

<b>Sitzungsvorlage</b>	<b>Vorlage- Nr:</b> VO/2016/0199-R6
Federführend: Referat 6	Status: öffentlich
Beteiligt:	Aktenzeichen: Datum: 13.04.2016 Referent: Beese Thomas
<b>Bahnausbau Bamberg: Vorstellung der "Untersuchung der eisenbahnbetrieblichen Leistungsfähigkeit und Engpassanalyse am Bamberger Knoten" (VWI Stuttgart GmbH)</b>	
Beratungsfolge:	
Datum	Gremium
27.04.2016	Stadtrat der Stadt Bamberg
	Zuständigkeit
	Kenntnisnahme

## I. Sitzungsvortrag:

### 1. Ausgangslage

Hintergrund der "Untersuchung der Leistungsfähigkeit und Engpassanalyse des Knoten Bamberg" sind die Ergebnisse aus dem Gutachten der KCW GmbH vom 08.06.2015, vorgestellt in der Sondersitzung des Stadtrates am 17.06.2015 zum Bahnausbau Bamberg. KCW kommt in der Analyse des verkehrlichen Ausbaubedarfs hinsichtlich der zu erwartenden Steigerungen im Güterverkehr zu folgender Einschätzung: „Aus verkehrlicher Sicht ist bis 2030 kein Anstieg der Belastung erkennbar, der einen unmittelbaren Ausbaubedarf im PFA 22 induziert. (...) Überdies werden die Engpässe in Fürth bis mindestens 2030 die in Bamberg fahrbare Kapazität auf 150 Güterzüge begrenzen.“

Darauf aufbauend sollte über VWI Stuttgart GmbH nun geklärt werden, inwieweit die Gesamtaussagen des KCW-Gutachtens sich tatsächlich auch konkret eisenbahnbetrieblich im bestehenden Eisenbahnknoten abwickeln lassen. Eisenbahnbetrieblich sollte geklärt werden, in welchem Umfang die vorhandene Gleisinfrastruktur insbesondere im Hinblick auf Güterverkehr ausreichend ist und wo ggf. Engpässe in der eisenbahnbetrieblichen Abwicklung zu sehen sind.

Die Beauftragung von VWI Stuttgart GmbH erfolgte mit Schreiben vom 22.09.2015 gemäß dem Angebot vom 10.09.2015. Die Bearbeitung umfasst folgende Teilaufgaben:

- Modellierung der Infrastruktur
- Modellierung der zu betrachtenden Betriebsprogramme
- Untersuchung des Leistungsverhaltens

### 2. Zusammenfassung der Ergebnissen der VWI-Studie:

- Das größte Potenzial zur Steigerung des Güterverkehrs liegt erwartungsgemäß in der Schwachverkehrszeit zwischen 23:00 und 5:00 Uhr. Hier besteht aber auch gleichzeitig das größte Ruhebedürfnis.
- Zur Gewährleistung ausreichender zeitlicher Reserven (u.a. für Instandhaltung) sollte die Auslastung 144 Züge pro Tag nicht überschreiten.

- Die im KCW-Gutachten genannte Obergrenze von 150 Zügen pro Tag bis 2030 lässt sich voraussichtlich mit der Bestandsinfrastruktur realisieren.
- In der Untersuchung konnten zwei Engpassbereiche identifiziert werden:
  - 1) Nordkopf des Bahnhofs Bamberg – dieser Engpass ist in allen Verkehrszeiten gleichermaßen potenziell vorhanden.
  - 2) Südlicher Zulauf des Bahnhofs Bamberg aus Strullendorf – dieser Engpass hat nur in der Spätverkehrszeit potenziellen Charakter.

Zur Vorstellung der Ergebnisse der Studie sind die Gutachter – **Dipl.-Wi.-Ing. Stefan Tritschler**, Geschäftsführender Gesellschafter VWI Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH und **Dr. Fabian Hantsch**, Institut für Eisenbahn- und Verkehrswesen/Universität Stuttgart – in der Sitzung anwesend und stehen auch für Fragen zur Verfügung.

### 3. Fazit aus Sicht der Verwaltung

Obwohl das Ergebnis der VWI-Studie zeigt, dass der im KCW-Gutachten von 2015 prognostizierte Güterzugverkehr im betrachteten Planungshorizont 2025 bzw. längstens 2030 mit dem derzeitigen Bestandsnetz abgewickelt werden könnte, ist der Verzicht auf einen Ausbau der Bestandsstrecke und damit weiterhin die **Zweigleisigkeit der Trasse keine echte Option**.

Laut Darstellung des BMVI und der Vorgaben des Referentenentwurfes zum neuen Bundesverkehrswegeplan (s.a. TOP „Kommunikation“) ist die **Viergleisigkeit bis 2030 unbedingt erforderlich**, da sonst die Gesamtsituation aus Schienengüter, Personenfern- und Personennahverkehr einschließlich S-Bahn ohne Leistungseinbußen nicht realisierbar ist.

In der Konsequenz bedeutet dies, dass zur Wahrung der Interessen der Stadt – bezogen auf die Zeit ab 2030 – bereits heute **wesentliche Infrastrukturentscheidungen zu treffen** sind. Dazu sind im laufenden Trassenfindungsprozess folgende Weichenstellungen erforderlich: **1) Bewertung der „Ostumfahrung“** und **2) vertiefende Untersuchungen entlang der Bestandsstrecke** zur Bewertung der Varianten „Durchfahrung“ und „Optimierter Tunnel“. Hierzu wird auf die Ausführungen unter TOP „Ostumfahrung“ sowie TOP „Weitere Vorgehen“ verwiesen.

## II. Beschlussvorschlag

Der Stadtrat nimmt den Bericht der Verwaltung zur Kenntnis.

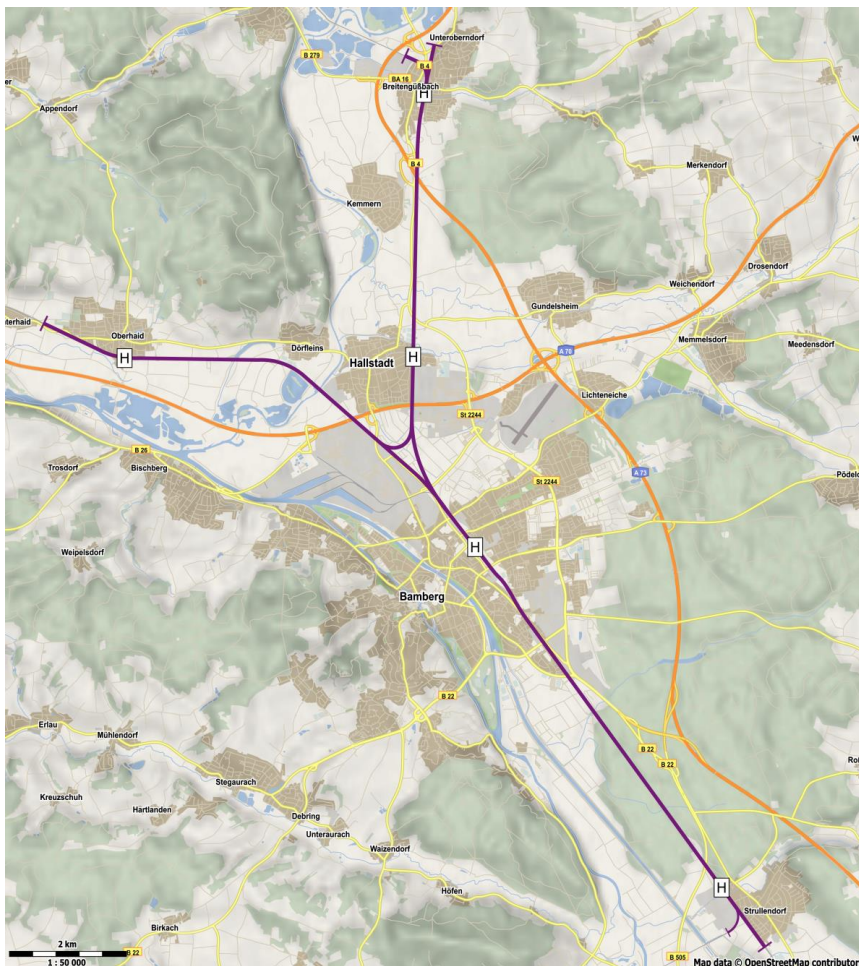
## III. Finanzielle Auswirkungen:

Der unter II. empfohlene Beschlussantrag verursacht

<b>X</b>	<b>1.</b>	keine Kosten
	<b>2.</b>	Kosten in Höhe von für die Deckung im laufenden Haushaltsjahr bzw. im geltenden Finanzplan gegeben ist
	<b>3.</b>	Kosten in Höhe von für die keine Deckung im Haushalt gegeben ist. Im Rahmen der vom Antrag stellenden Amt/Referat zu bewirtschaftenden Mittel wird folgender Deckungsvorschlag gemacht:
	<b>4.</b>	Kosten in künftigen Haushaltsjahren: Personalkosten: Sachkosten:

# Leistungsuntersuchung Knoten Bamberg – Abschlussbericht

## Untersuchung der Leistungsfähigkeit und Eng- passanalyse des Knotens Bamberg



Prof. Dr.-Ing. Ullrich Martin

Dr. Fabian Hantsch

Dipl.-Wi.-Ing. Stefan  
Tritschler

im Auftrag der Stadt Bamberg

April 2016

# **Leistungsuntersuchung Knoten Bamberg – Abschlussbericht**

**im Auftrag der Stadt Bamberg**

Prof. Dr.-Ing. Ullrich Martin

Dr. Fabian Hantsch

Dipl.-Wi.-Ing. Stefan Tritschler

Die Hauptautoren wurden bei der Erstellung dieses Berichts von Viktor Bartels, Johannes Bossert, Magnus Kizele und Markus Tideman unterstützt.

Das Titelbild zeigt den für die Leistungsuntersuchung zu Grunde gelegten Untersuchungsraum. Die Rechte von Fotos und Abbildungen im Bericht liegen bei der VWI Stuttgart GmbH, sofern dies nicht anders vermerkt ist.

Die VWI Stuttgart GmbH arbeitet in Kooperation mit dem Verkehrswissenschaftlichen Institut an der Universität Stuttgart e.V. und dem Institut für Eisenbahn- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Ullrich Martin.

Projekt-Nr. 226

Stuttgart, 20.04.16

VWI Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH

Torstraße 20

70173 Stuttgart

post@vwi-stuttgart.de

www.vwi-stuttgart.de

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Rahmenbedingungen der Leistungsuntersuchung .....</b>	<b>9</b>
2.1	Beschreibung der Infrastruktur .....	9
2.1.1	Gleistopologie .....	9
2.1.2	Sicherungstechnik.....	12
2.2	Beschreibung der Fahrzeuge .....	13
2.3	Beschreibung des Betriebsprogramms.....	13
<b>3</b>	<b>Untersuchungsergebnisse .....</b>	<b>15</b>
3.1	Leistungsverhalten .....	15
3.1.1	Ablauf der Untersuchung.....	15
3.1.2	Überblick über die makroskopischen Kenngrößen des Leistungsverhaltens .....	15
3.1.3	Auswertung des Leistungsverhaltens nach Verkehrszeiten .....	16
3.1.4	Steigerungspotenziale ohne Engpassanalyse .....	19
3.2	Engpassanalyse.....	21
3.2.1	Ablauf der Untersuchung.....	21
3.2.2	Überblick über die mikroskopischen Kenngrößen der Engpassanalyse.....	21
3.2.3	Engpassanalyse in der HVZ.....	22
3.2.4	Engpassanalyse in der NVZ.....	25
3.2.5	Engpassanalyse in der SVZ .....	29
3.2.6	Zusammenfassung der Engpassursachen .....	34
3.2.7	Steigerungspotenziale nach Engpassanalyse .....	35
<b>4</b>	<b>Schlussfolgerung.....</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>41</b>
5.1	Annahmen zur Infrastruktur.....	41
5.2	Annahmen zu den Fahrzeugen .....	41
5.3	Annahmen zum Betriebsprogramm .....	42
5.3.1	Übersicht der berücksichtigten Züge im Personenverkehr.....	42
5.3.2	Annahmen zu den Mindesthaltezeiten.....	46
5.3.3	Gleisbelegungspläne des Personenverkehrs .....	46

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Zugzahlen am Knoten Bamberg im Vergleich zwischen Jahr 2013 und BVWP-Prognose 2025 (DB Netz AG 2015). ....	7
Abbildung 2:	Steigerung der Zugzahlen im Knoten Bamberg, BVWP-Prognose 2025 unter Verwendung von (DB Netz AG 2015). ....	7
Abbildung 3:	Untersuchungsraum Knoten Bamberg. ....	10
Abbildung 4:	Knoten Bamberg (DB Netz AG 2015). ....	11
Abbildung 5:	Signal an der Strecke. ....	11
Abbildung 6:	Infrastrukturmodell des Bf Bamberg im Simulationswerkzeug. ....	12
Abbildung 7:	Wartezeitfunktion mit optimalem Leistungsbereich. ....	16
Abbildung 8:	Leistungsverhalten in der HVZ. ....	17
Abbildung 9:	Leistungsverhalten in der NVZ. ....	18
Abbildung 10:	Leistungsverhalten in der SVZ. ....	19
Abbildung 11:	Übersicht zur Güterverkehrskapazität mit optimalem Leistungsbereich nach VWI 2016 und verschiedenen Belastungen. ....	20
Abbildung 12:	Grafische Darstellung des potenziellen Engpasses in der HVZ. ....	23
Abbildung 13:	Engpässe in Abhängigkeit steigender Güterverkehrsbelastung innerhalb des Optimalen Leistungsbereichs in der HVZ. ....	24
Abbildung 14:	Grafische Darstellung des potenziellen Engpasses in der NVZ. ....	27
Abbildung 15:	Engpässe in Abhängigkeit steigender Güterverkehrsbelastung innerhalb des Optimalen Leistungsbereichs in der NVZ. ....	28
Abbildung 16:	Grafische Darstellung der potenziellen Engpässe in der SVZ. ....	31
Abbildung 17:	Engpässe in Abhängigkeit steigender Güterverkehrsbelastung innerhalb des optimalen Leistungsbereichs in der SVZ. ....	32
Abbildung 18:	Übersicht zur Güterverkehrskapazität mit optimalem Leistungsbereich einschließlich der abgeleiteten Belastungsgrenzen ohne und mit Engpassanalyse. ....	36
Abbildung 19:	Gleisplan Bahnhof Bamberg. ....	47
Abbildung 20:	Gleisbelegung Bamberg HVZ (17:00 - 19:00 Uhr) ....	48
Abbildung 21:	Gleisbelegung Breitengüßbach HVZ (17:00 - 19:00 Uhr). ....	49
Abbildung 22:	Gleisbelegung Hallstadt HVZ (17:00 - 19:00 Uhr). ....	50
Abbildung 23:	Gleisbelegung Oberhaid HVZ (17:00 - 19:00 Uhr). ....	51
Abbildung 24:	Gleisbelegung Strullendorf HVZ (17:00 - 19:00 Uhr). ....	52
Abbildung 25:	Gleisbelegung Bamberg NVZ (10:00 - 12:00 Uhr). ....	53
Abbildung 26:	Gleisbelegung Breitengüßbach NVZ (10:00 - 12:00 Uhr). ....	54

Abbildung 27:	Gleisbelegung Hallstadt NVZ (10:00 - 12:00 Uhr).....	55
Abbildung 28:	Gleisbelegung Oberhaid NVZ (10:00 - 12:00 Uhr). ....	56
Abbildung 29:	Gleisbelegung Strullendorf NVZ (10:00 - 12:00 Uhr).....	57
Abbildung 30:	Gleisbelegung Bamberg SVZ (0:00 - 2:00 Uhr). ....	58
Abbildung 31:	Gleisbelegung Breitengüßbach SVZ (0:00 - 2:00 Uhr).....	59
Abbildung 32:	Gleisbelegung Hallstadt SVZ (0:00 - 2:00 Uhr).....	60
Abbildung 33:	Gleisbelegung Oberhaid SVZ (0:00 - 2:00 Uhr). ....	61
Abbildung 34:	Gleisbelegung Strullendorf SVZ (0:00 - 2:00 Uhr).....	62

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Anteile der Relationen im Knoten Bamberg. ....	13
Tabelle 2:	Zeitscheiben zur Unterscheidung der Verkehrszeiten. ....	14
Tabelle 3:	Steigerungspotenziale ohne Engpassanalyse differenziert nach Verkehrszeiten. ....	19
Tabelle 4:	Eingangsdaten für die Engpassanalyse in der HVZ. ....	22
Tabelle 5:	Engpassanalyse für das vorliegende Betriebsprogramm in der HVZ. ...	22
Tabelle 6:	Belastung des potenziellen Engpasses in der HVZ. ....	25
Tabelle 7:	Eingangsdaten für die Engpassanalyse in der NVZ. ....	25
Tabelle 8:	Engpassanalyse für das vorliegende Betriebsprogramm in der NVZ. ...	26
Tabelle 9:	Belastung des potenziellen Engpasses in der NVZ. ....	29
Tabelle 10:	Eingangsdaten für die Engpassanalyse in der SVZ. ....	29
Tabelle 11:	Engpassanalyse für das vorliegende Betriebsprogramm in der NVZ. ...	30
Tabelle 12:	Belastung des potenziellen Engpasses 1 (Nordkopf Bamberg) in der SVZ. ....	33
Tabelle 13:	Belastung des potenziellen Engpasses 2 (Zulauf von Strullendorf) in der SVZ. ....	34
Tabelle 14:	Steigerungspotenziale unter Berücksichtigung der Engpassanalyse differenziert nach Verkehrszeiten. ....	35
Tabelle 15:	Annahmen für die Fahrstraßenbilde- und –auflösezeiten in Abhängigkeit des Stellwerkstyps. ....	41
Tabelle 16:	Verwendete Zugkonfigurationen. ....	41
Tabelle 17:	Übersicht über den in den Simulationen eingelegten Personenverkehr. ....	46
Tabelle 18:	Hinterlegte Mindesthaltezeiten nach Zuggattung / Art des Haltes. ....	46



# 1 Einführung

Der Bundesverkehrswegeplan 2003 prognostiziert für seinen Zielhorizont 2025 für den Knoten Bamberg im Vergleich zum heutigen Stand stark ansteigende Zugzahlen vor allem im Güterverkehr.

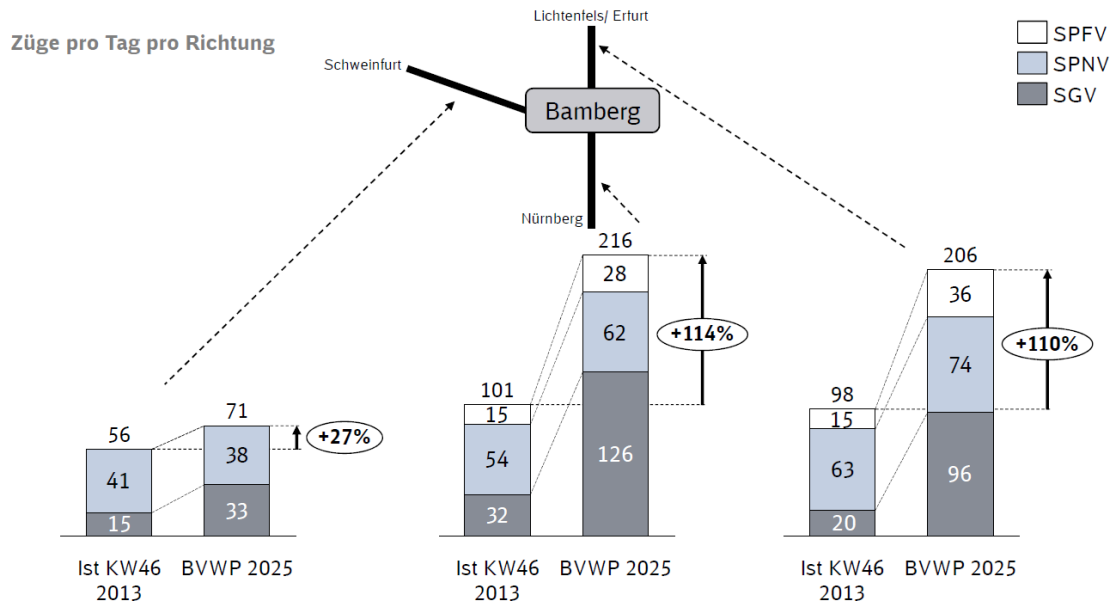


Abbildung 1: Zugzahlen am Knoten Bamberg im Vergleich zwischen Jahr 2013 und BVWP-Prognose 2025 (DB Netz AG 2015).

Bezogen auf Bamberg ergibt sich aus den im BVWP prognostizierten Zahlen, dass 264 Güterzüge pro Tag den Bf Bamberg passieren bzw. dort beginnen oder enden.

