

ABS Hamburg/Bremen – Hannover

Fahrwegkapazitätsbetrachtung optimierte Dreigleisigkeit
(Korridor Hannover – Uelzen – Lüneburg – Hamburg)

Das Hauptziel der Fahrwegkapazitätsbetrachtung ist eine optimale Bemessung der zukünftigen Infrastruktur

Einführung

Ziele und Inhalte der Untersuchung zur ABS Hamburg/Bremen – Hannover

- **Ermittlung** der **Fahrwegkapazität** der optimierten Dreigleisigkeit Uelzen – Lüneburg – Stelle.
- **Bewertung** der **Auskömmlichkeit einer Dreigleisigkeit** im Zeitraum bis 2030 **ohne Ausweitungen** des Betriebsprogramms im **Personenverkehr** gegenüber dem Status Quo (Fahrplan 2019).
- Der **Fokus** liegt zunächst nur auf den **Kapazitäten der Streckenabschnitte**.
- Weitere Details, wie z.B. die **anforderungsgerechte Dimensionierung der Knoten** Celle, Uelzen und Lüneburg, sind **Gegenstand vertiefender Planungsphasen**.
- Die angrenzenden Netzteile (insb. Knoten Hamburg und Hannover) werden hier nicht betrachtet.

Berechnung der Streckenleistungsfähigkeit

- *Wie viele Züge können die Strecken befahren?*
- *Sind Engpässe zu erwarten?*
- *Wie unterscheidet sich die Leistungsfähigkeit bei unterschiedlichen Betriebsprogrammen?*

Optimale Bemessung der Zielinfrastruktur

- *Kann mit der gegebenen Betriebsprogrammanforderung optimale Betriebsqualität erreicht werden?*
- *Ist die Infrastruktur für lange Betriebszeiträume angemessen dimensioniert?*

Warum eine EBWU zur Ermittlung der Fahrwegkapazität? (Eisenbahn**b**etriebs**w**issenschaftliche **U**ntersuchung)

Einführung

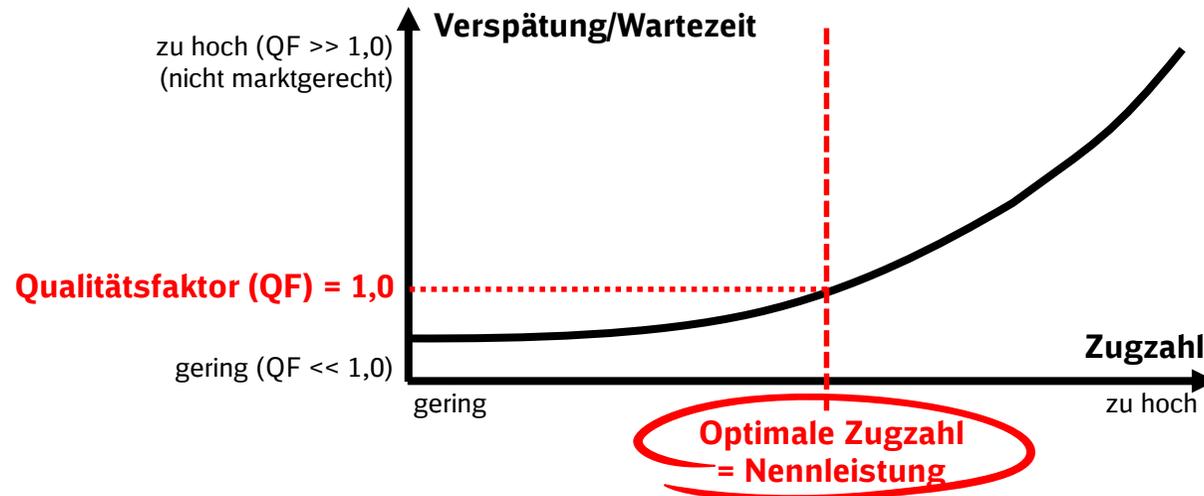
Eisenbahnbetriebswissenschaft zur Objektivierung unterschiedlicher Interessen



Die Fahrwegkapazität orientiert sich an einer mit dem EBA abgestimmten Zielbetriebsqualität

Einführung

Der Zusammenhang zwischen Zugzahl und Betriebsqualität als Grundlage der EBWU



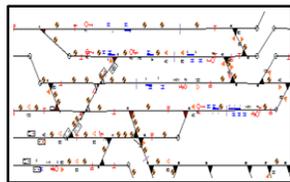
Maßstab Qualitätsfaktor: < 0,5 = Premiumqualität, 0,5-1,2 = optimal, > 1,2 = risikobehaftet, > 1,5 = mangelhaft

- Die **Nennleistung** beschreibt die Zugzahl, die bei $QF = 1,0$ gefahren werden kann.
- Für Aus- und Neubauten ist der **Qualitätsfaktor (QF) von 1,0** (Nennleistung, optimale Betriebsqualität) **verbindliches Planungsziel**, um Verspätungen und Wartezeiten im Betrieb möglichst zu vermeiden.
- Berücksichtigt wird dabei der erforderliche **Qualitätspuffer**, z.B. für Umleitungszüge, Lastspitzen (z.B. Freitags).
- Das gesamte **Verfahren sowie der Bewertungsmaßstab** sind mit dem **Eisenbahn-Bundesamt (EBA, zuständige Aufsichtsbehörde)** **abgestimmt** und entsprechen dem **Stand der Technik**.
- Eine **wirtschaftlich-optimale Betriebsqualität** ist **Voraussetzung für die Finanzierung** von Neu- und Ausbauten.

