



VM / NVBW

# **Bewertung von höheren Zugfolgezeiten für die Infrastrukturdimensionierung**

15. März 2023



optimising railways

Vertraulich

# Agenda

1. Aufgabenstellung und Vorgehen
2. Theoretische Betrachtung zu Zugfolgezeiten und Pufferzeiten
3. Theoretische Kapazität der Ergänzungsstation und des Stuttgarter Hbf
4. Übertragung der theoretischen Betrachtung auf die Zugzahlen des Konzepts
5. Auswirkung auf das erarbeitete Konzept
6. Zusammenfassung

# Ausgangslage und Aufgabenstellung

## Ausgangslage

- Für die Erarbeitung aller Konzepte zur Infrastrukturdimensionierung wird von einer minimalen Zugfolgezeit sowie einer Gleiswiederbelegungszeit von 2 Minuten ausgegangen. Diese Werte sind mit der DB Netz AG zw. PSU abgestimmt und werden als umsetzbar angesehen.
- Es existiert noch kein Beispiel, in dem 2 Minuten für lange Züge und in einem großen Knoten umgesetzt sind.

## Aufgabenstellung

- Betrachtung des Regelbetriebe im Zustand mit Ergänzungsstation
- Bewertung der Auswirkungen einer Erhöhung der Zugfolgezeit auf 2,5 Minuten auf die Konzepte
- Auflistung der Auswirkungen hinsichtlich entfallender und anzupassender Züge
- Betrachtung der Auswirkungen auf die Betriebsqualität bzw. die Herstellung gleicher Betriebsqualität

## Vorgehen (1/2)

- Von der DB Netz AG bzw. PSU ist als Zugfolgezeit zwei Minuten mit einer Minute technischer Zugfolgezeit und einer Minute Pufferzeit angegeben.
- Für die Ergänzungsstation liegen keine Werte vor. Es werden unter Berücksichtigung der Regelwerke und der Übertragung der Situation aus dem Hauptbahnhof Annahmen getroffen.
- Fahrzeitreserven werden nicht betrachtet. Diese könnten außerhalb des engeren Knotens erhöht werden, um die negativen Wirkungen von erhöhten Zugfolgezeiten auf die Betriebsqualität zu kompensieren.
- Bei der Betrachtung wird mehrstufig von der reinen Theorie bis zum ausgearbeiteten Konzept vorgegangen. Damit werden die verschiedenen Fragestellungen im Spannungsfeld zwischen eindeutigen Aussagen und komplexen Situationen mit Wechselwirkungen zwischen Effekten beantwortet.
- Es wird primär der Bereich um den Stuttgarter Hauptbahnhof betrachtet.

## Vorgehen (1/2)

- Bei der Betrachtung der Zugzahlen werden für jeden Zulauf für eine Richtung sämtliche ankommenden Züge aufaddiert. Im Konzept mit Ergänzungsstation sind das 60 Züge/h im Stuttgarter Hbf, wovon 58 Züge/h kommerziell sind. Bei der Ergänzungsstation sind es 18 kommerzielle Züge/h.
- Sämtliche Kapazitätsbetrachtungen umfassen ausschließlich die Aspekte des direkten Bahnbetriebs. Eine Betrachtung der Passagierströme im Bereich des Stuttgarter Hauptbahnhofs erfolgt nicht.

# Agenda

1. Aufgabenstellung und Vorgehen
- 2. Theoretische Betrachtung zu Zugfolgezeiten und Pufferzeiten**
3. Theoretische Kapazität der Ergänzungsstation und des Stuttgarter Hbf
4. Übertragung der theoretischen Betrachtung auf die Zugzahlen des Konzepts
5. Auswirkung auf das erarbeitete Konzept
6. Zusammenfassung

# Zugfolgezeit als Summe von Pufferzeit und technischen Anteilen

- Die in der Planung angesetzte Zugfolgezeit setzt sich 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 normgemäß berücksichtigter Zugfolgezeit ist nie der Auslöser von Primärverspätungen. Eine dichte Zugfolgezeit bzw. Zugfolgen mit wenig Pufferzeit erhöhen aber die Gefahr von Folgeverspätungen.
- Mitentscheidend für die Betriebsqualität ist die Höhe der Pufferzeit. So können 2,5 Minuten Zugfolge je nach technischer Ausstattung mit besser Betriebsqualität fahrbar sein als 3,0 Minuten Zugfolge:
  - 2,5 Minuten Zugfolge inklusive 1,0 Minuten Pufferzeit
  - 3,0 Minuten Zugfolge inklusive 0,5 Minuten Pufferzeit.





# Beispiele für Pufferzeiten und technische Zugfolgezeiten

Die betriebliche Zugfolgezeit ist nicht entscheidend für die Betriebsqualität. Wirklich relevant ist, wie hoch der Anteil der Pufferzeit an der betrieblichen Zugfolgezeit ist. Neben der Pufferzeit sind natürlich auch insbesondere die Fahrzeitreserven von Relevanz für die Betriebsqualität.

In den aufgeführten Beispielen wird immer eine maximale Auslastung entsprechend der betrieblichen Zugfolgezeit angenommen.

Technische Zugfolgezeit [s]	Pufferzeit [s]	Betriebliche Zugfolgezeit [min]	Züge/h je Richtung	Pufferzeit/h [min]	Anmerkung
90	30	2,0	30	15	Werte würden eine Verkürzung der Pufferzeit im Vergleich zu den heutigen Regularien bedeuten
105	15	2,0	30	7,5	
60	60	2,0	30	30	Angaben und unterstellte Werte der PSU/DB Netz AG
120	30	2,5	24	12	Werte entsprechen in etwa der Situation mit Erhöhung der Zugfolgezeit auf 2,5 Minuten
90	60	2,5	24	24	
135	15	2,5	24	6	Geringe Pufferzeit, scheint eher nicht realistisch
120	60	3,0	20	20	Häufiger Fall für Strecken mit 3 Minuten Zugfolgezeit

# Beispiel für Zugfolgezeiten mit ETCS Level 2

Im Knoten Luzern, welcher bereits mit ETCS Level 2 ausgestattet ist, können durch die Einführung von zusätzlichen Blockstellen folgende Zugfolgezeiten erreicht werden:

## Zugfolgezeiten für 230 m lange Züge der Zug- und Bremsreihe R135

	Ist TZFZ	Ist BZFZ	Neu TZFZ	Neu BZFZ	Verbesserung ZFZ
Luzern – Gütsch <sup>1)</sup>	110 Sek.	140 Sek.	81 Sek.	111 Sek.	29 Sek.
Gütsch <sup>1)</sup> – Emmenbrücke	110 Sek.	140 Sek.	100 Sek.	130 Sek.	10 Sek.
Emmenbrücke – Gütsch <sup>1)</sup>	114 Sek.	144 Sek.	90 Sek.	119 Sek.	25 Sek.
Gütsch <sup>1)</sup> – Luzern	114 Sek.	144 Sek.	81 Sek.	111 Sek.	33 Sek.

TZFZ Technische Zugfolgezeit; BZFZ Betriebliche Zugfolgezeit

<sup>1)</sup> Ab F-Staffel Gütsch, Km 92.516

## Zugfolgezeiten für 400 m lange Züge der Zug- und Bremsreihe R135

	Ist TZFZ	Ist BZFZ	Neu TZFZ	Neu BZFZ	Verbesserung ZFZ
Luzern – Gütsch <sup>1)</sup>	118 Sek.	148 Sek.	94 Sek.	124 Sek.	24 Sek.
Gütsch <sup>1)</sup> – Emmenbrücke	118 Sek.	148 Sek.	113 Sek. <sup>1)</sup>	143 Sek. <sup>1)</sup>	5 Sek.
Emmenbrücke – Gütsch <sup>1)</sup>	126 Sek.	156 Sek.	106 Sek. <sup>1)</sup>	136 Sek. <sup>1)</sup>	20 Sek.
Gütsch <sup>1)</sup> – Luzern	126 Sek.	156 Sek.	97 Sek.	127 Sek.	29 Sek.

