



**BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL**

Lehr- und Forschungsgebiet für Güterverkehrsplanung und
Transportlogistik

Prof. Dr.-Ing. Bert Leerkamp
M.Sc. Patrick Mayregger

Master-Thesis

**Mikroskopische Verkehrsflusssimulation des
Knotenpunktes Westfalendamm/Voßkuhle in Dortmund**

Johannes Meuter

Wuppertal, 02.08.2019

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die von mir eingereichte Abschlussarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie Stellen der Abschlussarbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder Sinn nach entnommen wurden, in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht habe.

Wuppertal, den 02.08.2019

Johannes Meuter

Einverständniserklärung

Hiermit erkläre ich mich damit einverstanden, dass meine Abschlussarbeit wissenschaftlich interessierten Personen oder Institutionen und im Rahmen von externen Qualitätssicherungsmaßnahmen des Studiengangs zur Einsichtnahme zur Verfügung gestellt werden kann. Korrektur- und Bewertungshinweise meiner Arbeit dürfen nicht zitiert werden.

Wuppertal, den 02.08.2019

Johannes Meuter

Aufgabenstellung

FACHZENTRUM VERKEHR
LUF GÜTERVERKEHRSPLANUNG UND TRANSPORTLOGISTIK
UNIV.-PROF. DR.-ING. B. LEERKAMP



Master-Abschlussarbeit im Studiengang Verkehrswirtschaftsingenieurwesen

Thema: Mikroskopische Verkehrsflusssimulation des Knotenpunktes Westfalendamm/Voßkuhle in Dortmund

Bearbeiter: Johannes Meuter,

Betreuer: Prof. B. Leerkamp

Ausgabe:

Abgabe:

Aufgabenstellung

Für den KP Westfalendamm/Voßkuhle in Dortmund liegen Umbauvorschläge vor, die im Rahmen einer mikroskopischen Verkehrsflusssimulation auf ihre verkehrlichen Auswirkungen hin untersucht werden sollen. Für den Fall eines plangleichen Kreuzungsumbaus mit indirekter Führung aller linksabbiegenden Verkehrsströme sind die Knotenpunktgeometrie aufzubauen und die Verkehrsführungen (Furten) für den Rad- und Fußgängerverkehr zu ergänzen. Dabei ist auf eine verkehrssichere Rad- und Fußgängerverkehrsführung entlang der B1 und im Zu-/Abgang zu der Stadtbahnhaltestelle Voßkuhle zu achten. Die Verkehrsmenge in der Bemessungsstunde soll aus vorliegenden Verkehrszählungen für den Morgen- und Nachmittagszeitraum abgeleitet werden. Dabei ist zu beachten, dass der KP derzeit in den Spitzenstunden nicht leistungsfähig ist und sich zeitweise sehr lange Rückstaus bilden. Auf der Nordfahrbahn werden diese Rückstaus von dem stromaufwärts liegenden LSA-gesteuerten KP Westfalendamm/Lübkestraße ausgelöst, während auf der Südfahrbahn der KP Voßkuhle verantwortlich ist. Daher muss die tatsächliche Verkehrsnachfrage durch eine iterative Erhöhung der gezählten Verkehrsmenge und Beobachtung des sich in der Mikrosimulation ergebenden Rückstaus abgeschätzt werden. Es wird erwartet, dass der KP im Umbauzustand leistungsfähiger wird. Dadurch bedingte Verkehrsverlagerungen von umliegenden Straßen sollen nicht beachtet werden. Vielmehr sollen komplementäre Maßnahmen im Bereich der vorgelagerten KP B238 und B54 berücksichtigt werden, mit denen der Zufluss zum zentralen Abschnitt der B1 (Gartenstadt) auf ein Maß gedrosselt wird, dass eine verträgliche Abwicklung der Kfz-Menge ermöglicht. Weiterhin soll in der Mikrosimulation nach Möglichkeit untersucht werden, ob durch die mit der geplanten LSA-Steuerung (2 Phasen: B1 bzw. Voßkuhle) verbundene Pulkbildung eine günstige ebenerdige Führung des Fußgänger- und Radverkehrs an den KP Lübkestraße und Max-Eyth-Straße unterstützt wird.

Mehrfache Rücksprache mit dem Betreuer ist erwünscht. Die Bachelorarbeit ist in dreifacher Ausfertigung spätestens am Tag der Abgabe beim Prüfungsamt einzureichen. Zusätzlich ist eine digitale Version inkl. etwaiger Modelle etc. am Lehr- und Forschungsgebiet Güterverkehrsplanung und Transportlogistik einzureichen. Im Übrigen wird auf den Leitfaden zur Anfertigung studentischer Arbeiten des Lehr- und Forschungsgebietes Güterverkehrsplanung und Transportlogistik verwiesen.

Die Bachelorarbeit oder Teile davon dürfen nur im Rahmen der schriftlichen Vereinbarung zwischen dem Verfasser und dem Lehr- und Forschungsgebiet Güterverkehrsplanung und Transportlogistik veröffentlicht und/oder verwendet werden.

Wuppertal, den 03.04.2019

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bert Leerkamp

Inhalt

1. Problemstellung und Zielsetzung	1
1.1 Ausgangslage.....	1
1.2 Zielsetzung	2
2. Rahmenbedingungen.....	3
2.1 Räumliche Abgrenzung	3
2.2 Zeitliche Abgrenzung	3
2.3 Datengrundlage	3
2.3.1 Verkehrszählungen	3
2.3.2 Rückstauanalyse.....	4
2.3.3 Simulationsgebiet.....	7
2.3.4 Ortsbefahrung.....	8
2.3.5 Lichtsignalanlagen.....	9
2.3.6 Routenwahl.....	11
3. Erläuterungen zur Verkehrsflusssimulation	12
3.1 Mikroskopisches Simulationstool	12
3.2 Streckenmodellierung	12
3.2.1 Grundlagen.....	12
3.2.2 Analyse-Netz	12
3.2.3 Planfall 1.....	13
3.2.4 Planfall 2.....	18
3.2.4.1 Pfortner B236.....	18
3.2.4.2 Pfortner B54.....	19
3.2.4.3 Umbau Max-Eyth-Straße.....	20
3.2.5 Planfall 3.....	22
3.2.5.1 Anschluss nördliche Semerteichstraße.....	22
3.3 Fahrzeugklassen und –typen.....	23
3.4 Verkehrseinspeisung	23
3.5 Wunschgeschwindigkeiten	23
3.6 Beurteilungskriterien für die Ergebnisse der Simulation	24
3.6.1 Qualitative Beurteilung	24
3.6.2 Quantitative Beurteilung.....	25
3.7 Kalibrierung anhand von Belastungen und Rückstaulängen	25
3.8 Öffentlicher Personennahverkehr	25
3.8.1 Bus.....	25

3.8.1 U-Bahn.....	26
4. Ergebnisse der Simulationen	28
4.1 Ergebnisse der Simulationen	28
4.1.1 Anzahl der Simulationsläufe	28
4.1.2 Videos der Simulationsläufe	29
4.1.3 Quantitative Ergebnisse	30
4.1.3.1 Fahrzeugreisezeit	30
4.1.3.2 Verkehrsbelastungen	31
4.1.3.3 Belegungsgrad.....	32
4.1.3.4 Verlustzeit	32
4.1.4 Analyse-Netz	33
4.1.4.1 Morgenspitzenstunde	33
4.1.4.2 Abendspitzenstunde	40
4.1.4.3 Vergleich der Morgen- und Abendspitzenstunde.....	41
4.1.5 Planfall 1.....	42
4.1.5.1 Entwurf.....	42
4.1.5.2 Signalprogramm	42
4.1.6 Planfall 1a.....	49
4.1.6.1 Anpassung des Signalprogramms	52
4.1.6.2 Morgenspitzenstunde	54
4.1.6.3 Abendspitzenstunde	56
4.1.6.4 Erkenntnisse aus Planfall 1a.....	58
4.1.7 Planfall 2.....	58
4.1.7.1 Routenveränderungen	58
4.1.7.2 Probleme und Lösungen der Routenveränderungen	61
4.1.7.2 Signalprogramm.....	64
4.1.7.3 Morgenspitzenstunde	68
4.1.7.4 Abendspitzenstunde	70
4.1.7.4 Erkenntnisse aus Planfall 2.....	71
4.1.8 Planfall 2a.....	71
4.1.8.1 Erkenntnisse aus Planfall 2a.....	72
4.1.9 Planfall 3.....	73
4.1.9.1 Morgenspitzenstunde	77
4.1.9.2 Abendspitzenstunde	78

4.1.9.3 Erkenntnisse aus Planfall 3.....	79
4.1.10 Planfall 3a.....	79
4.1.10.1 Vergrößerung der Kreisverkehrsdurchmesser	79
4.1.10.1 Erkenntnisse aus Planfall 3a.....	80
4.1.11 Planfall 3b.....	81
4.1.11.1 Entwurf.....	81
4.1.11.2 Signalprogramm.....	83
4.1.11.3 Erkenntnisse aus Planfall 3b	87
4.1.12 Planfall 3c.....	88
4.1.12.1 Erkenntnisse aus Planfall 3c.....	89
4.1.13 Planfall 4.....	90
5. Vergleich der Planfälle und Auswahl der Vorzugslösung.....	92
5.1 Fahrzeugreisezeit.....	94
5.2 Verteilung der Fahrzeugreisezeiten	96
5.3 Querschnittswerte.....	101
5.4 Verlustzeiten.....	103
5.5 Wahl einer Vorzugslösung.....	105
5.5.1 Szenario 1: Ohne Anschluss der nördlichen Semerteichstraße	106
5.5.2 Szenario 2: Anschluss der nördlichen Semerteichstraße.....	106
6. Kritische Bewertung der Simulationsergebnisse.....	108
6.1 Verkehrszählungen.....	108
6.1.1 Verkehrszahlen der Verkehrszählungen	108
6.1.2 Alter der Verkehrszählungen	108
6.1.3 Umstände der Verkehrszählungen	108
6.1.4 Anzahl der Verkehrszählungen	109
6.2 Routenentscheidungen.....	109
6.2.1 Routenentscheidungen im Analyse Netz	109
6.2.2 Routenentscheidungen im Planfall	109
6.3 Grundstücke	109
7. Fazit und Ausblick.....	110
Abkürzungsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	V
Literaturverzeichnis	VI
Anhangsverzeichnis: Digitaler Anhang.....	VIII

1. Problemstellung und Zielsetzung

1.1 Ausgangslage

Die B1 in ihrer jetzigen Form wird sich verändern – das ist ganz sicher! Zumindest wenn es nach dem im Bundesverkehrswegeplan 2030 Projekt mit der Projektnummer A40-G70-NW geht. Dabei ist das Projekt in drei Teilprojekte unterteilt:

1. Von der Schnettkerbrücke bis zum zu untersuchenden Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1)
2. Vom zu untersuchenden Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) bis zur B236 und der AS Dortmund-Mitte
3. Und von der AS Dortmund-Mitte bis zur AS Dortmund-Ost der BAB 1

Die Bereiche 1 und 2 sind dem Weiteren Bedarf zugeordnet worden, der Bereich 3 sogar dem vordringlichem Bedarf (vergleiche **Abbildung 1**).¹

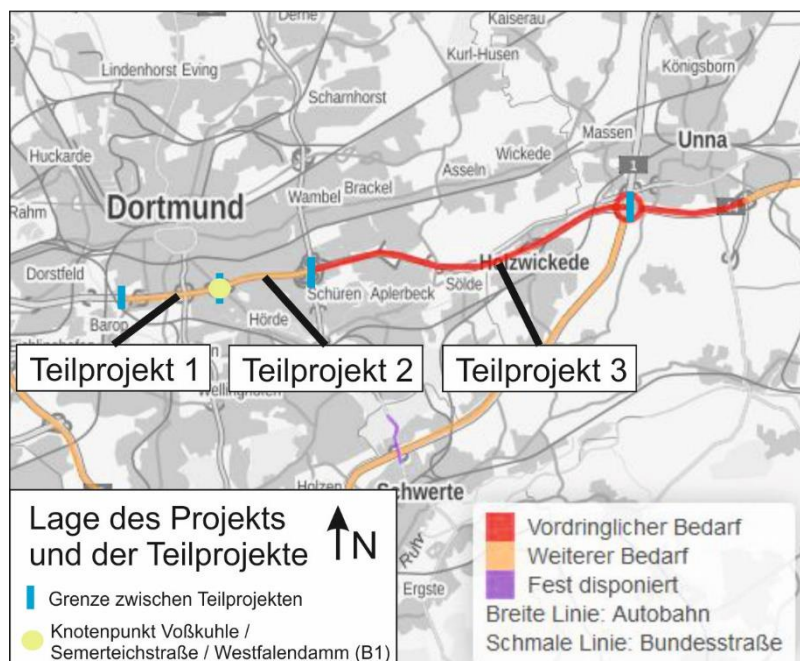


Abbildung 1: Karte aus dem BVWP [Quelle: www.bvwp-projekte.de, Eigene Darstellung]

Das Gesamtprojekt soll insgesamt 791 Millionen Euro kosten und den Lückenschluss der BAB 40 zur BAB 1 realisieren. Ziel soll sein, die Verkehrsprobleme, insbesondere große Stausituationen, zu eliminieren und eine schnellere Verbindung durch Dortmund zu schaffen. Dafür sollen verschiedene Bereiche des Ausbaus als Tunnellösung umgesetzt werden.² Dagegen formiert sich Widerstand.

¹ Vgl. www.bvwp-projekte.de

² Vgl. www.bvwp-projekte.de

Mehrere Initiativen in und um Dortmund gründeten sich mit dem Ziel, die Wohn-, Arbeits- und Verkehrssituation rund um die B1 zu verbessern, ohne jedoch eine Tunnellösung voranzutreiben. Diese sind beispielsweise die „B1-Initiative Dortmund e.V.“³ oder die Initiative „B1-Allee-erhalten“⁴. Einige Initiativen haben in der letzten Zeit ihre Aktivität eingestellt. Andere haben ihre Ziele in den letzten Jahren durchsetzen können oder sind aktuell noch in einem Dialogprozess mit den beteiligten Akteuren.

Eine der Initiativen, die sich grundsätzlich mit der verkehrlichen Situation auf der B1 befassen, ist die Initiative „B1 Dortmund plus“. 2016 gründeten Prof. Dr. Bert Leerkamp, Dipl.-Ing. Otto Schließler und Dipl.-Ing. Richard Schmalöer die Initiative. Diese hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Entwicklung der B1 zwischen dem Autobahnkreuz Dortmund-West und östlichen Stadtgrenze Dortmunds aktiv zu begleiten. Dabei sollen weder eine einfache Tunnellösung, noch schnelle Kompromisse den Planungsprozess leiten, sondern viel mehr ein gut durchdachtes, ganzheitliches Konzept die Zukunft der B1 darstellen.⁵

Im Zuge dessen fertigte Lukas Sundermann im Jahr 2017 eine Bachelor-Arbeit mit dem Thema „Umbau des Knotenpunktes Voßkuhle/Semerteichstraße im Zuge der Bundesstraße B1 in Dortmund“ an. Dabei wurden erste Umbaumaßnahmen für den Knotenpunkt erarbeitet, die als Grundlage für die in dieser Masterarbeit durchgeführte Simulation dienen.

1.2 Zielsetzung

Die Verringerung der Staus und der damit verbundene verbesserte Verkehrsfluss soll im Kern dieser Ausarbeitung stehen. Gleichzeitig ist es wichtig, dabei nicht die einfachste und schnellste Lösung zu wählen. Unabdingbar ist, dass der Umbau der B1 das Bild der Stadt Dortmund nicht so gravierend verändert, dass die Stadt ihre Identität verliert.

Die B1 ist das Tor zur Stadt. In ihrer seit Jahrzehnten vorhandenen Allee-Form ist sie für die Stadtbewohner und ihrer Besucher ein bekanntes Erkennungsbild. Die 791 Millionen Euro teure Tunnellösung würde eine komplette Veränderung der B1 verursachen und die Identifikation der Stadt mit der B1 und ihrer Allee zerstören.

Ziel dieser Ausarbeitung ist, eine Lösung zu finden, bei der Charakter der B1 erhalten bleibt, ohne jedoch die verkehrliche Situation außer Acht zu lassen. Dabei soll überprüft werden, ob die 791 Millionen Euro teure Tunnellösung die einzig verkehrlich leistungsfähige Möglichkeit ist, oder ob es eine günstigere Option gibt, bei der der Verkehrsfluss verbessert wird und der Charakter der B1 bestehen bleibt.

³ Vgl. <http://www.b1dortmund.de>

⁴ Vgl. <http://b1-allee-erhalten.de/>

⁵ Vgl. <https://www.b1-dortmund-plus.de/>

2. Rahmenbedingungen

Im folgenden Abschnitt wird der zu untersuchende Straßenabschnitt genauer eingeordnet. Darüber hinaus wird beschrieben, welche Daten als Grundlage der Untersuchung zur Verfügung stehen.

2.1 Räumliche Abgrenzung

Das definierte Simulationsgebiet umfasst den zu betrachtenden Knotenpunkt, sowie Teile des nachgeordneten Netzes. Dabei werden auch Zubringerstraßen auf der B1 als Zuflüsse und Abläufe simuliert.

Des Weiteren wird das Simulationsgebiet soweit erweitert, dass die Verkehre zuverlässig in das Simulationsgebiet eingespeist werden können, ohne dass einspeisungsbedingte Behinderungen des Verkehrsablaufs im Simulationsgebiet selbst auftreten.

2.2 Zeitliche Abgrenzung

Betrachtet wird das Verkehrsgeschehen im Analysejahr 2019 in der morgen- und abendlichen Spitzenstunde. Diese Unterscheidung der Spitzenstunden ist notwendig, da morgens und abends unterschiedlich viele Verkehrsteilnehmer das Simulationsgebiet befahren. Dabei treten die Probleme am Morgen tendenziell stärker stadteinwärts Richtung Westen auf, wohingegen am Abend die Probleme stadtauswärts Richtung Osten auftreten.

2.3 Datengrundlage

2.3.1 Verkehrszählungen

Für die Mikrosimulation wurden am zu untersuchenden Knotenpunkt (in den Daten als K4 beschrieben) Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) Verkehrszählungen am 19. März 2013 durchgeführt. Dazu wurde morgens zwischen 6 Uhr und 10 Uhr die Verkehrsbelastung sowie die Spitzenstunde ermittelt. Diese wurde für den Zeitbereich zwischen 7:00 Uhr und 8:00 Uhr festgelegt. Zur Ermittlung der Abendspitzenstunde wurde am gleichen Tag zwischen 15 Uhr und 19 Uhr gezählt. Die daraus resultierende Spitzenstunde wurde für den Zeitbereich zwischen 16:15 Uhr und 17:15 Uhr festgelegt.

Darüber hinaus wurden ebenfalls im März für die westlich liegenden Knotenpunkte an der Märkischen Straße (K7) und B54 (K10) Verkehrszählungen durchgeführt. Diese wurden jedoch nicht am gleichen Tag gemacht, was für das Ergebnis leider nicht optimal ist.

Positiv ist zu erwähnen, dass somit Daten für drei hintereinanderliegende Knotenpunkte vorliegen.

Abbildung 2 zeigt die Lage der Knotenpunkte mit Verkehrsdaten.

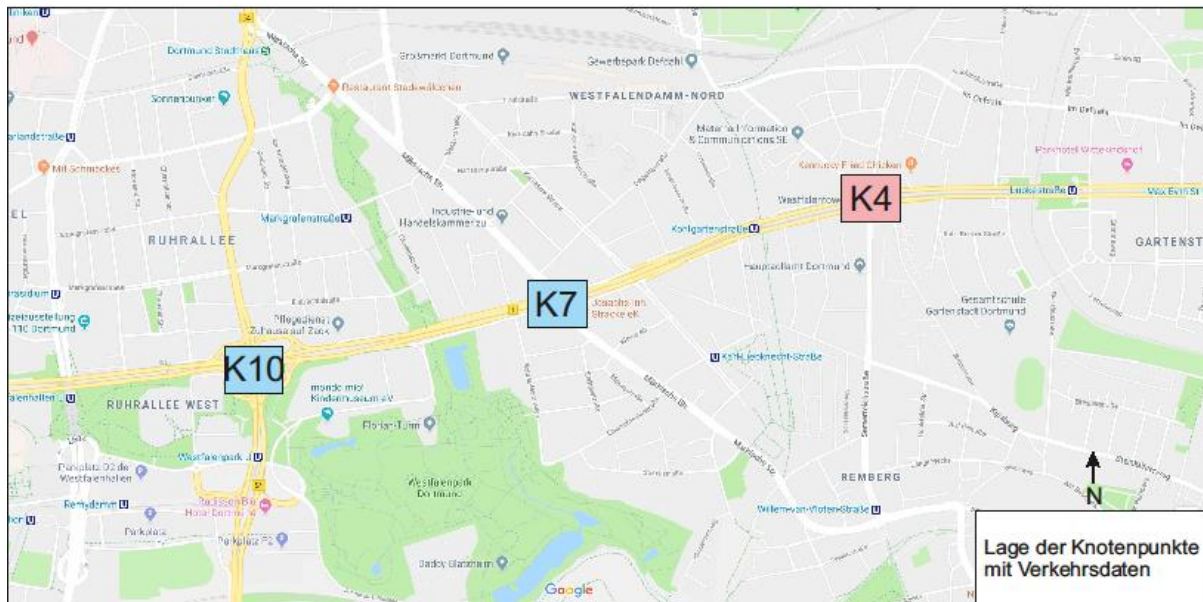


Abbildung 2: Knotenpunkte mit Verkehrsdaten [Quelle: Google-Maps, Eigene Darstellung – Anhang: Lage_der_Zählstellen.pdf]

2.3.2 Rückstauanalyse

Zur Rückstauanalyse wurde Google-Maps eingesetzt.

