. Es ist zu jedem Zeitpunkt ausreichend Energie verfügbar. Damit gibt es beispielsweise keine Limitierung hinsichtlich Zugkraft, Höchstgeschwindigkeit; Beschleunigung oder Reichweite aus Sicht der Energieversorgung.
- Geringstmögliche Komplexität der Fahrzeug- und Netzinstandhaltung, weil hinsichtlich des Energieversorgungs- und Antriebssystems eine einzige Technologie betreut wird.
- Jede Bahnstrecke ist als Ausweichstrecke für SPNV, SGV, SPFV nutzbar, was begünstigend für die Robustheit des Eisenbahnverkehrs ist.
- Das elektrifizierte Netz bildet ein vollumfassendes, pufferndes System, was besonders hinsichtlich der sofortigen Verwendung von rückgespeicherter Bremsenergie bedeutsam ist.
- Weil mit Einsatz von EMUs der Betrieb vollständig elektrifiziert ist, kann die Anforderung, dass regional erzeugte, erneuerbare Energien des Landes genutzt werden soll, im Grundsatz sichergestellt werden.
- Es gibt jahrzehntelange Erfahrung mit der Technik und etablierte Märkte zur Fabrikation und Instandhaltung von Elektrotriebfahrzeugen, Infrastrukturkomponenten sowie eine abgesicherte Versorgung mit Elektrizität.
- Der Bezugspreis für Elektrizität ist gering und es sind keine Versorgungsrisiken erkennbar. Bilanziell kann die Verwendung „grüner“ Elektrizität bereits kurzfristig realisiert werden – im Land Schleswig-Holstein (im Landesnetz) ist die Versorgungslage aktuell und langfristig günstig.

Nachteile und Risiken des Szenarios „Vollelektrifizierung 2035“ sind:

- weiterer Investitionsbedarf für 160 km Streckenelektrifizierung und zugehörigen Ausbau der Bahnstromversorgung
- Im Kontext der konkurrierenden Großprojekte dürfte es derzeit schwierig zu argumentieren sein, dass in dieser Situation aus Leistungssicht nicht elektrifizierungswürdige Bahnstrecken elektrifiziert werden.
- Ein Bahnsystem unter Verwendung einer einzigen Energieversorgungs- und Antriebstechnologie muss dahingehend abgesichert werden, dass Funktion und Leistungsvermögen auch in betrieblichen Ausnahmesituationen abgesichert sind.

Die betrieblichen Erleichterungen lassen sich nur schwer quantifizieren, weil das Szenario „Vollelektrifizierung 2035“ nicht nur unmittelbare flottenbezogene Effekte hat, sondern insbesondere „weiche Faktoren“ enthält – so zum Beispiel eine hohe Zahl von Handlungsoptionen, was man mit dem dann vorhandenen Eisenbahnsystem machen könnte. Die zu erwartenden Einsparungen und möglichen Optionen im Verhältnis zu den zusätzlichen Belastungen sollten gesondert untersucht werden.

Aus heutiger Sicht erscheint es ratsam, das Szenario „Vollelektrifizierung 2035“ weiterzuverfolgen und näher zu beziffern, um die Zielausrichtung am tatsächlichen Nutzen und Aufwand vornehmen zu können. Mit Blick auf die qualitative Untersuchung ist festzustellen, dass die Vollelektrifizierung durchaus erstrebenswert erscheint. Und wenn nicht im ersten Anlauf, dann als mögliche Entwicklungsoption für das Eisenbahnsystem in Schleswig-Holstein für 2050 und darüber hinaus. In diesem Zusammenhang kann das Szenario „EMU+BEMU 2035“ als „Weg in die Richtung“ aufgefasst werden – was schließlich ein weiteres Argument ist, das Szenario „EMU+BEMU 2035“ weiter zu verfolgen.

#### **6.5.1.4 Erkenntnisse aus der Szenarien-Analyse**

Aus einer vergleichenden Analyse der in den obigen Abschnitten vorgestellten Szenarien lässt sich schlussfolgern

- Mit dem Szenario „EMU+FCMU 2035“ ist ein kurzfristiger Ersatz für Dieselfahrzeuge auf den verbleibenden sechs Nebenbahnstrecken möglich, jedoch gibt es keine Synergie-Effekte in Richtung des erweiterten elektrifizierten Streckennetzes in der Migrationsphase und im Zielzustand. Risiken der neuen Technik, der fehlenden Marktstruktur und der Bezugspreise für Wasserstoff sind abzusichern.
- Das Szenario „EMU+BEMU 2035“ erfordert für die sechs Nebenbahnstrecken einige Investitionen in die Infrastruktur oder alternativ in leistungsfähige fahrzeugseitige Systeme. Im Ergebnis können das mit EMUs betriebene elektrifizierte Kernnetz und die mit BEMUs betriebenen Reststrecken gemeinsam zu einem optimalen Betriebszustand entwickelt werden.
- Das Szenario „Vollelektrifizierung 2035“ scheint mit zahlreichen Vorteilen und Ersparnissen verbunden zu sein. Ob diese den zusätzlichen Aufwand rechtfertigen, muss näher untersucht werden. Festzuhalten ist, dass dieses Szenario einen Ausblick auf eine Weiterentwicklung des Eisenbahnsystems in Schleswig-Holstein über das Jahr 2035 hinaus gibt.

Zumindest im Übergang ist mit einem Mischsystem aus mehreren Antriebstechnologien zu rechnen, insbesondere wenn der Dieselantrieb kurzfristig ersetzt werden soll. Auch langfristig kann ein Mischsystem mehrerer Antriebstechnologien sinnvoll sein – auch aus Überlegungen der Systemverfügbarkeit heraus.

Auf Basis der oben gewonnenen Erkenntnisse werden zunächst die Grundsätze formuliert, nach denen das Energieversorgungs- und Antriebssystem im Prognose-Planfall 2035 zu gestalten ist.

## 6.5.2 Grundsätze der Systemgestaltung

### Allgemeine Grundsätze

Auf Grundlage der oben gewonnenen Erkenntnisse werden folgende Grundsätze der Systemgestaltung für das Energieversorgungs- und Antriebssystem im Prognose-Planfall 2035 für Schleswig-Holstein abgeleitet:

- Das Energieversorgungs- und Antriebssystem für den SPNV in Schleswig-Holstein ist als optimierter Mix aus elektrifizierten Strecken und nicht elektrifizierten Strecken aufzubauen.
- Elektrifizierungswürdige Strecken sind zu elektrifizieren; diese Strecken ermöglichen leistungsstarken EMU-basierten SPNV.
- Aus technischer und betrieblicher Sicht kann der SPNV auf den verbleibenden nicht elektrifizierungswürdigen Strecken FCMU- oder BEMU-basiert erfolgen.
- Mittels linienbezogener Optimierungsrechnung kann für jede Linie die optimale Antriebstechnik identifiziert werden. Der Einsatz aller drei Technologien im SPNV des Landes Schleswig-Holstein (EMU+BEMU+FCMU) stünde jedoch im Gegensatz zur Prämisse, dass Komplexität vermieden werden soll.
- SPNV-Systeme „EMU+FCMU“ oder „EMU+BEMU“ sind für Schleswig-Holstein umsetzbar. Jede Kombination bringt jeweils Vorteile und Nachteile mit sich (siehe oben).

Vor dem Hintergrund, dass in Schleswig-Holstein ohnehin elektrifizierungswürdige Strecken nachelektrifiziert werden sollen, enthält die Kombination „EMU+BEMU“ die günstigsten Möglichkeiten zur flexiblen Nutzung der BEMUs als Überleit- bzw. Brückentechnologie in der Errichtungsphase bis hin zum Zielzustand. Zu berücksichtigen sind die 55 BEMU, welche bereits in Beschaffung sind und ab 2022 im Liniendienst eingesetzt werden.

### Grundsätze für die Elektrifizierung

Zunächst sind Zulaufstrecken auf große Bahnknoten zu elektrifizieren, sodass Kurzstrecken-Züge (Vorortbahnen) frühzeitig mit EMU betrieben werden können, während lange Linien (zum Beispiel RE) zunächst noch auf Elektrifizierungslücken stoßen, weshalb hier BEMUs zum Einsatz kommen.

Eine Anschluss-Elektrifizierung ist anzustreben; eine vorübergehende Inselelektrifizierung ist im Bedarfsfall zu realisieren. Von Kiel, Lübeck, Flensburg und Itzehoe aus sollten, wenn möglich, die elektrifizierten Strecken verlängert werden. Da der Abstand von Unterwerken an zweiseitig gespeisten Strecken etwa 60 km bzw. ein einseitig gespeister Außenast vom Unterwerk ausgehend etwa 30 km lang sein darf (lastabhängig), sind die Möglichkeiten der Anschluss-Elektrifizierung ganzer Streckenabschnitte begrenzt. Eine Verlängerung um einzelne Kilometer ist machbar und wird bereits für den BEMU-Einsatz ab 2022 geplant.

Von den für den Endausbauzustand vorgesehenen Unterwerksstandorten ausgehend können Elektrifizierunginseln geschaffen und von dort ausgehend elektrifiziert werden, bis die Inseln

zusammenwachsen (Vorschlag: von Niebüll, Husum, Heide ausgehend). Bauzwischenzustände (Lücken) können betrieblich mit BEMUs überbrückt werden.

Aus Gründen der übergeordneten Netzgestaltung (Schaffung einer elektrifizierten Ost-West-Verbindung im Norden des Landes) sollte die zu reaktivierende Verbindung Flensburg – Niebüll als eingleisige, elektrifizierte Bahnstrecke ausgeführt werden, auch wenn hinsichtlich der Leistungsanforderungen des SPNV keine Elektrifizierungswürdigkeit besteht.

Zielkonflikte zwischen Qualität und Pünktlichkeit des SPNV und den erforderlichen Baumaßnahmen zur Erreichung des Zustands „Prognose-Planfall 2035“ sind in einem nachgeordneten „Elektrifizierungsplan 2035“ zu untersuchen.

### Grundsätze für den BEMU-Einsatz

Es ist anzustreben, dass die Länge der verbleibenden, nicht elektrifizierten Streckenabschnitte möglichst gleich ist. Das wird dafür sorgen, dass fahrzeugseitige Energiespeicher auf eine optimale Kapazität ausgelegt werden können und nicht auf den anspruchsvollsten Fall im Netz – was in diesem Zusammenhang das längste vorhandene, nicht elektrifizierte Streckenstück wäre (Auslegung unter Annahme des Worst Case). Für die vorliegende Strategie wird festgelegt, dass ein nicht elektrifizierter Streckenabschnitt 2035 im Regelfall nicht länger als 50 km sein sollte. Dabei orientiert sich die Länge von 50 Kilometern nicht an den Fähigkeiten der Fahrzeuge. Wie an anderer Stelle dargelegt können BEMUs auch für längere oder kürzere Distanzen ausgelegt sein. Vielmehr orientiert sich der Wert an den im Netz Schleswig-Holsteins vorzufindenden Maschenlängen, die im Regelfall bis zu 50 Kilometer lang sind. So bedarf es mindestens dieser Reichweite, um eine nicht elektrifizierte Masche zu überbrücken und auf einen Streckenknoten zu treffen, der wieder elektrifiziert ist. Im Verlaufe der Untersuchung hat sich herausgestellt, dass die Veranlassung, nach der die Anforderung formuliert wurde, insofern an Gewicht verloren hat, weil aufgrund des erhöhten Verkehrsangebotes zahlreiche Bahnstrecken elektrifizierungswürdig wurden. Unter Berücksichtigung der oben formulierten Anforderung jedoch konnte im Netz implementiert werden, dass für den Betrieb aller verbleibenden Nebenbahnstrecken solche BEMUs gebraucht werden, die bei einer Reichweite von 50 Kilometern auf allen Strecken eingesetzt werden können. Für die Migrationsphase / Errichtungsphase sollte angestrebt werden, dass im Gleichklang mit den Batterie-Instandhaltungszyklen die Längen der nicht elektrifizierten Strecken möglichst gleichmäßig reduziert werden. So ist es möglich, dass im Verlaufe des Lebenszyklus eines BEMUs die Leistungsfähigkeit des Fahrzeugs entsprechend des Netzausbaus nachgesteuert werden kann.

Das elektrifizierte Streckennetz ist als bevorzugte Lademöglichkeit für BEMU zu berücksichtigen; das Aufladen während der Fahrt ist so zu ermöglichen. Diese Anforderung hat Auswirkung auf die Linien-, Fahrplan-, Umlaufgestaltung. So sollten BEMU-betriebene SPNV-Linien soweit ins elektrifizierte Netz verlängert werden, dass nach Erreichen des elektrifizierten Streckennetzes ein Aufladen des Batteriesystems während der Fahrt erfolgen kann. Entsprechend sollten sich elektrifizierte und nicht elektrifizierte Maschen im Streckennetz abwechseln. So kann beispielsweise eine SPNV-Linie von Lübeck nach Büsum betrieben werden, die im Abschnitt Lübeck – Ascheberg mit Oberleitung, im Abschnitt Ascheberg – Neumünster mit Batteriespeicher, im Abschnitt Neumünster –

Hohenwestedt mit Oberleitung, im Abschnitt Hohenwestedt – Heide mit Batteriespeicher und im Abschnitt Heide – Büsum unter Oberleitung betrieben wird. Ein weiterer wichtiger positiver technischer Effekt des Ladens während der Fahrt besteht darin, dass während der Fahrt Energie bei höherer Leistung (höherem Stromfluss) aus der Oberleitung abgenommen werden kann, als dies im Stillstand möglich ist – wodurch die Ladezeit verkürzt wird. In betrieblicher Hinsicht wirkt sich der Grundsatz günstig auf die Gleisbelegungszeiten in Bahnhöfen und den Bedarf an Abstellgleisen zum Aufladen von BEMUs aus.

In Endstationen (Wendestationen) einer Linie sollen BEMUs im Regelfall mit (fast) vollen Energiespeichern ein- bzw. ausfahren. Wendezeiten bleiben dadurch zeitlich von Ladezeiten entkoppelt, was insbesondere in betrieblichen Ausnahmesituationen (Verspätungen) wichtig ist. Nach Möglichkeit sollte daher die auf einen Endbahnhof zuführende Strecke elektrifiziert sein. Für Schleswig-Holstein betrifft dies beispielsweise die Stationen Dagebüll, Büsum, Uetersen, Norderstedt, Rendsburg-Seemühlen, Schönberger Strand, Neustadt in Holstein und Geesthacht.

