

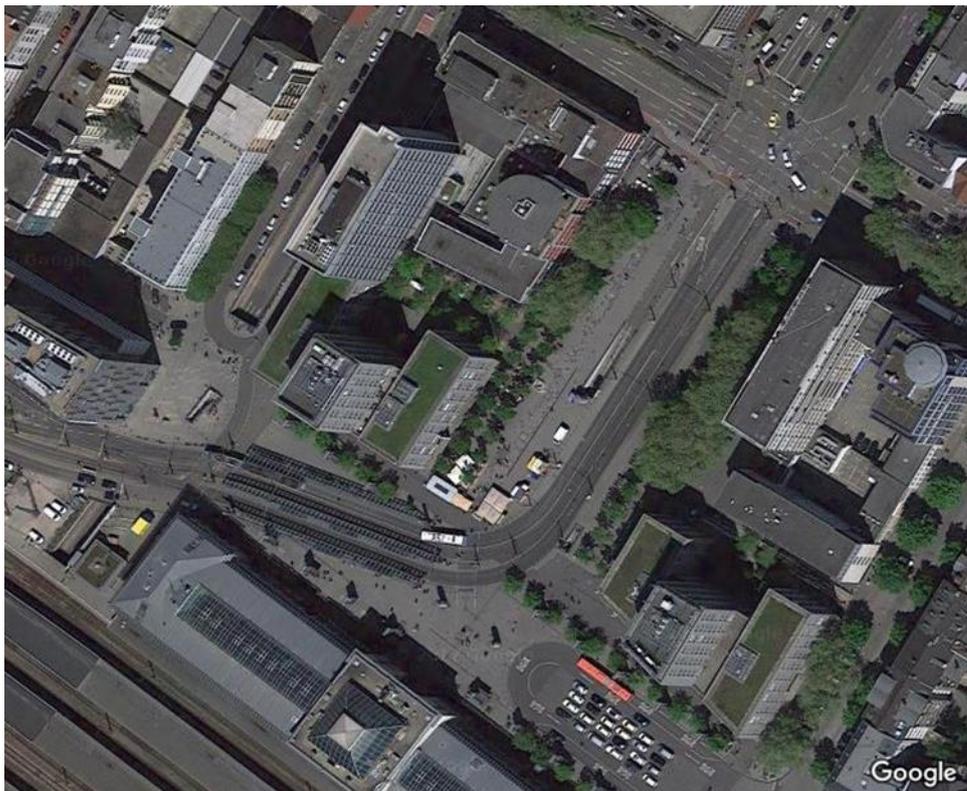
RHEIN-NECKAR-VERKEHR GMBH

VERKEHRSGUTACHTEN UMBAU HALTESTELLE

MANNHEIM HAUPTBAHNHOF

MIKROSKOPISCHE VERKEHRSFLOSSSIMULATIONEN

- DECKBLATT -



Karlsruhe, 25. September 2019

RHEIN-NECKAR-VERKEHR GMBH

VERKEHRSGUTACHTEN UMBAU HALTESTELLE

MANNHEIM HAUPTBAHNHOF

MIKROSKOPISCHE VERKEHRSFLOSSSIMULATIONEN

Auftraggeber:

Rhein-Neckar-Verkehr GmbH
Möhlstraße 27
68165 Mannheim

Auftragnehmer:

PTV
Transport Consult GmbH
Stumpfstr. 1
76131 Karlsruhe

i.V. C. Schulze

Aufgestellt: Karlsruhe, September 2019

Dipl.-Ing. Christoph Schulze
Fachgebietsleiter
Verkehrsplanung und -technik Karlsruhe

Dokumentinformationen

Kurztitel	Verkehrsgutachten Umbau Haltestelle Mannheim Hbf – mikroskopische Verkehrsflusssimulationen
Auftraggeber:	rnv GmbH
Auftragnehmer:	PTV Transport Consult GmbH
Auftragsnummer:	822070
Autor:	Christoph Schulze, Fabian Weinstock, Martin Schenk
Erstellungsdatum:	25.09.2019

Das Titelbild entstammt der Seite www.google.de

Inhalt

1	Ausgangssituation und Aufgabenstellung	6
2	Situation im Bestand	8
2.1	Verkehrsanalyse	8
2.2	Signalisierung	8
3	Vorstellung der Planungsvarianten	11
3.1	Übersicht Varianten	11
3.2	Knotenpunktconzepte a, b, c als Grundlage für die Varianten.....	12
3.2.1	Übersicht Knotenpunktconzepte	12
3.2.2	Vergleich der Knotenpunktconzepte und Auswahl eines Vorzugs-Konzepts	14
3.3	Verkehrstechnische Entwürfe und Signalisierungskonzepte für die Varianten	15
3.3.1	Variante 1	15
3.3.2	Variante 2	19
4	Mikroskopische Verkehrsflusssimulationen	21
4.1	Randbedingungen und Eingangsdaten	21
4.1.1	Netzsituation	21
4.1.2	Verkehrsbelastungen	22
4.1.3	Bewertungsgrundlage für Leistungsfähigkeitsuntersuchungen	23
4.2	Simulation Bestand.....	24
4.2.1	Aufbau und Kalibrierung Simulationsmodell	24
4.2.2	Ergebnisse Bestand	25
4.3	Simulation Variante 1	27
4.3.1	Aufbau Simulationsmodell	27
4.3.2	Ergebnisse Variante 1	29
4.4	Simulation Variante 2	31
4.4.1	Aufbau Simulationsmodell	31
4.4.2	Ergebnisse Variante 2	31
5	Vergleich der Varianten und Auswahl einer Vorzugsvariante	34

6	Zusammenfassung	41
7	Quellenverzeichnis	43
8	Anlagen	44

1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Die Stadtbahnhaltestelle Mannheim Hauptbahnhof ist eine der Haltestellen mit dem höchsten Fahrgastaufkommen im gesamten rnv-Netz. In der heutigen Bestandssituation besteht sie aus drei Straßenbahn-Bahnsteigen, von denen zwei zusätzlich durch Busse bedient werden.



Abbildung 1: Bestandssituation Bahnhofsumfeld Mannheim (Quelle Kartengrundlage: www.googlemaps.de)

In Fahrrichtung Universität/Lindenhofplatz ist die Kapazitätsgrenze inzwischen erreicht. Ursächlich hierfür ist, dass nur ein Bahnsteig für Busse und Stadtbahnen zur Verfügung steht und dieser den Nachfrageverhältnissen nicht genügt. Vor dem Hintergrund der Erweiterung des Stadtbahnnetzes im Mannheimer Nordosten mit korrespondierender Fahrgastzunahme nach der Umsetzung der 2. Ausbaustufe der S-Bahn Rhein-Neckar ist davon auszugehen, dass sich die Situation in den folgenden Jahren noch verschärfen wird. Zur Sicherstellung einer auch zukünftig leistungsfähigen Abwicklung des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) ist deshalb ein Ausbau der Haltestelle notwendig. Geplant ist eine Erweiterung um ein weiteres Gleis und einen weiteren Bahnsteig. Als Grundlage für die weiteren Planungen sollen zwei Planungsvarianten der Bahnsteigerweiterung bzw. -verlegung näher beleuchtet werden:

- ▶ Variante 1: vier neue Parallelbahnsteige (zwei pro Richtung) auf dem Kaiserring und Rückbau der derzeit vorhandenen drei Bahnsteige vor dem Hauptbahnhof
- ▶ Variante 2: Erhalt bzw. Ausbau von zwei existierenden Bahnsteigen auf 70 m Nutzlänge (Fahrtrichtung Tattersall/Kunsthalle) und Neubau von zwei Bahnsteigen auf dem Kaiserring (Fahrtrichtung Universität/Lindenhofplatz).

Im Zuge des zu erstellenden Gutachtens sollen beide Varianten im Hinblick auf verkehrsplanerische sowie -technische Aspekte geprüft werden. Für eine möglichst realitätsnahe Abbildung sollen hierbei mikroskopische Verkehrsflusssimulationen eingesetzt werden. Aus einem Vergleich der beiden Varianten miteinander sowie der Gegenüberstellung der Ergebnisse zur heutigen Verkehrsabwicklung ist eine Vorzugsvariante zu bestimmen.

2 Situation im Bestand

2.1 Verkehrsanalyse

Motorisierter Individualverkehr (MIV)

Von der Stadt Mannheim wurden für den Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring Zähl-daten aus den Jahren 2010 und 2016 bereitgestellt. Die Auswertungen dieser Daten haben ergeben, dass die gezählten Verkehrsmengen 2016 deutlich niedriger sind als die aus dem Jahr 2010 (Knotensumme 2010: 50.411 Kfz vs. Knotensumme 2016: 44.598 Kfz von 6-22 Uhr; Randbedingung 2016: Baustelle über einen längere Zeitraum (Februar bis Mitte November) in der Bismarckstr. Diese wurde ca. eine Woche vor der Zählung aufgelöst). Der Rückgang der Verkehrsmengen kann aus verkehrlichen Verlagerungen auf die im Jahr 2013 fertiggestellte Südtangente B36 resultieren. Diese verläuft südlich des Hauptbahnhofs.

Vor dem Hintergrund der Diskrepanz zwischen den Zähl-daten wurde eine Nacherhebung der Verkehrsmengen am Knotenpunkt durchgeführt:

- Videogestützte Verkehrserhebung vom 15. bis 17.05.2018 (Dienstag bis Donnerstag) jeweils im Zeitbereich von 15:00 Uhr bis 19:00 Uhr (der Knoten weist in diesem Zeitbereich höhere Belastungen auf als vormittags)
- Erhebung von sieben Fahrzeugarten (Rad, Kraftrad, Pkw, Lkw, Lieferwagen, Bus, Lastzug/Sonderfahrzeuge)

Auf Basis der erhobenen Verkehrsmengen wird die abendliche Spitzenstunde ermittelt. Sie liegt analog zur Zählung 2016 im Zeitraum von 17:00 bis 18:00 Uhr, die Knotensumme beträgt rund 3.320 Kfz (Mittelwertbildung Dienstag und Mittwoch). Für die weitere Untersuchung werden diese aktuellen Zähl-daten verwendet. Sie sind im Anhang des Berichts dokumentiert.

2.2 Signalisierung

Das signaltechnische Konzept für die Anlage am Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring basiert auf der aktuellen verkehrstechnischen Unterlage (VTU; gültig seit 25. August 2016, siehe Anlagenteil). Die Kfz-Verkehrsströme werden grundsätzlich nach einem 4-phasigen Ablauf verkehrsabhängig geschaltet:

- Phase 1: Hauptrichtung Bismarckstr. + Reichskanzler-Müller-Str.
- Phase 2: Hauptrichtung Bismarckstr. + Linksabbieger Bismarckstr. + Rechtsabbieger Kaiserring
- Phase 3: Nebenrichtung Hauptbahnhof + Kaiserring
- Phase 4: Nebenrichtung Kaiserring + Linksabbieger Kaiserring

Der ÖPNV (drei Straßenbahnsignale und ein Bussignal) wird verkehrsabhängig und auf Anforderung geschaltet. Während der Phase der Nebenrichtung (Phase 3) kann der ÖPNV parallel zum Kfz-Verkehr freigegeben werden, die Freigabezeit verlängern oder verkürzen. Zusätzlich sind zwei Sonderphasen zur Freigabe des ÖPNV vor und nach der Hauptrichtung (Phase 1) möglich. Hierzu können feindliche Phasen verkürzt oder verlängert werden.

Die Radfahrer im Zuge der Hauptrichtung Bismarckstr./Reichskanzler-Müller-Str. werden abgerückt vom rechten Fahrstreifen und durch separate Radsignale gesondert gesichert und über den Knotenpunkt geführt. In Richtung Kaiserring wird das indirekte Abbiegen aus der Bismarckstr. über die Fahrstreifen der Tiefgaragenausfahrt signaltechnisch gesichert.

Alle vorhandenen Fußgängerfurten werden durch 2-feldige Signalgeber vollgesichert. Zur Vermeidung von zusätzlichen Halten auf dem Fahrbahnteil erfolgt im Zuge der Querung Bismarckstr. eine progressive Steuerung der Fußgänger.

Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring

Für den im Fokus der Untersuchung stehenden Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring wird eine verkehrsabhängige Steuerung programmiert und im Simulationsmodell verankert. Die signaltechnischen Unterlagen für die Bestandssituation bilden hierfür die Grundlage. Sie wurden für die Untersuchung bereitgestellt.

Die existierende signalgruppenbasierte Steuerung mit Logik wird in einem für die Simulation ausreichendem Detaillierungsgrad phasenbasiert adaptiert. Eine exakte Nachprogrammierung aller Funktionalitäten ist nicht erforderlich. Ausreichend ist hier die Versorgung der wesentlichen regulären Abläufe innerhalb des Signalprogramms der untersuchten Belastungssituation. Dies beinhaltet die Anforderungs- und Bemessungsfunktionen sowie die ÖPNV-Bevorrechtigungsfunktionalitäten. Ergänzend verwendet werden Mitschriebe aus dem Betrieb der Lichtsignalanlagen (LSA); diese wurden ebenfalls von der Stadt Mannheim zur Verfügung gestellt.

Folgende Randbedingungen liegen der nachprogrammierten verkehrsabhängigen Steuerungen zu Grunde:

- Nachbildung der verkehrsabhängigen LSA-Steuerung mit LISA+ (phasenbasiert, 3 Sonderfester für den ÖPNV)
- Grundlage bildet die aktuelle verkehrstechnische Unterlage (VTU; gültig seit 25. August 2016) und die Mitschriebe der online Signalzeitenpläne (Sipl-online) für den Untersuchungszeitraum
- Meldesystem des ÖPNV aus dem Bestand übernommen
- Annäherungszeiten des ÖPNV gem. VTU
- Die Freigabe der ÖPNV-Signale erfolgt auf Anforderung (Mindestfreigabe 5 s). Es werden alle vertraglichen ÖPNV-Signale einer Anforderungsphase freigegeben.

- ▶ Verzicht auf Abwurf der ÖPNV-Signalgruppe nach Abmeldung, wenn noch andere wirksame ÖPNV-Anmeldungen vorliegen.
- ▶ Verwendung einer Zwischenzeitmatrix, Verzicht auf Unterdrückung des Übergangssignals bei vollständiger Abmeldung. Dies stellt gleichzeitig den ungünstigsten anzunehmenden Fall dar.
- ▶ Zeitpunkte für Freigabezeitverlängerung MIV und ÖPNV gem. VTU und Auswertung Sipl-online
- ▶ Verzicht auf Nachbildung der Blindensignalisierung

Die verkehrstechnischen Unterlagen der nachgebildeten verkehrsabhängigen Steuerung sind dem Anlagenteil in Auszügen zu entnehmen.

Die entwickelten Steuerungen werden aus LISA+ exportiert und im Simulationsmodell implementiert.

3 Vorstellung der Planungsvarianten

3.1 Übersicht Varianten

Planungsvariante 1 sieht vier neue Parallelbahnsteige (zwei pro Richtung) im südlichen Kaiserring/Hauptbahnhof vor. Damit einhergehend werden die derzeit vorhandenen drei Bahnsteige vor dem Hauptbahnhof zurückgebaut.

Die Ausfahrt aus der Tiefgarage wird verlegt, während die Tiefgarageneinfahrt sowie der Zugang zur Tiefgarage unverändert bleiben.