Google-Maps besitzt ein Tool, mit dem auf einzelnen Strecken die aktuelle Verkehrssituation farblich dargestellt wird. Die farblichen Kennzeichnungen lauten:

- Rot: Hohes Verkehrsaufkommen; Je dunkler der Rotton, desto langsamer der Verkehr
- Orange: mittleres Verkehrsaufkommen
- Grün: reibungslos fließender Verkehr

Darüber hinaus ist es möglich mit dem Verkehrslage-Tool die normale Verkehrssituation darzustellen. Aus eigenen Untersuchungen stellt sich heraus, dass Google-Maps dabei Mittelwerte aus mehreren Minuten (meistens 10) für jeden Wochentag zwischen 06:00 Uhr und 22:00 Uhr bildet. Wie groß der zurückliegende Zeitraum für die Auswertung der Daten ist, gibt Google nicht preis. Somit können Störeinflüsse, beispielsweise Baustellen längerer Dauer oder Sperrungen, Einfluss auf die normale Verkehrslage haben. Ungenau ist die Darstellung vor Lichtsignalanlagen. Da hier abwechselnd mit einem Stau und fließendem Verkehr zu rechnen ist, ist die Darstellungen an solchen Stellen nicht immer genau.

Eine genaue wissenschaftliche Auswertung gestaltet sich jedoch bei den aktuellen, wie auch bei den normalen Verkehrssituationen schwierig, da keine detaillierten Angaben wie Verkehrsdichte oder Verkehrsfluss zu der Verkehrssituation angegeben werden. Anhand dieser Färbung kann somit die Situation vor Ort lediglich grob abgeschätzt werden. Dennoch bieten diese Daten für eine Rückstauanalyse eine gute Grundlage.

Um sich einen besseren Eindruck zu verschaffen, wie sich der Verkehr rund um den zu untersuchenden Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) entwickelt, wurde aufbauend auf die Google-Maps-Verkehrssituation ein Verfahren aktiviert. Dabei wurde mit dem Programm *Screenshooter* und dem Firefox-AddOn *Auto Reload Tab* gearbeitet. Der *Screenshooter* ermöglicht es, regelmäßig Screenshots von einem definierten Fenster zu machen. *Auto Reload Tab* aktualisiert das geöffnete Fenster in Firefox nach einer vom Nutzer definierten Zeit.

Dieses Verfahren wurde erstmals am 05. März 2019 um 11:51 Uhr aktiviert. Zunächst wurde ein ausreichend großer Bereich, um den zu untersuchenden Knotenpunkt auf Google-Maps, ausgewählt. Bis zu einem Stromausfall am 08. März 2019 um 12:33 Uhr aktualisierte das Programm *Auto Reload Tab* alle 60 Sekunden das geöffnete Fenster in Firefox. Gleichzeitig machte der *Screenshooter* alle 60 Sekunden einen Screenshot vom vorher definierten Kartenausschnitt. Dabei entstanden zwischen Aktivierung und Stromausfall jede Minuten Screenshots mit der aktuellen Verkehrslage. Das gleiche Verfahren für den exakt gleichen Kartenausschnitt wurde nochmals am 26. März 2019 um 10:36 Uhr aktiviert. Am 05. April 2019 um 9:07 Uhr wurde das Programm manuell beendet. Jeder Screenshot wurde automatisch mit Datum und Uhrzeit versehen. Die daraus entstandenen Ergebnisse sehen aus wie das Beispiel in **Abbildung 3**.

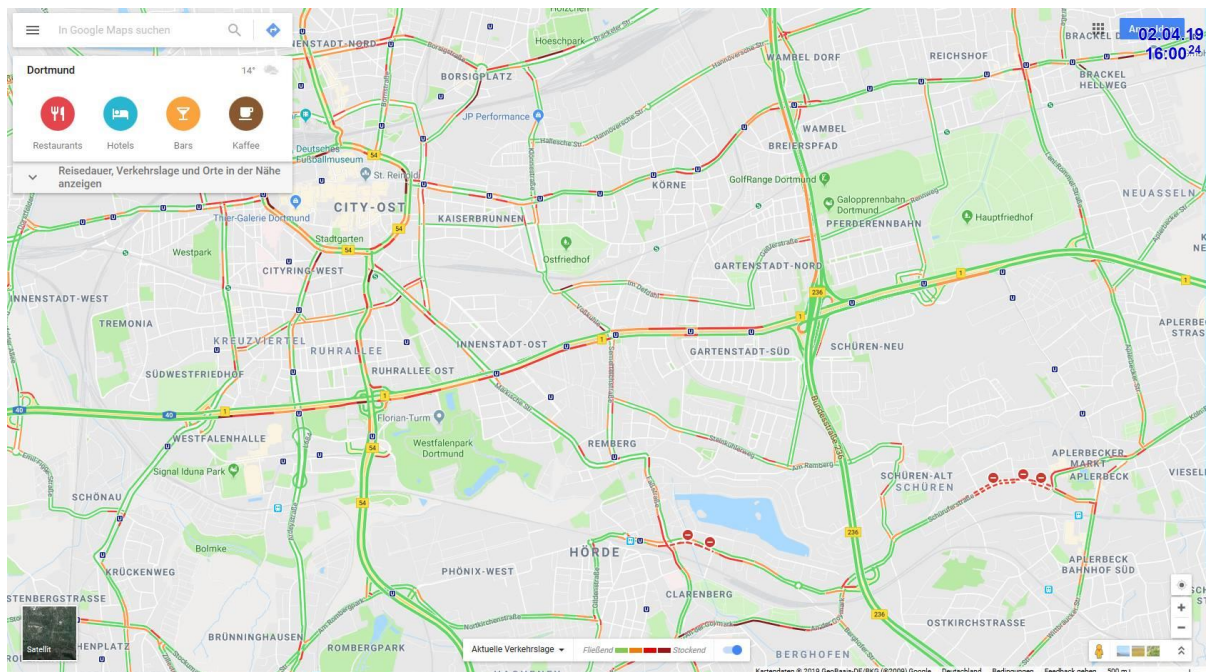


Abbildung 3: Beispiel eines Screenshots der Google-Maps-Verkehrslage [Quelle: Google-Maps – Anhang: snap0001-10336.jpg]

Um den zeitlichen Verlauf des Rückstaus zu analysieren, wurden im Anschluss die Screenshots eines Tages zu einem Film zusammengefügt. Dabei nimmt jeder Screenshot, und somit jede Minute eines Tages, eine Sekunde im Film ein. Damit ist ein Vor- und Zurückspulen möglich, um die Entwicklung des Rückstaus genau zu betrachten. Insgesamt sind durch dieses Verfahren 15 Filme entstanden.

Die normale Verkehrssituation muss händisch analysiert werden. Dabei wird für die morgendliche und abendliche Spitzenstunde, sowie für jeweils eine Stunde vor und nach der Spitzenstunde, die normale Verkehrssituation dokumentiert und als Screenshot gespeichert. Dabei wurden lediglich die Tage Dienstag, Mittwoch und Donnerstag betrachtet. Das Ergebnis dieser Analyse in **Abbildung 4** ähnelt sehr dem Ergebnis der aktuellen Verkehrslage.

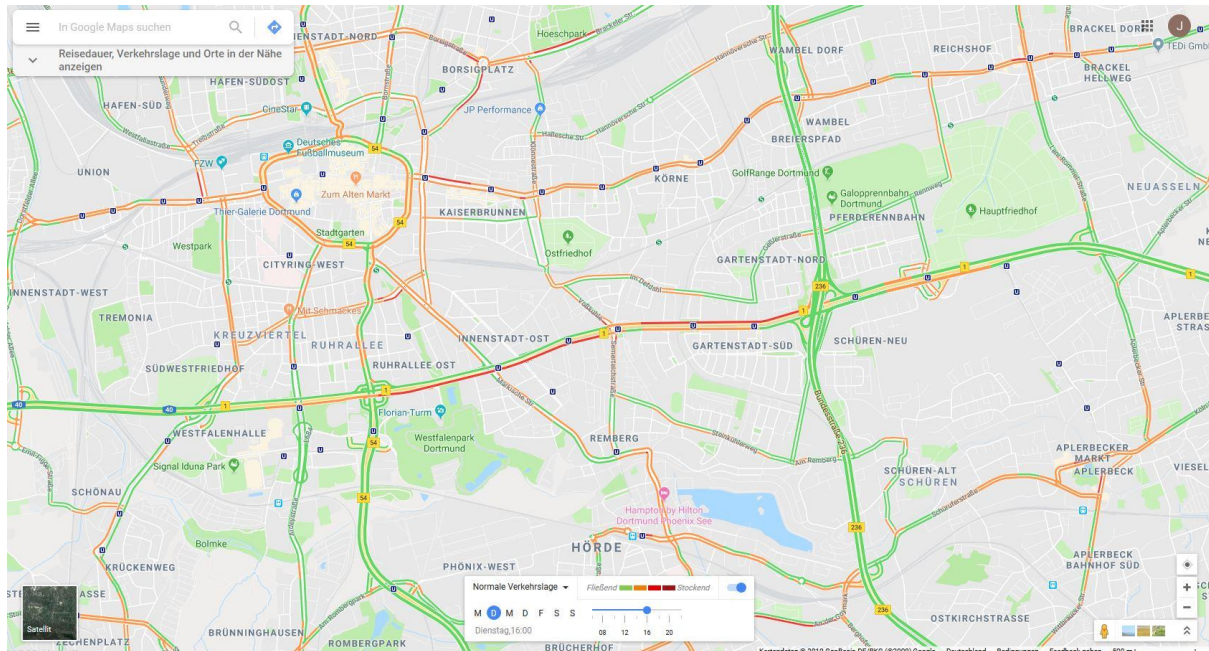


Abbildung 4: Beispiel eines Screenshots der normalen Google-Maps-Verkehrslage [Quelle: Google-Maps – Anhang: Di-16_00.jpg]

Mit den Ergebnissen wurde eine Rückstauanalyse durchgeführt. Dazu wurden für die morgendliche und abendliche Spitzenstunde, sowie für jeweils eine Stunde davor und danach, in 15-Minuten Intervallen die Rückstaulängen eingezeichnet. Diese sind farblich mit dem Datum und dem dazugehörigen Wochentag verortet. Darüber hinaus sind auch die Rückstaulängen in der Voßkuhle und der Semerteichstraße mit farblich passenden Quadraten markiert. Daraus entsteht für drei Stunden ein Verlauf des Rückstaus. Jedoch wurden nur die Daten für die Wochentage von Dienstag bis Donnerstag verwendet. Wochenendverkehr und der Verkehr am Montag und Freitag, die traditionell einen erhöhten Pendleranteil aufweisen, sind nicht berücksichtigt. Darüber hinaus sind Abweichungen im Verkehr berücksichtigt worden. So fand am 27. März in den Westfalenhallen ein Herbert Grönemeyer Konzert statt und am 05. März spielte Borussia Dortmund abends in der Champions-League. Dadurch sind die an diesem Tag erhöhten Rückstaus zu erklären, da das Westfalenstadion und die Westfalenhallen direkt südlich der B1 liegen. **Abbildung 5** zeigt das Ergebnis beispielhaft für 16:00 Uhr.

