

**Langfristige Infrastruktur-
dimensionierung Bahnknoten
Stuttgart**

Abschlussbericht

21. Dezember 2023
Öffentlich

Version: 1-00

optimising railways

SMA (Deutschland) GmbH
Hamburger Allee 14, 60486 Frankfurt am Main
Telefon +49 69 588 078 600
frankfurt@sma-partner.com, www.sma-partner.com

VWI Stuttgart GmbH
Torstraße 20, 70173 Stuttgart
Telefon: +49 711 894602-0
post@vwi-stuttgart.de, www.vwi-stuttgart.de



Langfristige Infrastruktur-
dimensionierung Bahnknoten Stuttgart

Abschlussbericht

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage und Aufgabenstellung	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Aufgabenstellung	2
1.3	Projektpartner und Ablauf der Untersuchung	4
1.4	Abgrenzung	5
2	Verkehrswendeszenario	8
2.1	Modellgrundlagen.....	8
2.1.1	Verkehrsmodell der Region Stuttgart.....	8
2.1.2	Räumliche Erweiterung.....	9
2.1.3	Spitzenstundenmodell.....	11
2.2	Ziele der Verkehrswende	12
2.3	Berücksichtigte Modellanpassungen und Maßnahmen.....	14
2.4	Ergebnisse	20
2.5	Auswirkungen der Verkehrswende auf die Auslastung der Züge	30
3	Randbedingungen und Prämissen	33
3.1	Definition des Untersuchungsraums	33
3.2	Verkehrliche Randbedingungen und Festlegungen	34
3.2.1	Verkehrsnachfrage.....	34
3.2.2	Fahrzeugauslastung in der Spitzenstunde	35
3.2.3	Berechnungsverfahren verkehrlicher Wirkungen	40
3.2.4	Methodik zur Bewertung von Störfallkonzepten	41
3.3	Mengengerüst	42
3.3.1	Ausgangslage Zielfahrplan Deutschlandtakt	42

Langfristige Infrastruktur-
dimensionierung Bahnknoten Stuttgart

Abschlussbericht

3.3.2	Mengengerüst Regionalverkehr.....	42
3.3.3	Mengengerüst S-Bahn.....	44
3.4	Infrastrukturgrundlage.....	47
3.4.1	Zielfahrplan Deutschlandtakt.....	47
3.4.2	Zusätzliche Halte.....	49
3.4.3	Leit- und Sicherungstechnik.....	50
3.4.4	Reaktivierte Strecken.....	50
3.4.5	Integration der Panoramabahn.....	50
3.4.6	Vorgehen zum Ableiten weiterer Infrastruktur.....	52
3.5	Untersuchungsgegenstand: Infrastruktur im Kernbereich.....	52
3.5.1	Ergänzungsstation.....	52
3.5.2	T-Spange + Nordkreuz.....	53
3.6	Planungsparameter.....	54
4	Randbedingungen bei Projektstart.....	56
4.1	Zuglänge.....	56
4.2	Zugfolgezeit.....	56
4.3	Stuttgart-Kirchheim-Express.....	57
4.4	Strecke Stuttgart-Vaihingen – Stuttgart Nordhalt („Panoramabahn“).	58
5	Angebotskonzepte Regelbetrieb.....	59
5.1	Allgemeines.....	59
5.1.1	Fernverkehr.....	59
5.1.2	Regional- und FR-Verkehre.....	60
5.1.3	S-Bahn Stuttgart.....	61
5.2	Grundangebot.....	62
5.3	Infrastrukturabhängiges Angebot.....	64
5.4	Referenzfall.....	65
5.5	Ergänzungsstation.....	66
5.6	T-Spange + Nordkreuz.....	70

Langfristige Infrastruktur-
dimensionierung Bahnknoten Stuttgart

Abschlussbericht

5.7	Sensitivitätsbetrachtung Regelbetrieb: Erhöhung Zugfolgezeit	73
6	Angebotskonzepte Störfall S-Bahn	77
6.1	Allgemeines	77
6.2	Referenzfall	78
6.3	Ergänzungsstation	81
6.4	Regional-T-Spange + Nordkreuz	84
6.5	Sensitivitätsbetrachtung: Referenzfall ohne Panoramabahn	86
7	Angebotskonzepte Störfall Hbf	88
7.1	Allgemeines	88
7.2	Referenzfall	90
7.3	Ergänzungsstation	93
7.4	Regional-T-Spange + Nordkreuz	96
7.5	Sensitivitätsbetrachtung: Ergänzungsstation 425 Metern	100
8	Verworfenen Angebotskonzepte	103
8.1	Anbindung der neuen Infrastrukturen an die S-Bahn-Gleise in Stuttgart- Bad Cannstatt und Stuttgart-Feuerbach	103
8.2	Einbindung der Panoramabahn in die P-Option	106
8.3	Störfälle Hbf mit neuen Durchbindungen im Regionalverkehr	107
8.4	Einplanung von 6 S-Bahnen/h zwischen Stuttgart-Vaihingen und Ergänzungsstation im Störfall S-Bahn-Stammstrecke	108
8.5	425 Meter lange Bahnsteige an allen Gleisen der Fernbahn in Stuttgart Bad-Cannstatt	108
8.6	Verkehrsplanerische Iterationen	109
9	Verkehrliche Bewertung Konzepte Regelbetrieb	111
9.1	Referenzfall	111
9.2	Ergänzungsstation	118
9.3	Regional-T-Spange + Nordkreuz	125

Langfristige Infrastruktur-
dimensionierung Bahnknoten Stuttgart

Abschlussbericht

9.4	Vergleich und Interpretation.....	132
10	Verkehrliche Bewertung Konzepte Störfall S-Bahn	134
10.1	Referenzfall	134
10.2	Ergänzungsstation	140
10.3	Regional-T-Spange + Nordkreuz	145
10.4	Sensitivitätsbetrachtung: Referenzfall ohne Panoramabahn	150
10.5	Vergleich und Interpretation.....	156
11	Verkehrliche Bewertung Konzepte Störfall Hbf	158
11.1	Referenzfall	158
11.2	Ergänzungsstation	164
11.3	Regional-T-Spange + Nordkreuz	169
11.4	Sensitivitätsbetrachtung: Ergänzungsstation 425 Metern Bahnsteignutzlänge.....	174
11.5	Vergleich und Interpretation.....	180
12	Sensitivitätsbetrachtung im Szenario Klimaneutralität 2040	181
12.1	Definition und Modellierung des Szenarios	181
12.2	Referenzfall	183
12.3	Ergänzungsstation	190
12.4	Regional-T-Spange + Nordkreuz	194
12.5	Interpretation der Sensitivitätsbetrachtung	198
13	Infrastrukturliste.....	199
13.1	Allgemeines.....	199
13.2	Maßnahmen- und Kostenermittlung	200
13.3	Analyse der Infrastrukturmaßnahmen	202
14	Ergebnisse und Zusammenfassung	204

Langfristige Infrastruktur-
dimensionierung Bahnknoten Stuttgart

Abschlussbericht

14.1	Zentrale Erkenntnisse der verkehrlich-betrieblichen Untersuchung zur Infrastrukturdimensionierung im Knoten Stuttgart	204
14.2	Weitere Erkenntnisse	208
14.2.1	Regional- und Fernverkehr	209
14.2.2	S-Bahn Stuttgart.....	209
14.2.3	Integration der Panoramabahn	211
14.2.4	Produktübergreifende Erkenntnisse	212
14.3	Vertiefungsbedarf	213
14.3.1	Schienengüterverkehr	213
14.3.2	Abstellung und Instandhaltung.....	214
14.3.3	Bahnsteighöhen und Fahrzeugkonzeption	214
14.3.4	Offene Themen beim Nahverkehrs-Dreieck	215
14.3.5	Ausgestaltung S-Bahn-Netz.....	215
14.3.6	Finanzierungs- und Organisationsfragen.....	216
15	Verzeichnisse	217

Langfristige Infrastruktur-
dimensionierung Bahnknoten Stuttgart

Abschlussbericht

Anhänge

Übersicht verkehrlicher Kenngrößen der Szenarien.....	1
Angebotskonzept Regelbetrieb Referenzfall.....	2
Angebotskonzept Regelbetrieb Ergänzungsstation.....	3
Angebotskonzept Regelbetrieb Regional-T-Spange + Nordkreuz	4
Angebotskonzept Störfall S-Bahn-Stammstrecke Referenzfall ...	5
Angebotskonzept Störfall S-Bahn-Stammstrecke Ergänzungsstation.....	6
Angebotskonzept Störfall S-Bahn-Stammstrecke Regional-T- Spange + Nordkreuz	7
Angebotskonzept Störfall S-Bahn-Stammstrecke Sensitivitätsbetrachtung: Referenzfall ohne Panoramabahn	8
Angebotskonzept Störfall Hbf Referenzfall	9
Angebotskonzept Störfall Hbf Ergänzungsstation	10
Angebotskonzept Störfall Hbf Regional-T-Spange + Nordkreuz	11
Angebotskonzept Störfall Hbf Sensitivitätsbetrachtung: Ergänzungsstation mit 425 Metern Bahnsteignutzlänge	12

Langfristige Infrastruktur-
dimensionierung Bahnknoten Stuttgart

Abschlussbericht

Gesamtdokumentation Big Picture (Ungekürzter Foliensatz) ...	13
Vortragsfolien Big-Picture-Termin	14
Infrastrukturliste	15
Untersuchung Nutzung Hbf im S-Bahn-Störfall	16
Bewertung von höheren Zugfolgezeiten für die Infrastrukturdimensionierung	17
Ausgestaltung Nahverkehrsdreieck	18
Infrastrukturdimensionierung im Bahnknoten Stuttgart – Planungsstand zu T-Spange und Nordkreuz.....	19

1 Ausgangslage und Aufgabenstellung

1.1 Ausgangslage

Der Stuttgarter Hauptbahnhof, als einer der verkehrsreichsten Bahnhöfe in Deutschland, ist ein bedeutender deutscher Bahnknotenpunkt. Er stellt eine zentrale Schnittstelle im Schienenverkehr zwischen verschiedenen Regionen und Metropolen dar. Durch seine zentrale Lage bildet der Hauptbahnhof einen unverzichtbaren Verkehrsknoten für den öffentlichen Nahverkehr der Region.

Aktuell wird der Bahnknoten Stuttgart infrastrukturell grundlegend und großräumig neu geordnet. Mit der NBS Wendlingen – Ulm ist im Dezember 2022 bereits ein erster Teil der neuen Infrastruktur mit Auswirkungen auf den Knoten in Betrieb gegangen. Die Auswirkungen auf das Angebotskonzept waren dabei für den Kernbereich des Knotens noch überschaubar und erforderten keine Änderung der grundsätzlichen Fahrplanstruktur. Die größte Veränderung wird mit der Inbetriebnahme des neuen Stuttgarter Hauptbahnhofes im Dezember 2025 erfolgen. Damit verbunden sind auch Neustrukturierungen und Angebotsausweitungen im Fern- und Regionalverkehr. In den darauffolgenden Monaten und Jahren werden sukzessive weitere Infrastrukturelemente wie die zweite Röhre im Tunnel Stuttgart-Bad Cannstatt und die Große Wendlinger Kurve fertig gestellt und das Angebot entsprechend angepasst und ausgeweitet. Für den Horizont Zielfahrplan Deutschlandtakt erfolgt im Kernbereich eine weitere Ausweitung der Infrastruktur mit der Unterstellung der P-Option und dem neuen Nordzulauf zur Kapazitätserweiterung zwischen Stuttgart-Zuffenhausen und Stuttgart Hbf. Dies ermöglicht Anpassungen beziehungsweise Beschleunigungen insbesondere im Fernverkehr.

Nachfrageprognosen zur verkehrlichen Bewertung und Dimensionierung betrachten in der Regel einen Zeitraum von maximal 5 bis 15 Jahren und fokussieren sich derzeit meist auf das Jahr 2030. Entsprechend basieren verkehrliche Wirtschaftlichkeitsbewertungen auf der Verkehrsnachfrage des absehbaren verkehrlichen Bedarfs im Jahr 2030, wobei entsprechende Strukturdatenvorausrechnungen (Einwohner, Arbeitsplätze, usw.) und aktuell geplante Änderungen des Verkehrsangebots enthalten sind. So wurde die gesamtwirtschaftliche Bewertung des Deutschlandtakts auf Basis der Verkehrsprognose 2030 durchgeführt. Das Verkehrsmodell der Region Stuttgart (VRS-Modell) hat ebenfalls einen Prognosehorizont des Jahres 2030 und wird regelmäßig für verkehrliche Bewertungen in der Region eingesetzt.

Zur Reduzierung der Emissionen im Verkehrssektor hat sich das Land Baden-Württemberg konkrete Ziele für die sogenannte Verkehrswende gesetzt. Unter

anderem soll sich nach diesen Zielen die Nachfrage im öffentlichen Verkehr verdoppeln. Eine solche Nachfragesteigerung geht weit über die Prognosen des absehbaren verkehrlichen Bedarfs hinaus. Daher stellt sich die Frage, ob die Infrastruktur des Bahnknotens Stuttgart für einen Zeithorizont, der über den absehbaren verkehrlichen Bedarf hinausgeht und die Ziele der Verkehrswende erfüllt, ausreichend dimensioniert ist und welche kapazitativen und daraus abgeleiteten infrastrukturellen Maßnahmen für eine ausreichende Dimensionierung ggf. benötigt werden.

Zur Erhöhung der Kapazitäten des Bahnknotens sind verschiedene Lösungsansätze denkbar, welche im Rahmen der vorliegenden Untersuchung betrachtet werden. Im Kernbereich des Knotens Stuttgart fokussiert sich die Untersuchung dabei auf die Untersuchung von zwei Zustände für eine große Ergänzung im Kernbereich – Zustand Ergänzungsstation oder Zustand T-Spange + Nordkreuz. Im Auftrag der Stuttgarter Straßenbahnen AG (SSB) wurden im Rahmen der sogenannten Matrix-Untersuchung 2021 diese beiden Zustände als zu vertiefende Varianten eingestuft. Da die Landeshauptstadt Stuttgart die durch die Inbetriebnahme von Stuttgart 21 freiwerdenden Gleisflächen zeitnah bebauen möchte und diese Flächen für die Realisierung der Ergänzungsstation inklusive Zulaufstrecken benötigt würden, stellt sich trotz des langfristigen Zeithorizonts der Verkehrswende die kurzfristige Frage, ob eine Trassenfreihaltung für die Ergänzungsstation für einen langfristigen Zeithorizont notwendig und sinnvoll ist.

1.2 Aufgabenstellung

Ausgangspunkt für die langfristige Infrastrukturdimensionierung des Bahnknotens Stuttgart ist die verkehrliche Analyse der durch die Ziele der Verkehrswende zu erwartenden erhöhten Nachfrage. Dazu sind die verkehrspolitischen Ziele der Verkehrswende zu operationalisieren und im räumlich erweiterten Verkehrsmodell der Region Stuttgart (REM) abzubilden. Dieses modellierte Nachfrageszenario Verkehrswende bildet somit die verkehrliche Grundlage für Analysen der Fahrzeugauslastungen zur Dimensionierung des Angebots im Schienenpersonenverkehr (SPV) im Bahnknoten Stuttgart.

Gemeinsam mit dem Auftraggeber sind entsprechende Zielgrößen für die Fahrzeugauslastungen zu definieren und im Verkehrsmodell zu operationalisieren. Auf Basis dieser Zielgröße und der prognostizierten Spitzenstundennachfrage im Verkehrswendeszenario ist eine netzweite Dimensionierungsprüfung im SPNV im Auswertungsraum der Region Stuttgart durchzuführen, wobei der Fokus auf den Linien des Regionalverkehrs im Zulauf auf Stuttgart liegt.

Ausgehend von dieser Überprüfung der benötigten Platzkapazitäten sind die benötigten Mengengerüste so abzuleiten, dass die gesetzten Ziele zur maximalen Fahrzeugauslastung möglichst im gesamten SPNV-Netz innerhalb der Region Stuttgart eingehalten werden. Dazu sind in enger Abstimmung mit dem Auftraggeber, frei von planerischen oder politischen Prämissen, mögliche Angebotskonzepte des SPV zu entwickeln. Dabei besteht hinsichtlich Infrastruktur, Rollmaterial und Angebot eine große Bandbreite an Einflussmöglichkeiten, um durch die erhöhte Fahrgastnachfrage entstehende Kapazitätsengpässe zu vermeiden oder zu reduzieren. Daher sind die aus der benötigten Angebotsausweitung entstehenden kapazitiven Engpässe im Eisenbahnknoten Stuttgart zu identifizieren. Es ist aufzuzeigen, ob der kapazitive Engpass bei einer Angebotsausweitung zunächst im Kernbereich oder im Außenbereich des Bahnknotens zu erwarten ist. Um die konzeptionellen und verkehrlichen Auswirkungen von zusätzlicher Infrastruktur im Kernbereich deutlich zu machen, wird zunächst ein Angebotskonzept ohne zusätzliche Infrastruktur im Kernbereich des Knotens ausgearbeitet und darauf aufbauend ein Konzept mit Ergänzungsstation sowie ein Angebotskonzept mit T-Spange + Nordkreuz entwickelt.

Somit sind hinsichtlich der unterstellten Infrastruktur- und Angebotskonzepte die folgenden Zustände zu untersuchen:

- Verkehrswende Deutschlandtakt: Infrastruktur des Deutschlandtakts mit punktuellen Ergänzungen im Zuge des Verkehrswendeszenarios mit z.B. neue Halten (nur für die Berechnung der Ausgangsnachfrage im Verkehrswendeszenario relevant und nicht als Angebotskonzept ausgearbeitet)
- Referenzfall: aus dem Zustand Verkehrswende Deutschlandtakt weiterentwickelt, um die Nachfrage der Verkehrswende mit guter Angebotsqualität bedienen zu können, aber ohne zusätzliche Infrastruktur im Kernbereich
- Ergänzungsstation: Aufbauend auf dem Referenzfall mit einem neuen zusätzlichen unterirdischen Kopfbahnhof als Ergänzung zum im Bau befindlichen S21 Tiefbahnhof
- T-Spange + Nordkreuz: Aufbauend auf dem Referenzfall mit einer neuen Tangentialverbindungen zur direkten Verbindung Stuttgart-Feuerbach – Stuttgart-Bad Cannstatt

Die Ausgestaltung und Dimensionierung der zusätzlichen Infrastruktur im Kernbereich erfolgt fahrplanbasiert. Dabei ist die Anzahl der jeweiligen Gleise und Anbindungen abzuleiten. Die Infrastrukturmaßnahmen, die außerhalb des Kernbereichs erforderlich sind, sind ebenfalls fahrplanbasiert abzuleiten. Hier ist zudem eine gesamthafte Abschätzung der Kosten vorzunehmen.

Neben der Betrachtung des fahrplanmäßigen Regelbetriebs mit der Ausarbeitung von Angebotskonzepten und der Definition der erforderlichen Infrastruktur hat auch eine Bewertung für die beiden folgenden Störfälle zu erfolgen:

- Störfall Hauptbahnhof: Sperrung aller Bahnsteige und Zuführungen des neuen Stuttgarter Hbf (Sperrung gesamte „Tunnelspinne“)
- Störfall S-Bahn: Sperrung der S-Bahn-Stammstrecke ab Mitnachtstraße bis Stuttgart-Österfeld (jeweils ausschließlich)

Die hinsichtlich der verschiedenen Parameter zielführenden Zustände sind jeweils verkehrlich zu bewerten. Dabei werden die Fahrzeugauslastungen analysiert und darüber hinaus die verkehrliche Wirksamkeit (Verlagerungen, Reisezeiteinsparung, usw.) der verschiedenen Infrastrukturzustände gegenübergestellt. Dies gilt auch für gängige verkehrliche Indikatoren, Kenngrößen und kartographische Auswertungen der ÖV-Netze.

Die Erarbeitung der Angebotskonzepte erfolgt betreiberneutral und unabhängig von heutigen Verantwortlichkeiten und der Zuordnung zu tradierten Zuggattungen. Bei der Erarbeitung der Angebotskonzepte wird damit keine Rücksicht auf die bisherige Aufteilung zwischen den Aufgabenträgern bzw. auf die Zuordnung zu S-Bahn und Regionalverkehr genommen. Ähnliches gilt für bestehende Ausschreibungsnetze (Zuordnung zu EVU) oder Verträge. Die entsprechende Umsetzung ist im Rahmen der Realisierung später zu betrachten beziehungsweise politisch zu lösen.

1.3 Projektpartner und Ablauf der Untersuchung

Um den oben beschriebenen Fragestellungen gerecht zu werden, wird die Untersuchung von zwei verschiedenen Gutachtern in einem eng verzahnten Prozess gemeinsam bearbeitet:

- SMA: Erarbeitung der Angebotskonzepte und Ableitung notwendiger Infrastrukturmaßnahmen
- VWI Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH (VWI): Durchführung der Nachfragemodellierung und der verkehrlichen Bewertung

Es ergibt sich damit ein Ablauf der Untersuchung, wie er in Abbildung 1 dargestellt ist.



Abbildung 1: Prinzipielle Ablauf der Untersuchung für alle Varianten und Zustände.

Die Abstimmung von Prämissen und Zwischenergebnissen bzw. wichtige Festlegungen für das weitere Vorgehen erfolgen in enger Abstimmung mit dem Auftraggeber. Dadurch ergibt sich ein iterativer Prozess zwischen Auftraggeber und Gutachtern. Zusätzlich werden durch Iterationen zwischen den Gutachtern verkehrlich sinnvolle Optionen weiterverfolgt beziehungsweise weniger sinnvolle Optionen aussortiert und die Angebotskonzepte somit in Abhängigkeit der Nachfrage dimensioniert.

Durch dieses iterativ konzeptionierte Vorgehen werden die Angebotskonzepte und die korrespondierenden verkehrlichen Wirkungen immer weiter optimiert. Zudem können so nachfragetechnische und fahrplantechnische Elemente ermittelt beziehungsweise aufgebaut werden, die nach der Erarbeitung eines Angebotskonzepts und der verkehrlichen Bewertung für die weiteren Konzepte zur Verfügung stehen.

1.4 Abgrenzung

Ziel der gesamten Untersuchung ist die Ermittlung von belastbaren Aussagen für die infrastrukturelle Ausgestaltung des Kernbereichs des Knotens Stuttgart. Hierfür ist die Ausarbeitung von Angebotskonzepten für eine fahrplanbasierte Infrastrukturplanung und Nachfragebewertung unerlässlich. Bei den im Laufe der Untersuchung erarbeiteten Angebotskonzepten handelt es sich ausdrücklich

nicht um ein Zielkonzept für den Großraum Stuttgart oder irgendwelche Teilbereiche. Die entwickelten Angebotskonzepte dienen der Infrastrukturdimensionierung im Kernbereich und der Abschätzung des Infrastrukturbedarfs außerhalb des Kernbereichs. Zur Überführung der Angebotskonzepte in ein Zielkonzept sind weitere Iterationen und Abstimmungen mit den Beteiligten insbesondere hinsichtlich Infrastruktur im Außenbereich, Rollmaterial, Aufgabenträgerschaft und verkehrlichen Wünschen erforderlich.

Leitlinie bei allen Betrachtungen, Analysen, Entscheidungen und Annahmen hinsichtlich der Angebotskonzepte innerhalb der vorliegenden Untersuchung, die nicht direkt den Kern des Knotens betreffen, war dabei immer die Frage, wie die jeweiligen Auswirkungen auf die zu betrachtenden Infrastrukturlösungen sind. Es sollte hinsichtlich der oben beschriebenen Fragestellung für die Außenbereiche immer eine möglichst zustandsneutrale beziehungsweise konsequenzfreie oder -arme Entscheidung getroffen werden. Dennoch sind die Angebotskonzepte hinsichtlich der Fahrbarkeit, der infrastrukturellen Umsetzbarkeit oder der verkehrlichen Wirkungen so auszugestalten, dass insgesamt eine für das verkehrliche Gesamtgefüge plausible Gesamtlösung entsteht. Neben den für die verschiedenen Infrastrukturzustände im Kern erarbeiteten Angebotskonzepten sind meist auch andere Angebotskonzepte denkbar bzw. es werden sich bei weiteren Verfeinerungen der Planungen mit ggf. Modifikation von Planungsgrundlagen in verschiedenen Fällen andere Angebotskonzepte ergeben. Diese Änderungen bzw. die Gründe für die geänderten Angebotskonzepte würden aber für alle Infrastrukturzustände gelten, so dass auch hier von Zustandsneutralität ausgegangen werden kann.

Zudem ist die Realisierbarkeit der vorgeschlagenen Infrastrukturmaßnahmen in den Außenbereichen nicht vertieft betrachtet. Sofern aber im Verlauf der Untersuchungen Indikationen erkannt werden, dass vorgeschlagene Maßnahmen nicht umgesetzt werden können, wird dies vermerkt und ist in gesonderten Untersuchungen vertieft zu analysieren. Sollte eine vorgeschlagene Infrastrukturmaßnahme nicht umsetzbar sein, so betrifft dies wegen der meist identischen Angebotskonzepte in den Außenbereichen alle Infrastrukturzustände und ist somit zustandsneutral. Dies führt somit nicht zu einer grundlegenden anderen Bewertung eines Zustandes.

Die verkehrlichen Bewertungen der betrachteten Varianten und Zustände erfolgt nach den etablierten und kalibrierten Berechnungsverfahren des Verkehrsmodells der Region Stuttgart und den im Zuge der Erstellung des Verkehrswendeszenarios modifizierten Eingangsparametern. Die damit zu Grunde gelegte Verkehrsnachfrage der Verkehrswende liegt im öffentlichen Verkehr deutlich über der Nachfrage des absehbaren verkehrlichen Bedarfs. Somit entspricht diese

verkehrliche Bewertung nicht den Vorgaben der Verfahrensanleitung der Standardisierten Bewertung und kann eine solche nicht ersetzen.

Ausgehend von den Erkenntnissen dieser langfristigen Betrachtung muss in vertiefenden Untersuchungen separat nachgewiesen werden, ob eine Finanzierung von abgeleiteten Infrastrukturmaßnahmen mit Mitteln des Bundesgemeindefinanzierungsgesetzes (GVFG) möglich ist. Dazu ist der volkswirtschaftliche Nutzen gemäß der Standardisierten Bewertung (Version 2016+) nachzuweisen. Dabei darf jedoch nicht der verkehrliche Bedarf der Verkehrswende angesetzt werden, sondern lediglich der absehbare verkehrliche Bedarf. Um bereits vor einer Standardisierten Bewertung einschätzen zu können, ob diese bei Durchführung den volkswirtschaftlichen Nutzen nachweisen könnte, ist es im Vorfeld sinnvoll, eine überschlägige Abschätzung der Förderaussichten in Anlehnung an die Vorgaben der Standardisierten Bewertung und mit vereinfachten Annahmen vorzunehmen. Eine solche Abschätzung der Förderaussichten wurde aus Ergebnissen dieser Untersuchung für bestimmte Infrastrukturbau- steine abgeleitet und ist nicht Teil dieses Abschlussberichts, sondern kann dem separaten Bericht „Überschlägige Abschätzung der Förderaussichten für das Nahverkehrs-Dreieck und die Panoramabahn“ entnommen werden.

2 Verkehrswendeszenario

In den folgenden Abschnitten wird die verkehrliche Grundlage der Untersuchung bezüglich der Verkehrsnachfrage beschrieben. Da sich diese auf den fiktiven Zustand bezieht, in welchem die verkehrspolitischen Ziele der Verkehrswende erfüllt sind, wird dieser Zustand im gesamten Bericht mit dem Begriff „Verkehrswendeszenario“ bezeichnet. Im Folgenden werden die Prämissen, Methoden und Ergebnisse des Verkehrswendeszenarios dargestellt, welche in Abstimmung mit dem Auftraggeber erarbeitet worden sind.

2.1 Modellgrundlagen

2.1.1 Verkehrsmodell der Region Stuttgart

Basis der Entwicklung einer geeigneten Modellgrundlage bildet das ursprüngliche Verkehrsmodell der Region Stuttgart (VRS-Modell). Das Verkehrsmodell wurde im Rahmen der Fortschreibung des Regionalverkehrsplans für die Region Stuttgart in den Jahren 2010 und 2011 von einem Konsortium aus den Unternehmen INOVAPLAN GmbH, IVT e.V., omniphon GmbH, PTV AG und STRATA GmbH erstellt.¹ Der Bezugsfall 2025² baut auf dem zugehörigen Analysemodell aus dem Analysejahr 2009/2010 auf. Beide Modelle wurden mit dem Stand vom 07.12.2015 an das VWI übergeben. Durch die Bearbeitung verschiedener Untersuchungen im öffentlichen Verkehr wurde das Modell insbesondere für diese Anwendungen weiter optimiert. Im Jahr 2019 wurde der ursprüngliche Prognosehorizont auf das Jahr 2030 fortgeschrieben³. Dabei wurden Strukturdaten, Verkehrsangebot und Mobilitätskosten aktualisiert und die feinräumige Kalibrierung der ÖV-Nachfrage durch den Einsatz von Matrixkorrekturverfahren deutlich verbessert.

Bei der Aktualisierung der Mobilitätskosten wurden die inflationsbereinigten Preise im ÖV und MIV im einheitlichen Preisstand der Analyse 2010 auf die Preise des Jahres 2019 fortgeschrieben. Anlass und maßgebliche Anpassung im ÖV war hierbei die Tarifzonenreform des VVS 2019. Da eine Prognose der Mobilitätskosten für 2030 im Allgemeinen nicht möglich ist, wird grundsätzlich

¹ INOVAPLAN GmbH, IVT e.V., omniphon GmbH, PTV AG und STRATA GmbH: Verkehrsmodellierung für die Region Stuttgart: Analyseverkehr 2009/2010, Karlsruhe, März 2011

² PTV GROUP: Verkehrsmodell Stuttgart - Bezugsszenario 2025: Verkehrsprognose für das Bezugsszenario im Rahmen der Fortschreibung des Regionalplans für die Region Stuttgart

³ VWI Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH: Fortschreibung des VRS-Verkehrsmodells auf den Prognosehorizont 2030, Stuttgart, März 2020

davon abgesehen. Eine Ausnahme wurde hierbei allerdings bei der Berücksichtigung des im Rahmen des Klimaschutzprogramms 2030 des Bundes von 2019 eingeführten CO₂-Preises beschlossen. Dazu wird ein CO₂-Preis von 60€/t im Modell berücksichtigt, was in Kombination mit der Entwicklung von Kraftstoffpreisen und -verbräuchen seit 2010 zu einem Anstieg der entfernungsabhängigen Kosten um 4 % führt.

2.1.2 Räumliche Erweiterung

Im Anschluss an die Modellfortschreibung 2030 wurde im Jahr 2020 das VRS-Modell (Analyse 2010 und Prognose 2030) im Auftrag der Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg mbH (NVBW) räumlich erweitert. Anlass der Erweiterung war vor allem der Wunsch, auch die verkehrlichen Effekte von Angebotsanpassungen im Regionalverkehr besser abbilden zu können. Da im ursprünglichen VRS-Modell diese maßnahmensensitive Nachfrageberechnung nur für den Binnenverkehr der Region Stuttgart möglich ist, war eine räumliche Erweiterung zweckmäßig, um die in die Region ein- und ausbrechenden Verkehre besser abbilden zu können. Daher ist das ursprüngliche VRS-Modell um die folgenden Räume ergänzt und somit zum REM geworden:

- Westen: Landkreis Calw, Enzkreis, Stadtkreis Pforzheim, der Landkreis Karlsruhe und der Stadtkreis Karlsruhe
- Süden: Landkreise Tübingen und Reutlingen
- Osten: Alb-Donau-Kreis, Ostalbkreis, Schwäbisch Hall und der Stadtkreis Ulm
- Norden: Stadt- und Landkreis Heilbronn
- Zudem werden die Gemeinden Horb am Neckar und Eutingen im Gäu aus dem Landkreis Freudenstadt hinzugefügt, um eine Lücke zwischen den Landkreisen Calw und Tübingen zu vermeiden.

Abbildung 2 zeigt den erweiterten Modellraum mit den enthaltenen Stadt- und Landkreisen (bzw. Gemeinden) und wie dieser das bestehende Gebiet der Region Stuttgart ergänzt. Die Zelleinteilung im erweiterten Modellraum wird so festgelegt, dass die Wahl zwischen eindeutigen Alternativstrecken abgebildet werden kann (z. B. Fahrt über die Schnellfahrstrecke oder die Filstalbahn auf der Relation Ulm-Stuttgart). Dabei werden zunächst alle Landkreise in eine gemeinscharfe Zellstruktur unterteilt, welche dann aggregiert wird.

Strukturdaten und Verkehrsnetze wurden analog zum bestehenden Modellraum der Region Stuttgart erweitert. Hauptdatenquellen waren hierbei das Statistische

Landesamt Baden-Württemberg, die GTFS-Daten der NVBW und die Datenbank der OpenStreetMap-Mitwirkende (OSM).

Die Kalibrierung der Verkehrsnachfrage wurde mit dem Fokus auf die Verkehrsströme der Region Stuttgart durchgeführt, sodass neben dem bereits gut enthaltenen Binnenverkehr der Region nun auch die Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehre gut abgebildet sind. Die feinräumige Kalibrierung der MIV- und ÖV-Zählquerschnitte wurde insbesondere auf die Zulaufquerschnitte der Region Stuttgart ausgeweitet, sodass sichergestellt ist, dass die Nachfrage des Regionalverkehrs richtig erfasst ist.

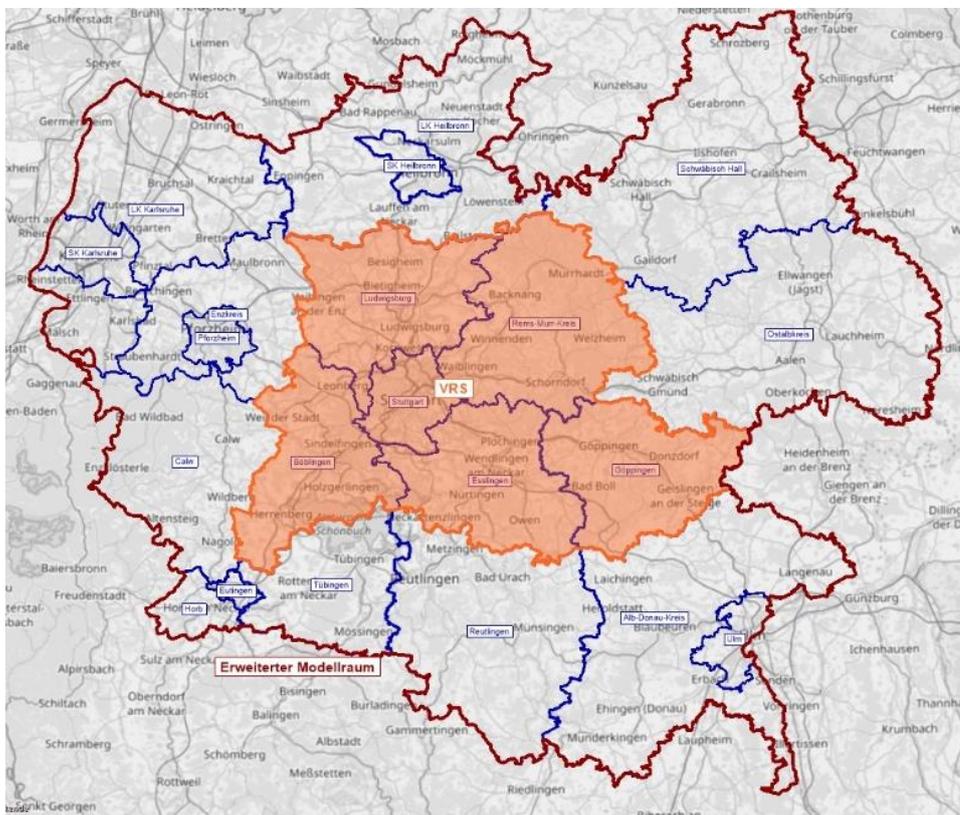


Abbildung 2: Erweiterter Modellraum der räumlichen Erweiterung und Region Stuttgart (VRS-Gebiet).

Zur adäquaten Berücksichtigung von Zielwahleffekten, wurde das Berechnungsverfahren so angepasst, dass die Zielwahl im Berufsverkehr teilinkrementell erfolgt. Das bedeutet, dass sich der für die Wahl des Ziels maßgebliche Verkehrswiderstand mit zunehmender Distanz anteilig aus dem Widerstand des Analyse-

Modells berechnet. Damit ist sichergestellt, dass insbesondere bei großen Widerstandsänderungen in Szenarien-Betrachtungen keine unrealistisch starken Zielwähländerungen auftreten.

Die grundsätzliche Berücksichtigung von Mobilitätskosten im Wahlverhalten der Verkehrsnachfrage durch von Personengruppen und Wegezwecken abhängige Preissensitivitäten wird vom ursprünglichen VRS-Modell übernommen. Zur Berechnung der Fahrpreise im ÖV wird das Tarifmodell erweitert. Neben den innerhalb der Region Stuttgart verfügbaren VVS-Tarifen (VVS-Zonentarif, VVS-Kurzstreckenticket und VVS-StadtTicket) werden für Fahrten außerhalb der Region oder über die Regionsgrenze hinaus zwei getrennte Entfernungstarife für Fernverkehr und Nah-/Regionalverkehr modelliert. Im Analysemodell setzt sich der Tarif für Nah-/Regionalverkehr aus den km-Preisen der DB Produktklasse C sowie einer anteiligen Obergrenze durch das Baden-Württemberg-Ticket zusammen. Für die Prognose werden die neuen km-Preise des bwtarifs sowie eine anteilige Obergrenze durch die bwMONAT-Zeittickets im Jahr 2020 genutzt. Die Fernverkehrsfahrpreise setzen sich zusammen aus einem Mindestfahrpreis (Sparpreis bzw. Super-Sparpreis mit Bahncard) sowie einem aus den im VRS-Modell hinterlegten Annahmen zu Fernverkehrspreisen abgeleiteten km-Preis und Grundpreis. Sämtliche Mobilitätskosten (ÖV und MIV) werden im Verkehrsmodell inflationsbereinigt und einheitlich auf den Preisstand des Analysemodells 2010 zurückgerechnet. Das so hinterlegte Tarifmodell ermöglicht eine differenzierte Variation von Fahrpreisen, welche insbesondere im Rahmen der Modellierung des Verkehrswendeszenarios benötigt wird.

2.1.3 Spitzenstundenmodell

Das im Zuge der Modellfortschreibung 2030 ins VRS-Modell integrierte Spitzenstundenmodell im ÖV wurde ins REM übertragen und weiter im Zuge einer neuen Kalibrierung optimiert. Die berechneten Spitzenstunden sind sogenannte gleitende Spitzenstunden (früh und spät). Das heißt, dass die Uhrzeit der Spitzenstunde (Zeitintervall) an jedem Querschnitt individuell unterschiedlich ist, so dass stets die Stunde mit der maximalen Nachfrage maßgeblich wird. Beispielsweise ist die morgendliche Spitzenstunde einer zum Stadtzentrum führenden Strecke umso später, desto näher man zum Stadtzentrum kommt.

Im Berechnungsverfahren werden die Nachfragematrizen für verschiedene Zeitscheiben berechnet, indem die Ganglinien der Aktivitätenübergänge (z.B. wann gehen Leute zur Arbeit, wann von der Arbeit zum Einkaufen und wann nach Hause) in die Berechnung der Wegeketten miteinbezogen werden. Daraus lässt sich die räumlich differenzierte Spitzenstundennachfrage aus dem Nachfrage-

modell berechnen. Im Analysemodell werden die Nachfragematrizen der Spitzenstunden anschließend über einen Skalierungsfaktor zur Hochrechnung auf die gleitende Spitzenstunde und ein Matrixkorrekturverfahren (kleinste Quadrate) so kalibriert, dass die Zählwerte der Spitzenstunden möglichst gut getroffen werden. Die so berechneten Korrekturmatrizen aus der Kalibrierung werden in die Prognose übertragen. Durch diese Methode sind die Spitzenstundenbelastungen sowohl durch das Nachfragemodell als auch durch Zählwerte begründet, wodurch demographische und strukturelle Änderungen der Nachfrage auch Auswirkungen auf die Spitzenstundenanteile haben (z.B. führt ein erhöhter Anteil von Berufs- und Ausbildungsverkehr so zu einem erhöhten Spitzenstundenanteil).

Die zur Kalibrierung genutzten Zählwerte wurden für den Regionalverkehr nicht aus dem maximalen 1h-Intervall, sondern aus dem Durchschnitt des maximalen 2h-Intervalls auf das Nachfrageniveau von 1h berechnet. Dies stellt sicher, dass geringe Verschiebungen der Fahrplanlagen (z.B. 58' und 62'-Takt) nicht zu Nachfragesprüngen führen. Da die Fahrpläne im Regionalverkehr 2010 nicht auf allen Linien saubere Takte hinterlegt haben, war dieser Schritt notwendig, um realistische Spitzenstundenanteile im Regionalverkehr für die Kalibrierung zu erhalten. Da die gemittelte 2h-Intervall-Nachfrage eine etwas geringere Nachfragespitze aufweist als bei einem 1h-Intervall, wird diese Nachfrage noch um den Faktor 1,1 hochgerechnet, der sich aus bekannten Nachfrageganglinien ergibt.

Die Nachfrage der Spitzenstunde (eine Stunde) wird im Verkehrsmodell als separates Nachfragesegment über ein Umlegungszeitraum von zwei Stunden umgelegt, um unrealistische Sprungeffekte möglichst zu vermeiden und eine angemessene Verteilung der Nachfrage auf die zur Verfügung stehenden Verbindungen sicherzustellen. Somit ist die Berechnung der Spitzenstundennachfrage konsistent zu den berücksichtigten Zählwerten der Kalibrierung.

2.2 Ziele der Verkehrswende

Zur Reduzierung der Emissionen im Verkehrssektor hat sich das Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg konkrete Ziele für die Verkehrswende gesetzt. Diese Ziele sind in Abbildung 3 dargestellt.

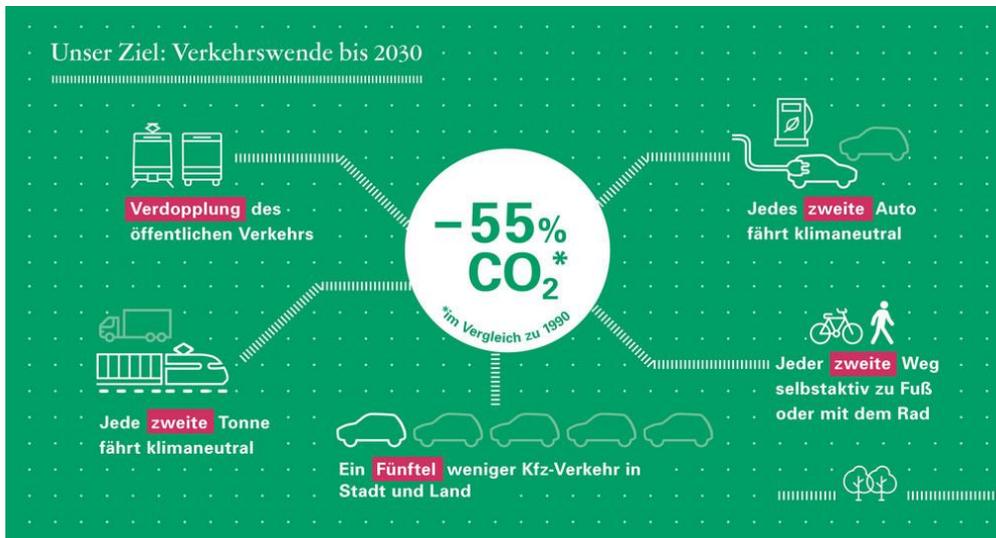


Abbildung 3: Ziele für die Verkehrswende in Baden-Württemberg – Quelle: Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg

Die Maxime für die Erstellung des Verkehrswendeszenarios war die Erfüllung dieser fünf verkehrspolitisch gesetzten Ziele. Der Fokus liegt dabei auf der sich durch diese Ziele ergebenden Verkehrsnachfrage im öffentlichen Verkehr (ÖV). Daher werden Ziele, die keine Auswirkungen auf die ÖV-Nachfrage haben, nicht in der Modellierung des Verkehrswendeszenarios technisch umgesetzt. Da davon ausgegangen wird, dass die sogenannte Antriebswende keine Auswirkungen auf die Wahl des Verkehrsmodus (z.B. MIV oder ÖV) hat, ergeben sich aus dem Ziel „Jedes zweite Auto fährt klimaneutral“ keine Auswirkungen auf die ÖV-Nachfrage. Die Untersuchung betrachtet ausschließlich die Personenverkehrsnachfrage und berücksichtigt daher keine Effekte des Güterverkehrs im Verkehrswendeszenario, weshalb das Ziel „Jede zweite Tonne fährt klimaneutral“ ebenfalls nicht in der Modellierung berücksichtigt wird. Die verbleibenden drei Ziele wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber folgendermaßen für die Verkehrsmodellierung operationalisiert, beziehen sich somit auf einen Regelwerktag und werden auf den betrachteten Auswertungsraum des Gebiets der Region Stuttgart (VRS-Gebiet) angewendet:

- „Verdopplung des öffentlichen Verkehrs“: +100 % ÖV-Verkehrsleistung [Pkm] im Gesamtverkehr des VRS-Gebiets gegenüber dem Analysemodell 2010
- „Ein Fünftel weniger Kfz-Verkehr in Stadt und Land“: -20 % Kfz-Verkehrsleistung [Kfz-km] im Gesamtverkehr des VRS-Gebiets gegenüber dem Analysemodell 2010
- „Jeder zweite Weg selbstaktiv zu Fuß oder mit dem Rad“: Der Anteil des Radverkehrs am Verkehrsaufkommen des VRS-Gebiets (Modal Split der

Wege) soll 20 % betragen und der Anteil des Fußverkehrs am Verkehrsaufkommen des VRS-Gebiets (Modal Split der Wege) soll 30 % betragen

2.3 Berücksichtigte Modellanpassungen und Maßnahmen

In der Modellierung des Verkehrswendeszenarios werden zahlreiche Anpassungen gegenüber dem Bezugsfall 2030 (absehbarer verkehrlicher Bedarf) vorgenommen, um die in Kapitel 2.2 definierten Ziele zu erfüllen. Die Wahl der entsprechenden Anpassungen und Maßnahmen hat grundsätzliche Auswirkungen darauf, wie die Ziele erreicht werden. Das Verkehrswendeszenario beschreibt dabei ein mögliches Szenario zum Erreichen der Ziele. Die berücksichtigten Modellanpassungen und Maßnahmen wurden gemeinsam mit dem Auftraggeber erarbeitet, diskutiert und festgelegt. Dabei handelt es sich um Angebotsausweitungen und Attraktivierungen im ÖV, Restriktionen des MIV und Modifikationen des Verkehrsverhaltens. Die konkreten ÖV-Maßnahmen und die lokalen Details der MIV-Restriktionen wurden in mehreren Workshop-Sitzungen mit dem Auftraggeber, der NVBW, dem VRS, der Landeshauptstadt Stuttgart und der SSB festgelegt, sodass die jeweiligen Perspektivplanungen berücksichtigt werden konnten.

Das Verkehrswendeszenario wurde über mehrere aufeinander aufbauenden Szenarien in vier Zwischenstufen entwickelt, wodurch auch diese Szenarien definiert wurden:

- Szenario „Ambitionierter ÖV-Ausbau“: Das Szenario unterstellt einen über den Bezugsfall hinausgehenden Ausbau des ÖV-Angebots (Bus, Stadtbahn, S-Bahn, SPNV), allerdings keinen Deutschlandtakt.
- Szenario „Ambitionierter ÖV-Ausbau mit IV-Restriktionen“: Das Szenario baut auf dem Szenario „Ambitionierter ÖV-Ausbau“ auf und ergänzt dieses durch IV-Restriktionen (Parken, Kraftstoffkosten, Geschwindigkeiten).
- „Klimaschutzszenario 20XX“: Das Szenario baut auf dem Szenario „Ambitionierter ÖV-Ausbau 2030 mit IV-Restriktionen“ auf und ergänzt dieses durch weitere ÖV-Maßnahmen mit einem langfristigeren Zeithorizont (z.B. zusätzliche S-Bahnen in der Stammstrecke, Stadtbahn Stuttgart-Vaihingen West). Zudem werden die MIV-Kraftstoffkosten so weit erhöht, dass sich eine Verdoppelung der ÖV-Nachfrage gegenüber 2010 einstellt.
- „Verkehrswendeszenario ohne Deutschlandtakt“: Das Szenario baut auf dem „Klimaschutzszenario 20XX“ auf und wird um zwei weitere Ziele der nachhaltigen Verkehrswende ergänzt. Diese Zwischenstufe erfüllt bereits die Ziele der Verkehrswende, hat allerdings nicht den Fahrplan des Deutschlandtakts hinterlegt.

Im letzten Schritt wurde das Konzept des Zielfahrplans Deutschlandtakt hinterlegt und damit das maßgebliche Verkehrswendeszenario fertiggestellt.

Die technische Realisierung der Anpassungen und Maßnahmen im Verkehrsmodell ist je Maßnahme unterschiedlich. Maßnahmen zum ÖV-Angebotsausbau werden wie bestehende Netzelemente modelliert, indem Infrastruktur und Fahrpläne zum bestehenden Angebot ergänzt werden. Zur weiteren Attraktivierung des ÖV werden Vergünstigungen der Fahrpreise berücksichtigt. Die Festlegung dazu erfolgte vor der temporären Einführung des 9€-Tickets im Sommer 2022 und der langfristigen Einführung des Deutschland-Tickets, sodass Erfahrungen oder konkrete Umsetzungsaspekte dieser Fahrpreisvergünstigungen nicht berücksichtigt werden konnten. Im Gegensatz dazu wurde kein einheitlicher Absolut-Wert als Preis gesetzt, sondern eine relative Preissenkung um 50 %, also eine Fahrpreishalbierung, auf die bestehenden Tarifsysteme im Modell angewendet. Somit ist die relative Ersparnis entfernungsunabhängig gleich hoch, wobei die absolute Ersparnis und damit die Wirksamkeit auf die Nachfrage mit zunehmender Entfernung steigt. Verglichen mit dem Preis des Deutschland-Tickets ergeben sich durch die gesetzten Modellannahmen für die vorliegende Untersuchung auf kürzeren Relationen (z.B. innerhalb der Landeshauptstadt Stuttgart) im Verkehrswendeszenario niedrigere Preise, allerdings auf langen Relationen (z.B. Karlsruhe – Stuttgart) höhere Preise, wodurch die Nachfragewirkung in Summe vergleichbar eingeschätzt wird.

Für die Modellierung der MIV-Restriktionen werden unterschiedliche bestehende Netzelemente im MIV-Netz angepasst. Dabei führen die Erhöhung des Parkdrucks, der Parkkosten und die Ausweitung des Parkraummanagements zu höheren zielbezogenen Verkehrswiderständen, insbesondere für die Fahrt in Städte und in den Talkessel der Landeshauptstadt Stuttgart. Diese Maßnahmen greifen damit real sichtbare Trends der letzten Jahre auf, da immer mehr Städte Maßnahmen zur Minimierung des Kfz-Verkehrs in den Stadtzentren forcieren (Luftreinhaltung, Lärm, Flächenverbrauch, usw.). Die Erhöhung der entfernungsabhängigen Pkw-Kosten führen zu einer flächigen Erhöhung der Verkehrswiderstände und wirken mit zunehmender Länge der Wege stärker. Diese Kostensteigerung entspricht keinen konkreten Realmaßnahmen, sondern wird pauschal durch eine allgemeine relative Preiserhöhung im Modell berücksichtigt. Es gibt unterschiedliche denkbare Realmaßnahmen, die eine solche entfernungsabhängige Kostensteigerung im MIV zur Folge hätten (z.B. erhöhte Kraftstoffpreise oder Streckenmaut). Iterativ ergibt sich im Ergebnis eine Kostensteigerung um 54 % gegenüber dem Bezugsfall 2030. Absolut würde diese überinflationäre Kraftstoffpreiserhöhung, bezogen auf den für das Preisniveau des Bezugsfalls 2030 maßgebliche Basis-Preisstand 2019, einen Anstieg der Kraftstoffkosten um ca. 70 ct/l bedeuten (über Fahrleistungen gemittelter Wert von Diesel und Benzin Super E10). Für das Preisniveau September 2023 würde sich unter Berücksichtigung der Inflation seit 2019 ein Kraftstoffpreis von ca. 2,40 €/l ergeben.

Interpretiert man diese Kostensteigerung als Folge eines erhöhten CO₂-Preises für Kraftstoffe, entspricht dies einer Erhöhung des CO₂-Preises um ca. 240 €/t auf dann ca. 300 €/t, beziehungsweise einer Verfünffachung. Das Umweltbundesamt empfiehlt beispielsweise für das Jahr 2030 einen CO₂-Preis von ca. 215 €/t⁴ und das MCC schätzt für 2030 CO₂-Preise von 200-300 €/t⁵, wodurch die Größenordnung dieses CO₂-Preises nicht völlig abwegig erscheint. Diese Maßnahme leistet den größten Beitrag zum Erreichen des Ziels der Reduktion des Kfz-Verkehrs und hat allerdings in der realen Umsetzung vermutlich die größten Herausforderungen, da die Umsetzung überwiegend von Maßnahmen des Bundes dominiert würde. Die Ausweitung von Tempo 40 hat hingegen eher lokale Effekte an den jeweils betroffenen Streckenabschnitten. Eine Modellierung eines Mobilitätspasses wurde nicht vorgenommen.

Die Modellierung der Attraktivierung des Fuß- und Radverkehrs lässt sich hingegen nicht mit konkreten Maßnahmen in den Verkehrsnetzen umsetzen, sondern wird über allgemeine Anpassungen der Verkehrswiderstände der jeweiligen Modi vorgenommen. Dazu wurde mit dem Auftraggeber festgelegt, dass die Widerstandsreduktion sowohl durch absolute als auch durch relative Anteile erfolgen soll. Für den Fußverkehr wird eine relative Reisezeitersparnis von 5 % angenommen, welche mit Knotenpunkt-Priorisierungen, der Optimierung der Fußwegenetze und einer Minderung des subjektiven Reisezeitempfindens begründet wird. Beim Radverkehr wird eine Reduzierung um 15 % angenommen, da hier der zunehmende E-Bike Anteil ein weiterer Grund für Reisezeitreduzierungen darstellt. Zudem wird die sogenannte Moduskonstante von Fuß- und Radverkehr jeweils als absoluter Widerstandsbeitrag je Weg iterativ bis zur Zielerreichung angepasst. Diese Anpassung kann mit einer subjektiven Attraktivitätssteigerung und einem Wandel des Mobilitätsverhaltens begründet werden. Damit greift das Verkehrswendeszenario Trends im Wandel des Mobilitätsverhaltens (z.B. Zunahme selbstaktiver Wege zwischen MiD 2002 und MiD 2017⁶, RadKULTUR BW, usw.) sowie der Infrastruktur- und Raumgestaltung (z.B. attraktivere Ortsmitten, Förderung der „Stadt der kurzen Wege“, usw.) auf und schreibt diese in verstärkter Intensität weiter fort.

In den verschiedenen Stufen des Verkehrswendeszenarios sind die in der Tabelle 1 aufgeführten Maßnahmen unterstellt. Diese Maßnahmen sind für den

⁴ Umweltbundesamt: Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten, Dessau-Roßlau, Dezember 2020

⁵ Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) gGmbH: CO₂-Bepreisung zur Erreichung der Klimaneutralität im Verkehrs- und Gebäudesektor: Investitionsanreize und Verteilungswirkungen, Berlin, April 2023

⁶ infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH: Analysen zum Radverkehr und Fußverkehr MiD, Bonn, 2019

SPNV und die S-Bahn prinzipiell auch in den weiterführenden Angebotskonzepten zur Untersuchung der Infrastrukturdimensionierung im Knoten Stuttgart (siehe ab Kapitel 5) enthalten. Es gibt jedoch in den Außenbereichen hinsichtlich der erarbeiteten Angebotskonzepte (z.B. Boller Bahn) einige Maßnahmen, die nicht abgebildet sind. In der verkehrlichen Bewertung sind diese Maßnahmen aber berücksichtigt.

Szenario-Stufe	Verkehrssystem	Bezeichnung	Details
Ambitionierter ÖV-Ausbau	SPNV	Strecken mit 15'-Takt HVZ	neuer 15-min-Takt auf Tälesbahn, Strohgäubahn und Wieslauffalbahn sowie Verlängerung des 15-min-Takts der Schönbuchbahn bis Dettenhausen
Ambitionierter ÖV-Ausbau	SPNV	Kleine Teck-Bahn	ganztägig auf 30-min-Takt verdichtet
Ambitionierter ÖV-Ausbau	SPNV	Panoramabahn	Fortführung des Stundentaktes im Regionalverkehr von Horb nach Stuttgart-Vaihingen bis zum Nordhalt mit den Halten (Dachswald, Herderplatz, Lenzhalde); Linienbezeichnung L12 (Land BW) oder E29 (Deutschlandtakt)
Ambitionierter ÖV-Ausbau	S-Bahn	Schusterbahn	Kornwestheim – Untertürkheim – Esslingen – Plochingen ganztägig im 30-min-Takt
Ambitionierter ÖV-Ausbau	Bus	VVS-Zulaufbusse 15-min-Takt HVZ	15-min-Takt HVZ: 87 Korridore geprüft, bei 66 Korridoren nachgebessert
Ambitionierter ÖV-Ausbau	Bus	Expressbus	Hbf – Waiblingen – Großheppach im 30-min-Takt, 15-min-Takt in HVZ
Ambitionierter ÖV-Ausbau	Bus	Neues Buskonzept Esslingen	Szenario „Kombi 3“: z. B. 101 bis Untertürkheim, bessere Verknüpfung in Obertürkheim, 101, 102/103, 105, 108 und 111/113 im 15-min-Takt
Ambitionierter ÖV-Ausbau	Bus	Taktverdichtungen in Großstädten	Verdoppelung des Fahrtenangebots auf den wichtigsten Linien in Sindelfingen, Böblingen, Ludwigsburg: 413, 421, 422, 425, 701, 704, 708, 709
Ambitionierter ÖV-Ausbau	Bus	Busbeschleunigungen	Halbierung des Busmalus der Linien 40, 42, 43, 44, 52, 56, 65
Ambitionierter ÖV-Ausbau	Stadtbahn	zusätzlicher Halt SSB	neuer Halt der U12 und der U14 am Klärwerk / Schafhaus
Ambitionierter ÖV-Ausbau	Stadtbahn	U13 Ditzingen	Verlängerung der U13 bis Ditzingen Bahnhof
Ambitionierter ÖV-Ausbau	Stadtbahn	Stadtbahn Ludwigsburg	U14 bis Pattonville + Stadtbahn Ludwigsburg Markgröningen - Ludwigsburg - Pattonville im 15-min-Takt
Ambitionierter ÖV-Ausbau	Stadtbahn	U3/U25 Asemwald	Verlängerung der U3 zum Asemwald und neue Linie U25 Killesberg – Asemwald im 20-min-Takt

Szenario-Stufe	Verkehrs- system	Bezeichnung	Details
Ambitionierter ÖV-Ausbau	S-Bahn	S1 Nürtingen	Verlängerung S1-Zwischentakt nach Nürtingen im 30'min-Takt
Ambitionierter ÖV-Ausbau	S-Bahn	S2 HVZ-Verdichter	HVZ-Verdichter Endersbach – Stuttgart-Bad Cannstatt im 30'min-Takt
Ambitionierter ÖV-Ausbau	S-Bahn	S4 HVZ-Verdichter	HVZ-Verdichter Ludwigsburg – Stuttgart-Feuerbach im 30'min-Takt
Ambitionierter ÖV-Ausbau	S-Bahn	S5 Verlängerung Süden	Verlängerung Grundtakt von Schwabstraße bis Ehningen (b. Böblingen) im 30'min-Takt
Ambitionierter ÖV-Ausbau	S-Bahn	S5 Verlängerung Norden	Verlängerung Grundtakt bis Stuttgart-Vaihingen/Enz und Zwischentakt bis Kirchheim/N (mit neuer Haltestelle Gemmrigheim) im 30'min-Takt
Ambitionierter ÖV-Ausbau	S-Bahn	S60 West	15-min-Takt zwischen Böblingen und Renningen
Ambitionierter ÖV-Ausbau	S-Bahn	S6/S60 Süd	Verlängerung Grundtakt S6/S60 von Schwabstraße bis S.-Vaihingen im 30'min-Takt
Ambitionierter ÖV-Ausbau mit IV-Restriktionen	MIV	Ausdehnung Parkraummanagement	Zentrale Verkehrszelle der Mittelzentren, in LHS nach Perspektiv-Liste der LHS
Ambitionierter ÖV-Ausbau mit IV-Restriktionen	MIV	Relative Erhöhung der Parkkosten	Zentrale Verkehrszelle der Mittelzentren + LHS, Erhöhung entsprechend der Steigerung in Stuttgart seit 2009
Ambitionierter ÖV-Ausbau mit IV-Restriktionen	MIV	Erhöhung Parkdruck	10 % in der zentralen Verkehrszelle der Mittelzentren + LHS
Ambitionierter ÖV-Ausbau mit IV-Restriktionen	MIV	Geschwindigkeitsrestriktionen	Tempo 40 in bebauten Gebieten in Mittelzentren
Ambitionierter ÖV-Ausbau mit IV-Restriktionen	MIV	CO2-Preis Erhöhung	Verdoppelung des CO2-Preises auf 120€/t (wird durch darüberhinausgehende Entfernungsabhängige Pkw-Kosten ersetzt und beträgt final im Verkehrswendeszenario ca. 300€/t)
Klimaschutzszenario 20XX	Stadt- bahn	Vaihingen West	Verlängerung der U1 zum Eiermannareal und der U8 nach Büsnau, Durchbindung der U3 und der U14 in Stuttgart-Vaihingen Bf
Klimaschutzszenario 20XX	Stadt- bahn	Esslingen - Nellingen	Verlängerung der U8 und der U7 bis Esslingen

Szenario-Stufe	Verkehrssystem	Bezeichnung	Details
Klimaschutzszenario 20XX	Stadt-bahn	Reaktivierung Zabergäubahn	Reaktivierung Lauffen – Zaberfeld (Zabergäubahn) und Durchbindung bis Heilbronn im 60-min-Takt
Klimaschutzszenario 20XX	Stadt-bahn	Reaktivierung Bottwartalbahn	Reaktivierung Marbach – Beilstein – Heilbronn (Bottwartalbahn) im 30-min-Takt mit Verdichtungen auf 15-min-Takt
Klimaschutzszenario 20XX	Stadt-bahn	Reaktivierung Bol-lerbahn	Reaktivierung Kirchheim/T - Weilheim (Teck) – Bad Boll – Göppingen als Stadtbahnstrecke im 30-min-Takt
Klimaschutzszenario 20XX	S-Bahn	S1 Schwabstraße-Geislingen	30-min-Takt, zusätzlich zu bestehenden S1-Ästen
Klimaschutzszenario 20XX	S-Bahn	S62 Stammstrecke	30-min-Takt, Calw – Weil der Stadt – Stuttgart-Feuerbach – Schwabstraße
Klimaschutzszenario 20XX	S-Bahn	S1 Bondorf	Verlängerung im 30-min-Takt
Klimaschutzszenario 20XX	S-Bahn	S2 Plüderhausen	Verlängerung im 30-min-Takt
Klimaschutzszenario 20XX	S-Bahn	S4 Sulzbach	Verlängerung im 30-min-Takt
Klimaschutzszenario 20XX	SPNV	Zusätzliche MEX-Halte	Heilbronn-Böckingen, Gmünd West, Gmünd Ost, Hussenhofen, Essingen, Aalen West, Pforzheim Ost
Klimaschutzszenario 20XX	MIV	Entfernungsabhängige MIV-Kosten	Erhöhung um +54 % gegenüber dem Bezugsfall (Ergebnis aus Iteration) entspricht einer Erhöhung um ca. 70 ct/l Kraftstoff bzw. einem CO ₂ -Preis von ca. 300€/t bei gleichbleibendem Kraftstoffverbrauch
Verkehrswendeszenario	SPNV+ SPFV	Deutschlandtakt	Realisierung des Deutschlandtakts z.B. Nordzulauftunnel (Integration der anderen SPNV-Maßnahmen)
Verkehrswendeszenario	ÖV	Hochrechnung externer ÖV-Nachfrage	Hochrechnung entsprechend nachfragereagiblen Durchgangsverkehren um + 40 %
Verkehrswendeszenario	MIV	Hochrechnung externer MIV-Nachfrage	Hochrechnung entsprechend nachfragereagiblen Durchgangsverkehren um - 19 %
Verkehrswendeszenario	Fuß	Beschleunigung Fuß	Reisezeitreduktion um 5 %

Szenario-Stufe	Verkehrs- system	Bezeichnung	Details
Verkehrswendeszenario	Fuß	Fiktive Attraktivierung Fuß	Reduktion der Moduskonstanten Fuß durch fiktiven Zeitbonus von 6,3 Minuten je Weg (Ergebnis aus Iteration)
Verkehrswendeszenario	Rad	Beschleunigung Rad	Reisezeitreduktion um 15 %
Verkehrswendeszenario	Rad	Fiktive Attraktivierung Rad	Reduktion der Moduskonstanten Rad durch fiktiven Zeitbonus von 12,1 Minuten je Weg (Ergebnis aus Iteration)
Verkehrswendeszenario	ÖV	ÖV-Ticket-Preise	Reduktion der ÖV-Fahrpreise im ÖPNV um 50 %

Tabelle 1: Berücksichtigte Maßnahmen im Verkehrswendeszenario

2.4 Ergebnisse

Grundsätzlich kommt es im Ergebnis des Verkehrswendeszenarios durch die vorgegebenen verkehrspolitischen Ziele zu deutlichen Verschiebungen bei der Moduswahl (Verkehrsmittelwahl) hin zum Umweltverbund (ÖV, Fuß, Rad) und weg vom MIV.

Das Ziel „Verdopplung des öffentlichen Verkehrs“ wird mit einer Steigerung der ÖV-Verkehrsleistung im Gesamtverkehr (Quell-, Ziel-, Binnen-, und Durchgangsverkehr) der Region Stuttgart gegenüber dem Analysemodell 2010 um +107 % sogar leicht übererfüllt. Die Übererfüllung lässt sich damit begründen, dass dieses Ziel bereits in der Zwischenstufe „Verkehrswendeszenario ohne Deutschlandtakt“, also mit dem grundsätzlichen Regionalverkehrsfahrplan „Konzept Hybrid“, erfüllt wurde und durch die nachträgliche Erweiterung auf das Fahrplankonzept des Deutschlandtakts weitere ÖV-Nachfrage gewonnen wird. Die Entwicklung der ÖV-Verkehrsleistung von der Analyse 2010 über den Bezugsfall 2030 bis zum Verkehrswendeszenario ist in Abbildung 4 dargestellt. Sämtliche Kenngrößen der Betriebs- und Verkehrsleistung der Verkehrssysteme sind in unterschiedlichen Gebietsauswertungen tabellarisch in Anhang 1 ausgewiesen.

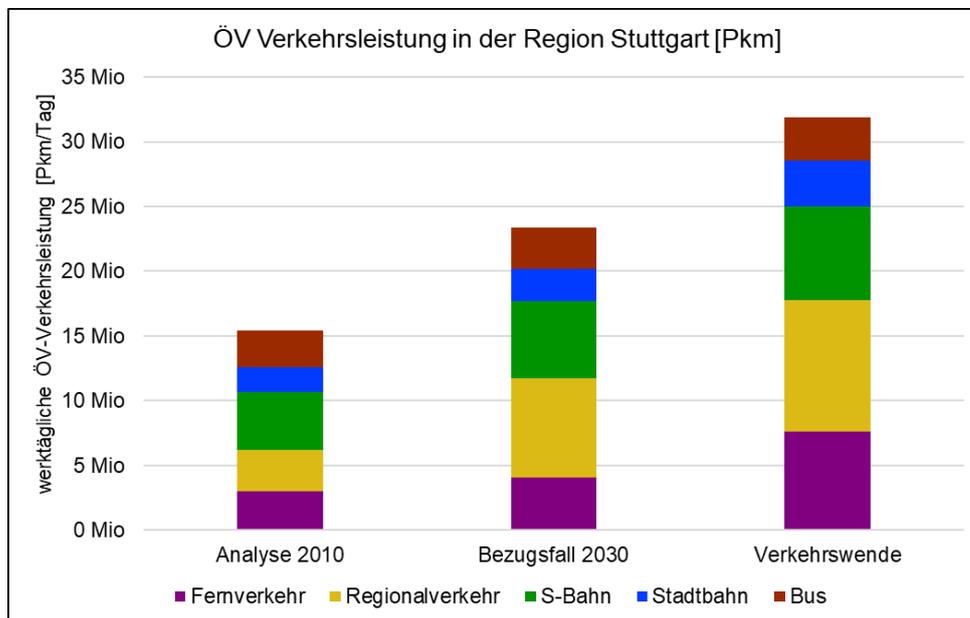


Abbildung 4: Entwicklung der ÖV-Verkehrsleistung in der Region Stuttgart je Verkehrssystem

Darin wird ersichtlich, dass die Verdoppelung zu vergleichbaren Teilen aus dem Schritt zum Bezugsfall 2030 und aus dem Schritt zur Verkehrswende zusammensetzt. Dabei ist allerdings anzumerken, dass der Anstieg zum Bezugsfall 2030 auch aus einer Einwohnerzunahme in der Region Stuttgart resultiert. Darüber hinaus sind auch maßgebliche ÖV-Angebotsausweitungen wie beispielsweise die Inbetriebnahme von Stuttgart 21 oder der ganztägige 15'-Takt der S-Bahn in diesem Schritt enthalten. Insbesondere Stuttgart 21 und das enthaltene MEX-System führt zu einer deutlichen Verschiebung der Nachfrage von der S-Bahn zum Regionalverkehr. Im Schritt zum Verkehrswendeszenario zeigt sich, dass insbesondere Verkehrssysteme mit langen Reiseweiten Nachfragesteigerungen erfahren, wobei der größte Anstieg beim Fern- und Regionalverkehr, auch auf Grund des Deutschlandtakts, zu erwarten ist. Vergleicht man insgesamt die Entwicklung zwischen Analyse 2010 und Verkehrswendeszenario zeigt sich, dass sich die Verdoppelung unterschiedlich auf die Verkehrssysteme verteilt und der deutlichste Anstieg mit einem Nachfragezuwachs von +221 % beim Regionalverkehr zu sehen ist. Neben den genannten Angebotsausweitungen, insbesondere durch Stuttgart 21, sind vor allem Fahrpreisvergünstigungen als Ursache zu nennen, welche auf größeren Distanzen mehr Wirkungen entfalten. Dieser Effekt kann in der Realität aufgrund der Unterschiede zwischen modellierten Preisreduzierungen (-50 % auf alle Tickets) einerseits und dem Deutschlandticket andererseits noch stärker ausfallen. Zudem fällt der Anstieg bei Bus und Stadtbahn geringer aus, da diese Verkehrssysteme in stärkerer Konkurrenz zu den selbstaktiv durchgeführten kürzeren Wegen stehen.

Das zweite Ziel „Ein Fünftel weniger Kfz-Verkehr in Stadt und Land“ gegenüber der Analyse 2010 wird ebenfalls nicht gleichmäßig im Raum verteilt erfüllt. Die Reduktion des MIV fällt innerhalb des Kerns der Region Stuttgart stärker aus als in der Fläche. So beträgt der Rückgang in der Region -25 %, in der Landeshauptstadt Stuttgart -30 % und im Talkessel Stuttgarts -34 %. Die streckenfeine Darstellung der Veränderung der werktäglichen MIV-Belastung zwischen Verkehrswendeszenario und Bezugsfall 2030 bzw. Analyse 2010 ist in Abbildung 10 - Abbildung 13 dargestellt. Die Konzentration des Rückgangs im Zentrum des Ballungsraums lässt sich sowohl auf die dort am stärksten vorgesehenen MIV-Restriktionen zurückführen, ist allerdings auch Ursache der Attraktivierung des ÖV und der selbstaktiv durchgeführten Wege, welche im verdichteten städtischen Raum deutlich attraktiver sind als im ländlichen Raum. Der Rückgang des MIV in der Fläche lässt sich insbesondere durch die flächig wirksame Erhöhung der entfernungsabhängigen Kosten (z.B. Kraftstoffkosten durch einen CO₂-Preis von 300€/t) begründen, welche nicht nur zu einer Vermeidung des MIV bei der Moduswahl führen, sondern auch zu einer Verkürzung der Fahrtweiten durch eine geänderte Zielwahl.

Wertet man das dritte Ziel „Jeder zweite Weg selbstaktiv zu Fuß oder mit dem Rad“ aus, wird in Abbildung 5 deutlich, dass deutliche Verschiebungen in der Moduswahl notwendig sind, um einen Anstieg des selbstaktiven Verkehrsaufkommens auf 50 % zu erreichen. Interessant ist dabei ebenfalls, dass der Anteil von Fuß- und Radverkehr an der Verkehrsleistung dennoch nur bei 13 % liegt. Im Verkehrswendeszenario wird die Hälfte der Verkehrsleistung vom Umweltverbund erbracht, wobei der ÖV den größten Anteil leistet. Diese deutlichen Verschiebungen lassen sich durch Veränderungen des Mobilitätsverhaltens in Bezug auf eine kombinierte Modus- und Zielwahl erklären. Es werden deutlich mehr kurze Wege zurückgelegt, wodurch die mittlere Reiseweite gegenüber dem Bezugsfall 2030 um ca. 15 % abnimmt. Diese kurzen Wege werden überwiegend selbstaktiv zurückgelegt. Die verbleibenden langen Wege werden insbesondere auf Korridoren mit gutem ÖV-Angebot mit diesem zurückgelegt. Der MIV bleibt hingegen überwiegend in ländlichen Regionen das wichtigste Verkehrsmittel.

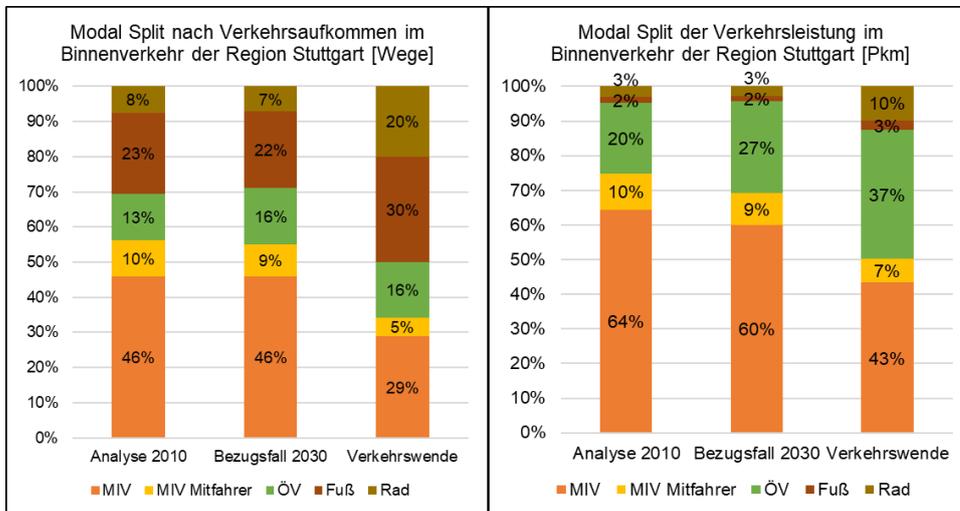


Abbildung 5: Entwicklung des Modal Split in der Region Stuttgart (Aufkommen und Leistung)

Die deutlich erhöhte ÖV-Nachfrage führt zu einer entsprechend erhöhten Belastung des ÖV-Netzes. Dies wird insbesondere deutlich, wenn man die Differenzen der ÖV-Strecken-Belastungen des Verkehrswendeszenarios zum Bezugsfall 2030 und zur Analyse 2010 in Abbildung 6 - Abbildung 9 auswertet. Besonders große Zunahmen werden hierbei insbesondere auf den Achsen des SPNV und der Fernverkehrsachse Mannheim – Stuttgart – München deutlich, wobei die Zunahme im Nordzulauf von Stuttgart-Vaihingen (Enz) und von Ludwigsburg am größten ist. Die absoluten Streckenbelastungen sind differenziert nach den Verkehrssystemen in Abbildung 14 und Abbildung 15 dargestellt. Darin wird insbesondere die große Bedeutung der S-Bahn durch die Stammstrecke und des Regionalverkehrs durch den Stuttgarter Hauptbahnhof für den ÖPNV deutlich.

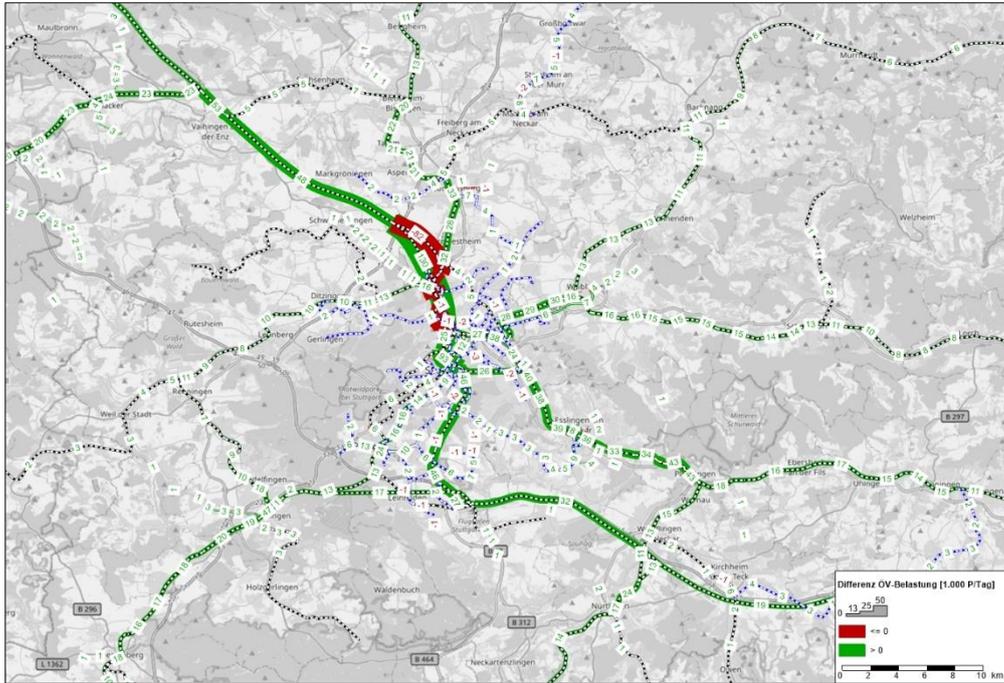


Abbildung 6: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (VRS), Verkehrswende Deutschlandtakt zu Bezugsfall 2030

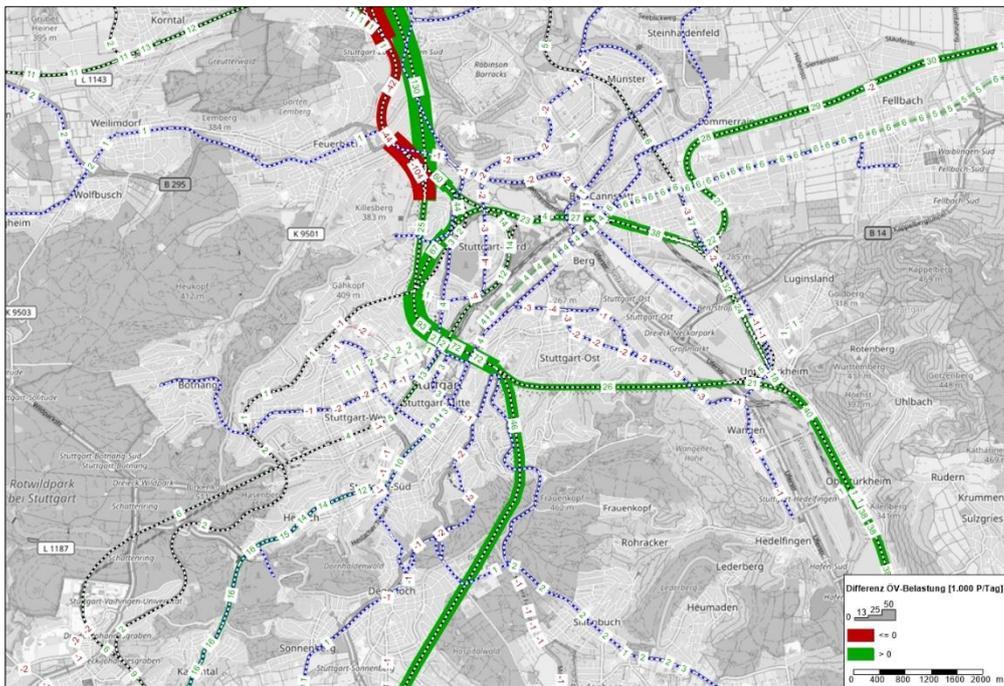


Abbildung 7: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (LHS), Verkehrswende Deutschlandtakt zu Bezugsfall 2030

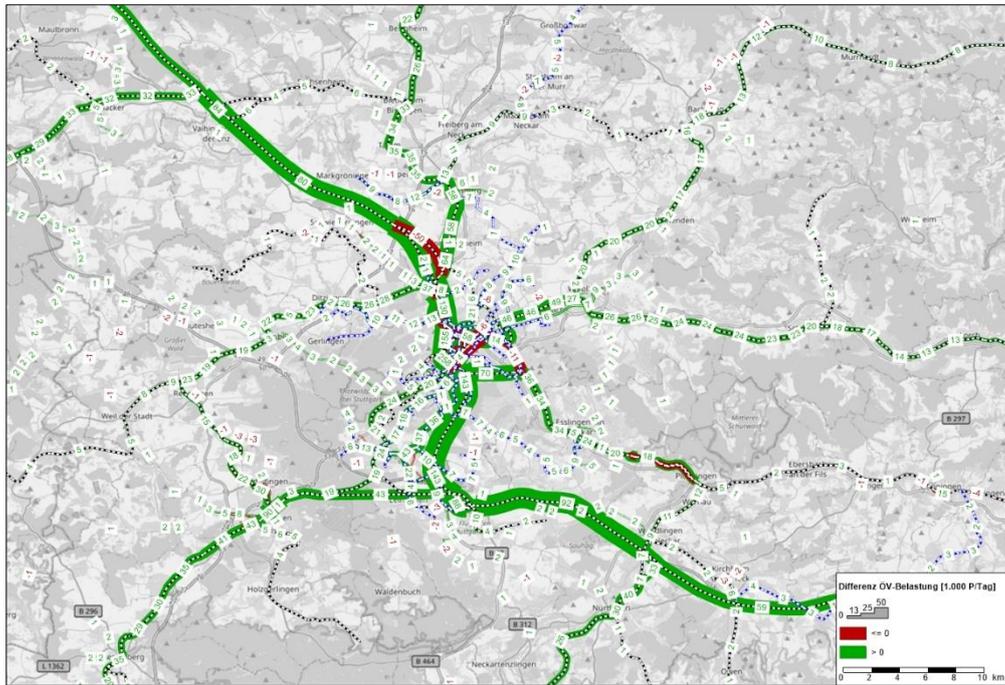


Abbildung 8: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (VRS), Verkehrswende Deutschlandtakt zu Analysefall 2010

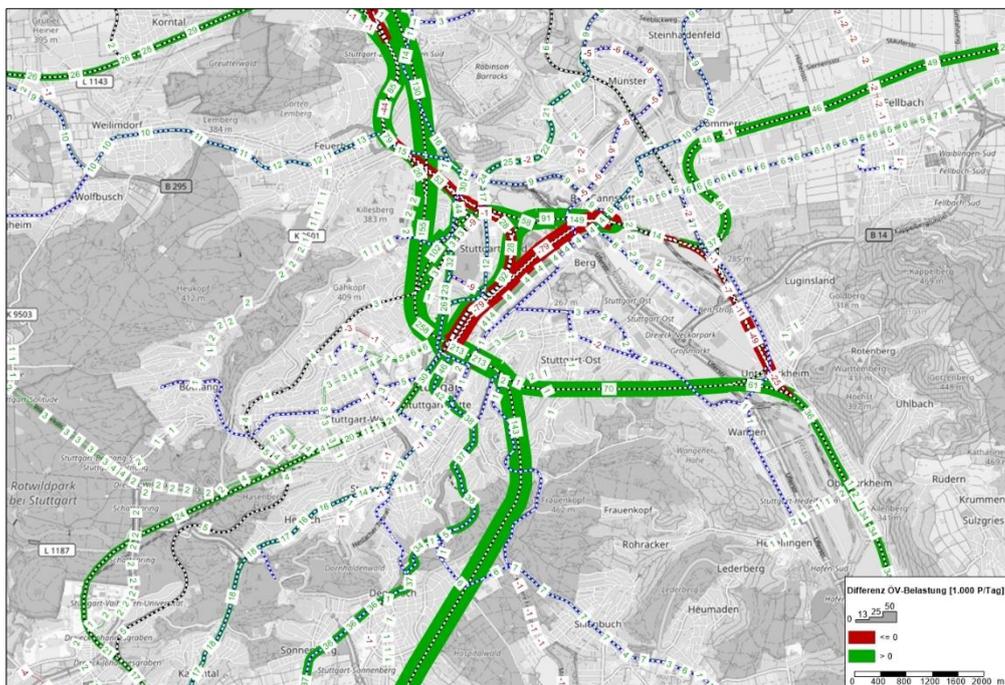


Abbildung 9: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (LHS), Verkehrswende Deutschlandtakt zu Analysefall 2010

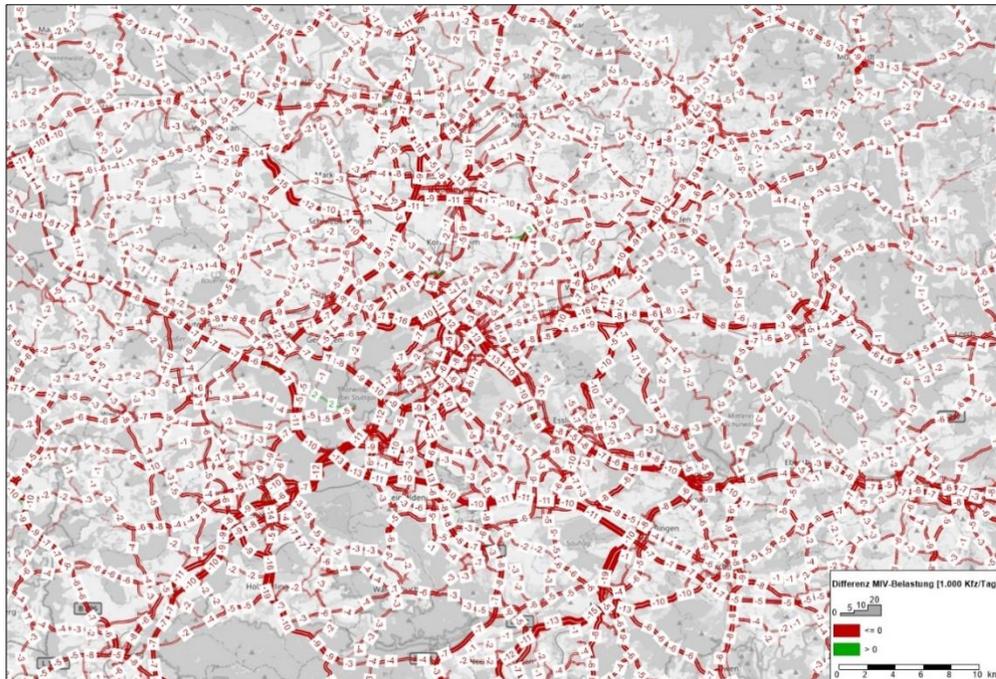


Abbildung 10: Differenz werktägliche MIV-Nachfrage (VRS), Verkehrswende Deutschlandtakt zu Bezugsfall 2030



Abbildung 11: Differenz werktägliche MIV-Nachfrage (LHS), Verkehrswende Deutschlandtakt zu Bezugsfall 2030

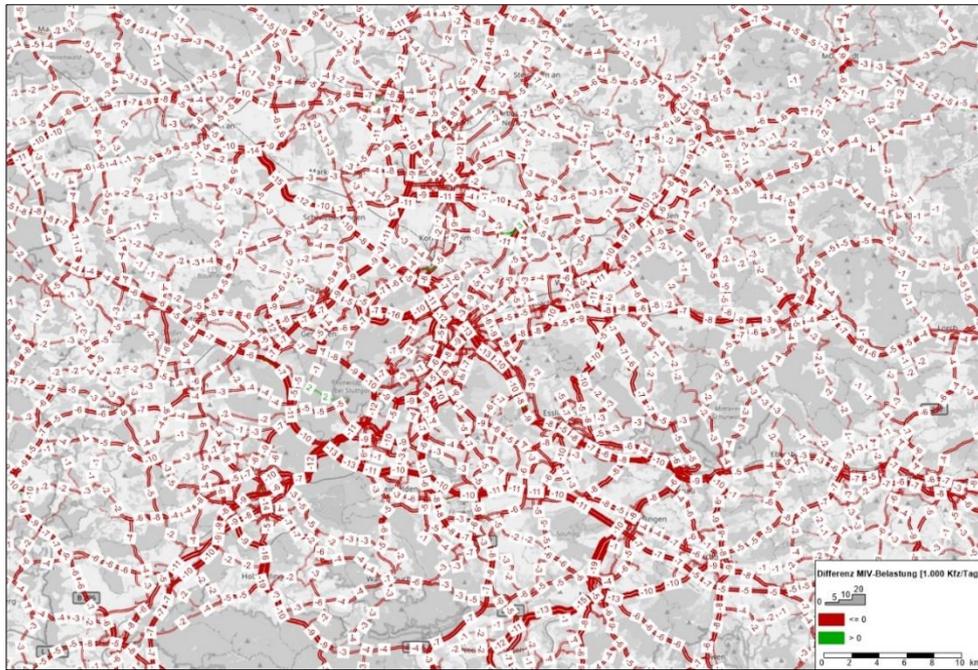


Abbildung 12: Differenz werktägliche MIV-Nachfrage (VRS), Verkehrswende Deutschlandtakt zu Analysefall 2010

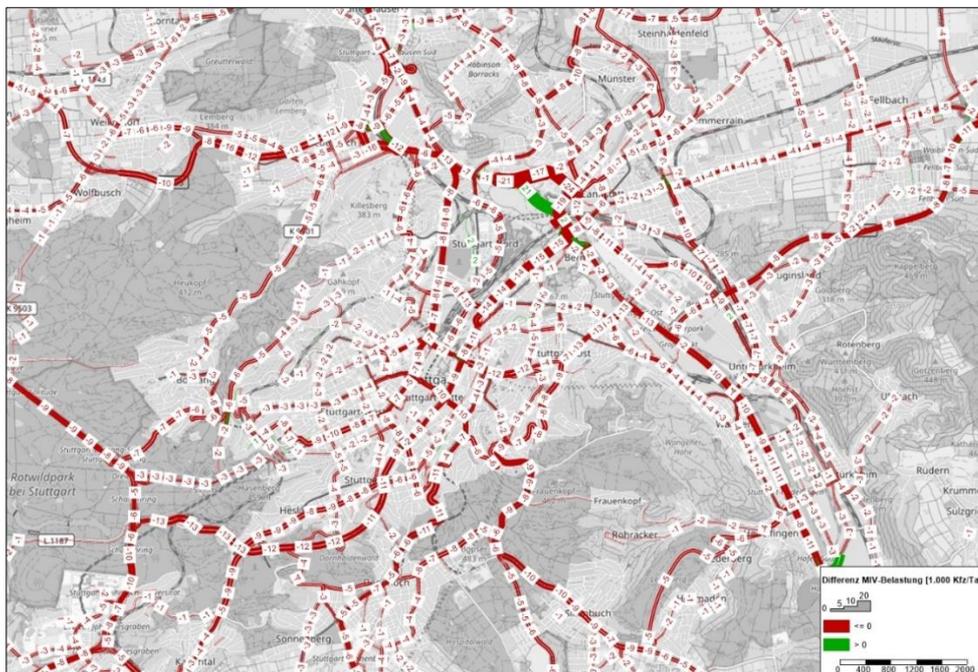


Abbildung 13: Differenz werktägliche MIV-Nachfrage (LHS), Verkehrswende Deutschlandtakt zu Analysefall 2010

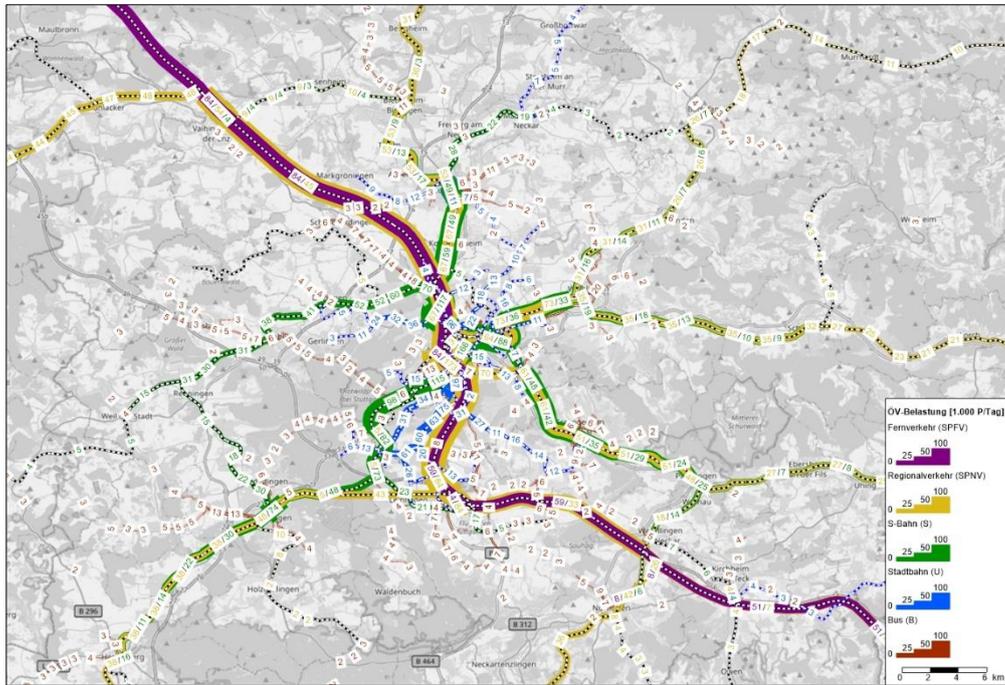


Abbildung 14: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (VRS), Verkehrswende Deutschlandtakt

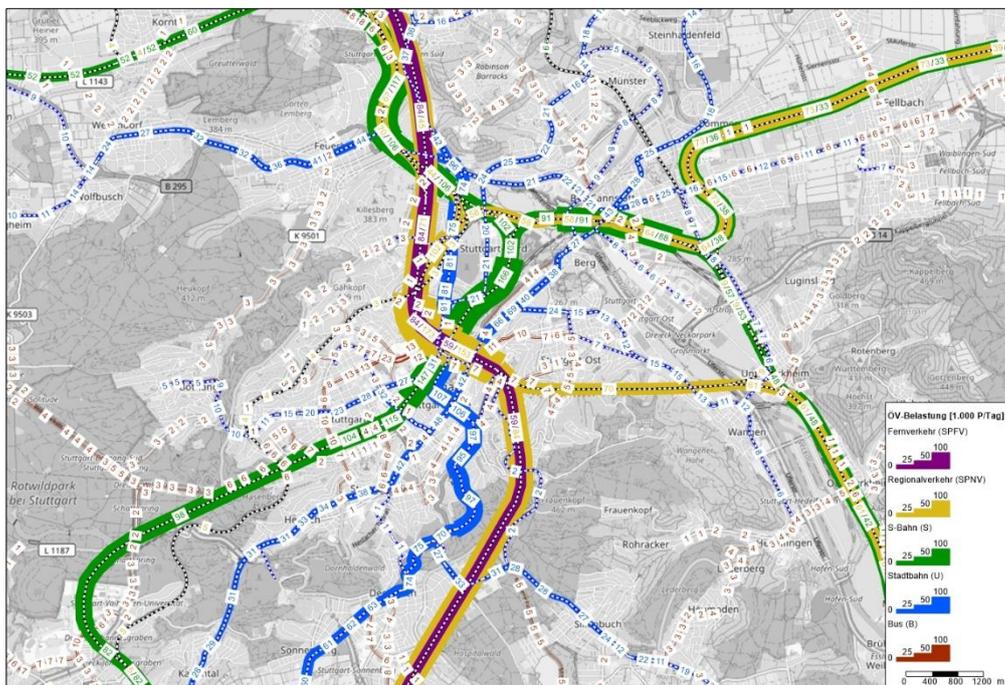


Abbildung 15: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (LHS), Verkehrswende Deutschlandtakt

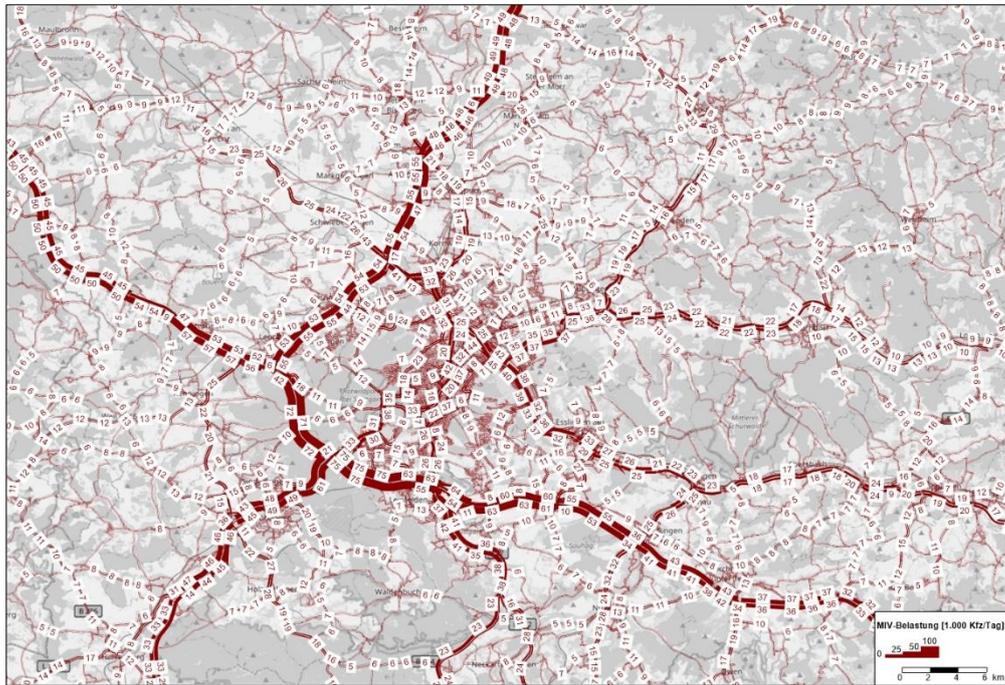


Abbildung 16: MIV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (VRS), Verkehrswende Deutschlandtakt



Abbildung 17: MIV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (LHS), Verkehrswende Deutschlandtakt

2.5 Auswirkungen der Verkehrswende auf die Auslastung der Züge

Zur Dimensionierung des Angebots im Schienenpersonenverkehr im Bahnknoten Stuttgart sind gemäß der Aufgabenstellung der Untersuchung die Fahrzeugauslastungen der Regionalverkehrslinien im Zulauf auf Stuttgart maßgeblich. In Abbildung 18 - Abbildung 21 sind die Fahrzeugauslastungen der maßgeblichen morgendlichen Spitzenstunde je Verkehrssystem im Verkehrswendeszenario dargestellt.