Die Länge der elektrifizierten Streckenabschnitte muss zum Nachladen während der Fahrt ausreichend lang sein. Der ungünstige Fall besteht darin, dass ein Fahrzeug mit Ladebedarf verspätet den Ladeabschnitt erreicht. Hohe Geschwindigkeiten zum Aufholen der Reisezeit sind in diesem Fall erforderlich, gleichzeitig soll das Fahrzeug unter der Oberleitung während der Fahrt geladen werden. Bei einem Zeitbedarf zum Nachladen von etwa 15 Minuten und einer Fahrtgeschwindigkeit von 100 km/h ergibt sich eine Abschnittslänge für die Ladestrecke von etwa 25 Kilometern. Die Ladestrecke „westlich Neumünster in Richtung Heide“ ist der Anwendungsfall für Schleswig-Holstein. Die Distanz Hohenwestedt – Neumünster beträgt etwa 23 Kilometer, sodass man davon ausgehen kann, dass Fahrzeuge innerhalb dieses Streckenabschnitts unter Einhaltung der Fahrplangeschwindigkeit ausreichend lange Zeit verbringen, um das Batteriesystem nachzuladen.

Da in einer Verkehrsstation die höchste Wahrscheinlichkeit besteht, dass auch zukünftig Betriebszustände aller Art gewechselt werden, ist es ratsam, auch den netzseitigen Zustandswechsel von „nicht elektrifiziert“ nach „elektrifiziert“ grundsätzlich in einer Verkehrsstation vorzunehmen. Es ist ein systemischer, strategischer und langfristig wirksamer Gestaltungsgrundsatz. Dabei sind möglichst betrieblich sinnvolle Endstationen für EMU-betriebene SPNV-Linien (vor allem die Endstationen der Vorortbahnen) zu wählen. Ein Anwendungsfall im Endausbauzustand gibt es für das Netz Schleswig-Holstein nicht. Jedoch kann in der Errichtungsphase dieser Fall mehrfach eintreten. So sollte entlang der Ost-Achse die Elektrifizierung von Lübeck ausgehend mindestens Malente erreichen, sodass der Vorortverkehr von Lübeck mit EMUs betrieben werden kann. Ebenso sollten Preetz und Eckernförde von Kiel aus elektrisch erreicht werden können und Süderbrarup von Flensburg aus, sodass jeweils die auf das Oberzentrum ausgerichteten Vorortbahnen OLA-elektrisch betrieben werden können.

Sinngemäß zum vorangehenden Gestaltungsgrundsatz für das Energieversorgungs- und Antriebssystem sollten für den betrieblichen Zustandswechsel „Stromabnehmer an/ab“ Halte in Verkehrsstationen als betrieblicher Regelfall vorgesehen werden, in denen die ranghöchsten SPNV-Zuggattungen halten (RB, RE). Unbenommen davon ist es wichtig und muss es möglich sein, dass

der Stromabnehmer planmäßig und mit EI-Signalen gesichert während der Fahrt auf freier Strecke gehoben und gesenkt werden darf. Die Anforderung resultiert aus grundsätzlichen Überlegungen, einen gesamthaften Entwurf für das Energieversorgungs- und Antriebssystem 2035 in möglichst harmonischer Abstimmung von Netz und Betrieb für das Land Schleswig-Holstein herzustellen – und vor dem Hintergrund, dass die Gestaltung des Netzes langfristig die Eigenschaften der verkehrenden Flotte und die betrieblichen Möglichkeiten vorgibt. Für die konkrete Systemgestaltung wirkt sich die Anforderung nur auf den Fall „Ladestrecke westlich Neumünster“ aus: Hier ist unter Berücksichtigung der Anforderung die Elektrifizierung bis Hohenwestedt vorgesehen, weil dies ein RE-Halt ist und damit für verkehrende Züge die Möglichkeit besteht, den Stromabnehmer während des Stationsaufenthalts zu heben bzw. zu senken. Sinngemäß lässt sich die Regel auch auf Ascheberg und Heide übertragen. Die Möglichkeit des Hebens/Senkens des Dachstromabnehmers während der Fahrt kann für die Durchfahrt von BEMUs am Abzweig Hörn von/nach Tönning bzw. Husum relevant sein, wenn die elektrifizierte Strecke 1210 (Marschbahn) und die nicht elektrifizierte Nebenbahn 1204 gewechselt werden.

BEMUs können eingesetzt werden, um das Verkehrsangebot auch bei abgeschalteter Oberleitung, zum Beispiel aufgrund von Bauarbeiten oder Havarien, zu erbringen, und sind in dieser Hinsicht bei konkreten Betriebsplanungen zu berücksichtigen. Das bedeutet auch, dass die Streckenelektrifizierung so zu gestalten ist, dass BEMUs als Ersatz für EMUs auf einer sonst elektrifizierten Strecke temporär übernehmen können.

### 6.5.3 Maßnahmen für das Energieversorgungs-/ Antriebssystem 2035

Im Prognose-Planfall 2035 beträgt die Betriebslänge des Eisenbahnnetzes in Schleswig-Holstein etwa 1.300 km. Durch Ausbau und Neubau von bestehenden Strecken und die Reaktivierung ehemals stillgelegter Strecken ergeben sich folgende Kennzahlen:

- Betriebslänge ca. 1.342 km, davon
  - 808 km zwei-/mehrgleisig (60 %)
  - 534 km eingleisig (40 %)
  - 1.227 km elektrifiziert (91 %)
  - 115 km nicht elektrifiziert (9 %)

Die Angaben beziehen sich auf das gesamte Bahnnetz in Schleswig-Holstein, einschließlich Strecken, die ausschließlich dem Schienengüterverkehr dienen (zum Beispiel Brunsbüttel – St. Michaelisdonn). Nur die Länge der Bahnstrecken auf dem Gebiet Schleswig-Holsteins wurde in die Berechnung einbezogen.

Die elektrifizierten Strecken sind aus Sicht des SPNV elektrifizierungswürdig (mindestens 30-Minuten-Takt) oder dienen dem Ziel eines stabilen Netzbetriebs (Strecke Niebüll – Flensburg). In die Summe ist ebenfalls die elektrifizierte Güterverkehrsstrecke Brunsbüttel – Wilster einbezogen.

Für das Energieversorgungs- und Antriebssystem sind Maßnahmen zur Erweiterung des elektrischen Netzes und für den Betrieb von Batterie-elektrischen Fahrzeugen umzusetzen. Das umfasst

den Ausbau der Bahnstromversorgung, die Streckenelektrifizierung und Errichtung der Ladeinfrastruktur.

Der Ausbau der Bahnstromversorgung umfasst zwei neue Umrichterwerke in Husum (zentral) und Heide (dezentral), zwei neue Umspannwerke in Flensburg und Kiel sowie eine Schaltanlage bei Rendsburg (Abzweig Bahnstromleitung in Richtung Kiel). Die dazu erforderliche Erweiterung der Übertragungsleitungen für die Bahnstromversorgung umfasst eine 110 kV-Bahnstromleitung von Jübek nach Flensburg (etwa 30 km), von Rendsburg nach Kiel (etwa 30 km) und von Jübek nach Husum (etwa 30 km). Insgesamt etwa 10 km Zuleitung zu den Anschlüssen der Erneuerbare Energien-Lieferanten wird erwartet.

Der vorgesehene Ausbau der Bahnstromversorgung bildet darüber hinaus die physikalisch-technische Grundlage, um regional erzeugte Wind- und Solarenergie für den SPNV in Schleswig-Holstein zugänglich zu machen. So kann an den Netzknoten Husum und Neumünster aus dem Landesnetz in das Bahnstromverteilernetz eingespeist werden. An den dezentralen Einspeisepunkten Niebüll und Heide kann ebenfalls die benötigte Leistung aus lokalen Energiequellen eingespeist werden. Detaillierte Maßnahmen zur lokalen und regenerativen Energieversorgung werden in Kapitel 6.5.5 behandelt.

Das elektrifizierte Streckennetz soll 2035 eine Länge von 1.227 Kilometern betragen, davon 808 km zwei-/mehrgleisig und 419 km eingleisig. Die Elektrifizierungswürdigkeit dieser Strecken resultiert aus der jeweiligen Leistungsanforderung der Streckennutzung und/oder aus der Netzfunktion der Strecke, zum Beispiel auch die Nutzung als Ausweichstrecke oder als BEMU-Ladestrecke. Folgende Strecken sind demnach im Prognose-Planfall 2035 zusätzlich zum Prognose-Nullfall elektrifiziert:

- 1001 Flensburg – Niebüll
- 1011 Husum – Jübek
- 1012 Büdelsdorf – Rendsburg-Seemühlen
- 1020 Kiel – Eckernförde – Süderbrarup – Flensburg  
(Bei Ausführung der Elektrifizierung ist eine durchgehende Zweigleisigkeit nach 2035 vorzusehen!)
- 1022 (Rendsburg –) Osterrönfeld – Kiel
- 1023/1110 Kiel – Ascheberg – Malente – Lübeck  
(Bei Ausführung der Elektrifizierung ist eine durchgehende Zweigleisigkeit nach 2035 vorzusehen!)
- 1042 Neumünster – Hohenwestedt
- 1043 Neumünster – Bad Oldesloe
- 1121/1150 Lübeck Hbf – Lauenburg (Fortführung bis Lüneburg ist zu klären)
- 1204 Abzw. Hörn – Tönning
- 1206 Heide – Büsum
- 1210 Itzehoe – Westerland (Marschbahn)
- 9107/9108 Kiel – Schönberger Strand
- 9120 Elmshorn – Henstedt – Ulzburg

- 9121 Neumünster – Kaltenkirchen
- 9122 Ulzburg Süd – Norderstedt
- 9123 Bergedorf/Nettelburg – Geesthacht
- 9129 Tornesch – Uetersen

Die für den Prognose-Planfall 2035 geplanten Umsetzungen sind grafisch in der folgenden Abbildung dargestellt. Es verbleiben nicht elektrifizierte Strecken mit einer Gesamtlänge von etwa 100 Kilometern.

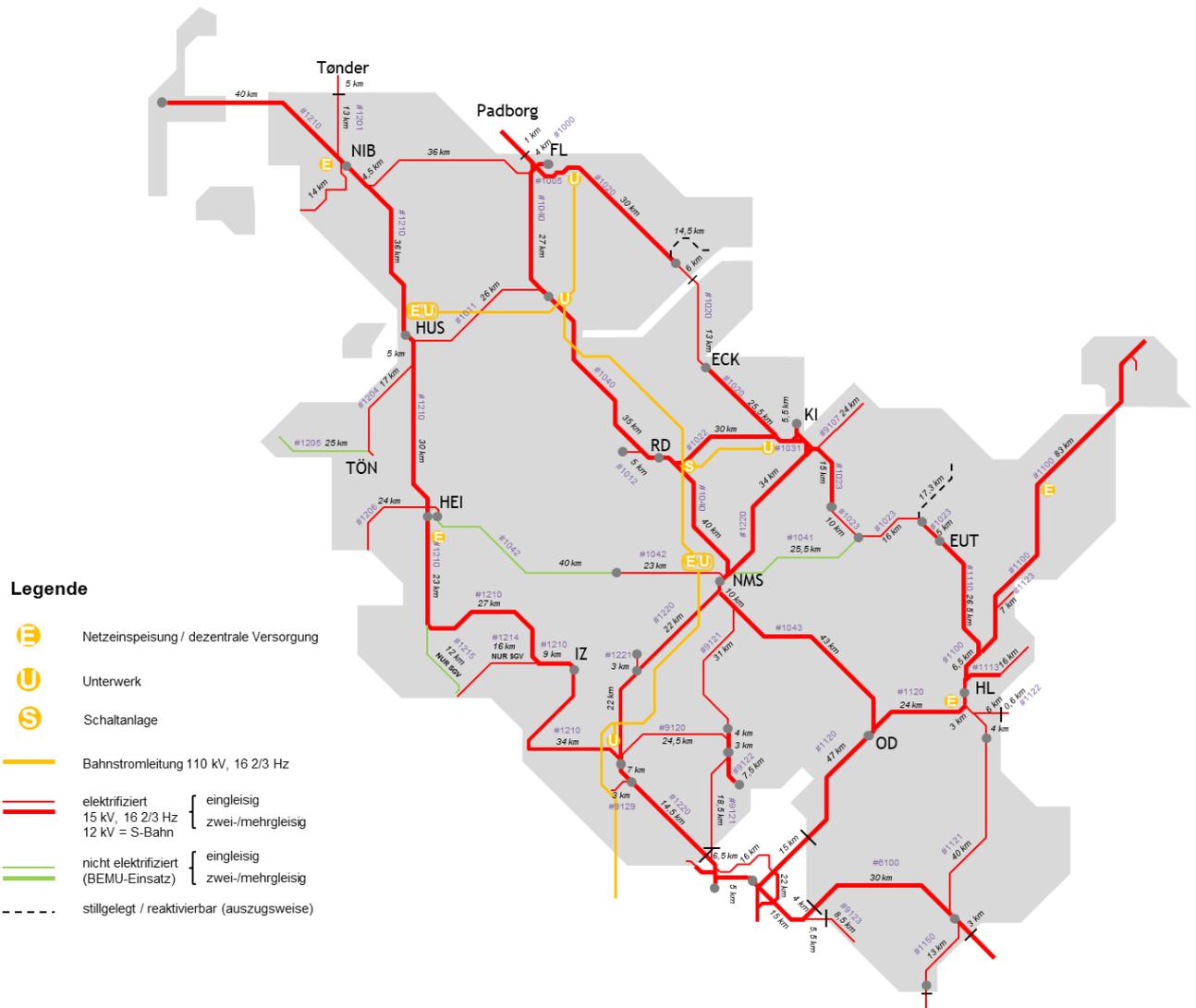


Abbildung 27: Bahnnetz Schleswig-Holstein, Prognose-Planfall 2035

Die Maßnahmen für den Ausbau der Bahnenergieversorgung sollten im Zusammenhang mit einer konkreten Elektrifizierungsplanung 2035 im Detail festgelegt werden, wobei die Optimierung im Rahmen einer landesweiten Energiesimulation zu empfehlen ist.