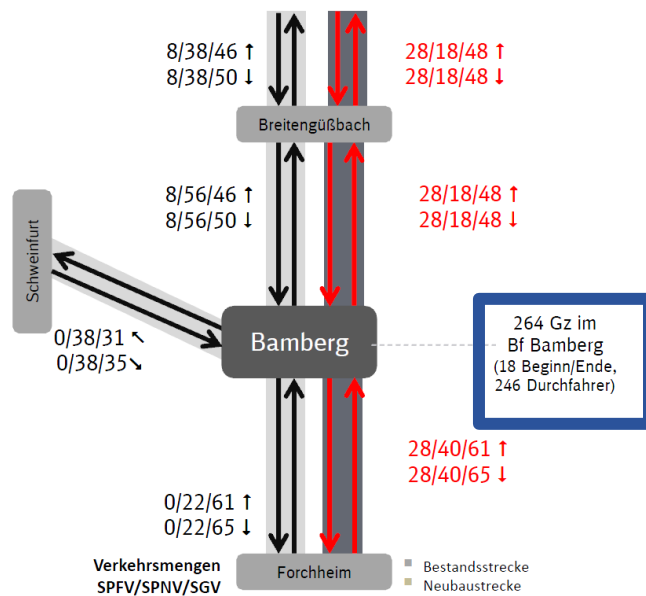


Abbildung 2: Steigerung der Zugzahlen im Knoten Bamberg, BVWP-Prognose 2025 unter Verwendung von (DB Netz AG 2015).

Ein Gutachten der KCW GmbH im Auftrag der Stadt Bamberg vom 8.6.2015 (KCW GmbH 2015) kommt in der Analyse des verkehrlichen Ausbaubedarfs hinsichtlich der zu erwartenden Steigerungen im Güterverkehr zu einer anderen Einschätzung:

*„Aus verkehrlicher Sicht ist bis 2030 kein Anstieg der Belastung erkennbar, der einen unmittelbaren Ausbaubedarf im PFA 22 induziert. (...) Überdies werden die Engpässe in Fürth bis mindestens 2030 die in Bamberg fahrbare Kapazität auf 150 Güterzüge begrenzen.“* (KCW GmbH 2015, 29)

Hier und im Folgenden beziehen sich die angegebenen Zugzahlen (sofern nicht ausdrücklich anders angegeben) auf die Summe beider Richtungen.

Der wenige Tage vor Abschluss dieser Untersuchung veröffentlichte Entwurf des Bundesverkehrswegeplans 2030 bestätigt die Einschätzung des KCW-Gutachtens und geht im Gegensatz zum Vorgänger-BVWP (statt von 264 Güterzügen pro Tag im Planfall) nur noch von 139 Güterzügen pro Tag im Planfall des Zielhorizonts 2030 für den Bf Bamberg aus.

Unabhängig von den unterschiedlichen Prognosezahlen stellt sich die Frage, welche Kapazität der Knoten Bamberg mit der Bestandsinfrastruktur (Bezugszeitpunkt 2015) besitzt. Die Aufgabenstellung des vorliegenden Gutachtens umfasst daher die Untersuchung der Bestandsinfrastruktur hinsichtlich des Leistungsverhaltens und der Engpässe.

Dabei werden unter Annahme eines zukunftsorientierten Betriebsprogramms im Personenverkehr für das Jahr 2025 u. a. folgende Fragestellungen untersucht:

### **Leistungsverhalten**

- Wie hoch dürfen die gegenseitigen Behinderungen zwischen den Zügen sein, so dass noch eine uneingeschränkt akzeptable Betriebsqualität gewährleistet werden kann?
- Wie weit kann die Belastung des Güterverkehrs gesteigert werden (verfügbare Leistungsreserve), so dass noch eine wirtschaftlich optimale Auslastung der Infrastruktur bei gleichzeitig akzeptablen mittleren gegenseitigen Beeinflussungen der Züge untereinander erreicht werden kann?

### **Engpassanalyse**

- Wo befinden sich Engpässe in der Infrastruktur?
- Bei welcher Belastung des Güterverkehrs erlangen die Engpässe erheblichen betrieblichen Einfluss?

Aus den Ergebnissen der Leistungsuntersuchung lässt sich ableiten, welche Güterzugbelastung schon mit der Bestandsinfrastruktur unter Annahme eines zukunftsorientierten Betriebsprogramms im Personenverkehr für das Jahr 2025 grundsätzlich realisiert werden kann. Diese Belastung lässt sich unmittelbar mit den von KCW (KCW GmbH 2015) bzw. im BVWP 2003 (vgl. Abbildung 1 und Abbildung 2) prognostizierten Zahlen vergleichen.

## 2 Rahmenbedingungen der Leistungsuntersuchung

### 2.1 Beschreibung der Infrastruktur

#### 2.1.1 Gleistopologie

Für die vorliegende Untersuchung wird die Bestandsinfrastruktur (Bezugszeitpunkt 2015) zu Grunde gelegt. Für die Durchführung der Leistungsuntersuchung mit der simulativen Methode wird in einem ersten Schritt ein Infrastrukturmodell für den zu betrachtenden Untersuchungsraum erstellt. Der hier betrachtete Untersuchungsraum „Knoten Bamberg“ enthält die folgenden Stationen:

- Bf Bamberg
- Bf Breitengüßbach
- Bf Hallstadt
- Bf Oberhaid
- Bf Strullendorf

Im Knoten Bamberg sind u. a. folgende Strecken miteinander verknüpft, die ebenfalls in das Infrastrukturmodell eingegeben wurden:

- 5100 Bamberg – Hof
- 5102 Bamberg – Rottendorf
- 5103 Hallstadt – Abzw Höflein
- 5900 Nürnberg – Bamberg

In der nachfolgenden Abbildung 3 ist die räumliche Ausdehnung des Untersuchungsraums dargestellt. Der Ein- bzw. Ausbruch am nördlichen Rand des Untersuchungsraums befindet sich unmittelbar nördlich der Station Breitengüßbach, am westlichen Rand des Untersuchungsraums unmittelbar im Anschluss an die Station Oberhaid und am südlichen Rand unmittelbar südlich der Station Strullendorf.

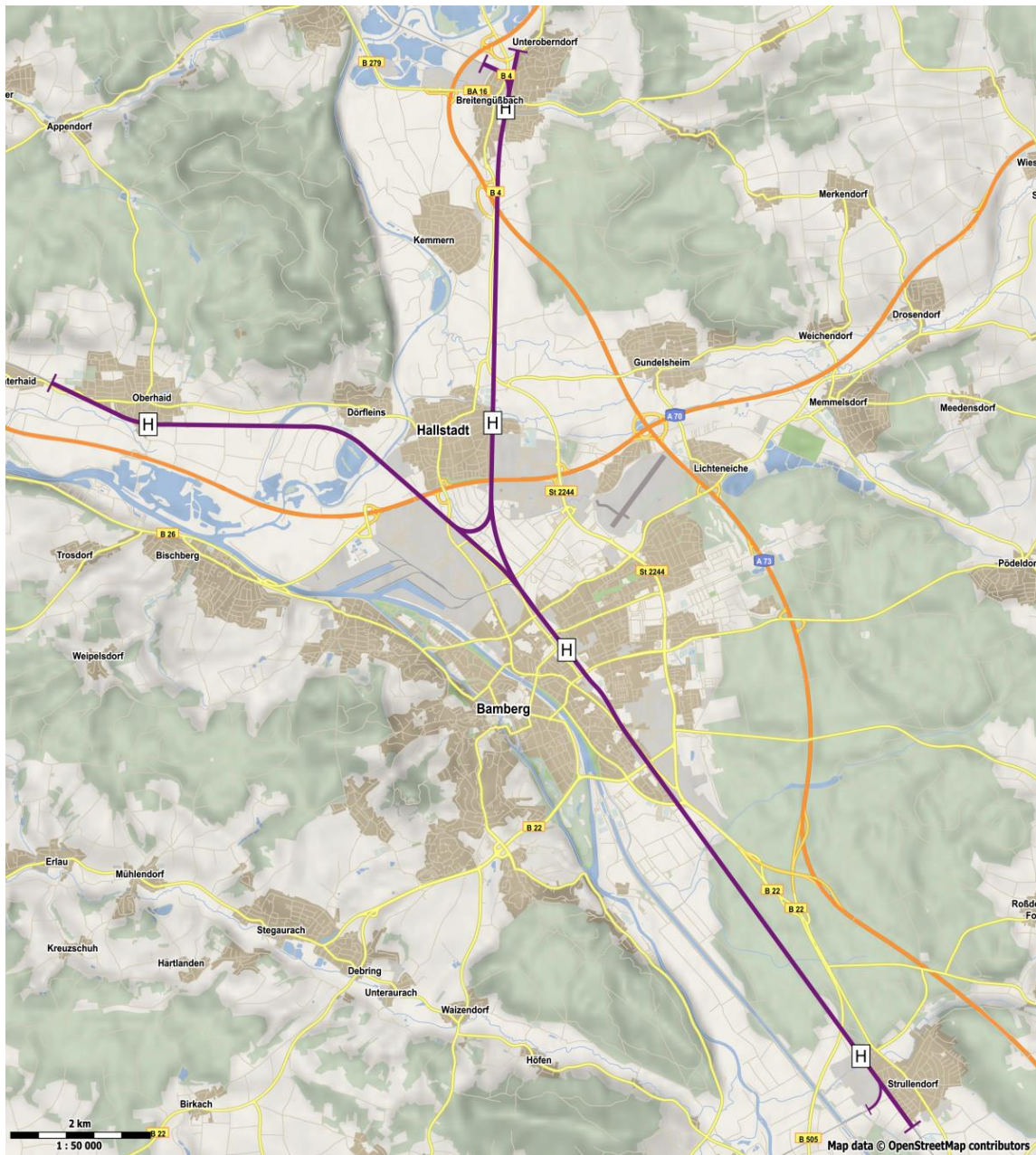


Abbildung 3: Untersuchungsraum Knoten Bamberg.

Für die Infrastrukturabbildung im Simulationsmodell sind detaillierte Angaben zur Gleis- topologie (Längen, Lage der Weichen, zulässige Maximalgeschwindigkeiten u.ä.) erforderlich. Diese Daten wurden soweit vorhanden aus dem Infrastrukturregister der DB Netz AG (DB Netz AG 2015) entnommen (vgl. zum Beispiel Abbildung 4).





Nicht berücksichtigt wurde die Längsneigung (Steigung bzw. Gefälle). Der Einfluss der Längsneigung auf die Ergebnisse für den vorliegenden Untersuchungsraum ist allerdings eher als gering einzuschätzen.

Im Bf Bamberg wurden nur die Gleise 1-6 und 8-10 für Zugfahrten sowie die notwendigen Weichenverbindungen für Zu- und Abstellfahrten einbezogen. Abbildung 6 zeigt die im Simulationswerkzeug einbezogene Infrastruktur in Bezug auf den Bf Bamberg.

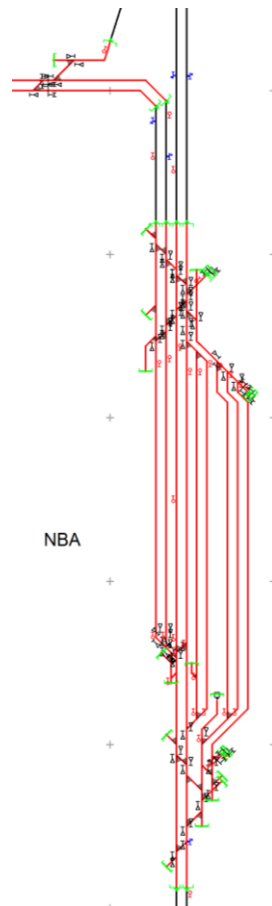


Abbildung 6: Infrastrukturmodell des Bf Bamberg im Simulationswerkzeug.

### 2.1.2 Sicherungstechnik

Die Signalstandorte wurden anhand der verfügbaren Daten des Infrastrukturregisters (DB Netz AG 2015) bzw. durch Vor-Ort-Erfassungen in das Simulationsmodell eingebracht. Hinsichtlich der Länge der Durchrutschwege wurden sinnvolle Annahmen unter Berücksichtigung der einschlägigen Regelwerke getroffen.

Hinsichtlich der Stellwerkstechnik wurde zur sicheren Seite für die Station Breitengüßbach Fahrstraßenbilde- und –auflösezeiten eines mechanischen Stellwerks ohne Teilauflösung der Fahrstraßen angenommen. Die Fahrstraßenbilde- und –auflösezeiten der übrigen Stellwerke richten sich nach den üblichen Richtwerten für Relaisstellwerke / elektronische Stellwerke mit Teilauflösung der Fahrstraßen. Detaillierte Annahmen zu den angesetzten Fahrstraßenbilde- und -auflösezeiten befinden sich in Tabelle 15 im Anhang.

## 2.2 Beschreibung der Fahrzeuge

Zur Abbildung des Betriebsprogramms wurden die verkehrenden Züge zu Gruppen verschiedener Modellzüge zusammengefasst. Dabei werden jeweils ein IC-, ein ICE-, zwei RE-, drei RB-, ein S- und ein Gz-Modellzug erstellt. Die Annahmen für die Modellzüge sind in Tabelle 16 im Anhang dargestellt.

## 2.3 Beschreibung des Betriebsprogramms

Die Grundlage für das untersuchte Betriebsprogramm ist der Personenverkehr des Jahresfahrplans 2015 (Werktag Montag-Freitag), welcher gemäß den Steigerungsraten des BVWP 2003 (vgl. Abbildung 1) punktuell verdichtet wurde. Dazu wurden im Fern- und Nahverkehr gemäß den Prognosewerten für das Jahr 2025 aus dem BVWP zusätzliche Züge (innerhalb des Untersuchungsraums konfliktfrei) in den Jahresfahrplan 2015 eingelegt. Bei der S-Bahn wurden keine Änderungen vorgenommen. Eine detaillierte Auflistung der Laufwege, Abfahrts- und Ankunftszeiten aller Personenzüge innerhalb des Untersuchungsraums befindet sich in Abschnitt 5.3.

Für die Betrachtung des Güterverkehrs müssen Annahmen getroffen werden, mit welcher Häufigkeit die möglichen Relationen im Untersuchungsraum befahren werden. Die nachfolgende Tabelle zeigt in Anlehnung an den BVWP 2003 die Anteile der Relationen im Knoten Bamberg. Im Verlauf der Untersuchung wird die Gesamtzahl der Güterzüge variiert, die Anteile der Relationen bleiben dabei aber immer gleich.

Von / Nach	Oberhaid	Breitengüßbach	Bamberg	Strullendorf
<b>Oberhaid</b>	-	0,8 %	0,4 %	<b>12,9 %</b>
<b>Breitengüßbach</b>	1,1 %	-	1,1 %	<b>34,8 %</b>
<b>Bamberg</b>	0 %	1,1 %	-	2,3 %
<b>Strullendorf</b>	<b>10,6 %</b>	<b>33,7 %</b>	1,9 %	-

Tabelle 1: Anteile der Relationen im Knoten Bamberg.

Es wird deutlich, dass unter Annahme der durch den BVWP prognostizierten Güterverkehrsströme der größte Anteil der Güterzüge auf der Relation Breitengüßbach - Strullendorf verkehrt. Ein Anteil von etwas mehr als 20% der Güterzüge verkehrt auf der Relation Oberhaid – Strullendorf. Die übrigen Züge beginnen / enden in Bamberg oder fahren ohne Halt in Bamberg zwischen Breitengüßbach und Oberhaid.

Zur Unterscheidung der Verkehrszeiten wurden drei Zeitscheiben gebildet.

Verkehrszeit	Zeiträume	Std. [h]	Referenzzeitscheibe für Simulation	Belastung durch Personenverkehr im Untersuchungsraum [Z/h]
HVZ	7:00 - 9:00 15:00 - 19:00	6	17:00 - 19:00	18
NVZ	5:00 - 7:00 9:00 - 15:00 19:00 - 23:00	12	10:00 - 12:00	13
SVZ	23:00 - 5:00	6	0:00 - 2:00	4

Tabelle 2: Zeitscheiben zur Unterscheidung der Verkehrszeiten.

Im Verlauf der Simulationen wird jeweils nicht der ganze Tag nachgebildet, sondern das Betriebsprogramm eines repräsentativen Zwei-Stunden-Zeitraums der jeweiligen Verkehrszeit. Die Belastungen durch Personenverkehr im Untersuchungsraum beziehen sich auf die Zugzahlen des Jahresfahrplans 2015 plus punktuelle Verdichtungen gemäß BVWP 2003. Es ist zu beachten, dass im Untersuchungsraum wendende Züge in der Zählung aus Tabelle 2 nur einmal eingehen (auch wenn zwei unterschiedliche Zugnummern im Fahrplan vergeben wurden).

Wendende Züge werden auch im Simulationsmodell durch Wendeverknüpfungen korrekt abgebildet. Als pauschal einzuhaltende Mindestwendezeit werden einheitlich 6 Minuten angesetzt, welche auch bei neu eingesetzten Zügen wirksam werden. Für das Flügeln und Kuppeln wird jeweils eine Mindestzeit von 2 Minuten angesetzt.

Die für die planmäßigen Halte angesetzte Mindesthaltezeit wird in Abhängigkeit von der Station und Zugkonfiguration nach den Richtwerten der DB Richtlinie 405 (DB Netz AG 2008) festgelegt. Die angesetzten Werte finden sich in Tabelle 18 im Anhang.



## 3 Untersuchungsergebnisse

### 3.1 Leistungsverhalten

#### 3.1.1 Ablauf der Untersuchung

Grundlage für die Ableitung der kapazitätsrelevanten Kenngrößen ist die Simulation von Fahrplänen unterschiedlicher Verdichtungsstufen für den Güterverkehr, bei denen das Betriebsprogramm (Zugmix der einzelnen Güterzugrelationen) allerdings in seiner Struktur (Martin und Chu 2012), (Chu 2014) nicht verändert wird. Diese Fahrpläne werden mit dem durch den Auftragnehmer entwickelten Programm PULEIV (Programm zur Unterstützung bei der Bestimmung des Leistungsverhaltens von Eisenbahninfrastrukturen<sup>1</sup>) erzeugt und anschließend im externen Simulationstool RailSys<sup>2</sup> simuliert. Zur Auswertung werden die Simulationsprotokolle der Fahrpläne in PULEIV eingelesen und weiterverarbeitet. Für die drei betrachteten Verkehrszeiten wurden jeweils 80 Fahrplanverdichtungen erzeugt, simuliert und in die Bewertung einbezogen.

#### 3.1.2 Überblick über die makroskopischen Kenngrößen des Leistungsverhaltens

Mit Hilfe der Software PULEIV wird aus den Simulationsergebnissen jeweils die sog. Wartezeitfunktion abgeleitet (Martin, Schmidt und Chu 2011). Sie beschreibt den Zusammenhang zwischen vorliegender Belastung und den bei dieser Belastung auftretenden mittleren Wartezeiten pro Zug (d. h. vereinfachend: behinderungsbedingten Verspätungen). Die Wartezeit dient als Maß für die gegenseitige Beeinflussung der Züge. Es ist zu beachten, dass in der Wartezeitfunktion lediglich die behinderungsbedingten Wartezeiten (Verspätungen), welche aus der gegenseitigen Beeinflussung der Fahrten resultieren, berücksichtigt werden. Die im Betrieb stochastisch auftretenden Störungen durch Haltezeitverlängerungen werden im Rahmen von Betriebssimulationen einbezogen, welche nicht Bestandteil dieser Untersuchung sind und auch im vorliegenden groben Detaillierungsgrad des zukünftigen Fahrplans mit einer hohen Unsicherheit behaftet wären. Aus der Wartezeitfunktion lässt sich der sog. optimale Leistungsbereich bestimmen (Martin, Schmidt und Chu 2011). Der optimale Leistungsbereich ist ein Intervall von Belastungen, unter welchen die gegebene Infrastruktur bei gegebenem Betriebsprogramm wirtschaftlich optimal betrieben werden kann.

Erfahrungsgemäß sollte für eine uneingeschränkt akzeptable Auslastung der Infrastruktur die Belastung nicht über das untere Drittel des optimalen Leistungsbereichs hinaus erhöht werden (s. grüner Bereich in Abbildung 7). Wird eine Infrastruktur dagegen im Bereich der oberen Grenze des optimalen Leistungsbereichs betrieben, sind zum Ausgleich von innerhalb des Untersuchungsraums auftretenden Behinderungen zusätzliche Ausgleichsmaßnahmen in angrenzenden Infrastrukturbereichen und/oder durch andere geeignete

---

<sup>1</sup> PULEIV, Version 2.2, Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH

<sup>2</sup> RailSys, Version 7.6.12, RMCon Rail Management Consultants

Maßnahmen innerhalb des Untersuchungsraumes (z. B. Erhöhung der technischen Zuverlässigkeit) vorzusehen (s. gelber Bereich in Abbildung 7).