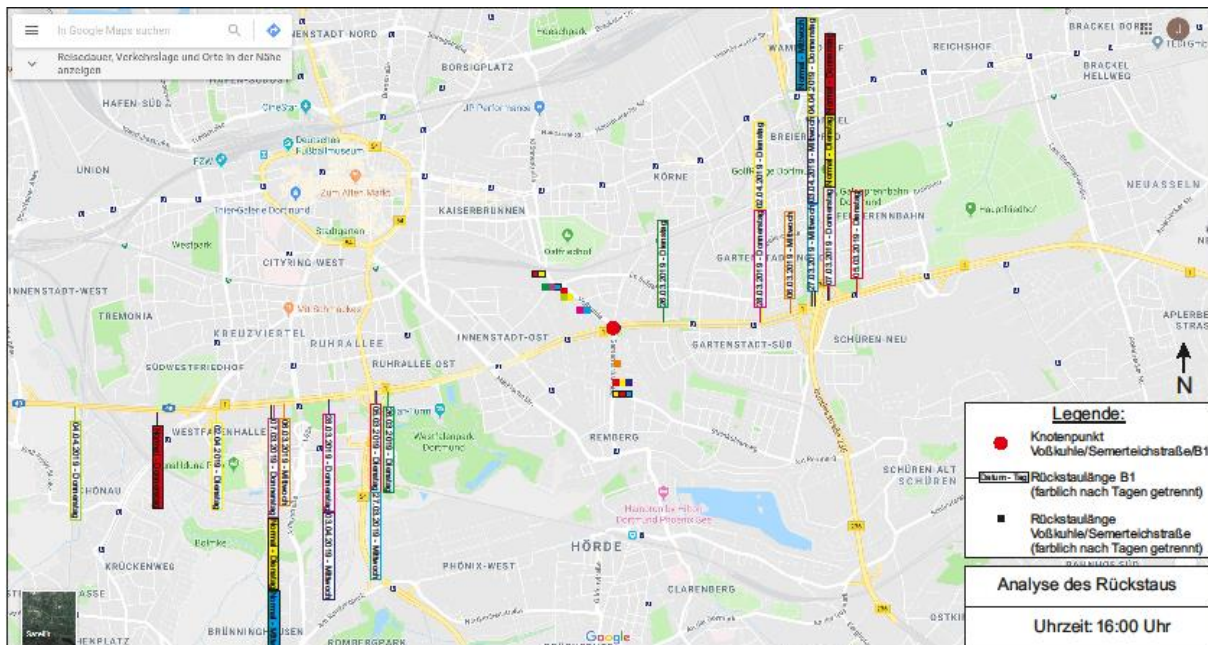


Abbildung 5: Beispiel einer Rückstauanalyse - 16:00 Uhr auf Grundlage der Google-Maps-Verkehrslage
 [Quelle: Google-Maps, Eigene Darstellung – Anhang: Rückstaulängen_ASS.pdf]

2.3.3 Simulationsgebiet

Aus den Ergebnissen der Rückstauanalyse wird das Simulationsgebiet definiert. Dabei ist es wichtig, nicht nur den zu betrachtenden Knotenpunkt zu simulieren, sondern auch andere, sich auf den Knotenpunkt auswirkende Straßen in die Simulation einzubeziehen. Die Einspeisung der Verkehre auf der Semerteichstraße, Voßkuhle und auf der Bundesstraße B1 dürfen, wie schon in Abschnitt 2.1. beschrieben, nicht im Bereich der Rückstaus liegen. Somit beginnt das Simulationsgebiet im Westen an der Schnettkerbrücke. Im Osten endet das Simulationsgebiet hinter dem Dortmunder Hauptfriedhof an der Anschlussstelle Dortmund-Aplerbeck/Brackel. Straßen, die Verkehr zuführen oder abfließen lassen, werden ebenfalls mitberücksichtigt, siehe **Abbildung 6**. Eine detailliertere Absteckung des Simulationsgebiets erfolgt im weiteren Verlauf der Ausarbeitung.

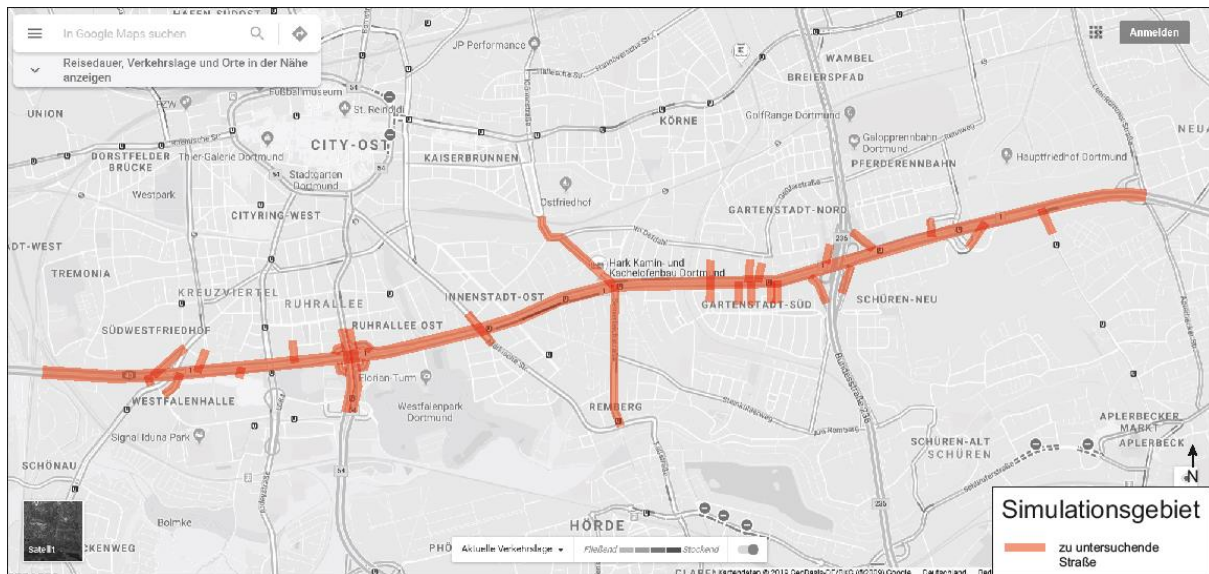


Abbildung 6: Simulationsgebiet [Quelle: Google-Maps, Eigene Darstellung – Anhang: Untersuchungsgebiet.pdf]

2.3.4 Ortsbefahrung

Da die Ergebnisse der Simulation insbesondere davon abhängen, welche Gebote und Verbot im zu untersuchenden Gebiet vorhanden sind, wurde eine Ortsbefahrung durchgeführt. Ziel dieser Befahrung war die Aufnahme des gesamten Simulationsgebiets, um im Anschluss daran die Beschilderung detailliert zu verorten. Die Befahrung fand am Donnerstag, den 18. April 2019 zwischen 14:08 Uhr und 16:39 Uhr statt. Da der 19. April ein Karfreitag war, ist davon auszugehen, dass das Verkehrsaufkommen erhöht war. Ansonsten sind keine Events, Baustellen oder andere Störungen am Tag der Befahrung, im Umfeld des Simulationsgebiets bekannt, siehe **Abbildung 7**.

Bei der Befahrung wurde die Vor-Ort-Situation mit Hilfe einer Dash-Cam auf Video festgehalten. Die relevanten Informationen wurden im Anschluss mit Hilfe von *Google Earth Pro* in einer Karte verortet, siehe **Abbildung 8**. Die benötigten Schilder sind mit dem Programm *Projektion Verkehr* von *Dr. Haller* erstellt worden. Darüber hinaus bietet die Dash-Cam den Vorteil, dass alle Fahrten mittels GPS getrackt werden. Daraus können Geschwindigkeitsprofile angezeigt werden, die bei Bedarf in der Simulation Langsamfahrbereiche oder Wunschgeschwindigkeiten als Grundlage dienen.

Des Weiteren ist es möglich durch die Videoaufnahmen Rückschlüsse auf das Fahrverhalten anderer Verkehrsteilnehmer zu ziehen. Dabei ist jedoch festzuhalten, dass die Befahrung lediglich eine Momentaufnahme am Ort des Fahrzeugs darstellt und nicht auf ein generelles Fahrverhalten geschlossen werden kann. Dennoch gibt die Ortsbefahrung einen Eindruck der Situation vor Ort wieder.



