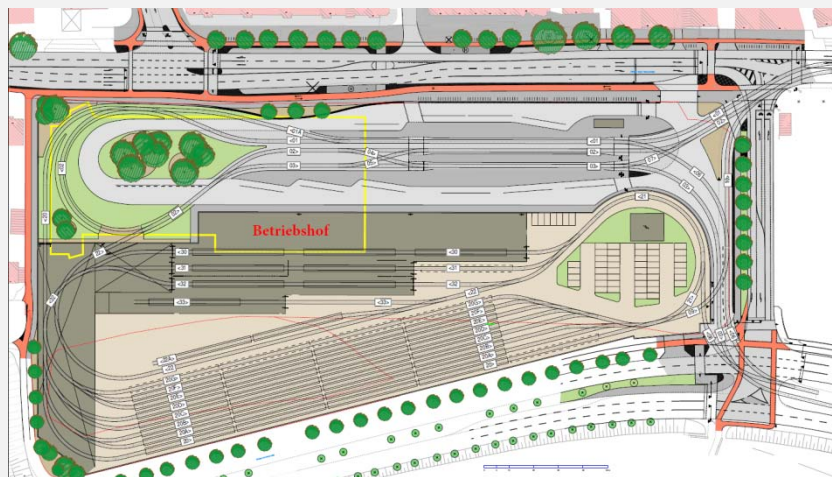


Bremer Straßenbahn AG/ SIEMENS AG

NOSE NEBUG - Verkehrssimulation



Stand: 24.10.2017

Erstellt durch die Siemens AG in Zusammenarbeit mit der
Fachgruppe B11 Signalanlagen der Bremer Straßenbahn AG

Projekt NOSE NEBUG – Eignungstest der geplanten Umsteigeanlage/ -Konzepts mittels einer Verkehrssimulation

Auftraggeber:

Bremer Straßenbahn AG
Flughafendamm 12
28199 Bremen

Auftragnehmer:

Siemens AG
Siemens Deutschland
RC-DE MO NORD
Universitätsallee 21-23
28359 Bremen

Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Helmut Schwiebert
RC-DE MO NORD EN
Universitätsallee 21-23
28359 Bremen
Tel. 0421/364-2018

Dipl.-Ing. Bartosch Drewniok
RC-DE MO NORD EN
Universitätsallee 21-23
28359 Bremen
Tel. 0421/364-2079

Andreas Pfeiffer
RC-DE MO NORD EN
Ausschläger Elbdeich 2
20539 Hamburg
Tel. 040/ 2889-2106

Inhalt

1 Aufgabenstellung	6
2 Grundlagen der Untersuchung	7
2.1 Planerische Grundlagen	7
2.1.1 Gesamtlageplan Betriebshof/ Umsteigeanlage	7
2.1.2 Liniennetzplan BSAG/ Fahrpläne	7
2.2 Linienvverläufe der Busse	8
2.3 Belegungsplan	10
2.4 Signalprogramme/Koordinierungen	10
2.5 Verkehrsmengen Prognose	12
2.6 Lageplanentwurf Az546	14
2.6.1 Einfahrt der Straßenbahnen in die Umsteigeanlage/Betriebshof.....	14
2.6.2 Ausfahrt der Straßenbahnen/Busse aus der Umsteigeanlage	15
2.6.3 Einfahrt des Busses in die Umsteigeanlage	16
2.6.4 Fußgänger-/ Radfahrerführung	17
2.7 Lageplanentwurf Az40	18
2.7.1 Ausfahrt der Straßenbahnen aus der Umsteigeanlage	18
2.7.2 Ein-/Ausfahrt der Busse in bzw. aus der Umsteigeanlage	19
2.7.3 Zusammenhänge zwischen Az40 und Az546	21
2.7.3.1 Abhängigkeiten ÖPNV	21
2.7.3.2 Abhängigkeiten MIV	22
2.8 Lageplanentwurf Az83	23
2.9 Lageplanentwurf Az545	24
3 Untersuchungs-Methodik	25
3.1 Simulation	25
3.2 Verkehrsabhängige LSA-Steuerungen	26
3.3 Ermittlung der Qualitäts-Kenngrößen	27
4 Planfall „Regelfall“	29
4.1 Beschreibung.....	29
4.2 Auswertung Regelbetrieb	30
4.2.1 Belegungsplan Umsteigeanlage.....	30
4.2.2 Auswertung nach HBS Az546	31
4.2.3 Maximale Wartezeiten für den ÖPNV Az546	32
4.2.4 Auswertung nach HBS Az40	33
4.2.5 Maximale Wartezeiten für den ÖPNV Az40	34
5 Störungsszenarien	35
5.1 Beschreibung Störszenario 1a.....	35

5.1.1 Auswertung Störungsszenario 1a	35
5.1.1.1 Belegungsplan Umsteiganlage	35
5.1.1.2 Auswertung nach HBS Az546	37
5.1.1.3 Maximale Wartezeit Az546	38
5.1.1.4 Auswertung nach HBS Az40	38
5.1.1.5 Maximale Wartezeit Az40	39
5.2 Beschreibung Störszenario 1b	40
5.2.1 Auswertung Störungsszenario 1b	40
5.2.1.1 Belegungsplan Umsteiganlage	40
5.2.1.2 Auswertung nach HBS Az546	42
5.2.1.3 Maximale Wartezeit Az546	43
5.2.1.4 Auswertung nach HBS Az40	44
5.2.1.5 Maximale Wartezeit Az40	45
5.3 Beschreibung Störszenario 1c	46
5.3.1 Auswertung Störungsszenario 1c	46
5.3.1.1 Belegungsplan Umsteiganlage	46
5.3.1.2 Auswertung nach HBS Az546	48
5.3.1.3 Maximale Wartezeit Az546	49
5.3.1.4 Auswertung nach HBS Az40	49
5.3.1.5 Maximale Wartezeit Az40	50
5.3.1.6 Auswertung nach HBS Az545	50
5.3.1.7 Maximale Wartezeit Az545	51
5.4 Beschreibung Störszenario 1d	52
5.4.1 Auswertung Störungsszenario 1d	52
5.4.1.1 Belegungsplan Umsteiganlage	52
5.4.1.2 Auswertung nach HBS Az546	54
5.4.1.3 Maximale Wartezeit Az546	55
5.4.1.4 Auswertung nach HBS Az40	56
5.4.1.5 Maximale Wartezeit Az40	57
5.5 Beschreibung Störszenario 2a	58
5.5.1 Auswertung Störungsszenario 2a	58
5.5.1.1 Belegungsplan Umsteiganlage	58
5.5.1.2 Auswertung nach HBS Az546	60
5.5.1.3 Maximale Wartezeit Az546	60
5.5.1.4 Auswertung nach HBS Az40	61
5.5.1.5 Maximale Wartezeit Az40	61
5.6 Beschreibung Störszenario 2b	62
5.6.1 Auswertung Störungsszenario 2b	62
5.6.1.1 Belegungsplan Umsteiganlage	62

5.6.1.2 Auswertung nach HBS Az546	64
5.6.1.3 Maximale Wartezeit Az546	65
5.6.1.4 Auswertung nach HBS Az40	65
5.6.1.5 Maximale Wartezeit Az40	66
5.7 Beschreibung Störszenario 2c	67
5.7.1 Auswertung Störungsszenario 2c	67
5.7.1.1 Belegungsplan Umsteigeanlage	67
5.7.1.2 Auswertung nach HBS Az546	69
5.7.1.3 Maximale Wartezeit Az546	70
5.7.1.4 Auswertung nach HBS Az40	71
5.7.1.5 Maximale Wartezeit Az40	72
5.8 Beschreibung Störszenario 3a	73
5.8.1 Auswertung Störungsszenario 3a	73
5.8.1.1 Belegungsplan Umsteigeanlage	73
5.8.1.2 Auswertung nach HBS Az546	75
5.8.1.3 Maximale Wartezeit Az546	76
5.8.1.4 Auswertung nach HBS Az40	76
5.8.1.5 Maximale Wartezeit Az40	77
5.9 Beschreibung Störszenario 3b	78
5.9.1 Auswertung Störungsszenario 3b	78
5.9.1.1 Belegungsplan Umsteigeanlage	78
5.9.1.2 Auswertung nach HBS Az546	80
5.9.1.3 Maximale Wartezeit Az546	81
5.9.1.4 Auswertung nach HBS Az40	82
5.9.1.5 Maximale Wartezeit Az40	83
5.10 Beschreibung Störszenario 4a	84
5.10.1 Auswertung Störungsszenario 4a	84
5.10.1.1 Belegungsplan Umsteigeanlage	84
5.10.1.2 Auswertung nach HBS Az546	86
5.10.1.3 Maximale Wartezeit Az546	87
5.10.1.4 Auswertung nach HBS Az40	88
5.10.1.5 Maximale Wartezeit Az40	89
5.11 Beschreibung Störszenario 4b	90
5.11.1 Auswertung Störungsszenario 4b	90
5.11.1.1 Belegungsplan Umsteigeanlage	90
5.11.1.2 Auswertung nach HBS Az546	92
5.11.1.3 Maximale Wartezeit Az546	93
5.11.1.4 Auswertung nach HBS Az40	94
5.11.1.5 Maximale Wartezeit Az40	95

5.12 Beschreibung Störszenario 5a.....	96
5.12.1 Auswertung Störungsszenario 5a	96
5.12.1.1 Belegungsplan Umsteigeanlage	96
5.12.1.2 Auswertung nach HBS Az546	98
5.12.1.3 Maximale Wartezeit Az546	99
5.12.1.4 Auswertung nach HBS Az40	100
5.12.1.5 Maximale Wartezeit Az40	101
6 Zusammenfassung.....	102
6.1 Fazit.....	102
6.2 Empfehlungen	104
6.2.1 Az40/ Signalgruppe D	104
6.2.2 Az40/ Signalgruppe S3	104
6.2.3 Az40/ Gesonderter Fahrstreifen für das Signal S1	104
6.2.4 Az546/ SEV/ Nachlinien	104
6.2.5 Detektion	104
Anlagen:	
1. Lageplan der Variante B2 des Betriebshofes	
2. Lageplan Az546	
3. Lageplan Az40	
4. Lageplan Az83	
5. Lageplan Az545	
6. Kurzfassung der verkehrstechnischen Dokumentation Az40	
7. Kurzfassung der verkehrstechnischen Dokumentation Az546	
8. Ergebnisse der Verkehrszählung	
9. Videos zur Simulation, digital	

1 Aufgabenstellung

Der Betriebshof Gröpelingen einschließlich der Umsteigeanlage wird seitens der BSAG im Rahmen des Projektes U-NOSE überplant. In diesem Zuge beauftragt die BSAG die SIEMENS AG den geplanten Betriebshof/Umsteigeanlage einem Stresstest mittels einer Simulation zu unterziehen.

Der Eignungstest der geplanten Umsteigeanlage/ -Konzepts erfordert die Einbeziehung der umliegenden Lichtsignalanlagen (LSA):

- Az40: Gröpelinger Heerstr./ Depstedter Str.
- Az546: Stapelfeldtstr./ Depstedter Str.
- Az83: Gröpelinger Heeestr./ Havemannstr.
- Az545: Stapelfeldtstr./ Havemannstr.

Dies schließt die Zeichnung der Lageplanentwürfe für die angrenzenden LSA mit ein. Des Weiteren müssen die LSA gemäß den allgemein verbindlichen Vorgaben des Amtes für Straßen und Verkehr programmiert werden.

Es soll eine Verkehrssimulation für den Regelfall als auch für vordefinierte Störungsszenarien (Stresstest) erstellt, durchgeführt sowie mittels geeigneter Kenngrößen analysiert werden, hierbei müssen die vom AG zur Verfügung gestellten Zählzeiten (MIV) sowie Fahrplandaten (ÖPNV) in das Simulationsmodell eingebaut werden.

Der Analysezeitraum für das Simulationsmodell sowie die Auswertung der Daten umfasst die verkehrliche Nachmittags - Spitzenstunde.

Zudem sind drei Präsentationstermine zur Vorstellung der Ergebnisse vorgesehen.

2 Grundlagen der Untersuchung

2.1 Planerische Grundlagen

2.1.1 Gesamtlageplan Betriebshof/ Umsteigeanlage

Seitens des AG wird ein maßstäblicher Lageplan der Variante B2 des Betriebshofes einschließlich der Umsteigeanlage übergeben.

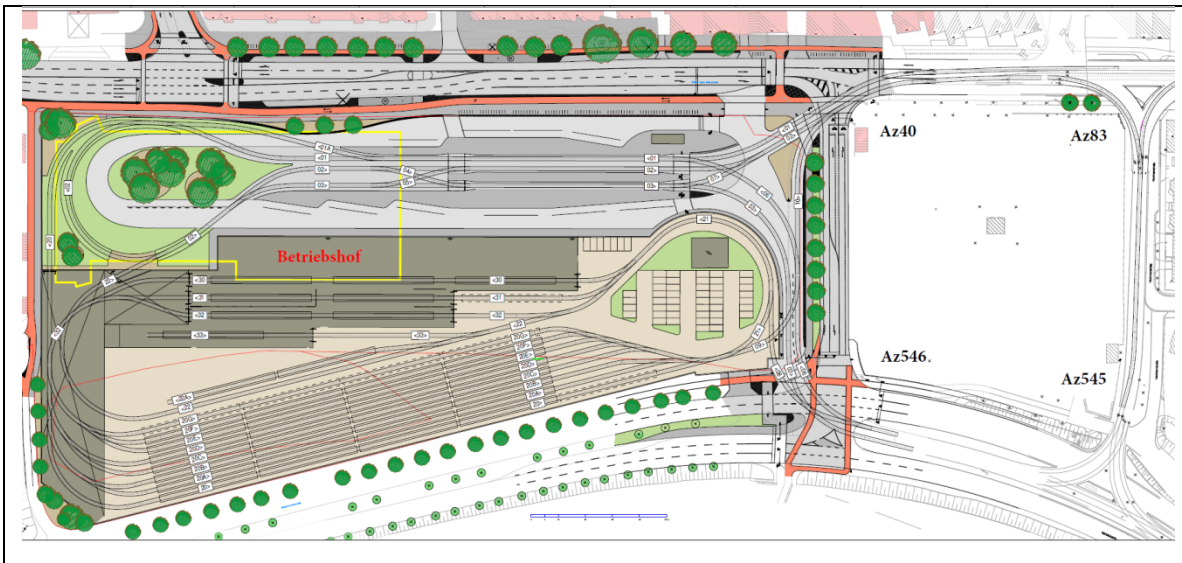


Bild 1: Neu- und Umbauplanung Betriebshof Gröpelingen Vorentwurf Lageplan

Dieser Lageplan zeigt ebenfalls die angrenzenden vier LSA Az 40, Az546, Az83 und die Az545. Auf Basis dieses Lageplans wird das Simulationsnetz aufgebaut, zudem dient dieser als Grundlage für die einzelnen Signallagepläne. Eine wesentliche Änderung ist die Eingleisigkeit zwischen der Az83 und der Az545. Hier wird die südwärts verlaufende Strecke Gröpelinger Heestraße in Richtung Stapelfeldstraße aufrecht erhalten.

2.1.2 Liniennetzplan BSAG/ Fahrpläne

Ein weiterer Bestandteil für die Auftragserfüllung sowie eine Grundlage für die Simulation stellt der Stadtnetzplan der BSAG dar, der die Linienwege der Bahnen sowie der Busse, welche die Umsteigeanlage befahren abbildet.

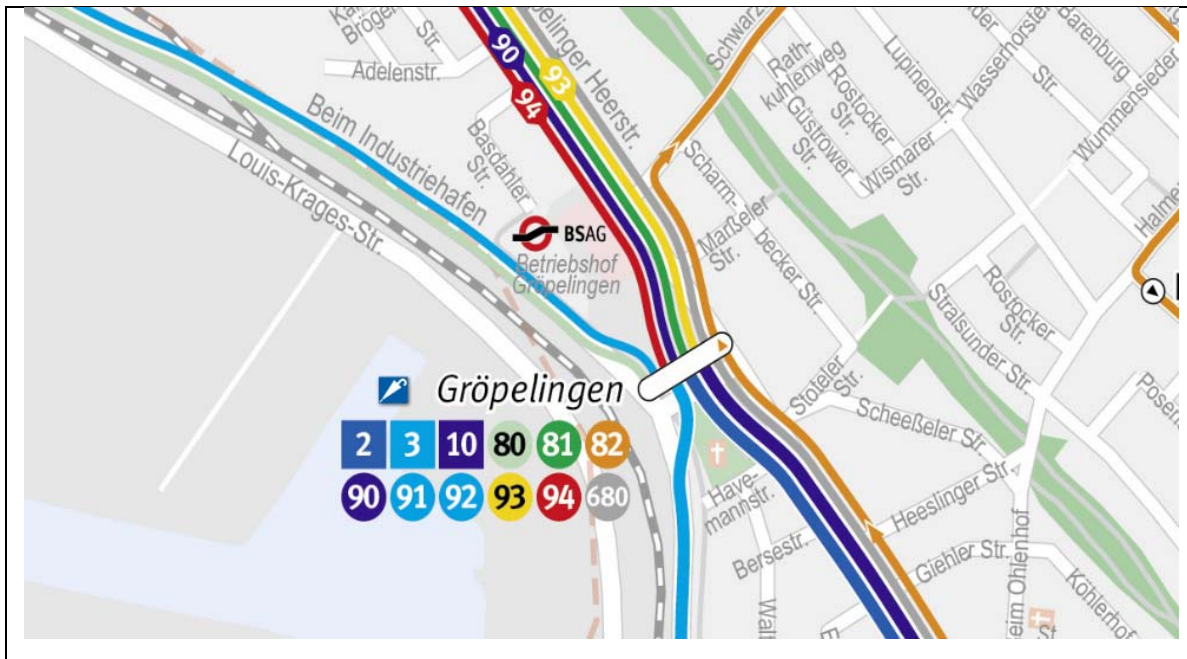


Bild 2: Stadtnetzplan der BSAG

Die Umsteigeanlage wird von den Straßenbahnlinien 3, 3S, 2 sowie der Linie 10 befahren. Zudem verkehren dort die Buslinien 80, 81, 82, 90, 91, 92, 93, 94, die Nachtlinie N7 sowie die Regional-Buslinie 680. Die Regional-Buslinie wird im Planfall „Regelfall“ ihre Haltestelle außerhalb der Umsteigeanlage haben und wird daher im weiteren Verlauf der Untersuchung nicht explizit betrachtet.

Der voraussichtliche Fahrplan samt Belegungsplan wird seitens des AG übergeben und wird entsprechend der Simulation zu Grunde gelegt.

2.2 Linienverläufe der Busse

Weitere Grundlagen für die Simulation sowie die Untersuchung sind die Linienverläufe der Bahnen sowie der Busse. Die Straßenbahnen der Linien 3 und 3S befahren die Umsteigeanlage über die südliche Ein-/ Ausfahrt über die Stapelfeldstraße sowie die LSA Az546 und Az545. Die Straßenbahnlinien 2 und 10 befahren die Umsteigeanlage über die nördliche Ein-/ Ausfahrt über die Gröpelinger Heerstraße sowie die LSA Az40 und Az83.

Die Linienverläufe der Busse sind in den folgenden Bildern dargestellt.

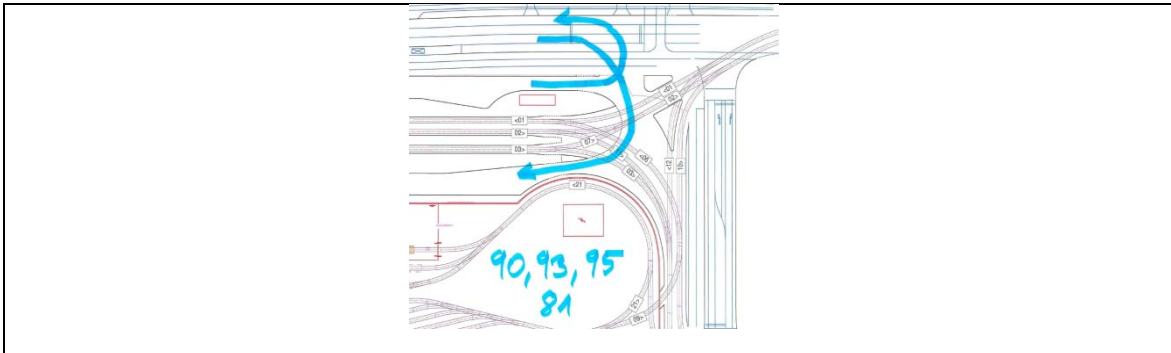


Bild 3: Linienverlauf in der Umsteigeanlage Linie 90, 93, 95, 81

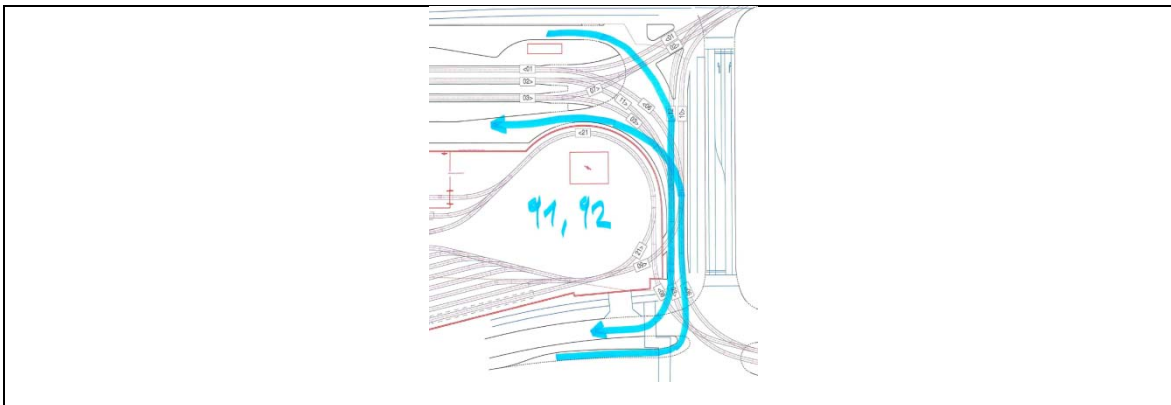


Bild 4: Linienverlauf in der Umsteigeanlage Linie 91, 92

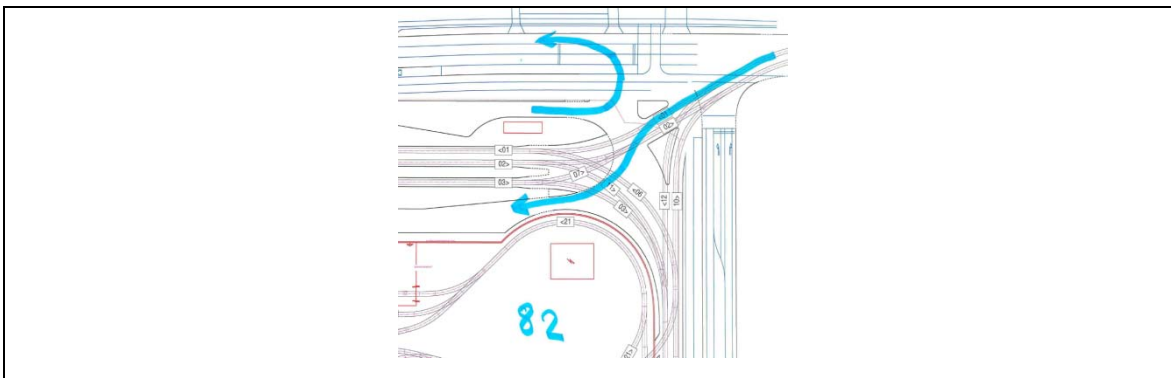


Bild 5: Linienverlauf in der Umsteigeanlage Linie 82

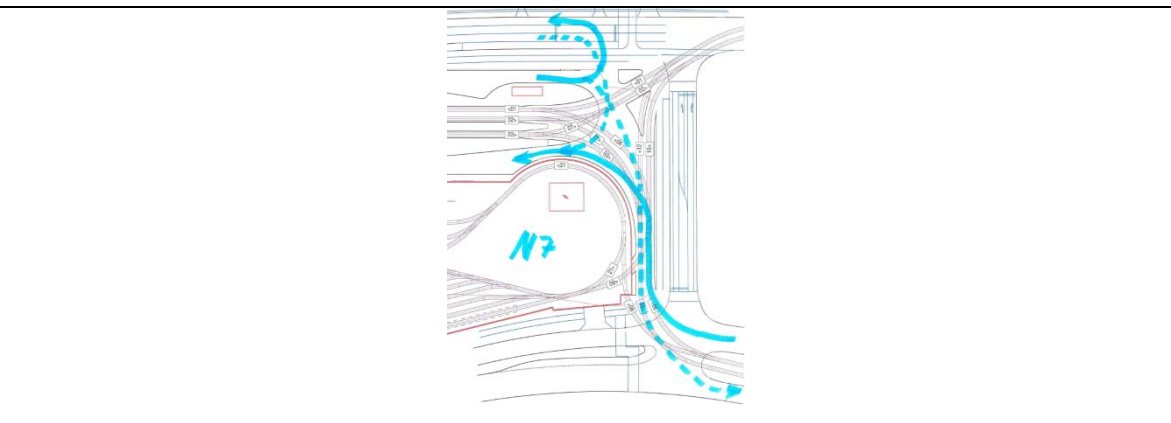


Bild 6: Linienverlauf in der Umsteigeanlage Linie N7

2.3 Belegungsplan

Die Abfahrts- sowie die Ankunftspositionen werden im Belegungsplan abgebildet. Des Weiteren enthält dieser die Wartepositionen sowie die Lage der Ersatzhaltestellen.

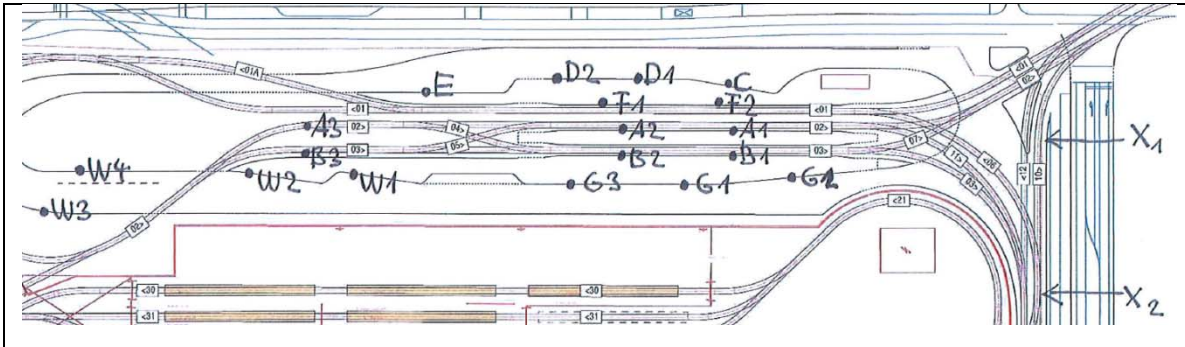


Bild 7: Belegungsplan Umsteiganlage

Der Belegungsplan samt den zugehörigen Anmerkungen gemäß den Auftragsunterlagen ist Grundlage für das Simulationsnetz und wird dementsprechend umgesetzt.

Zudem gilt eine Höchstgeschwindigkeit von 20 km/h in der Anlage bzw. dürfen die Weichen mit maximal 15 km/h befahren werden.

2.4 Signalprogramme/Koordinierungen

Für die LSA Az40 und Az83 werden vollverkehrsabhängige Pläne ohne Koordinierung geschaltet. Die LSA Az546 und Az545 sind Bestandteil der strategischen Steuerung TASS Hafenrandstraße Süd, diese ist an die strategische Steuerung TASS Hafenrandstraße Nord gekoppelt.

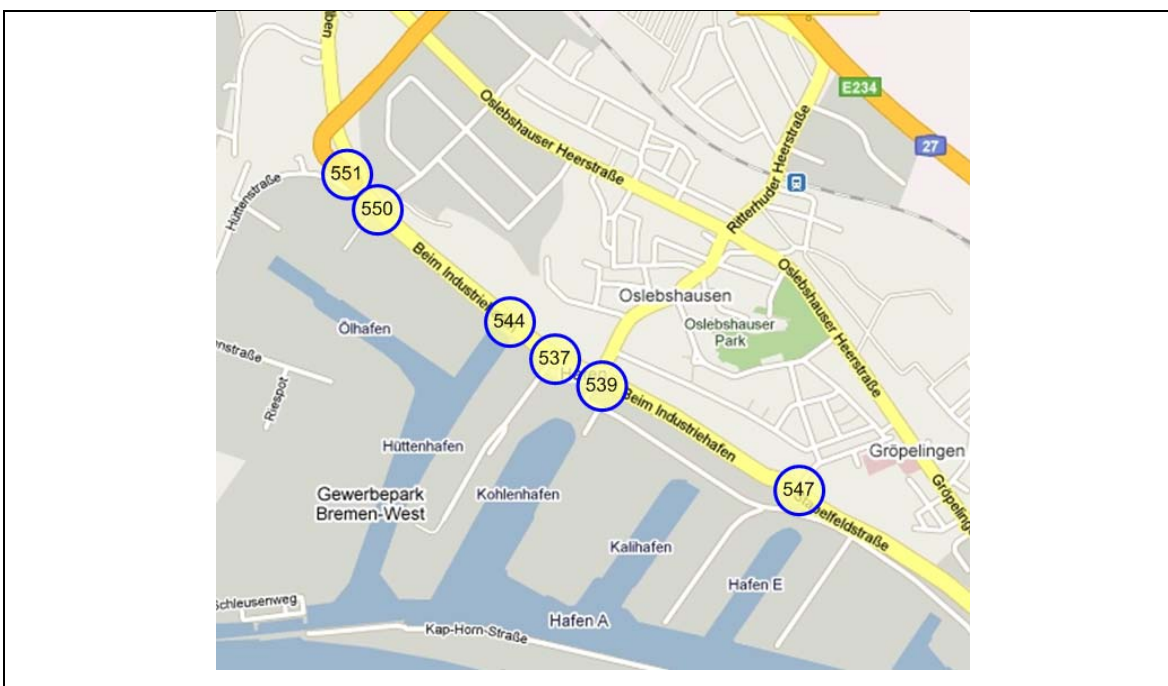


Bild 8: Übersichtsplan TASS Hafenrandstraße Nord

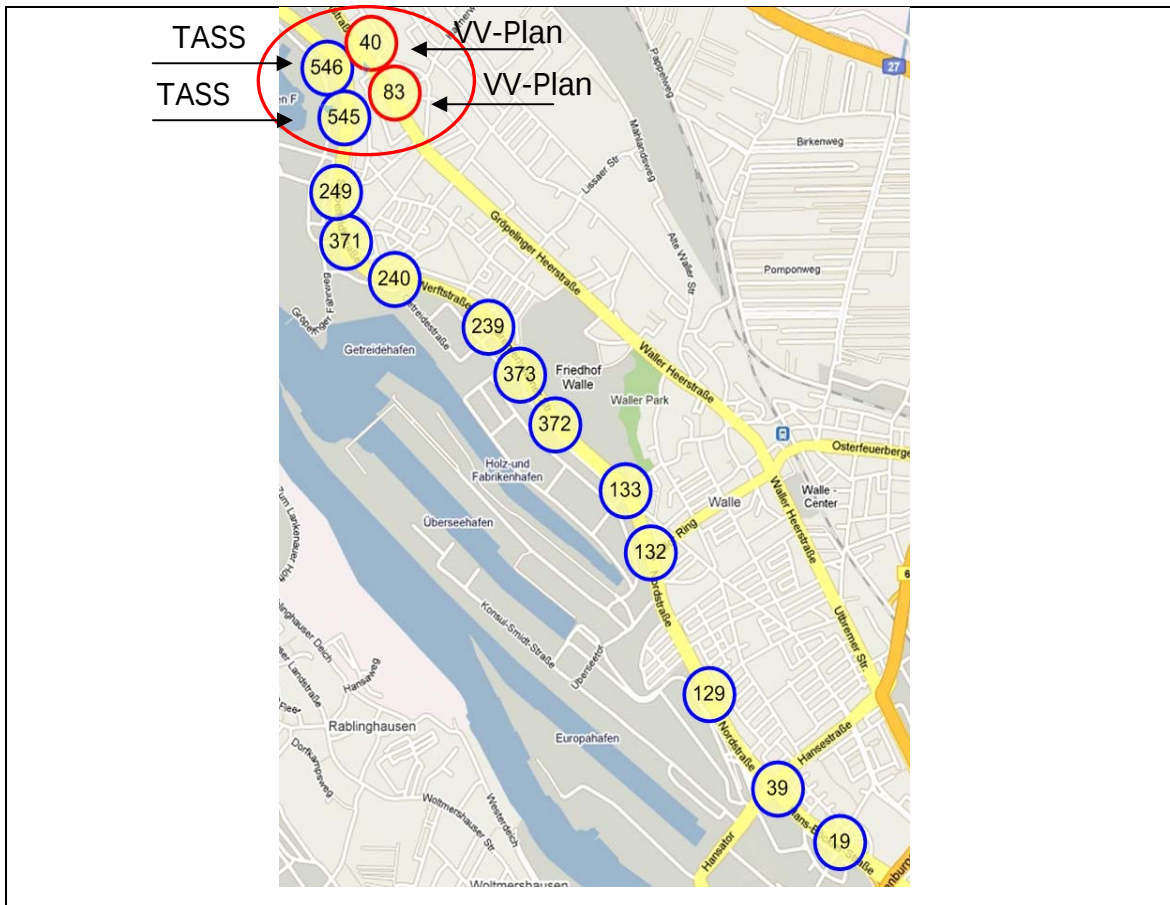


Bild 9: Übersichtsplan TASS Hafenrandstraße Süd

Die Umlaufzeit im vollverkehrsabhängigen Signalplan ist variabel. Die Signalprogramme an der LSA Az546 und Az545 werden verkehrsabhängig geschaltet. Dies ermöglicht eine Auswahl und Schaltung von Signalprogrammen entsprechend dem aktuellen Verkehrsaufkommen und den parametrisierten Grenzwerten. Im Auszug der Signalplanschaltung (Bild 10) des TASS Regelbereiches Hafenrandstraße Süd ist festzustellen, dass zu den Spitzenzeiten das Signalprogramm vier mit einer Umlaufzeit von 100 Sekunden geschaltet wird. Diese Signalprogrammauswahl wird der weiteren Untersuchung zu Grunde gelegt, da hier die Spitzenstunde in Hinsicht auf die Verkehrsstärken sowie Frequentierung der ÖPNV Linien untersucht wird.