#### 6.5.4 Nächste Schritte auf dem Weg zur Umsetzung

In der Vergangenheit wurde das elektrifizierte Streckennetz in Schleswig-Holstein von Süden nach Norden sequenziell erweitert. Das Ziel von ca. 670 km weiteren elektrifizierten Strecken bis 2035 ist mit Blick auf den Umfang der Aufgabe und die aktuelle Leistungsfähigkeit des Sektors hoch ambitioniert. Um dieses Ziel zu erreichen, bedarf es neuer Ansätze, um Elektrifizierungsprojekte zu realisieren. Es gibt zahlreiche Steuerungsmöglichkeiten – beginnend bei den beteiligten Akteuren über die Organisation der Akteure bis hin zur konkreten Abwicklung, Lieferung und Errichtung. Es muss erreicht werden, dass die Herangehensweise der Realisierung von Vorhaben an die Marktsituation angepasst ist, dass realistische Ziele und Zeithorizonte abgesteckt werden und daraufhin eine verbindliche Abarbeitung erfolgen kann.

Für das Vorhaben „Energiewende SPNV“ wird beispielsweise vorgeschlagen, die Energieversorgung zuerst zu errichten und von den Standorten der jeweiligen Netzanlagen (Umrichterwerke, Einspeisepunkte) ausgehend gleichzeitig sternförmig in die zu elektrifizierenden Richtungen auszubauen. So können die Planung und der Bau gleichzeitig für die Region um Itzehoe (Südwest), Lübeck (Südost), Kiel (Ost), Flensburg (Nordost), Niebüll (Nordwest), Heide (West) in mehreren Bauabschnitten parallel erfolgen. Der Betrieb wird mit EMU und BEMU dynamisch an Bauzustände angepasst. Die BEMUs bieten dabei eine Anpassungsfähigkeit, um den mehrjährigen Veränderungsprozess im Netz temporär betrieblich auszugleichen.

Die in der vorliegenden Strategie vorgeschlagenen Maßnahmen müssen in einer Maßnahmenspezifikation „Energiewende SPNV“ konkretisiert werden. Die Optimierung der Energiebereitstellung von erneuerbarer Energie im Zusammenwirken mit dem Bahnbetrieb mittels rechnergestützter Bahnstromsimulation des Netzes und der Kombination von Wind- und Solarenergie, zum Beispiel mittels OPEN POWER NET, ist empfehlenswert.

Zudem sollte in einer gesonderten Untersuchung die Wirksamkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen quantifiziert werden, insbesondere hinsichtlich der Einspar-Effekte für den SPNV (Einzellinienanalyse). Dies ist wichtig für die Priorisierung von Maßnahmen auch im Zusammenhang mit der Bewerbung um Fördermittel.

Eine Gesamtprojektplanung „Energiewende 2035“ sollte die in der vorliegenden Studie dargelegten Vorschläge aufgreifen und vertiefen. Das daraus abzuleitende Gesamtvorhaben sollte nach Möglichkeit in Einklang mit bundesweiten Vorhaben (übergeordneter Projektbezug) stehen.

Bei den für die Realisierung relevanten Akteuren muss in diesem Zusammenhang nach einvernehmlichen Möglichkeiten zur regionalen / landesbezogenen Beschleunigung der Maßnahmen gesucht werden, zum Beispiel Abschluss regionaler Lieferkontingente, Arbeitsteilung zwischen DB und Land bei Planung und Bauausführung organisieren.

Wenn die übergeordnete Road Map festgelegt ist, können Einzelprojekte abgeleitet, priorisiert sowie Zeiten und Reihenfolgen festgelegt werden. In diesem Zusammenhang sollten sinnvolle Zwischenzustände (Bauabschnitte) in Einklang mit dem Betrieb gefunden werden.

Die für das vorliegende Gutachten zentrale Anforderung „Nutzung regionaler regenerativer Energie“ ist bei der Erstellung der Planung systematisch zu berücksichtigen.

### 6.5.5 Regionale und regenerative Energieversorgung

#### Energiebedarf Prognose-Planfall 2035

Auf Basis des SPNV-Angebotes für den Prognose-Planfall 2035 wird der Energiebedarf für die Erstellung des Angebots vorgenommen. Die Abschätzung dient zunächst als Orientierungshilfe, um die Verfügbarkeit der Energiemengen sowie das Ausreichen der Kapazität übergeordneter Versorgungsstrukturen festzustellen.

Für die Erstellung des SPNV-Angebotes im Prognose-Planfall 2035 wird ein jährlicher Energiebedarf von mindestens 219 GWh abgeschätzt.

Für die Abschätzung des Energiebedarfs wurden folgende Eingangsparameter angenommen:

- Strecken- und Liniennetz des Prognose-Planfalls 2035 einschließlich reaktiver Strecken und erhöhte zulässige Geschwindigkeiten
- Fahrzeuge: Es wird angenommen, dass bisher eingesetzte Diesellokomotiven für den Einsatz vor lokbespannten Nahverkehrszügen durch E-Loks ersetzt werden; während Dieseltriebwagen durch Elektrotriebwagen (EMUs) oder Batterie-elektrische Züge (BEMUs) ersetzt werden. Es wird angenommen, dass EMUs und BEMUs etwa vergleichbare energetische Eigenschaften aufweisen, sodass ein einziger Zugtyp (Nahverkehrstriebwagen, rekuperationsfähig) im Modell abgebildet wurde.
- Betrieb: Angebot gemäß Linienkonzept mit zugehörigen Linienlängen, Häufigkeiten (Taktverdichtung) und Halte; alle Fahrten als Spitzfahrten (Optimierungsziel: kurze Fahrzeit)

Mit dem Modell aus Netz-, Fahrzeug- und Betriebsparametern wird zunächst der physikalische Energiebedarf des modellierten Zuges auf der modellierten Strecke und den angenommenen Betriebsbedingungen ermittelt. Der Energiebedarf wird anschließend entsprechend auf ein Fahrplanjahr hochgerechnet. Die Berechnung erfolgt für jede SPNV-Linie. Betriebliche Sondereffekte, zum Beispiel Überführungsfahrten, außerplanmäßige zusätzliche Halte auf der Strecke aufgrund belegter Gleisabschnitte, Langsamfahrten und schnelle Aufholfahrten, Verstärkerzüge usw. sind nicht für die Ermittlung des Energiebedarfs berücksichtigt worden. Ebenso bezieht sich die Abschätzung nicht auf den Schienenpersonenfernverkehr und nicht auf den Schienengüterverkehr.

Damit beschreibt die oben genannte Zahl den physikalischen Energiebedarf des dem Prognose-Planfall 2035 zugrunde liegenden Fahrtenkonzepts.

Der vorgestellte Energiebedarf ist universell zu verstehen. Dem Bahnsystem muss die Energie im genannten Betrag zugeführt werden – unabhängig vom Energieträger bzw. Medium. Aufgrund der vorher getroffenen Festlegung, für den Prognose-Planfall 2035 eine Kombination aus Elektrifizierung und Batterie-elektrischen Fahrzeugen zu nutzen, handelt es sich jedoch um die Energie, die in Form von Elektrizität dem Bahnsystem zugeführt werden muss.

Der ermittelte Leistungsbedarf wird anschließend der Kapazität der Elektrizitätsversorgung des Bahnstromnetzes und des Landesnetzes gegenübergestellt.

Die Energiebedarfsabschätzung für den Prognose-Planfall 2035 wurde auf Basis folgender Annahmen vorgenommen:

- Einige relevante Fahrzeugparameter (zum Beispiel Gewicht) entsprechen dem heutigen Zustand. Die Möglichkeiten zur Rekuperation künftiger Fahrzeuggenerationen wurde im Modell nachgebildet.
- Für die Energiebetrachtung relevante Netzparameter (Streckenlängen, Steigungen/Gefälle, Radien) entsprechen weitgehend dem heutigen Zustand.
- Betriebliche Kenngrößen, wie Anzahl der Halte im Linienverlauf und Geschwindigkeiten, wurden aus dem Linienkonzept abgeleitet.

Entsprechend wurden gemäß dem Prognose-Planfall 2035 die Parameter variiert

- Infrastrukturdaten: Hinzufügen reaktiver Strecken und Halte, Anpassung ortsbezogener Netzmerkmale, wie zum Beispiel Streckengeschwindigkeiten
- Fahrzeugdaten: Anpassung von Geschwindigkeit, Kapazität, Rekuperationsfähigkeit
- Betriebsdaten: Taktverdichtung

#### Thematische Ausrichtung der Untersuchung zur Energiewende

Im Zusammenhang mit der regionalen, regenerativen Energieerzeugung in Schleswig-Holstein sind im energiewirtschaftlichen Kontext zwei Sachverhalte zu unterscheiden:

- Zugang / Einspeisung regenerativ gewonnener Elektrizität in großen Mengen für das deutsche Eisenbahnsystem – was ein überregionales Vermarktungs- / Logistikthema für das Energieerzeugerland Schleswig-Holstein ist. Dieser Sachverhalt wird in der vorliegenden Studie nicht weiter behandelt, weil allenfalls indirekte Wechselwirkungen zum Energieversorgungs- und Antriebssystem des SPNV in Schleswig-Holstein im Prognose-Planfall 2035 bestehen.
- Der Energiebedarf des SPNV in 2035 von mindestens 219 GWh/a soll durch regenerativ gewonnene Elektrizität gedeckt werden. Dies ist ein regionales Erzeugungs-, Vermarktungs- und Logistikthema innerhalb des Erzeugerlandes Schleswig-Holstein und für die Studie von direktem Interesse. Daher ist zu klären, welche Handlungsoptionen möglich sind.

Im Zusammenhang mit der Thematik „regionale und regenerative Energiebereitstellung“ sei darauf hingewiesen, dass es insbesondere in den modernen Elektrizitäts-Verbundnetzen technisch praktisch nicht möglich ist, „grünen Strom“ und „nicht grünen Strom“ physikalisch voneinander zu trennen. Die Stärke der Verbundnetze besteht darin, dass ein großes Gebiet mit zahlreichen Abnehmern versorgt wird, indem gleichzeitig mehrere Energielieferanten in das gemeinsame Verbundnetz einspeisen. Die Natur der Elektrizität macht es jedoch unmöglich, den konkret geflossenen Strom beim Abnehmer einer Energiequelle zuzuordnen. Derzeit erfolgt eine indirekte Zuordnung durch

Bilanzierung von Einspeisung und verkaufter/abgenommener Energie. Dafür muss jedoch sichergestellt sein, dass die Erzeuger und Abnehmer über das Verbundsystem verschaltet sind. Im Rahmen der Aufgabenstellung wird aus technischer Sicht geprüft, ob prinzipiell eine Verbindung von regional ansässigen Energie-Anbietern möglich ist. Dass schließlich im konkreten Fall die regionale und regenerativ erzeugte Energie tatsächlich eingekauft wird, kann mit Beschaffungsvorgaben bzw. Vereinbarungen zum Energie-Einkauf/-Energiebezug vertraglich zwischen Lieferant/Versorger und Abnehmer geregelt werden. Bei der weiteren Umsetzung der „Energiewende SPNV“ muss sichergestellt werden, dass diese nicht-technische Anforderung umgesetzt wird.

#### Energieversorgung im Land Schleswig-Holstein: Perspektive 2035

Das Land Schleswig-Holstein zählt zu den Energie-Erzeugern in Deutschland. Im Land wird jährlich mehr elektrische Energie erzeugt, als abgenommen werden kann. Bis 2025 sollen 37 Terrawattstunden Strom aus Erneuerbaren Energien erzeugt werden. (Quelle: Landesentwicklungsplan Schleswig-Holstein Entwurf 2018 – Fortschreibung) Dank der Lage bieten die küstennahen Regionen des Landes beste Voraussetzungen für die Erzeugung von Windstrom in küstennahen Gewässern (Off-Shore) oder an Land (on-Shore). Ebenso wird Elektrizität mittels Solarkraftwerken (zum Beispiel Solarpark Eggebek) und Biogasanlagen produziert. Neben den erneuerbaren Energieträgern wird Elektrizität auch auf konventionellem Wege produziert, so zum Beispiel mit dem Gasturbinenkraftwerk Brunsbüttel und dem Heizkraftwerk Wedel (Kohl, Gas). Die Kernkraftwerke Brunsbüttel und Krümmel (Geesthacht) sind aus dem Netz genommen und inzwischen stillgelegt. Das Kernkraftwerk Brokdorf wird voraussichtlich zum 31.12.2021 stillgelegt.

Die Verteilung der Elektrizität erfolgt durch das 380 kV-Übertragungsnetz und das 110 kV-Verteilnetz. Gemäß der Landesentwicklungsplanung soll die Energieleitungsinfrastruktur gesichert und bedarfsorientiert ausgebaut werden. Insbesondere das 380 kV-Netz wird aktuell an mehreren Korridoren erweitert, um die im Land erzeugte Elektrizität abzuleiten und um einen Energie-Transit aus Richtung Skandinavien nach Süden zu ermöglichen. Dafür werden derzeit zwei neue Achsen im 380 kV-Netz entlang der Westküste und in Richtung Fehmarn errichtet; eine dritte Achse in der Landesmitte ist bereits fertiggestellt.