TZFZ Technische Zugfolgezeit; BZFZ Betriebliche Zugfolgezeit

<sup>1)</sup> Ab F-Staffel Gütsch, Km 92.516

In den betrieblichen  
Zugfolgezeiten sind jeweils  
30 Sekunden Pufferzeit  
enthalten.

Abbildung: Eisenbahn Revue International 11/22, S. 568

# Zugfolgezeiten im digitalen Knoten Stuttgart

Die genauen technischen Zugfolgezeiten hängen von den strecken- sowie fahrzeugspezifischen Eigenschaften, wie beispielsweise den Bremswegen, ab<sup>1</sup>. Der Knoten Luzern ist dabei mit einem ESTW ausgestattet sowie mit dem Standard GSMR als Funksystem<sup>2</sup>. Der Knoten Stuttgart wird dagegen langfristig über ein DSTW sowie über den deutlich leistungsfähigeren Mobilfunkstandard 5G verfügen, was zum Beispiel die Fahrstraßenbildezeit weiter reduziert<sup>3</sup>.

Eine Übertragbarkeit von den SBB bzw. aus dem Ausland ist wegen anderer rechtlicher Rahmenbedingungen und Vorschriften immer mit Unsicherheiten behaftet.

Es ist jedoch auch wegen der oben erwähnten Punkte möglich, dass die technische Zugfolgezeit im Vergleich zum beschriebenen Knoten Luzern nochmals abnimmt. Somit ist es durchaus möglich, dass im Knoten Stuttgart eine Zugfolge von 2 Minuten erreicht werden kann. Sofern hier aber eine Minute Pufferzeit enthalten sein soll, sind aber weitreichende Verkürzungen erforderlich.

Eine Zugfolgezeit von 2,5 Minuten scheint auf der sicheren Seite zu liegen.

<sup>1</sup> Bührsch, Bücken, Schotten, Hardel (2022): Vorteile und Nutzen von ETCS L2oS und DSTW im Schienenverkehr, S. 230.

<sup>2</sup> Eisenbahn Revue International 11/22 (2022): Zusätzliche Blockstellen statt ETCS Level 2, S. 569.

<sup>3</sup> Bührsch, Bücken, Schotten, Hardel (2022): Vorteile und Nutzen von ETCS L2oS und DSTW im Schienenverkehr, S. 233.

# Agenda

1. Aufgabenstellung und Vorgehen
2. Theoretische Betrachtung zu Zugfolgezeiten und Pufferzeiten
3. Theoretische Kapazität der Ergänzungsstation und des Stuttgarter Hbf
4. Übertragung der theoretischen Betrachtung auf die Zugzahlen des Konzepts
5. Auswirkung auf das erarbeitete Konzept
6. Zusammenfassung

# Kapazität des Stuttgarter Hbf

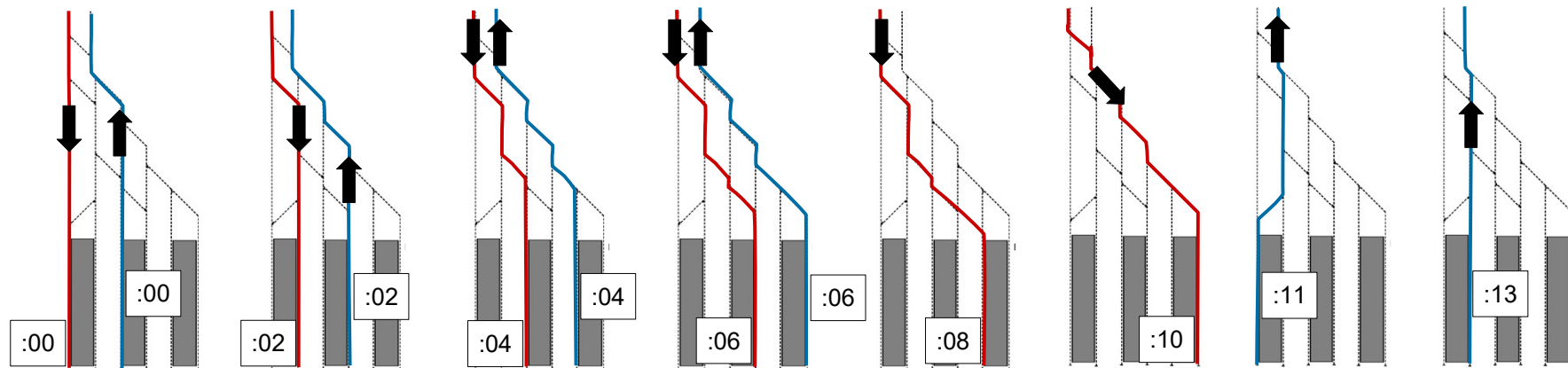
- Bei einer betrieblichen Zugfolgezeit von 2 Minuten beträgt die Kapazität des Stuttgarter Hbf 120 Züge/h. Diese maximale Kapazität bedingt zahlreiche Voraussetzungen im Betrieb:
  - Stammstrecken-ähnlicher Betrieb und keine Durchbindungen zwischen dem inneren Bereich und dem äußeren Bereich
  - Einheitliche Haltezeit von 2 Minuten für alle Züge (200 m oder 400 m), 4 Minuten bei 200 m langen Zügen oder 4 Minuten für bis zu 20 400 m Züge/h sowie für die übrigen 100 200 m lange Züge/h weitestgehend 2 Minuten Haltezeit
  - Einheitliches 2-Minuten-Raster (also 30 Züge/h) auf den Zuläufen des inneren und äußeren Bereichs
  - Maximal jeder dritte Zug je Zulauf (also 1/3 der Züge im Stuttgarter Hauptbahnhof) darf für Haltezeit von 4 Minuten eine Länge von über 200 m haben (um Doppelbelegungen bei den kürzeren Zügen zu ermöglichen)
  - Harmonisierung der Geschwindigkeiten für 2-Minuten-Zugfolge im Fildertunnel notwendig
  - Keine endenden Züge im Stuttgarter Hauptbahnhof oder Reduktion der Haltezeit bei endenden Zügen auf ebenfalls 4 Minuten
- Eine Erhöhung der Zugfolgezeit auf 2,5 Minuten würde die Kapazität unter ansonsten gleichen Annahmen auf 96 Züge/h reduzieren.