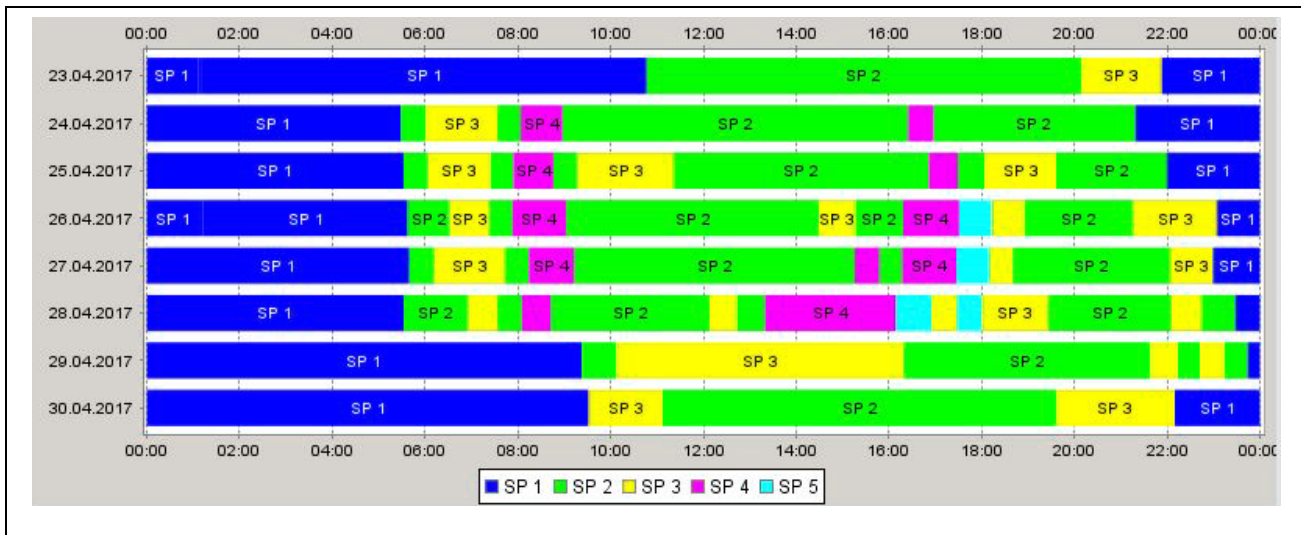


Bild 10: Signalplanschaltung TASS Hafenrandstraße Süd Scala Bremen

2.5 Verkehrsmengen Prognose

Am Donnerstag den 25.04.2017 werden seitens des Ing. Büros PGT aus Hannover Verkehrszählungen durchgeführt. Die Ergebnisse werden dem Amt für Umwelt, Bau und Verkehr (SUBV) zur Prüfung vorgelegt. Die Aussage des Amtes ist, dass die Zählergebnisse für die Simulationsuntersuchung verwendet werden können, es ist keine Hochrechnung notwendig. Die vier Stundenwerte (Nachmittag 15-19 Uhr) sind lediglich durch den Divisor 3,2 zu teilen um die „Spitzenbelastung“ für die Simulation zu erhalten.

Sämtliche Zählwerte für den Motorisierten Individualverkehr (MIV) wie auch der Rad- sowie Fußgängerverkehr werden in das Simulationsnetz eingefügt. Im Folgenden werden beispielhaft die MIV Zählwerte für die Az40 sowie die Az546 für den Zeitraum 15-19 Uhr dargestellt, sowie die dividierten Werte der Spitzenstunde.

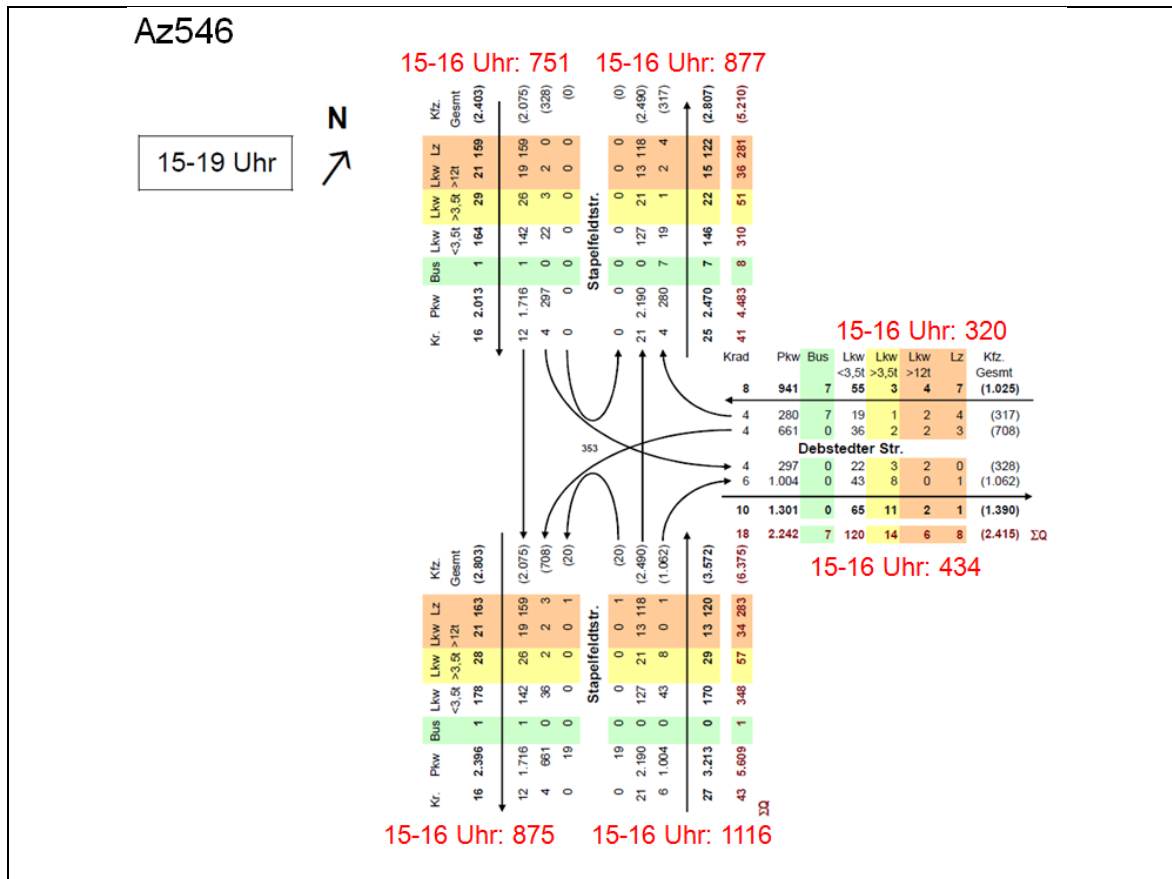


Bild 11: Zählwerte MIV Az546

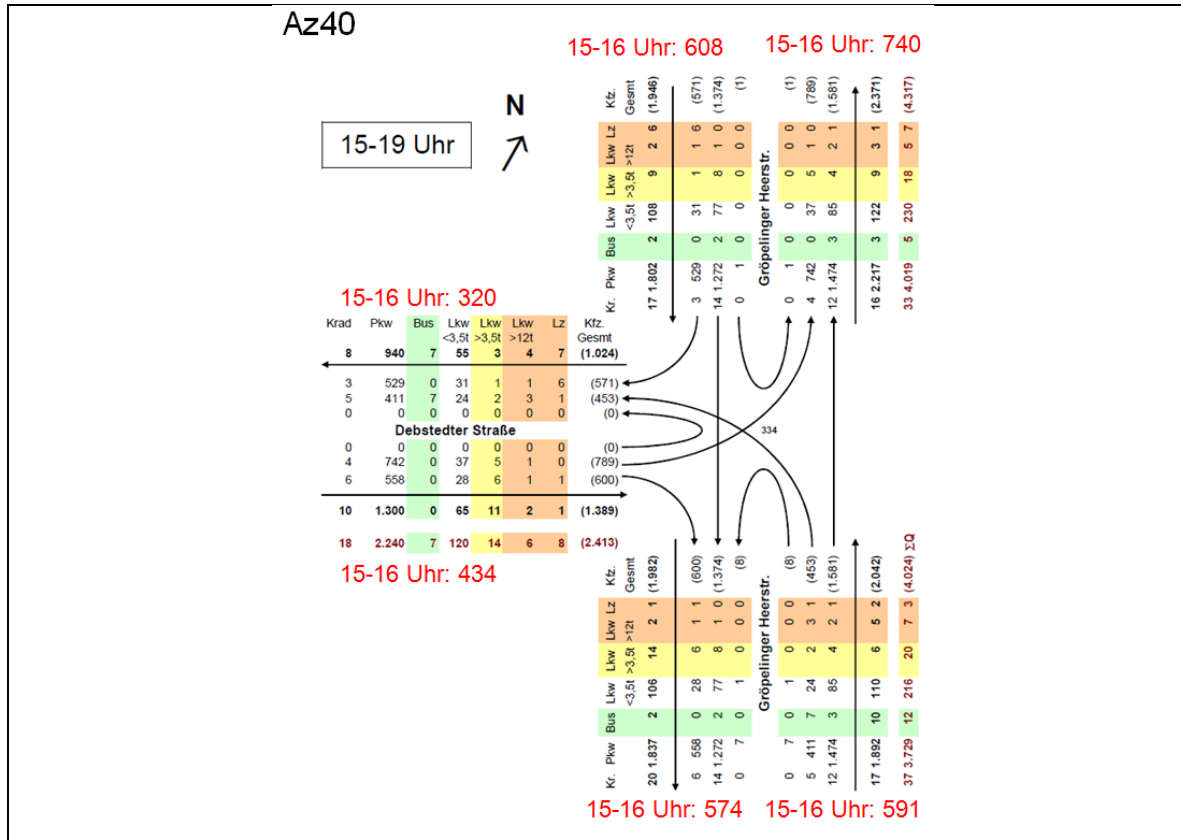


Bild 12: Zählwerte MIV Az40

2.6 Lageplanentwurf Az546

Die Az546 ändert sich zum jetzigen Bestand in ihrer Knotengeometrie. Zusätzlich wird die Signalisierung der Ein- bzw. Ausfahrt in die Umsteigeanlage den neuen Verhältnissen angepasst. Des Weiteren gibt es Änderungen in der Rad- sowie Fußgängerführung. Hinzu kommt eine zusätzliche Signalisierung auf dem Gelände.

Auf die einzelnen Änderungen wird im Folgenden eingegangen.

2.6.1 Einfahrt der Straßenbahnen in die Umsteigeanlage/Betriebshof

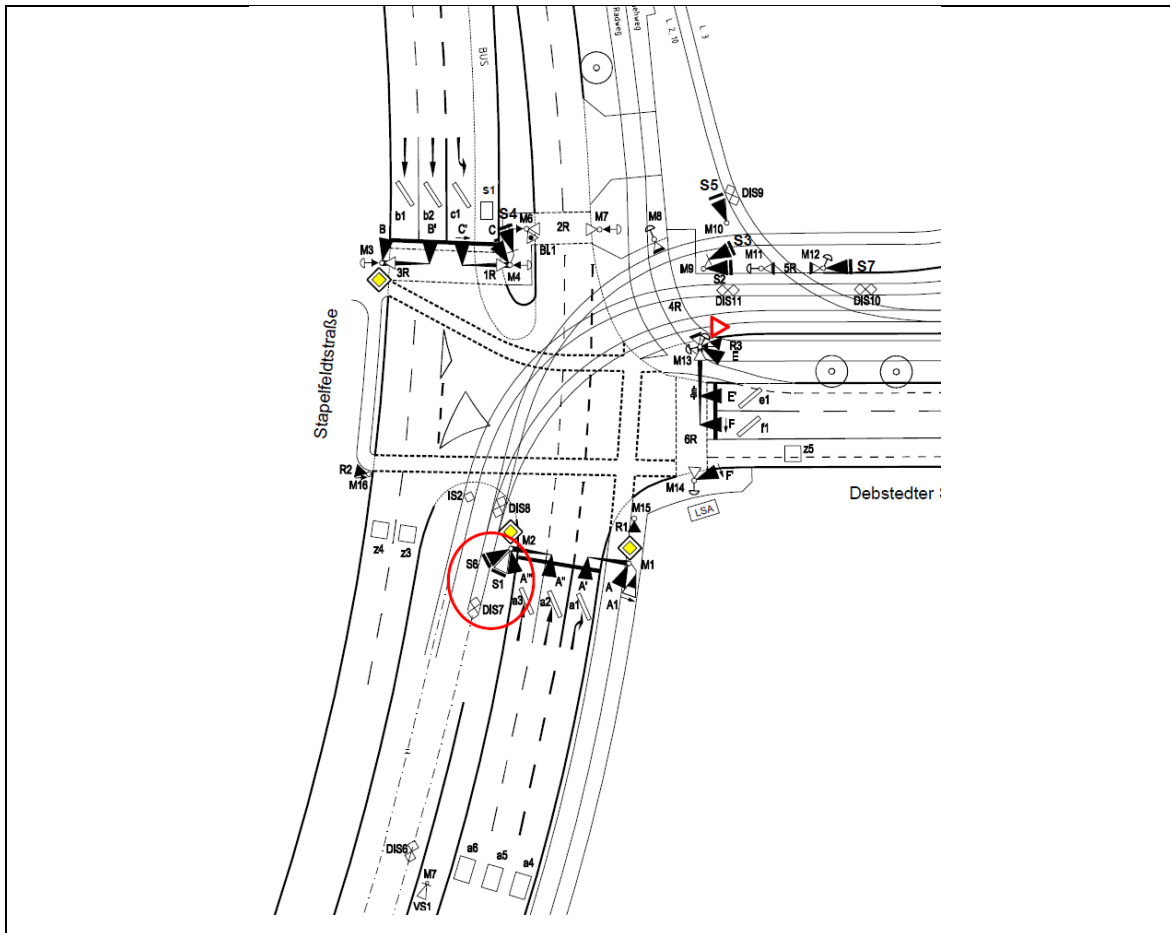


Bild 13: Lageplan Az546: Änderungen zum Bestand

Die Einfahrt der Straßenbahnen der Linien 3 und 3S erfolgt im Regelfall weiterhin über das Signal S1/VS1. Hierbei handelt es sich um die Vorsignalrichtung. Neu hinzu kommt das Signal S6. Dieses kommt zum Einsatz wenn beispielsweise das Ankunftsgleis gesperrt ist. Hierbei wird der Betriebshof durchfahren um zum Abfahrtsgleis zu gelangen. Das Signal S6 ist unverträglich zu den ausfahrenden Signalen aus der Umsteigeanlage und bedarf somit einer eigenen Phase.

2.6.2 Ausfahrt der Straßenbahnen/Busse aus der Umsteigeanlage

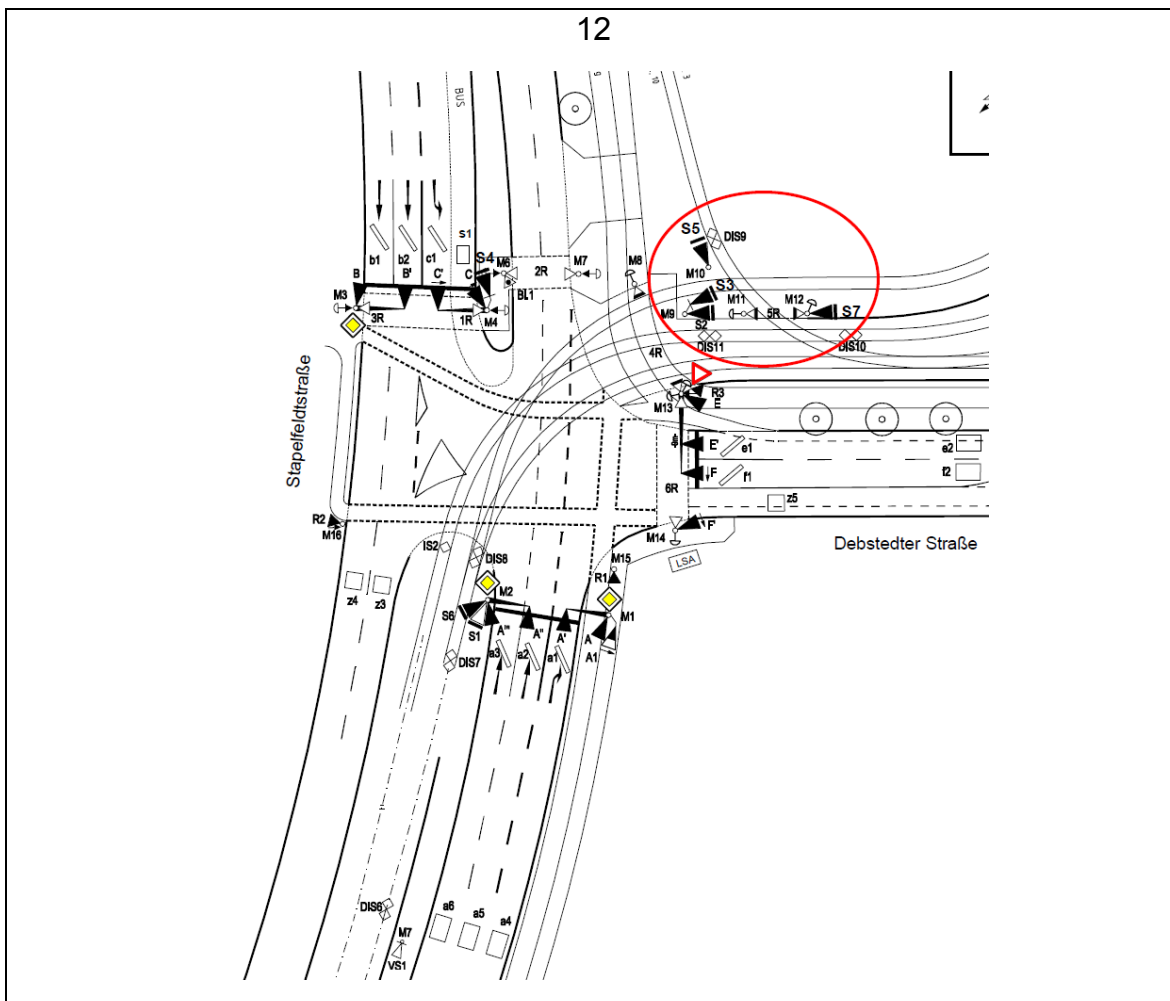


Bild 14: Lageplan Az546: Änderungen zum Bestand

Die Ausfahrt aus dem Betriebshof erfolgt über Signale S2 und S3. Das Signal S2 bedient die Straßenbahnen der Linien 3 und 3S, das Signal S3 ist für die Busse vorgesehen. Diesen Signalen ist das Signal S7 vorgeschaltet. Dieses sichert den Fahrweg gegenüber dem Signal S5, welches für Bahnen die aus dem Betriebshof kommen vorgesehen ist. Die Signale S2 und S3 werden mit dem Signal S7 in einer Phase mit einem festen Versatz geschaltet um hier der Gefahr eines Halts zwischen den Signalen entgegenzuwirken. Die ausfahrenden Signale S2 und S3 haben eine Unverträglichkeit gegen die Signalgruppe B um auch die Nachtlinien Busse gesichert aus der Umsteigeanlage zu führen.

2.6.3 Einfahrt des Busses in die Umsteigeanlage

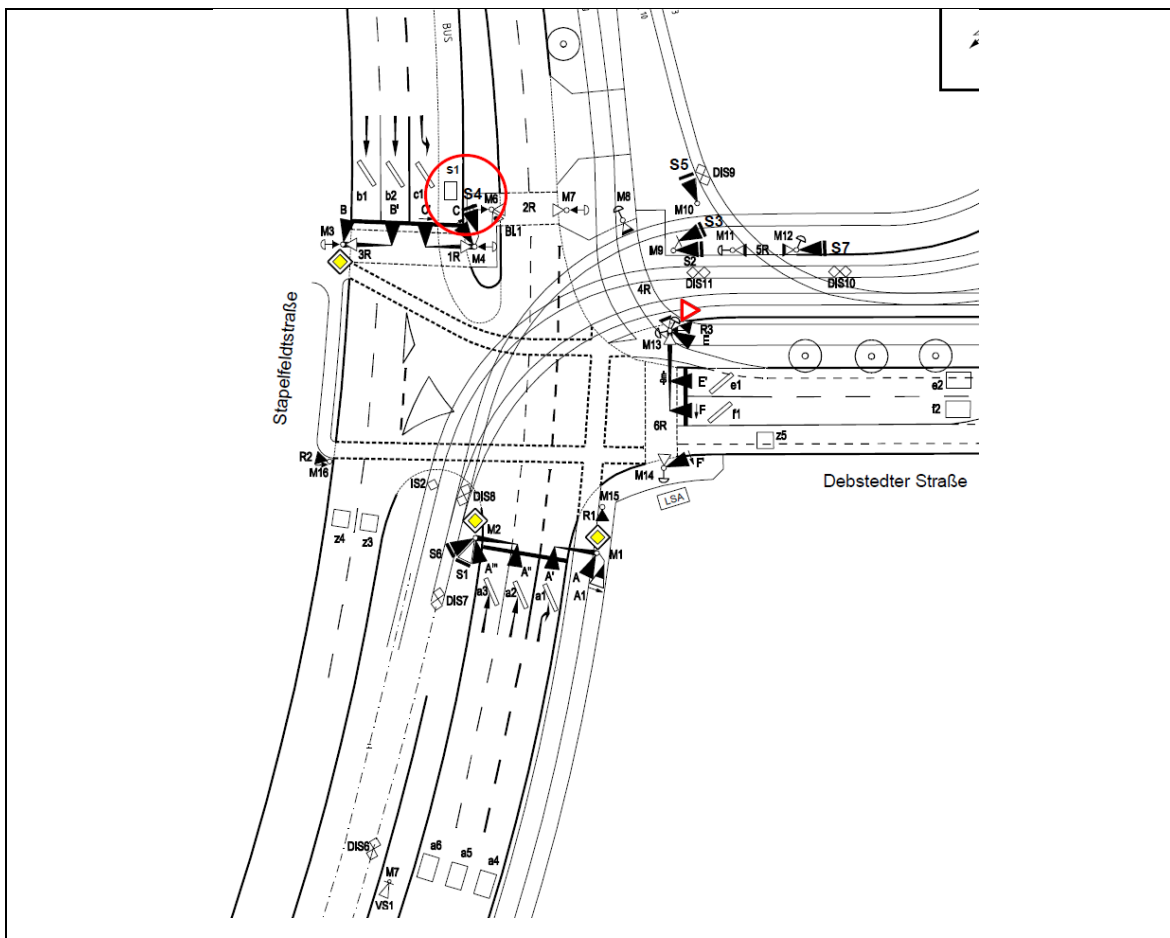


Bild 15: Lageplan Az546: Änderungen zum Bestand

Die Busse fahren über das Signal S4 in die Umsteigeanlage ein. Hierfür haben sie eine eigene Spur. Anders als im Bestand nutzen die Busse die gleiche Ein- bzw. Ausfahrt zum Befahren der Umsteigeanlage.

2.6.4 Fußgänger-/ Radfahrerführung

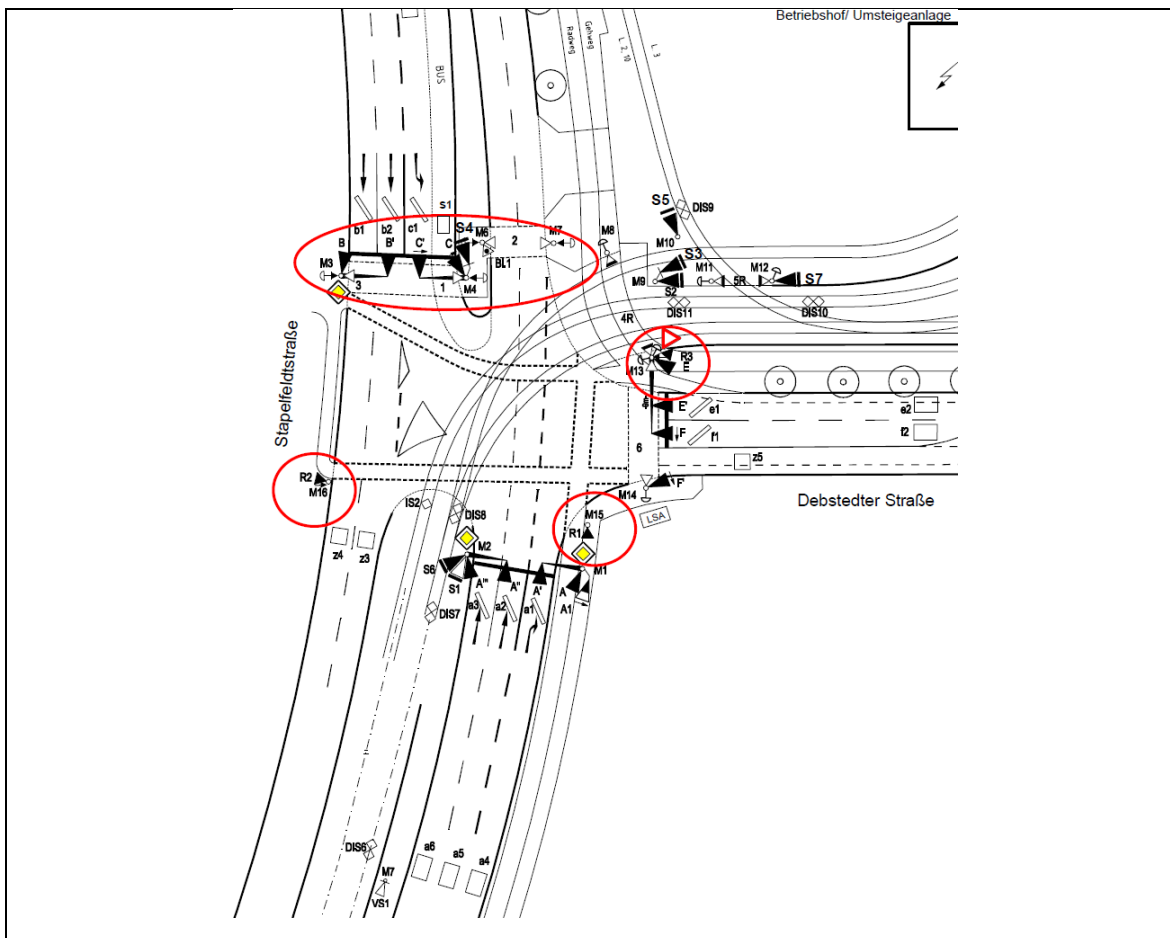


Bild 16: Lageplan Az546: Änderungen zum Bestand

Die neue Fußgängerführung an der Az546 resultiert hauptsächlich aus den Neuerungen in der Kontengeometrie. Die Querung der Stapelfeldstraße über die Signale 1, 2 und 3 verläuft nicht mehr in einer Linie, sondern verzeichnet einen Knick, da diese vorbei an der Ein-/Ausfahrt zur Umsteiganlage geführt werden muss. Neu ist die Führung der Radfahrer über die Signale R1, R2 und R3.

2.7 Lageplanentwurf Az40

Die Änderungen an der Az40 zum jetzigen Bestand umfassen insbesondere die neue Signalisierung in der Umsteiganlage. Die Ausfahrt der Straßenbahnen sowie der Busse wird neu geregelt. Die Einfahrt der Straßenbahnen bleibt vorerst erhalten (hier werden bereits diverse Planungsvarianten unter den Beteiligten diskutiert, dies ist nicht Bestandteil dieser Ausarbeitung). Hier wird weiterhin der Mischverkehrsstreifen für den MIV sowie den ÖPNV mit den Signalen S1 und A in der Gröpelinger Heerstraße genutzt. Es besteht somit weiterhin die Gefahr, dass der IV die Straßenbahnen bei der Einfahrt in die Umsteiganlage behindert und es somit zu erhöhten Wartezeiten kommen kann. Die Einfahrt der Busse bleibt nahezu unverändert erhalten. Den Bussen steht ein eigener Fahrstreifen mit dem Signal S7 zur Verfügung.

2.7.1 Ausfahrt der Straßenbahnen aus der Umsteiganlage

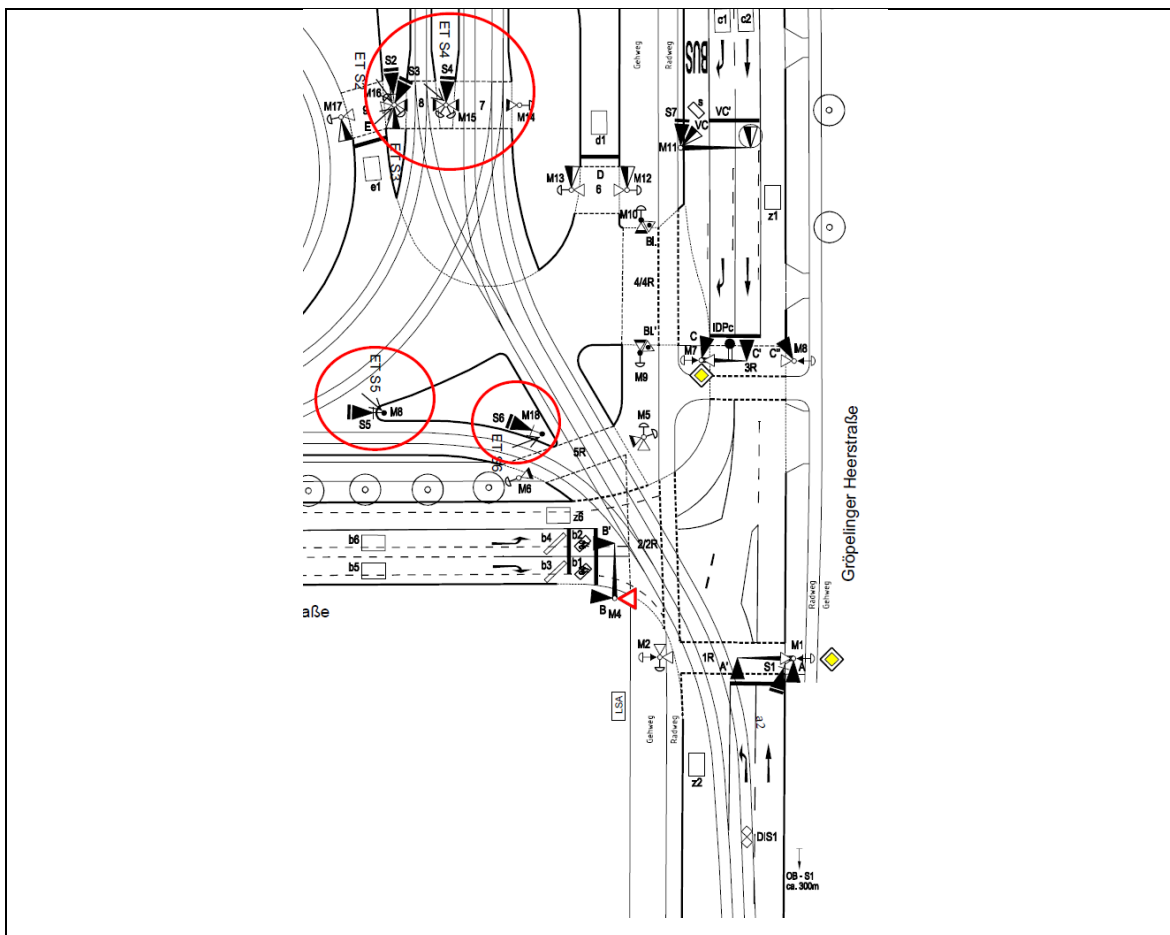


Bild 17: Lageplan Az40: Änderungen zum Bestand

Im Regelfall erfolgt die Ausfahrt der Straßenbahnen der Linien 2 und 10 in Richtung der Gröpelinger Heerstraße über das Signal S4. Die Linien 3 und 3S verlassen das Abfahrts-
gleis über das Signal S2. Das Signal S3 kommt beispielsweise zum Einsatz wenn die südliche Ausfahrt der Linien 3 und 3S der Az546 gesperrt ist. Die Linien 3 und 3S haben somit die Möglichkeit die Umsteiganlage über die Az40 zu verlassen und über die Az83

sowie die Az545 auf die eigentliche Route zu gelangen. Das Signal S5 dient zum Schutze der Straßenbahnen von der Az546 kommend gegen die einfahrenden Straßenbahnen über S1, sowie den ausfahrenden Straßenbahnen über S3 und S4. Zudem besteht eine Unverträglichkeit zu den einfahrenden Bussen über das Signal S7. Das Signal S6 wird genutzt wenn es zu einer Sperrung der Abfahrtsgleise in der Umsteigeanlage kommt. Des Weiteren kommt es zu Sicherung der Fußgängerführungen mit den Signalen 7, 8 und 9 gegen die jeweils kreuzenden Straßenbahnen.

2.7.2 Ein-/Ausfahrt der Busse in bzw. aus der Umsteigeanlage

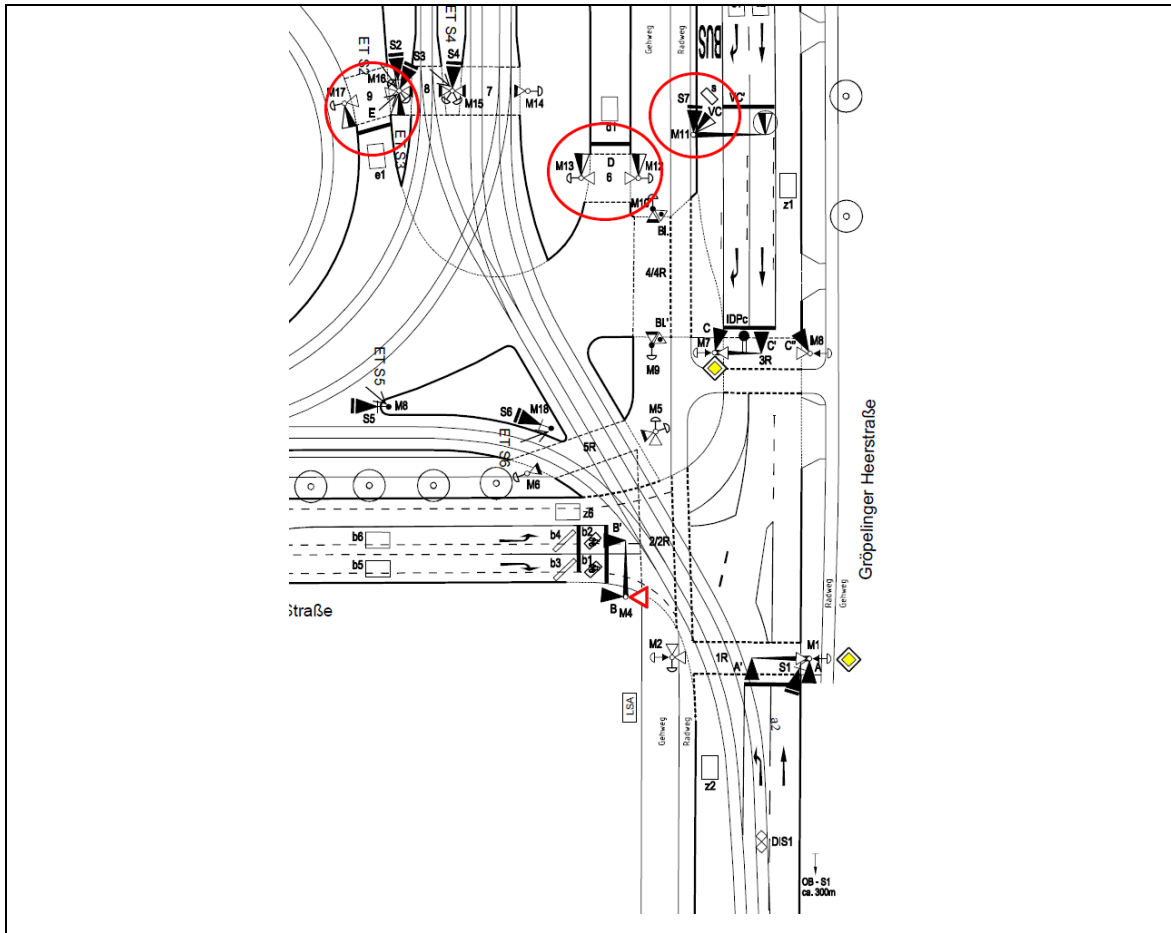


Bild 18: Lageplan Az40: Änderungen zum Bestand

Busse befahren die Umsteigeanlage über die Signale S7 und S1. Anschließend werden sie über die Signalgruppe E in die jeweiligen Haltepositionen geführt. Über das Signal D verlassen die Busse die Umsteigeanlage zum einen in Richtung Gröpelinger Heerstraße zum anderen in Richtung Az546. Die Bussignale D und E werden zudem gegen die querenden Fußgängerfurten mit den Signalen 6 und 9 verriegelt. Im Laufe der Ausarbeitung hat sich herauskristallisiert, dass Taxen die Umsteigeanlage nicht befahren dürfen. Dies hat zur Folge, dass die Signale D und E als ÖPNV Signale und nicht als KFZ Signale ausgeführt werden können und sich somit die Signalbezeichnungen ändern. Da aber

sämtliche Auswertungen einen Bezug auf die Signale D und E haben, bleibt die Bezeichnung sowie Darstellung der Signale für diesen Bericht bestehen.