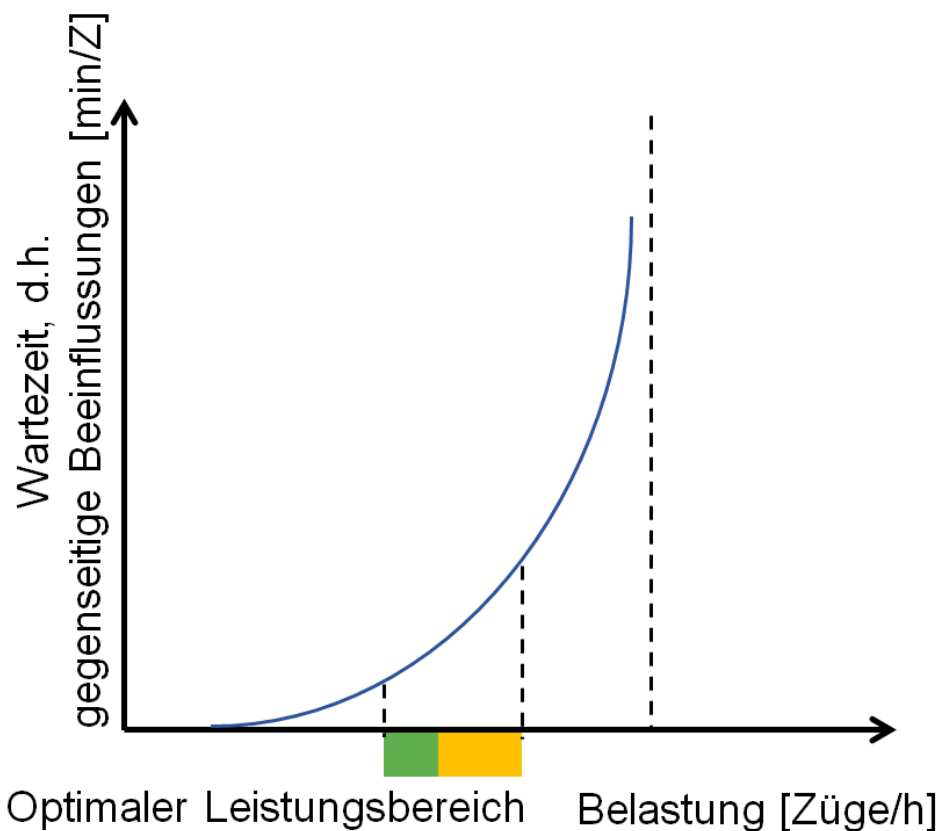


Abbildung 7: Wartezeitfunktion mit optimalem Leistungsbereich.

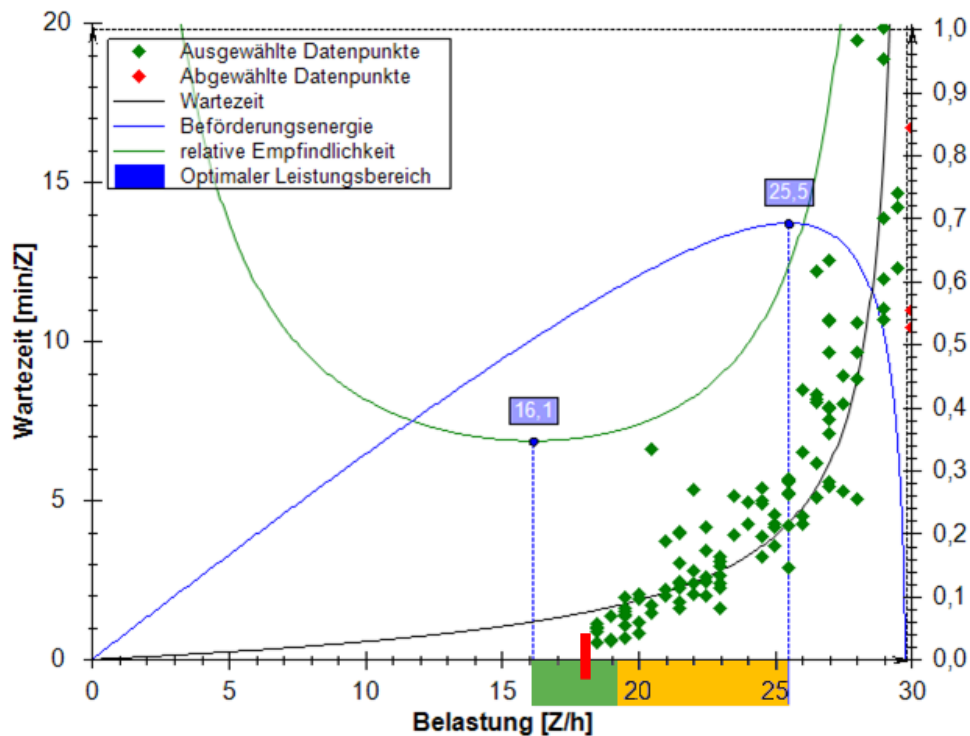
Aus den folgenden Darstellungen der Abbildung 8, Abbildung 9 und Abbildung 10 sind die Wartezeitfunktionen der drei betrachteten Verkehrszeiten HVZ, NVZ und SVZ ersichtlich. Jeder Punkt repräsentiert hierbei die mittlere Wartezeit pro Zug für einen Fahrplan der jeweiligen Verdichtungsstufe. Die Wartezeitfunktion ergibt sich durch Interpolation der simulierten diskreten Messwerte. Zudem sind die optimalen Leistungsbereiche (jeweils unterteilt in den Belastungsbereich „uneingeschränkt akzeptabel“ (grün) und „akzeptabel risikobehaftet“ (gelb)) grafisch hervorgehoben.

### 3.1.3 Auswertung des Leistungsverhaltens nach Verkehrszeiten

#### 3.1.3.1 Leistungsverhalten in der Hauptverkehrszeit

In der HVZ ist die Infrastruktur durch die bereits relativ hohe Belastung an Personenverkehr auch schon ohne Güterverkehr wirtschaftlich optimal ausgelastet. In der Folge ist der Spielraum für zusätzlichen Güterverkehr gering. Es können bei einer uneingeschränkt akzeptablen Auslastung der Infrastruktur bis zu 1,2 Güterzüge pro Stunde unter der in Tabelle 1 angegebenen Verteilung verkehren.

Die mittlere gegenseitige Beeinflussung zwischen den Zügen für einen Betrieb im wirtschaftlich optimalen Bereich ist mit 1 – 4 min auf Grund des geringen Anteils an Güterverkehr verhältnismäßig klein.



 = Belastung Personenverkehr

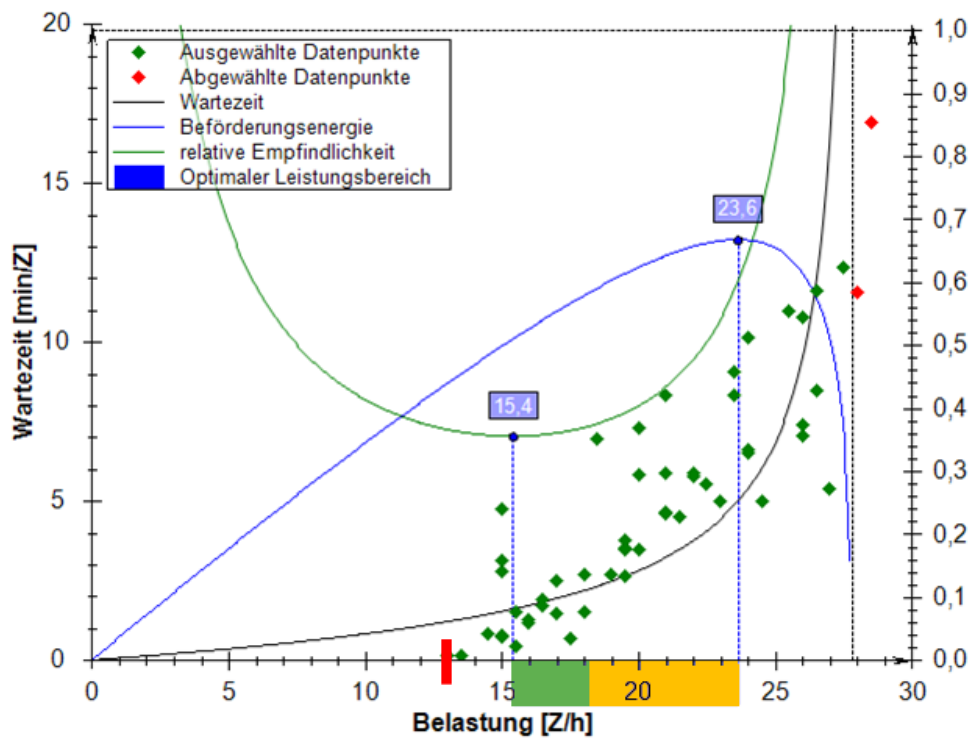
Abbildung 8: Leistungsverhalten in der HVZ.

### 3.1.3.2 Leistungsverhalten in der Nebenverkehrszeit

In der NVZ lastet der Personenverkehr die Infrastruktur nicht wirtschaftlich optimal aus. Daher besteht in dieser Verkehrszeit Spielraum für zusätzliche Güterzüge. Es können bei einer uneingeschränkt akzeptablen Auslastung der Infrastruktur bis zu 5,1 Güterzüge pro Stunde unter der in Tabelle 1 angegebenen Verteilung verkehren.

Da die NVZ den halben Tag abdeckt, wirkt sich dies stark auf die verfügbare Gesamtkapazität des Güterverkehrs aus.

Die mittlere gegenseitige Beeinflussung zwischen den Zügen für einen Betrieb im wirtschaftlich optimalen Bereich liegt mit 1,5 – 5 min leicht höher als in der HVZ. Grund ist der relativ höhere Anteil des Güterverkehrs, der im Vergleich zum fixierten Personenverkehr stochastisch beeinflusste Einbruchzeiten in den Untersuchungsraum hat.



= Belastung Personenverkehr

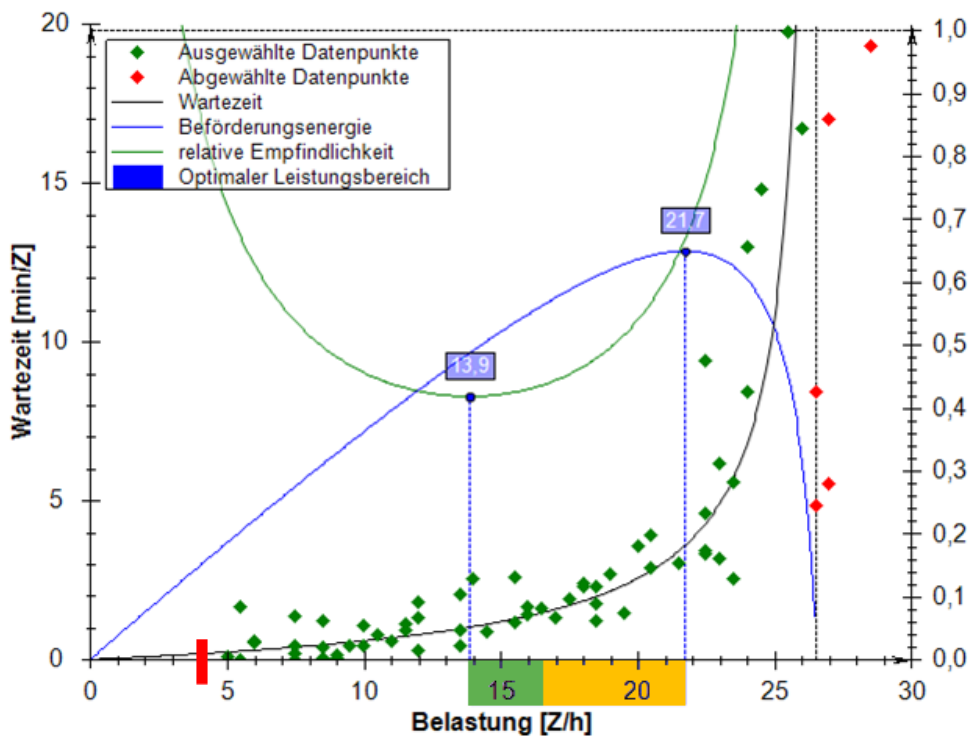
Abbildung 9: Leistungsverhalten in der NVZ.

### 3.1.3.3 Leistungsverhalten in der Spätverkehrszeit

In der SVZ lastet der Personenverkehr wie in der NVZ die Infrastruktur nicht wirtschaftlich optimal aus. Auch hier besteht erheblicher Spielraum für zusätzliche Güterzüge. Es können bei einer uneingeschränkt akzeptablen Auslastung der Infrastruktur bis zu 12,5 Güterzüge pro Stunde unter der in Tabelle 1 angegebenen Verteilung verkehren.

Da in der SVZ nur wenige Personenzüge unterwegs sind, liegt in dieser Zeitscheibe das größte Potenzial für eine Steigerung des Güterverkehrs. Daher ist die SVZ für die Kapazität des Güterverkehrs trotz der kürzeren Zeitspanne ähnlich bedeutsam wie die NVZ.

Die mittlere gegenseitige Beeinflussung zwischen den Zügen für einen Betrieb im wirtschaftlich optimalen Bereich ist mit 1 – 4 min vergleichbar mit den Werten der HVZ, obwohl der Anteil an mit stochastischen Einbruchszeiten verkehrendem Güterverkehr am höchsten ist. Grund ist das sehr homogene Betriebsprogramm (hoher Anteil von Zügen mit gleichartiger Fahrodynamik, gleichartigen Haltemustern etc.).



█ = Belastung Personenverkehr

Abbildung 10: Leistungsverhalten in der SVZ.

### 3.1.4 Steigerungspotenziale ohne Engpassanalyse

In einer ersten Näherung kann aus den optimalen Leistungsbereichen der drei Verkehrszeiten bereits ohne detaillierte Engpassanalyse das Steigerungspotenzial für den Güterverkehr abgeleitet werden. Hierbei nehmen wir bei der möglichen Güterverkehrsbelastung bei wirtschaftlich optimaler Auslastung der Infrastruktur jeweils nur das untere Drittel der optimalen Leistungsbereiche in Anspruch (entsprechend einer uneingeschränkt akzeptablen Qualität), um insbesondere auch die erforderlichen Instandhaltungsfenster sowie zeitliche Reserven innerhalb des Untersuchungsraums zu berücksichtigen. Bei dieser Belastung sind die gegenseitigen Beeinflussungen zwischen den Zügen so gering, dass stabilisierende Maßnahmen in angrenzenden Netzbereichen nicht erforderlich sind.

Verkehrszeit	Std. [h]	Belastung durch Personenverkehr im Untersuchungsraum [Z/h]	Mögliche Güterverkehrsbelastung bei wirtschaftlich optimaler Auslastung der Infrastruktur [Z/h]	Güterverkehr gesamt [Z/d]
HVZ	6	18	1,2	7,4
NVZ	12	13	5,1	61,6
SVZ	6	4	12,5	75

Tabelle 3: Steigerungspotenziale ohne Engpassanalyse differenziert nach Verkehrszeiten.

In der Summe ergibt sich eine bei uneingeschränkt akzeptabler, wirtschaftlich optimaler Auslastung der Infrastruktur fahrbare Güterzugzahl von 144 Zügen / Tag. Dabei ist zu beachten, dass insgesamt 75 Züge in der SVZ (23:00 – 5:00 Uhr) zu fahren sind. Der Wert von 144 Zügen / Tag liegt deutlich unterhalb der im BVWP 2003 für 2025 prognostizierten Zahl von 264 Zügen / Tag.

Zusammenfassend ist in der nachfolgenden Abbildung 11 ein Überblick über die Güterverkehrskapazität gegeben, in welchem neben dem ermittelten optimalen Leistungsbe- reich sowie der empfohlenen Belastungsgrenze für eine uneingeschränkt akzeptable Qua- lität (ohne Engpassanalyse) auch die genutzte Kapazität in KW 46, 2013, die von KCW prognostizierte Belastung bis 2030 sowie die Prognose des BVWP 2003 für 2025 darge- stellt ist.

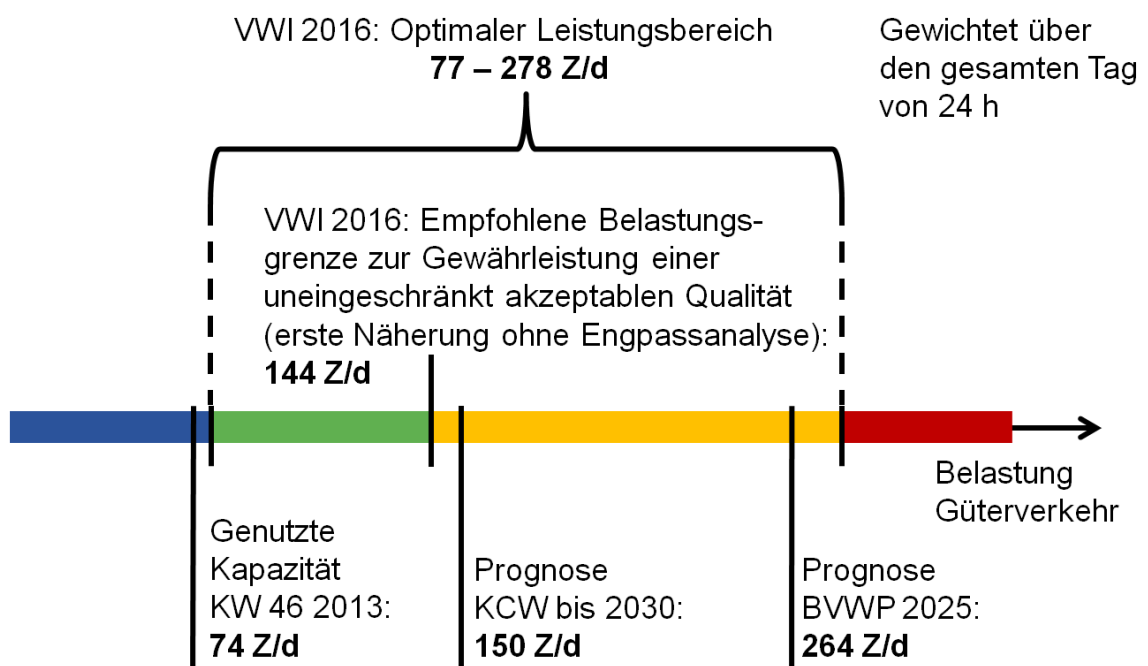


Abbildung 11: Übersicht zur Güterverkehrskapazität mit optimalem Leistungsbereich nach VWI 2016 und verschiedenen Belastungen.

In Analogie zur Darstellung der einzelnen optimalen Leistungsbereiche der verschiedenen Verkehrszeiten besteht im grünen Bereich eine uneingeschränkt akzeptable Auslastung der Infrastruktur. Im gelben Bereich sind ausgleichende Maßnahmen in angrenzenden Netzbereichen erforderlich. Im blauen Bereich liegen sehr niedrigen Belastungen, bei welchen die Infrastruktur nicht wirtschaftlich ausgelastet ist. Der rote Bereich ist durch eine mangelhafte Qualität auf Grund von sehr hohen gegenseitigen Beeinflussungen der Züge untereinander gekennzeichnet und daher dringend zu meiden.

Als Ergebnis der Untersuchung des Leistungsverhaltens wird deutlich, dass die Bestandsinfrastruktur des Knotens Bamberg die im BVWP 2003 für 2025 prognostizierten Güterverkehre bei einer wirtschaftlich optimalen Auslastung nur unter einer risikobehafteten Qualität verarbeiten kann, falls in angrenzenden Netzbereichen in allen Verkehrszeiten ausreichend Reserven zum Abbau von Verspätungen vorhanden sind. Für ein solches

Betriebsprogramm wäre allerdings ein 24h-Betrieb insbesondere mit über 100 Güterzügen in der Spätverkehrszeit 23:00 – 5:00 Uhr erforderlich.

Zur Gewährleistung ausreichender zeitlicher Reserven (u. a. für Instandhaltung) sollte daher eine Auslastung von 144 Zügen pro Tag nicht überschritten werden. Damit lässt sich die im KCW-Gutachten genannte Obergrenze der prognostizierten Steigerungen bis 2030 von 150 Güterzügen pro Tag bereits mit der Bestandsinfrastruktur ohne größere Qualitätseinbußen realisieren.