Zur wissenschaftlichen Ermittlung der Fahrwegkapazität dient die standardisierte analytische Berechnung

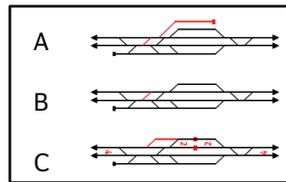
Einführung

Klassische Vorgehensweise bei der analytischen Berechnung der Fahrwegkapazität

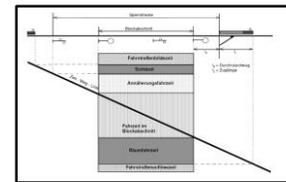


Dateneingabe und Plausibilitätsprüfung

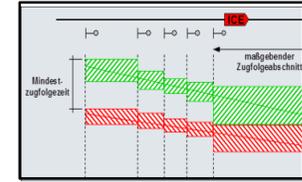
- Infrastruktur
- Betriebsprogramm
- Zugcharakteristiken



Variantendefinition



Berechnung der **Infrastrukturbelegung**



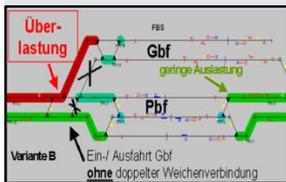
Ermittlung der **Mindestzugfolgezeiten**



Ergebnis: z.B. Nennleistung als Kennwert für die Fahrwegkapazität



Bewertung und Interpretation der Ergebnisse



Berechnungsergebnisse

Leistungskennwerte	
Anteil der Reisezüge [%]	63,5
Nennleistung [Anzahl Züge / 24h]	138
je Stunde [Anzahl Züge / h]	5,75
zugehörige mittlere Pufferzeit [min]	5,97
Theoretische Leistungsfähigkeit [Züge / 24h]	322
je Stunde [Anzahl Züge / h]	13,42



Berechnung der **Wartezeiten**

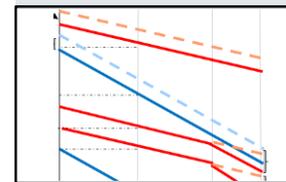
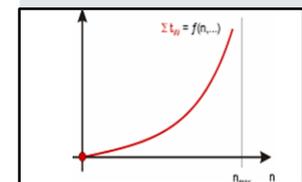


Abbildung von **Einbruchsverspätungen**



Bei der Fahrwegkapazitätsbetrachtung wird ein Geflecht aus verschiedenen Einflussfaktoren gesamthaft untersucht

Einführung

Faktoren zur Beeinflussung der Fahrwegkapazität in vier Hauptkategorien



- **Fahrwegkapazitätsbetrachtungen ermöglichen Grundsatzentscheidungen** (z.B. Anzahl erforderlicher Gleise) bereits in frühen Planungsphasen.
- Anpassungen im Detail können sich in vertiefenden Planungsphasen ergeben.

Für den Korridor Hamburg – Hannover wird die Fahrwegkapazität der optimierten Dreigleisigkeit untersucht

Grundlagen

Korridorübersicht Hamburg – Hannover der untersuchten Variante „Optimierte Dreigleisigkeit“

Hamburg – Stelle

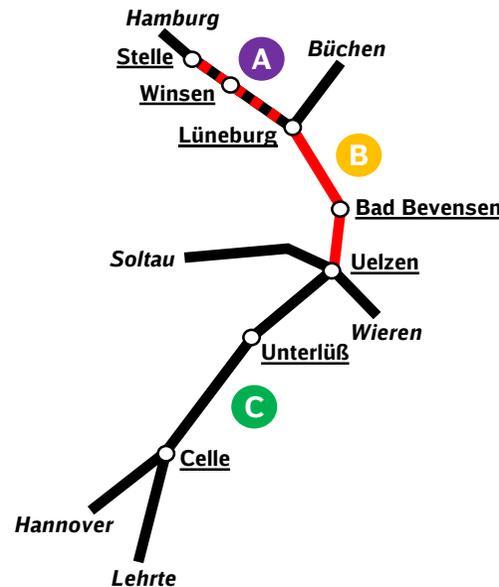
- Nicht untersucht

A Stelle – Lüneburg:

- Heute bereits dreigleisig
- Optimierung der vorhandenen Dreigleisigkeit
- Vmax = 200 km/h (wie heute)

B Lüneburg – Uelzen:

- Heute zweigleisig
- Dreigleisiger Ausbau unterstellt
- Vmax = 200 km/h (wie heute)



Nebenbahnen nicht vollständig dargestellt

- Ausrüstung des Abschnittes Uelzen – Stelle mit ETCS L2 mit verdichteter Blockteilung unterstellt.
- Verwendung von Standardwerten bei der Einbruchsverspätung (Ril 405).
- Abbildung der Zugarten über typische Modellzüge für SGV / SPV.