2.7.3 Zusammenhänge zwischen Az40 und Az546

Die unmittelbare Nähe und die Lage der Az40 sowie der Az546 führen zu signaltechnischen und planerischen Abhängigkeiten sowie für den ÖPNV als auch zwischen dem MIV.

2.7.3.1 Abhängigkeiten ÖPNV

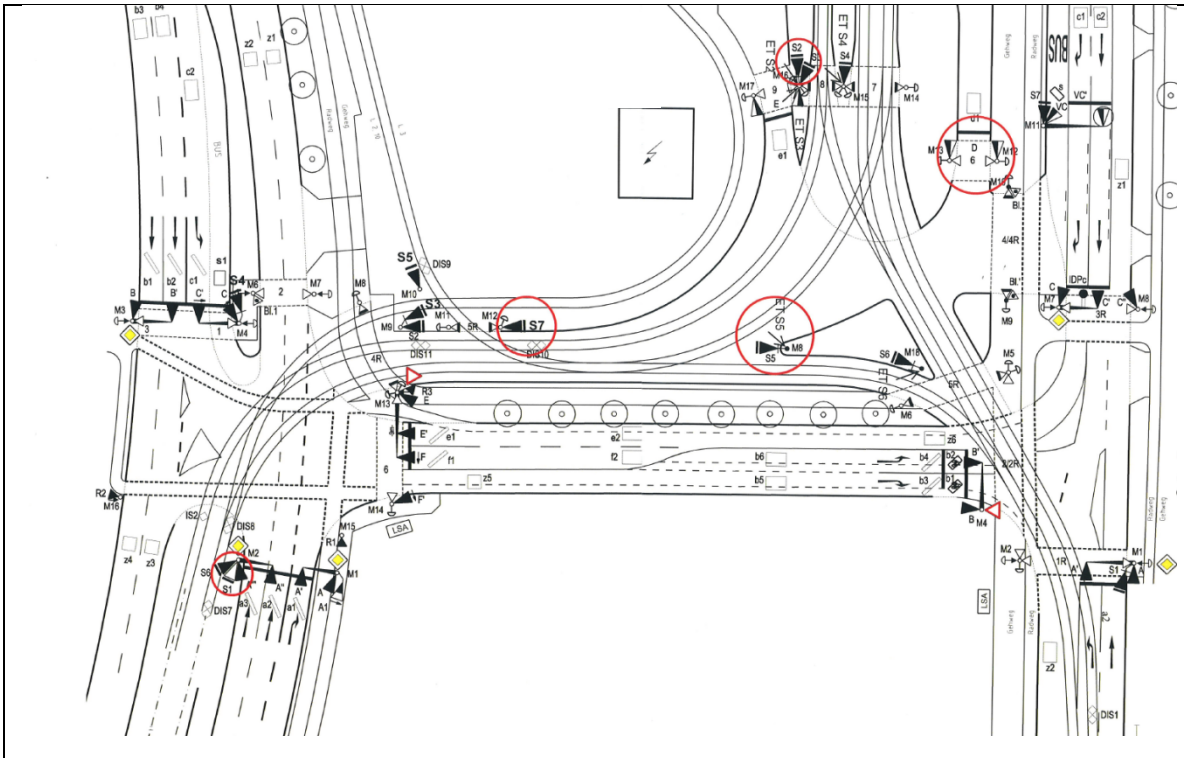


Bild 19: Lageplan Az40/Az546: Abhängigkeiten zwischen beiden Anlagen

Durch die Erweiterung der Signalisierung in der Umsteigeanlage entstehen signaltechnische Zusammenhänge. Es besteht die Abhängigkeit zwischen dem Signal S1 der Az546 und dem Signal S5 der Az40. Der Idealfall ist eine Durchfahrt bis zum Ankunftsgleis und ein Vermeiden eines Halts vor S5. Die Anmeldung für S5 kann erst mit der Abmeldung von S1 erfolgen, d.h. mit Befahren des Signals. Die Anmeldestrecke für S5 beträgt ca. 90 Meter. Das Signal S5 wiederum kann nur zugschaltet werden wenn kein laufender Eingriff über die Signale S1, S3, S7 und D an der Az40 aktiv ist, zudem sind die hohen Zwischenzeiten von z.B. S1 zu S5 zu beachten. Dementsprechend sind Halte vor S5 der Az40 nicht auszuschließen.

In Gegenrichtung besteht die Abhängigkeit zwischen den Signalen S2 sowie D an der Az40 und dem Signal S7 an der Az546. Hier wird die Anmeldung für S7 mit Befahren der Signale S2 und D gesetzt. Die Anmeldestrecke beträgt 70 bzw. 85 Meter. Im Idealfall ist hier ebenfalls einen Halt vor dem Signal S7 an der Az546 zu vermeiden. S7 und somit auch die Signale S2 und S3 haben wiederum Abhängigkeiten zum MIV der Az546 sowie dem Bus über S4. Durch zusätzliche Einblendungsphasen und Unterbrechung der über

die TASS geschalteten Grünen Welle, lässt sich die Häufigkeit der Halte vor S7 jedoch erheblich reduzieren.

2.7.3.2 Abhängigkeiten MIV

Die besondere planerische Aufgabe für den MIV ist es sicherzustellen, dass auf dem nur 80 Meter langen Abschnitt in der Debestedter Straße kein Rückstau in die jeweiligen Knoten entstehen soll. Dies hätte auch Einflüsse auf den ÖPNV indem das Ein- bzw. Ausfahren in/aus der Umsteigeanlage behindert wäre.

Maßnahmen hierfür sind zum einen eine Stauerkennung über die vorhandenen Zählschleifen z5 sowie z6 und zum anderen ein Meldungs austausch zwischen beiden Anlagen. Hierüber wird die Schaltung zwischen der Signalgruppe C der Az40 und der Signalgruppe F der Az546 sowie die Richtung über die Signalgruppe A/A1 der Az546 und dem Signal B der Az40 beeinflusst.

2.8 Lageplanentwurf Az83

Die wesentliche Änderung an der Az83 ist die Eingleisigkeit zur Az545. Sämtliche Ausfahrtsignale aus der Havemannstraße entfallen.

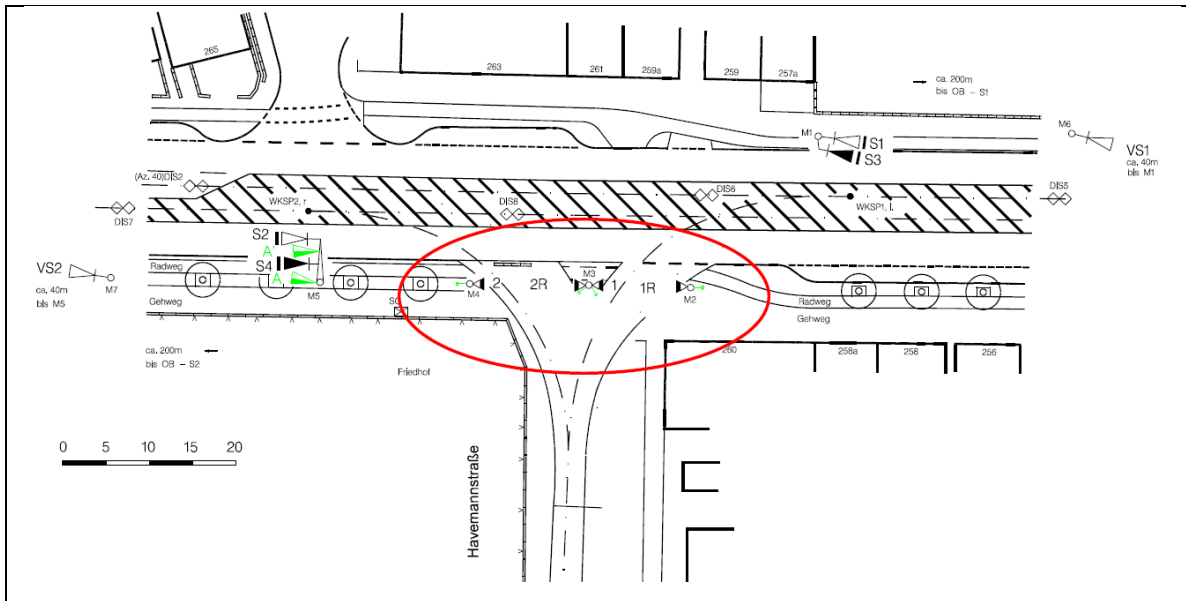


Bild 20: Lageplan Az83: Änderungen zum Bestand

2.9 Lageplanentwurf Az545

Die Änderungen gegenüber dem Bestand beinhalten die entfallenen Einfahrtssignale in die Havemannstraße.

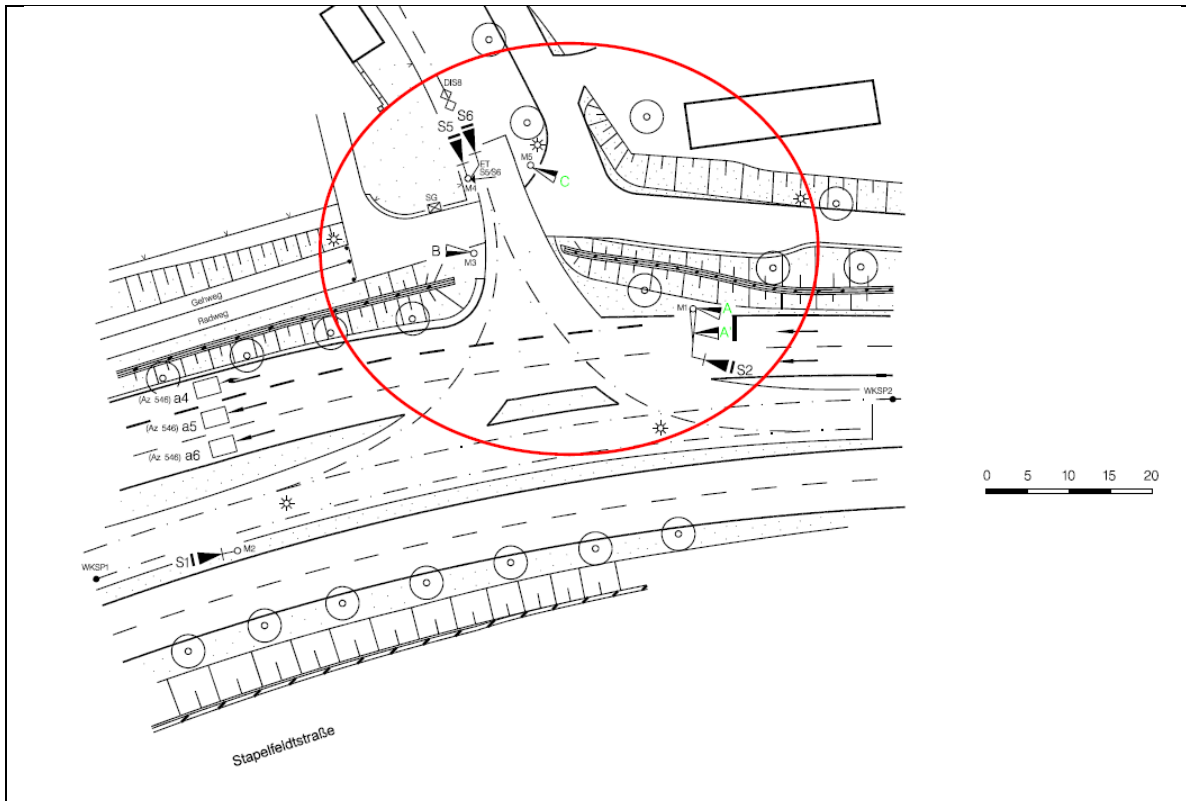


Bild 21: Lageplan Az545: Änderungen zum Bestand

3 Untersuchungs-Methodik

3.1 Simulation

Für die Simulation wird hier das fachlich anerkannte mikroskopische Verkehrsfluss-Modell VISSIM (Version 5.40-12, PTV AG Karlsruhe) eingesetzt.

Auf Grundlage der im vorherigen Kapitel aufgeführten planerischen Grundlagen wird ein Simulationsnetz für den Planfall „Regelfall“ erstellt um die Verkehrssituation weitestgehend realistisch nachzubilden (Analysezustand).

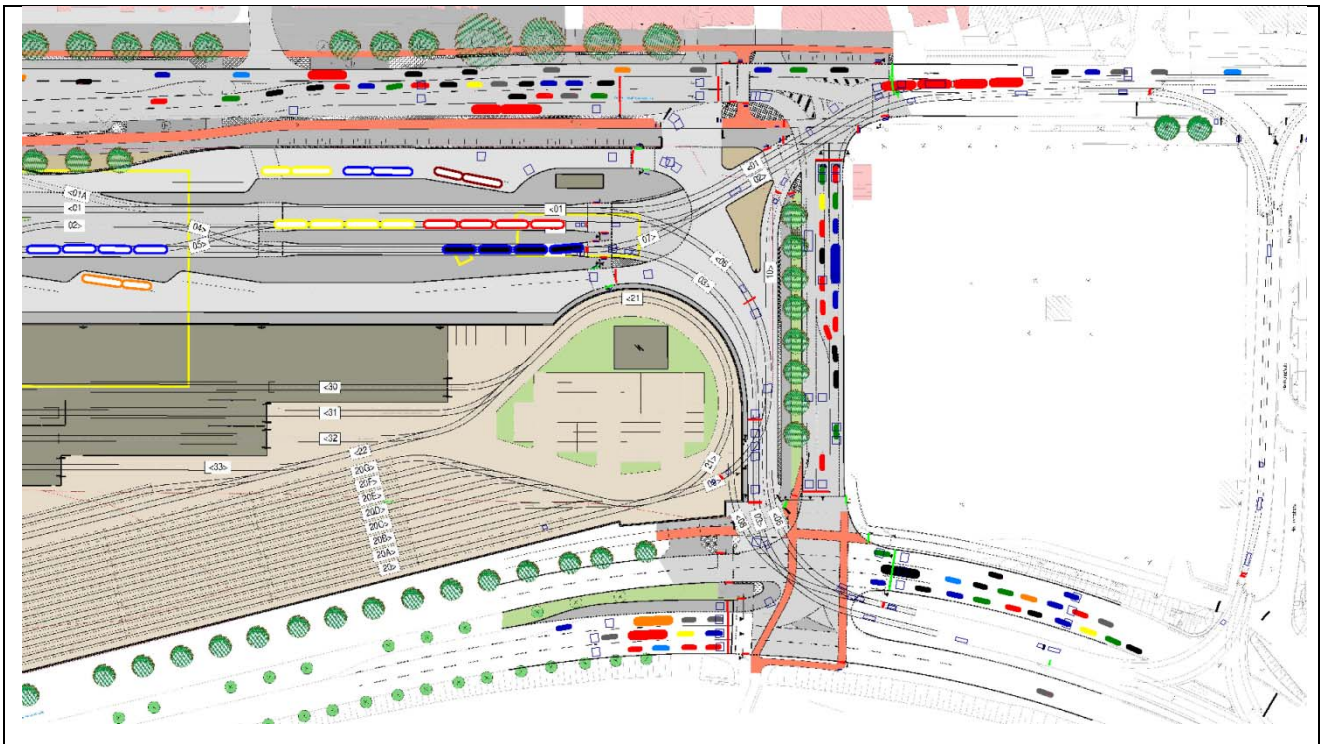


Bild 22: Simulationsnetz in VISSIM

Um jedoch alle hier im Projekt gestellten Forderungen erfüllen zu können, bedarf es Funktionen die über die in VISSIM zu Verfügung gestellten Werkzeuge hinausgehen. In VISSIM 5.40 ist eine dynamische Verteilung der ÖV-Fahrzeuge auf freie Haltestellen nicht konfigurierbar. Um dies dennoch zu erreichen, wird eine Applikation programmiert, die mittels der COM-Schnittstelle von VISSIM, während der Simulation in jedem Simulationsschritt über einen extra für das Projekt entwickelten Algorithmus, Positionsdaten von Fahrzeugen ausliest, verarbeitet und anschließend über das Aktivieren und Deaktivieren von ÖV-Teilrouten, diese Fahrzeuge an die freie Haltestelle mit höchster Priorität leitet. Dieser Algorithmus wird jeweils für die Haltestellen W1-4 und G1-3 konfiguriert, um ein möglichst realitätsnahes Fahrverhalten der ÖV-Fahrzeuge zu erzielen.

Nach Fertigstellung des Netzes werden die aktuellen LSA-Steuerungen mit den Signalprogrammen der Nachmittagsspitze simuliert.

Im Anschluss folgt die Simulation der Störszenarien.

Um dem realen stochastischen Verkehrsprozess relativ nahe zu kommen erzeugt VISSIM auch zeitlich unterschiedlich eingestreute Verkehrsmengen. Diese unterschiedlichen Abläufe werden durch die sog. Startzufallszahl eingestellt und führen gerade bei verkehrsabhängigen Steuerungen zu mehr oder weniger abweichenden Ergebnissen.

Für ein statistisch besser gesichertes Ergebnis mit hoher Güte werden deshalb für jede Simulationsvariante fünf Simulationsläufe mit unterschiedlichen Startzufallszahlen durchgeführt und die Ergebnisse anschließend jeweils gemittelt.

3.2 Verkehrsabhängige LSA-Steuerungen

Alle Knoten sind mit einer verkehrsabhängigen Phasensteuerung ausgestattet und so auch in das Simulationsnetz implementiert.

Bei der Bestands Logik der Az546 handelt es sich um eine Programmierung des Ing. Büro Brenner Bernhard. Hier erfolgt eine komplette Neuprogrammierung der LSA unter Berücksichtigung der neuen Signalisierung.

Die Logik der Az40 wird um die neue Signalisierung erweitert.

Die Logik der Az83 bzw. der Az545 bedarf nur geringer Anpassungen, da hier lediglich Anforderungssignale entfallen.

Alle LSA-Steuerungen werden in Traffic Language mit dem Steuerverfahren PDM umgesetzt.

Die LSA-Planungen sowie Programmierung der Steuerungen entsprechen den Vorgaben des Amtes für Straßen und Verkehr zu Planung und Bau von Lichtsignalanlagen in Bremen.

3.3 Ermittlung der Qualitäts-Kenngrößen

Die Simulation bietet visuell eine schnelle Möglichkeit eine subjektive Beurteilung des Verkehrsablaufes vorzunehmen.

Mit Hilfe der Qualitätskriterien nach HBS 2015 kann jedoch die Qualität des Verkehrsablaufs durch Aufbereitung geeigneter Simulations-Ausgabewerte eingestuft werden.

Als Kriterium zur Beschreibung der Verkehrsqualität aus Nutzersicht wird die Wartezeit verwendet. Beim Kfz-Verkehr und bei Fahrzeugen des ÖPNV gilt als Kriterium die mittlere Wartezeit auf einem Fahrstreifen.

QSV	Kfz-Verkehr Mittlere Wartezeit t_w [s]	ÖPNV auf Sonderfahrstreifen Mittlere Wartezeit t_w [s]	Fußgänger- und Radverkehr Mittlere Wartezeit t_w [s]
A	≤ 20	≤ 5	≤ 30
B	≤ 35	≤ 15	≤ 40
C	≤ 50	≤ 25	≤ 55
D	≤ 70	≤ 40	≤ 70
E	> 70	≤ 60	≤ 85
F	-	> 60	> 85

Tabelle 1: Grenzwerte der Qualitätsstufen der verschiedenen Verkehrsarten [Quelle: HBS 2015]

Die Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs bedeuten [Quelle: HBS 2015]:

QSV A: Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer sehr kurz.

QSV B: 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.

QSV C: Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer spürbar. Nahezu alle während der Sperrzeit auf dem betrachteten Fahrstreifen ankommenden Kraftfahrzeuge können in der nachfolgenden Freigabezeit weiterfahren. Auf dem betrachteten Fahrstreifen tritt im Kfz-Verkehr am Ende der Freigabezeit nur gelegentlich ein Rückstau auf.

QSV D: Die Wartezeit sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer beträchtlich. Auf dem betrachteten Fahrstreifen tritt im Kfz-Verkehr am Ende der Freigabezeit häufig ein Rückstau auf.

QSV E: 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.

QSV F: 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.

Zur Ermittlung der benötigten Kenngrößen kann das Programmsystem VISSIM so gestaltet werden, dass ein objektiver Varianten-Vergleich möglich ist.

Für jeden Simulationsdurchlauf schreibt VISSIM entsprechende Ergebnisdateien für die vom Anwender zuvor definierten Messpunkte in dem Simulationsnetz. Mit Hilfe von Standard-Programmen wie Microsoft Excel können danach die relevanten Werte zusammengetragen und ausgewertet werden.

4 Planfall „Regelfall“

Im Planfall „Regelfall“ wird der voraussichtliche Normalbetrieb innerhalb einer Spitzenstunde zur Mittagszeit abgebildet. Hierfür wie auch für die Störszenarien werden fünf Simulationsdurchläufe durchgeführt, die Auswertungsergebnisse werden daraufhin gemittelt.

Die Auswertung beinhaltet zu einem einen Belegungsplan der Umsteigeanlage für Straßenbahnen zum anderen für Busse. Der Belegungsplan zeigt die maximale Anzahl der Fahrzeuge in der Umsteigeanlage sowie deren Aufenthaltszeit an. Zudem wird der Fahrplan abgebildet und eventuelle Verspätungen bzw. Abweichungen zum gewünschten Fahrplan angezeigt. Hier werden allerdings nicht die Wartezeiten vor den Abfahrtssignalen dargestellt: Die Messung der Aufenthaltszeit für ÖV-Fahrzeuge beginnt mit Befahren der Umsteigeanlage und endet mit der Ausfahrt aus der Haltestelle.

Die Auswertung der Wartezeiten nach HBS erfolgt für jede LSA sowie die einzelnen zugehörigen Signalgruppen. Es werden jeweils die gemittelten Werte gezeigt sowie kategorisiert, zudem ergänzend auch die maximalen Wartezeiten. Es ist zu beachten, dass die Wartezeiten genauer genommen Verlustzeiten vor einem Signal sind. Hier handelt es sich nicht explizit um Standzeiten, viel mehr werden auch die verlorenen Zeiten durch Abbrems- sowie Beschleunigungsvorgänge abgebildet. In Summe werden alle Abweichungen zur tatsächlichen Wunschgeschwindigkeit eines Fahrzeuges aufsummiert.

Zusätzlich zu den Auswertungen wird ein Video der Simulation der Spitzenstunde im Regelbetrieb für eine Startzufallszahl dem Abschlussbericht in digitaler Form angehängt.

4.1 Beschreibung

Im Regelbetrieb nutzen die Fahrzeuge die vorgeschriebenen Routen und hierfür vorgesehene Signale. Dementsprechend werden die Signale S6, S5 an der Az546 nicht genutzt, an der Az40 sind es die Signale S3 und S6, diese Signale sind ausschließlich für Störfälle bzw. Probleme im Betriebsablauf vorgesehen.

4.2 Auswertung Regelbetrieb

4.2.1 Belegungsplan Umsteigeanlage

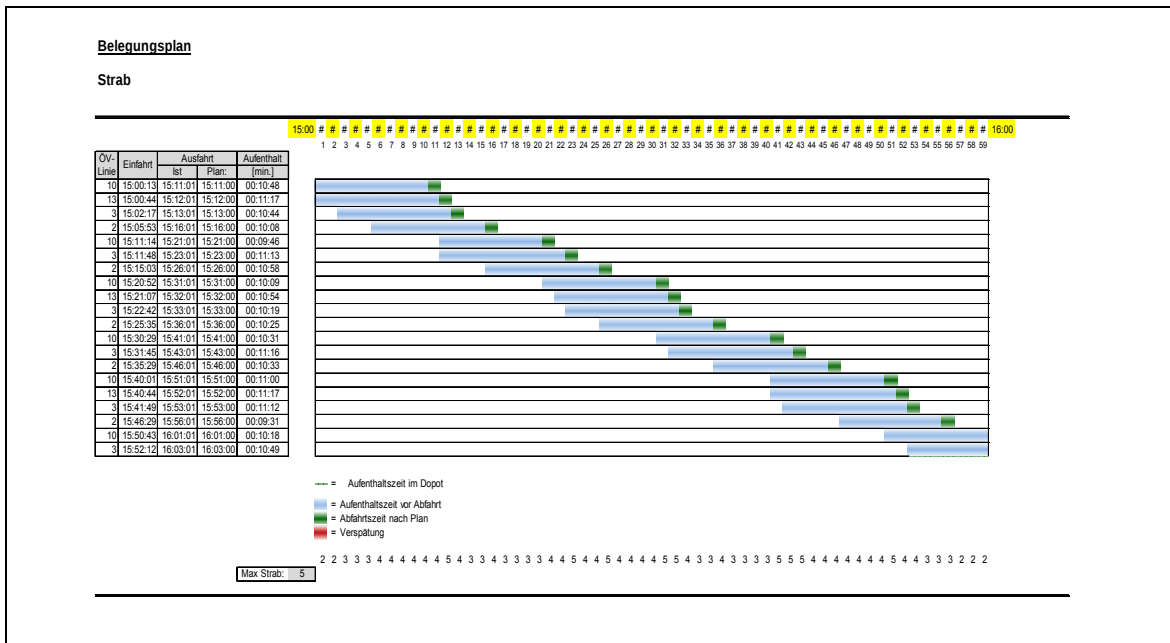


Bild 23: Belegungsplan Straßenbahnen

Im Regelbetrieb kann der Fahrplan der Straßenbahnen eingehalten werden. Es sind maximal 5 Straßenbahnen gleichzeitig in der Umsteigeanlage.

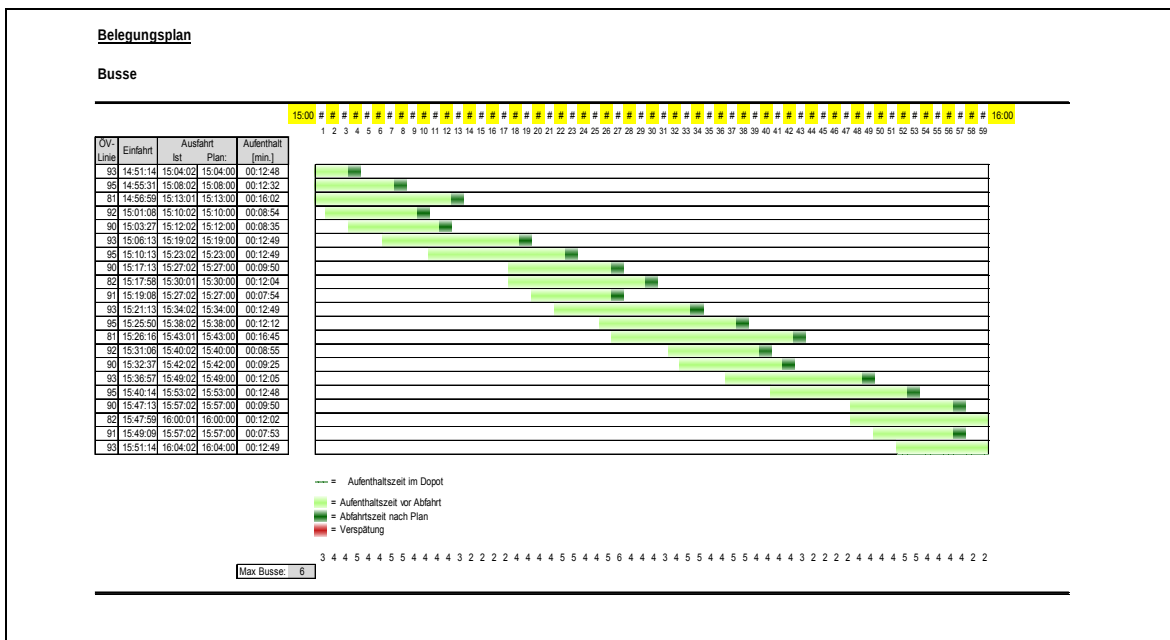


Bild 24: Belegungsplan Busse

Im Regelbetrieb kann der Fahrplan der Busse eingehalten werden. Es sind maximal 6 Busse gleichzeitig in der Umsteigeanlage.

4.2.2 Auswertung nach HBS Az546

IV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{W} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
A	27	B	Kfz
A1	6	A	A ≤ 20 s
B	28	B	B ≤ 35 s
C	51	D	C ≤ 50 s
E	34	B	D ≤ 70 s
F	34	B	E > 70 s
ÖV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{W} [s.]	QSV:	Qualitätsstufen nach HBS (QSV)
S1	3	A	Sonderfahr streifen ÖV
S2	0	A	A ≤ 5 s
S3	0	A	B ≤ 15 s
S4	3	A	C ≤ 25 s
S5			D ≤ 40 s
S6			E ≤ 60 s
S7	3	A	F > 60 s
Fu / Rad:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{W} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
1R	41	C	Fu/Rad:
2R	45	C	A ≤ 30 s
4R	14	A	B ≤ 40 s
5R			C ≤ 55 s
6R	33	B	D ≤ 70 s
R1	16	A	E ≤ 85 s
R2	34	B	F > 85 s
R3	23	A	

Bild 25: Qualitätsstufen nach HBS Az546

Gemäß HBS sind für den IV keine Beeinträchtigungen festzustellen. Die Hauptrichtung über die Signalgruppen A und B erreichen die Qualitätsstufe B. Lediglich die Signalgruppe C hat leicht erhöhte Wartezeiten, diese Abbiegebeziehung ist jedoch sehr schwach, somit ist kein Rückstau zu erwarten.

Die ÖPNV Signale erreichen allesamt die Qualitätsstufe A. Es sind minimale Wartezeiten zu erwarten.

Für die Fußgänger und Radfahrer sind ebenfalls keine Beeinträchtigungen festzustellen.

4.2.3 Maximale Wartezeiten für den ÖPNV Az546

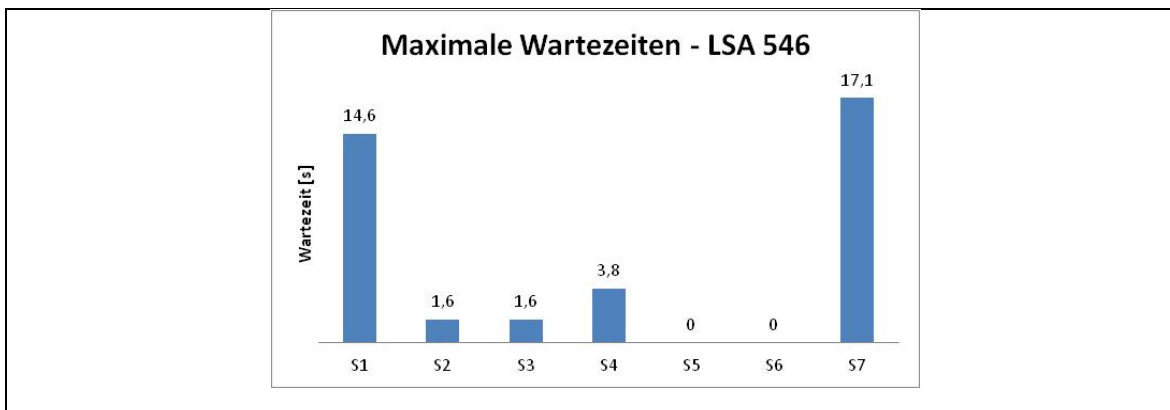


Bild 26: Maximale Wartezeiten Az546

Die maximale Wartezeit einer Straßenbahn für die Signalgruppe S1 liegt bei ca. 15 Sekunden, die Wartezeit vor dem Signal S7 liegt bei maximal 17 Sekunden. Diese Werte sind nicht gemittelt, es handelt sich um maximale Wartezeiten innerhalb der fünf Simulationsdurchläufe.