## **3.2 Engpassanalyse**

### **3.2.1 Ablauf der Untersuchung**

Die Engpassanalyse (Hantsch, Li und Martin 2013) basiert, wie die Untersuchung des Leistungsverhaltens, auf einem vorgegebenen groben Betriebsprogramm. Eine Engpassanalyse beantwortet u.a. insbesondere die Frage, an welchen Stellen innerhalb des Untersuchungsraums potenzielle Engpässe vorliegen, d.h. Infrastrukturabschnitte, die mit einer hohen Wahrscheinlichkeit bei zunehmender Belastung sensibel in Hinsicht auf dort auftretende Behinderungen reagieren. Darüber hinaus lässt sich ermitteln, wie weit die Güterverkehrsbelastung innerhalb des optimalen Leistungsbereichs erhöht werden kann, bis der erste potenzielle Engpass in Abhängigkeit der festgelegten Grenze der Betriebsqualität, der Struktur des Betriebsprogramms und der betrachteten Belastung erheblichen betrieblichen Einfluss hat. Ergänzt wird die Engpassanalyse durch eine Ursachenanalyse für die gefundenen Engpässe.

Die Engpassanalyse wurde für alle drei Verkehrszeiten (HVZ, NVZ und SVZ) separat durchgeführt, um hinreichend detaillierte Erkenntnisse zu gewinnen. Für jede der drei untersuchten Verkehrszeiten wurden 40 zusätzliche Fahrplanverdichtungen mit Belastungen innerhalb des Optimalen Leistungsbereichs erzeugt, im Simulationswerkzeug simuliert und in PULEIV in die Bewertung einbezogen.

### **3.2.2 Überblick über die mikroskopischen Kenngrößen der Engpassanalyse**

Als mikroskopische Indikatoren der Engpassanalyse dienen im Rahmen dieser Untersuchung die Engpassrelevanz sowie die Engpasssignifikanz (Hantsch, Li und Martin 2013). Die Engpassrelevanz beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Infrastrukturabschnitt als Engpass unter bestimmten Bedingungen (Struktur des Betriebsprogramms) in Erscheinung tritt und verdeutlicht somit das Engpasspotential innerhalb eines Untersuchungsraums bei Anwendung eines Betriebsprogramms. Sie wird mikroskopisch auf jedem Belegungselement (z. B. Weiche) separat unter Berücksichtigung der dort in den verdichteten Fahrplänen auftretenden Belegungen und Behinderungen berechnet. Aus den Bereichen mit der höchsten Engpassrelevanz lässt sich ableiten, an welcher Stelle der Infrastruktur unter dem gegebenen Betriebsprogramm Engpässe im Betrieb zu erwarten sind (potenzielle Engpässe). Die Signifikanz eines Engpasses beschreibt, ob ein Engpass in Abhängigkeit von der festgelegten Grenze der Betriebsqualität, der Struktur eines bestimmten Betriebsprogramms und der betrachteten Belastung (Verdichtungsstufe) real auch tatsächlich betrieblichen Einfluss erlangt. Sie wird ebenfalls mikroskopisch auf jedem



Belegungselement (z. B. Weiche) separat unter Berücksichtigung der dort in den verdichteten Fahrplänen auftretenden Belegungen und Behinderungen berechnet.

### 3.2.3 Engpassanalyse in der HVZ

#### 3.2.3.1 Betriebsprogramm in der HVZ

<b>Eingangsfahrplan: Personenverkehr (PV) des Jahresfahrplans 2015 (Werktag Mo-Fr), der gemäß den Steigerungsraten des BVWP 2025 punktuell verdichtet wurde</b>	
Fahrplanausschnitt: 17:00 Uhr bis 19:00 Uhr	
Durchschnittliche Zugzahl (PV): 18 Züge/h	
<b>Grobes Betriebsprogramm (PV)</b>	
<b>Fernreisezug</b>	19,4 %
<b>Nahreisezug</b>	75 %
<b>S-Bahn</b>	5,6 %

Tabelle 4: Eingangsdaten für die Engpassanalyse in der HVZ.

Das Betriebsprogramm des HVZ wird von Nahreisezügen (RE, RB, ag) dominiert. Drei Viertel der verkehrenden Züge innerhalb des Untersuchungsraums sind dieser Klasse zuzuordnen. Die Fernreisezüge machen etwa ein Fünftel des gesamten Verkehrsaufkommens in dieser Verkehrszeit aus, der S-Bahn-Verkehr trägt mit nur etwa 5% zum gesamten Personenverkehr bei.

#### 3.2.3.2 Potentielle Engpässe in der HVZ

Für das in der HVZ angewandte Betriebsprogramm bildet sich im Untersuchungsraum nur ein potenzieller Engpass heraus. Dieser befindet sich am Nordkopf des Bf Bamberg im östlichen Teil der höhengleichen Ein- / Ausfädelung der Strecken 5100 und 5102 und hat bereits bei einer relativ geringen Güterverkehrsbelastung von 1,7 Zügen / h erheblichen betrieblichen Einfluss.

<b>Engpassanalyse für das vorliegende Betriebsprogramm</b>	
<b>Anzahl potenzieller Engpässe</b>	1
<b>Erster potenzieller Engpass hat erheblichen betrieblichen Einfluss ab einer Belastung von</b>	1,7 Güterzügen / h

Tabelle 5: Engpassanalyse für das vorliegende Betriebsprogramm in der HVZ.



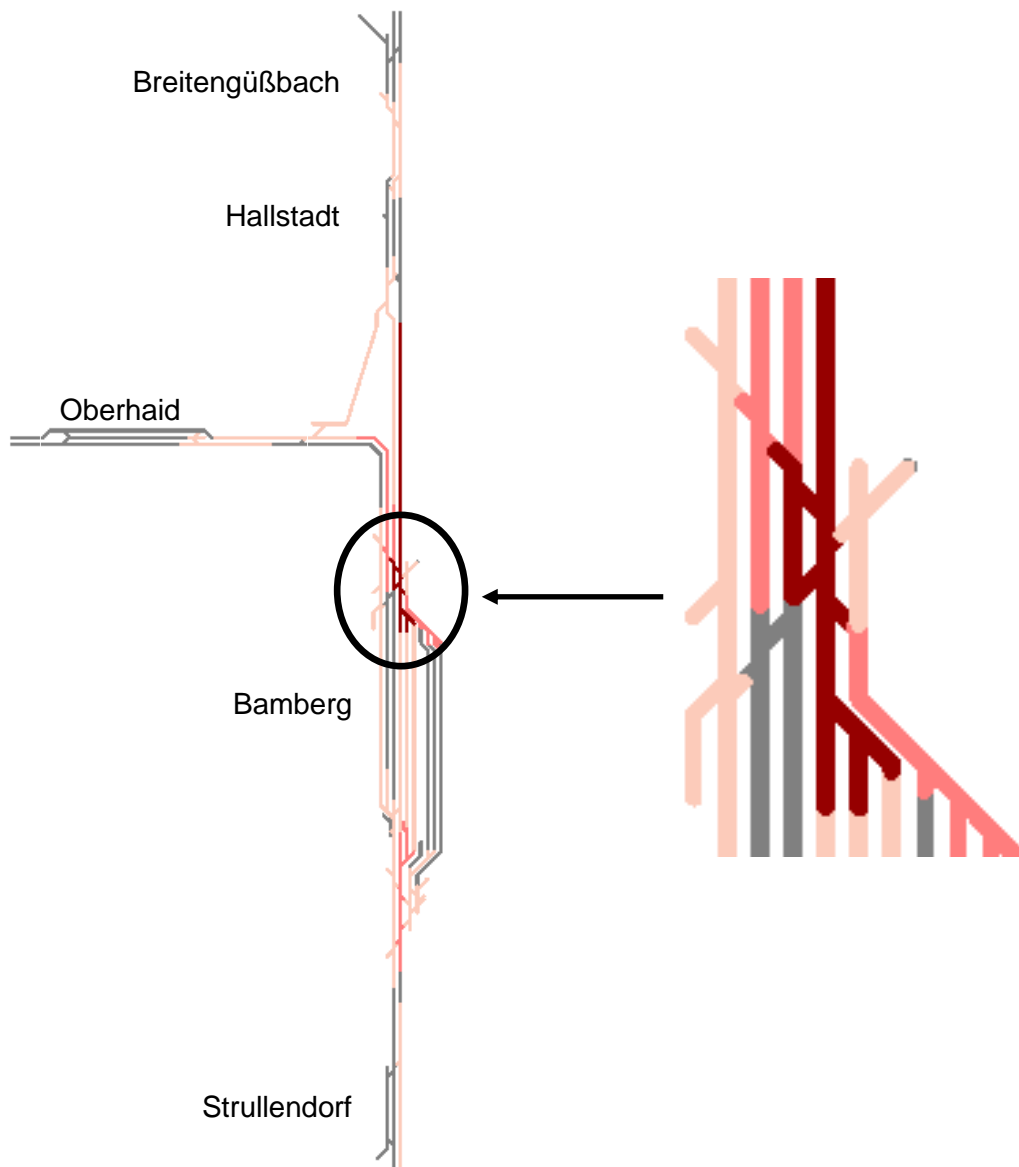


Abbildung 12: Grafische Darstellung des potenziellen Engpasses in der HVZ.

In Abbildung 12 entspricht eine dunkelrote Markierung einem Infrastrukturabschnitt mit hoher Engpassrelevanz, wohingegen an Infrastrukturabschnitten mit mittel bzw. leicht roter Markierung nur eine mittlere bzw. geringe Engpassrelevanz vorliegt. Diese farbliche Darstellung gilt ebenso bei der nachfolgenden Betrachtung der Engpasssignifikanz.

### 3.2.3.3 Engpassentstehung in der HVZ

Durch die Betrachtung der Engpasssignifikanz bei steigender Belastung innerhalb des optimalen Leistungsbereichs lässt sich erkennen, an welchen Infrastrukturabschnitten ab welcher Belastung eine hohe Engpasssignifikanz vorliegt. Hierdurch lässt sich erkennen, ab welcher Belastung der gefundene potenzielle Engpass erstmalig auch erheblich betrieblich wirksam wird (d.h. eine hohe Engpasssignifikanz aufweist).

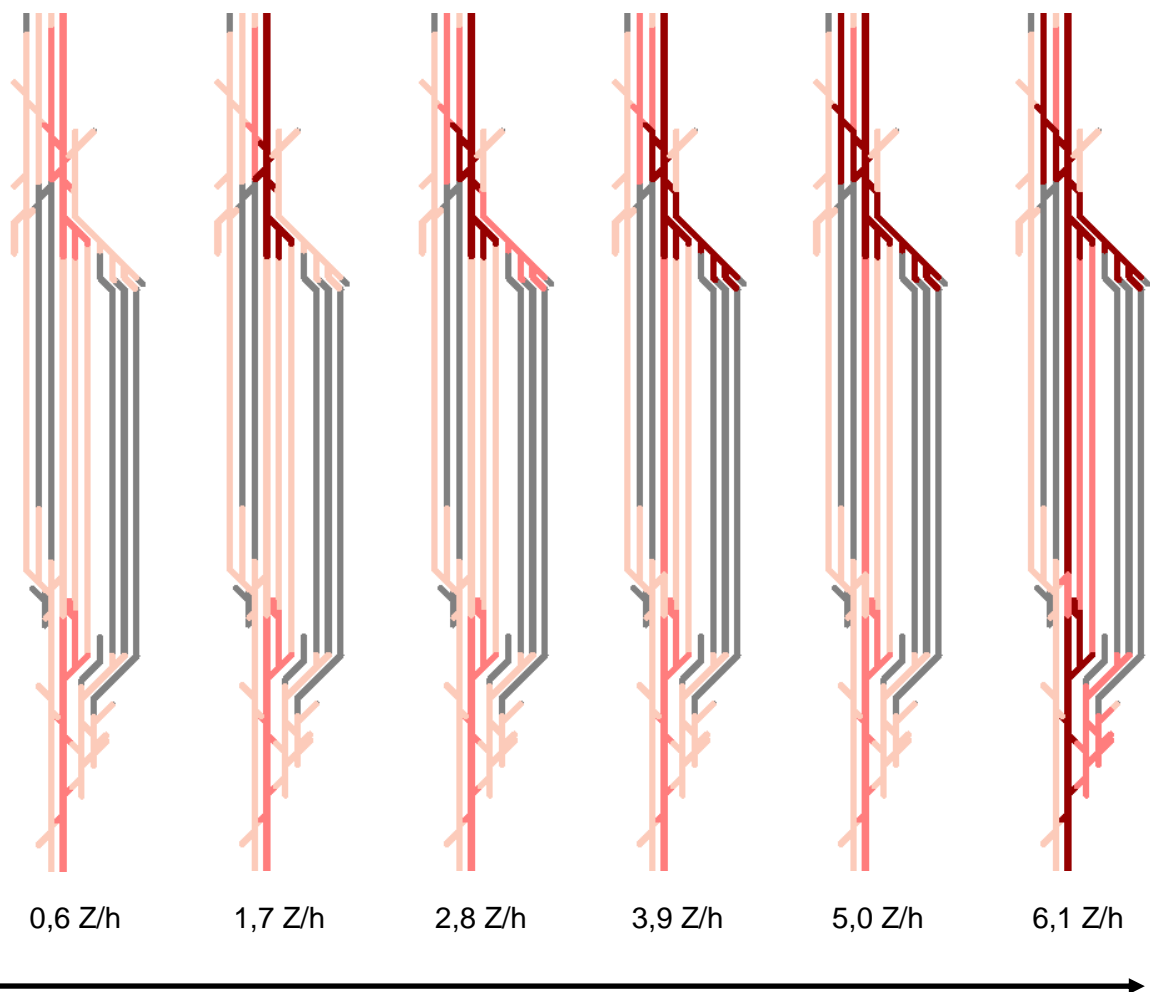


Abbildung 13: Engpässe in Abhängigkeit steigender Güterverkehrsbelastung innerhalb des Optimalen Leistungsbereichs in der HVZ.

In der Hauptverkehrszeit bildet sich bei steigender Güterverkehrsbelastung zunächst der Nordkopf des Bf Bamberg als Engpass heraus. Erst bei einer sehr hohen Güterverkehrsbelastung innerhalb des optimalen Leistungsbereichs (6,1 Züge / Stunde) ist auch am südlichen Gleisvorfeld mit einem für den Betrieb einflussreichen Engpass zu rechnen.

### 3.2.3.4 Belastung des potenziellen Engpasses in der HVZ

In der nachfolgenden Tabelle 6 wird die Querschnittsbelastung an der am stärksten belasteten Stelle (blaue Markierung) innerhalb des potenziellen Engpasses (dunkelrot) dargestellt. Hierbei werden getrennt die fixierte Belastung des Personenverkehrs sowie die mittlere Belastung (abhängig vom gewählten stochastischen Fahrplan) des Güterverkehrs an der Obergrenze des optimalen Leistungsbereichs ausgewiesen.

Es wird unmittelbar deutlich, dass in der HVZ am betroffenen Querschnitt eine hohe Belastung unterschiedlich gerichteter Verkehrsströme vorliegt, wodurch gegenseitige Behinderungen der beteiligten Fahrten sehr wahrscheinlich werden.

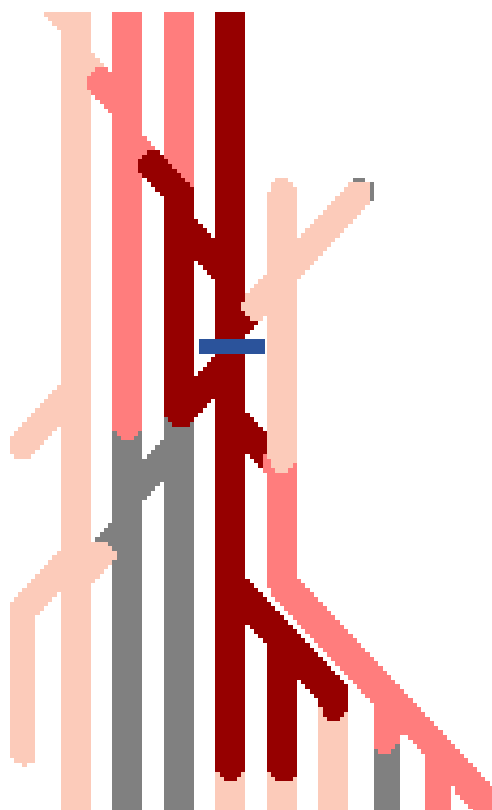
	<b>Richtung</b>	<b>Belastung Personenverkehr</b>
	Nord - Süd	3,5 Züge/h
	Süd - Nord	7,5 Züge/h
	<b>Richtung</b>	<b>Mittlere Belastung Güterverkehr (Obergrenze OLB)</b>
	Nord - Süd	1,1 Züge/h
Süd - Nord	2,5 Züge/h	

Tabelle 6: Belastung des potenziellen Engpasses in der HVZ.

### 3.2.4 Engpassanalyse in der NVZ

#### 3.2.4.1 Betriebsprogramm in der NVZ

<b>Eingangsfahrplan: Personenverkehr (PV) des Jahresfahrplans 2015 (Werktag Mo-Fr), der gemäß den Steigerungsraten des BVWP 2025 punktuell verdichtet wurde</b>	
Fahrplanausschnitt: 10:00 Uhr bis 12:00 Uhr	
Durchschnittliche Zugzahl (PV): 13 Züge/h	
<b>Grobes Betriebsprogramm (PV)</b>	
<b>Fernreisezug</b>	19,2 %
<b>Nahreisezug</b>	73,1 %
<b>S-Bahn</b>	7,7 %

Tabelle 7: Eingangsdaten für die Engpassanalyse in der NVZ.

Das Betriebsprogramm der NVZ entspricht nahezu vollständig dem Betriebsprogramm der HVZ, allerdings bei einer reduzierten Gesamtzugzahl. Der S-Bahn-Verkehrsanteil ist im

Vergleich zur HVZ leicht höher, wohingegen der Anteil an Nahreisezügen etwas niedriger liegt. Der Anteil des Fernreiseverkehrs ist nahezu unverändert.

### 3.2.4.2 Potenzielle Engpässe in der NVZ

Für das Betriebsprogramm der NVZ tritt im Untersuchungsraum ein potenzieller Engpass auf. Dieser Engpass befindet sich am Nordkopf des Bf Bamberg im Bereich der höhen-gleichen Ein- / Ausfädelung der Strecken 5100 und 5102 vor, nimmt im Vergleich zur HVZ aber fast die volle Breite des Gleisvorfeldes ein. Erheblichen betrieblichen Einfluss erlangt dieser Engpass ab einer Güterzugbelastung von 6,1 Zügen / Stunde.

<b>Engpassanalyse für das vorliegende Betriebsprogramm</b>	
<b>Anzahl potenzieller Engpässe</b>	1
<b>Erster potenzieller Engpass hat erheblichen betrieblichen Einfluss ab einer Belastung von</b>	6,1 Güterzüge/h

Tabelle 8: Engpassanalyse für das vorliegende Betriebsprogramm in der NVZ.

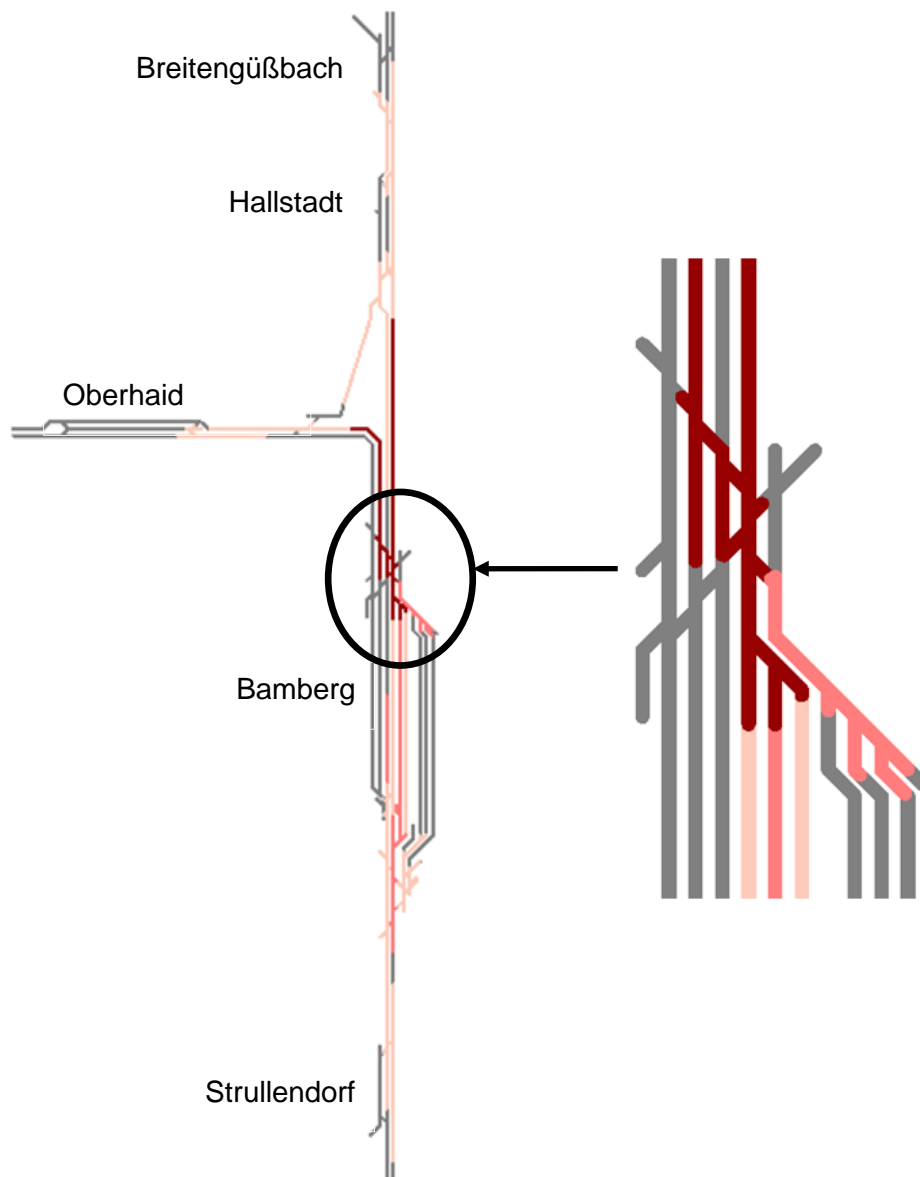


Abbildung 14: Grafische Darstellung des potenziellen Engpasses in der NVZ.