In der nachfolgenden Abbildung ist die Situation schematisch dargestellt:

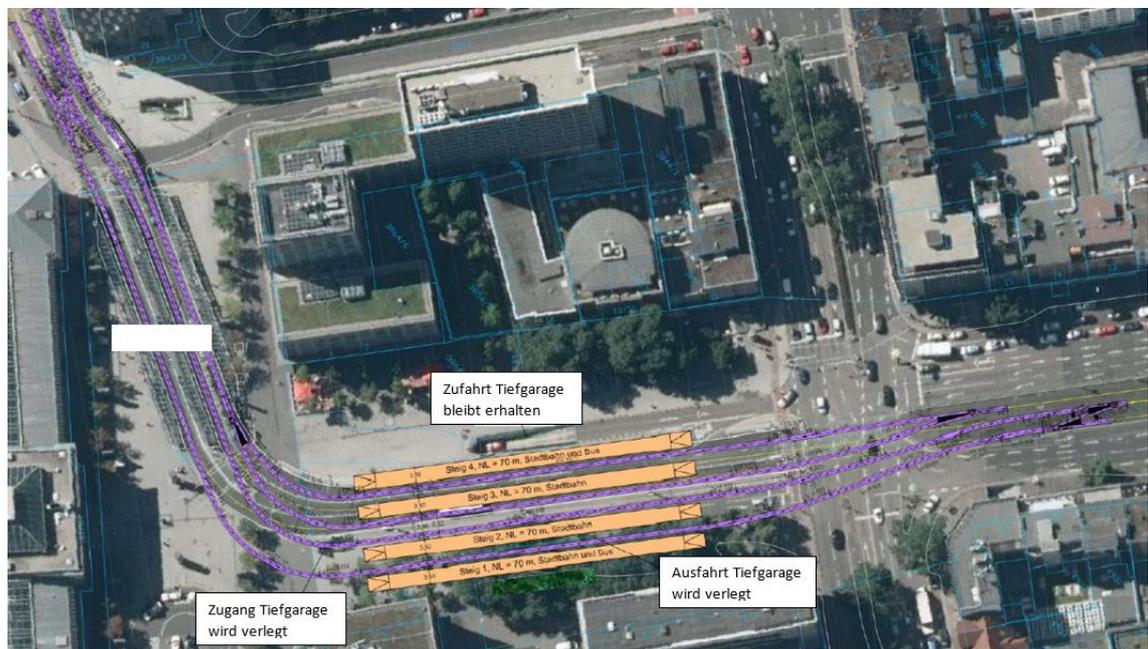


Abbildung 2: Planungsvariante 1 (Quelle: mv)

In Planungsvariante 2 werden die existierenden zwei Bahnsteige in Fahrtrichtung Tattersall/Kunsthalle erhalten bzw. auf 70 m Nutzlänge ausgebaut. Im südlichen Kaiserring werden zwei neue Bahnsteige mit ebenfalls 70 m Nutzlänge für die Fahrtrichtung Universität angelegt. Damit einhergehend wird der dem Bahnhofsgebäude abgewandte dritte Bahnsteig in Fahrtrichtung Universität/Lindenhofplatz zurückgebaut.

Wie in Planungsvariante 1 wird die Tiefgaragenausfahrt verlegt, während die Tiefgarageneinfahrt und der Zugang zur Tiefgarage unverändert bleiben.

Planungsvariante 2 ist in Abbildung 3 skizziert.

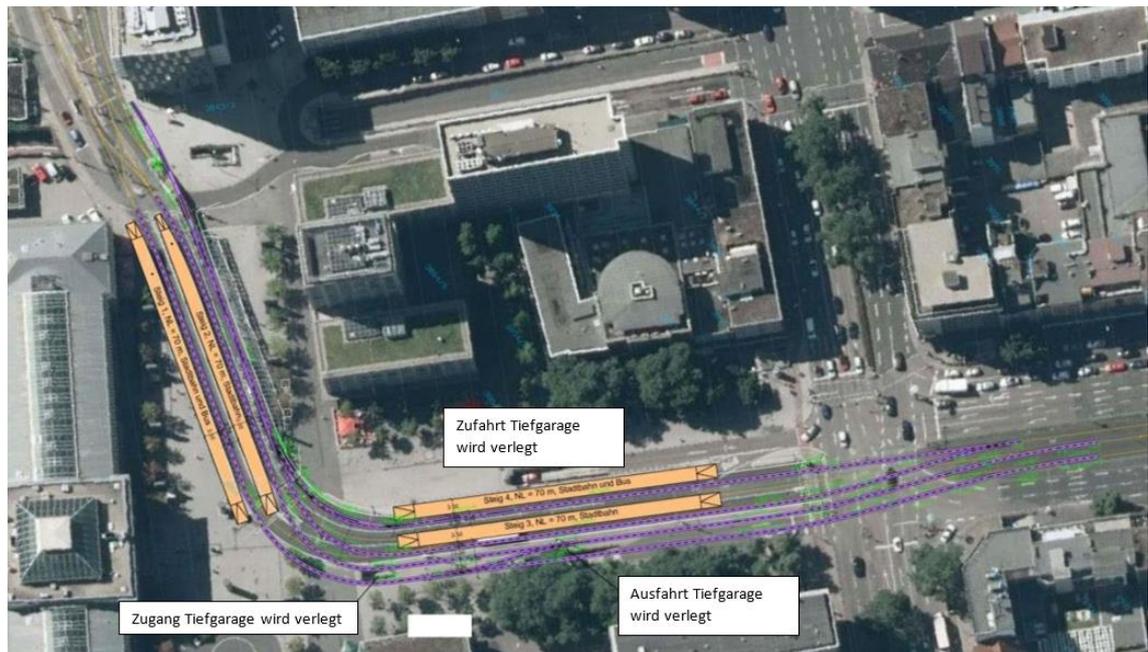


Abbildung 3: Planungsvariante 2 (Quelle: rmv)

3.2 Knotenpunktconzepte a, b, c als Grundlage für die Varianten

Vor der detaillierten Untersuchung der Varianten 1 und 2 werden drei denkbare Konzepte der Verkehrsführung im Kaiserring für den Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring einander gegenübergestellt. Im Ergebnis wird ein Vorzugs-Konzept ausgewählt. Dieses geht in die weiterführende Variantenuntersuchung ein.

3.2.1 Übersicht Knotenpunktconzepte

Bei allen drei Knotenpunktconzepten werden wie in der Bestandssituation die beiden rechten Fahrstreifen im Kaiserring (Fahrtrichtung Hauptbahnhof) als Rechtsabbieger in die Bismarckstraße geführt.

In Knotenpunktconzept a entspricht die Fahrstreifenaufteilung im Kaiserring in Fahrtrichtung Hauptbahnhof der Bestandssituation: die beiden linken Fahrstreifen sind als Linksabbiege-Fahrstreifen konzipiert, der danebenliegende Fahrstreifen für die Geradeausfahrer bestimmt. Über diesen wird auch der Bus geführt (vgl. Abbildung 4).

Konzept b (Abbildung 5) sieht neben dem linken Fahrstreifen für die Linksabbieger einen Mischfahrstreifen für die Linksabbieger und Geradeausfahrer vor. Der danebenliegende Fahrstreifen ist als reiner Busfahrstreifen konzipiert.

In Konzept c (Abbildung 6) wird der linke Fahrstreifen als Busfahrstreifen geführt, der zweite Fahrstreifen von links als Linksabbiege-Fahrstreifen und der dritte von links als Mischfahrstreifen für die Geradeausfahrer/Linksabbieger.



Abbildung 4: Knotenpunktconcept a – Busverkehr mittig kombiniert mit Geradeausfahrstreifen; Einfahrt zur Tiefgarage (Quelle: rnv)



Abbildung 5: Knotenpunktconcept b – Busverkehr mittig als separate Busspur (Quelle: rnv)



Abbildung 6: Knotenpunktconcept c – Busverkehr links als separate Busspur (Quelle: mrv)

3.2.2 Vergleich der Knotenpunktconzepte und Auswahl eines Vorzugskonzepts

Bei Konzept c wird der Bus im Unterschied zu den Konzepten a und b auf dem linken Fahrstreifen geführt. Von der Haltestelle Kunsthalle kommende Busse müssen damit auf dem kurzen Streckenabschnitt bis zum Beginn des Busfahrstreifens vom rechten über drei Fahrstreifen auf den linken Fahrstreifen wechseln. Vor dem Hintergrund der hohen Verkehrsbelastungen im Kaiserring und der Tatsache, dass z. B. die Warteschlange der an der Lichtsignalanlage Bismarckstr./Kaiserring stehenden Linksabbieger in Rotphasen gekreuzt werden müsste, erscheint dies nicht bzw. nur schwer realisierbar. Auch unter Gesichtspunkten der Verkehrssicherheit sind die für den Bus notwendigen Fahrstreifenwechsellvorgänge als höchst kritisch anzusehen. Unter Berücksichtigung dieser Argumente ist Konzept c aus verkehrlicher Sicht nicht weiterzuverfolgen.

Konzept a entspricht der Bestandssituation. Es sieht die Führung des Busverkehrs zusammen mit dem Geradeausverkehr vor. Damit zusammenhängend ergeben sich bei der Signalisierung für die Ströme im Kfz-Verkehr keine zusätzlichen Feindlichkeiten. Die Freigabe des Busses zur Einfahrt in die Haltestelle erfordert eine gesonderte Signalisierung (VDV-Signal), indem die parallele Straßenbahn mit dem gleichen Haltestellenziel (kombinierter Bahn- und Bussteig D) und die Fußgängerfurt gesperrt werden müssen. Eine vollständige Erfassung (An- und Abmeldung via Meldepunkte) aller verkehrenden Busse kann aufgrund der technischen Randbedingungen bei Datenfunkanforderung jedoch nicht gewährleistet werden. Haltliniennahe Masseschleifen als Rückfallebene zur Erfassung der Busse sind wegen des Kfz-Verkehrs nicht möglich.

Anders ist der Fall bei Konzept b gelagert: die Erfassung der Busse kann durch eine Rückfallebene erfolgen, da sie auf einem separaten Busfahrstreifen geführt werden. Im Vergleich zur Bestandssituation ergeben sich in Konzept b zusätzliche Feindlichkeiten (der Bus kann nicht zusammen mit dem Geradeausstrom Freigabe an der Lichtsignalanlage erhalten, weil er diesen kreuzt).

Die separate Busspur in Konzept b bietet hingegen den Vorteil, dass der Bus unbeeinträchtigt vom Geradeausverkehr bleibt und von diesem entkoppelt wird. Weiterhin kann die Freigabezeit für den Bus bei der verkehrsabhängigen Steuerung der Lichtsignalanlage nur im Fall einer tatsächlichen Busanmeldung erfolgen, während der restlichen Zeit ist das Signal gesperrt.

Im Hinblick auf die geometrischen Verhältnisse zeigt Konzept a deutliche Nachteile gegenüber Konzept b. Die Schleppkurven des im Knotenpunktbereich zu verschwenkenden Busfahrstreifens und der gemeinsam signalisierten Linksabbieger (rechter Fahrstreifen der Linksabbieger) liegen bei der durchgeführten Schleppkurvenanalyse (theoretische Fahrdynamik) äußerst dicht beieinander. Unter Berücksichtigung der praktischen Fahrdynamik und nicht abschätzbarer individueller Fahrverhalten sind diese als sehr ambitioniert anzusehen. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass es in der Praxis zu Konfliktsituationen zwischen den Linksabbiegern und Bussen kommt. Eine getrennte feindliche Führung der Parkhauseinfahrt und des Linksabbiegers in Variante a würde hingegen zu erheblichen Leistungsfähigkeitsverlusten führen. Unter sicherheitstechnischen Aspekten ist Konzept a deshalb als kritisch anzusehen und nicht weiterzuverfolgen.

Fazit:

Unter Würdigung der genannten Punkte wird das **Knotenpunktkonzept b als Vorzugs-Konzept** ausgewählt. Es wird der weiteren Variantenuntersuchung zu Grunde gelegt.

3.3 Verkehrstechnische Entwürfe und Signalisierungskonzepte für die Varianten

3.3.1 Variante 1

Verkehrstechnischer Entwurf und Netzsituation

Am Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring wird die Ausfahrt aus der Tiefgarage auf Straßenniveau nach der Rampe einstreifig ausgeführt (Mischfahrstreifen für Geradeausfahrer und Rechtsabbieger). Der Radfahrer von der Bismarckstr. kommend wird indirekt geführt und stellt sich vor dem Kfz-Verkehr und der Fußgängerfurt auf. Durch eine separates Radsignal erfolgt die rechtzeitige Freigabe des Radverkehrs vor dem nachfolgenden Kfz-Verkehr. In der Ausfahrt im südlichen Knotenarm erfolgt die Führung im Mischverkehr. Eine zusätzliche Verkehrsinsel dient der Verkehrsführung und Trennung des Kfz-Verkehrs und des Bus-Verkehrs (Signal 45). Weiterhin

Signalisierung

Für den erarbeiteten Ausbauvorschlag wurde folgendes verkehrs- und signaltechnische Konzept zugrunde gelegt:

- Die Kfz-Verkehrsströme werden außer in der Zufahrt Kaiserring wie im Bestand signalisiert.
- In der Zufahrt Kaiserring wird aufgrund der Mischspur (geradeaus/links) eine Zufahrtssignalisierung erforderlich. Eine gemeinsame Freigabe der parallelen Verkehrsströme im Kfz-Verkehr in der Zufahrt Hauptbahnhof und aller ÖPNV-Verkehre ist damit nicht mehr möglich.
- Alle Straßenbahnen und Busse erhalten die Freigabe auf Anforderung.
 - Straßenbahnen aus Richtung Tattersall/Kunsthalle melden sich über Fernmeldungen bei Haltestellenausfahrt oder über die Rückfallebenen an. Die neu eingerichtete Weiche beeinflusst das Fahrprofil und ist bei der Signalprogrammierung (Signalgruppendefinition und Zwischenzeiten) zu berücksichtigen.
 - Bussen aus Richtung Kunsthalle steht ein separater Busstreifen zur Annäherung zur Verfügung. Die Busse bedienen Gleis 4 (kombinierter Bahn- und Bussteig D) und sind daher im Fahrverlauf feindlich zum parallelen Kfz-Verkehr (Signal 5) und dem Straßensignal in Richtung Gleis 4 (kombinierter Bahn- und Bussteig D; Signal 43).
 - Straßenbahnen/Busse in Richtung Tattersall/Kunsthalle werden über Standardforderungsschleifen im Haltestellenbereich erfasst. Nach abgeschlossenem Fahrgastwechsel und Fertigmeldung erfolgt die Anmeldung und es wird die nächstmögliche Freigabe erteilt.
 - Die Zwischenzeitenberechnung berücksichtigt den fahrdynamischen Ansatz gemäß der Richtlinien für Lichtsignalanlagen – Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr RiLSA 2015.
- Der Radverkehr wird grundsätzlich wie im Bestand signalisiert. Für den Radverkehr aus Richtung Bismarckstr. ist eine straßenbündige Führung als Radweg vorgesehen.
- Alle Fußgängerströme werden signalisiert und sind gegenüber feindlichen Strömen vollgesichert. Die progressive Fußgängersignalisierung zur Querung der Bismarckstr. wird beibehalten. Die Querung des Knotenarms Hauptbahnhof kann nicht in einem Zuge gewährleistet werden. Hier ist die Zugangs- und Abgangsfunktion der Haltestellen maßgebend.

Das grundsätzliche koordinierte LSA-Steuerungsprinzip wird aufrechterhalten. Die Zufahrtssignalisierung Kaiserring erfordert eine Trennung der Nebenrichtungsfreigabe in zwei Phasen (Phase 6 und 7, siehe Abbildung 8). Dies wirkt nachteilig auf die Leistungsfähigkeit im Kfz-Verkehr.