Hinsichtlich des abgeschätzten Energiebedarfs für die Bereitstellung des SPNV-Angebots 2035 lässt sich feststellen, dass die erforderliche Energiemenge ausreichend vorhanden ist. Um diese Aussage zu stützen, sei auf den Bericht zum Engpassmanagement in Schleswig-Holstein aus dem Mai 2019 verwiesen. Darin wird festgestellt, dass im Jahr 2018 die abgeregelter Arbeit von Erneuerbare Energien-Anlagen im Land etwa 2.800 GWh betrug – was ein Vielfaches des Energiebedarfs des dem Prognose-Planfall 2035 zugrunde liegenden Fahrtenkonzepts ist. Das Abregeln bedeutet, dass im genannten Umfang Erzeugungsanlagen ausgeschaltet wurden, weil die Energie nicht abgenommen bzw. zum Verbraucher durchgeleitet werden konnte. Entsprechend ist es folgerichtig, das enorme Potenzial der Energieerzeugung in Schleswig-Holstein für den Energiebedarf des SPNV zu nutzen. Jedoch ist langfristig sicherzustellen, dass bei erfolgreichem Engpassmanagement und erfolgtem Netzausbau bei gleichbleibender Erzeugerkapazität genügend regionale Energie für die regionalen

Abnehmer verfügbar bleibt und nicht exportiert wird. Dieser Sachverhalt ist außerhalb des Bahnsektors zu verfolgen.



Abbildung 28: Energienetze Elektro in Schleswig-Holstein: Übertragungs- und Verteilnetz [Quelle Tennet 2018]

Derzeit werden die Energieerzeugungs- und Energieübertragungsanlagen in Schleswig-Holstein weiter ausgebaut. Damit ist auch für den Prognose-Planfall 2035 ausreichend Entnahmekapazität an den geplanten Bahnstromnetzknotten für die Elektrifizierung des SPNV vorhanden.

Die aktuelle Strategie zum Ausbau der Energieversorgung des Landes steht im Einklang mit dem vorgeschlagenen Energieversorgungs- und Antriebssystem 2035. So befinden sich nach dem Netzausbau sowohl Zugangsmöglichkeiten zum 380 kV-Übertragungsnetz und zum 110 kV-Verteilnetz in räumlicher Nähe zu geplanten elektrifizierungswürdigen Bahnstrecken und den Einspeisestellen für die zentrale und dezentrale Bahnstromversorgung. Die Anbindung regionaler Erzeuger erneuerbarer Energie ist damit aus technischer Sicht umsetzbar.

Die Landesenergieversorgung wird künftig über ausreichend Kapazitäten aus eigenen regenerativen Energieanlagen verfügen, um den zusätzlichen Energiebedarf für den SPNV in 2035 zu decken.

### Ansätze für die Realisierung der Anforderung „regionale regenerative Energie für den SPNV“

Entsprechend der oben dargelegten Voraussetzungen kann die Anforderung, wonach für den SPNV regional erzeugte regenerative Energie verwendet werden soll, mit mehreren Ansätzen umgesetzt werden:

- Ansatz 1: Direkte Energiebereitstellung mittels Bahnstromverteilernetz
- Ansatz 2: Indirekte Bereitstellung der Erneuerbaren Energie mittels Landesnetz
- Ansatz 3: Lokale Energiebereitstellung

Die Ansätze werden nachfolgend beschrieben.

#### Direkte Energiebereitstellung mittels Bahnstromverteilernetz

Die regional und regenerativ erzeugte Energie wird direkt aus den Erzeugeranlagen in das 110 kV-Bahnstromverteilernetz eingespeist. Die Energie steht damit direkt für den Bahnverkehr als Verbraucher zur Verfügung. Voraussetzung ist, dass Erzeuger ihre Anlagen direkt in das Bahnstromverteilernetz einspeisen (wollen) und dass entsprechende Anlagen in der Nähe zum Bahnstromnetz gelegen bzw. anschlussfähig sind. Neben Dritt-Anbietern ist auch denkbar, dass der Bahnsektor eigene Erzeugeranlagen betreibt. In jedem Falle müssen Interesse und vertragliche Einigung zwischen Erzeuger und DB Netze bzw. DB Energie GmbH als Eigentümerin des Bahnstromnetzes bestehen (Netzzugang bzw. Durchleitung vereinbaren). Weil das Bahnstromnetz der DB Energie ein überregionales Verteilernetz mit zahlreichen Einspeisern ist, kann im konkreten Fall nicht rückverfolgt werden, dass beim Abnehmer bereitgestellte Energie physikalisch-technisch regional und regenerativ erzeugt wurde. Dies muss kommerziell durch Abnahmevereinbarung und Bilanzierung erfolgen.

Die DB Energie hat zu diesem Ansatz im Januar 2020 ein Pilotprojekt vorgestellt. Dabei wird die Elektrizität aus einer Solaranlage in Wasbek direkt im Unterwerk Neumünster eingespeist.

Der Ansatz ist auch für die in der Strategie vorgesehenen weiteren Umrichterwerke verfolgbar, wobei Motivation und Interesse einer Umsetzung von DB Energie ausgehen müssen. Hervorzuheben in diesem Zusammenhang ist die Nähe des vorgeschlagenen Umrichterwerks Husum zu den Windparks an der Westküste Schleswig-Holsteins. In jedem Falle ist bei diesem Ansatz die Voraussetzung, dass die DB als Eigentümerin des zentralen Bahnstromversorgungssystems den Bedarf des SPNV-Bestellers erkennt und entsprechende Schritte einleitet, was eine gewisse Abhängigkeit und letztlich Unwägbarkeit für die Realisierung der Anforderung bei diesem Ansatz bedeutet.

#### Indirekte Bereitstellung der Erneuerbaren Energien mittels Landesnetz

Die regional und regenerativ erzeugte Elektrizität wird durch den Erzeuger in das Landesnetz eingespeist und steht somit dem Markt bzw. den Marktteilnehmern (Abnehmern) zur Verfügung. Als Abnehmer erscheint unter anderem auch die Eisenbahn / der SPNV, wobei die Nachfrage im Bereich der Strecken der DB durch die DB Energie bedient wird. DB Energie entnimmt die Elektrizität über zentrale/ dezentrale Umrichterwerke aus dem Landesnetz und leitet sie in das Bahnstromnetz ein bzw. durch. Die Sicherstellung „regenerativ und regional“ erfolgt indirekt durch Einkauf und Bilanzierung. Dieser Ansatz entspricht im Übrigen dem vorher beschriebenen Ansatz. Weiterhin ist es

möglich, dass lokale Batterieladeanlagen auf diese Weise direkt mit regionaler regenerativer Energie versorgt werden, wenn der kommerzielle Teil sichergestellt wird.

Die indirekte Bereitstellung der Energie hätte im Zusammenhang mit der derzeit erforderlichen Abregelung der Erneuerbare Energien-Anlagen des Landes den Vorteil, dass durch den SPNV entnommene Energie aus dem Landesnetz das Volumen an Abregelung der Erzeugeranlagen reduzieren würde.

Mit Blick auf die vorgeschlagene Strategie für das Energieversorgungs- und Antriebssystem 2035 kann dieser Absatz grundsätzlich an allen Anlagen realisiert werden, bei denen Energie eingespeist wird – also beim dezentralen Umrichterwerk Heide und beim zentralen Umrichterwerk Husum. Wenn die erforderlichen vertraglich-kommerziellen Randbedingungen stimmen, können auch die 2035 bereits bestehenden Einspeise-Standorte Neumünster, Niebüll, Lübeck und Göhl dazu genutzt werden, auf indirektem Wege regionale und regenerativ erzeugte Energie für den SPNV in Schleswig-Holstein bereitzustellen.

### Lokale Energiebereitstellung

Bei der lokalen Energiebereitstellung werden Einspeise-Anlage und Erzeugeranlage direkt miteinander lokal verknüpft. Das hieße, dass ein Umrichter buchstäblich einen ihm zugeordneten Windpark hätte. Da keine weitere Verbindung zu Verbundstrukturen besteht, ist in diesem Ansatz physikalisch-technisch abgesichert, dass ausschließlich die durch die Erzeugeranlage generierte Energie für die Energieversorgung des Zugverkehrs eingesetzt wird. Damit ist dieser Ansatz nur bei einer Inselelektrifizierung in Reinform realisierbar, zum Beispiel bei Eisenbahn-Inselelektrifizierungen, Straßenbahnbetrieben oder Werkstätten. Aufgrund des Inselbetriebs muss man bei diesem Ansatz jedoch auf die positiven Wirkungen eines Verbundsystems verzichten. Der Vorteil großer Verbundnetze besteht vor allem darin, dass sie eine inhärente Laststabilisierung aufweisen. Ausgangspunkt der Überlegung ist die Erkenntnis, dass Elektrizität nicht auf Vorrat produziert werden kann, sondern die Leistung im Moment des Bedarfs zu erzeugen ist. Weil in einem großen Verbund-Netz aus vielen untereinander verbundenen einspeisenden Kraftwerken und vielen Verbrauchern immer irgendwer Energie abnimmt und immer irgendwo Energie eingespeist wird, entsteht eine inhärente Speicher- und Pufferfunktion. Spitzen und extreme Täler sind kritisch und müssen separat bewältigt werden. In einem lokalen Energieversorgungs- und Antriebssystem muss dieses Energie-Management lokal erfolgen. Wenn also der Wind nicht weht und die Windräder im zugehörigen Windpark stillstehen, muss trotzdem genügend Energie zur Verfügung stehen, damit der Zugbetrieb durchgeführt werden kann. Entsprechende Vorkehrungen, zum Beispiel Speichersysteme, sind für solche Fälle vorzuhalten.

Im Endausbau der vorgeschlagenen Energieversorgungs- und Antriebsstrategie 2035 ist dieser Ansatz nicht vorgesehen. Es ist jedoch zu prüfen, ob bei Bauzwischenzuständen, wenn vorübergehend Inselelektrifizierungen im Netz erscheinen, die vollkommen lokale Energiebereitstellung temporär realisiert wird.

## 6.6 Ergebnisse des Prognose-Planfalls 2035

### 6.6.1 Fahrgastnachfrage Prognose-Planfall 2035

Mit den vorangestellt beschriebenen Rahmenbedingungen stehen die Grundlagen für die Prognose der Fahrgastnachfrage fest. Der Prognose-Planfall 2035 berücksichtigt demnach folgende Eingangsgrößen:

- Entwicklung der Einwohnerdaten bis 2035 in räumlicher Differenzierung
- feststehende bzw. abgestimmte Maßnahmen des Prognose-Nullfalls für den öffentlichen Verkehr und den Straßenverkehr
- Angebotskonzept des Schienenpersonennahverkehrs – Maßnahmen des Planfalls

Darauf aufbauend erfolgen die modellhaften Berechnungen. Der Vergleich der Ergebnisse des Prognose-Planfalls 2035 wird zum Prognose-Nullfall 2035 und zum Ist-Zustand hergestellt. Damit sind die verkehrlichen Wirkungen zuzuordnen.

Insgesamt liegen dem Prognose-Planfall 2035 netzweit Verbesserungen des Angebotskonzeptes für den SPNV zugrunde. Das äußert sich insbesondere durch:

- höhere Reisegeschwindigkeiten
- kürzere Fahrzeiten
- verbesserte Umstiegssituation / mehr Direktverbindungen
- höhere Bedienungshäufigkeiten

Alle genannten Einflussgrößen wirken positiv auf die Entwicklung der Fahrgastnachfrage. Für den Prognose-Planfall ist zudem zu beachten, dass die Wirkungen gesamthaft, also netzweit hervorgerufen werden. Das heißt, dass nicht jede Maßnahme für sich gesehen, einzeln gleichermaßen wirkt. Im Sinne der Aufgabenstellung ist auch der Gesamtzusammenhang zu beachten, zu dem jede Maßnahme ihren Beitrag leistet. In Bezug auf die Identifizierung der Wirkung einzelner Maßnahmen sind Detailbetrachtungen im Sinne von Lupenuntersuchungen durchzuführen. Dabei kann dann auch eine konzeptionelle Anpassung des (nachgelagerten) Busverkehrs vorgenommen werden. Vor diesem Hintergrund verstehen sich die hier vorgenommenen Berechnungen als landesweite Rahmenprognose, auf der weitere Abwägungen aufbauen können.

Die folgende Abbildung 29 zeigt die Fahrgastnachfrage des Prognose-Planfalls 2035 auf den Schienenstrecken:

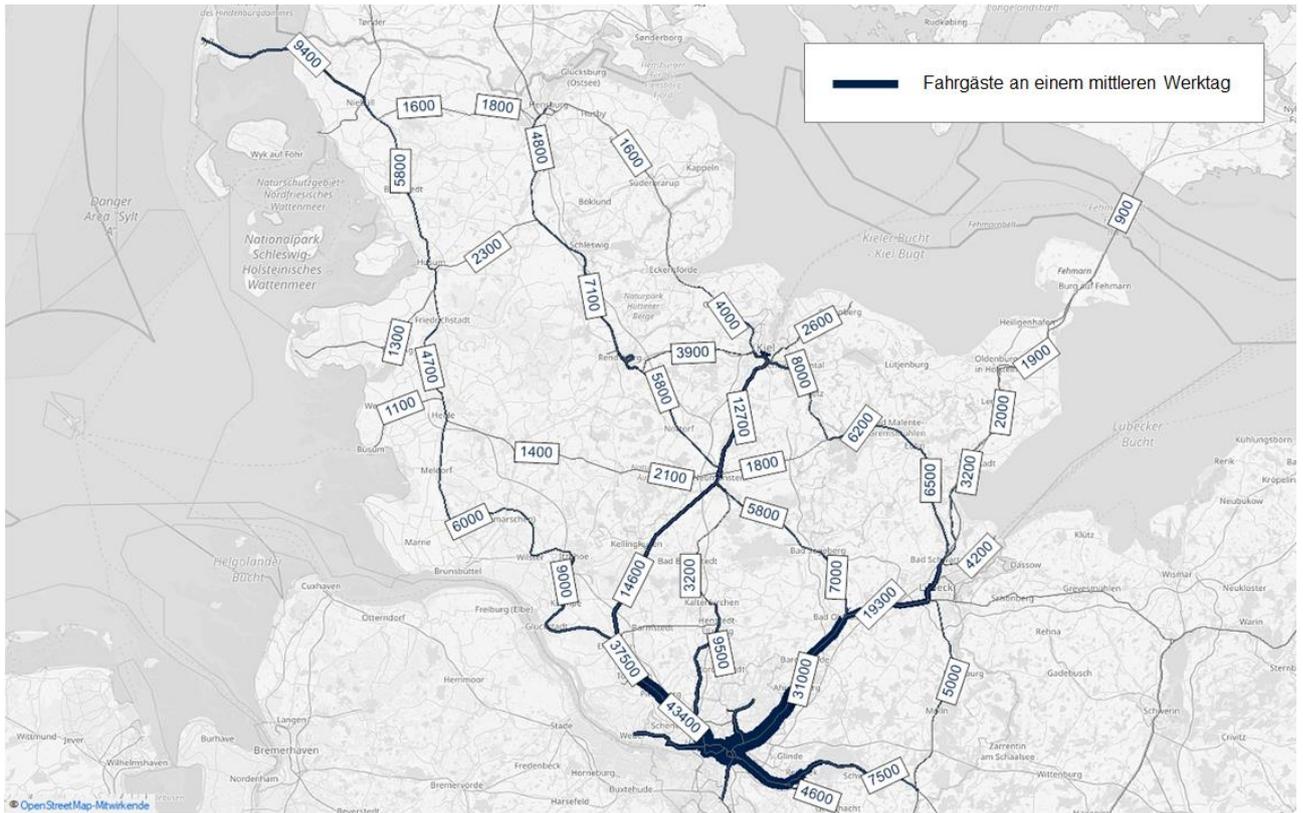


Abbildung 29: Fahrgastnachfrage Prognose-Planfall 2035

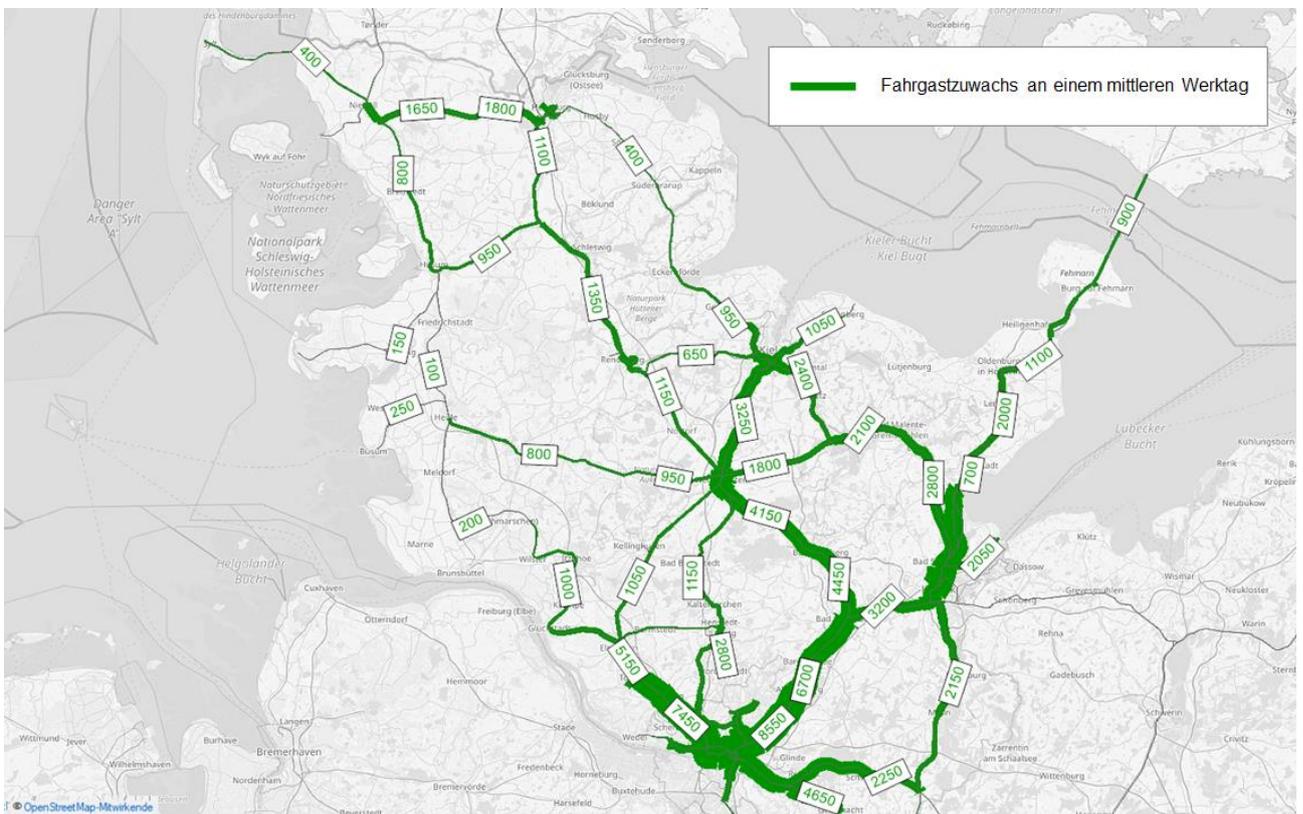


Abbildung 30: Fahrgastnachfrage Prognose-Planfall 2035 – Differenz zum Prognose-Nullfall 2035

	Ist-Zustand	Prognose-Nullfall	Prognose-Planfall
Fahrplankilometer	73.000	77.000	116.000
Personenkilometer	5.854.000	6.205.000	8.280.000
Beförderungsfälle	229.000	251.000	336.000

Tabelle 14: Kenngrößen der Berechnung Prognose-Nullfall (SPNV)

Die Eckwerte gelten für das Land Schleswig-Holstein und repräsentieren einen mittleren Werktag. Die Freie und Hansestadt Hamburg ist in den hier angegebenen Werten nicht berücksichtigt.

Der Vergleich der Eckwerte zeigt deutliche Steigerungen für den Prognose-Planfall. Die Fahrplankilometer nehmen um 51% im Vergleich zum Prognose-Nullfall zu. Die Personenkilometer steigen um 33%.

Die Differenzbelegung zum Ist-Zustand zeigt die folgende Abbildung:

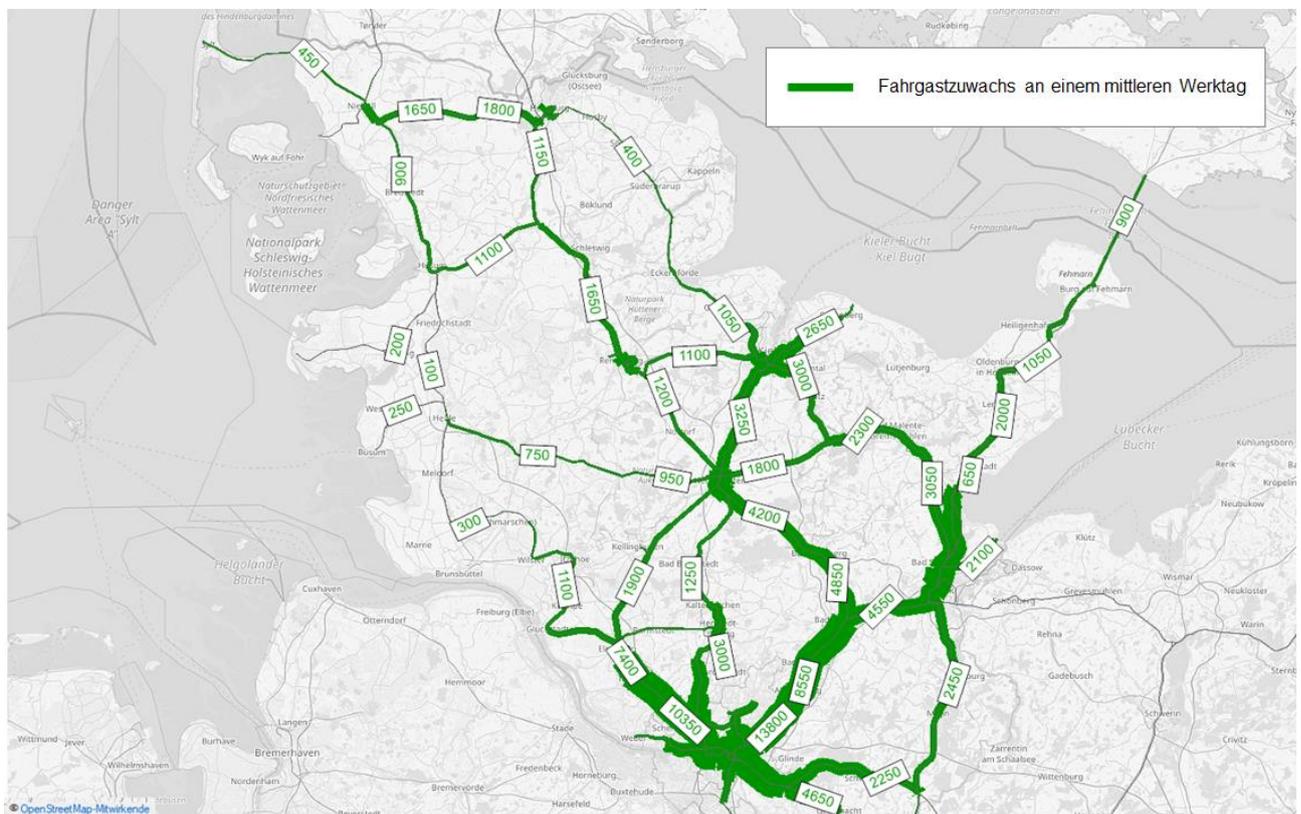


Abbildung 31: Fahrgastnachfrage Prognose-Planfall 2035 – Differenz zum Ist-Zustand

Insgesamt gilt, dass sich aufgrund der netzweiten Angebotsverbesserungen netzweit Fahrgaststeigerungen zeigen. Damit führt die positive Wirkung der Maßnahmen erwartungsgemäß zu Steigerungen der Fahrgastnachfrage. Folgende Abschnitte treten insbesondere hervor:

- Die auf die Freie und Hansestadt Hamburg zulaufenden Linien gewinnen deutlich. Erkennbar sind die Effekte, die durch das neue Fahrtenangebot der S4 hervorgerufen werden. Die Steigerungen zeigen sich auf dem westlichen sowie auf dem östlichen Linienast. Aufgrund der Angebotsausweitungen der S4-West steigen die Belegungszahlen im Prognose-Planfall bis Pinneberg und weiterführend bis Elmshorn. Im Abschnitt Elmshorn – Tornesch liegt der Zuwachs im Querschnitt bei über 7.000 Fahrgästen. Zwischen Pinneberg und Elbgaustraße beträgt die Steigerung etwa 10.000 Fahrgäste. Die Steigerungen sind nicht unmittelbar vergleichbar mit einer vorherigen Prognose (Konzepte 2024 und 2030 Potenzialabschätzung, Gutachten sma 2019). Hier werden im Abschnitt Elmshorn – Tornesch etwa 8.000 Fahrgäste zusätzlich ausgewiesen. Für den Abschnitt Pinneberg – Landesgrenze wird von einer Fahrgaststeigerung von etwa 15.000 Fahrgästen ausgegangen. Die Unterschiede liegen in der Methodik und den in die Berechnungen einbezogenen Wechselwirkungen begründet. U. a. sind folgende Punkte anzuführen:
  - Die hier stattfindenden Berechnungen beziehen Wechselwirkungen zum Straßenverkehr ein. Der 6-streifige Ausbau der unmittelbar parallel verlaufenden BAB A23 bringt nicht zu vernachlässigende Verbesserungen für die Straßenverkehr, der in Konkurrenz zum Schienenverkehr in diesem Gebiet steht.
  - Das angewendete Verfahren berücksichtigt auch, dass bereits in der Analyse bzw. im Prognose-Nullfall eine Angebotsqualität vorhanden ist, die zum Beispiel auf den Relationen Elmshorn – Hamburg und Pinneberg – Hamburg mehrere Fahrtmöglichkeiten je Stunde im Regionalzugverkehr inkl. Verstärkerfahrten in den Hauptverkehrszeiten sowie einen 10-Minuten-Takt der S-Bahn S3 (ab/bis Pinneberg) bietet. Das relativiert in gewisser Weise weitere Steigerungen, die aus der Bedienungshäufigkeit resultieren.
  - In den hier stattfindenden Berechnungen sind im Unterschied zum sma-Gutachten auch nachgelagerte Busverkehre abgebildet. Damit werden Vor- und Nachläufe zum Schienenverkehr in die Ermittlung der Steigerungsfaktoren einbezogen, die sich aus der Verbesserung der Angebotsqualitäten ergeben.
- Für die Verbindung Uetersen – Tornesch wird zwischen Uetersen und Tornesch ein Fahrgastzuwachs im Querschnitt von etwa 2.300 Fahrgästen ermittelt. Auf dem Abschnitt der Güterumgehungsbahn beträgt der Zuwachs etwa 1.500 Fahrgäste im Querschnitt.
- Die neue Verbindung Hamburg – Bad Oldesloe – Neumünster – Kiel wird durchgehend gut nachgefragt. Dabei verkehren nicht alle Fahrgäste auf der gesamten Relation Hamburg – Kiel. Auch der Nutzen des zentrenverbindenden Angebotes auf den einzelnen Teilstücken kommt zum Tragen. Diese Ableitung zeigte sich bereits bei der Auswertung der Pendlerverflechtungen.

- Die Marschbahn gewinnt in den einzelnen Abschnitten unterschiedlich stark. Insgesamt profitiert die Marschbahn von den Verbesserungen, die das Gesamtsystem des Prognose-Planfalls 2035 mit sich bringt.
- In Bezug auf die Hansestadt Lübeck zeigt sich die verbesserte Anbindung der Stadt in mehr Fahrgästen. Zusätzlich wirken die ausgehend von Hamburg über den Hauptbahnhof Lübeck hinausgehenden durchgehenden Fahrten der Linien RE8 und RE80 bis nach Travemünde und Neustadt in Holstein positiv.
- Die Fehmarnbeltquerung stellt im Prognose-Planfall 2035 ein neues Angebot im Vergleich zum Prognose-Nullfall 2035 dar. Die Verlagerungen von der Bäderbahn auf die neue Trasse sind ebenfalls erkennbar.
- Das Regionalbahnnetz Kiel mit der verbesserten Anbindung der Hansestadt führt zu Zuwächsen in erwartbaren Bereichen.
- Die Strecken bzw. Streckenabschnitte, die auf Flensburg zulaufen, profitieren in gleicher Weise von den Angebotsmehrerungen und Beschleunigungen.
- Die unterstellten Streckenreaktivierungen Flensburg – Niebüll, Neumünster – Ascheberg sowie Uetersen – Tornesch stellen sich ebenfalls positiv dar. Die Steigerungen der Fahrgastnachfrage auf den betreffenden Abschnitten liegt in erwartbaren Bereichen. Hier korrespondieren die neuen Angebote des Schienenverkehrs mit den vorhandenen Potenzialen.
- Die Relation Geesthacht – Bergedorf – Hamburg gewinnt ebenfalls vergleichsweise stark. Hier wirken die hohe Bedienungshäufigkeit sowie die direkte Anbindung an Hamburg entsprechend positiv.