Es zeigt sich, dass die Auslastungen der Züge durch die erhöhte Nachfrage des Verkehrswendeszenarios auf allen Zulaufkorridoren sehr hoch sind. Die Überschreitungen sind nicht nur punktuell, sondern zeigen sich jeweils auf längeren Streckenabschnitten. Mit Ausnahme des Filstals ergeben sich die Überlastungen auf jedem Zulauf-Korridor bereits spätestens ab dem ersten Mittelzentrum im Zulauf auf die Landeshauptstadt Stuttgart (z. B. Herrenberg, Backnang, Bietigheim-Bissingen). In den Korridoren von Karlsruhe und Tübingen bestehen die Überlastungen bereits beim Eintritt in die Region Stuttgart. Die größten Überlastungen mit Sitzplatzauslastungen von rund 130 % ergeben sich auf der SFS von Stuttgart-Vaihingen (Enz), auf der großen Wendlinger Kurve von Nürtingen Richtung Flughafen und auf der Murrbahn zwischen Winnenden und Bad-Cannstatt. Im Fildertunnel zwischen Stuttgart Hbf und Flughafen sowie im Pfaffensteigtunnel zwischen Flughafen und Böblingen ergeben sich Überlastungen in beiden Fahrrichtungen, da insbesondere auf Grund der Arbeitsplatzschwerpunkte am Flughafen und in Sindelfingen hier zwei Lastrichtungen existieren.

Die Auswertung der Gesamtplatzauslastungen der S-Bahn zeigen dahingegen nur punktuelle Überlastungen über 65 % Gesamtplatzauslastung. Diese Überlastungen treten insbesondere in Netzbereichen auf, in welchen die S-Bahn ohne parallelen Regionalverkehr verkehrt (S1 Esslingen – Stuttgart-Bad Cannstatt, S4 Marbach – Ludwigsburg, S6 Korntal – Zuffenhausen, S60 Böblingen – Sindelfingen). Die höchsten Auslastungen zeigen sich in der Regel nicht in den direkten Streckenabschnitten vor der Station Hauptbahnhof (tief), da in den davorliegenden arbeitsplatzreichen Subzentren (Feuerbach, Stuttgart-Bad Cannstatt und Stuttgart-Vaihingen) bereits mehr Fahrgäste aussteigen als neu einsteigen. In der Auswertung sind bewusst auch die Strecken Strohgäubahn, Schönbuchbahn und Ammertalbahn enthalten, da diese in den weiteren entwickelten Zuständen als S-Bahn klassifiziert über die Panoramabahn mit in den Bahnknoten Stuttgart integriert werden.

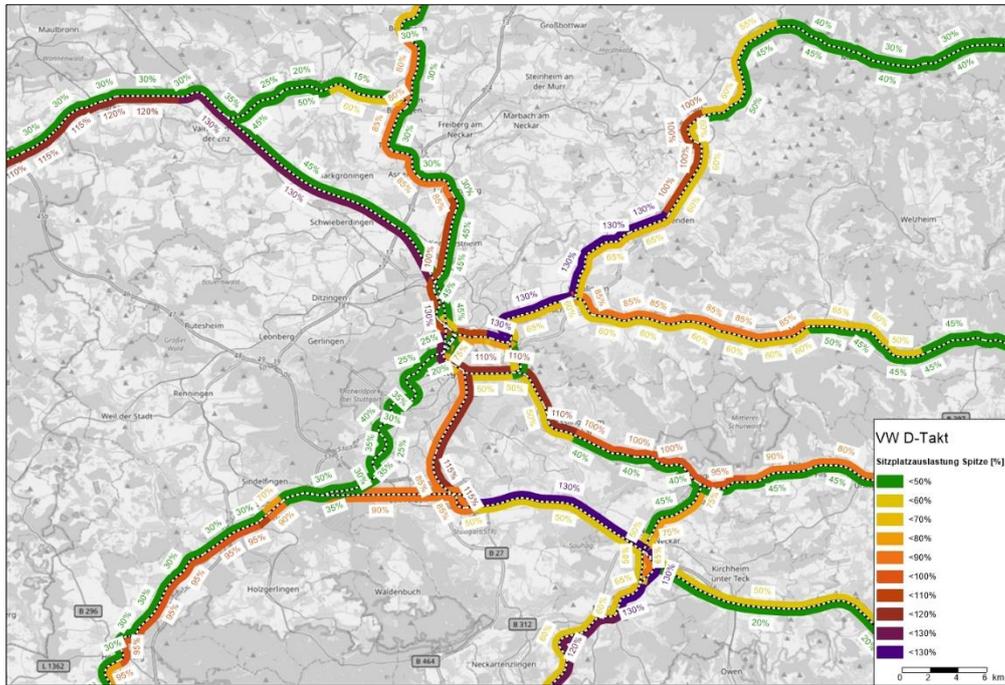


Abbildung 18: Sitzplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, Verkehrswende Deutschlandtakt

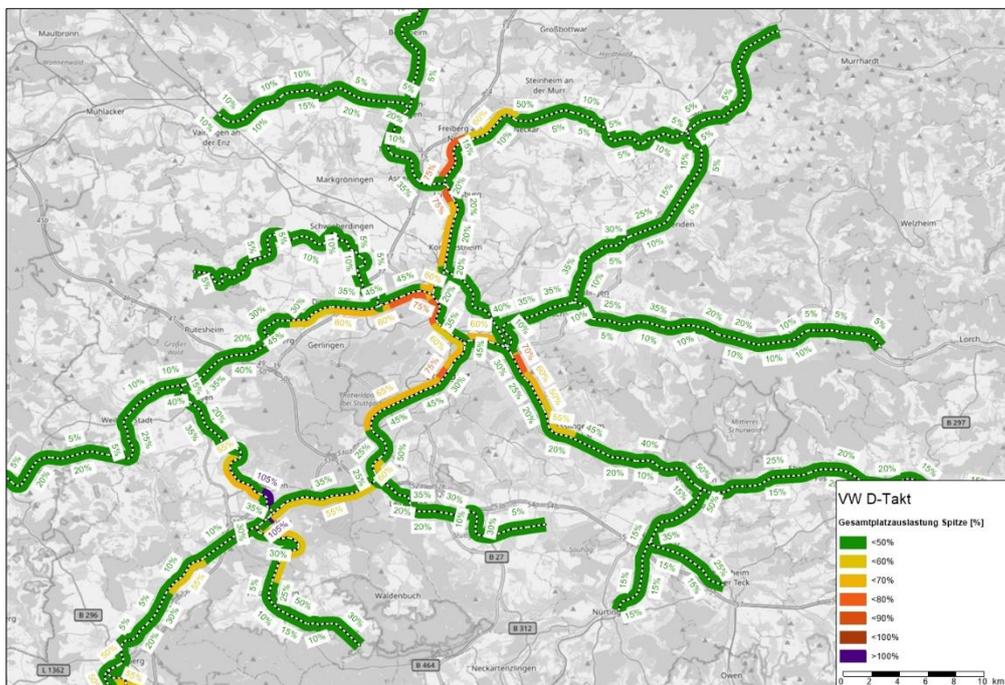


Abbildung 19: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, Verkehrswende Deutschlandtakt

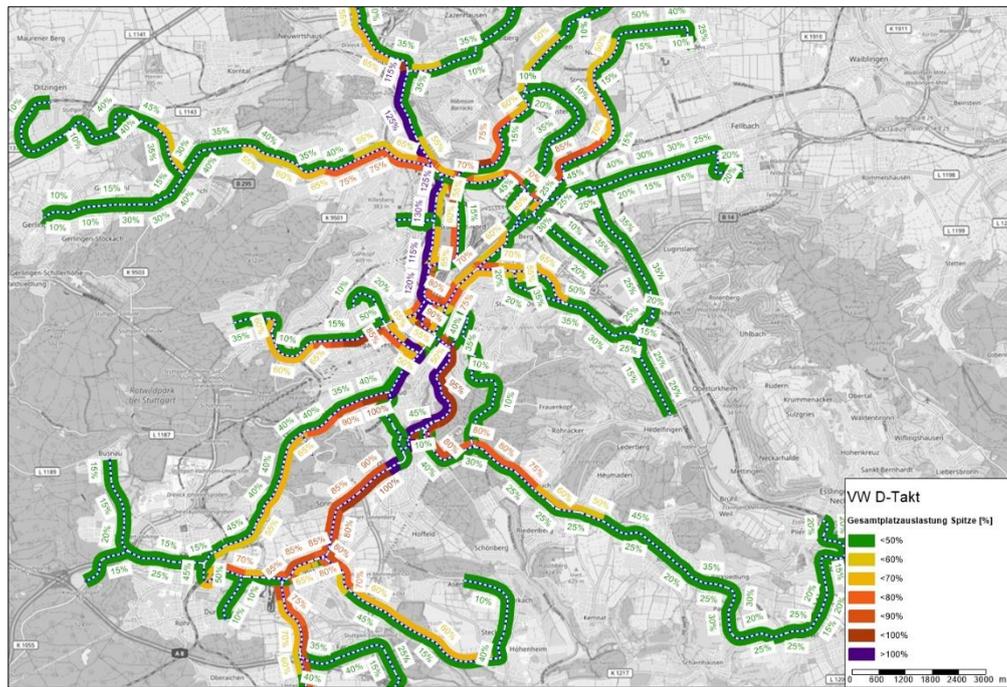


Abbildung 20: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, Verkehrswende Deutschlandtakt



Abbildung 21: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, Verkehrswende Deutschlandtakt

3 Randbedingungen und Prämissen

In den folgenden Abschnitten sind Randbedingungen, Parameter und Prämissen aufgeführt, die in Abstimmung mit dem Auftraggeber getroffen worden sind. Zum Teil gab es diesbezüglich Änderungen im Laufe der Untersuchung. Sofern diese Änderungen von Relevanz sind, sind die Begründungen für die Änderungen in den folgenden Unterkapiteln oder an geeigneter Stelle im Bericht aufgeführt.

3.1 Definition des Untersuchungsraums

Grundsätzlich sind die räumlichen Abgrenzungen so vorgenommen, dass die Dimensionierung des Bahnknotens Stuttgart durch die Betrachtung aller Zulaufstrecken aus konzeptioneller, infrastruktureller und verkehrlicher Perspektive angemessen möglich ist. Insbesondere wurde der Modellraum des Verkehrsmodells wie in Kapitel 2 beschrieben und dargestellt räumlich ausgeweitet, um eine maßnahmensensitive Berechnung der Verkehrsnachfrageströme dieses Gebiets (REM-Gebiet) zu ermöglichen. Da der Fokus der Untersuchung in der Dimensionierung des Bahnknotens Stuttgart liegt und insbesondere die Nachfrageströme von, nach und durch die Region Stuttgart im Verkehrsmodell angemessen abgebildet sind, werden Auswertungen der Fahrzeugauslastungen auf das Gebiet der Region Stuttgart begrenzt. Die ein- / ausbrechenden Ströme in den Bahnknoten Stuttgart werden als relevant für die Dimensionierung angenommen, so dass beispielsweise die morgendliche Spitzenstunde im Zulauf auf die Knotenpunkte Karlsruhe oder Mannheim nicht maßgeblich für die Untersuchung und somit nicht Teil der Auswertungen der Fahrzeugauslastungen ist.

Ausgewertete verkehrliche Kenngrößen (z.B. Reisezeitdifferenz) beziehen sich auf das gesamte modellierte ÖV-Netz und alle betroffenen Nachfrageströme. Somit definiert die in Kapitel 2 beschriebene Abgrenzung des Modellraums die räumliche Abgrenzung der netzweit berechneten Kenngrößen.

Die Klassifizierung der betrachteten Verkehrssysteme des öffentlichen Verkehrs beruht grundsätzlich auf der Einteilung des VRS-Modells und umfasst die Verkehrssysteme Fernverkehr (FV), Regionalverkehr (RV), S-Bahn (S), Stadtbahn (U) und Bus (B). Der Fokus der Untersuchung liegt auf dem Schienenpersonennahverkehr (SPNV), also RV und S. Ergänzend erfolgen auch Auswertungen für das sogenannte „nachgelagerte Netz“, also U und B. Die Systematik der Klassifizierung der Verkehrssysteme des Deutschlandtakts werden diesen aggregierten Verkehrssystemen entsprechend zugeordnet, wobei das System des Fern-

verkehr Regional (FR) dem Regionalverkehr zugewiesen wird. Diese Klassifizierungen sind insbesondere für die Zuordnung von Gefäßgrößen und Tarifsystemen sowie die Abgrenzung von Auswertungen relevant.

Um für die Betrachtung des Bahnknotens hinreichend belastbare und stabile Aussagen zu erhalten, ist eine Ausarbeitung der Angebotskonzepte für die verschiedenen Zulaufstrecken erforderlich. Dabei erstreckt sich die räumliche Ausdehnung bis zum nächsten großen relevanten Knoten. Dies sind generell Knoten, an denen die Regionalverkehrslinien von Stuttgart bzw. ein großer Teil davon endet und ein verkehrlicher Brechpunkt vorhanden ist (z.B. Heilbronn, Aalen). In Abhängigkeit von der Zulaufstrecke und den vorhandenen und übernommenen Angebotskonzepten kann oder muss hiervon auch abgewichen werden (z.B. Mannheim, Horb).

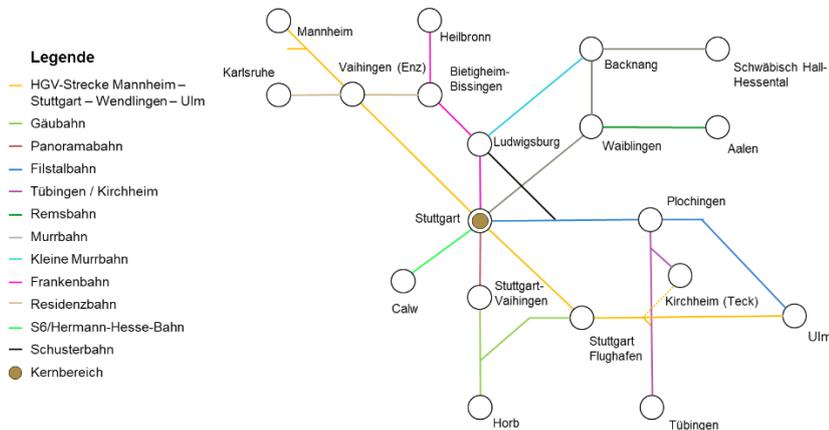


Abbildung 22: Abgrenzung des konzeptionell und infrastrukturell betrachteten Bereichs (nicht alle Strecken dargestellt)

3.2 Verkehrliche Randbedingungen und Festlegungen

3.2.1 Verkehrsnachfrage

Ausgehend von den in Kapitel 2.2 beschriebenen, verkehrspolitischen Zielen des Landes Baden-Württemberg zur Verkehrswende wird die dabei zur erwartende Verkehrsnachfrage im sogenannten Verkehrswendeszenario ermittelt. Insbesondere das Ziel der Verdoppelung der Nachfrage im öffentlichen Verkehr führt zu einer deutlichen Nachfragesteigerung und damit verbunden erhöhten Auslastung der angebotenen Platzkapazitäten im SPNV. Aufgrund der getroffenen Zielsetzungen und der unterstellten Maßnahmen zur Zielerreichung im Verkehrswendeszenario ist eine besonders große Zunahme von langen ÖV-Wegen

bzw. eine Verlängerung der ÖV-Wege zu erwarten, was insbesondere im Regionalverkehr zu erhöhten Fahrzeugauslastungen führt (vgl. Kapitel 2.4). Kern der Untersuchung ist die angemessene Dimensionierung des SPNV-Angebots für die ÖV-Nachfrage im Verkehrswendeszenario bezogen auf die Fahrzeugauslastungen. Somit bildet die entsprechend Kapitel 2 definierte und modellierte Nachfrage die verkehrliche Grundlage aller weiteren Betrachtungen dieser Untersuchung.

3.2.2 Fahrzeugauslastung in der Spitzenstunde

Zur angemessenen Dimensionierung des Angebots stellt die Fahrzeugauslastung die maßgebliche Zielkenngröße dar. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Verkehrsnachfrage nicht gleichmäßig über die Stunden eines Tages, aber auch nicht gleichmäßig über die Tage einer Woche bzw. des Jahres verteilt. An den relevanten Querschnitten im Zulauf auf den Hauptbahnhof Stuttgart ist die werktägliche, morgendliche Spitzenstunde in Fahrtrichtung Stuttgart dimensionierungsrelevant. Die Auswertungen der Auslastungen beziehen sich daher stets auf diese maßgebliche Spitzenstundenbelastung. Diese Verkehrsnachfrage ist maßgeblich von Fahrtzwecken zur Arbeit oder zur Ausbildung dominiert.

Die Berechnung der Nachfrage in der Spitzenstunde erfolgt über das etablierte Verfahren des VRS-Modells im Berechnungsablauf des Verkehrsmodells, wie in Kapitel 2 beschrieben ist, als gleitende morgendliche Spitzenstundenbelastung eines mittleren Werktags. Zur Berechnung der Fahrzeugauslastungen, werden dieser Spitzenstundenbelastung die entsprechenden maximalen Platzkapazitäten gegenübergestellt. Die Berechnung der maximalen Kapazitäten erfolgt dabei analog zur Nachfrage, indem das jeweilige 2h-Intervall mit der maximalen Kapazität ermittelt wird und für die Umrechnung auf eine Stunde halbiert wird. Somit werden unrealistische Sprungeffekte möglichst vermieden und zweistündlich verkehrende Züge als halbe Fahrten je Stunde ausgewiesen. Des Weiteren wird für die Fahrplanlagen der Busverkehre im Zu- und Abbringerverkehr das Verfahren der Taktversatzoptimierung angewendet. Damit werden die Abfahrtszeiten so verschoben, dass sie zu den Fahrplänen des SPNV passen, sodass die Vergleichbarkeit zwischen den Angebotskonzepten möglichst hoch ist und Sprungeffekte bei der Nachfrage vermieden werden.

In der Untersuchung wird davon ausgegangen, dass sich die Spitzenstundenanteile künftig nicht wesentlich verändern werden. Somit wird das im Analysemodell kalibrierte Berechnungsverfahren der Spitzenstundennachfrage auch in der Berechnung der Nachfrage der Verkehrswende übertragen. Da zum Zeit-

punkt der Erstellung des Verkehrswendeszenarios keine empirisch abgesicherten Erkenntnisse zu dauerhaften Verhaltensänderungen auf Grund der Corona-Pandemie vorlagen und eine langfristige Prognose mit großen Unsicherheiten behaftet ist, wurde keine Verhaltensänderung der Nachfrage angenommen. Dies ist für die Dimensionierung eine Annahme zur sicheren Seite, da es z. B. durch verstärktes Arbeiten im Home-Office evtl. zu zeitlichen Verschiebungen der Nachfrage und einem Abflachen der Spitzenstunde kommen könnte. Durch diese konstante Annahme soll vermieden werden, dass die Spitzenstundenbelastung und damit die Dimensionierung von eventuell zu günstig getroffenen Annahmen dominiert wird. Zur Überprüfung der Dimensionierung im Verkehrswendeszenario soll bewusst eine deutlich erhöhte Nachfrage, auch in der Spitzenstunde, maßgeblich sein, um eine Abschätzung zur sicheren Seite treffen zu können. Zum Zeitpunkt der Erstellung des Verkehrswendeszenarios lagen keine Erkenntnisse zur langfristigen Entwicklung des Mobilitätsverhaltens nach der Corona Pandemie vor. Erste Beobachtungen zeigen, dass es einerseits klassische Home-Office-Tage gibt (z. B. Montag oder Freitag), andererseits aber auch Tage mit hohen Präsenzanteilen (z. B. Dienstag oder Mittwoch), sodass keine eindeutige und sichere Aussage zur Entwicklung der dimensionierungsrelevanten Spitzenstunden-Nachfrage getroffen werden kann.

Neben der Berechnungsmethodik der Fahrzeugauslastungen ist die Definition der gesetzten Zielwerte wichtig. Mit dem Auftraggeber wurden dazu unterschiedliche Zielwerte für die Fahrzeugauslastungen diskutiert. Die Verfahrensanleitung der Standardisierten Bewertung macht beispielsweise folgende Vorgaben zur Dimensionierung:

- Sind die Fahrgäste überwiegend unter 30 Minuten im Fahrzeug unterwegs (z. B. bei innerstädtischen Stadtbahnlinien), soll die Auslastung maximal 65 % der Sitz- und Stehplätze betragen. Da die Zahl der Sitzplätze meist geringer als 65 % ist, wird somit bewusst in Kauf genommen, dass in der Spitzenstunde einzelne Fahrgäste stehen müssen.
- Sind die Fahrgäste überwiegend mehr als 30 Minuten im Fahrzeug unterwegs (z. B. im Regionalverkehr) soll die Auslastung maximal 100 % der Sitzplätze betragen. Dadurch soll sichergestellt werden, dass grundsätzlich für alle Fahrgäste ein Sitzplatz zur Verfügung steht.

Das Land Baden-Württemberg möchte den öffentlichen Verkehr attraktiver gestalten und hat sich daher ein darüberhinausgehendes Ziel gesetzt: In der Spitzenstunde sollen die Sitzplätze in den Regionalzügen zu maximal 80 % ausgelastet sein.

Da die im Verkehrsmodell berechneten maximalen Sitzplatzauslastungen Mittelwerte im jahreszeitlichen Verlauf darstellen, ist bei einer Sitzplatzauslastung

im Modell von 100 % zwar im Mittel sichergestellt, dass jeder Fahrgast einen Sitzplatz erhält, allerdings durch die täglichen Schwankungen voraussichtlich nicht an allen Tagen. Um diese täglichen Schwankungen genauer zu analysieren, wurden Daten der automatischen Fahrgastzählsysteme (AFZS) im Regionalverkehr ausgewertet. Dazu wurden die Zählzeiten des Regionalverkehrsnetz 3b von der NVBW zur Verfügung gestellt und für jeden Tag und jeden Querschnitt die für die Dimensionierung maßgebliche maximale Sitzplatzauslastung ausgewertet. Für die vier am stärksten belasteten Querschnitte dieses Netzes ist in Abbildung 23 die entsprechende maximale Sitzplatzauslastung jedes Tages sortiert dargestellt. Es wird deutlich, dass an einigen Tagen Sitzplatzauslastungen deutlich über 100 % auftreten, obwohl die Sitzplatzauslastung im Mittel unter oder maximal ca. 100 % beträgt.

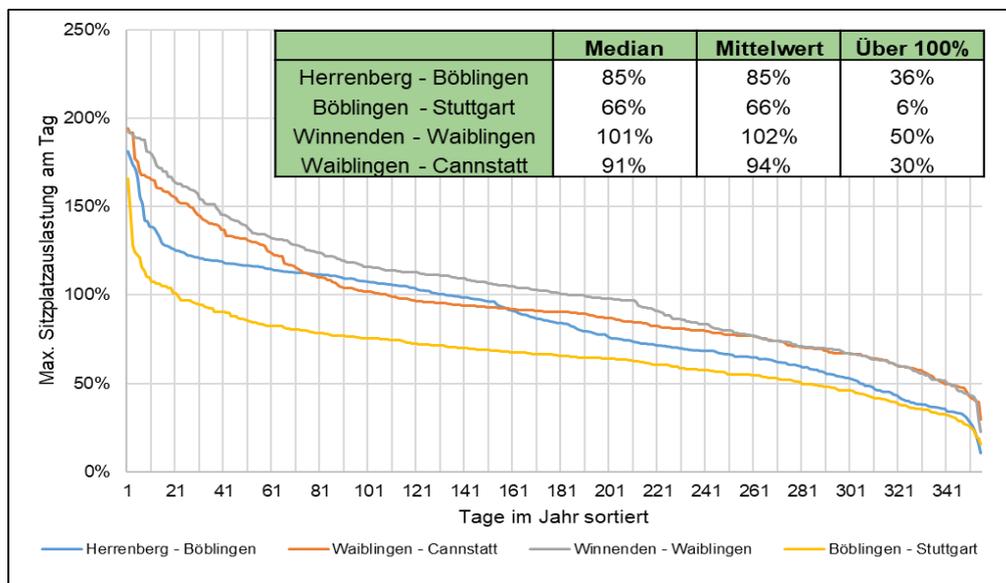


Abbildung 23: Jahresganglinie von 4 ausgewählten Querschnitten der AFZS-Daten des Netz 3b

Aus den Daten wird der Zusammenhang zwischen der mittleren jährlichen maximalen Spitzplatzauslastung (Median) und dem Anteil von Tagen im Jahr mit Überschreitungen der Sitzplatzauslastungen von 100 % in Abbildung 24 abgeleitet. Daraus lässt sich schließen, dass bei einer mittleren maximalen Sitzplatzauslastung von 80 % statistisch erwartet werden kann, dass an ca. 80 % der Tage im Jahr alle Fahrgäste einen Sitzplatz erhalten. Eine Angebotsdimensionierung mit dieser Zielvorgabe schafft so viel Kapazität, dass auch bei jahreszeitlichen Schwankungen der Nachfrage (bspw. höhere Nachfrage im Winter als im Sommer) oder besonderen Ereignissen (bspw. den Stuttgarter Volksfesten) möglichst alle Fahrgäste mit hoher Qualität befördert werden können. Die Bereitstellung des Verkehrsangebots mit dieser hohen Angebotsqualität stellt eine

wesentliche Voraussetzung dar, um die für die Ziele der Verkehrswende notwendigen Steigerungen der ÖV-Nachfrage durch ein attraktives, nicht überfülltes ÖPNV-System erreichen zu können.

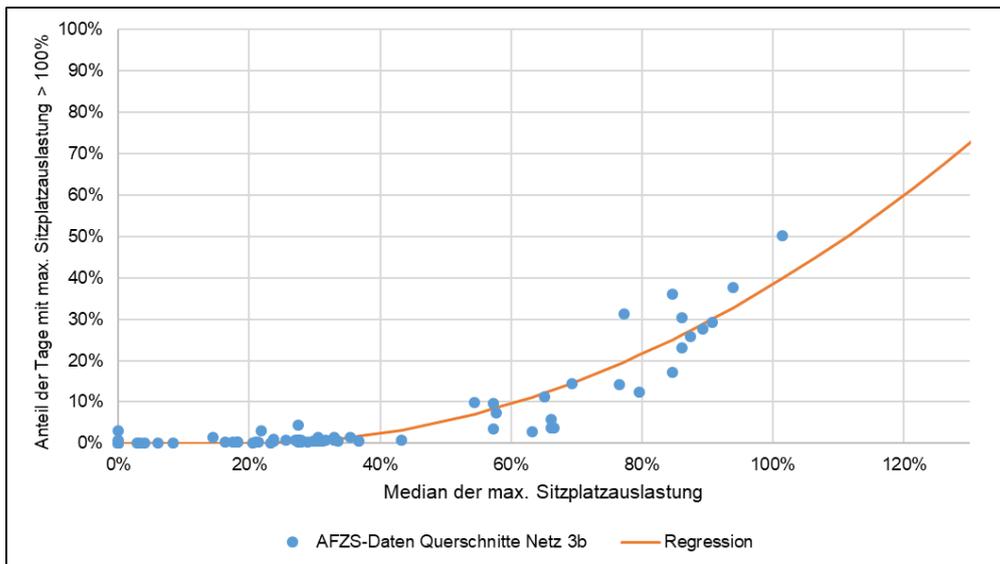


Abbildung 24: Anteil der Tage mit max. Sitzplatzauslastung >100 % in Abhängigkeit des Medians der max. Sitzplatzauslastung aller Tages des Jahres

Einen weiteren Einfluss auf die Schwankungen der Fahrzeugauslastungen hat das Wahlverhalten der Fahrgäste bei parallelen Verbindungen. Im Umlegungsverfahren des Verkehrsmodells wird diese Wahl in Abhängigkeit der zeitlichen Verfügbarkeit und Attraktivität einer Verbindung getroffen. Durch das fahrplanfeine Umlegungsverfahren können hierbei durch zufällig entstehende Anschlussbeziehungen des nachgelagerten Netzes teilweise größere Sprungefekte bei der Belastung einzelner Fahrten auftreten. Für diese kann im langfristigen Zeithorizont der Untersuchung angenommen werden, dass diese Nachfrage durch entsprechende Optimierungen im nachgelagerten Netz gleichmäßiger auf das SPNV-Angebot verteilt wird. Grundsätzlich sind die Ergebnisse eines Verkehrsmodells umso valider desto aggregierter die ausgewerteten Kenngrößen sind. Daher werden die Belastungen paralleler Fahrten in der Spitzenstunde gemittelt, um teilweise unrealistisch große Schwankungen einzelner Fahrtbelastungen zu vermeiden und belastbare Ergebnisse zu berechnen. So schreibt beispielsweise die Verfahrensanleitung der Standardisierten Bewertung vor, dass für die Dimensionierung von Abschnitten, die von mehreren Linien gemeinsam befahren werden, die mittlere Auslastung aller betroffenen Linien des gleichen Betriebszweigs bzw. der gleichen Zuggattung betrachtet werden sollen. Diese gemeinsame Betrachtung unterschiedlicher Linien führt allerdings dazu, dass teilweise deutlich vollere Linien mit deutlich leereren aggregiert werden und die

Auslastung zwar im Mittel das Ziel erreicht, allerdings für die vollere Linie nicht. Um sowohl die Nachteile der großen Schwankungen (maximal disaggregierte Auswertung) als auch die Nachteile bei einer überlagerten Auswertung von Linien auf gemeinsamen Abschnitten (maximal aggregierte Auswertung) möglichst zu minimieren, wird ein beide Aspekte berücksichtigender Ansatz zur Auswertung der Auslastungen gewählt. Dazu werden die Auslastungen entlang der jeweiligen Hauptäste im Zulauf auf den Knoten Stuttgart aggregiert ausgewertet und Linienbündel gebildet. Somit werden beispielsweise im Fildertunnel die Regionalverkehrslinien von Böblingen kommend (Gäubahn), von der Wendlinger Kurve kommend (Neckar-Alb-Bahn) und von Ulm kommend (NBS) jeweils gemeinsam gebündelt ausgewertet. In den ausgewerteten Auslastungs-Karten werden jeweils die Linienbündel mit der maximalen Auslastung eines Querschnitts dargestellt, um kritische Abschnitte und Linienbündel zu identifizieren. Diese hier neu entwickelte „Ast-Auswertung“ erlaubt es, valide Prognosen für die Auslastungen der Züge pro Zulaufast zu treffen.

Der gesetzte Ziel-Wert der maximalen Auslastung von 80 % Sitzplatzauslastung in der Spitzenstunde bezieht sich auf den Regionalverkehr im Bahnknoten Stuttgart. Für die S-Bahn werden höhere Sitzplatzauslastungen akzeptiert, da aufgrund der kürzeren Reiseweiten hier eine Nutzung der Stehplätze toleriert wird und die eingesetzten Fahrzeuge typischerweise einen höheren Stehplatzanteil aufweisen, um erhöhte Nachfragespitzen abfangen zu können. Für die S-Bahn orientiert sich die Beurteilung der Dimensionierung an den Vorgaben der standardisierten Bewertung, wonach eine maximale Gesamtplatzauslastung von 65 % bzw. 143 % Sitzplatzauslastung (beim derzeitigen Sitzplatzanteil der Fahrzeuge) möglichst nicht überschritten werden sollte. Für die Verkehrssysteme des nachgelagerten Netzes (Stadtbahn, Bus) werden die Gesamtplatzauslastungen berechnet und dargestellt, jedoch keine Anpassung des Verkehrsangebots vorgenommen. Für den Fernverkehr erfolgt keine Auswertung der Auslastungen.

Für die Berechnung und adäquate Berücksichtigung der Fahrzeugauslastungen in den Störfällen, wird für diese Umlegungsberechnungen ein Verfahren mit Kapazitätsbeschränkung eingesetzt. Dieses nutzt eine weiche Kapazitätsschranke, welche Überschreitungen der Gesamtkapazitäten nicht gänzlich ausschließt, allerdings durch eine progressiv steigende Widerstandsfunktion möglichst verhindert.

Für die Berechnung der angebotenen Platzkapazitäten wird in allen Zuständen von einem maximal möglichen Fahrzeugeinsatz in der Spitzenstunde ausgegangen. Dazu stehen die im Folgenden aufgelisteten Fahrzeugtypen zur Verfügung:

Zugkategorie	Bezeichnung	Zuglänge	Gesamtlänge	Sitzplätze	Einsatz auf diesen Linien / Verkehrssystemen
S-Bahn	S-Bahn Langzug	210 m	1.281	582	Alle S-Bahn Linien durch die Stammstrecke
S-Bahn	S-Bahn Vollzug	140 m	854	388	Linien über die Panoramabahn mit integrierten Verbindungen
MEX	Doppeltraktion Doppelstocktriebzug (4-teilig)	212 m	1520	760	Grundsätzlicher Fahrzeugtyp für die Regionalverkehrslinien durch den Stuttgarter Hauptbahnhof
FR	2-fach-Traktion Doppelstocktriebzug (6-teilig)	318 m	2.790	1.268	FR 15 („Gäu-Murr-FR“)
IRE/FR	4-fach-Traktion Doppelstocktriebzug (4-teilig)	424 m	3.040	1.520	Beschleunigte Regionalverkehrslinien: In allen Zuständen: FR 16 (Karlsruhe-Nürnberg); IRE BW 16 (Karlsruhe – Aalen), BW 41.3 (Karlsruhe – Tübingen), BW 9 (Würzburg – Friedrichshafen), neue Linie (Neckarsulm – Filstal – Ulm)
Nahverkehrs-	Nahverkehrs-	80 m	500	200	Mitbetrachtete Strecken im Zustand „Deutschlandtakt“: Strohgäubahn, Schönbuchbahn, Ammertalbahn
-	Stadtbahn Kurzzug	39 m	246	110	Grundsätzlicher Fahrzeugtyp für die Stadtbahnlinien der SSB
-	Stadtbahn Vollzug	78 m	492	220	U1, U6, U7, U12
-	Gelenkbus	18 m	109	63	Grundsätzlich auf allen Buslinien

Tabelle 2: In den verschiedenen Angebotskonzepten unterstellte Fahrzeugtypen

3.2.3 Berechnungsverfahren verkehrlicher Wirkungen

Die Berechnung der verkehrlichen Wirkungen erfolgt nach den etablierten und kalibrierten Berechnungsverfahren des Verkehrsmodells der Region Stuttgart (VRS-Verfahren). Dabei werden die Stufen Aktivitätenwahl (Verkehrserzeugung), Zielwahl (Verkehrsverteilung), Moduswahl (Verkehrsaufteilung) und Routenwahl (Umlegung) durchgeführt. Durch das Verfahren VISEM wird in Wegekettensmodell mit disaggregierten Personengruppen, Wegezwecken und unter Berücksichtigung von Preissensitivitäten realisiert. Zur Ermittlung von expliziten verkehrlichen Wirkungen einer Variante einer ÖV-Maßnahme (Mitfall) werden die Änderungen der Verkehrsnachfrage gegenüber einem Vergleichsfall ohne diese Maßnahme (Ohnefall) auf Grund durch die Maßnahme geänderter Ver-

kehrswiderstände im ÖV berechnet. Die ÖV-Umlegung erfolgt mit einem fahrplanfeinen Verfahren, sodass exakte Abfahrtszeiten, Ankunftszeiten und daraus abgeleitete Umsteigewartezeiten berücksichtigt werden.

3.2.4 Methodik zur Bewertung von Störfallkonzepten

Da im Rahmen der Untersuchung nicht nur verkehrliche Berechnungen und Bewertungen im Regelbetriebszustand sondern auch bei Störfällen durchgeführt werden sollen, wurde hierzu eine geeignete Methodik entwickelt. Grundsätzlich ist das genutzte Verkehrsmodell so aufgebaut und kalibriert, dass es Effekte und Wirkungen von langfristig eingeschwungenen Zuständen ermitteln kann. Um für in der Regel kurzfristig auftretende temporäre Störungen dennoch aussagekräftige Bewertungskenngrößen mit Hilfe des Verkehrsmodells ermitteln zu können sind Modifikationen im Berechnungsverfahren und die Festlegung von gewissen Annahmen notwendig. Bei den betrachteten Störungen wird im Modell immer ein betrieblich eingeschwungener Fahrplan-Zustand abgebildet, welcher für einen kompletten Werktag gleichmäßig angenommen wird. Somit gilt die Störung im Modell den gesamten Tag und es wird nicht das plötzliche Eintreten einer Störung simuliert. Es wird, genauso wie bei der Berechnung der Regelbetriebskonzepte, von einer vollständigen betrieblichen Umsetzung der Fahrplankonzepte im Störfall ausgegangen. Fahrgäste im Modell haben volle Informationstransparenz und Kenntnis des Störfall-Fahrplans. Dabei wird angenommen, dass im Zielzeithorizont eine bessere Informationsbereitstellung besteht, welche auch dazu führt, dass sich die Fahrgäste in der Realität auf die geänderten Fahrpläne im Störfall besser einlassen. Es wird angenommen, dass trotz der bekannten Störung keine alternativen Verkehrsmittel gewählt werden und alle Fahrgäste im ÖV verbleiben und sich dort entsprechende neue Verbindungen suchen. Daher wird im Verkehrsmodell ausschließlich die ÖV-Umlegung zur Bestimmung der Routenwahleffekte berechnet. Da im Störfall teilweise deutliche Auslastungssteigerungen insbesondere im nachgelagerten Netz zu erwarten sind, werden die Gesamtkapazitäten der Fahrzeuge bei der Umlegung so berücksichtigt, dass Überlastungen möglichst vermieden werden.

Die neue Version der Standardisierten Bewertung 2016+ sieht im Rahmen der Nutzwertanalyse die Möglichkeit zur Ermittlung von Nutzen aus Netzresilienz vor. Diese Berechnung ermöglicht die Ermittlung von verkehrlichen Schäden durch eine Störung sowie die Schadensvermeidung eines Mitfalls gegenüber den Schäden des Ohnefalls. Der verkehrliche Schaden wird dabei definiert als durch die Störung zusätzlich entstehende ÖV-Widerstände. Die Definition des ÖV-Widerstands orientiert sich dabei an den Vorgaben der Standardisierten Bewertung und enthält verschiedene gewichtete Komponenten (Fahrzeiten, Gehzeiten, Umsteigehäufigkeiten, Takte, usw.).

Um bei der Bewertung der entstehenden Widerstandsdifferenzen möglichst nur die Effekte eines Mitfalls im Störfall und nicht die Effekte des Mitfalls, die auch im Regelbetrieb auftreten, wird für die Berechnung der Saldo der Widerstandsdifferenzen zwischen Mitfall Störfall und Regelbetrieb mit dem Saldo zwischen Ohnefall Störfall und Regelbetrieb berechnet. Somit werden Effekte einer Maßnahme, die bereits in die Bewertung des Regelbetriebs einfließen bei der Bewertung des Störfalls nicht doppelt berücksichtigt.

3.3 Mengengerüst

3.3.1 Ausgangslage Zielfahrplan Deutschlandtakt

Der Zielfahrplan Deutschlandtakt ist ein langfristiges Angebotskonzept zur Verbesserung des Bahnverkehrs in Deutschland. Er beinhaltet fahrplanbasiert abgeleitete Infrastrukturmaßnahmen für engpassauflösende Maßnahmen, für ausgewählte Fahrzeitverkürzungen und ist mit den bundesweiten Stakeholdern abgestimmt. Darüber hinaus liegt kein entsprechend abgestimmtes Angebotskonzept für die Linien des Fernverkehrs vor. Deswegen wird das veröffentlichte Zielkonzept des Deutschlandtakts als Grundlage für die Entwicklung der Angebotskonzepte im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen verwendet (Stand nach volkswirtschaftlicher Bewertung im Sommer 2021). Die Fahrlagen und das Mengengerüst des Fernverkehrs werden übernommen und innerhalb der hier erarbeiteten Angebotskonzepte nicht verändert.

Für den Regionalverkehr wird ebenfalls der Zielfahrplan Deutschlandtakt (ebenfalls zum Zeitpunkt 2021) als Grundlage verwendet. Für die hier durchgeführten Untersuchungen sind darüber hinaus aber zahlreiche Wünsche des Landes bzw. zusätzliche Züge zur Bereitstellung von genug Kapazität zu beachten. Somit werden im Vergleich zum Ausgangskonzept auf den Zulaufstrecken zahlreiche Ergänzungen und Änderungen bei den Fahrlagen vorgenommen.

3.3.2 Mengengerüst Regionalverkehr

Die Anpassungen am Mengengerüst gegenüber den bisher vorliegenden Angebotskonzepten resultieren aus den folgenden verschiedenen Quellen:

- Festlegungen in Abstimmung mit dem Auftraggeber im Rahmen der Untersuchung
- Erkenntnisse aus dem Verkehrswende-Szenario
- Iterative Nachfrageberechnungen des VWI im Zusammenhang mit den Angebotskonzepten

Für die verschiedenen Zulaufstrecken sind als Mengengerüst im Grundtakt zunächst prinzipiell die im Folgenden aufgelisteten Züge bzw. Linien vorgesehen. Je nach Zustand (Referenzfall, Ergänzungsstation und Nordkreuz/T-Spange) können sich im Einzelfall kleinere Änderungen ergeben.

- Zulaufstrecke Stuttgart – Heilbronn:
 - 30´-Takt MEX
 - 30´-Takt IRE
 - 30´-Takt schnelle Linie mit Haltepolitik zwischen IRE und MEX
 - 30´-Takt S-Bahn-Verlängerung von Bietigheim bis Lauffen
 - 30´-Takt Zabergäubahn ab Lauffen nach Heilbronn
- Zulaufstrecke Stuttgart – Karlsruhe:
 - 30´-Takt IRE
 - 30´-Takt MEX bis Pforzheim
 - 30´-Takt S-Bahn-Verlängerung bis Mühlacker/Vaihingen
 - Abschnitt Mühlacker – Karlsruhe: Bedienung durch Stadtbahn
- Zulaufstrecke Stuttgart – Horb („Gäubahn“):
 - 30´-Takt MEX via Flughafen
 - Stündliche Linie des Fernverkehrs
 - Verlängerung von 3 S-Bahn-Linien im 30´-Takt aus der Stammstrecke heraus über Schwabstraße bis maximal Horb (3 Züge per Stunde)
- Zulaufstrecke Stuttgart – Tübingen via Flughafen:
 - 30´-Takt IRE
 - 120´-Takt FV
 - 120´-Takt schneller IRE (alternierend zu FV)
 - 60´-Takt nach Metzingen
- Zulaufstrecke Stuttgart – Tübingen via Plochingen:
 - 30´-Takt MEX
 - 30´-Takt S-Bahn bis Metzingen
 - 60´-Takt nach Metzingen
- Zulaufstrecke Stuttgart – Ulm via NBS:
 - 1,5 IRE pro Stunde
 - 30´-Takt FV
 - 1,5 weitere FV-Züge/Stunde
- Zulaufstrecke Stuttgart – Kirchheim:
 - 60´-Takt via Plochingen nach Stuttgart
 - 60´-Takt via Flughafen nach Stuttgart
- Zulaufstrecke Stuttgart – Ulm via Filstal:

-
- 30´-Takt IRE
 - 30´-Takt MEX
 - 60´-Takt MEX bis Göppingen
 - 30´-Takt-Express-S-Bahn-Linie bis Geislingen
 - Zulaufstrecke Stuttgart – Aalen („Remstalbahn“):
 - 30´-Takt aus IRE und FR
 - 30´-Takt MEX
 - 30´-Takt beschleunigte S-Bahn-Linie bis Schwäbisch Gmünd
 - Zulaufstrecke Stuttgart – Backnang („Murrbahn“):
 - 30´-Takt MEX
 - 60´-Takt IRE/FV
 - Verlängerung der S-Bahn-Linie bis Sulzbach im 30´-Takt
 - Konzept gemäß einer Studie des Landes

Je nach Zulauf verkehren auf den verschiedenen Strecken/Abschnitten noch zusätzliche HVZ-Züge.

3.3.3 Mengengerüst S-Bahn

Für die S-Bahn-Stammstrecke kann durch die Möglichkeiten des Digitalen Knoten Stuttgart (DKS) eine Ausweitung des Angebots unterstellt werden. Es wurden 30 Züge pro Stunde mit dem Auftraggeber als zu unterstellendes Mengengerüst festgelegt. Die gegenüber heute drei zusätzlichen 30´-Takte verkehren in Richtung Plochingen, Schorndorf und Renningen. Andere, darüberhinausgehende Mengengerüste sind diskutiert, aber aus verschiedenen Gründen verworfen worden. Die Festlegung in dieser Untersuchung hatte das Ziel, die durch den DKS zusätzlichen Kapazitäten insbesondere zur Erhöhung der Betriebsstabilität zu nutzen.

Für die verschiedenen Zuläufe sind die folgenden Mengengerüste im S-Bahn-Verkehr mit Führung über die Stammstrecke unterstellt. Die Auflistung erfolgt nach den heutigen Linienendpunkten:

- Ast nach Herrenberg:
 - 8 Züge/h bis Böblingen
 - Je 30´-Takte mit Linienende in Horb und Herrenberg
 - Jeweils stündlicher Zug mit Linienende in Böblingen, Gärtringen, Herrenberg und Horb
 - Je nach Abschnitt verkehren zwei 30´-Takte beschleunigt
- Ast nach Flughafen/Filderstadt: 15´-Takt bis Neuhausen

-
- Ast nach Plochingen:
 - Jeweils 30´-Takt nach Kirchheim und Metzingen
 - Beschleunigter 30´-Takt bis Geislingen
 - Ast nach Schorndorf:
 - 30´-Takte bis Endersbach und Schorndorf
 - Beschleunigter 30´-Takt bis Schwäbisch Gmünd
 - Ast nach Backnang:
 - 30´-Takt bis Backnang
 - 30´-Takt bis Sulzbach
 - Ast nach Marbach/Backnang:
 - 30´-Takt bis Marbach
 - 30´-Takt bis Backnang
 - Ast nach Bietigheim-Bissingen:
 - 30´-Takt nach Lauffen
 - 30´-Takt nach Mühlacker
 - Ast nach Renningen/Weil der Stadt/Böblingen:
 - 30´-Takt nach Weil der Stadt
 - 30´-Takt nach Böblingen
 - Beschleunigter 30´-Takt nach Calw
 - Beschleunigter 30´-Takt nach Weil der Stadt; Linie verkehrt nicht via Stammstrecke, sondern je nach Konzept von Stuttgart-Feuerbach oder der Ergänzungsstation
 - 15´-Takt Renningen – Böblingen

Von Norden kommend enden in der Stammstrecke sechs 30´-Takte in Stuttgart Schwabstraße und drei 30´-Takte in Stuttgart-Vaihingen.

Für die folgenden beiden Strecken mit ggf. nicht eindeutiger Zuordnung zum System S-Bahn oder zum Regionalverkehr ist das folgende Mengengerüst unterstellt:

- Kornwestheim – Stuttgart-Untertürkheim („Schusterbahn“):
 - 30´-Takt S-Bahn oder Regionalverkehr
 - Stündliche Verlängerung nach Bietigheim und Plochingen
 - Das Mengengerüst bzw. die Durchbindungen der Schusterbahn ergeben sich aus einer Untersuchung des VWI.
- Stuttgart-Feuerbach – Stuttgart-Vaihingen („Panoramabahn“) im Referenzfall:

- 30'-Takt Marbach – Herrenberg – Tübingen
- 30'-Takt Heimerdingen – Dettenhausen
- In den verschiedenen Fällen erfolgt eine Ausweitung des Mengengerüsts mit teilweiser Anpassung der Laufwege.

Das Mengengerüst, die Durchbindungen sowie die Haltepolitik für die „Panoramabahn“ ergeben sich aus der Potentialuntersuchung des VWI zur langfristigen Nutzung der Panoramabahn⁷.

Aus den oben beschriebenen Änderungen ergibt sich ein grundsätzlich neu gestaltetes S-Bahn-Netz. Dieses ist in Abbildung 25 dargestellt:

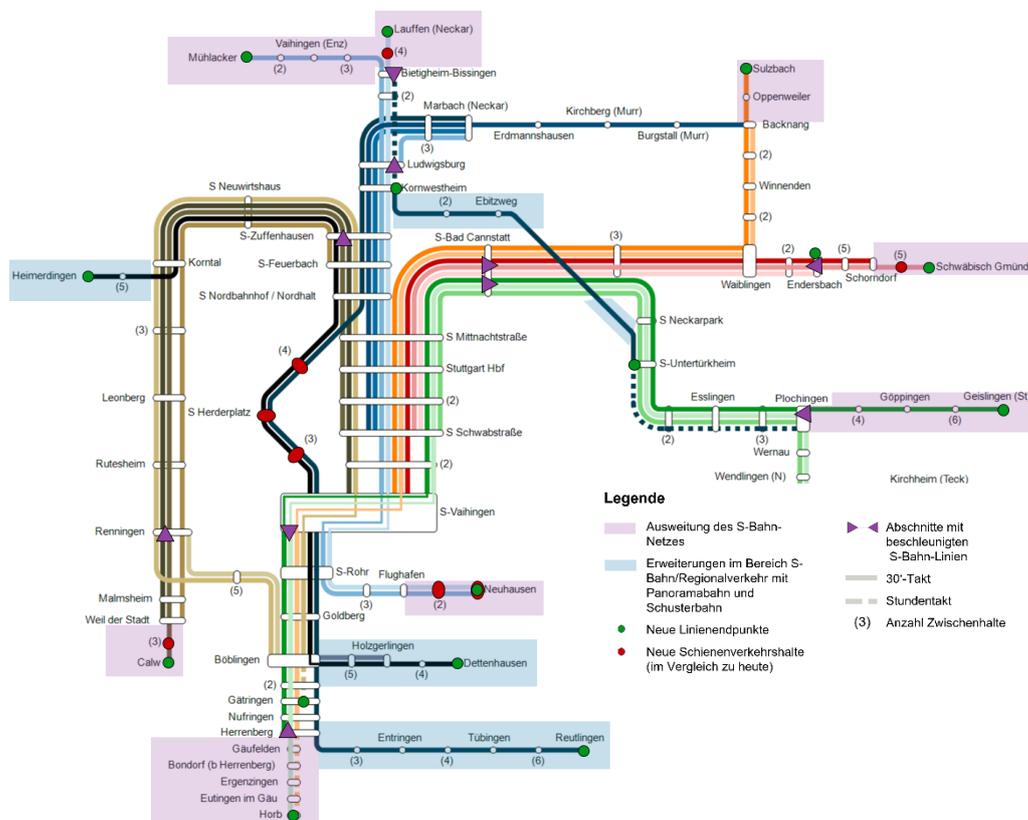


Abbildung 25: Unterstellte Veränderungen im S-Bahn-Netz im Referenzfall

⁷ VWI Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH: Ermittlung der Nachfragepotenziale für eine langfristige Nutzung der Panoramabahn, Stuttgart, September 2022

Wie bereits oben in der Darstellung des Mengengerüsts beschrieben wird auch in Richtung Herrenberg und Schorndorf auf den Mischverkehrsstrecken das Angebot der S-Bahn ausgeweitet. Eine reine Taktverdichtung von den bisher angebotenen 15´-Takten (4 Züge pro Stunde) auf einen 10´-Takt (6 Züge pro Stunde) wird aber nicht umgesetzt. Die noch verbleibenden Lücken würden für den Regional- und Fernverkehr deutlich kleiner und die übrigen Züge wären nur noch mit Fahrzeitverlängerungen konstruierbar. Alternativ wären umfangreiche Ausbauten auf 4 Gleise notwendig.

Es wird jedoch im Bereich der S-Bahn das Angebotskonzept der Express-S-Bahnen eingeführt, die gegenüber dem bisherigen Bedienungsgebiet beschleunigt verkehren und über die bisherigen Endpunkte hinausfahren. So kann die vorhandene Streckenkapazität besser genutzt werden, und die weiter entfernt liegenden neuen S-Bahn-Halte können mit attraktiven Reisezeiten in die Stammstrecke eingebunden werden.

Durch die S-Bahn-ähnlichen Verkehre auf der Schuster- und Panoramabahn sowie die Express-S-Bahnen verschwimmen im erarbeiteten Angebotskonzept die Grenze zwischen der S-Bahn und dem Regionalverkehr. Hier wären im weiteren Verlauf verschiedene organisatorische und technische Fragen zu klären. Entsprechende Punkte sind im Kapitel 14.3 als Vertiefungsbedarf aufgeführt.

Das entstandene und im Vergleich zum Status quo hinsichtlich des Mengengerüsts und des Bedienungsraums stark ausgeweitete S-Bahn-Netz ist dabei nicht als perfektes und abgestimmtes Zielkonzept zu verstehen. Vielmehr soll es eine denkbare Möglichkeit zur Angebotsausweitung im Rahmen der Verkehrswende aufzeigen. Es sind neben dem erarbeiteten Angebotskonzept zahlreiche Veränderungen denkbar, die aufgrund der in Kapitel 1.4 beschriebenen Zustandsneutralität kaum Einfluss auf die Ergebnisse dieser Untersuchung hätten. Der grundsätzliche Weg der Angebotsausdifferenzierung im S-Bahn Bereich erscheint jedoch sehr sinnvoll, um wie oben beschrieben teure Infrastrukturausbauten zu vermeiden, neue Direktverbindungen zu schaffen, die Kapazität der Stammstrecke zu nutzen und gleichzeitig eine ausreichende Kapazität für den Regional- und Fernverkehr anzubieten.

3.4 Infrastrukturgrundlage

3.4.1 Zielfahrplan Deutschlandtakt

Um das in Kapitel 3.3.1 beschriebene Angebotskonzept umsetzen zu können, sind zusätzlich zur heutigen Infrastruktur zahlreiche Ausbaumaßnahmen erforder-

derlich. Dazu zählen bundesweit auch einige Neubaustrecken, um die gewünschten Kantenzeiten zwischen den Knoten zur Optimierung der Umsteigeverbindungen erreichen zu können. Im Bereich von Stuttgart betrifft dies beispielsweise den neuen Nordzulauf sowie den Pfaffensteigtunnel zur Anbindung der Gäubahn an den Flughafen Stuttgart. Eine vollständige Auflistung der Infrastrukturmaßnahmen aus dem Zielfahrplan Deutschlandtakt im erweiterten Untersuchungsgebiet ist in Tabelle 3 zu finden. Die bereits im Deutschlandtakt unterstellten zusätzlichen Halte sind in Kapitel 3.4.2 beziehungsweise Tabelle 4 aufgelistet.

Strecke / Knoten	Maßnahme
Knoten Stuttgart	Projekt Stuttgart 21 (in Bau befindlicher Tiefbahnhof einschließlich der Zulaufstrecken und Maßnahmen wie Nordzulauf, P-Option und Pfaffensteigtunnel, große Wendlinger Kurve)
Stuttgart-Bad Cannstatt	Bau einer Weichenverbindung für eine verbesserte Anbindung des Abstellbahnhofs
Stuttgart – Backnang – Crailsheim	Gleichzeitige Einfahrten in Fichtenberg
Stuttgart – Backnang – Crailsheim	Erhöhung der Einfahrtsgeschwindigkeit in Waiblingen aus Richtung Backnang auf 80 km/h in Waiblingen
Stuttgart – Backnang – Crailsheim	Ermöglichung gleichzeitiger Einfahrten in Sulzbach durch entsprechende technische Umbauten
Stuttgart – Aalen – Crailsheim	Herstellung gleichzeitiger Einfahrten in Ellwangen
Stuttgart – Horb	Zusätzlicher Bahnsteig Stuttgart-Vaihingen (bereits umgesetzt)
Stuttgart – Horb	Bau eines mittigen Wartegleises für den SGV in Richtung Kornwestheim mit 740 Metern Nutzlänge in Böblingen
Stuttgart – Neuhausen	Reaktivierung Filderstadt – Neuhausen (Filder)
Zuffenhausen – Calw	Reaktivierung/Neubau der Strecke Weil der Stadt – Calw inkl. zusätzlicher Bahnsteig in Calw
Herrenberg – Tübingen – Bad Urach	Elektrifizierung Herrenberg – Bad Urach mit Kreuzungsbahnhöfen, Zweigleisigkeiten und sonstigen Maßnahmen
Plochingen – Immendingen	Elektrifizierung Tübingen – Horb
Brötzingen – Hochdorf	Elektrifizierung Hochdorf – Nagold
Eutingen – Hausach	Zugdeckungssignal Hochdorf zum Vereinigen von Zügen

Strecke / Knoten	Maßnahme
Eutingen – Haus-Verlegung Halt Dornstetten (Dornstetten Hesselwiesenstraße) ach	
Tübingen – Sigmaringen	Elektrifizierung Tübingen – Sigmaringen

Tabelle 3: Infrastrukturmaßnahmen über den Status quo hinaus aus dem Zielfahrplan Deutschlandtakt mit Relevanz für die vorliegende Untersuchung.

3.4.2 Zusätzliche Halte

Im Rahmen der Untersuchung zur Infrastrukturdimensionierung sind zusätzlich zum Status Quo weitere Halte in das Angebotskonzept aufgenommen. Die Aufnahme der Halte resultiert aus der Abstimmung mit dem Auftraggeber sowie verschiedenen verkehrlichen Untersuchungen.

Strecke	Ort	In Deutschlandtakt enthalten
Frankenbahn	Gemrigheim	
Frankenbahn	Stuttgart-Feuerbach (Bahnsteige an der Fernbahn)	
Remsbahn	Schwäbisch Gmünd West	
Remsbahn	Schwäbisch Gmünd Ost	x
Remsbahn	Hussenhofen	
Remsbahn	Essingen	
Remsbahn	Aalen West	x
Residenzbahn	Pforzheim Ost	
Panoramabahn	Stuttgart-Österfeld (Bahnsteige an der Panoramabahn)	
Panoramabahn	Stuttgart-Dachswald	
Panoramabahn	Stuttgart West	
Panoramabahn	Stuttgart Herderplatz	
Panoramabahn	Stuttgart Köllestraße	
Panoramabahn	Stuttgart Lenzhalde	
Panoramabahn	Stuttgart Türlenstraße	
Panoramabahn	Stuttgart Heilbronner Straße	
Panoramabahn	Stuttgart Nordhalt	
Filstabahn	Ulm-Jungingen	x

Tabelle 4: Zusätzlich zum Status Quo unterstellte Halte

3.4.3 Leit- und Sicherungstechnik

Bei der Leit- und Sicherungstechnik ist der Umbau zum „Digitalen Knoten Stuttgart“ (DKS) geplant. Dieser ermöglicht nach Aussage der DB AG eine deutliche Verkürzung der Zugfolgezeiten. Diese Zugfolgezeiten sind mit dem Auftraggeber abgestimmt und werden auf weite Teile des zu betrachtenden Netzes übertragen. D.h., dass prinzipiell zumindest bei konstruktivem Bedarf 2 Minuten Zugfolgezeit realisierbar sind. Die damit möglichen Zugfolgezeiten und Planungsparameter sind in Kapitel 3.6 im Detail aufgeführt.

3.4.4 Reaktivierte Strecken

Im erweiterten Untersuchungsbereich sind aktuell verschiedene Strecken in der Diskussion bezüglich einer Reaktivierung. In den verschiedenen Angebotskonzepten abgebildet ist die Strecke Weil der Stadt – Calw („Hermann-Hesse-Bahn“) mit einem 30´-Takt, der in Weil der Stadt in eine Express-S-Bahn-Linie nach Stuttgart übergeht. Zudem ist im Angebotskonzept ab Lauffen auch ein 30´-Takt für die Strecke Lauffen – Zaberfeld („Zabergäubahn“) bis nach Heilbronn enthalten.

Darüber hinaus sind im Verkehrswendeszenario für die Nachfrageberechnung die Reaktivierungen der Bollerbahn (Durchbindung Kirchheim/T – Weilheim (Teck) – Bad Boll – Göppingen als Stadtbahnstrecke im 30´-Takt) und der Bottwartalbahn (Marbach – Beilstein – Heilbronn im 30´-Takt mit Verdichtungen auf einen 15´-Takt) enthalten. Konzeptionell sind diese Strecken nicht von Relevanz für die gewünschten Aussagen in der Untersuchung und somit auch nicht im Angebotskonzept enthalten (vgl. Kapitel 2.3).

3.4.5 Integration der Panoramabahn

Mit der Panoramabahn ist im gesamten hier vorliegenden Bericht der innerstädtische Streckenabschnitt der Gäubahn nördlich von Stuttgart-Vaihingen bis zum Bereich Stuttgart-Nord (Bereich Heilbronner Str./ Abzweig nach Stuttgart-Feuerbach) zu verstehen. Im Auftrag des Verkehrsministeriums Baden-Württemberg erstellte das VWI 2022 die Untersuchung „Ermittlung der Nachfragepotentiale für eine langfristige Nutzung der Panoramabahn“⁸. Im Rahmen dieser Untersu-

⁸ VWI Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH: Ermittlung der Nachfragepotentiale für eine langfristige Nutzung der Panoramabahn, im Auftrag des Verkehrsministeriums Baden-Württemberg, Stuttgart, September 2022

chung wurden verkehrliche Potentiale für verschiedene Durchbindungsmöglichkeiten im Norden (Stuttgart-Feuerbach oder Stuttgart-Bad Cannstatt) und im Süden (Stuttgart-Vaihingen) sowie drei unterschiedlich dichte Haltemuster entlang der Panoramabahn ermittelt. Ein wesentliches Ergebnis der Untersuchung war die Erkenntnis, dass die Panoramabahn nicht vorrangig als Tangentialverbindung zur Umfahrung aufzufassen ist, sondern vielmehr der Erschließung dicht besiedelter Gebiete mit der Schiene dient. Auf Grund der besseren verkehrlichen Wirkungen bei häufigeren Halten gegenüber Expressverbindungen wurde im Ergebnis empfohlen, „erschließende Verkehre mit mittlerer Zuglänge“ über die Panoramabahn zu fahren. Durch nördliche und südliche Weiterführungen ergeben sich verkehrlich sinnvolle Durchbindungen und die Möglichkeit, weitere Linien von Streckenästen, die bislang keine Direktverbindung haben, ins Stadtgebiet Stuttgarts zu führen und so neue umsteigefreie Verbindungen zu schaffen.

Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde im Verlauf der Untersuchung zur Infrastrukturdimensionierung im Bahnknoten Stuttgart vom Auftraggeber festgelegt, dass die Panoramabahn als ergänzender Infrastrukturbaukasten im Kernbereich des Knotens Stuttgart in allen zu untersuchenden Angebotskonzepten als Infrastrukturgrundlage angenommen werden soll. Dabei wird im Norden für den Referenzfall zunächst nur die Anbindung nach Stuttgart-Feuerbach berücksichtigt. Im weiteren untersuchten Zustand Ergänzungsstation wird zusätzlich eine Anbindung Richtung Hauptbahnhof berücksichtigt und im Zustand T-Spange + Nordkreuz eine Anbindung Richtung Stuttgart-Bad Cannstatt.

Für die Anbindung nach Stuttgart-Feuerbach wurde fahrplanbasiert abgeleitet und anschließend in Abstimmung mit dem Auftraggeber festgelegt, dass diese höhenfrei in die S-Bahn-Gleise und nicht über die P-Option in die Fernbahngleise erfolgt. Aufgrund der verkehrlichen Empfehlung für eine S-Bahn-ähnliche Bedienung entlang der Panoramabahn sollte zum Zweck einer homogenen Haltepolitik, einheitlicher Produktklassifizierung und einem klar strukturierten Linienetz eine möglichst vergleichbare Fortführung auf den Außenästen angestrebt werden.

Diese verkehrliche Empfehlung wird durch betrieblich konzeptionelle Argumente bestärkt. So ist die verkehrlich sinnvolle Anbindung der Strohgäubahn (Kornthal – Heimerdingen) nur über die S-Bahn-Gleise und nicht über die Fernbahngleise realisierbar. Zudem harmonisieren die auf der Panoramabahn gewünschten 30´-Takte besser mit den freien Kapazitäten auf den S-Bahn-Gleisen, die konsequent im 30´-Takt vorhanden sind, als mit den Trassen auf der Fernbahn. Zwar sind dort auch zum Teil 30´-Takte vorhanden, oft sind aber auch 60´-Takte umgesetzt. Da sich zudem die Züge der Stammstrecke auf die Äste nach Stuttgart-Bad Cannstatt und Stuttgart-Zuffenhausen aufteilen, ist die Belastung auf diesen

beiden Ästen immer geringer als auf der Stammstrecke. Sofern auf diesen beiden Ästen die gleiche Zugfolgezeit wie auf der Stammstrecke vorhanden ist, ist bei einer etwa Gleichverteilung der Züge nach Zuffenhausen und Stuttgart-Bad Cannstatt etwa die Hälfte der Kapazität nicht mit S-Bahnen von der Stammstrecke belegt. Die Züge der Panoramabahn können in den Schattentrassen der S-Bahnen nach Stuttgart-Bad Cannstatt verkehren. Die Anbindung an die S-Bahngleise ist bei der Betrachtung des Störfalls der S-Bahn-Stammstrecke die leistungsfähigere Variante und ermöglicht die Nutzung der Panoramabahn als „zweite Stammstrecke“ mit einer guten Feinverteilung der Nachfrage.

3.4.6 Vorgehen zum Ableiten weiterer Infrastruktur

Bei der Ausarbeitung der Angebotskonzepte hat sich gezeigt, dass mit den abgestimmten Randbedingungen auch ohne die zu untersuchenden großen Infrastrukturmaßnahmen Ergänzungsstation und T-Spange + Nordkreuz der Kernbereich nicht das limitierende Element ist, sondern Engpässe auf den Zulaufstrecken verhindern, dass zusätzliche Züge in den Kernbereich geführt werden können. Um weitere Züge nach Stuttgart zu ermöglichen, sind verschiedene Maßnahmen unterstellt worden. Einerseits erfolgte insbesondere im Bereich der S-Bahn eine Anpassung des Angebotskonzepts, um die vorhandene Kapazität besser zu nutzen und sehr teure Ausbauten mit zusätzlichen Gleisen auf den Zuläufen einzusparen, andererseits ist auch im großen Umfang zusätzliche Infrastruktur erforderlich. Für die Ableitung der zusätzlichen Infrastruktur sind prinzipiell keine Vorgaben vorhanden, sie erfolgt aber so, dass möglichst effizient mehr Kapazität zur Verfügung gestellt werden kann. So sind zwar mehrere teure Überwerfungsbauwerke (z.B. Bietigheim) abgeleitet, auf die besonders teuren Ausbauten z.B. von Waiblingen bis Schorndorf mit 4 Gleisen kann aber verzichtet werden. Die abgeleiteten Maßnahmen werden alle in einer Liste aufgeführt (siehe Kapitel 13).

3.5 Untersuchungsgegenstand: Infrastruktur im Kernbereich

3.5.1 Ergänzungsstation

Eine der möglichen großen Ergänzungen im Kernbereich des Knotens Stuttgart ist die Ergänzungsstation im Bereich von Stuttgart Hbf. Ausgangspunkt der vorliegenden Untersuchung ist die folgende Topologieskizze:

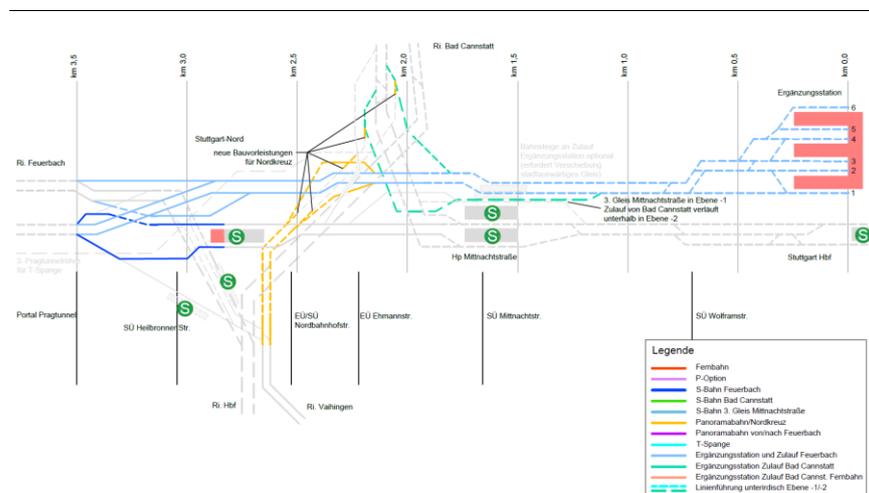


Abbildung 26 Ausgangslage Ergänzungsstation

Die Ergänzungsstation selbst ist als 6-gleisiger Kopfbahnhof unterstellt. Die Länge der Bahnsteige war zunächst offen. Im Kapitel 5.5 und 7.5 wird näher darauf eingegangen. Es sind Anbindungen in Richtung Stuttgart-Feuerbach, Stuttgart-Bad Cannstatt und an die Strecke in Richtung Stuttgart-Vaihingen („Panoramabahn“) vorgesehen. Die optimale Ausgestaltung der Anbindungen wird in Kapitel 8.1 thematisiert. Beide Themenbereiche sind ein zentrales Ergebnis der Untersuchung.

3.5.2 T-Spange + Nordkreuz

Die alternativ zu betrachtende große Infrastrukturergänzung im Kernbereich ist die T-Spange. Diese ist ursprünglich für die S-Bahn geplant und verbindet die beiden S-Bahn-Äste von Stuttgart-Feuerbach und Stuttgart-Bad Cannstatt unter Umgehung von Stuttgart Hbf. Ergänzt wird diese Infrastruktur um das Nordkreuz, durch welches die Panoramabahn an die S-Bahn nach Stuttgart-Bad Cannstatt angebunden ist. Die Verbindung der Panoramabahn nach Stuttgart-Feuerbach wird in dieser Untersuchung nicht als Teil des Nordkreuzes definiert und ist damit auch nicht Teil des Infrastrukturbausteins T-Spange + Nordkreuz (siehe Kapitel 3.4.5). Vielmehr wird die leistungsstarke, höhengleiche Anbindung der Panoramabahn nach Stuttgart-Feuerbach bereits im Referenzfall unterstellt. Ziel war es, die zusätzlichen verkehrlichen Wirkungen der ergänzten Verbindung Panoramabahn – Stuttgart-Bad Cannstatt im Szenario T-Spange + Nordkreuz ermitteln zu können.

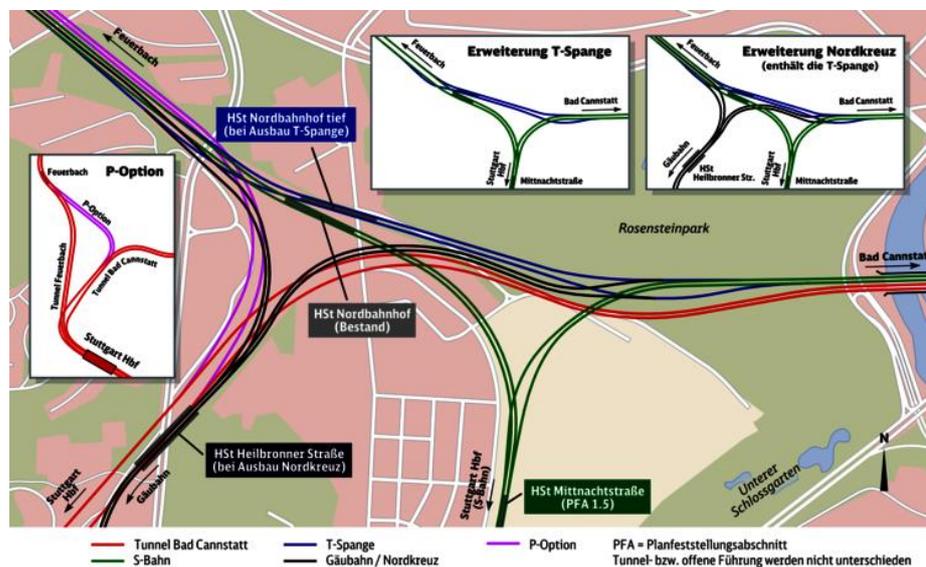


Abbildung 27 Ausgangslage Infrastruktur für das Nordkreuz und die T-Spange

Die optimale Ausgestaltung der Maßnahme T-Spange + Nordkreuz wird in Kapitel 5.6 dargestellt und ist ein zentrales Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen.

3.6 Planungsparameter

Für die Leit- und Sicherungstechnik wird der DKS unterstellt. Dies ermöglicht gemäß den Abstimmungen mit der DB AG die folgenden Planungsparameter inklusive der vorgeschriebenen Pufferzeit von einer Minute:

Parameter	betrieblicher Wert [min]
Zugfolgezeit Strecke (Fern- und Regionalverkehr)	2,0 (im Filderbereich bei inhomogener Zugfolge 3,0)
Zugfolgezeit Stuttgart Hbf in den Bahnhofsköpfen bei kreuzenden Fahrstraßen	2,0
Wiederbelegungszeit am Bahnsteig (Fern- und Regionalverkehr)	2,0
Zugfolgezeit am Bahnsteig (S-Bahn)	2,0
Wendezeit	6,0
Trennzeit bei Zügen in entgegengesetzter Richtung mit konfliktbehafteten Fahrstraßen: beide Züge in Fahrt / zweiter Zug steht	2,0 / 1,0
Abschlussdienst (Fernverkehr/Nahverkehr) in Stuttgart Hbf	6,0/4,0

Tabelle 5: Unterstellte Planungsparameter nach Abstimmung mit der DB AG

Gemäß Aussage der DB Netz AG setzen sich im Fernbahnbereich die 2 Minuten Zugfolgezeit aus einer Minute technischer Zugfolgezeit sowie einer Minute Pufferzeit zusammen.

4 Randbedingungen bei Projektstart

Für zahlreiche Randbedingungen für die Untersuchungen erfolgte zu Beginn der Untersuchung Festlegungen (siehe auch Kapitel 3). Durch verschiedene politische Entwicklungen und Erkenntnisse infolge der Untersuchung erfolgten bei den im Folgenden aufgelisteten Randbedingungen Änderungen.

4.1 Zuglänge

Ausgangspunkt für die Untersuchung war eine Zuglänge im Regionalverkehr von prinzipiell 212 Meter langen Zügen (Doppeltraktion) bzw. eine Ziellängelänge von 215 Meter. Da damit Überlastungen in den Zuläufen auftraten, erfolgte nach Möglichkeit eine Verlängerung auf 318 Meter lange Züge (Dreifach-Traktion). Dies ermöglicht auf stark nachgefragten Zuläufen einen Ausbau des Sitzplatzangebotes ohne ein Mehrangebot an Zügen, um so Engpässe zu vermeiden. Gleichzeitig wird schonend mit den Trassen im engeren Zulauf umgegangen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass mit diesem Ansatz zahlreiche Bahnsteige, die in den letzten Jahren auf eine Ziellänge von 210 Meter ausgerichtet wurden, verlängert werden müssen. Nachteilig auf die Nutzung der Kapazität von Stuttgart Hbf hat sich zudem der damit verbundene Ausschluss von Doppelbelegungen ausgewirkt.

Aus diesen Gründen wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber entsprechend der Auflistung in Kapitel 3.2.2 entschieden, bei allen MEX-Zügen lediglich eine Doppeltraktion (212 Meter) zu unterstellen und auf besonders nachgefragten Korridoren IRE in Vierfachtraktion (424 Meter) mit entsprechend langen Bahnsteigen (Ziellängelänge von 425 Meter) zu unterstellen. Betroffen hiervon sind die Äste nach Heilbronn, Karlsruhe (via Bruchsal und Pforzheim), Ulm (via Filstal) und Tübingen (via Flughafen). Da die IRE-Züge nur ausgewählte Halte bedienen, ist der Ausbaubedarf vergleichsweise gering und die zum Teil vorhandenen langen Bahnsteige an wichtigen Halten können optimal genutzt werden.

4.2 Zugfolgezeit

Die ersten Angebotskonzepte sind im Fernbahnbereich mit einer Zugfolgezeit von 2,5 Minuten und einer Wiederbelegungszeit am Bahnsteig in Stuttgart Hbf von 1,5 Minuten erarbeitet worden. Nach der Abstimmung und Festlegung mit der DB AG erfolgte eine Anpassung der Planungsparameter zu den in Kapitel 3.6 genannten Werten. Die Auswirkungen auf die Angebotskonzepte waren geringer als erwartet, da sich die Auswirkungen (geringere Zugfolgezeit und höhere Wiederbelegung) in etwa ausgleichen.

Eine Zugfolge angelehnt an den Inbetriebnahmefahrplan von Stuttgart 21, also Zugfolgezeiten von mehr als 2,5 Minuten, entspricht nicht der Zielstellung des DKS-Baustein 3 inkl. der zusätzlichen Innovations-Features. Diese Prämisse wurde somit verworfen.

Die sehr kurze Zugfolgezeit auf der S-Bahn-Stammstrecke mit einer stündlichen Belastung von 36 Zügen wurde diskutiert, aber wegen der hohen infrastrukturellen Anforderungen an die Stammstrecke (auch „landseitig“ bezüglich der Zu- und Abgänge der Haltestellen), den Fahrgastwechselzeiten und in den Außenbereichen sowie in Hinblick auf den Aspekt Betriebsqualität in Abstimmung mit dem Auftraggeber als vorerst nicht umgesetzt betrachtet.

4.3 Stuttgart-Kirchheim-Express

Die Idee des Stuttgart-Kirchheim-Express (StuKiX) via Flughafen über eine neu zu bauende Verbindungsstrecke zwischen der NBS Wendlingen-Ulm und der Teckbahn war ein Ergebnis einer Untersuchung zur Verknüpfung der Filderebene mit dem Neckartal im Auftrag des Verbands Region Stuttgart (VRS).⁹ Auf Grund der im Verkehrswendeszenario erwarteten hohen Nachfrage insbesondere auf Linien über die große Wendlinger Kurve zeigt sich, dass Trassenkapazitäten im Fildertunnel für zusätzliche Verstärkerfahrten dieser Linie benötigt werden und somit in direkter Konkurrenz zum Stuttgart-Kirchheim-Express via Flughafen stehen.