Der ÖPNV (vier Straßenbahn- und zwei Bussignale) wird verkehrsabhängig und auf Anforderung geschaltet. Während der Nebenrichtungs-Phase Zufahrt Hauptbahnhof kann der ÖPNV parallel zum Kfz-Verkehr und zusätzlich durch zwei Sonderphasen vor und nach der Haupttrichtung freigegeben werden (Phase 2, 5 und 8, siehe Abbildung 8). Der Bus in der Zufahrt Kaiserring kann bei Abwesenheit einer Straßenbahn mit Ziel Bahnsteig 4 während dieser Zeit freigegeben oder über zusätzliche Freigabezeiten bedient werden. Die Straßenbahn hat grundsätzlich gegenüber dem Bus bei Einfahrt in Gleis 4 (kombinierter Bahn- und Bussteig D) Vorrang.

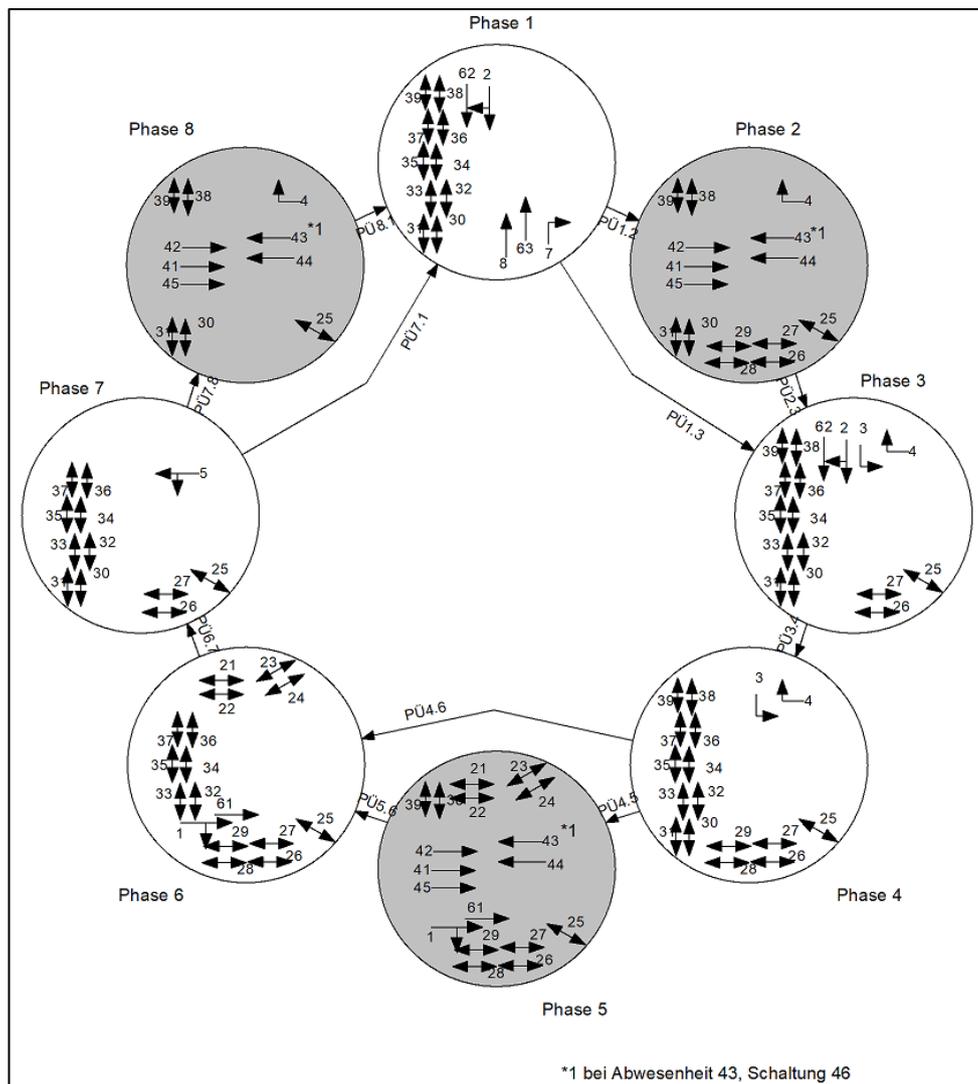


Abbildung 8: Phasenfolgeplan Variante 1 und Variante 2

3.3.2 Variante 2

Verkehrstechnischer Entwurf und Netzsituation

Planungsvariante 2 sieht den Erhalt bzw. Ausbau (Erweiterung der Nutzlänge auf 70 m) der zwei existierenden Bahnsteige in Fahrtrichtung Tattersall/Kunsthalle vor. Im südlichen Kaiserring werden zwei neue Bahnsteige für die Fahrtrichtung Universität angelegt. Damit einhergehend wird der dem Bahnhofsgebäude abgewandte dritte Bahnsteig in Fahrtrichtung Universität/Lindenhofplatz zurückgebaut.

Die Ausfahrt aus der Tiefgarage ist am Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring im ebenerdigen Bereich nach der Rampe zweistreifig ausgeführt (jeweils ein Fahrstreifen für Geradeausfahrer und Rechtsabbieger). Die Radfahrer von der Bismarckstr. kommend werden indirekt geführt und stellen sich vor dem Kfz-Verkehr und der Fußgängerfurt auf. Durch ein separates Radsignal erfolgt die rechtzeitige Freigabe des Radverkehrs vor dem nachfolgenden Kfz-Verkehr. In der Ausfahrt im südlichen Knotenarm erfolgt die Führung im Mischverkehr. Weiterhin ist im südlichen Knotenarm eine signaltechnisch gesicherte Führung der Fußgänger über die Gleise mit Blindensignalisierung angeordnet.

In der östlichen Knotenzufahrt (Reichskanzler-Müller-Str.) wird die Querung für Fußgänger aus baulichen Gründen schräg ausgebildet. Die Signalisierung bleibt grundsätzlich gegenüber dem Bestand unverändert.

Die Knotengeometrie und Verkehrsführung in der Zufahrt Kaiserring und Bismarckstr. entspricht der Ausführung und Planung gemäß Variante 1.

In der nachfolgenden Abbildung sind die beschriebenen Aspekte nochmals dargestellt.

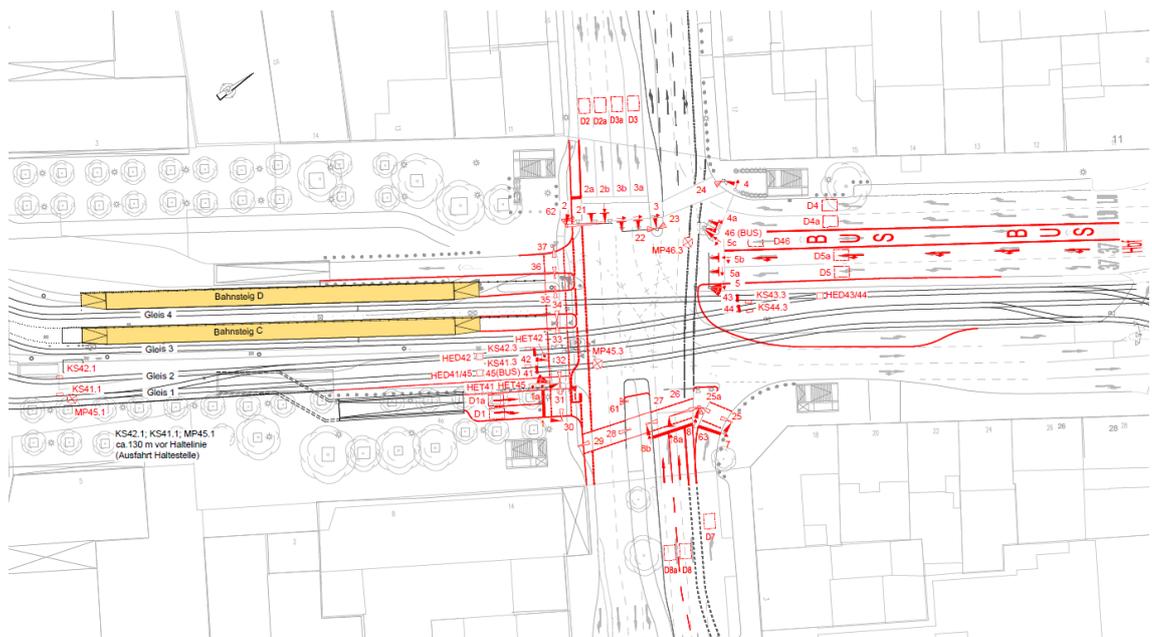


Abbildung 9: Signallageplanentwurf Variante 2

Signalisierung

Für den erarbeiteten Ausbauvorschlag wurde folgendes verkehrs- und signaltechnisches Konzept zugrunde gelegt:

- Die Kfz-Verkehrsströme werden wie in der Variante 1 signalisiert.
- Für die Ausfahrt Hauptbahnhof (Tiefgaragenausfahrt) stehen zwei Fahrstreifen (gerade + rechts) mittels einer Vollscheibe signalisiert zur Verfügung.
- Alle Straßenbahnen und Busse erhalten die Freigabe auf Anforderung.
 - Straßenbahnen und Busse aus Richtung Tattersall/Kunsthalle wie Variante 1.
 - Straßenbahnen/Busse in Richtung Tattersall/Kunsthalle melden sich über Fernanmeldungen bei Haltestellenausfahrt oder über die Rückfallebenen an.
 - Die Zwischenzeitenberechnung berücksichtigt den fahrdynamischen Ansatz gemäß RiLSA2015
- Der Radverkehr wird wie in Variante 1 geführt und signalisiert
- Alle Fußgängerströme werden signalisiert und sind gegenüber feindlichen Strömen vollgesichert.

Das grundsätzliche koordinierte LSA-Steuerungsprinzip wird aufrechterhalten. Die Zufahrtssignalisierung Kaiserring erfordert eine Trennung der Nebenrichtungsfreigabe in zwei Phasen und entspricht dem Planungsansatz gemäß Variante 1 (Phase 6 und 7, siehe Abbildung 8). Dies wirkt nachteilig auf die Leistungsfähigkeit im Kfz-Verkehr.

Der ÖPNV (vier Straßenbahn- und zwei Bussignale) wird verkehrsabhängig und auf Anforderung geschaltet. Während der Nebenrichtungs-Phase Zufahrt Hauptbahnhof kann der ÖPNV parallel zum Kfz-Verkehr und zusätzlich durch zwei Sonderphasen vor und nach der Hauptrichtung freigegeben werden und entspricht dem Planungsansatz gemäß Variante 1 (Phase 2, 5 und 8, siehe Abbildung 8). Die Annäherungszeiten wurden unter Berücksichtigung der Gleistrassierung und der zulässigen Geschwindigkeit aus Richtung Hauptbahnhof für die Planung ermittelt. Für die Straßenbahnen und Busse aus Richtung Hauptbahnhof ergeben sich aufgrund der störungsfreien Zufahrt auf den Knotenpunkt stabile und konstante Annäherungszeiten zur tatsächlichen Nutzung der Freigabezeiten. Der Bus in der Zufahrt Kaiserring kann bei Abwesenheit einer Straßenbahn mit Ziel Gleis 4 (kombinierter Bahn- und Bussteig D) während dieser Zeit freigegeben oder über zusätzliche Freigabezeiten bedient werden. Die Straßenbahn hat grundsätzlich gegenüber dem Bus bei Einfahrt in Gleis 4 (kombinierter Bahn- und Bussteig D) Vorrang.

4 Mikroskopische Verkehrsflusssimulationen

4.1 Randbedingungen und Eingangsdaten

4.1.1 Netzsituation

Für die Verkehrsflusssimulationen wird das Programmsystem PTV VISSIM in der Releaseversion 10 verwendet.

Der netzseitige Aufbau des Simulationsmodells erfolgt auf Basis von aktuellen Luftbildern und Plangrundlagen (Signallagepläne). Folgende Knotenpunkte und dazwischenliegende Strecken werden in der Simulation des Kfz-Verkehrs berücksichtigt (vgl. Abbildung 10):

- Bismarckstraße/Tunnelstraße
- Reichskanzler-Müller-Straße/Tattersallstraße (Bismarckplatz)
- Bismarckstraße/Kaiserring
- Kaiserring/Schwetzingen Straße (Tattersall)

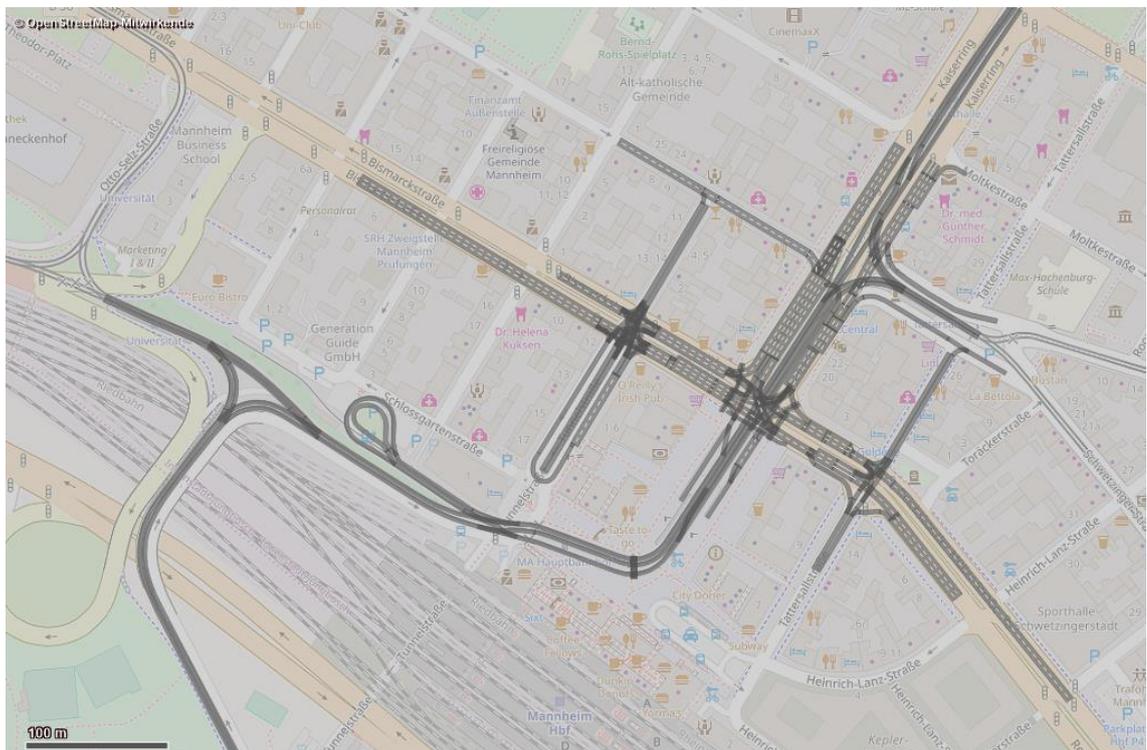


Abbildung 10: Netzumgriff Simulation (Quelle Hintergrundkarte: OpenStreetMap Mitwirkende)

Im ÖPNV wird das Simulationsnetz durch die Haltestellen Universität, Lindenhofplatz, Mannheim Hauptbahnhof, Kunsthalle (Stadtbahn/Bus) und Tattersall begrenzt. Es wird die vereinfachte Annahme getroffen, dass in Fahrtrichtung Universität die

ÖPNV-Fahrzeuge nicht durch den Kfz-Verkehr beeinträchtigt werden (Kaiserring/L15).

Für den Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring werden die verkehrsabhängigen Steuerlogiken mit ÖPNV-Priorisierung im Simulationsmodell implementiert (vgl. Kapitel 2.2 und Kapitel 3.3).

An den Nachbarknoten Bismarckstraße/Tunnelstraße, Reichskanzler-Müller-Straße/Tattersallstraße (Bismarckplatz) und Kaiserring/Schwetzingen Straße (Tattersall) werden Festzeitsteuerungen berücksichtigt. Damit kann die Pulkung der auf den Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring zufahrenden Fahrzeuge in einem für die Simulation ausreichenden Detaillierungsgrad abgebildet werden. Die Freigabezeiten werden aus den bereitgestellten verkehrstechnischen Unterlagen abgeleitet.