### 3.2.4.3 Engpassentstehung in der NVZ

Durch die Betrachtung der Engpasssignifikanz bei steigender Belastung innerhalb des optimalen Leistungsbereichs lässt sich erkennen, an welchen Infrastrukturabschnitten bei welcher Belastung eine hohe Engpasssignifikanz vorliegt. Hier wird deutlich, ab welcher Belastung der potenzielle Engpass erstmalig auch erheblich betrieblich wirksam wird (d.h. eine hohe Engpasssignifikanz aufweist).

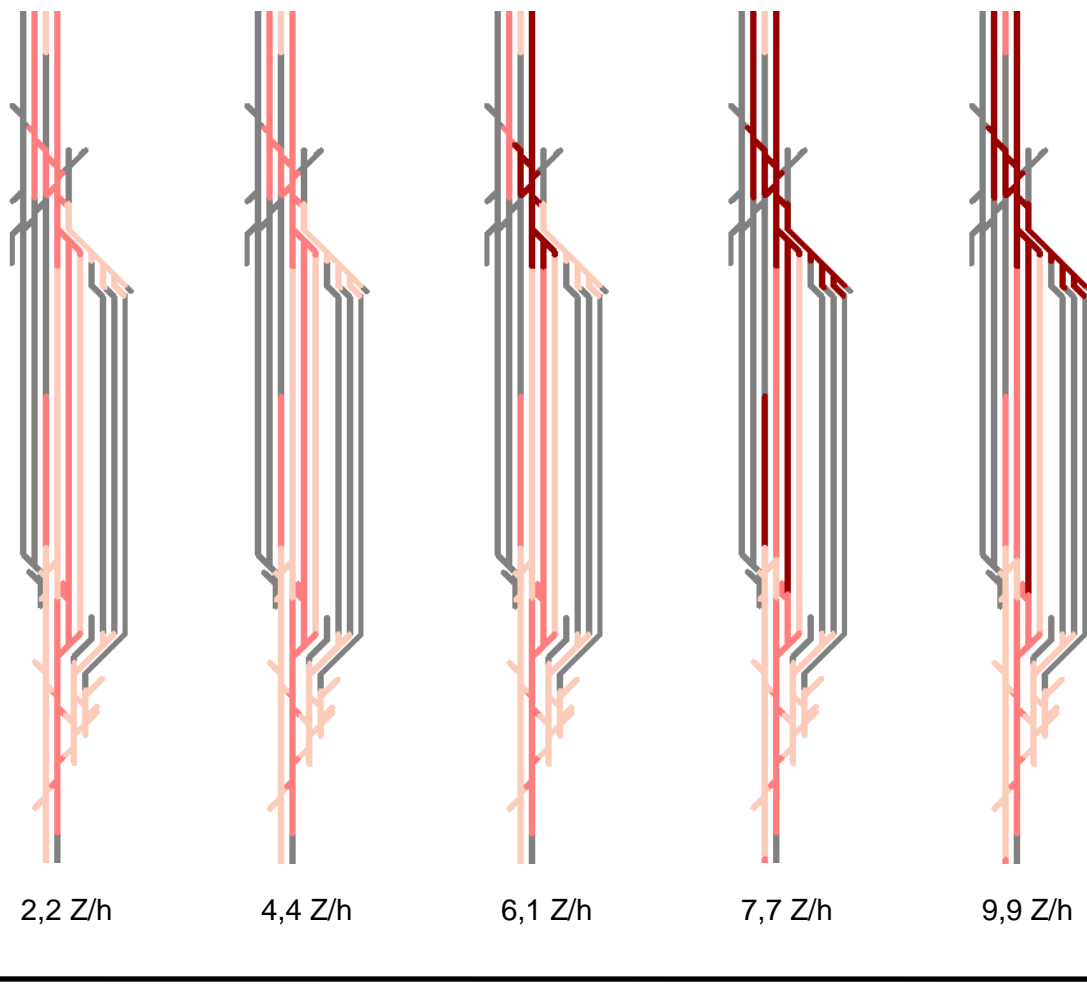


Abbildung 15: Engpässe in Abhängigkeit steigender Güterverkehrsbelastung innerhalb des Optimalen Leistungsbereichs in der NVZ.

Für das Betriebsprogramm der NVZ bildet sich bei steigender Belastung des Güterverkehrs nur im nördlichen Bahnhofskopf des Bf Bamberg ein Engpass mit hoher Signifikanz aus. Der Südkopf des Bahnhofs ist zwar ebenfalls erheblich belastet, es sind dort aber anders als in der HVZ auch bei hohen Güterverkehrsbelastungen innerhalb des optimalen Leistungsbereichs keine erheblichen betrieblichen Auswirkungen zu erwarten.

#### 3.2.4.4 Belastung des potenziellen Engpasses in der NVZ

In der nachfolgenden Tabelle 9 wird die Querschnittsbelastung an der am stärksten belasteten Stelle (blaue Markierung) des potenziellen Engpasses (dunkelrot) dargestellt. Hierbei werden getrennt die fixierte Belastung des Personenverkehrs sowie die mittlere Belastung (abhängig vom gewählten stochastischen Fahrplan) des Güterverkehrs an der Obergrenze des optimalen Leistungsbereichs ausgewiesen.

An der betroffenen Stelle überwiegt der Anteil der in Richtung Süden verkehrenden Fahrten, jedoch liegen auch in diesem Betriebsprogramm kreuzende Fahrten in der Gegenrichtung vor. Die Ausprägung des Engpasses deutet aber auch darauf hin, dass aus Bamberg ausfahrende Züge stärker von Behinderungen betroffen als einfahrende sind.

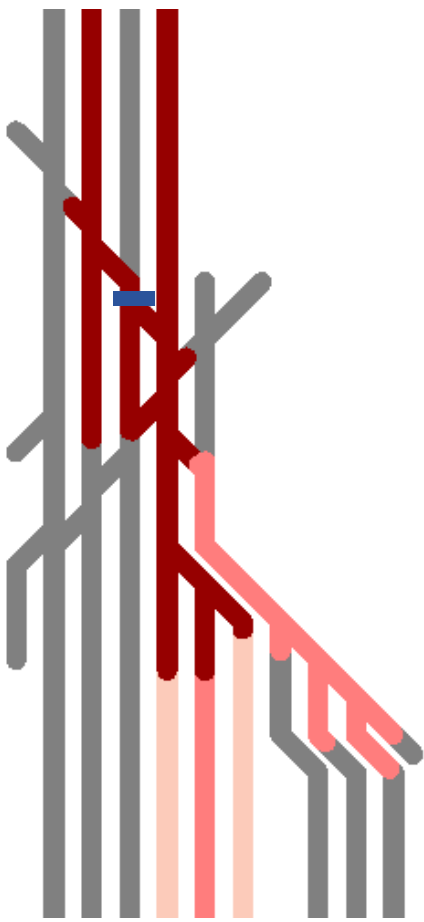
	<b>Richtung</b>	<b>Belastung Personenverkehr</b>	
	Nord - Süd	5,5 Züge/h	
	Süd - Nord	1,0 Züge/h	
	<b>Richtung</b>		<b>Mittlere Belastung Güterverkehr (Obergrenze OLB)</b>
	Nord - Süd	4,0 Züge/h	
	Süd - Nord	1,0 Züge/h	

Tabelle 9: Belastung des potenziellen Engpasses in der NVZ.

### 3.2.5 Engpassanalyse in der SVZ

#### 3.2.5.1 Betriebsprogramm in der SVZ

<b>Eingangsfahrplan: Personenverkehr (PV) des Jahresfahrplans 2015 (Werktag Mo-Fr), der gemäß den Steigerungsraten des BVWP 2025 punktuell verdichtet wurde</b>	
<b>Fahrplanausschnitt: 0:00 Uhr bis 2:00 Uhr</b>	
<b>Durchschnittliche Zugzahl (PV): 4 Züge/h</b>	
<b>Grobes Betriebsprogramm (PV)</b>	
<b>Fernreisezug</b>	-
<b>Nahreisezug</b>	62,5 %
<b>S-Bahn</b>	37,5 %

Tabelle 10: Eingangsdaten für die Engpassanalyse in der SVZ.

Im Vergleich zu den Verkehrszeiten HVZ und NVZ liegt in der SVZ nur eine sehr geringe Personenverkehrsbelastung innerhalb des Untersuchungsraums vor. Daher ergibt sich auch eine deutliche Verschiebung des Zugmixes im Vergleich zu den sehr ähnlichen Werten in HVZ und NVZ. In der SVZ liegt bspw. kein Fernverkehr vor.

### 3.2.5.2 Potenzielle Engpässe in der SVZ

Das Betriebsprogramm der SVZ besitzt zwei potenzielle Engpässe:

- 1) Ein potenzieller Engpass bildet sich wie auch schon in den anderen beiden Verkehrszeiten am Nordkopf des Bf Bamberg ähnlich zur HVZ im östlichen Teil der höhengleichen Ein- / Ausfädelung der Strecken 5100 und 5102 aus.
- 2) Ein weiterer Engpass befindet im Bereich des südlichen Zulaufs des Bf Bamberg aus Richtung Strullendorf.

Beide Engpässe erlangen bei einer Güterzugbelastung von 14,3 Zügen pro Stunde erheblichen betrieblichen Einfluss.

Engpassanalyse für das vorliegende Betriebsprogramm	
<b>Anzahl potenzieller Engpässe</b>	2
<b>Erster potenzieller Engpass hat erheblichen betrieblichen Einfluss ab einer Belastung von</b>	14,3 Güterzüge/h

Tabelle 11: Engpassanalyse für das vorliegende Betriebsprogramm in der NVZ.



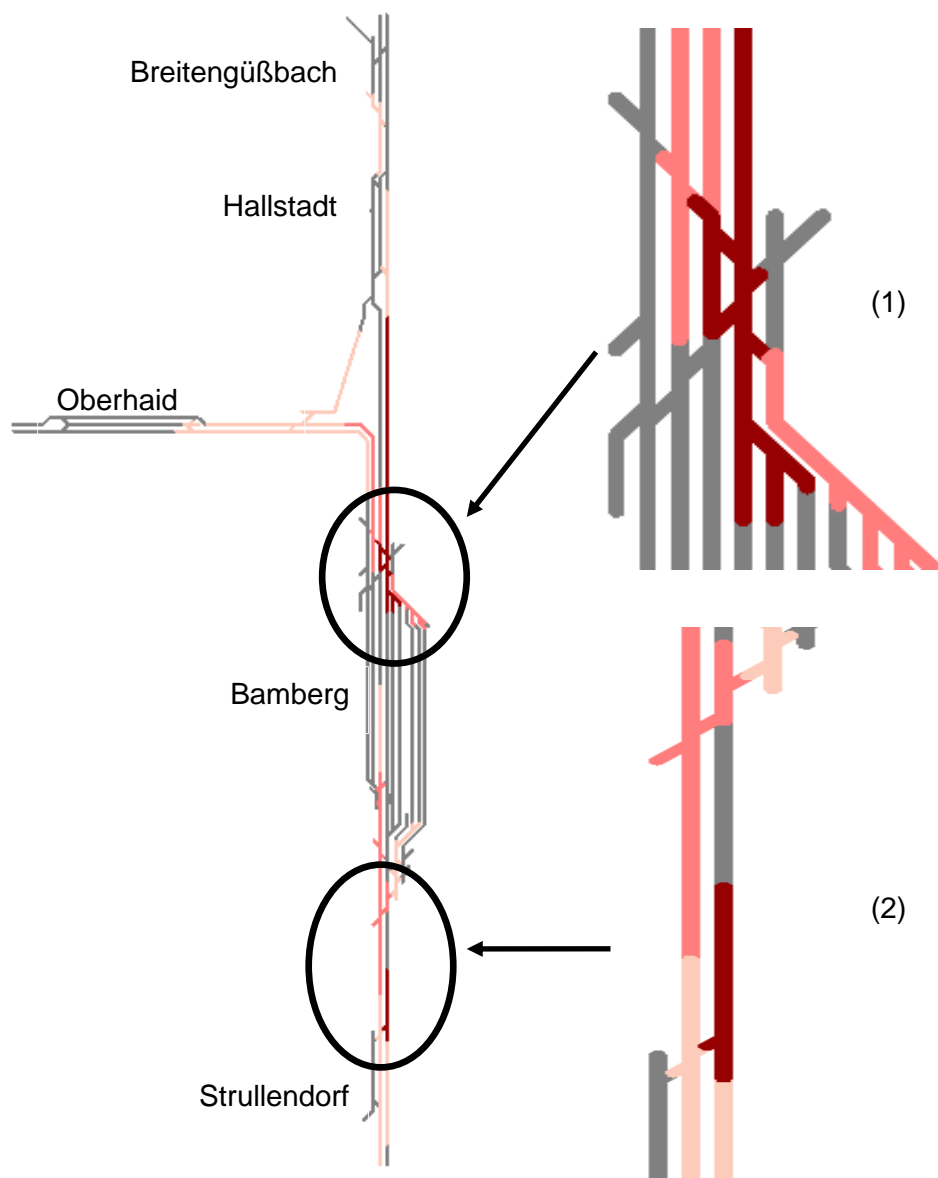


Abbildung 16: Grafische Darstellung der potenziellen Engpässe in der SVZ.

### 3.2.5.3 Engpassentstehung in der SVZ

Durch die Betrachtung der Engpasssignifikanz bei steigender Belastung innerhalb des optimalen Leistungsbereichs lässt sich erkennen, an welchen Infrastrukturabschnitten bei welcher Belastung eine hohe Engpasssignifikanz vorliegt. Hier wird deutlich, ab welcher Belastung der potenzielle Engpass erstmalig auch erheblich betrieblich wirksam wird (d.h. eine hohe Engpasssignifikanz aufweist).

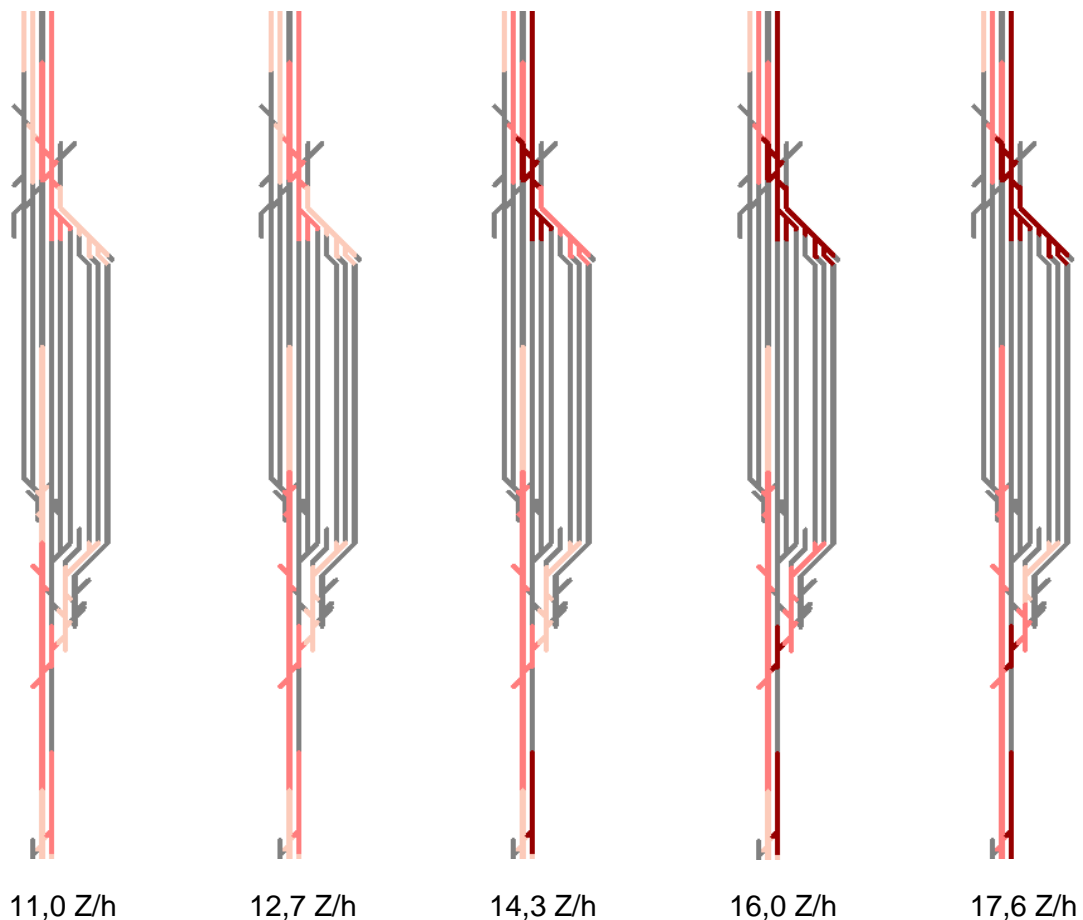


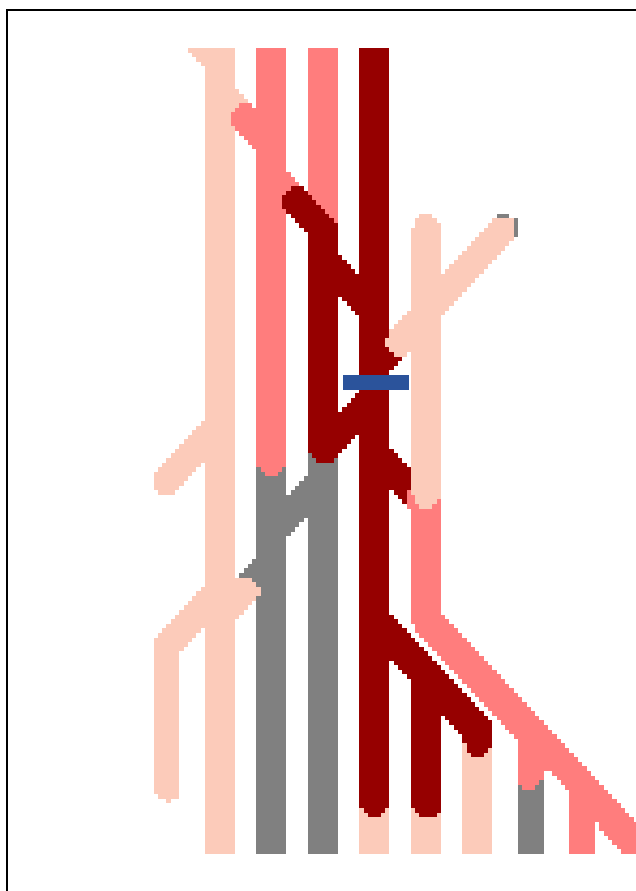
Abbildung 17: Engpässe in Abhängigkeit steigender Güterverkehrsbelastung innerhalb des optimalen Leistungsbereichs in der SVZ.

Im Betriebsprogramm des SVZ erlangen sowohl der potenzielle Engpass am Nordkopf des Bf Bamberg als auch der Engpass im südlichen Zulauf aus Strullendorf bei der gleichen Belastungsstufe eine hohe Engpasssignifikanz. Bei höheren Belastungen tritt ebenfalls ein Engpass mit hoher Signifikanz im südlichen Gleisvorfeld des Bf Bamberg hinzu.

#### 3.2.5.4 Belastung der Engpässe in der SVZ

Nachfolgend wird in Tabelle 12 und Tabelle 13 die Querschnittsbelastung an der am stärksten belasteten Stelle (blaue Markierung) der potenziellen Engpässe (dunkelrot) dargestellt. Hierbei werden getrennt die fixierte Belastung des Personenverkehrs sowie die mittlere Belastung (abhängig vom gewählten stochastischen Fahrplan) des Güterverkehrs an der Obergrenze des optimalen Leistungsbereichs ausgewiesen.