4.2.4 Auswertung nach HBS Az40

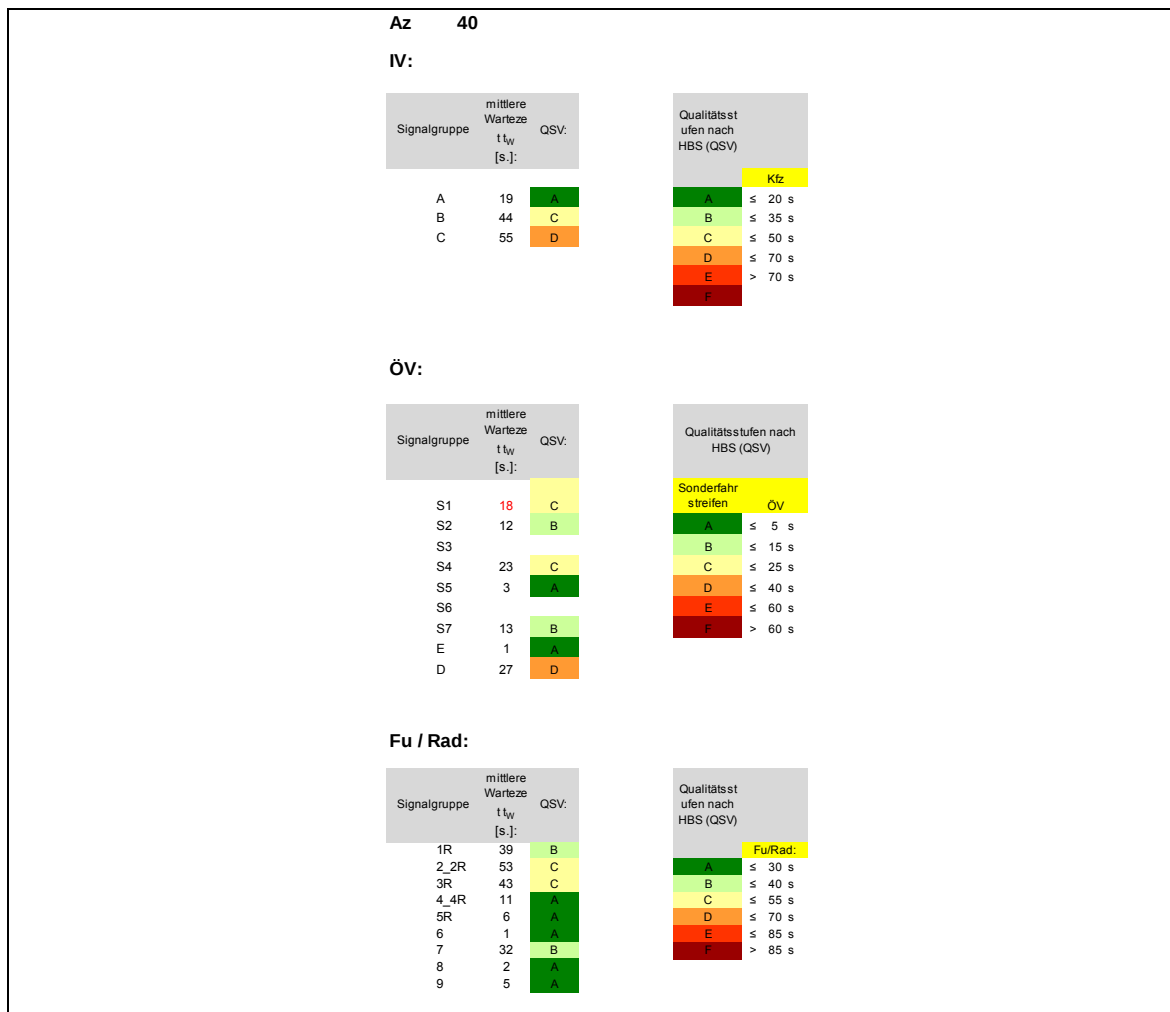


Bild 27: Qualitätsstufen nach HBS Az40

Gemäß HBS sind für den IV über die Signalgruppe A keine Beeinträchtigungen festzustellen. Die Wartezeit vor der Signalgruppe B ist gering. Lediglich die Signalgruppe C hat erhöhte Wartezeiten. Der Rückstau kann allerdings abgebaut werden

Die ÖPNV Richtung über S1 stellt keinen ÖPNV Sonderfahrstreifen dar, wird hier somit nur unter Vorbehalt mit einer Qualitätsstufe versehen. Hier beträgt die mittlere Wartezeit ca. 18 Sekunden. Dieser erhöhte Wert resultiert daraus, dass sich der ÖPNV die Spur mit dem MIV teilen muss und gelegentlich durch ein abbiegendes Fahrzeug blockiert wird. Bedingt durch die gemeinsame Führung mit der Hauptrichtung ist nur eine Einblendung des Signals S1 im Umlauf möglich. Die Ausfahrt aus der Umsteigeanlage über das Signal S4 hat die Qualitätsstufe C. Diese erhöhte Wartezeit resultiert aus den Abhängigkeiten zu den jeweiligen Signalgruppen insbesondere S5, D und S7. Die Straßenbahn über S5 von der Az546 kommend hat nahezu keine Wartezeit. Die mittlere Wartezeit für den einfahrenden Bus über das Signal S7 ist ebenfalls gering. Auffällig ist allerdingst die recht hohe Wartezeit für den Bus über die Signalgruppe D. Hier wird lediglich die Qualitätsstufe D erreicht. Der Grund hierfür sind die vielen Unverträglichkeiten des Signales D zu den

restlichen Verkehrsströmen. Es wird keine Unterscheidung vorgenommen ob der Bus in die nördliche oder die südliche Richtung fährt, hier ist eine Richtungstrennung zur Verringerung der Wartezeiten sinnvoll.

Für die Fußgänger und Radfahrer sind keine Beeinträchtigungen festzustellen.

4.2.5 Maximale Wartezeiten für den ÖPNV Az40

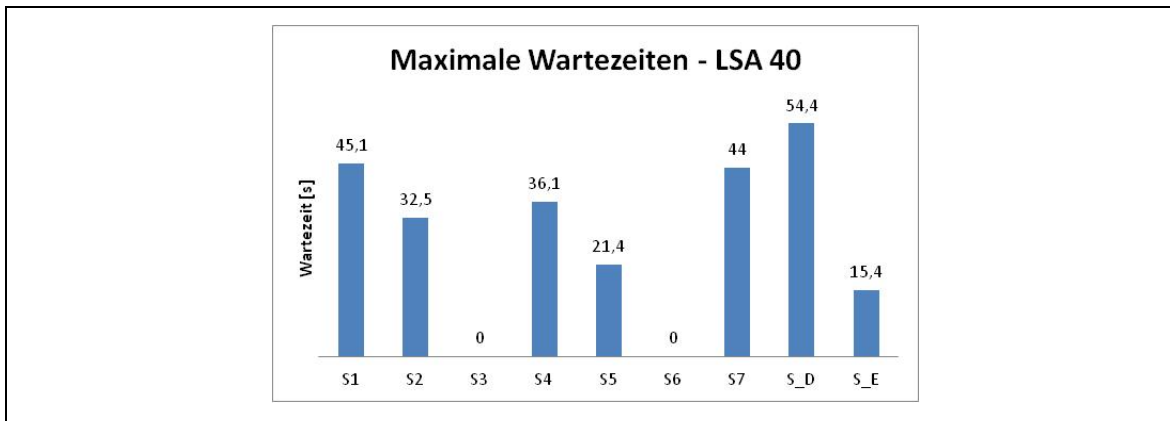


Bild 28: Maximale Wartezeiten Az40

Bei den maximalen Wartezeiten fallen insbesondere die Signale S1 über den Mischfahrstreifen sowie das Bussignal D auf. Bei Signalgruppe D kann es in der Spitze zu Wartezeiten bis zu einer Minute kommen.

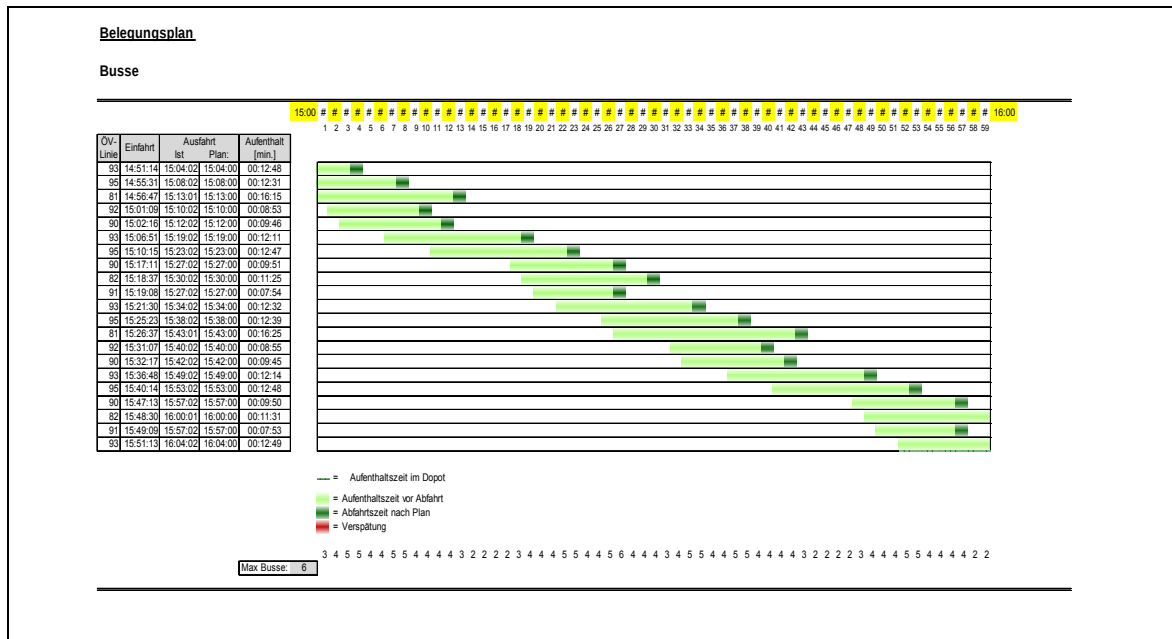


Bild 30: Belegungsplan Busse

Der Belegungsplan der Busse in der Umsteigeanlage für den Störfall 1a zeigt keine nennenswerten Abweichungen gegenüber dem Regelbetrieb.

5.1.1.2 Auswertung nach HBS Az546

IV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
A	25	B	Kfz
A1	7	A	A ≤ 20 s
B	29	B	B ≤ 35 s
C	53	D	C ≤ 50 s
E	38	C	D ≤ 70 s
F	39	C	E ≤ 70 s
			F > 70 s
ÖV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
S1	2	A	Sonderfahr- streifen ÖV
S2	0	A	A ≤ 5 s
S3	0	A	B ≤ 15 s
S4	3	A	C ≤ 25 s
S5			D ≤ 40 s
S6			E ≤ 60 s
S7	6	B	F > 60 s
Fu / Rad:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
1R	38	B	Fu/Rad:
2R	42	C	A ≤ 30 s
4R	15	A	B ≤ 40 s
5R			C ≤ 55 s
6R	33	B	D ≤ 70 s
R1	16	A	E ≤ 85 s
R2	39	B	F > 85 s
R3	40	B	

Bild 31: Qualitätsstufen nach HBS Az546

In den Qualitätsstufen sind an der Az546 keine nennenswerten Veränderungen für den Störfall 1a gegenüber dem Regelfall festzustellen.

5.1.1.3 Maximale Wartezeit Az546

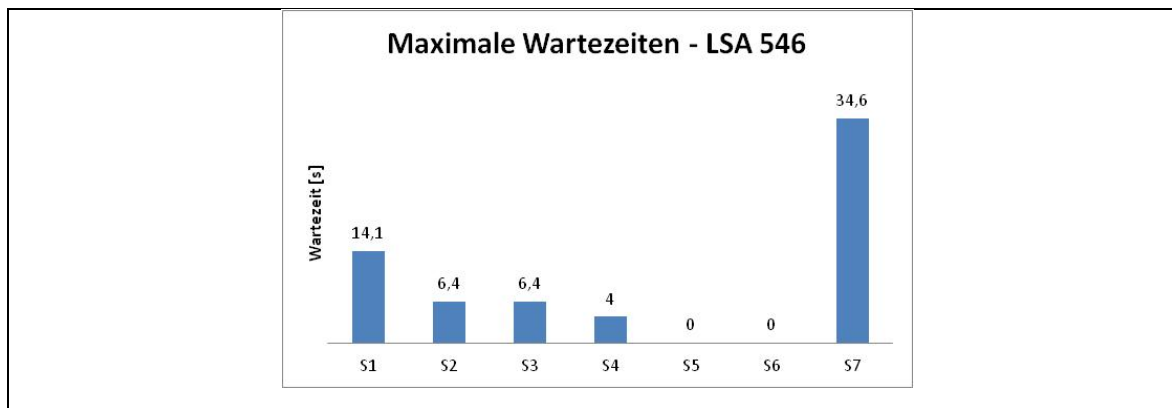


Bild 32: Maximale Wartezeiten Az546

Das Signal S7 hat für eine Fahrt eine maximale Wartezeit von ca. 35 Sekunden. Der Durchschnittswert über alle Fahrten gemittelt beträgt allerdings 6 Sekunden.

5.1.1.4 Auswertung nach HBS Az40



Bild 33: Qualitätsstufen nach HBS Az40

Das für dieses Störszenario benötigte Signal S3 hat eine durchschnittliche Wartezeit von ca. einer Minute. Die Ursache hierfür ist, dass lediglich eine Einblendung für dieses Signal im Umlauf in der derzeitigen Logik Variante vorgesehen ist. Erfolgt die Anmeldung in einer ungünstigen Konstellation kommt es für die Linien 2 und 10 zu erhöhten Wartezeiten.

5.1.1.5 Maximale Wartezeit Az40

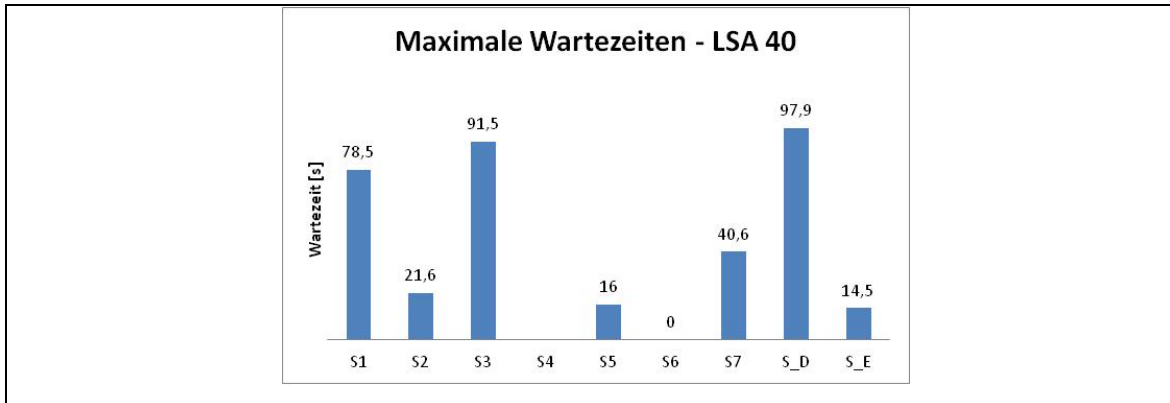


Bild 34: Maximale Wartezeiten Az40

Die maximalen Wartezeiten für eine einzelne Fahrt sind insbesondere für S1 mit ca. 75 Sekunden sowie S3 und die Busse über das Signal D ?? mit ca. 90 Sekunden sehr hoch.

5.2 Beschreibung Störszenario 1b

Für den Störfall 1b wird die Sperrung des Ankunftsgleises simuliert und ausgewertet. Alle Straßenbahnlinien befahren die Umsteigeanlage über die Az546, auch die Linien 2 und 10. Diese gelangen über die eingleisige Strecke zwischen der Az83 und Az545 zur Az546. Die Umsteigeanlage wird über das Signal S6 befahren, es ist eine Umfahrung durch den Betriebshof notwendig.

5.2.1 Auswertung Störungsszenario 1b

5.2.1.1 Belegungsplan Umsteigeanlage

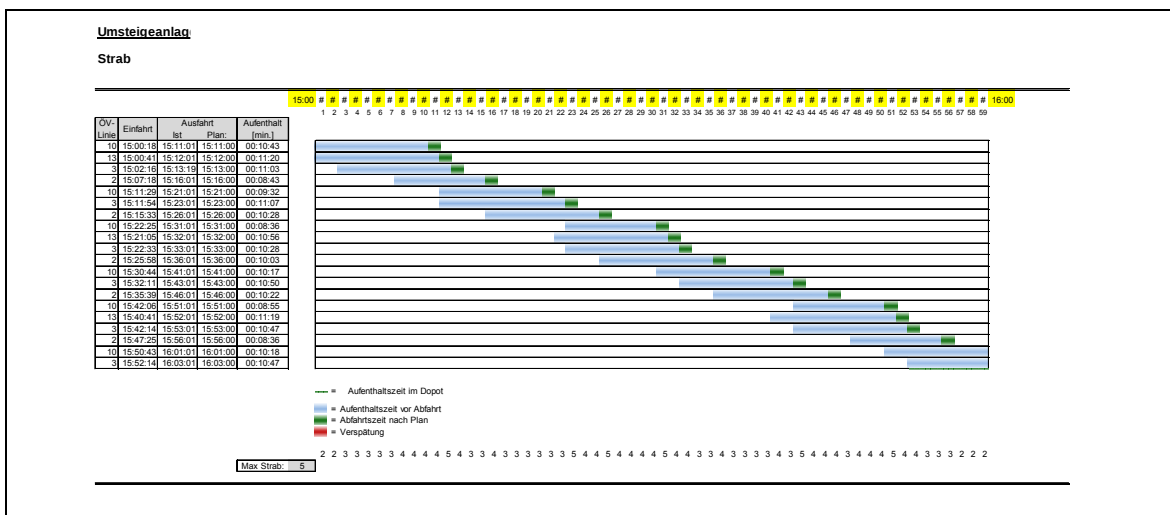
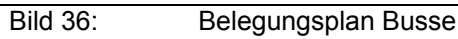


Bild 35: Belegungsplan Straßenbahnen

Der Belegungsplan der Straßenbahnen in der Umsteigeanlage für den Störfall 1b zeigt keine nennenswerten Abweichungen gegenüber dem Regelbetrieb.



41

5.2.1.2 Auswertung nach HBS Az546

IV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
A	27	B	Kfz
A1	7	A	A ≤ 20 s
B	29	B	B ≤ 35 s
C	55	D	C ≤ 50 s
E	35	B	D ≤ 70 s
F	32	B	E > 70 s
ÖV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
S1			Sonderfahr- streifen ÖV
S2	0	A	A ≤ 5 s
S3	0	A	B ≤ 15 s
S4	4	A	C ≤ 25 s
S5			D ≤ 40 s
S6	14	B	E ≤ 60 s
S7	5	A	F > 60 s
Fu / Rad:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
1R	38	B	Fu/Rad:
2R	40	B	A ≤ 30 s
4R	21	A	B ≤ 40 s
5R			C ≤ 55 s
6R	30	A	D ≤ 70 s
R1	16	A	E ≤ 85 s
R2	40	B	F > 85 s
R3	33	B	

Bild 37: Qualitätsstufen nach HBS Az546

In den Qualitätsstufen sind an der Az546 keine nennenswerten Veränderungen für den Störfall 1b gegenüber dem Regelfall festzustellen. Das für den Störfall aktive Signal S6 für alle Straßenbahn Linien hat eine durchschnittliche Wartezeit von 14 Sekunden. Es ist zu beachten, dass sämtliche Linien die Umsteigeanlage über das Signal S6 befahren müssen.

5.2.1.3 Maximale Wartezeit Az546

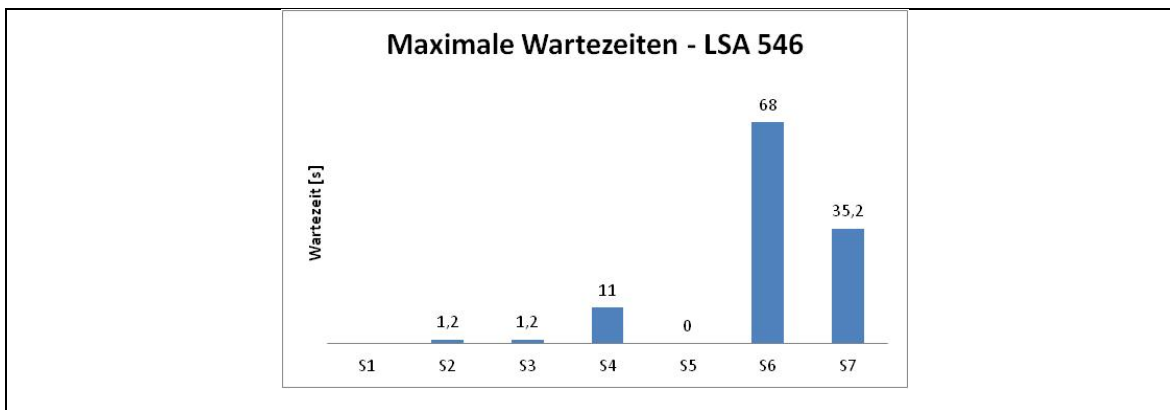


Bild 38: Maximale Wartezeiten Az546

Bei der maximalen Wartezeit kann es für die Straßenbahn Linien zu einer maximalen Verlustzeit von ca. 1 Minute kommen. Dies ist auf die erhöhte Frequenz zurückzuführen, da sämtliche Bahnen die Umsteigeanlage über das Signal S6 befahren.

5.2.1.4 Auswertung nach HBS Az40

IV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstufen nach HBS (QSV)
A	19	A	Kfz A ≤ 20 s
B	47	C	B ≤ 35 s
C	46	C	C ≤ 50 s
			D ≤ 70 s
			E ≤ 70 s
			F > 70 s
ÖV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstufen nach HBS (QSV)
S1	20	C	Sonderfahr streifen ÖV A ≤ 5 s
S2	10	B	B ≤ 15 s
S3			C ≤ 25 s
S4	24	C	D ≤ 40 s
S5			E ≤ 60 s
S6			F > 60 s
S7	14	B	
E	1	A	
D	30	D	
Fu / Rad:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstufen nach HBS (QSV)
1R	37	B	Fu/Rad: A ≤ 30 s
2_2R	51	C	B ≤ 40 s
3R	41	C	C ≤ 55 s
4_4R	11	A	D ≤ 70 s
5R	5	A	E ≤ 85 s
6	1	A	F > 85 s
7	28	A	
8	2	A	
9	3	A	

Bild 39: Qualitätsstufen nach HBS Az40

In den Qualitätsstufen sind an der Az40 keine nennenswerten Veränderungen für den Störfall 1b gegenüber dem Regelfall festzustellen. Für den MIV kann sogar eine Entlastung festgestellt werden, da über das Signal S1 keine Straßenbahnen verkehren.

5.2.1.5 Maximale Wartezeit Az40

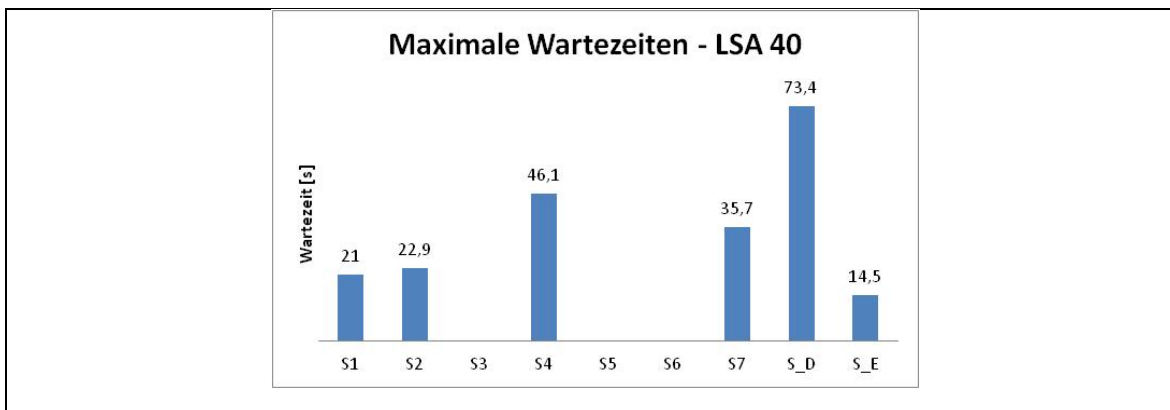


Bild 40: Maximale Wartezeiten Az40

Für die maximalen Wartezeiten sind keine nennenswerten Unterschiede zum Regelfall festzustellen.

5.3 Beschreibung Störszenario 1c

Für den Störfall 1c wird die Sperrung des Betriebshofes und der Umsteigeanlage für Straßenbahnen und die Nutzung der eingleisigen Umfahrung an der Debstedter Straße durch die Linien 2, 3, 3S, 10 und 10E (inkl. Ersatzhaltestelle) simuliert und ausgewertet. Alle Straßenbahnen verlassen die Umsteigeanlage über das Signal S6 der Az40. Für dieses Szenario wird davon ausgegangen, dass die Straßenbahnen einerseits den Fahrplan halten sollen, andererseits wird auch die Durchsicht durchgeführt.

5.3.1 Auswertung Störungsszenario 1c

5.3.1.1 Belegungsplan Umsteigeanlage

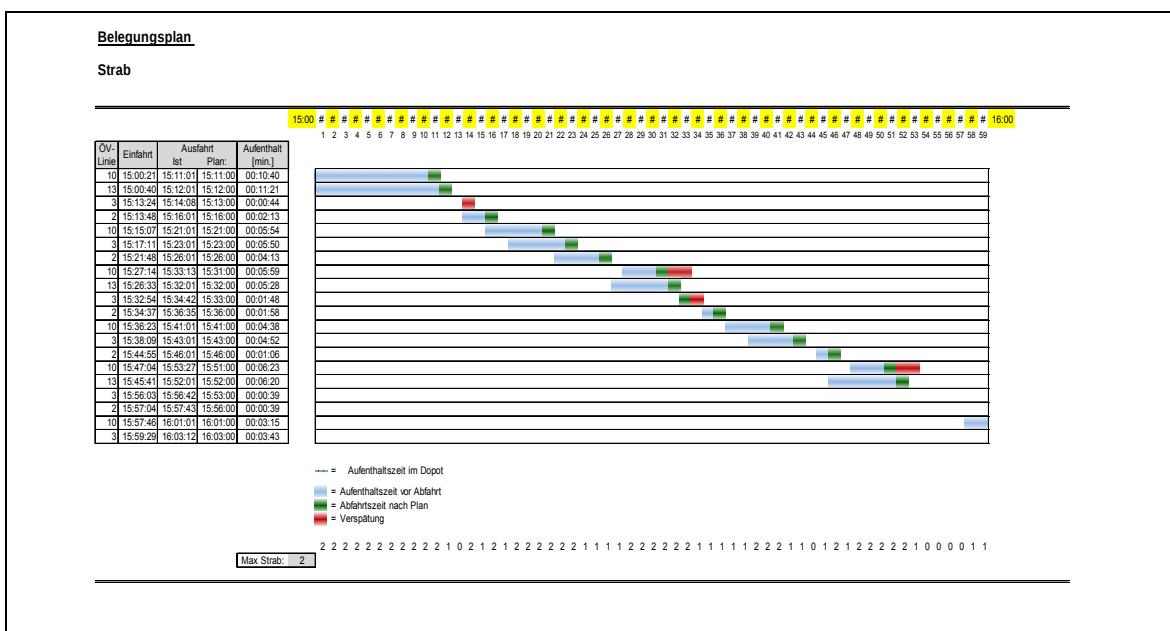


Bild 41: Belegungsplan Straßenbahnen

Vor dem Signal S6 können sich maximal zwei Straßenbahnen platzieren. Dementsprechend werden alle weiteren Straßenbahnen vor der Einfahrt in die Umsteigeanlage blockiert. Da die Straßenbahnen um die Einhaltung des Fahrplans bemüht sind wird die Aufenthaltszeit im Depot teilweise komplett aufgebraucht. Trotz diesem Puffer kann der Fahrplan teilweise nicht eingehalten werden.

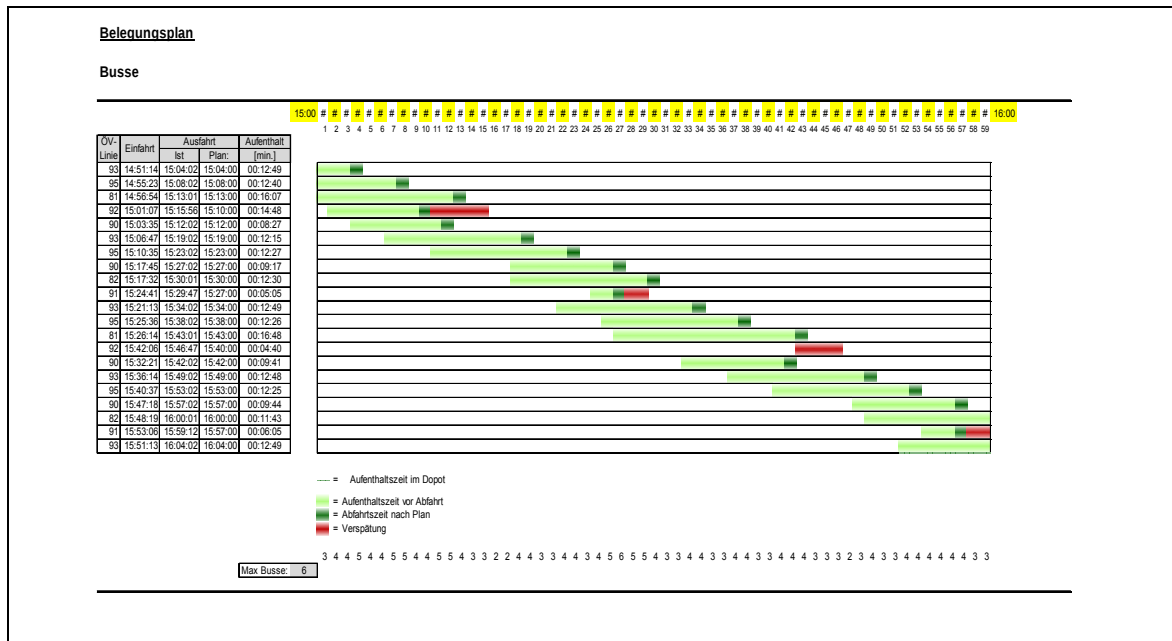


Bild 42: Belegungsplan Busse

Bedingt durch die Blockade durch die Bahnen kommt es zu Verspätungen im Busbetrieb, die Fahrpläne können teilweise nicht gehalten werden.

5.3.1.2 Auswertung nach HBS Az546

IV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
A	44	C	Kfz
A1	10	A	A ≤ 20 s
B	27	B	B ≤ 35 s
C	90	E	C ≤ 50 s
E	68	D	D ≤ 70 s
F	68	D	E > 70 s
			F
ÖV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
S1	150	F	Sonderfahr- streifen ÖV
S2	0	A	A ≤ 5 s
S3	0	A	B ≤ 15 s
S4	188	F	C ≤ 25 s
S5			D ≤ 40 s
S6			E ≤ 60 s
S7	10	B	F > 60 s
Fu / Rad:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
1R	62	D	Fu/Rad:
2R	46	C	A ≤ 30 s
4R	35	B	B ≤ 40 s
5R			C ≤ 55 s
6R	34	B	D ≤ 70 s
R1	35	B	E ≤ 85 s
R2	33	B	F > 85 s
R3	13	A	

Bild 43: Qualitätsstufen nach HBS Az546

Dieser Störfall hat erhebliche Auswirkungen auf die Qualitätsstufen gemäß HBS 2015. Im MIV wie im ÖPNV ist mit sehr langen Wartezeiten zu rechnen. Ein stabiler Verkehrsablauf ist nicht möglich.

5.3.1.3 Maximale Wartezeit Az546

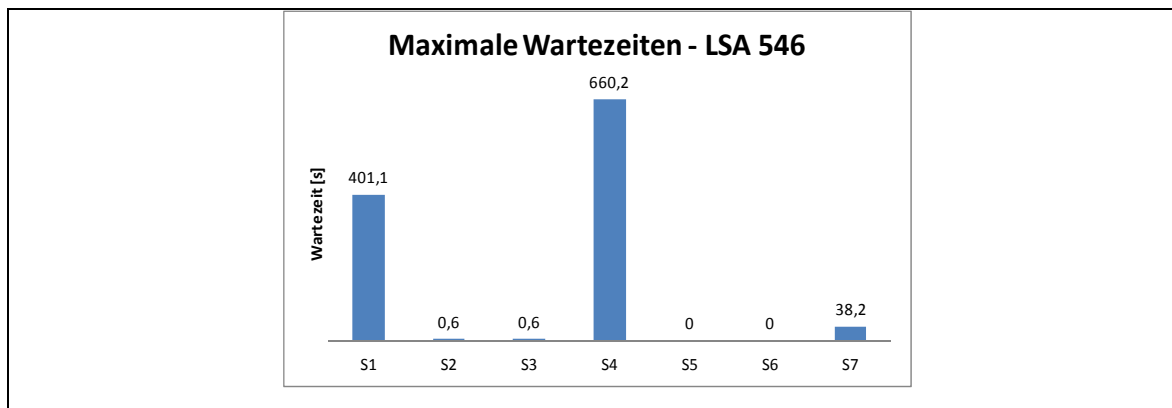


Bild 44: Maximale Wartezeiten Az546

Die Maximalen Wartezeiten für den ÖPNV sind durch die Blockierungsvorgänge nicht vertretbar.

5.3.1.4 Auswertung nach HBS Az40



Bild 45: Qualitätsstufen nach HBS Az40

In den Qualitätsstufen sind an der Az40 keine nennenswerten Veränderungen für den Störfall 1c gegenüber dem Regelfall festzustellen. Die durchschnittliche Wartezeit für das Umleitungssignal S6 beträgt 38 Sekunden.

5.3.1.5 Maximale Wartezeit Az40

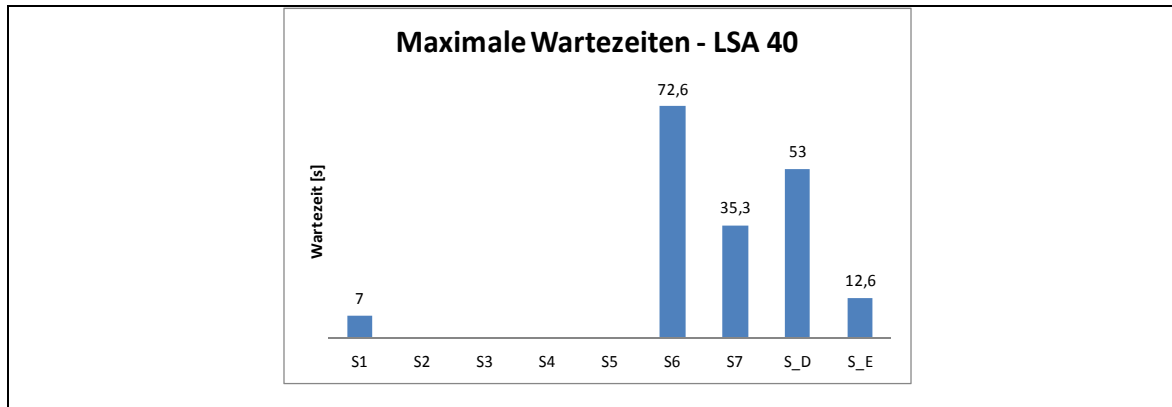


Bild 46: Maximale Wartezeiten Az40

Die maximale Wartezeit für das Signal S6 liegt im ungünstigsten Fall bei knapp über einer Minute. Es sind zwei Einblendungen im Umlauf für dieses Signal vorgesehen.

5.3.1.6 Auswertung nach HBS Az545

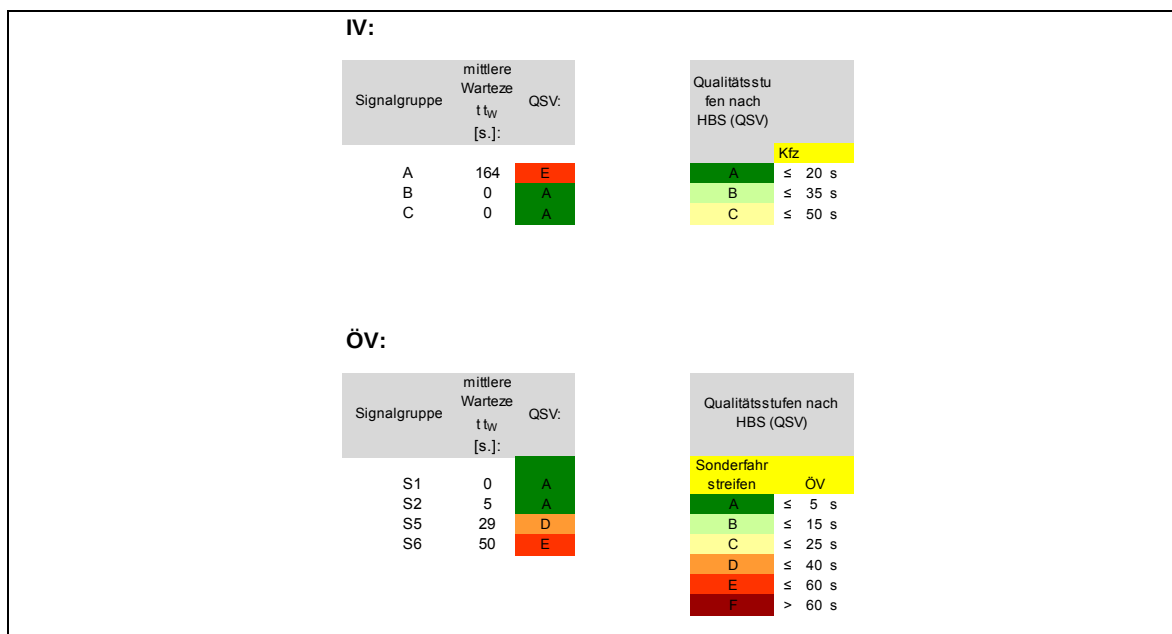


Bild 47: Qualitätsstufen nach HBS Az545

Die chaotischen Verkehrsabläufe an der Az546 haben auch Folgen für die A545, auch hier ist kein stabiler Verkehrsablauf möglich. Für den MIV sind erhebliche Rückstaulängen zu erwarten.