C Uelzen – Celle:

- Heute zweigleisig
- Kein Ausbau unterstellt
- Vmax = 200 km/h (wie heute)

Knoten:

- Anpassungen in den Knoten Lüneburg und Uelzen zur Optimierung und Anbindung der Dreigleisigkeiten

Celle – Hannover

- Hier nicht Gegenstand der Untersuchung
- Geschwindigkeitserhöhung auf bis zu 230 km/h

Dreigleisige Strecken sind aufgrund der Abhängigkeiten beider Fahrtrichtungen nur in wenigen Fällen optimal nutzbar

Vergleich grundsätzlicher Nutzungsstrategien bei dreigleisigen Streckenabschnitten

Prinzipielle Beispiele ¹ :	„2+1 Lösung“	„Flexibles Mittelgleis“	„Verschränkte Dreigl.“
Schema Nutzung			
Spurplangestaltung/Bauliche Umsetzung			
Flexibilität im Betrieb			
Fahrplanflexibilität			
Beispiel	Eingl. S-Bahn im Knotenzulauf	Wechselnde Nutzungen	Feste Fahrplankonzepte

- **Nutzungsstrategien** dreigleisiger Abschnitte sind **stark abhängig** vom konkreten **Betriebsprogramm** (Zugzahlen, Zugmix, Linien- und Haltekonzeption, Fahrlagen) und **Einbindung in benachbarte Knoten**.
- **Hohes Risiko hinsichtlich der Robustheit bei künftig veränderten Anforderungen** (langlebige und kostenintensive „starre“ Infrastruktur vs. veränderten Fahrplan- und Angebotskonzepten).
- In Abhängigkeit der baulichen Lösung **fehlende** (eingeschränkte) **Aufwärtskompatibilität zu späterer Viergleisigkeit**.
- **Leistungssteigerung bei mehrgleisigem Ausbau** zweigleisiger Strecken:
 - Viergleisigkeit Leistungssteigerung $\geq 100\%$**
 - Dreigleisigkeit Leistungssteigerung ca. 25% ².**



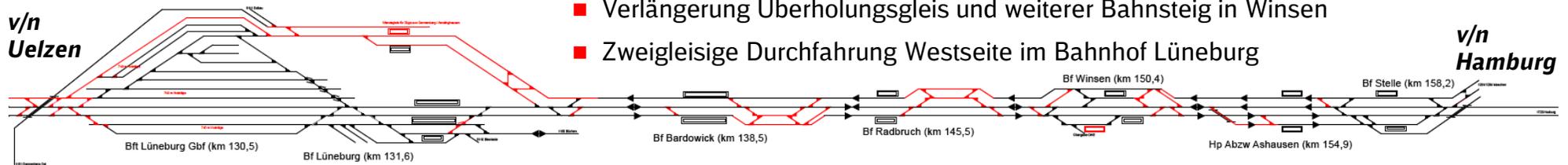
¹ Überschlägige Einordnung, Mischformen denkbar. ² Durchschnittliche Werte zur vereinfachten Einordnung - können im Einzelfall abweichen.

In der Untersuchung wurde eine flexibel nutzbare dreigleisige Infrastruktur zwischen Stelle und Uelzen unterstellt

Schematische Spurpläne der untersuchten dreigleisigen Infrastruktur Stelle – Uelzen

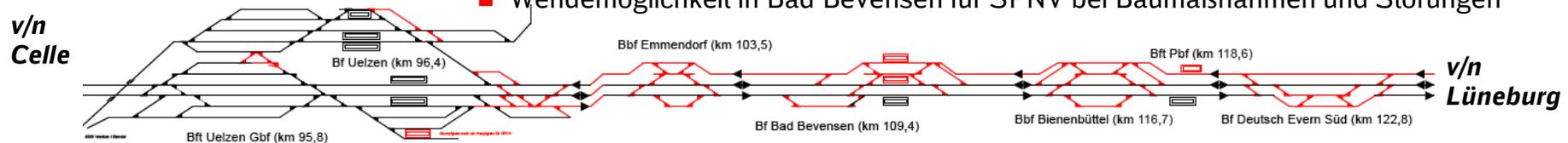
A Abschnitt Stelle – Lüneburg

- Bereits heute dreigleisig, Optimierung der Dreigleisigkeit durch „flexibles Mittelgleis“
- Ergänzung mittlerer Überholungsgleise in baulich günstigen Bereichen
- Überwerfungsbauwerk zu Ausfädelung von Güterzügen nach Maschen in Ashausen
- Verlängerung Überholungsgleis und weiterer Bahnsteig in Winsen
- Zweigleisige Durchfahrung Westseite im Bahnhof Lüneburg



B Abschnitt Lüneburg – Uelzen

- Dreigleisiger Ausbau mit „flexiblem Mittelgleis“
- Mittige Überholungsgleise in regelmäßigen Abständen in baulich günstigen Bereichen
- Zahlreiche Überleitmöglichkeiten zur flexiblen Nutzung
- Anpassung des nördlichen Bahnhofskopfes Uelzen an die Dreigleisigkeit
- Wendemöglichkeit in Bad Bevensen für SPNV bei Baumaßnahmen und Störungen



