

Unterlage 17

Weitere Unterlagen

Unterlage	Bezeichnung
17.1	EBWU Variante Höfer-1
17.2	Machbarkeitsstudie Variante Höfer-2
17.3	Versickerungsnachweis

1. Änderung im Ausgangsverfahren
2. Änderung im Ausgangsverfahren
3. Änderung im Ausgangsverfahren

Unterlage 17.1

EBWU Variante Höfer-1

Unterlage	Bezeichnung
17.1.1	EBWU-Ergebnisbericht_20111124
17.1.2	EBWU-Ergänzungsbericht_20180405
17.1.3	EBWU-Ergänzungsbericht_20210506
17.1.4	2030-Prognose-Zahlen Nippes mit Richtungsbezug
17.1.5	2030-Prognose-Zahlen Nippes_Schema_20210510

1. Änderung im Ausgangsverfahren
2. Änderung im Ausgangsverfahren
3. Änderung im Ausgangsverfahren

Eisenbahnbetriebswissenschaftliche

Untersuchung Variante Höfer 1

(EBWU)

c	Ausgangsverfahren: 3. Änderung im Ausgangsverfahren	28.01.2021
b	bleibt frei	
a	bleibt frei	
0	bleibt frei	
Index	Änderungen bzw. Ergänzungen	Planungsstand

Vorhabenträgerin:

DB Netz AG
Regionalbereich West
Produktionsdurchführung Köln
Brügelmannstraße 16 - 18
50679 Köln

Datum Unterschrift

Projektleitung der Vorhabenträgerin:

DB Netz AG
Regionalbereich West
Regionales Projektmanagement I.NI-W-K-S
Hermann-Pünder-Straße 3
50679 Köln

Datum Unterschrift

Verfasser:

DB Netz AG
Zentrale
EBWU Nord / West / Ost (I.NBF 241)
Elisabeth-Schwarzhaupt-Platz
10115 Berlin

Datum Unterschrift

Genehmigungsvermerk Eisenbahn-Bundesamt



DB Netze
I.NMF 3

EISENBAHNBETRIEBSWISSENSCHAFTLICHE UNTERSUCHUNG S-BAHN KÖLN

Anbindung S-Bahn-Abstellanlage Köln-Nippes



November
2011

Schlussbericht

SG
ingenieure

Schultze + Gast Ingenieure
Koblenz und Berlin
Verkehrsplanung, Systementwicklung, EDV

Eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchung S-Bahn Köln

ANBINDUNG S-BAHN-ABSTELLANLAGE KÖLN-NIPPES SCHLUSSBERICHT

Inhaltsverzeichnis

1	AUFGABENSTELLUNG	3
2	VORHANDENE UNTERLAGEN	3
3	METHODIK	3
3.1	Aufbereitung der Unterlagen	3
3.2	Untersuchungsmethode und -verfahren.....	7
4	BERECHNUNG	7
4.1	Fahrtverlauf in Abstellanlage S-Bahn	7
4.2	Rangordnung.....	8
4.3	Abgrenzung von Teilfahrstraßenknoten.....	9
4.4	Verspätungen.....	10
4.5	Untersuchungszeitraum	10
5	UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	10
5.1	Tagesganglinien	10
5.2	Leistungsuntersuchung für den Betriebszeitraum	11
5.3	Betrachtung der Spitzenstunden.....	13
5.4	Sensitivitätsbetrachtung	18
6	EMPFEHLUNG	18

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Köln-Nippes, Varianten für zusätzliche Gleisverbindung	4
Abbildung 2	DaVIT-Spurplan mit Abstellanlagen und modifiziertem spurplan.....	5
Abbildung 3	Signale in denVorstellgleisen	5
Abbildung 4	Laufwege aus den Abstellanlagen.....	6
Abbildung 5	Laufwege in die Abstellanlagen.....	6
Abbildung 6	Abgrenzung von Teilfahrstraßenknoten (TFK)	9
Abbildung 7	Tagesganglinien der Belastung in den relevanten Teilfahrstraßenknoten	11
Abbildung 8	Betriebsqualität im Zustand Betriebsdurchführung in den Teilfahrstraßenknoten.....	13
Abbildung 9	Leistungsfähigkeit in der Spitzenstunde für TFK 109.....	15
Abbildung 10	Leistungsfähigkeit in der Spitzenstunde für TFK 111	16
Abbildung 11	Vergleich der Tagesganglinien mit der maximalen Stundenleistungsfähigkeit in den TFK 109 und 111	17

1 AUFGABENSTELLUNG

Die Aufgabenstellung ergibt sich aus der Anfrage vom 13.09.2011, I.NMF 3 (Olaf Schmidt). Hiernach ist für die geplante S-Bahn-Abstellanlage in Köln-Nippes zu prüfen, ob die von Herrn Dipl.-Ing. Reinhard Höfer im Auftrag der Anwohner entwickelte Variante 1 mit höhengleicher Anbindung die Leistungsfähigkeit für die gegebene Belastung ausreicht.

2 VORHANDENE UNTERLAGEN

Die Untersuchung basiert auf folgenden Unterlagen:

Infrastruktur:

- DaViT-Spurplan der Niederlassung West, Version 2011-24 als XML-ISS-Importdatei
- Bautechnische und signaltechnische Lagepläne für den Bereich Köln-Nippes einschließlich geplanter Abstellanlage und der höhenfreien Anbindung

Betriebsprogramm:

- Fahrplan 2011, Version als XML-KSS-Importdatei
- Betriebsprogramm für die vorgesehenen Fahrten von/zu der Abstellanlage einschließlich vorgesehene Nutzung der Gleise für die verschiedenen Linien

3 METHODIK

3.1 Aufbereitung der Unterlagen

Zur Herstellung eines höhengleichen Fahrweges von der S-Bahn-Strecke zur geplanten Abstellanlage ist eine zusätzliche Weichenverbindung erforderlich. Prinzipiell sind hierfür zwei Lösungen möglich:

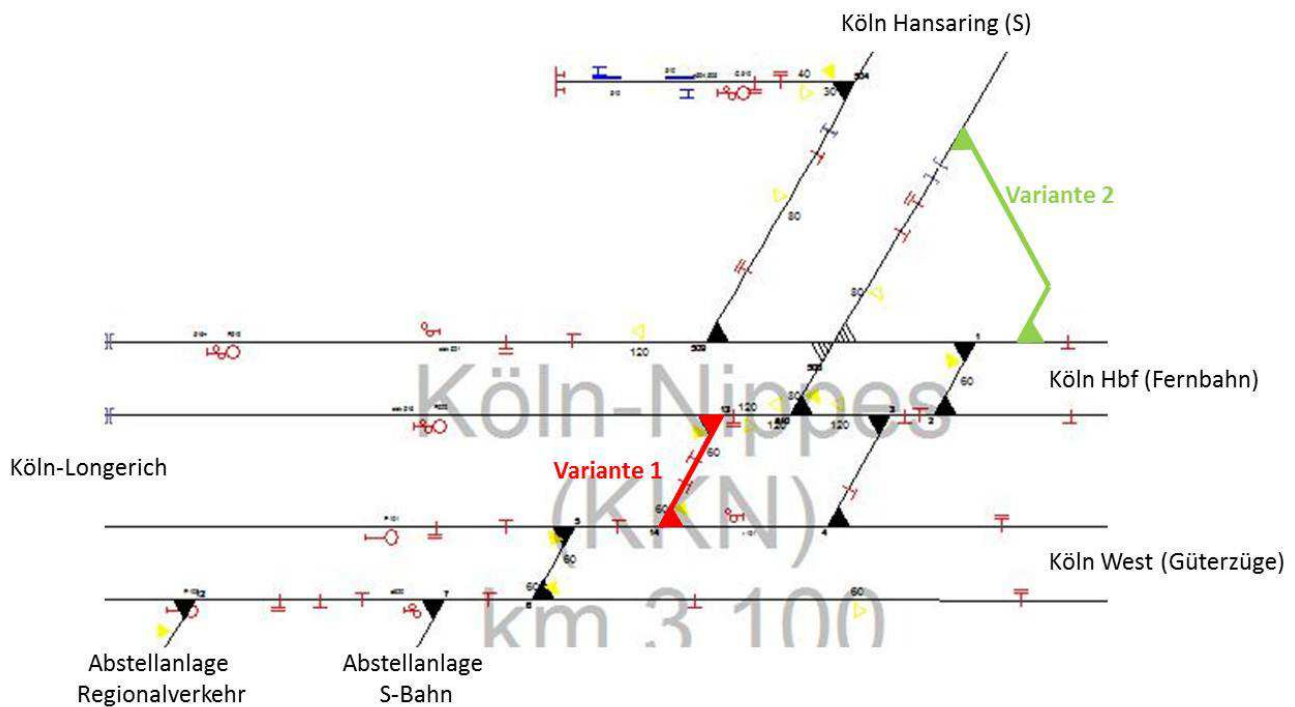


ABBILDUNG 1 KÖLN-NIPPES, VARIANTEN FÜR ZUSÄTZLICHE GLEISVERBINDUNG

Der Variante 1 wurde der Vorzug gegeben, da sie für ausfahrende S-Bahn-Züge günstigere Sperrzeiten bei folgenden Güterzügen aufweist. Bezüglich einfahrender S-Bahn-Züge sind beide Varianten als gleichwertig anzusehen. Die vorhandenen Weichenverbindungen lassen eine Geschwindigkeit von mindestens $v = 60 \text{ km/h}$ zu, so dass auch diese Weichenverbindung hierfür ausgelegt wurde.

Zur Anbindung der geplanten S-Bahn-Abstellanlage wurde die vorhandene Weiche 7 der Bauart 300-1:9 gegen eine der Bauart 500-1:12 ausgetauscht, um auch hier eine Abzweiggeschwindigkeit mit $v = 60 \text{ km/h}$ zu ermöglichen und so die Sperrzeiten zu minimieren. Die Lage der Weiche 8 und der anschließende Bogen im Zweiggleis müssen angepasst werden.

Eine zusätzliche Weiche verzweigt in die beiden Vorstellgleise. Das Östliche mit einer zulässigen Einfahrgeschwindigkeit von $v = 60 \text{ km/h}$ ist vorzugsweise für die Einfahrt zu nutzen. Das Westliche mit einer Einfahrgeschwindigkeit von $v = 40 \text{ km/h}$ wird bei dicht aufeinander folgenden Einfahrten benötigt. Über dieses Gleis finden vorzugsweise die Ausfahrten statt, für die folglich nur $v = 40 \text{ km/h}$ zugelassen ist.

Der Höhenunterschied zwischen den Streckengleisen und der geplanten Abstellanlage wird innerhalb der Vorstellgleise und der Verteilzone der Abstellanlage ausgeglichen. Das Gefälle beträgt ca. 10,6 ‰. Die in der Planung für die niveaufreie Anbindung vorgesehene Höhenlage wird etwa bei km 3,926 wieder erreicht. Damit hat die gesamte Verteilzone eine andere Höhenlage als in der derzeitigen Planung.

Die Ergänzungen im Spurplan sind den Anlagen 1 und 2 zu entnehmen. Sie wurden in den DaViT-Spurplan übernommen, der außerdem um die Abstellanlage für den Regionalverkehr und die geplante Abstellanlage für die S-Bahn ergänzt wurde, wie die folgende Abbildung zeigt.

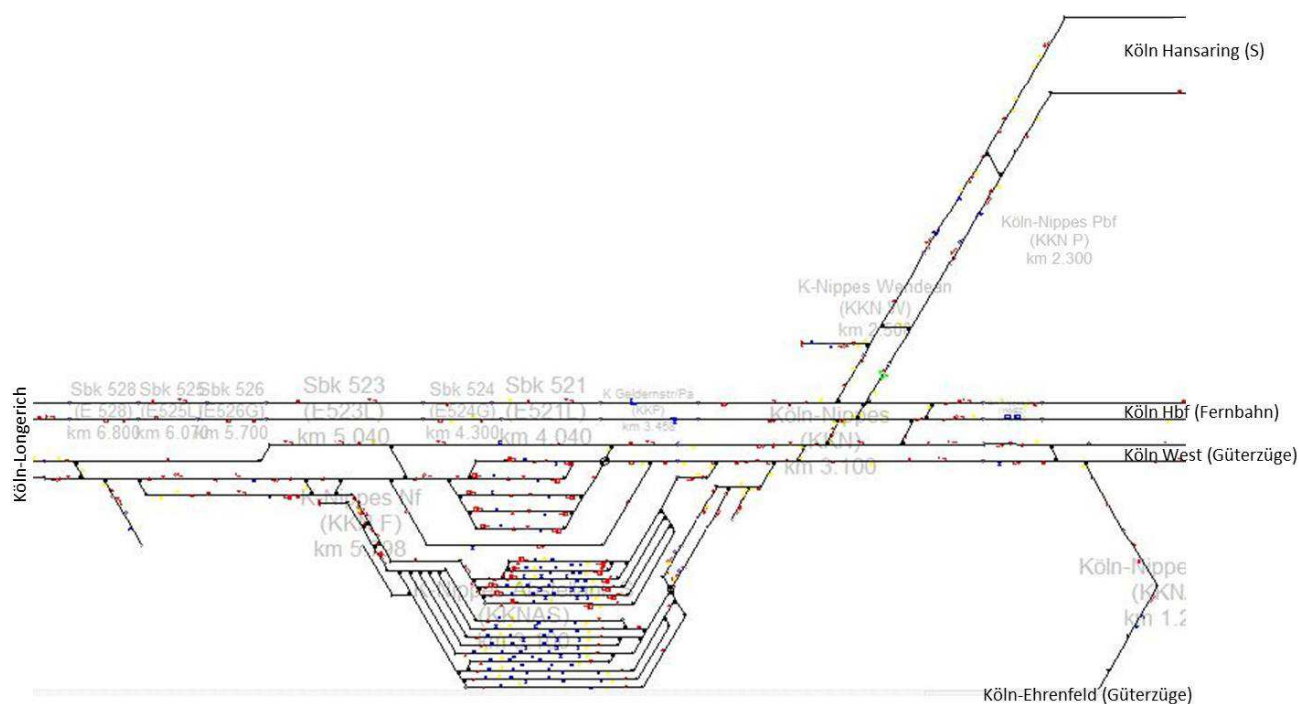


ABBILDUNG 2 DAVIT-SPURPLAN MIT ABSTELLANLAGEN UND MODIFIZIERTEM SPURPLAN

Bezüglich der Sicherungstechnik wurden zusätzliche Hauptsignale in den Vorstellgleisen vorgesehen, siehe folgende Abbildung. Die übrige Signalisierung wurde anhand der signaltechnischen Lagepläne geprüft, ob Veränderungen gegenüber dem DaViT-Spurplan zu verzeichnen waren, der ggf. angepasst wurde.

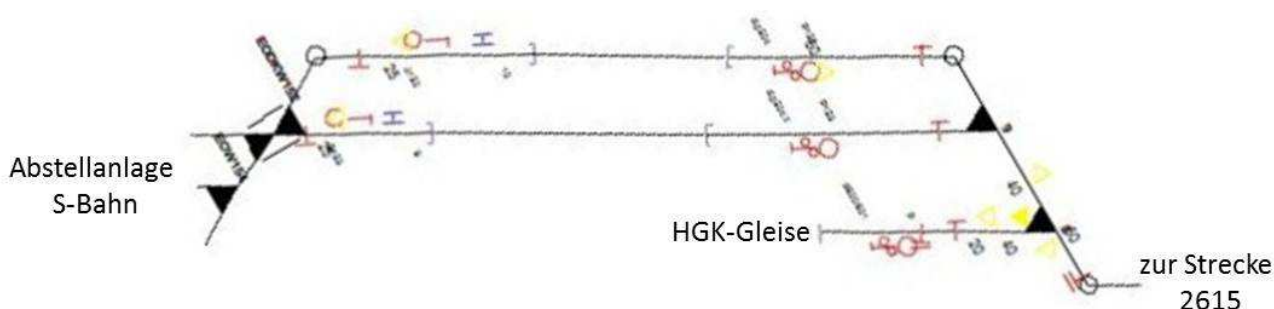


ABBILDUNG 3 SIGNALE IN DEN VORSTELLGLEISEN

Hinsichtlich des zugrunde zu legenden Betriebsprogramms bildet der Fahrplan 2011 die Grundlage. Dieser wurde ergänzt um die Fahrten aus/zur den Abstellanlagen Regionalverkehr und S-Bahn, wie sie sich aus dem Betriebsprogramm ergaben. Im Fahrplan enthaltene Fahrten, die durch diese Fahrten substituiert werden, wurden eliminiert. Folgende Laufwege wurden für die Fahrten aus den / in die Abstellanlagen vorgesehen:

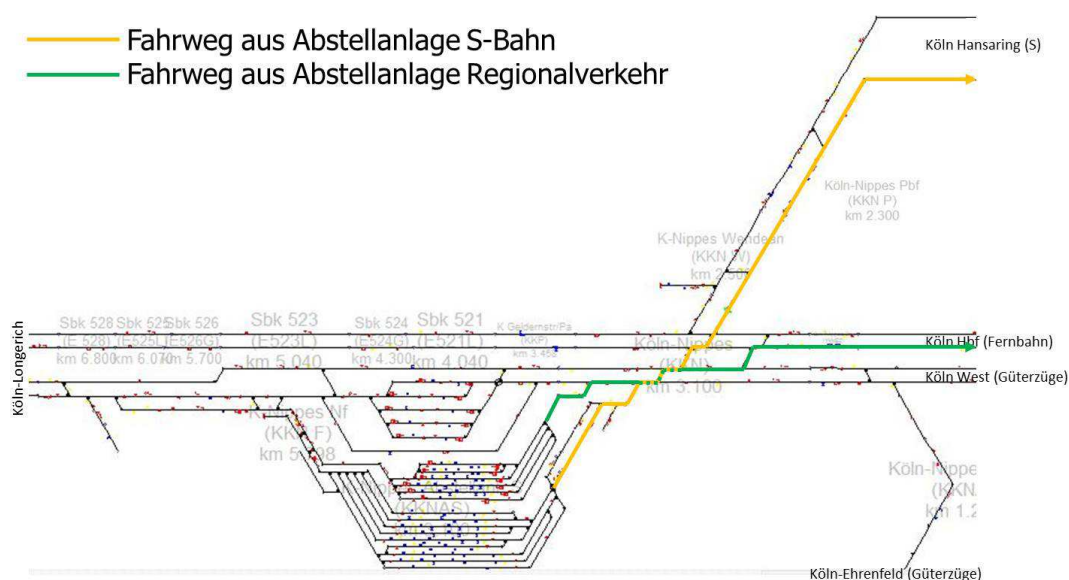


ABBILDUNG 4 LAUFWEGE AUS DEN ABSTELLANLAGEN

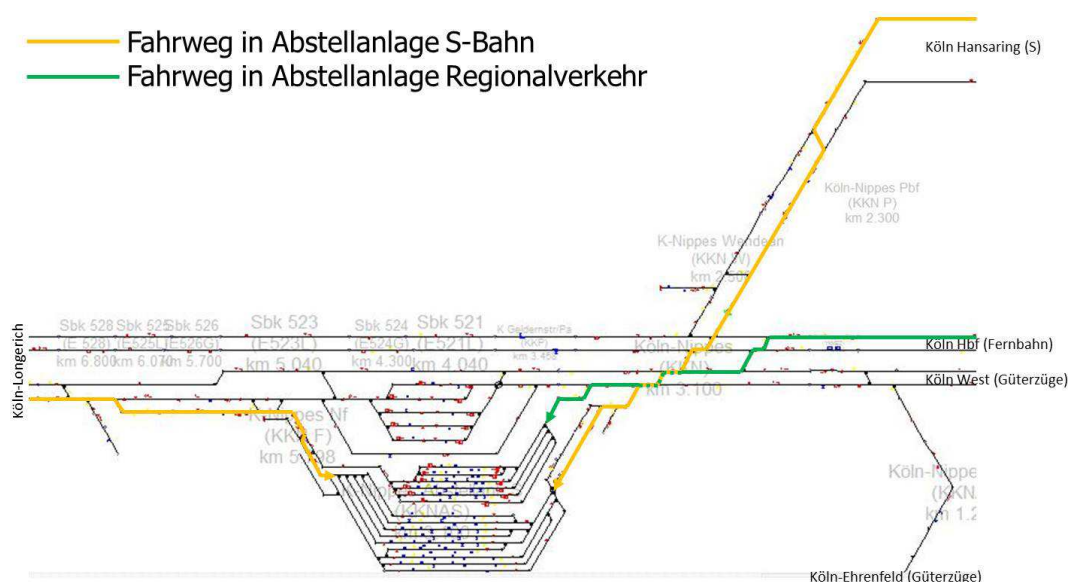


ABBILDUNG 5 LAUFWEGE IN DIE ABSTELLANLAGEN

Fahrwege in betroffenen Betriebsstellen wurden entsprechend ergänzt, wobei bei den Abstellanlagen nach Gleisen und Haltepositionen differenziert wurde.

Die einzelnen Zugfahrten wurden zu Zugfamilien zusammengefasst und für jede Zugfamilie ein repräsentativer Zug als Modellzug definiert.

3.2 Untersuchungsmethode und -verfahren

Als Untersuchungsmethode wurde die analytische Methode gewählt. Die mit dieser Methode können mit allgemein anerkannten Qualitätsmaßstäben verglichen werden. Damit ergeben sich eindeutige Aussagen bezüglich der Leistungsfähigkeit. Die Anwendung dieser Methode ist hier möglich, da sich Verkehre mit individuellem Fahrplan und Verkehre mit verschiedenen Takten mischen. Die wesentliche Randbedingung der analytischen Methode (negativ-exponential verteilte Pufferzeiten) kann deshalb als erfüllt angesehen werden. Neuanlagen bzw. grundlegend umgestaltete Anlagen sind so zu bemessen, dass in allen zugehörigen Netzelementen mindestens eine Qualität der Stufe „optimal“ (Qualitätsfaktor $QF = 1$) erreicht wird.

Der Auswerteraum ist in diesem Fall ein Fahrstraßenknoten. Bei einer Knotenuntersuchung sind angrenzende Strecken einzubeziehen, um deren Einfluss auf den Knoten berücksichtigen zu können. Der Betrachtungsraum wird deshalb begrenzt durch den Knoten Neuss, Köln Hbf, Köln West und Köln-Ehrenfeld.

Der zu untersuchende Fahrstraßenknoten (FK) wird in Teilfahrstraßenknoten zerlegt. Die Abgrenzung der Teilfahrstraßenknoten (TFK) wird so vorgenommen, dass sich einstellige Bedienungssysteme ergeben, d.h. alle Fahrten schließen sich hier gegenseitig aus. Hierdurch ist es möglich, die leistungsbestimmenden Engpässe eindeutig zu lokalisieren.

Zur Durchführung der Berechnungen wurde das Verfahren LUKS® gewählt, in dem alle erforderlichen Funktionen für Dateneingabe und Berechnung zur Verfügung stehen.

4 BERECHNUNG

4.1 Fahrtverlauf in Abstellanlage S-Bahn

Der Fahrtverlauf in die Abstellanlage S-Bahn stellt sich auf der Basis des Laufweges gemäß Abbildung 5 folgendermaßen dar:

- S-Bahn-Züge (gilt auch für Züge der RB 25) haben ihren letzten Verkehrshalt in Köln-Nippes auf dem „falschen Gleis“ mit einer Mindesthaltezeit von 36 s. Ausgenommen hiervon sind Leerzüge, die von einem Linienendpunkt kommen. Diese fahren in Köln-Nippes durch.
- Die Weiterfahrt erfolgt mit $v = 60$ km/h in das östliche bzw. $v = 40$ km/h in das westliche Vorstellgleis. Durchfahrende Leerzüge reduzieren ihre Geschwindigkeit entsprechend.
- Die Züge halten im Vorstellgleis an dem jeweiligen Einfahrtsignal der Abstellanlage. Tzf-Führer melden sich über die Sprechstelle beim Rangierfahrdienstleiter an und bekommen ihre

Halteposition zugewiesen. Der Zeitbedarf hierfür beträgt 2,0 min, jedoch für die VT der Baureihe 644 3,5 min (Verlassen des Führerstands erforderlich!).

- Die Weiterfahrt erfolgt als Rangierfahrt mit $v = 25 \text{ km/h}$.

Zwei S-Bahn-Züge fahren als Leerzüge von Dormagen kommend über die Nordeinfahrt ein. Hier ist folgender Fahrtverlauf vorgesehen:

- Die Einfahrt erfolgt über die Weiche 59 mit $v = 40 \text{ km/h}$ bis zum Halt am hochstehenden Sperrsignal vor der Weiche 41.
- Tfz-Führer melden sich über die Sprechstelle beim Rangierfahrdienstleiter an und bekommen ihre Halteposition zugewiesen. Der Zeitbedarf hierfür beträgt 2,0 min.
- Die Weiterfahrt erfolgt als Rangierfahrt mit $v = 25 \text{ km/h}$.

Auf der Basis des in Abbildung 4 dargestellten Laufweges wurde der folgende Fahrtverlauf aus der Abstellanlage S-Bahn unterstellt:

- Ausfahrt aus der Abstellanlage mit $v = 40 \text{ km/h}$ als Rangierfahrt.
- Übergang Rangierfahrt in Zugfahrt an den Ausfahrtsignalen in den Vorstellgleisen.
- Erster Verkehrshalt in Köln-Nippes mit Mindesthaltezeit von 36 s. Ausnahme bilden Leerzüge zu einem Linienendpunkt. Diese fahren in Köln-Nippes durch.

In der Abstellanlage S-Bahn sind den einzelnen Linien bestimmte Gleise zugewiesen. Dies wurde bei den Fahrwegen berücksichtigt. Die Nutzlängen der Abstellgleise ermöglichen 2 bis 4 Abstellpositionen mit Nutzlängen von 145 m (= 2 ET-Einheiten) bzw. 170 m (= 3 VT-Einheiten BR 644 oder 2 VT-Einheiten BR LINT 81).

Fahrten in die Abstellanlage Regionalverkehr erfolgen als Zugfahrten ohne Zwischenhalt. Vor den Verteilweichen wird die Geschwindigkeit auf $v = 25 \text{ km/h}$ reduziert. Die Ausfahrten erfolgen ebenfalls als Zugfahrten auf Gruppenausfahrtsignal mit $v = 40 \text{ km/h}$.

Die Züge verkehren überwiegend von/nach Köln Hbf als End- bzw. Startpunkt der kommerziellen Zugfahrt. Die Leerzüge von/nach Horrem verkehren über Köln-Nippes Abzweigung und die Verbindungskurve von/nach Köln-Ehrenfeld und weiter über die Fernbahngleise von/nach Horrem. In der Fahrtrichtung von Horrem zur Abstellanlage Regionalverkehr benutzen sie zwischen Köln-Nippes Abzweigung und der Abstellanlage das linke Streckengleis, um Ausschlüsse zu minimieren.

4.2 Rangordnung

Da in Köln-Nippes Pbf und im Bereich der S-Bahn-Stammstrecke (Köln Hansaring – Köln Hbf – Köln Messe/Deutz) keine Möglichkeit zur Zwischenabstellung von S-Bahn-Zügen vorhanden ist, müssen die S-Bahn-Züge exakt zum Zeitpunkt ihres kommerziellen Einsatzes bereitgestellt werden (Just-in-Time-Prinzip). Dies gilt sinn-

gemäß auch für das Ende des kommerziellen Einsatzes, da sonst auszusetzende S-Bahn-Züge die Infrastruktur für die kommerziellen Zugfahrten blockieren würden. Die Fahrten von der / in die Abstellanlage müssen deshalb vorrangig vor den anderen Zugfahrten durchgeführt werden. Die anderen Zugfahrten verkehren in der üblichen Rangordnung. Es wurde bewusst in Kauf genommen, dass hierbei bezüglich internationaler Güterzüge auf Freight Freeways diese Vorgehensweise nicht mit EU-Recht konform ist, um entsprechende Auswirkungen aufzeigen zu können. Für die Fahrten von der / in die Abstellanlage Regionalverkehr wurde folglich die niedrigste Rangstufe vorgesehen. Dies ist vertretbar, da zu den Zeitpunkten des Ein- und Aussetzens dieser Züge in Köln Hbf verlängerte Haltezeiten zum Puffern realisierbar sind.

4.3 Abgrenzung von Teilfahrstraßenknoten

Wie in Abschnitt 3.2 dargelegt, erfordert die Berechnungsmethode eine Abgrenzung von Teilfahrstraßenknoten, die von LUKS® automatisch vorgenommen wird, mit folgendem Ergebnis:

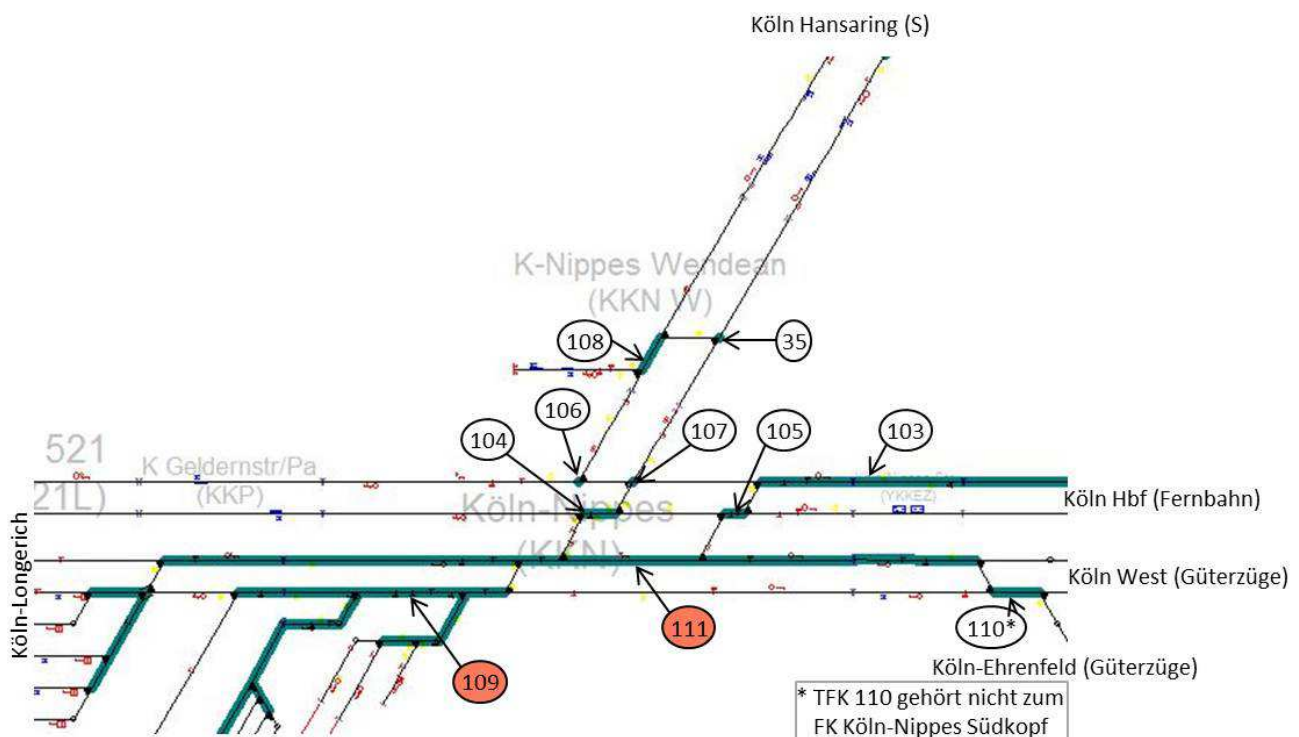


ABBILDUNG 6 ABGRENZUNG VON TEILFAHRSTRABENKNOTEN (TFK)

Die markierten Teilfahrstraßenknoten 109 und 111 stellen den kritischen Bereich dar, da hier die sich hier die Ströme von/zu den Abstellanlagen S-Bahn und Regionalverkehr mit den Güterverkehrsströmen kreuzen. Die Teilfahrstraßenknoten auf den Fernbahngleisen sind weniger relevant, da in den Spitzenzeiten des Ein- und Aussetzens hier nur wenige kommerzielle Züge verkehren.

4.4 Verspätungen

Da keine LEIDIS-Daten für den Betrachtungsraum zur Verfügung standen, wurde für das Verspätungsniveau der Einbruchsverspätungen Netzdurchschnittswerte für mittlere Belastungen unterstellt. Diese betragen:

	mittlere Einbruchsverspätung $t_{V, \text{ein}}$ [min]	Wahrscheinlichkeit des Auftretens $p_{V, \text{ein}}$
S-Bahn	1,65	0,225
Regionalverkehr	3,25	0,550
Ferngüterzüge	25,00	0,500
Nahgüterzüge	25,00	0,550
Tfz-Leerfahrten	25,00	0,550

4.5 Untersuchungszeitraum

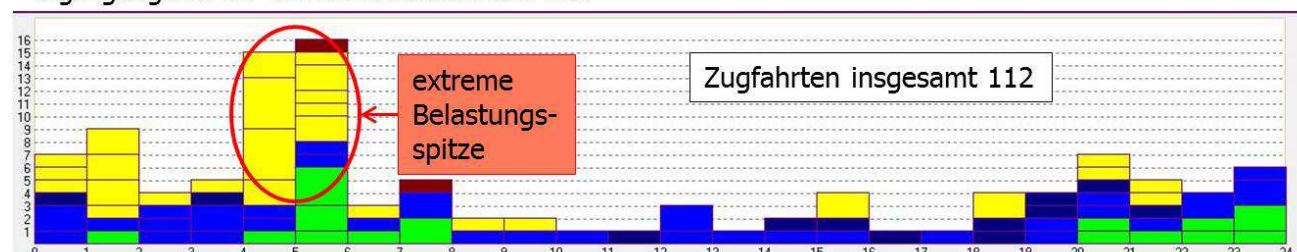
Der Betriebszeitraum umfasst 24 h. Als Untersuchungszeitraum wird deshalb 0:00 bis 24:00 h gewählt. Die Spitzenstunden werden gesondert betrachtet.

5 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

5.1 Tagesganglinien

Die Tagesganglinien der Belastungen in den beiden relevanten Teilfahrstraßenknoten 109 und 111 zeigen, dass in den Frühstunden extreme Spitzen zu verzeichnen sind. Während beim TFK 109 31 von 112 Fahrten (= 27,7 %) in den beiden Spitzenstunden verkehren, sind es beim TFK 111 32 von 93 Fahrten (= 34,4 %).