Für Engpass 1 (Nordkopf Bamberg) liegen Kreuzungen zwischen Güterverkehr und Güterverkehr bzw. zwischen Güterverkehr und Personenverkehr vor. Maßgebend von Behinderungen betroffen sind ähnlich wie in der NVZ die Fahrten in Richtung Hallstadt.

	<b>Richtung</b>	<b>Belastung Personenverkehr</b>	
	Nord - Süd	2 Züge/h	
	Süd - Nord	1,5 Züge/h	
	<b>Richtung</b>		<b>Mittlere Belastung Güterverkehr (Obergrenze OLB)</b>
	Nord - Süd	0,3 Züge/h	
	Süd - Nord	7,3 Züge/h	

*Tabelle 12: Belastung des potenziellen Engpasses 1 (Nordkopf Bamberg) in der SVZ.*

Engpass 2 (südlicher Zulauf aus Strullendorf) betrifft die einfahrenden Züge aus Richtung Strullendorf. Hier werden bereits bei der Ausfahrt aus Strullendorf Behinderungen durch Rückstauungen verursacht.

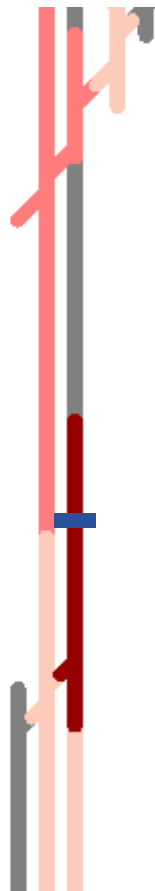
	<b>Richtung</b>	<b>Belastung Personenverkehr</b>	
	Süd - Nord	1,5 Züge/h	
	<b>Richtung</b>		<b>Mittlere Belastung Güterverkehr (Obergrenze OLB)</b>
	Süd - Nord	7,6 Züge/h	

Tabelle 13: Belastung des potenziellen Engpasses 2 (Zulauf von Strullendorf) in der SVZ.

### 3.2.6 Zusammenfassung der Engpassursachen

In der Untersuchung wurden zwei potenzielle Engpassbereiche identifiziert.

#### 1. Nordkopf des Bf Bamberg

Dieser Engpass wird einerseits in Fahrtrichtung Hallstadt durch Rückstauerscheinungen auf Grund der hohen Fahrstraßenbilde- und -auflösezeiten in Breitengüßbach verursacht. Andererseits kommt es durch die höhengleiche Einfädelung der Strecken nach Oberhaid und Hallstadt und der hohen Belastung zu Behinderungen bei Ein- und Ausfahrten. Problematisch sind insbesondere Güterzugfahrten, die das nördliche Gleisvorfeld verhältnismäßig lang belegen. Dieser Engpass ist gleichermaßen in allen Verkehrszeiten potenziell vorhanden.

#### 2. Südlicher Zulauf des Bf Bamberg aus Strullendorf

Ursächlich sind Rückstauerscheinungen auf dem Abschnitt Strullendorf - Bamberg, die einerseits durch unterschiedlich lange Blöcke begründet sein können. Andererseits zeigt sich insbesondere auch in der Betrachtung höherer Belastungen im Güterverkehr tendenziell ein hohes Konfliktpotenzial bei der Einfahrt in Bamberg auf Grund von Kreuzungen im südlichen Bahnhofsvorfeld. Dieser

Engpass hat nur in der SVZ potenziellen Charakter, wo dieser Abschnitt durch den hohen Güterverkehrsanteil sehr stark belastet ist.

### 3.2.7 Steigerungspotenziale nach Engpassanalyse

Im Hinblick auf die verfügbare Güterverkehrskapazität kann in Ergänzung der Betrachtung in Abschnitt 3.1.4 auf Grundlage der Engpassanalyse auch ein Grenzwert für die Güterverkehrsbelastung ermittelt werden, bei welchem erstmalig ein Engpass innerhalb des Untersuchungsraums erheblichen betrieblichen Einfluss verursacht.

Verkehrszeit	Std. [h]	Belastung durch Personenverkehr im Untersuchungsraum [Z/h]	Mögliche Güterverkehrsbelastung, so dass kein Engpass erheblichen betrieblichen Einfluss besitzt [Z/h]	Güterverkehr gesamt [Z/d]
HVZ	6	18	1,7	10,2
NVZ	12	13	6,1	73,2
SVZ	6	4	14,3	85,8

Tabelle 14: Steigerungspotenziale unter Berücksichtigung der Engpassanalyse differenziert nach Verkehrszeiten.

Nach obiger Rechnung können insgesamt 169 Güterzüge / Tag im Untersuchungsraum verkehren, ohne dass die vorliegenden potenziellen Engpässe erheblichen betrieblichen Einfluss entwickeln. Bei dieser Zugzahl liegen gemäß der Untersuchung des Leistungsverhaltens höhere gegenseitige Beeinflussungen vor als für eine uneingeschränkt akzeptable Qualität gemäß der ersten Näherung zulässig wären. Können die durch die leicht höheren gegenseitigen Behinderungen verursachten Verspätungen durch zeitliche Reserven im umliegenden Netzbereich ausgeglichen werden, ist die hier berechnete Zugzahl von 169 Güterzügen / Tag dennoch ohne größere betriebliche Probleme realisierbar.

In Abbildung 18 sind die berechneten Grenzwerte für die Güterzugbelastung

- 144 Züge / Stunde für eine uneingeschränkt akzeptable Qualität, bei der zusätzliche Reserven auf Grund des Verspätungsaufbaus im Knoten Bamberg nicht zwingend erforderlich sind sowie
- 169 Züge / Stunde als Belastungsgrenze, ohne dass innerhalb des Untersuchungsraums potenzielle Engpässe erheblichen betrieblichen Einfluss entwickeln, verhältnismäßig geringe gegenseitige Behinderungen, die im Knoten Bamberg verursacht werden, aber in umliegenden Netzbereichen abgebaut werden müssen,

der genutzten Kapazität KW 46, 2013, der Prognose von KCW für das Jahr 2030 und der Prognose des BVWP 2003 für 2025 gegenübergestellt. Wie in Abbildung 11 besteht im grünen Bereich eine uneingeschränkt akzeptable Auslastung der Infrastruktur, im gelben Bereich akzeptabel risikobehaftet.

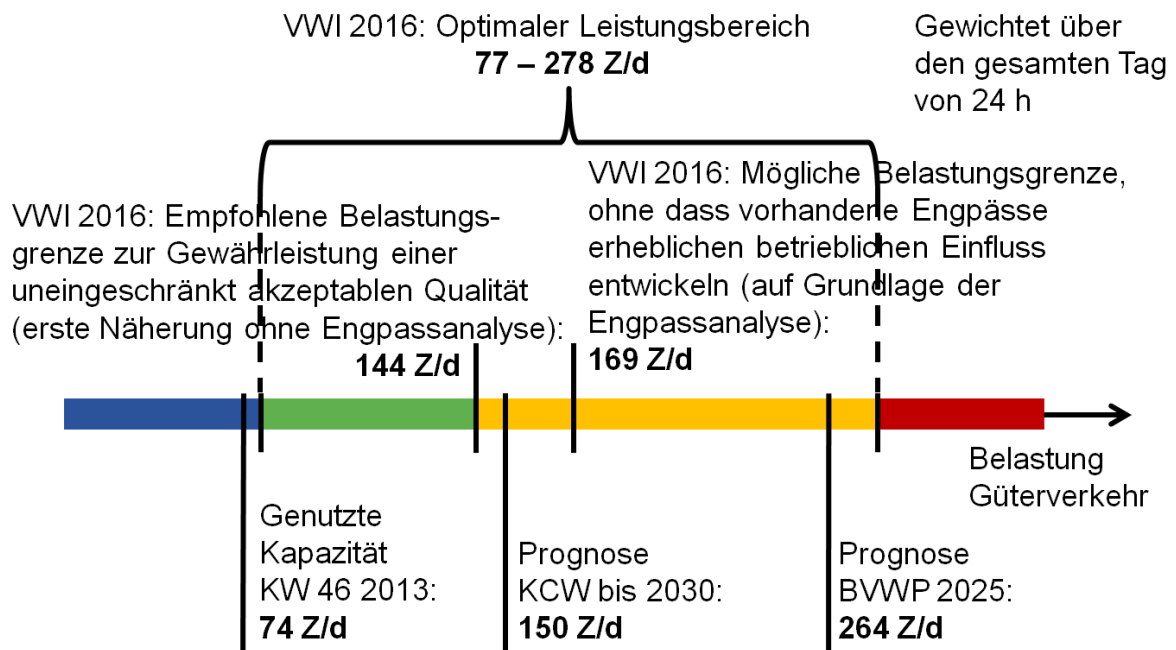


Abbildung 18: Übersicht zur Güterverkehrskapazität mit optimalem Leistungsbereich einschließlich der abgeleiteten Belastungsgrenzen ohne und mit Engpassanalyse.

## 4 Schlussfolgerung

Die in diesem Bericht beschriebene Leistungsuntersuchung verdeutlicht, dass im Knoten Bamberg auch unter Annahme der Bestandsinfrastruktur und einem für das Jahr 2025 verdichteten Personenverkehr noch eine erhebliche Steigerung des Güterverkehrs gegenüber dem Istzustand möglich ist.

Unter der Annahme eines Güterzugmixes gemäß BVWP 2003 (s. Tabelle 1) kann unter Gewährleistung einer uneingeschränkt akzeptablen Qualität im Untersuchungsraum die Güterverkehrsbelastung bis auf 144 Zügen / Tag gemäß der in Tabelle 3 genannten Verteilung auf die einzelnen Verkehrszeiten gesteigert werden.

Sofern auch eine akzeptabel risikobehaftete Qualität (z. B. durch zeitliche Reserven in angrenzenden Netzbereichen) in Kauf genommen werden kann, lässt sich die Güterverkehrsbelastung bis auf 169 Züge / Tag unter der in Tabelle 14 genannten Verteilung steigern, ohne dass die im Untersuchungsraum vorliegenden potenziellen Engpässe erheblichen betrieblichen Einfluss entwickeln.

Insbesondere haben bei dieser Belastung und Verteilung des Güterverkehrs alle ermittelten Engpässe (d.h. auch der Nordkopf des Bf Bamberg) bei den im KCW-Gutachten prognostizierten Zugzahlen des Güterverkehrs bis 2030, die durch Engpässe außerhalb des Untersuchungsraum verursacht sind, ausschließlich potentiellen Charakter, d. h. diese Engpässe werden bei dem unterstellten Betriebsprogramm nicht signifikant wirksam.

Die Ergebnisse aus der Untersuchung des Leistungsverhaltens in Kombination mit der Engpassanalyse verdeutlichen, dass die im KCW-Gutachten prognostizierten Zugzahlen des Güterverkehrs bis 2030 bereits bei bestehender Infrastruktur (u.U. mit verhältnismäßig kleinen infrastrukturellen und / oder betrieblichen Änderungen der bestehenden Anlagen bzw. des Betriebsprogramms) unter der Tabelle 3 bzw. Tabelle 14 genannten Verteilung auf die unterschiedlichen Verkehrszeiten realisiert werden können, ohne dass mit erheblichen betrieblichen Einschränkungen auf Grund der Engpässe im Untersuchungsraum bzw. mit wesentlichen Auswirkungen auf die vorliegende Betriebsqualität zu rechnen ist.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die dargestellten Ergebnisse auftragsgemäß nicht die betrieblichen Zwangspunkte außerhalb des Untersuchungsraums (Knoten Bamberg) berücksichtigen.

## Literaturverzeichnis

- Chu, Zifu. *Modellierung der Wartezeitfunktion bei Leistungsuntersuchungen im Schienenverkehr unter Berücksichtigung der transienten Phase*. Dissertation, Universität Stuttgart, Institut für Eisenbahn- und Verkehrswesen, 2014.
- DB Netz AG. „Abstimmung mit dem Baureferat Bamberg.“ Präsentation, Bamberg, 2015.
- DB Netz AG. *Infrastrukturregister*. <http://fahrweg.dbnetze.com/fahrweg-de/nutzungsbedingungen/infrastrukturregister>, 2015.
- DB Netz AG. „Richtlinie 405 - Fahrwegkapazität.“ 2008.
- Hantsch, Fabian, Xiaojun Li, und Ullrich Martin. „Methoden zur Engpassanalyse bei der Infrastrukturbemessung im Schienenverkehr.“ *Eisenbahntechnische Rundschau*, 3 2013: 30-33.
- KCW GmbH. „ABS Nürnberg - Ebensfeld, PFA 22 Bamberg, Analyse zentraler offener Fragen zur Vorbereitung der Entscheidung über Trassierungsvarianten (Langfassung).“ Berlin, 2015.
- Martin, Ullrich, Christine Schmidt, und Zifu Chu. *Anwendungsleitfaden zur PULEIV-Version 2.1*. Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH, 2011.
- Martin, Ullrich, und Zifu Chu. *Direkte experimentelle Bestimmung der maximalen Leistungsfähigkeit bei Leistungsuntersuchungen im spurgeführten Verkehr*. Neues Verkehrswissenschaftliches Journal, Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart e.V., Universität Stuttgart, 2012.



## Abkürzungsverzeichnis

ag	agilis
Bf	Bahnhof
BR	Baureihe
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
Gz	Güterzug
HVZ	Hauptverkehrszeit
IC	InterCity
ICE	InterCityExpress
KW	Kalenderwoche
Mo-Fr	Montag – Freitag
NBA	Betriebsstellenkürzel Bamberg
NBG	Betriebsstellenkürzel Breitengüßbach
NHAL	Betriebsstellenkürzel Hallstadt
NOH	Betriebsstellenkürzel Oberhaid
NSU	Betriebsstellenkürzel Strullendorf
NVZ	Nebenverkehrszeit
OLB	Optimaler Leistungsbereich
PFA	Planfeststellungsabschnitt
PULEIV	Programm zur Unterstützung bei der Bestimmung des Leistungsverhaltens von Eisenbahninfrastrukturen
PV	Personenverkehr
RB	Regionalbahn
RE	Regionalexpress
S	S-Bahn
SGV	Schienengüterverkehr
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr

SVZ      Schwachverkehrszeit

VWI      Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart

## 5 Anhang

### 5.1 Annahmen zur Infrastruktur

Stellwerkstyp	Bildezeit [s]	Auflösezeit [s]	Teilauflösung
Mechanisches Stellwerk	51	24	Nein
Elektronisches Stellwerk / Relaisstellwerk	9	3	Ja
Streckenblock	0	3	Nein

Tabelle 15: Annahmen für die Fahrstraßenbilde- und –auflösezeiten in Abhängigkeit des Stellwerkstyps.

### 5.2 Annahmen zu den Fahrzeugen

Zugkonfiguration	Triebfahrzeugtyp	Höchstgeschwindigkeit [km/h]	Max. Fahrbeschleunigung [m/s <sup>2</sup> ]	Gesamtgewicht [t]	Länge [m]
IC	BR 101	160	0,6	567	256
ICE	BR 411	230	0,5	798	370
ag	BR 650	120	1,0	102	52
RE1	BR 641	120	1,0	54	29
RE2	BR 425	160	1,0	129	68
RB1	BR 440	160	1,0	128	55
RB2	BR 442	160	1,0	375	176
RB3	BR 442	160	1,0	187	88
S	BR 442	160	1,0	299	144
Gz	BR 185	90	0,15	1685	649

Tabelle 16: Verwendete Zugkonfigurationen.

Als Regelbremsverzögerung wird einheitlich für alle Personenzüge 0,7 m/s<sup>2</sup> verwendet. Die Güterzugkonfiguration besitzt eine Regelbremsverzögerung von 0,2 m/s<sup>2</sup>.

## 5.3 Annahmen zum Betriebsprogramm

### 5.3.1 Übersicht der berücksichtigten Züge im Personenverkehr

In nachfolgender Tabelle sind alle in den drei Verkehrszeiten HVZ, NVZ, SVZ eingelegten Personenzüge mit der jeweils verwendeten Zugkonfiguration sowie dem Fahrtverlauf und Haltemuster aufgeführt. Die Zugnummern beziehen sich auf den Jahresfahrplan 2015. Mit den Ziffern 99... beginnende Zugnummern sind hierbei manuell zur Erreichung der im BVWP 2003 prognostizierten Zugzahlen im Personenverkehr eingelegte Züge.

Zug	Klasse	Konfiguration	Von	Nach	Halte
IC 1001	FRz	IC	NBG	NSU	NBA
IC 1004	FRz	IC	NSU	NBG	NBA
IC 99020	FRz	IC	NSU	NBG	NBA
IC 99021	FRz	IC	NBG	NSU	NBA
IC 99022	FRz	IC	NSU	NBG	NBA
IC 99023	FRz	IC	NBG	NSU	NBA
ICE-T 1511	FRz	ICE	NBG	NSU	NBA
ICE-T 1602	FRz	ICE	NSU	NBG	NBA
ICE-T 1608	FRz	ICE	NSU	NBG	NBA
ICE-T 992301	FRz	ICE	NBG	NSU	NBA
ICE-T 992303	FRz	ICE	NBG	NSU	NBA
ICE-T 992305	FRz	ICE	NBG	NSU	NBA
ag 84586	NRz	ag	NSU	NBA	NSU - NBA
ag 87049	NRz	ag	NBG	NBA	NBG - NBA
ag 87053	NRz	ag	NBG	NBA	NBG - NBA
ag 87054	NRz	ag	NBA	NBG	NBA -NBG
ag 87058	NRz	ag	NBA	NBG	NBA -NBG
ag 87080	NRz	ag	NSU	NBG	NSU - NBA - NBG
ag 87081	NRz	ag	NBG	NSU	NBG - NBA - NSU
ag 87083	NRz	ag	NBG	NBA	NBG - NBA

ag 87084	NRz	ag	NBA	NBG	NBA -NBG
ag 99003	NRz	ag	NBG	NBA	NBG -NHAL- NBA
ag 99005	NRz	ag	NBA	NSU	NBA
ag 99007	NRz	ag	NBG	NBA	NBG - NHAL - NBA
RE 59302	NRz	RE 1	NBG	NBA	NBA
RE 59305	NRz	RE 1	NBA	NBG	NBA
RE 58192	NRz	RE 2	NBA	NOH	NBA - NOH
RE 58304	NRz	RE 2	NBA	NOH	NBA
RE 58305	NRz	RE 2	NOH	NBA	NBA
RE 58310	NRz	RE 2	NBA	NOH	NBA
RE 58311	NRz	RE 2	NOH	NBA	NBA
RE 58312	NRz	RE 2	NBA	NOH	NBA
RE 58313	NRz	RE 2	NOH	NBA	NBA
RB 58019	NRz	RB 1	NOH	NBA	NOH - NBA
RB 58025	NRz	RB 1	NOH	NBA	NOH - NBA
RB 58034	NRz	RB 1	NBA	NOH	NBA
RB 58051	NRz	RB 1	NOH	NBA	NOH - NBA
RB 58053	NRz	RB 1	NOH	NBA	NOH - NBA
RB 58059	NRz	RB 1	NOH	NBA	NOH - NBA
RB 58066	NRz	RB 1	NBA	NOH	NBA - NOH
RB 58188	NRz	RB 1	NBA	NOH	NBA - NOH
RB 58196	NRz	RB 1	NBA	NOH	NBA - NOH
RB 58262	NRz	RB 1	NBA	NOH	NBA - NOH
RB 58264	NRz	RB 1	NBA	NOH	NBA - NOH
RB 58279	NRz	RB 1	NOH	NBA	NOH - NBA
RB/RE 4684	NRz	RB 2	NSU	NOH	NBA
RB/RE 4835	NRz	RB 2	NBG	NSU	NBA