4.1.2 Verkehrsbelastungen

Motorisierter Individualverkehr (MIV)

Eingangsdaten für die Simulation bilden die in der Zählung ermittelten Verkehrsbelastungen für die nachmittägliche Spitzenstunde (Kapitel 2.1). Sie werden im Simulationsmodell als statische Routen und Zuflüsse hinterlegt. Hierbei wird nach den Fahrzeugarten Pkw und Lkw differenziert.

Unter Berücksichtigung der Zu- und Abflüsse am erhobenen Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring und stromfeinen Spitzenstundenanteilen der Nachbarknoten werden die Belastungen an den Nachbarknoten so berechnet, dass ein konsistentes Belastungsbild entsteht.

ÖPNV

a) Bestand:

Es werden die heutigen Bahn- und Buslinien im Simulationsmodell implementiert. Grundlage bildet die vom Auftraggeber bereitgestellte Datei „Abfahrt Simulation Bestand Stand 2018-01-22.xlsx“.

b) Planungsvarianten:

Im Simulationsmodell wird das geplante Linienangebot hinterlegt. Dieses ist der vom Auftraggeber bereitgestellten Datei „Abfahrt Simulation Planung Stand 2018-01-22.xlsx“ zu entnehmen. Im Vergleich zur Bestandssituation sehen die Planungen ein erweitertes Angebot mit insgesamt mehr Fahrplanfahrten im Bahnverkehr vor.

4.1.3 Bewertungsgrundlage für Leistungsfähigkeitsuntersuchungen

Die Verkehrsqualität am Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring wird nach dem Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen HBS 2015 bestimmt. Grundlage hierfür bilden die in VISSIM ermittelten Verlustzeiten¹ für sämtliche Fahrzeugsströme am Knoten.

Die Bewertungskriterien und Beurteilungen für signalisierte Knotenpunkte sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 1: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (QSV) für Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage

Qualitätsstufe	Beschreibung
Stufe A (sehr gut) Mittlere Verlustzeit: LSA ≤ 20 s	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer sehr kurz.
Stufe B (gut) Mittlere Verlustzeit: LSA ≤ 35 s	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer kurz. Alle während der Sperrzeit auf dem betrachteten Fahrstreifen ankommenden Kraftfahrzeuge können in der nachfolgenden Freigabezeit weiterfahren.
Stufe C (befriedigend) Mittlere Verlustzeit: LSA ≤ 50 s	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer spürbar. Nahezu alle während der Sperrzeit auf dem betrachteten Fahrstreifen ankommenden Verkehrsteilnehmer können in der nachfolgenden Freigabezeit weiterfahren. Auf dem betrachteten Fahrstreifen tritt im Kfz-Verkehr am Ende der Freigabezeit gelegentlich Rückstau auf.
Stufe D (ausreichend) Mittlere Verlustzeit: LSA ≤ 70 s	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer beträchtlich. Auf dem betrachteten Fahrstreifen tritt im Kfz-Verkehr am Ende der Freigabezeit häufig ein Rückstau auf.
Stufe E (mangelhaft) Mittlere Verlustzeit: LSA > 70 s	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer lang. Auf dem betrachteten Fahrstreifen tritt im Kfz-Verkehr am Ende der Freigabezeit in den meisten Umläufen ein Rückstau auf.
Stufe F (ungenügend) Verkehrsstärke > Kapazität	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer sehr lang. Auf dem betrachteten Fahrstreifen wird die Kapazität im Kfz-Verkehr überschritten. Der Rückstau wächst stetig. Die Kraftfahrzeuge müssen bis zur Weiterfahrt mehrfach vorrücken.

¹ Die Verlustzeit ist in VISSIM als der mittlere Zeitverlust der betrachteten Fahrzeuge im Vergleich zur „idealen“ Reisezeit ohne Beeinflussung von anderen Fahrzeugen und von Lichtsignalanlagen definiert.

Die Gesamtqualität des Knotenpunkts wird durch den schlechtesten Strom bestimmt.

4.2 Simulation Bestand

4.2.1 Aufbau und Kalibrierung Simulationsmodell

Netzseitig werden im Simulationsmodell alle notwendigen verkehrstechnischen Einrichtungen wie Signalgeber, Detektoren und Anforderungs-/Abmeldeeinrichtungen für den ÖPNV hinterlegt.

Für die Fahrgastwechselzeiten der Busse und Bahnen werden folgende, vom Auftraggeber definierte Zeitdauern verwendet:

Tabelle 2: Fahrgastwechselzeiten im ungestörten Zustand (Quelle: rnv)

Dauer Fahrgastwechsel [s]	Anteil
17,5	8%
22,5	8%
27,5	25%
32,5	59%

Weiterhin werden Fahrplanabweichungen von null bis drei Minuten berücksichtigt. Diese werden über eine Zufallsfunktion in der Simulation bestimmt und werden an den Zuflüssen bzw. Eintrittsquerschnitten der Busse und Bahnen wirksam.

Folgende, von der allgemein zulässigen Höchstgeschwindigkeit abweichende Geschwindigkeiten werden im Bereich des ÖPNV hinterlegt:

- Innerhalb von Haltestellen gilt eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h
- Als maximal zulässige Fahrgeschwindigkeit auf dem Willy-Brandt-Platz werden 25 km/h angesetzt
- Spitzbefahrene Weichen werden über die gesamte Fahrzeuglänge (alle Achsen) mit maximal 15 km/h befahren.

Kalibrierung des Simulationsmodells

Nach Aufbau des Simulationsmodells erfolgt eine Kalibrierung desselben. Die aus der Simulation resultierenden Verkehrsbelastungen werden mit den gelieferten Eingangsbelastungen aus der Zählung verglichen. Zudem wird der simulierte Verkehrsablauf anhand von Erfahrungswerten und Erkenntnissen aus einer Ortsbesichtigung überprüft.

Der Kalibrierung des Simulationsmodells kommt eine wichtige Rolle innerhalb des Simulationsprozesses zu. Aussagekräftige Ergebnisse über verkehrliche Auswirkungen von Maßnahmen können nur generiert werden, wenn die Realität in der Simulation hinreichend genau abgebildet wird. In diesem Zusammenhang ist die statistische Sicherheit der Ergebnisse von zentraler Bedeutung. Das Simulationsprogramm VISSIM erlaubt über die Verwendung unterschiedlicher Startzufallszahlen die Abbildung verschiedener verkehrlicher Situationen. Sämtliche Parameter, denen statistische Verteilungen zu Grunde liegen (z.B. Geschwindigkeiten, Beschleunigungen oder Verzögerungen) werden durch die Startzufallszahlen beeinflusst. Daher werden die Simulationsergebnisse aus dem Mittelwert mehrerer Simulationsläufe mit unterschiedlichen Startzufallszahlen ermittelt. Die durchgeführte erforderliche Anzahl der Simulationsläufe zur Erlangung statistischer Sicherheit orientiert sich an dem in den Empfehlungen zur Durchführung von Mikrosimulationen der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) beschriebenen Verfahren. Die Erfahrung aus bisherigen Projekten zeigt, dass eine ausreichende statistische Sicherheit bei einer Simulation mit ca. 10 Läufen gewährleistet ist.

Bei den Simulationen wird eine Vorlaufzeit von 15 Minuten berücksichtigt, in der sich das System einschwingen kann.

4.2.2 Ergebnisse Bestand

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die auf Basis der Simulationsläufe ermittelten Verlustzeiten, Leistungsfähigkeiten und Staulängen für den Knoten Bismarckstr./Kaiserring dargestellt. Basis für die Einteilung in Qualitätsstufen bildet das HBS 2015.

Tabelle 3: Leistungsfähigkeiten nach HBS im Kfz-Verkehr, Bestand

Strecke	Zufahrt	Strom	Verlustzeit [s]	Qualitätsstufe	Staulänge im Mittel [m]	Staulänge Maximum [m]
Bismarckstr.	Westliche Zufahrt	rechts/geradeaus	19	A	20	105
		links	26	B	20	105
Bismarckplatz	Östliche Zufahrt	rechts	16	A	9	91
		geradeaus	14	A	11	90
Kaiserring	Nördliche Zufahrt	rechts	48	C	26	74
		geradeaus	17	A	21	74
		links	46	C	26	74
Hbf.	Südliche Zufahrt	rechts	38	C	6	42
		geradeaus	40	C	6	42

Die oben dargestellten Verlustzeiten beziehen sich auf die Fahrbeziehungen am Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring. Knotenübergreifende Verlustzeiten sind nicht berücksichtigt. Die Verlustzeitmessungen beginnen bzw. enden damit an den benachbarten Knotenpunkten. Die Vorgehensweise erlaubt die bestmögliche isolierte Betrachtung der Wirkungen der Signalisierung am Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring.

Gleichwohl sollte bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden, dass die Knotenpunktabstände zwischen Bismarckstr./Kaiserring und den Nachbarknoten

gering sind. Die Verkehrsabläufe an den Knotenpunkten beeinträchtigen sich zwangsläufig. Wechselwirkungen zwischen den Knotenpunkten, der Einfluss der ÖPNV-Priorisierung auf die Koordinierung sowie die vereinfachte Festzeitsteuerung der Nachbarknoten beeinflussen das Ergebnis und sind implizit in den Auswertungen enthalten.

Die Ausführungen zu den Verlustzeiten gelten auch für die Staulängenauswertungen. Die ausgewiesenen Staulängen reichen maximal bis zu den Signalgebern der Nachknoten. Neben der mittleren Staulänge (über Spitzenstunde gemittelt) wird für die Knotenströme die maximal in der Spitzenstunde gemessene Staulänge dargestellt.

Die Ergebnisse aus Tabelle 3 zeigen, dass der Knotenpunkt insgesamt mit QSV C nach HBS bewertet ist, sich allerdings an der Grenze zu QSV D befindet. Die nördliche Zufahrt (Kaiserring) wird mit 48 Sekunden Verlustzeit noch mit QSV C bewertet, dieselbe Qualitätsstufe ergibt sich für die südliche Zufahrt (Tiefgaragenausfahrt). Die westliche sowie östliche Zufahrt Bismarckstr. und Bismarckplatz schneiden mit QSV B und A vergleichsweise positiv ab. Dies hängt auch mit den vereinfacht mit Festzeitsteuerungen abgebildeten Nachbarknoten zusammen. Diese begrenzen den Zufluss auf den Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring und bewirken eine Pulkung des Verkehrs. Die Fahrzeugpuls können in den entsprechenden Freigabefenstern zeitnah abgefertigt werden. Dennoch sind in den Simulationen immer wieder temporäre Überstauungen der benachbarten Knotenpunkte Bismarckstr./Tunnelstr. und Reichskanzler-Müller-Str./Tattersallstr. (Bismarckplatz) erkennbar (vgl. Abbildung 11 bis Abbildung 13). Dies zeigen auch die in Tabelle 3 ausgewiesenen, maximal gemessenen Staulängen.

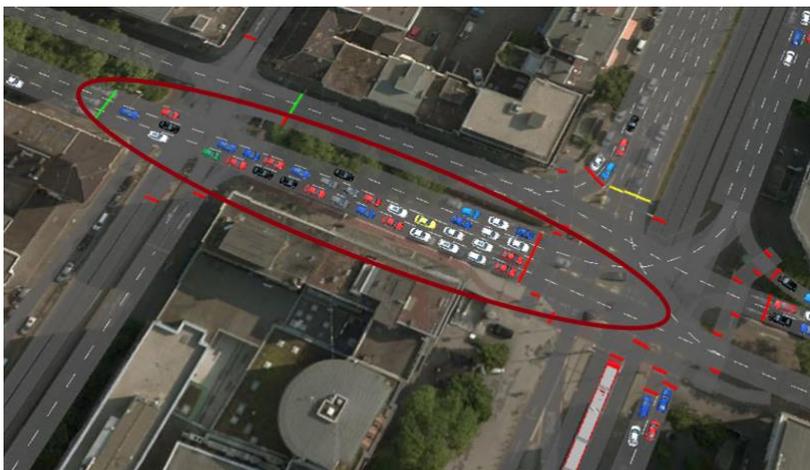


Abbildung 11: zeitweises Überstauen des Knotenpunkts Bismarckstr./Tunnelstr. (Simulation)



Abbildung 12: zeitweises Überstauen des Knotenpunkts Bismarckstr./Tunnelstr. (Realität)



Abbildung 13: zeitweises Überstauen des Knotenpunkts Reichskanzler-Müller-Str./Tattersallstr. (Bismarckplatz; Simulation)

4.3 Simulation Variante 1

4.3.1 Aufbau Simulationsmodell

Das Simulationsmodell wird entsprechend der beschriebenen Planungen zu Variante 1 angepasst.

In Planungsvariante 1 wird die Standanforderungsschleife immer nur in vorderer Halteposition von der jeweiligen Bahn aktiviert. Ggf. nachfolgende Bahnen müssen somit in der Haltestelle vorrücken und für die Standanforderung in vorderer Position anhalten. Nach der Aktivierung der Standanforderung kann bei Bedarf ein zweiter Fahrgastwechsel stattfinden. Damit setzt sich die gesamte Fahrgastwechselzeit aus der Zeit für den Fahrgastwechsel vor Aktivierung der Standanforderung und der Zeit für den situationsabhängig durchgeführten zweiten Fahrgastwechsel zusammen. Folgende Verteilungen der Fahrgastwechselzeiten bilden die Grundlage für eine modifizierte Zeitverteilung, die in der Simulation verwendet wird:

Tabelle 4: Fahrgastwechselzeiten Variante 1 (Quelle: rnv)

Dauer Fahrgastwechsel [s] vor Standanforderung	Anteil
15,0	33,3%
20,0	33,3%
25,0	33,3%
Dauer Fahrgastwechsel [s] nach Standanforderung	Anteil
0,0	25%
10,0	50%
20,0	25%

Die oben dargestellten Wahrscheinlichkeitsanteile werden dahingehend modifiziert, dass die Wahrscheinlichkeit für die Kombination zweier längerer Fahrgastwechsel vor und nach Aktivierung der Standanforderung geringer als in der ursprünglichen Verteilung ist. Nachfolgende Abbildung zeigt die originäre Wahrscheinlichkeitsverteilung (Werte aus Tabelle 4) sowie die modifizierte, die in der Simulation verwendet wird.

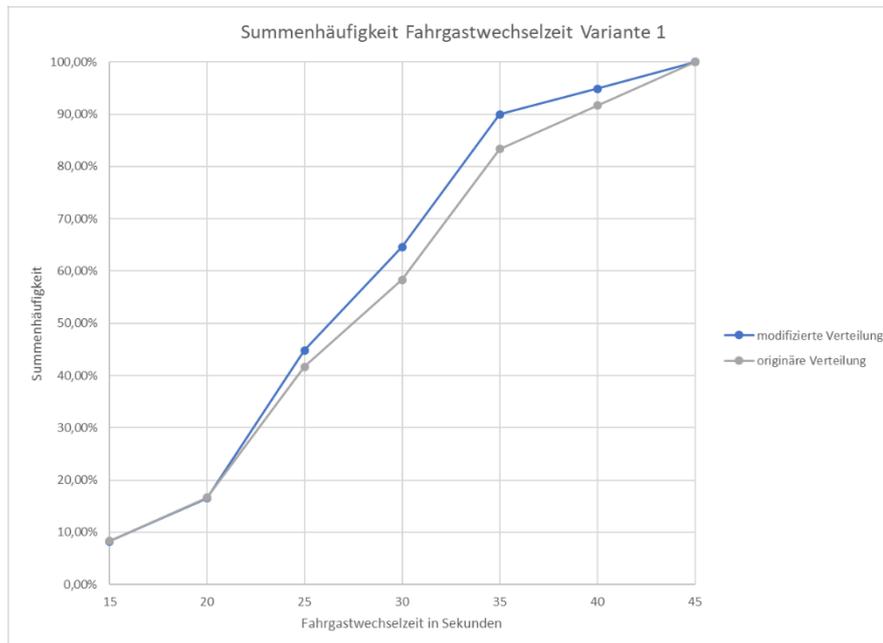


Abbildung 14: Summenhäufigkeit Fahrgastwechselzeiten Variante 1

Wie in der Bestandssituation werden zufällig ermittelte Fahrplanabweichungen von bis zu drei Minuten berücksichtigt.