Tagesganglinie im Teilfahrstraßenknoten 109



Tagesganglinie im Teilfahrstraßenknoten 111

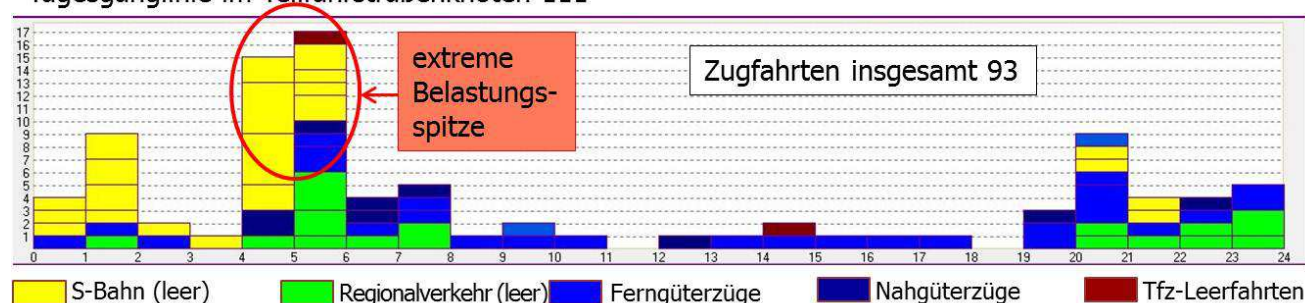


ABBILDUNG 7 TAGESGANGLINIEN DER BELASTUNG IN DEN RELEVANTEN TEILFAHRSTRAßENKNOTEN

5.2 Leistungsuntersuchung für den Betriebszeitraum

Die Leistungsuntersuchung für den gesamten Untersuchungszeitraum ergab für den Auswerteraum Fahrstraßenknoten Köln-Nippes Südkopf folgende Ergebnisse:

TFK-Name	Anzahl Modellzüge	Anzahl Fahrten	Anteil Reisezüge	Belegungsgrad	Variationskoeffizient der		Zustand Fahrplanerstellung					Zustand Betriebsdurchführung				
					Ankunftsabstände	Belegungszeiten	zulässige Warteschlangenlänge	Wartezeitsumme [min]	errechnete Warteschlangenlänge	Qualitätsfaktor	Hochrechnungsfaktor	zulässige Warteschlangenlänge	Wartezeitsumme [min]	errechnete Warteschlangenlänge	Qualitätsfaktor	Hochrechnungsfaktor
TFK 35	13	148	1.0000	0.3781	0.8000	0.1582	0.1308	82.24	0.0571	0.4366	1.3046	0.0709	15.70	0.0109	0.1539	1.7147
TFK 108	5	161	1.0000	0.3177	0.8000	0.6625	0.1308	85.82	0.0596	0.4556	1.3133	0.0709	11.60	0.0081	0.1137	1.9710
TFK 103	6	27	0.9259	0.0875	0.8000	0.4978	0.1440	2.19	0.0015	0.0106	5.3705	0.0780	2.35	0.0016	0.0209	5.1349
TFK 104	13	114	1.0000	0.2730	0.8000	0.4536	0.1308	42.79	0.0297	0.2271	1.6664	0.0709	12.88	0.0089	0.1262	2.0570
TFK 105	9	34	0.9412	0.0983	0.8000	0.5239	0.1412	3.15	0.0022	0.0155	4.6579	0.0765	3.03	0.0021	0.0276	4.5204
TFK 107	13	114	1.0000	0.2532	0.8000	0.4606	0.1308	35.09	0.0244	0.1863	1.7932	0.0709	10.58	0.0073	0.1037	2.2105
TFK 106	4	77	1.0000	0.2007	0.8000	0.5427	0.1308	21.03	0.0146	0.1116	2.1901	0.0709	6.52	0.0045	0.0639	2.7739
TFK 109	31	112	0.5446	0.2451	0.8000	0.8655	0.2365	57.10	0.0397	0.1677	1.8849	0.1281	44.45	0.0309	0.2410	1.8047
TFK 111	28	93	0.5699	0.2198	0.8000	0.8211	0.2288	41.42	0.0288	0.1257	2.0997	0.1239	32.48	0.0226	0.1820	2.0292

Maßgeblich für die Beurteilung ist nach der Richtlinie R 405 der Zustand Betriebsdurchführung. Es ist ersichtlich, dass die Wartezeiten in den TFK 109 und 111 um ein Vielfaches über denen der übrigen TFK liegen. Sie sind deshalb für die Frage, ob eine höhengleiche Anbindung aus betrieblicher Sicht machbar ist, von entscheidender Bedeutung. Die weitere Betrachtung konzentriert sich deshalb auf diese beiden Teilfahrstraßenknoten. Die Detailergebnisse für den Teilfahrstraßenknoten 109 ergeben sich zu

Ergebnisse für TFK TFK_109			
Untersuchungszeitraum	0 bis 24 Uhr		
Anzahl Fahrten im Untersuchungszeitraum	112		
Ermittlung der Zugfolgefälle	erweitertes Ganglinienverfahren		
Anteil der Reisezüge	0.5446		
Belegungsgrad	0.2451		
Variationskoeffizient der Ankunftsabstände	0.8000		gemäß Einstellung
Variationskoeffizient der Bedienungszeiten	0.8655		
	Fahrplan	Betrieb	
Verfahren	nach Wakob	Mittelwert-basiert	
zulässige Warteschlangenlänge	0.2365	0.1281	
Summe der Wartezeiten [min]	57.10	44.45	
Länge der Warteschlange	0.0397	0.0309	
Qualitätsfaktor	0.1677	0.2410	
Hochrechnungsfaktor	1.8849	1.8047	

und für den Teilfahrstraßenknoten 111

Ergebnisse für TFK TFK_111			
Untersuchungszeitraum	0 bis 24 Uhr		
Anzahl Fahrten im Untersuchungszeitraum	93		
Ermittlung der Zugfolgefälle	erweitertes Ganglinienverfahren		
Anteil der Reisezüge	0.5699		
Belegungsgrad	0.2198		
Variationskoeffizient der Ankunftsabstände	0.8000		gemäß Einstellung
Variationskoeffizient der Bedienungszeiten	0.8211		
	Fahrplan	Betrieb	
Verfahren	nach Wakob	Mittelwert-basiert	
zulässige Warteschlangenlänge	0.2288	0.1239	
Summe der Wartezeiten [min]	41.42	32.48	
Länge der Warteschlange	0.0288	0.0226	
Qualitätsfaktor	0.1257	0.1820	
Hochrechnungsfaktor	2.0997	2.0292	

Über den Betriebszeitraum (= Untersuchungszeitraum) betrachtet liegen bei beiden Teilfahrstraßenknoten die Qualitätsfaktoren im Zustand Betriebsdurchführung wesentlich unter 1,0, d.h. es ist eine wesentlich bessere

Qualität zu erwarten, als die vorgegebene Qualitätsstufe „optimal“ verlangt. Die Leistungsfähigkeit (Belastung = Anzahl Fahrten x Hochrechnungsfaktor) beträgt

- TFK 109: $N \times HRF = 112 \times 1,8849 = 211$ Fahrten
- TFK 111: $N \times HRF = 93 \times 2,0997 = 195$ Fahrten

Da die Werte der übrigen Teilfahrstraßenknoten des Fahrstraßenknotens Köln-Nippes Südkopf noch günstiger sind, ergibt sich in der grafischen Darstellung der Betriebsqualität im Zustand Betriebsdurchführung das folgende Bild:

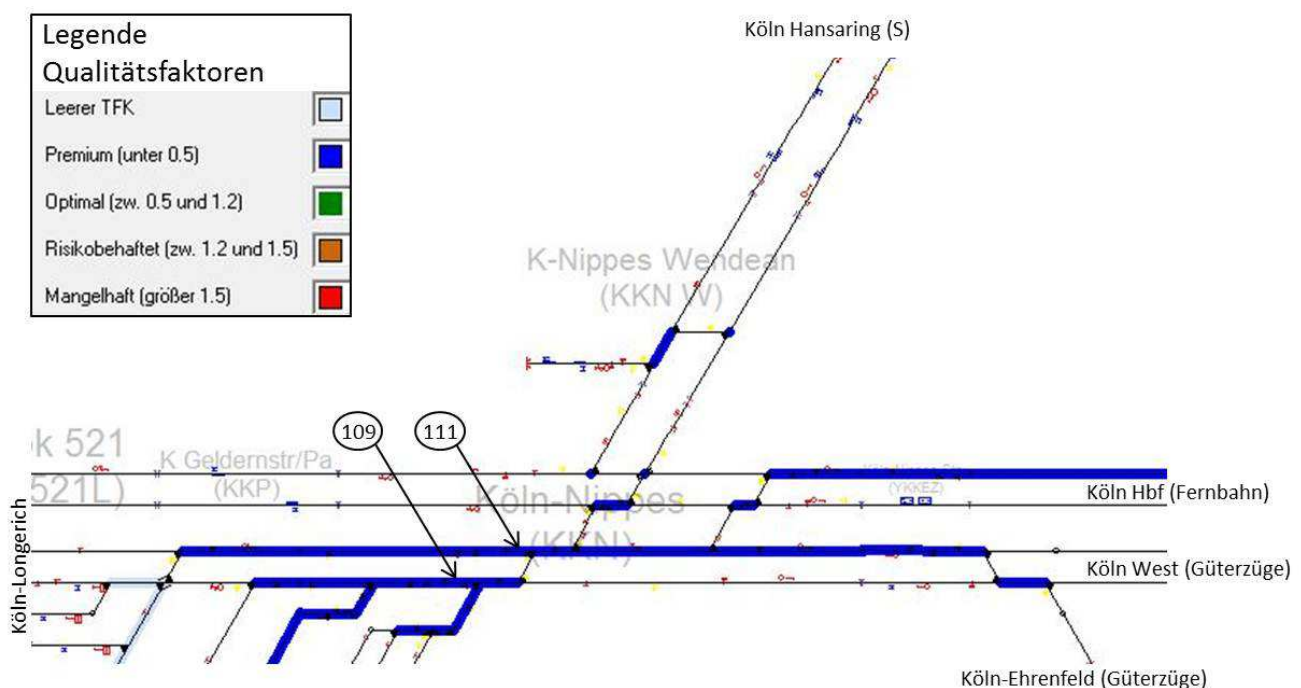


ABBILDUNG 8 BETRIEBSQUALITÄT IM ZUSTAND BETRIEBSDURCHFÜHRUNG IN DEN TEILFAHRSTRAßEN-KNOTEN

Die Betrachtung des gesamten Betriebszeitraumes zeigt eine Premium-Betriebsqualität in den relevanten TFK 109 und 111, jedoch ist diese Betrachtung nicht ausreichend, da ausgeprägte Spitzenstunden in den Tagesganglinien vorhanden sind. Der in diesem engen Zeitfenster (i.w. 2 h) abzuwickelnde Bereitstellungsprozess von S-Bahnen erfordert derzeit Zugfolgen im Abstand von 2,8 bis 5,8 min (i.M. 4,3 min), der sich bei der geplanten Erweiterung der S-Bahn noch verringern wird.

5.3 Betrachtung der Spitzenstunden

Die analytische Methode unterstellt, dass die Pufferzeiten negativ-exponential verteilt sind, d.h. Zeiträume mit kurzen Pufferzeiten stehen Zeiträume mit langen Pufferzeiten gegenüber. Auf diesen Voraussetzungen basiert

auch die Eichung des Qualitätsmaßstabes. Da eine derartige Häufung von kurzen Pufferzeiten zulässig ist, liegt der Wert für die zulässige Anzahl von Zügen in der Spitzenstunde über dem Mittelwert, wie er sich aus dem Quotient Leistungsfähigkeit/Anzahl der Stunden des Untersuchungszeitraumes ergeben würde. Wie aus den Tagesganglinien der beiden relevanten Teilfahrstraßenknoten ersichtlich ist, sind diese Voraussetzungen erfüllt.

Es ist der Nachweis zu erbringen, ob die Anzahl der Zugfolgen mit kurzen Pufferzeiten in der morgendlichen Spitzenstunde noch innerhalb der unterstellten Verteilung der Pufferzeiten liegt. Anderenfalls wäre die Betriebsqualität in der betreffenden Stunde in nicht vertretbarer Weise verschlechtert.

Für die Berechnung gibt es keine geschlossene Lösung. SCHWANHÄÜBER hat deshalb in seiner grundlegenden Arbeit¹ die zulässige Anzahl von Zügen in der Spitzenstunde iterativ in Abhängigkeit von der mittleren Mindestzugfolgezeit sowie der mittleren erforderlichen Pufferzeit ermittelt und in Diagrammen dargestellt. Anmerkung: Das Iterationsverfahren ist in LUKS® in LUKS-A Strecke zur Berechnung der Stundenleistungsfähigkeit und in angepasster Form zur Berechnung der Vier-Stundenleistungsfähigkeit implementiert, jedoch nicht in LUKS-A-Knoten.

Die Eingangsgrößen für die Diagramme errechnen sich wie folgt:

Mittlere Mindestzugfolgezeit:

$$t_{z,m} = \frac{\rho_{Bel} \cdot t_U}{N}$$

Mittlere erforderliche Pufferzeit:

$$t_{p,m,erf} = \frac{(1 - \rho_{Bel}) \cdot t_U}{HRF \cdot N}$$

mit

ρ_{Bel} = Belegungsgrad

t_U = Untersuchungszeitraum

N = Anzahl Fahrten im Untersuchungszeitraum

HRF = Hochrechnungsfaktor

Die Zahlenwerte sind den Ergebnissen aus den Berechnung für die Teilfahrstraßen 109 und 111 zu entnehmen.

Damit ergibt sich für den TFK 109

¹ Schwanhäuber, W.: Die Bemessung der Pufferzeiten im Fahrplangefüge der Eisenbahn, Dissertation, Aachen 1974

$$t_{z,m} = \frac{0,2451 \cdot 1440}{112} = 3,15 \text{ min}$$

$$t_{p,m,erf} = \frac{(1 - 0,2451) \cdot 1440}{1,8849 \cdot 112} = 5,37 \text{ min}$$

und für den TFK 111

$$t_{z,m} = \frac{0,2198 \cdot 1440}{93} = 3,40 \text{ min}$$

$$t_{p,m,erf} = \frac{(1 - 0,2198) \cdot 1440}{2,0997 \cdot 93} = 5,95 \text{ min}$$

Im von SCHWANHÄUBER entwickelten Diagramm ist abzulesen:

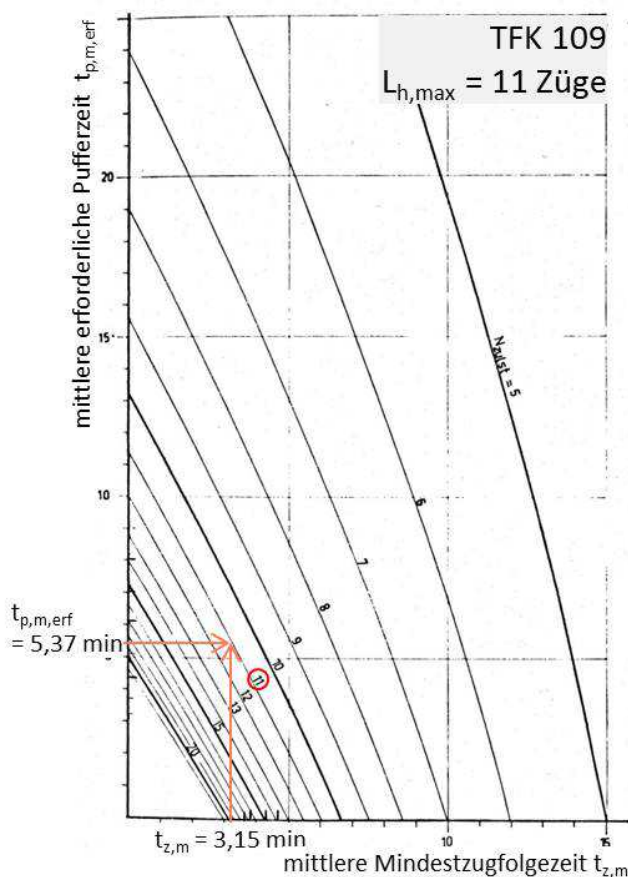


ABBILDUNG 9 LEISTUNGSFÄHIGKEIT IN DER SPITZENSTUNDE FÜR TFK 109

Zur Einhaltung der Qualitätsstufe optimal dürfen in der Spitzenstunde maximal 11 Züge über den Teilfahrstraßenknoten 109 verkehren.

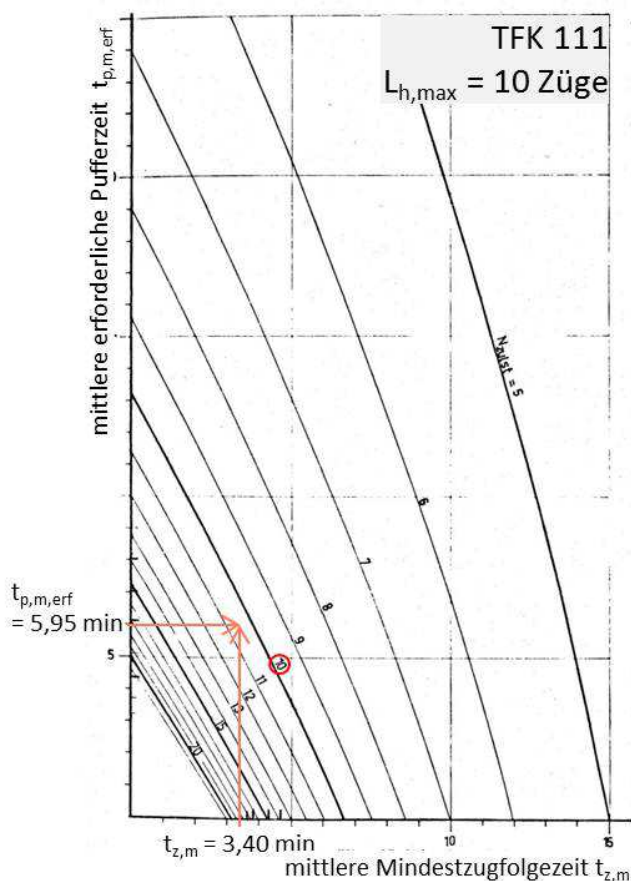
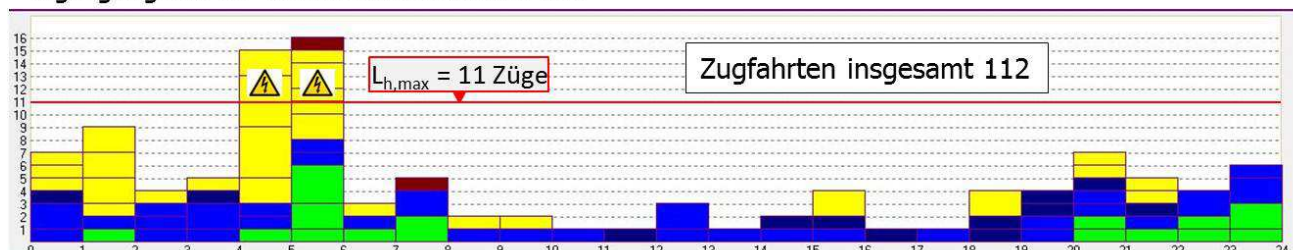


ABBILDUNG 10 LEISTUNGSFÄHIGKEIT IN DER SPITZENSTUNDE FÜR TFK 111

Über den TFK 111 dürfen in der Spitzenstunde maximal 10 Züge verkehren, um die Qualitätsstufe optimal einzuhalten.