# Kapazität der Ergänzungsstation

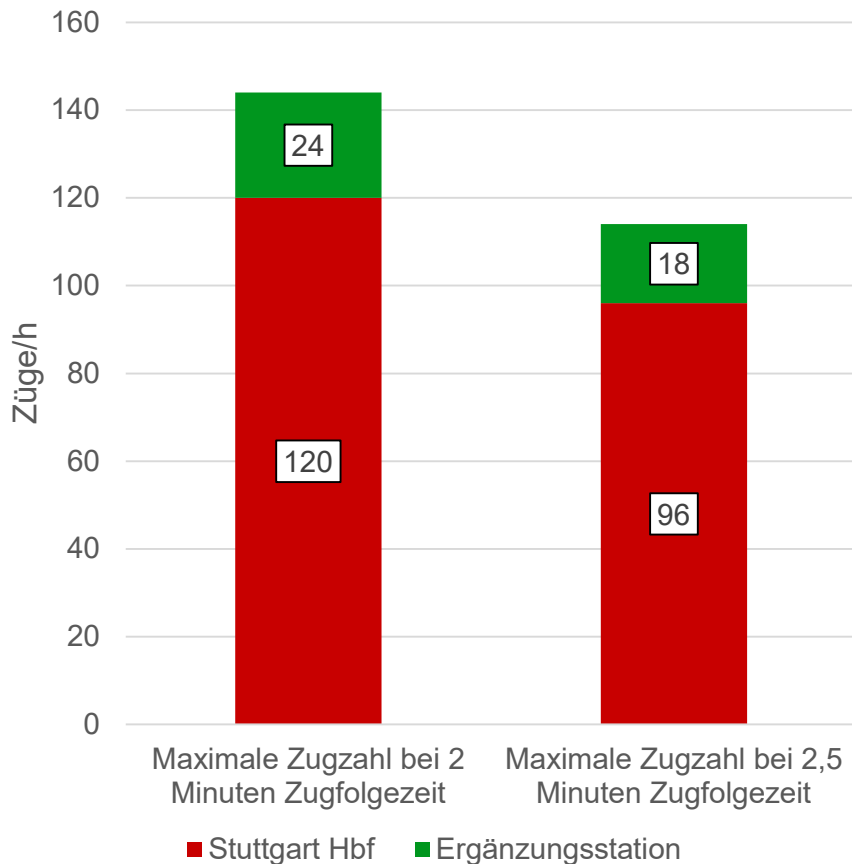
- Bei einer Zugfolgezeit von 2 Minuten beträgt die Kapazität der Ergänzungsstation bei den gewählten Planungsparametern 24 Züge pro Stunde.
- Zur Maximierung der Kapazität erfolgt die Ein- und Ausfahrt mit Querung des Gleisvorfelds entsprechend des unten dargestellten Zyklus. Der Zyklus dauert bei einer betrieblichen Zugfolgezeit von 2 Minuten 15 Minuten und wiederholt sich dabei 4x pro Stunde. Die Wendezeit beträgt bei maximaler Kapazitätsausnutzung zwingend 11 Minuten.
- Bei der Erhöhung der betrieblichen Zugfolgezeit auf 2,5 Minuten ergibt sich eine Zykluszeit von 18,5 Minuten und rechnerisch eine Kapazität von 20 Zügen/h. Da für einen Taktfahrplan mit Zügen mindestens im 60'-Takt ein Zyklus aber immer Teil einer Stunde sein muss, sinkt die umsetzbare Kapazität mit 3 Zyklen pro Stunde auf 18 Züge/h.

## Legende

- Ausfahrende Züge
- Einfahrende Züge



# Vergleich der maximalen Kapazitäten



## Generelle Aussagen zu den maximalen Kapazitäten

- Die Fahrplankonzepte im engen Zulauf müssen konsequent auf die Bahnhöfe ausgerichtet sein.
- In den Außenbereichen ist eine Verringerung der Flexibilität für die Angebotsgestaltung oder mehr Infrastruktur erforderlich.

## Stuttgart Hbf

- Die Haltezeit in Stuttgart Hbf liegt bei 2 Minuten Zugfolgezeit bei 2 oder 4 Minuten und bei 2,5 Minuten Zugfolgezeit bei 2,5 oder 5 Minuten.

## Ergänzungsstation:

- Richtung und Gegenrichtung sind nicht unabhängig voneinander. Deswegen muss für die maximale Kapazität ein bestimmtes Schema umgesetzt werden.
- Rechnerisch sind aus dem umgesetzten Schema 20 Züge in der Ergänzungsstation bei 2,5 Minuten Zugfolgezeit möglich. Wegen der Kompatibilität zu Stundentakten sind aber nur 18 Züge umsetzbar.

# Agenda




1. Aufgabenstellung und Vorgehen
2. Theoretische Betrachtung zu Zugfolgezeiten und Pufferzeiten
3. Theoretische Kapazität der Ergänzungsstation und des Stuttgarter Hbf
4. Übertragung der theoretischen Betrachtung auf die Zugzahlen des Konzepts
5. Auswirkung auf das erarbeitete Konzept
6. Zusammenfassung

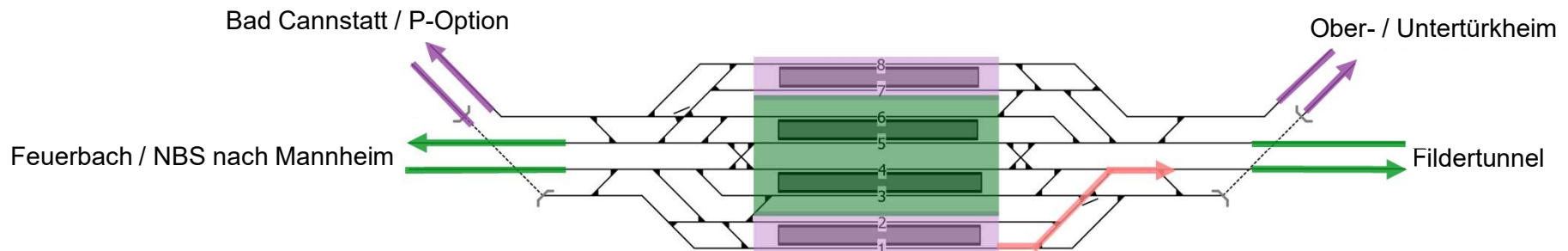


# Innerer und äußerer Bereich im Stuttgarter Hbf

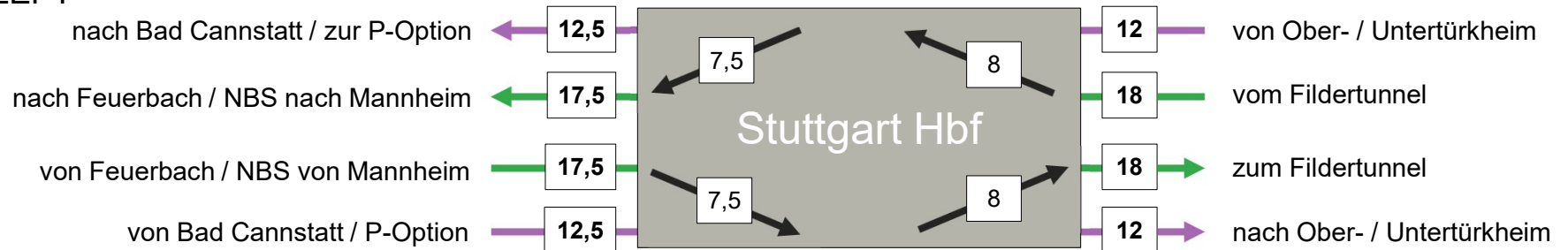
- Der Stuttgarter Hbf lässt sich je Richtung in zwei Bereiche aufteilen:
  - Einen **Äußeren** (lila), bei dem der Zulauf von Bad Cannstatt und der P-Option mit dem Zuglauf Richtung Unter- und Ober verbunden ist.
  - Einem **Inneren** (grün), bei dem der neue Nordzulauf sowie der direkte Zulauf von Zuffenhausen mit dem Fildertunnel verbunden sind.
- Züge, welche zwischen beiden Bereichen durchgebunden sind, schaffen zwar mehr Direktverbindungen, verursachen dabei aber Abkreuzungen und reduzieren so die Kapazität (Beispiel in hellrot). Ein einzelner Wechsel zwischen den Bereichen verbraucht sowohl eine Trasse im inneren als auch im äußeren Bereich. Bei mehreren sind unter gewissen Umständen weitere Optimierungen möglich. Vereinfachend wird in dieser Untersuchung jede Abkreuzung mit dem Verbrauch einer Trasse gewertet.