Die nutzbare Bahnsteiglänge beträgt jeweils 70 Meter. In Fahrtrichtung Universität wird von der Betriebsweise „Doppelhaltestelle“ ausgegangen. In Fahrtrichtung Tattersall/Kunsthalle ist auf Grund der Standanforderung immer auch ein Halt in vorderer Position notwendig.

4.3.2 Ergebnisse Variante 1

Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse der durchgeführten Simulationen. An allen Knotenzufahrten wird mindestens die ausreichende Qualitätsstufe D nach HBS erreicht. Im Vergleich zum Bestand ergeben sich bei einigen Strömen leichte Verschlechterungen bei den Qualitätsstufen.

Ursächlich hierfür sind u. a. folgende Faktoren:

- Geänderte Netzkonzeption im Vergleich zum Bestand (z. B. Verzicht auf einen Fahrstreifen im Kaiserring zu Gunsten des Busfahrstreifens in Variante 1, andere Führung der Fußgänger/Radfahrerfurten, zusätzliche Feindlichkeiten bei einzelnen Strömen, höhere Zwischenzeiten als in der Bestandssituation).
- Verändertes ÖPNV-Angebot mit dichterem Straßenbahnfolge: insgesamt deutlich mehr Fahrplanfahrten als in der Bestandssituation. Damit korrespondierend werden häufiger Freigabefenster für den ÖPNV notwendig, die die Freigabe im Kfz-Verkehr beschneiden. Weiterhin können zweite Fahrgastwechsel, die in manchen Fällen noch nach der Standanforderung durchgeführt werden, zu ungenutzten Freigabezeitfenstern im ÖPNV führen. In der Konsequenz ist eine erneute ÖPNV-Freigabe im Umlauf notwendig, die wiederum zu einer Verkürzung der Kfz-Freigabe führt.

Tabelle 5: Leistungsfähigkeiten nach HBS im Kfz-Verkehr, Variante 1

Strecke	Zufahrt	Strom	Verlustzeit [s]	Qualitätsstufe	Staulänge im Mittel [m]	Staulänge Maximum [m]
Bismarckstr.	Westliche Zufahrt	rechts/geradeaus	36	C	33	112
		links	33	B	32	112
Bismarckplatz	Östliche Zufahrt	rechts	25	B	20	94
		geradeaus	23	B	20	90
Kaiserring	Nördliche Zufahrt	rechts	47	C	29	99
		geradeaus/links	55	D	31	100
Hbf.	Südliche Zufahrt	rechts	41	C	9	62
		geradeaus	40	C	9	62

Wie im Bestand sind gelegentlich Situationen in den Simulationen erkennbar, in denen die benachbarten Knotenpunkte Bismarckstr./Tunnelstr. und Reichskanzler-Müller-Str./Tattersallstr. (Bismarckplatz) kurzzeitig überstaut werden. Es entstehen jedoch keine dauerhaften, sich ausbreitenden Rückstaus.

Das Ende der Warteschlange der Linksabbieger/Geradeausfahrer im Kaiserring befindet sich in manchen Fällen auf Höhe der vorhandenen Wendemöglichkeit (Lage unverändert zur Bestandssituation; vgl. Abbildung 15). Diese Situation tritt primär in Zeitbereichen mit vielen Bahnanforderungen ein und wird durch die zeitweise durchgeführten, zweiten Fahrgastwechsel und die ungenutzten Bahnanforderungen begünstigt.

Eine Verschiebung der Wendemöglichkeit in Richtung Hauptbahnhof würde die beschriebene Situation nochmals verschärfen. In diesem Fall könnte der Bahnverkehr

durch wendende und ggf. im Abfluss behinderte Fahrzeuge nachhaltig negativ beeinträchtigt werden. Vor diesem Hintergrund wird die Verlegung des Wenders aus verkehrlicher Sicht als kritisch erachtet, was bei weiterführenden Planungen zu berücksichtigen ist.

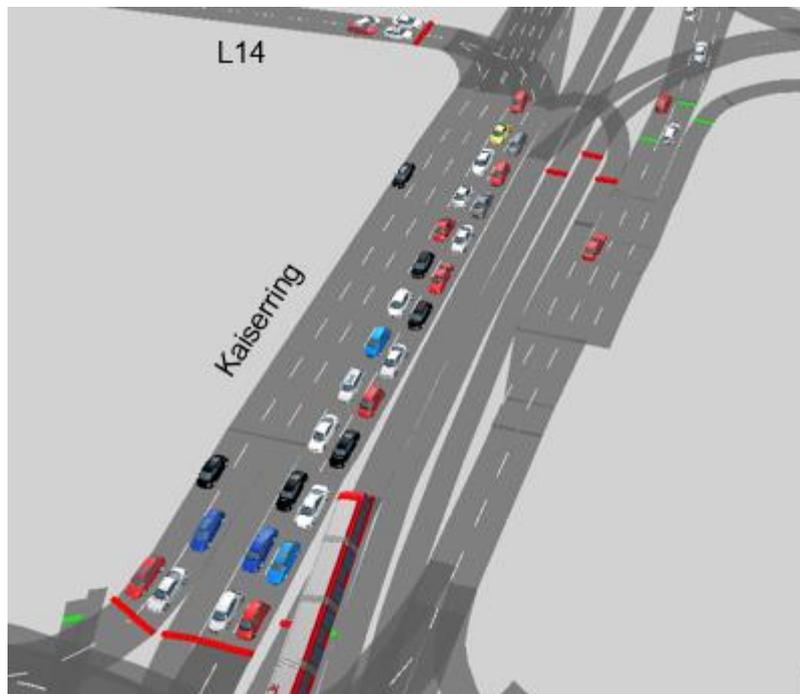


Abbildung 15: Warteschlange im Kaiserring in Variante 1
(unten im Bildausschnitt ist der Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring noch erkennbar)

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass bei längeren Warteschlangen im Kaiserring die aus L14 kommenden Verkehrsteilnehmenden Schwierigkeiten bei der Einfahrt in den Kaiserring haben können. Dies gilt insbesondere für jene, die auf die beiden Linksabbiegefahrstreifen wechseln wollen. Der Wechsel ist nur im direkten Bereich der Einmündung von L14 möglich, da danach der Busfahrstreifen beginnt. Um ein regelwidriges Befahren des Busfahrstreifens zu vermeiden ist neben entsprechenden Markierungen auch eine geeignete Signalisierung im Bereich der Einmündung L14 vorzusehen. Diese ist mit der Lichtsignalanlage am Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring entsprechend zu koordinieren und soll die Einfahrt in den Kaiserring soweit möglich erleichtern. Dies kann z. B. auch durch eine Dosierung des Zuflusses aus Richtung Wasserturm erfolgen. Eine frühzeitige wegweisende Beschilderung kann die Situation zusätzlich verbessern.

Eine weitere Maßnahme wäre darüber hinaus ein früherer Beginn der Freigabezeit für den Bus an der Lichtsignalanlage auf dem Kaiserring unmittelbar vor der Einmündung von L14. Damit könnte der Bus unbehindert vom sonstigen Kfz-Verkehr auf die Busspur wechseln.

Die Standanforderung für den ÖPNV erfordert immer einen Halt der Bahnen in vorderer Position, wobei gelegentlich auch ein zweiter Fahrgastwechsel nach Standanforderung erfolgt. In diesen Fällen kann es vorkommen, dass die Freigabe auf Grund

noch zulaufender Fahrgäste nicht genutzt werden kann; die Wartezeiten der Bahnen sind damit zeitweise etwas länger. In den Simulationen sind im beschriebenen Fall die Warteschlangen in den übrigen Knotenzufahrten im Kfz-Verkehr zeitweise länger wegen der Bahnpriorisierung. Die Staulängen werden in den nachfolgenden Umläufen dann jedoch regelmäßig wieder abgebaut.

Ergänzend zu den Leistungsfähigkeitsuntersuchungen durchgeführte Reisezeitvergleiche für den ÖPNV sind im folgenden Kapitel 5 zusammenfassend dargestellt.

4.4 Simulation Variante 2

4.4.1 Aufbau Simulationsmodell

Die Netzsituation für die Planungsvariante 2 wird im Simulationsmodell implementiert. Als Fahrgastwechselzeit wird die Zeitverteilung aus der Bestandssituation verwendet (vgl. Tabelle 4). Fahrplanabweichungen werden ebenfalls analog zur Bestandssituation und zur Planungsvariante 1 berücksichtigt. Anders als bei Planungsvariante 1 wird auch in Fahrtrichtung Tattersall von der Betriebsweise „Doppelhaltestelle“ ausgegangen – dies ist in Planungsvariante 2 möglich, da keine Standanforderung in vorderer Halteposition notwendig ist.

4.4.2 Ergebnisse Variante 2

In Tabelle 6 sind die Ergebnisse der durchgeführten Simulationen für den Kfz-Verkehr dargestellt. An allen Knotenzufahrten wird mindestens die ausreichende Qualitätsstufe D nach HBS erreicht. Im Vergleich zum Bestand ergeben sich bei einigen Strömen leichte Verschlechterungen bei den Qualitätsstufen (analog zu Variante 1). Dies ist u. a. auf die geänderte Netzkonzeption im Vergleich zum Bestand sowie auf die dichtere Straßenbahnfolge, die mehr Steuerungseingriffe mit Beschneidung der Freigabezeiten des Kfz-Verkehrs mit sich bringt, zurückzuführen (vgl. Anmerkungen zu Variante 1 in Kapitel 4.3.2). Im Kaiserring (nördliche Zufahrt) wird Qualitätsstufe D nach HBS erreicht, in den anderen Zufahrten ergeben sich die Qualitätsstufen B und C.

Tabelle 6: Leistungsfähigkeiten nach HBS im Kfz-Verkehr, Variante 2

Strecke	Zufahrt	Strom	Verlustzeit [s]	Qualitätsstufe	Staulänge im Mittel [m]	Staulänge Maximum [m]
Bismarckstr.	Westliche Zufahrt	rechts/geradeaus	26	B	27	111
		links	35	B	26	111
Bismarckplatz	Östliche Zufahrt	rechts	24	B	17	93
		geradeaus	23	B	19	93
Kaiserring	Nördliche Zufahrt	rechts	52	D	33	85
		geradeaus/links	53	D	34	86
Hbf.	Südliche Zufahrt	rechts	33	B	6	44
		geradeaus	36	C	6	44

Wie im Bestand und in Variante 1 sind gelegentlich Situationen in den Simulationen erkennbar, in denen die benachbarten Knotenpunkte Bismarckstr./Tunnelstr. und Reichskanzler-Müller-Str./Tattersallstr. (Bismarckplatz) kurzzeitig überstaut werden. Es entstehen jedoch keine dauerhaften, sich ausbreitenden Rückstaus.

Die in Kapitel 4.3.2. geschilderte Thematik der Wendemöglichkeit im Kaiserring gilt prinzipiell auch für Variante 2. Es ist jedoch festzuhalten, dass sich die Situation in Variante 2 tendenziell als geringfügig entspannter darstellt als in Variante 1. Die in den Simulationen ermittelte maximale Staulänge ist in Variante 2 etwas geringer als in Variante 1.

Weiterhin ist wie bei Variante 1 zu berücksichtigen, dass bei längeren Warteschlangen im Kaiserring die aus L14 kommenden Verkehrsteilnehmenden Schwierigkeiten bei der Einfahrt in den Kaiserring haben können und ggf. die Busspur benutzen. Es gelten hier die Ausführungen zur Markierung und Signalisierung aus dem vorigen Kapitel 4.3.2.

Auf Grund des zweistreifigen Aufstellbereichs zwischen Tiefgaragenausfahrt und Knotenpunkt stehen in Sperrzeiten weniger Fahrzeuge in der Rampenneigung als in Variante 1.

Insgesamt betrachtet kann das Verkehrsaufkommen in Variante 2 ohne signifikante Störungen abgewickelt werden. Auch temporär längere Warteschlangen, die in Zeitbereichen mit vielen Bus- bzw. Bahnanforderungen entstehen können, werden in den nachfolgenden Umläufen wieder abgebaut. Bahnen, die direkt aufeinander folgen, können oftmals in einer Grünphase den Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring passieren. Das Gesamtsystem mit ÖPNV-Priorisierung kann damit stabile Betriebsabläufe am Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring gewährleisten.

Die folgenden Abbildungen zeigen Ausschnitte aus den Simulationen für Variante 2.

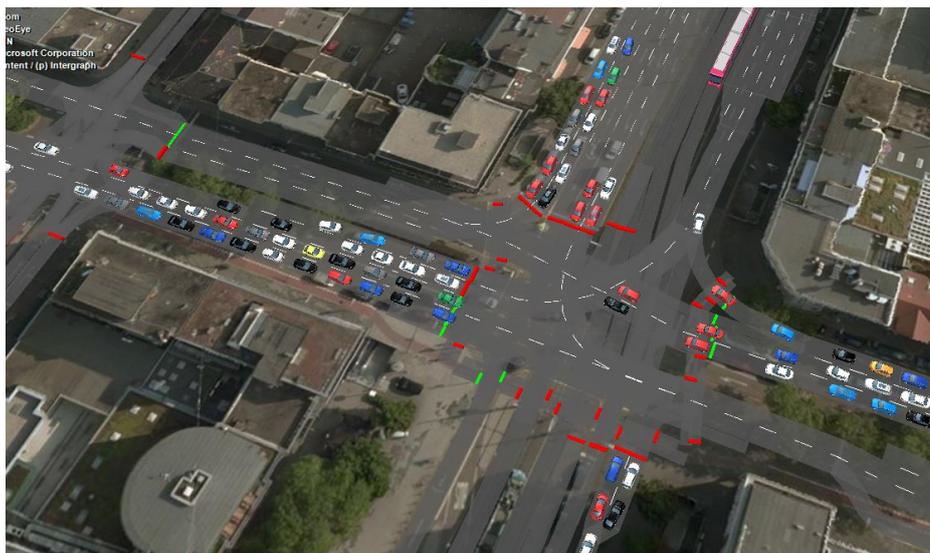


Abbildung 16: Verkehrsablauf am Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring nach Anforderung einer Bahn aus Richtung Hauptbahnhof