Der Vergleich mit den tatsächlichen Werten der Tagesganglinie zeigt folgendes Bild:

Tagesganglinie im Teilfahrstraßenknoten 109



Tagesganglinie im Teilfahrstraßenknoten 111

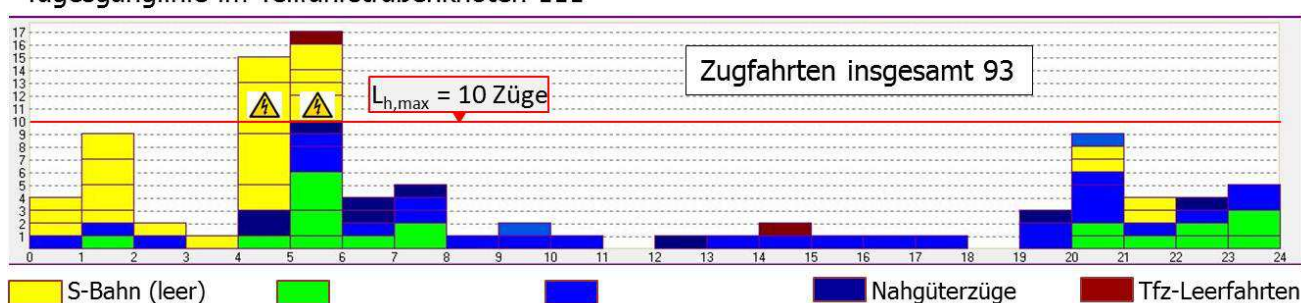


ABBILDUNG 11 VERGLEICH DER TAGESGANGLINIEN MIT DER MAXIMALEN STUNDENLEISTUNGSFÄHIGKEIT IN DEN TFK 109 UND 111

Aus der Abbildung 11 ist ersichtlich, dass nicht nur in der Spitzenstunde die Stundenleistungsfähigkeit überschritten wird, sondern auch zusätzlich in der Nachbarstunde. Damit ergibt sich eine über zwei Stunden dauernde Überlastung. Im TFK 109 beträgt die Überlastung in der Spitzenstunde 5 Züge (= 45 %), im TFK 111 7 Züge (= 70 %). Bei der unterstellten theoretischen Rangfolge (S-Bahn-Abstellungen | Güterverkehr | Regionalverkehr-Abstellungen) wären damit Güterzugfahrten in den Spitzenstunden von 4:00 bis 6:00 Uhr nicht möglich. Diese Güterzüge müssten in geeigneten rückgelegenen Anlagen gestaut werden. Nach den Regularien der Eisenbahninfrastruktur-Benutzungsverordnung (EIBV) ist bei nicht ausregelbaren Trassenkonflikten und dem Vorliegen gleicher Rahmenbedingungen eine Entscheidung im Regelentgeltverfahren zu treffen. Somit besteht das Risiko, dass zu Ungunsten der S-Bahn-Züge entschieden werden muss und damit die verkehrlich zwingend erforderliche Stabilität des S-Bahn-Verkehrs verloren geht bzw. einzelne Umläufe der S-Bahn ausfallen müssen.

Von der Überlastung sind nicht nur Güterzüge betroffen, sondern auch die nachrangigen Leerfahrten von der Abstellanlage Regionalverkehr. Damit sie zeitgerecht in ihren kommerziellen Einsatz kommen, müssten sie früher von der Abstellanlage nach Köln Hbf verkehren. Die dort anfallende verlängerte Wartezeit würde die Produktivität verringern, wobei hier nicht geprüft wurde, ob eine Verlängerung der Wartezeiten in Köln Hbf im betreffenden Zeitraum betrieblich machbar wäre.

Da keine geeigneten Diagramme zu Verfügung stehen, wurde hier nicht geprüft, wie groß die Überschreitung der Zwei-Stundenleistungsfähigkeit ist, die offensichtlich durch die Bündelung der zwei Spitzenstunden gegeben ist.

5.4 Sensitivitätsbetrachtung

Eine zusätzliche Weichenverbindung, die Parallelfahrten aus der und in die Abstellanlage S-Bahn ermöglichen würde, wäre zwar technisch machbar, brächte jedoch keine Entlastung, da in der fraglichen Zeit derartige Parallelfahrten nicht stattfinden. Sie wurde deshalb nicht weiter untersucht.

Technisch machbar wäre auch eine Weichenverbindung nördlich der S-Bahnsteige von Köln-Nippes, die das Halten der aussetzenden Züge am falschen Gleis vermeiden würde. Diese wurde nicht weiter untersucht, da zum einen die Spitzenstunde nicht in dem Zeitraum liegt, in dem die Züge aussetzen, zum anderen der Teilfahrstraßenknoten in diesem Bereich nicht maßgeblich wird.

Wird in einem theoretischen Ansatz der Güterverkehr in der Rangfolge über die S-Bahn-Fahrten von der / in die Abstellanlage gestellt, so ist dieser zwar durchführbar, jedoch können die S-Bahn-Züge nicht mehr zeitgerecht bereitgestellt werden. Sie müssten dann in den davor liegenden weniger belasteten Stunden durchgeführt und zwischengepuffert werden. Als geeignetes Puffergleis steht im Kernbereich des S-Bahn-Netzes nur ein Gleis für einen S-Bahn-Vollzug zur Verfügung: Wendegleis Zoobrücke. Somit geht auch bei dieser Alternative die verkehrlich zwingend erforderliche Stabilität des S-Bahn-Verkehrs verloren bzw. einzelne Umläufe der S-Bahn müssen ausfallen.

6 EMPFEHLUNG

Die Ergebnisse zeigen, dass mit einer höhengleichen Anbindung der S-Bahn-Abstellanlage die für neue und grundlegend umgestaltete Anlagen geforderte Qualitätsstufe „optimal“ nicht zu erreichen ist. Die gemäß Leistungsfähigkeit zulässige Belastung in der Spitzenstunde wird in beiden relevanten Teilfahrstraßenknoten um mehr als 45 % überschritten. Eine derartige Anbindung kann folglich nicht empfohlen werden. Wie die Sensitivitätsuntersuchung zeigt, ist durch Ergänzungen der Infrastruktur oder durch betriebliche Maßnahmen keine Verbesserung zu erreichen.



Anbindung S-Bahn Abstellanlage Köln-Nippes

EBWU Ergänzungsbericht zur Untersuchung aus 2011

Steckbrief

Anbindung S-Bahn Abstellanlage Köln-Nippes

EBWU-Auftragsnummer: K18004

Anlass/Aufgabenstellung:

Im Rahmen des Erörterungstermins zur Planfeststellung der höhenfreien Anbindung der S-Bahn Abstellanlage Köln-Nippes wurde gefordert, die EBWU aus dem Jahr 2011 (Betriebsprogramm 2011) mit dem Betriebsprogramm der aktuell gültigen Bundesprognose 2025 zu aktualisieren. Diese EBWU stellt eine Ergänzung zur EBWU aus 2011 dar, Untersuchungsraum, Prämissen, Berechnungsmethodik wurden nicht verändert.

Auftraggeber: I.NG-MI-M, I.NP-W-D-KÖL

Mitwirkung: I.NM-W-E

Durchführung: Timm Grobe, I.NMF 34

Prüfung: Enrico Sonntag, I.NMF 34

Freigabe: Olaf Schmidt, I.NMF 34

Grundlagen:

- Infrastruktur gemäß EBWU 2011
- Betriebsprogramm gemäß Bundesprognose 2025
- Prämissen und Parameter gemäß EBWU Ergebnisbericht 2011
- Richtlinie 405: Fahrwegkapazität

Verwendete EBW-Tools:

- LUKS-Analytik Knoten

Fazit EBWU:

Mit dem Betriebsprogramm der **Bundesprognose 2025** sind die maßgebenden **Teilfahrstraßenknoten deutlich überlastet**. Zudem **vergrößert** sich **Zeitraum der Überlastung** von zwei auf **sechs Stunden/Tag**. Die **Belastung** in der Spitzenstunde **erhöht** sich für beide maßgebenden Teilfahrstraßenknoten **um 30 Prozent**. Die Teilfahrstraßenknoten sind **über mehrere Stunden** im Tageszeitraum **überlastet**. Die **höhengleiche Anbindung** des Werkes **ist** auch unter Berücksichtigung der Bundesprognose 2025 **nicht ausreichend**.

Für die aktualisierte Untersuchung wurden grundsätzlich die Prämissen der Untersuchung aus 2011 übernommen, Änderungen rühren lediglich aus der Aktualisierung des Betriebsprogrammes

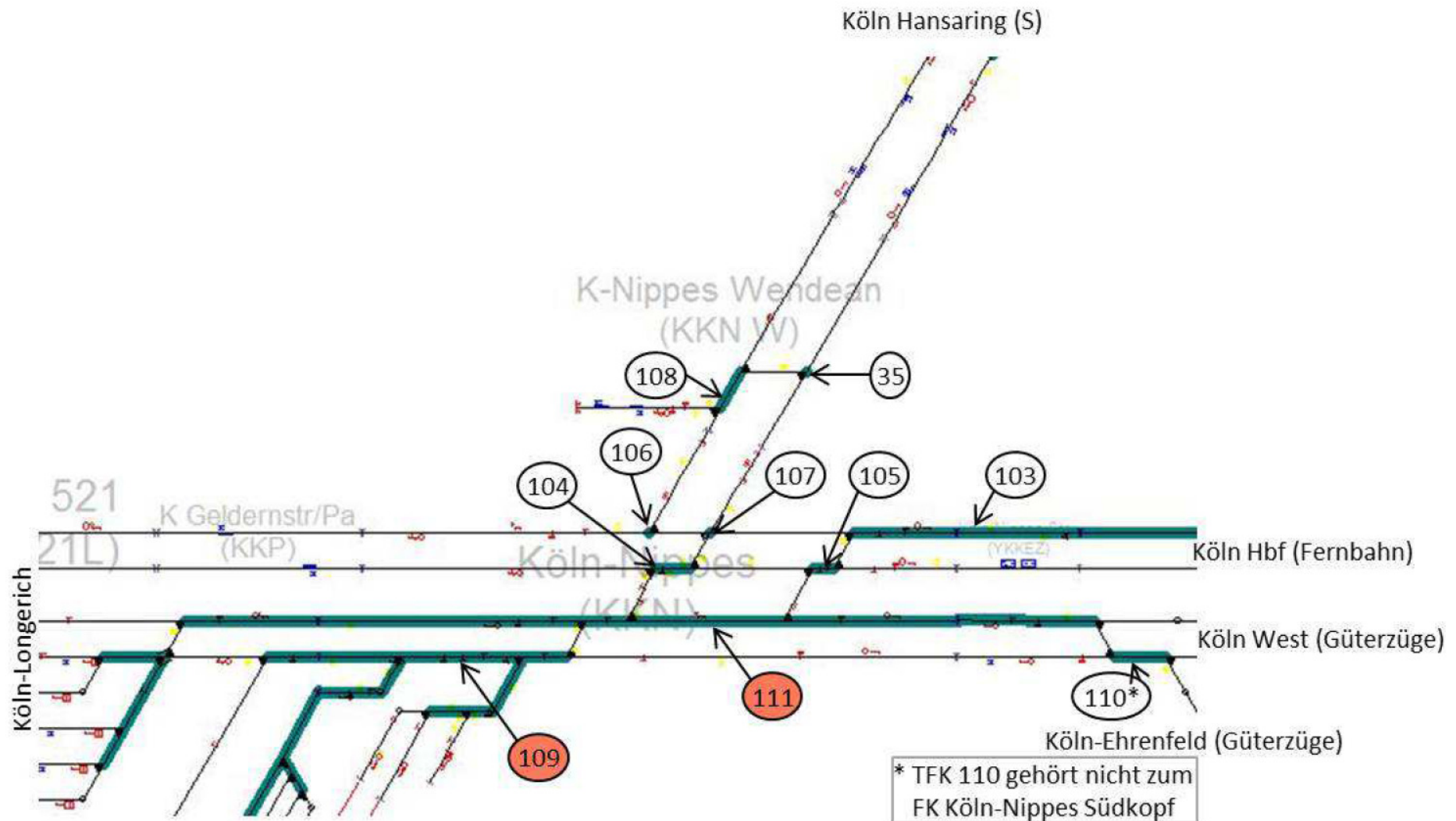
Anpassungen zur Berechnung der Leistungsfähigkeit für die Fahrstraßenknoten in der Spitzenstunde

- Anpassung des Betriebsprogramms auf die Bundesprognose 2025
- Ergänzung der Einbruchsverspätungsparameter um einen Einbruchparameter für den Fernverkehr

	mittlere Einbruchsverspätung $t_{V,ein}$ [min]	Wahrscheinlichkeit des Auftretens $p_{V,ein}$
S-Bahn	1,65	0,225
Regionalverkehr	3,25	0,550
Ferngüterzüge	25,00	0,550
Nahgüterzüge	25,00	0,550
Tfz-Leerfahrten	25,00	0,550
Fernverkehr (ergänzt)	5,00	0,500

Der hier untersuchte Spruplan im Bereich Köln-Nippes wurde aus dem Modell aus 2011 übernommen

Die hochbelasteten TFK 109 und 111 befinden sich im Bereich der Strecke 2615 (rot markiert)



Für die Aktualisierung der Ergebnisse aus 2011 wird das Betriebsprogramm 2025¹ verwendet

Zugzahlen Prognose 2025 plus regionale Ergänzung Abstellfahrten (Prognose Mit Fall)

von/nach Köln Ehrenfeld PM/GbI

Streckenabschnitt Gleisabschnitt	Strecke	Zuganzahl 6 - 22 Uhr 22 - 6 Uhr	Zugart	Fahrzeug- typ	Länge [m]	Scheiben- bremsanteil [%]	Geschwindig- keit [km/h]
Abzw Köln-Nippes - Köln-Ehrenfeld	2614 a	0 2 3	5	ET	140	100	60
			SGV	Gz	740	0	60
Köln-Ehrenfeld - Abzw Köln-Nippes	2614 b	1 1 2	5	ET	140	100	60
			SGV	Gz	740	0	60

von/nach Köln West (S-Bahn)

Streckenabschnitt Gleisabschnitt	Strecke	Zuganzahl 6 - 22 Uhr 22 - 6 Uhr	Zugart	Fahrzeug- typ	Länge [m]	Scheiben- bremsanteil [%]	Geschwindig- keit [km/h]
Abzw Köln-Nippes - Köln West	2615 b	24 25	SGV	Gz	740	0	60
Köln West - Abzw Köln-Nippes	2615 a	20 15	SGV	Gz	740	0	60

von/nach Köln Hbf (F-Bahn)

Streckenabschnitt Gleisabschnitt	Strecke	Zuganzahl 6 - 22 Uhr 22 - 6 Uhr	Zugart	Fahrzeug- typ	Länge [m]	Scheiben- bremsanteil [%]	Geschwindig- keit [km/h]
K-Nippes BfT Etelstraße Abzw - Köln Hbf	2618 b	3 1 17	ICE ICE RE	ET ET ET	400 200 180	100 100 100	120/60 120/60 120/60
			RB VT	VT VT	170 170	100 100	120/60 120/60
			SGV Gz	Gz Gz	740 740	0 0	100/60 100/60
Köln Hbf - K-Nippes BfT Etelstraße Abzw	2610 a	2 2 17	ICE ICE RE	ET ET ET	400 200 180	100 100 100	70/120 70/120 70/120
			RB VT	VT VT	170 170	100 100	70/120 70/120
			SGV Gz	Gz Gz	740 740	0 0	70/100 70/100

von/nach Köln Hbf (S-Bahn)

Streckenabschnitt Gleisabschnitt	Strecke	Zuganzahl 6 - 22 Uhr 22 - 6 Uhr	Zugart	Fahrzeug- typ	Länge [m]	Scheiben- bremsanteil [%]	Geschwindig- keit [km/h]
Köln-Nippes Bf Pfz - Köln Hansaring	2620 b	93 35 0	5	ET	140	100	80
			RB	VT	170	100	80
Köln Hansaring - Köln-Nippes Bf Pfz	2620 a	102 3 26	5	ET	140	100	80
			RB	VT	170	100	80

Streckenabschnitt Gleisabschnitt	Strecke	Zuganzahl 6 - 22 Uhr 22 - 6 Uhr	Zugart	Fahrzeug- typ	Länge [m]	Scheiben- bremsanteil [%]	Geschwindig- keit [km/h]
K-Nippes BfT Etelstraße Abzw - Abzw Köln-Nippes	2615 b	0 2 26	5	ET	140	100	60
			SGV	Gz	740	0	60
Abzw Köln-Nippes - K-Nippes BfT Etelstraße Abzw	2615 a	1 1 22	5	ET	140	100	60
			SGV	Gz	740	0	60

Streckenabschnitt Gleisabschnitt	Strecke	Zuganzahl 6 - 22 Uhr 22 - 6 Uhr	Zugart	Fahrzeug- typ	Länge [m]	Scheiben- bremsanteil [%]	Geschwindig- keit [km/h]
K-Nippes BfT Etelstraße Abzw - Köln Hbf	2618 b	3 1 17	ICE ICE RE	ET ET ET	400 200 180	100 100 100	120/60 120/60 120/60
			RB VT	VT VT	170 170	100 100	120/60 120/60
			SGV Gz	Gz Gz	740 740	0 0	100/60 100/60
Köln Hbf - K-Nippes BfT Etelstraße Abzw	2610 a	2 2 17	ICE ICE RE	ET ET ET	400 200 180	100 100 100	70/120 70/120 70/120
			RB VT	VT VT	170 170	100 100	70/120 70/120
			SGV Gz	Gz Gz	740 740	0 0	70/100 70/100