## Legende

-  Zug, welcher einen Abkreuzungskonflikt verursacht (Beispiel)
-  innerer Bereich
-  äußerer Bereich



# Zugzahlen für Stuttgart Hbf

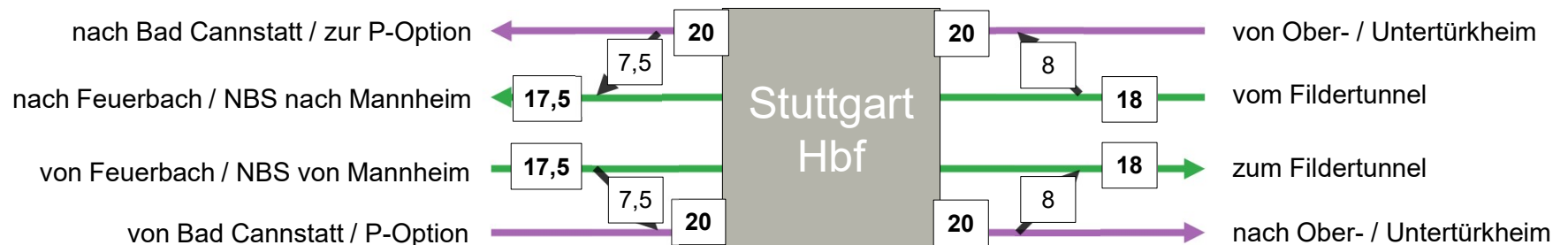


## Legende

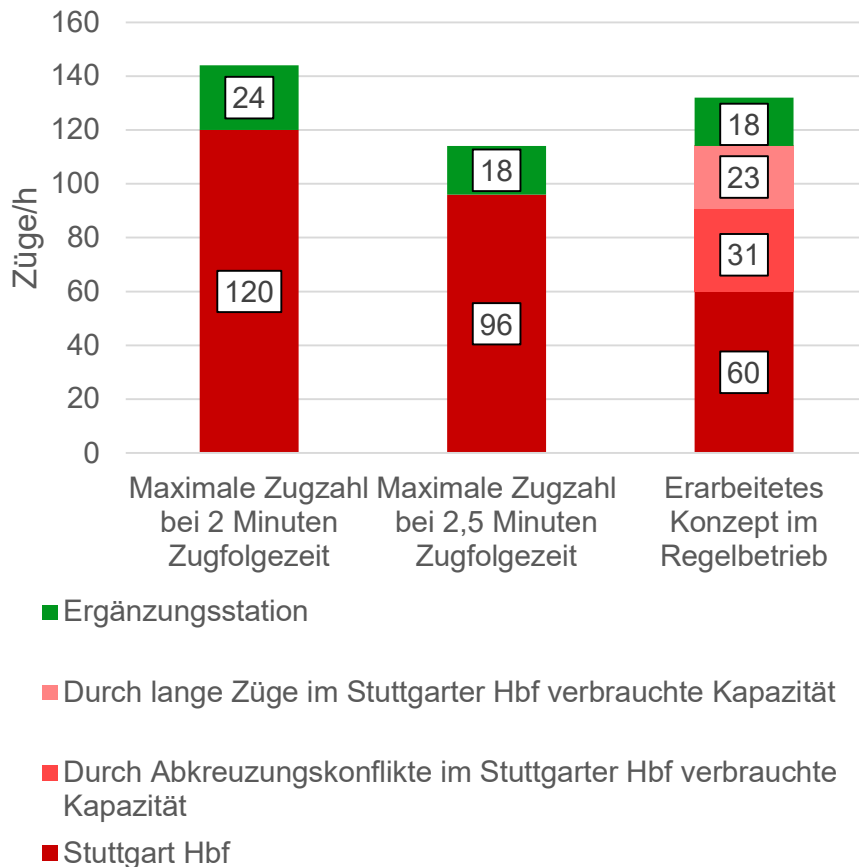
8

Anzahl Züge/h im Fall mit  
Ergänzungsstation

- Die Anzahl der Züge je Zulauf ist sehr unterschiedlich. Entsprechend unterscheidet sich auch die Anzahl der Züge je Korridor, die potenziell im Falle eines verspäteten Zuges betroffen sind.
- Vereinfachend wird für die theoretische Betrachtung angenommen, dass alle Abkreuzungen so angeordnet sind, dass die Abkreuzungen von Innen nach Außen immer in der Bahnhofseinfahrt stattfinden und die von Außen nach innen immer bei der Ausfahrt. Daraus ergeben sich mit Abkreuzungen folgende Zugzahlen:



# Analyse der Kapazität für die Anzahl und Laufwege der Züge



Mit dem erarbeiteten Konzept wird die theoretisch vorhandene Kapazität in etwa ausgeschöpft. Es bestehen noch Reserven, die jedoch nur mit Umplanung der Konzepte nutzbar sind.

## Stuttgart Hbf:

- Bei einer Erhöhung der Zugfolgezeit müssen entweder Züge entfallen oder das Konzept grundlegend geändert werden.
- Durch Doppelbelegungen wären weiterhin auch längere Haltezeiten möglich.

## Ergänzungsstation:

- Die Ergänzungsstation wäre bei einer Zugfolgezeit von 2,5 Minuten mit 18 Zügen/h an der theoretischen Kapazitätsgrenze angelangt.
- Das Angebot müsste bei der Neuplanung konsequent auf die Ergänzungsstation ausgerichtet werden, um die Kapazität nutzen zu können.

# Gesamtpufferzeiten nach Zuläufen in Stuttgart

In der folgenden Tabelle sind für das erarbeitete Konzept für zwei Fälle mit einer Reduktion der technischen Zugfolgezeit von 90 auf 60 Sekunden (entspricht 150 und 120 Sekunden Zugfolgezeit mit jeweils 60 Sekunden Pufferzeit) die resultierenden Gesamtpufferzeiten errechnet.

<b>Zulauf</b>	<b>Anzahl Züge/h je Richtung</b>	<b>Pufferzeit/h bei technischer Zugfolgezeit von 90 Sekunden [m]</b>	<b>Pufferzeit/h bei technischer Zugfolgezeit von 60 Sekunden [m]</b>	<b>Erhöhung der Pufferzeit/h</b>
Bad Cannstatt / P-Option	20	30	40	33 %
Feuerbach / NBS nach Mannheim	17,5	34	42	24 %
Fildertunnel	18	33	42	27 %
Ober- / Untertürkheim	20	30	40	33 %
Ergänzungsstation	18	28*	38*	36 %

\* Werte beruhen auf den in der Theorie möglichen Optimierungen gemäß des dargestellten Zyklusses.

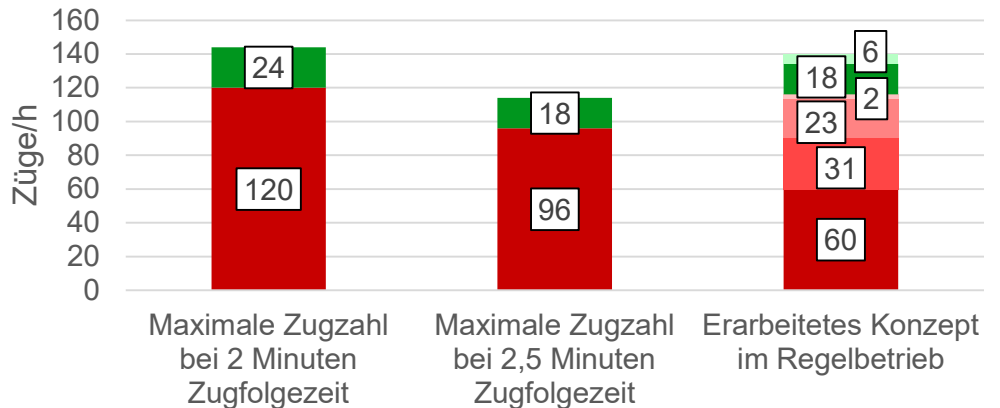
# Herstellung gleicher Betriebsqualität

- Geht man vereinfachend davon aus, dass für die Wiederherstellung desselben Qualitätsniveaus die gleiche Summe der Pufferzeit/h erreicht werden muss, so müssten im Stuttgarter Hbf bei einer Erhöhung von 120 auf 150 Sekunden Zugfolgezeit bei jeweils 60 Sekunden Pufferzeit entweder 6 Züge/Richtung mit Wechsel zwischen innerem und äußerem Bereich oder insgesamt 12 Züge/Richtung innerhalb der beiden Bereiche entfallen. In der Ergänzungsstation wären hierfür 5 Züge/Richtung notwendig.
- Die angegebenen Werte zu entfallenden Zügen sind als oberste Grenze zu verstehen und stark abhängig von den wirklich vorhandenen Pufferzeiten bei 2,0 und 2,5 Minuten Zugfolgezeit. So wird bei den Werten oben davon ausgegangen, dass die Pufferzeit gleich bleibt und sich nur die technische Zugfolgezeit erhöht. Wahrscheinlicher ist zum Beispiel eher eine Erhöhung von 2 Minuten Zugfolge mit 45 Sekunden Pufferzeit zu 2,5 Minuten Zugfolge mit 1 Minute Pufferzeit. Dann wird die Anzahl der auszulegenden Züge geringer.