Aus diesem Grund wurde in den ersten erarbeiteten Angebotskonzepten diese Linie zur besseren Nutzung der vorhandenen Kapazitäten im 30´-Takt über Plochingen geführt. Da jedoch aus dem politischen Raum eine Führung via Flughafen gefordert wird, erfolgte eine Neukonzeption mit der stündlichen Führung über den Flughafen. Wegen der Kapazität im Bereich des Fildertunnels ist hier keine Führung im 30´-Takt vorgesehen. Letztendlich unterstellt ist in den endgültigen Angebotskonzepten eine jeweils stündliche Führung via Flughafen und Plochingen. Damit ist es auch möglich, den StuKiX via Flughafen mit dem StuKiX via Plochingen hinsichtlich der jeweiligen verkehrlichen Wirkungen direkt miteinander zu vergleichen und somit wertvolle Erkenntnisse für die weiteren Diskussionen zum Projekt StuKiX zu erlangen.

⁹ VWI Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH und DB Engineering & Consulting GmbH Part of DB E.C.O. Group: S-Bahn von der Filderebene ins Neckartal – Abschätzung der Wirtschaftlichkeit, Stuttgart / Karlsruhe, Januar 2022

4.4 Strecke Stuttgart-Vaihingen – Stuttgart Nordhalt („Panoramabahn“)

In den anfänglich untersuchten Angebotskonzepten war für die Bedienung der Panoramabahn lediglich die stündliche Regionalverkehrslinie von Horb bis zum Nordhalt ohne Zwischenhalte ab Stuttgart-Vaihingen vorgesehen. Die vom VWI berechnete Potentialuntersuchung für die langfristige Nutzung der Panoramabahn kam im Sommer 2022 zum Ergebnis, dass die Panoramabahn in Zukunft als hervorragende Ergänzung des Schienennetzes in Stuttgart dienen kann und dabei nicht in Konkurrenz zu anderen Infrastrukturvorhaben im Bahnknoten Stuttgart steht. Dabei ist die Panoramabahn nicht vorrangig als Tangentialverbindung aufzufassen, sondern dient vor allem der Erschließung dicht besiedelter Gebiete mit der Schiene und ermöglicht die Weiterführungen von zusätzlichen Linien ins Stadtgebiet und die Durchbindung über das Stadtgebiet hinaus, wodurch attraktive neue umsteigefreie Verbindungen geschaffen werden. Diese Ergebnisse ergaben den Anlass die anfänglichen Angebotskonzepte, ohne über den Nordhalt nach Norden hinaus durchgebundene Linien der Panoramabahn, zu überarbeiten. In der Folge wurde die Verbindung der Panoramabahn nach Stuttgart-Feuerbach auf Wunsch des Auftraggebers als fester Bestandteil des Referenzfalls angesetzt, sodass dieses Infrastrukturelement bei der verkehrlichen Bewertung nicht mehr Bestandteil des Mitfalls (T-Spange + Nordkreuz) ist, sondern zustandsneutral bereits Teil des Referenzfalls ist. Dadurch kann die infrastrukturell deutlich aufwändigere Anbindung der Panoramabahn nach Stuttgart-Bad Cannstatt losgelöst bewertet werden. Die Anbindung der Panoramabahn nach Stuttgart-Feuerbach ist unabhängig von der Frage hinsichtlich Ergänzungsstation oder T-Spange + Nordkreuz verkehrlich sehr attraktiv ist.

Die gewählten Durchbindungen der Linien der Panoramabahn über Stuttgart-Feuerbach im Referenzfall sind nur eine von vielen denkbaren und sinnvollen Angebotsvarianten. Für die verkehrliche Bewertung der zusätzlichen Infrastruktur im Kernbereich des Knotens, ist diese Wahl allerdings nicht relevant, da sie für diese Fragestellung zustandsneutral ist.

5 Angebotskonzepte Regelbetrieb

5.1 Allgemeines

Wie bereits in Kapitel 1.3 erwähnt, erfolgte bei der Ausarbeitung der Angebotskonzepte ein iteratives Vorgehen zwischen der Erarbeitung der Angebotskonzepte (SMA) und der verkehrlichen Bewertung (VWI). Die Angebotskonzepte im Regelbetrieb beruhen auf einem Grundangebot (siehe Kapitel 5.2), das in allen Zuständen unverändert bleibt. Je nach Infrastrukturzustand werden zusätzlich einige Verkehre verändert und modifiziert. Diese werden im Folgenden als infrastrukturabhängiges Angebot (siehe Kapitel 5.3) bezeichnet. Das Grundangebot bzw. das Streben nach möglichst wenig Veränderungen dient dabei einer klaren Zuordnung von verkehrlichen Effekten zu den verschiedenen Infrastrukturzuständen. Mehrere kleine Veränderungen zwischen den verschiedenen Fällen sind dabei aufgrund der unterschiedlichen Infrastruktur unumgänglich. Das infrastrukturabhängige Angebot umfasst Linien, die im Referenzfall in der Regel bereits im Zulauf auf Stuttgart enden müssen und im Zustand mit Ergänzungsstation und T-Spange jeweils über diese Infrastruktur ins Zentrum geführt werden. Die Details der jeweiligen Angebotskonzepte im infrastrukturabhängigen Angebot sind in den Kapiteln 5.2 bis 5.6 beschrieben. Alle Netzgrafiken, Bildfahrpläne sowie einige Gleisbelegungen zu den Angebotskonzepten im Regelbetrieb sind dabei auch in den Anhängen 2 bis 4 zu finden.

5.1.1 Fernverkehr

Das Angebotskonzept im Fernverkehr wurde für das Infrastrukturdimensionierungskonzept aus dem Deutschlandtakt übernommen. Auf der Murrbahn ist dabei auf Wunsch des Landes ein modifiziertes Angebotskonzept berücksichtigt. Wegen im Vergleich zum Deutschlandtakt geänderter Planungsparameter ergeben sich im Kernbereich bei einzelnen Zügen und insbesondere bei den endenden Fernverkehrslinien leicht geänderte Fahrlagen im Vergleich zum Deutschlandtakt.

Für den Fernverkehr ist angenommen, dass sämtliche Fernzüge mit einer Länge von 400 Metern verkehren. Zur Vermeidung der dafür notwendigen Infrastruktur wurde lediglich entschieden, beim FR Zürich – Stuttgart eine Länge von 320 Metern anzunehmen.

5.1.2 Regional- und FR-Verkehre

Für den Regionalverkehr ist zunächst auch das Angebotskonzept des Deutschlandtaktes übernommen. Mit den Festlegungen aus Kapitel 3.3.2 ergeben sich hier aber zahlreiche Änderungen. Zudem bestehen hohe Wechselwirkungen mit der S-Bahn, deren Angebotskonzept grundlegend angepasst wird (siehe folgendes Kapitel). Somit sind beim Regionalverkehr gegenüber der Ausgangslage tiefgreifende Änderungen erforderlich. Im Zusammenhang mit der S-Bahn wurde iterativ ein Gesamtkonzept für die Zulaufstrecken mit der Herstellung von Durchbindungen unter Beachtung von verkehrlichen und konzeptionellen Wünschen und Randbedingungen sowie infrastruktureller Möglichkeiten erarbeitet. Wie bereits im Kapitel 4.1 erwähnt, wurden im Regionalverkehr zwei unterschiedliche Zuglängen unterstellt. Zum einen der MEX-Bereich mit bis zu 212 Meter langen Zügen sowie der Bereich der IRE-Züge mit einer Länge von 424 m. Die MEX- und IRE-Züge sind in Abbildung 28 als Liniennetz dargestellt. In den Außenbereichen (z.B. Hochdorf, Sigmaringen, Donauwörth) können in der Abbildung Konzepte oder Durchbindungen enthalten sein, die nicht mehr oder nicht in der dargestellten Form den Planungen des Landes entsprechen. Im Hinblick auf die Fragestellung ist dies jedoch nicht weiter erheblich, da die Konzepte in allen Zuständen gleich abgebildet sind.

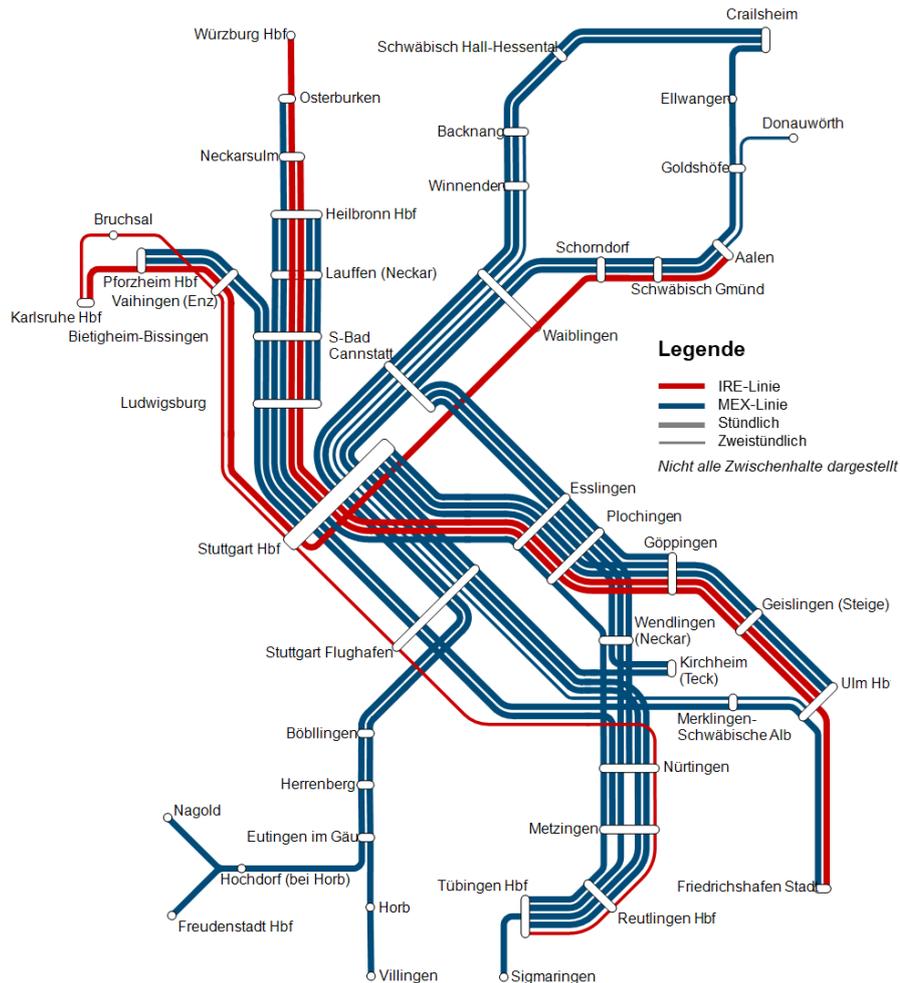


Abbildung 28: Unterstelltes Liniennetz der MEX- und IRE-Verkehre im Referenzfall

5.1.3 S-Bahn Stuttgart

Entsprechend der in Kapitel 3.3.3 beschriebenen Festlegungen zum Mengengerüst werden bei der S-Bahn Stuttgart 30 Züge/h auf der S-Bahn-Stammstrecke unterstellt. Die S-Bahn-ähnlichen Produkte der Schuster- und Panoramabahn sind ebenfalls ins Liniennetz der S-Bahn integriert. Die Mehrungen im Kernbereich führen im Zusammenhang mit den konzeptionellen Änderungen zu Ausweitungen des Angebots auf zahlreichen Abschnitten des Bestandsnetzes. Wie ebenfalls in Kapitel 3.3.3 detailliert beschrieben, wurde neben Angebotsverdichtungen innerhalb des heutigen Netzes das S-Bahn-Netz weiter ins Umland aus-

geweitet und um Express-S-Bahnen ergänzt. Dabei wurden entsprechend Kapitel 3.4.2 auch zusätzliche Halte berücksichtigt. Die S-Bahn ist dabei Teil des Grundangebots, welches im folgenden Kapitel beschrieben wird.

5.2 Grundangebot

Neben der Klassifizierung nach unterschiedlichen Produkten lassen sich die Züge in der Untersuchung in ein Grundangebot und ein infrastrukturabhängiges Angebot aufteilen. Das Grundangebot besteht aus Zügen der Produktkategorien Fernverkehr (FV), IRE und FR, MEX, und HVZ-Zug und S-Bahn, welche über die S-Bahn-Stammstrecke oder Stuttgart Hbf geführt werden. Lediglich im Referenzfall werden 1,5 HVZ-Züge/h aus dem infrastrukturabhängigen Angebot als zusätzliche kommerzielle Ankünfte über Stuttgart Hbf geführt. Im Zustand mit Ergänzungsstation sowie weitestgehend auch im Zustand mit T-Spange + Nordkreuz besteht das Angebot in Stuttgart Hbf aus dem Grundangebot. Hier wird ein stündlicher MEX-Zug zur besseren Ausnutzung der Kapazitäten über die T-Spange geführt und durch einen zweistündlichen HVZ-Zug via Stuttgart Hbf ersetzt. Die Fahrlagen der Züge sind beim Grundangebot in allen Infrastrukturzuständen sehr ähnlich. Es gibt lediglich Anpassungen im Bereich von 1 bis 2 Minuten zur Herstellung der Kompatibilität mit dem infrastrukturabhängigen Angebot. Mit diesem Grundangebot lassen sich die verkehrlichen Ziele des Landes bereits weitestgehend erreichen und die Auslastungsprobleme lösen.

Im Grundangebot sind 118 kommerzielle Ankünfte/h über alle Bereiche in Stuttgart Hbf enthalten. Davon verkehren 60 Züge über den S-Bahn-Bahnhof. Hinzu kommen 2 Leerfahrten pro Stunde von Untertürkheim nach Stuttgart Hbf. Hierdurch entsteht eine Gesamtmenge von 60 Züge pro Stunde beziehungsweise durchschnittlich von 7,5 Züge pro Gleis und Stunde in Stuttgart Hbf (Fernbahnhof). Um diese hohen Zugzahlen zu erreichen, sind im Regionalverkehr Doppelbelegungen unterstellt, welche auch in den Gleisbelegungen in den Anhängen 2 bis 4 zu sehen sind. Die folgende Tabelle zeigt eine Auflistung des Grundangebots nach Zulaufstrecke und Produktkategorie sowie die Summen für die 4 direkten Zuläufe.

Zulaufstrecke	FV [Züge/h]	FR/IRE [Züge/h]	MEX [Züge/h]	HVZ-Züge [Züge/h]	S-Bahn [Züge/h]	Summe [Züge/h]
Böblingen	0	1	2	2,5	0	5,5
Tübingen / Kirchheim (Teck) (StuKiX) via Flughafen	0,5	0,5	4	1,5	0	6,5
Ulm via Flughafen (HGV-Strecke)	3,5	0	1,5	1	0	6
<i>Zwischensumme von Osten via Fildertunnel</i>	<i>4</i>	<i>1,5</i>	<i>7,5</i>	<i>5</i>	<i>0</i>	<i>18</i>

Zulaufstrecke	FV [Züge/h]	FR/IRE [Züge/h]	MEX [Züge/h]	HVZ-Züge [Züge/h]	S-Bahn [Züge/h]	Summe [Züge/h]
Tübingen / Kirchheim (Teck) (StuKiX) via Plochingen	0	0	2	0,5	0	2,5
Göppingen/Ulm via Plochingen	0,5	2	2	1	0	5,5
Schorndorf/Aalen (via IR-Kurve)	0	2	0	0	0	2
<i>Zwischensumme von Osten via Abzweig Wangen</i>	<i>0,5</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>1,5</i>	<i>0</i>	<i>10</i>
Murrhardt/SHA-Hessental	0	1	2,5	1,5	0	5
Schorndorf/Aalen (via Stuttgart-Bad Cannstatt)	0	0	2	1	0	3
Heilbronn (via P-Option)	0	0	0	2,5	0	2,5
Pforzheim/Karlsruhe via Bietigheim-Bissingen und P-Option	0	0	1	1	0	2
<i>Zwischensumme von Westen via Stuttgart-Bad Cannstatt / P-Option</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>5,5</i>	<i>6</i>	<i>0</i>	<i>12,5</i>
Heilbronn via Tunnel Stuttgart-Feuerbach	0	2	2	0	0	4
Pforzheim/Karlsruhe via Bietigheim-Bissingen und Tunnel Stuttgart-Feuerbach	0	0	1	0	0	1
Pforzheim/Karlsruhe via HGV-Strecke	0	2	0	4	0	6
HGV-Strecke Stuttgart – Mannheim	6	0,5	0	0	0	6,5
<i>Zwischensumme von Westen via Tunnel Stuttgart-Feuerbach / Neuer Nordzulauf</i>	<i>6</i>	<i>4,5</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>0</i>	<i>17,5</i>
Summe Stuttgart Hbf (Fernbahnhof)	10,5	11	20	16,5	0	58
Stuttgart-Feuerbach	0	0	0	0	14	14
Stuttgart Bad-Cannstatt	0	0	0	0	16	16
<i>Zwischensumme von Norden</i>	0	0	0	0	30	30
Stuttgart-Schwabstraße (beginnend)	0	0	0	0	10	10
Stuttgart-Vaihingen	0	0	0	0	20	20
<i>Zwischensumme von Süden</i>	0	0	0	0	30	30
Summe Stuttgart Hbf (S-Bahn-Stammstrecke)	0	0	0	0	60	60
Gesamtsumme Stuttgart Hbf	14,5	7	20	16,5	60	118

Tabelle 6: Kommerzielle Ankünfte/h in Stuttgarter Hbf

Die für die beschriebenen, zusätzlich zum Deutschlandtakt unterstellten und eingeplanten Verkehre notwendige Infrastruktur wurde dabei iterativ im Zuge der Angebotsplanung abgeleitet. Die Details hierzu sind in Kapitel 13 aufgeführt. Durch die Anpassung der Zugfolgezeit auf 2,0 Minuten (siehe Kapitel 3.6) im

Rahmen der hier durchgeführten Untersuchungen sind aber zahlreiche geringe Anpassungen bei den Trassen des Deutschlandtaktes notwendig. Erst diese Anpassungen ermöglichen die sinnvolle Integration der zusätzlichen Züge und eine hohe Ausnutzung der vorhandenen Kapazität.

5.3 Infrastrukturabhängiges Angebot

Das infrastrukturabhängige Angebot zusätzlich zum Grundangebot besteht aus den Produkten MEX, HVZ-Zug und S-Bahn. Es gibt dabei keine Halte, welche ausschließlich durch das infrastrukturabhängige Angebot bedient werden. Zwischen den verschiedenen Zuständen wurde angestrebt eine möglichst hohe Übereinstimmung bei diesem zusätzlichen Angebot zu erreichen. Dies gilt für das Mengengerüst, die Halte und den Laufweg außerhalb des Kerns. Dadurch soll erreicht werden, dass in den verkehrlichen Auswertungen für die verschiedenen Infrastrukturzustände der Nutzen möglichst klar der geänderten Infrastrukturkonfiguration und nicht dem außerhalb des Kerns stark abweichenden Angebot zugeordnet werden kann. Die exakten Fahrlagen des infrastrukturabhängigen Mengengerüsts und die Führung im Kern ändern sich jedoch je nach Infrastrukturzustand. Hieraus resultieren auch abhängig vom Infrastrukturzustand oft auch andere Durchbindungen.

Das infrastrukturabhängige Angebot setzt sich aus 18 kommerziellen Ankünften/h im Kernbereich des Knotens mit den aufgeführten Startpunkten zusammen:

Startpunkt	MEX [Züge/h]	HVZ-Züge [Züge/h]	S-Bahn [Züge/h]	Summe [Züge/h]
Weil der Stadt	0	0	2	2
Marbach (Neckar)	0	0	2	2
Stuttgart-Vaihingen / Dettenhausen (abhängig vom Infrastrukturzustand)	0	0	2	2
Heilbronn Hbf	2	1	0	3
Göppingen	1	0	0	1
Tübingen	1	0	0	1
Nürtingen	1	0	0	1
Backnang	0	1	0	1
Winnenden	0	1	0	1
Plochingen	0	2,5	0	2,5
Göppingen	0	1	0	1

Startpunkt	MEX [Züge/h]	HVZ-Züge [Züge/h]	S-Bahn [Züge/h]	Summe [Züge/h]
Lauffen (Neckar)	0	0,5	0	0,5
Summe	5	7	6	18

Tabelle 7: Auflistung kommerzielle Ankünfte des infrastrukturabhängigen Angebots im Kernbereich des Knotens

Je nach Infrastrukturzustand wird das infrastrukturabhängige Angebot modifiziert. Die Unterschiede oder Anpassungen je nach Infrastrukturzustand sind in den folgenden Kapiteln beschrieben.

5.4 Referenzfall

Das Grundangebot wird im Referenzfall vollumfänglich angeboten. Zusätzlich wird versucht so viele Züge bzw. Laufwege des infrastrukturabhängigen Angebots wie möglich anzubieten, auch wenn im Kernbereich keine Zusatzinfrastruktur zur Verfügung steht. Damit sind auch Teillaufwege und gebrochene Zugläufe im Angebotskonzept enthalten. Wie bereits in Kapitel 5.2 erwähnt, können 1,5 HVZ-Züge pro Stunde nach Stuttgart Hbf geführt werden. In Summe sind somit 59,5 kommerzielle Ankünfte/h für Stuttgart Hbf eingeplant. Die restlichen Züge des infrastrukturabhängigen Angebots enden in Stuttgart-Bad Cannstatt und Ludwigsburg.

In Stuttgart-Bad Cannstatt besteht der Fernbahnbereich, in dem die Züge des infrastrukturabhängigen Angebots wenden müssen, aus vier Bahnsteiggleisen (Gleise 5 bis 8). Um eine hohe Kapazitätsminderung und Fahrstraßenkonflikte möglichst zu vermeiden, nutzen die Züge von/nach Stuttgart Hbf die äußeren Gleise (Gleis 5 und 8) des Fernbahnteils, während die mittleren Gleise (Gleis 6 und 7) als Wendegleise dienen.

Deutlich anspruchsvoller für wendende Züge ist der Bahnhof Ludwigsburg. In der Mitte des Bahnhofs auf den Gleisen 2 und 3 verkehren die S-Bahn-Züge. Der Regionalverkehr wird über die Gleise 1 in Richtung Norden und 4 oder 5 in Richtung Süden geführt. Endende Züge des infrastrukturabhängigen Angebots müssen bei einer Bahnsteigwende in Ludwigsburg entweder beim Enden oder Beginnen die innenliegenden S-Bahn-Gleise im Bahnhofsbereich oder auf der Strecke in Richtung Bietigheim kreuzen (hierfür müssten noch Weichen eingebaut werden) und je nach infrastruktureller Lösung auch einen gewissen Abschnitt im Gegengleis fahren. Alle Lösungen mit einer Bahnsteigwende sind betrieblich und kapazitiv nachteilig. Deswegen ist eine Lösung mit einer Wendeanlage im Nordbereich des Rangierbahnhofs Kornwestheim abgeleitet. Die Gleise

dieser Wendeanlage sind jeweils niveaufrei an die äußeren Fernbahngleise des Bahnhofs Ludwigsburg angebunden.

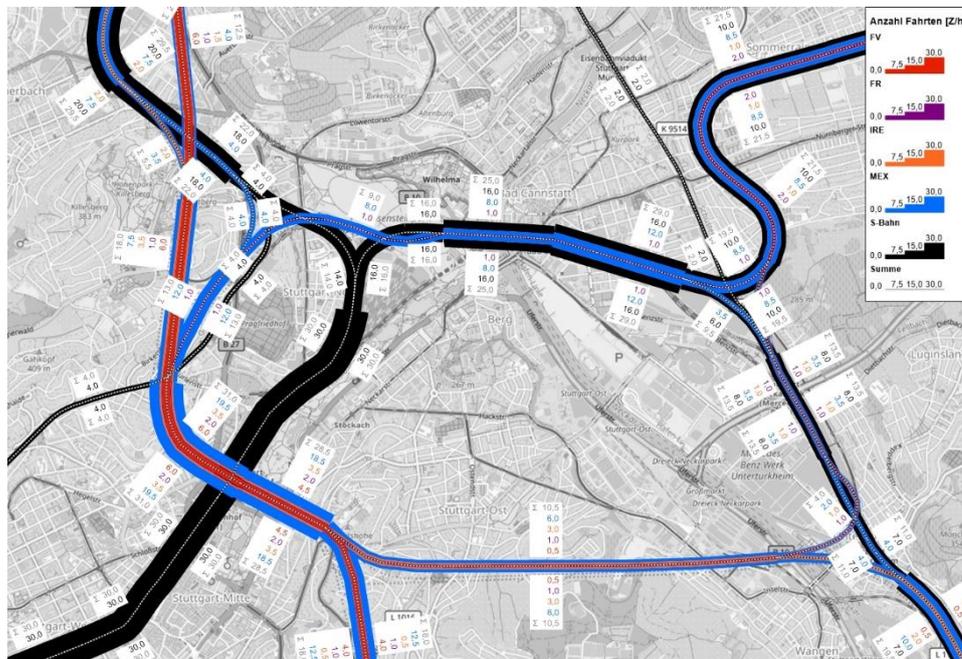


Abbildung 29: Zugzahlen im Kernbereich des Knotens Stuttgart im Referenzfall

5.5 Ergänzungsstation

Im Zustand mit Ergänzungsstation steht im Kern des Knotens Stuttgart zusätzliche Infrastruktur zur Verfügung. Das infrastrukturabhängige Angebot wird in vollem Umfang zur Ergänzungsstation geführt. In Summe sind für den Tiefbahnhof und die Ergänzungsstation somit 76 kommerziellen Ankünften/h eingeplant. Um möglichst viele Züge zur Ergänzungsstation führen zu können und auf den übrigen Strecken keine Kapazität zu verlieren, sind niveaufreie zweigleisige Anbindung an die Fernbahn in Richtung Stuttgart-Feuerbach sowie auch in Richtung Stuttgart-Bad Cannstatt zwingend erforderlich (zur Anbindung nach Stuttgart-Bad Cannstatt siehe auch Kapitel 8.1). Zusätzlich zu diesen Anbindungen ist eine an beiden Enden niveaufrei ausgestaltete zweigleisige Anbindung an die S-Bahn in Richtung Stuttgart-Feuerbach unterstellt. Ebenfalls zweigleisig ist die Panoramabahn angeschlossen. Die Verknüpfung mit den übrigen Zuläufen zur Ergänzungsstation erfolgt niveaufrei, die Verknüpfung mit der Panoramabahn von Stuttgart-Feuerbach nach Stuttgart-Vaihingen allerdings niveaugleich. Die Gesamtopologie des Kernbereichs ist in Abbildung 30 enthalten. Unter Betrachtung

Die baulichen Zwangspunkte und der Kosten wurde durch den Auftraggeber entschieden, die Ergänzungsstation lediglich mit 212 Meter langen Bahnsteigen zu unterstellen. Aus diesem Grund kann die Ergänzungsstation nicht vom Fern- und IRE-Verkehr bedient werden.

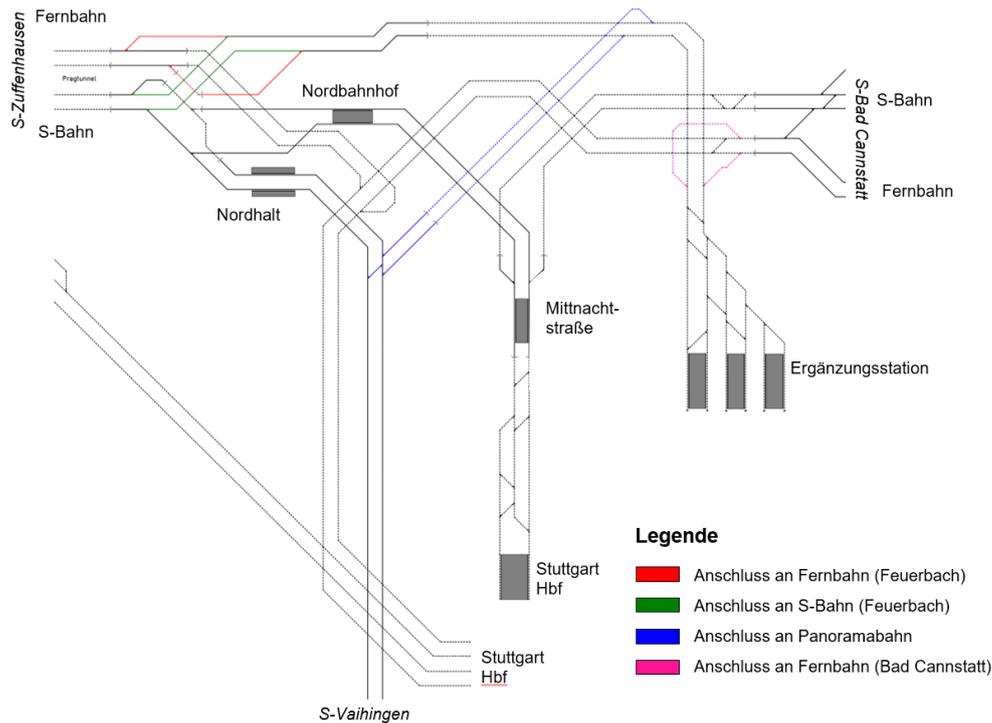


Abbildung 30: Topologieskizze mit Ergänzungsstation

Mit den oben genannten Anbindungen ist der Bahnhofskopf limitierend für die Leistungsfähigkeit der Ergänzungsstation. Systemimmanent entstehen bei einem Kopfbahnhof immer Kreuzungskonflikte, sofern das Ankunftsgleis eines ankommenden Zuges östlicher als das Abfahrtsgleis des ausfahrenden Zuges liegt. Wie in Abbildung 31 zu sehen ist, lassen sich dabei als Ideallösung mit 2,0 Minuten Zugfolge fahrplanmäßig immer 4 parallele Ein- und Ausfahrten hintereinander zusammenfassen, bis die kapazitätseinschränkenden Fahrten mit zwingender Abkreuzung in einem optimalen Zyklus notwendig sind. Die so minimierten Abkreuzungen führen in der Ergänzungsstation mit 6 Gleisen so zu einer theoretischen Kapazität von 6 kommerziellen Ankünften in 15 Minuten beziehungsweise 24 Zügen/h.

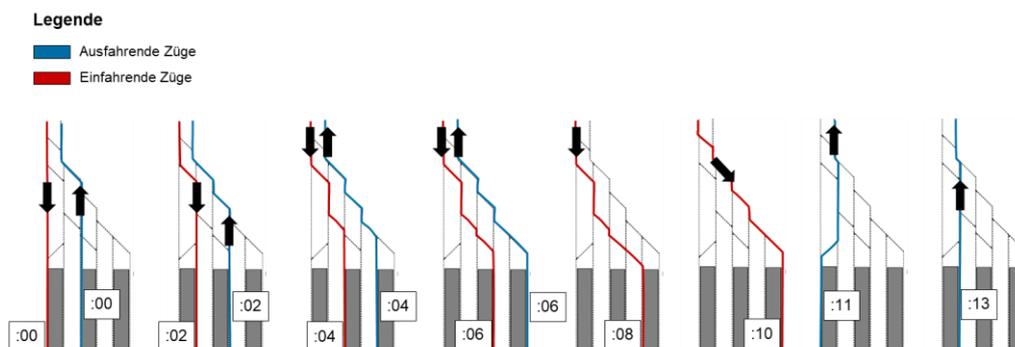


Abbildung 31: Maximale Kapazität der Ergänzungsstation als Zyklus bei konsequenter Optimierung des Netzes auf die Ergänzungsstation

Der beschriebene optimale Zyklus erfordert dabei eine konsequente Ausrichtung des Gesamtnetzes auf die Ergänzungsstation, was aufgrund des Grundangebots im Stuttgarter Hbf (Tiefbahnhof) ohne verkehrliche Nachteile für andere Züge nicht möglich ist. Zudem erfordert der optimierte Zyklus zwingend eine Wendezeit von 11 Minuten, was attraktive Durchbindungen verhindert oder mindestens erschwert. Aus diesen beiden Gründen wurde für die 18 Züge/h im Regelbetrieb auf die konsequente Anwendung des Zyklus verzichtet. Dabei waren teilweise Fahrzeitzuschläge zur Vermeidung von Konflikten durch die beschriebenen Abkreuzungen im Bahnhofskopf erforderlich. Zudem war es zugunsten einer Priorisierung von Zügen von Stuttgart-Bad Cannstatt und Restriktionen im Abschnitt Böblingen – Stuttgart-Rohr nicht möglich, die Züge von der Panoramabahn (Züge von und nach Dettenhausen) in einem exakten 30'-Takt in die Ergänzungsstation zu führen. Außerdem mussten die Züge der Panoramabahn, wie in der Gleisbelegung Abbildung 32 zu sehen, auf andere Regionalverkehrslinien durchgebunden werden. Die gewünschte Eigenwende oder Durchbindung auf andere S-Bahnen konnte wegen der Gleiskapazität im Zusammenspiel mit den sonstigen vorhandenen Zwangspunkten nicht umgesetzt werden.

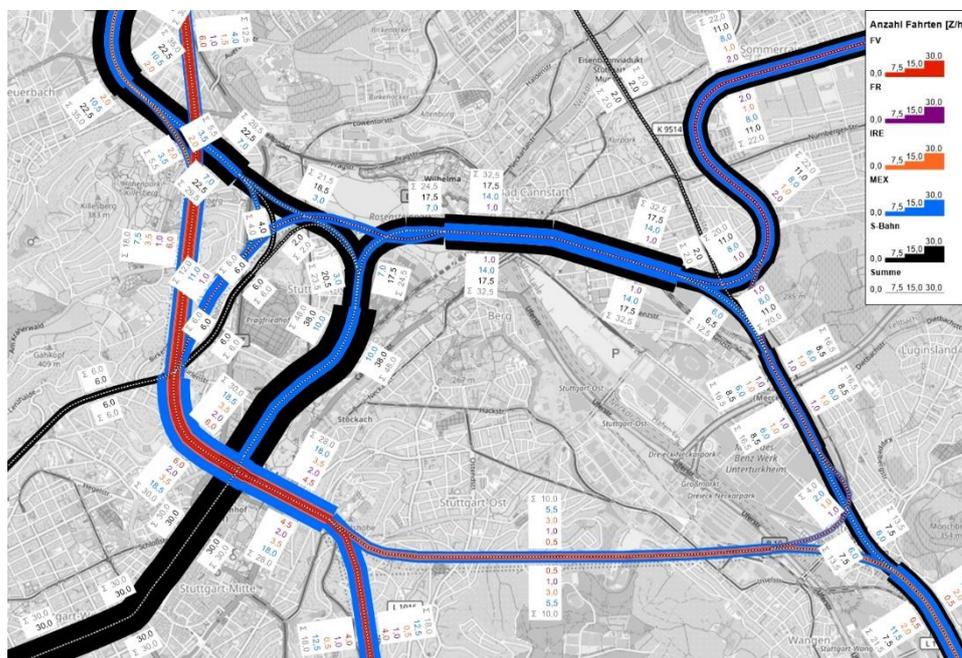


Abbildung 33: Zugzahlen im Kernbereich des Knotens Stuttgart – Ergänzungsstation

5.6 T-Spange + Nordkreuz

Im Zustand mit T-Spange + Nordkreuz steht im Kern des Knotens neue Infrastruktur für das infrastrukturabhängige Angebot Verfügung. Das Nordkreuz verbindet dabei die Panoramabahn mit den S-Bahn Gleisen nach Stuttgart-Bad Cannstatt. Die Einbindung in die Panoramabahn von Stuttgart-Bad Cannstatt kommend ist analog dem Zustand mit Ergänzungsstation niveaugleich, die Einbindung in die S-Bahn ist niveaufrei. Die T-Spange schafft eine direkte Verbindung zwischen Stuttgart-Bad Cannstatt und Stuttgart-Feuerbach. Mit Unterstellung der Panoramabahn und den gegebenen Randbedingungen ergab die betrieblich-verkehrlichen Iterationen, dass es sinnvoller ist, die T-Spange nicht wie ursprünglich gedacht als Verbindung der S-Bahn-Gleise zu nutzen. Vielmehr soll sie die Fernbahn von Stuttgart-Feuerbach mit den Fern- und Regionalbahngleisen nach Stuttgart-Bad Cannstatt niveaufrei verbinden (siehe Abbildung 34) und wird daher im Folgenden als Regional-T-Spange bezeichnet. Dies ist im Zusammenspiel mit den Zuläufen der T-Spange und der Anbindung der Panoramabahn an die S-Bahn-Gleise nach Stuttgart-Feuerbach sowie Stuttgart-Bad Cannstatt (siehe Kapitel 3.4.5) zur optimalen Nutzung der vorhandenen Kapazität zwingend erforderlich. Diese neue Infrastruktur (Regional-T-Spange in Kombination mit Nordkreuz) wird in Abgrenzung zu den bisherigen Begriffen für die S21-

Ausbauoptionen T-Spange und Nordkreuz als „Nahverkehrs-Dreieck“ bezeichnet.

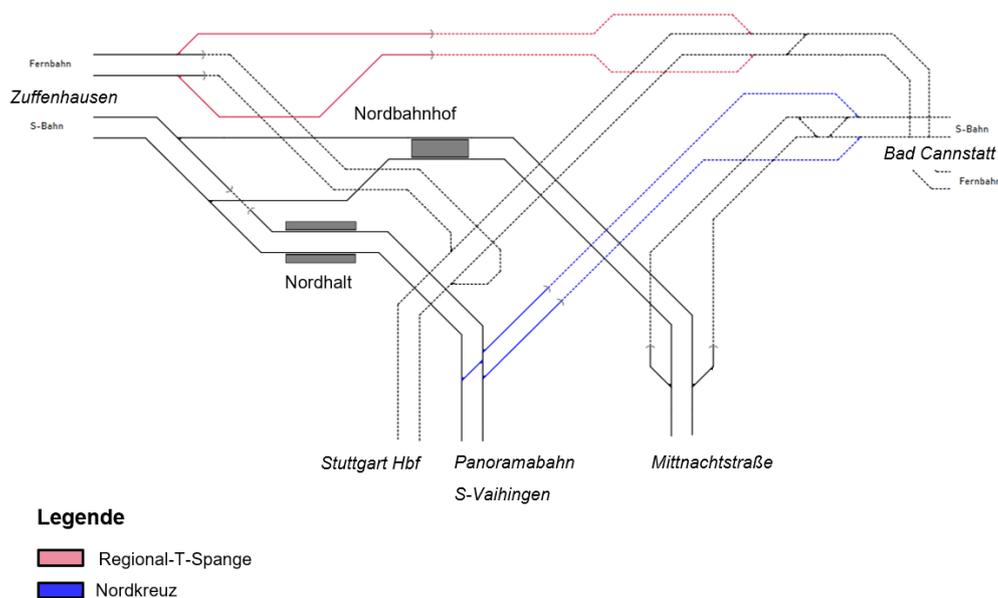


Abbildung 34: Topologieskizze der Regional-T-Spange und des Nordkreuzes

Das Nordkreuz wird im 30'-Takt durch das infrastrukturabhängige Angebot von Stuttgart-Vaihingen befahren. Ab Stuttgart-Bad Cannstatt erfolgt eine Weiterführung bis Waiblingen über die S-Bahn-Gleise. Über die Regional-T-Spange werden insgesamt 7 Züge/h je Richtung des infrastrukturabhängigen Angebots geführt. Bei den S-Bahnen wird hierbei lediglich die S-Bahn von Marbach im Halbstundentakt über die Regional-T-Spange geführt. Bei der S-Bahn über den heutigen S6-Ast von Weil der Stadt ist aufgrund der fehlenden niveaufreien Anbindung der Regional-T-Spange an die S-Bahn in Stuttgart-Feuerbach keine verkehrlich attraktive Durchbindung auf die Regional-T-Spange möglich. Eine niveaugleiche Führung der S-Bahnen wäre zwar technische möglich, wird aber wegen der damit verbundenen Kapazitätseinschränkung und den deutlichen betrieblichen Nachteilen nicht weiterverfolgt. Insgesamt werden durch die Lösung aus Regional-T-Spange + Nordkreuz durch das infrastrukturabhängige Angebot zahlreiche neue, zusätzliche tangentielle Direktverbindungen ohne den Umweg über Stuttgart Hbf geschaffen.

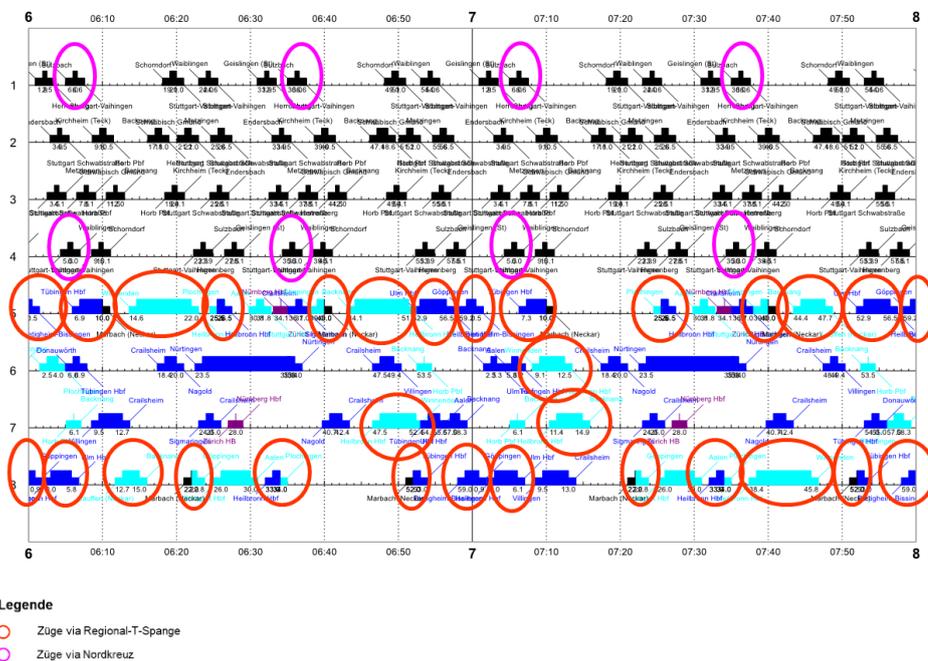


Abbildung 35: Gleisbelegung in Stuttgart-Bad Cannstatt im Regelbetrieb mit Regional-T-Spange + Nordkreuz

Im Zustand mit Regional-T-Spange + Nordkreuz liegt der Engpass auf den Zu-
 laufstrecken unter Einbezug der dort liegenden Bahnhöfe bzw. Halte und nicht
 bei der neuen Infrastruktur selbst. Es müssen jeweils zueinander passende freie
 Trassen zwischen der Fernbahn von Ludwigsburg bis Stuttgart Hbf sowie von
 Stuttgart-Bad Cannstatt bis Stuttgart Hbf genutzt werden. Hierfür sind zum Teil
 zur Synchronisation Fahrzeitzuschläge im Bereich der Regional-T-Spange erfor-
 derlich. Ein Zwangspunkt ist auch der unterstellte Regionalbahnhof in Stuttgart-
 Feuerbach. Dieser verfügt nur über einen Bahnsteig je Richtung, sodass sich
 die Zugfolgezeit von 2,0 Minuten wegen der Haltezeit auf etwa 3 Minuten er-
 höht. In Stuttgart-Bad Cannstatt stehen, wie in Abbildung 35 zu sehen, sowohl
 im S-Bahn als auch im Fernbahnbereich jeweils 2 Gleise je Richtung zur Verfü-
 gung, die von den Zügen vom Nordkreuz beziehungsweise der Regional-T-
 Spange genutzt werden können.

Auf östlicher Seite in Richtung Stuttgart-Bad Cannstatt ist mehr Flexibilität bzw.
 freie Kapazität vorhanden. Limitierend wirkt hier vor allem der gemeinsame Ab-
 schnitt mit den Zügen zwischen Stuttgart-Bad Cannstatt und Stuttgart Hbf aus.
 Vergleicht man insgesamt die freien Kapazitäten im Zustand mit Regional-T-
 Spange + Nordkreuz mit denen im Zustand mit Ergänzungsstation, so sind
 diese im Fall mit Regional-T-Spange + Nordkreuz als höher einzuschätzen. Der

wesentliche Grund hierfür ist, dass bei der Regional-T-Spange keine kreuzenden Fahrstraßen wie im Nordkopf der Ergänzungsstation notwendig sind. Im Zustand mit Ergänzungsstation ist dagegen, wie in Kapitel 5.5 beschrieben, ein Abkreuzen im Bahnhofsvorfeld zwingend erforderlich.

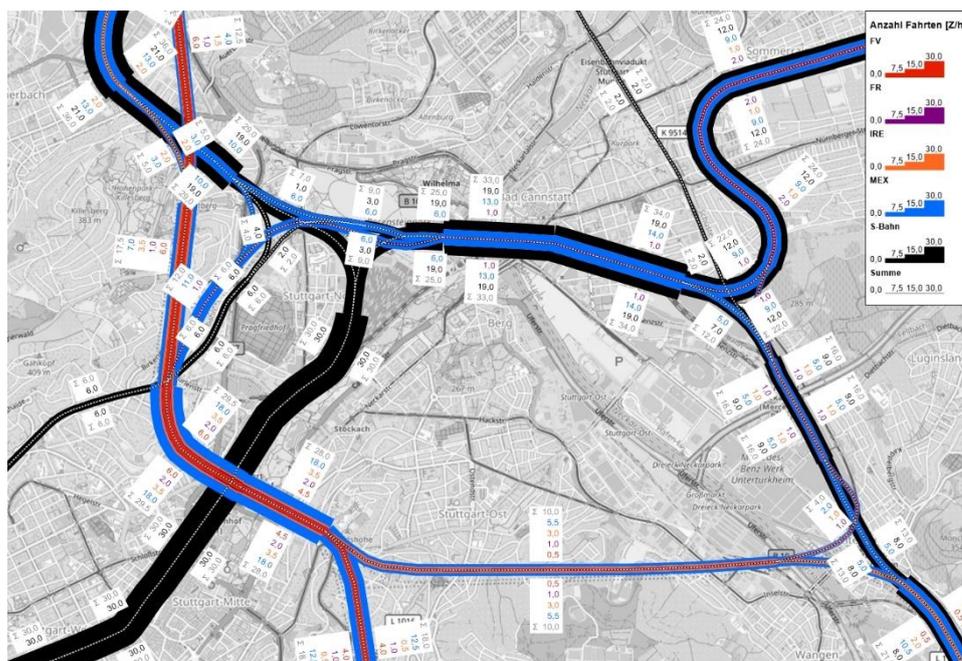


Abbildung 36: Zugzahlen im Kernbereich des Knotens Stuttgart – Regional-T-Spange + Nordkreuz

5.7 Sensitivitätsbetrachtung Regelbetrieb: Erhöhung Zugfolgezeit

Für die Erarbeitung aller Angebotskonzepte wird, wie in Kapitel 3.6 beschrieben, in Abstimmung mit der DB AG von einer betrieblichen minimalen Zugfolgezeit sowie einer Gleiswiederbelegungszeit von 2 Minuten ausgegangen. Es existiert allerdings noch kein Beispiel, in dem 2 Minuten Zugfolgezeit für bis zu 424 Meter lange Züge und in einem großen Knoten inklusive einer Pufferzeit von einer Minute umgesetzt sind. Aus diesem Grund wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um die Auswirkungen der Erhöhung der betrieblichen Zugfolgezeit auf 2,5 Minuten zu bewerten. Die vollständige Sensitivitätsanalyse ist im Anhang 17 („Bewertung von höheren Zugfolgezeiten für die Infrastrukturdimensionierung“) zu finden. Als Beispiel betrachtet wurde der Zustand mit Ergänzungsstation im Regelbetrieb. Durch das nahezu identische Grundangebot sind die Auswirkungen für den Stuttgarter Hbf allerdings in allen Infrastrukturzuständen vergleichbar. Innerhalb der Sensitivitätsanalyse erfolgt eine theoretische Betrachtung zu Zugfolgezeiten und Pufferzeiten, die Berechnung einer theoretischen

Kapazität der Ergänzungsstation und des Stuttgarter Hbf sowie eine Übertragung der theoretischen Betrachtung auf die Zugzahlen des Angebotskonzepts. Unabhängig von dieser Betrachtung wird in der Analyse ebenfalls die konkrete Auswirkung auf einzelne Taktlagen bezüglich der Ausregelbarkeit der neu auftretenden Konflikte bei einer Erhöhung der Zugfolgezeit auf 2,5 Minuten betrachtet. Eine Betrachtung der Passagierströme bzw. Konsequenzen darauf im Bereich des Stuttgarter Hauptbahnhofs erfolgt nicht.

Grundsätzlich setzt sich die in der Planung angesetzte Zugfolgezeit, wie in Abbildung 37 zu sehen, aus der technisch erforderlichen Zugfolgezeit sowie aus einer zusätzlichen Pufferzeit zusammen. Die Pufferzeit dient dabei der Qualität, um die Übertragung von Verspätungen zu vermeiden oder zu reduzieren. Eine Trasse mit normgemäßer Zugfolgezeit kann bei Verspätungen unterhalb der Pufferzeit nie der Auslöser von Sekundärverspätungen sein. Eine dichte Zugfolgezeit bzw. Zugfolgen mit wenig Pufferzeit erhöhen aber die Gefahr von Folgeverspätungen. Aus diesem Grund ist die Pufferzeit für die Betriebsqualität mitentscheidend. So können 2,5 Minuten Zugfolge je nach technischer Ausstattung mit höherer Betriebsqualität fahrbar sein als 3,0 Minuten Zugfolge. Es führen beispielsweise 2,5 Minuten Zugfolge inklusive 1,0 Minuten Pufferzeit zu einer besseren Betriebsqualität als 3,0 Minuten Zugfolge inklusive 0,5 Minuten Pufferzeit.



Abbildung 37: Darstellung betriebliche Zugfolgezeit.

Die Sensitivitätsanalyse kam dabei hinsichtlich der Zugzahlen zu folgendem Ergebnis:

Kategorie	Stuttgart Hbf [Züge/h]	Ergänzungsstation [Züge/h]
Anzahl Züge im Regelbetrieb mit Ergänzungsstation	60	18
Theoretisch maximale Zugzahl mit 2,0 Minuten Zugfolge mit zahlreichen Randbedingungen	120	24
Theoretisch maximale Zugzahl mit 2,5 Minuten Zugfolge mit zahlreichen Randbedingungen	96	18
Realisierbare Zugzahl mit 2,5 Minuten Zugfolge bei Ausregeln der Konflikte	56	15,5
Theoretische Zugzahl bei etwa gleichbleibender Gesamtpufferzeit mit 2,5 Minuten Zugfolge wie bei 2,0 Minuten bei rein technisch bedingter Erhöhung der	48 bis 54	13

Kategorie	Stuttgart Hbf [Züge/h]	Ergänzungsstation [Züge/h]
Zugfolgezeiten um 30 Sekunden mit Umplanung der Konzepte	in Abhängigkeit von den entfernten Zügen	

Tabelle 8: Ergebnisse der Sensitivitätsuntersuchung zur Erhöhung der Zugfolgezeit.

Die in Tabelle 8 in Zeile 6 erwähnten Angebotsreduktionen beziehen sich auf den nötigen Wert, um die Gesamtsumme der Pufferzeit/h (auch neben der Mindestpufferzeit von 1 Minute), also die Kapazitätsreserven der Strecken, konstant zu halten. Die darüber in Zeile 5 ausgewiesenen Maßnahmen beschreiben, welche Möglichkeiten konstruktiv unter Nutzung von Kapazitätsreserven gegeben sind, wenn die betriebliche Zugfolgezeit von 2,5 Minuten zu gewährleisten ist. Aus den in Tabelle 8 dargestellten Werten und den Ergebnissen der Untersuchung lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

- Der Stuttgarter Hauptbahnhof besitzt bei den unterstellten Planungsparametern in allen Zuständen bezüglich der Anzahl der Züge Kapazitätsreserven, sofern eine konsequente Ausrichtung des Angebotskonzepts auf den Bahnhof erfolgt. Auch mit Erhöhung der Zugfolgezeit auf 2,5 Minuten sind alle bisherigen Züge konstruierbar. Jedoch muss das Angebotskonzept grundlegend überarbeitet werden, um stark kapazitätsverbrauchende Konstruktionen zu reduzieren.
- Auch die Ergänzungsstation besitzt noch Kapazitätsreserven. Bei 2,5 Minuten Zugfolgezeit ist hier bei gleichbleibenden Zugzahlen eine vollständige Ausschöpfung der Kapazität mit nahezu vollständiger Ausrichtung des Angebotskonzepts auf kapazitätsoptimale Verhältnisse in der Ergänzungsstation erforderlich.
- Mit den gewählten Randbedingungen kommt die Ergänzungsstation bei höheren Zugfolgezeiten schneller an die Kapazitätsgrenze als der Hauptbahnhof.
- Bezüglich der Betriebsqualität ist die genaue Anzahl der auszulegenden Züge nur mit einer sicheren Grundlage bezüglich Zugfolgezeiten und Pufferzeiten zu ermitteln. Die durchgeführte Betrachtung mit 2,0 und 2,5 Minuten mit jeweils 1 Minute Pufferzeit ergibt Extremwerte bezüglich der auszulegenden Anzahl an Zügen wegen der Annahme, dass die Erhöhung der Zugfolgezeit rein technisch bedingt ist.
- Zur Beibehaltung der Betriebsqualität trotz kürzerer Pufferzeiten könnten alternativ zum Entfall von Zügen auch andere Maßnahmen zur Reduktion von Primär- und Folgeverspätungen ergriffen werden. Solche Maßnahmen können

ten beispielsweise eine verbesserte Wartung von Rollmaterial und Infrastruktur, das Vorhalten von mehr Reservefahrzeugen und die Einplanung von überschlagenden Wenden an den Linienenden umfassen.

Grundsätzlich ist bei einer Vollauslastung mit der Zugfolgezeit von 2 Minuten bei einer Minute Pufferzeit und einer Minute technischer Zugfolgezeit eine großzügige Reserve von 50 % vorhanden. Durch die hohe Zugmenge verursachen Primärverspätungen (z. B. Türstörungen) allerdings schnell Folgeverspätungen bei mehreren Zügen. Aus diesem Grund sind für die Fahrbarkeit des Angebots Maßnahmen zur Qualitätssteigerung unabdinglich.

6 Angebotskonzepte Störfall S-Bahn

6.1 Allgemeines

Zur Betrachtung der Störfälle der S-Bahn-Stammstrecke wird für alle Infrastrukturzustände eine vollständige Sperrung der S-Bahn-Stammstrecke angenommen. Konkret bedeutet dies, dass die S-Bahn-Infrastruktur zwischen Hauptbahnhof und Universität vollständig nicht zur Verfügung steht. Mit der Ausrüstung mit ETCS erscheint es aber zukünftig in vielen Störfällen auch möglich, einen Teilbetrieb auf der Stammstrecke zu ermöglichen. Diese Möglichkeit besteht allerdings in allen untersuchten Zuständen, weshalb die Festlegung für eine Vollsperrung der S-Bahn-Stammstrecke zustandsneutral ist und damit auch mit der Sperrung der kompletten Stammstrecke eine gute Basis für die verkehrliche Bewertung der Zustände im Störfall gelegt ist.

In allen Angebotskonzepten wird angestrebt, dass die S-Bahnen so nah wie möglich an das Zentrum herangeführt werden. Dafür war es gemäß Festlegung in allen untersuchten Fällen möglich, die verschiedenen Linienäste aufeinander neu durchzubinden. Diese organisatorische Unterstellung optimiert dabei deutlich die Kapazität. Grund hierfür ist, dass im Kernbereich der S-Bahn wenig Infrastruktur zur Verfügung steht, um Züge zwischenspuffern oder in hoher Anzahl wenden zu können. Dies gilt insbesondere für die S-Bahn-Äste von Stuttgart-Feuerbach und Stuttgart-Vaihingen. Diese Äste können dabei dank der unterstellten, leistungsfähigen Anbindung der Panoramabahn an die S-Bahn von Stuttgart-Feuerbach dank den neuen Durchbindungen direkt verknüpft werden. In diesem Zusammenhang kann die Panoramabahn auch als „Zweite Stammstrecke für den Störfall“ bezeichnet werden. Bezüglich der Haltepolitik wurde ein Halt an allen Stationen auf der Panoramabahn unterstellt, wobei davon auszugehen ist, dass eventuell nicht alle Stationen auf der Panoramabahn die für Langzüge der S-Bahn notwendige Bahnsteiglänge von 210 Metern aufweisen werden. Konzeptionell hat dies jedoch keine Auswirkungen auf die Systematik der Angebotskonzepte im Störfall. Zudem besteht auch hier eine Zustandsneutralität.

Der Fern- und Regionalverkehr im Grundangebot wurde dabei im S-Bahn-Störfall nur minimal angepasst. Beim infrastrukturabhängigen Angebot im Regionalverkehr waren dagegen gemäß Festlegung auch große Anpassungen bzw. Angebotsreduktionen zugunsten der S-Bahn möglich bzw. notwendig. Eine Entscheidung über die Anpassungen erfolgte dabei iterativ auf Basis der Nachfrageanalysen. Die Angebotsanpassungen im Regionalverkehr im S-Bahn-Störfall sind dabei organisatorisch anspruchsvoll und müssten bereits in den Verkehrsverträgen mitberücksichtigt werden. Bezüglich der Planungsparameter wurde im S-Bahn Störfall eine minimale Wendezeit von 5 Minuten als möglich unterstellt.

An der Mitnachtstraße ist ein drittes Gleis unterstellt. Im Regelfall wird dieses nicht genutzt. Im Störfall S-Bahn wird im Referenzfall dort jedoch zustandsunabhängig ein 30'-Takt gewendet. Dieser müsste sonst in Stuttgart-Bad Cannstatt gewendet werden. Das Wenden weiterer Züge kann wegen der notwendigen Fahrten im Gegengleis bzw. Fahrstraßenkonflikten an den Überleitstellen nicht umgesetzt werden. In den Zuständen mit Ergänzungsstation sowie Regional-T-Spange + Nordkreuz gibt es zudem andere Fahrmöglichkeiten für die S-Bahnen. Es kommen somit keine weiteren Züge mehr für die Führung zur Mitnachtstraße in Betracht. Mit den gewonnenen Erkenntnissen und der Unterstellung der Panoramabahn scheint eine Investition in die S-Bahn-Infrastruktur an andere Stelle hinsichtlich des Nutzens bei Störungen sinnvoller zu sein.

6.2 Referenzfall

Das in Abbildung 38 dargestellte Angebotskonzept im Störfall der S-Bahn-Stammstrecke im Referenzfall besteht aus drei Grundprinzipien:

- Züge vom S-Bahn Ast Stuttgart-Bad Cannstatt nutzen die guten Wendemöglichkeiten dort oder in Stuttgart Mitnachtstraße.
- Züge von Stuttgart-Feuerbach werden weitestgehend via Panoramabahn auf die Linien von Stuttgart-Vaihingen nach Süden durchgebunden.
- Ein Minimalangebot aus zwei 30'-Takten von Stuttgart-Feuerbach nach Stuttgart Mitnachtstraße wird aufrechterhalten.

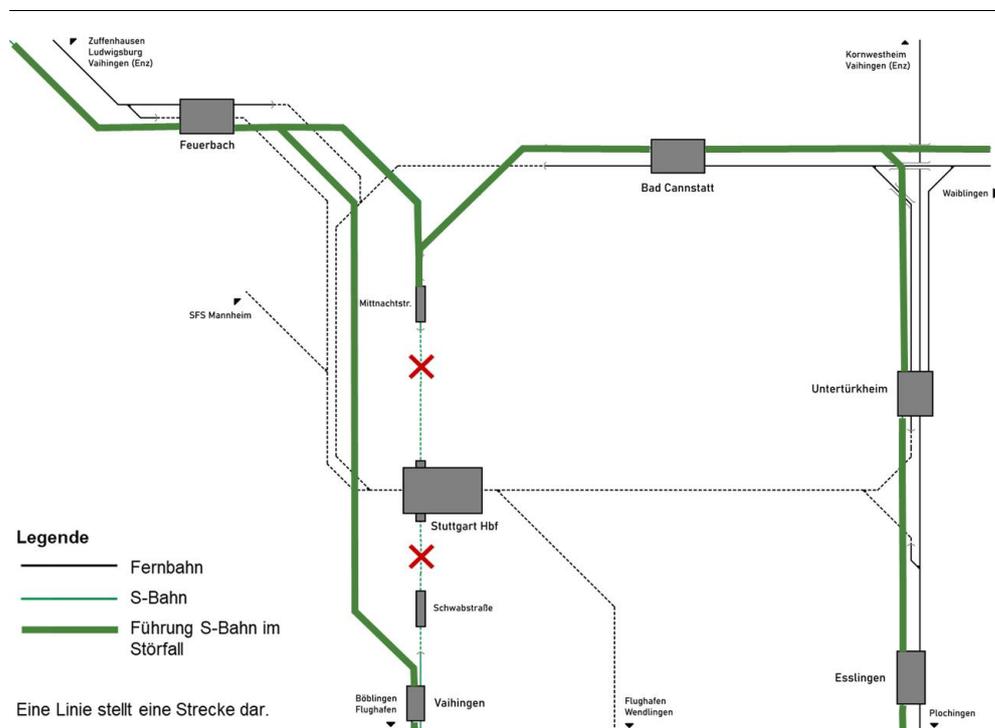


Abbildung 38: Umleitungsstrecken im Störfall der S-Bahn-Stammstrecke im Referenzfall.

Die oben genannten Prinzipien ermöglichen es, dass möglichst wenige Fahrten komplett entfallen müssen und fast alle Linien bis ins Stadtgebiet von Stuttgart geführt werden. Dort werden wichtige und leistungsfähige Verknüpfungspunkte (Stuttgart-Feuerbach und Stuttgart-Bad Cannstatt) ans nachgelagerte Netz (Stadtbahn und Bus) erreicht. Durch die Nutzung der Panoramabahn als leistungsfähige "zweite Stammstrecke" können deutlich mehr Fahrten weitergeführt werden und weitere noch näher am Stadtzentrum gelegene Verknüpfungs- und Erschließungshalte erreicht werden.

Wichtig hierfür ist insbesondere auch der Bahnhof Stuttgart-Bad Cannstatt zur Wende von S-Bahn-Zügen. Wie in Abbildung 39 dargestellt, wird in Stuttgart-Bad Cannstatt die Strecke 4726 ostwärts durch S-Bahnen ins Neckartal genutzt, damit S-Bahn aus dem Neckartal unabhängig von S-Bahn nach Waiblingen (via Strecke 4713) auf Gleis 4 wenden können. S-Bahnen bis Stuttgart Mitnachtstraße verkehren hierfür ab Stuttgart Neckarpark. Dies erfolgt, wie im Regelbetrieb üblich, auf dem nördlichen Gleis der Strecke 4711. Das südliche Gleis der Strecke kann durch westwärts fahrende S-Bahnen benutzt werden, welche in Stuttgart-Bad Cannstatt wenden.

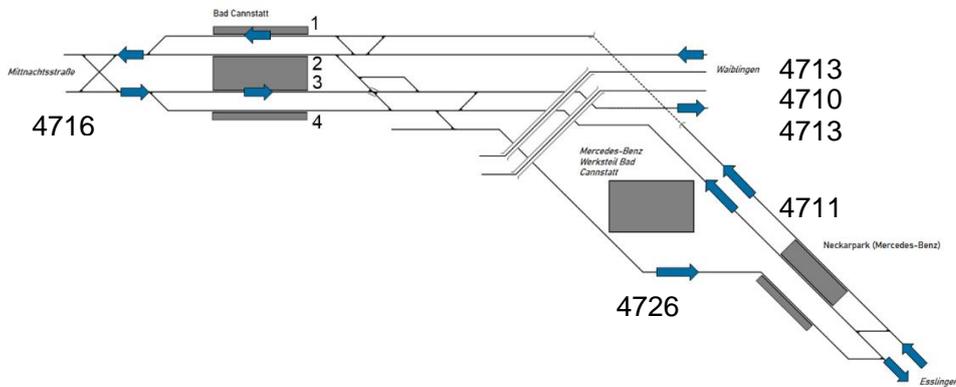


Abbildung 39: Führung der S-Bahnen im Störfall der S-Bahn-Stammstrecke im Bereich Stuttgart-Bad Cannstatt im Referenzfall

Wichtigstes Element neben der Wendemöglichkeit in Stuttgart-Bad Cannstatt ist die Panoramabahn. Über diese können, wie in Abbildung 40 beziehungsweise der Netzgrafik im Anhang 5 zu sehen, 18 Züge/Stunde und Richtung geleitet werden, wodurch ein harmonisches Gesamtkonzept auch ohne zusätzliche Infrastruktur im Kern entsteht. Für das Angebotskonzept im Regionalverkehr sind dabei keine Anpassungen erforderlich. Dies gilt sowohl für das Grundangebot als auch die infrastrukturabhängigen Züge, auch da dieses wie in Kapitel 5.4 beschrieben im Regelbetrieb im Referenzfall nicht bis in den Kern verkehren.

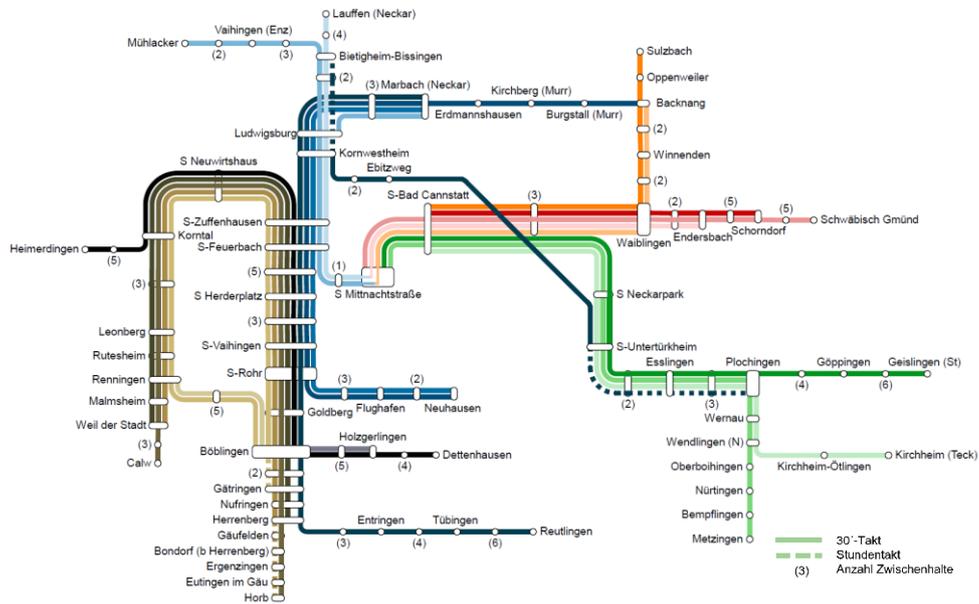


Abbildung 40: Angebotskonzept Störfall S-Bahn-Stammstrecke im Referenzfall

6.3 Ergänzungsstation

Im S-Bahn Störfall mit Ergänzungsstation wird das Angebotskonzept des Referenzfalls prinzipiell übernommen und weiterentwickelt. Die Kapazität und Chancen der Ergänzungsstation für den Störfall werden genutzt. Hierfür werden, wie in Abbildung 41 zu sehen, alle Anbindungen der Ergänzungsstation für alternative Laufwege der S-Bahn verwendet.

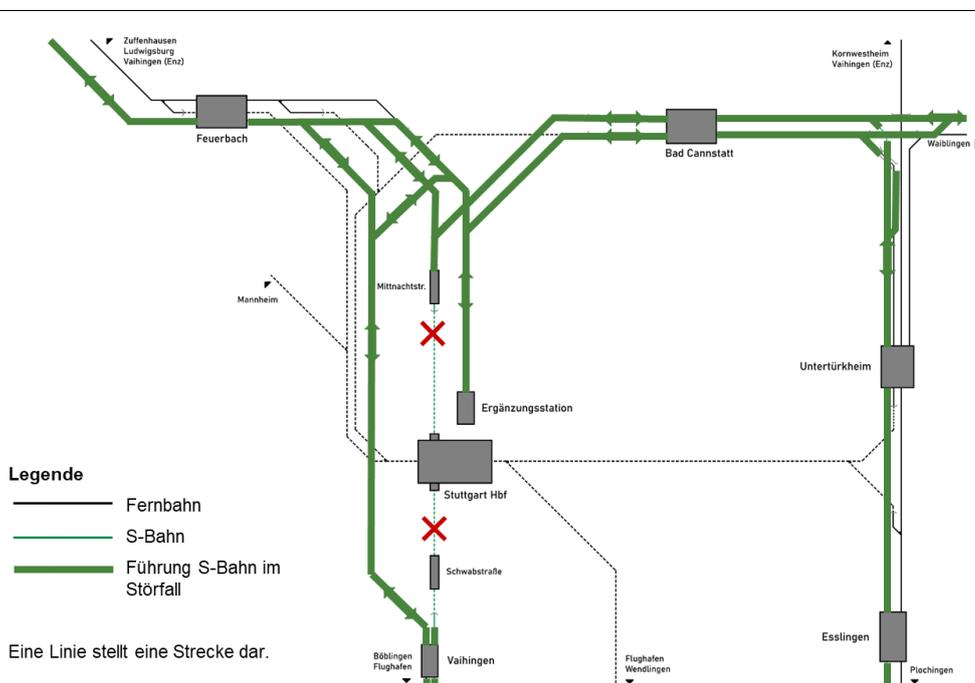


Abbildung 41: Umleitungsstrecken im Störfall der S-Bahn-Stammstrecke im Zustand mit Ergänzungsstation.

Die vorhandene eingleisige Weichenverbindung zwischen Fern- und S-Bahn westlich des Bahnhofs Stuttgart-Bad Cannstatt ist mit den eingeplanten Zugzahlen im Störfall der S-Bahn-Stammstrecke nicht sinnvoll für eine Führung der S-Bahnen aus der Ergänzungsstation von der Fernbahn auf die S-Bahn-Gleise nutzbar. Dies gilt insbesondere für ostwärts verkehrende S-Bahnen, da hier das Gegengleis der Fernbahn gekreuzt werden muss. Der Wechsel zwischen Fernbahn und S-Bahn ist notwendig, da lediglich die Fernbahn in Stuttgart-Bad-Cannstatt an die Ergänzungsstation angeschlossen ist. Wegen der fehlenden Kapazität und den resultierenden betrieblichen Einschränkungen westlich des Bahnhofs erfolgt der Wechsel auf die Fernbahn für Züge von/nach der Ergänzungsstation im Störfall der S-Bahn-Stammstrecke entsprechend Abbildung 41 östlich des Bahnhofs Stuttgart-Bad Cannstatt. Beim Ast von Waiblingen ist dies aufgrund des Richtungsbetriebs östlich von Stuttgart-Bad Cannstatt niveaufrei ohne Abkreuzungskonflikte möglich. Die hierfür notwendigen neuen Weichenverbindungen sind in der in Kapitel 13 beschriebenen Infrastrukturliste enthalten. Beim S-Bahn-Ast von Plochingen ist eine zusätzliche Weichenverbindung im Bereich Untertürkheim notwendig und entsprechend in der Infrastrukturliste enthalten. Der niveaugleiche Wechsel zwischen den Strecken ist auszeichnend, da die meisten Züge durch den Tunnel Obertürkheim direkt nach Stuttgarter Hbf verkehren und deshalb die Belastung im Bereich Untertürkheim verhältnismäßig gering ist.

Die Ergänzungsstation weist, wie in Abbildung 42 zu sehen, im beschriebenen Störfall 20 kommerzielle Ankünfte statt 18 kommerziellen Ankünften im Regelbetrieb auf. 16 der 20 kommerziellen Ankünfte sind S-Bahnen, wobei 4 S-Bahnen davon zwischen Stuttgart-Vaihingen und Stuttgart-Bad Cannstatt durchgebunden sind. Von Stuttgart-Feuerbach nach Stuttgart-Bad Cannstatt erfolgt keine Direktverbindung über die Ergänzungsstation. Diese Verbindung wird über Stuttgart-Mittnachtstraße mit geringerem Umweg realisiert.

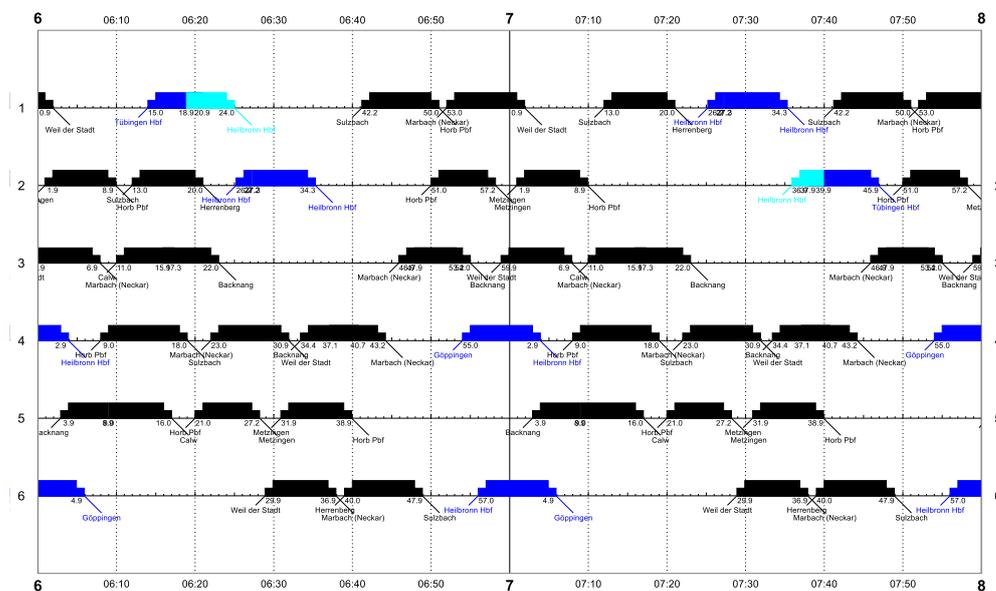


Abbildung 42: Gleisbelegung der Ergänzungsstation im Störfall S-Bahn-Stammstrecke

Wegen der kreuzenden Fahrstraßen sind trotz der Lücken in der Gleisbelegung keine weiteren Züge in die Ergänzungsstation umleitbar. Für die 16 ankommenden S-Bahnen mussten weite Teile des Regionalverkehrs des infrastrukturabhängigen Angebots zumindest im Kern ausgelegt werden. Insgesamt sind 10 kommerzielle Ankünfte pro Stunde von Ausfällen bzw. Teilausfällen zugunsten der S-Bahn in der Ergänzungsstation betroffen. Wie auch schon beim Referenzfall erfolgte die Entscheidung zum Auslegen von Regionalverkehrszügen dabei iterativ basierend auf Nachfrageuntersuchungen. Neben der Ergänzungsstation trägt die Panoramabahn mit 14 S-Bahnen pro Stunde wie auch im Referenzfall eine der Hauptlasten im Störfall der S-Bahn-Stammstrecke.

Der Liniennetzplan des Störfallkonzepts mit Ergänzungsstation zeigt Abbildung 43. Es sind weiterhin Wenden von S-Bahnen in Stuttgart-Bad Cannstatt notwendig. Es wenden im Vergleich zum Referenzfall zwei statt drei 30'-Takte in Stuttgart-Bad Cannstatt sowie drei statt vier Takte in Stuttgart-Mittnachtstraße. Die

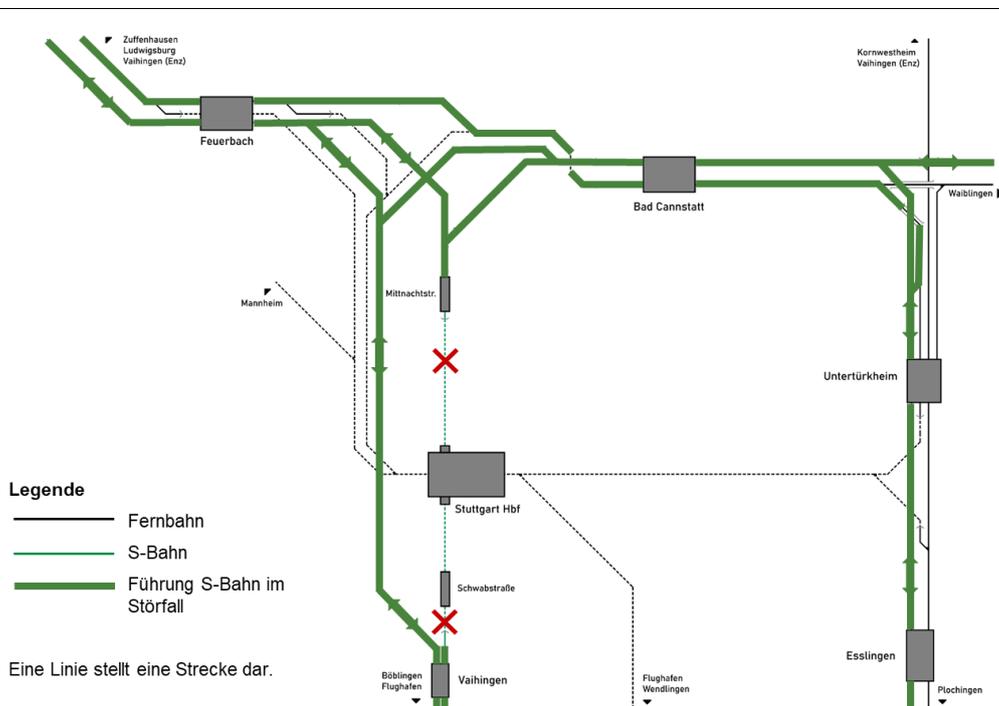


Abbildung 44: Angebotskonzept im Störfall der S-Bahn-Stammstrecke im Zustand mit Regional-T-Spange + Nordkreuz

Durch die zweigleisige S-Bahn-Anbindung nach Stuttgart-Bad Cannstatt über das Nordkreuz und die S-Bahn in Stuttgart-Feuerbach kann die Panoramabahn noch besser als Ersatz der S-Bahn-Stammstrecke fungieren. Auf der Panoramabahn verkehren dabei, wie in Abbildung 45 zu sehen, 22 Züge pro Stunde. Der niveaugleiche Abzweig zwischen Nordkreuz und Panoramabahn entwickelt sich dabei allerdings zu einem Engpass, welcher im Störfall einen großen Zwangspunkt darstellt. Die sehr hohen Zugzahlen bedingen einen sicherungstechnisch mit der S-Bahn-Stammstrecke vergleichbaren Ausbau der Panoramabahn.

Durch ihre Anbindung an die Fernbahn in Stuttgart-Bad Cannstatt und Stuttgart-Feuerbach ist die Regional-T-Spange im Störfall der S-Bahn-Stammstrecke im Gegensatz zum Nordkreuz nur bedingt als leistungsfähige Störfallinfrastruktur geeignet. Insbesondere die Trassierung von zusätzlichen Zügen im Bereich um Stuttgart-Feuerbach ist angesichts der hohen Zugzahlen im Regionalverkehr sehr anspruchsvoll. Aus diesem Grund wurde, wie in Abbildung 45 zu sehen, lediglich ein zusätzlicher 30'-Takt neben dem bereits im Regelbetrieb bestehenden 30-Takt einer S-Bahn-Linie über die Regional-T-Spange geführt. Selbst hierfür waren allerdings leichte Eingriffe in Regionalverkehrsnetz erforderlich. So muss beispielsweise bei den Zügen im Regionalverkehr der Halt in Stuttgart-Feuerbach vereinzelt entfallen.

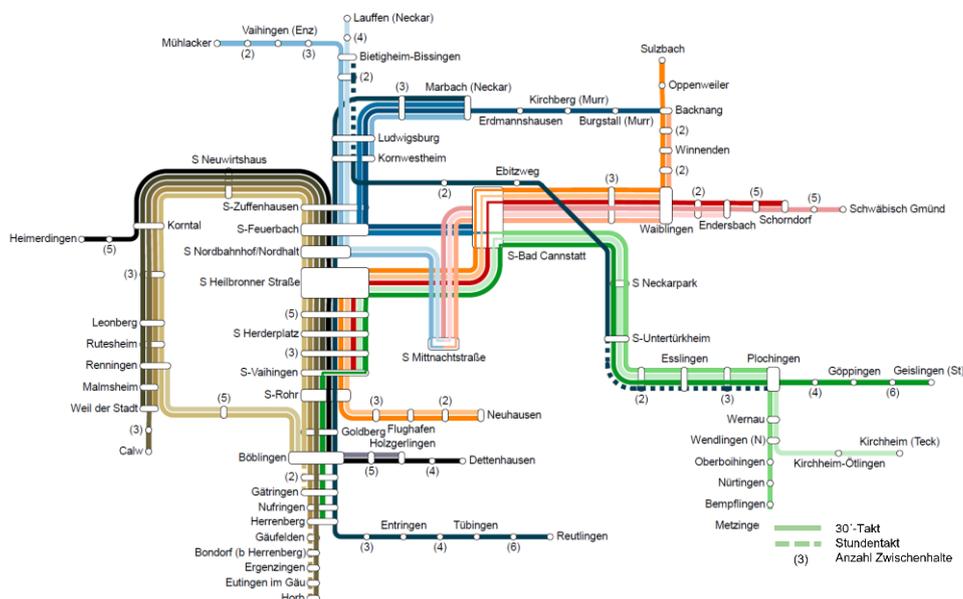


Abbildung 45: Linienetzplan Störfall S-Bahn-Stammstrecke im Zustand mit Regional-T-Spange + Nordkreuz.

Vergleicht man die erwähnten Einschränkungen im Regionalverkehr (z.B. Auslegen von Zügen, Anpassung der Fahrlagen) im Störfall der S-Bahn-Stammstrecke zwischen den Zuständen mit Regional-T-Spange + Nordkreuz und Ergänzungsstation, so sind diese im Zustand mit Regional-T-Spange + Nordkreuz deutlich geringer. Der Störfall der S-Bahn-Stammstrecke im Zustand mit Regional-T-Spange + Nordkreuz zeichnet sich somit durch geringe Eingriffe in das übrige Netz und durch eine Führung aller S-Bahn-Linien in den Talkessel aus. Durch die Weiterführung der S-Bahn-Linien über Stuttgart-Bad Cannstatt auf die Panoramabahn sowie durch den zusätzlichen 30'-Takt über die Regional-T-Spange entsteht ein deutlicher Mehrwert im Vergleich zum Referenzfall.

6.5 Sensitivitätsbetrachtung: Referenzfall ohne Panoramabahn

Die weitere Nutzung der Panoramabahn war lange Zeit während der Untersuchung noch nicht klar festgelegt. Aus diesem Grund wurden als Sensitivitätsbetrachtung die Auswirkungen eines Störfalls der S-Bahn-Stammstrecke im Zustand ohne Panoramabahn neben dem Referenzfall ermittelt. Das Angebotskonzept hierfür ist in Abbildung 46 als Linienetzplan dargestellt. Auch hier wird, wie in allen Zuständen, die Grundlage des Referenzfalls prinzipiell übernommen.

Durch die fehlende Panoramabahn sind jedoch weitergehende Einschränkungen erforderlich. Die S-Bahnen von Süden enden in Stuttgart-Vaihingen und Stuttgart-Österfeld. Von Norden ist wegen der beschränkten Wendekapazität in Stuttgart-Feuerbach ein Zurückziehen mehrerer Linien (zum Beispiel bis Leonberg) und eine Ableitung über die Schusterbahn erforderlich. 8 von 22 S-Bahnen pro Stunde und Richtung erreichen Stuttgart-Feuerbach nicht, obwohl mit dem reaktivierten WEG-Gleis drei Bahnsteiggleise im S-Bahn-Bereich zur Verfügung stehen. Die Wenden in Stuttgart-Feuerbach, Stuttgart-Österfeld und Stuttgart-Vaihingen, in Kombination mit teilweise weiterverkehrenden Zügen, sind zudem betrieblich deutlich anspruchsvoller als die Weiterfahrt aller S-Bahnen über die Panoramabahn.

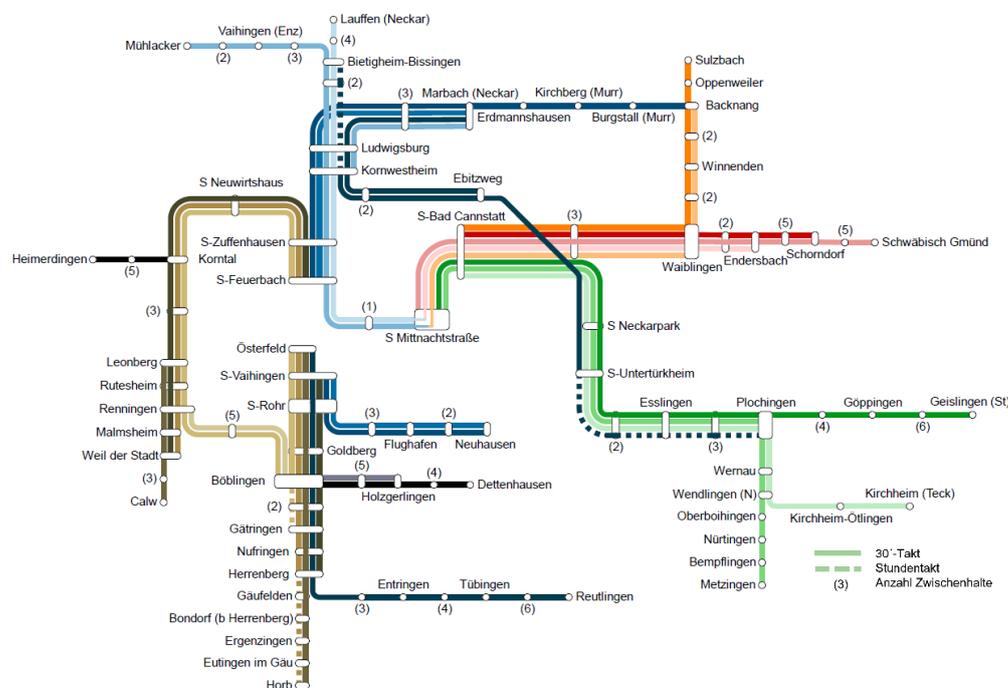


Abbildung 46: Angebotskonzept Störfall S-Bahn-Stammstrecke im Fall ohne Panoramabahn

Mit dieser Sensitivätsbetrachtung kann der hohe Nutzen der Panoramabahn für Störfälle der S-Bahn-Stammstrecke gezeigt werden.

7 Angebotskonzepte Störfall Hbf

7.1 Allgemeines

In den untersuchten Störfällen Stuttgart Hbf steht dieser mit allen vier Zuläufen nicht zur Verfügung. Analog zum Störfall Stammstrecke ist dieser Störfall auch ein vereinfachter Störfall. Je nach genauem Störungsort und der Störungsart sind ggf. einzelne Gleise oder Zufahrten noch nutzbar. Zudem ist vorausgesetzt, dass trotz der vollständigen Sperrung des Hbf die Ergänzungsstation und der S-Bahn Halt am Hbf noch befahrbar sind. Wie beim Störfall Stammstrecke sind die Möglichkeiten für einen eingeschränkten Betrieb zustandsneutral, so dass auch hier eine hinreichend gute Vergleichsbasis für die verkehrliche Bewertung zur Verfügung gestellt werden kann.

Mit der Nichtverfügbarkeit von Stuttgart Hbf steht im Großraum Stuttgart deutlich weniger Infrastruktur zur Verfügung. Viel mehr als in den Störfällen S-Bahn-Stammstrecke müssen Züge ausgelegt und angepasst werden. Die Züge werden dabei abhängig von der zusätzlichen Infrastruktur im Kern umgeleitet und ausgelegt. Je nach Infrastrukturzustand ist der Ersatzhalt für den Fernverkehr in Esslingen, Stuttgart-Bad Cannstatt oder in der Ergänzungsstation (nur Sensitivitätsbetrachtung mit 425 Meter langen Bahnsteigen, siehe Kapitel 7.5). Trotz der unterschiedlichen Infrastrukturzustände sind dabei einige Elemente und Annahmen für alle Störfälle identisch:

- Es werden keine endenden Fernverkehrszüge in den Großknoten Stuttgart geführt. Die Züge beginnen und enden als Modellannahme in Mannheim (ein Zug/h) und Ludwigsburg (ein Zug/h).
- Die Fahrlagen der Regionalverkehrszüge (MEX, HVZ-Züge) auf den Außenästen bleiben prinzipiell bestehen.
- Die vorhandenen Kapazitäten werden dazu genutzt, möglichst viele Regionalzüge möglichst nahe an Stuttgart heranzuführen (z.B. bis Stuttgart-Bad Cannstatt), um gute Möglichkeiten für die weitere Fahrt (z.B. Umstieg auf die S-Bahn oder Stadtbahn/Bus) zu schaffen.
- Im Regional- und Fernverkehr werden, anders als in den Störfällen der S-Bahn-Stammstrecke bei den S-Bahnen, keine neuen Durchbindungen zwischen den verschiedenen Zulaufstrecken des Großknotens geschaffen. Wegen der erforderlichen Streckenkenntnis der Triebfahrzeugführer, der eher langen Laufwege und potenziell unterschiedlicher EVU wurde hierauf verzichtet. Es kann so vermieden werden, dass zum Dienstschluss ein Umlauf mit Triebfahrzeugführer z.B. in Würzburg statt Aalen steht. Die Vorteile von

neuen Durchbindungen im Regionalverkehr wurden allerdings ebenfalls untersucht. Die Details hierbei sind in Kapitel 8 als verworfenes Angebotskonzept zu finden.