5.3.1.7 Maximale Wartezeit Az545

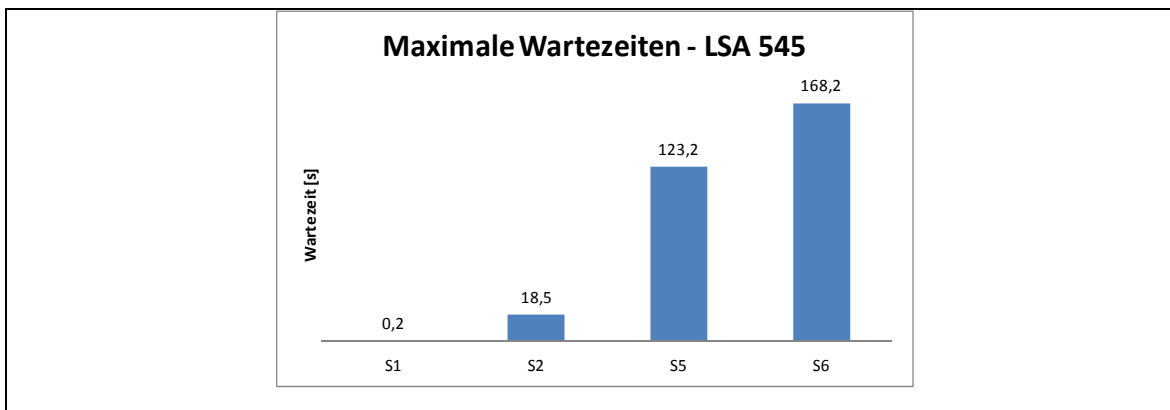


Bild 48: Maximale Wartezeiten Az545

Die maximalen Wartezeiten für die Straßenbahnen sind durch das gegenseitige Behindern ebenfalls erheblich.

5.4 Beschreibung Störszenario 1d

Im Störfall 1d werden beide Abfahrtssignale gesperrt. Es gelten folgende Bestimmungen:

- Ankunft Linien 2, 3, 3S und 10 auf dem Ankunftsgleis (Gleis 1)
- Alle genannten Linien fahren leer durch den Betriebshof und können sich dort gegenseitig überholen. (=> Auf dem Betriebshof sind immer zwei Gleise in Richtung Sebaldsbrück bzw. Weserwehr für Überholungen freizuhalten)
- Alle genannten Linien nehmen (in jeweils ca. 25s) ihre Fahrgäste an der Debstedter Straße (Gleis 10) vor Signal S6 der Az40 auf.
- Linie 3 fährt über Havemannstraße in Richtung Weserwehr.
- Die Buslinien 81, 90, 93 und 94 nutzen die südliche Einfahrt (siehe Skizze „blauer“ Fahrweg) mit einem Halt (jeweils ca. 20s) in der Debstedter Straße auf Höhe des Signals S5 der Az40 (für Umsteiger von Bus auf Bahn)
- Die Buslinien 91 und 92 machen einen Zwischenhalt an S5 der Az40 bzw. hinter einer dort stehenden Bahn, um Fahrgäste aussteigen zu lassen.

5.4.1 Auswertung Störungsszenario 1d

5.4.1.1 Belegungsplan Umsteigeanlage

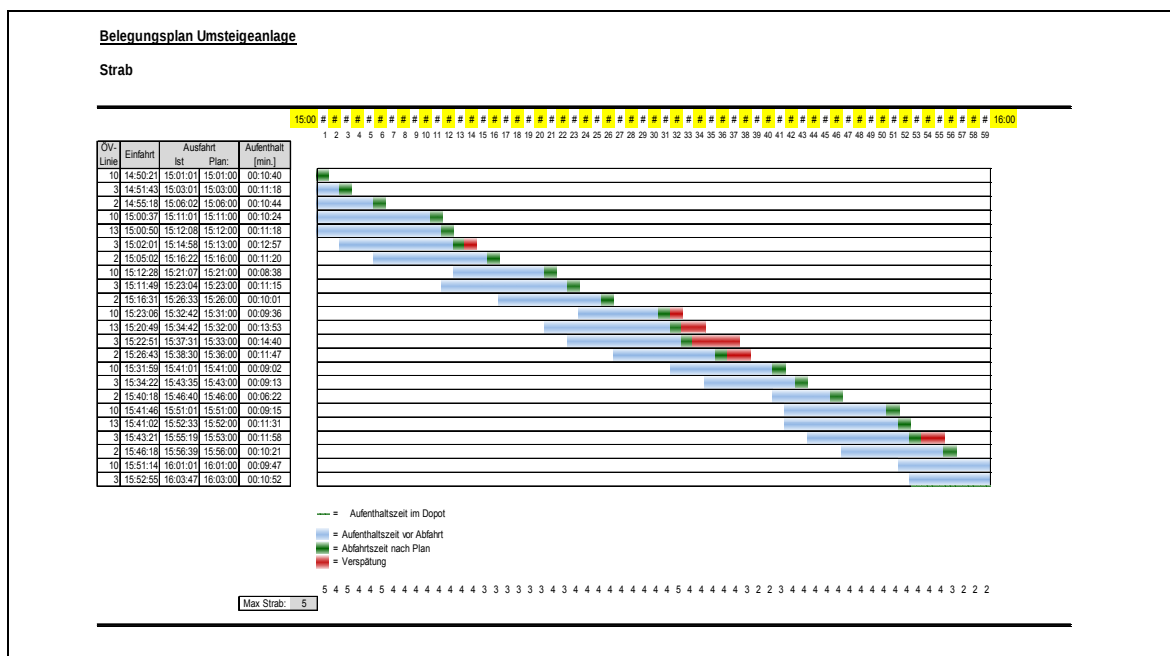


Bild 49: Belegungsplan Straßenbahnen

Der Belegungsplan für den Störfall 1d zeigt, dass die Bahnen den Fahrplan teilweise nicht einhalten können.

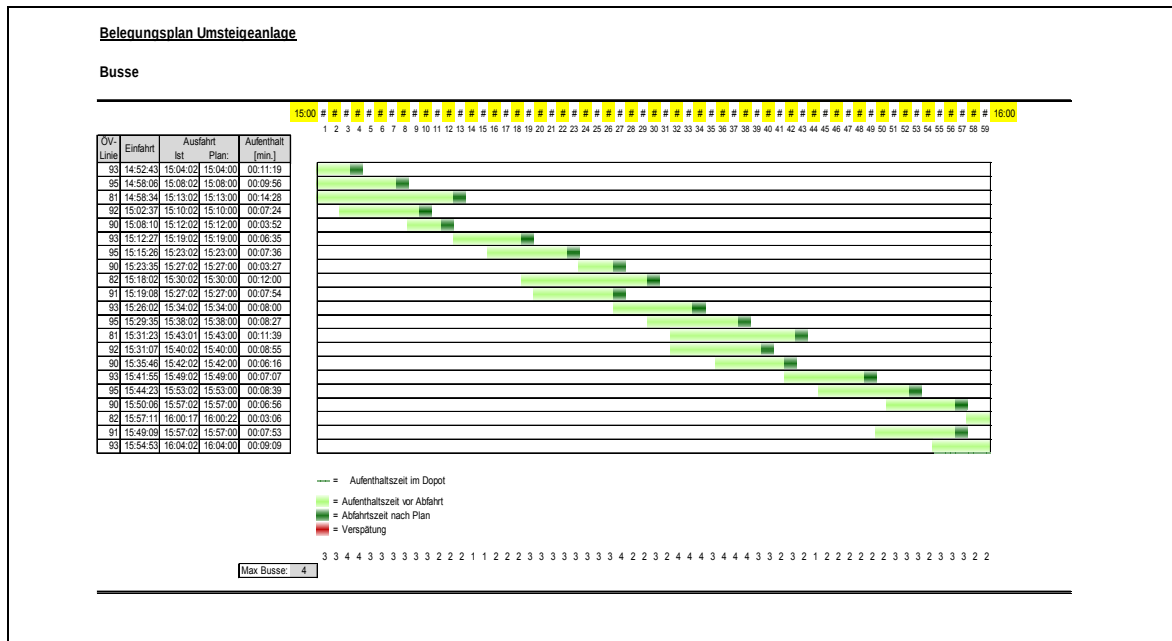


Bild 50: Belegungsplan Busse

Die Bussen können den Fahrplan halten. Allerdings kommt es bedingt durch die neuen Routen zu verkürzten Aufenthalten in der Umsteigeanlage.

5.4.1.2 Auswertung nach HBS Az546

Az 546			
IV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
A	30	B	Kfz
A1	26	B	A ≤ 20 s
B	35	B	B ≤ 35 s
C	72	E	C ≤ 50 s
E	39	C	D ≤ 70 s
F	50	C	E ≤ 70 s
			F > 70 s
ÖV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
S1	34	D	Sonderfahr- streifen
S2	0	A	A ≤ 5 s
S3	0	A	B ≤ 15 s
S4	15	B	C ≤ 25 s
S5	30	D	D ≤ 40 s
S6			E ≤ 60 s
S7	6	B	F > 60 s
Fu / Rad:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
1R	50	C	Fu/Rad:
2R	47	C	A ≤ 30 s
4R	16	A	B ≤ 40 s
5R	63	D	C ≤ 55 s
6R	37	B	D ≤ 70 s
R1	23	A	E ≤ 85 s
R2	52	C	F > 85 s
R3	22	A	

Bild 51: Qualitätsstufen nach HBS Az546

Bei den mittleren Wartezeiten für den MIV kommt es vor Signalgruppe C zu erhöhten Wartezeiten. Jedoch ist diese Verkehrsbeziehung relativ schwach, sodass kein Rückstau zu erwarten ist. Für den ÖPNV kommt es wegen der starken Frequentierung der Bahnen über das Signal S1 zu erhöhten Wartezeiten. Des Weiteren können sich vor dem Signal S6 der Az40 lediglich zwei Fahrzeuge aufstellen. Die restlichen müssen vor dem Signal S1 der Az546 zurückgehalten werden. Achtung für diesen Störfall ist eine Sicherung des Fahrweges der Busse gegen die Signalgruppe A1 notwendig.

5.4.1.3 Maximale Wartezeit Az546

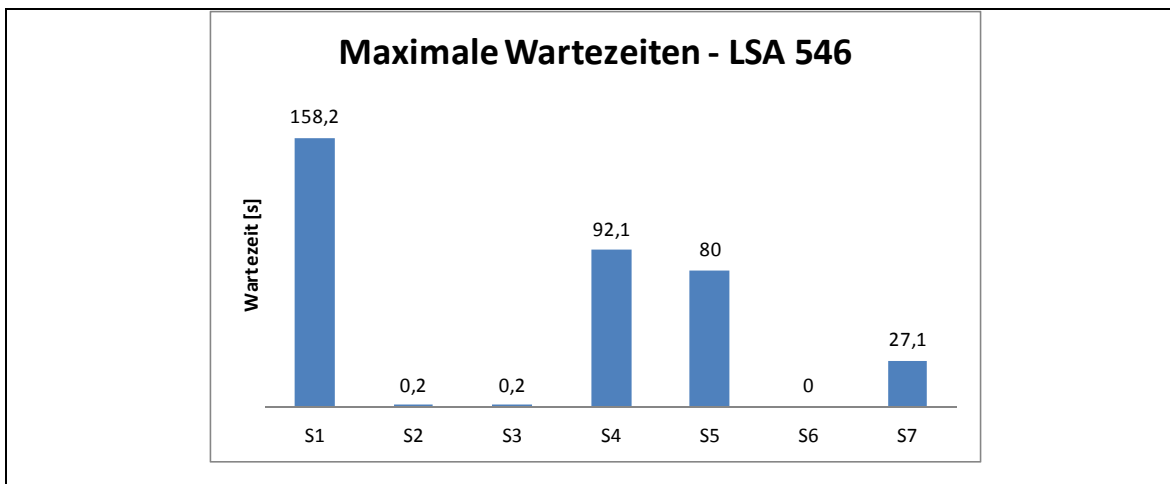


Bild 52: Maximale Wartezeiten Az546

Die maximalen Wartezeiten spiegeln die Probleme der sich blockierenden Bahnen wieder. Bahnen müssen am Signal S1 zurückgehalten werden. Dementsprechend werden ebenfalls Busse vor dem Signal S4 durch die Bahnen an der Einfahrt in die Umsteigeanlage behindert.

5.4.1.4 Auswertung nach HBS Az40

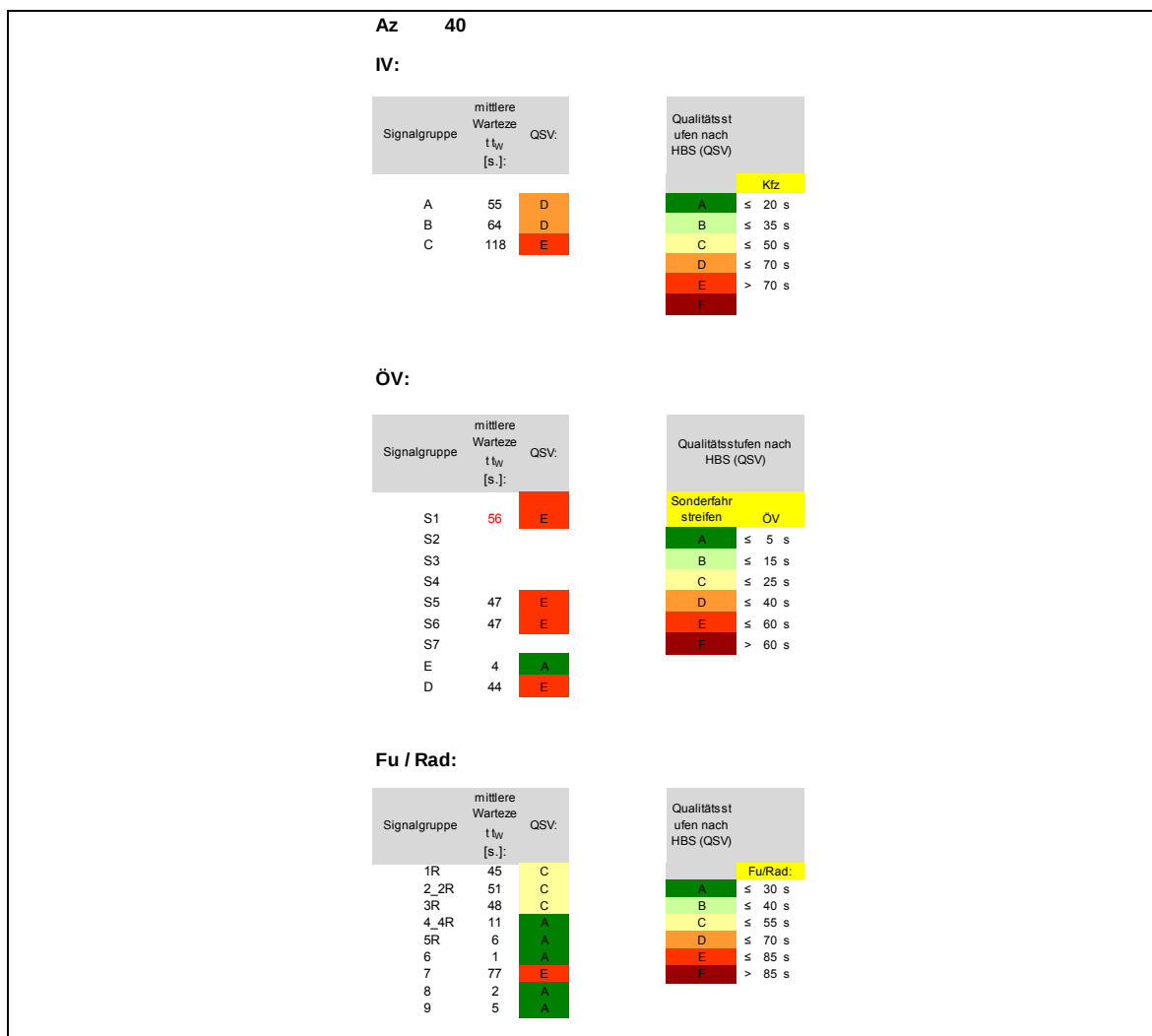


Bild 53: Qualitätsstufen nach HBS Az40

Die Auswertung nach HBS zeigt für die Az40 chaotische Verhältnisse. Der Knotenpunkt ist für diesen Störfall weder für den MIV noch für den ÖPNV leistungsfähig. Hintergrund ist die Ersatzhaltestelle für die Busse in der Debstedter Straße. Dadurch wird das Rechtsabbiegen an der Az40 über das Signal C erschwert, da die Einfahrt blockiert ist. Die gleiche Situation gilt für den Linksabbieger am Signal A, dies hat zudem Auswirkungen für die Linie 2 und 10 über das Signal S1. Somit ist mit Rückstauerscheinungen an den Signalen A und C zu rechnen.

5.4.1.5 Maximale Wartezeit Az40

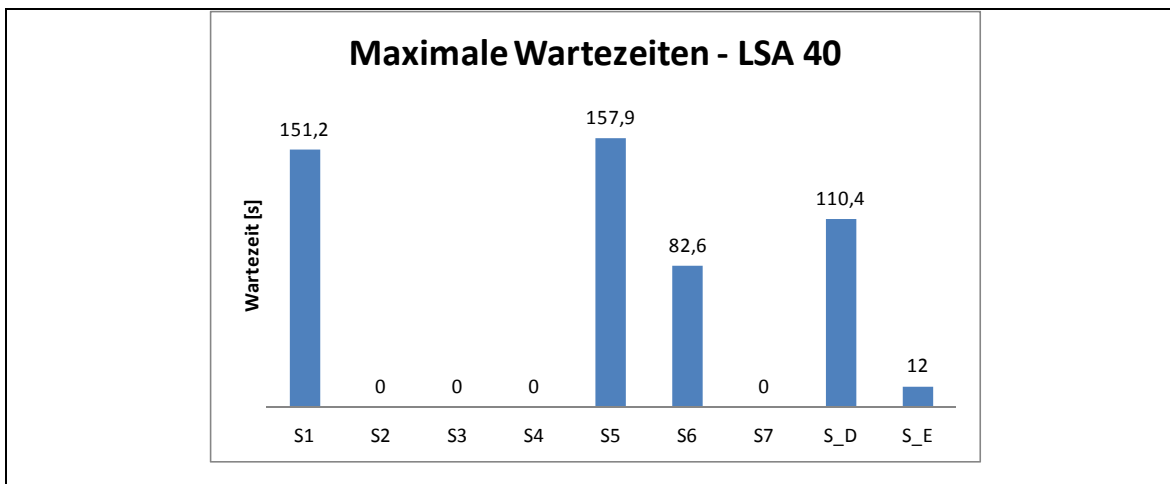


Bild 54: Maximale Wartezeiten Az40

Die maximalen Wartezeiten verdeutlichen nochmals die Problematik bedingt durch die Ersatzhaltestelle in der Debstedter Straße.

5.5 Beschreibung Störszenario 2a

In dem Störfall 2a verkehren die Linien 2, 3, 3S, 10 und 10E über die nördliche Ein- und Ausfahrt. Dementsprechend wird die Az546 nicht von Straßenbahnen befahren.

5.5.1 Auswertung Störungsszenario 2a

5.5.1.1 Belegungsplan Umsteigeanlage

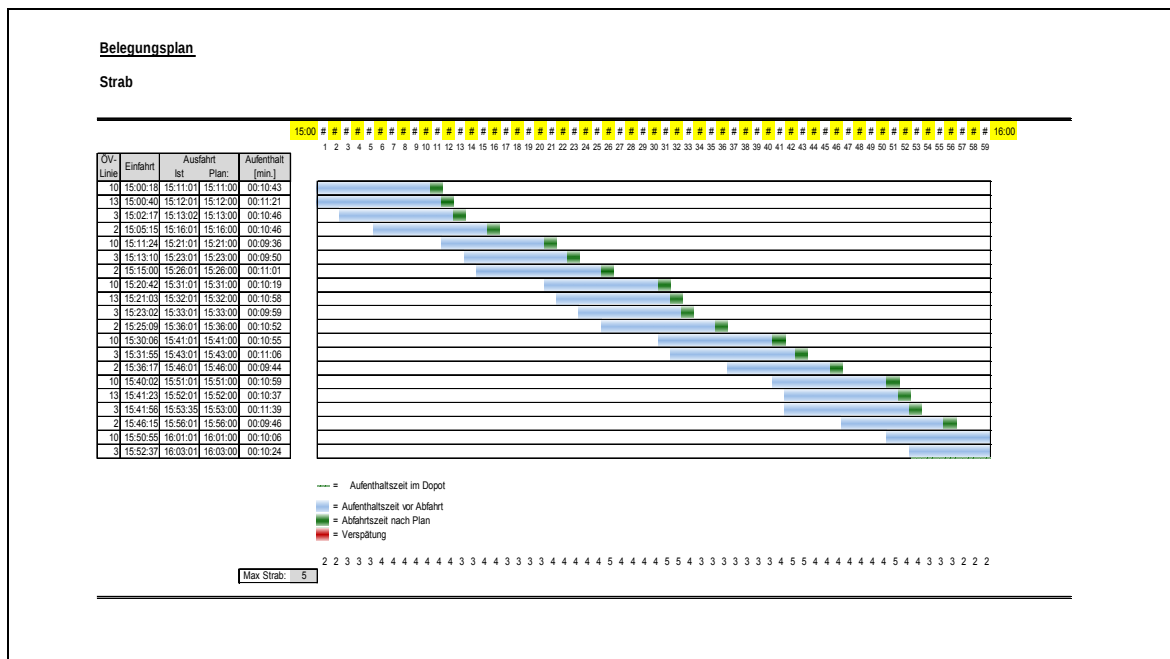


Bild 55: Belegungsplan Straßenbahnen

Der Belegungsplan der Straßenbahnen in der Umsteigeanlage für den Störfall 2a zeigt keine nennenswerten Abweichungen gegenüber dem Regelbetrieb.

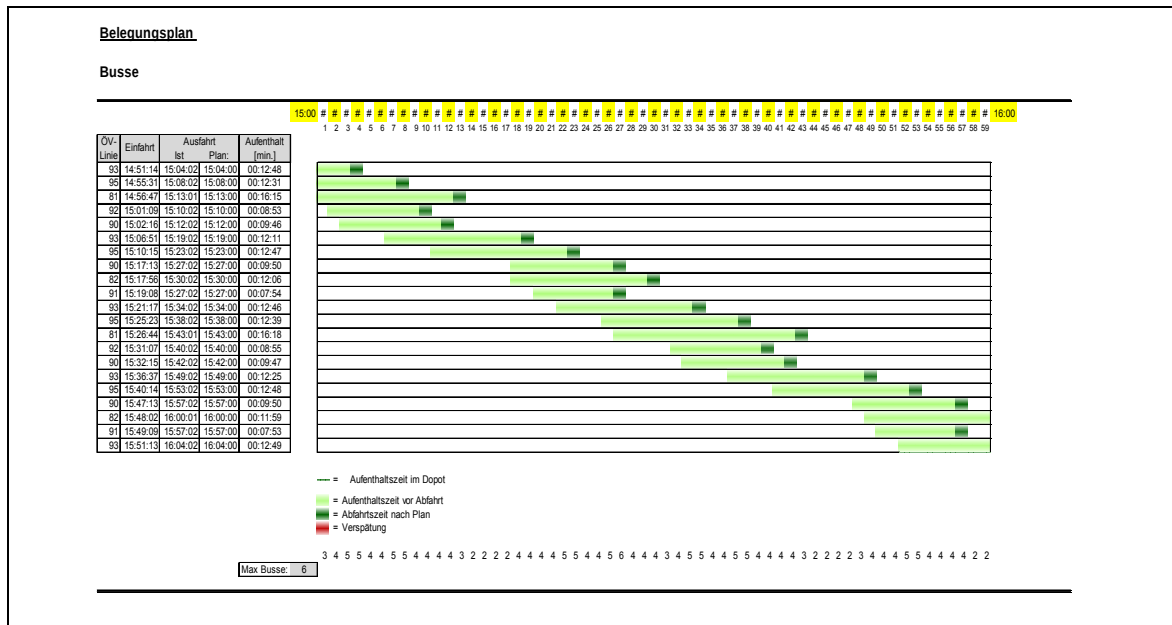


Bild 56: Belegungsplan Busse

Der Belegungsplan der Busse in der Umsteigeanlage für den Störfall 2a zeigt keine nennenswerten Abweichungen gegenüber dem Regelbetrieb.

5.5.1.2 Auswertung nach HBS Az546

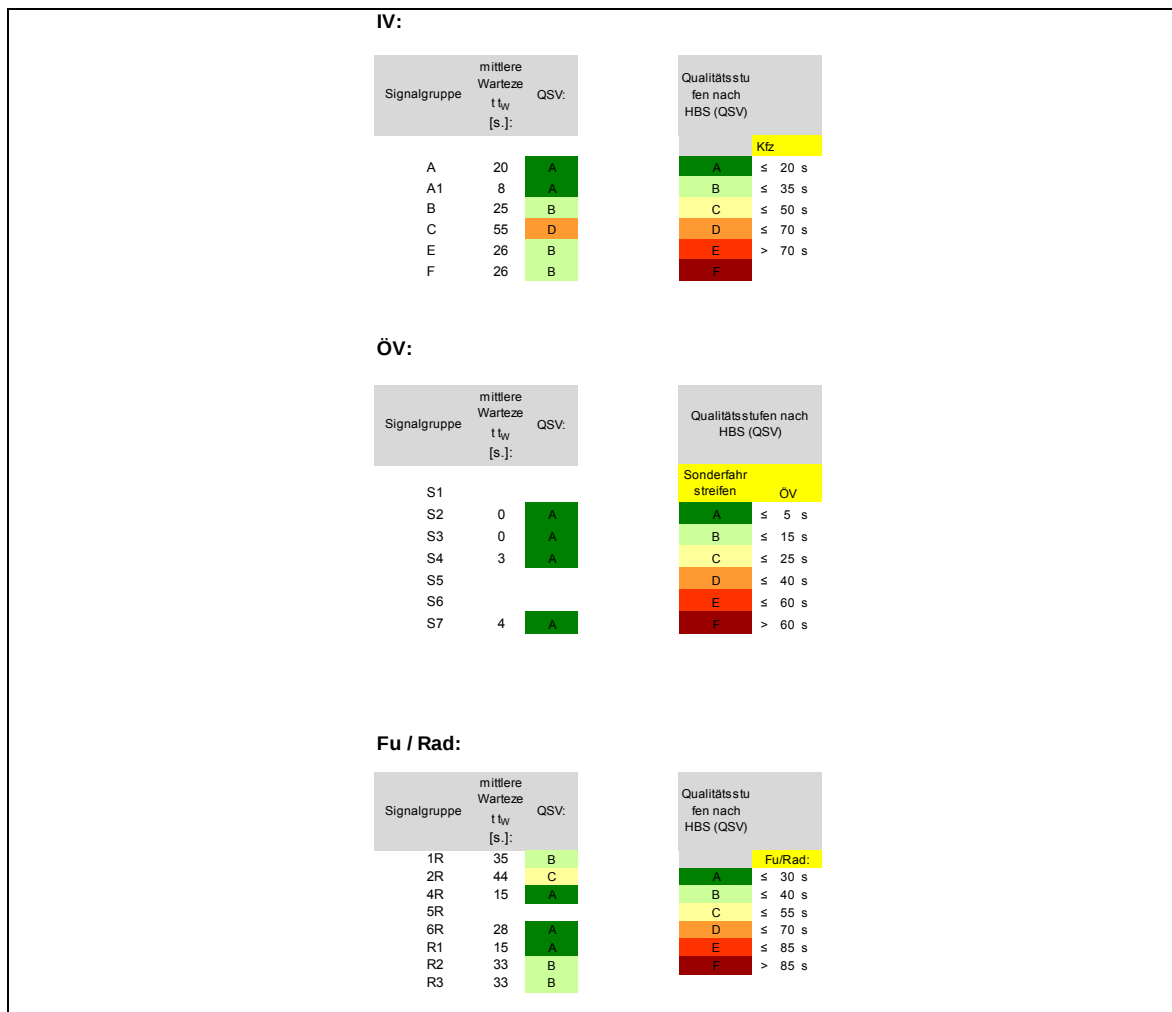


Bild 57: Qualitätsstufen nach HBS Az546

Gemäß der Qualitätseinstufung nach HBS sind keine Störungen im Verkehrsablauf festzustellen.

5.5.1.3 Maximale Wartezeit Az546

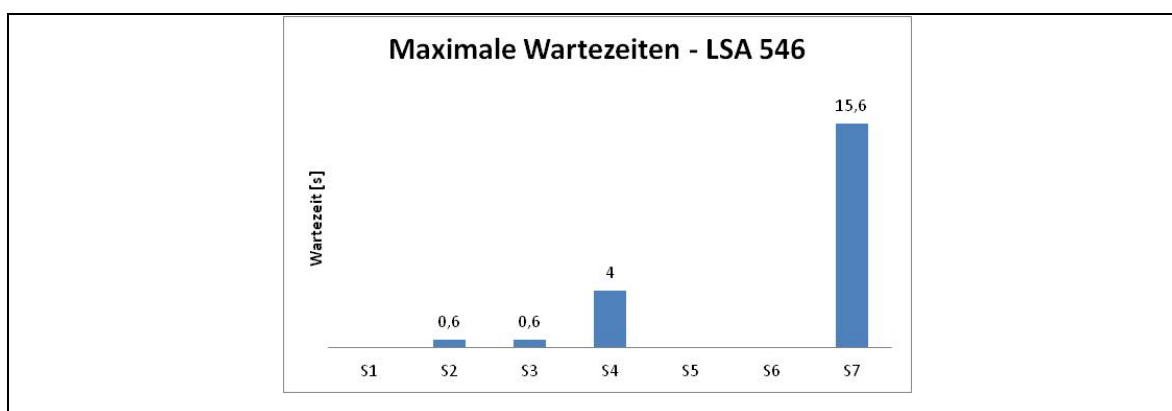


Bild 58: Maximale Wartezeiten Az546

Die maximalen Wartezeiten weisen keine Auffälligkeiten auf.

5.5.1.4 Auswertung nach HBS Az40

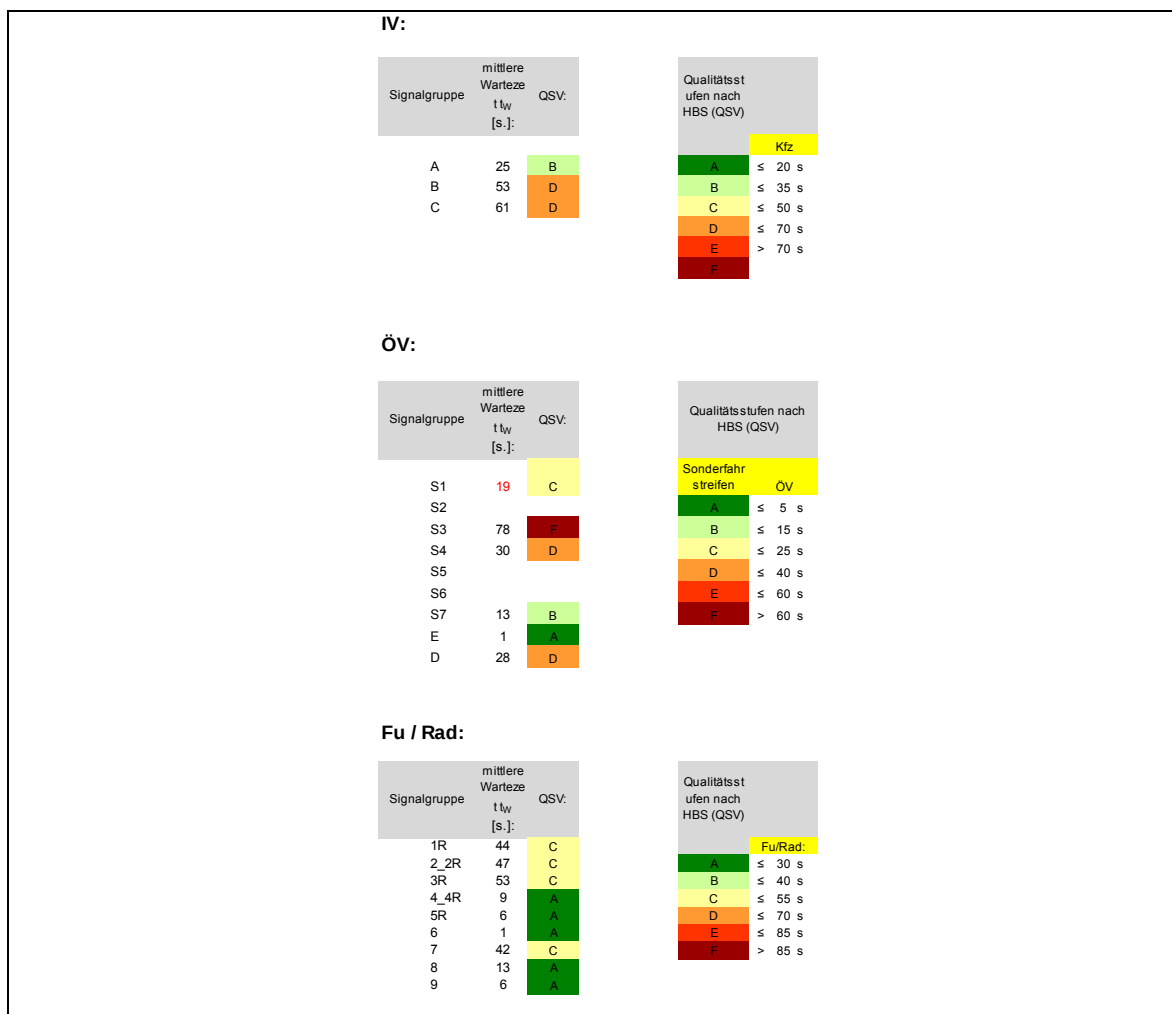


Bild 59: Qualitätsstufen nach HBS Az40

Bedingt durch die höhere Frequentierung der Straßenbahnen kommt es zu höheren Wartezeiten im MIV gegenüber dem Regelfall. Für den ÖPNV ist eine erhöhte mittlere Wartezeit vor dem Signal S3 festzustellen.