Streckenabschnitt Gleisabschnitt	Strecke	Zuganzahl 6 - 22 Uhr 22 - 6 Uhr	Zugart	Fahrzeug- typ	Länge [m]	Scheiben- bremsanteil [%]	Geschwindig- keit [km/h]
K-Nippes BfT Etelstraße Abzw - Köln-Nippes Bf Pfz	2620 b	74 9 5	5	ET	140	100	80
Köln-Nippes Bf Pfz - K-Nippes BfT Etelstraße Abzw	2620 a	74 10 5	5	ET	140	100	80

Streckenabschnitt Gleisabschnitt	Gleis	Zuganzahl 6 - 22 Uhr 22 - 6 Uhr	Zugart	Fahrzeug- typ	Länge [m]	Scheiben- bremsanteil [%]	Geschwindig- keit [km/h]
Köln-Nippes Bf Pfz - K-Nippes BfT Etelstraße Abzw Wendegleis	511	18 6	5	ET	140	100	40
Abstellanlage - Köln-Nippes Bf Pfz	560	10 23 0	5	ET	140	100	40
			RB	VT	170	100	40
Köln-Nippes Bf Pfz - Abstellanlage	561	19 13 3	5	ET	140	100	40
			RB	VT	170	100	40

Streckenabschnitt Gleisabschnitt	Strecke	Zuganzahl 6 - 22 Uhr 22 - 6 Uhr	Zugart	Fahrzeug- typ	Länge [m]	Scheiben- bremsanteil [%]	Geschwindig- keit [km/h]
K-Nippes BfT Etelstraße Abzw - Köln-Nippes Bf Bez 1	7460 a	2 4	SGV	Gz	740	0	40
Köln-Nippes Bf Bez 1 - K-Nippes BfT Etelstraße Abzw	7460 b	2 4	SGV	Gz	740	0	40

Streckenabschnitt Gleisabschnitt	Strecke	Zuganzahl 6 - 22 Uhr 22 - 6 Uhr	Zugart	Fahrzeug- typ	Länge [m]	Scheiben- bremsanteil [%]	Geschwindig- keit [km/h]
Köln-Nippes BfT Bez 1 - K-Nippes BfT Etelstraße Abzw	ICE Werk	3 5 8	ICE	ET	400 200	100 100	40 40
K-Nippes BfT Etelstraße Abzw - Köln-Nippes BfT Bez 1	ICE Werk	2 6 7	ICE	ET	400 200	100 100	40 40

Abstellgruppe S-Bahn

Streckenabschnitt Gleisabschnitt	Strecke	Zuganzahl 6 - 22 Uhr 22 - 6 Uhr	Zugart	Fahrzeug- typ	Länge [m]	Scheiben- bremsanteil [%]	Geschwindig- keit [km/h]
Köln-Nippes BfT Bez 1 - K-Nippes BfT Etelstraße Abzw	GI 103 - 108	1 0 2	RE	ET	180 140	100 100	40 40
K-Nippes BfT Etelstraße Abzw - Köln-Nippes BfT Bez 1	GI 103 - 108	1 1 1	RE	ET	180 140	100 100	40 40

Streckenabschnitt Gleisabschnitt	Strecke	Zuganzahl 6 - 22 Uhr 22 - 6 Uhr	Zugart	Fahrzeug- typ	Länge [m]	Scheiben- bremsanteil [%]	Geschwindig- keit [km/h]
Köln-Nippes BfT NF - K-Nippes BfT Etelstraße Abzw	2615 b	24 25	SGV	Gz	740	0	60
K-Nippes BfT Etelstraße Abzw - Köln-Nippes BfT NF	2615 a	21 16	SGV	Gz	740	0	60

Streckenabschnitt Gleisabschnitt	Strecke	Zuganzahl 6 - 22 Uhr 22 - 6 Uhr	Zugart	Fahrzeug- typ	Länge [m]	Scheiben- bremsanteil [%]	Geschwindig- keit [km/h]
Köln-Longerich - K-Nippes BfT Etelstraße Abzw	2610 b	16 74	5	RE	180 140	100 100	160 140
K-Nippes BfT Etelstraße Abzw - Köln-Longerich	2610 a	16 74	3	RE	180 140	100 100	160 140

von/nach Köln-Bickendorf (HGK)

Streckenabschnitt Gleisabschnitt	Strecke	Zuganzahl 6 - 22 Uhr 22 - 6 Uhr	Zugart	Fahrzeug- typ	Länge [m]	Scheiben- bremsanteil [%]	Geschwindig- keit [km/h]
301		0 16	5	ET	140	100	40

Streckenabschnitt Gleisabschnitt	Strecke	Zuganzahl 6 - 22 Uhr 22 - 6 Uhr	Zugart	Fahrzeug- typ	Länge [m]	Scheiben- bremsanteil [%]	Geschwindig- keit [km/h]
Köln-Longerich - Köln-Nippes BfT NF	2615 b	0 24	8	5	ET	140	100
			SGV	Gz	740	0	60
Köln-Nippes BfT NF - Köln-Longerich	2615 a	0 21	8	5	ET	140	100
			SGV	Gz	740	0	60

"Tunnelgleis" zur Abstellgruppe S-Bahn

Herleitung der Leistungsfähigkeit in der Spitzenstunde gemäß EBWU 2011 auf Basis des Zugmixes der Bundesprognose 2025

Berechnung der Leistungsfähigkeit für die Fahrstraßenknoten in der Spitzenstunde

- Gemäß Schwanhäußer lässt sich die maximale Leistungsfähigkeit der Teilfahrstraßenknoten für die Spitzenstunde berechnen. An die EBWU von 2011 anknüpfend wurden die maximalen Belastungen für die maßgebenden Teilfahrstraßenknoten ermittelt.

■ TFK 109

$$t_{z,m} = \frac{0,3954 \cdot 1440}{182} = 3,13 \text{ min}$$

$$t_{p,m,erf} = \frac{(1-0,3954) \cdot 1440}{1,0637 \cdot 182} = 4,50 \text{ min}$$

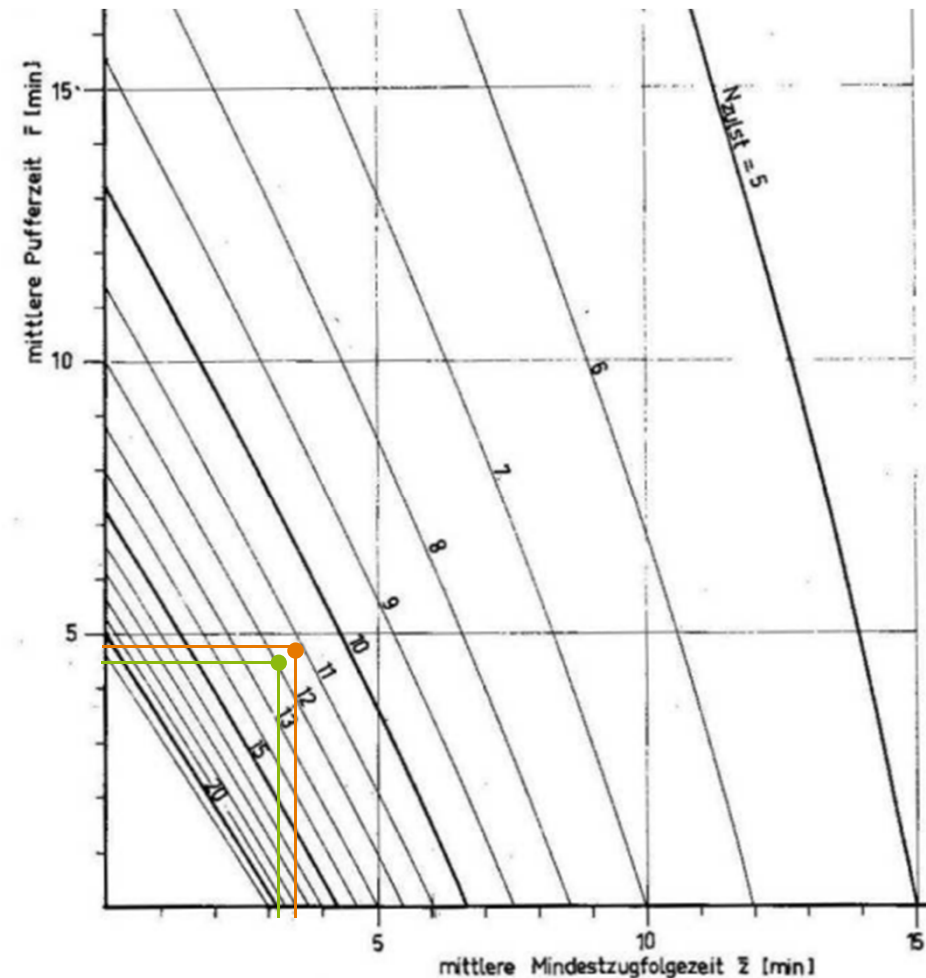
➤ **12 Züge**

■ TFK 111

$$t_{z,m} = \frac{0,3811 \cdot 1440}{166} = 3,31 \text{ min}$$

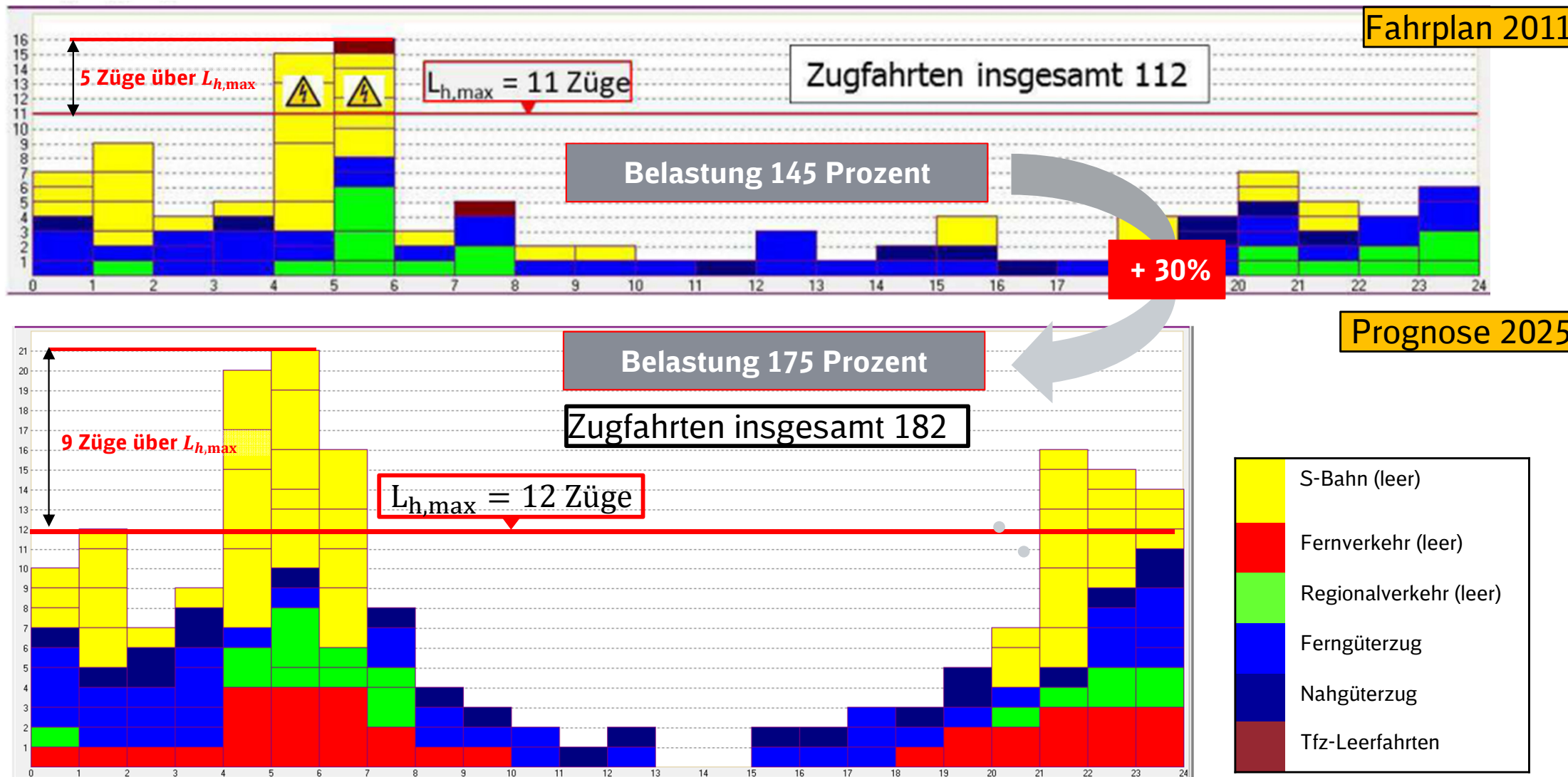
$$t_{p,m,erf} = \frac{(1-0,3811) \cdot 1440}{1,1023 \cdot 166} = 4,87 \text{ min}$$

➤ **11 Züge**



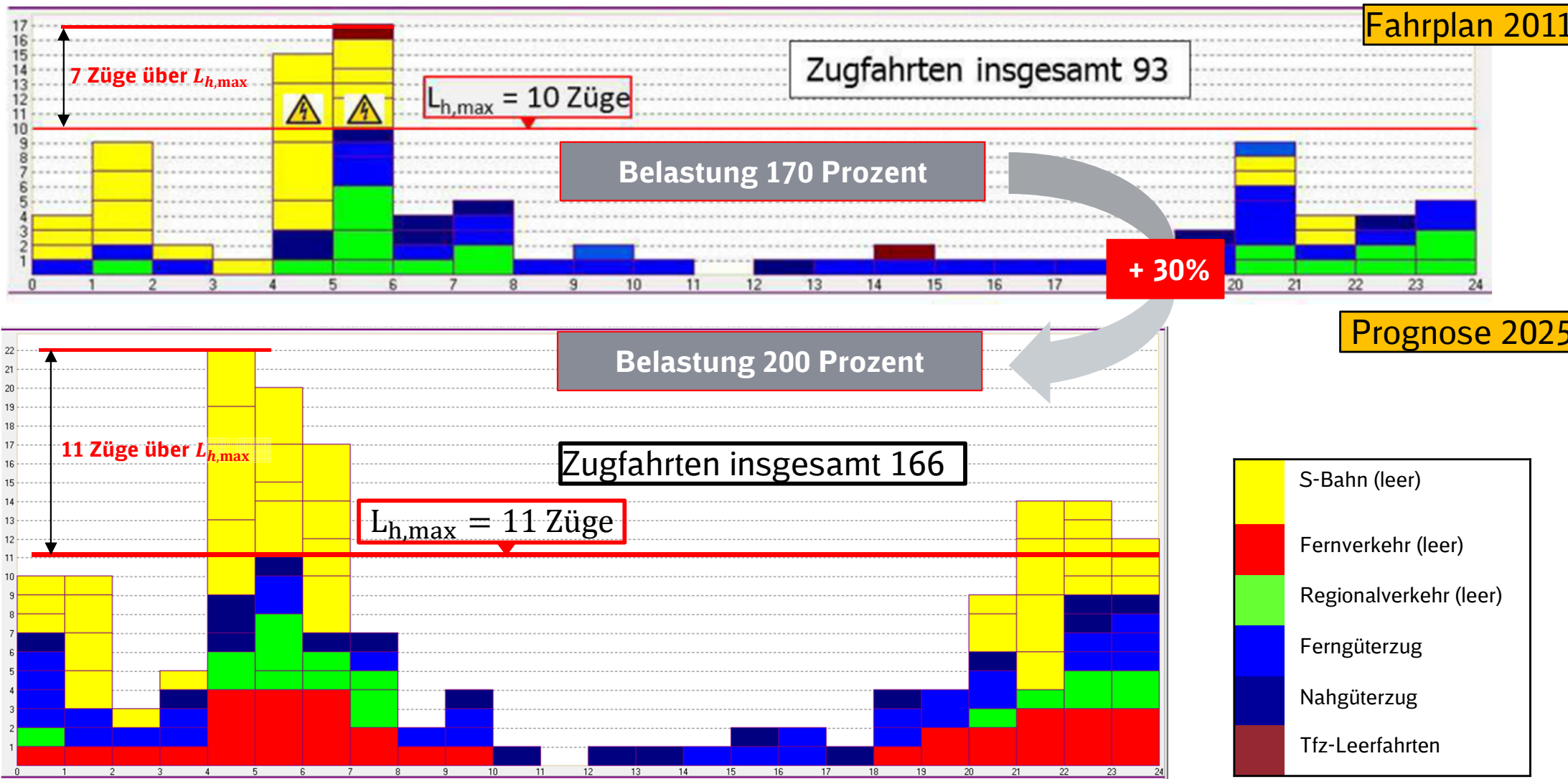
Im Vergleich zur 2011 zeigt sich mit den Zugzahlen für 2025 eine deutlich stärkere Belastung des Teilfahrstraßenknotens 109

Ergebnisse für den TFK 109



Im Vergleich zur 2011 zeigt sich mit den Zugzahlen für 2025 eine deutlich stärkere Belastung des Teilfahrstraßenknotens 111