- Für den durchgehenden Fernverkehr wurde als Modellannahme eine Fixierung der Ankunfts- und Abfahrtszeit in Mannheim und Zürich angenommen.
- Für den Flughafen und die NBS Wendlingen – Ulm wird in allen Infrastrukturzuständen ein einheitliches Angebotskonzept mit wendenden Zügen der Produktkategorien MEX und HVZ-Zug aus verschiedenen Richtungen unterstellt. Wie in der Gleisbelegung von Stuttgart Flughafen in Abbildung 47 zu sehen, wird dabei sowohl am Bahnsteig des Flughafenbahnhofs als auch im Bereich zwischen Stuttgart Flughafen und Fildertunnel mit entsprechenden Zu- und Wegstellfahrten gewendet. Die hieraus resultierenden eher kurzen Zeitfenster für den Abschlussdienst am Bahnsteig könnten durch Doppelbelegungen am Flughafen verlängert werden. Die infrastrukturellen Voraussetzungen sind in der Infrastrukturliste enthalten (siehe Kapitel 13)

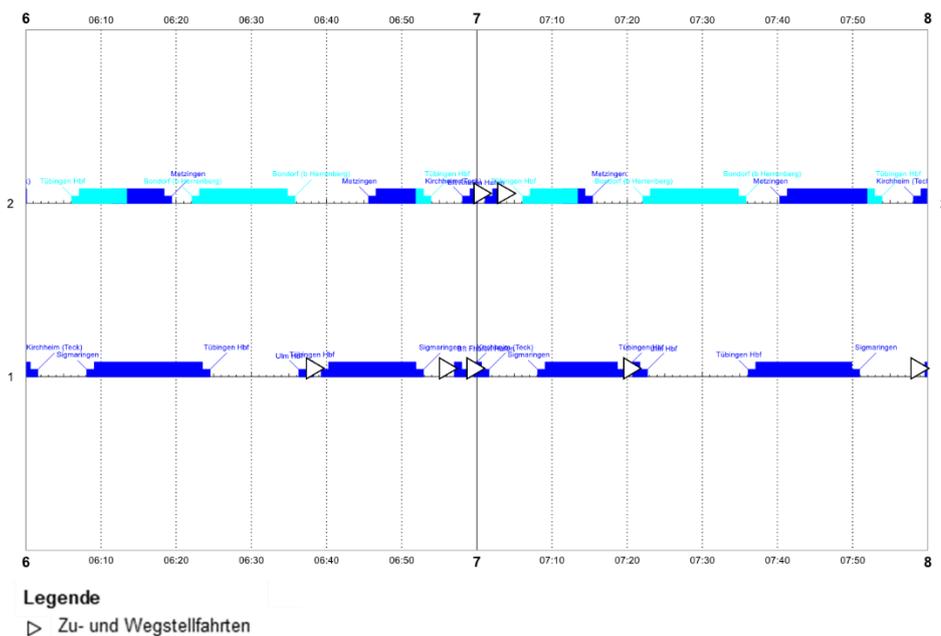


Abbildung 47: In allen Zuständen beim Störfall Hbf identische Gleisbelegung Stuttgart Flughafen mit Zu- und Wegstellfahrten für Wende zwischen Fildertunnel und Stuttgart Flughafen

- Der stündliche FR Zürich – Nürnberg wird über die Panoramabahn und Ludwigsburg geführt.

- Die S-Bahn-Verkehre über die S-Bahn-Stammstrecke verkehren auf voller Linienlänge bis auf minimale Anpassungen entsprechend der Angebotskonzepte im Regelbetrieb.

Alle Netzgrafiken, Bildfahrpläne sowie Gleisbelegungen ausgewählter Bahnhöfe zu den Angebotskonzepten im Regelbetrieb sind dabei in den Anhängen zu finden.

7.2 Referenzfall

Im Referenzfall trägt die Schusterbahn die Hauptlast des umgeleiteten Verkehrs. Über sie werden folgende Verkehre geführt:

- FV Mannheim/Heidelberg – Stuttgart – Ulm mit Ersatzhalt in Esslingen (3 Züge/h und Richtung)
- FV Karlsruhe – Stuttgart – Ulm mit Ersatzhalt in Esslingen (ein Zug/h und Richtung)
- FR Karlsruhe – Stuttgart – Aalen – Nürnberg mit betrieblichem Wendehalt im Rangierbahnhof Untertürkheim (ein Zug/h und Richtung)
- IRE Heilbronn – Stuttgart – Ulm mit Ersatzhalt in Esslingen (2 Züge/h und Richtung)
- IRE Karlsruhe Stuttgart – Tübingen mit Ersatzhalt in Esslingen (0,5 Züge/h und Richtung)
- MEX Heilbronn – Stuttgart – Tübingen mit Halt an allen Zwischenstationen der Schusterbahn (ein Zug/h und Richtung)

Zur Bereitstellung der hierfür nötigen Kapazität wird der Verkehr, welcher im Regelbetrieb über die Schusterbahn verkehrt, ausgelegt (2 Züge/h). Die Zwischenhalte werden durch den einen stündlich über die Schusterbahn umgeleiteten MEX bedient. Insbesondere aufgrund des in Kapitel 7.1 erwähnten Ausschlusses von neuen Durchbindungen im Regionalverkehr ist es nicht möglich, weitere Züge über die Schusterbahn zu führen. Dies gilt auch für die Panoramabahn, welche somit lediglich als Bypass für den IC Zürich – Stuttgart – Nürnberg genutzt werden kann. Ein weiterer Teil des nicht umleitbaren Regionalverkehrs endet in Regionalbahnhöfen innerhalb des S-Bahn-Netzes. Die über Stuttgart Hbf durchgebundenen Linien sind somit mit dem vorzeitigen Enden in Regionalbahnhöfen in zwei Abschnitte aufgeteilt. Wichtigste Endbahnhöfe sind hierbei:

- Ludwigsburg (4 Züge/h; davon ein FV, zwei MEX sowie ein HVZ-Zug mit Wende im Rangierbahnhof Kornwestheim)
- Stuttgart-Feuerbach (4 MEX/h im Fernbahnbereich)
- Stuttgart-Vaihingen (2 MEX/h)

geführt werden kann. Es ist folglich notwendig, einzelne Züge auszulegen. Die Differenz der Zuganzahl zwischen Regelbetrieb und Störfall sind in Abbildung 49 dargestellt. Besonders von der Auslegung von Zügen betroffen sind die Zuläufe aus Richtung Ludwigsburg, Stuttgart-Vaihingen (Enz), Ulm, Backnang und Stuttgart-Vaihingen. Der Unterschied zwischen Murrbahn (von Backnang) und Remsbahn (von Schorndorf) begründet sich insbesondere durch zwei Aspekte: Erstens legen die iterativen, verkehrlichen Bewertungen zur Bereitstellung einer ausreichenden Anzahl an Plätzen ein höheres Angebot nahe, zweitens stehen für die Remsbahn in Waiblingen in diesem Angebotskonzept vier Gleise zur Verfügung, um dort Wenden durchführen zu können. Die Murrbahn verfügt dagegen lediglich über zwei Bahnsteiggleise in Waiblingen, weshalb alle Verkehre bis Stuttgart-Bad Cannstatt geführt werden müssen.

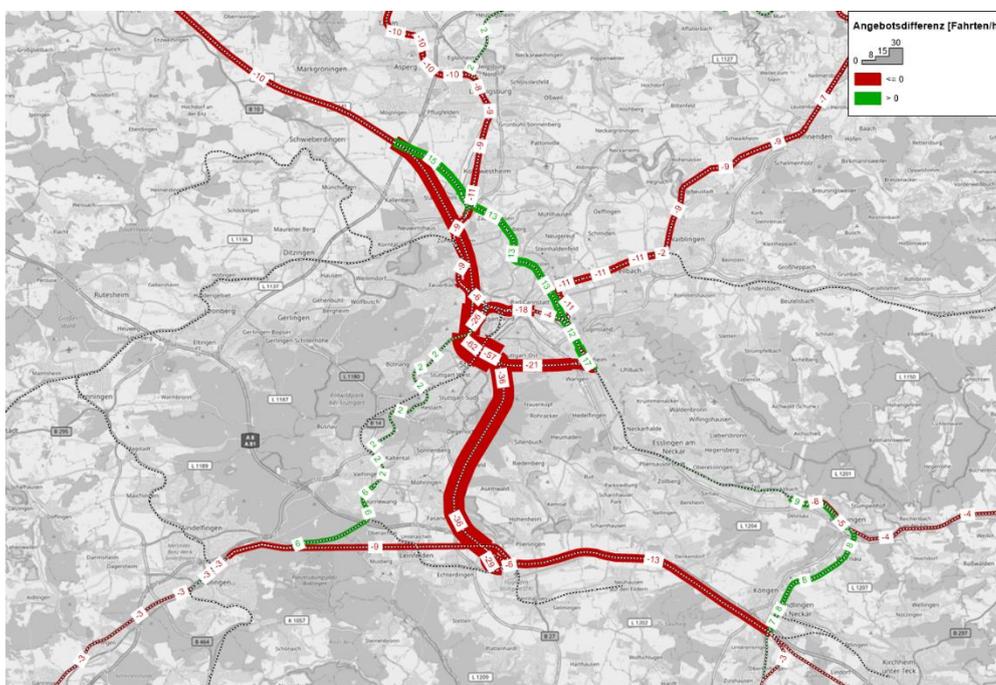


Abbildung 49: Differenz der Zugzahlen/h zwischen Regelbetrieb und Störfall Hauptbahnhof im Referenzzustand nach Strecke (Querschnittsbetrachtung, Hin- und Gegenrichtung aufsummiert)

Im Referenzfall ergibt sich daraus ein Angebotskonzept, welches gravierende Nachteile im Vergleich zum Regelbetrieb aufweist:

- Der wichtigste Ersatzhalt des Fern- und IRE-Verkehrs in Esslingen liegt deutlich außerhalb des Stuttgarter Stadtgebiets. Die überregionalen Verkehre mit besonders hoher Kapazität sind somit weitestgehend nicht mehr direkt an Stuttgart angebunden.

- Der überwiegende Teil des MEX-Verkehrs muss an Endbahnhöfen innerhalb des S-Bahn-Netzes enden und teilweise auch ausgelegt werden. Es entstehen damit zum Teil zwei Teillaufwege mit einer Lücke im Kernbereich im Vergleich zum ursprünglichen Linienverlauf (z.B. zwischen Ludwigsburg und Stuttgart-Bad Cannstatt)
- Der überwiegende Teil der HVZ-Züge muss ausgelegt werden. In Einzelfällen können die Verkehre an neuen Endbahnhöfen innerhalb des S-Bahn-Netzes enden. Es entstehen dann analog zu den MEX-Verkehren Lücken und Teillaufwege.

Der Anschluss des Hauptbahnhofs bleibt durch die S-Bahnen über die Stammstrecke sowie den städtischen öffentlichen Nahverkehr erhalten.

7.3 Ergänzungsstation

Beim Störfall Hauptbahnhof im Zustand mit Ergänzungsstation wird das Angebotskonzept des Referenzfalls prinzipiell übernommen und weiterentwickelt. Wie in Kapitel 5.5 erwähnt sind bei der Ergänzungsstation lediglich eine Bahnsteignutzlänge von 215 Metern unterstellt. Aus diesem Grund entstehen für den Fern- und IRE-Verkehr keine zusätzlichen Möglichkeiten für andere Laufwege oder Halte. Das Angebotskonzept des Referenzfalls wird für diese Züge übernommen. Die meisten Züge dieser Verkehre bedienen folglich Esslingen als Ersatzhalt für Stuttgart Hbf. Dort können 425 Meter lange Züge halten. Auch die Schusterbahn ist daraus resultierend entsprechend des Referenzfalls mit 8,5 Zügen/h belastet. Die Möglichkeiten im Zustand der Ergänzungsstation mit 425 Metern Bahnsteiglänge wurden im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse überprüft, welche in Kapitel 7.5 beschrieben ist.

Zur Ermittlung eines möglichst optimalen Angebotskonzepts im Störfall Hauptbahnhof wurden besonders umfangreiche Iterationen bezüglich der Nachfrage durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass das Angebot in der Ergänzungsstation im Regelbetrieb die Nachfrageströme im Störfall nicht optimal abbildet. Deutlich sinnvoller ist es, möglichst die langlaufenden, zumeist im 30'-Takt verkehrenden MEX-Verkehre in die Ergänzungsstation zu führen. Dies führt dazu, dass zwischen möglichst vielen Punkten im Netz und dem inneren Bereich des Großknotens Stuttgart weiterhin Direktverbindungen möglich sind. Hierfür werden sämtliche HVZ-Verkehre, 1 MEX/h aus Tübingen sowie die S-Bahnen, welche im Regelbetrieb über die Ergänzungsstation verkehren, ausgelegt.

Wie auch im Referenzfall wird im Regionalverkehr beim Störfall Hauptbahnhof ein 30'-Takt MEX im Abschnitt Karlsruhe – Stuttgart statt dem Angebot aus stündlichem MEX und IRE unterstellt. Durch die zusätzliche Infrastruktur im

Kern kann dieser von Stuttgart-Feuerbach bis in die Ergänzungsstation geführt werden. Auch der IRE im Abschnitt Stuttgart – Aalen ist wie im Referenzfall mit einer Länge von 212 Metern unterstellt, weshalb auch dieser bis in die Ergänzungsstation verkehren kann. Aus den beschriebenen Anpassungen in den Außenästen, den Iterationen bezüglich der Nachfrage sowie den Wünschen des Auftraggebers zur Führung der MEX-Verkehre von der Gäubahn in die Ergänzungsstation ergibt sich in der Ergänzungsstation ein Mengengerüst mit den in Tabelle 9 enthaltenen Zielen:

Zielbahnhof	Züge/h (MEX)	Anmerkung
Karlsruhe	2	-
Pforzheim	1	Via Tunnel Langes Feld statt via Bietigheim-Bissingen im Regelbetrieb zur Verstärkung der 2 Züge/h aus Karlsruhe
Heilbronn	3,5	2 der 3,5 Züge verkehren auch im Regelbetrieb in die Ergänzungsstation
Aalen	1	Auf 212 Meter verkürzter IRE
Herrenberg	2	2 Züge/h, davon ein Zug/h verlängert bis Villingen und ein Zug/h nach Freudenstadt/Nagold
Crailsheim via Backnang	2	-
Göppingen	1	Verkehrt auch im Regelbetrieb in die Ergänzungsstation
Nürtingen	1	Verkehrt auch im Regelbetrieb in die Ergänzungsstation
Summe	13,5	-

Tabelle 9: Zugangebot in der Ergänzungsstation im Störfall des Hauptbahnhofs

Im Störfall Hauptbahnhof werden 13,5 MEX-Züge/h in die Ergänzungsstation geführt. Die Abnahme im Vergleich zum Regelbetrieb mit 18 Zügen/h resultiert aus der fehlenden Möglichkeit, neue Durchbindungen herzustellen sowie dem Prinzip, die Taktlagen auf den Außenästen beizubehalten. Hiermit verbunden ist, dass nur sehr beschränkt Kapazitätsoptimierungen möglich sind und die in Kapitel 5.5 beschriebenen niveaugleichen Abkreuzungen im Gleisvorfeld der Ergänzungsstation somit durch die fehlenden Möglichkeiten zur Herstellung von kapazitiv optimalen Lagen häufiger auftreten. Zudem sind, wie in Abbildung 50 zu sehen, teilweise lange Standzeiten in der Ergänzungsstation notwendig. Die Durchbindung der MEX-Verkehre im 30'-Takt zwischen Murrbahn und Gäubahn bleibt bestehen, jedoch verlängert sich die Fahrzeit durch die Führung in die Ergänzungsstation durch den längeren Laufweg mit tieferer Geschwindigkeit sowie den Fahrtrichtungswechsel, sodass die Durchbindung auf eine um 30 Minuten spätere verkehrende Taktlage realisiert wird. Zudem existiert eine stündliche Durchbindung des verkürzten IRE Aalen – Stuttgart auf den 30'-Takt Karlsruhe – Stuttgart.

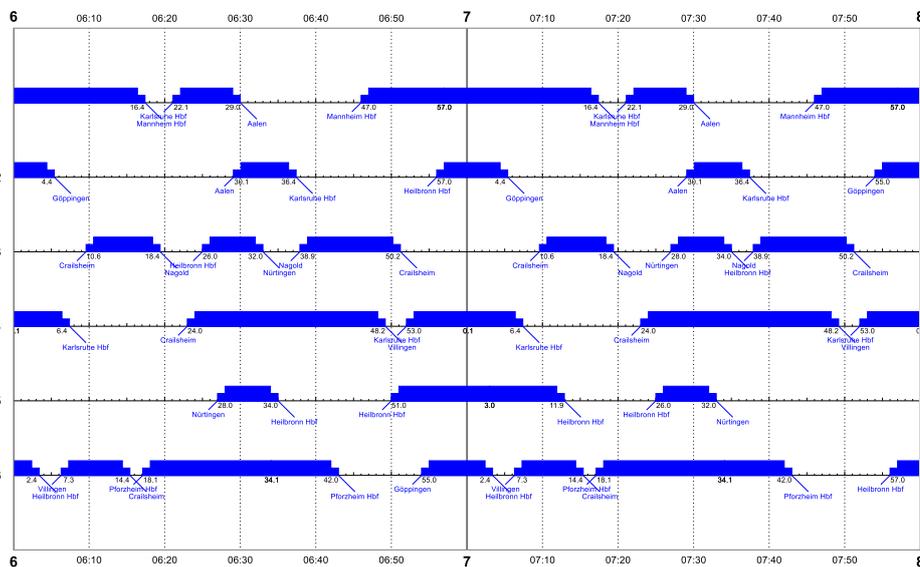


Abbildung 50: Gleisbelegung der Ergänzungsstation beim Störfall Hbf

Im Vergleich zum Referenzfall ergibt sich durch die 13,5 Züge/h, welche in die Ergänzungsstation geführt werden, ein deutliches Mehrangebot an Zügen im Großknoten Stuttgart. Dieses Mehrangebot in Abhängigkeit vom Abschnitt ist in Abbildung 51 als Differenzbetrachtung zum Referenzfall dargestellt. Die leichte Mengenminderung im Abschnitt Stuttgart-Vaihingen – Böblingen resultiert aus dem Auslegen des 30'-Takts Dettenhausen – Ergänzungsstation im Abschnitt Böblingen – Ergänzungsstation für eine Verlängerung des 30'-Takt MEX in die Ergänzungsstation, welcher im Referenzfall bis Stuttgart-Vaihingen verkehrt. Insgesamt bietet die Ergänzungsstation gegenüber dem Referenzfall somit Vorteile für die MEX-Verkehre, die in signifikantem Umfang weiterhin ins Stadtzentrum von Stuttgart geführt werden können.

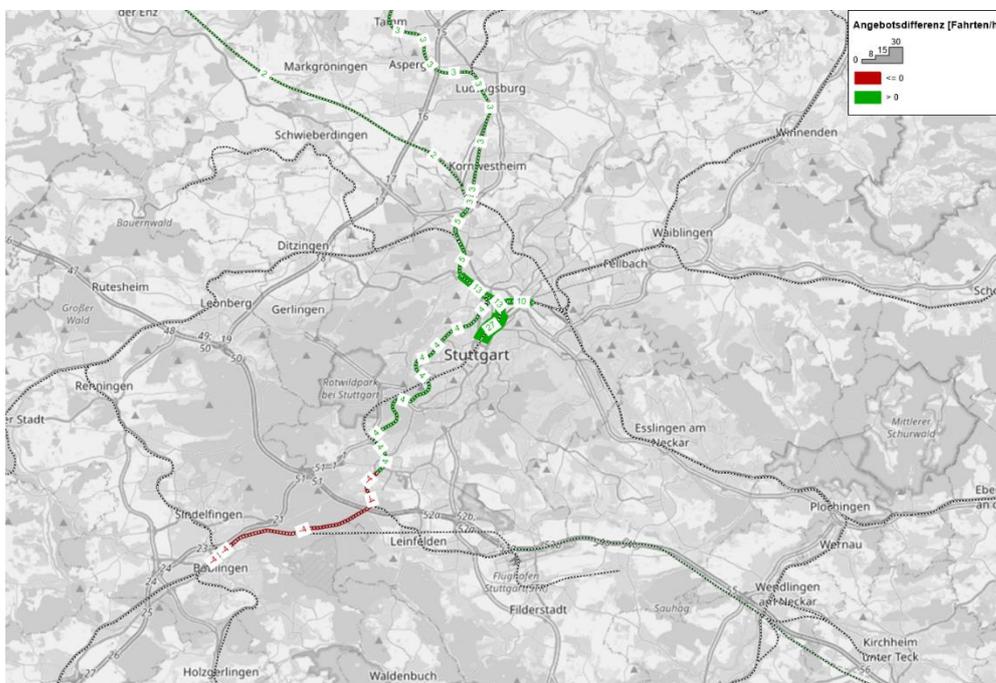


Abbildung 51: Vergleich der Zugzahlen zwischen Zustand mit Ergänzungsstation und Referenzfall im Störfall des Hauptbahnhofs (Querschnittsbetrachtung, Hin- und Gegenrichtung aufsummiert)

7.4 Regional-T-Spange + Nordkreuz

Für den Störfall Hauptbahnhof ist im Zustand mit Regional-T-Spange + Nordkreuz neben dieser Infrastruktur ebenfalls unterstellt, dass die Außengleise des Fernbahnteils in Stuttgart-Bad Cannstatt über Bahnsteignutzlänge von 425 Metern verfügen (Gleis 5 und 8). Ebenfalls untersucht wurde ein Zustand, in dem alle vier Fernbahngleise 425 Metern Bahnsteignutzlänge aufweisen. Dies ist jedoch baulich nicht machbar und deshalb in Kapitel 8.5 als verworfenes Angebotskonzept aufgeführt. Die unterstellten und baulich untersuchten Bahnsteige für 425 Meter lange Züge an Gleis 5 und 8 in Stuttgart-Bad Cannstatt erstrecken sich im Westkopf des Bahnhofs über Weichenverbindungen zu Gleis 6 und 7. Dies führt dazu, dass bei Halten dieser langen Züge auf Gleis 8 Gleis 7 nicht mehr von Westen erreicht werden kann. Dasselbe gilt für Gleis 6 mit einem Halt auf Gleis 5. Bei der Iteration der Angebotskonzepte zeigte sich nachfrageseitig, dass trotz der beschriebenen Einschränkungen durch die Bedienung mit langen Zügen im Vergleich zum Ersatzhalt in Esslingen deutliche Vorteile entstehen, weshalb eine Variante ohne lange Bahnsteige nicht weiterverfolgt wurde. Der deutlich zentrumsnähere Halt in Stuttgart-Bad Cannstatt im Vergleich zu Esslingen für die Züge mit hoher Kapazität macht sich deutlich bemerkbar.

Die oben beschriebenen Vorteile führen dazu, dass folgende Züge mit besonders hoher Kapazität prioritär über die Regional-T-Spange geführt werden:

- FV Mannheim/Heidelberg – Stuttgart – Ulm mit Ersatzhalt in Stuttgart-Bad Cannstatt (3 Züge/h je Richtung)
- FV Karlsruhe – Stuttgart – Ulm mit Ersatzhalt in Stuttgart-Bad Cannstatt (ein Zug/h und Richtung)
- IRE Heilbronn – Stuttgart – Ulm mit Ersatzhalt in Stuttgart-Bad Cannstatt (2 Züge/h und Richtung)
- IRE Karlsruhe – Stuttgart – Aalen in Stuttgart-Bad Cannstatt (ein Zug/h und Richtung)
- IRE Karlsruhe Stuttgart – Tübingen mit Ersatzhalt in Stuttgart-Bad Cannstatt (0,5 Züge/h und Richtung)

Entsprechend den Festlegungen in Kapitel 7.1 werden die drei in Stuttgart endenden FV-Linien/h auch im Zustand mit Regional-T-Spange + Nordkreuz nicht in den Großknoten Stuttgart geführt. Von den anderen im Regelbetrieb via Stuttgart Hbf verkehrenden Zügen mit mehr als 212 Meter können wegen der eingeschränkten Verfügbarkeit von langen Bahnsteigen in Stuttgart Bad-Cannstatt die FR-Linien Karlsruhe – Stuttgart – Nürnberg und Zürich – Stuttgart – Nürnberg nicht über Stuttgart-Bad Cannstatt geführt werden. Bei der FR-Linie zwischen Karlsruhe und Nürnberg begründet sich dies durch die beschriebenen Einschränkungen im Fernbahnbereich von Stuttgart-Bad Cannstatt. Die Führung entspricht deshalb dem Referenzfall mit betrieblichem Wendehalt im Rangierbahnhof Untertürkheim bleibt bestehen. Im Fall der FR-Linie zwischen Zürich und Nürnberg ist aufgrund der in Kapitel 5.6 beschriebenen Anbindung des Nordkreuzes an die S-Bahn-Gleise in Stuttgart-Bad Cannstatt und der dortigen Bahnsteiglänge kein Ersatzhalt in Stuttgart-Bad Cannstatt möglich. Auch hier wird die Führung aus dem Referenzfall mit Ersatzhalt in Ludwigsburg übernommen. Insgesamt können im Fall mit Regional-T-Spange + Nordkreuz 70 % der kommerziellen Ankünfte innenstadtnah am Ersatzhalt in Stuttgart-Bad Cannstatt realisiert werden.

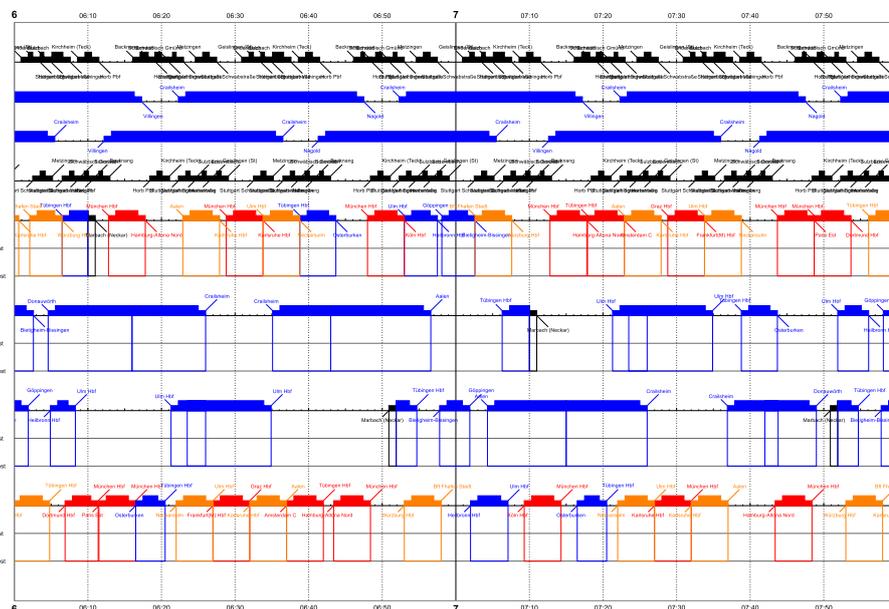


Abbildung 52: Gleisbelegung Stuttgart-Bad Cannstatt beim Störfall des Hauptbahnhofs im Zustand mit Regional-T-Spange und Nordkreuz

Wie in Abbildung 52 zu sehen entsteht durch die über 212 Meter langen Züge (rot und orange) mit den entsprechenden Einschränkungen bei Halt an den Gleisen 5 und 8 für die inneren Gleise 6 und 7 bereits eine sehr hohe Ausnutzung der vorhandenen Kapazität. Die Gleise 5 und 6 in Stuttgart-Bad Cannstatt werden im Störfall aufgrund der Einschränkungen im Westkopf auch als Wendegleise für 3 MEX/h genutzt. Zwei davon erreichen Stuttgart-Bad Cannstatt von Crailsheim via Aalen, ein MEX/h aus Ulm. Hierdurch ergibt sich gemeinsam mit dem MEX über die Regional-T-Spange von Heilbronn ein 30'-Takt MEX zwischen Stuttgart-Bad Cannstatt und Ulm.

Es müssen wegen der eingeschränkten Bahnsteigkapazität in Stuttgart-Bad Cannstatt folgende Angebote des Regelbetriebs auf der Regional-T-Spange ausgelegt werden:

- HVZ-Verkehre (2 Züge/h und Richtung)
- MEX Stuttgart-Bad Cannstatt – Heilbronn (ein Zug/h des 30'-Taktes, damit nur noch ein 60'-Takt)
- S Bahn Stuttgart-Bad Cannstatt – Marbach (ein Zug/h des 30'-Taktes, damit nur noch ein 60'-Takt)

Vom Regelbetrieb verbleibt auf der Regional-T-Spange somit ein 60'-Takt der S-Bahn sowie zwei 60-Takte MEX. Diese werden um einen weiteren umgeleiteten

60'-Takt MEX zwischen Tübingen und Osterburken ergänzt. Somit verkehren insgesamt mit der Umroufung des Fernverkehrs 13,5 Züge pro Stunde und Richtung auf der Regional-T-Spange. Davon halten lediglich 4 im Bahnhof Stuttgart-Feuerbach, was die Zahl der kommerziellen Ankünfte dort von 22 im Regelbetrieb auf 8 im Störfall des Hauptbahnhofs reduziert.

Die Abbildung 53 zeigt die Differenz der Zugzahlen im Zustand mit Regional-T-Spange und dem Referenzfall.

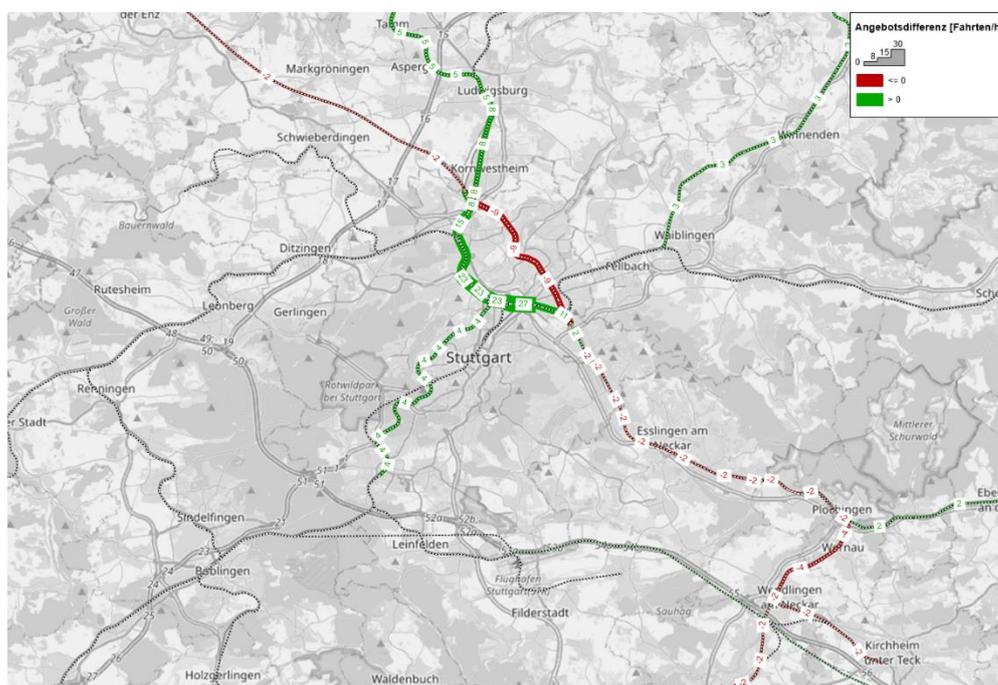


Abbildung 53: Vergleich der Zugzahlen zwischen Zustand mit Regional-T-Spange + Nordkreuz sowie Referenzfall im Störfall des Hauptbahnhofs (Querschnittsbetrachtung, Hin- und Gegenrichtung aufsummiert)

Wie in Abbildung 53 zu sehen, wird auch das Nordkreuz als Umleitungsstrecke genutzt. Hier verkehrt der 30'-Takt MEX zwischen Gäubahn und Murrbahn. Wie auch im Fall mit Ergänzungsstation kann durch die Umleitungsstrecke die Fahrzeit im Vergleich zum Regelbetrieb via Hauptbahnhof nicht eingehalten werden, weshalb im Vergleich zum Regelbetrieb eine Durchbindung auf den jeweils 30 Minuten später verkehrenden MEX realisiert wird. Hieraus resultiert eine längere Standzeit in Stuttgart-Bad Cannstatt. Der 30'-Takt des MEX ersetzt hierbei auch den im 30'-Takt verkehrenden Verkehr über das Nordkreuz im Regelbetrieb. Die Schusterbahn übernimmt neben dem stündlichen FR-Verkehr Karlsruhe – Stuttgart – Nürnberg auch eine Entlastungsfunktion für den Bahnhof Ludwigsburg. Aufgrund der beschränkten Infrastruktur für wendende Züge im Rangierbahnhof Kornwestheim können hier nicht alle Züge des Regelbetriebs, für welche keine

Kapazität auf der Regional-T-Spange zu Verfügung steht, gewendet werden. Aus diesem Grund wird ein 30'-Takt MEX von Pforzheim über die Schusterbahn nach Untertürkheim als Fluchtfahrt verlängert. Da in Stuttgart-Untertürkheim die Kapazität für wendende Züge beschränkt ist, verkehrt ein 60'-Takt von Kornwestheim nach Stuttgart-Untertürkheim nur bis Stuttgart Ebitzweg mit einer Wende im Bereich des Abstellbahnhofs Stuttgart-Untertürkheim. Das Mengengerüst über die Schusterbahn liegt allerdings, wie ebenfalls in Abbildung 53 zu sehen, aufgrund der Führung eines hohen Anteils des Fernverkehrs über die Regional-T-Spange deutlich unter dem des Referenzfalls.

Da der Bahnhof Stuttgart-Bad Cannstatt durch die hohe Belastung im Fernverkehr nur noch eingeschränkt für wendende Züge aus Richtung Osten zur Verfügung steht, müssen im Vergleich zum Referenzfall jeweils ein 60'-Takt Nürtingen – Stuttgart und Kirchheim – Plochingen – Stuttgart ausgelegt werden. Diese Nachteile sind aufgrund der deutlichen Vorteile bei den Zügen des Fern- und IRE-Verkehrs jedoch unwesentlich. Bezogen auf die Dimension des Störfalls ist durch die Regional-T-Spange ein sinnvolles und leistungsstarkes Ersatzkonzept insbesondere im Fern- und IRE-Verkehr möglich.

7.5 Sensitivitätsbetrachtung: Ergänzungsstation 425 Metern

Da sich im Störfall Hbf im Zustand mit Regional-T-Spange und langen Gleisen in Stuttgart-Bad Cannstatt ein hoher Nutzen für einen zentrumsnahen Ersatzhalt zeigte, wurde als Sensitivitätsbetrachtung auch ein Zustand untersucht, bei dem 4 der 6 Gleise der Ergänzungsstation von Zügen mit einer Länge von bis zu 425 Metern angefahren werden können. Die langen Gleise sind dabei die Gleise 1, 2, 5 und 6, während der mittlere Bahnsteig weiterhin nur von bis zu 212 Meter langen Zügen bedient werden kann. Wie im Fall der Ergänzungsstation mit 215 Metern Bahnsteignutzlänge muss auch in der Sensitivitätsbetrachtung nahezu das vollständige Angebot des Regelbetriebs ausgelegt werden. Lediglich ein 60'-Takt MEX des Regelbetriebs bleibt im Störfall des Hauptbahnhofs erhalten. Wie in Abbildung 54 zu sehen werden die langen Gleise primär dafür genutzt, Fern- und IRE-Verkehre aufzunehmen. Aufgrund der Mindestwendezeit von 6 Minuten sowie den in Kapitel 5.5 beschriebenen Konflikten in den Zuläufen und im Bahnhofskopf können allerdings nicht alle Fern- und IRE-Züge in die Ergänzungsstation geführt werden. Von den über 212 Meter langen Zügen, die im Regelbetrieb über den Hbf geführt werden, können folgende Verkehre nicht in die Ergänzungsstation geführt werden:

- In allen Zuständen im Störfall des Hauptbahnhofs ausgelegte, regulär in Stuttgart endende FV-Züge (2/Züge/h und Richtung)

- FV-Linie (Amsterdam) – Mannheim – Stuttgart – Tübingen (0,5 Züge/h und Richtung)
- FR-Linie Karlsruhe – Stuttgart – Nürnberg (ein Zug/h und Richtung)
- FR-Linie Zürich – Stuttgart – Nürnberg (ein Zug/h und Richtung)
- IRE-Linie Karlsruhe Stuttgart – Tübingen mit Ersatzhalt in Stuttgart-Bad Cannstatt (0,5 Züge/h und Richtung)

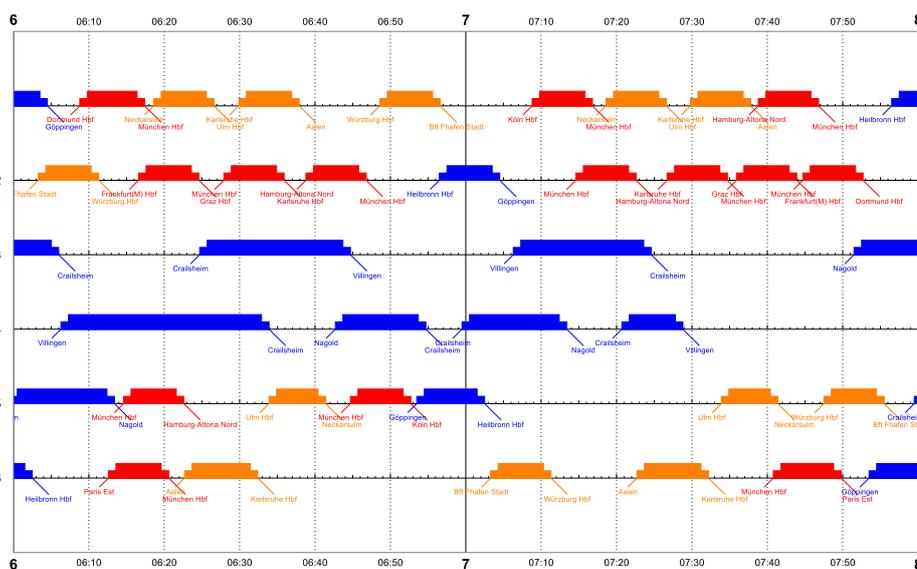


Abbildung 54: Gleisbelegung Ergänzungsstation beim Störfall des Hauptbahnhofs im Zustand mit Ergänzungsstation und einer Bahnsteiglänge von 425 Metern auf den Gleisen 1,2,5 und 6.

Somit können im Zustand der Ergänzungsstation mit vier 425 Meter langen Bahnsteigen 6,5 60'-Takte und damit 60 % der kommerziellen Ankünfte von über 212 Meter langen Zügen mit Ersatzhalt in der Ergänzungsstation verkehren. Dies sind etwas weniger als die 70 % im Fall des Ersatzhalts in Stuttgart-Bad Cannstatt im Zustand mit Regional-T-Spange + Nordkreuz. Neben den über 212 Meter langen Zügen und dem erwähnten 60'-Takt MEX entsprechend dem Regelbetrieb wird, wie auch im Zustand der Ergänzungsstation mit 215 Metern Bahnsteignutzlänge, die Durchbindung zwischen Gäubahn und Murrbahn im 30'-Takt aufrechterhalten. Auch hier erfolgt die Durchbindung aufgrund der längeren Fahrzeit sowie der Wendezeit in der Ergänzungsstation auf eine um 30 Minuten später verkehrende Taktlage. Somit verkehren neben den 6,5 Stunden-takten von über 212 Meter langen Zügen noch 3 MEX-Züge/h in die Ergänzungsstation, woraus sich 19 kommerzielle Ankünfte/h ergeben. Wie in Abbildung 55 zu sehen ist damit auch eine deutliche Steigerung der möglichen Zugzahlen auf den Zulaufstrecken der Ergänzungsstation verbunden.

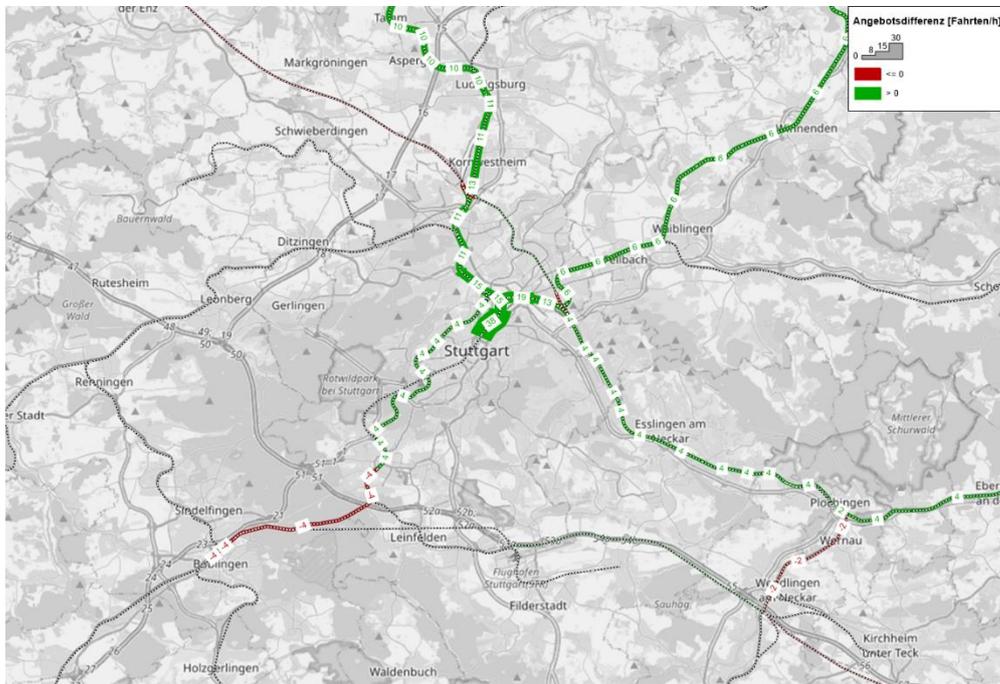


Abbildung 55: Vergleich der Zugzahlen zwischen Zustand mit Ergänzungsstation und Referenzfall im Störfall des Hauptbahnhofs (Querschnittsbetrachtung, Hin- und Gegenrichtung aufsummiert)

8 Verworfenne Angebotskonzepte

8.1 Anbindung der neuen Infrastrukturen an die S-Bahn-Gleise in Stuttgart-Bad Cannstatt und Stuttgart-Feuerbach

Die Planungen und Voruntersuchungen des Auftraggebers sahen für die Ergänzungsstation in Richtung Stuttgart-Feuerbach eine Anbindung sowohl an die S-Bahn-Gleise als auch an die Fernbahn via P-Option beziehungsweise in Richtung Stuttgart-Vaihingen via Panoramabahn vor. In Richtung Stuttgart-Bad Cannstatt war eine Anbindung an die S-Bahn-Gleise gemäß den ursprünglichen Planungen für die T-Spange vorgesehen. Diese Planungen wurden, wie in der Abbildung 56 zu sehen, bautechnisch untersucht und als umsetzbar bewertet.

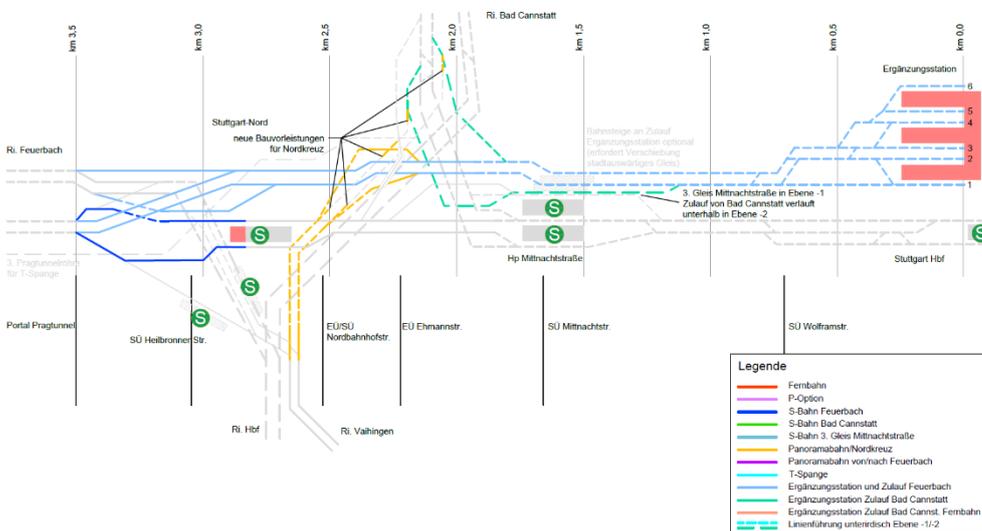


Abbildung 56: Ausgangslage Anbindung Ergänzungsstation

Das Ziel für die ersten auszuarbeitenden Angebotskonzepte für die Ergänzungsstation war die Nutzung der dargestellten Konfiguration als Grundlage. Es zeigte sich im iterativen Vorgehen aus der Angebotserstellung und der verkehrlichen Bewertung jedoch, dass ein hoher verkehrlicher Nutzen der mit der Ergänzungsstation möglichen Züge eher in länger laufenden und beschleunigten Zügen als in Zügen mit S-Bahn-Haltepolitik zu finden war. Somit wäre die Nutzung der S-Bahn Gleise in Richtung Stuttgart-Feuerbach und Stuttgart-Bad Cannstatt zwar infrastrukturell möglich, wegen der Geschwindigkeitsdifferenz der attraktiveren beschleunigten Züge zu den S-Bahnen mit allen Halten müsste aber möglichst bald ein Übergang von der S-Bahn-Infrastruktur auf die Fernbahn angestrebt werden. Folgende Verknüpfungspunkte bieten sich hierfür an:

- Richtung Ludwigsburg: Die folgenden Überlegungen sind relevant, sofern auf die Anbindung der Ergänzungsstation oder der T-Spange an die P-Option wegen der Kosten oder sonstiger Gründe verzichtet werden würde. Von Stuttgart kommend ist zunächst zwischen der Fern- und S-Bahn ein Linienbetrieb umgesetzt. Durch die Umstellung auf Richtungsbetrieb nördlich von Zuffenhausen ist die frühestmögliche sinnvolle Überleitung zwischen der S-Bahn und der Fernbahn im Bereich des Bahnhofs Kornwestheim mit zusätzlichen Weichenverbindungen realisierbar. Die Überleitung kann so ohne kreuzende Fahrstraßen und teure Bauwerke realisiert werden. Prinzipiell wäre eine Überleitung auch weiter nördlich möglich, da aber durch die weiteren Halte im S-Bahn-Bereich die schnelleren Züge eher auf die S-Bahn auflaufen, sind diese Möglichkeiten kapazitiv weniger geeignet.
- Richtung Waiblingen: Analog zur Überleitung im Bereich Kornwestheim bietet sich hier eine infrastrukturarme Verknüpfung im Bereich zwischen der Überführung über die Güterumgehungsbahn und der Nürnberger Straße an. Ob die vorhandenen Weichen genutzt werden können oder ggf. an anderer Stelle schneller befahrbare Weichen eingebaut werden sollten, müssten Detailuntersuchungen zeigen.
- Richtung Plochingen: Auf diesem Linienast ist infrastrukturell durchgehend Linienbetrieb umgesetzt. Ohne ein Überwerfungsbauwerk ist somit eine Überleitung nur mit kreuzenden Fahrstraßen möglich. Jedoch sind hierfür zwischen Stuttgart-Bad Cannstatt und Untertürkheim mehrere Stellen denkbar. Zudem ist hier die Belastung der Fernbahn eher gering, so dass das Kreuzen des Gegengleises eher als auf den anderen Strecken akzeptiert werden könnte. Eine spätere Anordnung der Überleitung im Bereich Esslingen wird wegen der dann höheren Belastung der Fernbahn mit den Zügen aus Richtung Stuttgart Hbf als nicht sinnvoll erachtet.

Da somit wie gewünscht die geplanten Anbindungen beibehalten werden können und auch für Störfälle im Bereich der S-Bahn Vorteile bestehen, erfolgte die Ausarbeitung der Angebotskonzepte mit dieser dargestellten Infrastrukturkonfiguration. Die Angebotskonzepte für den Referenzfall, den Zustand mit Ergänzungsstation sowie T-Spange + Nordkreuz sind im Foliensatz einer Abstimmungssitzung vom 17. Februar 2022 in Anhang 4 enthalten.

Aus der Ausarbeitung der Angebotskonzepte konnten die folgenden relevanten Erkenntnisse im Hinblick auf die Anbindung der neuen Infrastrukturen in Richtung Stuttgart-Bad Cannstatt und Stuttgart-Feuerbach gewonnen werden:

- Anbindung der Ergänzungsstation und T-Spange an die S-Bahn in Richtung Stuttgart-Feuerbach: Die Anbindung ist für die überwiegende Anzahl der Züge der neuen Infrastrukturen nicht sinnvoll nutzbar. Lediglich S-Bahnen aus Richtung Weil der Stadt oder Ludwigsburg können diese Anbindung

sinnvoll nutzen. In den letztendlich für die verschiedenen Zustände ausgearbeiteten Konzepten verkehren nur im Zustand mit Ergänzungsstation zwei 30'-Takte über diese Verbindung.

- Anbindung der Ergänzungsstation und T-Spange an die Fernbahn in Richtung Stuttgart-Feuerbach: Diese Anbindung wird von (fast) allen Zügen zu den neuen Infrastrukturen genutzt und ist aus kapazitiver und betrieblicher Sicht sehr sinnvoll.
- Anbindung der Ergänzungsstation an die S-Bahn in Richtung Cannstatt: Ein Angebotskonzept mit dieser Anbindung ist konstruierbar. Durch die direkt aufeinanderfolgende Führung über mehrere mit unterschiedlichen Verkehren stark ausgelastete Bereiche (Ergänzungsstation mit Weichenvorfeld und Zuführung, S-Bahn-Strecke, Bahnhof Stuttgart-Bad Cannstatt, Fernbahn in Richtung Waiblingen oder Plochingen) ist die Fahrplankonstruktion jedoch anspruchsvoll und nur mit Fahrzeitzuschlägen möglich. (Alternativ könnten auch die Trassen aus der Ergänzungsstation bevorzugt werden, dann könnten jedoch die Trassen von Stuttgart Hbf bzw. der S-Bahn nicht ihre optimale Lage erhalten.) Zudem würden mit dem schnell aufeinanderfolgenden Wechsel zwischen verschiedenen Strecken im Verspätungsfall schnell Verspätungen von einem in das andere System (z.B. aus der Ergänzungsstation auf die S-Bahn) übertragen werden.
- Anbindung der T-Spange an die S-Bahn in Richtung Cannstatt: Analog der Ausführung zur Ergänzungsstation entstehen für die T-Spange ähnliche Verhältnisse. Die Synchronisation der Trassen zwischen der Fernbahn von Ludwigsburg, der S-Bahn-Strecke und der Fernbahn in Richtung Waiblingen oder Plochingen erfordert in ähnlichem Maße Fahrzeitzuschläge und ist ein Risiko für die Betriebsstabilität.

Die Schwierigkeiten bei der Anbindung an die S-Bahn-Gleise in Richtung Stuttgart-Bad Cannstatt zeigen sich auch an der Belastung der S-Bahn mit 16 Zügen pro Stunde. Hingegen ist die Fernbahn mit 8 Zügen pro Stunde deutlich schwächer ausgelastet. Somit kann leichter eine Trasse bis nach Stuttgart-Bad Cannstatt gefunden werden. Zudem bietet der Fernbahnteil in Stuttgart-Bad Cannstatt auch mehr Kapazität für Synchronisationshalte bei der Verknüpfung der Trassen aus Richtung Ludwigsburg mit denen in Richtung Plochingen oder Waiblingen. So ergibt sich mit den gewonnenen Erkenntnissen aus den Angebotskonzepten hinsichtlich der Angebotsqualität, Kapazitätsausnutzung und Betriebsqualität die folgenden Empfehlungen für die verschiedenen Anbindungen:

- Ergänzungsstation und T-Spange in Richtung Stuttgart-Feuerbach: Die Anbindung an die P-Option bzw. Fernbahn ist klar zu bevorzugen. Die Anbindung an die S-Bahn kann von einzelnen S-Bahnen oder im Störfall genutzt werden.

-
- Ergänzungsstation und T-Spange in Richtung Stuttgart-Bad Cannstatt: Die Anbindung an die Fernbahn ist klar zu bevorzugen.

Aufgegeben werden mit der Anbindung an die Fernbahn insbesondere Vorteile hinsichtlich der Störungsfälle der S-Bahn-Stammstrecke. Diese wiegen aber weniger stark als die Vorteile im Fernbahnbereich. Zudem entsteht insbesondere im Zustand mit T-Spange + Nordkreuz eine deutlich leistungsfähigere Alternative im Störfall (siehe Kapitel 6.4).

Aus den genannten Gründen wurde die Anbindung an die S-Bahn in Stuttgart-Bad Cannstatt nicht mehr weiterverfolgt und sowohl für die Ergänzungsstation als auch die T-Spange nur noch die Anbindung an die Fernbahn betrachtet (siehe Kapitel 5).

8.2 Einbindung der Panoramabahn in die P-Option

Die Planungen und Voruntersuchungen des Auftraggebers sahen für die Einbindung der Panoramabahn in Richtung Stuttgart-Feuerbach eine niveaufreie Anbindung an die P-Option vor. In sämtlichen Angebotskonzepten wurde daher zunächst eine solche Einbindung unterstellt. Neben dieser Einbindung wurde auch eine Anbindung an die S-Bahn unterstellt, die allerdings, wie in Abbildung 57 zu sehen, in Richtung Stuttgart-Feuerbach eine kurze Fahrt im Richtungs- und Gegengleis auf der P-Option erfordert. Auch die Einbindung der untersuchten zusätzlichen Infrastruktur der P-Option muss hierbei gekreuzt werden. Aufgrund der hohen Zugzahlen in den untersuchten Konzepten ist eine Führung von Zügen der Panoramabahn über die Anbindung via P-Option auf die S-Bahn nicht möglich. Die betrieblich-verkehrlichen Iterationen ergaben jedoch, dass eine Anbindung an die S-Bahn in Stuttgart-Feuerbach sinnvoller ist. Die Gründe hierfür werden in Kapitel 3.4.5 erläutert. Aus diesem Grund wurde als Ergebnis dieser Untersuchung eine niveaufreie Anbindung der Panoramabahn an die S-Bahn Richtung Stuttgart-Feuerbach abgeleitet. Baulich ist mit dieser Variante auch eine niveaugleiche Einbindung in die Fernbahn vorgesehen.

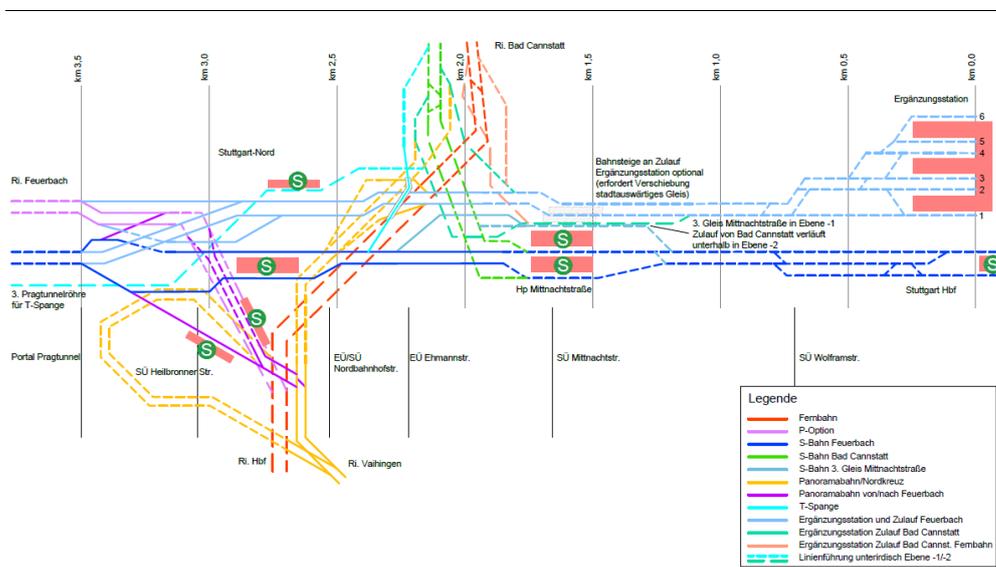


Abbildung 57: Zunächst unterstellte Anbindung der Panorambahn an die Fernbahn

8.3 Störfälle Hbf mit neuen Durchbindungen im Regionalverkehr

Bei den Störfällen Stuttgart Hauptbahnhof wurden in jedem Zustand auch Konzepte erstellt, die neue Durchbindungen zwischen den Korridoren des Regionalverkehrs vorsehen. Diese zusätzliche Flexibilisierung in der Störfall-Planung ermöglicht deutlich verbesserte Konzepte in allen untersuchten Zuständen gegenüber dem Verzicht auf neue Durchbindungen. Grund hierfür ist, dass sich durch neue Durchbindung die betrieblichen Möglichkeiten im Störfall erweitern. So ist es beispielsweise möglich, den halbstündlichen MEX-Verkehr von Freudenstadt und Villingen über die Panorambahn Richtung Heilbronn zu führen. Ohne neue Durchbindungsmöglichkeit müssen die Verkehre abhängig vom Zustand oftmals in Bahnhöfen wie Stuttgart-Vaihingen beziehungsweise Ludwigsburg vorzeitig enden (siehe Kapitel 7). Diese neuen Durchbindungen erzeugen folgende positive Effekte:

- Es werden umsteigefreie Direktverbindungen geschaffen, welche die Reisezeit für Teile der Reisenden verkürzen
- Das im Störfall Stuttgart Hauptbahnhof stark belastete S-Bahn-Netz wird entlastet.
- Das vorzeitige Enden von Linien in vorgelagerten Bahnhöfen (siehe Kapitel 7.2) und die Auftrennung in zwei Teillaufwege kann reduziert werden. Dies führt zur Entlastung dieser Bahnhöfe und zur Reduktion der ausgelegten Linien bzw. Teillaufwegen.

Die konzeptionellen und verkehrlichen Vorteile zeigen, welches Potenzial sich durch diese Flexibilisierung vorhanden ist. Mit verschiedenen Eisenbahnverkehrsunternehmen und den zum Teil langen Laufwegen im Regionalverkehr sind neue Durchbindungen allerdings organisatorisch äußerst anspruchsvoll, weshalb diese Möglichkeit in Abstimmung mit dem Auftraggeber nicht weiter unterstellt wurde.

8.4 Einplanung von 6 S-Bahnen/h zwischen Stuttgart-Vaihingen und Ergänzungsstation im Störfall S-Bahn-Stammstrecke

Im Zustand mit Ergänzungsstation wurden auf Wunsch des Auftraggebers im Störfall der S-Bahn-Stammstrecke zunächst 6 Züge/h der S-Bahn von Stuttgart-Vaihingen in die Ergänzungsstation geführt. Dieses Mengengerüst erwies sich je doch als nicht nachfragestark. Der Hauptgrund hierfür ist, dass durch die sehr gute Verknüpfung zwischen dem städtischen Öffentlichen Nahverkehr und der S-Bahn in Stuttgart-Vaihingen bereits sehr gute Fahrtmöglichkeiten mit zum Teil kürzeren Reisezeiten bestehen. Aus diesem Grund wurde das Konzept zugunsten der Durchbindung von zwei 30'-Takten zwischen Stuttgart-Vaihingen und Stuttgart-Bad Cannstatt verworfen.

8.5 425 Meter lange Bahnsteige an allen Gleisen der Fernbahn in Stuttgart Bad-Cannstatt

Im Zustand mit Regional-T-Spange + Nordkreuz wurde im Störfall des Hauptbahnhofs zunächst ein Zustand unterstellt, bei dem alle vier Gleise im Fernbahnbereich des Bahnhofs Stuttgart-Bad Cannstatt (Gleis 5 bis 8) über eine Bahnsteignutzlänge von 425 Metern verfügen. Das darauf basierende Konzept weist durch die höhere Flexibilität in der Gleisbelegung und die in Kapitel 8.3 beschriebene und in dem hier erarbeiteten Konzept unterstellte Flexibilität bei den Durchbindungen über deutlich höhere Zugzahlen auf als das final bewertete Konzept in der Variante mit zwei verlängerten Bahnsteigkanten (siehe Kapitel 7.4). Parallele technische Machbarkeitsuntersuchungen durch den Auftraggeber ergaben, dass eine Verlängerung der Bahnsteige an allen vier Bahnsteigkanten im Fernbahnbereich baulich nicht umsetzbar ist. Aus diesem wurde die Variante nicht weiterverfolgt und ein Ausbau entsperrend der Beschreibung in Kapitel 7.4 unterstellt.

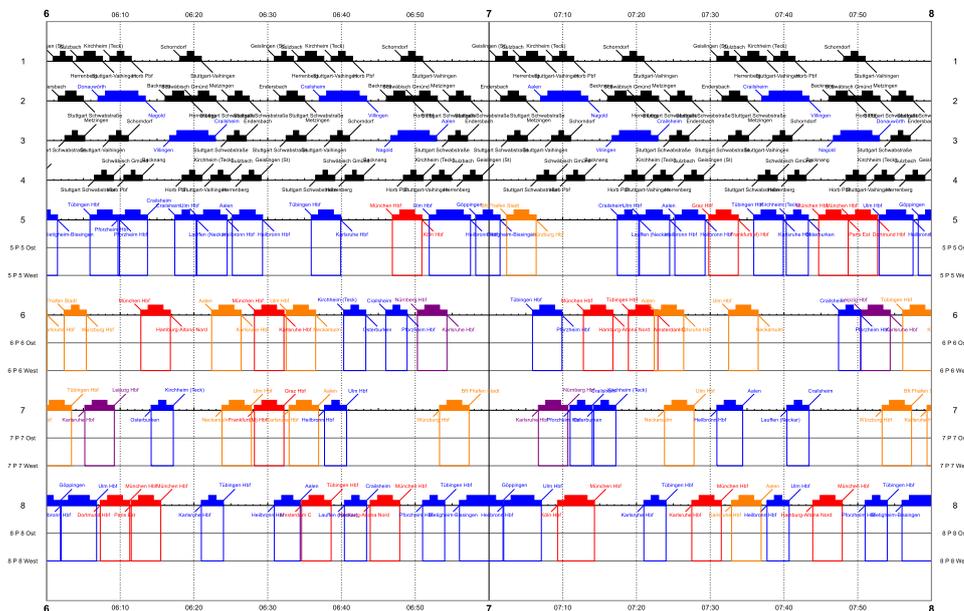


Abbildung 58: Gleisbelegung in Stuttgart-Bad Cannstatt im Störfall des Hauptbahnhofs im Zustand mit Nordkreuz und T-Spange und vier 425 Meter langen Bahnsteigen im Fernbahnbereich

8.6 Verkehrsplanerische Iterationen

Im Laufe der Bearbeitung der Untersuchung wurden immer wieder aus dem iterativen Prozess zwischen SMA und VWI heraus kleinere Anpassungen und Optimierungen in den Betriebskonzepten vorgenommen. Bei der verkehrlichen Bewertung der Betriebskonzepte wurde dabei einerseits versucht die gesetzten Ziele für eine attraktive Fahrzeugauslastung in der Spitzenstunde einzuhalten und andererseits möglichst hohe verkehrliche Nutzen für die Fahrgäste zu generieren. Daraus ergaben sich im iterativen Prozess u.a. diese Anpassungen:

- Das anfängliche Angebotskonzept auf dem S6-Ast mit Flügeln und Kuppeln in Renningen wurde aufgelöst, um betriebliche Zwangspunkte sowie lange Standzeiten in Renningen zu vermeiden und bestehende Überlastungen zu verhindern. Durch ein neues Angebotskonzept mit vier schnellen und vier langsamen Zügen pro Stunde zwischen Stuttgart-Feuerbach und Renningen können die Überlastungen vermieden werden und ein verkehrlich attraktives Angebot geschaffen werden. Dazu ist ein durchgehend zweigleisiger Ausbau bis Weil der Stadt notwendig.
- Für die Hermann-Hesse-Bahn ergibt sich daraus ein schneller 30-min-Takt in die S-Bahn-Stammstrecke mit einer Fahrzeit von unter einer Stunde und

attraktivem Eckanschluss Richtung Böblingen. Dabei ist ein neuer Kreuzungsbahnhof in Althengstett für neue nullsymmetrische Fahrlagen notwendig.

- Durch die Einführung zusätzlicher Express-S-Bahnen auf der Gäubahn hat sich gezeigt, dass es zu ausgeprägten Nachfragespitzen im südlichen Zulauf auf Böblingen kommt. Durch die starke Konzentration von Arbeitsplätzen am S-Bahn Halt Hulb ist es in ersten Berechnungen hierbei zu Überlastungen gekommen, weshalb HVZ-Verstärker-Fahrten im Regionalverkehr als Ergebnis dieser Iteration auch den Halt Hulb bedienen.

Im anfänglichen ausgearbeiteten Angebotskonzept ist es noch zu Überlastungen der S4 zwischen Marbach und Ludwigsburg gekommen. Da dieser Abschnitt alleinig von der S-Bahn bedient wird und kein paralleler Regionalverkehr verkehrt, sind zusätzliche S-Bahn Fahrten notwendig. Auch die im Verkehrswendeszenario hinterlegte Bottwartalbahn führt zu einer erhöhten Nachfrage ab Marbach.

9 Verkehrliche Bewertung Konzepte Regelbetrieb

Im Folgenden werden die drei Zustände Referenzfall, Ergänzungsstation und Regional-T-Spange + Nordkreuz verkehrlich bewertet. Dazu werden die Ergebnisse der verkehrlichen Rechnung jeweils kartografisch dargestellt, die relevanten Kenngrößen ausgewertet und die verkehrlichen Effekte erläutert. In Kapitel 9.4 werden die Ergebnisse des Regelbetriebs gesamthaft gegenübergestellt und interpretiert. Die Berechnungen und Auswertungen basieren dabei stets auf den in Kapitel 3.2.3 getroffenen Festlegungen.

9.1 Referenzfall

Die Ergebnisse der verkehrlichen Rechnung sind in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt. Die wichtigsten verkehrlichen Kenngrößen sind in Tabelle 10 enthalten. Die Berechnungsergebnisse werden mit dem Ausgangszustand Verkehrswende Deutschlandtakt verglichen, um die verkehrlichen Wirkungen des Referenzfalls gegenüber diesem Zustand ersichtlich zu machen.

Der Referenzfall führt fast im gesamten Schienennetz der Region Stuttgart zu deutlichen Fahrgastgewinnen, sodass netzweit über 100.000 zusätzliche ÖV-Fahrten gewonnen werden. Einher geht ebenfalls ein deutlicher Anstieg der Verkehrsleistung, welche bei einer sich ergebenden durchschnittlichen Länge der gewonnenen Fahrten von ca. 28 km zu einer spürbaren flächigen Zunahme der Verkehrsleistung im VRS-Gebiet um ca. 7 % führt. Diese weitreichenden Fahrgastgewinne zeigen sich auch im Differenzplot der ÖV-Streckenbelastungen. Der größte Zuwachs ergibt sich im südlichen Zulauf bei der S-Bahn zwischen Stuttgart-Rohr und Stuttgart-Vaihingen. Insbesondere die zusätzlichen Linien über die Panoramabahn mit attraktiven Zwischenhalten und Durchbindungen sowie zusätzliche Fahrten über die S-Bahn-Stammstrecke und die Einführung von Express-S-Bahnen auf der Gäubahn sorgen für Fahrgastverlagerungen, welche auch zu einer Entlastung des Pfaffensteigtunnels führen. Ebenfalls hervorzuheben sind die deutlichen Nachfragegewinne auf dem Ast der S-Bahn Linie S6, welcher durch die Auflösung des Flügels / Kuppelns in Renningen und einer Neuordnung mit 4 Express-Fahrten und 4 Fahrten mit allen Zwischenhalten sowie einer direkten Durchbindung Richtung Böblingen deutlich attraktiver wird. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der S4 Richtung Marbach. Durch die Neustrukturierung des S-Bahn-Netzes mit Verlängerungen auf Außenästen, Einführung von Express-Linien, Taktverdichtungen insbesondere auf von der S-Bahn allein befahrenen Abschnitten und der Nutzung eines sekundären Netzes (Schusterbahn, Panoramabahn) kann diese nochmals attraktiver werden, was zu deutlichen Fahrgastgewinnen und Verlagerungen vom Regionalverkehr führt. Da auch der Regionalverkehr ausgeweitet wird, führen diese Verlagerungen in

der Regel nicht zu einem Fahrgastrückgang im Regionalverkehr. Eine Ausnahme ist die Gäubahn, da die Züge über die Panoramabahn in dieser Untersuchung als S-Bahnen klassifiziert werden. Viele Fahrgäste wählen die attraktiven Angebote via Panoramabahn, weshalb im Bereich des Pfaffensteigtunnels die Nachfrage moderat zurückgeht. Die größten Fahrgastgewinne im Regionalverkehr ergeben sich durch die Einführung der neuen Express-Verbindung nach Kirchheim (T) (StuKiX) und Taktverdichtungen im Nordzulauf, welche in Richtung Stuttgart teilweise nur bis Ludwigsburg sowie bis Stuttgart-Bad Cannstatt realisiert werden können, da die Infrastruktur im Knoten selbst mit dem deutlich ausgeweiteten Angebot ausgelastet ist. Entlastungen im Tunnel Stuttgart-Bad Cannstatt und der P-Option begründen sich durch weniger Fahrten via P-Option und Verlagerungen zur Panoramabahn und in die S-Bahn-Stammstrecke. Insgesamt können die Zulaufkorridore deutlich gestärkt werden, wobei der Tiefbahnhof durch das zusätzliche Angebot in der S-Bahn-Stammstrecke und auf der Panoramabahn sogar leicht entlastet werden kann.

Die absoluten Fahrgastzahlen zeigen die größte Belastung im Nordzulauf, was zu einer ca. 15 % höheren Fahrgastnachfrage im Westkopf des Tiefbahnhofs gegenüber dem Ostkopf führt. Das S-Bahn-Netz ist ebenfalls nachfrageseitig nordlastig, wobei der Ast von Stuttgart-Feuerbach die größte Nachfrage aufweist. Hervorzuheben ist zudem die insgesamt große Nachfrage im Zulauf auf Stuttgart-Bad Cannstatt, welche die wichtige Bedeutung von Stuttgart-Bad Cannstatt als Subzentrum und Umsteigeknoten verdeutlicht.

Den hohen Fahrgastgewinnen und daraus resultierenden MIV-Vermeidungen steht eine sehr hohe Ausweitung der Betriebsleistung gegenüber. Im VRS-Gebiet erhöht sich die Betriebsleistung im SPNV gegenüber dem Zustand Verkehrswende Deutschlandtakt um ca. 38 %, was allerdings nur zu einer Steigerung der Verkehrsleistung (Pkm im öffentlichen Verkehr) um ca. 25 % führt. Die ausgewiesenen Effizienz-Kenngrößen deuten entsprechend darauf hin, dass es sich hierbei um eine Angebotsausweitung mit eher geringer verkehrlicher Effizienz bzw. Wirksamkeit handelt. Dies lässt sich gut damit begründen, dass die hohe Betriebsleistung insbesondere durch Taktverdichtungen und seltener durch neu geschaffene Verbindungen und Erschließungen verursacht wird. Da die Angebotsausweitung allerdings nicht mit dem Ziel einer möglichst wirtschaftlichen Verkehrsverlagerung, sondern mit dem Ziel die Fahrzeugauslastungen auf ein attraktives Niveau zu reduzieren umgesetzt wurde, ist dieser Effekt erwartungsgemäß. In der Realität würde die notwendige Betriebsleistung vermutlich geringer ausfallen, da man hierbei die Dimensionierung der Angebote noch deutlich präziser an die sich real einstellende Nachfrage anpassen würde und beispielsweise Betriebszeiten entsprechend einschränken würde.

Bezüglich der Fahrzeugauslastungen in der Spitzenstunde bei S-Bahn und Regionalverkehr zeigt sich eine deutliche Entspannung gegenüber den Überlastungen im Zustand Verkehrswende Deutschlandtakt. Das Ziel einer maximalen Sitzplatzauslastung von 80 % im Regionalverkehr wird nun eingehalten. Geringfügige punktuelle Auslastungen über 80 % z.B. im StuKiX können toleriert werden, da diese nur auf wenigen Einzelfahrten und geringen Abschnittslängen auftreten. Insbesondere der Einsatz von Doppelstocktriebzügen in 4-fach-Traktion auf hochbelasteten IRE-Linien, zusätzliche Verstärkerfahren und Taktverdichtungen sowie die Umstrukturierung und Ausweitung des S-Bahn-Netzes ermöglichen diese attraktiven Fahrzeugauslastungen trotz einer Verdoppelung der ÖV-Nachfrage gegenüber 2010. Bei der S-Bahn sinkt die Gesamtauslastung netzweit auf unter 65 % (VDV-Komfortkriterium) und nimmt in der Regel auf Abschnitten ohne parallelen Regionalverkehr die höchsten Werte an. Im nachgelagerten Netz kommt es nur zu geringfügigen Änderungen gegenüber dem Zustand Verkehrswende Deutschlandtakt. Insbesondere die Stadtbahn weist hierbei ein sehr hohes Auslastungsniveau auf. Dies ist erwartbar, da die Untersuchung sich nur mit den Angebotskonzepten für den Regionalverkehr und die S-Bahn beschäftigt hat. Zusätzliche Ausweitungen im Angebot des nachgelagerten Netzes gegenüber den in Kapitel 5 dargestellten Maßnahmen wurden nicht unterstellt.

Kenngröße	Wert	Einheit
Differenz ÖV-Verkehrsaufkommen	105.800	[P/Tag]
Differenz ÖV-Verkehrsleistung	2.918.000	[Pkm/Tag]
Differenz Linienbeförderungsfälle	150.600	[P/Tag]
Differenz ÖV-Reisezeit	8.300	[h/Tag]
Differenz ÖV-Betriebsleistung	40.600	[Zug-km/Tag]
Differenz MIV-Verkehrsaufkommen	-38.000	[Pkw/Tag]
Differenz MIV-Verkehrsleistung	-448.000	[Pkm/Tag]
Aufkommenseffizienz	2,6	[+P/Zug-km]
Vermeidungseffizienz	11,0	[-Pkm-km/Zug-km]

Tabelle 10: Verkehrliche Kenngrößen, Regelbetrieb, Referenzfall zu Verkehrswende Deutschlandtakt



Abbildung 59: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (VRS), Referenzfall zu Verkehrswende Deutschlandtakt

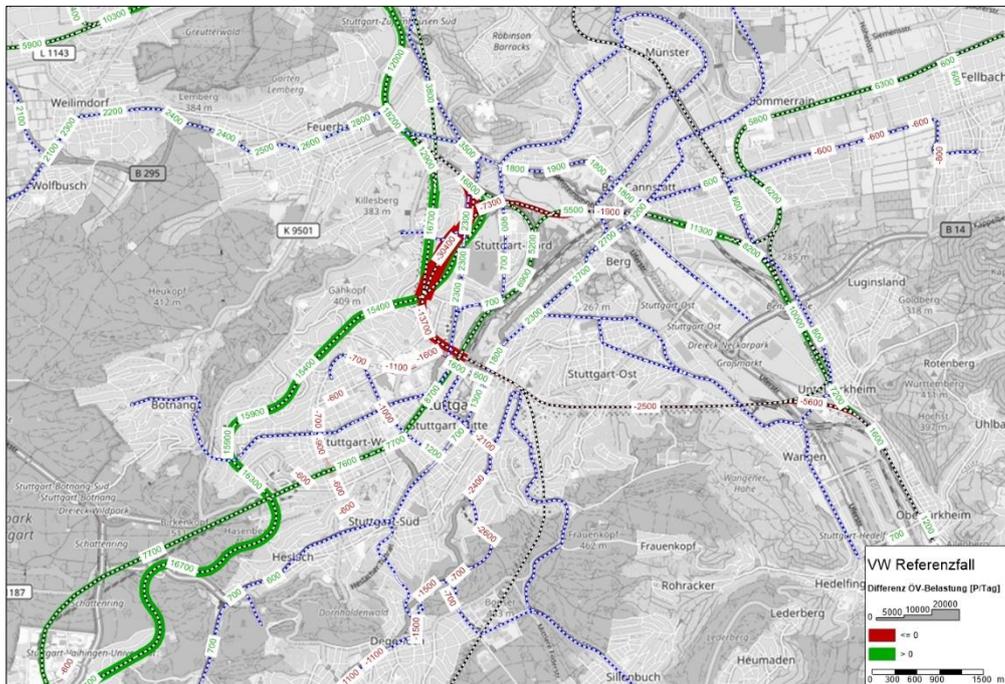


Abbildung 60: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (LHS), Referenzfall zu Verkehrswende Deutschlandtakt



Abbildung 61: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (VRS), Referenzfall

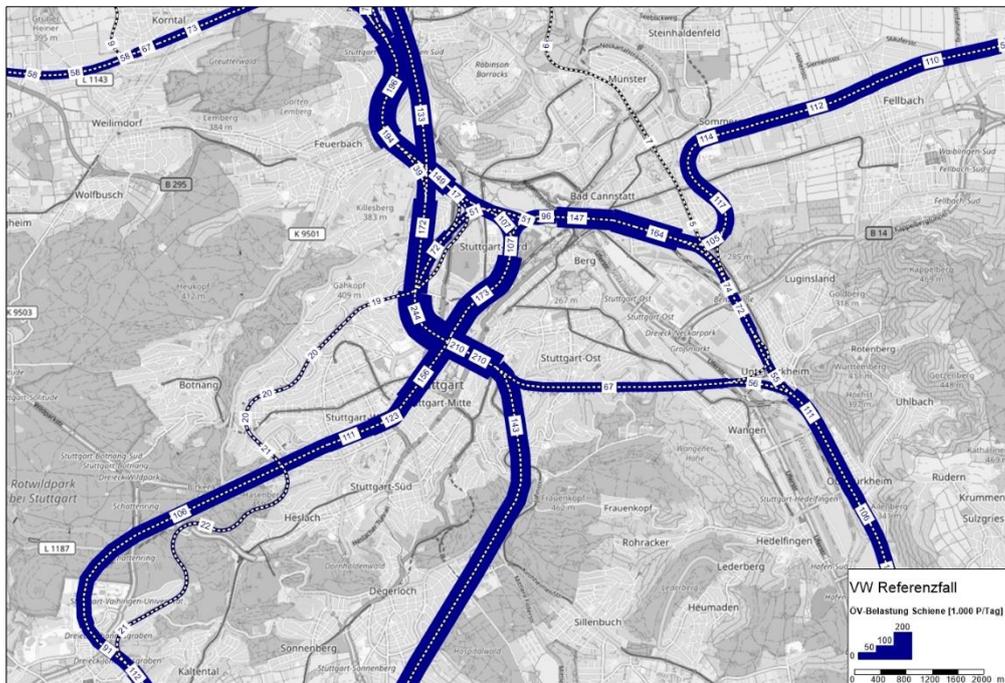


Abbildung 62: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (LHS), Referenzfall

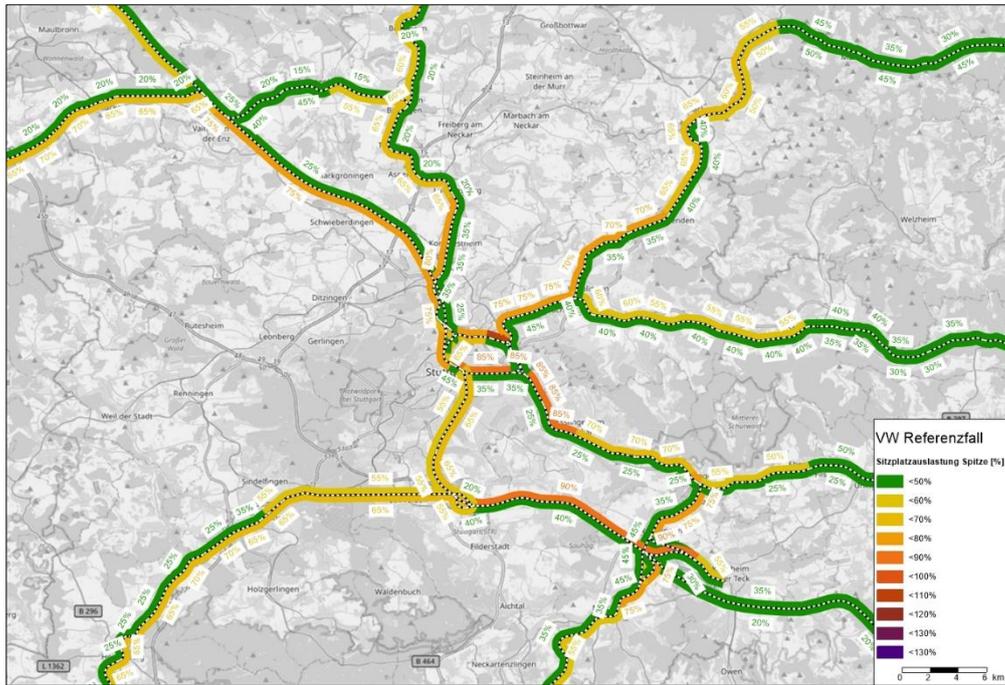


Abbildung 63: Sitzplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, Referenzfall

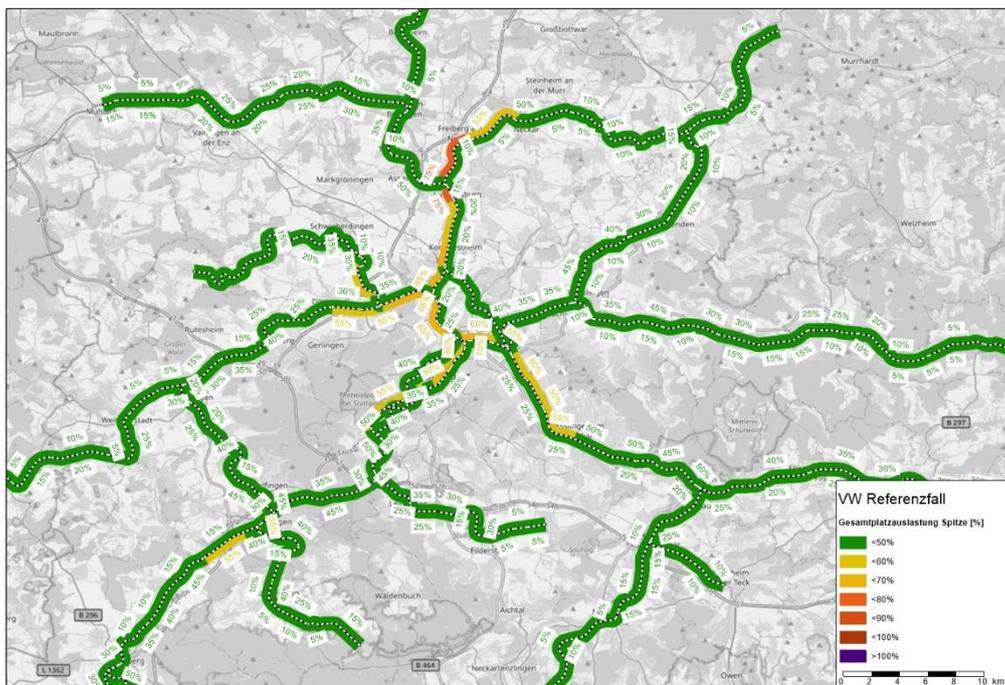


Abbildung 64: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, Referenzfall

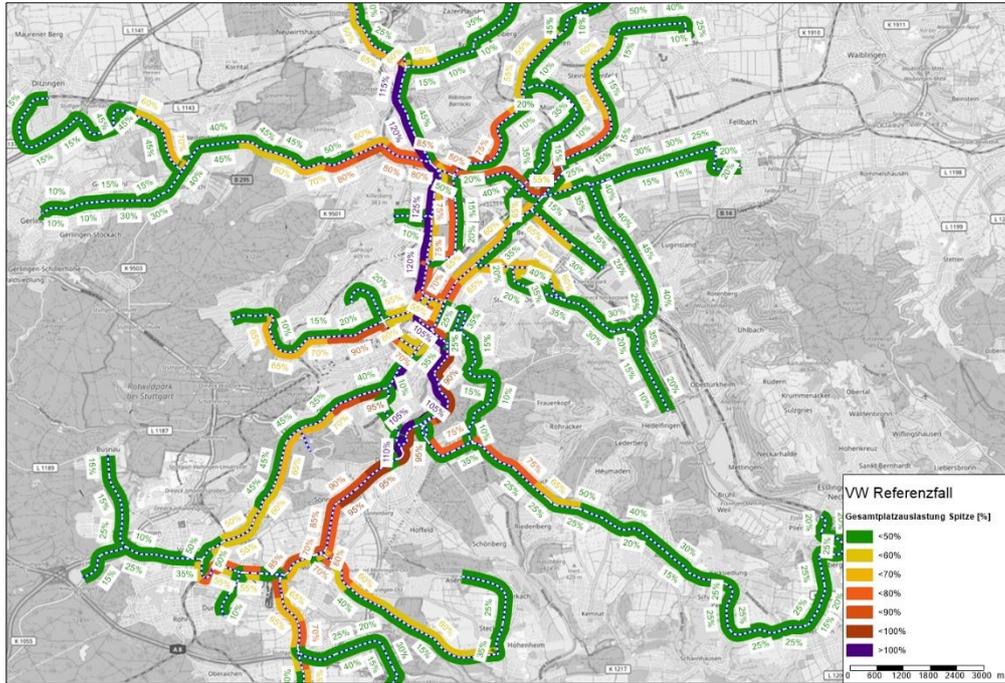


Abbildung 65: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, Referenzfall

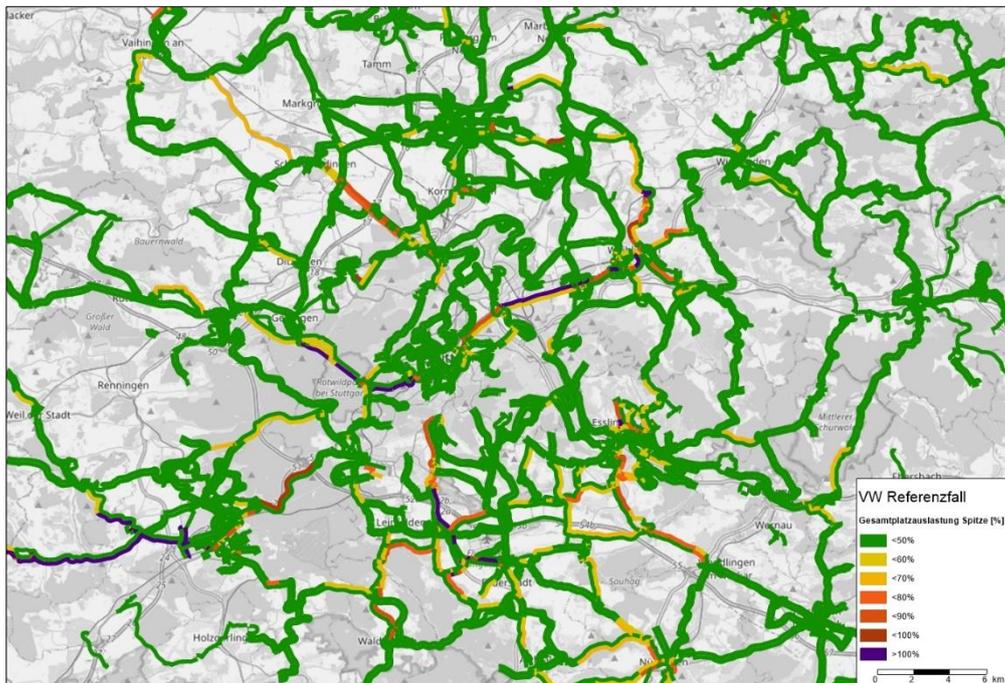


Abbildung 66: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, Referenzfall

9.2 Ergänzungsstation

Die Ergebnisse der verkehrlichen Rechnung sind in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt. Die wichtigsten verkehrlichen Kenngrößen sind in Tabelle 11 enthalten. Da das Betriebskonzept und die Infrastruktur des Zustands mit Ergänzungsstation grundsätzlich auf dem Referenzfall aufbauen, werden die Ergebnisse der verkehrlichen Berechnung mit diesem verglichen, um die verkehrlichen Wirkungen der Ergänzungsstation zu ermitteln.