C Abschnitt Uelzen – Celle

- Heute zweigleisig
- Keine weiteren Ausbauten unterstellt

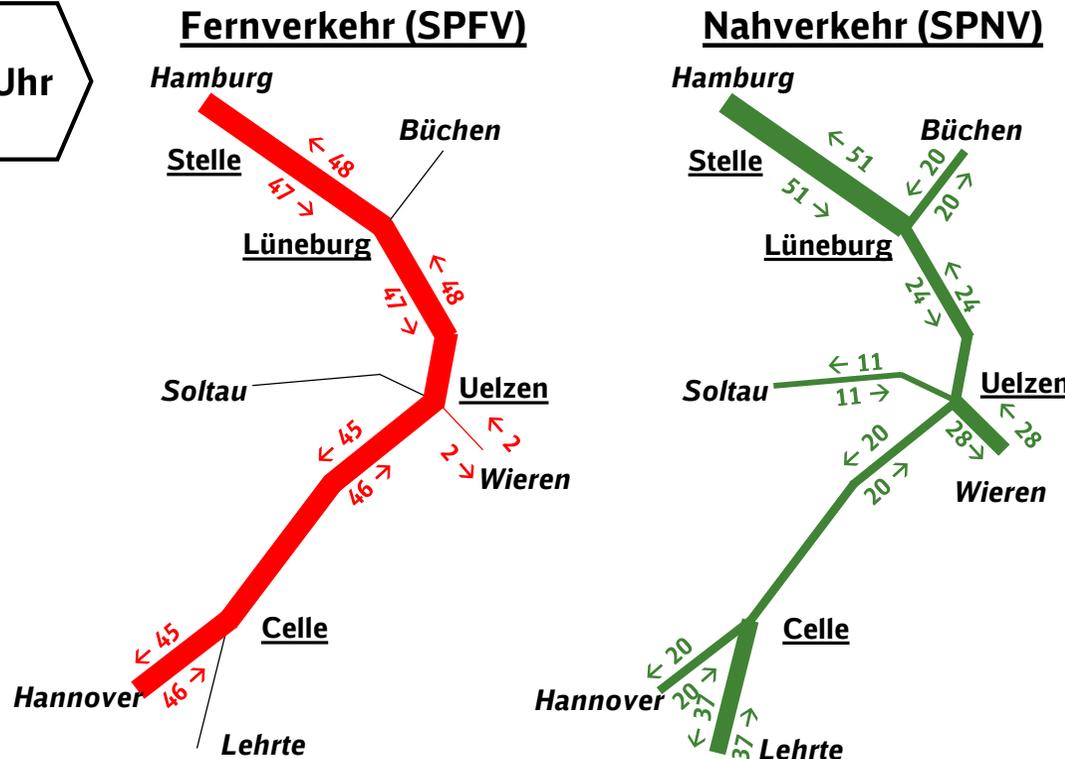
Hinweis: Nebengleise in Spurplanskizzen nicht vollständig dargestellt.

Hinweis: Die Pfeile stellen planmäßige Nutzungsrichtung dar. Alle Gleise sind für signalmäßige Fahrten in beiden Richtungen (Gleiswechselbetrieb) auszustatten.

Für die Bemessung der Dreigleisigkeit werden die Zugzahlen des Personenverkehrs als gesetzt unterstellt

Unterstellte Zugzahlen im Personenverkehr

0 – 24 Uhr



- Grundlage der Untersuchung sind für den SPV die Anforderungen der **Prognose 2030**.
- Angebotskonzept SPNV gemäß Abstimmung mit Land Niedersachsen für Horizont bis 2033.
- Prognosezugzahlen des Bundes stellen durchschnittlichen Verkehrstag dar.
- **Untersetzung** der Prognose 2030 im SPV mit **Fahrlagen und Angebotskonzepten** des Fahrplans **2019** an einem Donnerstag.
 - SPNV mit Leerfahrten gem. Hansennetz.
 - SPFV zuzüglich der zwei Zugpaare IRE Berlin - Hamburg.
- Die Zugzahlen beinhalten kein Wachstum im SPV gegenüber dem heutigen Angebot.

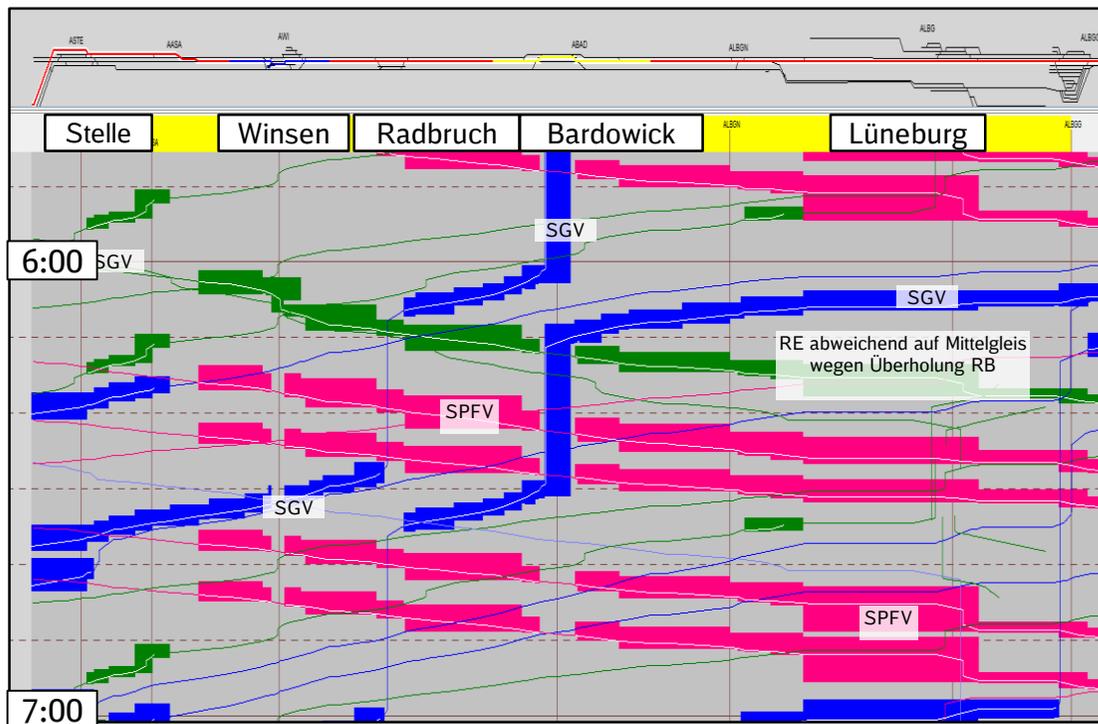
Das Mittelgleis Stelle – Lüneburg ist in Richtung Süd-Nord nur mit hohen Wartezeiten für den SGV nutzbar