Ergebnisse für den TFK 111



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



EBWU Anbindung S-Bahn Abstellanlage Köln-Nippes

Fahrwegkapazitätsbetrachtung

Aktualisierung der Ergebnisse aus 2011 und 2018

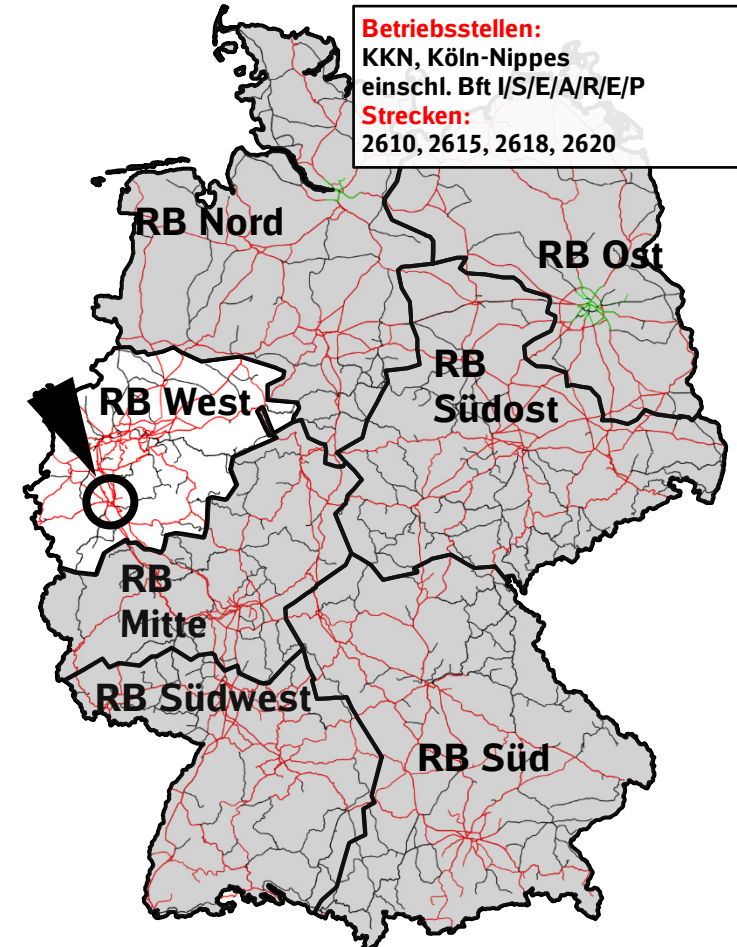
EBWU Anbindung S-Bahn Abstellanlage Köln-Nippes

Fahrwegkapazitätsbetrachtung

Steckbrief EBWU

Steckbrief

Auftraggeber:	DB Netz AG, I.NI-W-K-S, Kai Seipel DB Netz AG, I.NI-W-K-S, Michael Moritz
Aktenzeichen:	K18004
Bearbeitungszeitraum:	03/2021 – 04/2021
Mitwirkung:	DB Netz AG, I.NB-W-V 1, Hr. Birkhahn
Durchführung:	I.NBF 241, Enrico Sonntag
Prüfung:	I.NBF 241, Friedemann Schmidt
Freigabe:	I.NBF 241, Michael Schedel
Verwendete Tools:	■ LUKS-A (Version 3.1.1) – Analytik Knoten
Grundlagen:	■ Infrastruktur: 2020 RB West ■ Betriebsprogramm: Bundesprognose 2030 ergänzt um Leerfahrten ■ Prämissen und Parameter: gemäß Abstimmung mit DB Netz AG, I.NB-W-V 1 ■ Richtlinie 405: Fahrwegkapazität ■ EBWU-Ergebnisberichte aus 2011 2018 ■ Dissertation: „Die Bemessung der Pufferzeiten im Fahrplangefüge der Eisenbahn“, Schwanhäuser, Aachen, 1974



EBWU Anbindung S-Bahn Abstellanlage Köln-Nippes

Fahrwegkapazitätsbetrachtung

Zusammenfassung EBWU

Steckbrief

Anlass: Aktualisierung der beizustellenden Unterlagen zur Planbegründung des Vorhabens „Höhenfreie S-Bahn-Anbindung Köln-Nippes“ – hier: Aktualisierung der EBWU aus 2011 und 2018 auf Basis der aktuellen Prognosezugzahlen 2030.

Zielstellung: Nachweis des Erfordernisses einer höhenfreien Anbindung der S-Bahn Abstellanlage Köln-Nippes auf Basis der aktuell gültigen Bundesprognose 2030.

Kernergebnisse:

- Die Untersuchung unterstellt ein Fehlen der höhenfreien Anbindung der S-Bahn-Abstellanlage K-Nippes – alle Fahrten von und zur Abstellanlage aus Ri Stammstrecke Köln (Strecke 2620) müssen höhengleich die Strecken 2610 und 2615 im Fahrstraßenknoten K-Nippes Etzelstr. (KKN E) / Abzw Etzelstr. (KKEZ) kreuzen.
- Der Fahrstraßenknoten Köln-Nippes Etzelstr. / Abzw Etzelstr. ist in mehreren Spitzenstunden deutlich überlastet insbesondere im Zeitraum des Betriebsan- und auslaufes der S-Bahn Köln.
- Die Leistungsanforderung des Teilfahrstraßenknotens 106 (Streckengleis 1615-1, zwischen Weiche 22 und 603) übersteigt in der morgendlichen Spitzenstunde die max. Stundenleistungsfähigkeit um 83 Prozent. Auch der TFK 32 (Streckengleis 2615-2, zwischen Weiche 11 und 21) ist in der Spitzenstunde um mehr als 50 Prozent überlastet.
- Die Belastung gem. Prognose 2030 ist gegenüber dem Prognosebetriebsprogramm 2025 nochmals um rd. 8 Prozent angestiegen.
- Eine höhenfreie Anbindung der Abstellanlage K-Nippes ist nicht nur für den Regelbetrieb erforderlich, sondern erleichtert zudem die Ad-hoc-Disposition im Betriebsführungsfall erheblich. Rückstaueffekte aufgrund von außerplanmäßigen Wartezeiten vor dem Fahrstraßen Abzw Etzelstr (KKEZ) können vermieden werden.

Handlungsempfehlung:

- Die Umsetzung der höhenfreien Anbindung der S-Bahn Abstellanlage Köln-Nippes gem. vorliegender Planung ist zwingend erforderlich.

Agenda

1. Grundlagen

1.1 Infrastruktur

1.2 Betriebsprogramm

2. Durchführung

2.1 Methoden und Qualitätsmaßstäbe

2.2 Vorgehensweise

3. Ergebnisse

Agenda

1. Grundlagen

1.1 Infrastruktur

1.2 Betriebsprogramm

2. Durchführung

2.1 Methoden und Qualitätsmaßstäbe

2.2 Vorgehensweise

3. Ergebnisse

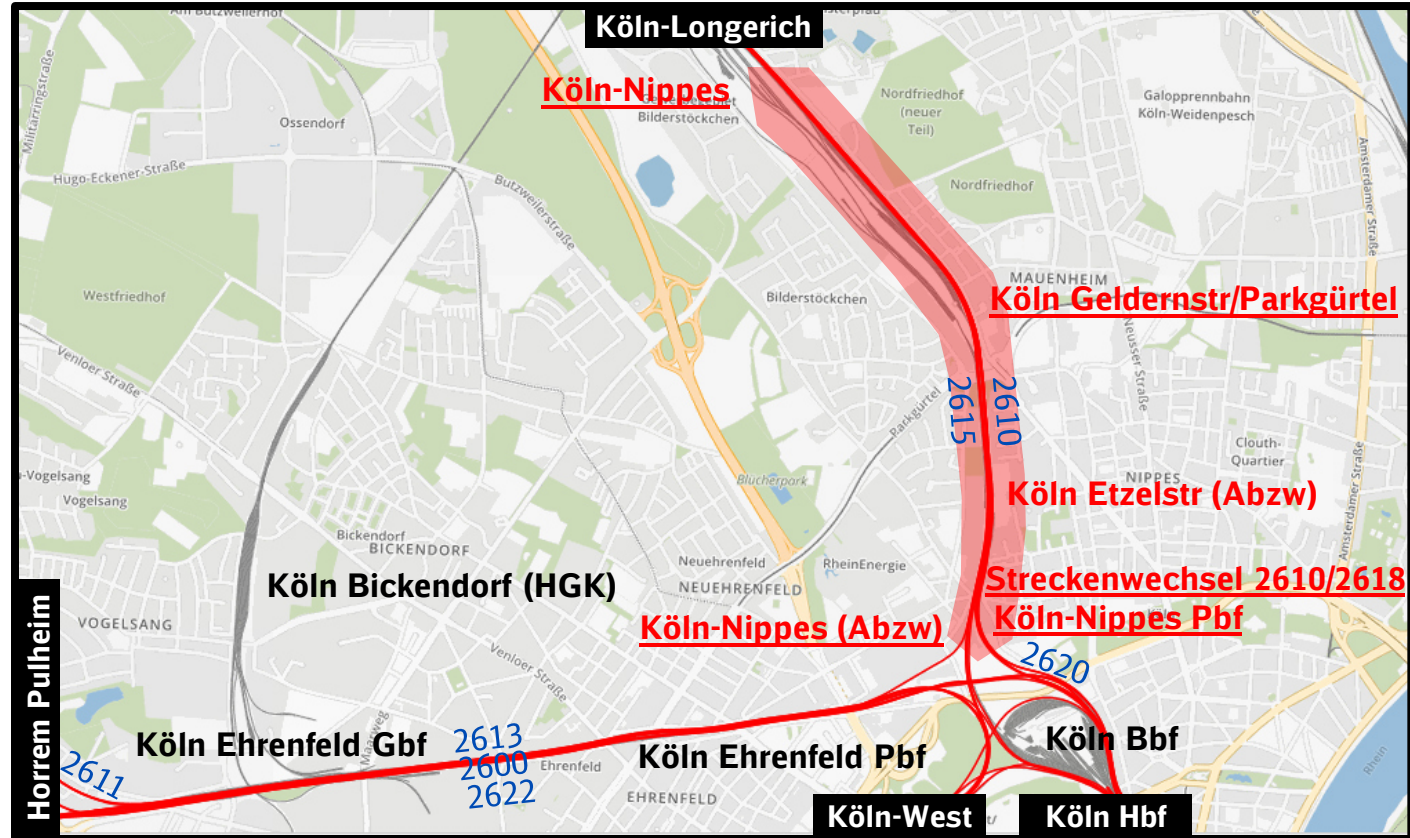
Der Betrachtungsraum umfasst die Strecken 2615, 2620 und 2610 im Bereich Köln Nippes / Köln Etzelstr.

Übersicht über den Betrachtungsraum

Infrastruktur

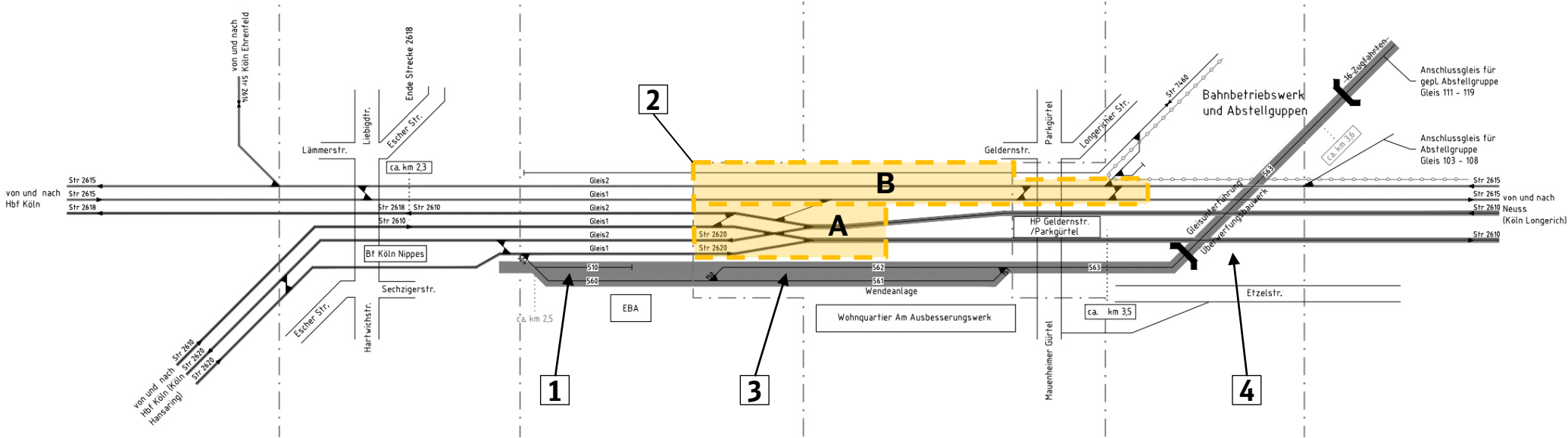
Legende

	Betrachtungsraum
K Etzelstr	ausgewählte Betriebsstellen im Betrachtungsraum
<u>K-Nippes</u>	Grenzbetriebsstellen des Betrachtungsraums
Köln Bbf	ausgewählte Betriebsstellen außerhalb des Betrachtungsraums
1700	Streckennummer



Kartengrundlage: © [OpenStreetMap-Mitwirkende](https://www.openstreetmap.org/); DB Netz AG, Infrastrukturregister

Infrastruktur

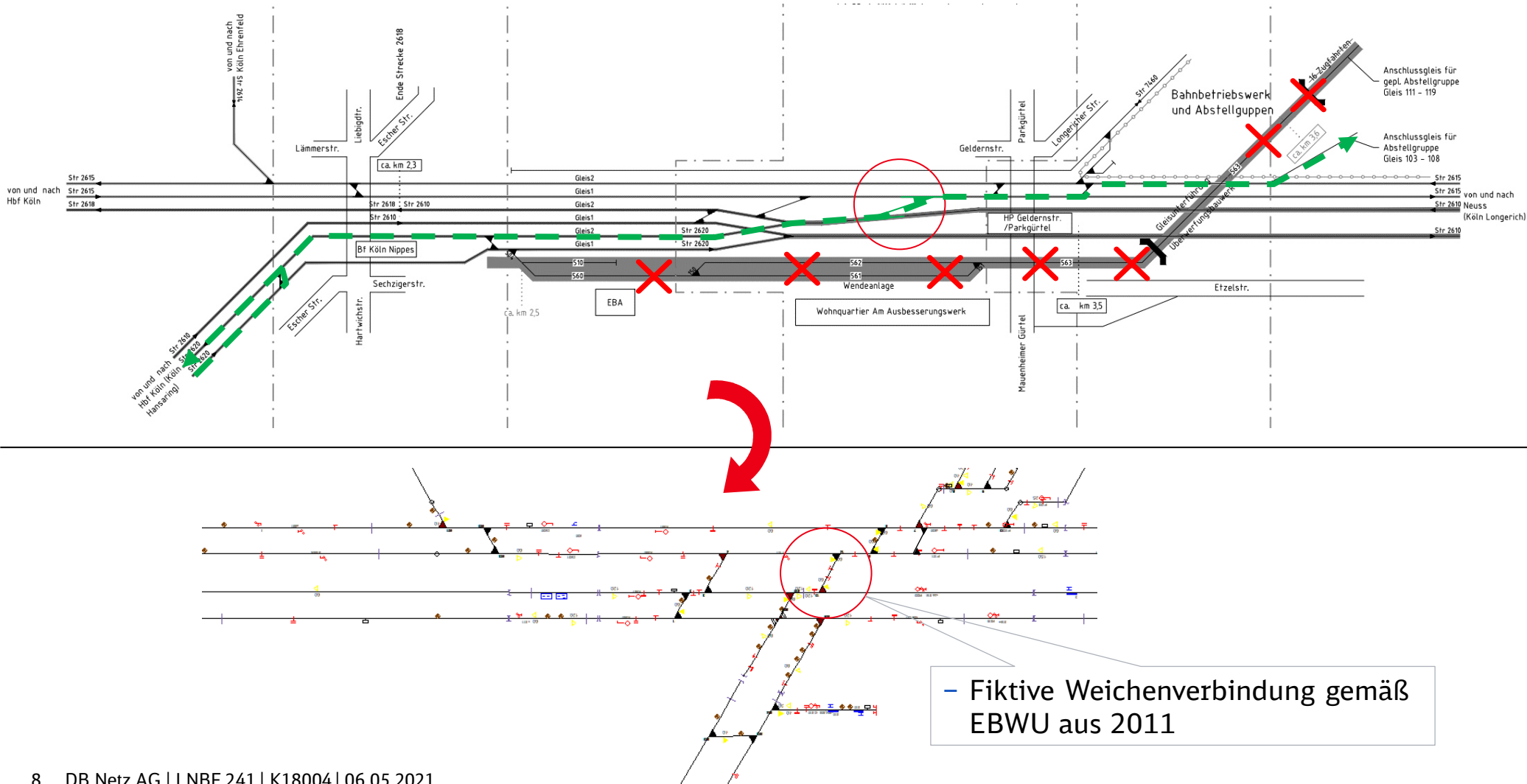


1. Wendegleis 510 für Tageswenden und dispositiven Nutzung im Bau- und Störfall bleibt erhalten.
2. Der Fahrstraßenknoten Etzelstr. besteht aus zwei Betriebsstellen – dem Abzweig Köln Etzelstr. (A) und dem Bft K-Nippes Etzelstr. (B).
3. Die neue Wendeanlage (Gleise 561/562) ermöglicht die Entkopplung werkseitiger Prozesse (Rangieren) von verkehrlich genutzten Netzteilen, insbesondere des Bf Köln-Nippes Pbf.
4. Die höhenfreie Anbindung nutzt das bereits vorhandenen Kreuzungsbauwerk im Bereich Parkgürtel/Etzelstr.