Insgesamt nutzen ca. 44.000 Fahrgäste täglich die Ergänzungsstation für Ein-, Aus-, Umstieg oder durchfahren diese mit Halt. Im Vergleich dazu hat der Tiefbahnhof mit ca. 390.000 Fahrgästen etwa neun Mal so viele Nutzer. Die in Abbildung 67 dargestellten Fahrgastströme der Ergänzungsstation zeigen, dass auch die Nachfrage der Ergänzungsstation nordlastig ist und der größte Fahrgaststrom aus Richtung Ludwigsburg kommt. 70 % der Nutzer der Ergänzungsstation haben Quelle und Ziel (Binnenverkehr) innerhalb der Region Stuttgart und 66 % haben Quelle oder Ziel (Quell- / Zielverkehr) innerhalb der Landeshauptstadt Stuttgart. Somit profitieren insbesondere Fahrgäste der Region mit Quelle oder Ziel in Stuttgart von der Ergänzungsstation. Etwa 10 % der Fahrgäste der Ergänzungsstation verbleiben in den wendenden Zügen und nutzen die Durchbindungen der Linien, 9 % steigen auf die S-Bahn um und 34 % auf den Regional- und Fernverkehr im Tiefbahnhof. 45 % der Fahrgäste steigen auf Busse und Stadtbahnen um oder erreichen ihr Ziel fußläufig.

Im Differenzplott ist ersichtlich, dass die Ergänzungsstation zu Fahrgastverlagerungen vom Tiefbahnhof und von der S-Bahn führt. Die direkten Zuläufe in den Tiefbahnhof werden von allen Richtungen mit Ausnahme des Fildertunnels entlastet. Die Anzahl der ein- und aussteigenden Fahrgäste im Tiefbahnhof reduziert sich dadurch um ca. 15.000 am Tag bzw. 4,5 %. Da durch die Ergänzungsstation allerdings insgesamt mehr Fahrgäste den gesamten Umsteigeknoten des Hauptbahnhofs mit allen Haltestellenbereichen nutzen und ca. 13.000 Fahrgäste täglich zwischen Ergänzungsstation und Tiefbahnhof umsteigen, kommt es nicht zu einer Entlastung der Personenströme im Hauptbahnhof. Es kommt insbesondere von Ludwigsburg und von Esslingen zu Fahrgastgewinnen, welche in Summe im gesamten Netz 9.000 Fahrten am Tag betragen. Im Vergleich dazu steigt die Verkehrsleistung mit einer durchschnittlichen Fahrtweite von 41 km bezogen auf die gewonnenen Fahrten relativ deutlich an, was auf die Verlängerung des infrastrukturabhängigen Angebots z.B. von Ludwigsburg zurückzuführen ist, da hierdurch tendenziell nicht nur neue Fahrten gewonnen werden, sondern insbesondere auch bestehende verlängert werden. Die deutlich größere Zunahme der Linienbeförderungsfälle gegenüber den gewonnenen Fahrten zeigt, dass gewonnene Fahrten in der Regel nicht an der Ergänzungsstation enden, sondern dort umgestiegen wird. Der verkehrliche Nutzen wird durch eine

bessere Erreichbarkeit des Hauptbahnhofs erzielt, da durch die Ergänzungsstation ca. 230 zusätzliche Ankünfte pro Tag realisiert werden. Da allerdings bereits im Referenzfall ein sehr dichtes Angebot zum Hauptbahnhof besteht, können durch die Maßnahme nur wenige gänzlich neue Verbindungen geschaffen werden. Bezogen auf die notwendige zusätzliche Betriebsleistung fallen die sich durch die Ergänzungsstation ergebenden Fahrgastgewinne, Reisezeitersparnisse und MIV-Vermeidungen vergleichsweise gering aus, was sich in den ausgewerteten Effizienzkenngößen zeigt. Der verkehrliche Nutzen liegt dadurch bezogen auf die zu erwartenden Kosten für Infrastruktur und Betrieb insgesamt auf einem sehr geringen Niveau, welches bei einer Bewertung nach den Vorgaben der Standardisierten Bewertung keine Wirtschaftlichkeit erwarten lässt.

Vergleicht man die sich ergebenden maßgeblichen Fahrzeugauslastungen in der Spitzenstunde, ergeben sich bei allen Verkehrssystemen keine spürbaren Veränderungen gegenüber dem Referenzfall. Dieser Effekt resultiert insbesondere daraus, dass die höchsten Auslastungen überwiegend bei schnellen IRE-Linien auftreten, welche stets in den Tiefbahnhof geführt werden und nur geringfügig von den Linien in die Ergänzungsstation entlastet werden. Gegenüber dem Tiefbahnhof weisen die Züge in die Ergänzungsstation eine geringere Auslastung auf, da dies nachfrageschwächere Linien sind und der Tiefbahnhof durch bessere Verknüpfungs- und Erschließungsmöglichkeiten gegenüber der Ergänzungsstation das attraktivere Ziel ist.

Kenngröße	Wert	Einheit
Differenz ÖV-Verkehrsaufkommen	9.000	[P/Tag]
Differenz ÖV-Verkehrsleistung	372.000	[Pkm/Tag]
Differenz Linienbeförderungsfälle	17.800	[P/Tag]
Differenz ÖV-Reisezeit	1.300	[h/Tag]
Differenz ÖV-Betriebsleistung	4.800	[Zug-km/Tag]
Differenz MIV-Verkehrsaufkommen	-3.600	[Pkw/Tag]
Differenz MIV-Verkehrsleistung	-46.000	[Pkm/Tag]
Aufkommenseffizienz	1,9	[+P/Zug-km]
Vermeidungseffizienz	9,6	[-Pkm-km/Zug-km]

Tabelle 11: Verkehrliche Kenngrößen, Regelbetrieb, Ergänzungsstation zu Referenzfall

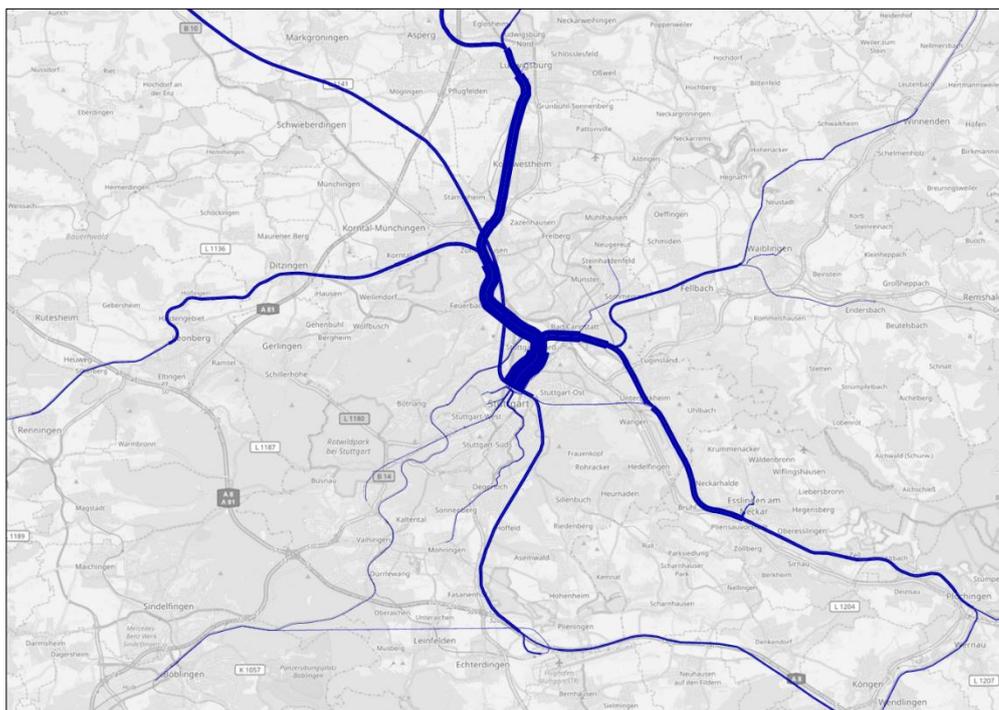


Abbildung 67: Fahrgastströme der Ergänzungsstation

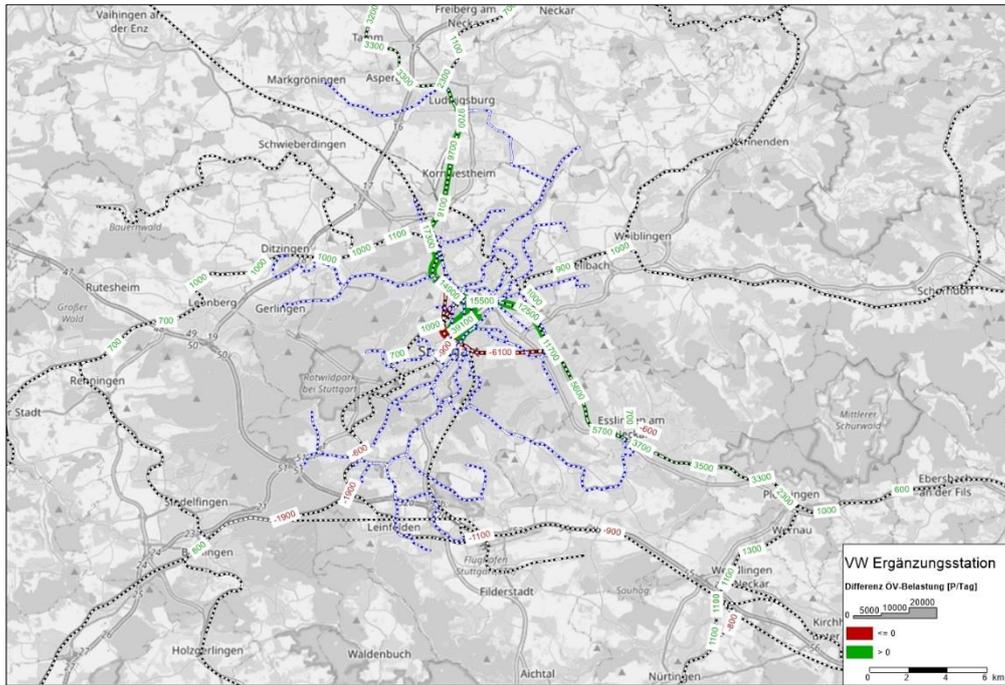


Abbildung 68: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (VRS), Ergänzungsstation zu Referenzfall

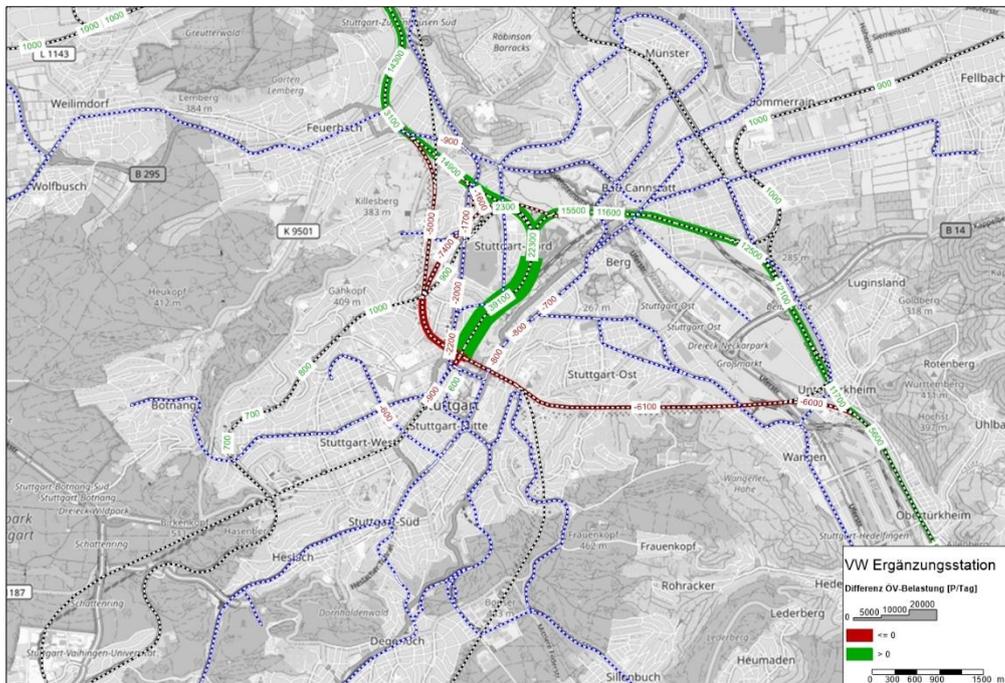


Abbildung 69: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (LHS), Ergänzungsstation zu Referenzfall

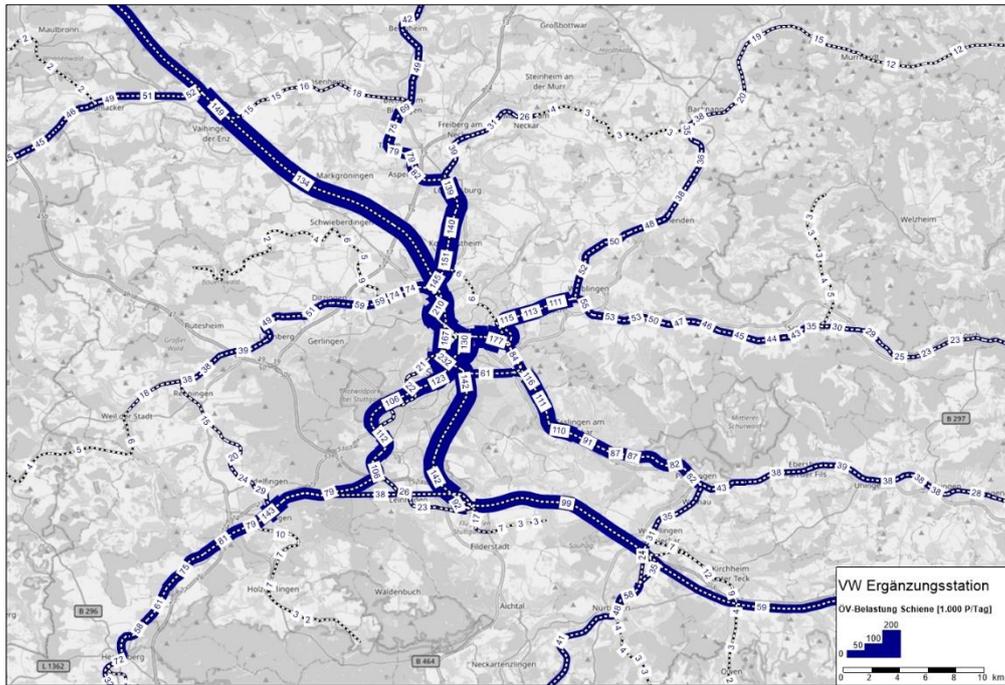


Abbildung 70: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (VRS), Ergänzungsstation

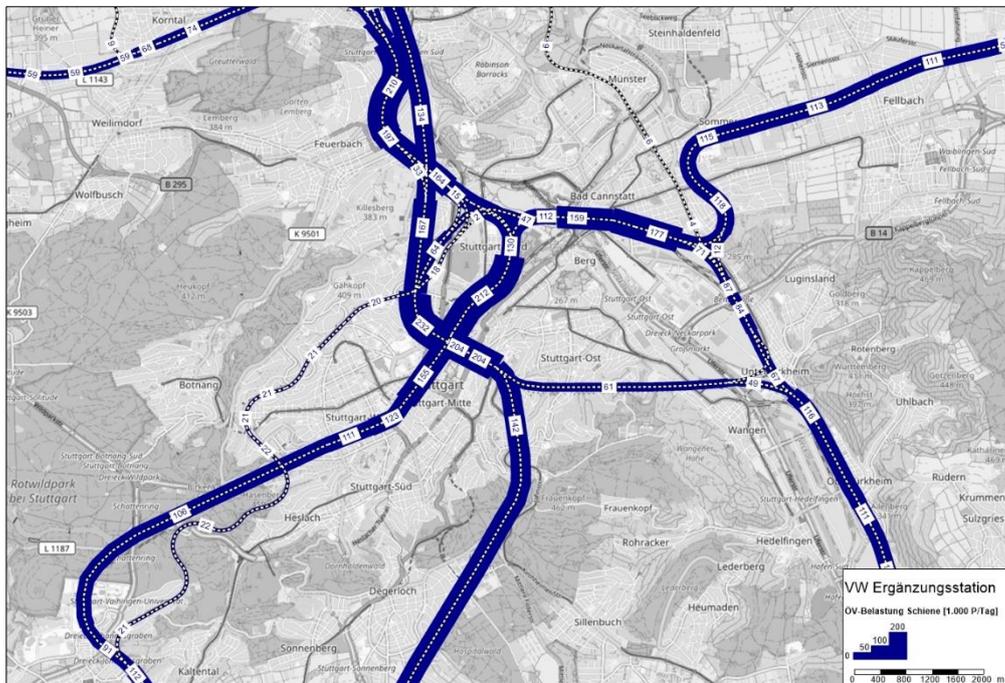


Abbildung 71: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (LHS), Ergänzungsstation

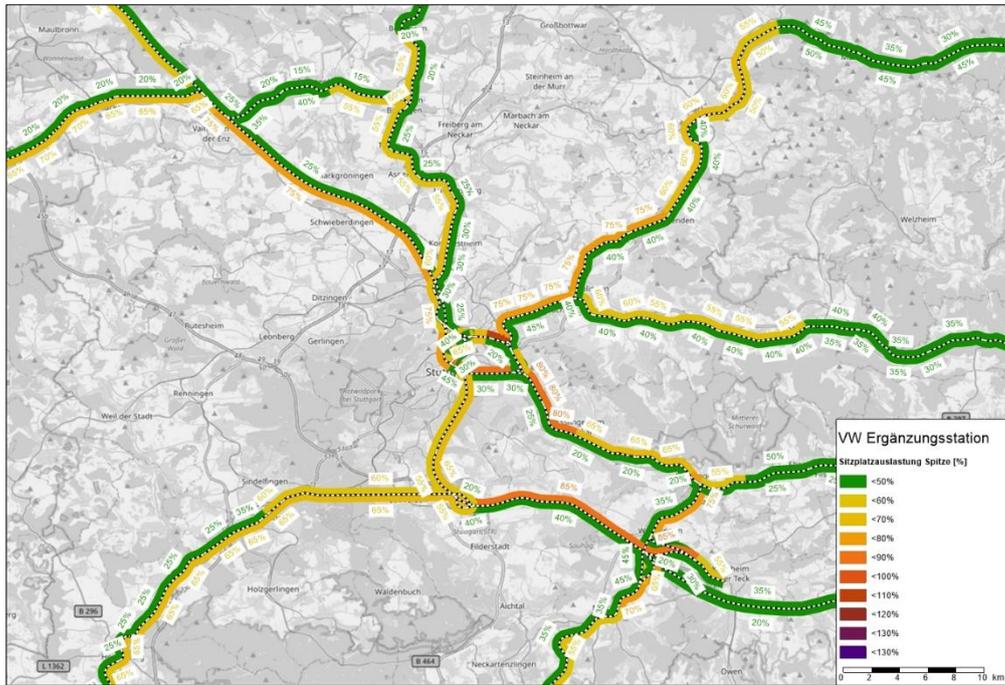


Abbildung 72: Sitzplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, Ergänzungsstation

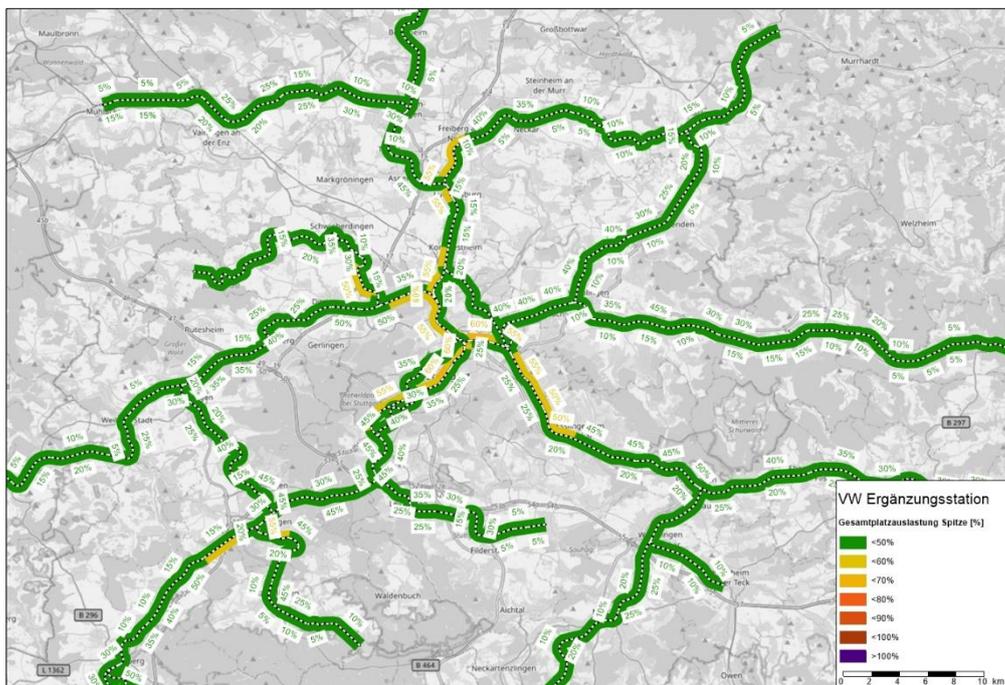


Abbildung 73: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, Ergänzungsstation

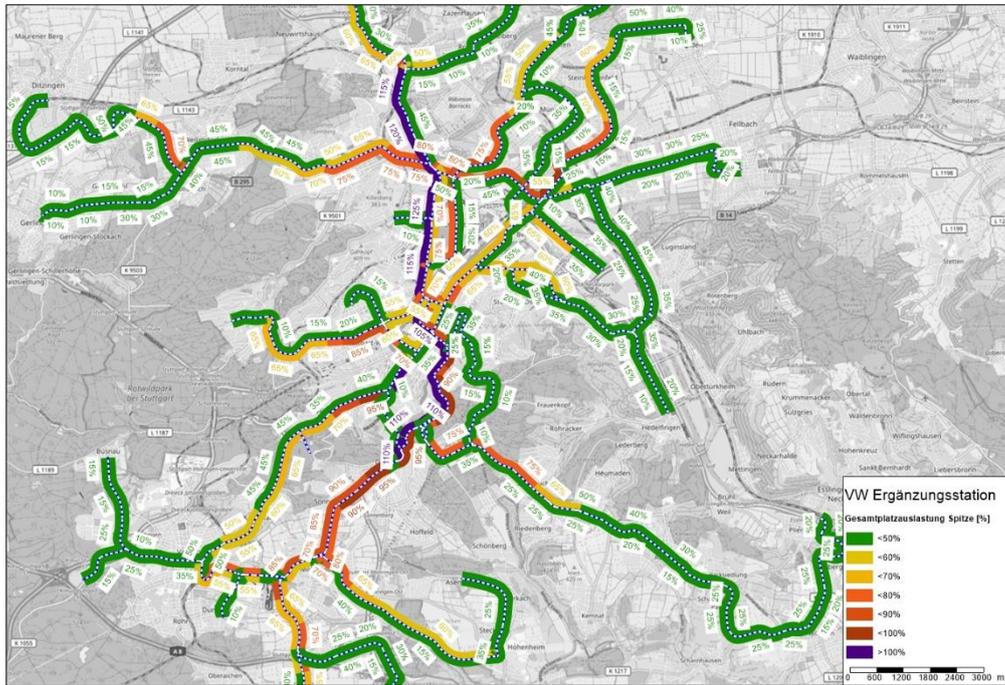


Abbildung 74: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, Ergänzungsstation



Abbildung 75: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, Ergänzungsstation

9.3 Regional-T-Spange + Nordkreuz

Die Ergebnisse der verkehrlichen Rechnung sind in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt. Die wichtigsten verkehrlichen Kenngrößen sind in Tabelle 12 enthalten. Da das Betriebskonzept und die Infrastruktur des Zustands mit Regional-T-Spange + Nordkreuz grundsätzlich auf dem Referenzfall aufbauen, werden die Ergebnisse der verkehrlichen Berechnung mit diesem verglichen, um die verkehrlichen Wirkungen von Regional-T-Spange + Nordkreuz zu ermitteln.

Insgesamt nutzen täglich ebenfalls ca. 44.000 Fahrgäste die neue Infrastruktur Regional-T-Spange + Nordkreuz. Die in Abbildung 76 dargestellten Fahrgastströme zeigen relativ gleichmäßig verteilte Nachfrageströme insbesondere im Korridor zwischen Ludwigsburg und Esslingen. Der überwiegende Anteil der Nutzer entfällt dabei mit 38.000 Fahrgästen auf die Regional-T-Spange zwischen Stuttgart-Feuerbach und Stuttgart-Bad Cannstatt, während lediglich 6.000 Fahrgäste das Nordkreuz zwischen Panoramabahn und Stuttgart-Bad Cannstatt nutzen. 84 % der Nutzer von Regional-T-Spange + Nordkreuz haben Quelle und Ziel (Binnenverkehr) innerhalb der Region Stuttgart und 59 % haben Quelle oder Ziel (Quell- / Zielverkehr) innerhalb der Landeshauptstadt Stuttgart. In Stuttgart-Bad Cannstatt steigen 56 % der Fahrgäste auf S-Bahn, Regionalverkehr, Busse und Stadtbahnen um oder erreichen ihr Ziel fußläufig. In Stuttgart-Feuerbach sind es bloß 36 %, somit liegt der Anteil durchfahrender Fahrgäste hier deutlich höher. Insbesondere Stuttgart-Bad Cannstatt wird durch die Maßnahme zu einem noch bedeutsameren dezentralen Regionalbahnhof. Stuttgart-Feuerbach und Stuttgart-Bad Cannstatt haben gemeinsam rund die Hälfte der Fahrgäste des Hauptbahnhofs.

Im Differenzplott zeigt sich, dass die Regional-T-Spange zu Entlastungen paralleler Verkehre zwischen Stuttgart-Feuerbach und Stuttgart-Bad Cannstatt sowie Ludwigsburg und Esslingen führt. Dadurch werden Verbindungen des Regionalverkehrs durch den Tiefbahnhof, die oftmals Umsteigevorgänge im Tiefbahnhof benötigen, der S-Bahn Übereck-Umstieg in der Station Mittnachstraße, die Schusterbahn und die SSB Linie U13 entlastet. Neue Verbindungen der Panoramabahn über das Nordkreuz Richtung Stuttgart-Bad Cannstatt entlasten das Zentrum zusätzlich. Dadurch, dass zahlreiche Fahrgäste nicht mehr über den Hauptbahnhof fahren müssen, reduziert sich die Anzahl der Ein- / Aussteigevorgänge am Tiefbahnhof um ca. 25.000 Personen am Tag bzw. ca. 8 %. Dahingegen erhöht sich die Anzahl in Stuttgart-Bad Cannstatt deutlich um ca. 37.000 bzw. ca. 42 %. Es kommt auf allen über die neue Infrastruktur durchgebundenen Ästen zu Fahrgastgewinnen, welche auf der Tangentiale zwischen Ludwigsburg und von Esslingen am deutlichsten sind. In Summe werden durch Regional-T-Spange + Nordkreuz im gesamten Netz 15.500 Fahrten am Tag gewonnen. Im

Vergleich dazu steigt die Verkehrsleistung mit einer durchschnittlichen Fahrtweite von 36 km bezogen auf die gewonnenen Fahrten etwas weniger stark an als bei der Ergänzungsstation, da durch die direkten Fahrtmöglichkeiten von Regional-T-Spange + Nordkreuz Fahrtweiten tendenziell reduziert werden. Die Maßnahme zeigt vergleichsweise hohe verkehrliche Nutzen, welche insbesondere durch zahlreiche neu geschaffene Direktverbindungen und Umsteigeverbindungen über Stuttgart-Feuerbach und Stuttgart-Bad Cannstatt generiert werden. Dadurch können Umstiege vermieden und über die schnellen Verbindungen Reisezeiten eingespart werden. Dies zeigt sich insbesondere in der deutlich größeren Reisezeitersparnis der ÖV-Nutzer als bei der Ergänzungsstation. Die neu geschaffenen tangentialen Verknüpfungen stärken die dezentralen Regionalbahnhöfe Stuttgart-Bad Cannstatt, Stuttgart-Feuerbach sowie Stuttgart-Vaihingen und dadurch die Erschließung wichtiger Subzentren sowie die Verknüpfung zum nachgelagerten Netz. Bezogen auf die notwendige zusätzliche Betriebsleistung fallen die sich durch Regional-T-Spange + Nordkreuz ergebenden Fahrgastgewinne, Reisezeitersparnisse und MIV-Vermeidungen verglichen mit der Ergänzungsstation bei fast identischer Betriebsleistung deutlich höher aus, was sich in den relativ hohen Effizienzkenngößen zeigt.

Vergleicht man die sich ergebenden maßgeblichen Fahrzeugauslastungen in der Spitzenstunde, ergeben sich bei allen Verkehrssystemen keine spürbaren Veränderungen gegenüber dem Referenzfall. Dieser Effekt resultiert insbesondere daraus, dass die höchsten Auslastungen überwiegend bei schnellen IRE-Linien auftreten, welche stets in den Tiefbahnhof geführt werden und nur geringfügig von den Linien über Regional-T-Spange + Nordkreuz entlastet werden.

Kenngröße	Wert	Einheit
Differenz ÖV-Verkehrsaufkommen	15.500	[P/Tag]
Differenz ÖV-Verkehrsleistung	560.000	[Pkm/Tag]
Differenz Linienbeförderungsfälle	37.000	[P/Tag]
Differenz ÖV-Reisezeit	3.000	[h/Tag]
Differenz ÖV-Betriebsleistung	4.800	[Zug-km/Tag]
Differenz MIV-Verkehrsaufkommen	-6.400	[Pkw/Tag]
Differenz MIV-Verkehrsleistung	-76.100	[Pkm/Tag]
Aufkommenseffizienz	3,2	[+P/Zug-km]
Vermeidungseffizienz	15,8	[-Pkm-km/Zug-km]

Tabelle 12: Verkehrliche Kenngrößen, Regelbetrieb, Regional-T-Spange + Nordkreuz zu Referenzfall

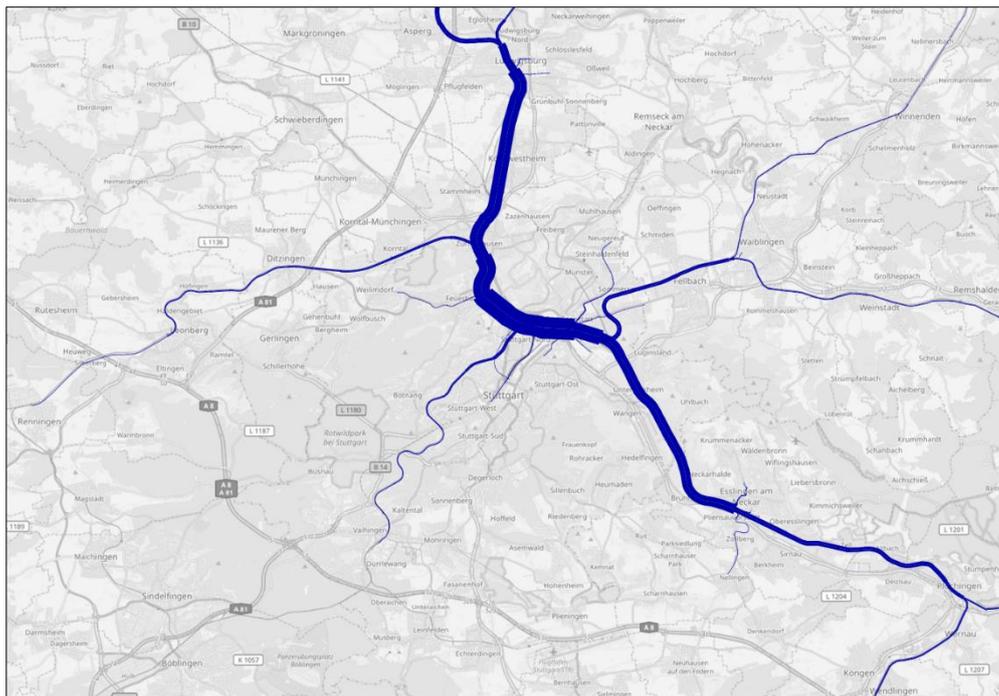


Abbildung 76: Fahrgastströme von Regional-T-Spange + Nordkreuz

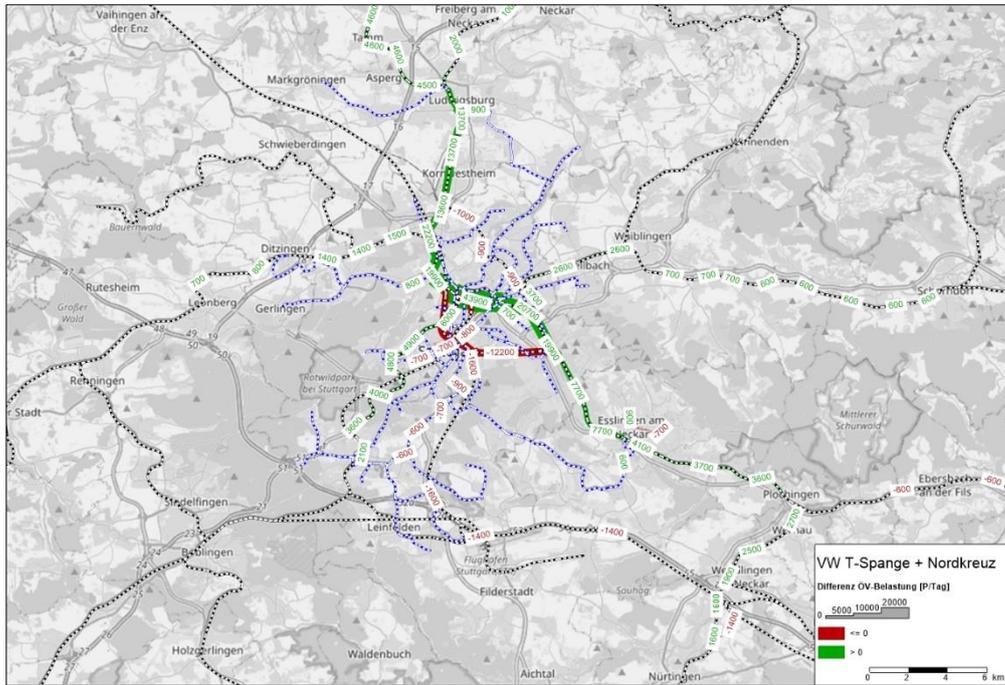


Abbildung 77: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (VRS), T-Spange + Nordkreuz zu Referenzfall

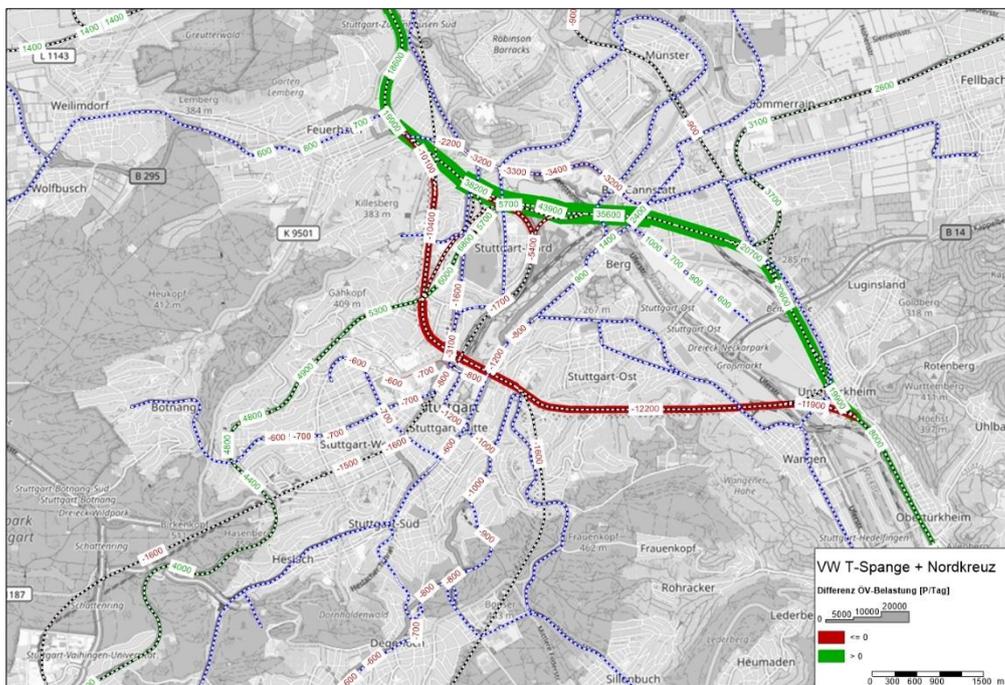


Abbildung 78: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (LHS), T-Spange + Nordkreuz zu Referenzfall

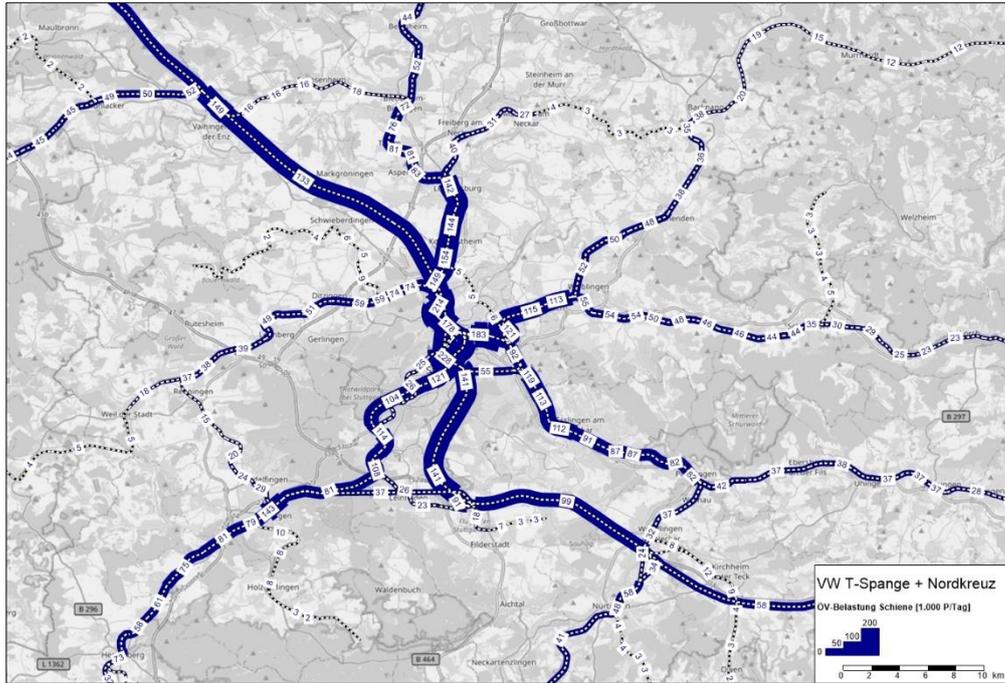


Abbildung 79: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (VRS), T-Spange + Nordkreuz

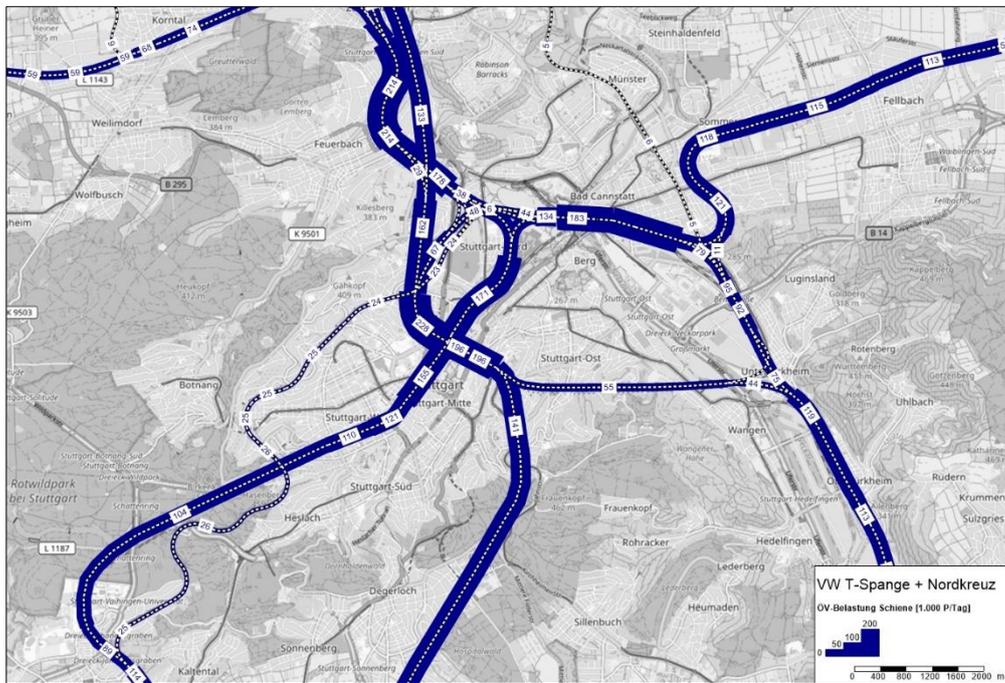


Abbildung 80: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (LHS), T-Spange + Nordkreuz

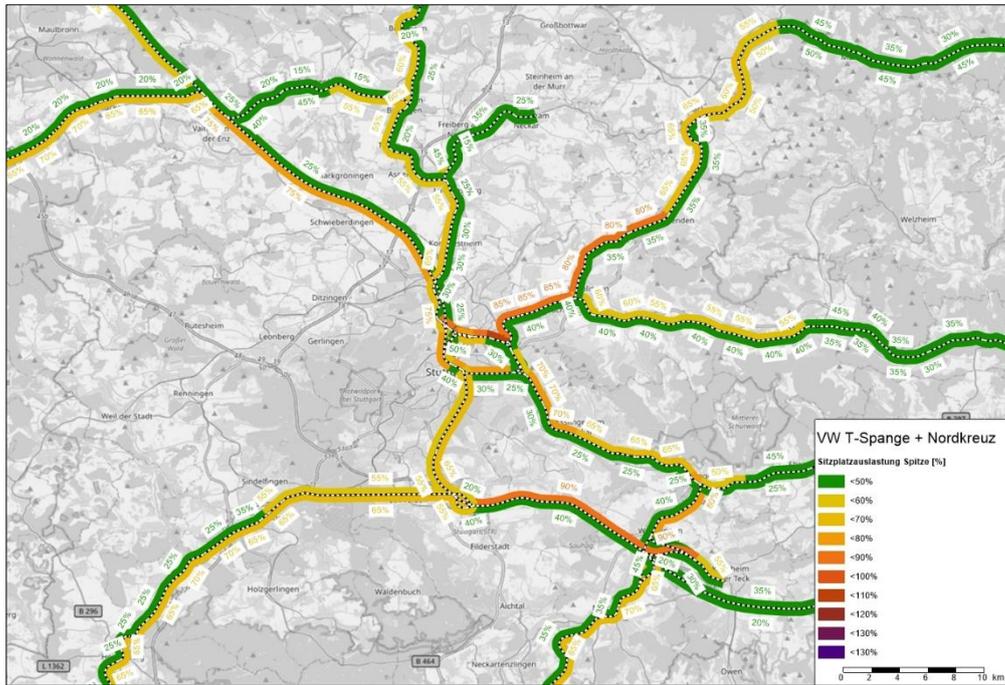


Abbildung 81: Sitzplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, T-Spange + Nordkreuz

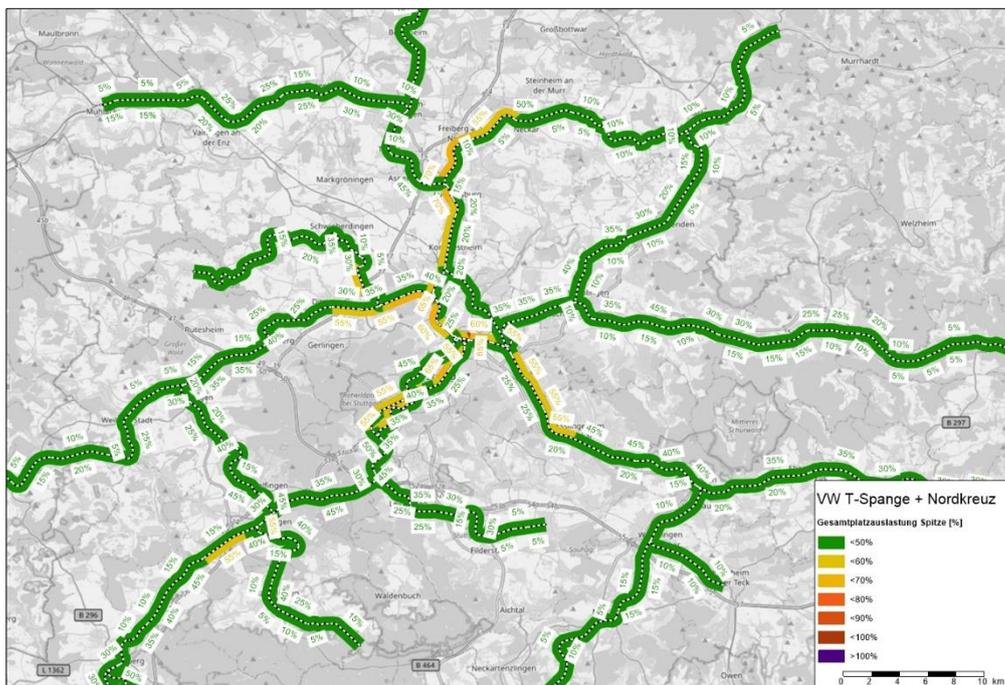


Abbildung 82: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, T-Spange + Nordkreuz

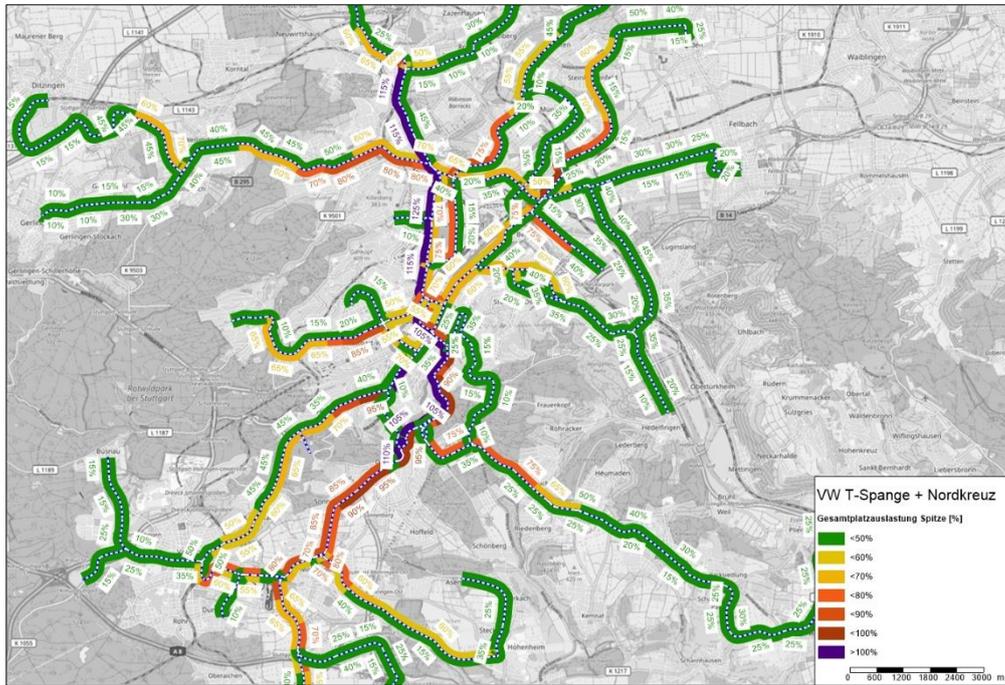


Abbildung 83: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, T-Spange + Nordkreuz

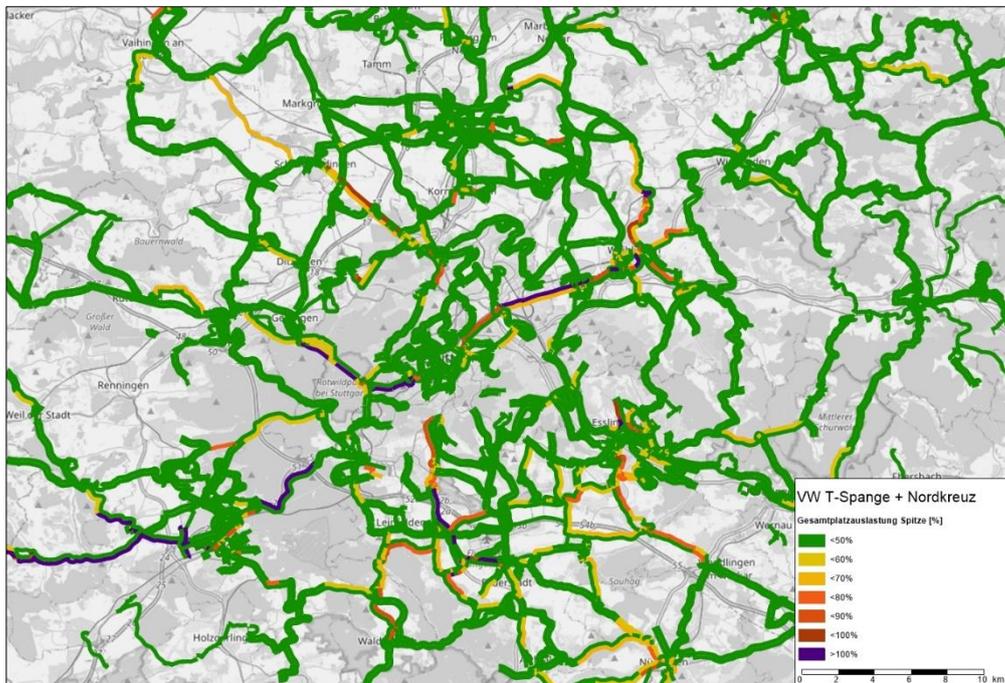


Abbildung 84: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, T-Spange + Nordkreuz

9.4 Vergleich und Interpretation

Kenngröße	Referenzfall	Ergänzungsstation	T-Spange + Nordkreuz	Einheit
Differenz ÖV-Verkehrsaufkommen	105.800	9.000	15.500	[P/Tag]
Differenz ÖV-Verkehrsleistung	2.918.000	372.000	560.000	[Pkm/Tag]
Differenz Linienbeförderungsfälle	150.600	17.800	37.000	[P/Tag]
Differenz ÖV-Reisezeit	8.300	1.300	3.000	[h/Tag]
Differenz ÖV-Betriebsleistung	40.600	4.800	4.800	[Zug-km/Tag]
Differenz MIV-Verkehrsaufkommen	-38.000	-3.600	-6.400	[Pkw/Tag]
Differenz MIV-Verkehrsleistung	-448.000	-46.000	-76.100	[Pkm/Tag]
Aufkommenseffizienz	2,6	1,9	3,2	[+P/Zug-km]
Vermeidungseffizienz	11,0	9,6	15,8	[-Pkm-km/Zug-km]

Tabelle 13: Gegenüberstellung der verkehrlichen Kenngrößen, Referenzfall zu Verkehrswende Deutschlandtakt, Ergänzungsstation zu Referenzfall, Regional-T-Spange + Nordkreuz zu Referenzfall

Vergleicht man die verkehrlichen Wirkungen von Referenzfall, Ergänzungsstation und Regional-T-Spange + Nordkreuz zeigt sich deutlich, dass der Referenzfall die höchsten verkehrlichen Wirkungen erzeugt, welche jedoch mit einer enormen Betriebsleistungsausweitung einhergehen. Da die Maximierung der verkehrlichen Wirkungen gegenüber dem Einhalten des Auslastungsziels von 80 % im Regionalverkehr nur das sekundäre Ziel bei der Erstellung des Referenzfalls war, sind die Kenngrößen des Referenzfalls nur eingeschränkt mit denen der anderen beiden Zustände zu vergleichen. Das maßgebliche Ergebnis des Referenzfalls stellt vielmehr die erfolgreiche Reduzierung der kritischen Fahrzeugauslastungen im Regionalverkehr unter den Zielwert von 80 % dar. Dieses wird durch deutliche Ausweitungen der Betriebsleistung mit längeren und häufiger verkehrenden Zügen erreicht, welche umfangreiche Infrastruktur-Maßnahmen im Außennetz notwendig machen (z.B. Überwerfungen oder Bahnsteigverlängerungen, vgl. Infrastrukturliste im Kapitel 13). Da das Ziel einer attraktiven Fahrzeugauslastung bereits im Referenzfall erfüllt wird, sind weitere Entlastungen durch zusätzliche Infrastruktur im Knoten (Ergänzungsstation oder Regional-T-Spange + Nordkreuz) nicht maßgeblich für die Bewertung der Wirksamkeit dieser Maßnahmen. Außerdem führen die beiden ergänzenden Infrastrukturen im Knoten zu keinen nennenswerten weiteren Auslastungsverringerungen auf den hochbelasteten Abschnitten. Somit bilden die in Tabelle 13 gegenübergestellten klassischen verkehrlichen Kenngrößen die Basis für die Bewertung hinsichtlich der verkehrlichen Wirksamkeit der beiden Zustände.

Insgesamt zeigen alle Kenngrößen eine deutlich höhere verkehrliche Wirksamkeit von Regional-T-Spange + Nordkreuz gegenüber der Ergänzungsstation. So können deutlich mehr neue ÖV-Fahrten gewonnen werden, mehr Pkw-Fahrleistung vermieden werden und deutlich größere Reisezeitersparnisse im ÖV realisiert werden. Infolgedessen wird der verkehrliche Nutzen von Regional-T-Spange + Nordkreuz im Vergleich zur Ergänzungsstation als etwa knapp doppelt so hoch eingeschätzt. Die Vorteile ergeben sich insbesondere durch vermiedene Umstiege, subzentrale Erschließung und Reisezeitersparnisse auf Grund neu geschaffener, schneller und direkter Verbindungen. Da die benötigte Betriebsleistung (Zugkm) dabei fast identisch ist, weist Regional-T-Spange + Nordkreuz somit eine deutlich höhere Nutzen-Effizienz als die Ergänzungsstation auf.

10 Verkehrliche Bewertung Konzepte Störfall S-Bahn

Im Folgenden werden die drei Zustände Referenzfall, Ergänzungsstation und Regional-T-Spange + Nordkreuz für den Störfall S-Bahn verkehrlich bewertet. Dazu werden die Ergebnisse der verkehrlichen Rechnung jeweils kartografisch dargestellt, die relevanten Kenngrößen ausgewertet und die verkehrlichen Effekte erläutert. In Kapitel 10.5 werden die Ergebnisse des Störfalls S-Bahn gesamtthaft gegenübergestellt und interpretiert. Die Berechnungen und Auswertungen beruhen stets auf den in Kapitel 3.2.3 getroffenen Festlegungen. Die Berechnungen der Fahrzeugauslastungen basieren dabei auf einem kapazitätsbeschränktem Umlegungsverfahren und sind dadurch nur eingeschränkt mit den in Kapitel 9 dargestellten Werten vergleichbar.

10.1 Referenzfall

Für den Referenzfall wird der durch die Störung der S-Bahn entstehende absolute Schaden berechnet. Es wird allerdings nicht wie beim Regelbetrieb ein Vergleich zum Zustand Verkehrswende Deutschlandtakt vorgenommen und somit die Wirksamkeit des Referenzfalls bei einer Störung ermittelt. Der ermittelte verkehrliche Schaden dient viel mehr als Ausgangspunkt zum Vergleich mit dem sich ergebenden Schaden bei den Zuständen Regional-T-Spange + Nordkreuz und Ergänzungsstation. Zur Einschätzung der Wirksamkeit der Panoramabahn, als wichtiger Teil des Referenzfalls, im Störfall, dient die Sensitivitätsbetrachtung ohne Panoramabahn in Kapitel 10.4.

Die durch die Sperrung der S-Bahn-Stammstrecke gewählten alternativen Routen zeigen sich in der Differenzdarstellung der ÖV-Belastungen des Referenzfalls mit Störung (STF) zum Regelbetrieb (REGL) in Abbildung 86. Rund 270.000 tägliche Nutzer der Stammstrecke müssen dabei auf alternative Routen ausweichen. Die wichtigsten alternativen Verbindungen ergeben sich dabei über die Panoramabahn, den Tiefbahnhof, die Stadtbahn-Tallängslinien und die Stadtbahnen zwischen Stuttgart-Feuerbach, Nordbahnhof und Hauptbahnhof. Durch die Nutzung der Panoramabahn durch zahlreiche weiter durchgebundene S-Bahnen, die andernfalls vorzeitig Enden müssten, kann ein großer Teil der Nachfrage über die attraktiven Verknüpfungspunkte ins nachgelagerte Netz (Nordbahnhof, Heilbronner Str., Lenzhalde, Herderplatz, Westbahnhof) relativ gleichmäßig im Stuttgarter Talkessel feinverteilt werden. Dadurch kann eine Konzentration der Nachfrage auf wenige neuralgische Knoten vergleichsweise gut vermieden werden.

Der verkehrliche Schaden beträgt in Summe 3,1 Mio. Widerstandsminuten am Tag. Im Schnitt erhöht sich der Widerstand der Nutzer der Stammstrecke um 12

min/Fahrt. Die räumliche Verteilung der verkehrlichen Schäden ist in Abbildung 88 visualisiert. Dabei zeigt sich erwartungsgemäß, dass der größte verkehrliche Schaden direkt dort entsteht, wo die Störung auftritt und nur wenige bzw. schlechte Alternativen zur Verfügung stehen (z.B. Universität Stuttgart-Vaihingen, S-Schwabstr.). Außerhalb des direkten Störungsbereichs sind die verkehrlichen Schäden dort am größten, wo die S-Bahn ohne parallelen Regionalverkehr verkehrt bzw. an Halten, die nur von S-Bahnen bedient werden, und entsprechend nur wenige Alternativen bestehen (z.B. S6 westlich von Stuttgart-Zuffenhausen, S4 nördlich Ludwigsburg, S1 westlich Esslingen). Durch die Umleitung zahlreicher S-Bahnen über die Panoramabahn ergeben sich verkehrliche Nutzen im Falle einer Störung entlang der Panoramabahn.

Betrachtet man die Fahrzeugauslastungen in der Spitzenstunde zeigt sich, dass im SPNV keine kritischen Auslastungen zu erwarten sind. Die Dimensionierung des Regionalverkehrs auf max. 80 % Sitzplatzauslastung im Regelverkehr ermöglicht die Aufnahme zahlreicher weiterer Fahrgäste von der S-Bahn im Störfall. Im nachgelagerten Netz ergeben sich teilweise sehr hohe Auslastungen, die insbesondere im Stadtbahnnetz auf den Tallängslinien, dem Nordzulauf (Pragsattel / Löwentor) und der Tangentiallinie U13 als kritisch zu bewerten sind. Im Busverkehr ergeben sich insbesondere im Korridor Richtung Universität, Stuttgart-Vaihingen und Leonberg sehr hohe kritische Auslastungen.

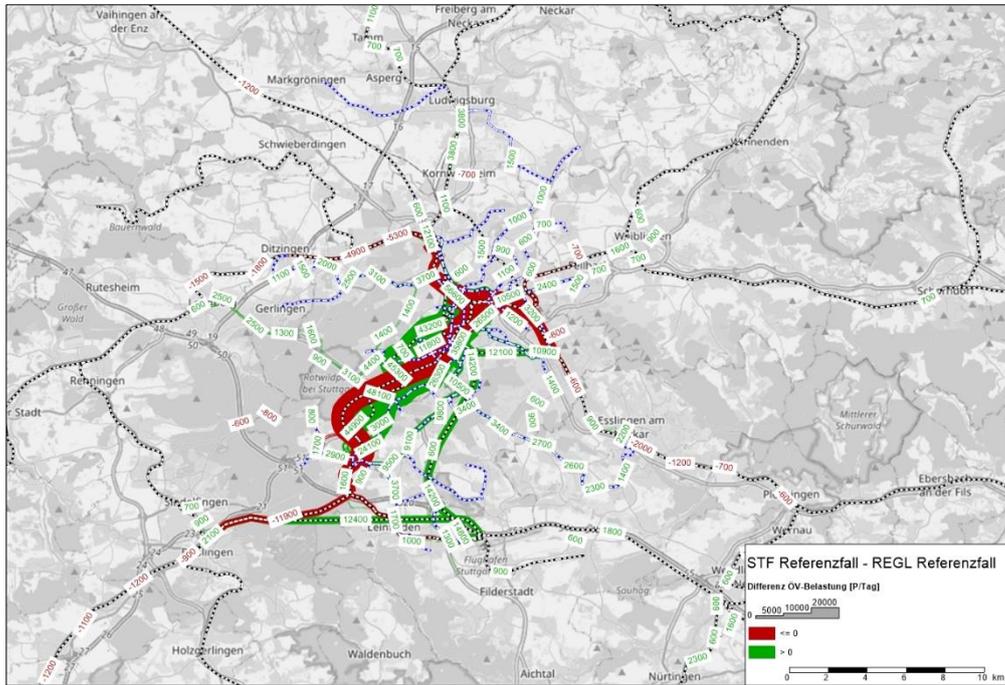


Abbildung 85: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF S-Bahn, STF Referenzfall zu REGL Referenzfall

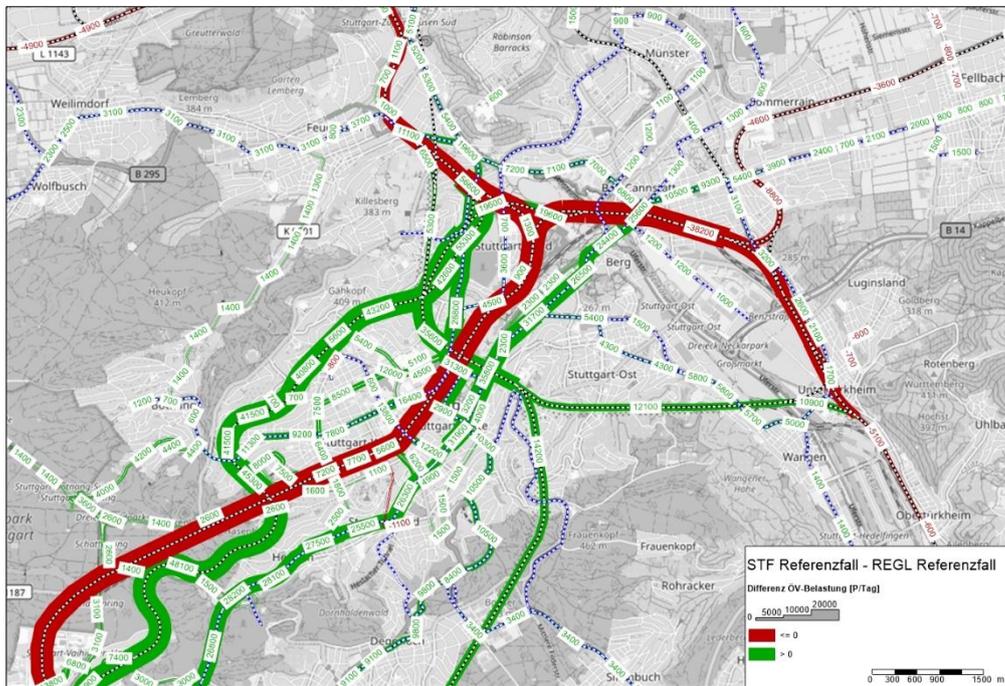


Abbildung 86: ÖV-Belastungs-Differenz (LHS), STF S-Bahn, STF Referenzfall zu REGL Referenzfall

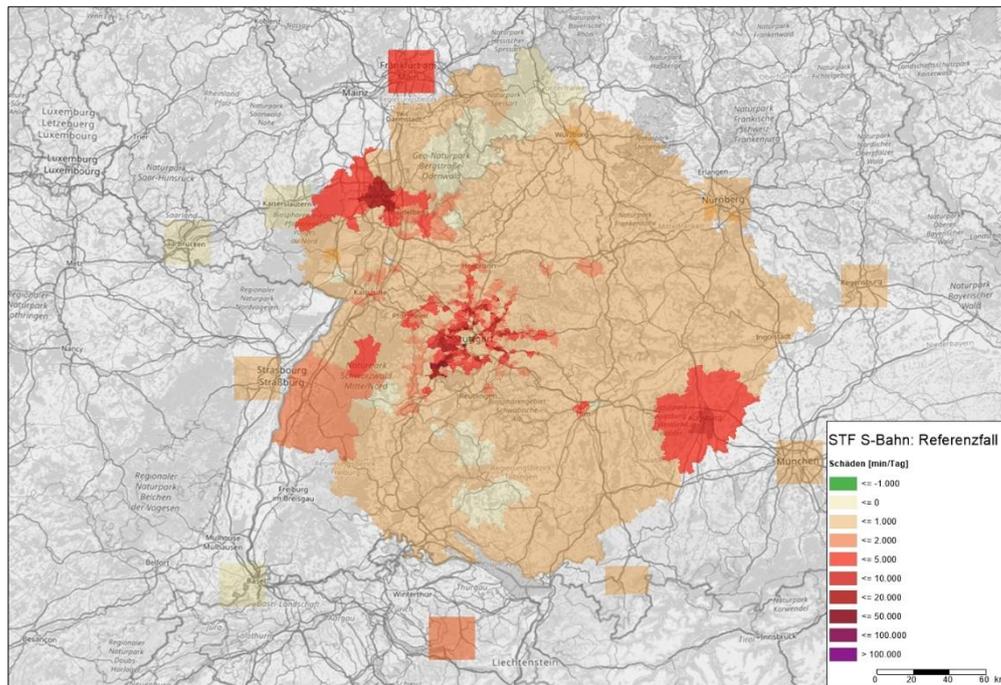


Abbildung 87: Verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (MR), Referenzfall

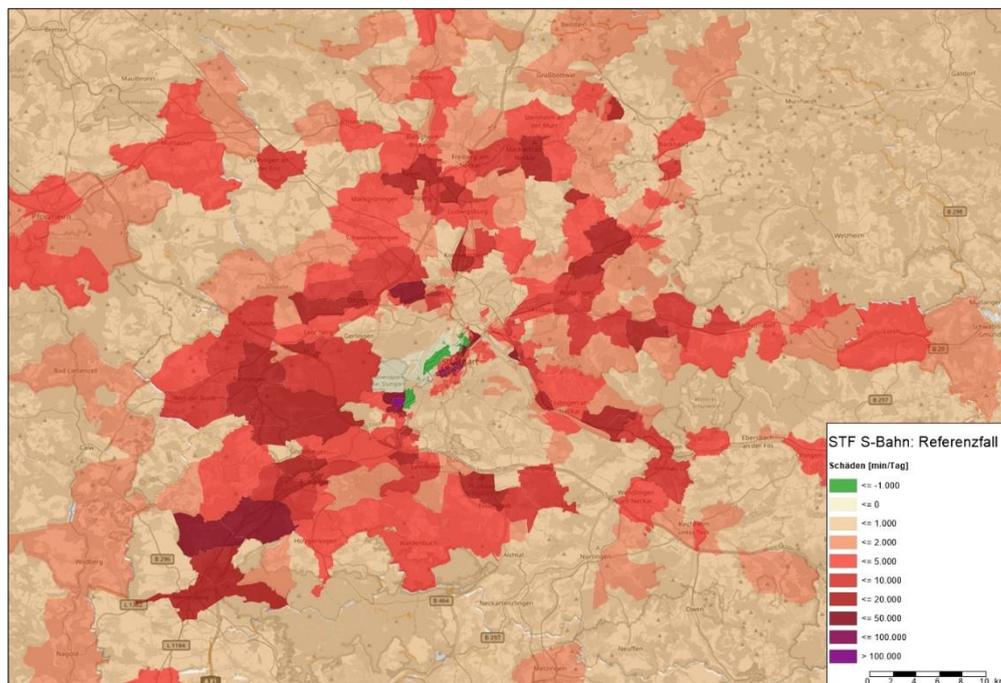


Abbildung 88: Verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (VRS), Referenzfall

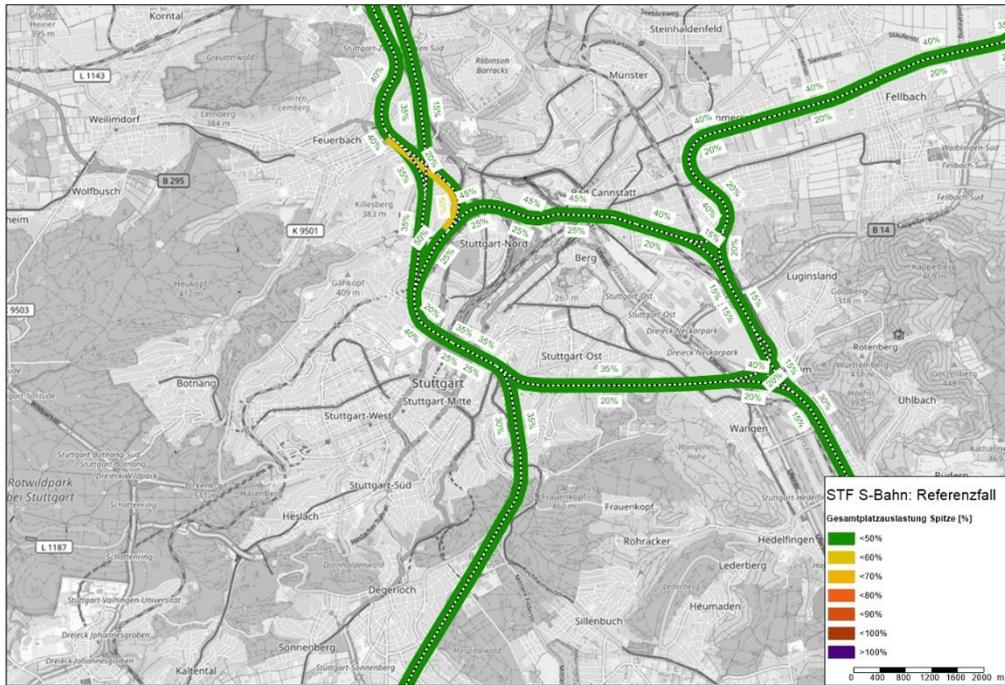


Abbildung 89: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, STF S-Bahn Referenzfall

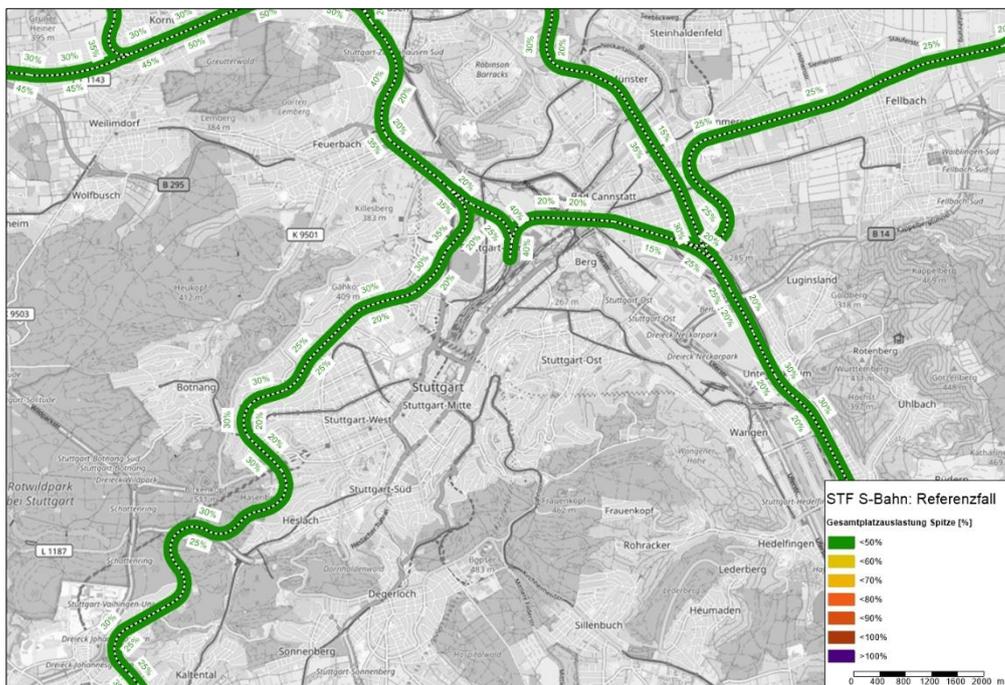


Abbildung 90: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, STF S-Bahn Referenzfall

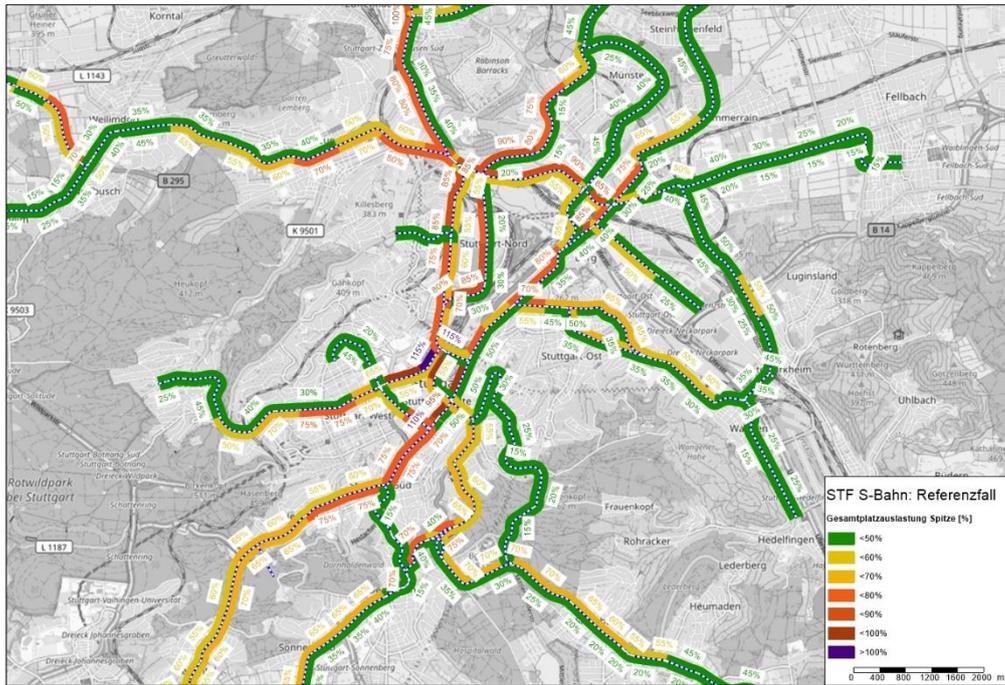


Abbildung 91: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, STF S-Bahn Referenzfall

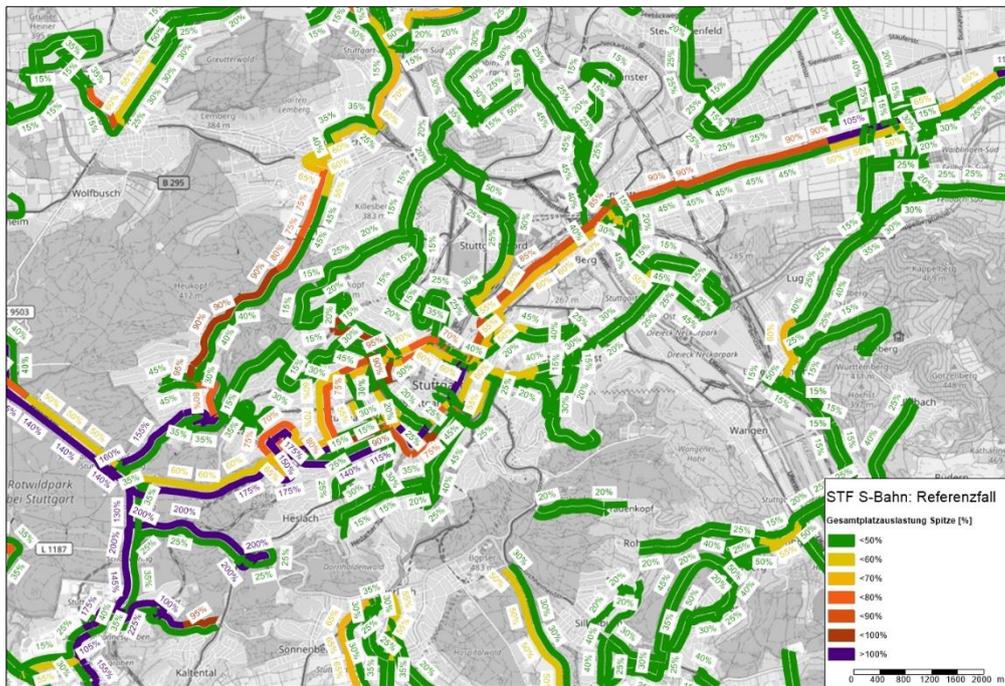


Abbildung 92: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, STF S-Bahn Referenzfall

10.2 Ergänzungsstation

Die verkehrlichen Wirkungen und Effekte der Ergänzungsstation beim Störfall S-Bahn werden durch den Vergleich des Störfalls S-Bahn Ergänzungsstation mit dem Störfall S-Bahn Referenzfall ermittelt. Dadurch wird ersichtlich, welchen Beitrag die Ergänzungsstation im Störfall S-Bahn leistet. Im Differenzplot ist ersichtlich, dass durch die Ergänzungsstation insbesondere der Nordzulauf des Regionalverkehrs und der Stadtbahn entlastet werden kann. Die Tallängslinien zwischen Stuttgart-Bad Cannstatt und der Innenstadt werden ebenfalls entlastet. Die Ergänzungsstation nimmt dabei 86.000 Fahrgäste am Tag auf (Ein-, Aussteiger, Durchfahrer) und damit knapp doppelt so viele Fahrgäste wie im Regelbetrieb. Im Querschnitt des Zulaufs zur Ergänzungsstation ergibt sich dadurch eine Querschnittsbelastung von ca. 96.000 Fahrgästen am Tag. Davon entfällt der größte Teil mit ca. 52.000 Fahrgästen auf den Zulauf von Stuttgart-Feuerbach, 31.000 Fahrgäste kommen von Stuttgart-Bad Cannstatt und 13.000 Fahrgäste von der Panoramabahn.

Vergleicht man den verkehrlichen Schaden im Störfall S-Bahn Ergänzungsstation mit dem Störfall S-Bahn Referenzfall zeigt sich eine Minimierung des verkehrlichen Schadens um ca. 330.000 Widerstandsminuten / Tag bzw. 10,6 %. Dieser positive Effekt wird in seinem Umfang allerdings als eher gering und in der Realität nur geringfügig spürbar eingeschätzt. Die räumliche Verteilung dieser Schadensvermeidung zeigt, dass überwiegend die nähere Umgebung des Hauptbahnhofs und Einzugsbereiche der nördlichen S-Bahn Linien (insbesondere S6 und S4) ohne gemeinsame Regionalverkehrsbedienung profitieren. Die überregionale Wirksamkeit im gesamten Modellraum ist auf die bessere Erreichbarkeit des Fernverkehrs aus dem S-Bahn-Netz über die Ergänzungsstation zurückzuführen.

Betrachtet man die Auslastungen im nachgelagerten Netz insbesondere der Stadtbahn stellt man eine geringfügige Entlastung der hochbelasteten Abschnitte im Nordzulauf und bei dem Tallängslinien Richtung Stuttgart-Bad Cannstatt fest. Diese Entlastungen sind allerdings nicht so groß, dass sie als maßgeblicher Nutzen durch die Ergänzungsstation eingeschätzt werden.