Abbildung 7: Ausschnitt aus der Ortsbefahrung - Bildausschnitt westlich des Knotenpunktes Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1). Zu erkennen ist das Tempolimit 50 km/h [Quelle: Eigene Aufnahme – Anhang: FILE0017.mov]

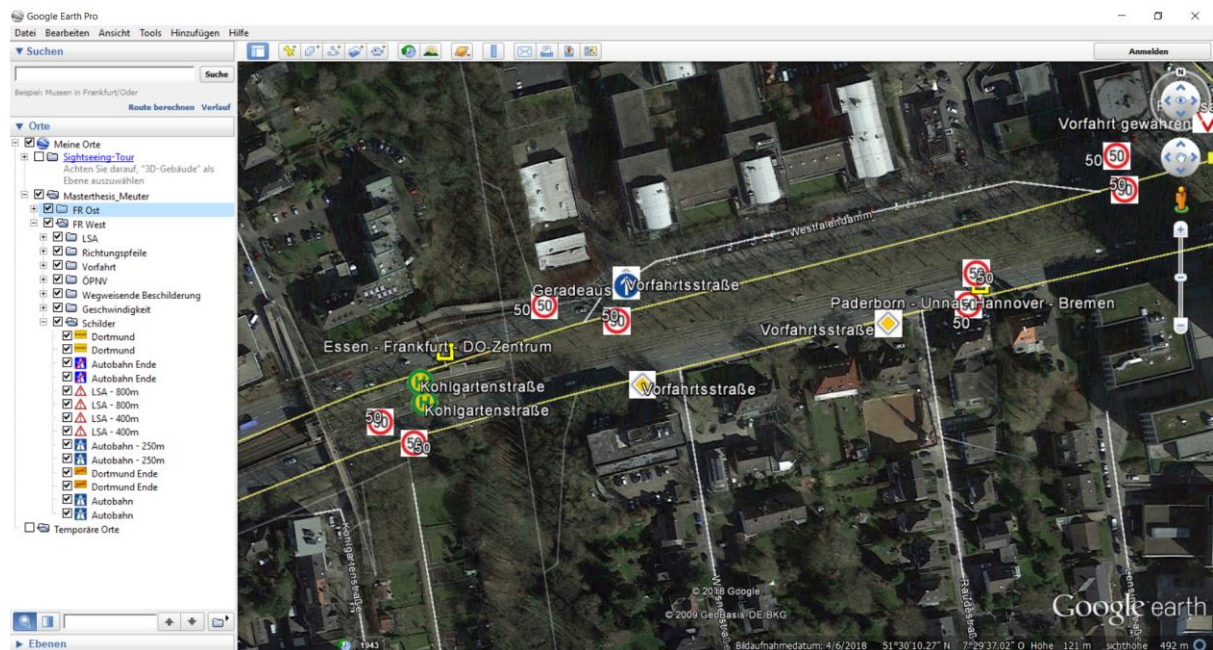


Abbildung 8: Ausschnitt aus der Verortung mit Google Earth Pro - Bildausschnitt westlich des Knotenpunktes Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) [Quelle: Google Earth Pro, Projektierung Verkehr, Eigene Darstellung – Anhang: Masterthesis_Meuter.kmz]

2.3.5 Lichtsignalanlagen

In dem Simulationsgebiet sind mehrere relevante Lichtsignalanlagen vorhanden, für die jedoch keine Steuerungssignalpläne zur Verfügung gestellt wurden. Aus diesem Grund wurden für die Lichtsignalanlagen am zu untersuchenden Knotenpunkt Voßkuhle /

Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) und Lübkestraße / Westfalendamm (B1), im Rahmen der Ortsbefahrung am 18. April 2019, Filmaufnahmen gemacht. Für die Abfahrt der B1 zur Märkischen Straße in Fahrtrichtung Osten, wurden darüber hinaus, am Freitag, den 14. Juni 2019 ab 16:12 Uhr Filmaufnahmen angefertigt. Daraus wurden in einer Excel-Datei auf Grundlage der Filmaufnahmen die Phasen zeitlich erfasst, siehe **Tabelle 1**. Die daraus abgeleiteten Signalpläne wurden als Festzeitsteuerungssignalpläne für morgens und abends festgelegt, siehe **Tabelle 2** und **Tabelle 3**. Dort sind die beiden Programme aufeinander abgestimmt.

Video 00004.MTS

Linksabbieger

	Beginn der Phase im Video	Errechnete Phasendauer
Rot/Gelb	01:15	00:01
Aus	01:16	00:17
Gelb	01:33	00:03
Rot	01:36	02:09
Rot/Gelb	03:45	00:01
Aus	03:46	00:17
Gelb	04:03	00:03
Rot	04:06	02:09
Rot/Gelb	06:15	00:01
Aus	06:16	00:17
Gelb	06:33	00:03
Rot	06:36	

B1 FR West

Geradeausfahrer

	Beginn der Phase im Video	Errechnete Phasendauer
Rot	00:13	00:38
Gelb/Rot	00:51	00:01
Grün	00:52	00:41
Gelb	01:33	00:04
Rot	01:37	00:21
Gelb/Rot	01:58	00:01
Grün	01:59	00:33
Gelb	02:32	00:04
Rot	02:36	00:41
Gelb/Rot	03:17	00:01
Grün	03:18	00:45
Gelb	04:03	00:04
Rot	04:07	00:21
Gelb/Rot	04:28	00:01
Grün	04:29	00:40
Gelb	05:09	00:04
Rot	05:13	00:38
Gelb/Rot	05:51	00:01
Grün	05:52	00:41
Gelb	06:33	00:04
Rot	06:37	00:21
Gelb/Rot	06:58	00:01
Grün	06:59	00:40
Gelb	07:39	00:04
Rot	07:43	00:38
Gelb/Rot	08:21	00:01
Grün	08:22	

Tabelle 1: Auswertung der Filmaufnahmen - B1 FR West am Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) [Quelle: Eigene Auswertung – Anhang: Analyse_B1-Semerteichstraße-Voßkuhle.xlsx]

Umlauf:	150 Sekunden
----------------	-------------------------

Generell:	<u>Länge</u>	<u>Ende</u>
------------------	--------------	-------------

Rot/Gelb	00:01	00:01
Aus	00:17	00:18
Gelb	00:03	00:21
Rot	02:09	02:30

Programm	<u>Anfang</u>	<u>Ende</u>	<u>Länge</u>
-----------------	---------------	-------------	--------------

Rot/Gelb	01:47	01:48	00:01
Aus	01:48	02:05	00:17
Gelb	02:05	02:08	00:03
Rot	02:08	01:47	02:09

Tabelle 2: Errechnung eines Signalprogramms (Linksabbieger, am gleichen KP wie Tabelle 1) [Quelle: Eigene Bearbeitung – Anhang: Analyse_B1-Semerteichstraße-Voßkuhle.xlsx]

<u>Länge</u>	<u>Ende</u>
--------------	-------------

Gelb/Rot	00:01	00:01
Grün	00:40	00:41
Gelb	00:04	00:45
Rot	00:38	01:23
Gelb/Rot	00:01	01:24
Grün	00:41	02:05
Gelb	00:04	02:09
Rot	00:21	02:30

<u>Anfang</u>	<u>Ende</u>	<u>Länge</u>
---------------	-------------	--------------

Gelb/Rot	00:00	00:01	00:01
Grün	00:01	00:41	00:40
Gelb	00:41	00:45	00:04
Rot	00:45	01:23	00:38
Gelb/Rot	01:23	01:24	00:01
Grün	01:24	02:05	00:41
Gelb	02:05	02:09	00:04
Rot	02:09	02:30	00:21

Tabelle 3: Errechnung eines Signalprogramms (Geradeausfahrer, am gleichen KP wie Tabelle 1) [Quelle: Eigene Bearbeitung – Anhang: Analyse_B1-Semerteichstraße-Voßkuhle.xlsx]

2.3.6 Routenwahl

Für die Simulation ist die Kenntnis der Fahrtbeziehungen, auf allen Relationen die Grundvoraussetzung. Für den Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) wurden diese aus den Knotenpunktzählungen übernommen. Ebenfalls aus den Knotenpunktzählungen wurden die Beziehungen am Knotenpunkt B1 / B54 und B1 / Märkische Straße übernommen.

Für alle übrigen Knotenpunkte sind keine Informationen zu den Fahrtbeziehungen vorhanden. Aus diesem Grund müssen diese angenommen werden. Mit Ausnahme des Knotenpunkts B1 / B236, B1 / Tankstellen und B1 / Westfalenhallen wurden alle Fahrtbeziehungen mit 99 Geradeausfahrern und einem Abbieger angenommen. So bleibt der Großteil der Fahrzeuge auf der B1 und nur ein Prozent der Fahrzeuge biegen ab. Beim Knotenpunkt B1 / B236 ist das Verhältnis auf 80 Geradeausfahrer und 20 Abbieger gesetzt worden. Bei den beiden anderen Knotenpunkten wurde das Verhältnis auf 250 Geradeausfahrer und einem Abbieger gesetzt, da einerseits die Tankstelle, aber auch die Behelfsabfahrt an den Westfalenhallen sehr schwach frequentiert werden.

3. Erläuterungen zur Verkehrsflusssimulation

3.1 Mikroskopisches Simulationstool

Der Verkehrsablauf wird mit dem Programm *VISSIM 11* der Firma *PTV* simuliert. *VISSIM 11* liefert dabei einen realistischen und detaillierten Überblick über das Verkehrsgeschehen auf mikroskopischer Ebene. Auswirkungen auf Veränderungen im Netz können damit schnell erkannt und bewertet werden. Dabei ist es möglich selbst komplexe Kreuzungen detailliert abzubilden. Die Firma *PTV* selbst blickt im Bereich Verkehr auf über 40 Jahre Erfahrung zurück.⁶

3.2 Streckenmodellierung

3.2.1 Grundlagen

Der Streckenmodellierung fällt bei der Simulation des Verkehrsablaufs die größte Bedeutung zu. Dabei ist elementar wichtig, die vorhandenen Ausprägungen der Strecke detailliert und wirklichkeitsnah darzustellen. Darunter fallen nicht nur die Anzahl der Fahrstreifen, sondern auch der Langsamfahrbereich - beispielsweise in Kreisverkehren oder Abbiegebereichen – oder Geschwindigkeitsgebote sowie Geschwindigkeitsvorgaben. Zusätzlich sind Vorfahrtsregelungen und Abbiegebeziehungen darzustellen.

Routenentscheidungen wie Fahrstreifenwechsel können sich an der vorhandenen wegweisenden Beschilderung orientieren. Dies muss im weiteren Verlauf der Ausarbeitung jedoch ständig überprüft werden.

Das Ziel ist es, nach Einspeisung der Zuläufe einen realitätsnahen Verkehrsablauf zu gewährleisten.

3.2.2 Analyse-Netz

Die Streckenmodellierung des Analyse-Netzes wurde anhand der Bing-Hintergrundbilder der Software *VISSIM 11* erstellt. Da das Alter der Hintergrundbilder jedoch nicht bekannt ist, sind die Ausführungen jederzeit mit den Videos der Ortsbefahrung verglichen worden.