Die Notwendigkeit der höhenfreien Anbindung wird mittels Fiktivbetrachtung einer höhengleichen Anbindung bewertet
- Vorgehen wie in Ursprungsuntersuchung 2011

Zugrundeliegende Infrastruktur als Fiktivszenario

Infrastruktur



Agenda

1. Grundlagen

1.1 Infrastruktur

1.2 Betriebsprogramm

2. Durchführung

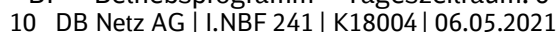
2.1 Methoden und Qualitätsmaßstäbe

2.2 Vorgehensweise

3. Ergebnisse

Betriebsprogramm

**Die Ströme 1B, 2B werden in der vorliegen EBWU höhengleich geführt (vgl. Seite 8).
Rangierfahrten (Ströme 1D, 2D) entfallen bei höhengleicher Führung.**



Agenda

1. Grundlagen

1.1 Infrastruktur

1.2 Betriebsprogramm

2. Durchführung

2.1 Methoden und Qualitätsmaßstäbe

2.2 Vorgehensweise

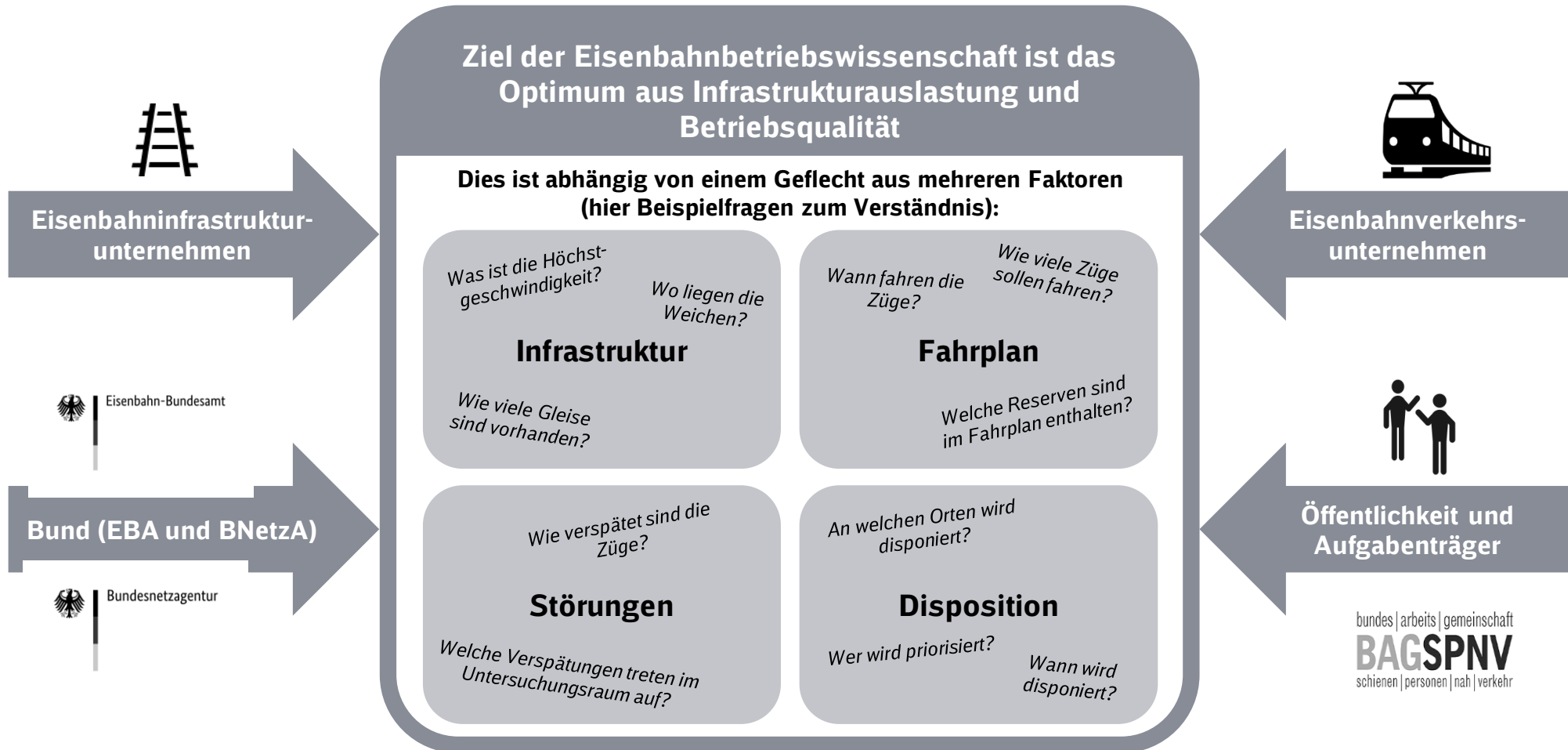
3. Ergebnisse

Warum wird eine „EBWU“ erstellt?

(Eisenbahn**b**etriebs**w**issenschaftliche **U**ntersuchung)

Eisenbahnbetriebswissenschaft im Spannungsfeld unterschiedlicher Interessen

Durchführung



Welche Methode der EBW wird gewählt?

(Je nach Aufgabenstellung wird eine geeignete Methode zur Ermittlung von passenden Kenngrößen verwendet)

Vergleich von Fahrwegkapazitätsbetrachtung und Fahrplanrobustheitsprüfung

Methoden

Eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchung (EBWU)

Fahrwegkapazitätsbetrachtung (FKB)

Betrachtung von **Leistungsfähigkeit und Leistungsverhalten** der Infrastruktur, welche mit einem konkreten Betriebsprogramm belastet wird, mithilfe von Analytik, Konstruktion und Simulation.

Typische Anwendungsfälle:

- **Mittel- und langfristige** Dimensionierung zukünftiger Infrastrukturen (z. B. § 18 AEG)
- Nachweise von **Leistungsfähigkeitsveränderungen** bei Rückbau/Umbau (z. B. § 11 AEG)
- Ermittlung der **Nennleistung** von Strecken

Typische Ergebnisse:

- Auftretende behinderungsbedingte Folgeverspätungen in Abhängigkeit der Einbruchsstörungen
- Daraus ableitbare Nennleistung mit geeichtem Qualitätsmaßstab

Fahrplanrobustheitsprüfung (FRP)

Prüfung der Robustheit von Fahrplänen, die auf einer genau definierten Infrastruktur konstruiert sind, mithilfe von Fahrplananalyse sowie Fahrplan- und Betriebssimulation.

Typische Anwendungsfälle:

- **Kurz- und mittelfristige** qualitative Bewertung von neuen/veränderten Fahrplankonzepten
- Mikroskopische **Engpassermittlung** in Teilnetzen
- **Optimierung** von Fahrplänen und Infrastrukturen in Variantenvergleichen

Typische Ergebnisse:

- Zugscharfe Verspätungsveränderungen in Abhängigkeit der Einbruch- und Urverspätungen
- Fahrplan- und infrastrukturbezogene Kenngrößen

Agenda

1. Grundlagen

1.1 Infrastruktur

1.2 Betriebsprogramm

2. Durchführung

2.1 Methoden und Qualitätsmaßstäbe

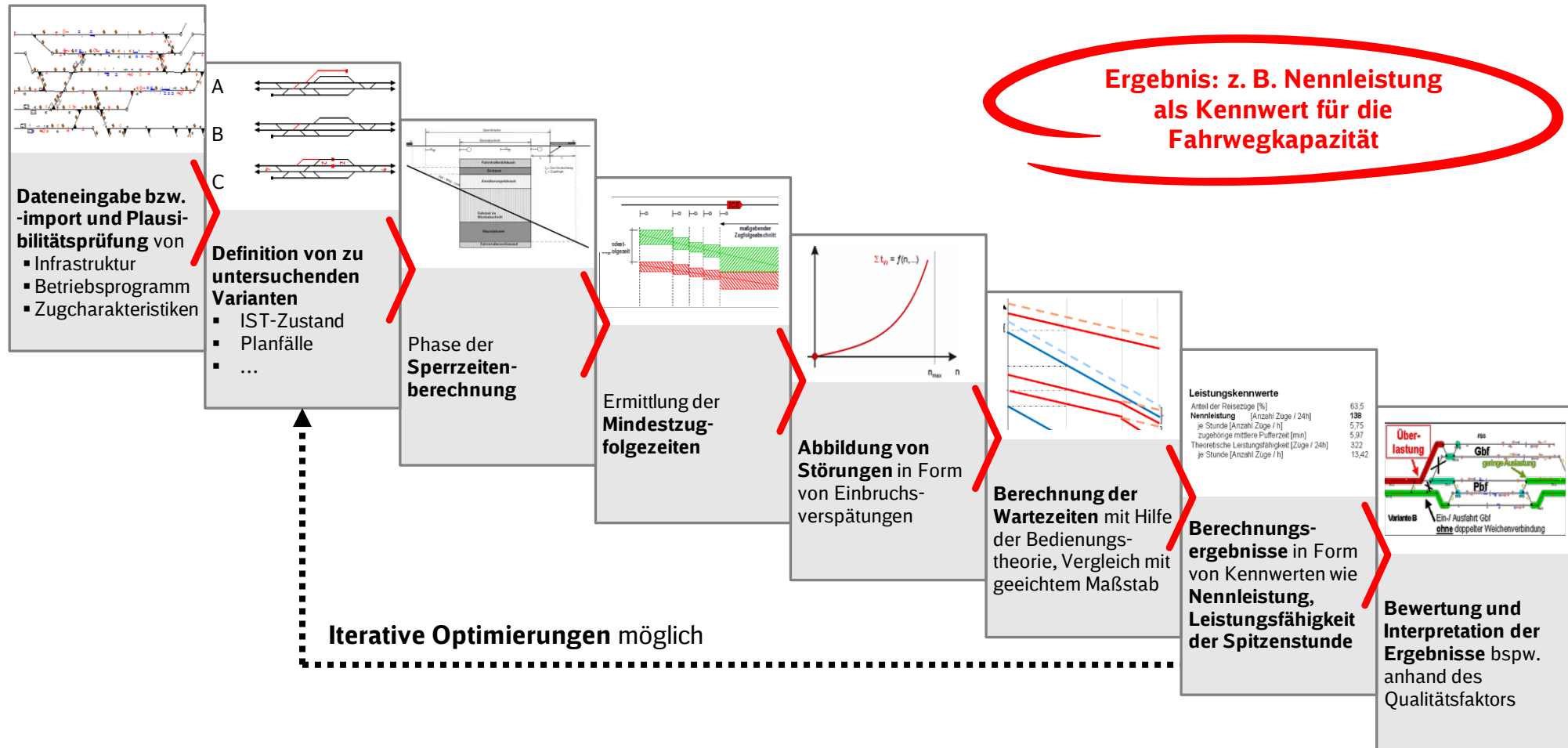
2.2 Vorgehensweise

3. Ergebnisse

Zur wissenschaftlichen Berechnung der Fahrwegkapazität dient u. a. die standardisierte analytische Berechnung mit LUKS

Typische Vorgehensweise bei der analytischen Berechnung der Fahrwegkapazität

Vorgehensweise



Analytisch können Kenngrößen für die Kapazität von Teilfahrstraßenknoten ermittelt werden

Übersicht Fahrwegkapazitätsbetrachtung

Vorgehensweise

Fahrwegkapazitätsbetrachtung (FKB)

SCWANHÄUßER / LUKS-A – Analytik Knoten

- Es ist der Nachweis zu erbringen, ob die Anzahl der Zugfolgen mit kurzen Pufferzeiten (z. B. in der morgendlichen Spitzenstunde) noch innerhalb der unterstellten Verteilung der Pufferzeiten liegt. Anderenfalls wäre die Betriebsqualität in der betreffenden Stunde in nicht vertretbarer Weise verschlechtert.
- Für diese **Berechnung** wird **nach SCHWANHÄUßER¹** die zulässige Anzahl von Zügen in der Spitzenstunde iterativ in Abhängigkeit von der mittleren Mindestzugfolgezeit sowie der mittleren erforderlichen Pufferzeit ermittelt und in Diagrammen dargestellt.
- Die Eingangsgrößen für die Diagramme errechnen sich wie folgt:
 - Mittlere Mindestzugfolgezeit: $t_{z,m} = \frac{\rho_{Bel} * t_U}{N}$, Mittlere erforderlich Pufferzeit: $t_{p,m,erf} = \frac{(1 - \rho_{Bel}) * t_U}{HRF * N}$, vgl. hierzu (2)
- **LUKS-A – Analytik Knoten** ist darüber hinaus das Standardwerkzeug zur Untersuchung von Teilfahrstraßen- (TFK) und Fahrstraßenknoten (FK).
- Dieses Tool eignet sich besonders für die Ermittlung von Kenngrößen der Kapazität von Knoten mit unterschiedlichen Infrastrukturen. Hier wurde dazu verwendet um die Eingangsgrößen für die Berechnung der Stundenleistungsfähigkeit zu ermitteln.
- Maßgebend ist der höher belastete/ausgelastete Zeitraum des Tages. In der hier vorliegenden Untersuchung in Spitzenstunden.
- Unterschiedliche Werte für die Leistungsfähigkeit ein und derselben Eisenbahnbetriebsanlage können sich in Abhängigkeit der vorhandenen Charakteristik des jeweils untersuchten Betriebsprogramms ergeben, wenn sich die Struktur des Betriebsprogramms und/oder die zeitliche Verteilung entscheidend ändern. Eine alleinige Änderung der Anzahl der Züge führt zu keiner Änderung der Leistungsfähigkeit, wie sie bei der Hochrechnung bis zur hundertprozentigen Auslastung der Nennleistung erfolgt.

(1) Schwanhäuser, Wulf, Die Bemessung der Pufferzeiten im Fahrplangefüge der Eisenbahn, Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Instituts der RWTH Aachen, Herausgeber: o.Prof. Dr.- Ing. H. Nebelung Heft 20, 1974

(2) Eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchung S-Bahn Köln, Anbindung S-Bahn-Abstellanlage Köln-Nippes, 2011, siehe Anlage, S. 2

Die Rangziffern der Züge zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit wurden entsprechend der realen Betriebssituation angepasst - Einbruchsverspätungsniveau aus Ursprungsuntersuchung

Einbruchsverspätungen und Ränge bei Fahrwegkapazitätsbetrachtungen

Vorgehensweise

Standardwerte für Rangziffern Ril 405

Streckenstandard	SPFV A (ICE)	SPFV B (IC)	SPNV S (RE, IRE, S-Bahn)	SPNV L (RB)	Leer-reisez.	FernGV S (V ≥100, PIC, Logistikz.)	FernGV L (V=90)	NahGV (V=60-80)
P300	2	4				10		
P230	4	4*	10		12	10	16	
M230	4	4*	10	12	12	10	16	
P160 I	4	4*	10	12	12	10	16	18
P160 II	4	4*	10	12	12	10	16	18
M160	4	4*	10	12	12	10	16	18
G120			12	14	14	10	12	18
R120		10**	10	10	14	10	10	14
R80			10	10	14	10	10	14
G50			12	12	14		12	14
Individuell	4*	-	10**	-	14***	12****	12****	12****

* Rangziffer gewählt für SPFV im Vorlauf einer verkehrlichen Fahrt: K-Nippes - Köln Hbf

** Rangziffer gewählt für SPNV im Vorlauf einer verkehrlichen Fahrt: K-Nippes - Köln Hansaring/Köln Hbf

*** Rangziffer gewählt für alle Fahrten SPFV/SPNV im Nachlauf einer verkehrlichen Fahrt

**** Für den SGV wurden gleiche Rangziffern gewählt, da in der täglichen Betriebsführung im Knoten Köln keine Unterscheidung der SGV-Zuggattungen vorgenommen wird.

Evsp. gemäß Ursprungsuntersuchung 2011

Verkehrsart	Anteil versp. Züge	Mittlere Verspätung
SPFV	50 %	5,0 min
SPNV	55 %	3,25 min
S-Bahn	25 %	1,65 min
Fern-SGV	60 %	25 min
Nah-SGV/Tfz	60 %	10,0 min

Um eine Vergleichbarkeit zu den Untersuchungen aus 2011 und 2018 herzustellen, werden hier die Einbruchsverspätungen der Ursprungsuntersuchung unterstellt.

Gleichwohl liegen die Einbruchsverspätung im Fahrplanjahr 2021 auf deutlich höherem Niveau als hier angenommen. Die Einbruchsverspätung beispielsweise im SPNV aus Ri Köln Hbf lag im März 2021 im Mittel bei 3,4 Min. bei rd. 82 Prozent der Züge.

Es ist daher davon auszugehen, dass sich die Berechnungsergebnisse der Untersuchung auf Basis aktueller Einbruchsverspätungsniveaus nochmals verschlechtern.