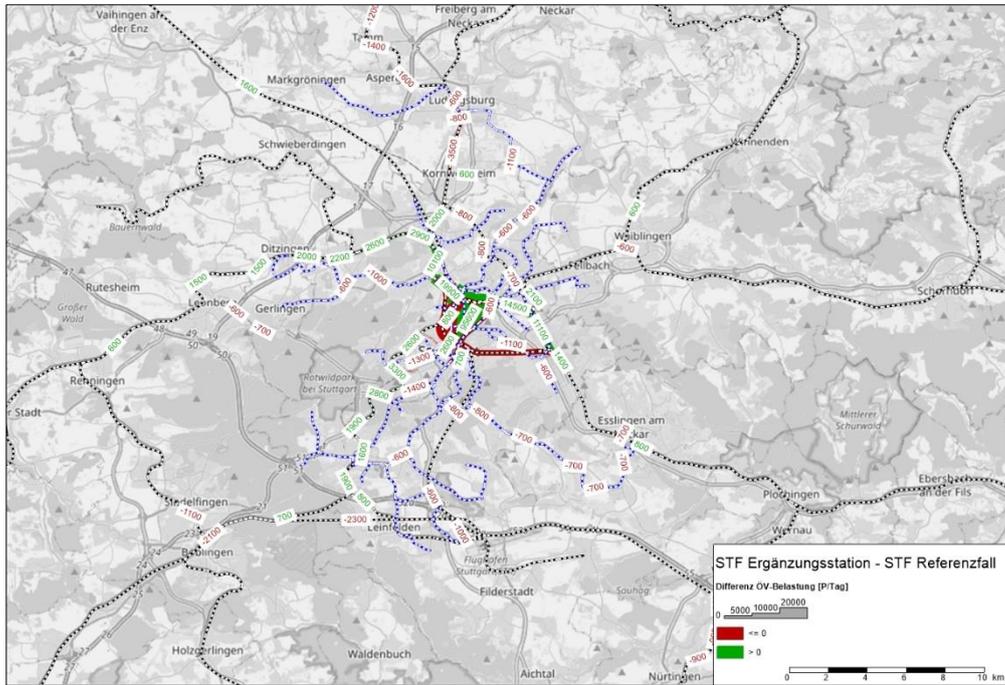


Abbildung 93: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF S-Bahn, STF Ergänzungstation zu STF Referenzfall

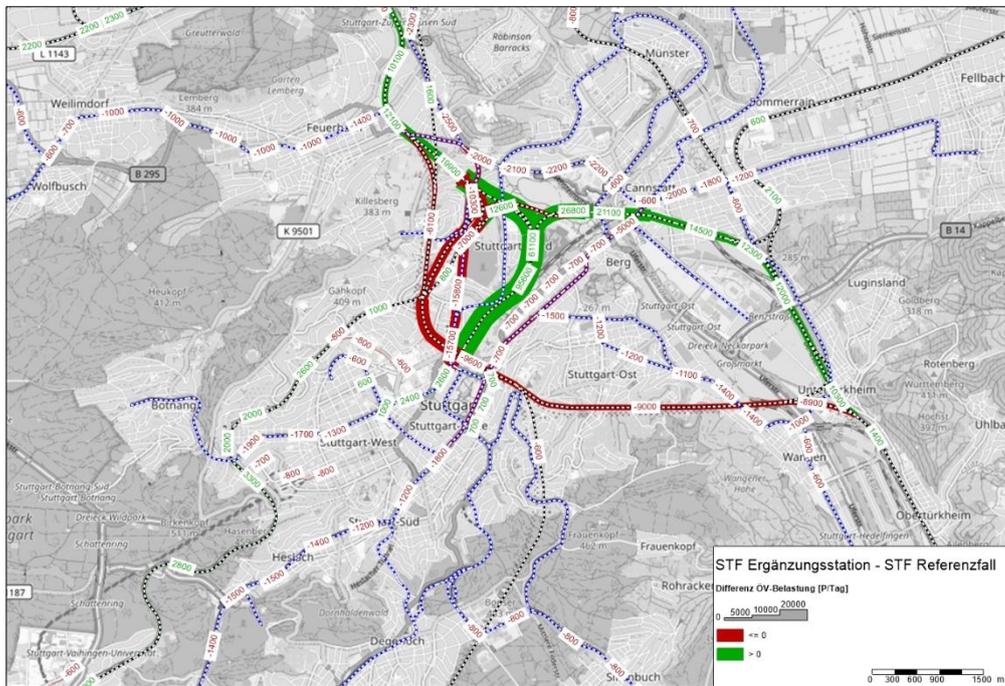


Abbildung 94: ÖV-Belastungs-Differenz (LHS), STF S-Bahn, STF Ergänzungstation zu STF Referenzfall

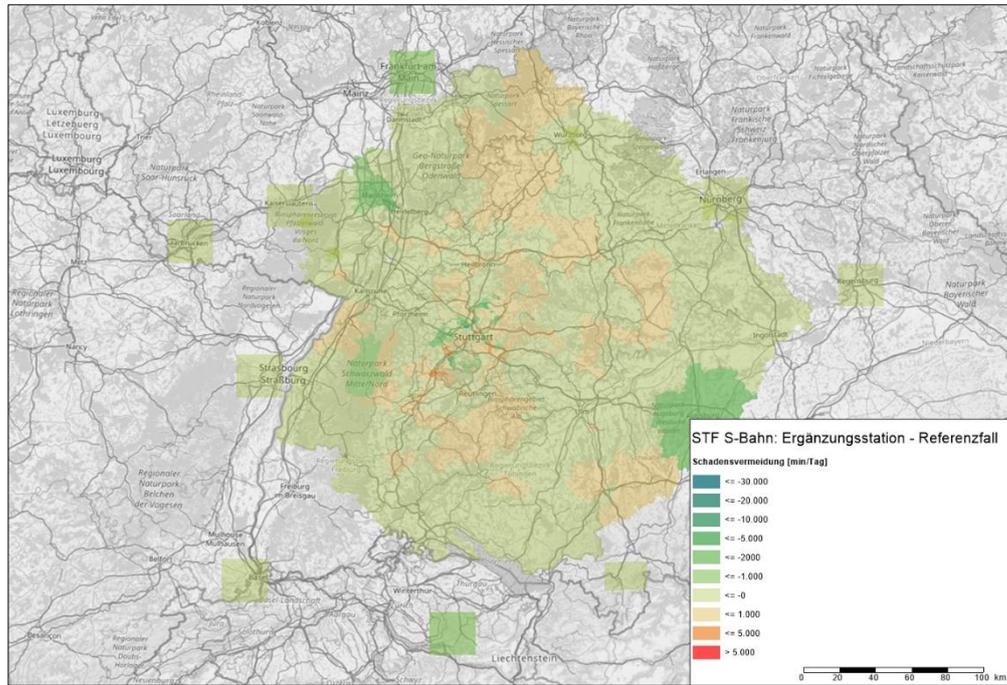


Abbildung 95: Differenz verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (MR), STF Erganzungsstation zu STF Referenzfall

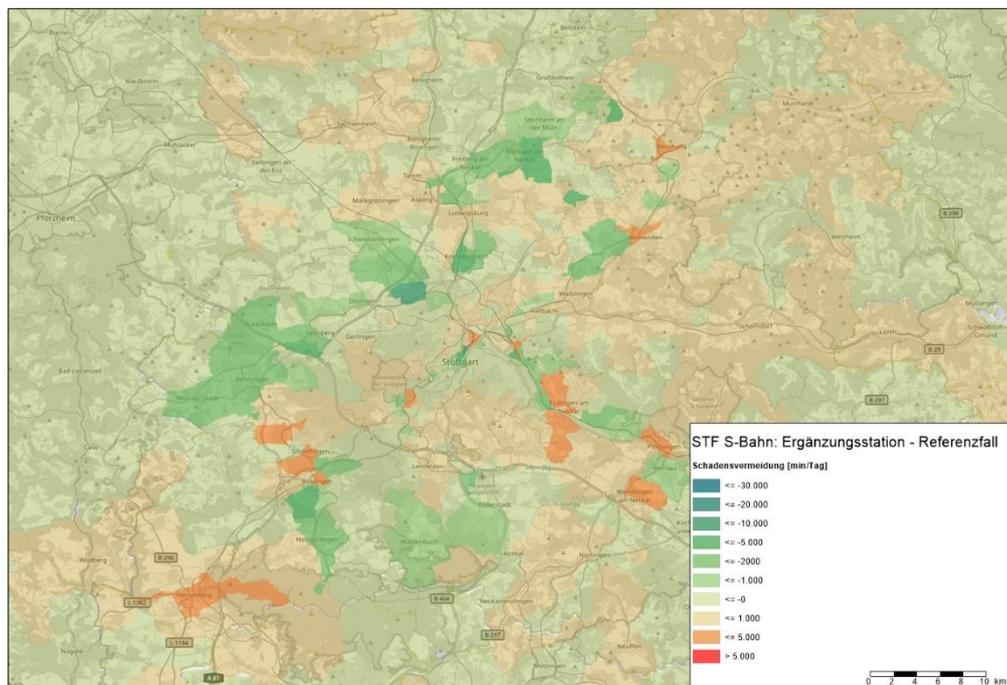


Abbildung 96: Differenz verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (VRS), STF Erganzungsstation zu STF Referenzfall

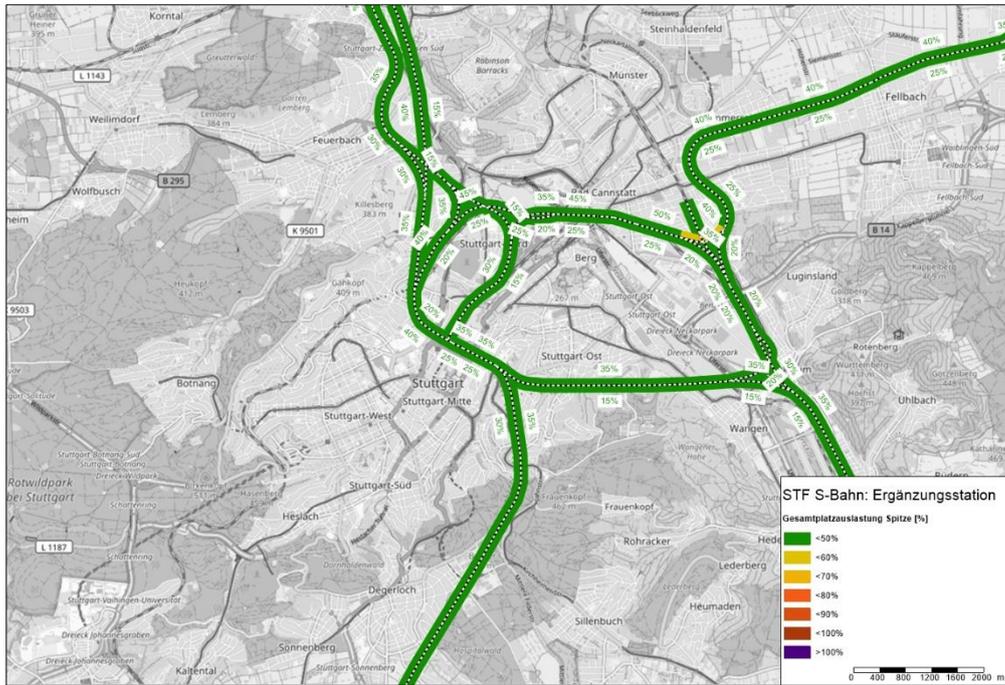


Abbildung 97: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, STF S-Bahn Ergänzungsbahn

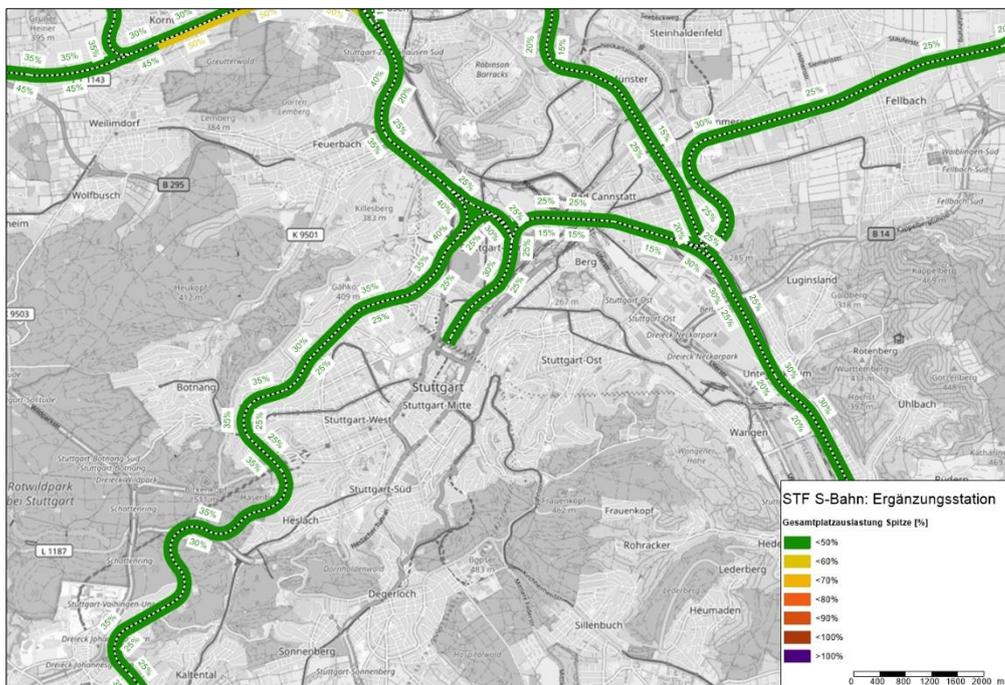


Abbildung 98: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, STF S-Bahn Ergänzungsbahn

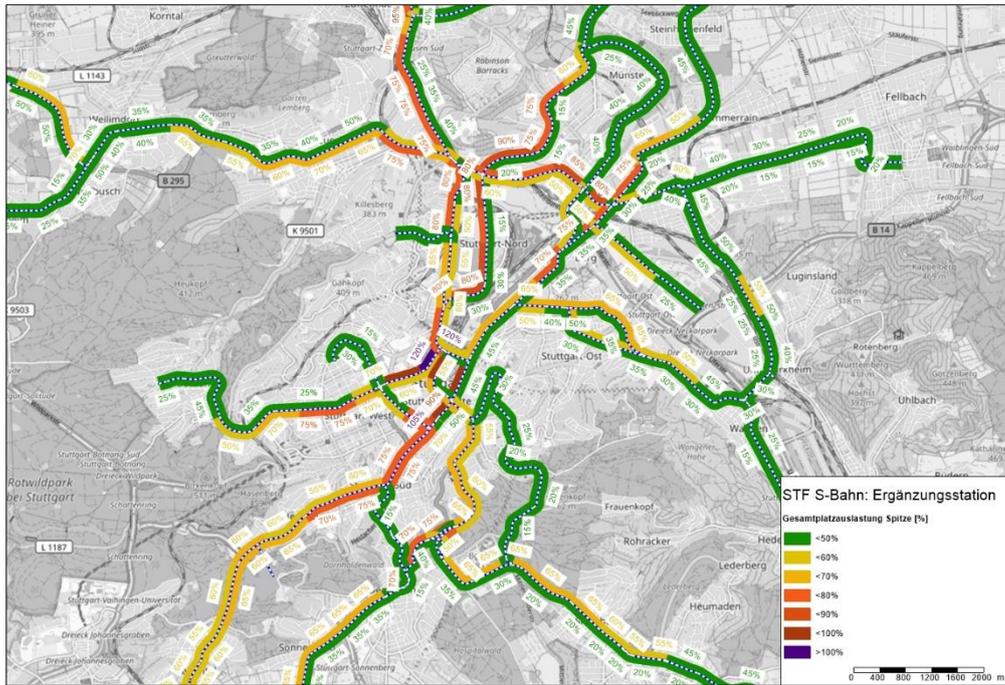


Abbildung 99: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, STF S-Bahn Ergänzungsbahn

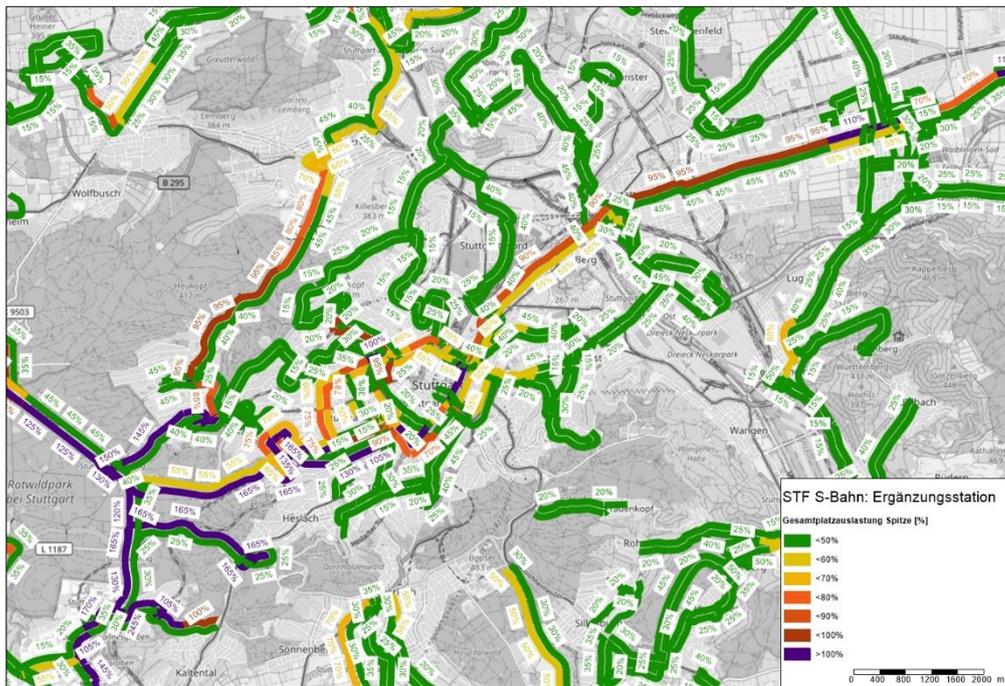


Abbildung 100: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, STF S-Bahn Ergänzungsbahn

10.3 Regional-T-Spange + Nordkreuz

Die verkehrlichen Wirkungen und Effekte von Regional-T-Spange + Nordkreuz beim Störfall S-Bahn werden durch den Vergleich des Störfalls S-Bahn Regional-T-Spange + Nordkreuz mit dem Störfall S-Bahn Referenzfall ermittelt. Dadurch wird ersichtlich, welchen Beitrag Regional-T-Spange + Nordkreuz im Störfall S-Bahn leistet. Im Differenzplot ist ersichtlich, dass durch Regional-T-Spange + Nordkreuz insbesondere der Tiefbahnhof von Norden und von Esslingen entlastet werden kann. Die Tallängslinien zwischen Stuttgart-Bad Cannstatt und Stuttgart Stuttgart-Vaihingen sowie die Tangentiallinie U13 werden ebenfalls entlastet. Über Regional-T-Spange + Nordkreuz fahren dabei 82.000 Fahrgäste am Tag und damit knapp doppelt so viele Fahrgäste wie im Regelbetrieb. Davon entfällt jeweils etwa die Hälfte der Nachfrage auf die Regional-T-Spange von/nach Stuttgart-Feuerbach und das Nordkreuz von/zur Panoramabahn.

Vergleicht man den verkehrlichen Schaden im Störfall S-Bahn Regional-T-Spange + Nordkreuz mit dem Störfall S-Bahn Referenzfall zeigt sich eine Minimierung des verkehrlichen Schadens um ca. 350.000 Widerstandsminuten / Tag bzw. 11,2 %. Dieser positive Effekt wird in seinem Umfang allerdings als eher gering und in der Realität nur geringfügig spürbar eingeschätzt. Die räumliche Verteilung dieser Schadensvermeidung zeigt, dass überwiegend die S-Bahn-Einzugsbereiche südlich von Stuttgart Stuttgart-Vaihingen und östlich von Stuttgart-Bad Cannstatt durch die zusätzlich über das Nordkreuz realisierten Durchbindungen profitieren.

Betrachtet man die Auslastungen im nachgelagerten Netz insbesondere der Stadtbahn stellt man eine geringfügige Entlastung der hochbelasteten Abschnitte der Tallängslinien Zwischen Stuttgart-Bad Cannstatt und Stuttgart Stuttgart-Vaihingen fest. Diese Entlastungen sind allerdings nicht so groß, dass sie als maßgeblicher Nutzen durch die Regional-T-Spange + Nordkreuz eingeschätzt werden.

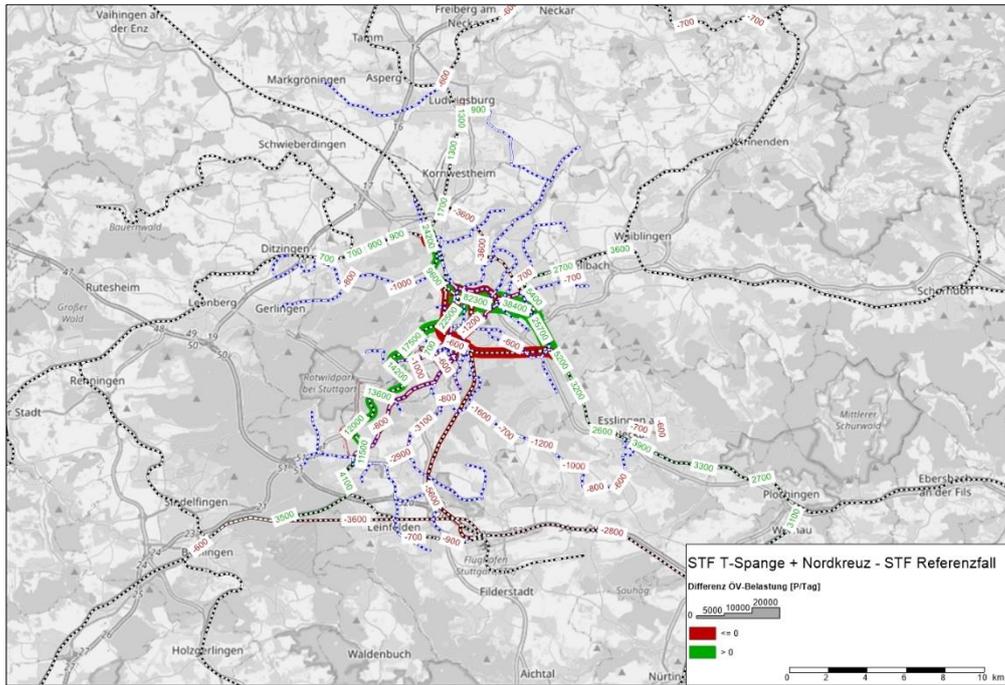


Abbildung 101: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF S-Bahn, STF T-Spange + Nordkreuz zu STF Referenzfall

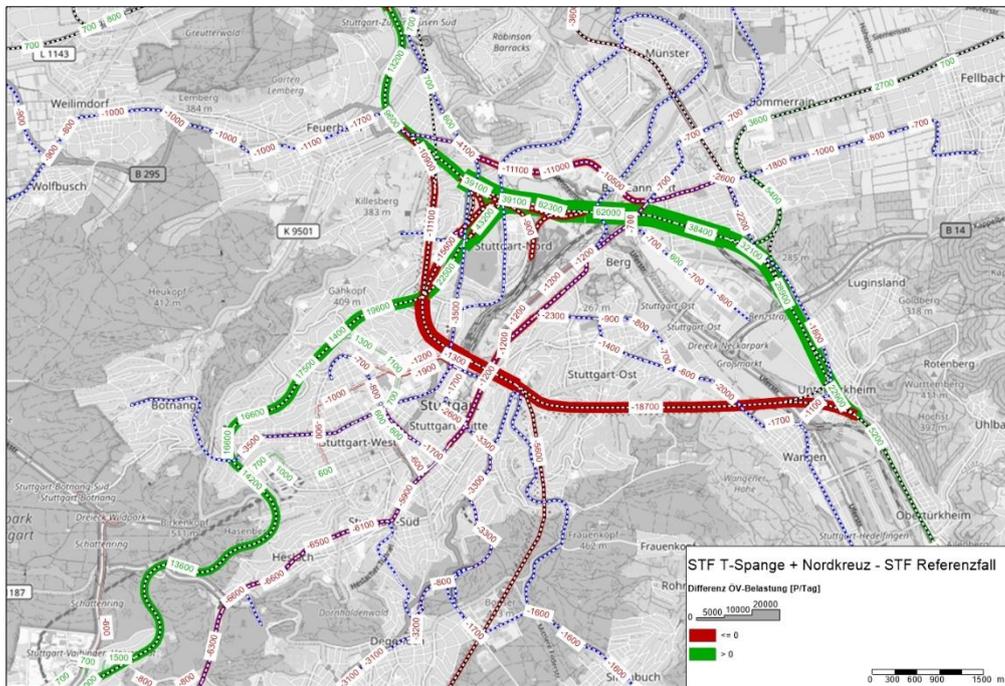


Abbildung 102: ÖV-Belastungs-Differenz (LHS), STF S-Bahn, STF T-Spange + Nordkreuz zu STF Referenzfall

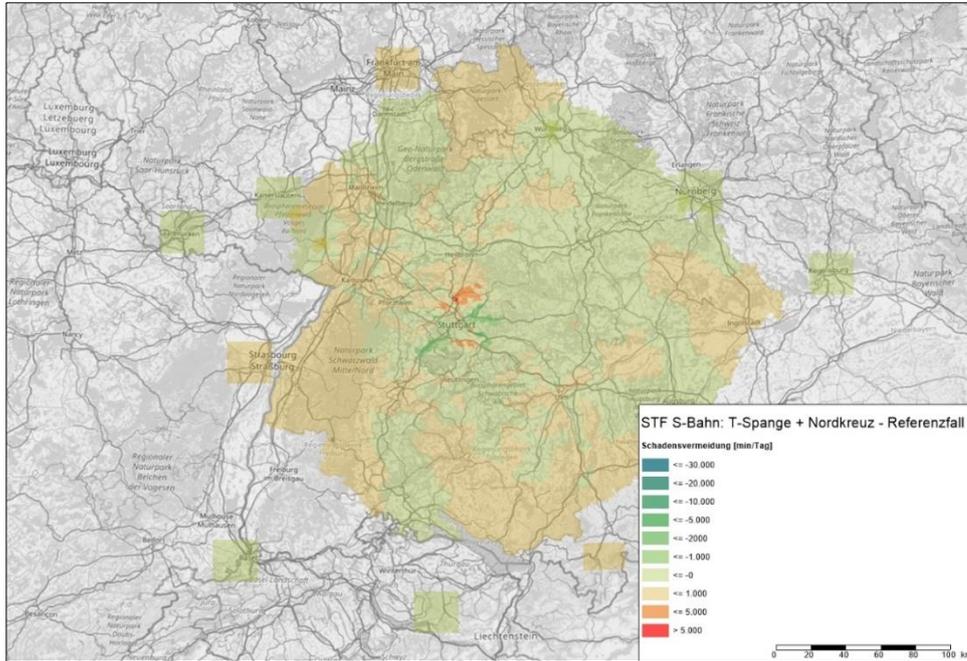


Abbildung 103: Differenz verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (MR), STF T-Spange + Nordkreuz zu STF Referenzfall

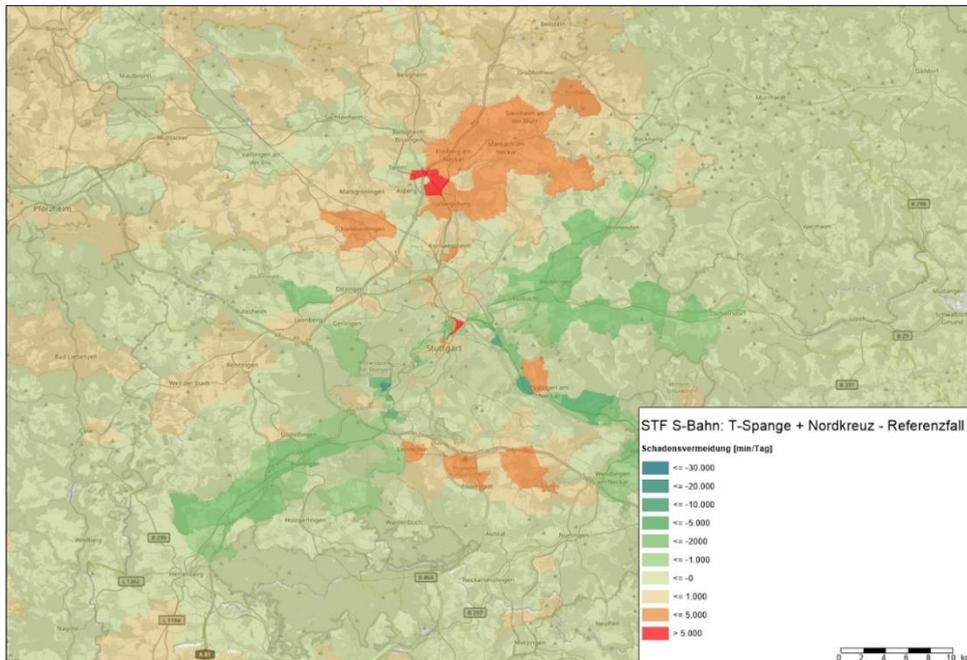


Abbildung 104: Differenz verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (VRS), STF T-Spange + Nordkreuz zu STF Referenzfall

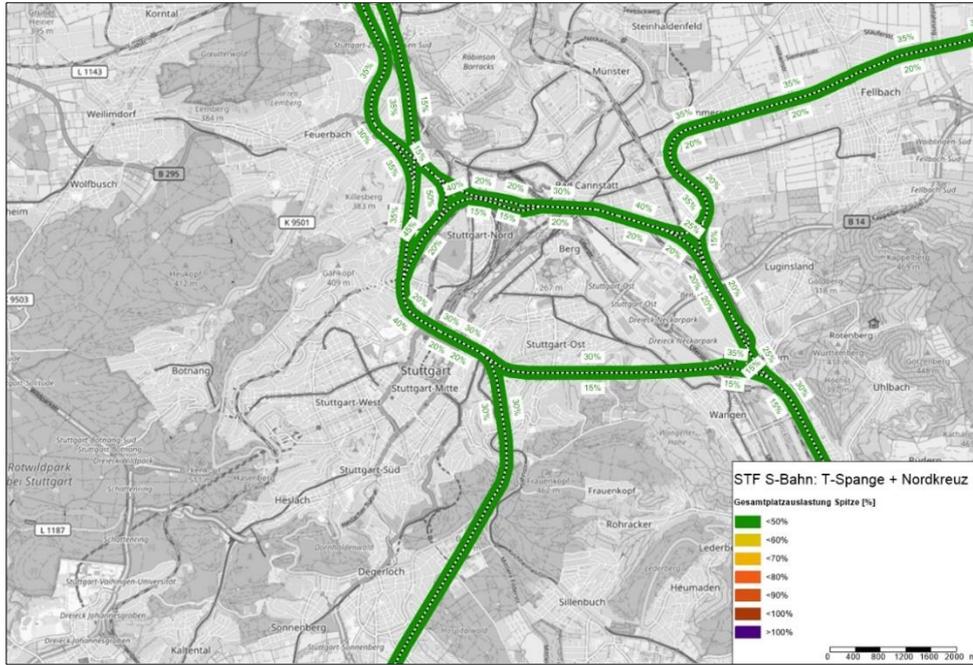


Abbildung 105: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, STF S-Bahn T-Spange + Nordkreuz

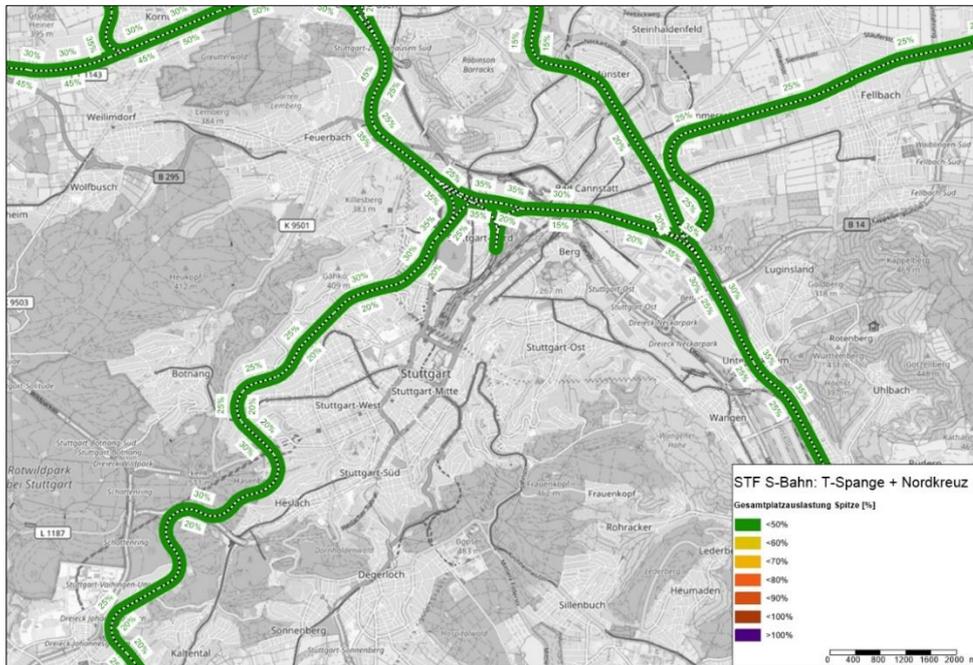


Abbildung 106: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, STF S-Bahn T-Spange + Nordkreuz

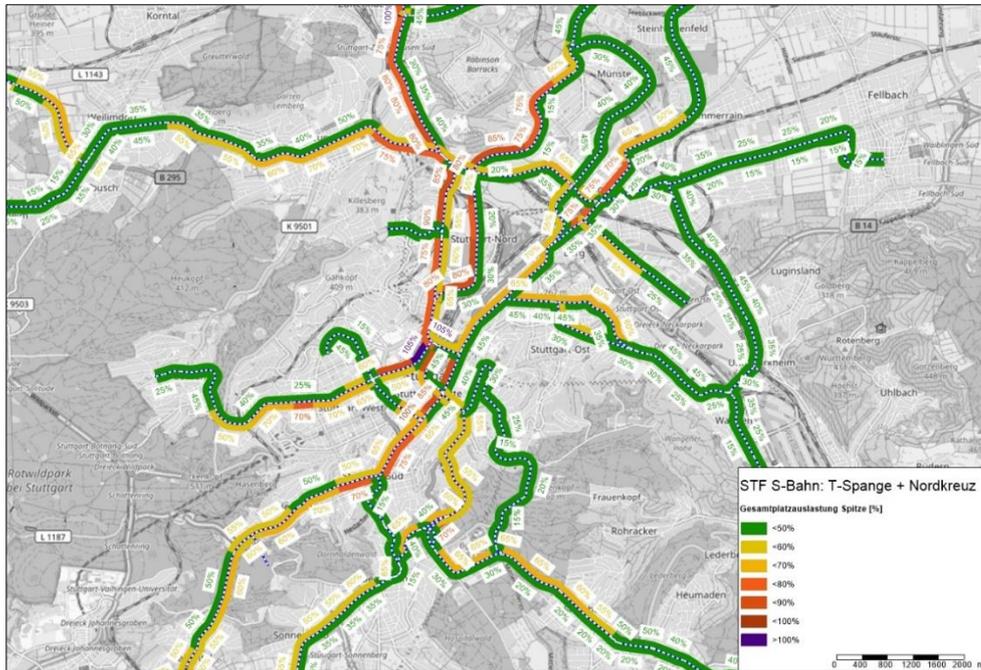


Abbildung 107: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, STF S-Bahn T-Spange + Nordkreuz

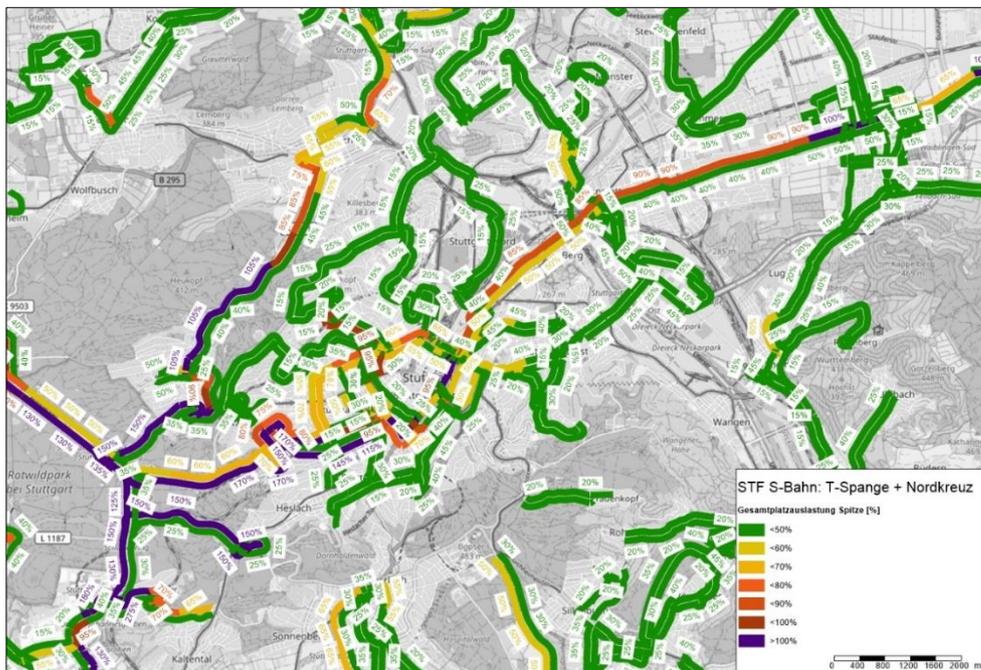


Abbildung 108: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, STF S-Bahn Regional-T-Spange + Nordkreuz

10.4 Sensitivitätsbetrachtung: Referenzfall ohne Panoramabahn

Die Berechnungen zum S-Bahn Störfall haben gezeigt, dass die Nutzung der Panoramabahn über die Anbindung nach Stuttgart-Feuerbach bei einer Sperrung der S-Bahn-Stammstrecke als alternative Führung zahlreicher S-Bahn-Linien sinnvoll ist. Die Anbindung in Stuttgart-Feuerbach via S-Bahn-Gleise ermöglicht die Weiterführung der S-Bahnen aus dem Norden, sodass die Fahrten nicht vorzeitig enden müssen. Die Weiterführung südlich von Stuttgart Stuttgart-Vaihingen ermöglicht gleiches von Süden und entsprechende Durchbindungen von Süden nach Norden. Um diesen positiven Beitrag der Panoramabahn genauer zu analysieren und zu quantifizieren, wird in dieser Sensitivität ein fiktiver Störfall des Referenzfalls ohne Nutzung der Panoramabahn berechnet. Aus dem Vergleich dieser Sensitivität mit dem Referenzfall mit der Panoramabahn lässt sich die Schadensvermeidung durch die Panoramabahn ermitteln. Da im Referenzfall noch nicht die Anbindung der Panoramabahn nach Stuttgart-Bad Cannstatt (Nordkreuz) unterstellt ist, sind diese positiven Auswirkungen nicht in diesem Vergleich enthalten, sondern in der Auswertung zu Regional-T-Spange + Nordkreuz in Kapitel 10.3.

Im Differenzplott ist die Vergleichslogik so gewählt, dass der Referenzfall mit Panoramabahn positiv eingeht. Es zeigt sich, dass die Panoramabahn mit einer Querschnittsbelastung von bis zu 70.000 Fahrgästen am Tag nennenswerte Nachfrageströme im ÖV-Netz verlagern und aufnehmen kann. Man erkennt, dass die zahlreichen Verknüpfungspunkte zum nachgelagerten Netz entlang der Panoramabahn eine sehr gute dezentrale Feinverteilung der Nachfrage ermöglichen (Nordbahnhof, Heilbronnerstr., Lenzhalde, Herderplatz, Westbahnhof). Zahlreiche Ziele im Talkessel bleiben somit weiterhin mit lediglich einem Umstieg erreichbar, was in vielen Fällen keine zusätzlichen Umstiege im Vergleich zum Regelbetrieb auf der Stammstrecke bedeutet, da auch von der Stammstrecke oftmals noch ein Umstieg auf das nachgelagerte Netz notwendig ist. Die Nutzung der leistungsstark ausgebauten Panoramabahn sorgt für großflächige Entlastungen im nachgelagerten Netz (Tallängslinien und Busse insbesondere nach Stuttgart-Vaihingen, Talquerlinien nach Stuttgart-Vaihingen und im Nordzulauf) und im Zulauf des Regionalverkehrs zum Tiefbahnhof (Pfaffensteigtunnel, Fildertunnel, Nordzulauf).

Vergleicht man den verkehrlichen Schaden im Störfall S-Bahn Referenzfall ohne Panoramabahn mit dem Störfall S-Bahn Referenzfall mit Panoramabahn zeigt sich ein Anstieg des verkehrlichen Schadens um ca. 1,3 Mio. Widerstandsminuten / Tag bzw. 41,3 %. Umgekehrt entspricht dies folglich der Schadensminimierung der Panoramabahn (nur Anbindung Stuttgart-Feuerbach) im S-Bahn Störfall. Dieser positive Effekt wird als maßgeblich und in der Realität merklich spürbar eingeschätzt. Die räumliche Verteilung dieser Schadensvermeidung zeigt

positive Effekte fast im gesamten Einzugsbereich des S-Bahn-Netzes, die sich insbesondere südlich von Stuttgart Stuttgart-Vaihingen und im Verlauf der über Stuttgart-Feuerbach nach Norden und West angebundenen Linien konzentrieren. Östlich von Stuttgart-Bad Cannstatt kommt es zu kaum positiven Effekten, da diese Linienäste erst durch die zusätzliche Anbindung nach Stuttgart-Bad Cannstatt über das Nordkreuz von den positiven Resilienz-Eigenschaften der Panoramabahn profitieren können.

Betrachtet man die Auslastungen im nachgelagerten Netz, insbesondere der Stadtbahn, stellt man eine spürbare Entlastung vor allem der hochbelasteten Abschnitte der Tallängslinien zwischen Stuttgart-Bad Cannstatt und Stuttgart Stuttgart-Vaihingen sowie im Nordzulauf fest. Dabei ist die Entlastung des relativ langen Fahrabschnitts der Stadtbahn von Stuttgart-Vaihingen als besonders nutzenstiftend hervorzuheben.

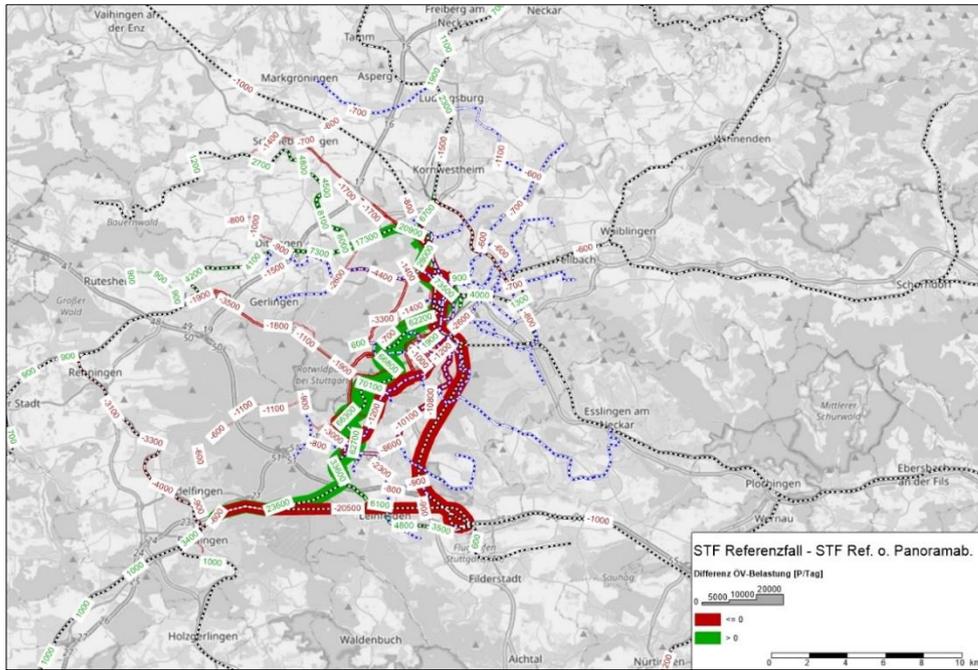


Abbildung 109: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF S-Bahn, STF Referenzfall zu STF Referenzfall o. Panoramabahn

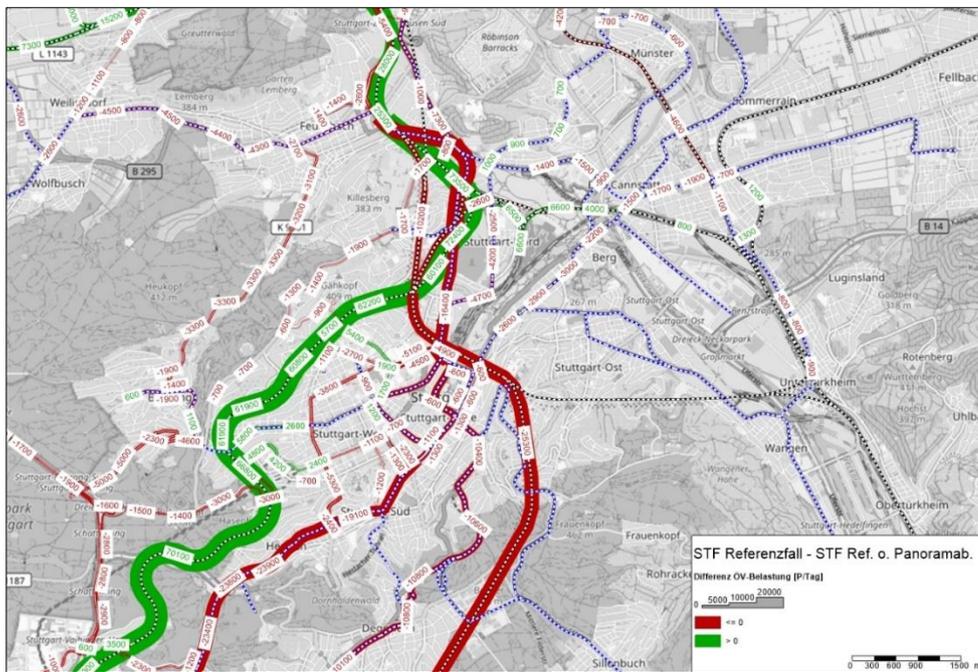


Abbildung 110: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF S-Bahn, STF Referenzfall zu STF Referenzfall o. Panoramabahn

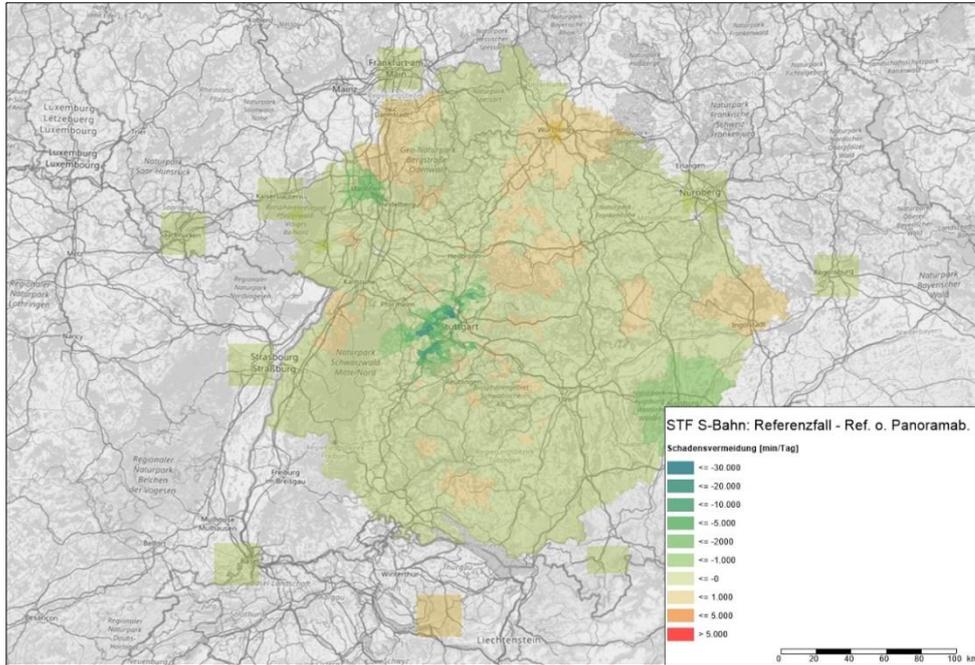


Abbildung 111: Differenz verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (MR), STF Referenzfall zu STF Referenzfall ohne Panoramabahn

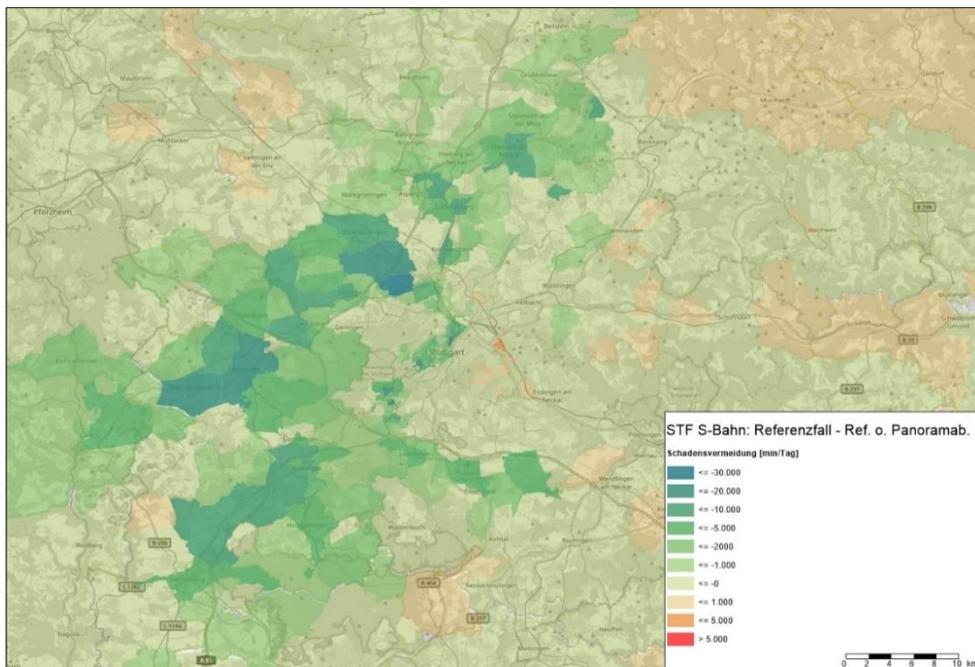


Abbildung 112: Differenz verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (VRS), STF Referenzfall zu STF Referenzfall ohne Panoramabahn

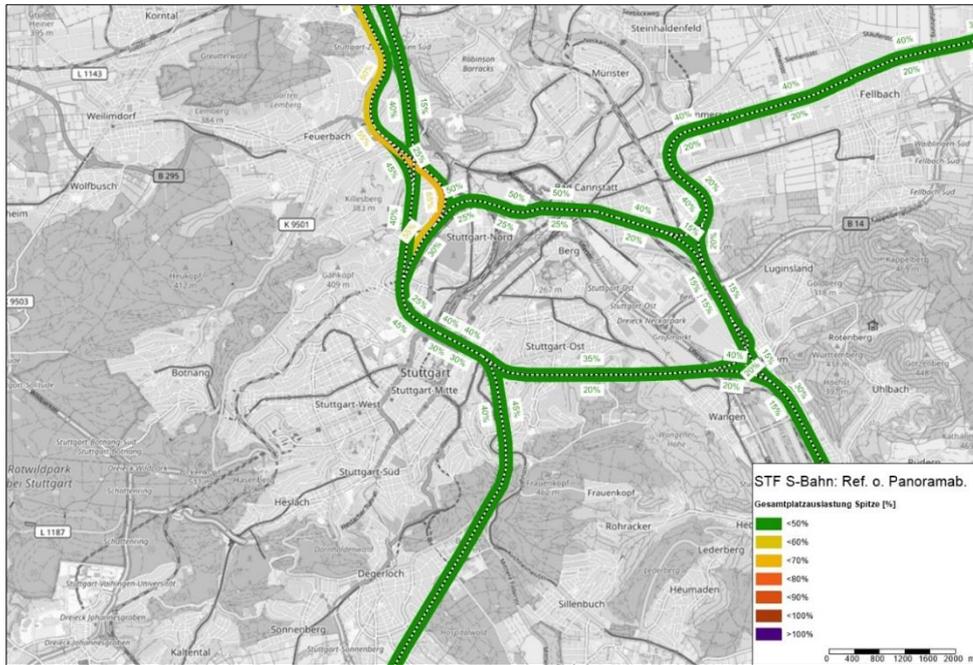


Abbildung 113: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, STF Referenzfall ohne Panoramabahn

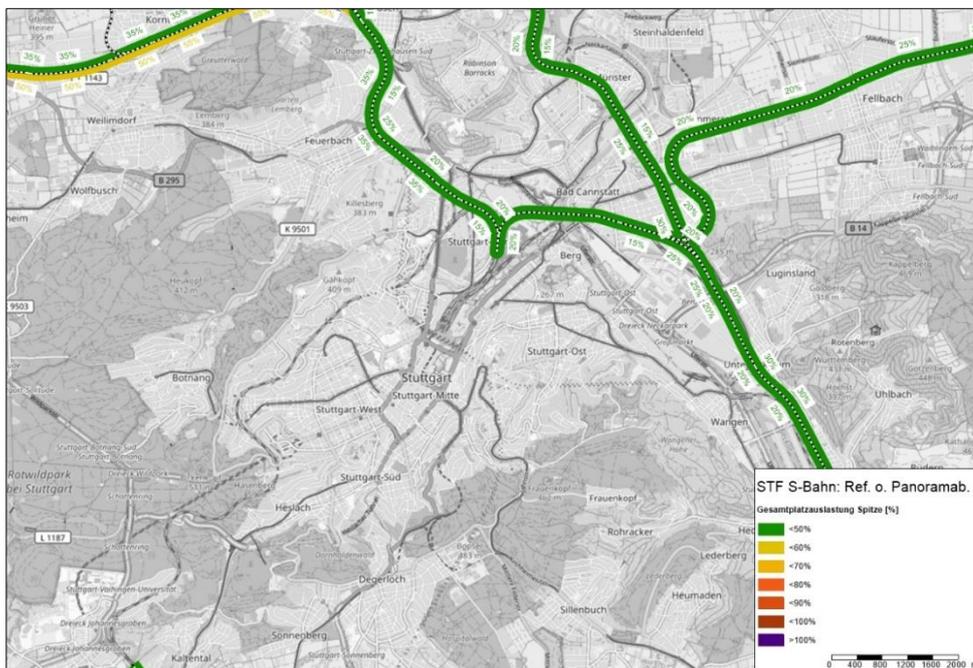


Abbildung 114: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, STF Referenzfall ohne Panoramabahn

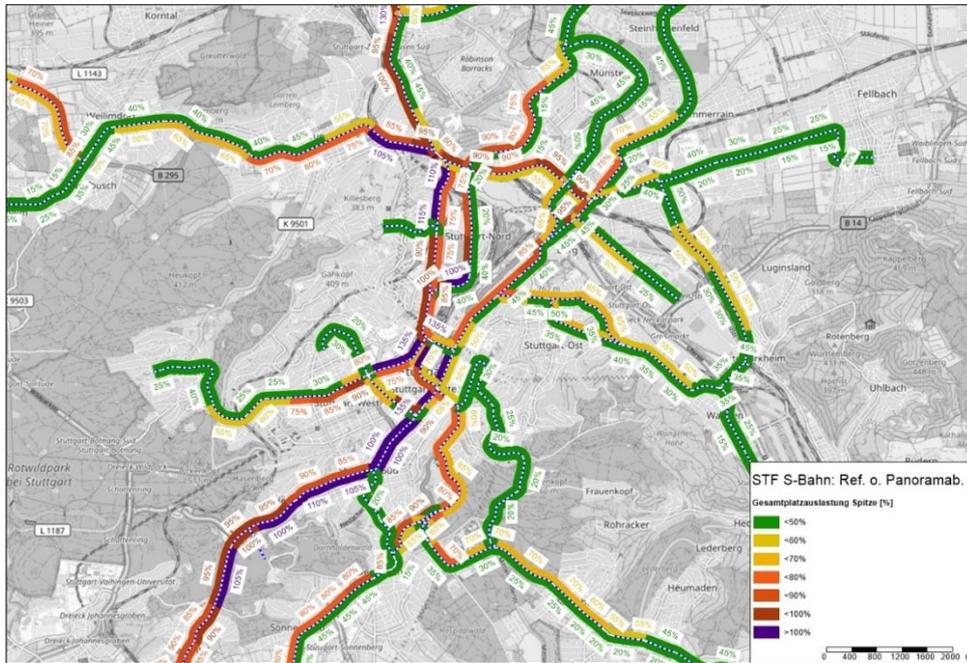


Abbildung 115: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, STF Referenzfall ohne Panoramabahn

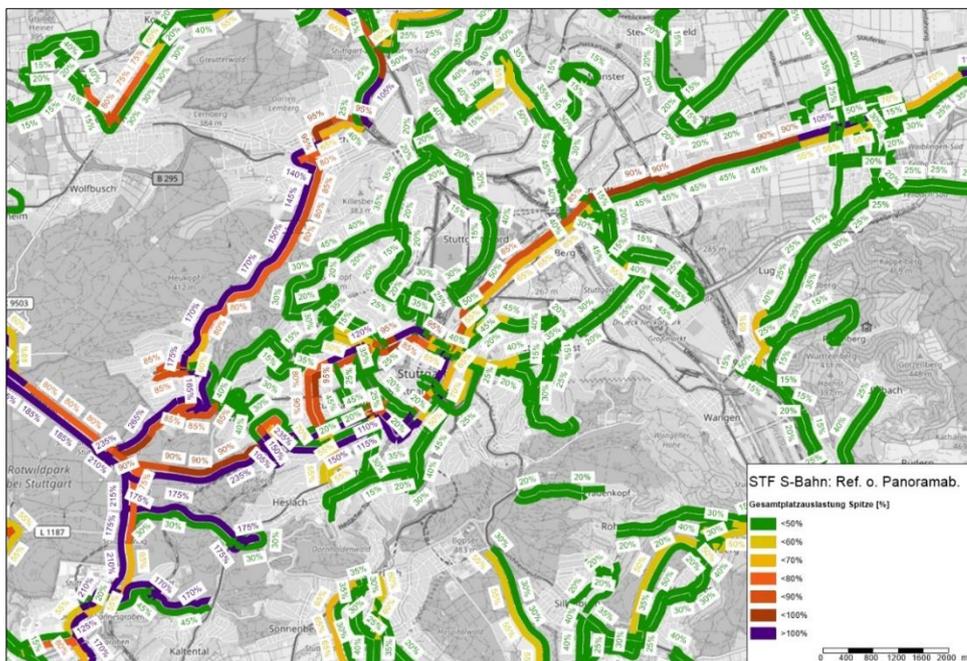


Abbildung 116: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, STF Referenzfall ohne Panoramabahn

10.5 Vergleich und Interpretation

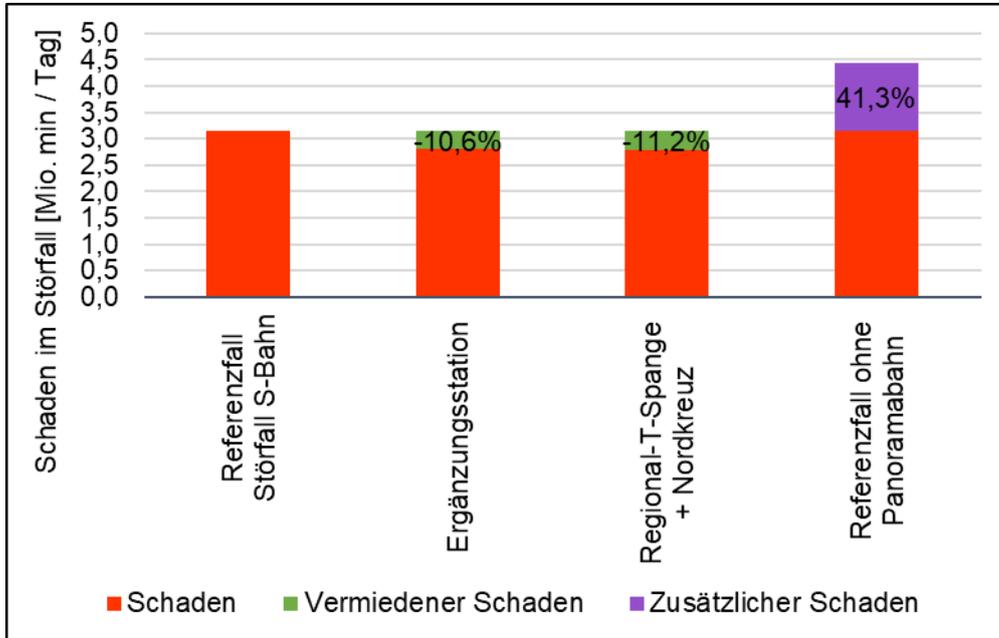


Abbildung 117: Gegenüberstellung des verkehrlichen Schadens, Störfall S-Bahn

In Abbildung 117 sind die Ergebnisse der insgesamt vier Berechnungen der verkehrlichen Schäden im Störfall S-Bahn gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass die Maßnahmen Ergänzungsstation und Regional-T-Spange + Nordkreuz den durch die Sperrung der S-Bahn-Stammstrecke entstehenden verkehrlichen Schaden nur in geringem Maße reduzieren können. Demgegenüber zeigt die Sensitivität des Referenzfalls ohne Panoramabahn, dass die zweigleisig, leistungsstark und mit zahlreichen Zwischenhalten ausgebaute und Richtung Stuttgart-Feuerbach angebundene Panoramabahn einen merklichen Beitrag leisten kann. Die Kombination mit dem Nordkreuz bietet hierbei eine sinnvolle Ergänzung, um mit einer zweiten Anbindung Richtung Stuttgart-Bad Cannstatt auch diese Linien durchbinden zu können und somit das S-Bahn-Netz auch im Falle einer Stammstreckensperrung grundsätzlich aufrecht erhalten zu können, sodass die Panoramabahn während der Störung zu einer Ersatz-Stammstrecke wird.

Nachteilig gegenüber der Ergänzungsstation ist die Erreichbarkeit des Hauptbahnhofs von der Panoramabahn, welche nur durch einen weiteren Umstieg auf die Stadtbahn oder einen Fußweg von ca. 1 km über den neuen Halt Türlenstr. gegeben ist. Verknüpfungen zum Regionalverkehr können allerdings in der Regel an weiteren dezentralen Bahnhöfen im Stadtgebiet (Feuerbach, Stuttgart-

Bad Cannstatt, Stuttgart Stuttgart-Vaihingen) oder in den Mittelzentren (z.B. Ludwigsburg, Esslingen, Böblingen) realisiert werden. Da die Umsteigemöglichkeit auf den Fernverkehr allerdings nur im Hauptbahnhof gegeben ist, ergeben sich hierfür Vorteile bei der Ergänzungsstation.

11 Verkehrliche Bewertung Konzepte Störfall Hbf

Im Folgenden werden die drei Zustände Referenzfall, Ergänzungsstation und Regional-T-Spange + Nordkreuz für den Störfall Hbf verkehrlich bewertet. Dazu werden die Ergebnisse der verkehrlichen Rechnung jeweils kartografisch dargestellt, die relevanten Kenngrößen ausgewertet und die verkehrlichen Effekte erläutert. In Kapitel 11.5 werden die Ergebnisse des Störfalls Hbf gesamthaft gegenübergestellt und interpretiert. Die Berechnungen und Auswertungen beruhen stets auf den in Kapitel 3.2.3 getroffenen Festlegungen. Die Berechnungen der Fahrzeugauslastungen basieren dabei auf einem kapazitätsbeschränktem Umlegungsverfahren und sind dadurch nur eingeschränkt mit den in Kapitel 9 gezeigten Werten vergleichbar. Da geplant ist, dass die Ergänzungsstation aus baulichen Gründen eine Bahnsteignutzlänge von 215 Metern haben soll, kann diese nicht von längeren Zügen des Fern- und IRE-Verkehrs bedient werden. Um gegenüber dieser Planung den Nutzen einer baulich deutlich anspruchsvolleren Ergänzungsstation mit 425 Metern Bahnsteignutzlänge im Störfall Hbf abzuschätzen, wird zusätzliche eine Sensitivität mit dieser Ausgestaltung der Ergänzungsstation in Kapitel 11.4 ausgewertet.

11.1 Referenzfall

Für den Referenzfall wird der durch die Störung des Hauptbahnhofs entstehende absolute Schaden berechnet. Es wird allerdings nicht wie beim Regelbetrieb ein Vergleich zum Zustand Verkehrswende Deutschlandtakt vorgenommen und somit die Wirksamkeit des Referenzfalls bei einer Störung ermittelt. Der ermittelte verkehrliche Schaden dient viel mehr als Ausgangspunkt zum Vergleich mit dem sich ergebenden Schaden bei den Zuständen Regional-T-Spange + Nordkreuz und Ergänzungsstation.

Die durch die Sperrung des Tiefbahnhofs gewählten alternativen Routen zeigen sich in der Differenzdarstellung der ÖV-Belastungen des Referenzfalls mit Störung (STF) zum Regelbetrieb (REGL) in Abbildung 118. Rund 330.000 direkt betroffene tägliche Nutzer des Tiefbahnhofs (Ein- und Aussteiger) müssen dabei auf alternative Routen ausweichen. Die wichtigsten alternativen Verbindungen ergeben sich dabei über die S-Bahn-Stammstrecke und die Schusterbahn, als Umleitungsstrecke des Fernverkehrs. Durch die Nutzung der S-Bahn können die meisten Ziele des Regionalverkehrs und die Innenstadt weiterhin erreicht werden, wobei sich allerdings spürbare Reisezeitverlängerungen ergeben. Die größten Probleme entstehen allerdings bei der Erreichbarkeit des Fernverkehrs, welcher durch die Sperrung des Tiefbahnhofs über die Schusterbahn umgeleitet wird und einen Ersatzhalt in Esslingen nutzt. Da Fernverkehrsfahrgäste mit Zielen in der Stuttgarter Innenstadt den Fernverkehr nur in Esslingen erreichen,

müssen zahlreiche Fahrgäste dort auf die S-Bahn Richtung Stuttgart umsteigen. Dies führt dazu, dass diese Fahrgäste den Abschnitt Esslingen – Untertürkheim doppelt befahren, was an der deutlichen Mehrbelastung auf diesem Abschnitt im Differenzplot zu sehen ist. Ausgehend von Stuttgart-Bad Cannstatt verteilen sich diese Fahrgäste weiter entlang der S-Bahn und dem nachgelagerten Netz. Die Panoramabahn kann insbesondere für Fahrgäste, die Stuttgart auf der Nord-Süd-Achse durchfahren, einen positiven Beitrag leisten. Da die Halte allerdings nicht für den Fernverkehr nutzbar sind, profitieren Fahrgäste der Fernverkehrslinie Zürich-Nürnberg mit dem Ziel Stuttgart nicht so von der Panoramabahn, wie es beim Störfall S-Bahn der Fall ist.

Der verkehrliche Schaden beträgt in Summe 8,7 Mio. Widerstandsminuten am Tag und liegt damit deutlich über dem des Störfalls S-Bahn. Im Schnitt erhöht sich der Widerstand der Nutzer des Tiefbahnhofs um 26 min/Fahrt. Die räumliche Verteilung der verkehrlichen Schäden ist in Abbildung 120 visualisiert. Darin zeigt sich, dass der größte verkehrliche Schaden auf Relationen des Fernverkehrs entsteht, welche insbesondere durch die Kordonzellen am Rand des Modellraums zusammengefasst sind. Darüber hinaus zeigen sich große Schäden im Nahbereich des Hauptbahnhofs, am Flughafen und in Gebieten, die über schnellen Regionalverkehr angebunden sind (z.B. Karlsruhe-Pforzheim-Vaihingen (E), Nürtingen, Merklingen, Ulm).

Betrachtet man die Fahrzeugauslastungen in der Spitzenstunde, zeigt sich, dass bei der S-Bahn teilweise sehr hohe aber noch nicht kritische Auslastungen auftreten, welche insbesondere den Abschnitt Esslingen – Hbf betreffen. Im nachgelagerten Netz ergeben sich teilweise sehr hohe Auslastungen, die insbesondere im Stadtbahnnetz im Nordzulauf, zwischen Stuttgart-Feuerbach und Stuttgart-Bad Cannstatt und bei der U7 Richtung Esslingen auftreten.

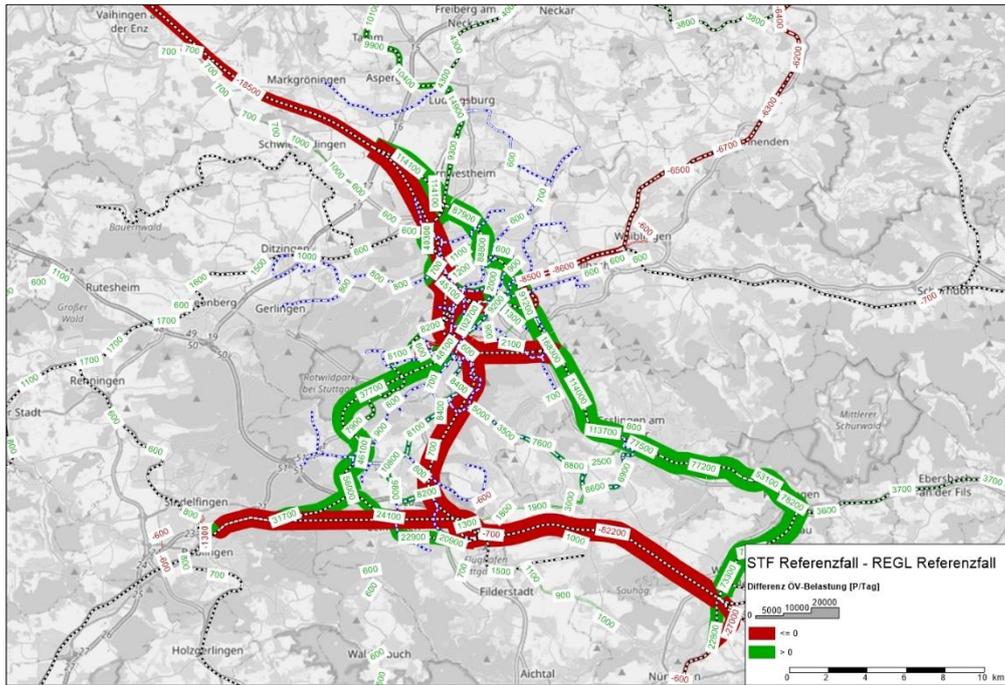


Abbildung 118: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF Hauptbahnhof STF Referenzfall zu REGL Referenzfall

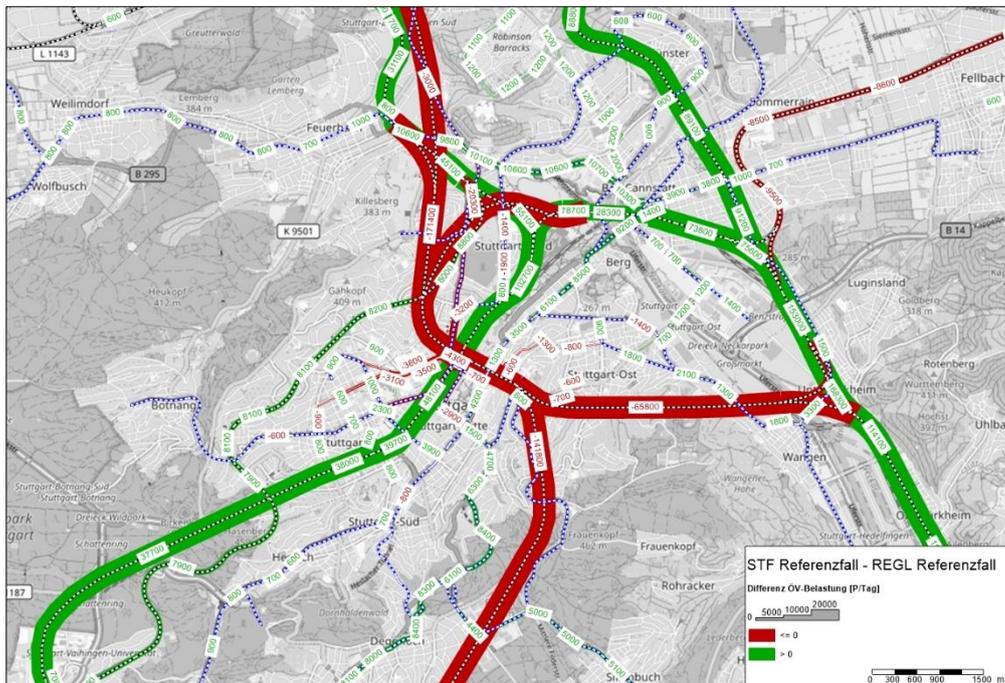


Abbildung 119: ÖV-Belastungs-Differenz (LHS), STF Hauptbahnhof Referenzfall zu REGL S-Bahn Referenzfall

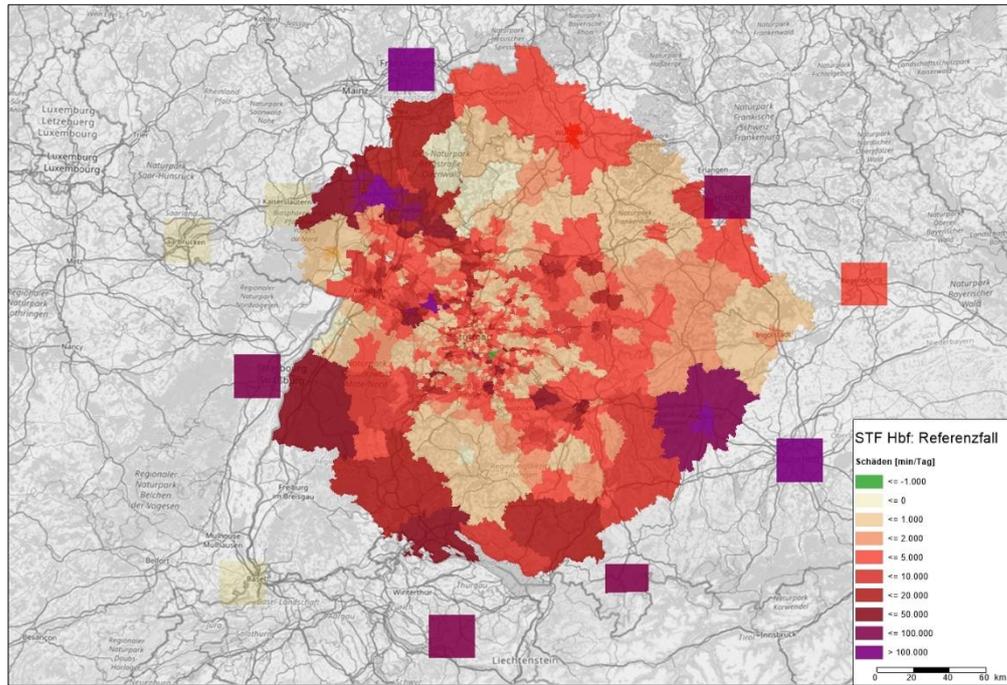


Abbildung 120: Verkehrlicher Schaden STF Hbf (MR), Referenzfall



Abbildung 121: Verkehrlicher Schaden STF Hbf (VRS), Referenzfall

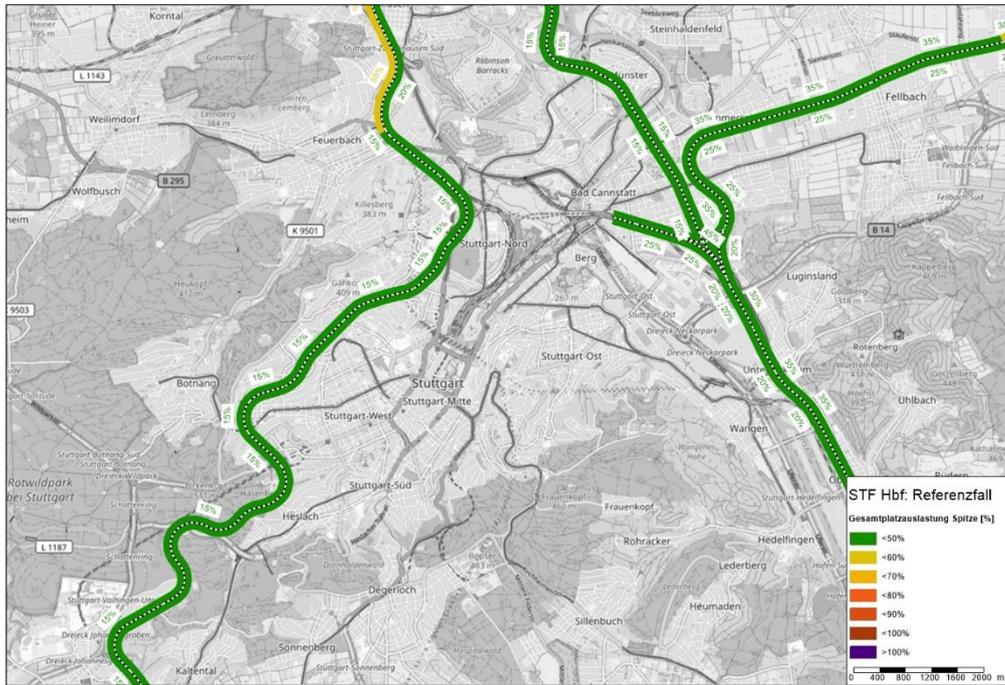


Abbildung 122: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, STF Hbf Referenzfall

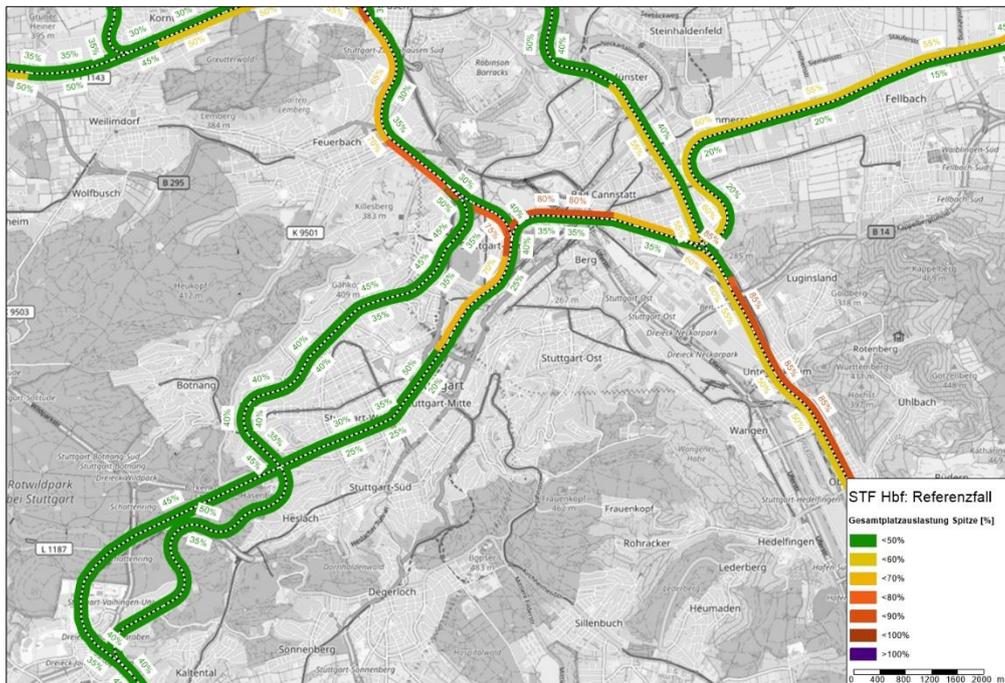


Abbildung 123: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, STF Hbf Referenzfall

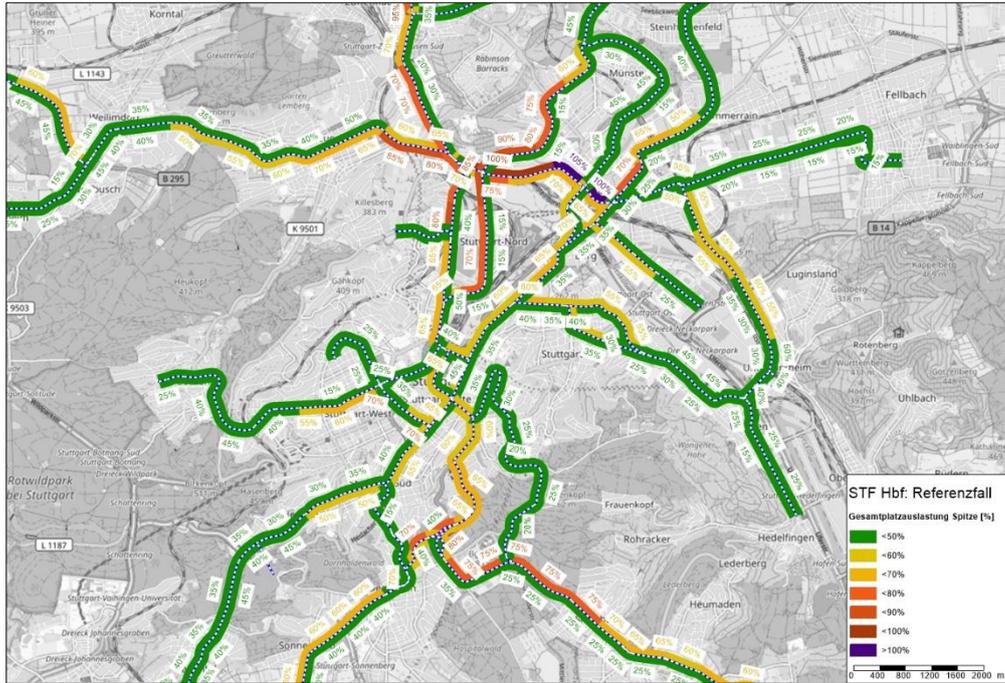


Abbildung 124: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, STF Hbf Referenzfall



Abbildung 125: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, STF Hbf Referenzfall

11.2 Ergänzungsstation

Die verkehrlichen Wirkungen und Effekte der Ergänzungsstation beim Störfall Hbf werden durch den Vergleich des Störfalls Hbf Ergänzungsstation mit dem Störfall Hbf Referenzfall ermittelt. Dadurch wird ersichtlich, welchen Beitrag die Ergänzungsstation im Störfall Hbf leistet. Im Differenzplott ist ersichtlich, dass durch die Ergänzungsstation insbesondere der Nordzulauf des Regionalverkehrs von Stuttgart-Vaihingen (E) in die Ergänzungsstation geführt werden kann und somit nicht mehr die Umleitung über die Schusterbahn nutzt. Zudem können zahlreiche Fahrgäste von Stuttgart-Feuerbach und Stuttgart-Bad Cannstatt weiter bis zur Ergänzungsstation fahren und müssen nicht frühzeitig auf die Stadtbahn umsteigen. Die Ergänzungsstation nimmt dabei 106.000 Fahrgäste am Tag auf (Ein-, Aussteiger, Durchfahrer) und damit mehr als doppelt so viele Fahrgäste wie im Regelbetrieb. Davon entfällt der größte Teil mit ca. 61.000 Fahrgästen auf den Zulauf von Stuttgart-Feuerbach, 39.000 Fahrgäste kommen von Stuttgart-Bad Cannstatt und 3.000 Fahrgäste von der Panoramabahn. Im gemeinsam mit der S-Bahn dargestellten Querschnitt des Zulaufs zur Ergänzungsstation bzw. S-Bahn Hauptbahnhof (tief) ergibt sich dadurch eine zusätzliche Belastung von ca. 50.000 Fahrgästen am Tag, was zeigt, dass die Ergänzungsstation auch zahlreiche Fahrgäste der S-Bahn anzieht.

Vergleicht man den verkehrlichen Schaden im Störfall Hbf Ergänzungsstation mit dem Störfall Hbf Referenzfall zeigt sich eine Minimierung des verkehrlichen Schadens um ca. 860.000 Widerstandsminuten / Tag bzw. 9,9 %. Dieser positive Effekt ist zwar in seinem Umfang mehr als doppelt so hoch wie beim Störfall S-Bahn, hat relativ bezogen auf den Gesamtschaden allerdings eine vergleichbar geringe Wirksamkeit. Die räumliche Verteilung dieser Schadensvermeidung zeigt, dass überwiegend die nähere Umgebung des Hauptbahnhofs sowie die Einzugsbereiche der in die Ergänzungsstation geführten Regionalverkehre profitieren. Insbesondere die nachfragestarken Züge von Stuttgart-Vaihingen (E) und Heilbronn können deutliche Nutzen generieren. Da auf Grund der Kapazität der Ergänzungsstation die zusätzlichen Regionalverkehrs-Linien im Störfall nur auf Kosten von Regelbetriebs-Linien (z.B. durchgebundene Schönbuchbahn, S6-Ast) in die Ergänzungsstation geführt werden können, entstehen dadurch an anderer Stelle verkehrliche Schäden (z.B. entlang der Schönbuchbahn).

Bezüglich der Fahrzeugauslastungen können nur geringfügige Änderungen gegenüber dem Referenzfall festgestellt werden. Die merklichste Entlastung zeigt sich bei der S-Bahn zwischen Esslingen, Stuttgart-Bad Cannstatt und dem Hbf, sowie zwischen Stuttgart-Feuerbach und Hbf.

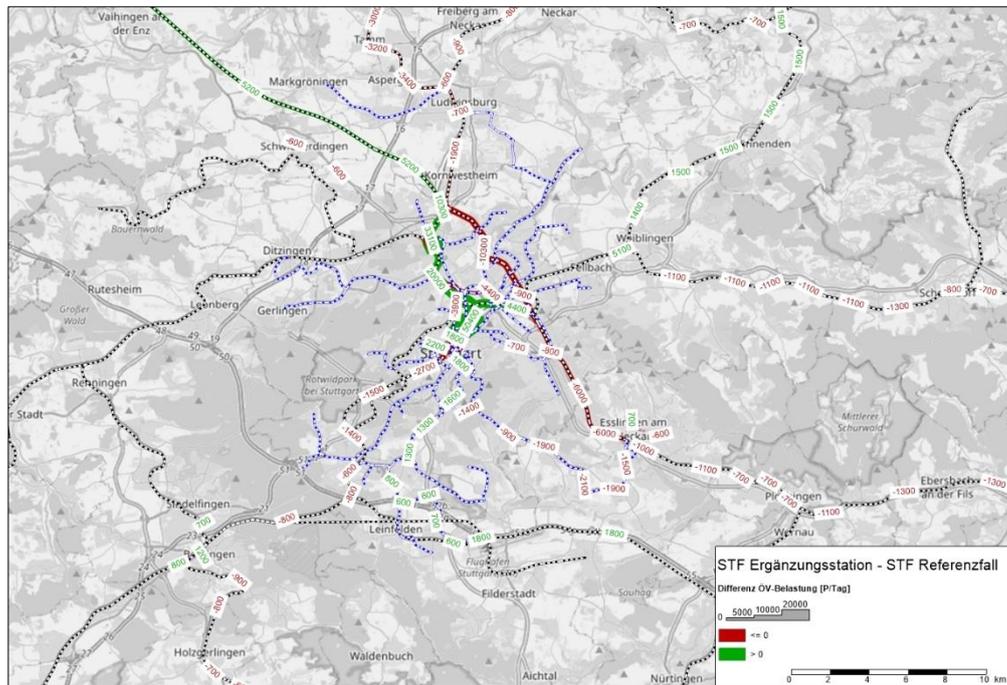


Abbildung 126: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF Hbf, STF Ergänzungsstation zu STF Referenzfall

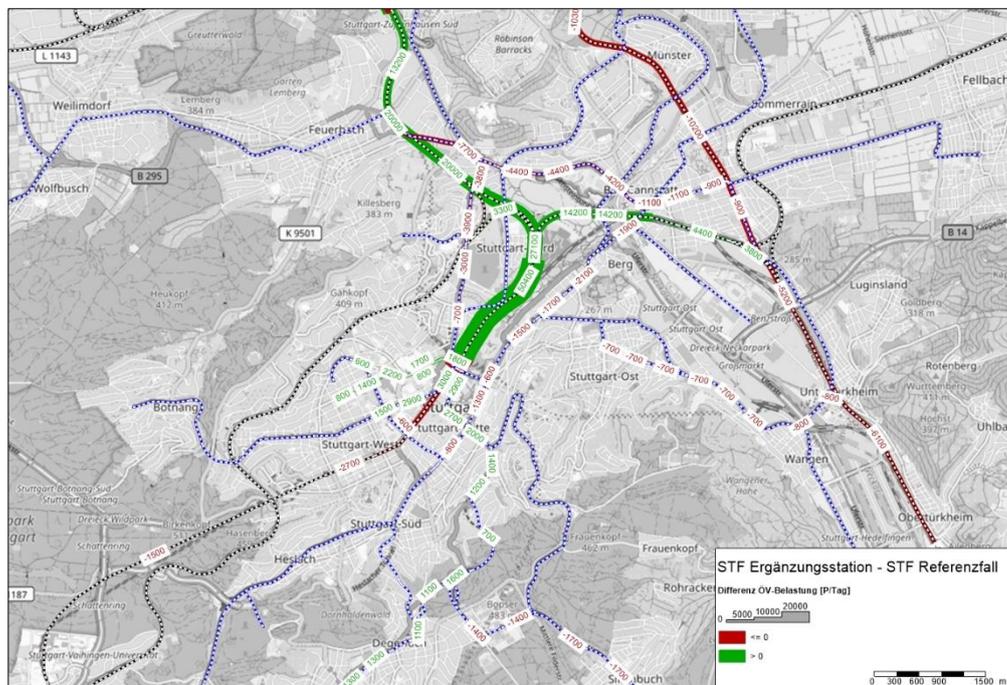


Abbildung 127: ÖV-Belastungs-Differenz (LHS), STF Hbf, STF Ergänzungsstation zu STF Referenzfall

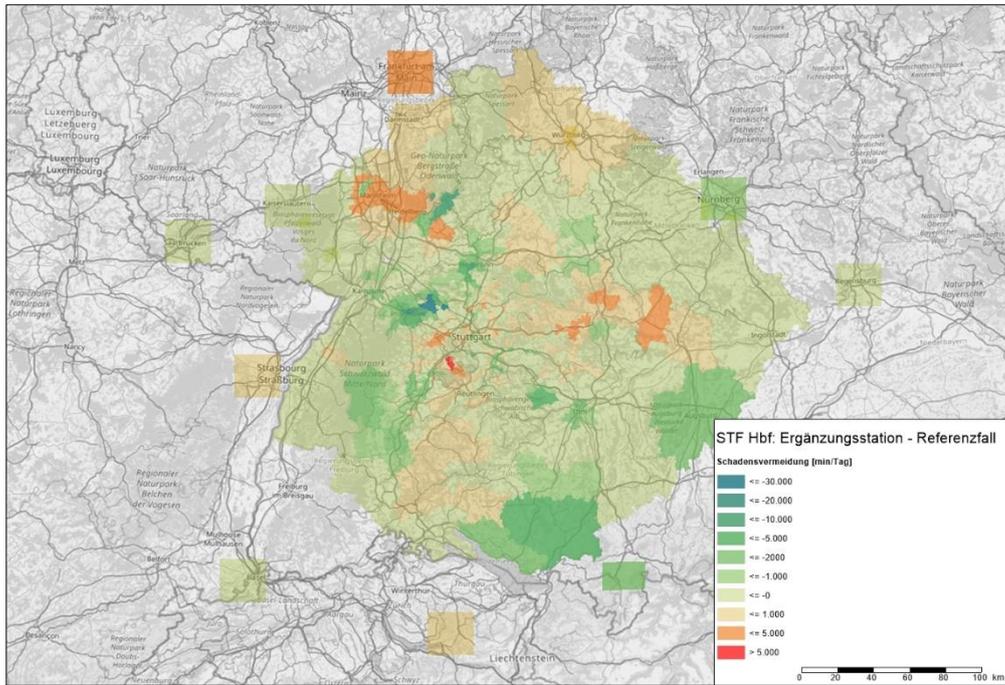


Abbildung 128: Differenz verkehrlicher Schaden STF Hbf (MR), STF Ergänzungsstation zu STF Referenzfall

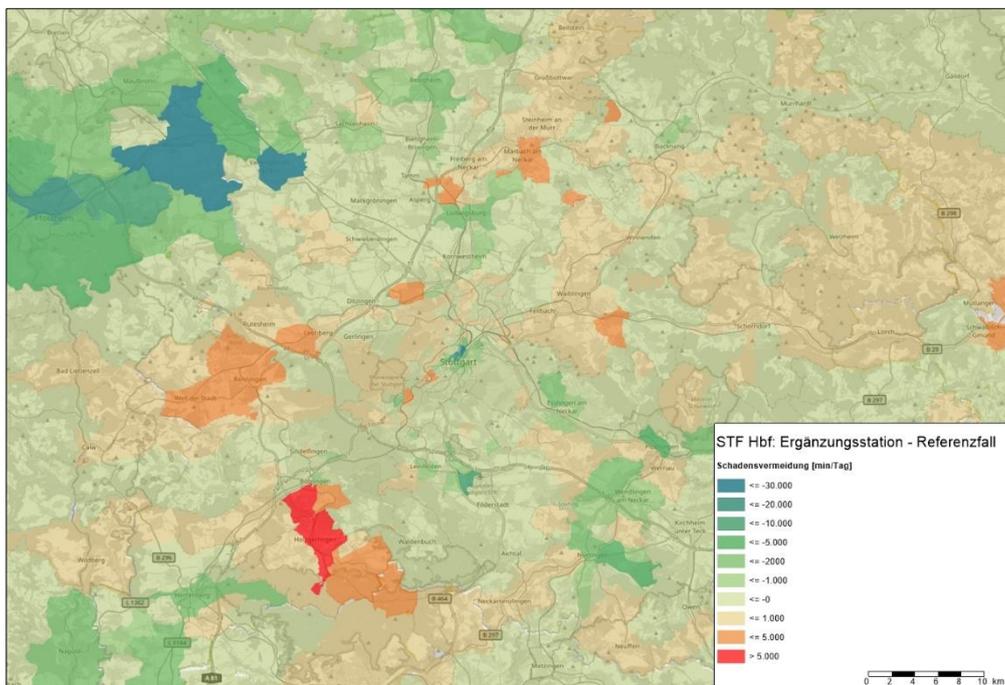


Abbildung 129: Differenz verkehrlicher Schaden STF Hbf (VRS), STF Ergänzungsstation zu STF Referenzfall

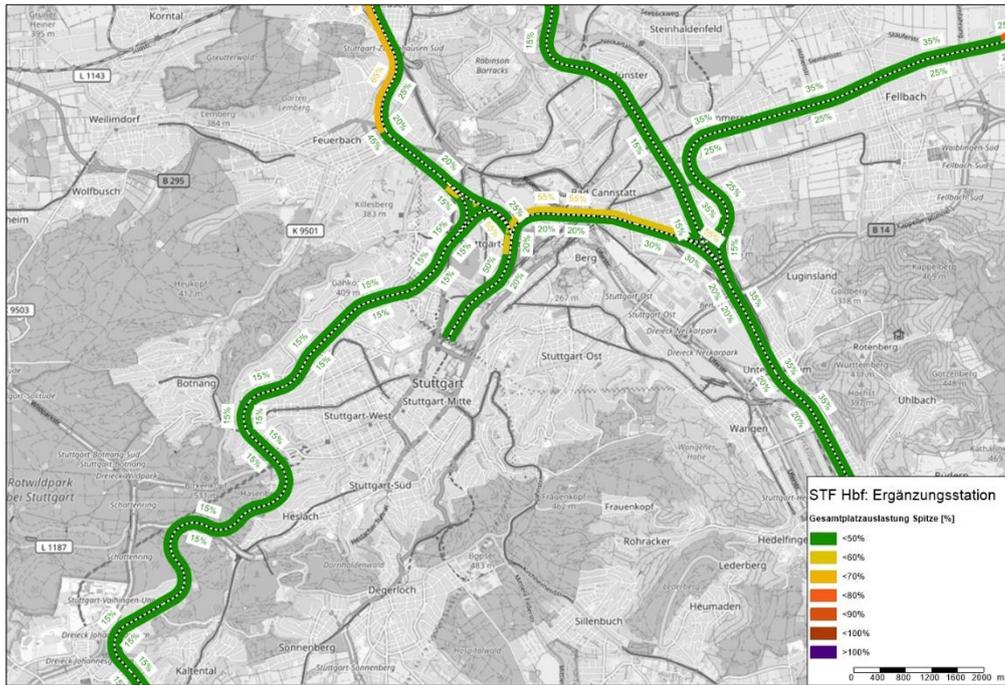


Abbildung 130: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, STF Hbf Ergänzungsstation

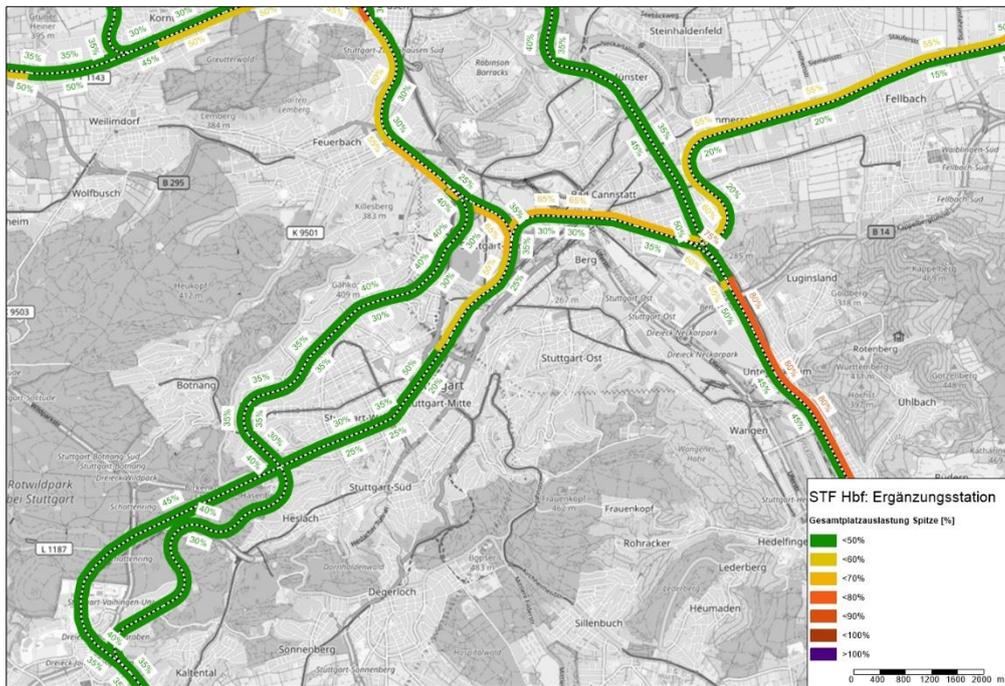


Abbildung 131: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, STF Hbf Ergänzungsstation

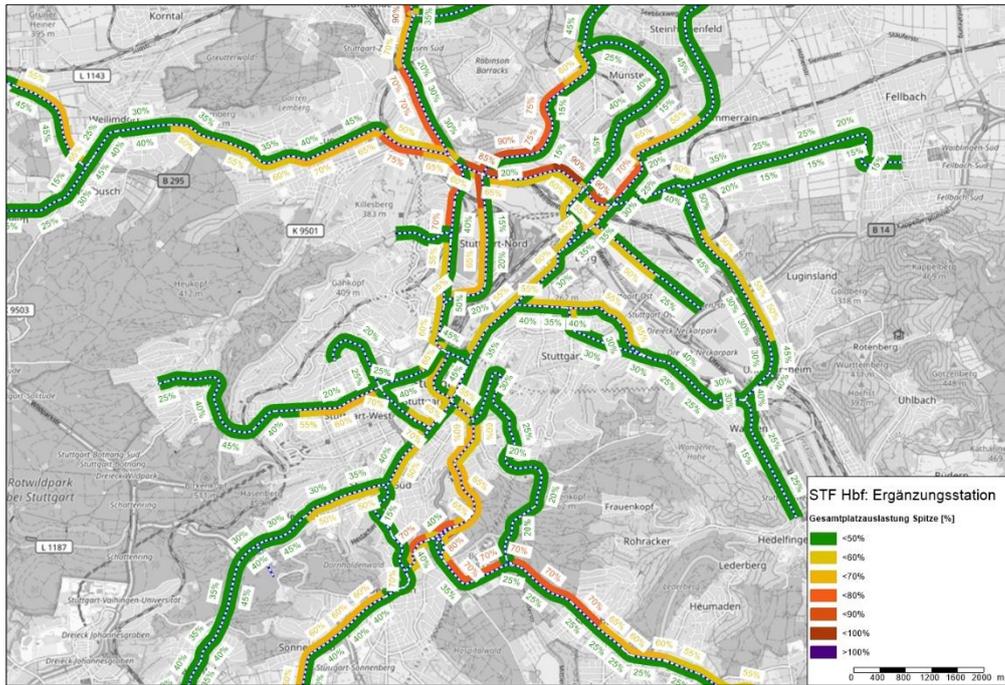


Abbildung 132: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, STF Hbf Ergänzungsstation

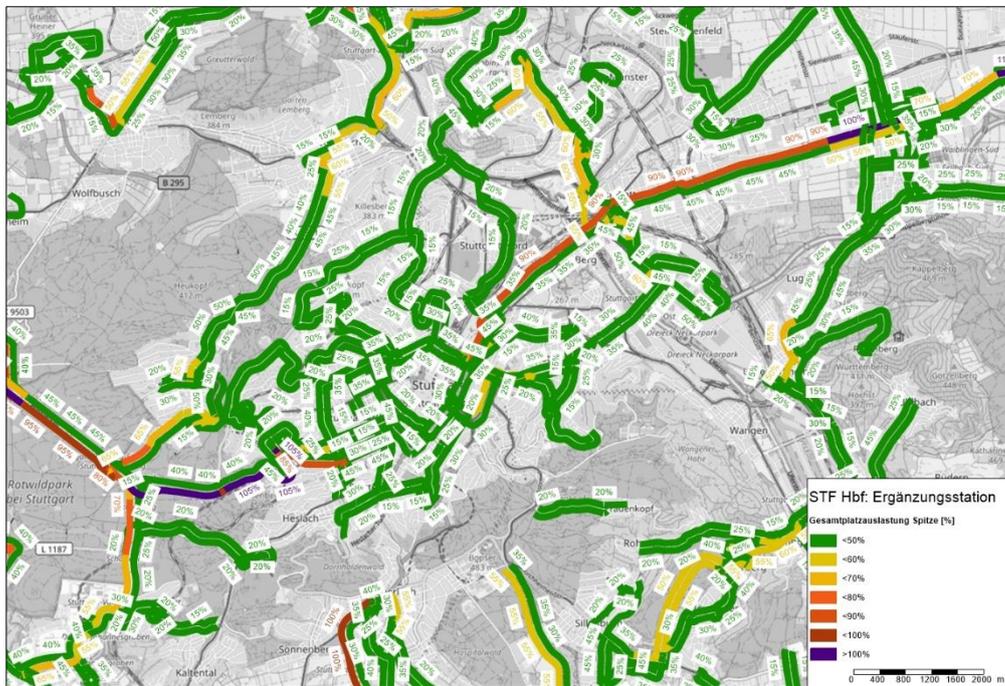


Abbildung 133: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, STF Hbf Ergänzungsstation

11.3 Regional-T-Spange + Nordkreuz

Die verkehrlichen Wirkungen und Effekte von Regional-T-Spange + Nordkreuz beim Störfall Hbf werden durch den Vergleich des Störfalls S-Bahn Regional-T-Spange + Nordkreuz mit dem Störfall Hbf Referenzfall ermittelt. Dadurch wird ersichtlich, welchen Beitrag Regional-T-Spange + Nordkreuz im Störfall Hbf leistet. Im Differenzplott zeigt sich, dass durch die Regional-T-Spange weitreichende Verlagerungen der Nachfrage entstehen, welche insbesondere auf die Verschiebung der umgeleiteten Fern- und Regionalzügen von der Schusterbahn auf die Regional-T-Spange zurückzuführen sind. Die damit verbundene Verschiebung des Fernverkehrs-Ersatzhalts von Esslingen nach Stuttgart-Bad Cannstatt hat große Auswirkungen auf die Fahrgastströme und die sich ergebenden Verkehrswiderstände. Es zeigt sich, dass dadurch insbesondere die S-Bahn von Esslingen und von Stuttgart-Feuerbach entlastet wird. Über Regional-T-Spange + Nordkreuz fahren dabei 157.000 Fahrgäste am Tag und damit mehr als drei Mal so viele Fahrgäste wie im Regelbetrieb. Davon entfallen lediglich ca. 12.000 Fahrgäste auf das Nordkreuz. Von den Fahrgästen steigen rund zwei Drittel in Stuttgart-Bad Cannstatt aus.