Aus diesen Informationen lassen sich Details wie Länge, Breite, Lage und Länge der Fahrstreifen, inklusive derer zulässigen Höchstgeschwindigkeiten und anderer Ge- und Verbote modellieren. Zusätzlich werden folgende Punkte den verschiedenen Strecken zugeordnet:

- Einspeisepunkte für simulierte Fahrzeuge
- Routenentscheidungen
- Wunsch- / Höchstgeschwindigkeiten

⁶ www.ptvgroup.com

- Langsamfahrbereiche
- Vorfahrtsregelungen
- Lichtsignalanlagen

Die in der Simulation als Wunschgeschwindigkeiten hinterlegten Informationen sind die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten auf den realen Straßen. Diese werden durch Verkehrszeichen angeordnet, oder sind durch die Straßencharakteristik vorgegeben (bspw. Innerorts $v_{zul} = 50 \text{ km/h}$).

Das entstandene Analyse-Netz ist in **Abbildung 9** zu sehen. Im Westen beginnt das Netz an der Schnettkerbrücke, im Westen an der Anschlussstelle Dortmund – Aplerbeck / Brackel.

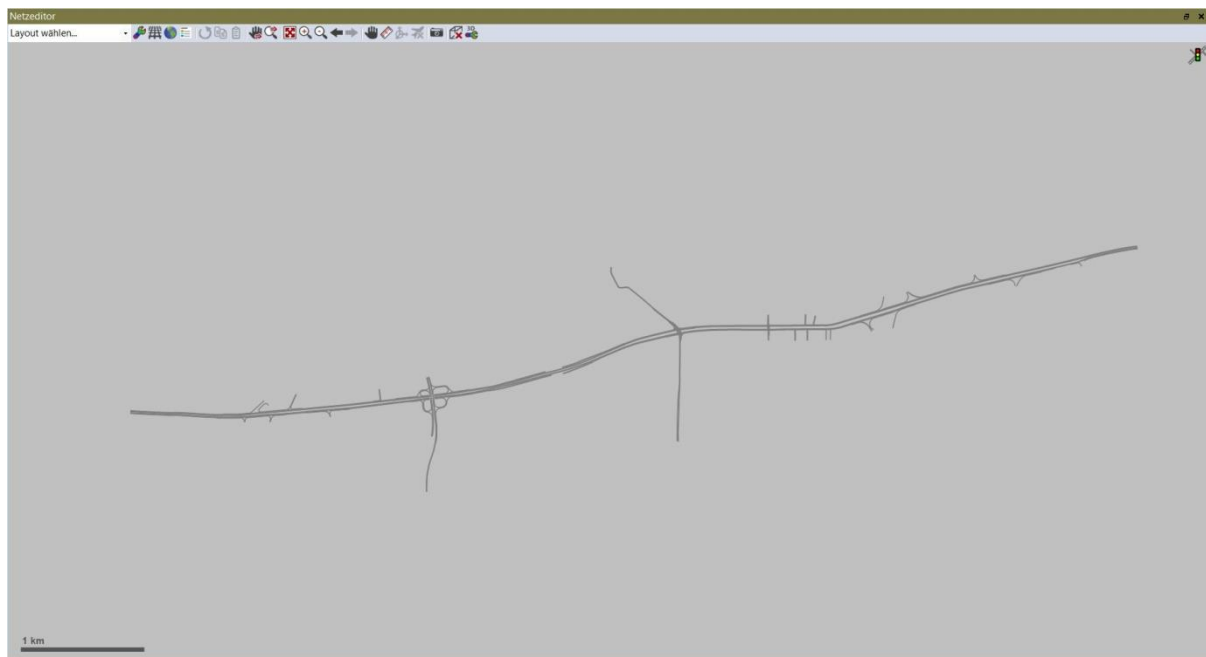


Abbildung 9: Überblick Analysenet (ohne Hintergrundkarte, genordet) [Quelle: Darstellung aus VISSIM]

3.2.3 Planfall 1

Der Planfall 1 basiert auf dem Analyse-Netz. Dabei ist jedoch die Verkehrsführung des Knotenpunkts Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) auf Grundlage der Bachelorarbeit von Lukas Sundermann verändert (Vergleiche **Abbildung 10**): Die Semerteichstraße verschwenkt auf Höhe des Hauptzollamts (Gelb 1) nach Osten und mündet in einen Kreisverkehr mit einem Durchmesser von 30 Metern und einer Bahnweite von 8 Metern (Rot 1). Der Linksabbiegerstreifen der B1 in Fahrtrichtung Osten wird ausschließlich für Geradeausfahrer freigegeben. Dafür wird der rechte Fahrstreifen der B1 als Rechtsabbiegerstreifen genutzt, auf den auch die Linksabbieger geführt werden (Gelb 2). Dies ist notwendig um die Verkehrsteilnehmer, die in die Voßkuhle abbiegen möchten, indirekt über die B1 zu führen. Der Rechtsabbiegerstreifen biegt dann wie bisher auf die vorhandene Semerteichstraße Richtung Süden ab und schließt nach einer Linkskurve an

den eben beschriebenen Kreisverkehr an (Gelb 3). Vom Kreisverkehr führt der neue Teil der Semerteichstraße plangleich über die B1 (Gelb 4). Dieser Knotenpunkt ist mit einer Lichtsignalanlage geregelt (Gelb 5). Nordöstlich des Tyssenkrupp-Gebäudes schließt die neue Straße an einen Kreisverkehr (Rot 2). Dieser bildet den möglichen Anschluss zur nördlichen Semerteichstraße, die im Planfall 2 umgesetzt wird. Von diesem Kreisverkehr führt eine neue Straße (Gelb 6) zu einem weiteren Kreisverkehr auf der Voßkuhle (Rot 3). Die Voßkuhle wird so verändert, dass südlich des Kreisverkehrs lediglich ein rechtsabbiegen möglich ist (Gelb 7). Der Linksabbiegerstreifen der B1 in Fahrtrichtung West wird ebenfalls für den Geradeausverkehr freigegeben. Dafür wird der rechte Fahrstreifen für Rechtsabbieger und Linksabbieger, die auch hier indirekt geführt werden, geöffnet (Gelb 8).

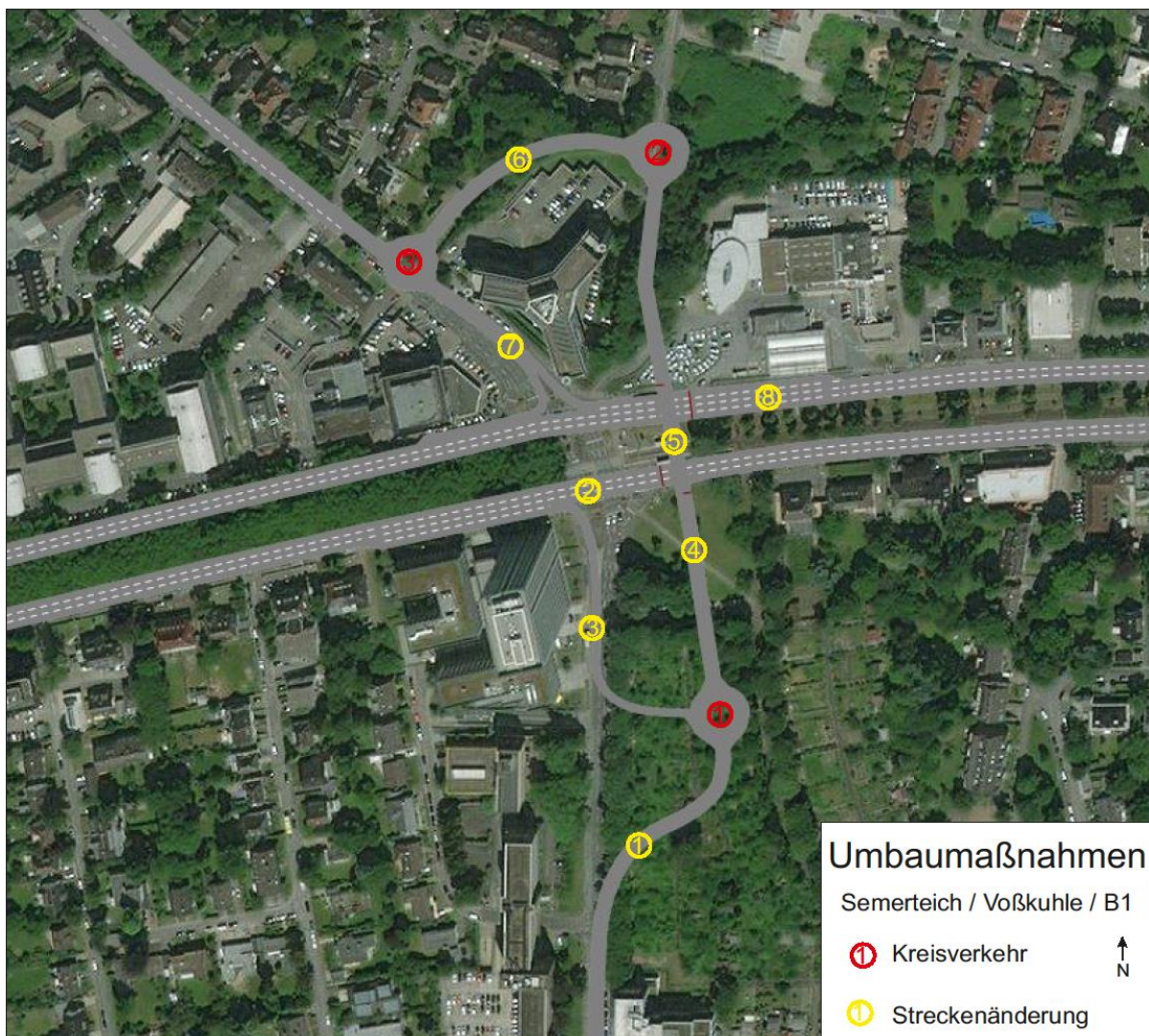


Abbildung 10: Umbaumaßnahmen am Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1)
[Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Umbaumaßnahmen-Semerteich.pdf]

Ziel des Umbaus ist es, die Leistungsfähigkeit des Knotenpunktes zu erhöhen. Dazu wird ein Abbiegen am Knotenpunkt unterbunden und nur ein indirektes Abbiegen zugelassen. Dies

hat zum Vorteil, dass lediglich zwei Phasen für die Lichtsignalanlage geschaltet werden müssen.

Für die Lichtsignalanlage muss im Falle eines Ausfalls bzw. einer Wartung eine vorfahrtsregelnde Beschilderung angebracht werden. Dafür wird an den Masten der Lichtsignalanlagen an der B1 das Verkehrszeichen VZ 306 „Vorfahrtstraße“ angebracht. An den Masten der Lichtsignalanlagen der Nord-Süd-Verbindung wird das Verkehrszeichen VZ 206 „Halt! Vorfahrt gewähren“ angebracht. Zusätzlich wird dieses Verkehrszeichen für die kreuzenden Fahrzeuge zwischen den beiden Richtungsfahrbahnen der B1 angebracht.