Agenda

1. Grundlagen

1.1 Infrastruktur

1.2 Betriebsprogramm

2. Durchführung

2.1 Methoden und Qualitätsmaßstäbe

2.2 Vorgehensweise

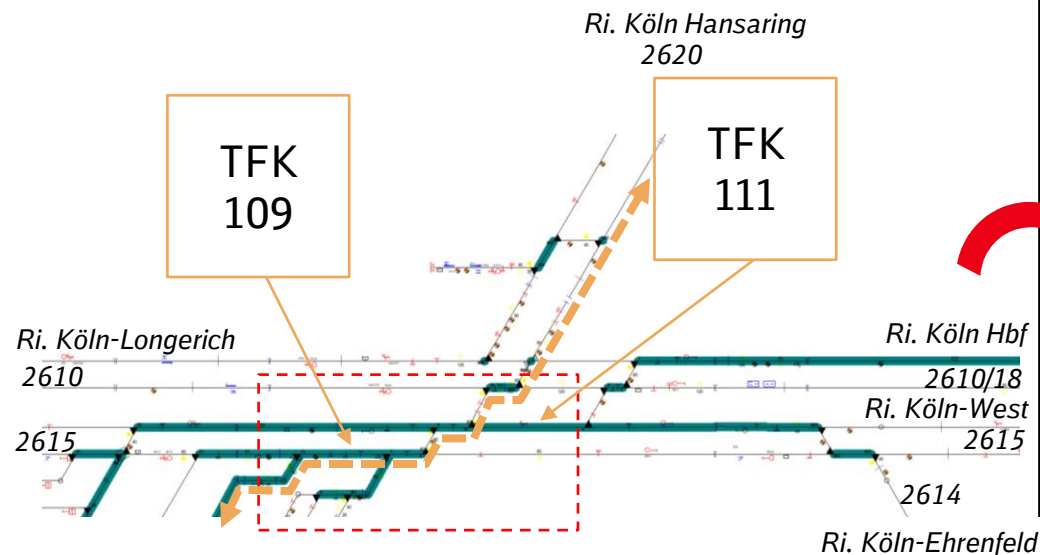
3. Ergebnisse

Der in den früheren Untersuchung zugrunde gelegte Spurplan entspricht nicht mehr der heutigen Infrastruktur im Bereich – Anpassung im Modell zur analytischen Berechnung erforderlich

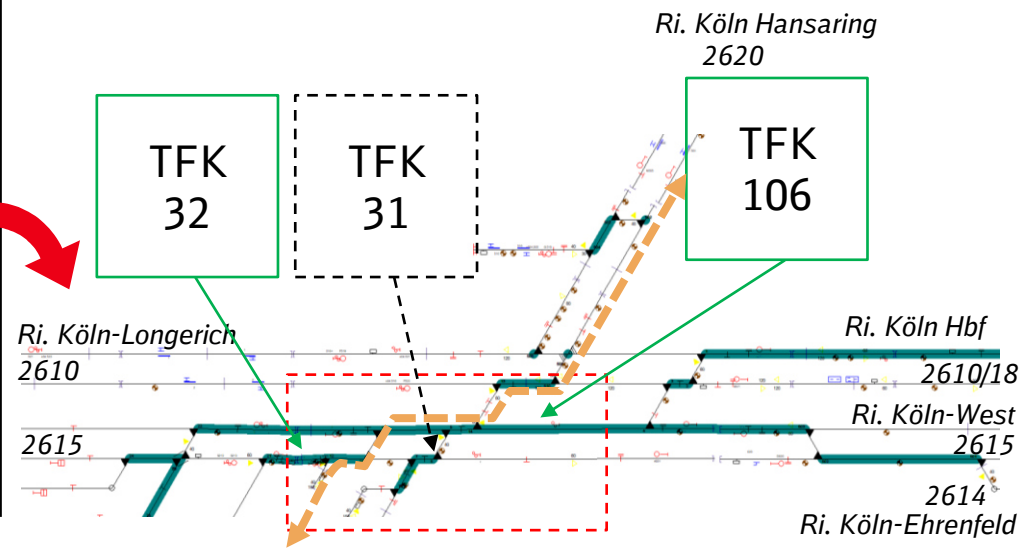
Geänderter Spurplan führt zu neuem TFK Zuschnitt

Ergebnisse

Infrastruktur 2011



Infrastruktur 2020



- Gegenüber der ursprünglichen Infrastruktur haben sie die Fahrmöglichkeiten im Fahrstraßenknoten Köln Etzelstr. geringfügig verbessert.
- Die zusätzliche Weichenverbindung 10/11 hat eine Änderung der Ausdehnung der Teilfahrstraßenknoten zur Folge – der TFK 109 existiert nicht mehr – die neu entstandenen TFK 31 und 32 unterliegen unterschiedlich hohen Belastungen. TFK 31 wird deutlich schwächer belastet – der TFK 32 wird nicht mehr durch Fahrten des SPFV aus bzw. in das FV-Werk K-Nipees belegt.
- Der TFK 111 aus den Untersuchungen behält seine Ausdehnung bei, bekommt aber programmbedingt eine neue IS (TFK 106) zugewiesen.

Für die relevanten Teilfahrstraßenknoten ergibt sich die annähernd gleiche max. Anzahl an fahrbaren Zügen je Spitzenstunde

Berechnungsergebnisse der maßgebenden Teilfahrstraßenknoten (TFK)

Ergebnisse

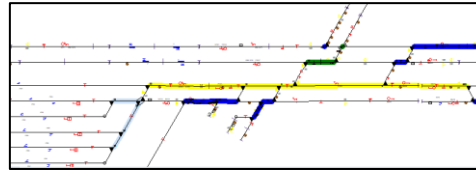
- Nach Schwanhäußer¹ lässt sich die maximale Leistungsfähigkeit der Teilfahrstraßenknoten für die Spitzenstunde berechnen.

TFK 106

$$t_{z,m} = \frac{0,2917 \cdot 1440}{138} = 3,04 \text{ min}$$

$$t_{p,m,erf} = \frac{(1-0,2917) \cdot 1440}{1,7704 \cdot 138} = 4,17 \text{ min}$$

-> 12 Züge

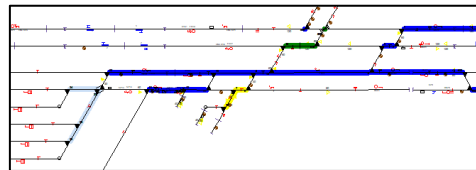


TFK 31 (nachrichtlich)

$$t_{z,m} = \frac{0,1729 \cdot 1440}{76} = 3,28 \text{ min}$$

$$t_{p,m,erf} = \frac{(1-0,1729) \cdot 1440}{2,596 \cdot 76} = 6,04 \text{ min}$$

-> 11 Züge

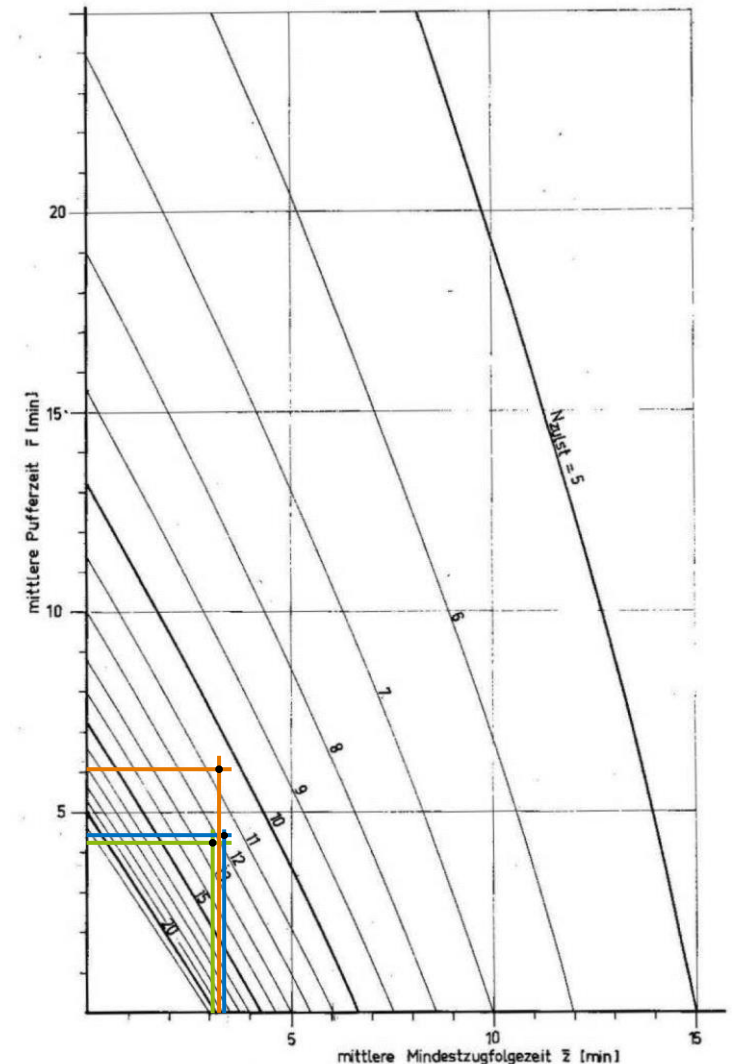
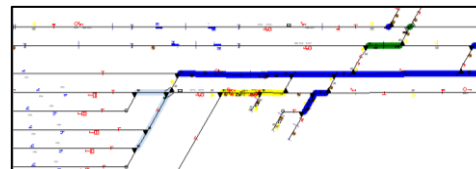


TFK 32

$$t_{z,m} = \frac{0,2177 \cdot 1440}{95} = 3,30 \text{ min}$$

$$t_{p,m,erf} = \frac{(1-0,2177) \cdot 1440}{2,6767 \cdot 95} = 4,43 \text{ min}$$

-> 12 Züge



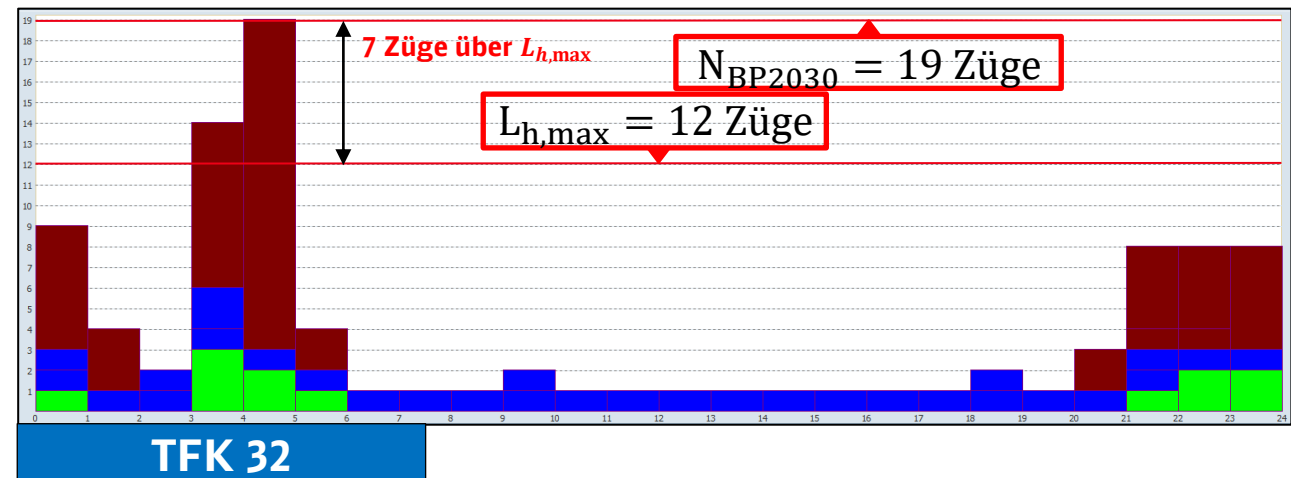
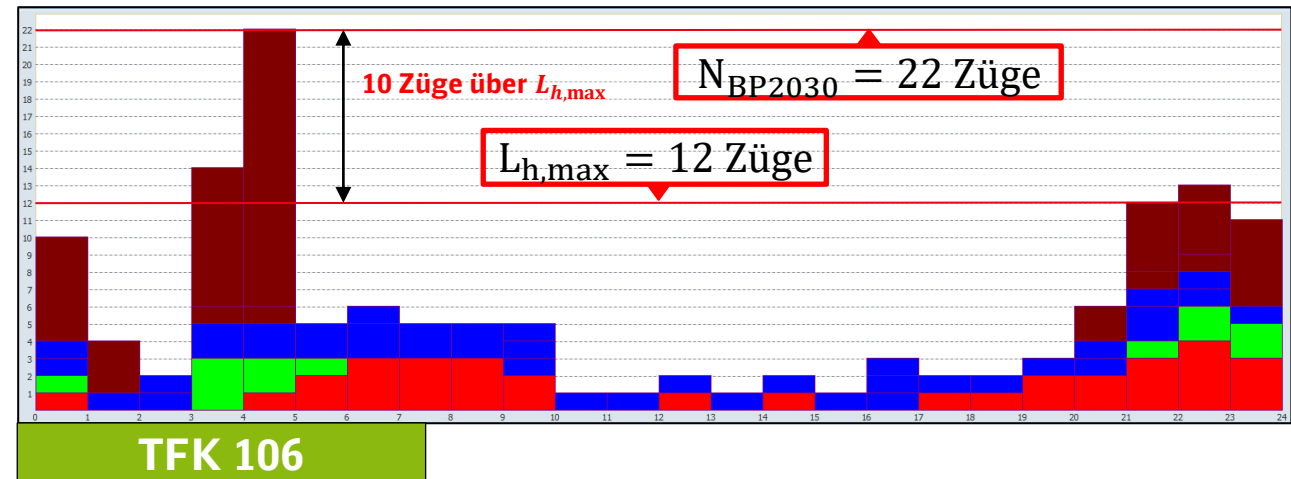
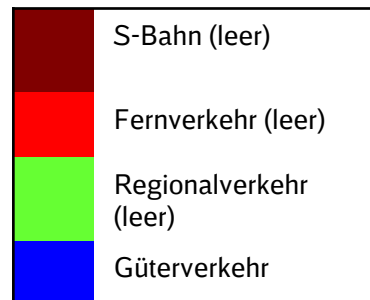
(1) Schwanhäuser, Wulf, Die Bemessung der Pufferzeiten im Fahrplangefüge der Eisenbahn, Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Instituts der RWTH Aachen, Herausgeber: o.Prof. Dr.- Ing. H. Nebelung Heft 20, 1974

Die Belastung durch ein- und aussetzende, die Strecke 2615 kreuzende S-Bahnen liegt deutlich über der max. Stundenleistungsfähigkeit der Teilfahrstraßenknoten

Berechnungsergebnisse TFK 106 und TFK 32

Ergebnisse

- Der TFK 106 ist mit Betriebsanlauf der S-Bahn Köln in zwei aufeinanderfolgenden Stunden überlastet – die Belastung liegt um bis zu 10 Züge über der max. Stundenleistungsfähigkeit.
- Auch der TFK 32 zeigt eine deutliche Überlastung – durch die im zusätzliche Weichenverbindung ist die Belastung im Verhältnis geringer als die des TFK 109 aus den Untersuchungen 2011 und 2018. Aus- und einsetzender SPFV befährt den TFK 32 nicht.

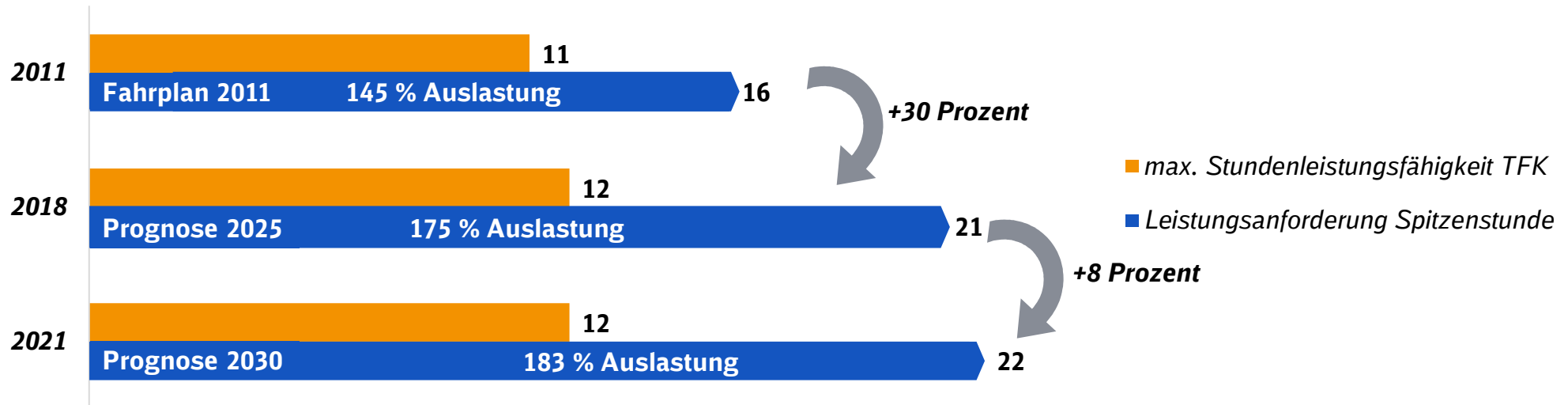


In der Gesamtschau aller Berechnungsergebnisse der Jahre 2011, 2018 und 2021 wird deutlich, dass eine höhenfreie Anbindung der Abstellanlage K-Nippes zwingend erforderlich ist

Vergleich der Ergebnisse für den TFK 109 (alt) bzw. 106 (neu)

Ergebnisse

Ergebnisse der analytischen Berechnungen für den höchstbelastetsten Teilfahrstraßenknoten 109/106



Aus Sicht der Fahrwegkapazität ist nur eine höhenfreie Anbindungsvariante in der Lage die Überlastung des Fahrstraßenknotens Köln-Nippes Etzelstr. zu vermeiden.



Abschnitt I								Abschnitt II								Abschnitt III								Abschnitt IV								Abschnitt V														
Typ	Tag	N-S	S-N	Nacht	N-S	S-N	Annahme	Typ	Tag	N-S	S-N	Nacht	N-S	S-N	Annahme	Typ	Tag	N-S	S-N	Nacht	N-S	S-N	Annahme	Typ	Tag	N-S	S-N	Nacht	N-S	S-N	Annahme	Typ	Tag	NW-SO	SO-NW	Nacht	NW-SO	SO-NW	Annahme							
2610/2618								2610								2610								2610								2610														
ICE		19	12	7		15	5 10	25% FV mit 400m / 75% FV mit 200m	ICE		19	12	7		15	5 10	25% FV mit 400m / 75% FV mit 200m	S		167	83	84		27	14	13		S		167	83	84		27	14	13		S		167	83	84		27	14	13
RE		65	33	32		29	14 15		RE		65	33	32		29	14 15		RE		63	32	31		19	9	10		RE		63	32	31		19	9	10		RE		63	32	31		19	9	10
GZ		4	2	2		2	1 1		GZ		4	2	2		2	1 1		GZ		2	1	1		2	1	1		GZ		2	1	1		2	1	1		GZ		2	1	1		2	1	1
2615								2615								2615								2615								2615														
GZ		47	21	26		26	13 13	anteilig 2614 (Tag 4/2/2, Nacht 5/3/2)	GZ		47	21	26		26	13 13		RE		2	1	1		10	5 5		RE		2	1	1		10	5 5		GZ		42	19	23		25	12	13		
S		2	1	1		1	0 1	S16	S		2	1	1		1	0 1	S16	S		49	22	27		26	13 13		S		42	19	23		25	12 13		GZ		42	19	23		25	12 13			
2620								2620								2615								7460 und Zufahrt FV-Werk								2615														
S		189	97	92		71	33 38		S		167	83	84		27	14 13		S		2	1	1		1	0 1	S16	ICE		19	12	7		15	5 10	25% FV mit 400m / 75% FV mit 200m	S		2	1	1		1	0 1	S16		
								510								562								7460 und Zufahrt FV-Werk								563														
								S								S								ICE								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														
								S								S								GZ								S														