# Agenda

1. Aufgabenstellung und Vorgehen
2. Theoretische Betrachtung zu Zugfolgezeiten und Pufferzeiten
3. Theoretische Kapazität der Ergänzungsstation und des Stuttgarter Hbf
4. Übertragung der theoretischen Betrachtung auf die Zugzahlen des Konzepts
5. **Auswirkung auf das erarbeitete Konzept**
6. Zusammenfassung

# Analyse des Handlungsbedarfs für das erarbeitete Konzept



- Durch unterschiedlich lange Haltezeiten und Abkreuzungskonflikte in der Ergänzungsstation verbrauchte Kapazität
- Ergänzungsstation
- Durch unterschiedlich lange Haltezeiten im Stuttgarter Hbf verbrauchte Kapazität
- Durch lange Züge im Stuttgarter Hbf verbrauchte Kapazität
- Durch Abkreuzungskonflikte im Stuttgarter Hbf verbrauchte Kapazität
- Stuttgart Hbf

## Stuttgart Hbf:

- Der Kapazitätsverbrauch bezüglich der Kapazität suboptimalen Konstellationen ist bei mehreren Kategorien schwer zuordenbar. Lange Haltezeiten machen sich nicht mehr deutlich in der Auswertung bemerkbar, da diese oft auch im „Trassenschatten“ von kreuzenden Fahrstraßen oder langen Zügen liegen.
- Die Restkapazität beträgt etwa 4 Züge.
- Bei 2,5 Minuten Zugfolgezeit müssen Züge ausgelegt oder das Konzept angepasst werden.

## Ergänzungsstation:

- Der Kapazitätsverbrauch bezüglich der Kapazität ist kaum einzeln den kapazitativen suboptimalen Konstellationen den Haltezeiten sowie den Abkreuzungskonflikten zuordenbar. Durch die Abweichungen vom kapazitätsmaximierten Konzept können insgesamt 6 Züge weniger in die Ergänzungsstation verkehren.

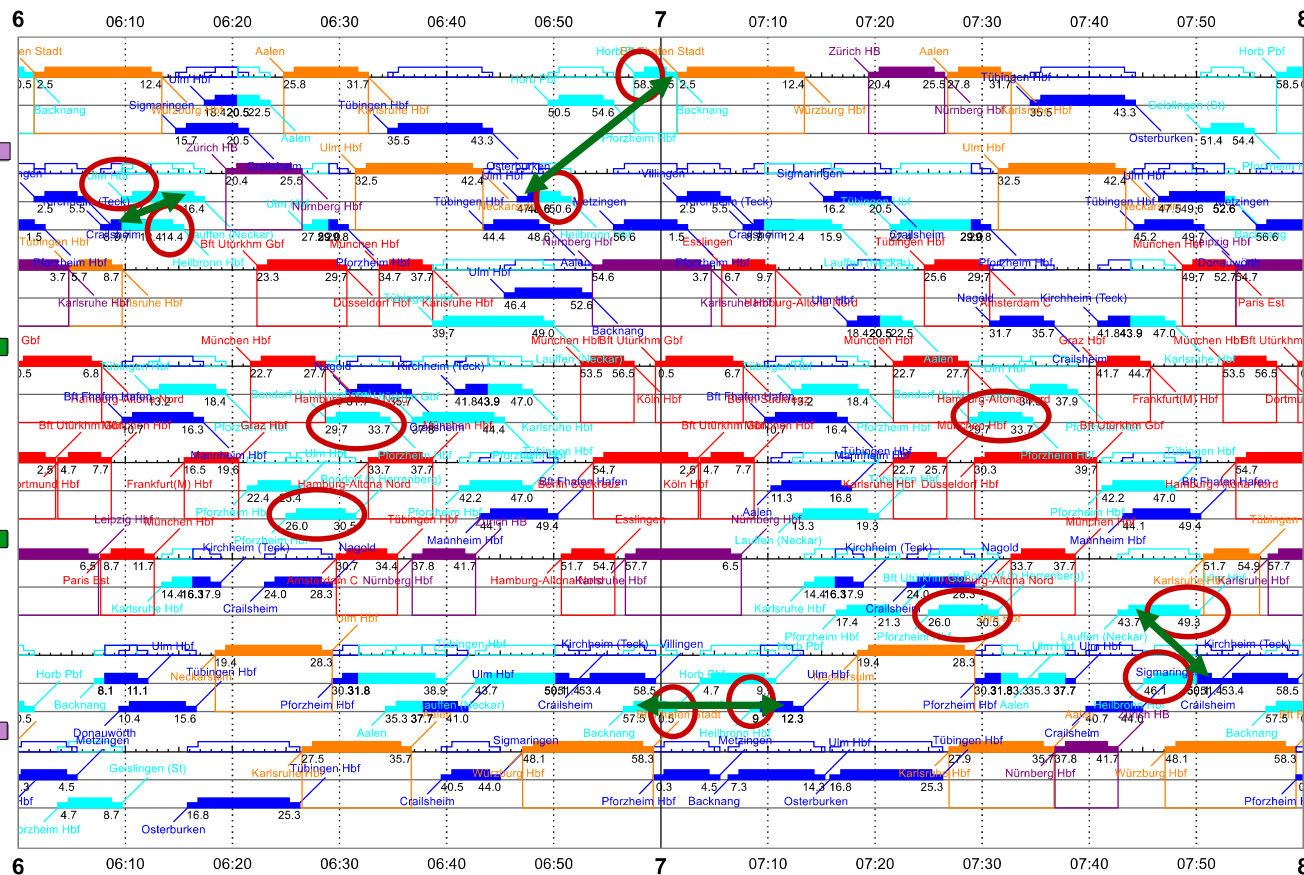
# Erhöhung der Zugfolgezeiten auf 2,5 min ohne vollständige Überarbeitung des Konzepts

- Die theoretische Kapazität mit 2,5 Minuten Zugfolgezeit würde die bisher eingeplante Anzahl an Zügen nach wie vor erlauben. Dies erfordert aber eine vollständige Überarbeitung des Konzepts.
- Im Folgenden wird dargestellt, welche Züge entfallen würden, sofern das bisherige Konzept prinzipiell beibehalten werden würde und Konflikte durch eher kleinere Ausregelungen angepasst werden würden.
- Der Übergang zwischen Ausregelbarkeit und kompletter Überplanung ist dabei fließend, so erfordern kleine Ausregelungen im Stuttgarter Hbf teilweise bereits Abtausche zwischen den S-Bahn-Ästen mit Mischverkehr im Stuttgarter Umland.
- Das Entfernen eines der auf den folgenden Folien markierten Züge schafft oft auch wieder zusätzliche Kapazität. So würde ein entfernter Zug Cannstatt – Flughafen bei besserer Betriebsqualität einen Zug Cannstatt – Esslingen ermöglichen, da eine kreuzende Fahrstraße entfällt.