Wie bereits erläutert, ist aufgrund der Gesamtdarstellung eines Prognose-Planfalls 2035 der Rückschluss auf einzelne Maßnahmen und einzelne Bestandteile des Angebotskonzeptes nicht direkt ableitbar. Die Wirkungen beziehen sich vielmehr auf das Gesamtsystem und bedingen bzw. unterstützen sich gegenseitig.

### **6.6.2 Entwicklung der Fahrzeitenmatrizen Straßenverkehr / Vergleich zum öffentlichen Verkehr**

Die Differenzen der Reisezeitverhältnisse des Prognose-Planfalls 2035 zum Ist-Zustand zeigt Abbildung 29. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass das Fahrtenkonzept zu Beschleunigungen zwischen nahezu allen Zentren führt. Nur in wenigen Relationen verschlechtert sich das Verhältnis. Dies sind Folgen großer Infrastrukturmaßnahmen des BVWP 2030 für den MIV, die aber durch die Verbesserung des SPNV-Angebotes nun einen geringeren Einfluss als im Prognose-Nullfall 2035 haben. In anderen verschlechterten Beziehungen führt das Bedienen neuer Halte zu Reisezeiterhöhungen. So erhöht sich beispielweise die Reisezeit im SPNV in der Relation Schleswig – Eckernförde; eine Relation, die jedoch für den SPNV keine Bedeutung besitzt. Gesamthaft wirken jedoch die vielfältigen Angebotsverbesserungen. Auch die neu hinzukommenden Angebote haben einen positiven Einfluss auf die Reisezeiten im SPNV. Somit kann gezeigt werden, dass das Fahrtenkonzept in seiner vorgestellten Form zu gewünschten Effekten und zu flächendeckenden Verbesserungen zwischen den Zentren führt.

	Kiel	Hamburg	Flensburg	Lübeck	Neumünster	Heide	Geesthacht	Mölln	Husum	Eutin	Elmshorn	Pinneberg	Wedel	Eckernförde	Rendsburg	Schleswig	Bad Segeberg	Kaltenkirchen	Norderstedt	Wahlstedt	Itzehoe	Ahrensburg	Bad Oldesloe	Reinbek
Kiel	-	0,9	1,1	0,9	0,5	1,1	1,6	1,1	1,2	0,9	0,7	0,9	1,2	0,9	0,9	1,2	0,9	1,2	1,2	0,9	1,3	1,2	1,0	1,2
Hamburg	-0,2	-	1,1	0,8	0,8	1,3	0,9	1,1	1,2	0,9	0,6	0,5	0,6	1,3	1,1	1,1	0,8	1,4	1,2	1,0	1,1	0,4	0,6	0,5
Flensburg	-0,2	0,0	-	1,3	1,0	1,1	1,5	1,5	1,2	1,2	0,9	1,2	1,3	0,8	0,8	0,7	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,2	1,1	1,2
Lübeck	-0,2	-0,1	-0,1	-	1,3	1,5	1,6	0,7	1,4	0,6	1,2	1,2	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	2,3	1,7	1,8	1,9	0,8	0,7	1,4
Neumünster	-0,1	-0,1	0,0	-0,2	-	0,8	1,6	1,7	1,1	0,8	0,5	0,8	1,0	1,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,1	0,5	1,2	1,1	0,8	1,1
Heide	-0,5	-0,1	-0,3	0,1	-0,3	-	1,9	1,5	0,6	0,9	1,2	1,5	1,7	1,9	1,9	1,2	1,2	1,5	1,5	1,1	1,0	1,1	1,2	1,2
Geesthacht	-	-	-	-	-	-	-	2,2	1,7	1,5	1,7	1,1	1,0	1,6	1,3	1,5	1,6	1,8	1,5	1,9	2,4	1,5	1,6	1,3
Mölln	-0,2	-0,3	0,0	0,0	-0,2	-0,1	-	-	1,4	0,9	1,1	0,6	1,1	1,3	1,6	1,7	2,0	2,0	1,5	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
Husum	-0,2	-0,1	-0,3	-0,3	-0,4	0,0	-	-0,2	-	1,2	1,2	1,4	1,5	2,3	0,9	0,7	1,1	1,5	1,5	1,2	1,0	1,3	1,2	1,1
Eutin	-0,3	-0,2	-0,3	-0,2	-0,8	-0,7	-	-0,2	-0,4	-	1,0	1,3	1,3	1,1	1,2	1,2	2,0	1,4	1,3	1,8	1,4	0,9	1,2	1,3
Elmshorn	0,0	-0,1	0,1	0,3	0,1	0,0	-	-0,2	0,1	-0,1	-	0,5	1,9	1,3	0,7	1,0	1,2	1,6	1,2	1,1	0,9	0,8	1,0	0,6
Pinneberg	-0,1	-0,2	0,1	0,2	-0,1	0,1	-	-0,2	0,1	0,0	0,0	-	1,9	1,3	1,0	1,0	1,5	1,6	1,6	1,5	1,4	0,7	0,8	0,5
Wedel	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	-0,1	0,1	-	-0,2	0,1	0,0	0,1	-0,8	-	1,6	1,4	1,3	1,5	1,8	1,7	1,6	2,2	0,8	0,9	0,7
Eckernförde	-0,1	0,0	-0,1	-0,2	0,0	-0,4	-	-0,1	0,2	-0,3	0,3	0,1	0,0	-	2,5	3,7	1,4	1,7	1,5	1,5	1,9	1,5	1,4	1,4
Rendsburg	-0,5	0,1	0,0	-0,2	0,0	0,0	-	-0,1	0,0	-0,4	0,0	0,0	-0,1	0,1	-	0,6	0,9	1,3	1,4	1,0	1,8	1,2	1,0	1,1
Schleswig	-0,4	0,0	0,0	-0,2	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-0,5	0,1	-0,1	-0,1	0,5	0,0	-	1,0	1,4	1,4	1,1	1,5	1,3	1,0	1,2
Bad Segeberg	-0,5	-0,3	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1	-	0,1	-0,3	-0,2	0,2	0,1	0,1	-0,2	-0,1	-0,1	-	2,4	1,9	0,4	1,2	0,9	0,5	1,4
Kaltenkirchen	-0,5	-0,3	-0,1	0,3	-0,3	-0,3	-	0,2	-0,3	-0,6	-0,4	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	0,2	-	0,6	2,2	2,4	1,6	2,1	1,1
Norderstedt	-0,6	-0,8	-0,3	-0,2	-0,5	-0,4	-	-0,5	-0,3	-0,8	-0,5	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,5	-0,3	-	1,9	1,7	1,7	1,9	1,0
Wahlstedt	-0,4	-0,3	0,0	0,2	-0,2	-0,1	-	0,3	-0,3	-0,6	0,3	0,1	0,0	-0,1	0,1	0,0	-0,1	0,2	-0,1	-	1,8	1,3	0,9	1,7
Itzehoe	-0,1	-0,2	0,0	0,5	0,0	0,0	-	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	-0,8	0,2	-	1,2	2,0	1,3
Ahrensburg	-0,5	-0,1	0,0	-0,1	-0,4	-0,3	-	-0,1	-0,2	-0,3	-0,2	-0,4	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	-0,4	-0,2	-0,6	-0,5	0,0	-	0,4	1,4
Bad Oldesloe	-0,5	-0,1	-0,1	0,0	-0,3	-0,1	-	0,0	-0,3	-0,1	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,7	-0,3	0,6	-0,1	-	1,4
Reinbek	-0,2	-0,4	0,0	-0,3	-0,2	-0,1	-	-0,5	-0,1	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,1	0,0	0,1	-0,4	-0,2	-0,7	-0,3	0,1	-0,7	-0,4	-

Abbildung 32: Reisezeitverhältnisse im Prognose-Planfall 2035 und Vergleich zum Ist-Zustand

## 7 Handlungsempfehlungen

Die Optimierung des Schienenverkehrs in Schleswig-Holstein ist Gegenstand des vorliegenden Gutachtens. Weil Änderungen im Verkehrsverhalten, die Änderung von Verkehrsangeboten, aber auch besonders die Weiterentwicklung von Infrastruktur ein langwieriger Prozess sind, wurden die strategischen Planungen gemäß Untersuchungsauftrag für das Prognosejahr 2035 erstellt. Das Jahr 2035 ist zudem der aktuell gültige Prognosehorizont des Landes Schleswig-Holstein.

Aufbauend auf einer Untersuchung der Potenziale für den Schienenverkehr wurde ein Fahrtenkonzept für den SPNV im Prognose-Planfall 2035 entwickelt. Ziel ist es, den Marktanteil des öffentlichen Verkehrs zu erhöhen. Die folgenden Handlungsempfehlungen wurden strecken- und linienspezifisch im Modell umgesetzt.

### Verbesserung des Angebots

- Erhöhung der Reisegeschwindigkeit und damit Reisezeitverkürzung
- Erhöhung der Taktfrequenzen
- Verbesserung der Erreichbarkeit durch Reaktivierung von Strecken
- Durchbindung von Zugangeboten für ein umsteigefreies Reisen

Die vorgeschlagenen Maßnahmen führen zu einer deutlichen Steigerung der Fahrgastnachfrage. Im Vergleich Ist-Zustand zum Prognose-Planfall 2035 nehmen die Fahrplankilometer um 59 %, die Personenkilometer um 41 % zu. Die Zahl der Beförderungsfälle steigt um 47 %. Das entwickelte Maßnahmenbündel führt dabei zu einer Verlagerung von ca. 61.900 (Personen-)Pkw-Fahrten pro Tag, die ohne die Maßnahmen des Planfalls in 2035 mit dem PKW durchgeführt worden wären. Daraus resultiert eine CO<sub>2</sub>-Vermeidung pro Jahr in Höhe von etwa 82,3 Tsd. Tonnen. Diese Prognosen zeigen, dass eine Aufwertung des SPNV Angebots zu einer Veränderung des Modal Split führt.

### Maßnahmen zur Steigerung der Pünktlichkeit und Verlässlichkeit

Der SPNV in Schleswig-Holstein wies in den letzten Jahren auf einigen Strecken überdurchschnittliche Verspätungen auf. Auch eine mangelnde Pünktlichkeit und die Gefährdung von Anschlüssen führten zu Einbußen in der Qualität des öffentlichen Verkehrs. Um die Verlässlichkeit des Systems auf ein übliches Maß zu heben, müssen Infrastruktur und Fahrzeuge besser instandgehalten werden.

Der Bund hat die DB Netz AG mit finanziellen Mitteln im Rahmen der aktuellen Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung (LuFV III) für den Zeitraum bis 2030 ausgestattet, sodass diese Mängel, begleitet durch das Land Schleswig-Holstein, beseitigt werden können. Der zunehmende Einsatz moderner Fahrzeuge sollte zudem dafür sorgen, dass die fahrzeugbezogenen Verspätungen zurückgehen. Ausreichende Fahrzeugreserven für den SPNV, ggf. in Verbindung mit einem landesweiten Fuhrpark, können dazu beitragen, dass auch fahrzeugseitig die Anforderungen an einen stabilen SPNV eingehalten werden.

In der Nord-Süd-Relation gibt es derzeit nur zwischen Elmshorn und Hamburg einen elektrifizierten und leistungsfähigen Anschluss an das übrige Bahnnetz Deutschlands. Es muss eine zweite

elektrifizierte und leistungsfähige Verbindung geplant werden, um im Störfall einen alternativen Fahrweg zur Verfügung zu haben.

Auch der weitere zweigleisiger Ausbau stark frequentierter Strecken bzw. Streckenabschnitte führt zu einer höheren Betriebsstabilität und damit Pünktlichkeit.

#### Maßnahmen für einen klimaneutralen SPNV

Eine konsequente Elektrifizierung ist aus energetischen und wirtschaftlichen Gründen erforderlich. Batterieelektrische Triebwagen (BEMU) können dort die Dieselseltechnologie ersetzen, wo eine Elektrifizierung wirtschaftlich nicht gerechtfertigt ist. Bis 2035 können bei konsequentem Mitteleinsatz ca. 90 % des Bahnnetzes im Land mit Oberleitung ausgerüstet werden – bei entsprechendem Ausbau der dafür erforderlichen Bahnenergieversorgung. Bei einer Elektrifizierung von derzeit 30 % entspricht dies einer Steigerung um 200 %. Die Nutzung regionaler regenerativ erzeugter Energie ist umsetzbar. Es gibt einige geeignete kommerzielle und technische Ansätze zur Realisierung. Dies muss jedoch als Anforderung in den Umbauprozess einfließen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die aufgezeigten Maßnahmen für die Realisierung einen längeren Zeitraum erfordern und Umsetzungskonzepte zu entwickeln sind. Hierbei ist die Umsetzung der Maßnahmen unter Beachtung von Planfeststellungserfordernissen, Verfügbarkeit entsprechender Planungs- und Baukapazitäten und letztlich von finanziellen Ressourcen und Fördermitteln zu reihen.

Die im Bericht dargestellten Maßnahmen müssen in einem nächsten Schritt weiter ausgearbeitet werden. Dazu gehören detailliertere Bewertungen und beispielsweise Nutzen-Kosten-Untersuchungen. Dabei können einzelne Maßnahmen auch separat analysiert werden. Die vorliegende Untersuchung basiert auf einem landesweiten Ansatz. Dementsprechend wurden die Maßnahmen ganzheitlich untersucht.

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

Durch die Untersuchung zur Optimierung des Schienenverkehrs in Schleswig-Holstein wurden wesentliche Grundlagen wie Verkehrsmodell, Netzparameter der Angebotskonzepte, technische Umsetzungsstrategien und Entstörungsansätze mittels eines integrierten Ansatzes ganzheitlich und landesweit erarbeitet.