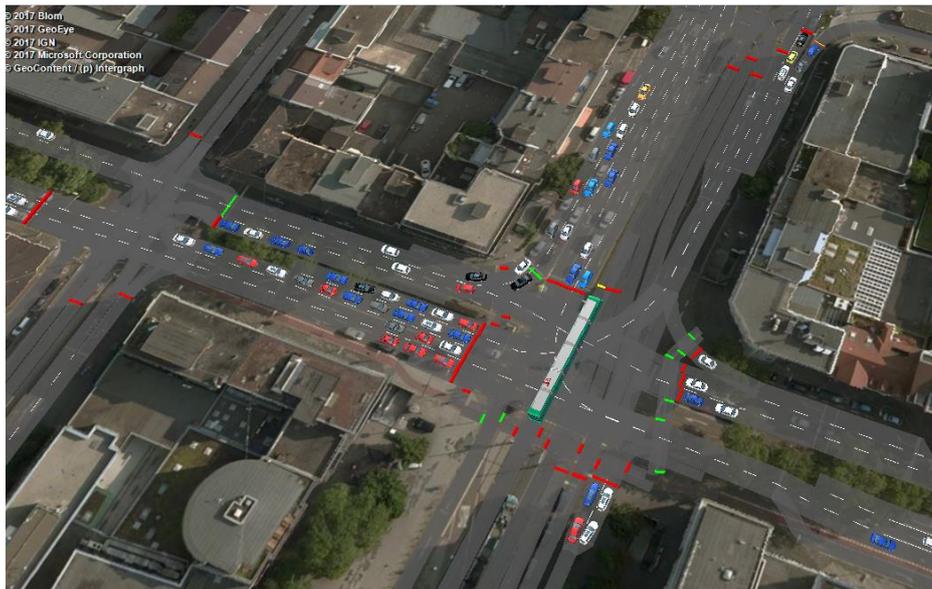


Abbildung 17: Verkehrsablauf am Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring bei Überfahrt einer Bahn aus Richtung Kunsthalle/Tattersall

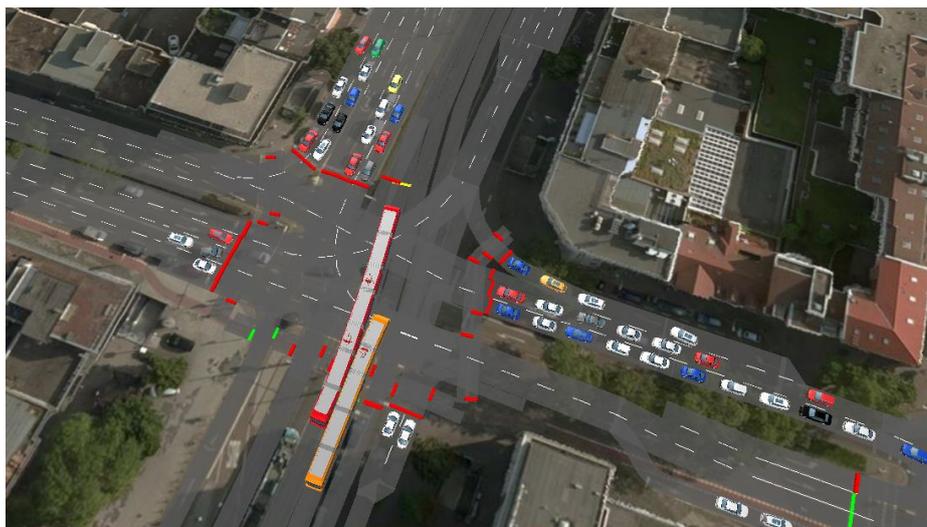


Abbildung 18: Verkehrsablauf am Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring bei Überfahrt zweier Bahnen

Die Ergebnisse der durchgeführten Reisezeitvergleiche für den ÖPNV sind im folgenden Kapitel 5 zusammenfassend dargestellt.

5 Vergleich der Varianten und Auswahl einer Vorzugsvariante

Im Folgenden werden die Vor- und Nachteile der beiden Varianten 1 und 2 gegenübergestellt und mit der Bestandssituation verglichen.

Leistungsfähigkeit, Staulängen und Signalisierung Kfz

Die auf Basis der Simulationen ermittelten Leistungsfähigkeiten sind in der nachfolgenden Tabelle 7 nochmals zusammenfassend dargestellt. Es ist ersichtlich, dass beide Varianten mindestens die ausreichende Qualitätsstufe D nach HBS erreichen und vergleichbare Leistungsfähigkeiten aufweisen.

Beim Vergleich der Ergebnisse mit der Bestandssituation ist zu berücksichtigen, dass die Rahmenbedingungen zwischen den Planungsvarianten und der Bestandssituation unterschiedlich sind (andere Netzkonzeption, veränderte Fahrplanlage und zusätzliche Fahrplanfahrten in Planungsvarianten im Vergleich zum Bestand, teilweise höhere Zwischenzeiten in den Planungsvarianten); der direkte Vergleich mit dem Bestand ist deshalb nur bedingt aussagekräftig.

In der westlichen Zufahrt (Bismarckstr.) und südlichen Zufahrt (Hauptbahnhof) schneidet Variante 1 jeweils eine Qualitätsstufe schlechter ab als Variante 2. Der Rechtsabbieger aus dem Kaiserring in die Bismarckstr. ist hingegen mit QSV C etwas besser bewertet als in Variante 2. Dies kann u. a. aus der höheren Zahl der angeforderten Sonderphasen für den ÖPNV in Variante 1 auf Grund der Standanforderung und ungenutzter Freigabezeiten liegen – während der ÖPNV-Freigaben erhalten die Rechtsabbieger aus dem Kaiserring zeitweise ebenfalls Grünzeiten.

Es sollte berücksichtigt werden, dass die Variante 1 mit der Standanforderung eine höhere Störanfälligkeit aufweist. Resultierend daraus kann es temporär zu Fehleinflussungen des LSA-Ablaufs kommen, die sich nachhaltig negativ auf die Kfz-Leistungsfähigkeit auswirken können. Dieser Aspekt kann in den Simulationen nicht abgebildet werden und ist damit auch nicht in den ermittelten Leistungsfähigkeiten enthalten.

Tabelle 7: Zusammenfassung Leistungsfähigkeiten Kfz-Verkehr

Strecke	Zufahrt	Strom	Qualitätsstufe nach HBS		
			Bestand	Variante 1	Variante 2
			Aktueller Fahrplan	Zukünftiger Fahrplan mit mehr Fahrplanfahrten ²	
Bismarckstr.	Westliche Zufahrt	rechts/geradeaus	A	C	B
		links	B	B	B
Bismarckplatz	Östliche Zufahrt	rechts	A	B	B
		geradeaus	A	B	B
Kaiserring	Nördliche Zufahrt	rechts	C	C	D
		geradeaus	A	D	D
		links	C		
Hbf.	Südliche Zufahrt	rechts	C	C	B
		geradeaus	C	C	C

Die mittleren Rückstaulängen liegen in beiden Varianten etwas über den Staulängen im Bestand (umgerechnet ca. ein bis zwei Fahrzeuglängen, vgl. Tabelle 8). Im Variantenvergleich liegen die Staulängen in Variante 1 leicht über denen der Variante 2.

Deutlicher wird der Unterschied zwischen den beiden Varianten bei Betrachtung der maximalen Rückstaulängen in Tabelle 8. Während diese in der östlichen und westlichen Zufahrt in den Varianten sowie im Bestand annähernd gleich sind und im Bereich der maximal messbaren Länge bis zum Nachknoten liegen, werden Unterschiede in den Zufahrten Kaiserring und Hauptbahnhof sichtbar: bei diesen weist Variante 1 deutliche längere Staulängen auf als Variante 2.

Tabelle 8: Zusammenfassung Rückstaulängen Kfz-Verkehr

Strecke	Zufahrt	Strom	mittlere Rückstaulängen [m]			maximale Rückstaulängen [m]		
			Bestand	Variante 1	Variante 2	Bestand	Variante 1	Variante 2
			Aktueller Fahrplan	Zukünftiger Fahrplan mit mehr Fahrplanfahrten ²		Aktueller Fahrplan	Zukünftiger Fahrplan mit mehr Fahrplanfahrten ²	
Bismarckstr.	Westliche Zufahrt	rechts/geradeaus	20	33	27	105	112	111
		links	20	32	26	105	112	111
Bismarckplatz	Östliche Zufahrt	rechts	9	20	17	91	94	93
		geradeaus	11	20	19	90	90	93
Kaiserring	Nördliche Zufahrt	rechts	26	29	33	74	99	85
		geradeaus	21	31	34	74	100	86
		links	26			74		
Hbf.	Südliche Zufahrt	rechts	6	9	6	42	62	44
		geradeaus	6	9	6	42	62	44

² Im Planfall passieren im Vergleich zum Bestand 15 zusätzliche Straßenbahnen den untersuchten Knotenpunkt.

In Tabelle 9 sind die in den vorigen Unterkapiteln beschriebenen Aspekte zu den Signalisierungskonzepten mit dem Fokus auf den Kfz-Verkehr nochmals dargestellt:

Tabelle 9: Vergleich Signalisierung Variante 1 und 2

Kriterium Kfz-Verkehr	Variante 1	Variante 2
Tiefgaragenausfahrt Hbf.	1 Fahrstreifen (-)	2 Fahrstreifen (+)
Anzahl signalisierte Fußgängerfurten im Knotenarm Hbf.	5 Fußgängerfurten (-)	4 Fußgängerfurten (+)
Signalisierung Zufahrt Kaiserring	Mischspur für Geradeaus- und Linksabbiegeverkehr → Feindlichkeit zu Parallelverkehren (Kfz/Strab/Bus) (-)	
Beurteilung unter Berücksichtigung des verkehrsabhängigen Ablaufs/ÖPNV-Beschleunigung	Die Leistungsfähigkeit im Kfz-Verkehr wird am Knotenpunkt wesentlich von der Qualität und Wirksamkeit der ÖPNV-Beschleunigung beeinflusst. Fehlerhafte und ungenaue ÖPNV-Eingriffe bei der LSA-Steuerung wirken sich negativ auf den Kfz-Verkehr aus. Die Störanfälligkeit für die Wirksamkeit der ÖPNV-Beschleunigung (siehe Tabelle 10) ist bei der Variante 1 höher als bei der Variante 2. Aufgrund der hohen Auslastung des Knotenpunkts können diese Störeinflüsse maßgebend für den Gesamtablauf des Kfz-Verkehrs sein.	
	(-)	(+)

Leistungsfähigkeit und Störanfälligkeit ÖPNV

Die ÖPNV-relevanten Aspekte aus den vorigen Unterkapiteln fasst Tabelle 10 zusammen:

Tabelle 10: Vergleich Variante 1 und 2 - ÖPNV

Kriterium ÖPNV	Variante 1	Variante 2
ÖPNV Kapazität	Erweiterung um einen zusätzlichen Haltestellensteig erhöht die Durchlassfähigkeit und stabilisiert die Betriebsabläufe (+)	
Busführung	Bus aus Richtung Hauptbahnhof auf der Gleistrasse (-) Busse aus Richtung Kunsthalle über einen separaten Busfahrstreifen (+) und verschwenkt im Knotenpunktbereich zur Haltestelleneinfahrt (Gleis 4, Bahnsteig D) (-)	
Bussignalisierung	Busse aus Richtung Kunsthalle feindlich zu Parallelverkehren in gleicher Richtung (Kfz, Strab) (-)	
Anforderung ÖPNV aus Richtung Hbf.	als Standanforderung nach Fahrgastwechsel (FGW). Im täglichen Betrieb sind durch zusätzlichen FGW Störungen und ungenutzte Freigaben zu erwarten. (-)	Anmeldung mit Haltestellenausfahrt, stabile und konstante Annäherungszeiten (+)
	Fahrgastwechsel in 1. Position kann zu Störungen und Fehlbeeinflussung des LSA-Ablaufs führen (-)	
Beschleunigungsqualität	Die Flexibilität der LSA-Steuerung ist in beiden Varianten vergleichbar. Es können bis drei ÖPNV-Sonderphasen geschaltet werden, Mehrfachfreigaben einer ÖPNV-Signalgruppe sind in einem Umlauf möglich (+).	

Reisezeiten/Reisezeitdifferenzen im ÖPNV

Für ausgewählte Relationen werden in den Simulationen ergänzende Reisezeitmessungen für die ÖPNV-Fahrzeuge durchgeführt. Damit lassen sich u. a. Reisezeitunterschiede zwischen den Planungsvarianten ermitteln.

Die Reisezeiten werden im Busverkehr für die Relation Kunsthalle – Hauptbahnhof (und Gegenrichtung) ermittelt. Im Bahnverkehr werden die Relationen Kunsthalle – Hauptbahnhof sowie Tattersall – Hauptbahnhof betrachtet.

Die Messungen Kunsthalle/Tattersall – Hauptbahnhof umfassen jeweils die Streckenabschnitte zwischen den Haltestellen (exklusive Halt. Im Busverkehr beginnt die Messung nach dem Signalgeber an der Einmündung L14 am Kaiserring, sodass die dort lokalisierte Lichtsignalanlage nicht in der Messung berücksichtigt ist). Die Messungen Hauptbahnhof – Kunsthalle/Tattersall beginnen auf Höhe der heutigen Bahnsteige und enden nach dem Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring. Die Fahrgastwechselzeiten an der Haltestelle Hauptbahnhof sind damit in der Messung inkludiert.

Es ergeben sich folgende Zeitdifferenzen zwischen Variante 2 und Variante 1 für die betrachteten Relationen:

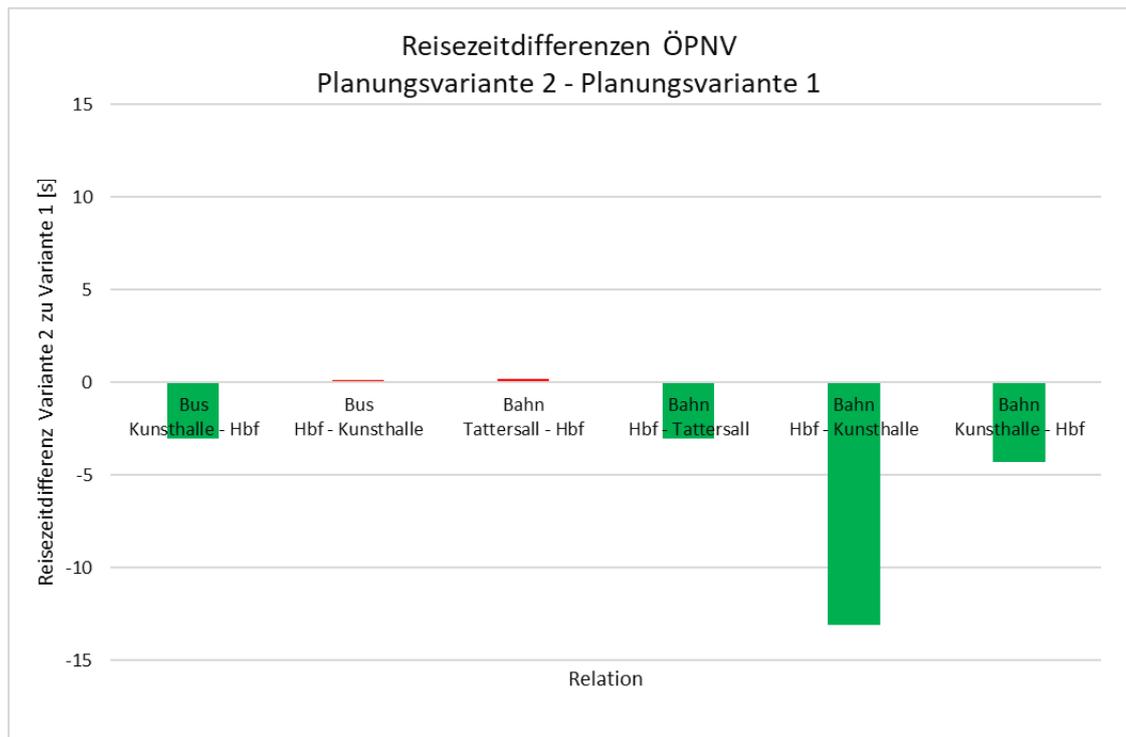


Abbildung 19: Reisezeitdifferenzen im ÖPNV auf ausgewählten Relationen

Abbildung 19 zeigt, dass Variante 2 in Summe Reisezeitvorteile gegenüber Variante 1 aufweist. In Variante 1 ergeben sich insbesondere im Bahnverkehr zwischen Hauptbahnhof und Kunsthalle deutlich höhere Reisezeiten als in Variante 2. Das Zusammenspiel mehrerer Effekte – wie beispielsweise der Halt in vorderer Position für die Standanforderung, die zeitweise durchgeführten zweiten Fahrgastwechsel sowie ungenutzte Freigabezeiten – führen in Variante 1 zu einer Kumulation der Wartezeiten. Dies resultiert dann in einer zusätzlichen Verlustzeit im Vergleich zu Variante 2. In der parallelen Fahrrelation Hauptbahnhof – Tattersall verkehren deutlich weniger Bahnen, weshalb hier die Reisezeitdifferenzen in beiden Varianten insgesamt niedriger ausfallen.