## AUSWIRKUNGEN AUF DAS KONZEPT

# Bei Ausregelung der Zugfolgezeit auf 2,5 min entfallende Züge

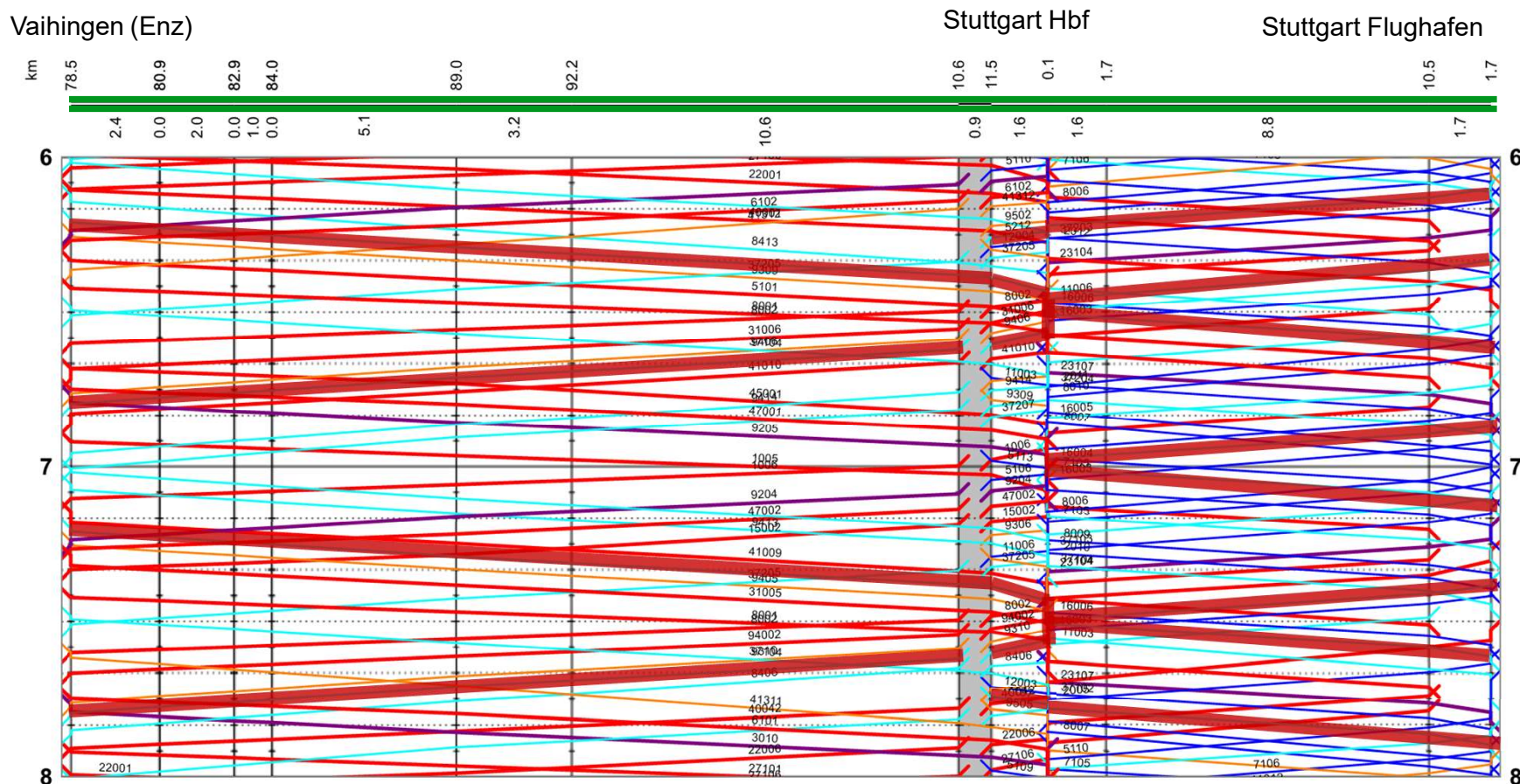


- Bei einer Ausregelung statt Neukonzeptionierung könnten etwa 4 Züge/h weniger Züge den Stuttgarter Hbf passieren. In zwei Fällen pro Stunde wird dies durch neue Durchbindungen erreicht, wobei jeweils 2 Linienäste von zwei entfallenden Zügen neu verknüpft werden.
- Von Westen nach Osten wechseln 7,5 Züge/h vom inneren in den äußeren und 8 Züge/h vom äußeren in den inneren Bereich und verursachen so Abkreuzungen im Gleisvorfeld.

### Legende

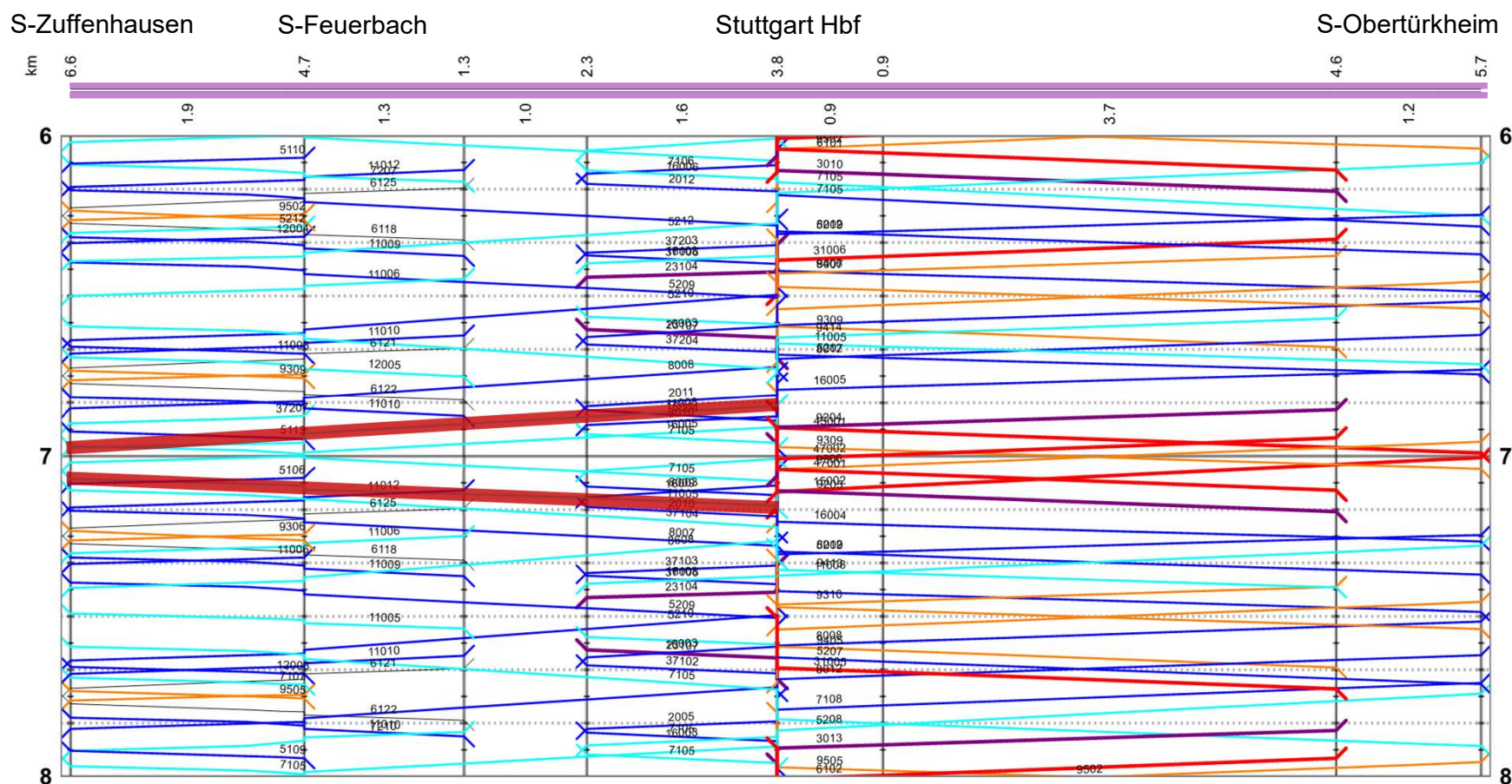
- voraussichtlich bei einer Erhöhung der Zugfolgezeit auf 2,5 min ohne grundlegende Überarbeitung des Konzepts entfallender Zug
- neue Durchbindung
- innerer Bereich
- äußerer Bereich