Ergebnisse

Fahrplankonstruktion für den Abschnitt Stelle – Lüneburg (Mittelgleis)

A Bildfahrplan Stelle – Lüneburg (Früh-HVZ)

Erkenntnisse



Legende SPFV SPNV SGV

- Fahrplankonstruktion **erfordert** Überholungs- und **Kreuzungsmöglichkeiten** in **dichten und regelmäßigen Abständen**.
- **Abstand und Anzahl** der Kreuzungsgleise **bestimmend** für die **Kapazität**.
- Hohes Risiko von **Verspätungsübertragungen** durch **dichte Belegung** des mittleren Gleises.
- **Zweigleisige Durchfahrung** der Westseite **reduziert Konflikte** im Nordkopf **Lüneburg**.
- Führung des SPFV in Nord-Süd-Richtung auf dem Mittelgleis für kürzeste Fahrzeiten.
- Weitere **SPV-Einzellagen** in der **Früh-HVZ** lasten Mittelgleis stark aus und **schränken die Restkapazitäten** im SGV erheblich **ein**.

Hinweis: Untersetzung der Prognosezahlen 2030 erfolgt im SPV mit Fahrlagen und Angebotskonzepten des Fahrplan 2019.

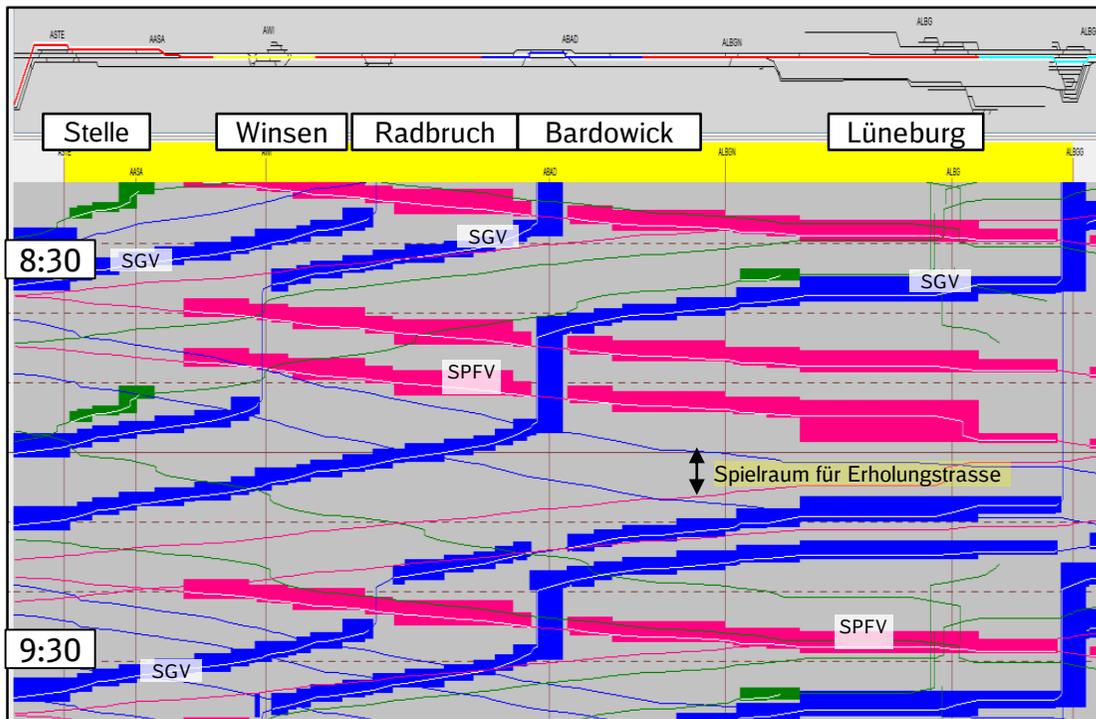
Auch außerhalb der HVZ ist der SGV Stelle – Lüneburg nur mit Kreuzungen auf dem Mittelgleis durchführbar

Ergebnisse

Fahrplankonstruktion für den Abschnitt Stelle – Lüneburg (Mittelgleis)

A Bildfahrplan Stelle – Lüneburg (NVZ)

Erkenntnisse



- In der **NVZ** können für den SGV auf dem Mittelgleis **zwei bis drei Trassen** pro Stunde unter **Berücksichtigung notwendiger Erholungsphasen** konstruiert werden.
- **Kreuzungsgleise** in Bardowick, Radbruch und Winsen werden bereits in der **Fahrplankonstruktion genutzt**.
- Für eine **robuste Betriebsführung** sind die Kreuzungs-/Überholungsgleise **unverzichtbar**.
- **SGV-Trassen** auf dem Mittelgleis erfordern i.d.R. **mehrere Kreuzungshalte**.