Das Gutachten beginnt mit einer Aufnahme des **Ist-Zustandes** und der Überführung dieser Daten in entsprechende Modelle. Hierbei wurden als wesentliche Grundlagen einerseits Einwohnerverteilung, Arbeitsplätze, Pendlerbeziehungen, touristische Orte und andererseits Infrastruktur und Angebotskonzepte aufgenommen. Das entwickelte ganzheitliche, landesweite Verkehrsmodell, das die Verkehre Schiene und Straße abbildet, wurde anhand von aktuellen Nachfragedaten im Schienenverkehr und Straßenbelastungen kalibriert. Für die Fragestellung zur Energiewende auf der Schiene wurde der gesamte Schienennahverkehr aufgenommen und der notwendige Energieverbrauch ermittelt. Die aktuellen Fahrplankonzepte wurden verwendet.

Für das Jahr 2035 wurde der **Prognose-Nullfall 2035** gebildet. Hierfür wurden alle bekannten Änderungen hinsichtlich Strukturdaten, Fahrplankonzepten sowie der fest geplante Infrastrukturausbau einschließlich Elektrifizierung zusammengetragen. Mit diesen Daten wurde dann die Nachfrageänderungen für den SPNV ermittelt. Außerdem wurde errechnet, wie sich der Energiebedarf und der Anteil der Energieträger ändert.

Ausgehend von ermittelten Nachfragepotenzialen und deren Ausschöpfung wurde dann ein **Prognose-Planfall 2035** abgeleitet. Für diesen Planfall wurden strecken- und linienbezogene Betriebskonzepte für den netzweiten SPNV entwickelt. Anschließend wurde geprüft, ob und gegebenenfalls welche Infrastrukturmaßnahmen notwendig sind, um die Betriebskonzepte zu realisieren. Überlagert wurde die Entwicklung der Betriebskonzepte von einer Umstellung auf durchgängig-elektrischen, teilweise Batterie-elektrischen Antrieb, der bei Erzeugung aus regenerativen Quellen, zu einem klimafreundlichen Bahnverkehr führen kann.

Es konnte für den entwickelten Prognose-Planfall 2035 gezeigt werden, dass Verkehrsverlagerungen und Fahrgaststeigerungen möglich sind, wenn die vorgeschlagene landesweite, integrierte Strategie umgesetzt wird. Der für die Angebotsausweitung und die effiziente Netzgestaltung erforderliche Ausbau von Infrastruktur und Technik erfordert einen konsequenten Mitteleinsatz, um bis 2035 die ambitionierten Ziele zu erreichen.

Das Untersuchungsergebnis bietet damit die Grundlage für politische Entscheidungen. Für die konkrete Umsetzung sind weiterführende Untersuchungen unabdingbar, um realisierungsbezogene Faktoren genauer zu betrachten.

Das vorliegende Gutachten hat als Zielhorizont das Jahr 2035. Auch für die Zeit nach 2035 muss der öffentliche Verkehr weiterentwickelt werden, unter anderem, um die Klimaziele 2050 zu erreichen. Die Bundesregierung will ein Konzept vorlegen, wie der Anteil des öffentlichen Verkehrs gegenüber der Bundesverkehrsprognose 2030 noch weiter erhöht werden kann. Hierbei soll auch ein Zielkorridor für dessen Anteil am Modal Split erarbeitet werden. Der öffentliche Verkehr soll dort weiterentwickelt werden, wo er seine spezifischen Stärken einbringen kann. Zur nachhaltigen Stärkung von Investitionen in den klimafreundlichen öffentlichen Verkehr sollen die Mittel nach dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz dauerhaft fortgeführt werden.

Eine kontinuierliche Beobachtung der gesamten Verkehrsnachfrage und -entwicklung ergibt die notwendigen Informationen für mögliche Angebotsänderungen im öffentlichen Verkehr. Daraus abgeleitete Verkehrsangebote müssen dann in Fahrplankonzepte überführt werden. Diese Konzepte können die Grundlage für weitere Infrastrukturmaßnahmen sein, mit denen die im Bundesverkehrswegeplan 2030 begonnene fahrplanbasierte Infrastrukturplanung in Schleswig-Holstein fortgeführt werden kann. Die bis 2050 entwickelten Taktverkehre und bestehende Taktknoten müssen in die Planungen einbezogen werden. Die Entwicklung der vorhandenen Siedlungsstruktur, die Verteilung der Arbeitsplätze und Änderungen der Arbeitsstrukturen müssen ebenso beachtet werden, wie Entwicklungen im Tourismus- und Freizeitverkehr.

Für einen Zeithorizont 2050 ist aufbauend auf der vorhandenen Untersuchung zu prüfen, ob durch den Neu- oder Ausbau von Strecken zur Beschleunigung einzelner Verkehrsrelationen oder durch Taktverdichtungen das Angebot ganzheitlich verbessert werden kann, um den Modal Split weiter zugunsten des öffentlichen Verkehrs zu verändern. Wegen der langen Vorlaufzeiten für Infrastrukturmaßnahmen, die sich inzwischen meist deutlich über mehr als zehn Jahre hinziehen, sollten notwendige Untersuchungen rechtzeitig begonnen werden.

.

## Anlagen

Anlage 1: Streckenliste Prognose-Planfall 2035 (1/2)

Str.Nr.	von		nach		Streckengeschwindigkeit		Infrastruktur - Anzahl Gleise		Elektrifizierung		Legende: Änderungen blau unterlegt
					Ist	Planfall 2035	Ist	Planfall 2035	Ist	Planfall 2035	
1000	Flensburg		Bundesgrenze (-Padborg)		keine Änderung ggü. Ist-Zustand	zweigleisig	zweigleisig	zweigleisig	ja	ja	
1001	(Niebüll -) Lindholm		Flensburg		120 km/h	stillegelegt	stillegelegt	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	-----	ja	Reaktivierung der Strecke
1005	Flensburg		Flensburg Süd		keine Änderung ggü. Ist-Zustand	eingleisig	eingleisig	eingleisig	ja	ja	
1011	Husum		Lübeck	80 km/h	120 km/h	eingleisig	eingleisig	eingleisig, Kreuzungsbahnhof im Bereich Ohrstedt	nein	ja	
1012	Büdelndorf		Rendsburg-Seemühlen	40 km/h	80 km/h	eingleisig	eingleisig	eingleisig	nein	ja	Reaktivierung Personenverkehr
1020/1022/1031	Kiel Hbf		Flensburg	120 km/h	120 km/h, Beseitigung von Geschwindigkeitseinbrüchen	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	zweigleisig zwischen Eckernförde und Kiel, Prüfung abschnittsweiser zweigleisiger Ausbau Süderbrarup - Flensburg	nein	ja	
1022	(Rendsburg -) Osterrönfeld		Kiel Abzw. Hassee (-Kiel Hbf)	120 km/h	120 km/h	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	Prüfung abschnittsw. zweigleisiger Ausbau versus Kreuzungsbahnhöfe	nein	ja	
1023/110	Kiel Hbf		Lübeck	140 km/h	Erhöhung auf 160 km/h prüfen	eingleisig, Eutin - Bad Malente-Gremsmühlen zweigleisig	eingleisig, Eutin - Bad Malente-Gremsmühlen zweigleisig	zweigleisig mit zunächst noch eingleisigem Abschnitt Preetz - Bad Malente-Gremsmühlen	nein	ja	
#	Neustadt (Hst.)		Abzw. NBS 1100					eingleisig		ja	Anschluss NBS
1040	Flensburg		Neumünster	160 km/h	160 km/h	zweigleisig	zweigleisig	zweigleisig	ja	ja	Lage Bf / Verkehrsstation Flensburg muss noch festgelegt werden
1041	Neumünster		Ascheberg	-----	140 km/h	stillegelegt	stillegelegt	eingleisig	-----	nein	Reaktivierung der Strecke
1042	Neumünster		Heide	80 km/h	120 km/h	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	nein	ja, im Abschnitt Neumünster-Hohenwestedt	
1043	Neumünster		Bad Oldesloe	120 km/h	140 km/h	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	zweigleisig	nein	ja	Neubau im Rahmen FBQ
1100	Lübeck		Puttgarden	140 km/h	200 km/h	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	zweigleisig	nein	ja	
1113	Abzw. Bad Schwartau		Travemünde Strand		keine Änderung ggü. Ist-Zustand	eingleisig, zweigleisig bis Kücknitz	eingleisig, zweigleisig bis Kücknitz	eingleisig, zweigleisig bis Kücknitz	ja	ja	
1120	(Hamburg-) Landesgr. SH		Lübeck	140 km/h abschnittsw. 160 km/h	160 km/h	zweigleisig	zweigleisig	zweigleisig	ja	ja	S4 - Ost mit eigenen Gleisen parallel zur Strecke 1120

## Anlage 2: Streckenliste Prognose-Planfall 2035 (2/2)

Str.Nr.	Liste der Strecken in Schleswig-Holstein - Planfall 2035 (2/2)		Streckengeschwindigkeit		Infrastruktur - Anzahl Gleise		Elektrifizierung		Legende: Änderungen blau unterlegt	
	von	nach	Ist	Planfall 2035	Ist	Planfall 2035	Ist	Planfall 2035	Besonderheit	
1121/1150	Lübeck	Lauenburg - Landesgr. SH (-Lüneburg)	120 km/h	140 km/h	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen, höhere Weichen-geschwindigkeiten	nein	ja		
1122	Lübeck	Landesgr. SH (-Herrnburg) Bad Kleinen	120 km/h	160 km/h	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	nein	ja	Maßnahmen gemäß BVWP	
1201	Niebuß	Bundesgrenze (-Tønder)	80 km/h	120 km/h	eingleisig	eingleisig	nein	nein	Grenzverkehr nach DK	
1204/1205	(Husum-) Hörn	Bad St. Peter-Ording	80 km/h	80 km/h	eingleisig mit Kreuzungsbahnhof	eingleisig mit Kreuzungsbahnhof	nein	ja abschnittsweise (Hörn-Tønning)	Prognose-Nullfall: Elektrifizierungsinsel im Bf Tønning	
1206	Heide	Büsum	80 km/h	100 km/h	eingleisig	eingleisig	nein	ja	Prognose-Nullfall: Elektr. AIZ - Abzw. Wilster	
1210	Elmshorn	Westerland	140 km/h	160 km/h	zweigleisig, mit eingleisigen Abschnitten	durchgängig zweigleisig	nein	ja	nur SGV	
1214	Abzw. Wilster	Brunsbüttel Süd		keine Änderung ggü. Ist-Zustand	eingleisig	eingleisig	nein	ja	nur SGV	
1215	Abzw. St. Michaelisdamm	Brunsbüttel Nord		keine Änderung ggü. Ist-Zustand	eingleisig	eingleisig	nein	nein		
1220	(Hamburg-Altona-) Landesgr. SH	Kiel	160 km/h	160 km/h	zweigleisig	zweigleisig	ja	ja	S4 - West Pinneberg- Elmshorn parallel zur Strecke 1220	
1221	Wrist	Kellinghusen	-----	80 km/h	stillegelegt	eingleisig	-----	ja	Reaktivierung der Strecke	
6100	(Hamburg-) Landesgr. S-H Hamburg	Büchen-Landesgr. SH Büchen	200 km/h	200 km/h	zweigleisig	zweigleisig	ja	ja		
9100	Niebuß	Dagebuß	60 km/h	80 km/h	eingleisig	eingleisig	nein	ja	Reaktivierung des Personenverkehrs	
9107/9108	Abzw.eg Kiel Süd	Schönberger Strand	80 km/h	80 km/h bzw. 100 km/h	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	nein	ja		
9120	Elmshorn	Henstedt-Ulzburg	80 km/h	80 km/h	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	nein	ja		
9121	(Neumünster-) Abzw. NMS Süd	Kaltenkirchen-Ulzburg-Landesgr. SH (-HH Eidelstedt)	80 km/h	80 km/h	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen/ abschnittsweise zweigleisig	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen/ abschnittsweise zweigleisig	nein	ja	S21 West Eidelstedt - Kaltenkirchen	
9122	Ulzburg Süd	Norderstedt Mitte		keine Änderung ggü. Ist-Zustand	zweigleisig, abschnittsweise eingleisig	zweigleisig, abschnittsweise eingleisig (zweigleisig anzustreben)	nein	ja		
9123	Geesthacht	Landesgr. SH (-Bergeedorf/ Nettelburg)	40 km/h	80 km/h	40 km/h	eingleisig mit Kreuzungsbahnhöfen	nein	ja	Reaktivierung des Personenverkehrs	
9129	Tornesch	Uetersen	40 km/h	60 km/h (max. 80 km/h)	40 km/h	eingleisig	nein	ja	Reaktivierung des Personenverkehrs	