5.5.1.5 Maximale Wartezeit Az40

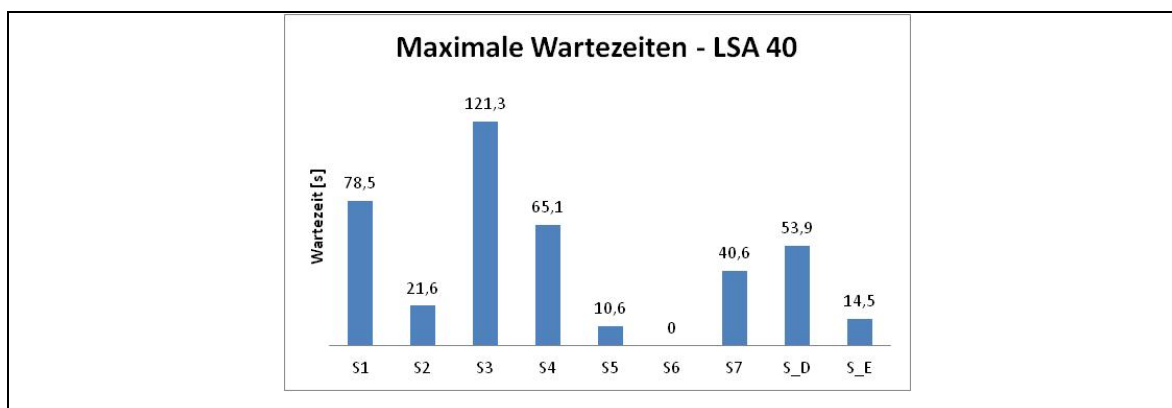


Bild 60: Maximale Wartezeiten Az40

5.6 Beschreibung Störszenario 2b

Im Störfall 2b verkehren die Linien 2, 3, 3S, 10 und 10E über die südliche Ein- und Ausfahrt.

5.6.1 Auswertung Störungsszenario 2b

5.6.1.1 Belegungsplan Umsteigeanlage

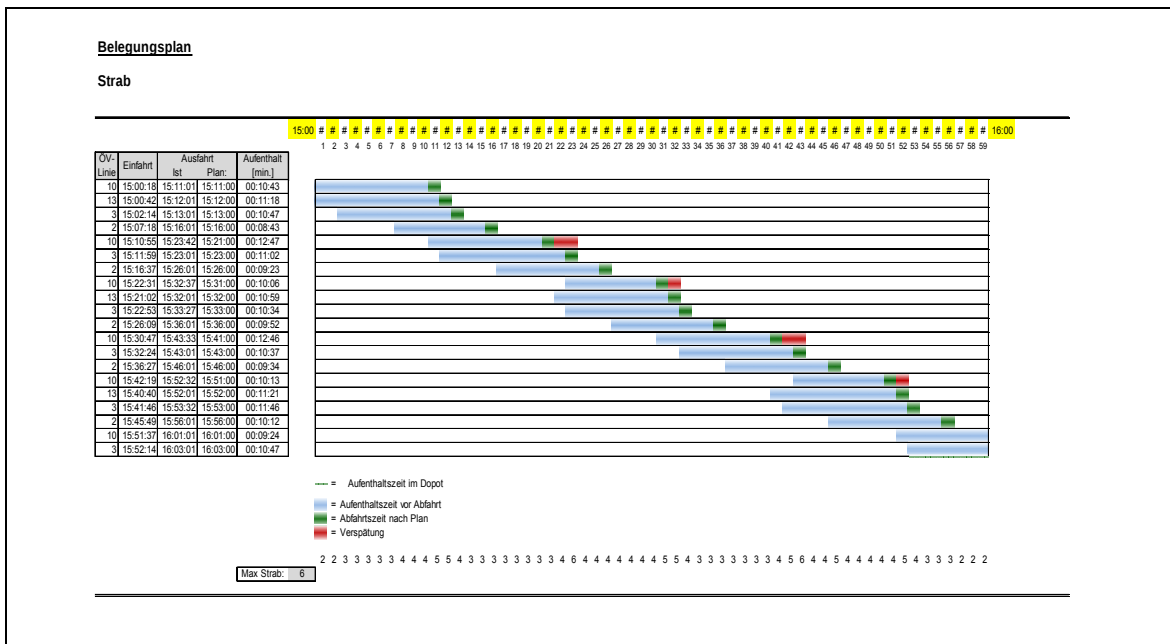


Bild 61: Belegungsplan Straßenbahnen

Der Belegungsplan in der Umsteigeanlage für die Straßenbahnen zeigt gelegentliche Verspätungen zum gewünschten Fahrplan. Dies resultiert daraus, dass nur ein Abfahrts-gleis 3 für alle Linien zur Verfügung steht. Die Bahnen können sich in diesem Bereich nicht gegenseitig überholen um den gewünschten Abfahrtszeitpunkt zu erreichen.

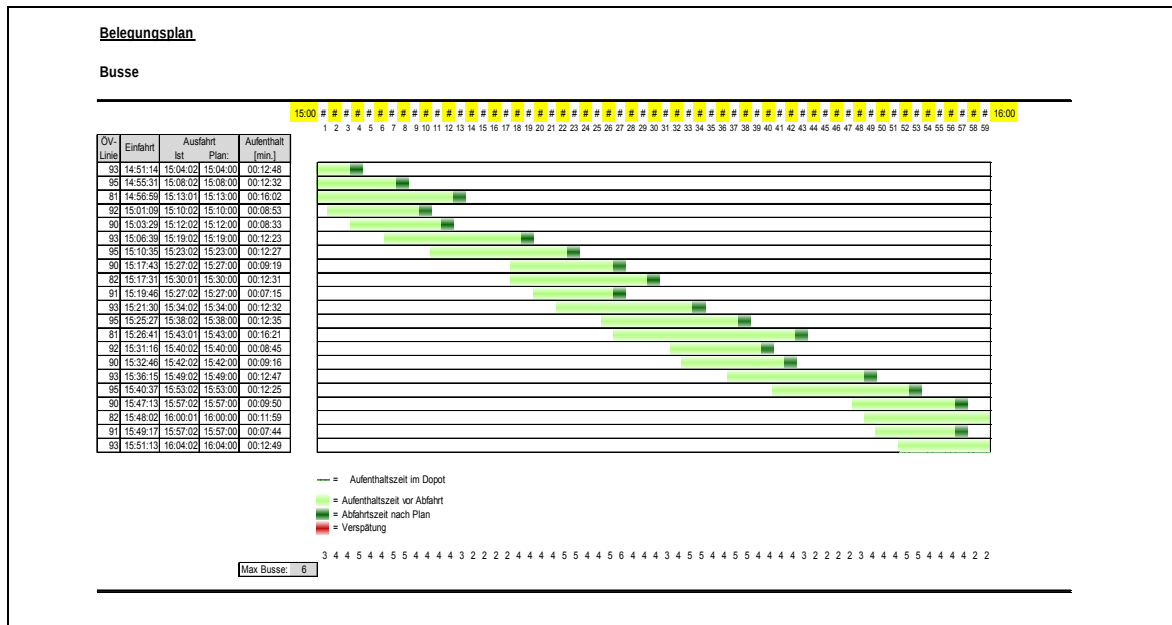


Bild 62: Belegungsplan Busse

Der Belegungsplan der Busse in der Umsteigeanlage für den Störfall 2b zeigt keine nennenswerten Abweichungen gegenüber dem Regelbetrieb.

5.6.1.2 Auswertung nach HBS Az546

IV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{W} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
A	40	C	Kfz
A1	7	A	A ≤ 20 s
B	26	B	B ≤ 35 s
C	90	E	C ≤ 50 s
E	52	D	D ≤ 70 s
F	46	C	E ≤ 70 s
			F > 70 s
ÖV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{W} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
S1	8	B	Sonderfahr- streifen ÖV
S2	0	A	A ≤ 5 s
S3	0	A	B ≤ 15 s
S4	12	B	C ≤ 25 s
S5			D ≤ 40 s
S6			E ≤ 60 s
S7	10	B	F > 60 s
Fu / Rad:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{W} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
1R	43	C	Fu/Rad:
2R	47	C	A ≤ 30 s
4R	22	A	B ≤ 40 s
5R			C ≤ 55 s
6R	40	B	D ≤ 70 s
R1	20	A	E ≤ 85 s
R2	45	C	F > 85 s
R3	58	D	

Bild 63: Qualitätsstufen nach HBS Az546

Bedingt durch die höhere Straßenbahndichte kommt es zu höheren Wartezeiten für den MIV gegenüber dem Regelfall. Für den ÖPNV sind keine nennenswerten Einbußen festzustellen.

5.6.1.3 Maximale Wartezeit Az546

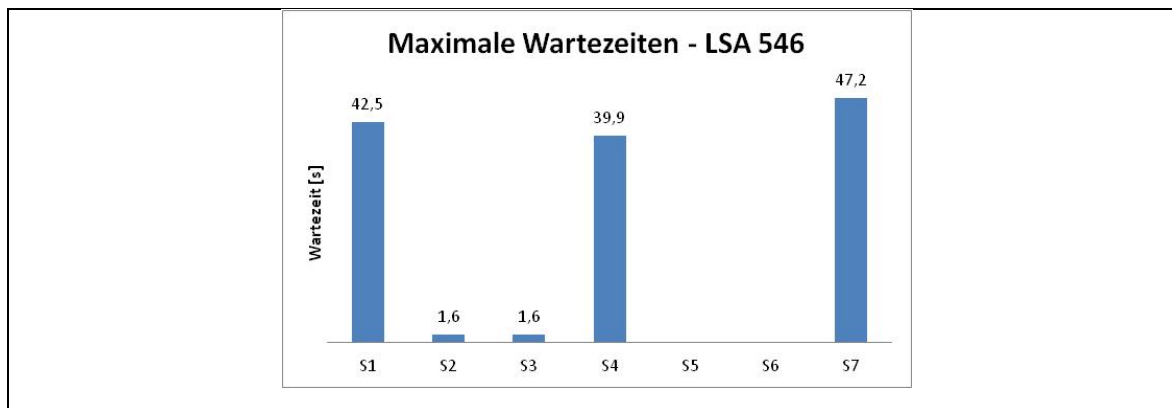


Bild 64: Maximale Wartezeiten Az546

Für die Signale S1, S4 und S7 kann es vereinzelt zu maximalen Fahrzeiten von ca. 40 Sekunden kommen.

5.6.1.4 Auswertung nach HBS Az40

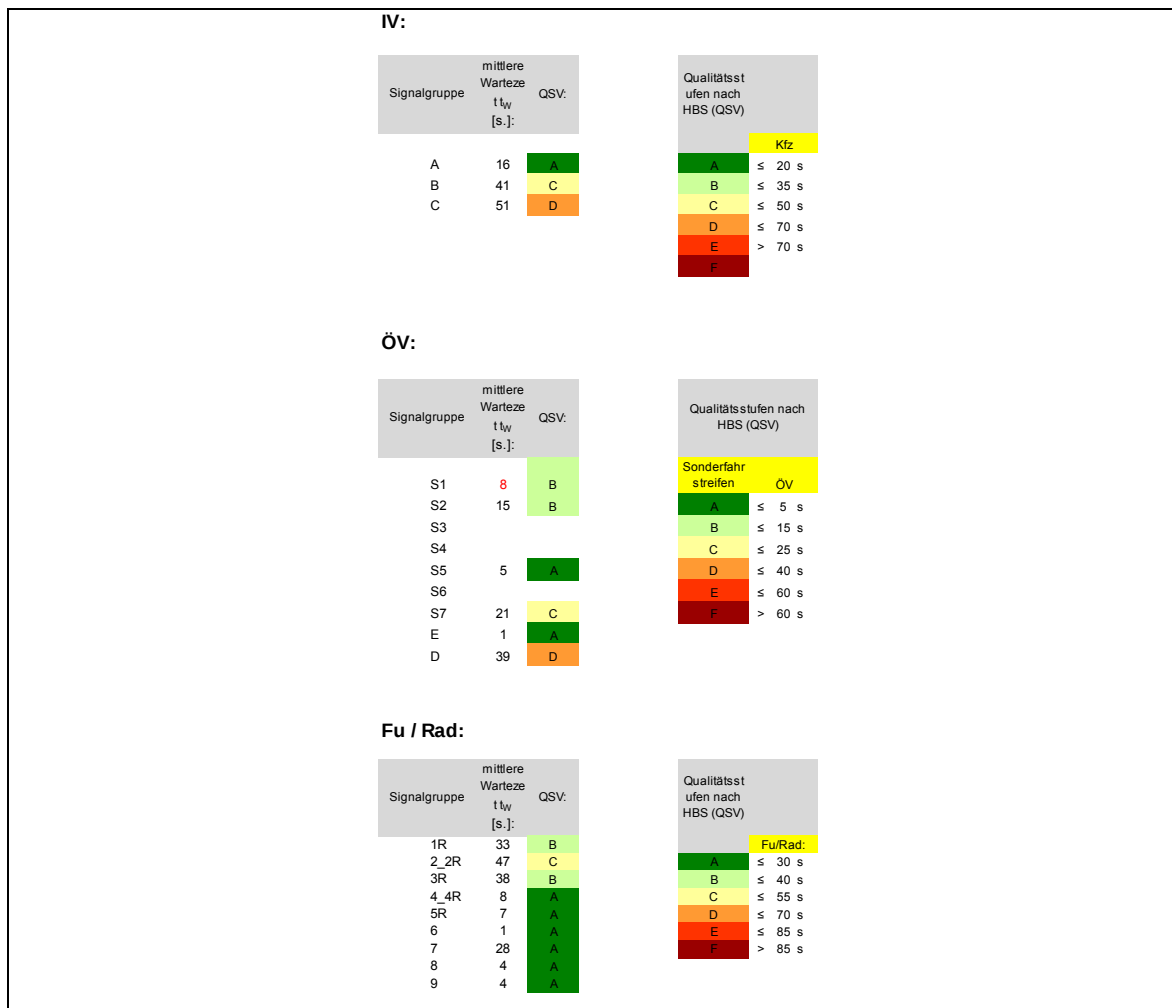


Bild 65: Qualitätsstufen nach HBS Az40

Die mittleren Wartezeiten an der Az40 zeigen keine relevanten Unterschiede zum Regelfall.

5.6.1.5 Maximale Wartezeit Az40

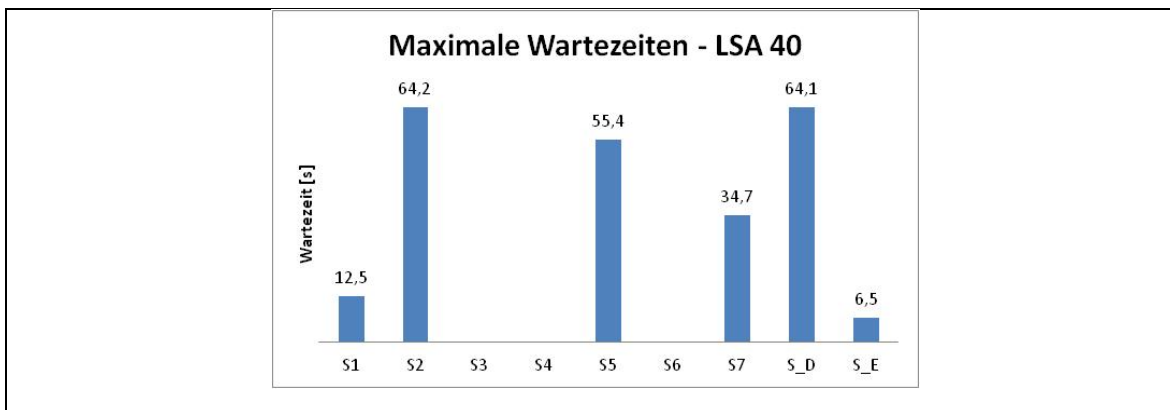


Bild 66: Maximale Wartezeiten Az40

Die maximalen Wartezeiten an der Az40 für das Störszenario 2b zeigen keine relevanten Unterschiede zum Regelfall.

5.7 Beschreibung Störszenario 2c

Im Störfall 2c fahren die Linien 2, 3, 3S und 10 über die Stapelfeldstraße. Die Ausfahrt der Linie 2 und 10 aus der Umsteigeanlage führt über die Az40 sowie die Havemannstraße in Richtung Sebaldsbrück.

5.7.1 Auswertung Störungsszenario 2c

5.7.1.1 Belegungsplan Umsteigeanlage

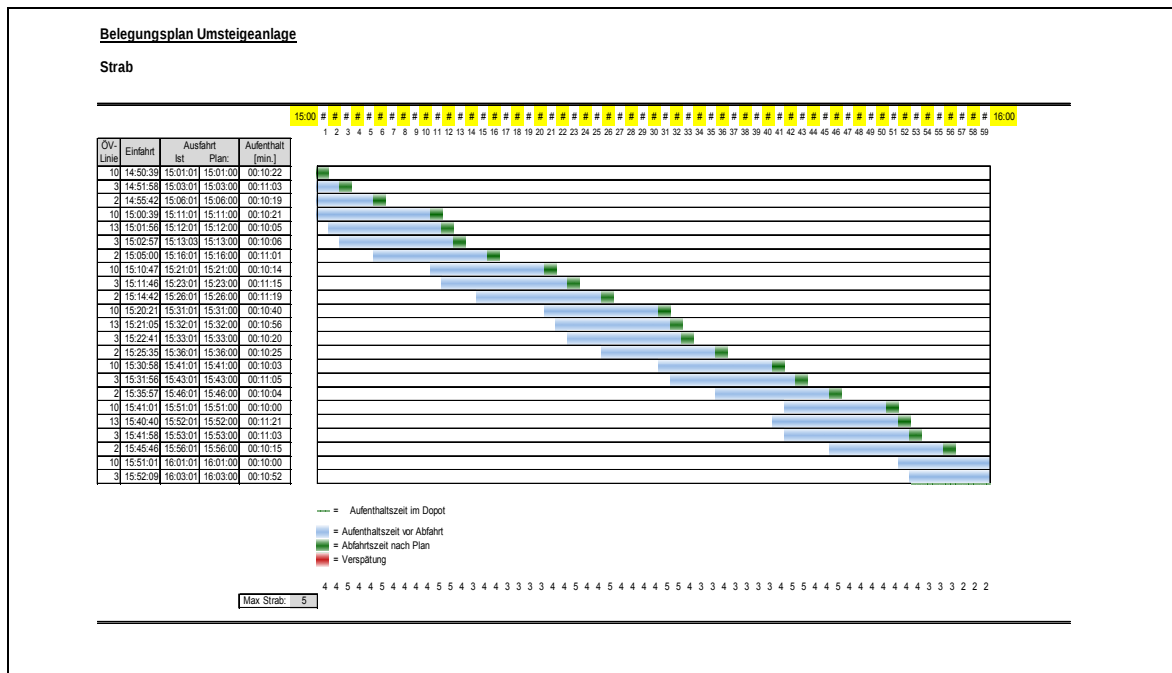


Bild 67: Belegungsplan Straßenbahnen

Der Belegungsplan der Straßenbahnen in der Umsteigeanlage für den Störfall 2c zeigt keine nennenswerten Abweichungen gegenüber dem Regelbetrieb.

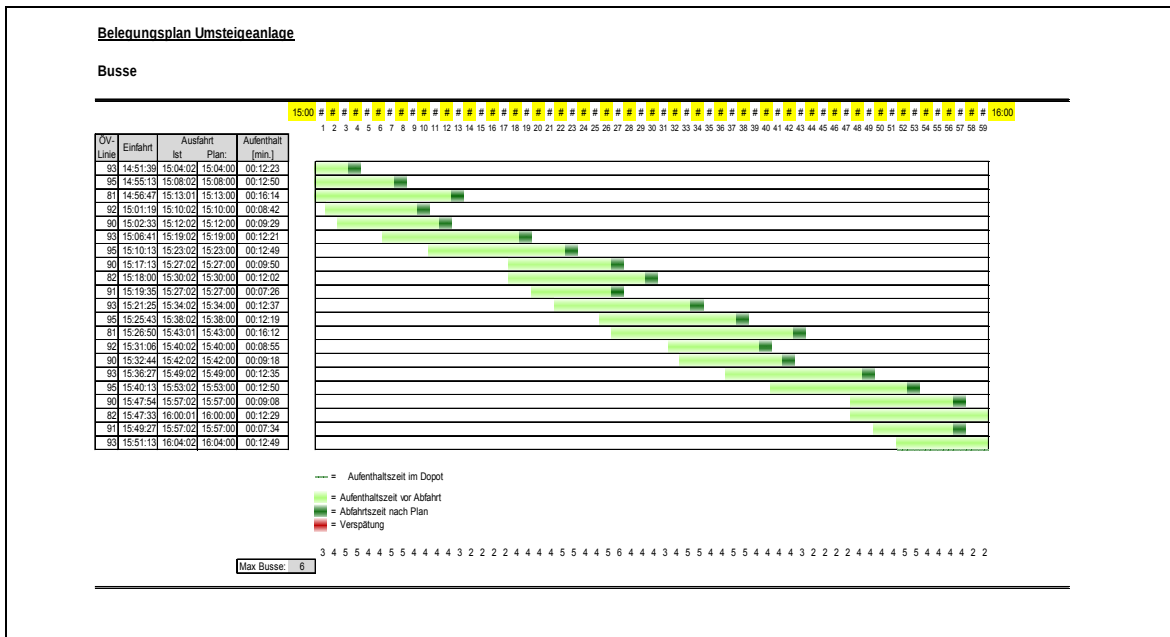


Bild 68: Belegungsplan Busse

Der Belegungsplan der Busse in der Umsteigeanlage für den Störfall 2c zeigt keine nennenswerten Abweichungen gegenüber dem Regelbetrieb.

5.7.1.2 Auswertung nach HBS Az546

Az 546			
IV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
A	34	B	Kfz
A1	11	A	A ≤ 20 s
B	33	B	B ≤ 35 s
C	59	D	C ≤ 50 s
E	48	C	D ≤ 70 s
F	50	C	E > 70 s
ÖV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstufen nach HBS (QSV)
S1	8	B	Sonderfahr- streifen ÖV
S2	0	A	A ≤ 5 s
S3	0	A	B ≤ 15 s
S4	15	B	C ≤ 25 s
S5			D ≤ 40 s
S6			E ≤ 60 s
S7	6	B	F > 60 s
Fu / Rad:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
1R	44	C	Fu/Rad:
2R	45	C	A ≤ 30 s
4R	17	A	B ≤ 40 s
5R			C ≤ 55 s
6R	37	B	D ≤ 70 s
R1	17	A	E ≤ 85 s
R2	46	C	F > 85 s
R3	35	B	

Bild 69: Qualitätsstufen nach HBS Az546

Die mittleren Wartezeiten an der Az546 zeigen keine relevanten Unterschiede zum Regelfall.

5.7.1.3 Maximale Wartezeit Az546

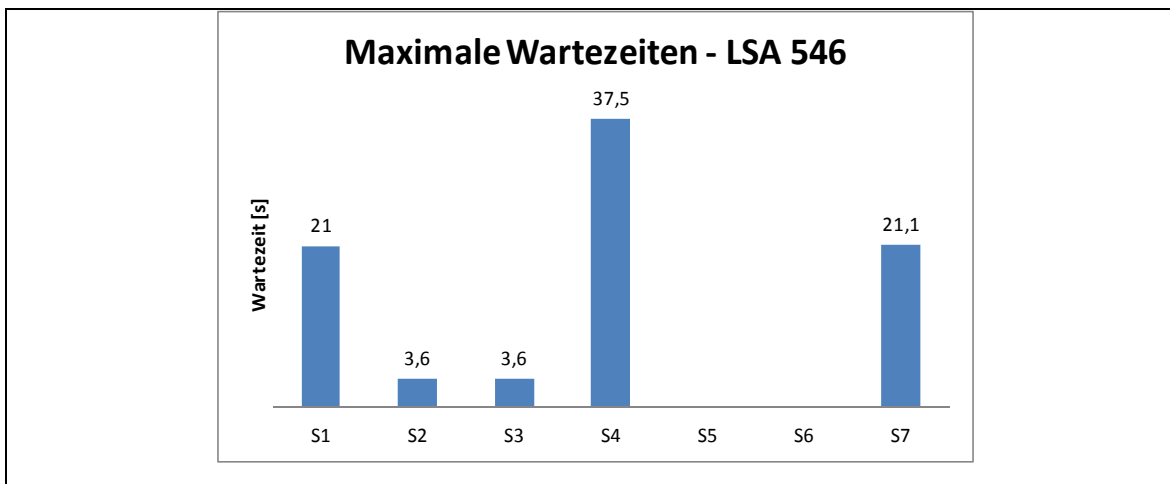


Bild 70: Maximale Wartezeiten Az546

Die maximalen Wartezeiten an der Az546 für das Störszenario 2c zeigen keine relevanten Unterschiede zum Regelfall.

5.7.1.4 Auswertung nach HBS Az40

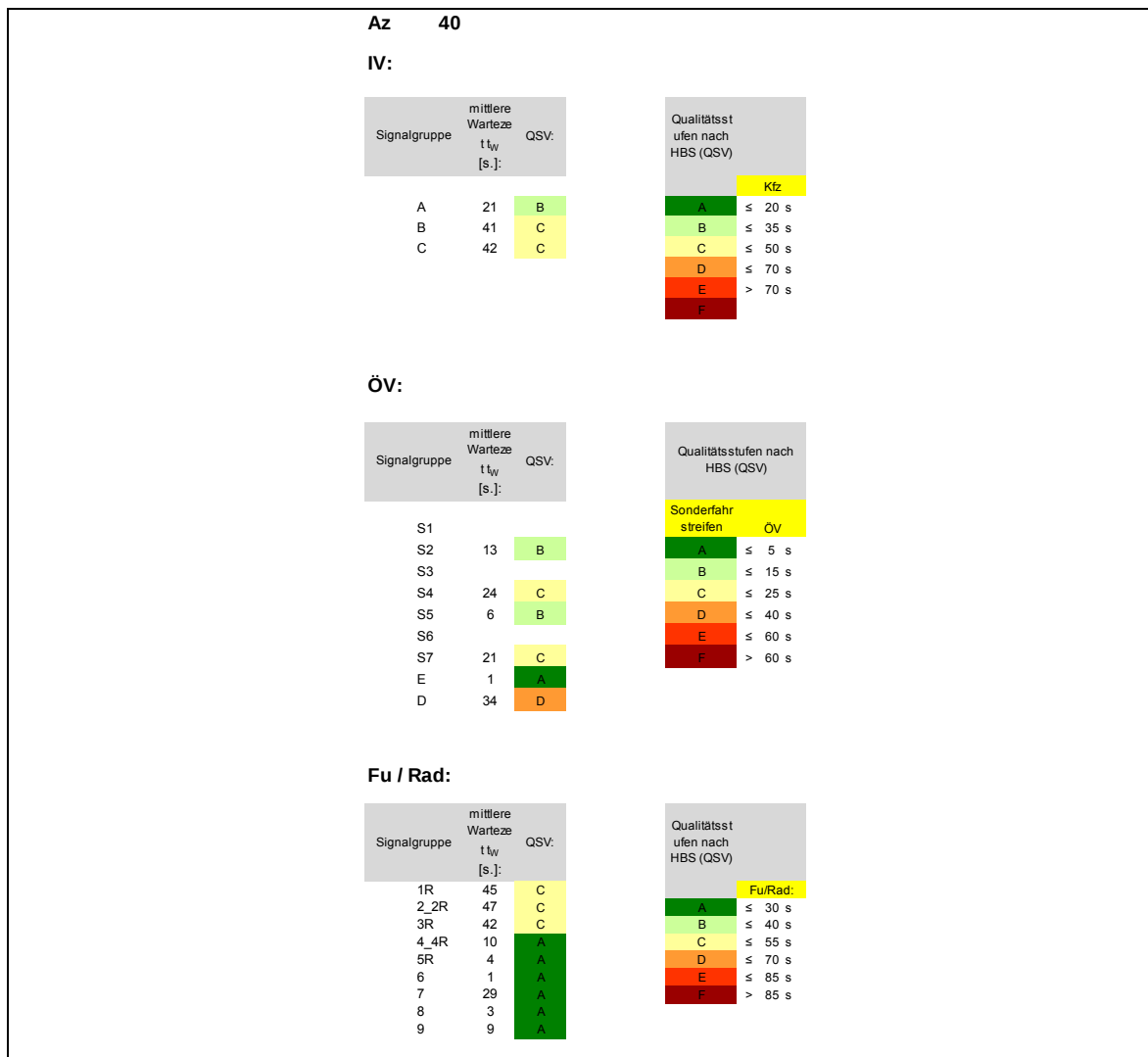


Bild 71: Qualitätsstufen nach HBS Az40

Die mittleren Wartezeiten an der Az40 zeigen keine relevanten Unterschiede gegenüber dem Regelfall.

5.7.1.5 Maximale Wartezeit Az40

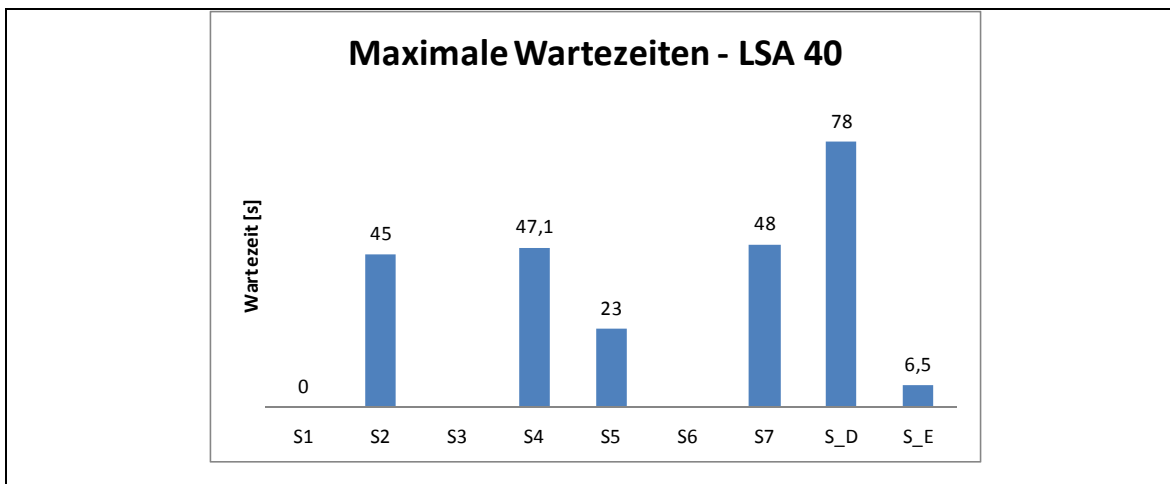


Bild 72: Maximale Wartezeiten Az40

Die maximalen Wartezeiten an der Az40 für das Störszenario 2c zeigen keine relevanten Unterschiede zum Regelfall.

5.8 Beschreibung Störszenario 3a

Für den Störfall 3a wird die Einfahrt von Straßenbahnen im Pulk von mindestens 5 Bahnen simuliert und ausgewertet.

5.8.1 Auswertung Störungsszenario 3a

5.8.1.1 Belegungsplan Umsteigeanlage

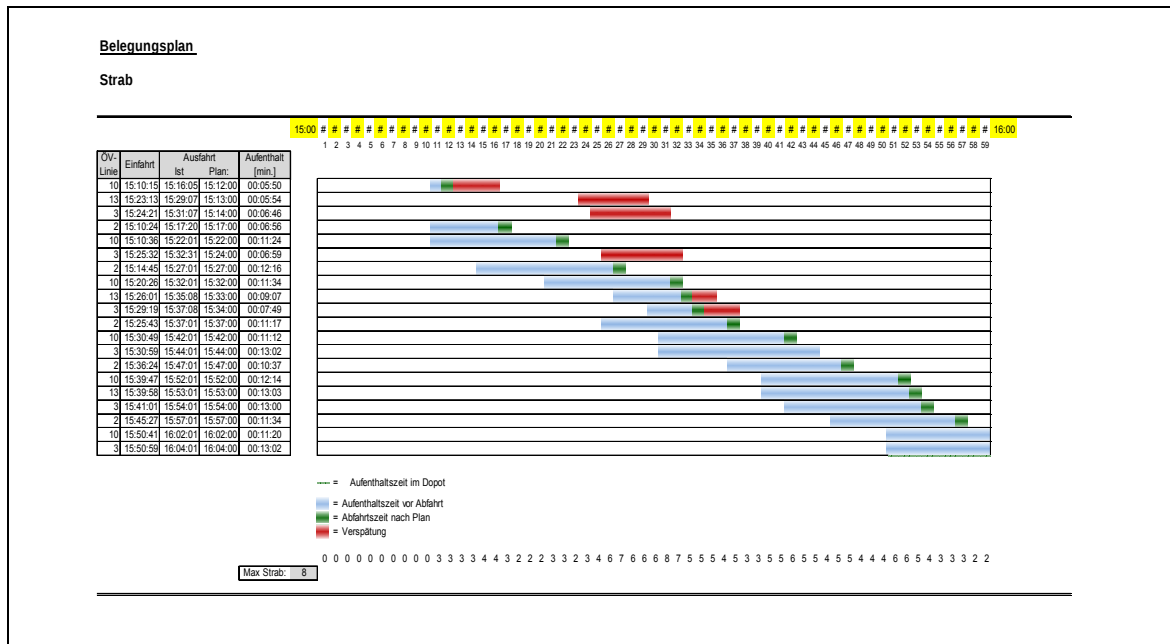


Bild 73: Belegungsplan Straßenbahnen

Erreichen die Straßenbahnen im Pulk von fünf Bahnen die Umsteigeanlage kann der Fahrplan wegen der hohen Bahndichte von bis zu acht Bahnen in der Umsteigeanlage nicht gehalten werden.

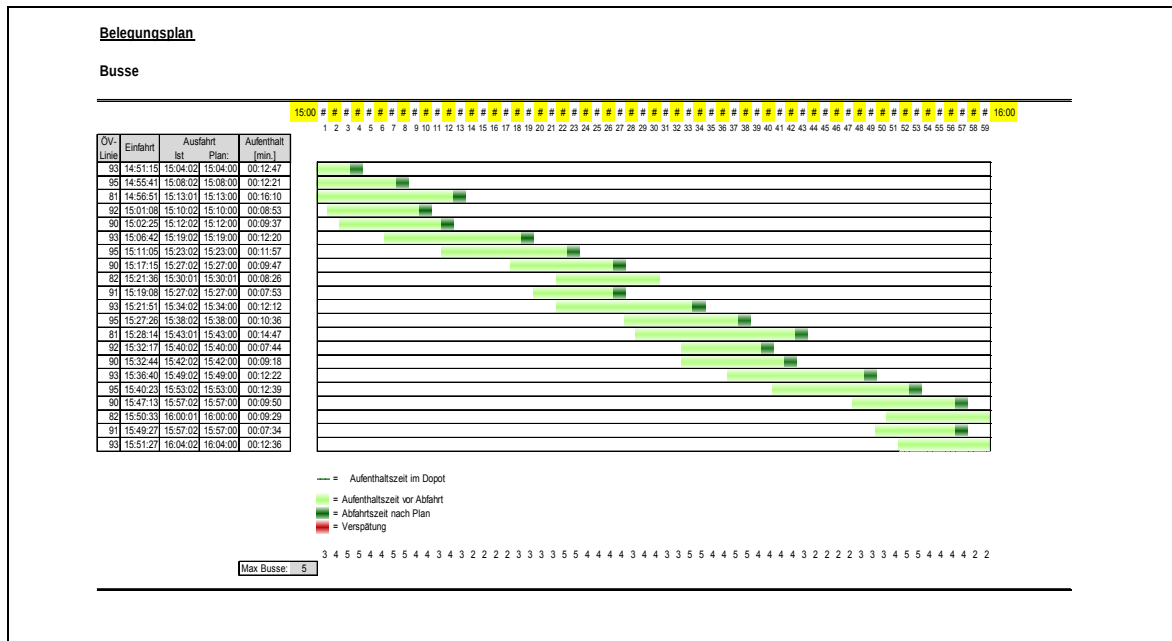


Bild 74: Belegungsplan Busse

Der Belegungsplan der Busse in der Umsteigeanlage für den Störfall 3a zeigt keine nennenswerten Abweichungen gegenüber dem Regelbetrieb.