Legende



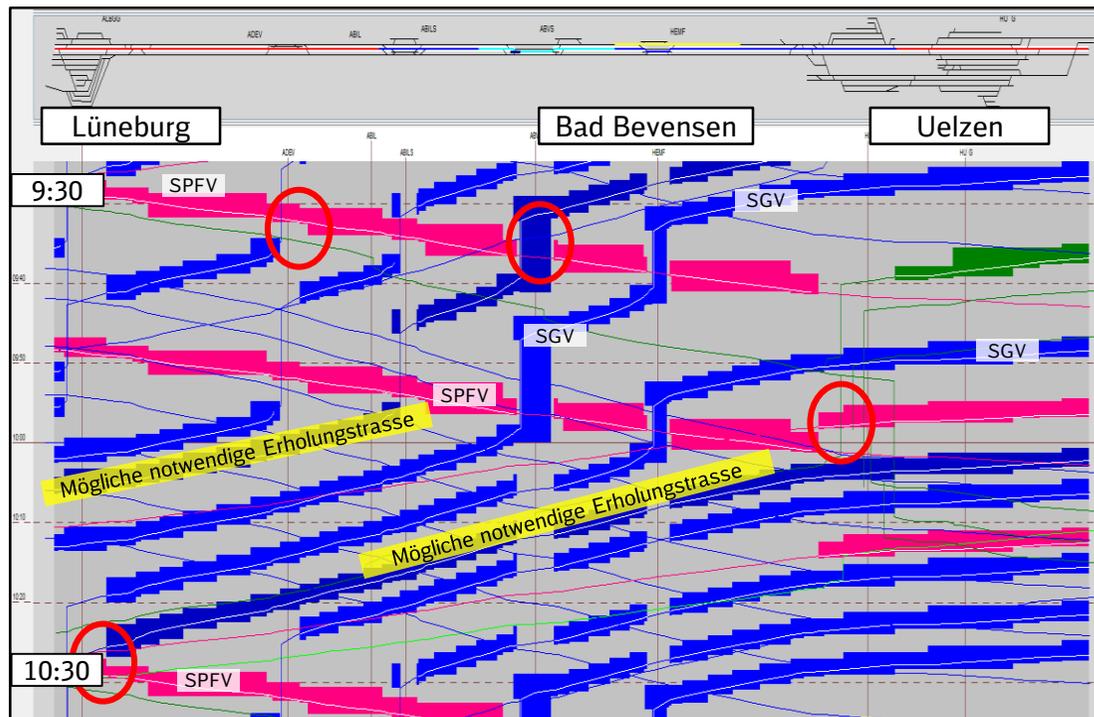
Auf dem Mittelgleis Lüneburg – Uelzen ist eine hohe Zahl an Güterzügen nur mit häufigen Kreuzungshalten realisierbar

Ergebnisse

Fahrplankonstruktion für den Abschnitt Lüneburg – Uelzen (Mittelgleis)

B Bildfahrplan Lüneburg – Uelzen

Erkenntnisse



Legende



- **Anzahl möglicher Trassen** auf dem Mittelgleis hängt von **Verteilung des Fernverkehrs** (zeitlich, Außen-/Mittelgleis) ab.
- **Geringere Anforderungen im SPV** zwischen Lüneburg und Uelzen **vereinfachen die Konstruktion** von SGV-Trassen.
- Bei **verspäteten Fernverkehrszügen** sinkt die **Anzahl** der durchführbaren **Güterzugtrassen**.
- **Abstand und Anzahl** der Kreuzungsgleise **bestimmend für die Kapazität**.
- Dargestellte konstruierte Anzahl an Trassen nicht mit **optimaler Betriebsqualität** fahrbar – **Erholungstrassen notwendig**.

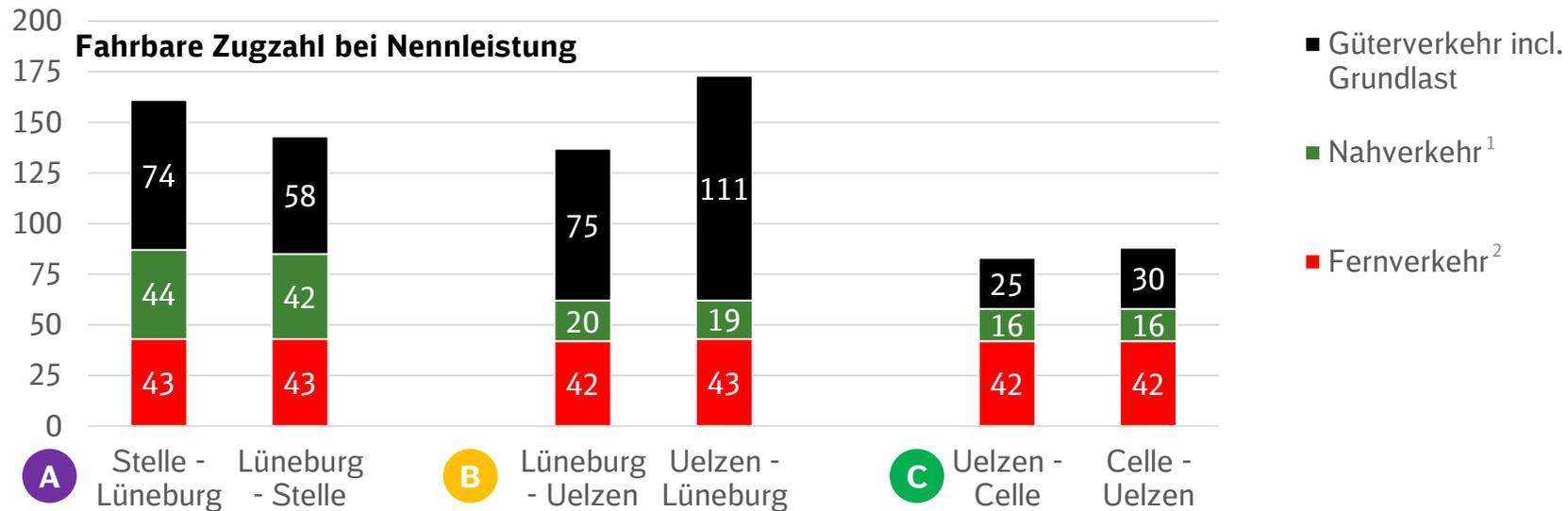
Mit der optimierten Dreigleisigkeit sind 132 Güterzüge im Tageszeitraum mit optimaler Betriebsqualität fahrbar