Insgesamt betrachtet schneidet Variante 2 im Hinblick auf die Reise- und Verlustzeiten im ÖPNV besser ab als Variante 1. Der visuelle Eindruck aus den Simulationen

wird durch die Ergebnisse bestätigt, in Variante 2 erscheint die ÖPNV-Abwicklung flüssiger als bei Variante 1.

Umsteigebeziehungen im ÖPNV

Bei Variante 1 liegen alle vier Bahnsteige auf Höhe der Tiefgaragenausfahrt. In Variante 2 sind hingegen die zwei Bahnsteige für Bahnen in Fahrtrichtung Tattersall/Kunsthalle auf dem Bahnhofsvorplatz lokalisiert (analog der heutigen Situation). Die aus dem Bahnhofsgebäude kommenden Fahrgäste mit Fahrtzielen in Richtung Tattersall/Kunsthalle haben in Variante 2 folglich kürzere Gehzeiten und -wege zur Bahn/Bus als in Variante 1. In der entgegengesetzten Fahrtrichtung Universität/Lindenhofplatz gibt es hingegen keine Unterschiede zwischen den Varianten 1 und 2 – bei beiden sind die Bahnsteige ungefähr im selben Bereich geplant.

Verkehrssicherheit

In Variante 1 muss die Tiefgaragenausfahrt im südlichen Kaiserring auf Grund des notwendigen Platzbedarfs für die vier Parallelbahnsteige deutlich weiter nach rechts in Richtung der Bebauung verlegt werden als in Variante 2. Wegen der geringen verbleibenden Fläche zwischen dem äußeren, rechten Bahnsteig und des vorhandenen Treppenaufgangs kann die Tiefgaragenausfahrt im Bereich vor der Lichtsignalanlage nur einstreifig (als Mischfahrstreifen) ausgeführt werden. Eine Aufweitung des Querschnitts wie in der Bestandssituation bzw. Variante 2 ist nicht möglich. Damit zusammenhängend kann es vorkommen, dass die sich in der Warteschlange befindenden Fahrzeuge aus der Tiefgarage zeitweise in der Rampenneigung stehen. Dies zeigen auch die Auswertungen zu den Rückstaulängen in Tabelle 8. Im Bereich der Rampenneigung sind die Sichtverhältnisse eingeschränkt, was hinsichtlich ggf. querender Fußgänger/Radfahrer ein erhöhtes Gefahrenpotenzial mit sich bringt. Auf Grund der Querschnittsaufweitung und der sich dadurch ergebenden größeren Aufstellfläche für die aus der Tiefgarage kommenden Fahrzeuge ist die Situation in Variante 2 weniger kritisch. Aus verkehrssicherheitstechnischen Aspekten ist sie deshalb als günstiger zu bewerten.

Zusammenfassende Darstellung

In der folgenden Tabelle 11 sind die geprüften Kriterien mit Bewertungsergebnis für beide Varianten aufgeführt. Neutral gewichtete Kriterien (keine signifikante Verbesserung/Verschlechterung im Vergleich zur anderen Variante/Bestand) sind als Kreise dargestellt (O), positiv gewichtete als + und negativ gewertete als -.

Kriterien	Varianten	
	1 (vier Parallelbahnsteige)	2 (je zwei Parallelbahnsteige)
Leistungsfähigkeit, Staulängen und Signalisierung Kfz	-	+
Leistungsfähigkeit ÖPNV	+	+
Störanfälligkeit ÖPNV-Beschleunigung	-	O
Reisezeiten ÖPNV	-	O
Umsteigebeziehungen im ÖPNV	-	O
Verkehrssicherheit	-	O

Tabelle 11: Übersicht Variantenbewertung

Fazit:

Unter Berücksichtigung aller Untersuchungskriterien schneidet **Variante 2** besser ab und wird daher als **Vorzugsvariante** angesehen.

6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung waren die folgenden beiden Varianten zum Umbau der Haltestelle Mannheim Hauptbahnhof verkehrlich zu untersuchen:

- Variante 1: vier neue Parallelbahnsteige (zwei pro Richtung) auf dem Kaiserring und Rückbau der derzeit vorhandenen drei Bahnsteige vor dem Hauptbahnhof
- Variante 2: Erhalt bzw. Ausbau von zwei existierenden Bahnsteigen auf 70 m Nutzlänge (Fahrtrichtung Kunsthalle/Tattersall) und Neubau von zwei Bahnsteigen auf dem Kaiserring (Fahrtrichtung Universität/Lindenhofplatz).

Im Fokus stand hierbei die Abwicklung des Verkehrs am Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring in der abendlichen Spitzenstunde. Es sollten sowohl die Auswirkungen auf den Individualverkehr als auch auf den Öffentlichen Verkehr beleuchtet werden.

In einer ersten Stufe der Untersuchung wurde zunächst die Bestandssituation analysiert und aktuelle Verkehrszahlen erhoben. Anschließend wurden für die beiden o. g. Varianten Knotenpunkt- sowie Signalisierungskonzepte erarbeitet. In Anlehnung an die Bestandssteuerung der Lichtsignalanlage Bismarckstr./Kaiserring wurden verkehrsabhängige Steuerungen für beide Varianten entwickelt.

In Stufe zwei wurden dann ergänzend zu den überschlägigen Leistungsfähigkeitsbetrachtungen aus der Machbarkeitsuntersuchung³ detaillierte Leistungsfähigkeitsuntersuchungen auf Basis von mikroskopischen Verkehrsflusssimulationen durchgeführt. Diese liefern exaktere Ergebnisse als die überschlägigen Leistungsfähigkeitsberechnungen, da die verkehrsabhängige Steuerung der Lichtsignalanlage sowie komplexe Verkehrsabläufe und Abhängigkeiten zwischen Knotenpunkten realitätsnah abgebildet werden können.

Zunächst wurde die Bestandssituation im Simulationsmodell nachgebildet. Aufbauend darauf wurden Simulationsmodelle für beide Planungsvarianten erstellt. Die in der ersten Stufe der Untersuchung entwickelten verkehrsabhängigen Steuerlogiken wurden in diese Modelle implementiert. Die Ergebnisse der Simulationen wurden ausgewertet und vergleichend gegenübergestellt.

Folgende Erkenntnisse haben sich in der simulationsbasierten Untersuchung ergeben:

- Grundsätzlich kann das Verkehrsaufkommen in beiden Varianten am Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring noch leistungsfähig abgewickelt werden.
- Es wird mindestens die Qualitätsstufe D nach HBS in den Knotenzufahrten erreicht. Variante 2 ist im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit und Rückstaulängen im Kfz-Verkehr vorteilhafter als Variante 1.

³ Schlussbericht zum Verkehrsgutachten Umbau Haltestelle Mannheim Hauptbahnhof vom 14. Februar 2019

- Im Bereich der Abwicklung des ÖPNV schneidet Variante 2 ebenfalls etwas besser ab als Variante 1, die Reise- und Verlustzeiten fallen insgesamt geringer aus. Nachteilig in Variante 1 ist insbesondere die Lage der Haltestelle unmittelbar vor der Lichtsignalanlage am Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring sowie das damit verbundene Konzept der Standanforderung. Dieses weist eine höhere Störanfälligkeit auf und kann neben ungenutzten Freigabezeiten auch zu einer Fehlbeeinflussung des Ablaufs an der Lichtsignalanlage führen. Dadurch kann sich wiederum die Leistungsfähigkeit im Kfz- und Bahnverkehr verschlechtern.
- Hinsichtlich der Umsteigebeziehungen im ÖPNV und verkehrssicherheitstechnischen Aspekten zeigt Variante 2 leichte Vorteile gegenüber Variante 1.
- Bei beiden Varianten kann die Gesamtkapazität im ÖPNV erhöht werden. Insgesamt können mehr Busse und Bahnen den Knotenpunkt passieren als in der Bestandssituation.
- Eine Verlegung der Wendemöglichkeit im Kaiserring in Richtung Hauptbahnhof erscheint verkehrlich als ambitioniert und wird nicht empfohlen (gilt für beide Varianten). Die Gefahr der Überstauung durch an der Lichtsignalanlage Bismarckstr./Kaiserring wartende Fahrzeuge steigt mit geringerer Entfernung des Wenders zu dieser. Dieser Aspekt erfährt in den Varianten durch den geplanten Entfall des mittleren Fahrstreifens im Kaiserring zu Gunsten der Busspur zusätzliche Brisanz.
- Es wird empfohlen, für den Bereich des Beginns der Busspur auf Höhe der Einmündung L14/Kaiserring geeignete verkehrstechnische Maßnahmen zu entwickeln. Diese können die Verflechtungssituation verbessern und einem regelwidrigen Befahren der Busspur vorbeugen. Erste Maßnahmenvorschläge sind in der Untersuchung genannt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Planungsvariante 2 aus verkehrlicher Sicht die Vorzugsvariante darstellt. Sie ermöglicht eine leistungsfähige Abwicklung des Verkehrs am Knotenpunkt Bismarckstr./Kaiserring während der untersuchten abendlichen Spitzenstunde.

7 Quellenverzeichnis

Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen HBS 2015. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Kommission „Bemessung von Straßenverkehrsanlagen“; Köln.

Richtlinien für Lichtsignalanlagen – Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr – RiLSA 2015. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe „Verkehrsmanagement“; Köln.

8 Anlagen

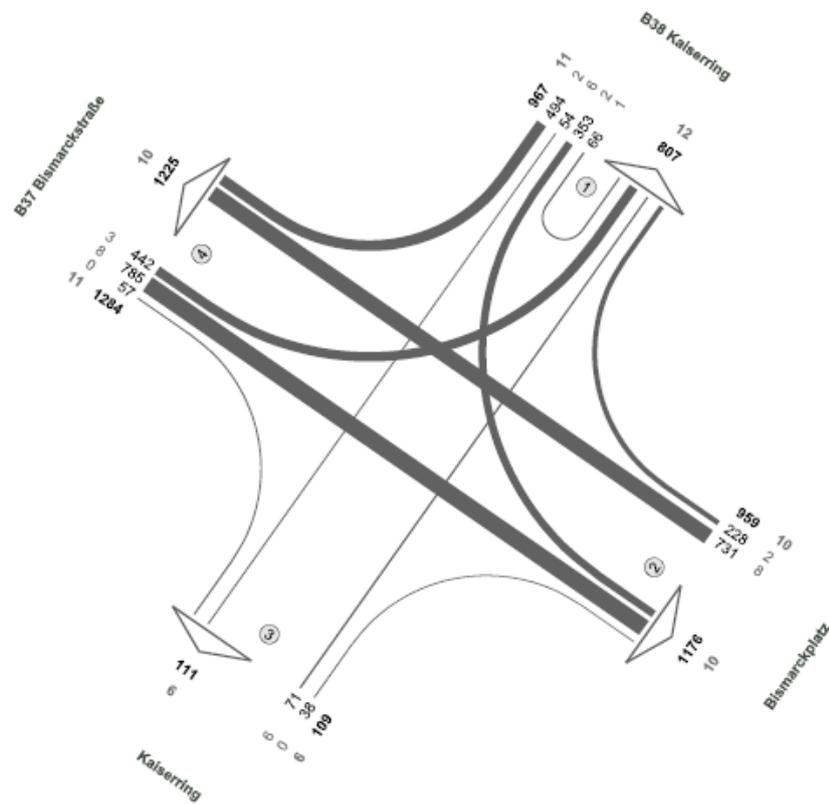
A Ergebnisse Knotenpunkterhebung Dienstag, 15.05.2018

Verkehrserhebung Mannheim



B38 Kaiserring / B37 Bismarckstraße

Zst.: 01
15.05.2018
16:30 - 17:30 Uhr
Abendspitze



Fz-Klassen	Kfz	SV>3,5t
Arm 1	1774	23
Arm 2	2135	20
Arm 3	220	12
Arm 4	2509	21
Zst.: 01	3319	38

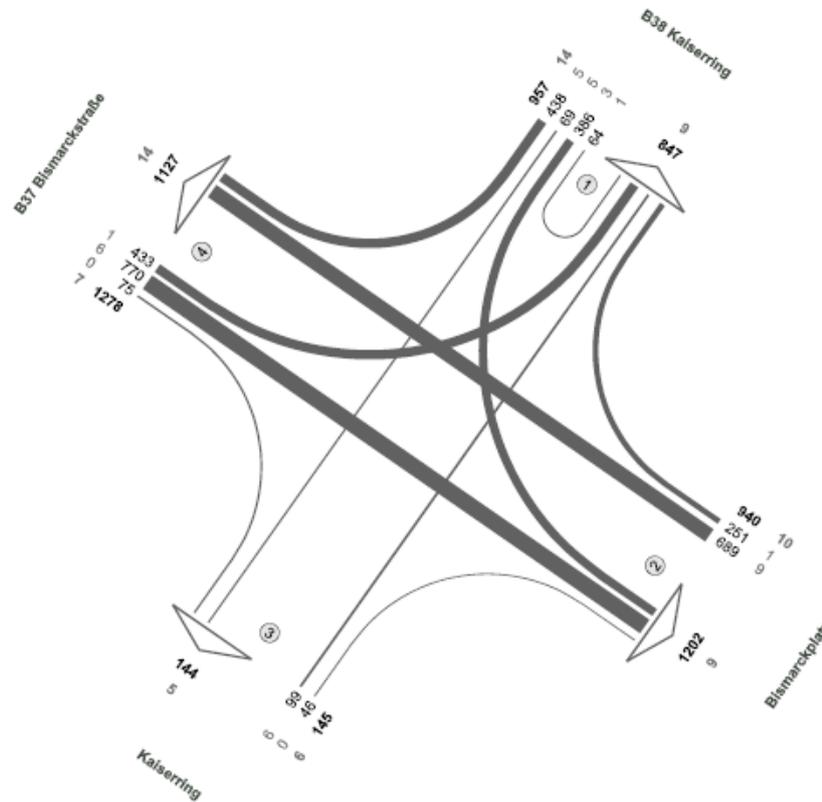
B Ergebnisse Knotenpunkterhebung Mittwoch, 16.05.2018

Verkehrserhebung Mannheim



B38 Kaiserring / B37 Bismarckstraße

Zst.: 01
 16.05.2018
 17:00 - 18:00 Uhr
 Abendspitze



Fz-Klassen	Kfz	SV>3.5t
Arm 1	1804	23
Arm 2	2142	19
Arm 3	289	11
Arm 4	2405	21
Zst.: 01	3320	37