5.8.1.2 Auswertung nach HBS Az546

Az 546			
IV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
A	32	B	Ktz
A1	15	A	A ≤ 20 s
B	35	B	B ≤ 35 s
C	71	E	C ≤ 50 s
E	51	D	D ≤ 70 s
F	58	D	E > 70 s
			F
ÖV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstufen nach HBS (QSV)
S1	27	D	Sonderfahr- streifen ÖV
S2	0	A	A ≤ 5 s
S3	0	A	B ≤ 15 s
S4	17	C	C ≤ 25 s
S5			D ≤ 40 s
S6			E ≤ 60 s
S7	9	B	F > 60 s
Fu / Rad:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
1R	42	C	Fu/Rad:
2R	47	C	A ≤ 30 s
4R	15	A	B ≤ 40 s
5R			C ≤ 55 s
6R	40	B	D ≤ 70 s
R1	26	A	E ≤ 85 s
R2	58	D	F > 85 s
R3	41	C	

Bild 75: Qualitätsstufen nach HBS Az546

Bedingt durch den Pulk kommt es für den MIV zu höheren Wartezeiten vor den Signalen E, F und vor allem C. Die Wartezeit für die einfahrenden Bahnen über das Signal S1 weist eine erhöhte Wartezeit von ca. 27 Sekunden im Schnitt auf.

5.8.1.3 Maximale Wartezeit Az546

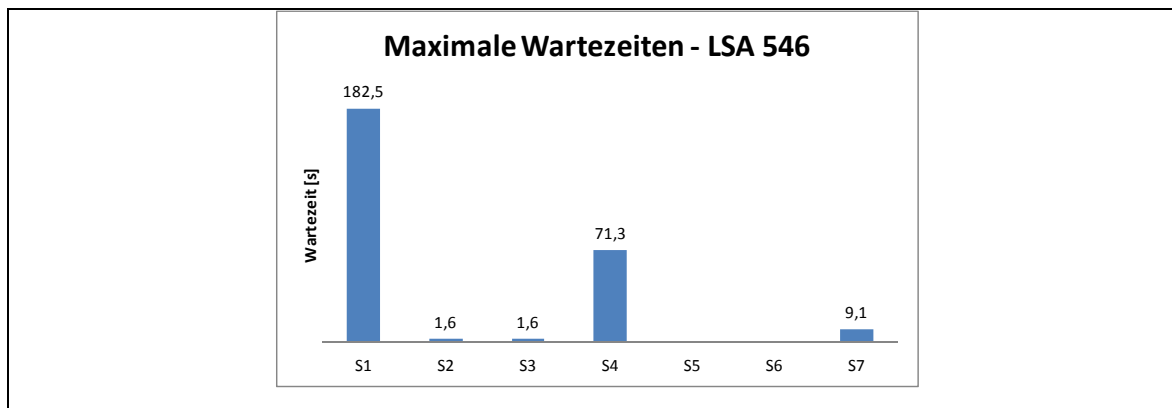


Bild 76: Maximale Wartezeiten Az546

Die maximale Wartezeit vor dem Signal S1 resultiert aus dem Rückstau der Bahnen im Einfahrtsgleis.

5.8.1.4 Auswertung nach HBS Az40



Bild 77: Qualitätsstufen nach HBS Az40

Bedingt durch den Pulk kommt es für den MIV zu höheren Wartezeiten vor den Signalen A, B und C. Die Wartezeit für die einfahrenden Bahnen über das Signal S1 weist eine hohe Wartezeit von ca. 78 Sekunden im Schnitt auf, da das Ankunftsgleis mit Bahnen blockiert ist.

5.8.1.5 Maximale Wartezeit Az40

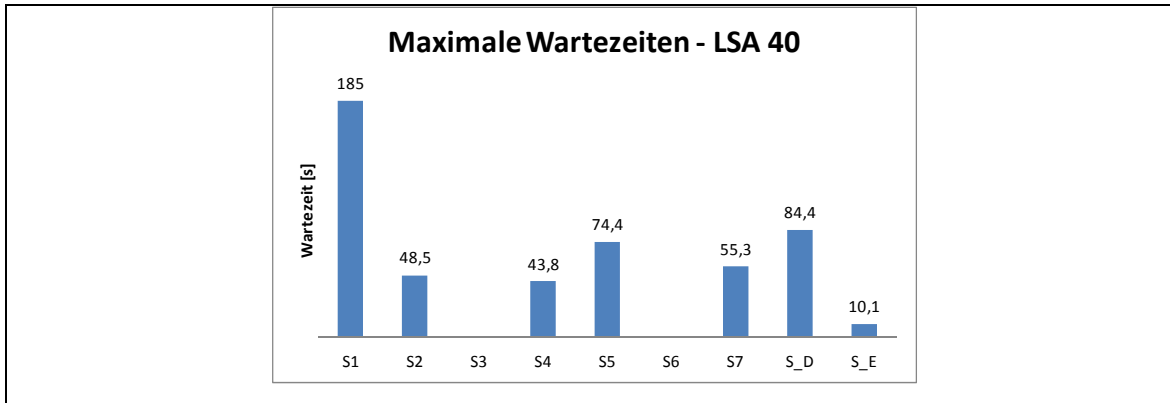


Bild 78: Maximale Wartezeiten Az40

Die maximale Wartezeit vor dem Signal S1 resultiert aus dem Rückstau der Bahnen im Ankunftsgleis.

5.9 Beschreibung Störszenario 3b

Für den Störfall 3b wird eine vertauschte Reihenfolge der Linien 2 und 10 in der Umsteigeanlage simuliert und ausgewertet.

5.9.1 Auswertung Störungsszenario 3b

5.9.1.1 Belegungsplan Umsteigeanlage

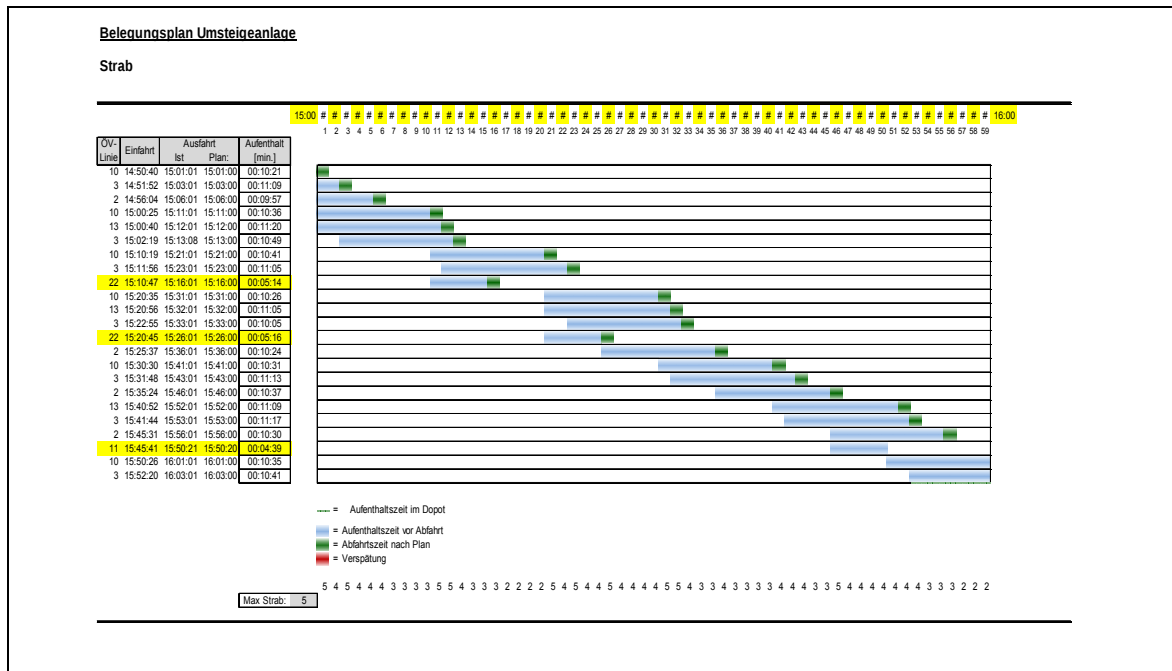


Bild 79: Belegungsplan Straßenbahnen

Für den Störfall 3b können die Bahnen den Fahrplan halten. Kommt es zu einer Einfahrt in vertauschter Reihenfolge (im Belegungsplan gelb markiert) kann die verspätete Bahn über das Gleis 3 bzw. Gleis 2 die Bahn davor überholen.

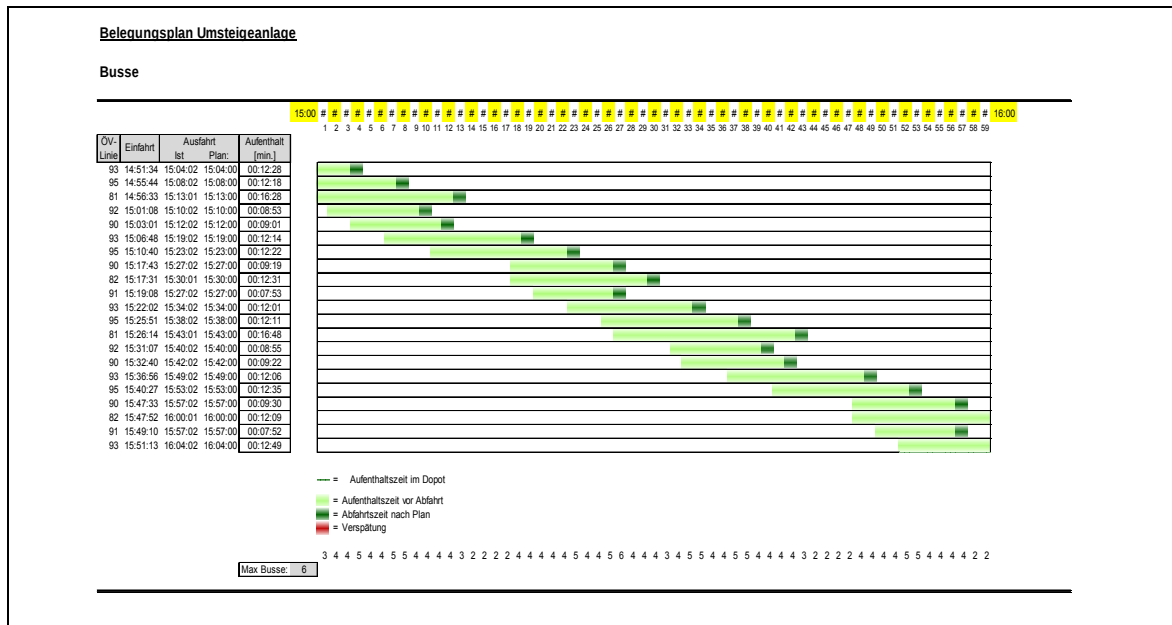


Bild 80: Belegungsplan Busse

Der Belegungsplan der Busse in der Umsteigeanlage für den Störfall 3b zeigt keine nennenswerten Abweichungen gegenüber dem Regelbetrieb.

5.9.1.2 Auswertung nach HBS Az546

Az 546			
IV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
A	25	B	Ktz
A1	11	A	A ≤ 20 s
B	27	B	B ≤ 35 s
C	51	D	C ≤ 50 s
E	35	B	D ≤ 70 s
F	37	C	E > 70 s
ÖV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstufen nach HBS (QSV)
S1	6	B	Sonderfahr- streifen ÖV
S2	0	A	A ≤ 5 s
S3	0	A	B ≤ 15 s
S4	4	A	C ≤ 25 s
S5			D ≤ 40 s
S6			E ≤ 60 s
S7	5	A	F > 60 s
Fu / Rad:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
1R	38	B	Fu/Rad:
2R	43	C	A ≤ 30 s
4R	14	A	B ≤ 40 s
5R			C ≤ 55 s
6R	34	B	D ≤ 70 s
R1	25	A	E ≤ 85 s
R2	47	C	F > 85 s
R3	42	C	

Bild 81: Qualitätsstufen nach HBS Az546

Die mittleren Wartezeiten an der Az546 zeigen keine relevanten Unterschiede gegenüber dem Regelfall.

5.9.1.3 Maximale Wartezeit Az546

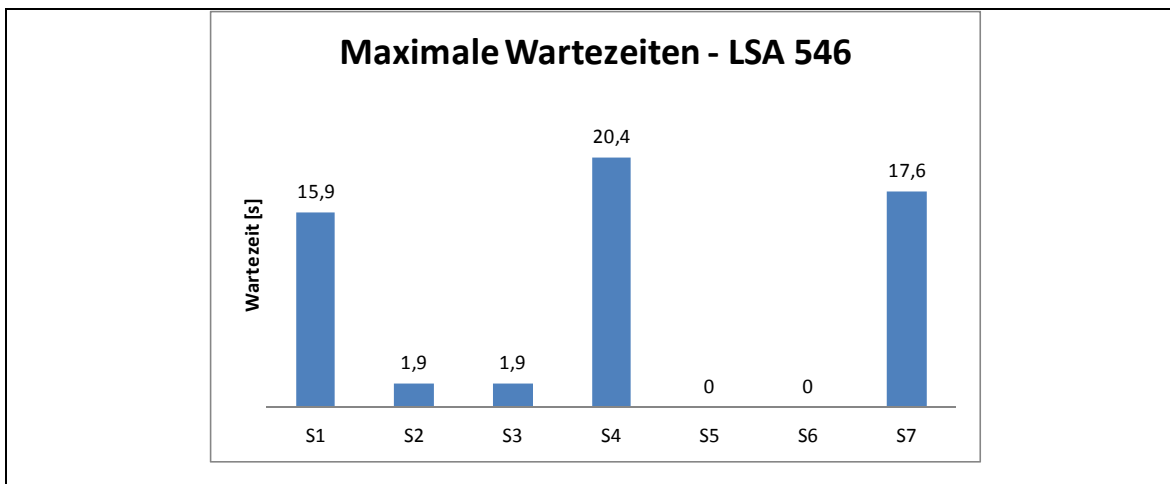


Bild 82: Maximale Wartezeiten Az546

Die maximalen Wartezeiten an der Az546 zeigen keine relevanten Unterschiede gegenüber dem Regelfall.

5.9.1.4 Auswertung nach HBS Az40

Az 40			
IV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t _W [s.]	QSV:	Qualitätsstufen nach HBS (QSV)
A	26	B	A ≤ 20 s
B	52	D	B ≤ 35 s
C	54	D	C ≤ 50 s
			D ≤ 70 s
			E > 70 s
			F
ÖV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t _W [s.]	QSV:	Qualitätsstufen nach HBS (QSV)
S1	16	C	Sonderfahrstreifen ÖV
S2	11	B	A ≤ 5 s
S3			B ≤ 15 s
S4	22	C	C ≤ 25 s
S5	4	A	D ≤ 40 s
S6			E ≤ 60 s
S7	14	B	F > 60 s
E	2	A	
D	38	D	
Fu / Rad:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t _W [s.]	QSV:	Qualitätsstufen nach HBS (QSV)
1R	40	B	Fu/Rad:
2_2R	44	C	A ≤ 30 s
3R	41	C	B ≤ 40 s
4_4R	9	A	C ≤ 55 s
5R	6	A	D ≤ 70 s
6	1	A	E ≤ 85 s
7	34	B	F > 85 s
8	2	A	
9	4	A	

Bild 83: Qualitätsstufen nach HBS Az40

Die mittleren Wartezeiten an der Az40 zeigen keine relevanten Unterschiede gegenüber dem Regelfall.

5.9.1.5 Maximale Wartezeit Az40

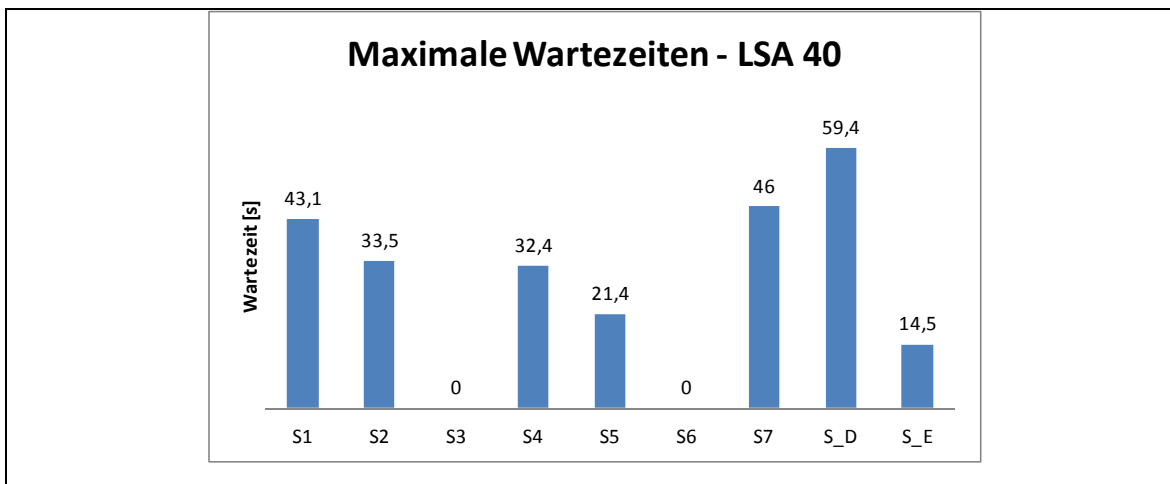


Bild 84: Maximale Wartezeiten Az40

Die maximalen Wartezeiten an der Az40 zeigen keine relevanten Unterschiede gegenüber dem Regelfall.

5.10 Beschreibung Störszenario 4a

Für den Störfall 4a wird der Schienenersatzverkehr auf den Linien 2 und 10 simuliert und ausgewertet. Es werden jeweils zwei Busse je Bahn eingesetzt. Die Busse der Linien 2 und 10 können die Bahngleise nutzen, es werden zudem dieselben Haltestellen wie bei den Straßenbahnen angefahren.

5.10.1 Auswertung Störungsszenario 4a

5.10.1.1 Belegungsplan Umsteigeanlage

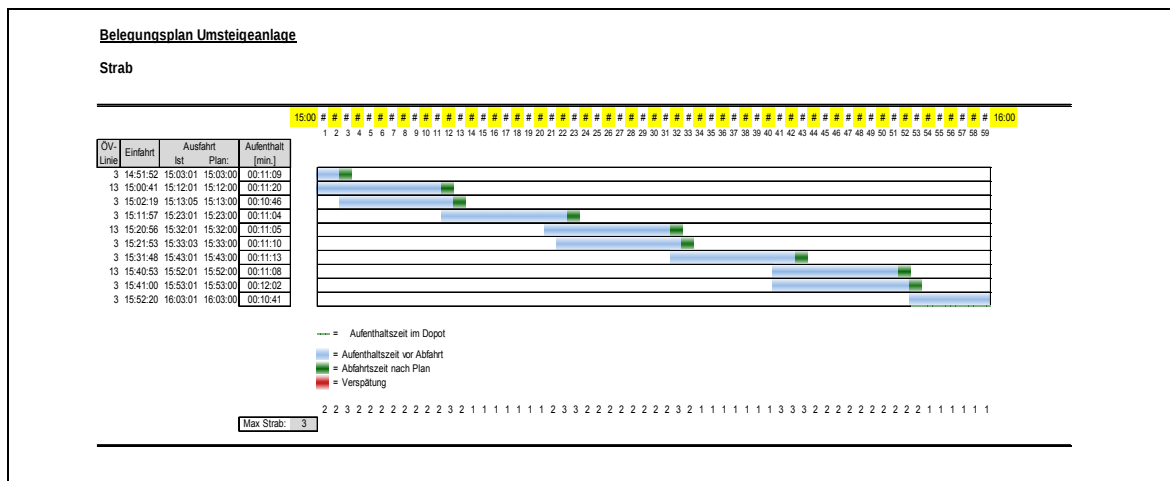


Bild 85: Belegungsplan Straßenbahnen

Der Belegungsplan für den Störfall 4a zeigt bis auf die entfallenen Bahnen der Linien 2 und 10 keine nennenswerten Abweichungen zum Regelfall.

Belegungsplan Umsteigeanlage

Busse

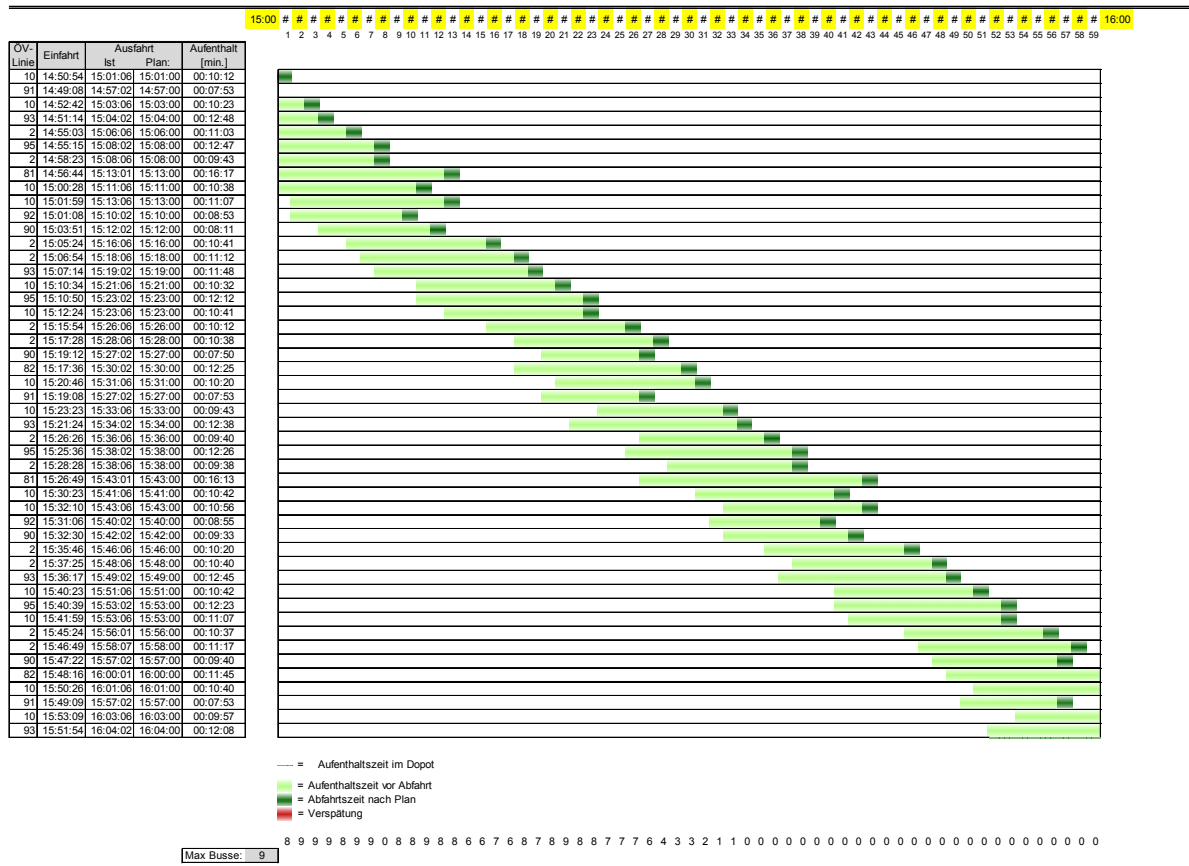


Bild 86: Belegungsplan Busse

Der Belegungsplan der Busse zeigt eine erhöhte Dichte von bis zu 9 Bussen in der Umsteigeanlage. Der Fahrplan kann trotz dem SEV eingehalten werden.

5.10.1.2 Auswertung nach HBS Az546

Az 546			
IV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
A	20	A	Ktz
A1	7	A	A ≤ 20 s
B	25	B	B ≤ 35 s
C	51	D	C ≤ 50 s
E	32	B	D ≤ 70 s
F	34	B	E > 70 s
ÖV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstufen nach HBS (QSV)
S1	2	A	Sonderfahr- streifen ÖV
S2	0	A	A ≤ 5 s
S3	0	A	B ≤ 15 s
S4	4	A	C ≤ 25 s
S5			D ≤ 40 s
S6			E ≤ 60 s
S7	5	A	F > 60 s
Fu / Rad:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
1R	41	C	Fu/Rad:
2R	42	C	A ≤ 30 s
4R	10	A	B ≤ 40 s
5R			C ≤ 55 s
6R	26	A	D ≤ 70 s
R1	19	A	E ≤ 85 s
R2	50	C	F > 85 s
R3	32	B	

Bild 87: Qualitätsstufen nach HBS Az546

Die mittleren Wartezeiten an der Az546 zeigen keine relevanten Unterschiede gegenüber dem Regelfall.

5.10.1.3 Maximale Wartezeit Az546

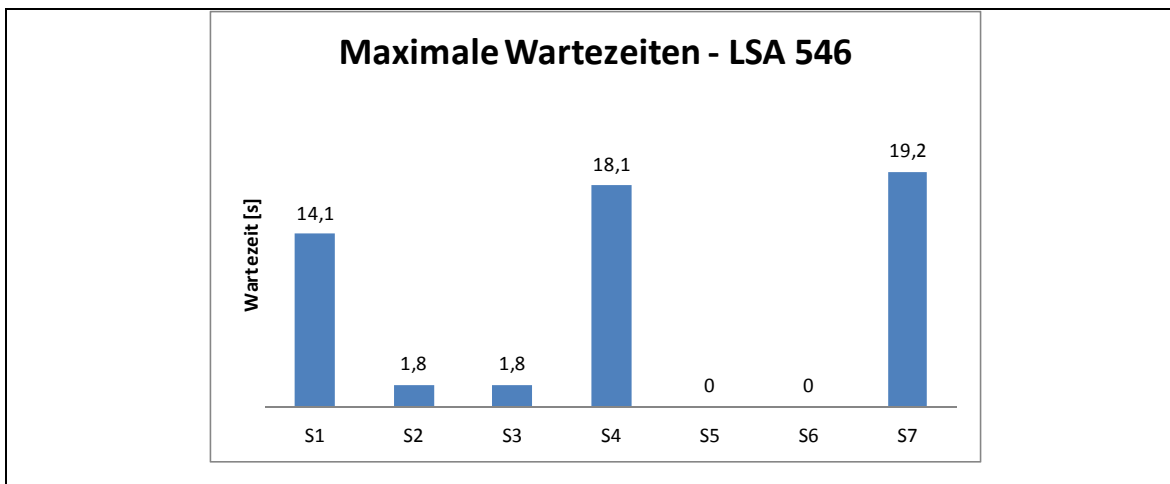


Bild 88: Maximale Wartezeiten Az546

Die maximalen Wartezeiten an der Az546 zeigen keine relevanten Unterschiede gegenüber dem Regelfall.

5.10.1.4 Auswertung nach HBS Az40

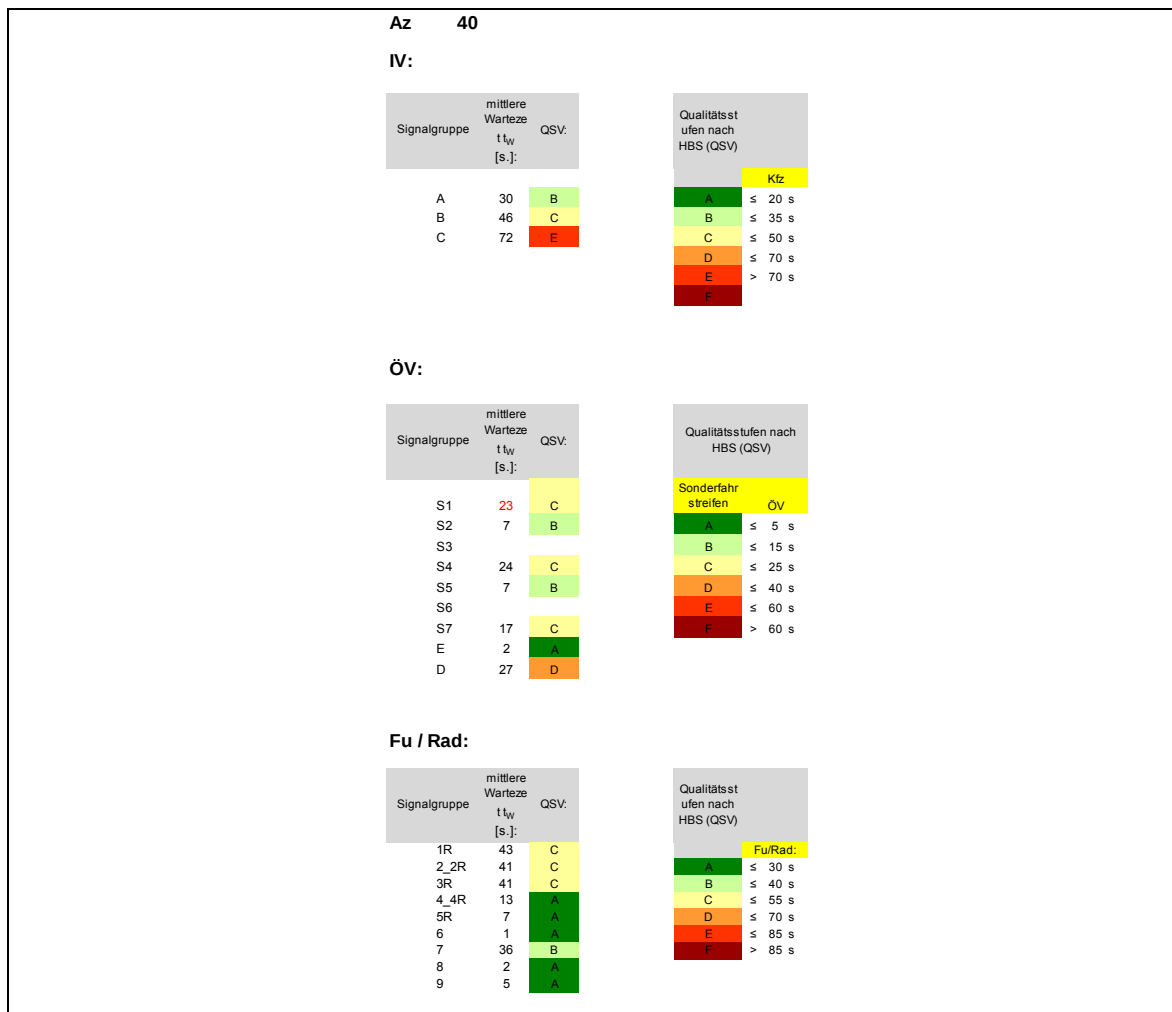


Bild 89: Qualitätsstufen nach HBS Az40

Die mittleren Wartezeiten an der Az40 zeigen insbesondere durch die hohe Frequentierung der einfahrenden Busse über das Signal S1 ein erhöhtes Staupotential vor dem Signal C.

5.10.1.5 Maximale Wartezeit Az40

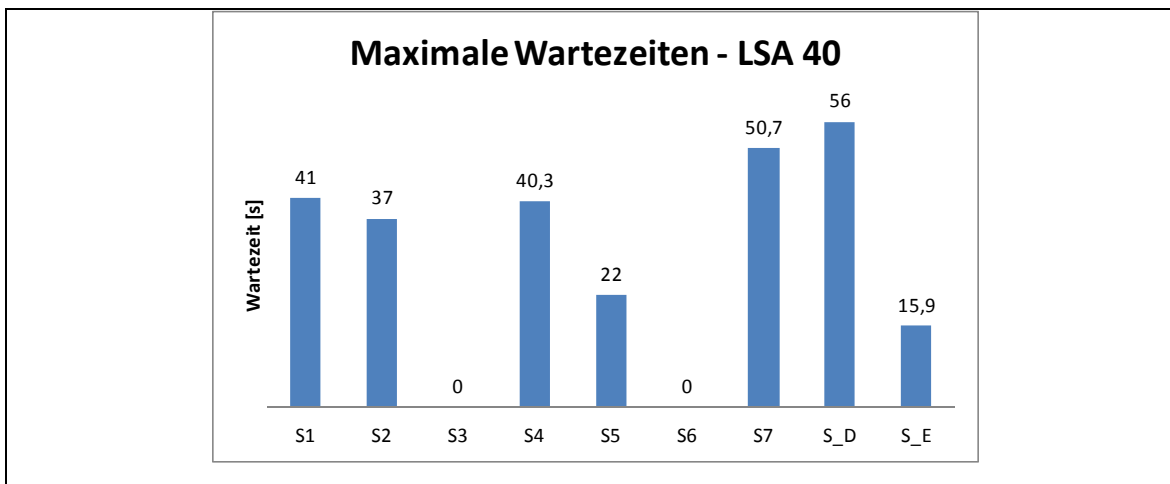


Bild 90: Maximale Wartezeiten Az40

Die maximalen Wartezeiten an der Az40 zeigen keine relevanten Unterschiede gegenüber dem Regelfall.

5.11 Beschreibung Störszenario 4b

Für den Störfall 4b wird der Schienenersatzverkehr auf den Linien 3 simuliert und ausgewertet. Es werden jeweils zwei Busse je Bahn eingesetzt. Die Busse der Linien 3 bzw. 3S nutzen bei Einfahrt in die Umsteigeanlage über die Signalgruppe A der Az546. Es findet keine Beeinflussung des Signals mittels Telegrammen statt. Das Signal S5 der Az40 wird per Noterfassung gesetzt. In der Umsteigeanlage nutzt der SEV der Linie 3 und 3S dieselben Haltepositionen für das Aussteigen der Fahrgäste bzw. zum Einstieg der Fahrgäste wie die Straßenbahnen.

5.11.1 Auswertung Störungsszenario 4b

5.11.1.1 Belegungsplan Umsteigeanlage

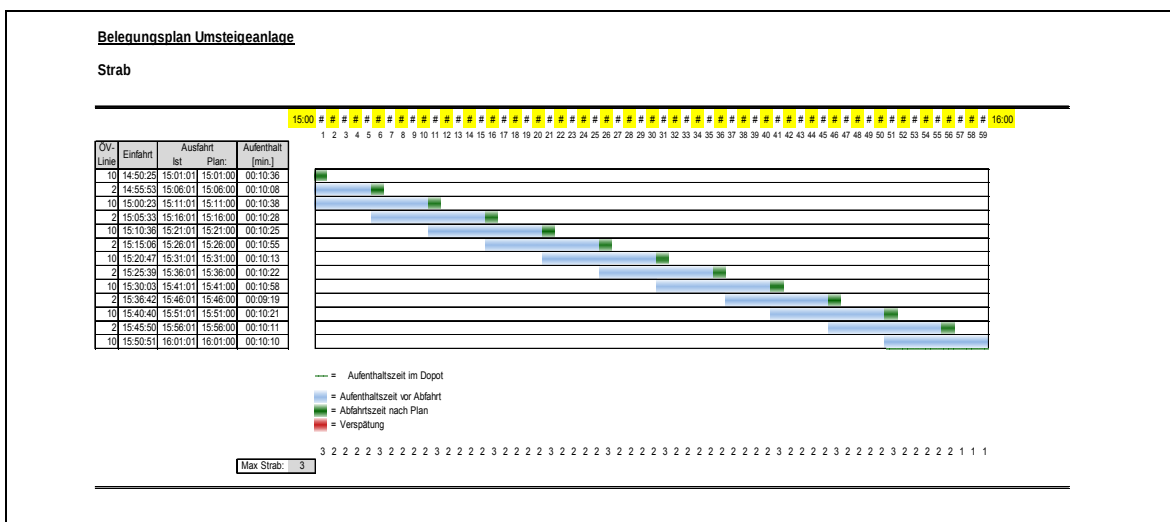


Bild 91: Belegungsplan Straßenbahnen

Der Belegungsplan für den Störfall 4b zeigt bis auf die entfallenen Bahnen der Linien 3 und 3S keine nennenswerten Abweichungen zum Regelfall.