Ergebnisse

Fahrbare Zugzahlen auf den Streckenabschnitten im Tageszeitraum

Tageszeitraum
6 – 22 Uhr

- Der Fernverkehr und der Nahverkehr werden als festes Betriebsprogramm gesetzt.
- Für den Güterverkehr wird die Anzahl fahrbarer Trassen analytisch ermittelt.
- Durch Fahrplanzwänge Leistungsfähigkeit in Nord-Süd-Richtung nördlich Lüneburg höher.
- Gleisnutzung Lüneburg - Uelzen für hohe SGV-Leistungsfähigkeit Süd-Nord angepasst.



- Die ausgewiesenen **Güterzugzahlen unterstellen**, dass **keine Ausweitung des Angebots im SPNV/SPFV** ggü. 2019 stattfindet.
- Die Zugzahlen setzen einen **leistungsfähigen Ausbau der Knoten** voraus.

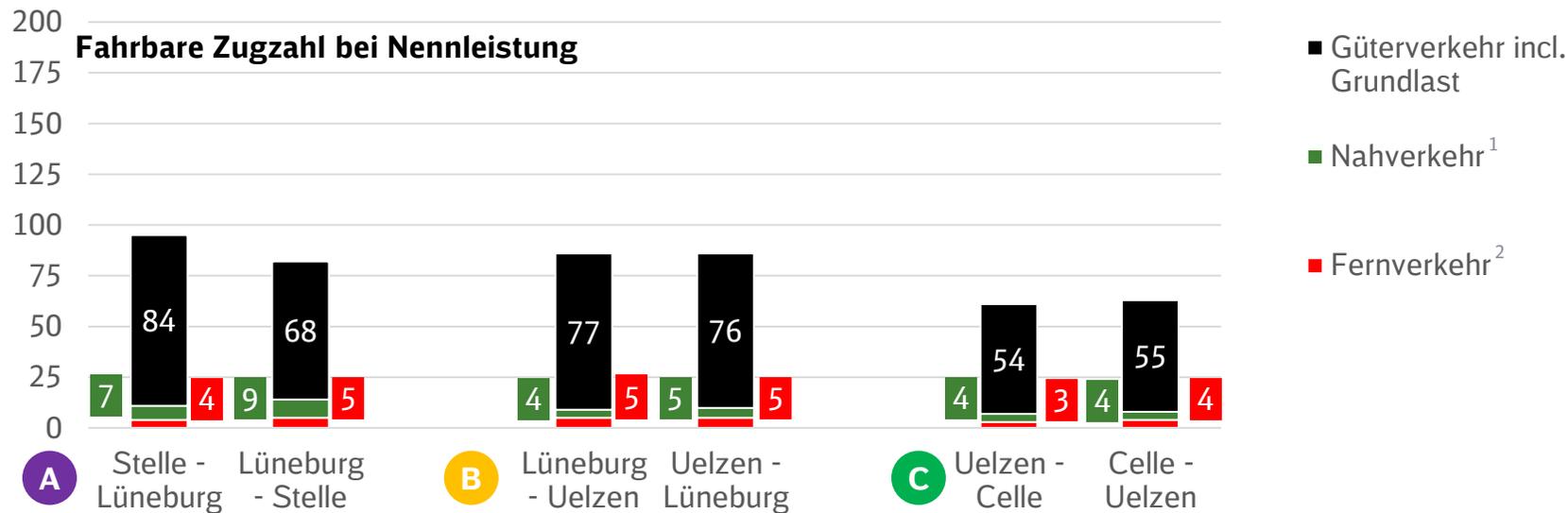
Mit der optimierten Dreigleisigkeit sind 152 Güterzüge im Nachtzeitraum mit optimaler Betriebsqualität fahrbar

Ergebnisse

Fahrbare Zugzahlen auf den Streckenabschnitten im Nachtzeitraum

Nachtzeitraum
22 – 6 Uhr

- Der Fernverkehr und der Nahverkehr werden als festes Betriebsprogramm gesetzt.
- Für den Güterverkehr wird die Anzahl fahrbarer Trassen analytisch ermittelt.
- In Summe beider Richtungen ergibt sich in den Abschnitten Stelle – Lüneburg sowie Lüneburg – Uelzen eine vergleichbare Leistungsfähigkeit.



- Die ausgewiesenen **Güterzugzahlen unterstellen**, dass **keine Ausweitung des Angebots im SPNV/SPFV** ggü. 2019 stattfindet.
- Die Zugzahlen setzen einen **leistungsfähigen Ausbau der Knoten** voraus.