# Bei Ausregelung der Zugfolgezeit auf 2,5 min entfallende Züge auf den inneren Zulaufstrecken

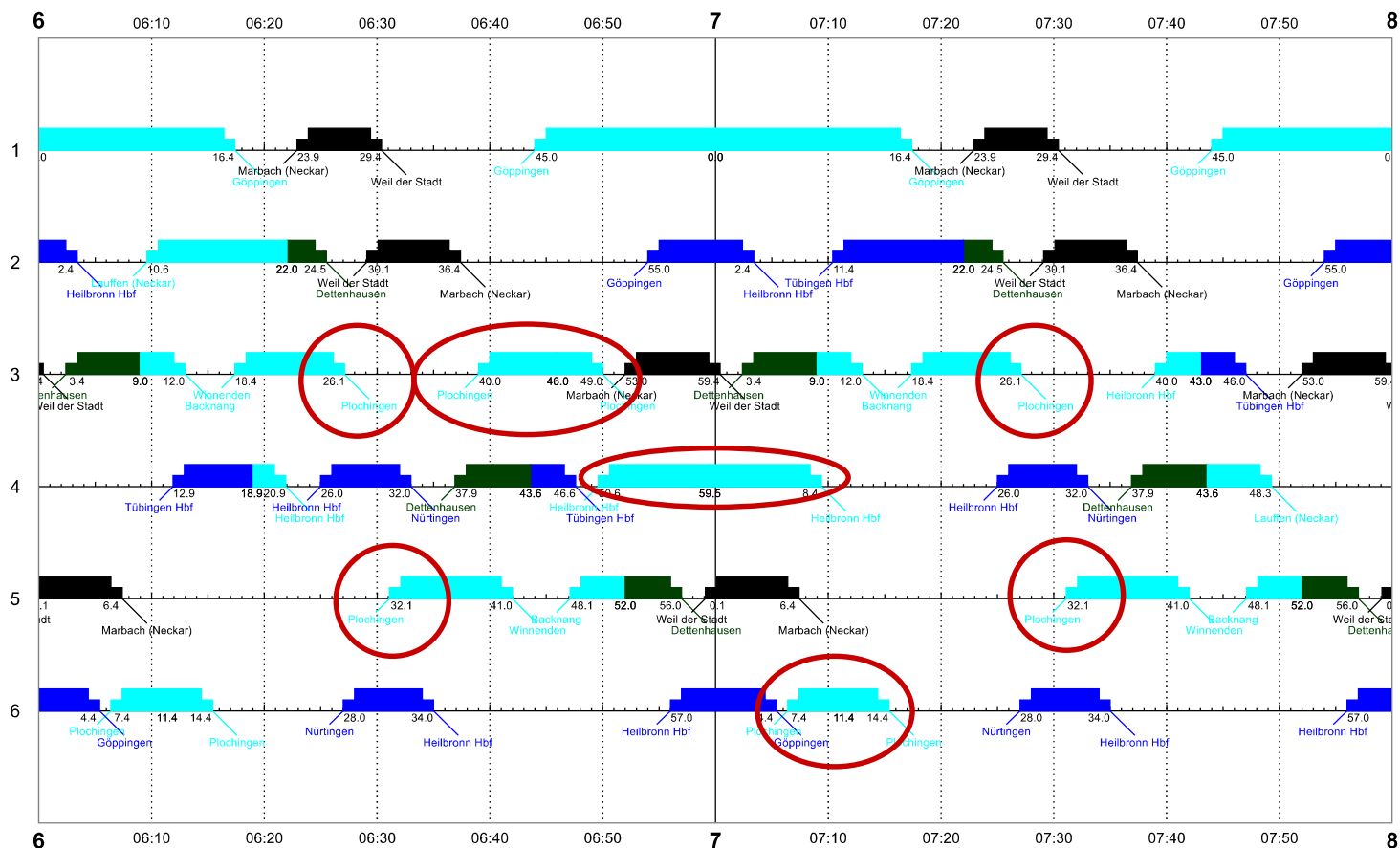




# Bei Ausregelung der Zugfolgezeit auf 2,5 min entfallende Züge auf den äußeren Zulaufstrecken



# Bei Erhöhung der Zugfolgezeit auf 2,5 min entfallende Züge in der Ergänzungsstation



- Bei einer Ausregelung ohne Neukonzeptionierung müssten 2,5 der 18 Züge/h entfallen. Hierbei handelt es sich allerdings hauptsächlich um Kurzläufer im HVZ-Verkehr nach Plochingen.
- Anders als im Hauptbahnhof lassen sich in eine Richtung nicht mehr ausregelbare Züge kaum alternativ als Leerfahrt zuführen, da anders als im Hauptbahnhof nur ein Zulauf zur Verfügung steht. Aus diesem Grund ist so schneller ein Ausfall in beide Richtungen erforderlich.

## Legende



voraussichtlich bei einer Erhöhung der Zugfolgezeit auf 2,5 min ohne grundlegende Überarbeitung des Konzepts entfallender Zug

# Bei Erhöhung der Zugfolgezeit auf 2,5 min entfallende Züge im Zulauf der Ergänzungsstation

Ergänzungsstation

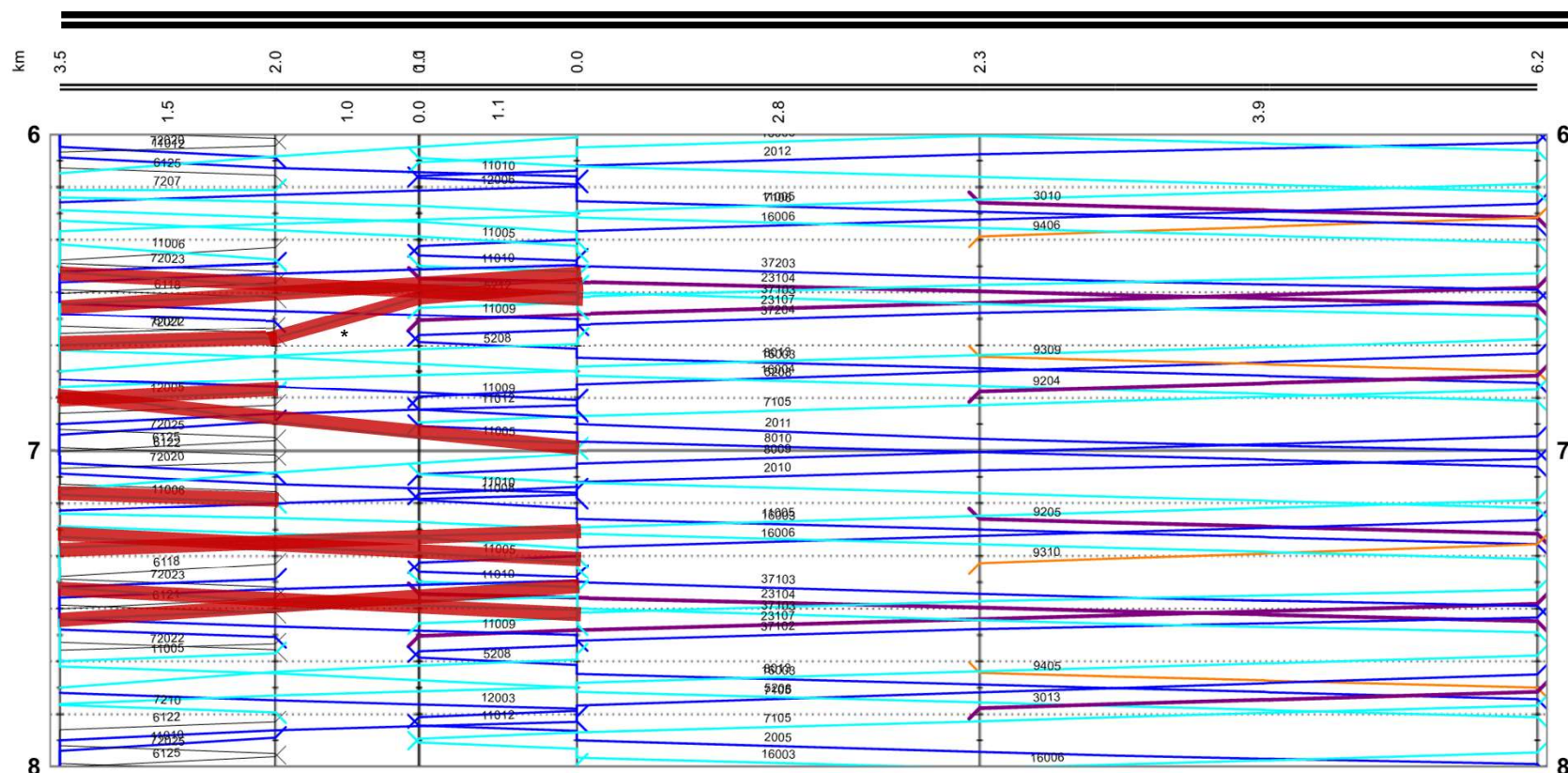
S-Bad Cannstatt

Fellbach

## Legende

■ voraussichtlich bei einer Erhöhung der Zugfolgezeit auf 2,5 min ohne grundlegende Überarbeitung des Konzepts entfallender Zug

\*Bereits bei einer Zugfolge von 2 Minuten war es für den möglichst exakten 30'-Takt von der Gäubahn notwendig, einen HVZ-Zug von Plochingen stadteinwärts stark zu verlangsamen.