**Anlage 3: Geplante RE/RB/S-Bahn Linien in Schleswig-Holstein – Prognose-Planfall 2035 (1/4)**

**Liste der geplanten RE/RB/S-Bahn Linien in Schleswig-Holstein - Planfall 2035 (1/4)**

Linie	von	geflogelt in	über	nach	Grund-takt	Anmerkung	Traktion/Fahrzeugtyp [ET - Elektrotriebwagen; BEMU - Batterie-Elekt. Triebwagen]
<b>RE Linien mit Flügelung</b>							
RE 60	Westerland	Niebuil Niebuil	Husum-Lübeck Rendsburg	Flensburg Neumünster	60 min 60 min		ET ET
RE 7	Hamburg Hbf	Neumünster		Kiel Hbf	60 min	durch Überlagerung mit RE 7/RE 70 und RE 78/RE AKN angenäherter 15 min Takt Kiel - Neumünster, 30 min Takt Hamburg - Neumünster durch Überlagerung mit RE 7/RE 70	ET
		Neumünster	Rendsburg	Flensburg	60 min		ET
RE 74	Kiel Hbf	Jübek Jübek	Rendsburg Rendsburg	Husum Flensburg	60 min 60 min	ggf. Durchbindung nach Bad St. Peter-Ording zweite, umsteigefreie Verbindung Kiel - Flensburg, durch Überlagerung mit RB 75 zwischen Kiel und Rendsburg drei Züge/60 min	ET ET
RE 8	Hamburg Hbf	Lübeck		Travemünde Strand Neustadt (Holst)	60 min 60 min	15/30 min Takt Hamburg - Bad Oldesloe durch Überlagerung mit RE 80 und RE 78, 30 min Takt Hamburg - Travemünde Strand/Neustadt durch Überlagerung mit RE 80	ET
RE 80	Hamburg Hbf	Lübeck		Travemünde Strand Neustadt (Holst)	60 min 60 min	15/30 min Takt Hamburg - Bad Oldesloe durch Überlagerung mit RE 8 und RE 78, 30 min Takt Hamburg - Travemünde Strand/Neustadt durch Überlagerung mit RE 8	ET
<b>RE Linien ohne Flügelung</b>							
RE 1	Hamburg Hbf			Büchen	60 min	Überlagerung mit RE 85 im Abschnitt Büchen-Hamburg zum 30 min-Takt	ET
RE 41	Lübeck			Bad Kleinen	120 min	durch Überlagerung mit RE 42 zwischen Lübeck und Grevesmühlen 60 min Takt, Durchbindung nach Kiel auf RE 83	ET
RE 42	Lübeck			Schwerin	120 min	durch Überlagerung mit RE 41 zwischen Lübeck und Grevesmühlen 60 min Takt, Durchbindung nach Kiel auf RE 83	ET
RE 6	Hamburg Altona Nord		Heide-Husum	Westerland	60 min		ET

**Anlage 4: Geplante RE/RB/S-Bahn Linien in Schleswig-Holstein – Prognose-Planfall 2035 (2/4)**

**Liste der geplanten RE/RB/S-Bahn Linien in Schleswig-Holstein – Planfall 2035 (2/4)**

Linie	von	geflogelt in	über	nach	Grund-takt	Anmerkung	Traktion/Fahrzeugtyp [ET - Elektrotriebwagen; BEMU - Batterie-Elekt. Triebwagen]
RE 70	Hamburg Hbf		Neumünster	Kiel Hbf	60 min	durch Überlagerung mit RE 7/RE 70 und RE 78/RE AKN angenäherter 15 min Takt Kiel - Neumünster, 30 min Takt Hamburg - Neumünster durch Überlagerung mit RE 7/RE 70	ET
RE 72	Kiel Hbf		Eckernförde	Flensburg	60 min	im Abschnitt Eckernförde - Kiel Überlagerung mit RB 73 - drei Züge/60 min	ET
RE 78	Kiel Hbf		Neumünster - Bad Oldesloe	Hamburg	60 min	durch Überlagerung mit RE 7 /RE 70 und RE AKN angenäherter 15 min Takt Kiel ET - Neumünster, 15/30 min Takt Bad Oldesloe - Hamburg durch RE 8 und RE 80, 30 min Takt Neumünster - Bad Oldesloe durch Überlagerung mit RE 79	ET
RE 79	Neumünster			Bad Oldesloe	60 min	30 min Takt Neumünster - Bad Oldesloe durch Überlagerung mit RE 78	ET
RE 83	Kiel Hbf			Lübeck	30 min	RE 83 wird auf RE 41/RE 42 nach Bad Kleiner/ Schwerin und auf RE 85 nach Büchen-Hamburg durchgebunden, im Abschnitt Preetz - Kiel Überlagerung mit RB 87 - vier Züge/60 min	ET
RE 84	Lübeck		Büchen	Lüneburg	60 min	Durch Überlagerung mit RE 85 Lübeck - Büchen 30 min Takt	ET
RE 85	Lübeck		Büchen	Hamburg Hbf	60 min	Durch Überlagerung mit RE 84 Lübeck - Büchen 30 min Takt, zwischen Büchen ET und Hamburg Fahrlage zu prüfen, angenäherter 30 min Takt durch Überlagerung mit RE 1, Durchbindung nach Kiel auf RE 83	ET
RE 9	Lübeck		Puttgarden	Nykøbing/Falster	120 min	durch Überlagerung mit RE 90 zwischen Lübeck und Puttgarden/Burg 60 min Takt	Mehrsystem ET für Einsatz in Dänemark
RE 90	Lübeck		Puttgarden	Puttgarden	120 min	durch Überlagerung mit RE 9 zwischen Lübeck und Puttgarden/Burg 60 min Takt	ET
RE AKN	Norderstedt Mitte		Neumünster	Kiel Hbf	60 min	durch Überlagerung mit RE 7/70 sowie RE 78 und RE AKN angenäherter 15 min Takt Kiel - Neumünster, durch Überlagerung mit RB AKN 1 Norderstedt Mitte - Neumünster zwei Züge/60 min, weitere Überlagerungen siehe RB AKN1, RB AKN2 und RB AKN12	ET

**Anlage 5: Geplante RE/RB/S-Bahn Linien in Schleswig-Holstein – Prognose-Planfall 2035 (3/4)**

**Liste der geplanten RE/RB/S-Bahn Linien in Schleswig-Holstein – Planfall 2035 (3/4)**

Linie	von	geföhligt in	über	nach	Grund-takt	Anmerkung	Traktion/Fahrzeugtyp [ET - Elektrotriebwagen; BEMU - Batterie-Elekt. Triebwagen]
<b>RB Linien mit Flügelung</b>							
RB 62	Hamburg Hbf	Elmshorn mit RB 71		Itzehoe	60 min	Hamburg - Itzehoe 30 min Takt durch Überlagerung mit RB 61, drei Züge/60 min durch Überlagerung mit RE6	ET
RB 71	Hamburg Hbf	Elmshorn mit RB 62	Wrist	Kellinghusen	60 min		ET
<b>RB Linien ohne Flügelung</b>							
RB 11	Geesthacht			Bergedorf	20 min	Taktabstimmung mit RB 12	ET (ggf. BEMU)
RB 12	Geesthacht			Hamburg Hbf	60 min	Taktabstimmung mit RB 11	ET (ggf. BEMU)
RB 61	Hamburg Hbf			Heide	60 min	Hamburg - Itzehoe 30 min Takt durch Überlagerung mit RB 62, drei Züge/60 min durch Überlagerung mit RE6	ET
RB 63	Neumünster		Heide	Büsum	60 min		BEMU
RB 64	Husum			Bad St. Peter Ording	60 min	ggf. Durchbindung RE 74	BEMU
RB 65	Niebüll			Dagebüll	60 min		ET
RB 66	Niebüll			Tønder	60 min	Durchbindung nach Esbjerg (DK)	BEMU
RB 67	Uetersen		Tornesch	Barmbek	30/60 min	Führung über GUB nach Barmbek	ET
RB 73	Eckernförde Nord			Kiel Hbf	30 min	Im Abschnitt Eckernförde - Kiel Überlagerung mit RE 72 - drei Züge/60 min	ET
RB 75	Kiel Hbf			Rendsburg Seemühlen	30 min	Durch Überlagerung mit RE 74 zwischen Kiel und Rendsburg - drei Züge/60 min	ET
RB 76	Kiel Hbf			Schönberger Strand	30 min		ET
RB 82	Lübeck			Bad Malente-Gremsmühlen	60 min	Durchbindung auf RB 88 nach Neumünster prüfen, ggf. Konzept 2050 wegen Infrastrukturausbau	ET

**Anlage 6: Geplante RE/RB/S-Bahn Linien in Schleswig-Holstein – Prognose-Planfall 2035 (4/4)**

Liste der geplanten RE/RB/S-Bahn Linien in Schleswig-Holstein – Planfall 2035 (4/4)							
Linie	von	geflügelt in	über	nach	Grund-takt	Anmerkung	Traktion/Fahrzeugtyp [ET - Elektrotriebwagen; BEMU - Batterie-Elekt. Triebwagen]
RB 87	Kiel Hbf			Preetz	30 min	Im Abschnitt Preetz - Kiel Überlagerung mit RE 83 - vier Züge/60 min	ET
RB 88	Neumünster		Ascheberg	Plön	60 min	Durchbindung auf RB 82 nach Lübeck prüfen, ggf. Konzept 2050 wegen Infrastrukturausbau	BEMU
RB AKN 1	Norderstedt Mitte		Kaltenkirchen	Neumünster	60 min	Durch Überlagerung im Abschnitt Kaltenkirchen - Neumünster mit RE AKN zwei Züge/h, durch Überlagerung im Abschnitt Norderstedt Mitte - Kaltenkirchen mit RE AKN und RB AKN 2 angenährter 20 min Takt, in der HVZ durch zusätzliche Überlagerung mit RB AKN 3 angenährter 10 min Takt im Abschnitt Norderstedt Mitte - Ulzburg Süd	ET
RB AKN 2	Norderstedt Mitte		Kaltenkirchen	Kaltenkirchen	60 min	Durch Überlagerung im Abschnitt Norderstedt Mitte - Kaltenkirchen mit RE AKN und RB AKN 1 angenährter 20 min Takt, in der HVZ durch zusätzliche Überlagerung mit RB AKN 3 angenährter 10 min Takt im Abschnitt Norderstedt Mitte - Ulzburg Süd	ET
RB AKN 12	Norderstedt Mitte		Ulzburg Süd	Ulzburg Süd	20 min	nur HVZ, durch Überlagerung mit RE AKN, RB AKN 1 und RB AKN 2 angenährter 10 min Takt	ET
RB AKN A3	Elmshorn		Barmstedt	Ulzburg Süd	30/60 min	jeder zweite Zug endet in Barmstedt	ET
<b>S-Bahn Hamburg</b>							
S 4 Ost	HH Altona		Ahrensburg	Bargteheide/ Bad Oldesloe		10 min bis Ahrensburg, 20 min bis Bargteheide, 60 min Takt bis Bad Oldesloe	ET
S 4 West	Hamburg Hbf		Pinneberg	Elmshorn		10/20 min Takt, Haltermuster: Elmshorn Süd, Tornesch, Prisdorf, Pinneberg Nord, Pinneberg, ohne Halt bis Elbgaustraße, ab dann alle Halte	ET
S 21	Aumühle		Hamburg Hbf-Quickborn	Kaltenkirchen		10/20 min Takt (Aumühle - Hamburg-Quickborn 10 min Takt / Quickborn - Kaltenkirchen 20 min Takt)	ET
S 3						Analog Status Quo in Schleswig-Holstein	ET
S 1						durchgängig 10 min Takt	ET
<b>Ansatz Vorortverkehr Flensburg</b>							
RB FL 1	Flensburg		Schaftlund		60 min	Überlagerung mit RE 60, dadurch 2 Züge/60 min	ET
RB FL 2	Flensburg		Suderbrarup		60 min	Überlagerung mit RE 72, dadurch 2 Züge/60 min	ET

## Anlage 7: Pünktlichkeit Jahreswerte RE/RB-Linien 2017 - 2019 (Datenquelle NAH.SH)

### Pünktlichkeit Jahreswerte Linien 2017 - 2019 (Datenquelle NAH.SH)

	Linie	2017	2018	2019	Durchschnitt
West	RE 6 Westerland - Hamburg (Altona)	79,6%	71,3%	82,6%	77,8%
	RB 61 Itzehoe - Hamburg (Hbf)	87,1%	86,1%	90,8%	88,0%
	RB 62 Heide - Itzehoe	90,4%	86,6%	92,8%	89,9%
	RB 63 Büsum - Neumünster	96,7%	96,0%	96,9%	96,5%
	RB 64 St.-Peter-Ording - Husum	98,8%	97,7%	98,4%	98,3%
	RB 65 Niebüll - Dagebüll	92,1%	92,7%	90,6%	91,8%
	RB 66 Tønder - Niebüll	98,9%	98,8%	99,1%	98,9%
Mitte	RE 7 Flensburg - Hamburg (Hbf)	84,3%	75,5%	83,5%	81,1%
	RE 70 Kiel - Hamburg (Hbf)	86,5%	75,3%	83,8%	81,9%
	RB 71 Neumünster - Hamburg (Altona)	91,3%	87,7%	92,9%	90,6%
	RB 72 Flensburg - Kiel	93,1%	87,1%	92,9%	91,0%
	RB 73 Eckernförde - Kiel	94,6%	90,7%	95,8%	93,7%
	RE 74 Husum - Kiel	94,8%	91,7%	94,2%	93,6%
	RB 75 Rendsburg - Kiel	94,1%	90,3%	93,5%	92,6%
	RB 76 Opendorf - Kiel	96,5%	87,1%	97,4%	93,6%
Ost	RE 8 Lübeck - Hamburg (Hbf)	91,4%	91,6%	91,9%	91,6%
	RE 80 Lübeck - Hamburg (Hbf)	89,1%	88,5%	89,3%	89,0%
	RB 81 Bad Oldesloe - Hamburg (Hbf)	94,0%	92,8%	94,2%	93,7%
	RB 82 Neumünster - B. Oldesloe	94,3%	94,0%	96,2%	94,8%
	RE 83 Kiel - Lübeck	93,6%	90,8%	92,9%	92,4%
	RE 83 Lübeck - Lüneburg	95,2%	92,8%	95,9%	94,6%
	RB 84 Kiel - Lübeck	95,9%	94,6%	96,1%	95,5%
	RB 85 Puttgarden - Lübeck	94,9%	93,5%	93,7%	94,0%
	RB 86 Travemünde - Lübeck	97,7%	96,3%	96,2%	96,7%
Süd	RE 1 Hamburg (Hbf) - Büchen	92,4%	93,4%	91,7%	92,5%
	RE 1 Hamburg (Hbf) - Schwerin	84,3%	87,0%	89,1%	86,8%
	RE 4 Lübeck - Bad Kleinen	96,9%	97,2%	98,3%	97,5%
	A 1 Neumünster - Eidelstedt	97,8%	97,5%	95,8%	97,0%
	A 2 Ulzburg Süd - Norderstedt	98,1%	98,4%	98,6%	98,4%
	A 3 Elmshorn - Ulzburg Süd	99,0%	98,7%	99,2%	99,0%

### Pünktlichkeitsniveau (qualitativ, eigene Einstufung)

	Gering (< 85 %)
	Mittelmäßig (> 85 % und < 90 %)
	Relativ hoch (> 90 % und < 95 %)
	Hoch (> 95%)