Mit der optimierten Dreigleisigkeit sind in 24 Stunden 284 Güterzüge mit optimaler Betriebsqualität fahrbar

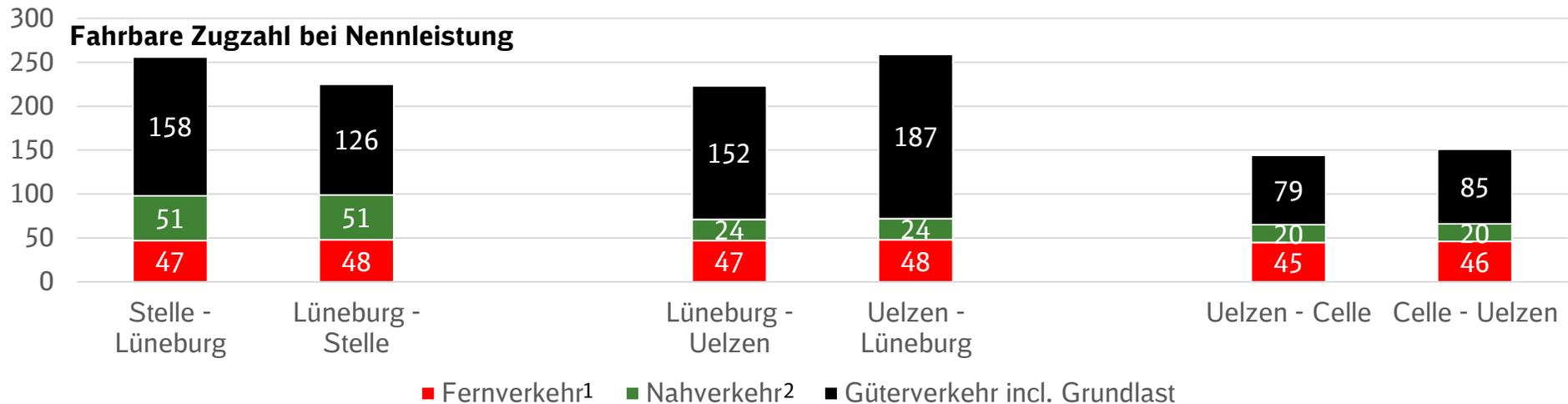
Ergebnisse

Fahrbare Zugzahlen auf den Streckenabschnitten am gesamten Tag

0 – 24 Uhr

- Der Fernverkehr und der Nahverkehr werden als festes Betriebsprogramm gesetzt.
- Für den Güterverkehr wird die Anzahl fahrbarer Trassen analytisch ermittelt.
- Übrige Netzteile (z.B. Maschen Rbf) müssen die hohen Anforderungen aufnehmen können.

A Stelle – Lüneburg	B Lüneburg – Uelzen	C Uelzen – Celle
----------------------------	----------------------------	-------------------------



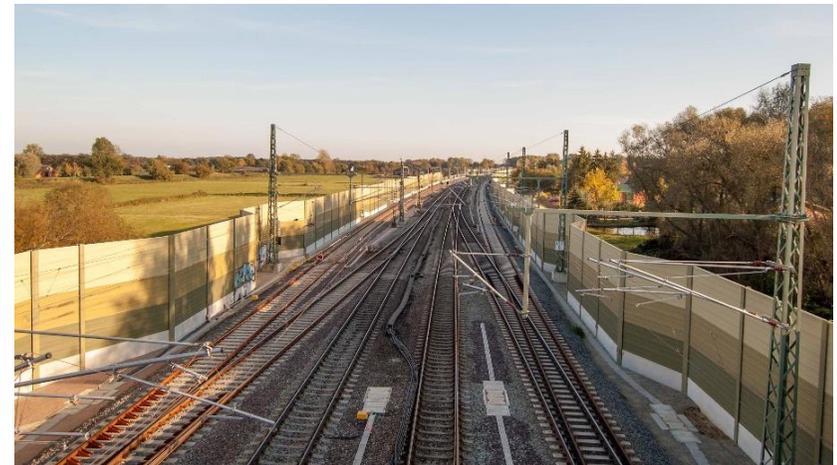
- Die ausgewiesenen **Güterzugzahlen unterstellen**, dass **keine Ausweitung des Angebots im SPNV/SPFV** ggü. 2019 stattfindet.
- Die Zugzahlen setzen einen **leistungsfähigen Ausbau der Knoten** voraus.

Die Ergebnisse zeigen, dass die optimierte Dreigleisigkeit kapazitiv keine zielführende und robuste Lösung darstellt

Fazit

Zusammenfassung der Ergebnisse

- Bei **dreigleisigen Strecken** ist eine **optimale Nutzung** aller Streckengleise **stark abhängig vom unterstellten Fahrplan** sowie einer hinreichend flexiblen Infrastruktur.
- Es besteht ein **hohes Risiko hinsichtlich der Robustheit bei künftig veränderten Anforderungen** (veränderte Fahrplan- und Angebotskonzepte vs. kostenintensive „starre“ Infrastruktur).
- Bei **optimaler Betriebsqualität (Planungsziel)** können über den Gesamttag **284 Güterzüge** gefahren werden.
- Die optimierte Dreigleisigkeit lässt **keine Verbesserungen im Angebotskonzept** des Fern- und Nahverkehrs ggü. 2019 zu.
- Ein **dreigleisiger Ausbau** zwischen Uelzen und Lüneburg ist **nicht kompatibel** zum Entwurf des **Deutschlandtakts**.
- Während der **Bauzeit der Dreigleisigkeit** sind **umfangreiche Einschränkungen** im Verkehrsangebot zu erwarten.
- Ein **Fahrzeitgewinn** für den SPfV ist im Abschnitt Stelle – Lüneburg – Celle nicht möglich, **zwischen Celle und Hannover** ist bei Ausbau gem. BVWP 2030 **1 bis 1,5 Minuten** realisierbar.



Abkürzungsverzeichnis

ABS	Ausbaustrecke
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
ETCS	European Train Control System (Europäisches Zugbeeinflussungssystem)
EBWU	Eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchung
HVZ	Hauptverkehrszeit
NVZ	Nebenverkehrszeit
QF	Qualitätsfaktor
SGV	Schienengüterverkehr
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