Nachteil dieses Umbaus ist, dass manche Fahrzeuge größere Umwege in Kauf nehmen müssen. Insbesondere die Linksabbieger, die alle indirekt geleitet werden, müssen einer veränderten Verkehrsführung folgen (Siehe **Abbildung 11**).

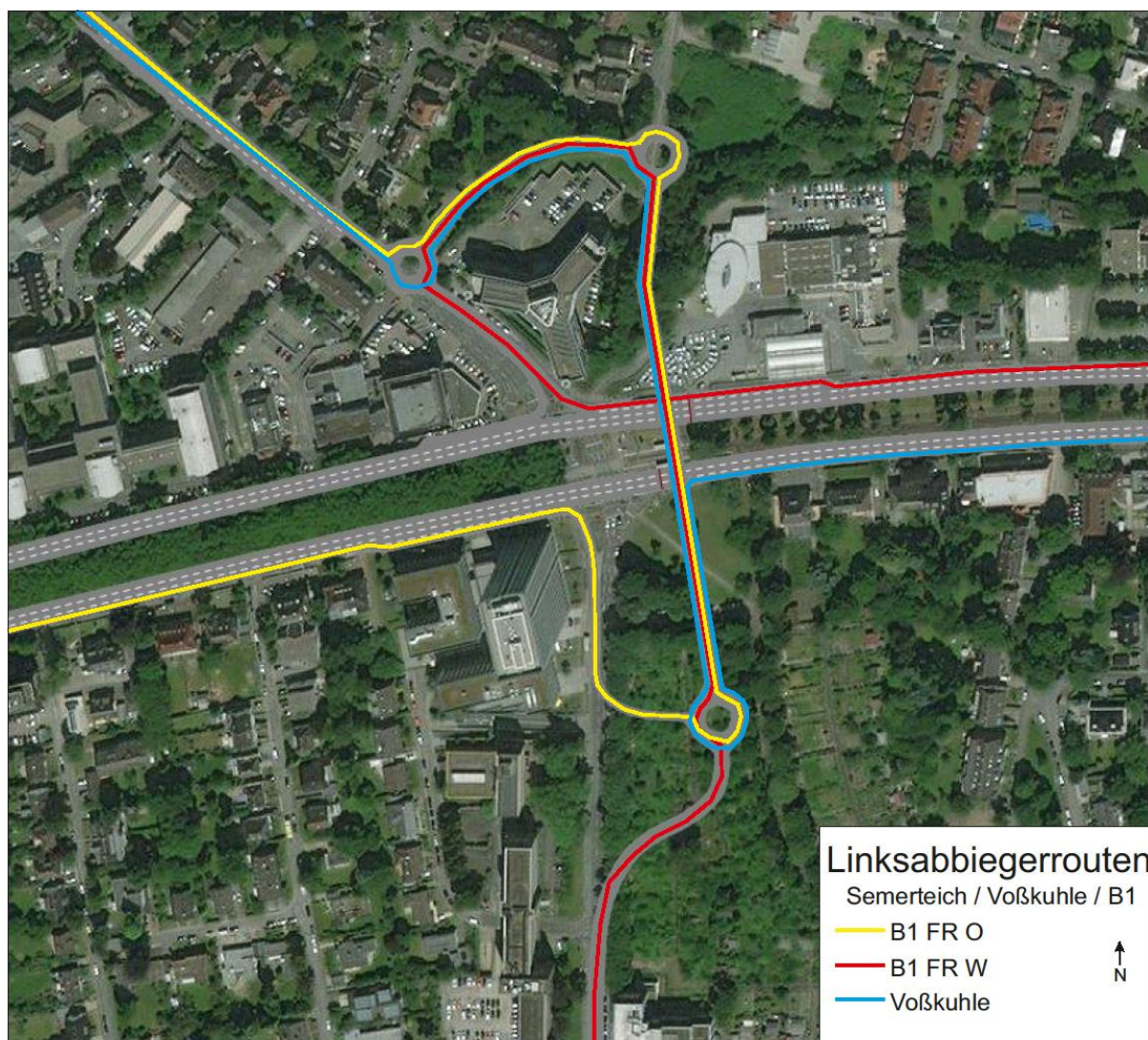


Abbildung 11: Linksabbieger Routen nach dem Umbau des Knotenpunkts [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung Anhang - Umbau-Linksabbieger-Semerteich.pdf]

Eine weitere Maßnahme zur Verbesserung des Verkehrsflusses ist die Anpassung des Signalprogramms der Lübkestraße. Dafür wird das Signalprogramm des Knotenpunktes Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) für die Lübkestraße zeitlich so versetzt, dass in der Morgenspitzenstunde eine Grüne Welle in Fahrtrichtung West und in der Abendspitzenstunde eine Grüne Welle in Fahrtrichtung Osten entsteht. Somit können Fahrzeuge am Morgen nach der Lübkestraße ohne einen weiteren Halt an der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) bzw. abends ohne Halt an der Lübkestraße die B1 befahren. Die Unterscheidung zwischen der Richtung der Grünen Welle in der Morgen- und Abendspitzenstunde ist deswegen wichtig, da die höhere Verkehrsbelastung am Morgen stadteinwärts festzustellen ist, während am Abend mehr Fahrzeuge stadtauswärts fahren.

Diese Maßnahme wird in den weiteren Planfällen ebenfalls umgesetzt.

Die Umbaumaßnahme ist in **Abbildung 12** dargestellt.



Abbildung 12: Umbau Voßkuhle / Semerteichstraße [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Umbau-Semerteich.pdf]

3.2.4 Planfall 2

Planfall 2 basiert auf Planfall 1. Dabei werden jedoch verschiedene Umbaumaßnahmen miteinander kombiniert.

3.2.4.1 Pförtner B236

Der Pförtner auf Höhe der Bundesstraße B236 wurde schon in der Bachelorarbeit von Lukas Sundermann beschrieben. Dabei wird auf der B1 stadteinwärts die Verkehrsführung so geändert, dass ein künstlicher Engpass entsteht, siehe **Abbildung 13**. Dafür wird der Bereich der Ausfahrt baulich verändert, sodass nicht wie bisher eine Ausfahrtspur auf die B236 und drei Spuren in die Stadt führen, sondern zwei Spuren für die Ausfahrt zur B236 und zwei Spuren in die Stadt zur Verfügung stehen. Ziel dieses Umbaus ist es, dass weniger Fahrzeuge die B1 als Transit- oder Zubringerstrecke nutzen, sondern mehr Fahrzeuge über die B236 ausweichen und den Dortmunder Ring nutzen. Damit soll die B1 im innenstädtischen Bereich entlastet werden.

Vorher:



Nachher:



Abbildung 13: Umbau Pförtner B236 [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Umbau-B236.jpg]

3.2.4.2 Pfortner B54

Der zweite Pfortner, der im Planfall 2 umgesetzt wird, liegt auf der B1, Fahrtrichtung Ost, im Bereich der B54. Im Gegensatz zu Sundermann, der den Pfortner auf Höhe der Wittekindstraße geplant hat, wird dieser Pfortner östlicher im Bereich der B54 liegen. Die Gründe der Änderung liegen am südlichen Rand der B1 im Bereich zwischen Wittekindstraße und B54. Dort liegt der Westfalenpark mit den Westfalenhallen und dem Westfalenstadion. Durch einen künstlichen Engpass westlich dieses Bereichs, würde im Falle einer Veranstaltung dort ein neues Nadelöhr geschaffen werden. Bei Konzerten diverser Künstler oder Pflichtspielen von Borussia Dortmund ist in diesem Bereich die dreispurige B1 schon überlastet. Bei einer Fahrstreifenreduktion wäre die Gefahr hoch, dass der Verkehr gänzlich zusammenbricht (Vergleiche **Abbildung 14**).

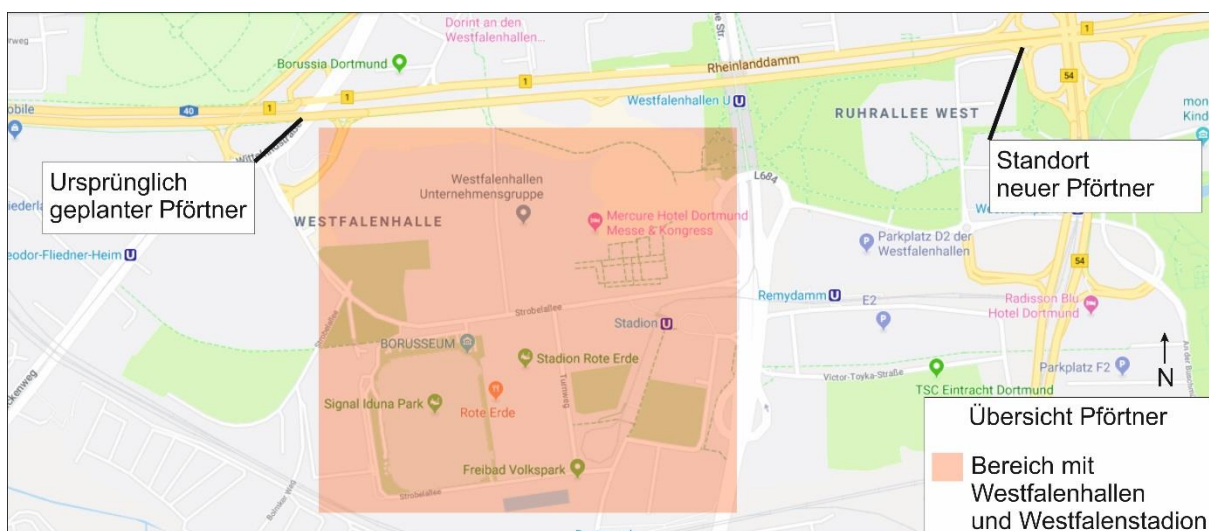


Abbildung 14: Übersicht Pfortner [Quelle: Google-Maps, Eigene Darstellung – Anhang: Übersicht Pfortner.jpg]

Aus diesem Grund wird der Pfortner erst hinter den Westfalenhallen im Bereich der B54 geplant. Wie beim Pfortner an der B236 wird auch hier die 3+1 Verkehrsführung in eine 2+2 Verkehrsführung geändert. Somit stehen lediglich zwei Fahrstreifen für den Verkehr auf die innenstädtische B1 zur Verfügung, jedoch führen zwei Fahrstreifen an Stelle von Einem auf die B54 in Richtung Süden, sodass der Dortmunder Ring genutzt werden kann (vergleiche **Abbildung 15**). Ziel ist es auch hier, den Verkehr auf den Dortmunder Ring zu verteilen und weniger Verkehr auf die innenstädtische B1 zu lassen.