RB/RE 4841	NRz	RB 2	NBG	NSU	NBA
RB/RE 59310	NRz	RB 2	NBG	NBA	NBA
RB/RE 59313	NRz	RB 2	NBA	NBG	NBA
RB/RE 59326	NRz	RB 2	NSU	NOH	NBA
RB/RE 59328	NRz	RB 2	NBG	NSU	NBA
RB/RE 59330	NRz	RB 2	NBG	NSU	NBA
RB/RE 59333	NRz	RB 2	NBG	NBA	NBA
RB/RE 59349	NRz	RB 2	NBA	NBG	NBA
RB/RE 59350	NRz	RB 2	NSU	NBG	NBA - NHAL - NBG
RB/RE 59353	NRz	RB 2	NSU	NBG	NBA - NHAL - NBG
RB/RE 59365	NRz	RB 2	NSU	NBG	NBA - NHAL - NBG
RB/RE 59367	NRz	RB 2	NBA	NSU	NBA
RB/RE 59368	NRz	RB 2	NBG	NBA	NBG - NHAL - NBA
RB/RE 59370	NRz	RB 2	NBA	NBG	NBA - NHAL - NBG
RB/RE 59374	NRz	RB 2	NBG	NBA	NBG - NHAL - NBA
RB/RE 59382	NRz	RB 2	NBG	NBA	NBG - NHAL - NBA
RB/RE 99000	NRz	RB 2	NBG	NBA	NHAL - NBA
RB/RE 99001	NRz	RB 2	NBA	NBG	NBA - NHAL - NBG
RB/RE 99002	NRz	RB 2	NBA	NBG	NBA - NHAL
RB/RE 99004	NRz	RB 2	NBA	NBG	NBA - NHAL - NBG
RB/RE 99009	NRz	RB 2	NSU	NBG	NBA - NHAL - NBG
RB/RE 99010	NRz	RB 2	NSU	NBG	NBA - NHAL - NBG
RB/RE 99011	NRz	RB 2	NBG	NBA	NBG - NHAL - NBA
RB/RE 99012	NRz	RB 2	NSU	NBG	NBA - NHAL - NBG
RB/RE 99013	NRz	RB 2	NSU	NBG	NBA - NHAL - NBG
RB/RE 99015	NRz	RB 2	NBG	NSU	NHAL - NBA
RB/RE 99017	NRz	RB 2	NSU	NBG	NBA - NHAL

RB/RE 48034983	NRz	RB 2	NBG	NSU	NHAL - NBA
RB/RE 48064986	NRz	RB 2	NSU	NBG	NBA - NHAL
RB/RE 48114991	NRz	RB 2	NBG	NSU	NHAL - NBA
RB/RE 48124992	NRz	RB 2	NBG	NSU	NHAL - NBA
RB/RE 59326	NRz	RB 2	NBG	NSU	NHAL - NBA
RB/RE 59328	NRz	RB 2	NBG	NSU	NBA
RB/RE 59330	NRz	RB 2	NSU	NBG	NBA
RB/RE 59333	NRz	RB 2	NBG	NSU	NBA
RB/RE 4685	NRz	RB 3	NOH	NBA	NBA
RB/RE 4691	NRz	RB 3	NOH	NBA	NBA
RB/RE 4692	NRz	RB 3	NSU	NOH	NBA
RB/RE 4834	NRz	RB 3	NBA	NBG	NBA
RB/RE 4842	NRz	RB 3	NBA	NBG	NBA
S 39128	S-Bahn	S	NSU	NBA	NSU - NBA
S 39134	S-Bahn	S	NSU	NBA	NSU - NBA
S 39140	S-Bahn	S	NSU	NBA	NSU - NBA
S 39143	S-Bahn	S	NBA	NSU	NBA - NSU
S 39151	S-Bahn	S	NBA	NSU	NBA - NSU
S 39159	S-Bahn	S	NBA	NSU	NBA - NSU
S 39174	S-Bahn	S	NSU	NBA	NSU - NBA
S 39180	S-Bahn	S	NSU	NBA	NSU - NBA
S 39186	S-Bahn	S	NSU	NBA	NSU - NBA
S 39189	S-Bahn	S	NBA	NSU	NBA - NSU
S 39195	S-Bahn	S	NBA	NSU	NBA - NSU
S 39201	S-Bahn	S	NBA	NSU	NBA - NSU
S 39220	S-Bahn	S	NSU	NBA	NSU - NBA
S 39246	S-Bahn	S	NSU	NBA	NSU - NBA

S 39927	S-Bahn	S	NBA	NSU	NBA - NSU
---------	--------	---	-----	-----	-----------

Tabelle 17: Übersicht über den in den Simulationen eingelegten Personenverkehr.

### 5.3.2 Annahmen zu den Mindesthaltezeiten

Bei der Eingabe der Zugläufe wurden in Abhängigkeit der Station, Zuggattung und Art des Halts gemäß DB-Richtlinie folgende Mindesthaltezeiten angesetzt.

Station	Gattung	Art des Halts	Mindesthaltezeit
NBA	FRz ICE	Unterwegshalt	132 s
		Unterwegshalt	96 s
		Unterwegshalt	72 s
	NRz RE / RB / ag	Zuganfangsbahnhof	72 s
		Zugendbahnhof	54 s
		S-Bahn	Zuganfangsbahnhof
			Zugendbahnhof
NSU	NRz RE / RB / ag	Unterwegshalt	30 s
		Unterwegshalt	27 s
NOH	NRz RE / RB / ag	Unterwegshalt	30 s
NHAL	NRz RE / RB / ag	Unterwegshalt	30 s
NBG	NRz RE / RB / ag	Unterwegshalt	30 s

Tabelle 18: Hinterlegte Mindesthaltezeiten nach Zuggattung / Art des Haltes.

### 5.3.3 Gleisbelegungspläne des Personenverkehrs

In folgender Abbildung 19 sind die im Simulationsmodell verwendeten Gleisbezeichnungen im Bahnhof Bamberg dargestellt. Nachfolgend finden sich – getrennt nach den drei betrachteten Verkehrszeiten – die Gleisbelegungspläne aller Stationen innerhalb des Untersuchungsraums, aus denen die jeweiligen Ankunfts-, Abfahrts- und Durchfahrzeiten unmittelbar abgelesen werden können.



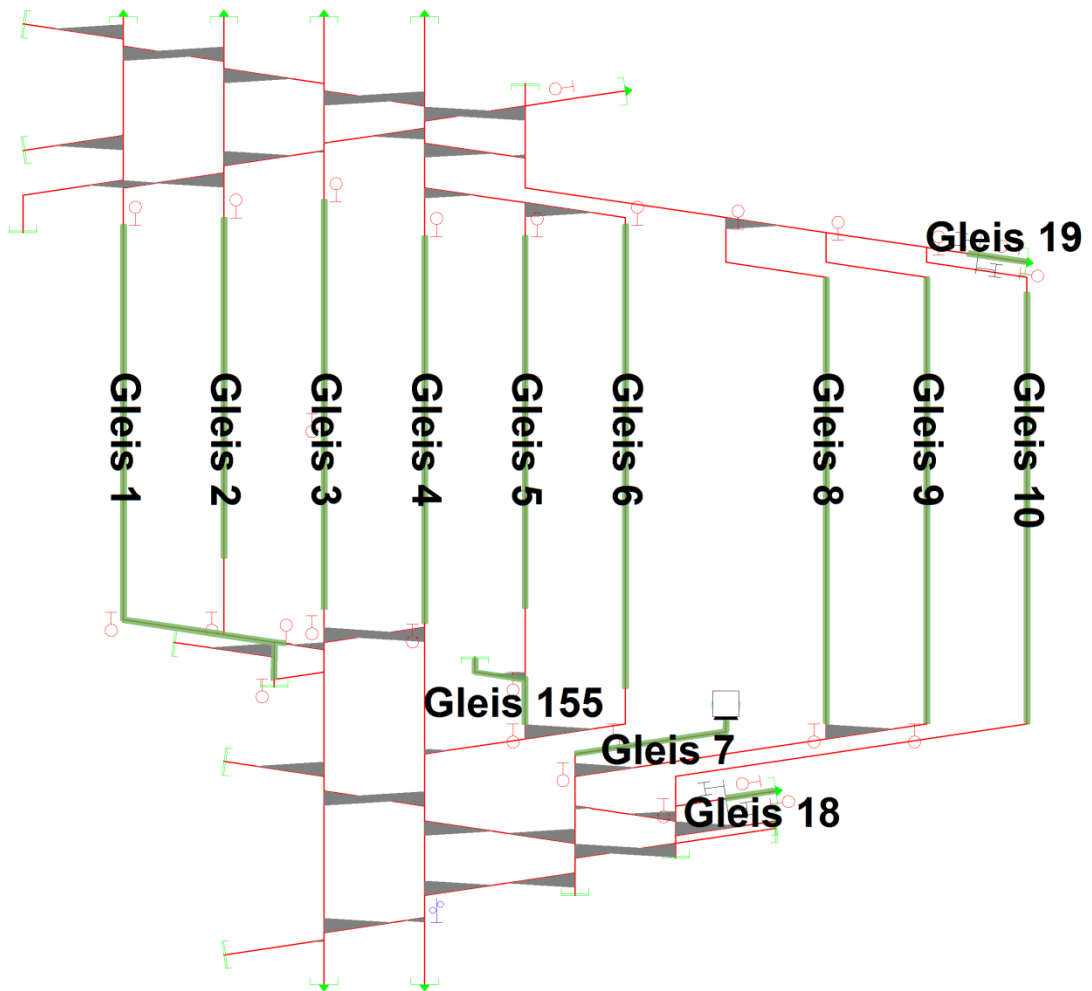


Abbildung 19: Gleisplan Bahnhof Bamberg.



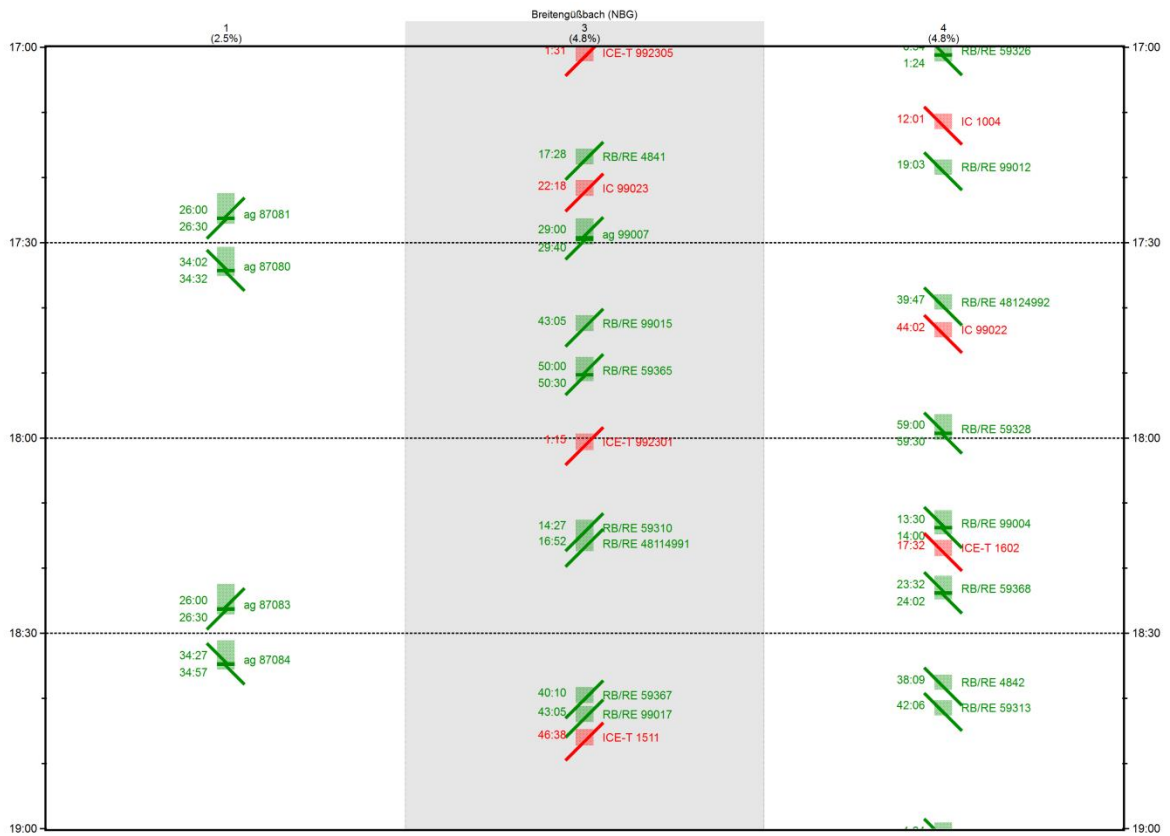


Abbildung 21: Gleisbelegung Breitengüßbach HVZ (17:00 - 19:00 Uhr).

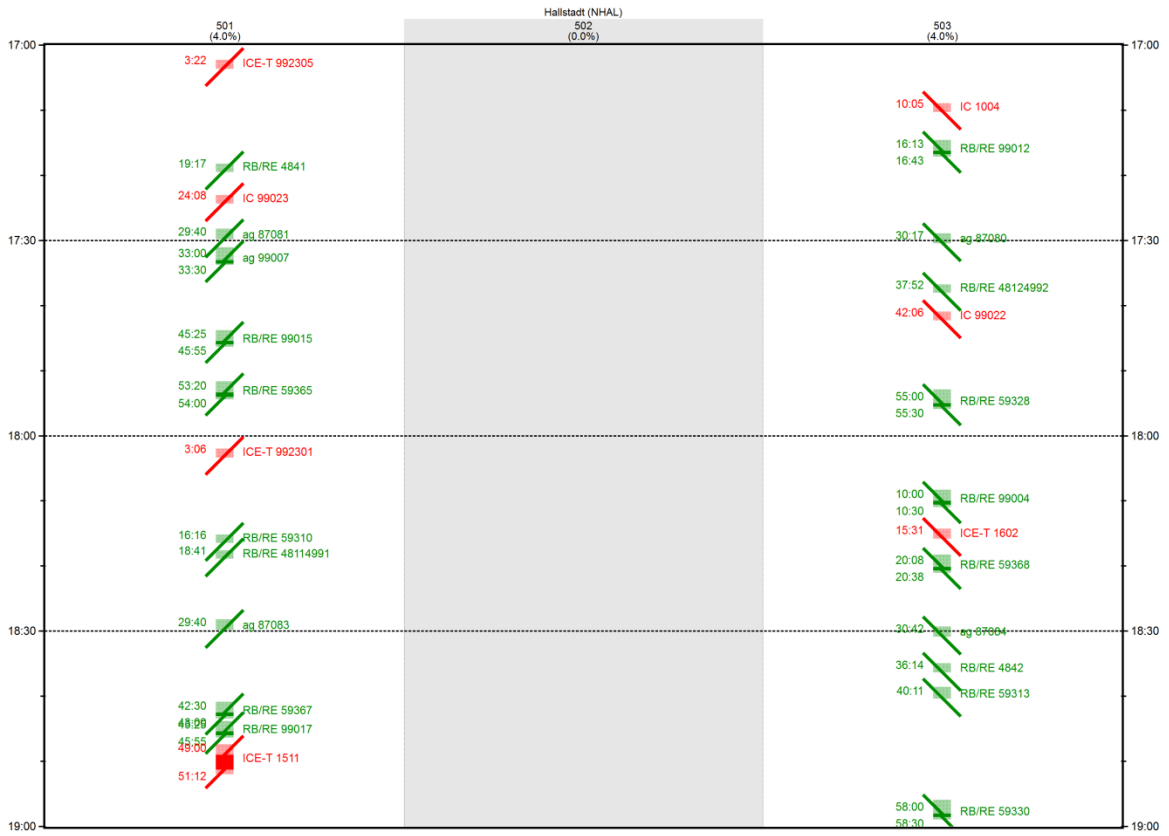


Abbildung 22: Gleisbelegung Hallstadt HVZ (17:00 - 19:00 Uhr).

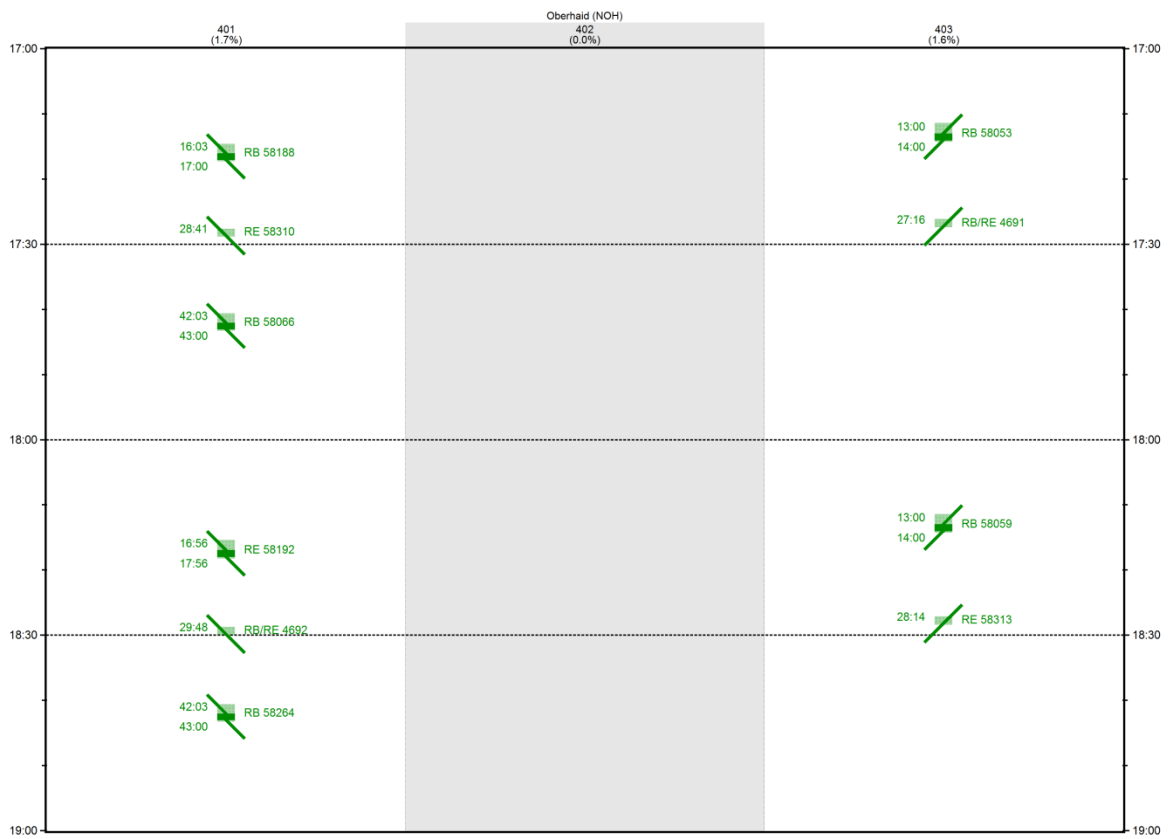


Abbildung 23: Gleisbelegung Oberhaid HVZ (17:00 - 19:00 Uhr).

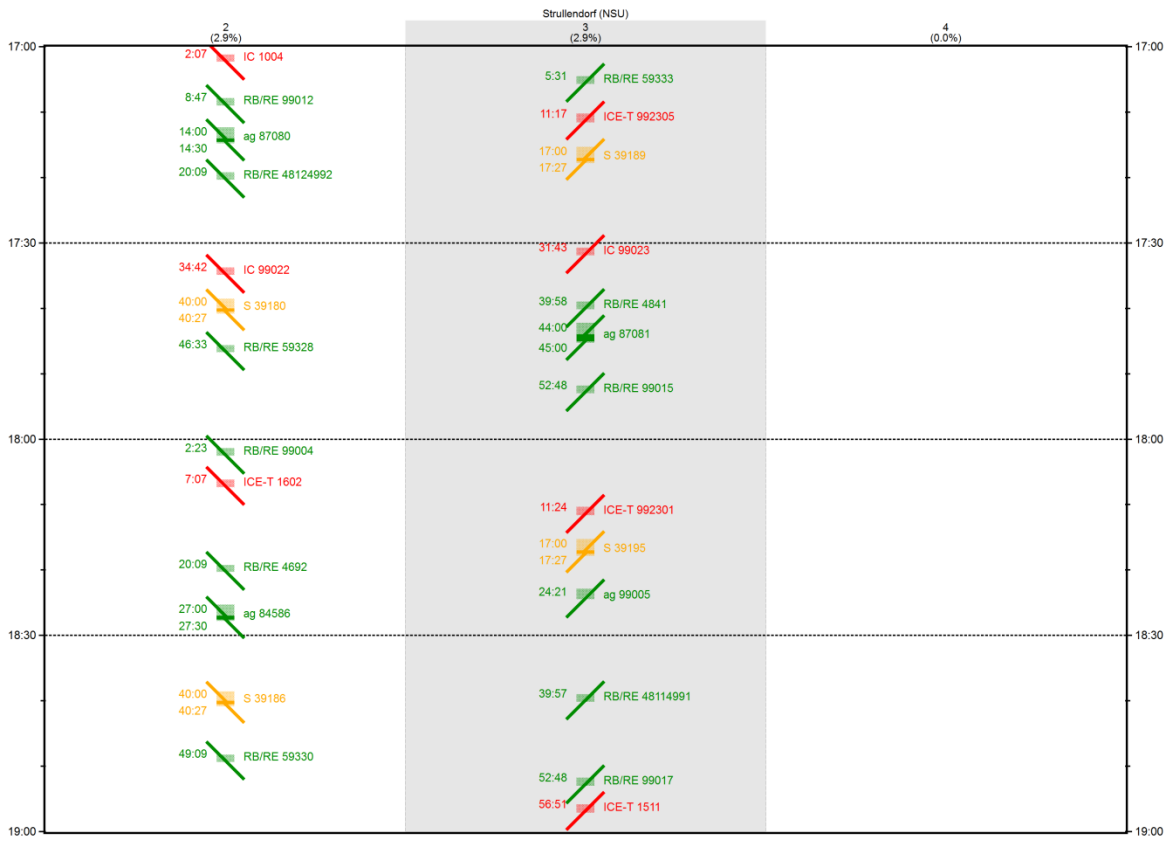


Abbildung 24: Gleisbelegung Strullendorf HVZ (17:00 - 19:00 Uhr).