Stadt Mannheim

Knoten: 1/120

Bismarckstraße / Kaiserring

Zwischenzeitmatrizen \ ZZ SDM

Nr	Name	Kurzform	Beschreibung	FM	ZB	Bestimmung	Geprüft von/am	GV/SIM(SIS)	SzZZ	VA(SDM)	Überwachungsart
2	ZZ-SDM	ZZ-SDM		FM 1	ZB 1-FZ	MANUELL		GV ZZ-Matrix 2	0	1	

r. SG	a. SG	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
		1/1a	2/2b	3/3b	4/4a	5	6-6b	7	8-8b	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	1/1a																												
2	2-2b	8																											
3	3-3b	7																											
4	4/4a																												
5	5																												
6	6-6b	11	7	5																									
7	7	4	4																										
8	8-8b	4	5	8	7	7																							
9	21	12	8																										
10	22	7	12	22																									
11	23	12	12	10																									
12	24			11																									
13	25/25a																												
14	BFG25/25a																												
15	26																												
16	27																												
17	BFG26/26a																												
18	28	3																											
19	29	3																											
20	BFG29/29a	3																											
21	41	6	7																										
22	42	6	8																										
23	43	8	6																										
24	44	6	7																										
25	61	4	7																										
26	62	8																											
27	63	4	6	13	10	9																							
28	91																												

r. SG = räumende Signalgruppe, a. SG = einfahrende Signalgruppe

letzter Bearbeiter / letzte Änderung = Hecht, / 19.08.2016 16:36:15

Gültig seit:

25. Aug. 2016

Hecht,

D5177

23.08.2016

Siemens AG RC-DE MO SUED EN

Straffic Office

5 - 3 -

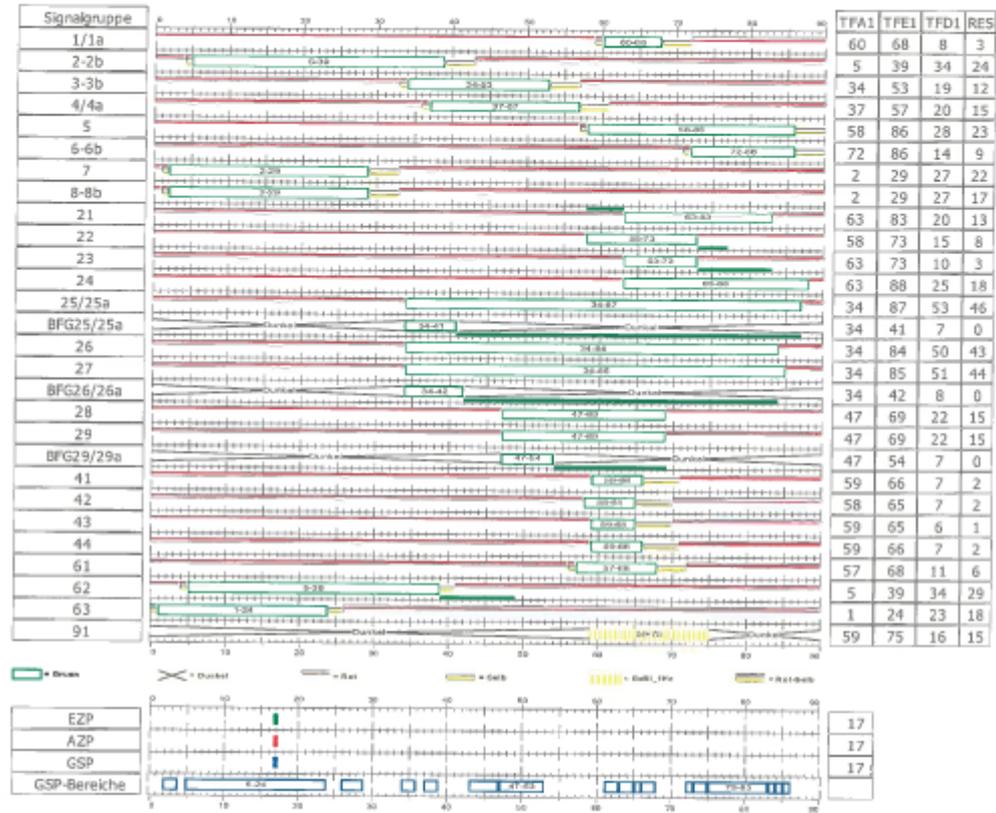
Stadt Mannheim

Knoten: 1/120

Bismarckstraße / Kaiserring

Signalprogramme \ SP 4

Lfd.Nr.	O-Nr.	Kurzname	Name	Beschreibung	IU	Steuergerätelef.Nr.	Art	Versetz	Belastungstabelle	ZZMatrix	VBMatrix	VEMatrix	ZWD	EP	AP	Startsekunde
4	4	SP 4	SP 4		00		4	86	0	ZZ 8DM			0	EP 1	AP 1	1



letzter Bearbeiter / letzte Änderung = Hecht, / 23.08.2016 15:32:31

Gültig seit:

25. Aug. 2016

Hecht,

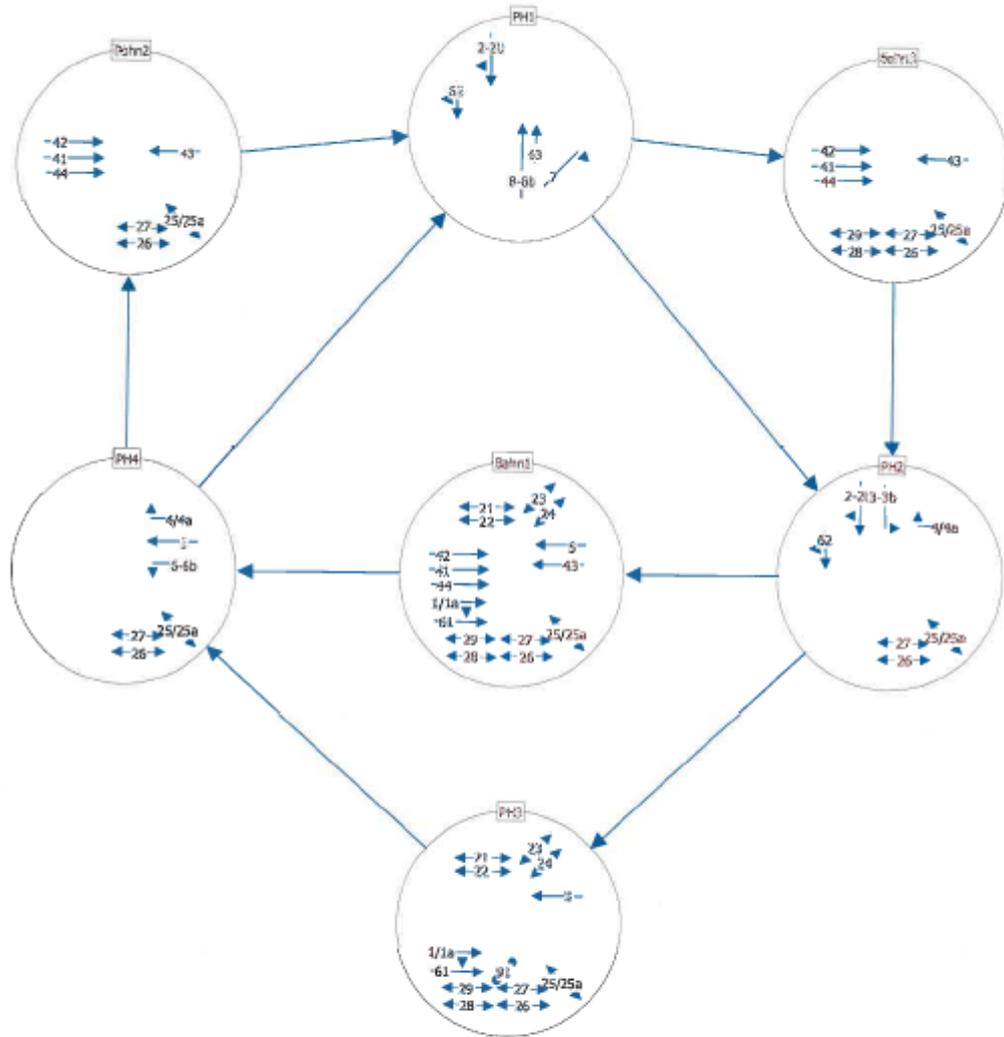
D5177

23.08.2016

Siemens AG RC-DE MO SUED EN

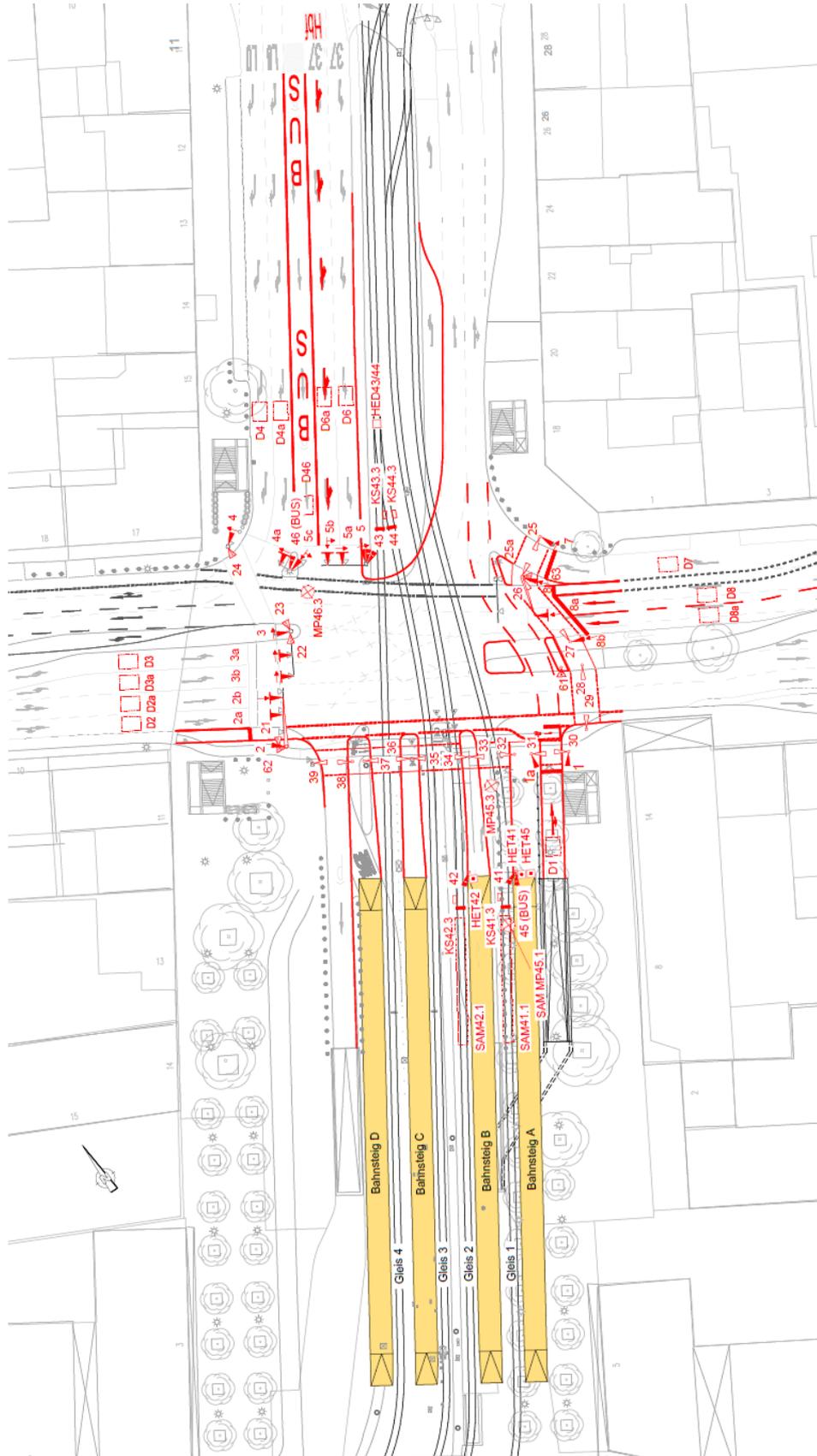
Sittraffic Office

8 - 4 +

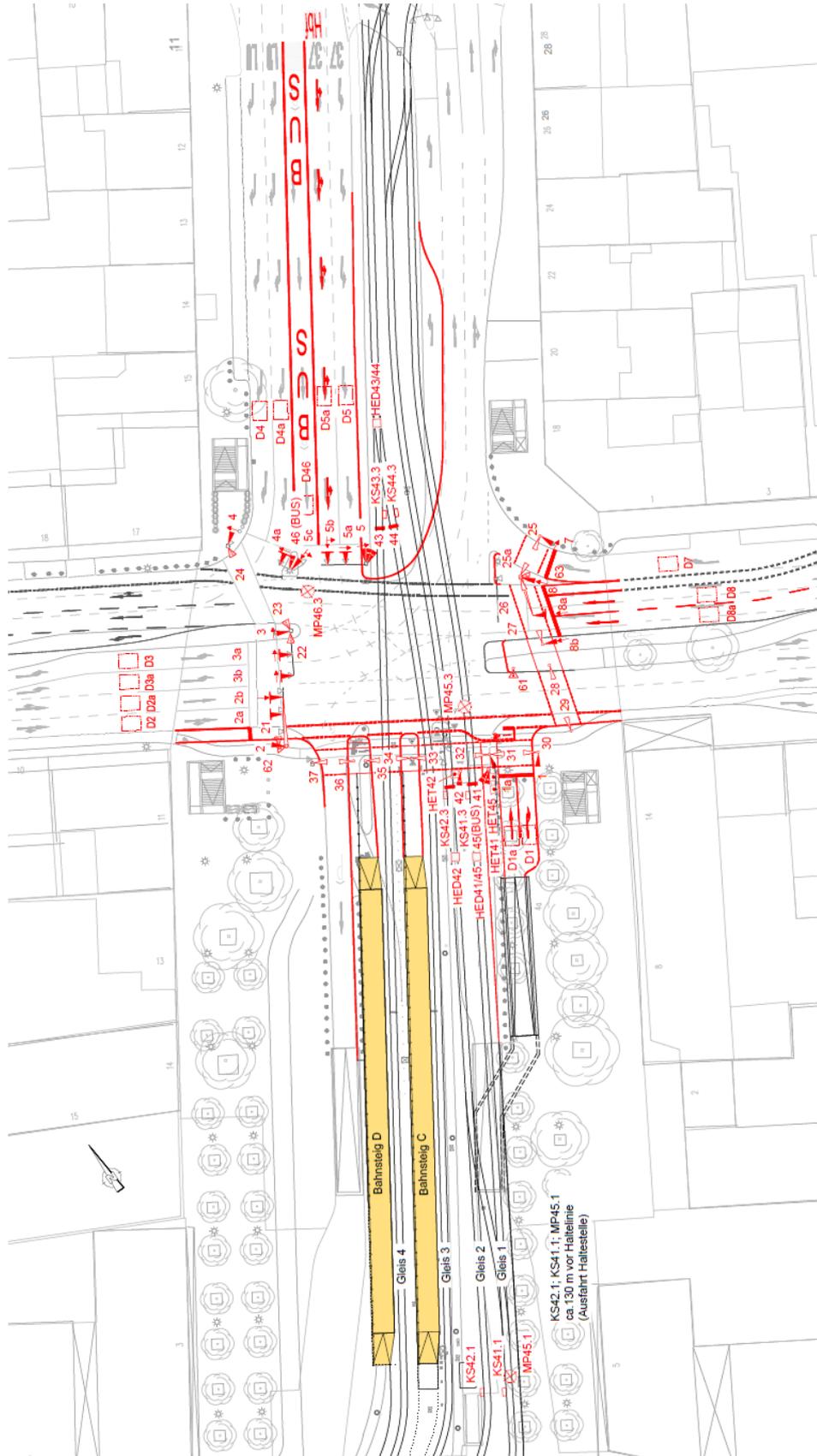


Gültig seit:
25. Aug. 2016

D-1 Verkehrstechnischer Entwurf - Variante 1



D-2 Verkehrstechnischer Entwurf - Variante 2



**D-3 Verkehrstechnischer Entwurf - Phasenfolgeplan
(Variante 1 und 2 grundsätzlich gleich)**