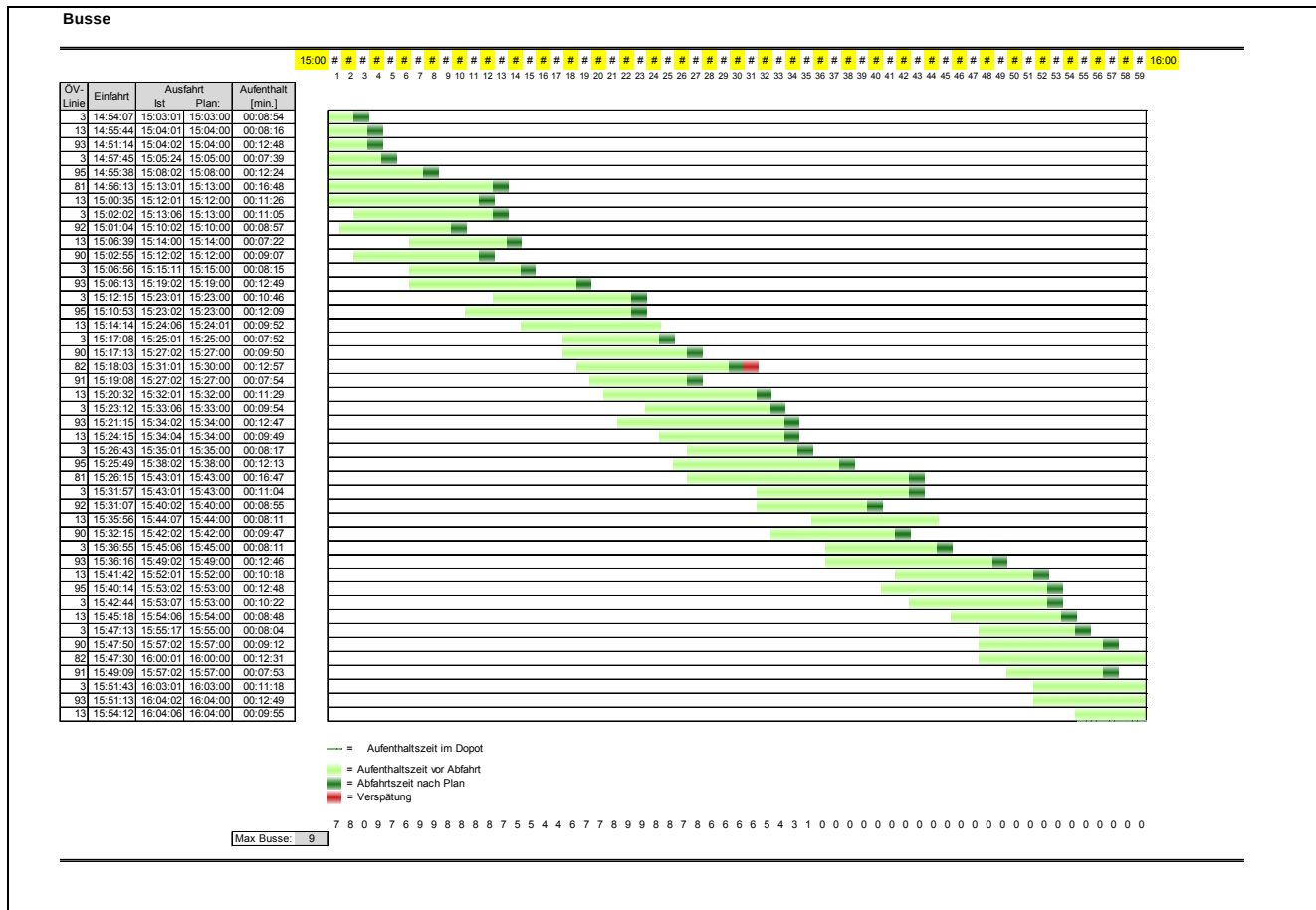


Bild 92: Belegungsplan Busse

Der Belegungsplan der Busse zeigt eine erhöhte Dichte von bis zu 9 Bussen in der Umsteigeanlage. Es kommt zu Verspätungen im Fahrplan bis zu einer Minute.

5.11.1.2 Auswertung nach HBS Az546

Az 546			
IV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
A	27	B	Ktz
A1	8	A	A ≤ 20 s
B	30	B	B ≤ 35 s
C	51	D	C ≤ 50 s
E	34	B	D ≤ 70 s
F	39	C	E > 70 s
ÖV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstufen nach HBS (QSV)
S1			Sonderfahr- streifen ÖV
S2	0	A	A ≤ 5 s
S3	0	A	B ≤ 15 s
S4	3	A	C ≤ 25 s
S5			D ≤ 40 s
S6			E ≤ 60 s
S7	6	B	F > 60 s
Fu / Rad:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{WV} [s.]	QSV:	Qualitätsstu- fen nach HBS (QSV)
1R	44	C	Fu/Rad:
2R	45	C	A ≤ 30 s
4R	15	A	B ≤ 40 s
5R			C ≤ 55 s
6R	32	B	D ≤ 70 s
R1	25	A	E ≤ 85 s
R2	39	B	F > 85 s
R3	48	C	

Bild 93: Qualitätsstufen nach HBS Az546

Die mittleren Wartezeiten an der Az546 zeigen keine relevanten Unterschiede gegenüber dem Regelfall.

5.11.1.3 Maximale Wartezeit Az546

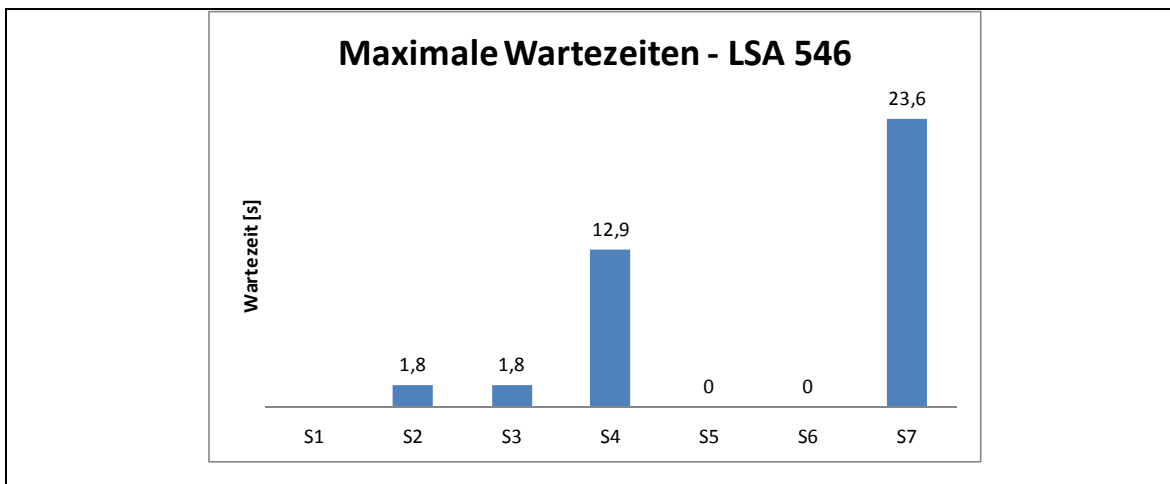


Bild 94: Maximale Wartezeiten Az546

Die maximalen Wartezeiten an der Az546 zeigen keine relevanten Unterschiede gegenüber dem Regelfall.

5.11.1.4 Auswertung nach HBS Az40

Az 40			
IV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{W} [s.]	QSV:	Qualitätsstufen nach HBS (QSV)
A	27	B	Kfz
B	48	C	A ≤ 20 s
C	49	C	B ≤ 35 s
			C ≤ 50 s
			D ≤ 70 s
			E > 70 s
			F
ÖV:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{W} [s.]	QSV:	Qualitätsstufen nach HBS (QSV)
S1	23	C	Sonderfahrstreifen
S2	15	B	ÖV
S3			A ≤ 5 s
S4	21	C	B ≤ 15 s
S5	18	C	C ≤ 25 s
S6			D ≤ 40 s
S7	14	B	E ≤ 60 s
E	2	A	F > 60 s
D	27	D	
Fu / Rad:			
Signalgruppe	mittlere Wartezeit t_{W} [s.]	QSV:	Qualitätsstufen nach HBS (QSV)
1R	35	B	Fu/Rad:
2_2R	44	C	A ≤ 30 s
3R	38	B	B ≤ 40 s
4_4R	10	A	C ≤ 55 s
5R	7	A	D ≤ 70 s
6	1	A	E ≤ 85 s
7	34	B	F > 85 s
8	4	A	
9	7	A	

Bild 95: Qualitätsstufen nach HBS Az40

Die mittleren Wartezeiten an der Az40 zeigen keine relevanten Unterschiede gegenüber dem Regelfall.

5.11.1.5 Maximale Wartezeit Az40

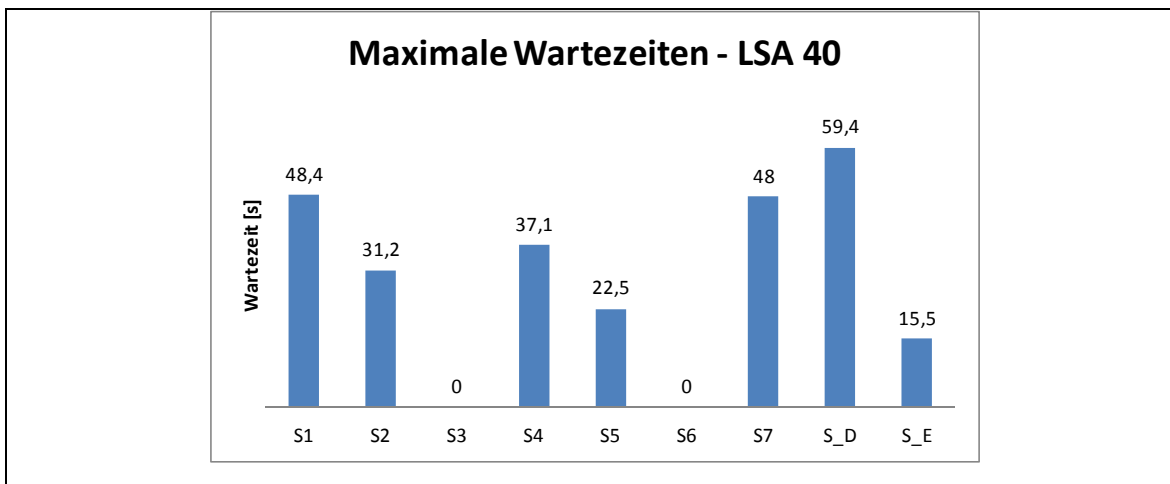


Bild 96: Maximale Wartezeiten Az40

Die mittleren Wartezeiten an der Az40 zeigen keine relevanten Unterschiede gegenüber dem Regelfall.

5.12 Beschreibung Störszenario 5a

Für den Störfall 5a wird die nördliche Einfahrt- bzw. Ausfahrt für Busse gesperrt. Die Busse werden zur südlichen Ein- und Ausfahrt der Umsteigeanlage umgeleitet.

5.12.1 Auswertung Störungsszenario 5a

5.12.1.1 Belegungsplan Umsteigeanlage

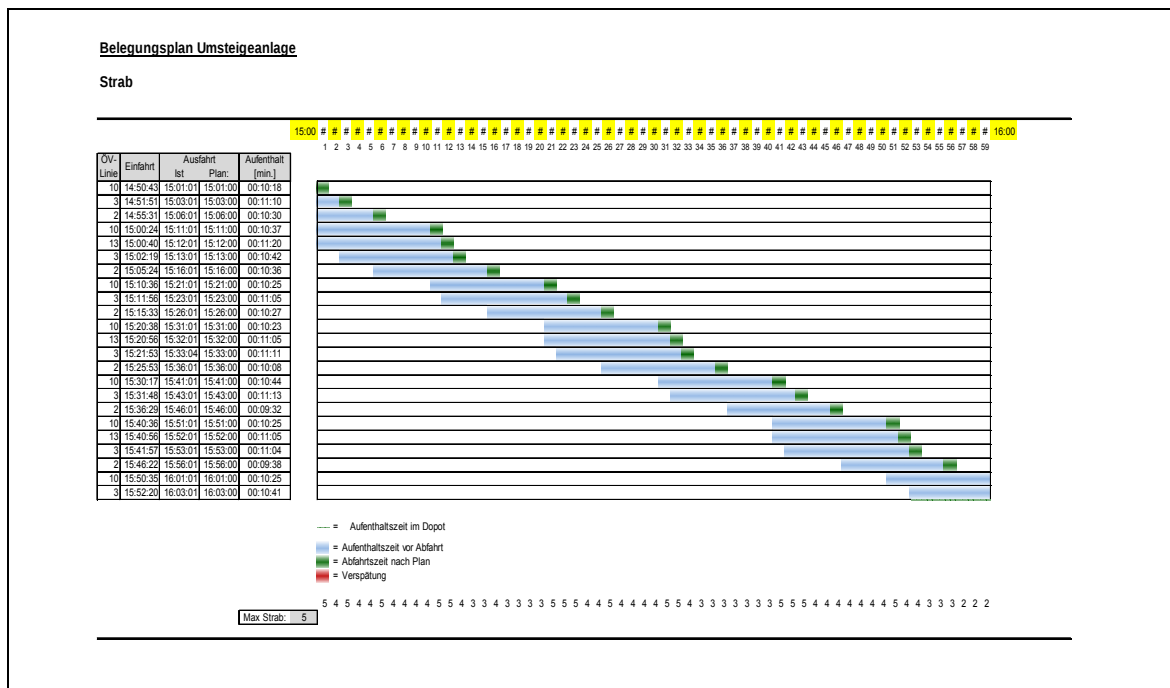


Bild 97: Belegungsplan Straßenbahnen

Der Belegungsplan für die Straßenbahnen zeigt keine relevanten Abweichungen zum Regelfall.

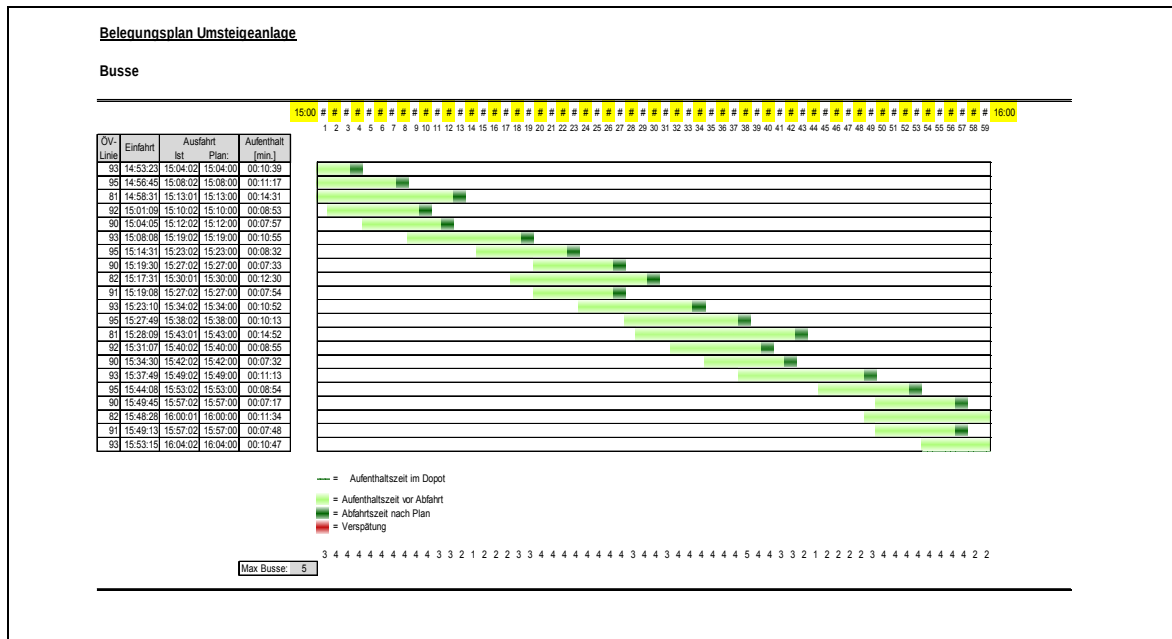


Bild 98: Belegungsplan Busse

Der Belegungsplan für die Busse in der Umsteigeanlage zeigt für den Störfall 5a, dass der Fahrplan gehalten werden kann, jedoch verringert sich die Aufenthaltszeit der Busse in der Anlage, bedingt durch die Sperrung entstandenen längeren Wege für die Busse.

5.12.1.2 Auswertung nach HBS Az546

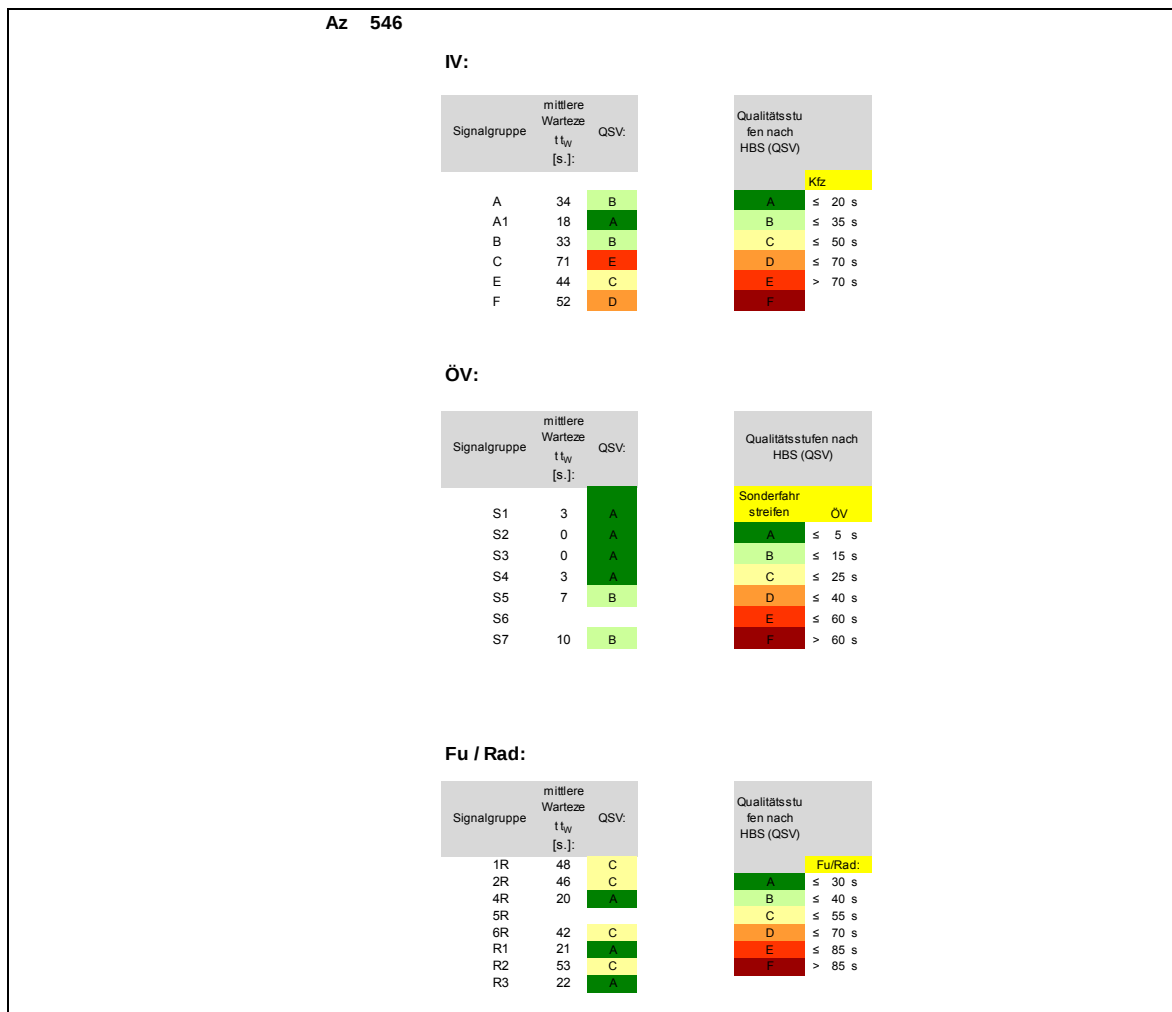


Bild 99: Qualitätsstufen nach HBS Az546

Die mittleren Wartezeiten an der Az546 zeigen lediglich für die Signalgruppe C eine erhöhte Wartezeit. Ursache hierfür ist die Hohe Frequentierung der Busse über die Signalgruppe S3. Jedoch ist die Fahrbeziehung über das Signal C sehr gering und es sind keine Rückstauerscheinungen zu erwarten.

5.12.1.3 Maximale Wartezeit Az546

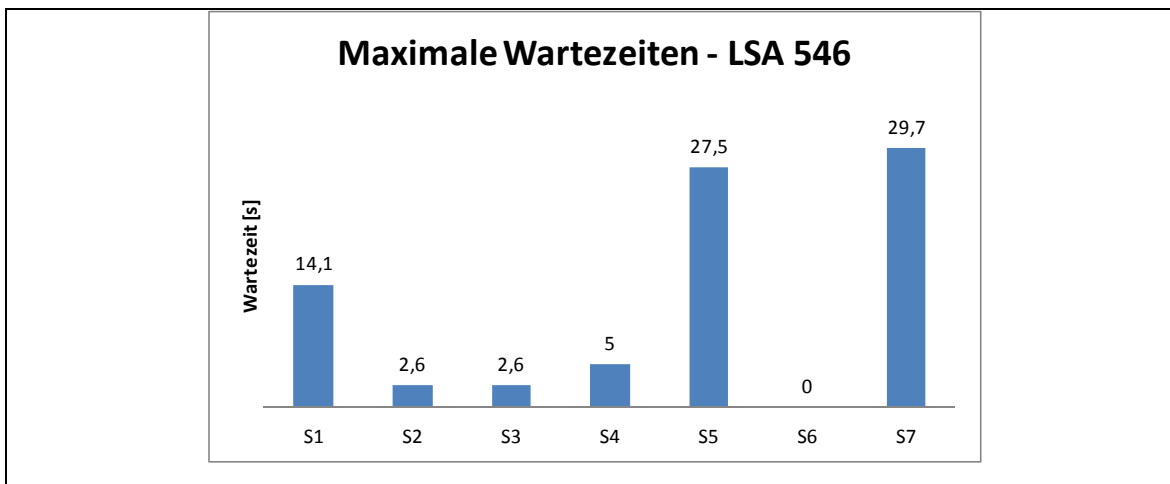


Bild 100: Maximale Wartezeiten Az546

Die mittleren Wartezeiten an der Az546 zeigen keine relevanten Unterschiede gegenüber dem Regelfall.

5.12.1.4 Auswertung nach HBS Az40

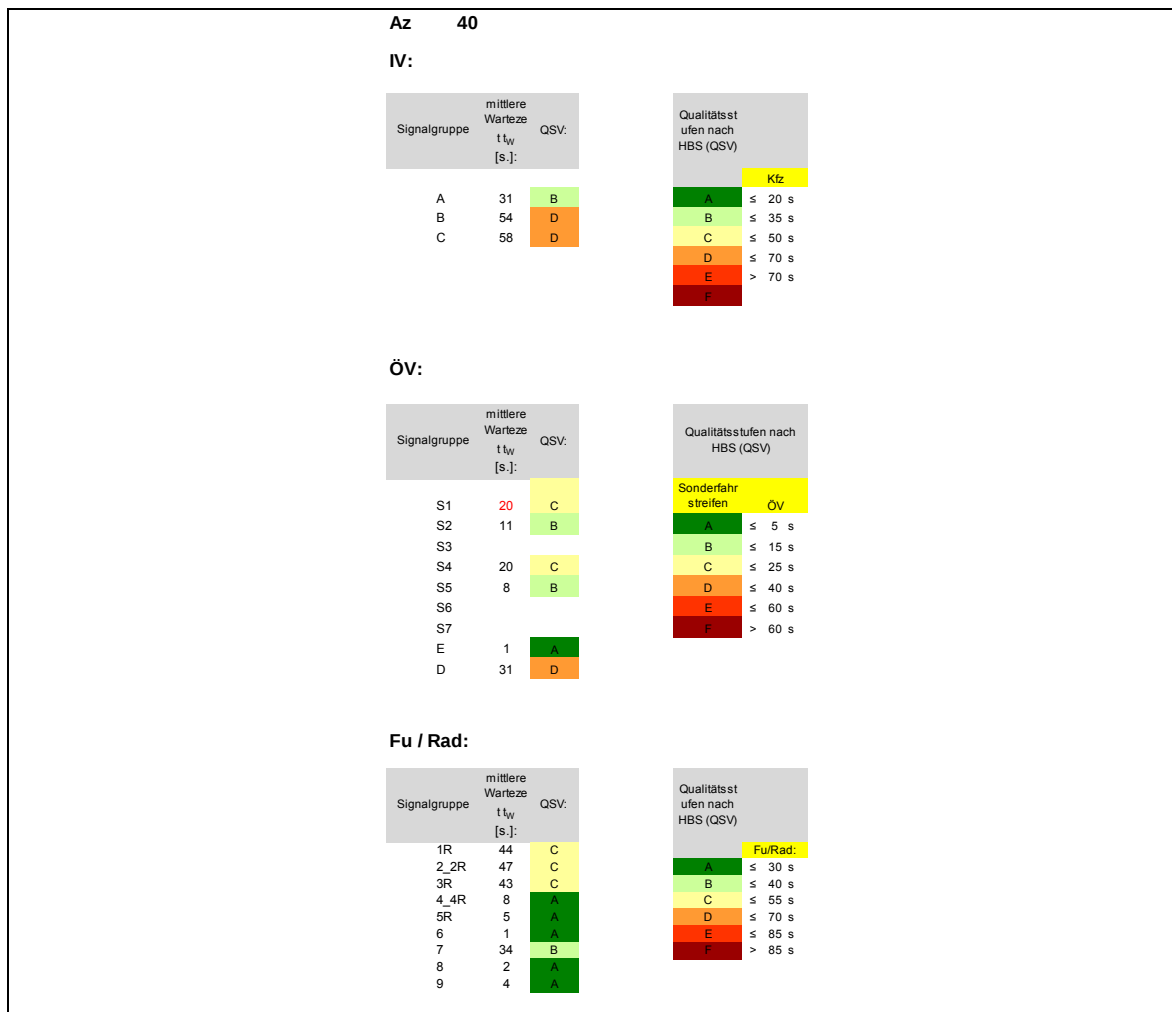


Bild 101: Qualitätsstufen nach HBS Az40

Die mittleren Wartezeiten an der Az40 zeigen keine relevanten Unterschiede gegenüber dem Regelfall.

5.12.1.5 Maximale Wartezeit Az40

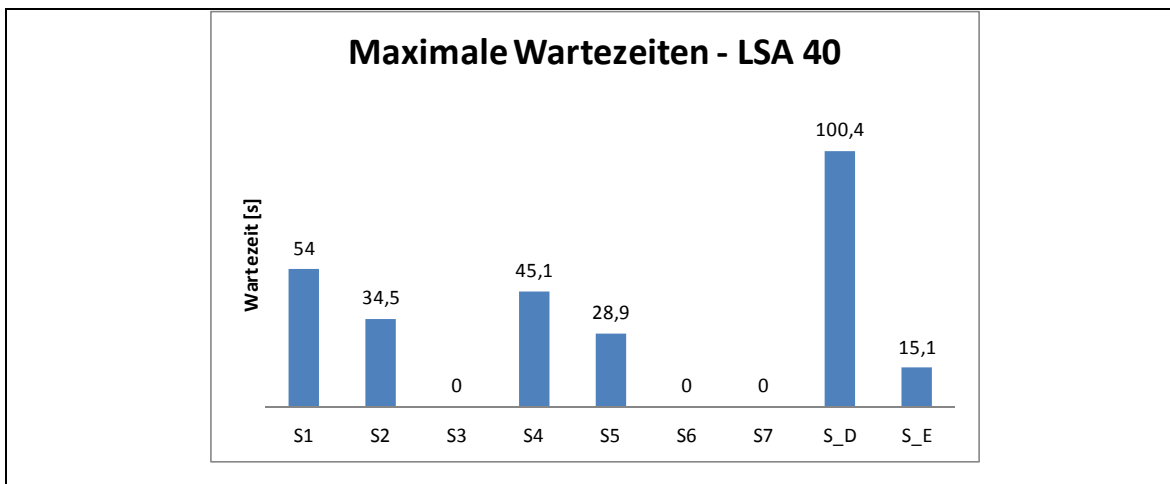


Bild 102: Maximale Wartezeiten Az40

Die maximale Wartezeit für die Busse über das Signal D zeigt im Maximum eine hohe Wartezeit von ca. 100 Sekunden an.

6 Zusammenfassung

6.1 Fazit

Zusammenfassend kann man sagen, dass die neue geplante Umsteigeanlage im Planfall „Regelfall“ wie auch in vielen Störfällen leistungsfähig ist. Im Regelfall kann ein stabiler Betriebsablauf gewährleistet werden. Die Wartezeiten für die Bahnen wie auch Busse mit Ausnahme der Ausfahrt über das Signal D der Az40, sind gering. Für den MIV ist nicht mit hohen Wartezeiten und Rückstauerscheinungen zu rechnen.

Für die Störfälle 1c und 1d kann eine unzureichende Leistungsfähigkeit erkannt werden. In diesen Fällen kommt es zu erheblichen Störungen im Betriebsablauf, zudem sind folenschwere Auswirkungen auf den MIV mit Rückstauerscheinungen erkennbar.

Es ist zu erwähnen, dass die Az546 und Az545 losgelöst aus der TASS Steuerung betrachtet wird, durch die Notwendigkeit einer vermehrten Schaltung von Einblendungen der ÖPNV Signale kommt es zu Verschiebungen im Signalprogramm, die negativen Auswirkungen auf die Grüne Welle benötigen eine weitere Betrachtung.

	Betriebsablauf	Wartezeiten ÖV Az546	Wartezeiten IV 546	Wartezeiten ÖV Az40	Wartezeiten IV Az40	Wartezeiten ÖV Az545	Wartezeiten IV Az545	Wartezeiten ÖV Az83	Wartezeiten IV Az83
Regelfall									
Störszenario 1a									
Störszenario 1b									
Störszenario 1c									
Störszenario 1d									
Störszenario 2a									
Störszenario 2b									
Störszenario 2c									
Störszenario 3a									
Störszenario 3b									
Störszenario 4a									
Störszenario 4b									
Störszenario 5a									

Bild 103: Zusammenfassung der Auswertung über alle Fälle

Störszenario 1a: Sperrung des Abfahrtsgleises 2

Störszenario 1b: Sperrung des Ankunftsgleises 1

Störszenario 1c: Sperrung des Betriebshofes und der Umsteigeanlage für Straßenbahnen

Störszenario 1d: Sperrung beider Abfahrtsgleise

Störszenario 2a: Die Linien 2, 3, 3S und 10 verkehren über die nördliche Ein- und Ausfahrt

Störszenario 2b: Die Linien 2, 3, 3S und 10 verkehren über die südliche Ein- und Ausfahrt

Störszenario 2a: Die Linien 2, 3, 3S und 10 fahren über die Stapelfeldstraße. Die Ausfahrt führt über die Az40

Störszenario 3a: Einfahrt der Straßenbahnen im Pulk

Störszenario 3b: Vertauschte Reihenfolge der Linien 2 und 10

Störszenario 4a: Ersatzverkehr mit Bussen auf den Linien 2 und 10

Störszenario 4b: Ersatzverkehr mit Bussen auf der Linie 3

Störszenario 5a: Behinderung der nördlichen Ausfahrt für Busse

6.2 Empfehlungen

6.2.1 Az40/ Signalgruppe D

Die Führung der Busse über Signalgruppe D erfordert eine richtungsbezogene Trennung in der Signalisierung. Die Wartezeiten bereits im Regelbetrieb haben einen durchschnittlichen Wert von nahezu einer halben Minute trotz der Möglichkeit einer zweimaligen Einblendung im Umlauf. Die Problematik resultiert aus den vielen Unverträglichkeiten der Signalgruppe D im Knotenpunkt. Eine Splittung der Signalisierung für den nördlichen wie auch südlichen Fahrweg der Busse und die damit verbundene Reduzierung der Unverträglichkeit ermöglicht ein deutliches Einsparpotential in den Wartezeiten. Hierfür ist allerdings eine Aufweitung der Spur notwendig.

6.2.2 Az40/ Signalgruppe S3

Um in Störfällen bei beispielsweise einer Sperrung des Abfahrtsgleises 1 die Bahnen der Linien 2 und 10 besser bedienen zu können und die Wartezeit zu reduzieren, ist die Schaltung einer zweiten Einblendung für das Signal S3 erforderlich.

6.2.3 Az40/ Gesonderter Fahrstreifen für das Signal S1

An der Az40 ist eine Trennung des Linksabbiegers über die Signalgruppe A sowie der Straßenbahnen über S1 fahstreifenseitig zu empfehlen. Dies würde erheblich zu einer Reduzierung der Wartezeiten für die Straßenbahnen führen und gegenseitiges Blockieren zwischen dem ÖPNV und MIV verhindern.

6.2.4 Az546/ SEV/ Nachlinien

Die Nachtlinien wie auch der SEV für die Linie 3 und 3S fahren über die Signale S2 bzw. S3 in die Stapelfeldstraße ein. Hier ist derzeit eine Unverträglichkeit gegen die Signalgruppe B vorgesehen. Dies ist ungünstig, da bei jeder Schaltung der Signale der Strom über B aufgehalten wird. Notwendig ist dies allerdings nur für die Nachtlinien bzw. den SEV. Hier ist ein weiteres Signal für die Busse sinnvoll, mit zusätzlicher Sicherung gegen die Signalgruppe A1.

6.2.5 Detektion

Sämtliche Ausfahrten aus den Haltestellen in der Umsteigeanlage sind mit einem Tastenkriterium, wo der Fahrer per Drücken einer Taste die Anforderung für das gewünschte Signal auslöst (LSA-Tasten) vorzusehen. Für die Noterfassung sind im Idealfall Induktionsschleifen bzw. Schlüsseltaster die ideale Variante. Ansonsten sind für die Ansteuerung der Bahnen wie auch Busse serielle Telegramme vom Typ R09 einzusetzen. Ausgenommen ist hierbei die Vorsignalrichtung über S1 an der Az546. Hier bedarf es der Abmeldung sowohl des Hauptsignals als auch des Vorsignals über Induktionsschleifen. Die Noterfassung an der Az546 sollte zur Richtungserkennung über der Signale S1 bzw. S6 über einen Weichensperrkreis geregelt werden.