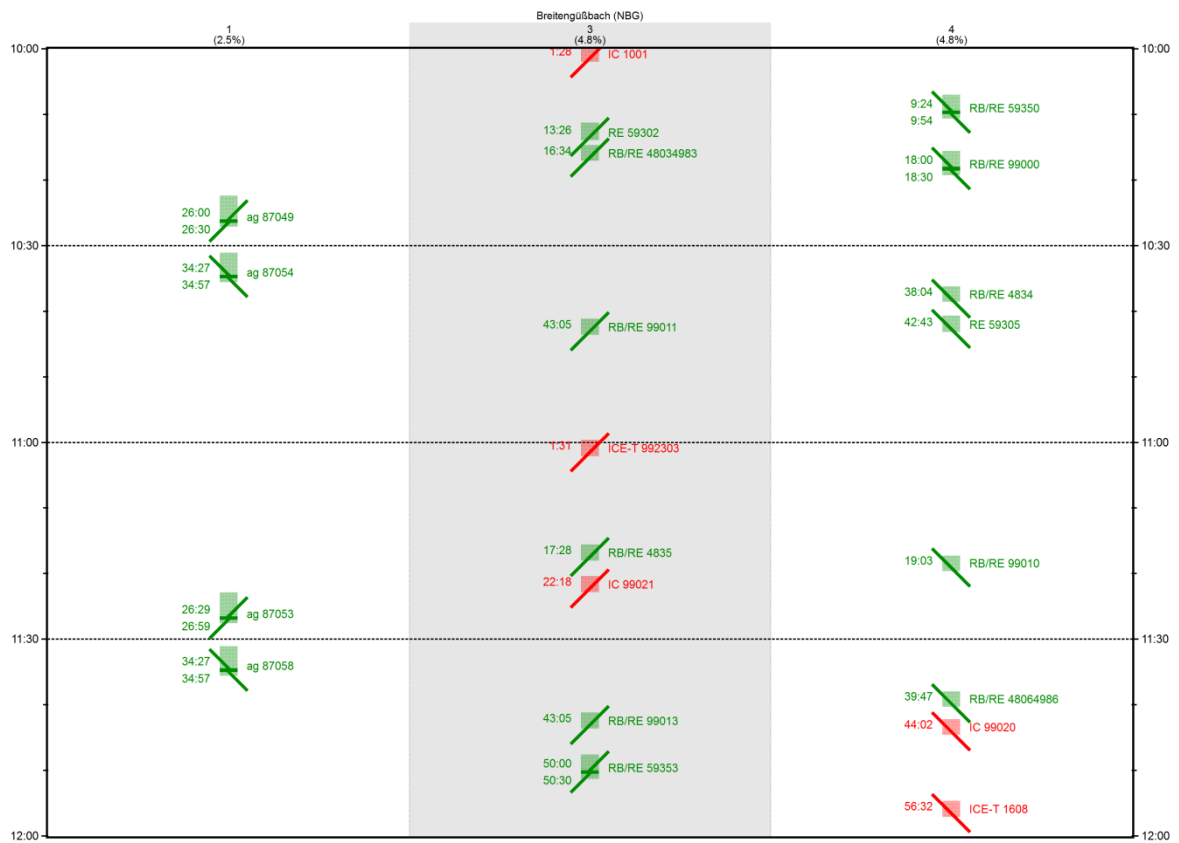


Abbildung 26: Gleisbelegung Breitengüßbach NVZ (10:00 - 12:00 Uhr).



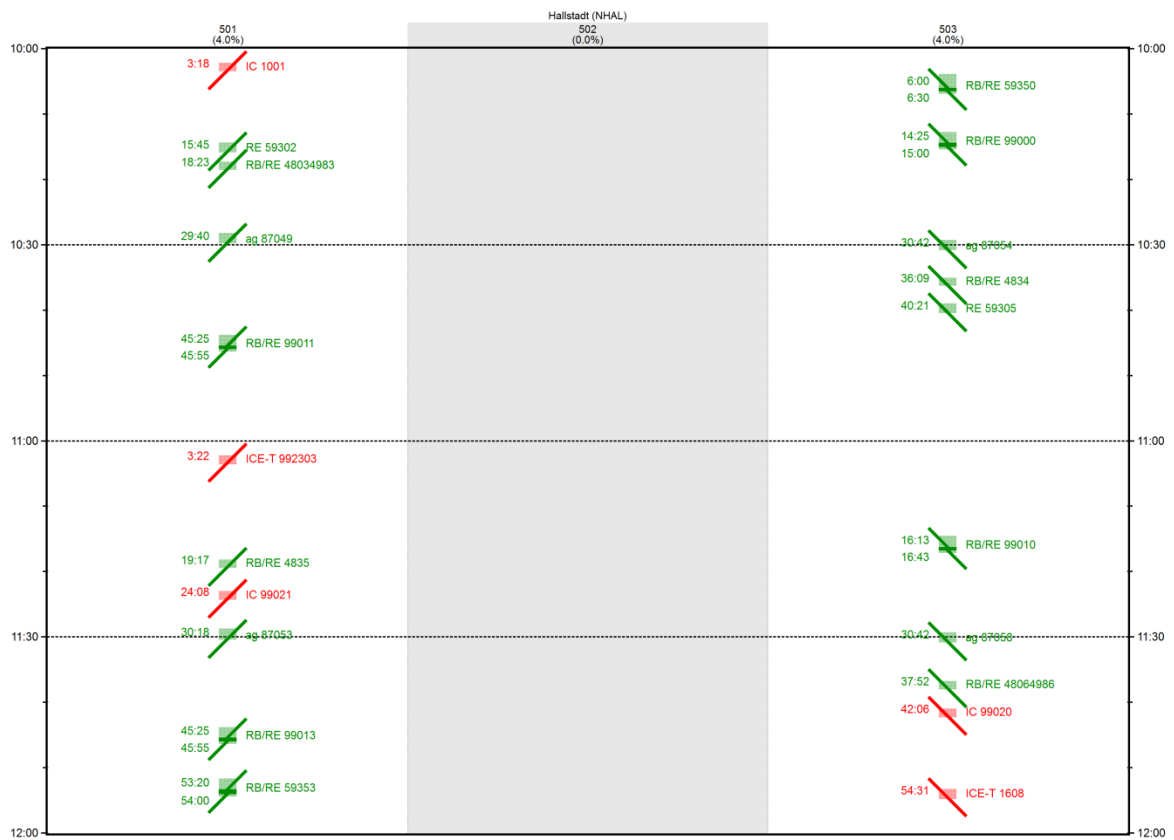


Abbildung 27: Gleisbelegung Hallstadt NVZ (10:00 - 12:00 Uhr).

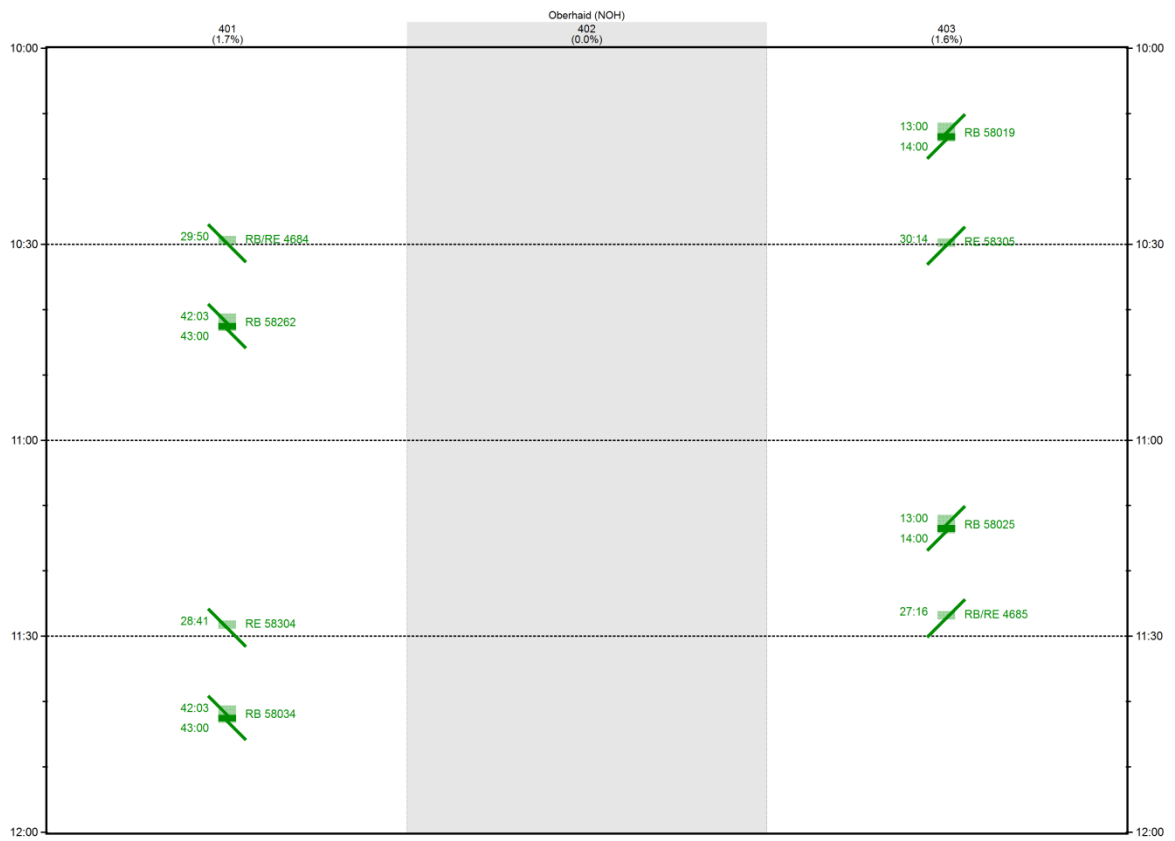


Abbildung 28: Gleisbelegung Oberhaid NVZ (10:00 - 12:00 Uhr).

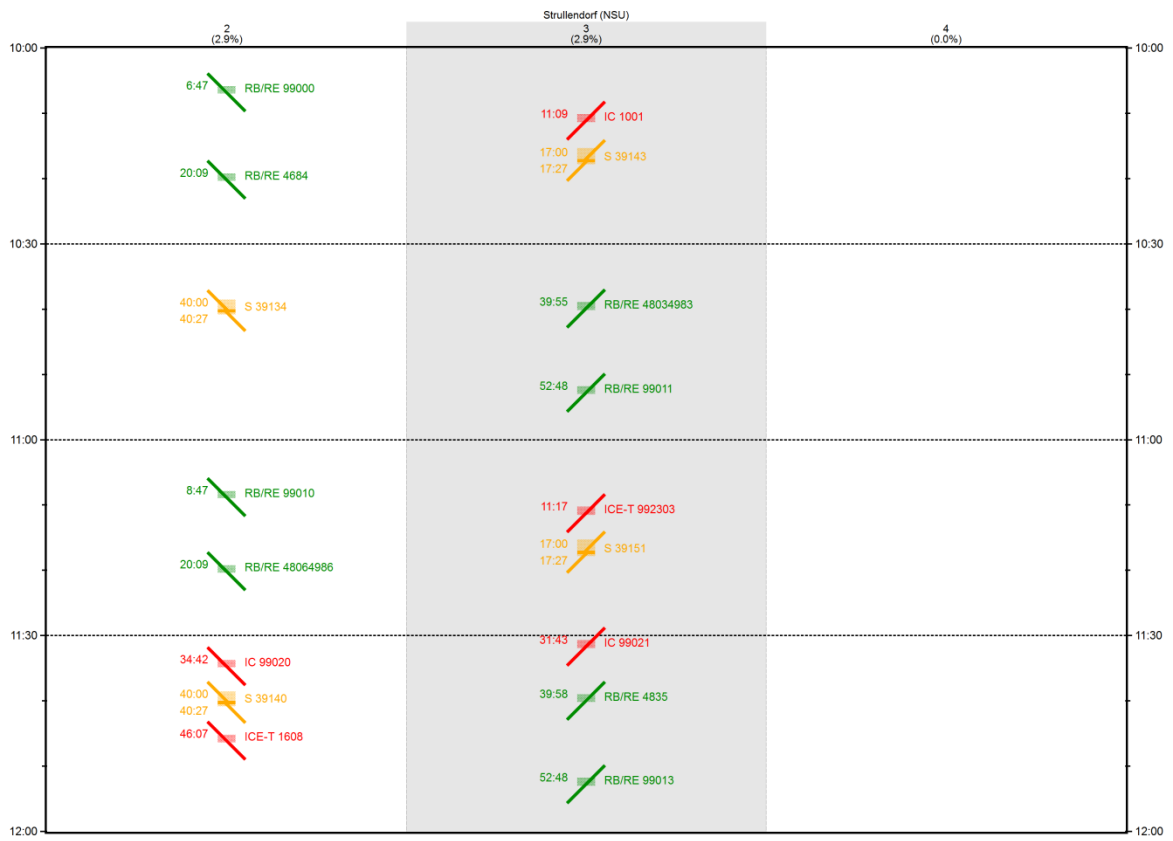
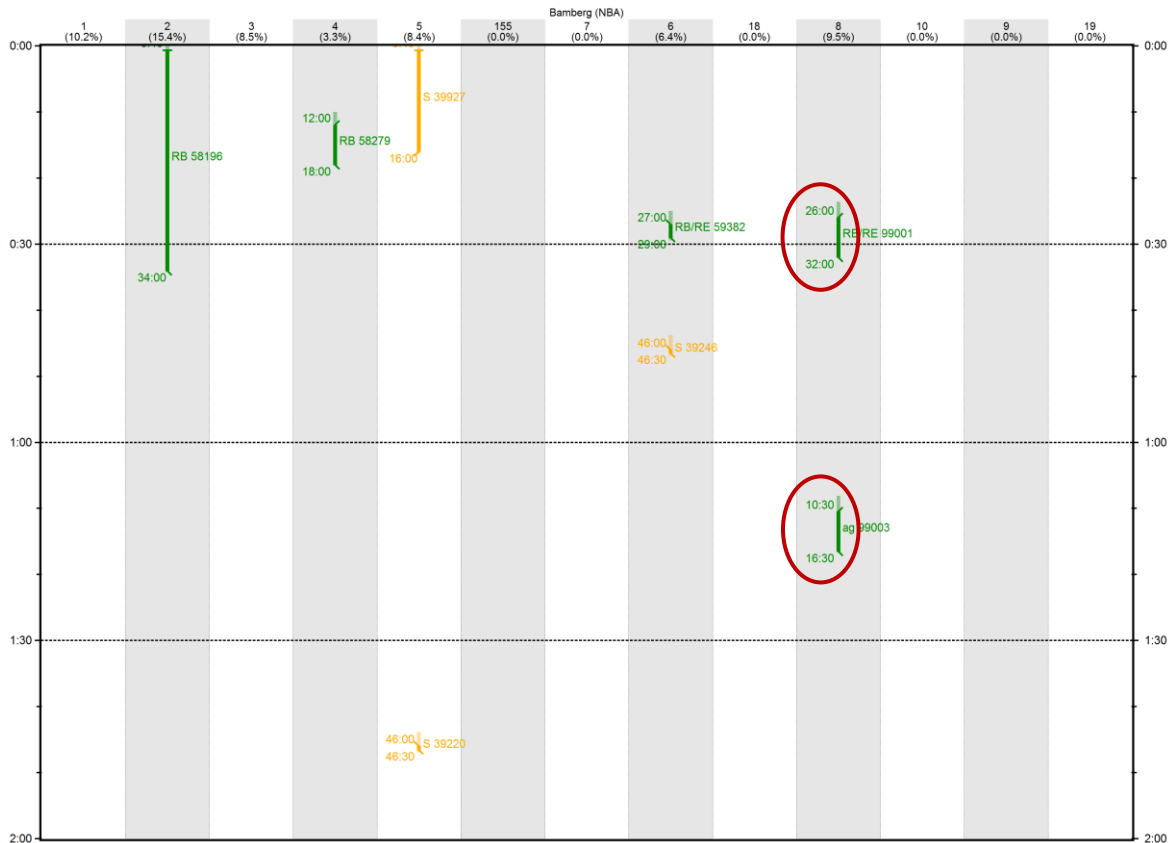


Abbildung 29: Gleisbelegung Strullendorf NVZ (10:00 - 12:00 Uhr).

### 5.3.3.3 Gleisbelegungen in der Schwachverkehrszeit




 = Zusätzlicher Personenverkehr

Abbildung 30: Gleisbelegung Bamberg SVZ (0:00 - 2:00 Uhr).



Abbildung 31: Gleisbelegung Breitengüßbach SVZ (0:00 - 2:00 Uhr).

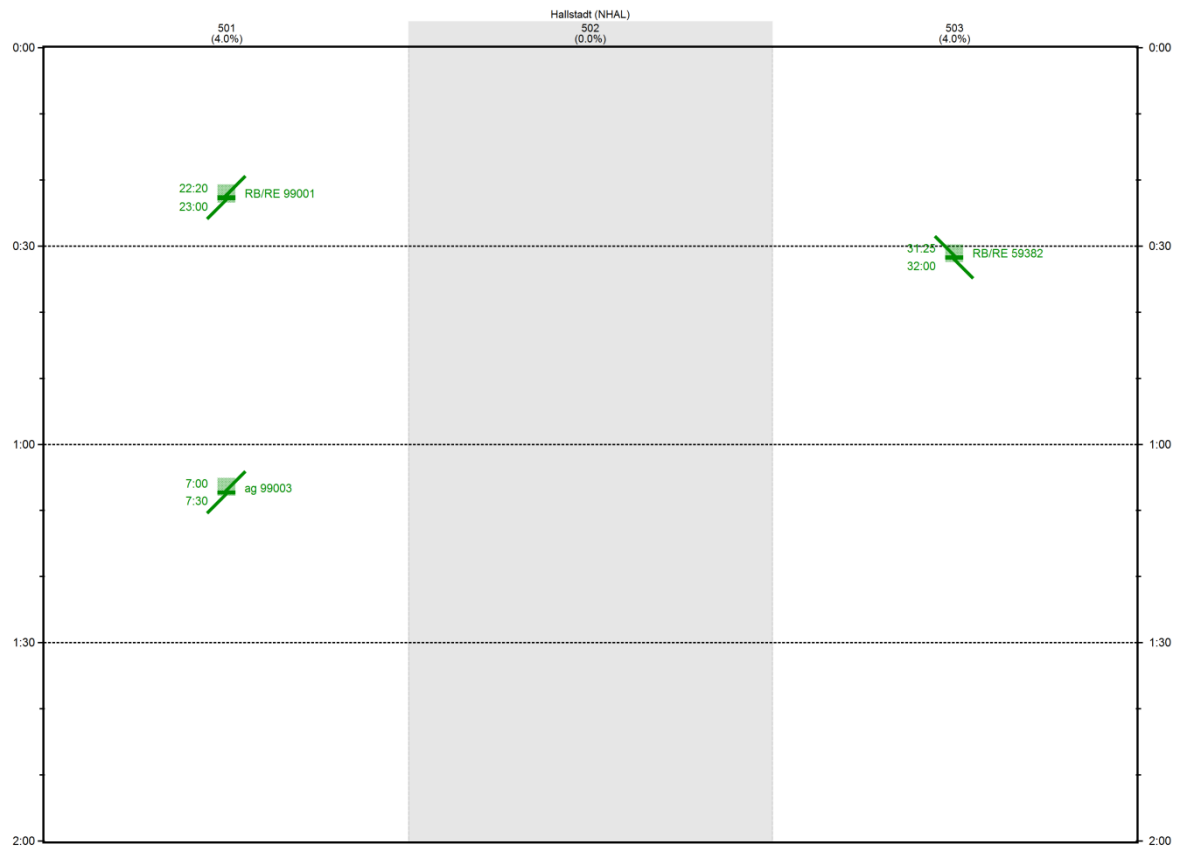


Abbildung 32: Gleisbelegung Hallstadt SVZ (0:00 - 2:00 Uhr).



Abbildung 33: Gleisbelegung Oberhaid SVZ (0:00 - 2:00 Uhr).



Abbildung 34: Gleisbelegung Strullendorf SVZ (0:00 - 2:00 Uhr).