Vergleicht man den verkehrlichen Schaden im Störfall Hbf Regional-T-Spange + Nordkreuz mit dem Störfall Hbf Referenzfall zeigt sich eine Minimierung des verkehrlichen Schadens um ca. 1,6 Mio. Widerstandsminuten / Tag bzw. 18,3 %. Dieser positive Effekt ist etwa doppelt so hoch wie bei der Ergänzungsstation und wird in der Realität als durchaus spürbar eingeschätzt. Die räumliche Verteilung dieser Schadensvermeidung zeigt, dass dieser Nutzen überwiegend von der deutlich attraktiveren Führung des Fern- und Regionalverkehrs nach Stuttgart-Bad Cannstatt anstelle von Esslingen generiert wird. Im Umfeld von Esslingen werden gegenüber dem Referenzfall höhere Schäden festgestellt, da dieses Gebiet auch vom näheren Fernverkehrshalt in Esslingen profitieren würde. Im Kernbereich zeigen sich insbesondere das Umfeld von Stuttgart-Bad Cannstatt aber auch die Innenstadt und das Umfeld des Hauptbahnhofs und der Flughafen als spürbare Profiteure.

Bezüglich der Fahrzeugauslastungen können Entlastungen gegenüber dem Referenzfall insbesondere bei der S-Bahn zwischen Esslingen und Stuttgart-Bad Cannstatt festgestellt werden. Zwischen Stuttgart-Bad Cannstatt und Hbf wird allerdings dennoch eine sehr hohe Auslastung erwartet. Im nachgelagerten Netz kann insbesondere die sehr stark ausgelastete Linie U13 spürbar entlastet werden. Zudem ergeben sich weitere Entlastungen im Nordzulauf von Stuttgart-Feuerbach und bei der U7 von Esslingen.

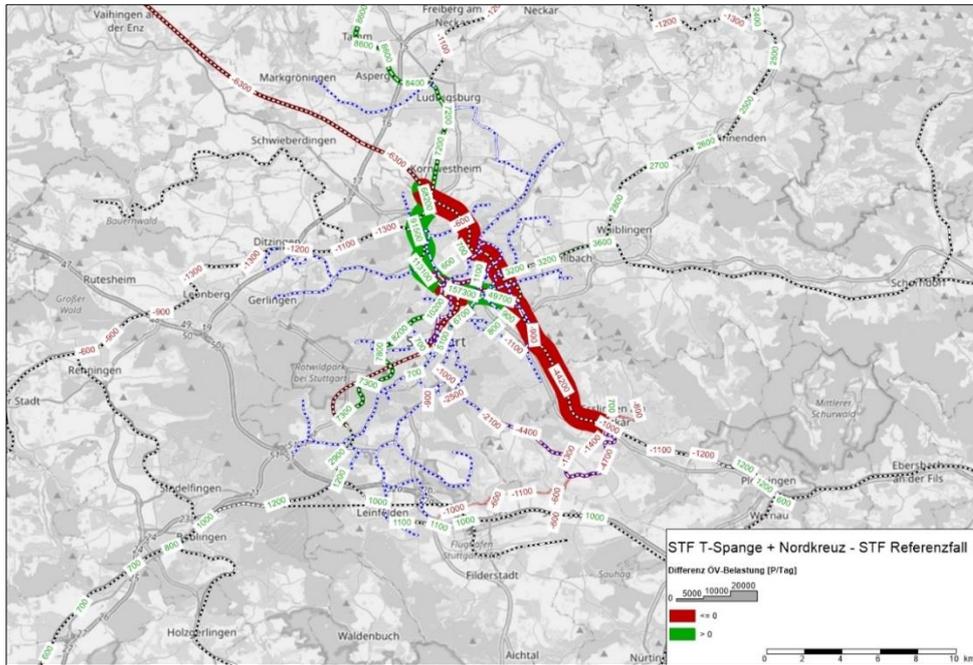


Abbildung 134: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF Hbf, STF Regional-T-Spange + Nordkreuz zu STF Referenzfall

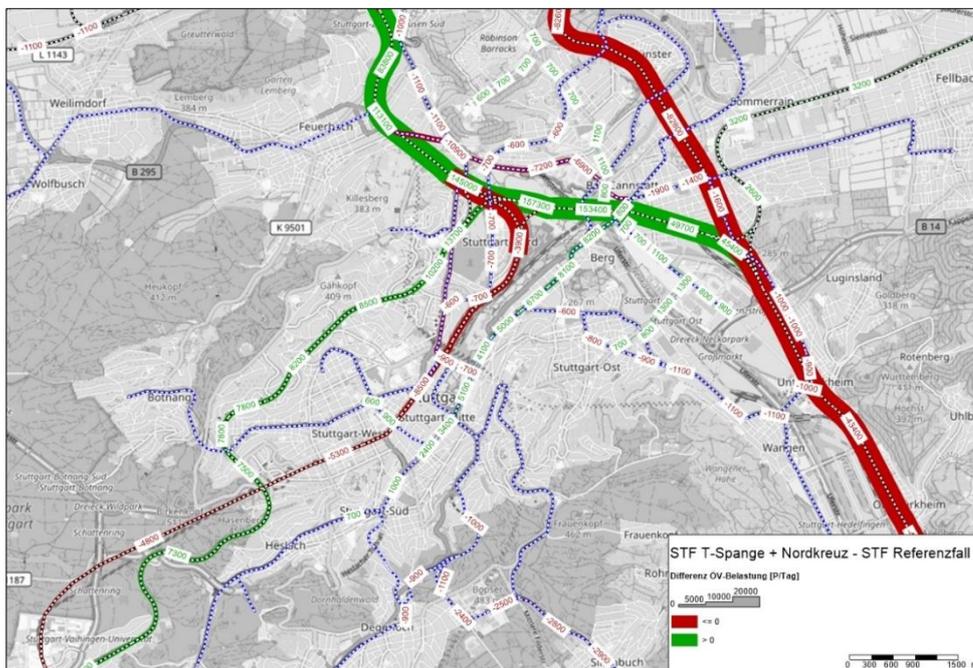


Abbildung 135: ÖV-Belastungs-Differenz (LHS), STF Hbf, STF Regional-T-Spange + Nordkreuz zu STF Referenzfall

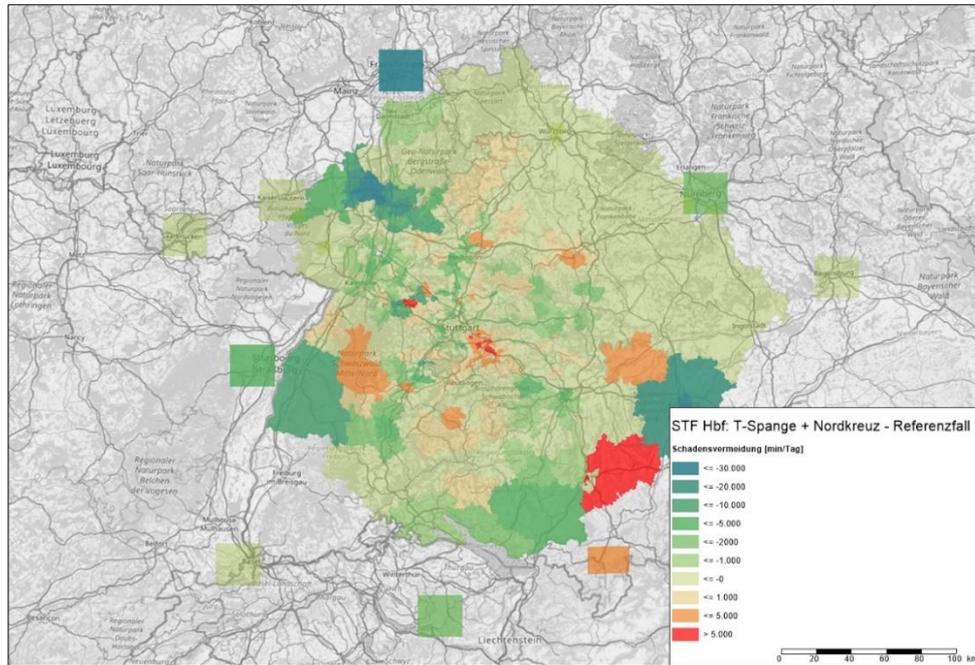


Abbildung 136: Differenz verkehrlicher Schaden STF Hbf (MR), STF Regional-T-Spange + Nordkreuz zu STF Referenzfall

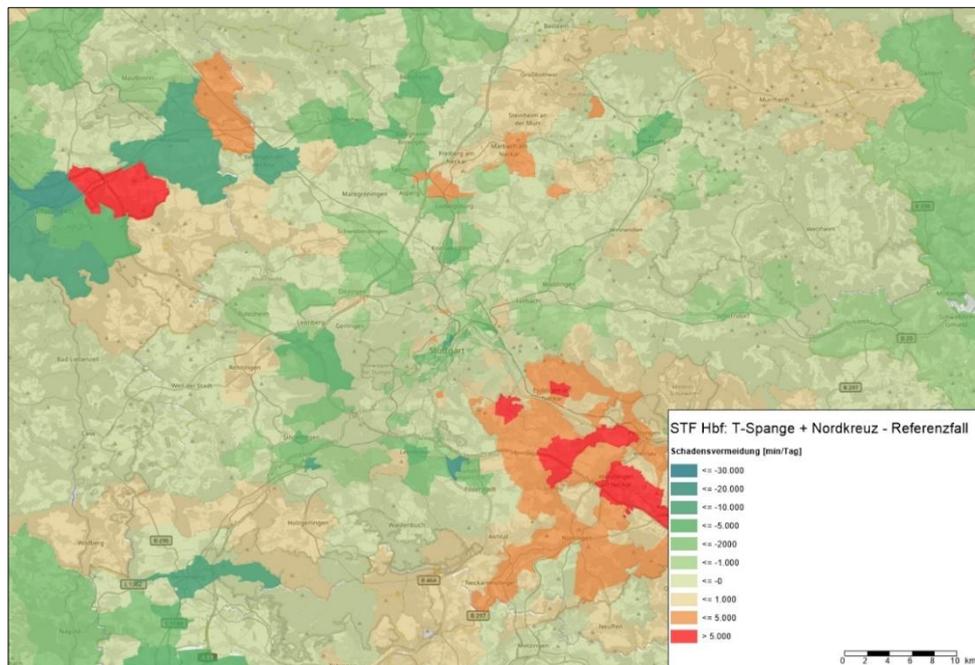


Abbildung 137: Differenz verkehrlicher Schaden STF Hbf (VRS), STF Regional-T-Spange + Nordkreuz zu STF Referenzfall

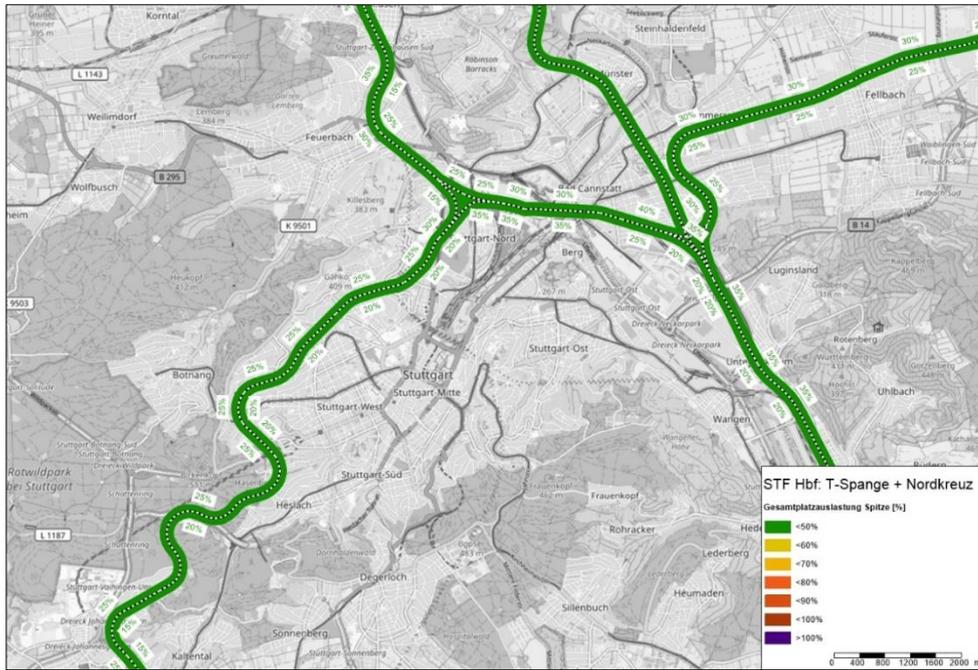


Abbildung 138: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, STF Hbf T-Spange + Nordkreuz

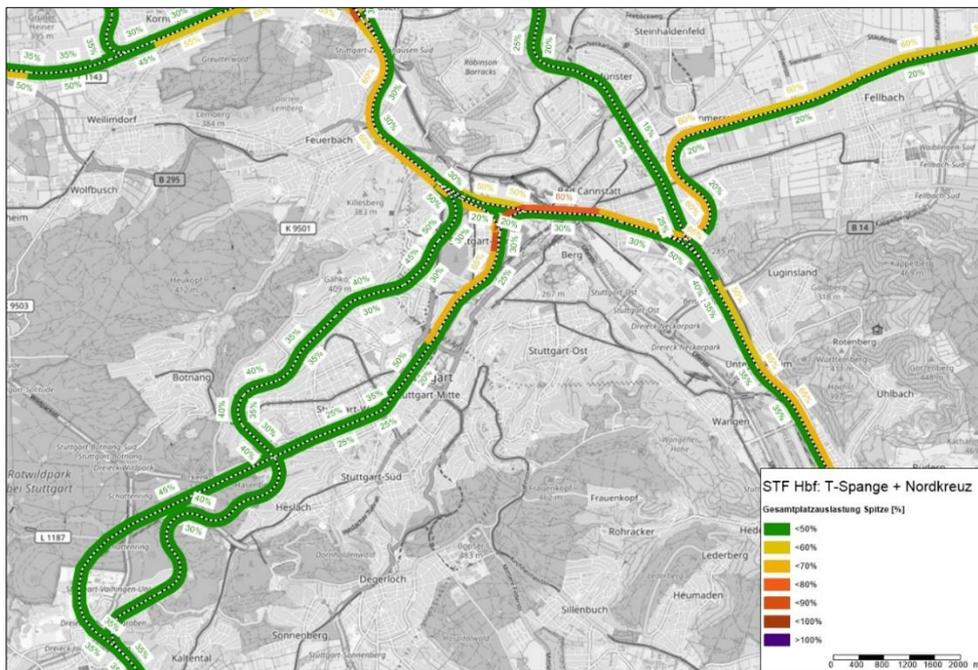


Abbildung 139: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, STF Hbf T-Spange + Nordkreuz

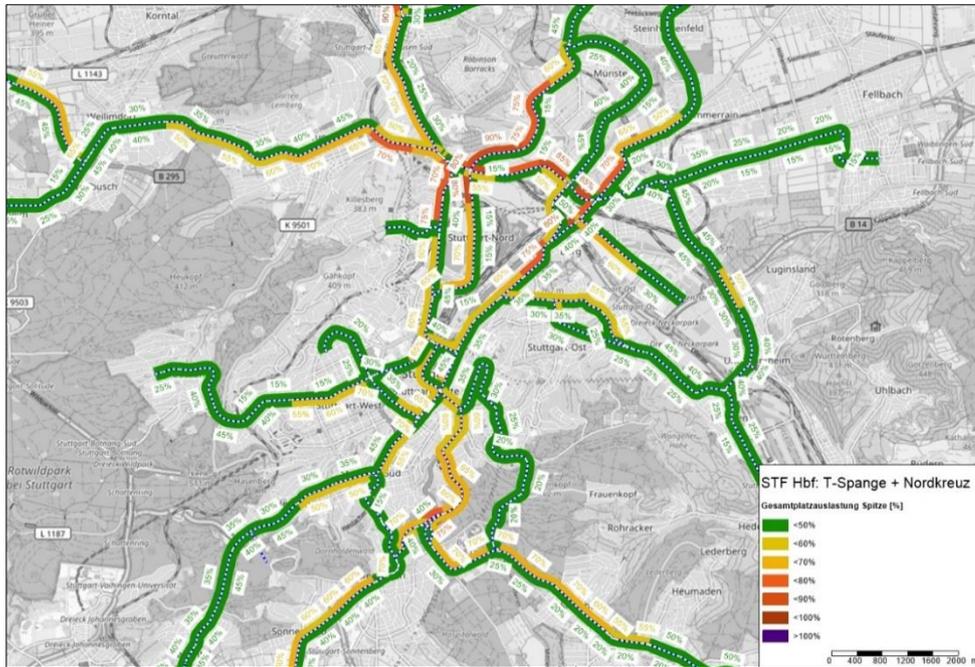


Abbildung 140: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, STF Hbf Regional-T-Spange + Nordkreuz

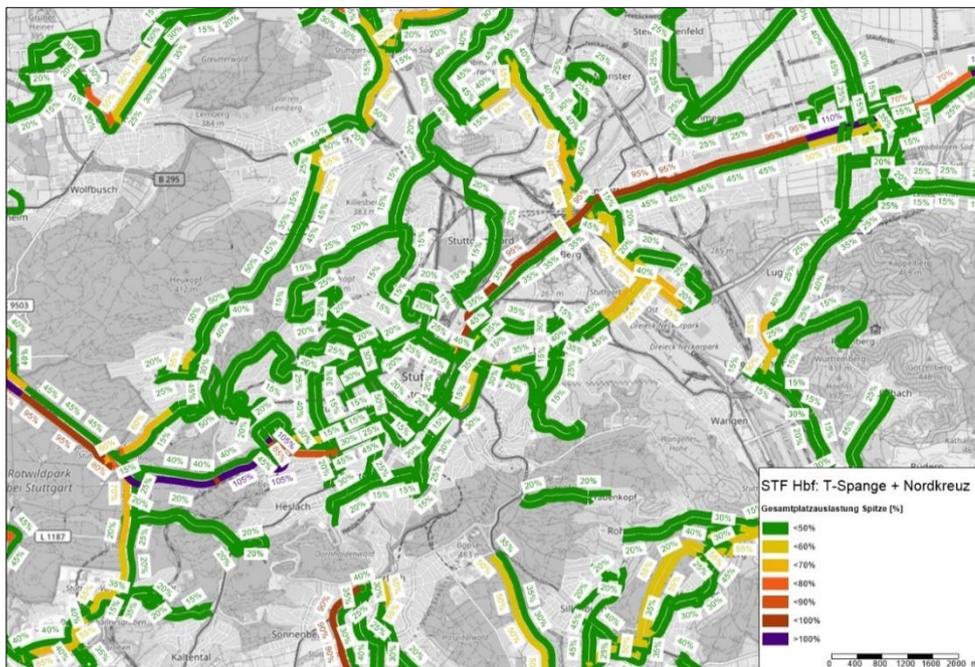


Abbildung 141: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, STF Hbf Regional-T-Spange + Nordkreuz

11.4 Sensitivitätsbetrachtung: Ergänzungsstation 425 Metern Bahnsteignutzlänge

Die verkehrlichen Wirkungen und Effekte der Ergänzungsstation mit 425 Metern Bahnsteignutzlänge werden methodisch analog zur Ergänzungsstation mit 215 Metern Bahnsteignutzlänge berechnet. Der Differenzplott zeigt erkennbar, dass sich die verkehrlichen Wirkungen der längeren fernverkehrstauglichen Ergänzungsstation von der kürzeren deutlich unterscheiden und die verkehrlichen Effekte auf den ersten Blick eher denen der Regional-T-Spange ähneln. Dies begründet sich durch die großen Fahrgastmengen im Fern- und IRE-Verkehr, welche durch die längere Ergänzungsstation den Hauptbahnhof direkt erreichen können und somit nicht mehr in Esslingen ankommen.

Die Ergänzungsstation nimmt dabei 188.000 Fahrgäste am Tag auf (Ein-, Aussteiger, Durchfahrer) und damit mehr als vier Mal so viele Fahrgäste wie im Regelbetrieb. Von diesen Fahrgästen nutzen ca. 142.000 Fahrgästen auf den Zulauf von Stuttgart-Feuerbach, 104.000 Fahrgäste kommen von Stuttgart-Bad Cannstatt und 3.000 Fahrgäste von der Panoramabahn. Da Nutzer, die die Ergänzungsstation durchfahren oder dort umsteigen, die Zuläufe teilweise doppelt befahren, liegt die Summe dieser Belastungen über der Nutzerzahl. Im gemeinsam mit der S-Bahn dargestellten Querschnitt des Zulaufs zur Ergänzungsstation bzw. S-Bahn Hauptbahnhof (tief) ergibt sich dadurch eine zusätzliche Belastung von ca. 180.000 Fahrgästen am Tag, was zeigt, dass die Ergänzungsstation auch zahlreiche Fahrgäste von der S-Bahn anzieht.

Vergleicht man den verkehrlichen Schaden im Störfall Hbf Ergänzungsstation mit 425 Metern Bahnsteignutzlänge mit dem Störfall Hbf Referenzfall zeigt sich eine Minimierung des verkehrlichen Schadens um ca. 2,4 Mio. Widerstandsmi-
nuten / Tag bzw. 28,1 %. Dieser positive Effekt ist in seinem Umfang knapp drei Mal so hoch wie bei der kürzeren Ergänzungsstation und hat relativ bezogen auf den Gesamtschaden eine sicherlich spürbare Wirksamkeit. Die räumliche Verteilung dieser Schadensvermeidung zeigt, dass überwiegend die nähere Umgebung des Hauptbahnhofs und Relationen des Fernverkehrs profitieren. Insbesondere die nachfragestarken Züge des Fern- und IRE-Verkehrs von Karlsruhe, Mannheim und Ulm können deutliche Nutzen generieren. Da auf Grund der Kapazität der Ergänzungsstation die zusätzlichen Regional- und Fernverkehrs-Linien im Störfall nur auf Kosten von Regelbetriebs-Linien (z.B. durchgebundene Schönbuchbahn, S6-Ast) in die Ergänzungsstation geführt werden können, entstehen dadurch an anderer Stelle verkehrliche Schäden (z.B. entlang der Schönbuchbahn).

Bezüglich der Fahrzeugauslastungen können Entlastungen gegenüber dem Referenzfall insbesondere bei der S-Bahn zwischen Esslingen und Hauptbahnhof

festgestellt werden. Im nachgelagerten Netz kann insbesondere die sehr stark ausgelastete Linie U13 entlastet werden. Zudem ergeben sich weitere Entlastungen im Nordzulauf von Stuttgart-Feuerbach und bei der U7 von Esslingen.

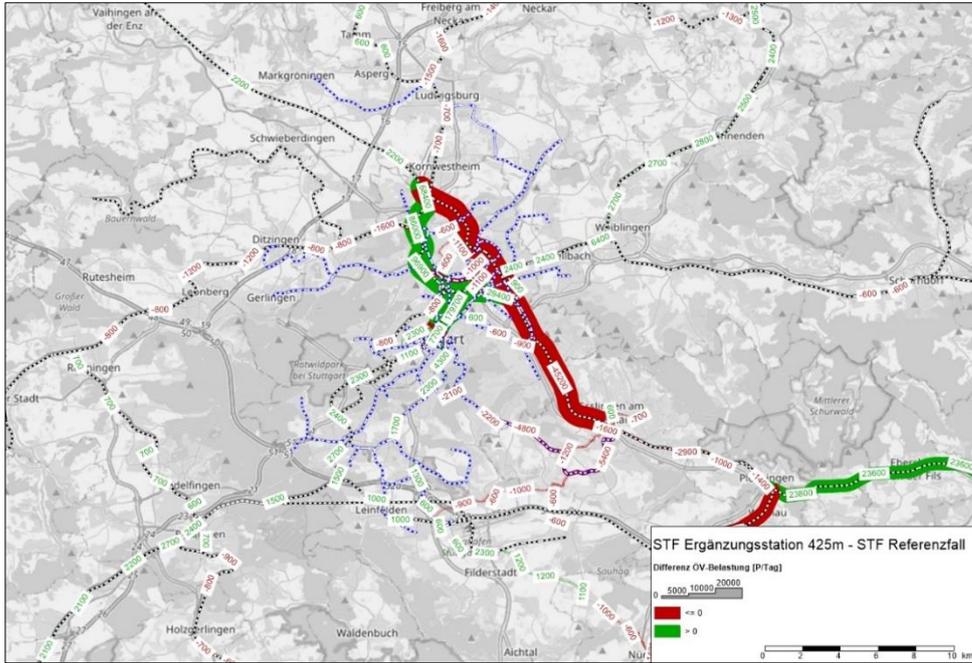


Abbildung 142: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF Hbf, STF Ergänzungsstation 425 Meter zu STF Referenzfall

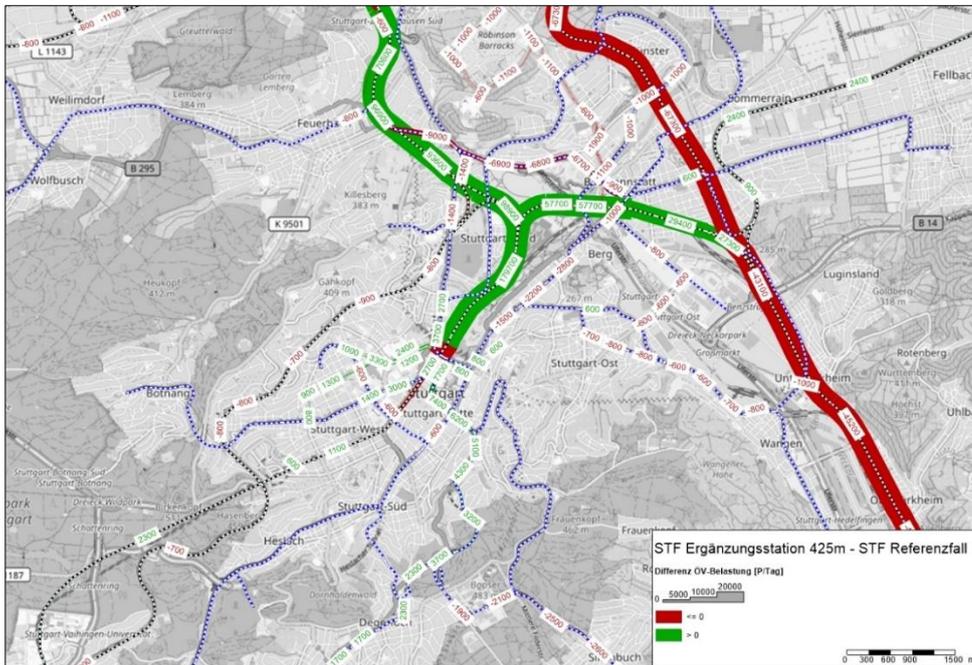


Abbildung 143: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF Hbf, STF Ergänzungsstation 425 Meter zu STF Referenzfall

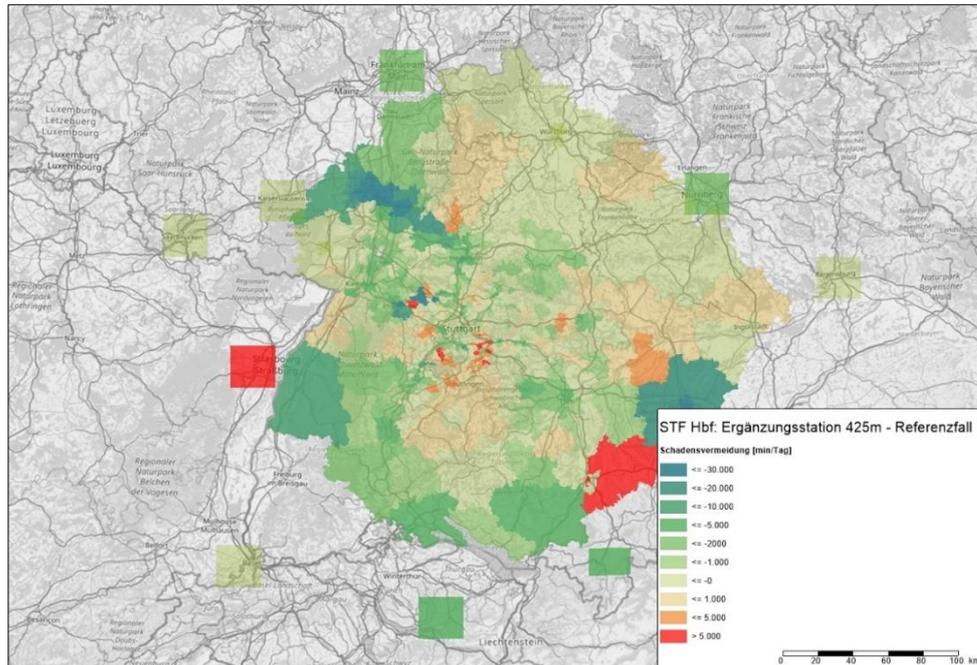


Abbildung 144: Differenz verkehrlicher Schaden
STF S-Bahn (MR), STF Ergänzungsstationen 425 Meter zu STF Referenzfall

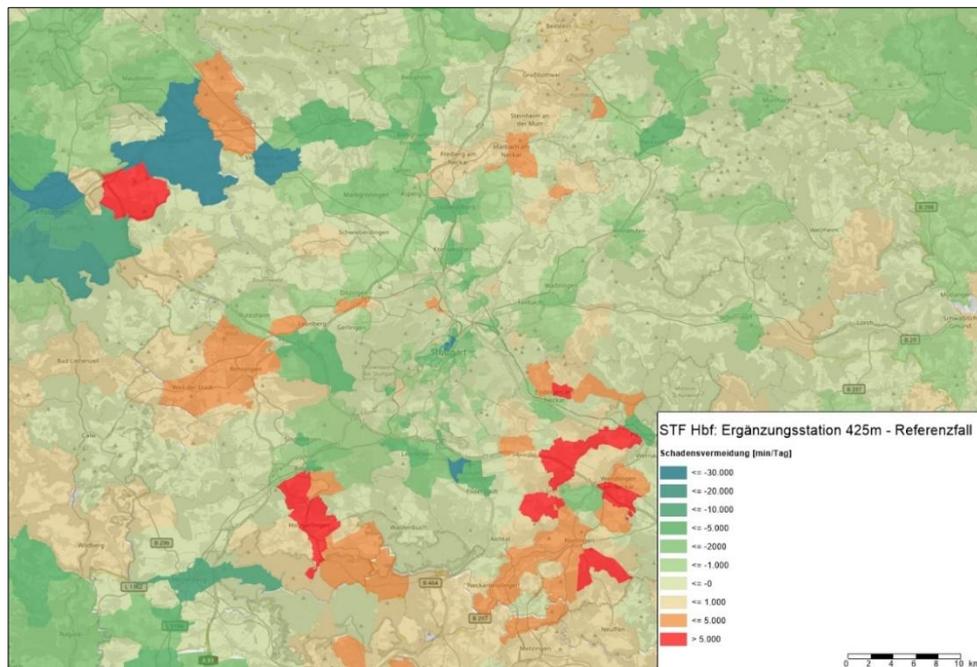


Abbildung 145: Differenz verkehrlicher Schaden
STF S-Bahn (VRS), STF Ergänzungsstationen 425 Meter zu STF Referenzfall

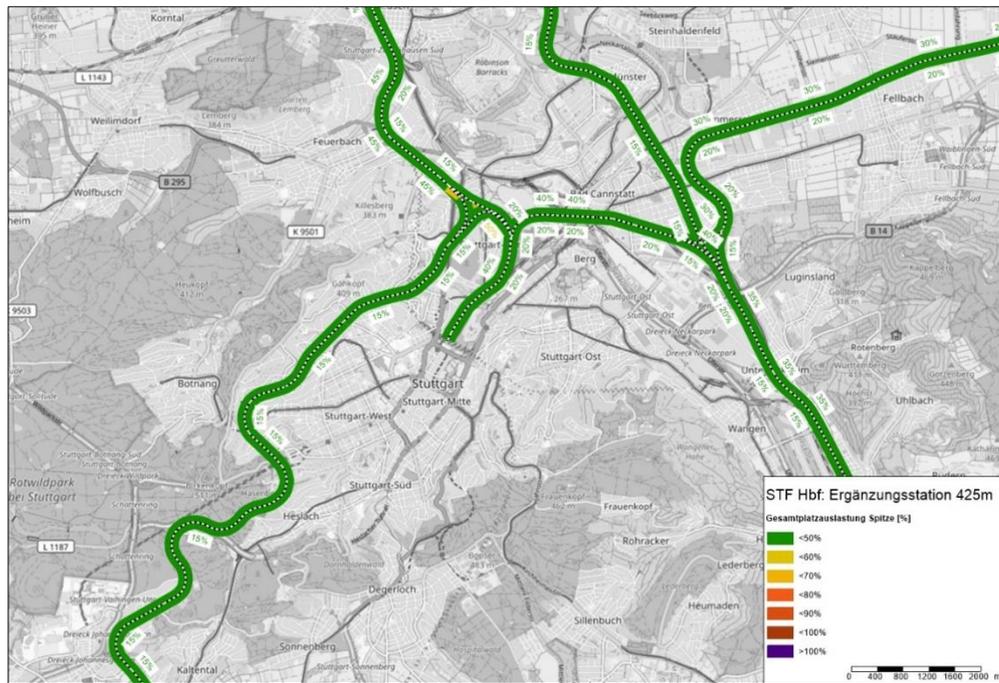


Abbildung 146: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, STF Ergänzsstation 425 Meter

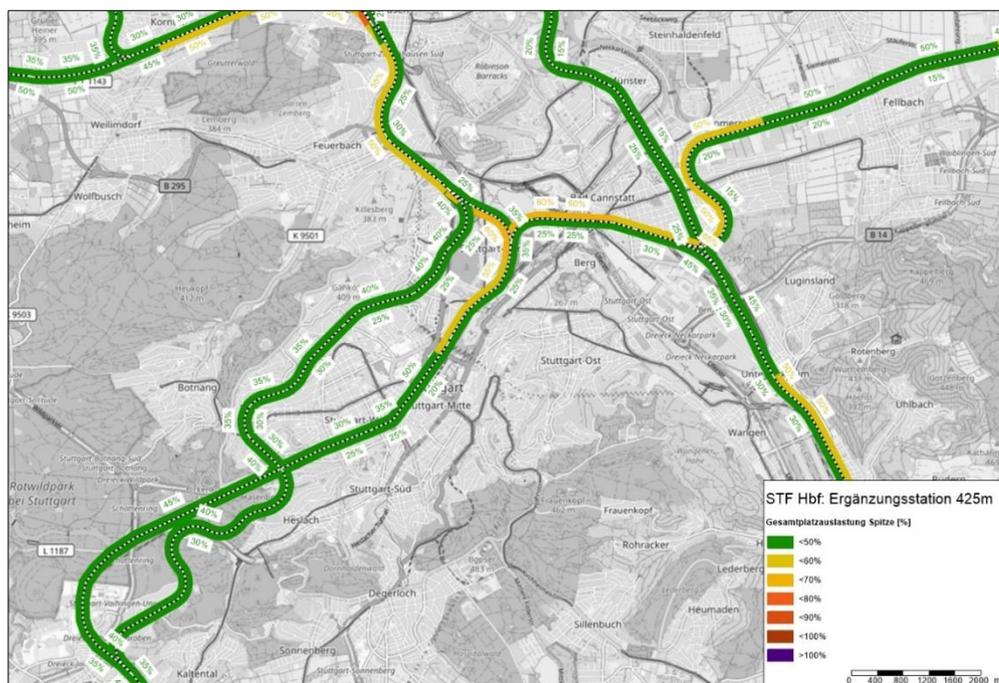


Abbildung 147: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, STF Ergänzsstation 425 Meter

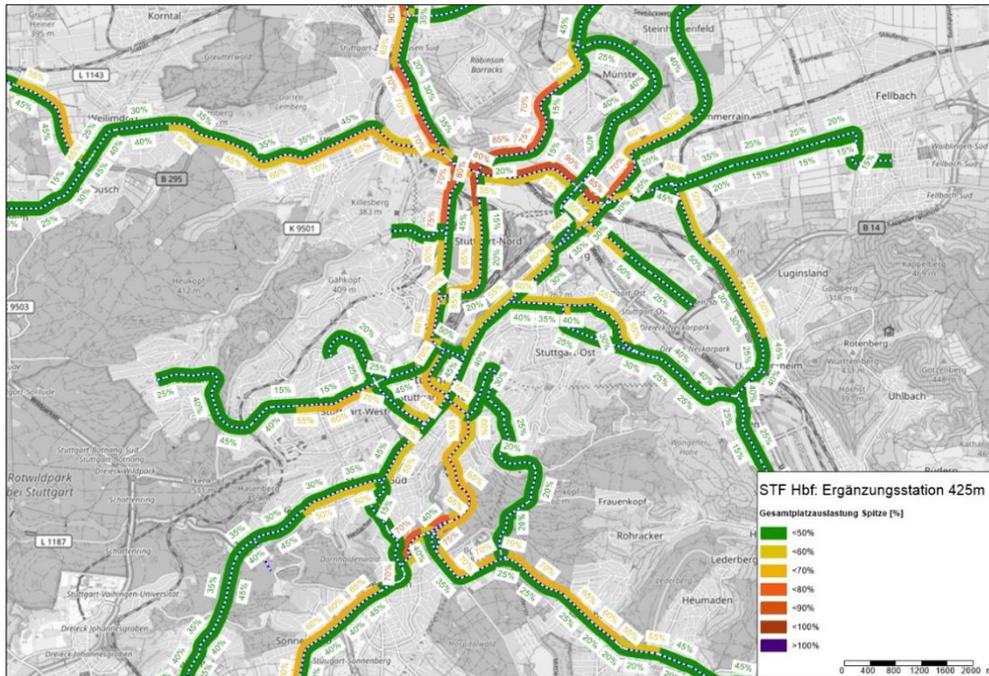


Abbildung 148: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, STF Ergänzsstation 425 Meter

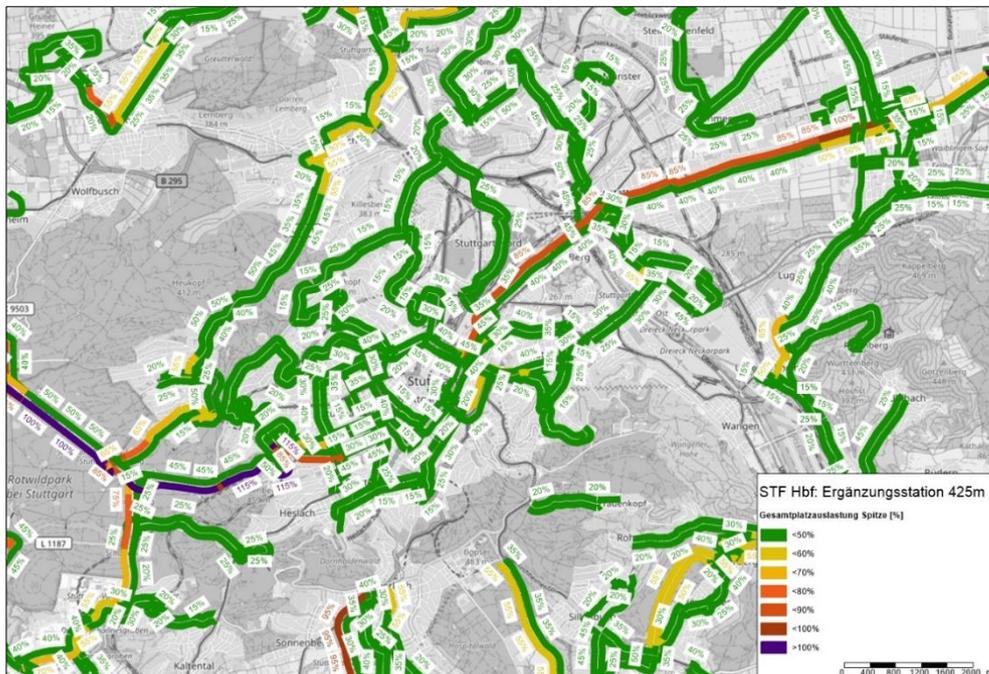


Abbildung 149: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, STF Ergänzsstation 425 Meter

11.5 Vergleich und Interpretation

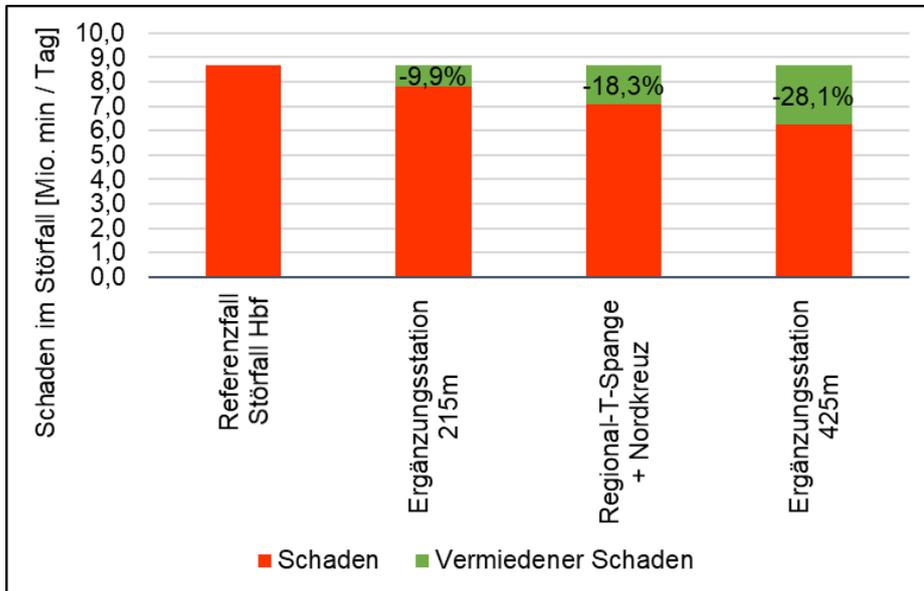


Abbildung 150: Gegenüberstellung des verkehrlichen Schadens, Störfall Hbf

In Abbildung 150 sind die Ergebnisse der insgesamt vier Berechnungen der verkehrlichen Schäden im Störfall Hbf gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass die Maßnahme Ergänzungsstation mit 215 Metern Bahnsteignutzlänge den durch die Sperrung der S-Bahn-Stammstrecke entstehenden verkehrlichen Schaden nur in geringem Maße reduzieren kann, wohingegen die sensitiv betrachtete Variante mit 425 Metern Bahnsteignutzlänge eine deutlich größere Schadensminimierung erzielen kann. Die Maßnahme Regional-T-Spange + Nordkreuz sortiert sich dazwischen ein und sorgt durchaus für eine merkliche Minimierung des verkehrlichen Schadens. Maßgeblich für einen Großteil der im Störfall Hbf entstehenden verkehrlichen Schäden sind die Verkehrsströme auf Relationen des Fernverkehrs. Entsprechend wirksam sind die Maßnahmen, welche den Schaden für den Fernverkehr reduzieren können. So ermöglicht die Regional-T-Spange die Nutzung von Stuttgart-Bad Cannstatt als Ersatzhalt des Fernverkehrs, wohingegen im Referenzfall und bei der kürzeren Ergänzungsstation Esslingen als Ersatzhalt genutzt werden muss. Die Verlagerung ins deutlich zentrumsnähere Stuttgart-Bad Cannstatt reduziert den Umweg und die Reisezeitverlängerung für zahlreiche Fernverkehrsfahrgäste spürbar. Bei einer fernverkehrstauglichen Ausgestaltung der Ergänzungsstation mit 425 Meter Bahnsteignutzlänge können fast alle Fernverkehrs- und IRE-Linien die Ergänzungsstation und damit den Hauptbahnhof und das Stadtzentrum erreichen, wovon zahlreiche Fahrgäste in hohem Maße profitieren.

12 Sensitivitätsbetrachtung im Szenario Klimaneutralität 2040

Das Land Baden-Württemberg hat sich das ambitionierte Ziel gesetzt, bereits bis zum Jahr 2040 insgesamt klimaneutral zu sein, also fünf Jahre früher als der Bund und zehn Jahre früher als die EU. Da mit den in Kapitel 2.2 genannten Zielen zur Verkehrswende noch keine Klimaneutralität im Verkehr sichergestellt ist, soll zusätzlich mit einem sensitiven Szenario „Klimaneutralität 2040“ eine Abschätzung zu den Auswirkungen eines komplett klimaneutralen Verkehrssektors auf den Bahnknoten Stuttgart getroffen werden.

12.1 Definition und Modellierung des Szenarios

Vergleichbar zum Vorgehen bei den Zielen der Verkehrswende (siehe Kapitel 2.2) sind für das Szenario „Klimaneutralität 2040“ Prämissen zu setzen, wie die Klimaneutralität im Verkehrssektor erreicht werden soll. Diese gehen über die Ziele des Verkehrswendeszenarios mit Referenzfall hinaus, welches als Basis für die Erstellung des weitergehenden Szenarios dient. Dafür werden in Abstimmung mit dem Auftraggeber die Prämissen verwendet, die in dem im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg bearbeiteten Forschungsvorhaben „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ gesetzt werden. Diese unterstellen für das Erreichen der Klimaneutralität im Verkehr insbesondere eine komplette Antriebswende, sodass jedes Auto und jeder LKW klimaneutral fährt. Darüber hinaus werden eine Verdreifachung des öffentlichen Verkehrs (ÖV) und die Reduktion des Kfz-Verkehrs um ein Drittel angestrebt. Das Ziel „Jeder zweite Weg selbstaktiv zu Fuß oder mit dem Rad“ bleibt bestehen.

Da der Fokus der Sensitivitätsbetrachtung auf der sich durch diese Ziele ergebenden Verkehrsnachfrage im öffentlichen Verkehr liegt und von keiner relevanten Auswirkung der Antriebswende auf die Verkehrsmittelwahl ausgegangen wird, ist eine Modellierung der Antriebswende im Verkehrsmodell nicht erforderlich. Als wesentliches Ziel zum Erreichen der Klimaneutralität im Verkehr ist die Reduktion der Kfz-Verkehrsleistung abzubilden. Dazu wurde mit dem Auftraggeber festgelegt, dass im Bezugsraum der Region Stuttgart eine höhere Reduktion notwendig ist, um im Landesschnitt das im Sektorgutachten gesetzte Ziel erreichen zu können. Daher wurde als maßgebliches Ziel die Reduzierung der Kfz-Verkehrsleistung [Kfz-km] um 40 % gegenüber 2010 im Gesamtverkehr (Quell-, Ziel-, Binnen- und Durchgangsverkehr) des Gebiets der Region Stuttgart festgelegt. Dies entspricht einer Abnahme gegenüber dem Verkehrswendeszenario um 20 %, da in diesem bereits eine Reduktion um 25 % gegenüber 2010 enthalten ist.

Das Ziel zur Verdreifachung der ÖV-Nachfrage wird hingegen für die Definition des Szenarios nicht als hartes Ziel interpretiert, um eine Nachfragesteigerung „zum Selbstzweck“ zu vermeiden. Die ÖV-Nachfrage ergibt sich letztlich aus den Verlagerungen vom MIV zum ÖV zum Erreichen des Ziels zur Reduktion der Kfz-Verkehrsleistung. Diese Ziel-Definition ist insofern wichtig, da dadurch in der Modellierung Maßnahmen zu unterstellen sind, die nicht explizit auf die Erhöhung der ÖV-Nachfrage, sondern die Minimierung der MIV-Nachfrage abzielen. Beispielsweise würde eine weitere Reduktion der ÖV-Fahrpreise zwar zu einer Steigerung der ÖV-Nachfrage führen. Dies hätte zwar einen Rückgang beim MIV zur Folge, jedoch ergeben sich durch eine solche Maßnahme auch unerwünschte Nebeneffekte (Rückgang von Fuß- und Radverkehr, Erhöhung der Reiseweiten im ÖV).

Da zum Zeitpunkt der Erstellung des Szenarios „Klimaneutralität 2040“ bereits erste Erkenntnisse und Prognosen für die langfristig bleibenden Folgen der Corona-Pandemie auf das Mobilitätsverhalten vorlagen, wurde gemeinsam mit dem Auftraggeber entschieden, diese in der Modellierung des Szenarios zu berücksichtigen. Basis für die Abschätzung dieser „Post-Corona-Effekte“ bilden Annahmen des Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) zur Entwicklung von Homeoffice und Dienstreisen.¹⁰ Für die Nachfragemodellierung werden die benötigten Annahmen zur Abbildung des Trends zu mehr Home-Office aus dem Paper entnommen. So wird angenommen, dass die Anzahl der Arbeitswege zwar um ca. 17 % abnimmt, diese jedoch im Mittel um 5 % länger werden und durch Rebound-Effekte 12 % mehr Freizeitwege unternommen werden, wodurch in Summe ein Rückgang der Verkehrsleistung um 10 % erwartet wird. Diese Größenordnung des Verkehrsrückgangs wurde inzwischen durch empirische Quellen bestätigt.¹¹

Die Erfahrungen bei der Analyse der erhöhten ÖV-Nachfrage des Verkehrswendeszenarios haben gezeigt, dass diese Nachfragesteigerungen nur durch einen massiven Angebotsausbau des Schienenverkehrs bewältigt werden können. Auf den Hauptachsen schöpft der Schienenverkehr dadurch bereits einen sehr großen Teil des Nachfragepotentials aus. Um darüber hinaus weitere MIV-Fahrten auf den ÖV zu verlagern, müssen daher insbesondere neue ÖV-Angebote in der Fläche abseits der Schienenachsen geschaffen werden. Für die Schaffung attraktiver und konkurrenzfähiger ÖV-Angebote in der Fläche, gelten perspektivisch insbesondere autonome Ridesharing-Angebote als Lösung. Dadurch kann

¹⁰ Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu): Homeoffice und Ersatz von Dienst- und Geschäftsreisen durch Videokonferenzen, Heidelberg, Juli 2021

¹¹ Der Spiegel: Baut Volker Wissing Straßen, die keiner braucht? Datenanalyse von 900 BAST-Zählstellen, 25.08.2023

das ÖV-Angebot in Gebieten ohne direkten Schienenanschluss deutlich verbessert werden, indem neue Direktverbindungen mit hoher Bedienungshäufigkeit, geringer Zugangszeit und kurzen Fahrzeiten geschaffen werden. Auf Basis der Ergebnisse einer Studie des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart (ISV), welche die Nachfragewirkungen von autonomen Ridesharing-Angeboten exemplarisch in einem peri-urbanen Raum¹² ermittelt hat, werden die Auswirkungen auf die ÖV-Nachfrage im Binnenverkehr der autonomen Ridesharing-Angebote und im Zu-/Abbringer-Verkehr zum Schienenverkehr makroskopisch abgeschätzt und auf den gesamten Modellraum (Gebiete ohne direkten Schienenanschluss) übertragen. Dadurch kann der flächige Angebotsausbau und die durch verbesserte Zu-/Abbringer-Verkehre indirekt erhöhte Nachfrage im Schienenverkehr mit vergleichsweise geringem Modellierungsaufwand makroskopisch berücksichtigt werden.

Um das maßgebliche Ziel des Szenarios „Klimaneutralität 2040“, eine Reduzierung der Kfz-Verkehrsleistung um 40 % gegenüber 2010, erreichen zu können, sind weitere MIV-Restriktionen gegenüber dem Verkehrswendeszenario notwendig. Gemeinsam mit dem Auftraggeber wurde festgelegt, sowohl zielbezogene MIV-Widerstände bei der Fahrt in Stadtzentren als auch entfernungsabhängige Widerstände pauschal so zu erhöhen, dass das Ziel erreicht wird. Dazu wurden die entfernungsabhängigen Pkw-Kosten gegenüber dem Verkehrswendeszenario um weitere +25 % erhöht, was gegenüber dem Bezugsfall 2030 zu einer Steigerung um +93 %, also knapp einer Verdoppelung, führt. Die zielbezogenen Widerstände wurden innerhalb von Oberzentren etwa vervierfacht und im restlichen Modellraum etwa um ein Viertel erhöht. Diese Differenzierung soll das Gefälle zwischen Stadt und Land beim Druck auf den Individualverkehr abbilden. Weitere Maßnahmen waren die Anpassung von statischen Matrizen für externe Verkehre und den Güterverkehr an die Nachfrageentwicklung des restlichen Kfz-Verkehrs.

12.2 Referenzfall

Da das Szenario Klimaneutralität 2040 direkt mit dem Betriebskonzept des Referenzfalls erstellt wurde, sind die allgemeinen Ergebnisse des Szenarios diesem zuzuordnen. Grundsätzlich kommt es im Ergebnis des Szenarios Klimaneutralität 2040 im Vergleich zum Verkehrswendeszenario zu einer weiteren deutlichen Verschiebung bei der Moduswahl (Verkehrsmittelwahl) insbesondere

¹² Institut für Straßen- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart, Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik (ISV): Studie zur Integration eines autonomen Ridesharingangebots in den ÖV im peri-urbanen Raum der Region Stuttgart, Stuttgart, Juni 2021

vom Pkw zum ÖV. Fuß und Radverkehr können auf Grund des bereits sehr hohen Anteils der Wege nur geringfügig zulegen. Durch das erreichte Ziel der Reduktion der Kfz-Verkehrsleistung [Kfz-km] um 40 % gegenüber der Analyse 2010 bzw. um 20 % gegenüber dem Verkehrswendeszenario, erhöht sich die ÖV-Nachfrage im Gebiet der Region Stuttgart spürbar um ein Drittel zur Verkehrswende, was im Vergleich zur Analyse etwa einer Verdreifachung entspricht. Die größte Steigerung zeigt sich auf Grund des autonomen Ridesharing-Angebots im Busverkehr abseits der Schienenkorridore, was etwa zu einer Verdoppelung der Bus-Verkehrsleistung gegenüber dem Verkehrswendeszenario führt. Die SPNV-Nachfrage erhöht sich zusätzlich um etwa ein Viertel, was im Vergleich zur Analyse einer Zunahme um ca. +250 % entspricht. Sämtliche Kenngrößen der Betriebs- und Verkehrsleistung der Verkehrssysteme sind in unterschiedlichen Gebietsauswertungen tabellarisch in Anhang 1 ausgewiesen. Da keine Anpassung der Modellierung des Busnetzes zur Berücksichtigung des Ridesharing-Angebots erfolgt ist, entsprechen die Betriebs- und Verkehrsleistungen beim Busangebot nicht dem in Wirklichkeit benötigten Aufwand bzw. der verursachten Verkehrsleistung.

Die Zunahme der ÖV-Nachfrage im Netz durch das Szenario Klimaneutral 2040 gegenüber dem Verkehrswendeszenarios ist in Abbildung 154 dargestellt, wobei auch hier die Nachfrage im Busverkehr nicht korrekt abgebildet wird, sondern den Linienwegen des bestehenden Busangebots folgt. Es kommt insbesondere durch die Erhöhung der zielbezogenen MIV-Widerstände und durch die Ausweitung des Einzugsbereichs der Schiene durch attraktive Zu- und Abbringer-Verkehre des autonomen Ridesharing zu einer weiteren deutlichen Nachfragesteigerung auf allen Schienenachsen. Die MIV-Belastungen sinken hingegen insbesondere im Stuttgarter Talkessel nochmals deutlich und erreichen dort etwa die Hälfte des Niveaus der Analyse.

Betrachtet man die maximalen Fahrzeugauslastungen in der Spitzenstunde im Regionalverkehr in Abbildung 157 wird deutlich, dass diese ca. zwischen 5 %P und 15 %P (Prozentpunkten) gegenüber dem Verkehrswendeszenario ansteigen. Der Anstieg der Nachfrage in der Spitzenstunde ist tendenziell etwas geringer als am Gesamttag, da durch die Berücksichtigung der Post-Corona-Effekte weniger Berufsverkehr in der maßgeblichen morgendlichen Spitzenstunde erwartet wird. Diese Abschätzung der Effekte kann keine exakte Vorhersage sein und soll viel mehr möglicherweise entstehende Tendenzen aufzeigen, da Unsicherheiten und unbekanntere Entwicklungen die Annahmen dominieren können. Im Ergebnis zeigt sich, dass das Ziel der maximalen Sitzplatzauslastung von 80 % im Regionalverkehr im Szenario Klimaneutralität 2040 nicht auf allen Zulaufkorridoren des Tiefbahnhofs eingehalten werden kann. Die größten Überschreitungen treten mit einer Sitzplatzauslastung von 105 % in den Zügen des StuKiX, mit 100 % in den Linien von Esslingen, mit 95 % in den Linien der Murrbahn und

mit 90 % in den Linien über die große Wendlinger Kurve auf. Die Überlastungen sind nicht großflächig und überschreiten das Ziel nur punktuell deutlich. Für die insgesamt sehr große Fahrgastmenge, die im Regionalverkehr befördert wird, befinden sich die Fahrzeugauslastungen dennoch auf einem verhältnismäßig attraktiven Niveau. So wird beispielsweise eine nach den Vorgaben der Standardisierten Bewertung gestattete maximale Sitzplatzauslastung von 100 % nur in sehr seltenen Fällen und punktuell überschritten.

Die in Abbildung 162 dargestellte Gesamtauslastung der S-Bahn zeigt punktuelle Überschreitungen des VDV-Komfortkriteriums von max. 65 % Gesamtplatzauslastung. Überwiegend ist das Kriterium allerdings eingehalten. Die größte Überschreitung ergibt sich mit 80 % Gesamtplatzauslastung bei der S4 südlich von Freiberg am Neckar. Bezogen auf die insgesamt sehr große Nachfrage auch bei der S-Bahn, befinden sich die Fahrzeugauslastungen dennoch auf einem verhältnismäßig attraktiven Niveau.



Abbildung 151: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (VRS), Klimaneutralität 2040 zu Verkehrswende, Referenzfall

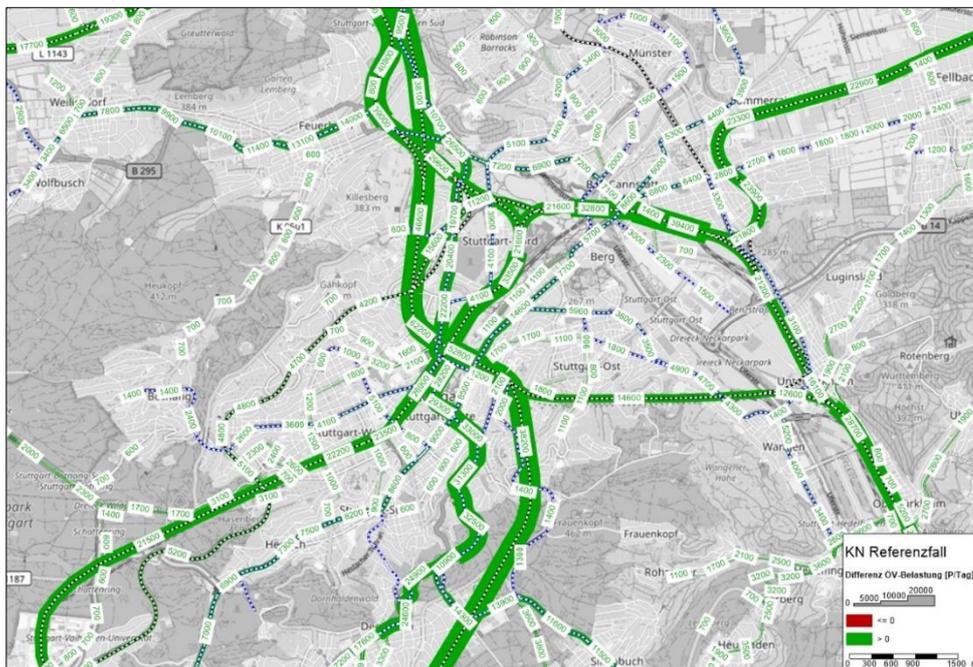


Abbildung 152: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (LHS), Klimaneutralität 2040 zu Verkehrswende, Referenzfall

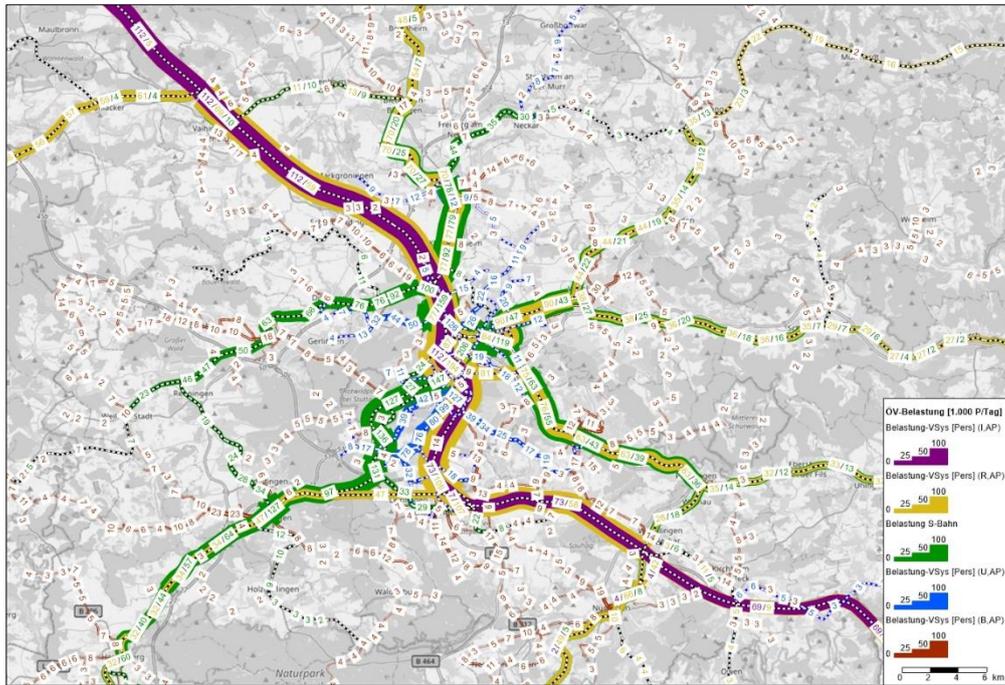


Abbildung 153: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (VRS), Klimaneutralität 2040

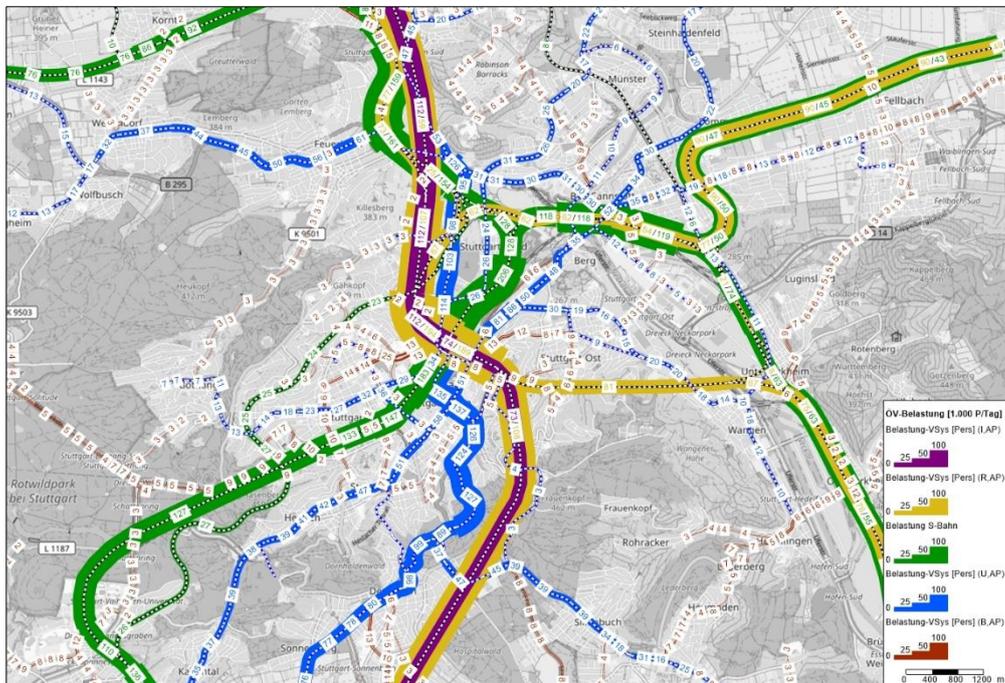


Abbildung 154: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (LHS), Klimaneutralität 2040

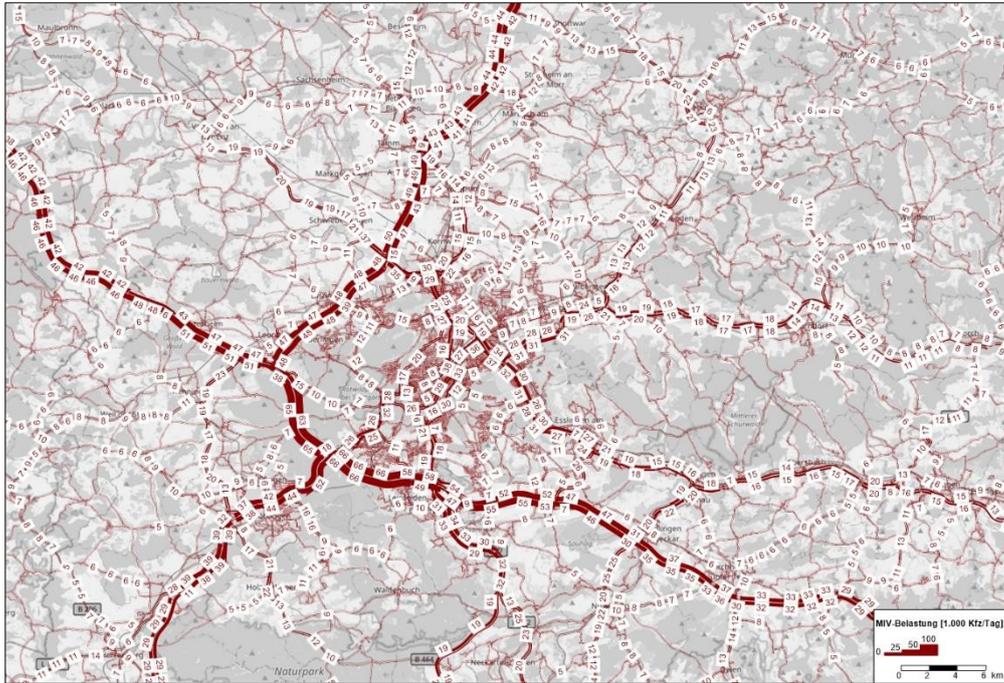


Abbildung 155: MIV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (VRS), Klimaneutralität 2040



Abbildung 156: MIV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (LHS), Klimaneutralität 2040

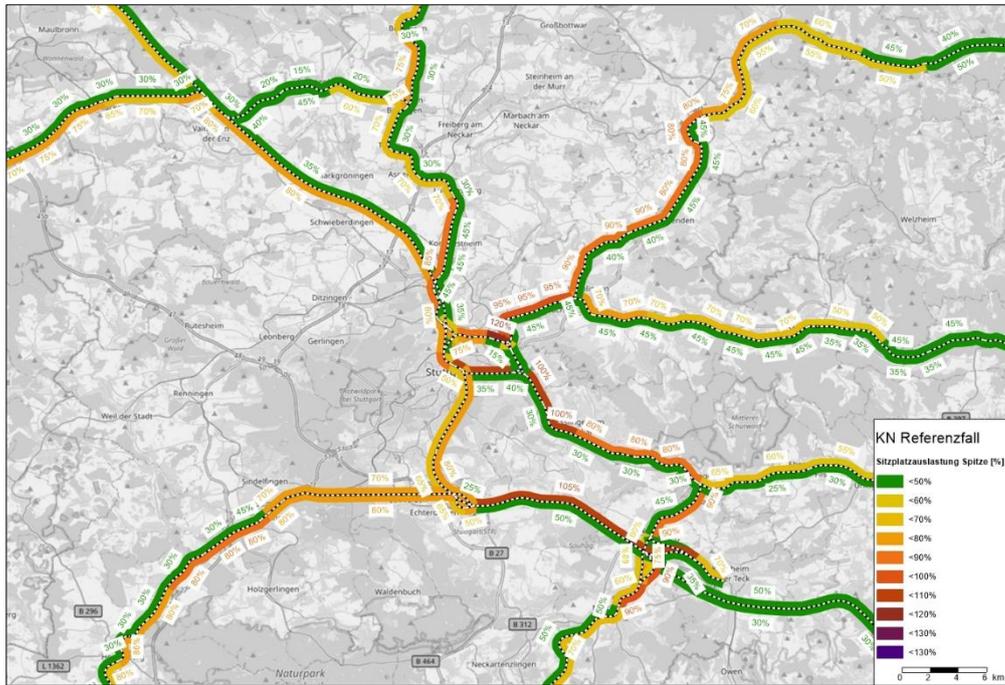


Abbildung 157: Sitzplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, Klimaneutralität 2040, Referenzfall

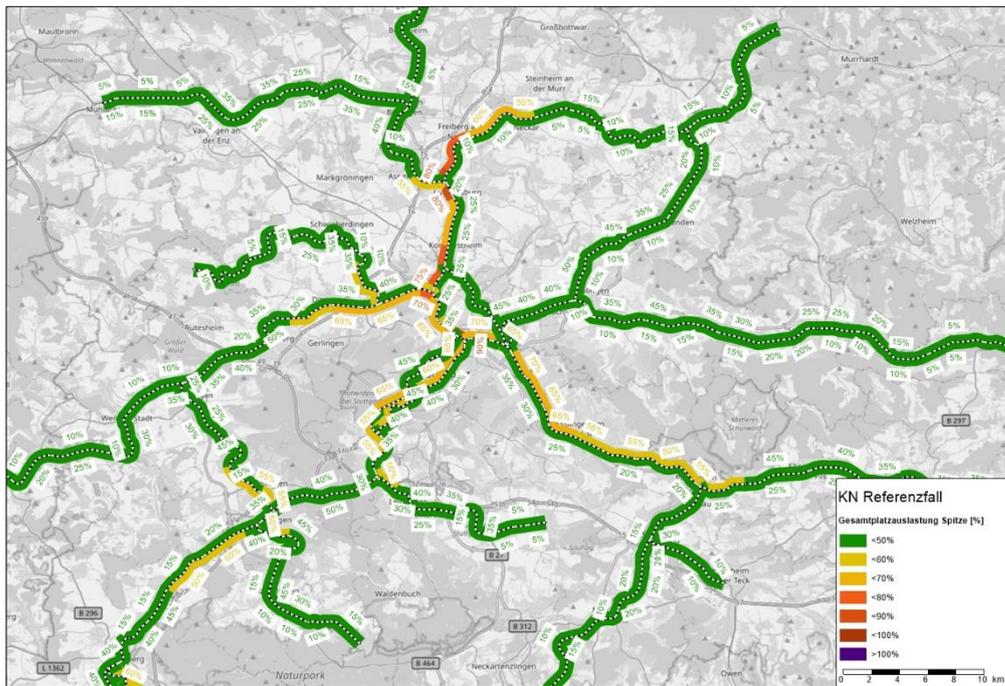


Abbildung 158: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, Klimaneutralität 2040, Referenzfall

12.3 Ergänzungsstation

Die verkehrlichen Wirkungen der Ergänzungsstation im Szenario Klimaneutral 2040 entsprechen den grundsätzlichen Effekten im Verkehrswendeszenario. Im Vergleich dazu fällt die Verlagerung von MIV geringer aus, weil die im Referenzfall zur Verlagerung verfügbare MIV-Nachfrage im Szenario Klimaneutralität 2040 deutlich geringer ist. Die sich ergebenden Reisezeitdifferenzen sind im Gegensatz dazu betragsmäßig größer, da die von der Maßnahme positiv betroffene Nachfragemenge insgesamt höher ist.

Die Zunahme der ÖV-Belastung im gemeinsam mit der S-Bahn zwischen Mitternachtstr. und Hauptbahnhof betrachteten Zulaufquerschnitt zur Ergänzungsstation liegt mit ca. 47.000 zusätzlichen Fahrgästen im Querschnitt rund 20 % höher als im Verkehrswendeszenario. Absolut nutzen insgesamt 53.000 Fahrgäste täglich die Ergänzungsstation für Ein-, Aus-, Umstieg oder durchfahren diese mit Halt, was ebenfalls einer Steigerung um 20 % entspricht.

Vergleicht man die maximalen Sitzplatzauslastungen im Regionalverkehr in Abbildung 161 mit denen im Referenzfall, zeigt sich, dass die maßgeblichen Auslastungen durch die Ergänzungsstation geringfügig reduziert werden können. In den Zügen südlich von Ludwigsburg kann dadurch der Zielwert von max. 80 % Sitzplatzauslastung eingehalten werden, wohingegen auf den Ästen von Esslingen und auf der Murrbahn, die ebenfalls profitieren, der Zielwert dennoch überschritten wird.

Für die S-Bahn kann die Gesamtauslastung im gesamten Netz unter 65 % Gesamtplatzauslastung gehalten werden. Das wird dadurch ermöglicht, dass auf dem überlasteten Ast der S4 die Verstärkerlinie nicht in Ludwigsburg enden muss, sondern bis zur Ergänzungsstation geführt werden kann.

Kenngroße	Wert	Einheit
Differenz ÖV-Verkehrsaufkommen	9.000	[P/Tag]
Differenz ÖV-Verkehrsleistung	410.000	[Pkm/Tag]
Differenz Linienbeförderungsfälle	19.000	[P/Tag]
Differenz ÖV-Reisezeit	3.000	[h/Tag]
Differenz ÖV-Betriebsleistung	4.800	[Zug-km/Tag]
Differenz MIV-Verkehrsaufkommen	-2.300	[Pkw/Tag]
Differenz MIV-Verkehrsleistung	-26.200	[Pkm/Tag]
Aufkommenseffizienz	1,9	[+P/Zug-km]
Vermeidungseffizienz	5,5	[-Pkm-km/Zug-km]

Tabelle 14: Verkehrliche Kenngroßen, Regelbetrieb, Ergänzungsstation zu Referenzfall, Sensitivitätsbetrachtung im Szenario Klimaneutralität 2040



Abbildung 159: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (VRS), Ergänzungsstation zu Referenzfall, Klimaneutralität 2040

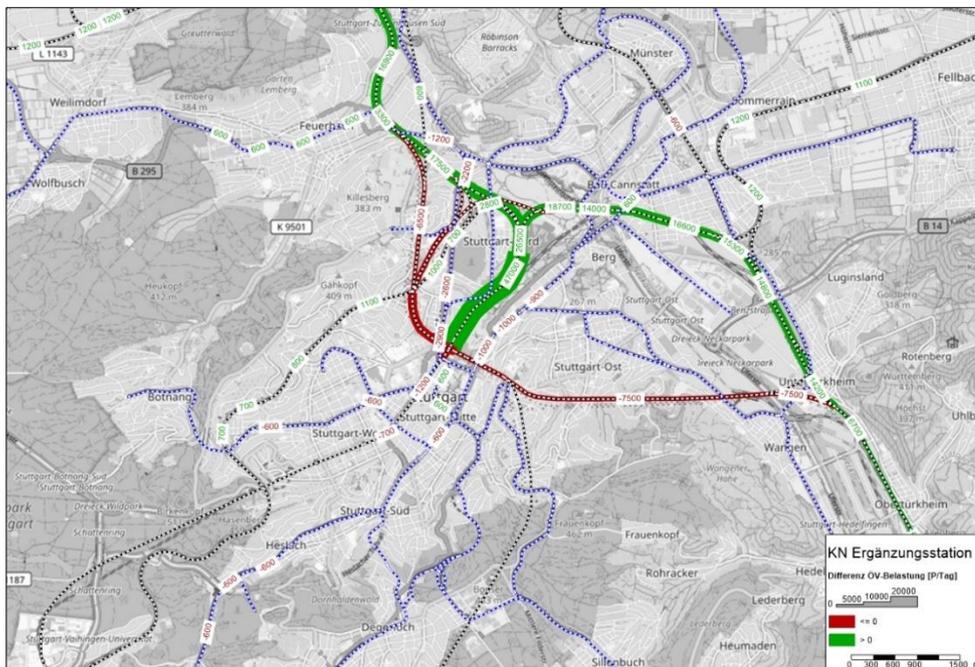


Abbildung 160: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (LHS), Ergänzungsstation zu Referenzfall, Klimaneutralität 2040

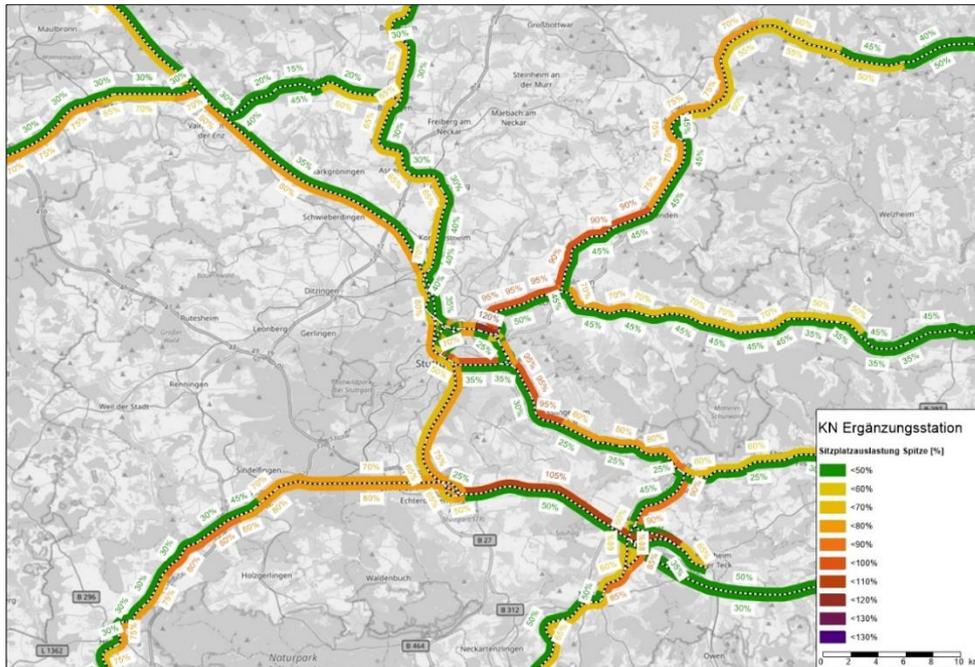


Abbildung 161: Sitzplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, Klimaneutralität 2040, Ergänzungsstation

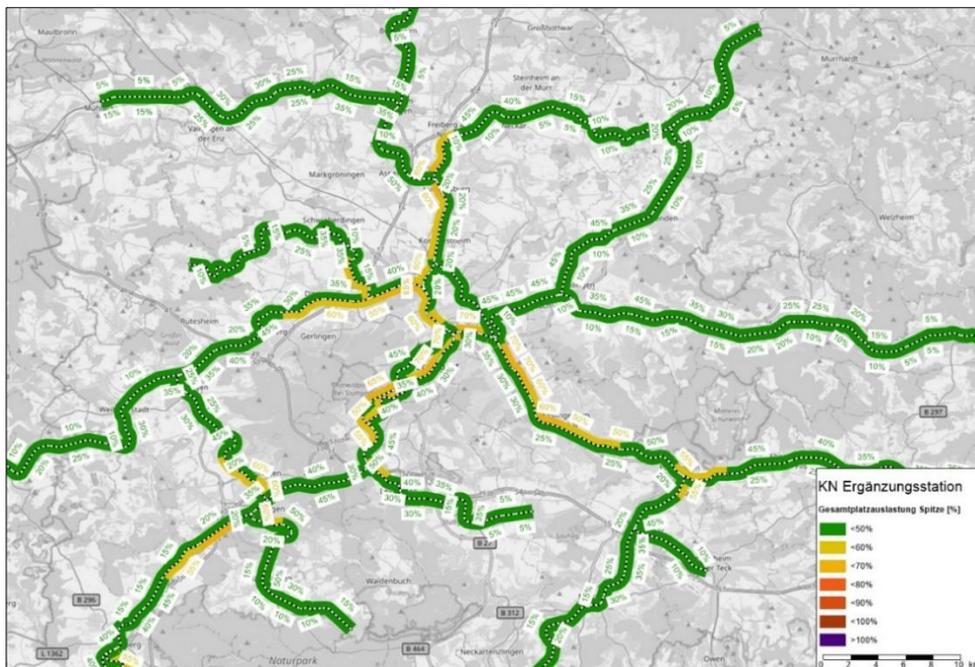


Abbildung 162: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, Klimaneutralität 2040, Ergänzungsstation

12.4 Regional-T-Spange + Nordkreuz

Die verkehrlichen Wirkungen von Regional-T-Spange + Nordkreuz im Szenario Klimaneutral 2040 entsprechen im Grunde den Effekten, die auch im Verkehrswendeszenario durch die Maßnahme ausgelöst werden. Im Vergleich dazu fällt die Verlagerung von MIV geringer aus, weil die im Referenzfall zur Verlagerung verfügbare MIV-Nachfrage im Szenario Klimaneutralität 2040 deutlich geringer ist. Die sich ergebenden Reisezeitdifferenzen sind im Gegensatz dazu betragsmäßig größer, da die von der Maßnahme positiv betroffene Nachfragemenge insgesamt höher ist. Verglichen mit der Ergänzungsstation sind die verkehrlichen Wirkungen von Regional-T-Spange + Nordkreuz auch im Szenario Klimaneutralität deutlich höher.

Insgesamt nutzen 55.000 Fahrgäste täglich die neue Infrastruktur Regional-T-Spange + Nordkreuz, was einer Steigerung um 20 % entspricht. Die Entlastungen der alternativen Strecken sind zwar räumlich in etwa gleich verteilt wie im Verkehrswendeszenario, fallen absolut allerdings höher aus. So wird beispielsweise der Tiefbahnhof um ca. 30.000 Ein- und Aussteiger täglich entlastet, was relativ genauso wie im Verkehrswendeszenario 8 % ausmacht, allerdings absolut einer um 5.000 Fahrgästen am Tag höheren Entlastung entspricht.