# Agenda

1. Aufgabenstellung und Vorgehen
2. Theoretische Betrachtung zu Zugfolgezeiten und Pufferzeiten
3. Theoretische Kapazität der Ergänzungsstation und des Stuttgarter Hbf
4. Übertragung der theoretischen Betrachtung auf die Zugzahlen des Konzepts
5. Auswirkung auf das erarbeitete Konzept
6. Zusammenfassung

## Zusammenfassung Zugzahlen (1/3)

- Es wird gemäß Aussagen von PSU/DB Netz AG von 2 Minuten Zugfolge mit 60 Sekunden Pufferzeit ausgegangen.
- Gegenüber den angegebenen Werten der SBB sind 60 Sekunden technische Zugfolgezeit bei langen Zügen ambitioniert. 90 Sekunden erscheinen aber auch für lange Züge erreichbar.
- Für 2,0 Minuten Zugfolgezeit mit unter 1 Minute Pufferzeit müsste jedoch das Regelwerk (aktuell sind 1,0 Minuten Pufferzeit vorgeschrieben) angepasst werden.
- Der Hauptbahnhof besitzt bezüglich der Anzahl der Züge hohe Kapazitätsreserven, sofern eine konsequente Ausrichtung des Konzepts auf den Bahnhof erfolgt. Auch mit Erhöhung der Zugfolgezeit auf 2,5 Minuten sind alle bisherigen Züge konstruierbar. Jedoch muss das Konzept grundlegend überarbeitet werden, um stark kapazitätsverbrauchende Konstruktionen zu reduzieren.

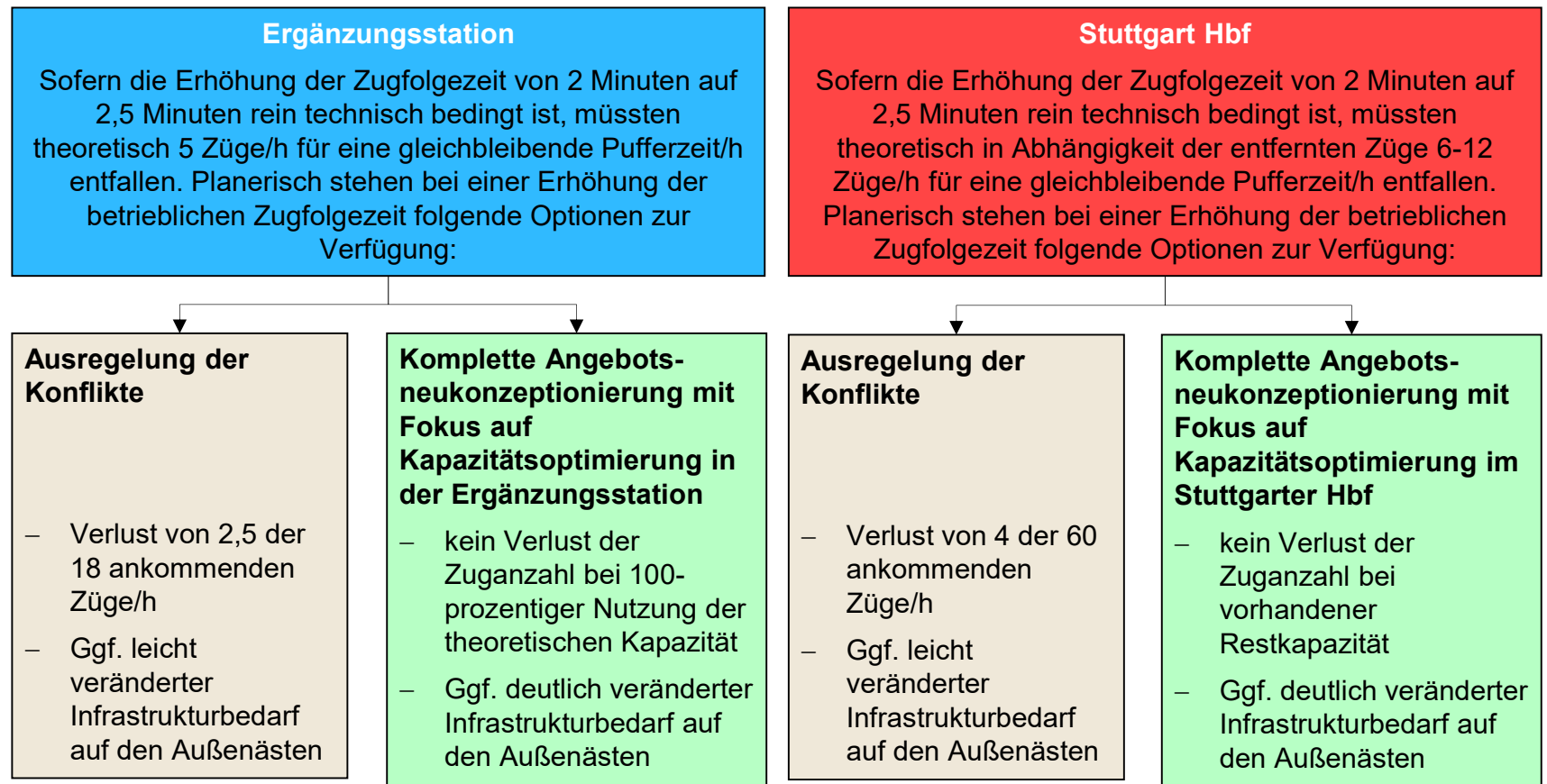


## Zusammenfassung Zugzahlen (2/3)

- 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 Konzepts auf kapazitätsoptimale Verhältnisse erforderlich.
- Mit den gewählten Randbedingungen kommt die Ergänzungsstation bei höheren Zugfolgezeiten schneller an die Kapazitätsgrenze als der Hauptbahnhof.



# Zusammenfassung Zugzahlen (3/3)



# Überblick Zugzahlen

	Stuttgart Hbf [Züge/h]	Ergänzungsstation [Züge/h]
Anzahl Züge im Regelebetrieb	60	18
Theoretisch maximale Zugzahl mit 2,0 Minuten Zugfolge	120	24
Theoretisch maximale Zugzahl mit 2,5 Minuten Zugfolge	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 Zugfolgezeiten um 30 Sekunden mit Umplanung der Konzepte	48 bis 54 in Abhängigkeit von den entfernten Zügen	13

# Zusammenfassung Betriebsqualität

- Die genaue Anzahl der auszulegenden Züge ist 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.
- Im Stuttgarter Hbf müssten entweder 6 Züge/Richtung mit Wechsel zwischen innerem und äußerem Bereich oder insgesamt 12 Züge/Richtung innerhalb der beiden Bereiche entfallen. In der Ergänzungsstation wären hierfür 5 Züge/Richtung notwendig.
- Zur Beibehaltung der Betriebsqualität trotz kürzerer Pufferzeiten könnten alternativ zum Entfall von Zügen auch andere Maßnahmen zur Reduktion von Primär- und Folgeverspätungen ergriffen werden.