Vergleicht man die maximalen Sitzplatzauslastungen im Regionalverkehr in Abbildung 165 mit denen im Referenzfall zeigt sich, dass die maßgeblichen Auslastungen durch Regional-T-Spange + Nordkreuz punktuell reduziert werden können. In den Zügen südlich von Ludwigsburg kann dadurch der Zielwert von max. 80 % Sitzplatzauslastung eingehalten werden und in den Zügen von Esslingen mit 85 % fast. Auf der Murrbahn steigt die Auslastung hingegen, was auf eine sehr hohe Auslastung der Züge über die Regional-T-Spange zurückzuführen ist.

Bei der S-Bahn kommt es zu geringfügigen Entlastungen im Nordzulauf. Allerdings kommt es punktuell zu einer sehr hohen Auslastung auf der Regional-T-Spange selbst, da diese von einem zusätzlichen S4 Ast Richtung Stuttgart-Bad Cannstatt befahren wird.

Kenngroße	Wert	Einheit
Differenz ÖV-Verkehrsaufkommen	15.900	[P/Tag]
Differenz ÖV-Verkehrsleistung	644.000	[Pkm/Tag]
Differenz Linienbeförderungsfälle	41.500	[P/Tag]
Differenz ÖV-Reisezeit	5.000	[h/Tag]
Differenz ÖV-Betriebsleistung	4.800	[Zug-km/Tag]
Differenz MIV-Verkehrsaufkommen	-4.100	[Pkw/Tag]
Differenz MIV-Verkehrsleistung	-45.900	[Pkm/Tag]
Aufkommenseffizienz	3,3	[+P/Zug-km]
Vermeidungseffizienz	9,5	[-Pkm-km/Zug-km]

Tabelle 15: Verkehrliche Kenngroßen, Regelbetrieb, Regional-T-Spange + Nordkreuz zu Referenzfall, Sensitivitätsbetrachtung im Szenario Klimaneutralität 2040

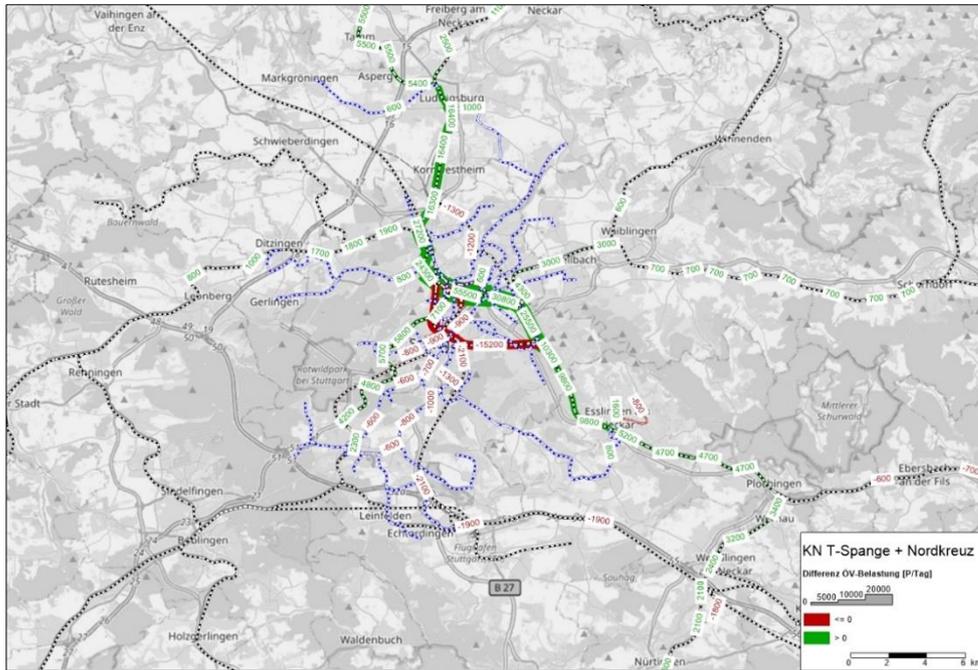


Abbildung 163: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (VRS), Regional-T-Spange + Nordkreuz zu Referenzfall, Klimaneutralität 2040

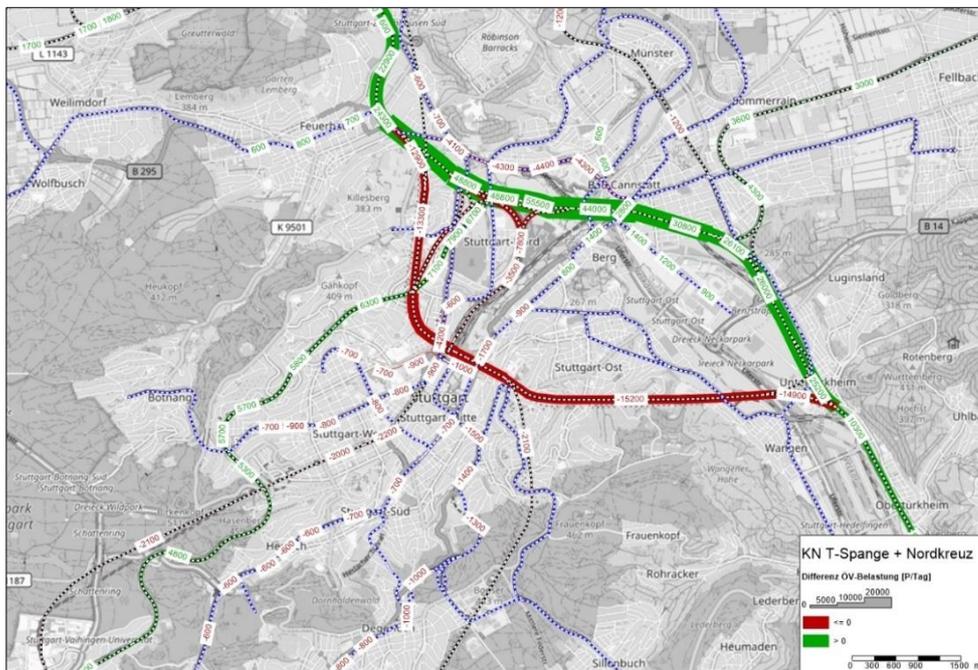


Abbildung 164: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (LHS), Regional-T-Spange + Nordkreuz zu Referenzfall, Klimaneutralität 2040

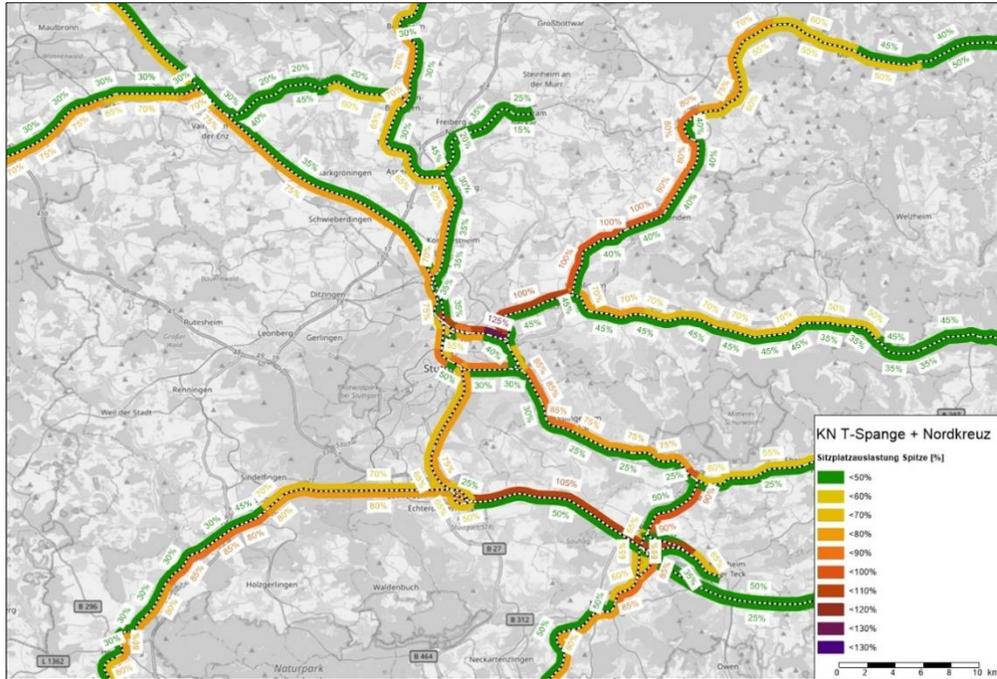


Abbildung 165: Sitzplatzauslastung Spitzenstunde RV, Klimaneutralität 2040, Regional-T-Spange + Nordkreuz

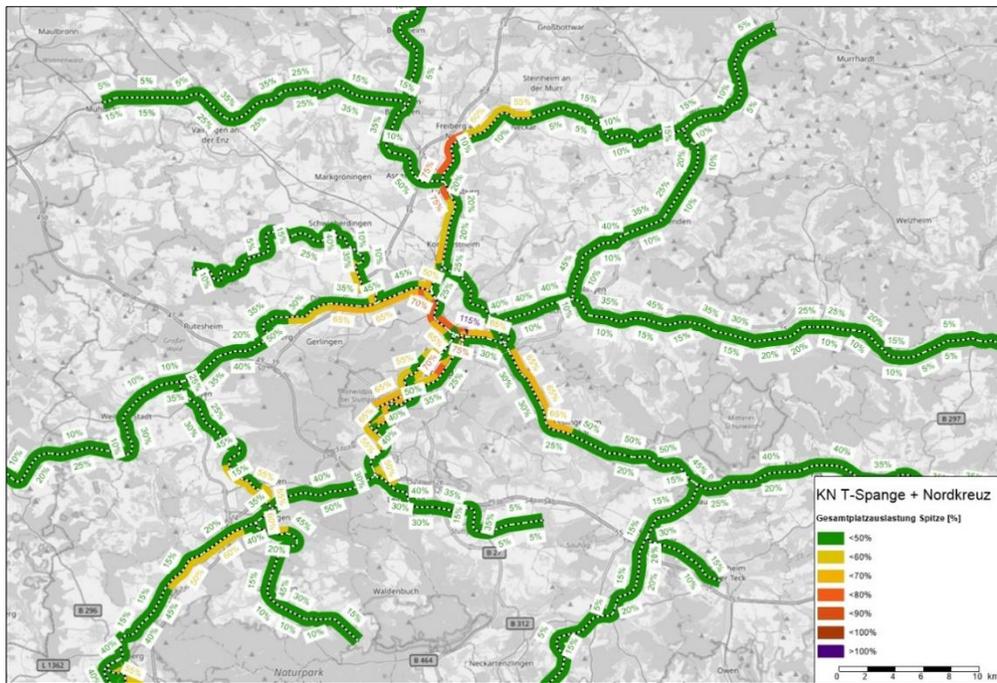


Abbildung 166: Gesamtplatzauslastung Spitzenstunde S-Bahn, Klimaneutralität 2040, Regional-T-Spange + Nordkreuz

12.5 Interpretation der Sensitivitätsbetrachtung

Im Szenario Klimaneutralität 2040 erhöht sich die ÖV-Nachfrage nochmals spürbar gegenüber dem Verkehrswendeszenario, um das gesetzte Ziel der Reduktion der Kfz-Verkehrsleistung [Kfz-km] um 40 % gegenüber der Analyse 2010 zu erreichen. Die infolgedessen entstehenden Fahrzeugauslastungen im SPNV sind allerdings nicht als kritisch einzustufen.

Das insgesamt höhere Nachfrageniveau führt bei der Betrachtung zusätzlicher Infrastruktur im Kernbereich des Knotens zu ca. 20 % höheren Nutzerzahlen von Ergänzungsstation oder Regional-T-Spange + Nordkreuz. Die verkehrlichen Wirkungen im Regelbetrieb zeigen im Grunde das gleiche Bild und die gleichen Verhältnisse zwischen beiden Zuständen. Die Möglichkeit, durch zusätzliche Infrastruktur kritische Fahrzeugauslastungen zu vermeiden, zeigt sich durch das höhere Nachfrageniveau etwas wirkungsvoller als im Verkehrswendeszenario, wobei allerdings lediglich punktuelle Überlastungen vermieden werden können. Berechnungen für die beiden Störfälle Stammstrecke S-Bahn und Hauptbahnhof bestätigen ebenfalls die gleichen Verhältnisse der Ergebnisse wie bei der Berechnung mit der Nachfrage des Verkehrswendeszenarios.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsbetrachtung durch die Berechnung der Zustände Referenzfall, Ergänzungsstation und Regional-T-Spange + Nordkreuz im Szenario Klimaneutralität 2040 bestätigen somit die Ergebnisse im Verkehrswendeszenario. Damit zeigt sich eine Stabilität der Ergebnisse gegenüber der zu Grunde gelegten Verkehrsnachfrage, was wichtig ist, weil Betrachtungen in Nachfrageszenarien immer nur modellhafte Abschätzungen auf Grund von getroffenen Annahmen sein können, allerdings nie exakt die Zukunft vorhersagen werden. Die Tatsache, dass die zusätzliche Infrastruktur Regional-T-Spange + Nordkreuz bei Berechnungen in unterschiedlichen Nachfrageszenarien gleichermaßen gegenüber der Ergänzungsstation vorzugswürdig ist, bestärkt die Empfehlung diese weiterzuverfolgen.

13 Infrastrukturliste

13.1 Allgemeines

Mit der Status-quo-Infrastruktur können die erarbeiteten Angebotskonzepte nicht umgesetzt werden. Es sind hierfür zahlreiche Infrastrukturmaßnahmen erforderlich. Diese wurden in einer Infrastrukturliste dokumentiert, welche sich mit Maßnahmen aus den folgenden Bereichen zusammengesetzt:

- Maßnahmen des Deutschlandtaktes: Diese Maßnahmen sind für die durchgeführten Untersuchungen unterstellt und werden nicht angepasst. Die Maßnahmen sind in der Liste enthalten, eine Kostenbewertung erfolgt nicht.
- Geplante Maßnahmen des Landes: Diese Maßnahmen werden für die Untersuchungen ebenfalls unterstellt und nicht modifiziert. Je nach Lage und Inhalt der Maßnahme erfolgt eine Kostenbewertung. Diese Maßnahmen sind in der Infrastrukturliste enthalten.
- In der Untersuchung abgeleitete Maßnahmen: Für diese Maßnahmen wird eine Kostenschätzung durchgeführt.

Die Liste ist in Anhang 15 zu finden. Die einzelnen Maßnahmen sind den Korridoren aus Abbildung 167 zugeordnet und auch über die zweite Spalte der Infrastrukturliste dementsprechend filterbar. Maßnahmen außerhalb des dargestellten Bereichs, wie zum Beispiel Bahnsteigverlängerungen, die durch die Verlängerung der Züge erforderlich sind, sind in der Infrastrukturtabelle nicht enthalten.

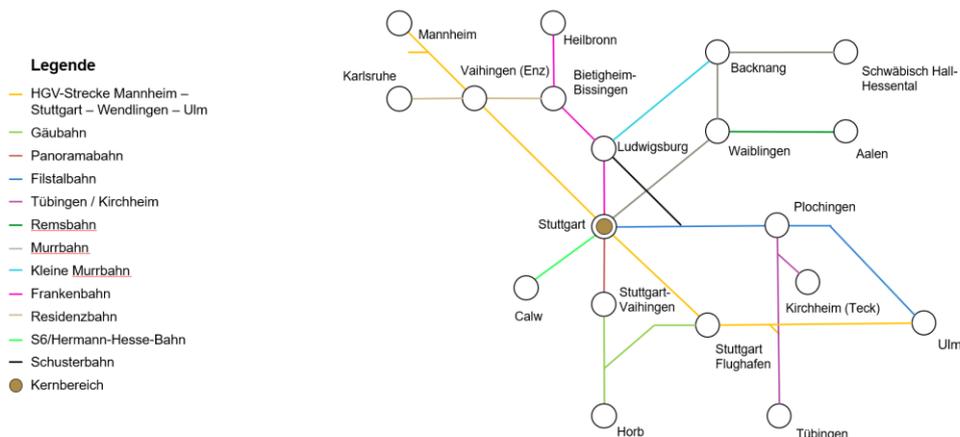


Abbildung 167: Zuordnung der Infrastrukturmaßnahmen zu Korridoren

13.2 Maßnahmen- und Kostenermittlung

Alle Maßnahmen über die vorgegebenen Maßnahmen hinaus werden fahrplanbasiert abgeleitet, um Angebotsziele zu erreichen oder die notwendige Kapazität für das ausgeweitete Mengengerüst bereit zu stellen.

Die großen Infrastrukturmaßnahmen (z. B. Überwerfungen) sind dabei in allen Zuständen einheitlich notwendig. Einige der kleineren Infrastrukturmaßnahmen (z.B. Störfallinfrastruktur) sind dagegen zustandsabhängig. Durch Anpassungen an den Angebotskonzepten könnten in weiteren Untersuchungen Infrastrukturmaßnahmen zulasten der Betriebsqualität, verkehrlichem Nutzen oder der Kapazität vermieden werden. Zahlreiche aufwändige Maßnahmen wie zum Beispiel eine eigene Ausfädelung der Tälesbahn in Nürtingen oder die Überwerfungen in Plochingen sind allerdings in Anbetracht der hohen Zugzahlen durch die gestiegene Nachfrage kaum vermeidbar.

Nahezu alle Maßnahmen der Infrastrukturtabelle tragen neben den zusätzlich möglichen Zügen auch dazu bei, die Qualität zu verbessern. Dies ist beim Nutzen in der Infrastrukturtabelle jeweils nicht zusätzlich vermerkt. Darüber hinaus sind zusätzlich einige besonders sinnvoll erscheinende Qualitätsmaßnahmen in der Liste enthalten. Diese sind allerdings nicht zwingend notwendig, um die Fahrbarkeit der Angebotskonzepte herzustellen. Trotz der sich in einzelnen Bereichen aufgelösten klaren Trennung zwischen Regionalverkehr und S-Bahn erfolgt für die Auswertung eine Zuordnung der Maßnahmen zu Regionalverkehr oder S-Bahn. Als S-Bahn im Raum Stuttgart werden für die Infrastrukturtabelle sämtliche Züge gewertet, die entweder über die S-Bahn-Stammstrecke, die Panoramabahn oder die Schusterbahn verkehren. Insbesondere für die letzten beiden Strecken sind die Zugkonfigurationen und -längen noch unklar, weshalb hier noch weitere Maßnahmen notwendig sein könnten.

Bis zum Horizont Deutschlandtakt sind verschiedene Maßnahmen in Planung. Auch diese sind in der Infrastrukturliste bereits enthalten, jedoch nicht in der Kostenschätzung. Die Kosten stellen also die über den Deutschlandtakt hinaus benötigten Investitionen dar. Für die Maßnahmen im Deutschlandtakt sollte dabei auch eine Aufwärtskompatibilität mit den im Rahmen der Untersuchung abgeleiteten Maßnahmen angestrebt werden.

Für die Maßnahmen innerhalb des in der Abbildung 167 dargestellten Bereichs wurde eine grobe Kostenermittlung nach dem Preisstand des ersten Quartals 2021 durchgeführt. Dabei sind die Maßnahmen in Kategorien (z.B. zweigleisige Abschnitte, Überwerfungen) mit der Festlegung eines pauschalen Aufwandes pro km oder Einheit zusammengefasst. Für den Aufwand erfolgt eine Mittelung über eher einfache und aufwändig umzusetzende Maßnahmen in der jeweiligen

Kategorie. Der Aufwand wird über ähnliche umgesetzte oder kostenmäßig genauer bewertete Maßnahmen festgelegt. Die genutzten Kostensätze sind hierbei in Tabelle 16 dargestellt. Die Kosten für besonders aufwendig erscheinende Maßnahmen wurden bei Bedarf manuell angepasst.

Maßnahmenkategorie	Kosten	Einheit
Bahnsteigverlängerung	0,05	Mio/m
neuer Kreuzungsbahnhof	15	Mio
2-gleisiger Ausbau	15	Mio/km
4-gleisiger Ausbau	30	Mio/km
mittiges Wendegleis ohne Bahnsteig	20	Mio/km
zusätzliches Bahnsteiggleis	25	Mio
Überwerfungsbauwerk	150	Mio
Wende-/Abstellmöglichkeit	20	Mio
Anpassung in einem Bahnhofskopf	10	Mio
Gleisverlängerung	0,02	Mio/m
neue Haltestelle	15	Mio

Tabelle 16: angesetzte Kostensätze nach Maßnahmenart in €

Mehrere Maßnahmen oder Maßnahmengruppen sind bis zum betrachteten Zeithorizont erforderlich, werden aber nicht im Detail aufgelistet oder bezüglich der Kosten bewertet. Diese sind im Folgenden aufgelistet:

- Anpassungen oder Instandhaltungen am Bestand ohne sonstige fahrplanrelevante Auswirkungen
- Anpassungen im Zusammenhang mit der Auflösung der harten Trennung zwischen RV und S-Bahn
- Grundinstandsetzungen (z. B. für die Panoramabahn)
- Maßnahmen für den Schienengüterverkehr zur Sicherstellung von ausreichender Kapazität und Angebotsqualität
- Maßnahmen im Zusammenhang mit der RSB im Raum Reutlingen/Tübingen
- Ausbauten im Bereich Eutingen Süd/Hochdorf/Nagold: Weichen, Elektrifizierung usw.
- Anpassung von Fahrgastinformationssysteme für den Regelbetrieb und die Störfälle
- Maßnahmen zur Herstellung der Barrierefreiheit
- Abstellanlagen für die Nachtabstellung

13.3 Analyse der Infrastrukturmaßnahmen

Die Gesamtkosten der zusätzlichen Infrastrukturmaßnahmen betragen mit den festgelegten Randbedingungen etwa 3,9 Milliarden Euro (Preisstand Q1-2021). In Abbildung 168 sind diese Kosten nach den vier wichtigsten Maßnahmenarten aufgeschlüsselt. Alle weiteren Maßnahmenarten mit geringeren Gesamtkosten sind in der Kategorie „Sonstiges“ zusammengefasst. Bei der Betrachtung der im Referenzfall notwendigen Infrastrukturmaßnahmen zeigt sich, dass Überwerfungsbauwerke den größten finanziellen Mehraufwand zusätzlich zum Deutschlandtakt verursachen. Diese sind jedoch essenziell, um die Leistungsfähigkeit der Zuläufe zu steigern und Engpässen aufzulösen. Bezüglich des Investitionsvolumens an zweiter Stelle stehen die Maßnahmen für zusätzliche Bahnsteiggleise. Hierbei geht es oftmals darum, an den Linienendpunkten zusätzliche Gleise für wendende Züge zu schaffen. Damit können mittige Wendegleise geschaffen werden, die konfliktfrei genutzt werden können. Zur Anbindung der neuen Bahnsteiggleise sind auch Anpassungen der Weichenvorfelder in den Bahnhofsköpfen erforderlich. Somit entsteht auch in dieser Kategorie mit den auch aus weiteren Gründen (z.B. Anbindung von Überwerfungsbauwerken erforderlichen Umbauten) ein hoher Betrag von 0,4 Mrd. Euro.

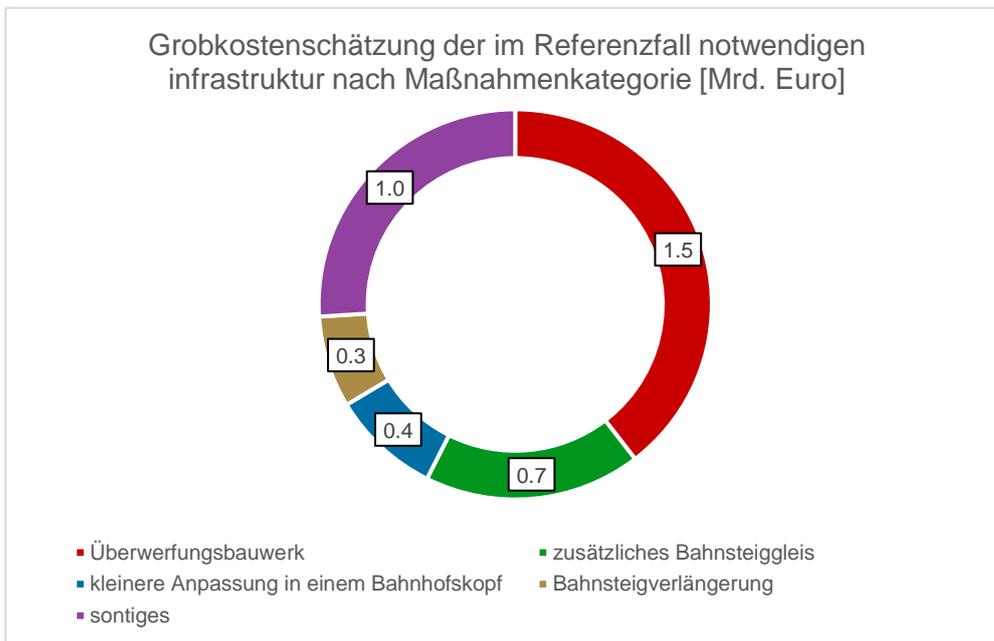


Abbildung 168: Kosten der im Referenzfall notwendigen Infrastrukturmaßnahmen nach Maßnahmenkategorie.

Zahlreiche Bahnsteige sind entsprechend der Auflistung in der Infrastrukturliste durch die Unterstellung von 212 beziehungsweise 424 Meter langen Zügen zu

verlängern. Bei der Verlängerung auf eine Bahnsteignutzlänge von 425 Meter (erforderlich für eine Zuglänge von 424 m) sind jedoch eher wenige Bahnsteige betroffen, da die auslösenden IRE-Linien stark beschleunigt mit wenigen Halten verkehren. Es werden Halte in größeren Stationen bedient, in denen oft bereits lange Bahnsteige vorhanden sind.

In der Kategorie „Sonstiges“ sind Maßnahmen mit Gesamtkosten in Höhe von 1,0 Milliarden Euro zusammengefasst. Hier sind Maßnahmen aus den Bereichen mehrgleisiger Ausbau, Elektrifizierung, zusätzliche Weichenverbindungen oder die Neubaustrecke für die Südumfahrung von Wendlingen im Rahmen des StuKiX-Projekts enthalten. Die in den jeweiligen Zuständen zusätzlich notwendige Störfallinfrastruktur verursacht Kosten in Höhe von ungefähr 50 Millionen Euro und besteht zum Großteil aus zusätzlichen Weichenverbindungen. Betrachtet man die Kosten produktbezogen zwischen S-Bahn und Regionalverkehr, so lassen sich diese ungefähr hälftig zuordnen.

14 Ergebnisse und Zusammenfassung

14.1 Zentrale Erkenntnisse der verkehrlich-betrieblichen Untersuchung zur Infrastrukturdimensionierung im Knoten Stuttgart

Eines von fünf Zielen des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg zum Gelingen der Verkehrswende ist die Verdoppelung der Nachfrage des öffentlichen Verkehrs. Die Modellierung dieser erhöhten Nachfrage im Verkehrswendeszenario zeigt, dass der Großteil dieser Nachfragesteigerung vom Schienenverkehr erbracht werden muss und besonders auf langen Wegen im Regionalverkehr zu erwarten ist. Die Analyse der Fahrzeugauslastungen in der Spitzenstunde zeigt, dass das Angebotskonzept des Deutschlandtakts nicht ausreichend ist, um die Fahrgäste im Verkehrswende-Szenario mit der vom Verkehrsministerium angestrebten attraktiven Sitzplatzauslastung von maximal 80 % im Regionalverkehr zu befördern.

Mit dem sogenannten Referenzfall wurde ein Zustand geschaffen, der diese verkehrspolitische Zielsetzung hinsichtlich der Auslastung erfüllen kann, indem sowohl längere als auch häufiger verkehrende Züge eingesetzt werden. Um das erhöhte Angebot des Referenzfalls im Regional- und S-Bahn-Verkehr eisenbahnbetrieblich fahren zu können, sind zahlreiche Infrastrukturausbauten notwendig, welche in Summe Investitionen von rund 4 Mrd. € außerhalb des Kernbereichs des Großknotens Stuttgart erfordern. Zudem wird bei der S-Bahn eine Weiterentwicklung des Netzes mit Linienverlängerungen, Express-S-Bahnen und neuen Tangentialen empfohlen. Dadurch können auf den Mischbetriebsstrecken 4-gleisige Abschnitte vermieden werden. Der Referenzfall erfüllt die verkehrspolitischen Zielsetzungen zur Verkehrswende ohne zusätzliche Infrastruktur im Knoten und stellt somit die Basis zur Bewertung der beiden Zustände mit zusätzlicher Infrastruktur im Knoten dar. Sollte die Verkehrsnachfrage über das Verdopplungsziel hinaus ansteigen, können in den Außenbereichen weitere Züge konstruiert werden, die jedoch nicht mehr bis in den Kern gefahren werden können. Es müssen Züge an geeigneten Bahnhöfen enden und wenden (z.B. Ludwigsburg).

Mit einer evtl. zusätzlichen im Kern zur Verfügung stehenden Infrastruktur (Ergänzungsstation oder Regional-T-Spange + Nordkreuz) werden diese Engpässe im Kernbereich aufgelöst und es können zusätzliche Züge bis in den Bereich des Großknotens Stuttgart geführt werden. Bei der verkehrlichen Bewertung im Regelbetrieb hat der Zustand mit Regional-T-Spange + Nordkreuz höhere verkehrliche Nutzen als der Zustand mit Ergänzungsstation. Insbesondere durch neu geschaffene, schnelle und direkte Verbindungen kann die Regional-T-Spange Reisezeitvorteile schaffen und Umstiege vermeiden. Durch die direkte

tangentiale Verbindung zwischen Stuttgart-Feuerbach und Stuttgart-Bad Cannstatt werden diese wichtigen Subzentren und Verknüpfungspunkte gestärkt und der Hauptbahnhof entlastet. Der Hauptnutzen der Ergänzungsstation ergibt sich aus der verbesserten Erreichbarkeit des Hauptbahnhofs. Da der Hauptbahnhof allerdings bereits im Referenzfall durch ein sehr dichtes Angebot aus allen Himmelsrichtungen erreicht werden kann, führt eine zusätzliche Verdichtung des Angebots zu einem verhältnismäßig geringen verkehrlichen Nutzen.

Bei der verkehrlichen Bewertung der Zustände im Störfall S-Bahn zeigt sich, dass sowohl die Regional-T-Spange als auch die Ergänzungsstation den verkehrlichen Schaden einer derartigen Störung nur geringfügig minimieren können. Im Gegensatz dazu hat sich gezeigt, dass die Nutzung der Panoramabahn insbesondere in Kombination mit Nordkreuz als Ersatz-Stammstrecke den verkehrlichen Schaden spürbar reduzieren kann. Zahlreiche S-Bahnen müssen nicht vorzeitig enden und können weitergeführt werden, sodass attraktive Zwischenhalte zur Erschließung und Verknüpfung erreicht werden und Durchbindungen aufrechterhalten werden können.

Entscheidend für die verkehrliche Bewertung der Zustände im Störfall Stuttgart Hbf ist der Ersatzhalt für den Fernverkehr. Es ergeben sich spürbare Vorteile für die Regional-T-Spange und das Nordkreuz gegenüber der Ergänzungsstation (225 m). Hauptgrund hierfür ist die Möglichkeit, dass die Linien des Fernverkehrs und die langen IRE-Linien über die Regional-T-Spange geführt werden können und den deutlich zentrumnäheren Ersatzhalt Stuttgart-Bad Cannstatt, anstatt lediglich den Ersatzhalt Esslingen, bedienen können. Mit einer theoretischen Bahnsteignutzlänge von 425 Metern wäre die Ergänzungsstation im Störfall Hbf vorzugswürdig, da in dem Fall diese Züge den Hauptbahnhof erreichen können.

Stellt man die Ergebnisse der verkehrlichen Bewertungen im Regelbetrieb und in den Störfällen gesamthaft gegenüber, zeigen sich in allen betrachteten Fällen deutliche Vorteile für Regional-T-Spange + Nordkreuz gegenüber der Ergänzungsstation. Die einzige Ausnahme ist dabei die Ergänzungsstation mit 425 Metern Bahnsteignutzlänge im Störfall Hbf. Dieser Fall ist jedoch eher eine theoretische Sensitivitätsbetrachtung, da er mit erheblichen baulichen Nachteilen verbunden wäre. Eine Ergänzungsstation mit langen Gleisen wurde daher vom Auftraggeber verworfen. Ein Vergleich des Nutzens der verschiedenen Zustände ist in der Abbildung 169 dargestellt.

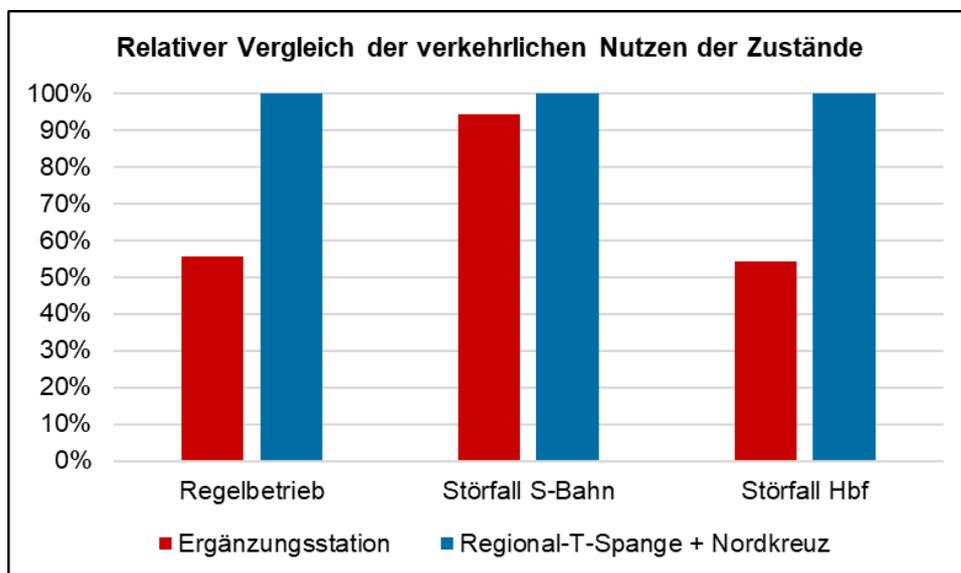


Abbildung 169 Relativer Vergleich des verkehrlichen Nutzens der verschiedenen Zustände

Aus den Erkenntnissen werden die folgenden Handlungsempfehlungen abgeleitet:

Eine zielstrebige Umsetzung der gesetzten Prämissen hat die höchste Priorität, da erst durch diese die Grundlage für das Erreichen der Ziele der Verkehrswende und weitere darauf aufbauende Maßnahmen geschaffen wird. Als wichtigste Prämissen dieser Untersuchung sind diese Maßnahmen zu nennen:

- Digitaler Bahnknoten (DKS) mit kurzen Zugfolgezeiten
- Investitionen in die Verbesserung der Verfügbarkeit von Infrastruktur, Fahrzeugen und Personal
- Umsetzung fest disponierter Neubauprojekte: Nordzulauftunnel, Pfaffensteigtunnel und P-Option
- Zweigleisiger Erhalt der Panoramabahn mit zusätzlichen neuen Halten und leistungsfähiger, kreuzungsfreier Anbindung nach Stuttgart-Feuerbach

Als nächste Priorität ist die Umsetzung des Referenzfalls zu verfolgen, um der zu erwartenden Nachfrage der Verkehrswende gerecht zu werden. Dazu sind insbesondere diese Maßnahmen notwendig:

- Längere Regionalzüge (bis zu 424 m) auf IRE-Linien und deutliche Angebotsverdichtung im Regionalverkehr mit entsprechenden Bahnsteigverlängerungen

-
- Ausweitung des S-Bahn-Netzes mit Taktverdichtungen, Expresslinien, Linienerweiterungen und neuen Tangentialen in einem Sekundärnetz
 - Deutlicher Infrastrukturausbau, insbesondere Überwerfungsbauwerke zur Steigerung der Kapazität im Außenbereich und auf den weiteren Zuläufen

Die erforderlichen Kapazitäten für die Verkehrswende-Ziele können bereits mit diesen Bausteinen bereitgestellt werden. Aus Kapazitätsgründen sind darüber hinausgehende Infrastrukturen im Kernbereich des Knotens wie die Ergänzungsstation oder die Regional-T-Spange und das Nordkreuz somit zunächst nicht zwingend erforderlich.

Die Regional-T-Spange und das Nordkreuz sollten dennoch gemeinsam mit einer nach Stuttgart-Feuerbach angebundenen Panoramabahn weiterverfolgt werden. Die in der Untersuchung unterstellte Ausgestaltungsoption mit niveaufreier Anbindung der Panoramabahn sowohl in Richtung Stuttgart-Bad Cannstatt durch das Nordkreuz als auch Richtung Stuttgart-Feuerbach an die S-Bahn-Gleise zeigt hohe verkehrliche Wirkungen im Regelbetrieb und bietet auch konzeptionell zahlreiche Vorteile gegenüber anderen denkbaren Ausgestaltungsoptionen des Nahverkehrs-Dreiecks. So können beispielsweise die Züge der Panoramabahn im Bereich von Stuttgart-Feuerbach und Stuttgart-Bad Cannstatt in den Schattentrassen von S-Bahn-Zügen der S-Bahn-Stammstrecke verkehren. Zudem ist eine Durchbindung der Strohgäubahn über die Panoramabahn auf die Schönbuchbahn möglich. Insbesondere stärkt das Nahverkehrs-Dreieck in der in Abbildung 170 unterstellten Form die Resilienz des Eisenbahnknotens bei Störungen im Tiefbahnhof und der S-Bahn-Stammstrecke spürbar.

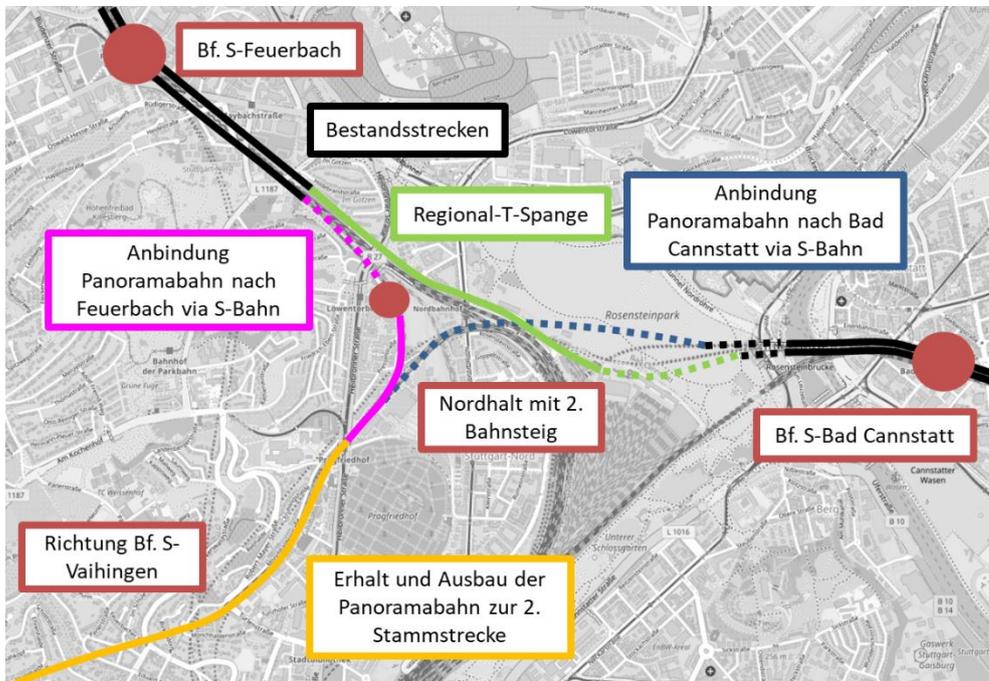


Abbildung 170: In der Untersuchung abgeleitete Realisierungsform des Nahverkehrs-Dreiecks.

Das „Nahverkehrs-Dreieck“ wäre eine SPNV-Maßnahme und kann daher grundsätzlich mit Mitteln des Bundesgemeindeverkehrsfinanzierungsgesetzes (GVFG) finanziert werden. Dazu ist der volkswirtschaftliche Nutzen gemäß der Standardisierten Bewertung (Version 2016+) nachzuweisen. Dabei darf jedoch nicht der verkehrliche Bedarf der Verkehrswende angesetzt werden, sondern lediglich der absehbare verkehrliche Bedarf (fest disponierte Maßnahmen und Entwicklungen). Eine überschlägige Analyse dieser Wirkungen sowie der Kosten eines aus Panoramabahn mit Regional-T-Spange und Nordkreuz bestehenden „Nahverkehrs-Dreieck“ im Bahnknoten Stuttgart 2040 zeigt gute Chancen für den Nachweis der Förderfähigkeit und damit einer Finanzierung nach dem GVFG (vgl. Abschlussbericht „Überschlägige Abschätzung der Förderaussichten für das Nahverkehrs-Dreieck und die Panoramabahn“).

14.2 Weitere Erkenntnisse

Die Untersuchung zur langfristigen Infrastrukturdimensionierung im Bahnknoten Stuttgart hat zahlreiche Erkenntnisse hervorgebracht, die sich nicht nur auf die eigentliche Fragestellung der Untersuchung mit Ergänzungsstation und Regional-T-Spange + Nordkreuz beziehen. Diese Erkenntnisse sind nicht im engeren Sinn für den Kern relevant, allerdings durchaus für langfristige Entscheidungen

für den öffentlichen Nahverkehr in Stuttgart und der Region. Die sonstigen Erkenntnisse der Untersuchung neben der Entscheidungsfrage zwischen Ergänzungsstation und Regional-T-Spange + Nordkreuz sind im Folgenden beschrieben.

14.2.1 Regional- und Fernverkehr

Aus der Bearbeitung des Fern- und Regionalverkehrs ergeben sich insbesondere auch Erkenntnisse für die Kapazität für Stuttgart Hbf:

- Die rechnerische Kapazität in Stuttgart Hbf ist mit den aktuell geplanten bzw. bekannten Angebotskonzepten nicht ausgereizt. Bei einer konsequenten Ausrichtung des Gesamtkonzepts auf Stuttgart Hbf können mehr Züge gefahren werden. Selbst die in dieser Untersuchung hohen Zugzahlen stellen mit den unterstellten Randbedingungen (z.B. Umbau zum „Digitalen Knoten Stuttgart“ (DKS), siehe auch Kapitel 3) noch nicht die Kapazitätsgrenze dar.
- Sollten die Planungsparameter hinsichtlich der Zugfolgezeit und Gleiswiederbelegungszeit nicht erreicht werden, sinkt die Kapazität in Stuttgart Hbf. Allerdings wäre auch die Ergänzungsstation von Kapazitätsreduzierungen betroffen. Diese könnte nur bedingt Züge aufnehmen.
- Die Einführung einer neuen Express-Verbindung nach Kirchheim (Teck) (StuKiX) hat einen großen Nutzen für Kirchheim (Teck) und den näheren Einzugsbereich. Die Führung des StuKiX über die NBS und den Flughafen ermöglicht zwar deutliche Fahrzeitverkürzungen, von welchen allerdings nur Kirchheim (Teck) profitiert. Zudem wird ein vergleichsweise teurer Neubaustreckenabschnitt benötigt und es werden zusätzliche wertvolle Trassenkapazitäten im Fildertunnel beansprucht. Verglichen mit anderen Linien z.B. von Tübingen, Ulm oder Böblingen ist der StuKiX auf Grund der geringen Linielänge (wenige bediente Halte) gegenüber diesen Linien nicht zu priorisieren. Eine Führung über Plochingen ermöglicht die Bedienung weiterer Zwischenhalte, kommt ohne Neubaustrecke aus und ist bezüglich der Trassenkapazitäten weniger konfliktbehaftet, schafft allerdings keine Verbindung zum Flughafen.

14.2.2 S-Bahn Stuttgart

Trotz der im Rahmen dieser Untersuchung nicht klärbaren Fragen zum S-Bahn-Netz von Stuttgart, welche in Kapitel 14.3 beschrieben werden, lassen sich aus den durchgeführten Untersuchungen zahlreiche Erkenntnisse zum S-Bahn-Netz ableiten:

-
- Die Möglichkeit für sehr enge Zugfolgen kann im Zusammenhang mit einem geänderten Angebotskonzept bei der S-Bahn (Zonenbedienung und Express-S-Bahnen) den weitgehenden Ausbau von Mischbetriebsstrecken auf vier Gleise (z.B. Richtung Schorndorf) verhindern.
 - Die Steigerung der Zuganzahl auf 30 Züge/h auf der S-Bahn-Stammstrecke bietet die Möglichkeit das S-Bahn-Netz grundlegend neu zu gestalten. Eine Ausweitung des Mengengerüsts ist somit sehr wahrscheinlich mit einer Neukonzeption weiter Teile des S-Bahn-Netzes verbunden. Dabei sind zahlreiche Überlegungen auch hinsichtlich der Wechselwirkung mit dem übrigen Verkehr erforderlich und sollten in erster Linie als Chance gesehen werden.
 - Bei einem Angebotskonzept mit 30 Zügen je Richtung in der S-Bahn-Stammstrecke besteht aufgrund des 2'-Abstandes auf der S-Bahn-Stammstrecke auf den Außenästen ein 14'- oder 16'-Takt. Hier könnte durch den Einbau von Fahrzeitüberschüssen ein gleichmäßiger 15'-Takt ermöglicht werden.
 - Das S-Bahn-Netz bleibt nordlastig; die südlich der S-Bahn-Stammstrecke vorhandenen beiden Streckenäste nach Herrenberg und Filderstadt/Neuhausen können nicht sinnvoll alle S-Bahnen aus dem Norden aufnehmen.
 - Bei einer Angebotsverdichtung mit S-Bahnen bietet sich in Richtung Herrenberg und Schorndorf ein Angebotskonzept mit Express-S-Bahnen an. So können ein teurer Infrastrukturausbau mit zwei zusätzlichen Gleisen vermieden und kurze Reisezeiten auf die Stammstrecke angeboten werden. Ein verdichtetes sowie in Express-S-Bahnen und S-Bahnen mit allen Zwischenhalten differenziertes Angebotskonzept ist verkehrlich attraktiv.
 - Die Hermann-Hesse-Bahn kann über eine Express S-Bahn schnell an den Stuttgarter Hbf (via S-Bahn-Stammstrecke) angebunden werden. Im Gegensatz zu einer denkbaren MEX-Anbindung wird Calw so an alle Halte der Stammstrecke angebunden.
 - Eine Ausweitung des Angebots auf dem Ast der S6 und die Umstellung auf ein Bedienkonzept ohne Flügel / Kuppeln und dafür mit schnellen und langsamen Zügen ist verkehrlich sehr attraktiv.
 - Der S4-Ast nach Marbach bzw. Backnang (kleine Murrbahn) ist nur unter hohem Kapazitätsverbrauch durch den Regionalverkehr bedienbar, weshalb dies nicht empfehlenswert ist. Grund hierfür ist, dass die Strecke nach Marbach in Ludwigsburg mittig in die Gleise des heutigen S5-Asts nach Bietigheim-Bissingen einfädelt. Erst nach niveaugleicher Abkreuzung des S5-Astes ist somit eine Weiterfahrt auf die außen liegenden Ferngleise möglich. Daraus resultiert sowohl auf der in den untersuchten Angebotskonzepten sehr stark mit anderen Verkehren belasteten Fernbahn- als auf der S-Bahn-Gleisen der Verbrauch einer Trasse. Bei einer Weiterfahrt auf der S-Bahn

kann die Trasse im Abschnitt Ludwigsburg - Stuttgart für andere Verkehre mit längerem Laufweg genutzt werden. Aus diesem Grund wird das Mehrangebot auf diesem Ast in allen Angebotskonzepten rein durch Ausweitungen im Mengengerüst der S-Bahnen abgedeckt.

- Die Nutzung der Panoramabahn ist eine sinnvolle Netzerweiterung im Regelbetrieb und stellt eine leistungsstarke Ersatz-Stammstrecke für Störfälle zur Verfügung.

14.2.3 Integration der Panoramabahn

Bezüglich der Panoramabahn konnten im Rahmen dieser Untersuchung zahlreiche Erkenntnisse für einen Weiterbetrieb abgeleitet werden.

- Die Ergebnisse der Potentialuntersuchung zur langfristigen Nutzung der Panoramabahn (VWI, Sommer 2022) konnten in dieser Untersuchung auch mit dem Nachfrage- und Zeithorizont der Verkehrswende bestätigt werden. Durch attraktive neue Halte in dicht bebauten Stadtbereichen können neue Fahrgäste durch den Schienenverkehr erschlossen werden und sinnvolle Verknüpfungen zum S-Bahn-, Stadtbahn- und Busnetz geschaffen werden.
- Für eine optimale verkehrliche Wirkung ist eine leistungsstarke höhenfreie Anbindung Richtung Stuttgart-Feuerbach und der durchgängig zweigleisige Betrieb Grundvoraussetzung. Darüber hinaus wird auch das baulich aufwändigere Nordkreuz für eine zusätzliche Anbindung der Panoramabahn Richtung Stuttgart-Bad Cannstatt empfohlen, um weitere Durchbindungen in diese Richtung schaffen zu können und im Störfall der S-Bahn-Stammstrecke auch S-Bahnen von Stuttgart-Bad Cannstatt über die Panoramabahn weiterführen zu können.
- Durch die Panoramabahn können, wie im Kapitel 3.4.5 und 4.4 ausgeführt, Verkehre von bisher konzeptionell nicht direkt mit Stuttgart bzw. innenstadtnahen Bereichen verbundene Strecken dort hingeführt werden, was für diese eine deutliche Attraktivierung darstellt. Die in dieser Untersuchung gewählten Durchbindungsvarianten und Haltemuster entlang der Panoramabahn sind nur eine von vielen denkbaren Möglichkeiten, welche entsprechend Kapitel 14.3 in weiteren Prozessen vertieft werden sollten.
- Es wird ein S-Bahn-ähnlicher Betrieb mit mindestens zwei Linien jeweils im 30'-Takt empfohlen, sodass unterschiedliche Durchbindungsvarianten realisiert werden können und sich auf der Panoramabahn möglichst ein überlagerter 15'-Takt ergibt.
- Durch eine ebenfalls leistungsstarke Einbindung der Schusterbahn in den Bahnknoten könnte gemeinsam mit der Panoramabahn ein verkehrlich sehr

attraktives Sekundärnetz der S-Bahn mit neuen Durchbindungen und der Erschließung neuer Fahrgäste durch neue Halte aufgebaut werden.

- Durch eine leistungsstark ausgebaute Panoramabahn und eine Realisierung des Nahverkehrs-Dreiecks werden die Stuttgarter Regionalbahnhöfe Stuttgart-Feuerbach, Stuttgart-Bad Cannstatt und Stuttgart-Vaihingen sinnvoll gestärkt. Damit werden wichtige Subzentren und Verknüpfungspunkte besser erreichbar, welche in Summe etwa gleichviele Einwohner und Arbeitsplätze erschließen wie der Hauptbahnhof.
- Die Panoramabahn bietet im S-Bahn Störfall eine sehr attraktive Alternative, um S-Bahnen nicht vorzeitig Enden zu müssen, sinnvolle Durchbindungen zu schaffen und damit den verkehrlichen Schaden spürbar zu minimieren. Dazu ist eine leistungsfähige Anbindung nach Stuttgart-Feuerbach und der Bau von neuen Zwischenhalten zur Erschließung und Verknüpfung notwendig. Durch Ergänzung um das Nordkreuz (Anbindung Panoramabahn nach Stuttgart-Bad Cannstatt) können auch die S-Bahn-Äste über Stuttgart-Bad Cannstatt im Störfall über die attraktive Alternative umgeleitet werden, so dass die Panoramabahn im Störfall zur Ersatz-Stammstrecke wird.

14.2.4 Produktübergreifende Erkenntnisse

Zur Umsetzung der ausgearbeiteten Angebotskonzepte ist im Vergleich zum Status quo wegen des ausgeweiteten Mengengerüsts eine höhere Betriebsqualität erforderlich. Mit der heute vorhandenen Verfügbarkeit hinsichtlich der Fahrzeuge (z.B. Türstörungen, Fahrmotorausfälle) und Infrastruktur (z.B. Weichen- oder Signalstörungen) und der daraus resultierenden Betriebsqualität dürften die erarbeiteten Angebotskonzepte trotz der durch die Signaltechnik verkürzten Zugfolgezeit nicht mit akzeptabler Betriebsqualität umsetzbar zu sein. Zur Steigerung der Betriebsqualität sollten statt nochmals weiterer Infrastrukturausbauten wegen der nur noch begrenzt vorhandenen Flächen und der hohen Kosten eher andere Maßnahmen im Mittelpunkt stehen. Dabei müssen alle Möglichkeiten zur Steigerung der Betriebsqualität und Vermeidung von Urverspätungen genutzt werden:

- Verstärkte Instandhaltung des Rollmaterials
- Höhere Anlagenverfügbarkeit der Infrastruktur
- Vorhalten von mehr Reservefahrzeugen bzw. Einplanung von überschlagenden Wendungen an den Linienenden
- Höhere Personalreserven
- Anpassung von Regularien für verschiedene Störfälle und Ereignisse (z.B. Verhalten bei Personen im Gleis)

Im nachgelagerten Netz kommt es in allen Zuständen durch die erhöhte Nachfrage des Verkehrswendeszenarios zu teilweise sehr hohen Auslastungen. Insbesondere im Stadtbahnnetz der SSB sollte daher die Möglichkeit von Taktverdichtungen und Bahnsteigverlängerungen für den Einsatz von Doppeltraktionen auf weiteren Linien geprüft werden (z.B. U2, U5, U14, U15).

14.3 Vertiefungsbedarf

Neben der in diesem Projekt untersuchten und beantworteten Fragestellungen zur Infrastrukturdimensionierung im Kern des Großknotens Stuttgart besteht auf dem Weg dorthin für den Großknoten auch noch Vertiefungsbedarf bei weiteren Themen. Der Untersuchungsbedarf erstreckt sich dabei über zahlreiche Themenfelder. Die wichtigsten Themen werden in diesem Kapitel beschrieben. Übergeordnetes Ziel bei vielen der zu untersuchenden Themen sollte es dabei auch sein, die Flexibilität im System insgesamt zu erhöhen und so die Leistungsfähigkeit zu steigern.

14.3.1 Schienengüterverkehr

In sämtlichen im Rahmen dieser Untersuchung ausgearbeiteten Angebotskonzepten erfolgte in Abstimmung mit dem Aufgabenträger keine Betrachtung des Schienengüterverkehrs. Für die Fragestellung der Untersuchung ist der Schienengüterverkehr insofern verzichtbar, als dass im Kernbereich des Bahnknotens (Tiefbahnhof Stuttgart und Zusatzinfrastruktur Regional-T-Spange + Nordkreuz oder Ergänzungsstation) keine Güterzüge verkehren. In den weiter außerhalb liegenden Bereichen verkehren jedoch neben dem Personenverkehr auch Güterzüge. Ggf. ist für die Bereitstellung von ausreichender Kapazität und der Sicherstellung einer hinreichenden Betriebs- und Angebotsqualität über die abgeleiteten Maßnahmen hinaus (siehe Kapitel 13) weitere Infrastruktur erforderlich. Dies gilt vornehmlich insbesondere für Strecken, die bereits heute stark vom Güterverkehr genutzt werden wie zum Beispiel Ludwigsburg - Stuttgart-Vaihingen (Enz) – Mühlacker. Da die in der Untersuchung erarbeiteten Betriebskonzepte für die dimensionierungsrelevante Spitzenstunde des Personenverkehrs erarbeitet wurden, können sich durch eine tageszeitliche Ausdifferenzierung des Angebots weitere Trassenkapazitäten für den Güterverkehr außerhalb der Hauptverkehrszeit ergeben.

14.3.2 Abstellung und Instandhaltung

In allen betrachteten Zuständen ist eine deutliche Steigerung der Betriebsleistung (Zugkilometer) im Vergleich zum Status Quo vorgesehen. Daraus resultiert auch eine deutliche Steigerung des notwendigen Fahrzeugbedarfs, woraus sich auch wiederum eine zusätzliche Menge an Abstellgleisen ergibt. Zudem sind auch weitere Werkstätten erforderlich, um die höhere Anzahl an Fahrzeugen zu warten. Beides ist mit einem hohen Flächenbedarf verbunden. Die Erfahrungen der letzten Jahre lehrt, dass hier frühzeitig Untersuchungen durchgeführt und Flächensicherung betrieben werden sollten, da betrieblich günstig gelegene Flächen meist knapp sind. Der genaue Umfang, mögliche Optimierungen sowie resultierende Kosten wurden in dieser Untersuchung nicht betrachtet.

14.3.3 Bahnsteighöhen und Fahrzeugkonzeption

Bei der Ausplanung der Angebotskonzepte wurde die Frage der Bahnsteighöhen nicht explizit beachtet. Es ist in den erarbeiteten Angebotskonzepten unterstellt, dass durch die bedienten Bahnsteige keine Einschränkungen für die jeweiligen Linien entstehen. Eine solche Kompatibilität ist heute allerdings noch nicht überall gegeben. Insgesamt erscheinen langfristig folgende Optionen im Wechselspiel zwischen Fahrzeugen und Bahnsteighöhen denkbar:

- Konsequente Vereinheitlichung der Bahnsteighöhen auf 76 cm
- Akzeptanz der Höhendifferenz bei verschiedenen Einstiegshöhen der Fahrzeuge
- Einsatz von Fahrzeugen mit verschiedenen Einstiegshöhen
- Realisierung von unterschiedlichen Bahnsteighöhen an einem Bahnsteig mit unterschiedlichem Haltebereich für die jeweiligen Fahrzeuge
- Realisierung einer eigenen, unabhängigen Infrastruktur für Systeme mit von 76 cm abweichender Bahnsteighöhe und damit auch für die S-Bahn Stuttgart

Jeder der beschriebenen Optionen hat dabei Vor- und Nachteile. Es sind dabei auch Kombinationen zwischen den verschiedenen Optionen denkbar. Wie bereits im dritten Spiegelstrich angedeutet, ergibt sich aus den Bahnsteighöhen auch ein wichtiger Aspekt bezüglich der Fahrzeugkonzeption. Diese ist ebenfalls vertieft zu betrachten und im Kontext der durch die Verkehrswende stark steigenden Fahrgastzahlen anzupassen. Neben der Thematik der Bahnsteighöhen ist dabei eine hohe Fahrgastwechselkapazität durch entsprechende Türspuren zu berücksichtigen, um einen Anstieg der Haltezeiten zu vermeiden.

14.3.4 Offene Themen beim Nahverkehrs-Dreieck

Die Wahl der Ausgestaltungsoption für das Nahverkehrs-Dreieck im Rahmen dieser Untersuchung erfolgte auf Basis eines Vergleichs der verschiedenen denkbaren Optionen. Dieser Vergleich auf Basis von Pro- und Contra-Argumenten ist dabei in der Präsentation „Ausgestaltung Nahverkehrs-Dreieck“ im Anhang dokumentiert (Anhang 18). Eine verkehrliche Bewertung anhand eines fahrplanscharfen Angebotskonzepts erfolgte im Rahmen dieser Untersuchung für eine Regional-T-Spange, aber nicht für eine S-Bahn-T-Spange. Bezüglich des untersuchten Nahverkehrs-Dreiecks erscheint ebenfalls noch eine vertiefte Betrachtung und Bewertung von möglichen Betriebskonzepten des Nahverkehrs-Dreiecks und der Panoramabahn sinnvoll. Kern dieser vertieften Untersuchung sollten gesamthafte Abwägungen sein, wobei auch betrachtet werden sollte, welche Außenäste am sinnvollsten über das Nahverkehrs-Dreieck geführt werden sollten. Auf Basis dieser Untersuchung wäre anschließend oder kombiniert eine Nutzen-Kosten-Untersuchung (NKU) für das Nahverkehrs-Dreieck und die Panoramabahn zu erstellen. Für eine exemplarische Variante wurde bereits eine überschlägige Abschätzung der Förderaussichten aus den Ergebnissen dieser Untersuchung abgeleitet. Diese ist nicht Teil dieses Abschlussberichts und kann dem separaten Bericht „Überschlägige Abschätzung der Förderaussichten für das Nahverkehrs-Dreieck und die Panoramabahn“ entnommen werden.

14.3.5 Ausgestaltung S-Bahn-Netz

Wie in Kapitel 3 und 5 beschrieben, wurden im Rahmen der Untersuchung bei der S-Bahn weitreichende Veränderungen unterstellt. Durch die Express-S-Bahnen und die S-Bahn-ähnlichen Verkehre auf der Panorama- und Schusterbahn verschwimmt die Grenze zwischen der S-Bahn und dem Regionalverkehr. Diese mit dem Auftraggeber abgestimmte Vorgehensweise ist dabei nur eine von vielen denkbaren Entwicklungsmöglichkeiten für das S-Bahn-Netz. So wäre beispielsweise durch die Steigerung der Zuganzahl über die S-Bahn-Stammstrecke auch eine reine Verdichtung der bestehenden S-Bahn-Linien mit einzelnen Verlängerungen ohne eine Ausdifferenzierung der Haltepolitik denkbar. Eine solche Systematik würde allerdings voraussichtlich deutlich mehr Infrastruktur im Außenbereich erfordern. Welche Variante der Ausgestaltung den größten verkehrlichen Nutzen stiften würde, ist vertieft zu betrachten. In der Untersuchung hat sich allerdings gezeigt, dass in der Regel Angebotsausweitungen, die gänzlich neue Verbindungen schaffen, deutlich größere Nutzen für die Fahrgäste erzielen können als reine Taktverdichtungen.

Auch im Falle einer Entwicklung des S-Bahn-Netzes entsprechend der in den Angebotskonzepten angewendeten Systematik sind zahlreiche Fragen zu klären. So sind insbesondere unter Einbeziehung aller Beteiligten vertiefte Planungen bezüglich der konkreten Ausgestaltung des Zielnetzes auf den einzelnen Korridoren zu klären. Dabei sind unter anderem das Mengengerüst, der umzusetzende Takt sowie die Haltepolitik bei Express-S-Bahnen festzulegen. Die Ausgestaltung der S-Bahn Stuttgart in den Angebotskonzepten dieser Untersuchung erfolgte dabei mit einem wirtschaftlichen Umgang bezüglich zusätzlicher Infrastruktur. Unabhängig von den betrachteten Fragen bezüglich der Infrastruktur im Kern des Großknotens erscheinen im Spannungsfeld zwischen Infrastruktur und Angebot im S-Bahn-Bereich und dem Regionalverkehr weitere Optimierungen denkbar.

14.3.6 Finanzierungs- und Organisationsfragen

Für eine perspektivische Realisierung der Infrastrukturmaßnahmen des Referenzfalls ergibt sich ein erheblicher Finanzierungsbedarf. Es ist zu prüfen, ob einzelne Maßnahmen oder geeignete Maßnahmenbündel über die Mittel des GVFG finanziert werden können, indem der volkswirtschaftliche Nutzen gemäß der Standardisierten Bewertung (Version 2016+) nachgewiesen wird. Da hierbei nicht die erhöhte Nachfrage des Verkehrswendeszenarios, sondern die des absehbaren verkehrlichen Bedarfs (Bezugsfall) anzusetzen ist, kann heute vermutlich nicht für alle Maßnahmen ein Nutzen-Kosten-Verhältnis größer 1 und damit eine Aussicht auf Finanzierung erzielt werden. Daher sollten darüber hinaus alternative Finanzierungsmöglichkeiten in Erwägung gezogen werden, um die enormen Transformations-Investitionen der Verkehrswende leisten zu können.

Schließlich muss auch die stark erhöhte Betriebsleistung dauerhaft finanziert werden. Dazu sind deutliche Erhöhungen der Regionalisierungsmittel oder alternative Finanzierungsmöglichkeiten notwendig. Damit verbunden ist auch die Frage, wie die Verkehre des Schienenpersonennahverkehrs (SPNV) in Zukunft zu organisieren sind. Derzeit ist der SPNV im Großknoten Stuttgart auf zwei Aufgabenträger aufgeteilt. Die Trägerschaft des regional bedeutsamen öffentlichen Personennahverkehrs (S-Bahn, regional bedeutsamer SPNV mit Ausgangs- und Endpunkt innerhalb des VRS-Gebiets sowie Expressbusse) liegt beim VRS, während dies bei überregionalen Nahverkehrsverbindungen die NVBW ist. Durch die in den Konzepten unterstellten Ausweitungen des S-Bahn-Verkehrs ist hier die Frage der konkreten Zusammenarbeit zwischen den Aufgabenträgern zu klären.

21.12.2023 | SMA, VWI

https://smapartnercloud.sharepoint.com/teams/msteams_4e0b69_355403/Shared Documents/General/L3 AP 8 Störfallkonzepte u Ergänzungsstation/Schlussbericht/231221_Bericht Infrastrukturdimensionierung_1-00.docx

15 Verzeichnisse

Abkürzungsverzeichnis

AFZS	<i>Automatisches Fahrgastzählsystem</i>
DKS	<i>Digitaler Knoten Stuttgart</i>
ETCS	<i>European Train Control System</i>
EVU	<i>Eisenbahnverkehrsunternehmen</i>
FR	<i>Fernverkehr regional</i>
FV	<i>Fernverkehr</i>
GTFS	<i>General Transit Feed Specification</i>
GVFG	<i>Bundesgemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz</i>
HGV	<i>Hochgeschwindigkeitsverkehr</i>
HVZ	<i>Hauptverkehrszeit</i>
IC	<i>Intercity</i>
ifeu	<i>Institut für Energie- und Umweltforschung</i>
IRE	<i>Interregio-Express</i>
ISV	<i>Institut für Straßen- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart</i>
IV	<i>Individualverkehr</i>
LHS	<i>Landeshauptstadt Stuttgart</i>
MCC	<i>Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change</i>
MEX	<i>Metropolexpress</i>
MiD	<i>Mobilität in Deutschland</i>
MIV	<i>Motorisierter Individualverkehr</i>

NBS	<i>Neubaustrecke</i>
NKU	<i>Nutzen-Kosten-Untersuchung</i>
NVBW	<i>Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg mbH</i>
OSM	<i>OpenStreetMap</i>
ÖV	<i>Öffentlicher Verkehr</i>
REGL	<i>Regelbetrieb</i>
REM	<i>Räumlich erweitertes Verkehrsmodell der Region Stuttgart</i>
RV	<i>Regionalverkehr</i>
S21	<i>Stuttgart 21</i>
SPFV	<i>Schienenpersonenfernverkehr</i>
SPNV	<i>Schienenpersonennahverkehr</i>
SPV	<i>Schienenpersonenverkehr</i>
SSB	<i>Stuttgarter Straßenbahnen AG</i>
STF	<i>Störfall</i>
StuKiX	<i>Stuttgart-Kirchheim-Express</i>
VDV	<i>Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.</i>
VRS	<i>Verband Region Stuttgart KöR</i>
VVS	<i>Verkehrs- und Tarifverbund Stuttgart GmbH</i>
WEG	<i>Württembergische Eisenbahn-Gesellschaft</i>

 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prinzipielle Ablauf der Untersuchung für alle Varianten und Zustände.	5
Abbildung 2: Erweiterter Modellraum der räumlichen Erweiterung und Region Stuttgart (VRS-Gebiet).....	10
Abbildung 3: Ziele für die Verkehrswende in Baden-Württemberg – Quelle: Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg.....	13
Abbildung 4: Entwicklung der ÖV-Verkehrsleistung in der Region Stuttgart je Verkehrssystem	21
Abbildung 5: Entwicklung des Modal Split in der Region Stuttgart (Aufkommen und Leistung)	23
Abbildung 6: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (VRS), Verkehrswende Deutschlandtakt zu Bezugsfall 2030.....	24
Abbildung 7: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (LHS), Verkehrswende Deutschlandtakt zu Bezugsfall 2030.....	24
Abbildung 8: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (VRS), Verkehrswende Deutschlandtakt zu Analysefall 2010.....	25
Abbildung 9: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (LHS), Verkehrswende Deutschlandtakt zu Analysefall 2010.....	25
Abbildung 10: Differenz werktägliche MIV-Nachfrage (VRS), Verkehrswende Deutschlandtakt zu Bezugsfall 2030.....	26
Abbildung 11: Differenz werktägliche MIV-Nachfrage (LHS), Verkehrswende Deutschlandtakt zu Bezugsfall 2030.....	26
Abbildung 12: Differenz werktägliche MIV-Nachfrage (VRS), Verkehrswende Deutschlandtakt zu Analysefall 2010.....	27
Abbildung 13: Differenz werktägliche MIV-Nachfrage (LHS), Verkehrswende Deutschlandtakt zu Analysefall 2010.....	27
Abbildung 14: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (VRS), Verkehrswende Deutschlandtakt	28
Abbildung 15: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (LHS), Verkehrswende Deutschlandtakt	28
Abbildung 16: MIV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (VRS), Verkehrswende Deutschlandtakt	29
Abbildung 17: MIV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (LHS), Verkehrswende Deutschlandtakt	29
Abbildung 18: Sitzplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, Verkehrswende Deutschlandtakt	31

Abbildung 19: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, Verkehrswende Deutschlandtakt	31
Abbildung 20: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, Verkehrswende Deutschlandtakt	32
Abbildung 21: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, Verkehrswende Deutschlandtakt	32
Abbildung 22: Abgrenzung des konzeptionell und infrastrukturell betrachteten Bereichs (nicht alle Strecken dargestellt)	34
Abbildung 23: Jahreganglinie von 4 ausgewählten Querschnitten der AFZS- Daten des Netz 3b	37
Abbildung 24: Anteil der Tage mit max. Sitzplatzauslastung >100 % in Abhängigkeit des Medians der max. Sitzplatzauslastung aller Tages des Jahres.....	38
Abbildung 25: Unterstellte Veränderungen im S-Bahn-Netz im Referenzfall	46
Abbildung 26 Ausgangslage Ergänzungsstation	53
Abbildung 27 Ausgangslage Infrastruktur für das Nordkreuz und die T-Spange	54
Abbildung 28: Unterstelltes Liniennetz der MEX- und IRE-Verkehre im Referenzfall	61
Abbildung 29: Zugzahlen im Kernbereich des Knotens Stuttgart im Referenzfall	66
Abbildung 30: Topologieskizze mit Ergänzungsstation.....	67
Abbildung 31: Maximale Kapazität der Ergänzungsstation als Zyklus bei konsequenter Optimierung des Netzes auf die Ergänzungsstation	68
Abbildung 32: Gleisbelegung der Ergänzungsstation im Regelbetrieb	69
Abbildung 33: Zugzahlen im Kernbereich des Knotens Stuttgart – Ergänzungsstation	70
Abbildung 34: Topologieskizze der Regional-T-Spange und des Nordkreuzes .	71
Abbildung 35: Gleisbelegung in Stuttgart-Bad-Cannstatt im Regelbetrieb mit Regional-T-Spange + Nordkreuz.....	72
Abbildung 36: Zugzahlen im Kernbereich des Knotens Stuttgart – Regional-T- Spange + Nordkreuz	73
Abbildung 37: Darstellung betriebliche Zugfolgezeit.	74
Abbildung 38: Umleitungsstrecken im Störfall der S-Bahn-Stammstrecke im Referenzfall.	79
Abbildung 39: Führung der S-Bahnen im Störfall der S-Bahn-Stammstrecke im Bereich Stuttgart-Bad Cannstatt im Referenzfall.....	80

Abbildung 40: Angebotskonzept Störfall S-Bahn-Stammstrecke im Referenzfall	81
Abbildung 41: Umleitungsstrecken im Störfall der S-Bahn-Stammstrecke im Zustand mit Ergänzungsstation.	82
Abbildung 42: Gleisbelegung der Ergänzungsstation im Störfall S-Bahn-Stammstrecke	83
Abbildung 43: Angebotskonzept Störfall S-Bahn-Stammstrecke im Zustand mit Ergänzungsstation	84
Abbildung 44: Angebotskonzept im Störfall der S-Bahn-Stammstrecke im Zustand mit Regional-T-Spange + Nordkreuz	85
Abbildung 45: Liniennetzplan Störfall S-Bahn-Stammstrecke im Zustand mit Regional-T-Spange + Nordkreuz.	86
Abbildung 46: Angebotskonzept Störfall S-Bahn-Stammstrecke im Fall ohne Panoramabahn.....	87
Abbildung 47: In allen Zuständen beim Störfall Hbf identische Gleisbelegung Stuttgart Flughafen mit Zu- und Wegstellfahrten für Wende zwischen Fildertunnel und Stuttgart Flughafen	89
Abbildung 48: Gleisbelegung Stuttgart-Bad Cannstatt beim Störfall des Hauptbahnhofs im Referenzfall	91
Abbildung 49: Differenz der Zugzahlen/h zwischen Regelbetrieb und Störfall Hauptbahnhof im Referenzzustand nach Strecke (Querschnittsbetrachtung, Hin- und Gegenrichtung aufsummiert)	92
Abbildung 50: Gleisbelegung der Ergänzungsstation beim Störfall Hbf	95
Abbildung 51: Vergleich der Zugzahlen zwischen Zustand mit Ergänzungsstation und Referenzfall im Störfall des Hauptbahnhofs (Querschnittsbetrachtung, Hin- und Gegenrichtung aufsummiert)	96
Abbildung 52: Gleisbelegung Stuttgart-Bad Cannstatt beim Störfall des Hauptbahnhofs im Zustand mit Regional-T-Spange und Nordkreuz.....	98
Abbildung 53: Vergleich der Zugzahlen zwischen Zustand mit Regional-T-Spange + Nordkreuz sowie Referenzfall im Störfall des Hauptbahnhofs (Querschnittsbetrachtung, Hin- und Gegenrichtung aufsummiert)	99
Abbildung 54: Gleisbelegung Ergänzungsstation beim Störfall des Hauptbahnhofs im Zustand mit Ergänzungsstation und einer Bahnsteiglänge von 425 Metern auf den Gleisen 1,2,5 und 6.	101

Abbildung 55: Vergleich der Zugzahlen zwischen Zustand mit Ergänzungsstation und Referenzfall im Störfall des Hauptbahnhofs (Querschnittsbetrachtung, Hin- und Gegenrichtung aufsummiert)	102
Abbildung 56: Ausgangslage Anbindung Ergänzungsstation	103
Abbildung 57: Zunächst unterstellte Anbindung der Panoramabahn an die Fernbahn	107
Abbildung 58: Gleisbelegung in Stuttgart-Bad Cannstatt im Störfall des Hauptbahnhofs im Zustand mit Nordkreuz und T-Spange und vier 425 Meter langen Bahnsteigen im Fernbahnbereich	109
Abbildung 59: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (VRS), Referenzfall zu Verkehrswende Deutschlandtakt	114
Abbildung 60: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (LHS), Referenzfall zu Verkehrswende Deutschlandtakt	114
Abbildung 61: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (VRS), Referenzfall	115
Abbildung 62: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (LHS), Referenzfall	115
Abbildung 63: Sitzplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, Referenzfall	116
Abbildung 64: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, Referenzfall	116
Abbildung 65: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, Referenzfall	117
Abbildung 66: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, Referenzfall	117
Abbildung 67: Fahrgastströme der Ergänzungsstation	120
Abbildung 68: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (VRS), Ergänzungsstation zu Referenzfall	121
Abbildung 69: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (LHS), Ergänzungsstation zu Referenzfall	121
Abbildung 70: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (VRS), Ergänzungsstation	122
Abbildung 71: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (LHS), Ergänzungsstation	122
Abbildung 72: Sitzplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, Ergänzungsstation	123

Abbildung 73: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, Ergänzungsstation	123
Abbildung 74: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, Ergänzungsstation	124
Abbildung 75: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, Ergänzungsstation	124
Abbildung 76: Fahrgastströme von Regional-T-Spange + Nordkreuz.....	127
Abbildung 77: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (VRS), T-Spange + Nordkreuz zu Referenzfall	128
Abbildung 78: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (LHS), T-Spange + Nordkreuz zu Referenzfall	128
Abbildung 79: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (VRS), T-Spange + Nordkreuz.....	129
Abbildung 80: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (LHS), T-Spange + Nordkreuz.....	129
Abbildung 81: Sitzplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, T-Spange + Nordkreuz	130
Abbildung 82: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, T-Spange + Nordkreuz	130
Abbildung 83: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, T-Spange + Nordkreuz.....	131
Abbildung 84: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, T-Spange + Nordkreuz	131
Abbildung 85: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF S-Bahn, STF Referenzfall zu REGL Referenzfall	136
Abbildung 86: ÖV-Belastungs-Differenz (LHS), STF S-Bahn, STF Referenzfall zu REGL Referenzfall	136
Abbildung 87: Verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (MR), Referenzfall	137
Abbildung 88: Verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (VRS), Referenzfall	137
Abbildung 89: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, STF S-Bahn Referenzfall	138
Abbildung 90: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, STF S-Bahn Referenzfall.....	138
Abbildung 91: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, STF S-Bahn Referenzfall	139
Abbildung 92: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, STF S-Bahn Referenzfall.....	139

Abbildung 93: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF S-Bahn, STF Ergänzungsstation zu STF Referenzfall	141
Abbildung 94: ÖV-Belastungs-Differenz (LHS), STF S-Bahn, STF Ergänzungsstation zu STF Referenzfall	141
Abbildung 95: Differenz verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (MR), STF Ergänzungsstation zu STF Referenzfall	142
Abbildung 96: Differenz verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (VRS), STF Ergänzungsstation zu STF Referenzfall	142
Abbildung 97: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, STF S-Bahn Ergänzungsstation	143
Abbildung 98: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, STF S-Bahn Ergänzungsstation	143
Abbildung 99: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, STF S-Bahn Ergänzungsstation	144
Abbildung 100: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, STF S-Bahn Ergänzungsstation	144
Abbildung 101: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF S-Bahn, STF T-Spange + Nordkreuz zu STF Referenzfall	146
Abbildung 102: ÖV-Belastungs-Differenz (LHS), STF S-Bahn, STF T-Spange + Nordkreuz zu STF Referenzfall	146
Abbildung 103: Differenz verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (MR), STF T- Spange + Nordkreuz zu STF Referenzfall.....	147
Abbildung 104: Differenz verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (VRS), STF T- Spange + Nordkreuz zu STF Referenzfall.....	147
Abbildung 105: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, STF S-Bahn T-Spange + Nordkreuz.....	148
Abbildung 106: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, STF S-Bahn T-Spange + Nordkreuz	148
Abbildung 107: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, STF S-Bahn T-Spange + Nordkreuz	149
Abbildung 108: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, STF S-Bahn Regional-T-Spange + Nordkreuz.....	149
Abbildung 109: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF S-Bahn, STF Referenzfall zu STF Referenzfall o. Panoramabahn	152
Abbildung 110: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF S-Bahn, STF Referenzfall zu STF Referenzfall o. Panoramabahn	152
Abbildung 111: Differenz verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (MR), STF Referenzfall zu STF Referenzfall ohne Panoramabahn.....	153

Abbildung 112: Differenz verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (VRS), STF Referenzfall zu STF Referenzfall ohne Panoramabahn.....	153
Abbildung 113: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, STF Referenzfall ohne Panoramabahn	154
Abbildung 114: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, STF Referenzfall ohne Panoramabahn	154
Abbildung 115: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, STF Referenzfall ohne Panoramabahn	155
Abbildung 116: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, STF Referenzfall ohne Panoramabahn	155
Abbildung 117: Gegenüberstellung des verkehrlichen Schadens, Störfall S-Bahn	156
Abbildung 118: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF Hauptbahnhof STF Referenzfall zu REGL Referenzfall.....	160
Abbildung 119: ÖV-Belastungs-Differenz (LHS), STF Hauptbahnhof Referenzfall zu REGL S-Bahn Referenzfall	160
Abbildung 120: Verkehrlicher Schaden STF Hbf (MR), Referenzfall.....	161
Abbildung 121: Verkehrlicher Schaden STF Hbf (VRS), Referenzfall.....	161
Abbildung 122: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, STF Hbf Referenzfall	162
Abbildung 123: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, STF Hbf Referenzfall	162
Abbildung 124: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, STF Hbf Referenzfall	163
Abbildung 125: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, STF Hbf Referenzfall	163
Abbildung 126: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF Hbf, STF Ergänzungsstation zu STF Referenzfall	165
Abbildung 127: ÖV-Belastungs-Differenz (LHS), STF Hbf, STF Ergänzungsstation zu STF Referenzfall	165
Abbildung 128: Differenz verkehrlicher Schaden STF Hbf (MR), STF Ergänzungsstation zu STF Referenzfall	166
Abbildung 129: Differenz verkehrlicher Schaden STF Hbf (VRS), STF Ergänzungsstation zu STF Referenzfall	166
Abbildung 130: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, STF Hbf Ergänzungsstation	167

Abbildung 131: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, STF Hbf Ergänzungsstation.....	167
Abbildung 132: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, STF Hbf Ergänzungsstation.....	168
Abbildung 133: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, STF Hbf Ergänzungsstation.....	168
Abbildung 134: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF Hbf, STF Regional-T-Spange + Nordkreuz zu STF Referenzfall.....	170
Abbildung 135: ÖV-Belastungs-Differenz (LHS), STF Hbf, STF Regional-T-Spange + Nordkreuz zu STF Referenzfall.....	170
Abbildung 136: Differenz verkehrlicher Schaden STF Hbf (MR), STF Regional-T-Spange + Nordkreuz zu STF Referenzfall.....	171
Abbildung 137: Differenz verkehrlicher Schaden STF Hbf (VRS), STF Regional-T-Spange + Nordkreuz zu STF Referenzfall	171
Abbildung 138: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, STF Hbf T-Spange + Nordkreuz	172
Abbildung 139: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, STF Hbf T-Spange + Nordkreuz	172
Abbildung 140: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, STF Hbf Regional-T-Spange + Nordkreuz	173
Abbildung 141: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, STF Hbf Regional-T-Spange + Nordkreuz	173
Abbildung 142: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF Hbf, STF Ergänzungsstation 425 Meter zu STF Referenzfall.....	176
Abbildung 143: ÖV-Belastungs-Differenz (VRS), STF Hbf, STF Ergänzungsstation 425 Meter zu STF Referenzfall.....	176
Abbildung 144: Differenz verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (MR), STF Ergänzungsstationen 425 Meter zu STF Referenzfall.....	177
Abbildung 145: Differenz verkehrlicher Schaden STF S-Bahn (VRS), STF Ergänzungsstationen 425 Meter zu STF Referenzfall.....	177
Abbildung 146: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, STF Ergänzungsstation 425 Meter	178
Abbildung 147: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, STF Ergänzungsstation 425 Meter	178
Abbildung 148: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der Stadtbahn, STF Ergänzungsstation 425 Meter	179
Abbildung 149: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde im Busverkehr, STF Ergänzungsstation 425 Meter	179

Abbildung 150: Gegenüberstellung des verkehrlichen Schadens, Störfall Hbf	180
Abbildung 151: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (VRS), Klimaneutralität 2040 zu Verkehrswende, Referenzfall.....	186
Abbildung 152: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (LHS), Klimaneutralität 2040 zu Verkehrswende, Referenzfall.....	186
Abbildung 153: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (VRS), Klimaneutralität 2040	187
Abbildung 154: ÖV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (LHS), Klimaneutralität 2040	187
Abbildung 155: MIV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (VRS), Klimaneutralität 2040	188
Abbildung 156: MIV-Nachfrage werktägliche Streckenbelastung (LHS), Klimaneutralität 2040	188
Abbildung 157: Sitzplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, Klimaneutralität 2040, Referenzfall.....	189
Abbildung 158: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, Klimaneutralität 2040, Referenzfall.....	189
Abbildung 159: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (VRS), Ergänzungsstation zu Referenzfall, Klimaneutralität 2040	192
Abbildung 160: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (LHS), Ergänzungsstation zu Referenzfall, Klimaneutralität 2040	192
Abbildung 161: Sitzplatzauslastung in der Spitzenstunde im Regionalverkehr, Klimaneutralität 2040, Ergänzungsstation	193
Abbildung 162: Gesamtplatzauslastung in der Spitzenstunde bei der S-Bahn, Klimaneutralität 2040, Ergänzungsstation	193
Abbildung 163: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (VRS), Regional-T-Spange + Nordkreuz zu Referenzfall, Klimaneutralität 2040 ..	196
Abbildung 164: Differenz werktägliche ÖV-Nachfrage (LHS), Regional-T-Spange + Nordkreuz zu Referenzfall, Klimaneutralität 2040 ..	196
Abbildung 165: Sitzplatzauslastung Spitzenstunde RV, Klimaneutralität 2040, Regional-T-Spange + Nordkreuz.....	197
Abbildung 166: Gesamtplatzauslastung Spitzenstunde S-Bahn, Klimaneutralität 2040, Regional-T-Spange + Nordkreuz.....	197
Abbildung 167: Zuordnung der Infrastrukturmaßnahmen zu Korridoren.....	199
Abbildung 168: Kosten der im Referenzfall notwendigen Infrastrukturmaßnahmen nach Maßnahmenkategorie.	202

Abbildung 169 Relativer Vergleich des verkehrlichen Nutzens der verschiedenen Zustände.....	206
Abbildung 170: In der Untersuchung abgeleitete Realisierungsform des Nahverkehrs-Dreiecks.	208
Tabellenverzeichnis	
Tabelle 1: Berücksichtigte Maßnahmen im Verkehrswendeszenario	20
Tabelle 2: In den verschiedenen Angebotskonzepten unterstellte Fahrzeugtypen	40
Tabelle 3: Infrastrukturmaßnahmen über den Status quo hinaus aus dem Zielfahrplan Deutschlandtakt mit Relevanz für die vorliegende Untersuchung.....	49
Tabelle 4: Zusätzlich zum Status Quo unterstellte Halte	49
Tabelle 5: Unterstellte Planungsparameter nach Abstimmung mit der DB AG ..	54
Tabelle 6: Kommerzielle Ankünfte/h in Stuttgarter Hbf	63
Tabelle 7: Auflistung kommerzielle Ankünfte des infrastrukturabhängigen Angebots im Kernbereich des Knotens	65
Tabelle 8: Ergebnisse der Sensitivitätsuntersuchung zur Erhöhung der Zugfolgezeit.....	75
Tabelle 9: Zugangebot in der Ergänzungsstation im Störfall des Hauptbahnhofs	94
Tabelle 10: Verkehrliche Kenngrößen, Regelbetrieb, Referenzfall zu Verkehrswende Deutschlandtakt	113
Tabelle 11: Verkehrliche Kenngrößen, Regelbetrieb, Ergänzungsstation zu Referenzfall	120
Tabelle 12: Verkehrliche Kenngrößen, Regelbetrieb, Regional-T-Spange + Nordkreuz zu Referenzfall	127
Tabelle 13: Gegenüberstellung der verkehrlichen Kenngrößen, Referenzfall zu Verkehrswende Deutschlandtakt, Ergänzungsstation zu Referenzfall, Regional-T-Spange + Nordkreuz zu Referenzfall	132
Tabelle 14: Verkehrliche Kenngrößen, Regelbetrieb, Ergänzungsstation zu Referenzfall, Sensitivitätsbetrachtung im Szenario Klimaneutralität 2040	191

Tabelle 15: Verkehrliche Kenngrößen, Regelbetrieb, Regional-T-Spange + Nordkreuz zu Referenzfall, Sensitivitätsbetrachtung im Szenario Klimaneutralität 2040	195
Tabelle 16: angesetzte Kostensätze nach Maßnahmenart in €.....	201

Anhänge

Übersicht verkehrlicher Kenngrößen der Szenarien.....	1
Angebotskonzept Regelbetrieb Referenzfall.....	2
Angebotskonzept Regelbetrieb Ergänzungsstation.....	3
Angebotskonzept Regelbetrieb Regional-T-Spange + Nordkreuz	4
Angebotskonzept Störfall S-Bahn-Stammstrecke Referenzfall ...	5
Angebotskonzept Störfall S-Bahn-Stammstrecke Ergänzungsstation.....	6
Angebotskonzept Störfall S-Bahn-Stammstrecke Regional-T- Spange + Nordkreuz	7
Angebotskonzept Störfall S-Bahn-Stammstrecke Sensitivitätsbetrachtung: Referenzfall ohne Panoramabahn	8
Angebotskonzept Störfall Hbf Referenzfall	9
Angebotskonzept Störfall Hbf Ergänzungsstation	10
Angebotskonzept Störfall Hbf Regional-T-Spange + Nordkreuz	11
Angebotskonzept Störfall Hbf Sensitivitätsbetrachtung: Ergänzungsstation mit 425 Metern Bahnsteignutzlänge	12
Gesamtdokumentation Big Picture (Ungekürzter Foliensatz) ...	13
Vortragsfolien Big-Picture-Termin	14
Infrastrukturliste	15
Untersuchung Nutzung Hbf im S-Bahn-Störfall	16
Bewertung von höheren Zugfolgezeiten für die Infrastrukturdimensionierung	17

Anhänge

Ausgestaltung Nahverkehrsdreieck 18

**Infrastrukturdimensionierung im Bahnknoten Stuttgart –
Planungsstand zu T-Spange und Nordkreuz..... 19**