Vorher:



Nachher:



Abbildung 15: Umbau Pförtner B54 [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Umbau-B54.jpg]

3.2.4.3 Umbau Max-Eyth-Straße

Bisher ist die Max-Eyth-Straße südlich der B1 zweigeteilt: Westlich der Fußgängerbrücke führt die Straße einspurig in das südliche Wohngebiet, östlich der Fußgängerbrücke führt die Max-Eyth-Straße einspurig auf die B1. Nördlich der B1 führt die Max-Eyth-Straße östlich der B1 in eine Sackgasse. Der Umbau sieht nun eine zweispurige Straße vor, die östlich der Fußgängerbrücke führen soll, vergleiche **Abbildung 16**. Der Platz ist für die Verbreiterung der Straße vorhanden, da im östlichen Bereich ein Parkstreifen zugunsten eines Fahrstreifens eliminiert werden kann.

Verkehrstechnisch wird das Signalprogramm der Max-Eyth-Straße, so wie das der Lübkestraße, dem des Knotenpunktes Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) angepasst. Ziel ist es auch hier, dass durch eine Zeitversetzung des Signalprogramms eine Grüne Welle entsteht. So können die Fahrzeuge ohne einen zusätzlichen Halt an einer LSA die B1 stadteinwärts befahren. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch die Haltezeiten an dieser LSA und durch die Eliminierung von Pulks im Verlauf der B1 zwischen Max-Eyth-Straße und

Lübkestraße größere Zeitlücken für die Zuflüsse der Detmar-Mühler-Straße und Frensdorffstraße in Fahrtrichtung West entstehen. Dadurch wird den Anwohnern das Einfahren auf die B1 erleichtert, wodurch sich in diesem Bereich das Risiko von Beschwerden und eventuell geforderten Umbaumaßnahmen (Bsp. Beschleunigungsstreifen) verringert wird. Die Anpassung des Signalprogramms wird auch in den weiteren Planfällen gemacht. Die vorfahrtsregelnde Beschilderung, die im Falle eines Ausfalls oder einer Wartung wichtig ist, wird der der Lübkestraße angepasst.

Da die LSA der Max-Eyth-Straße stadteinwärts hinter einer leichten Rechtskurve liegt und eventuell nicht früh genug erkannt werden könnte, ist es sinnvoll im Vorfeld das Verkehrszeichen 131 „Achtung Lichtsignalanlage“ aufzustellen. Darüber hinaus ist es wichtig, dass die zulässige Höchstgeschwindigkeit eingehalten wird und Fahrzeuge mit zu hoher Geschwindigkeit von der LSA nicht überrascht werden. Die Installation einer stationären Geschwindigkeitsüberwachung ist daher sinnvoll.

Vorher:



Nachher:



Abbildung 16: Umbau Max-Eyth-Straße [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Umbau-Max-Eyth-Str.jpg]

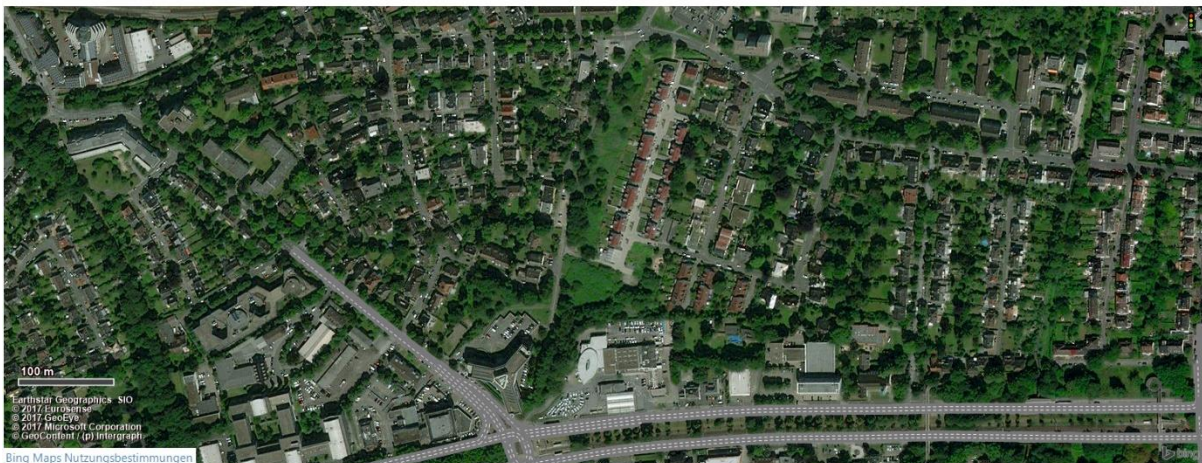
3.2.5 Planfall 3

Der Planfall 3 sieht den Anschluss der nördlichen Semerteichstraße vor.

3.2.5.1 Anschluss nördliche Semerteichstraße

Schon seit langem möchte die Stadt Dortmund den nördlichen Teil der Semerteichstraße an den Knotenpunkt Semerteichstraße / Voßkuhle / Westfalendamm (B1) anschließen. Bisher ist das südlichste Stück des Nord-Teils als Stichstraße ausgebaut. Dieses soll jedoch bis zum nördlichen Kreisverkehr als Planfall 1 als zweispurige Straße ausgebaut werden, vergleiche **Abbildung 17**. Somit erhält die Stadt Dortmund eine zusätzliche durchgehende Nord-Süd-Achse, die den Stadteingangs- und Ausgangsverkehr in der Voßkuhle entlasten kann.

Vorher:



Nachher:

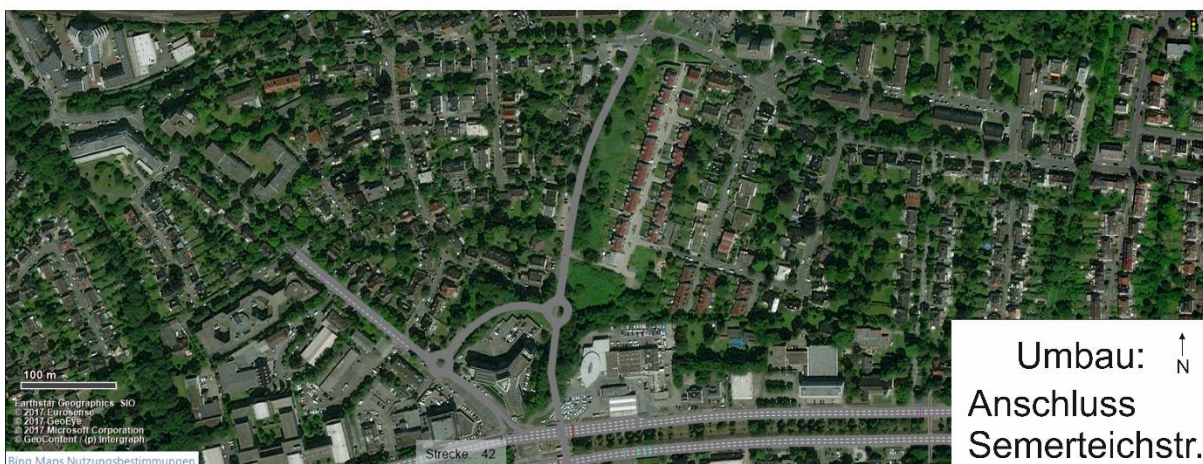


Abbildung 17: Anschluss Semerteichstraße - Im Vergleich zum Analysefall [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Anschluss Semerteichstraße.jpg]

3.3 Fahrzeugklassen und –typen

In der vorliegenden Verkehrsflusssimulation wird der Verkehr in zwei Klassen unterschieden. Dabei orientieren sich die Klassen an den Verkehrszählungen und den sich ergebenden Ergebnissen. Deshalb wird in dieser Simulation lediglich zwischen Leichtverkehr (LV) und Schwerverkehr (SV) unterschieden. Des Weiteren erleichtert diese Unterscheidung den Qualitätsnachweis nach HBS. Generell ist es möglich, weitere Fahrzeugklassen und –typen anzulegen. Dies ist im Einzelfall sehr sinnvoll, übersteigt jedoch in dieser Simulation die Anforderungen.

3.4 Verkehrseinspeisung

Der Zufluss erfolgt in der Simulation poisson-verteilt. Das bedeutet, dass die Fahrzeuge nicht in gleichmäßigen Abständen eingespeist werden, sondern der Abstand unterliegt einer Wahrscheinlichkeit, die abhängig ist von Zuflussmenge und Fahrgeschwindigkeit.

Darüber hinaus erfolgt die Einspeisung der beiden Fahrzeugtypen LV und SV ebenfalls zufallsverteilt. Einzige Einschränkung ist jedoch, dass die Zuflussmenge jedes Typen für die Spitzenstunde exakt eingehalten wird.

Um die Spitzenstunde möglichst genau simulieren zu können, ist ein Vorlauf von einer Stunde vorgeschaltet. Dadurch wird sichergestellt, dass zu Beginn der Spitzenstunde die Fahrzeuge nicht in ein leeres Netz einfahren, sondern die Situation der Wirklichkeit entspricht. Analog dazu wird auch nach der Simulation der Spitzenstunde ein einstündiger Nachlauf simuliert, der dazu dient aufgetretene Verkehrsstörungen zu betrachten.

3.5 Wunschgeschwindigkeiten

Die Wunschgeschwindigkeiten werden in der Simulation so hinterlegt, wie sie durch die Befahrung analysierten zulässigen Höchstgeschwindigkeiten im Netz vorgegeben werden. Darüber hinaus werden auf Rampen, Kreisverkehren oder Abbiegestreifen Langsamfahrbereiche so hinterlegt, dass sie sich mit den durch die Befahrung ermittelten Höchstgeschwindigkeiten decken.

Die Simulation soll sich den gefahrenen Geschwindigkeiten annähern. Aus diesem Grund wird die gefahrene Geschwindigkeit eines Fahrzeugs um die Wunschgeschwindigkeit zufallsverteilt. Das bedeutet beispielsweise, dass bei einer Wunschgeschwindigkeit von 50 km/h ein Fahrzeug eine zufällige Geschwindigkeit von 48 km/h bis 58 km/h annehmen kann, vergleiche **Abbildung 18**. Diese Verteilung wird in *VISSIM* standardmäßig hinterlegt.

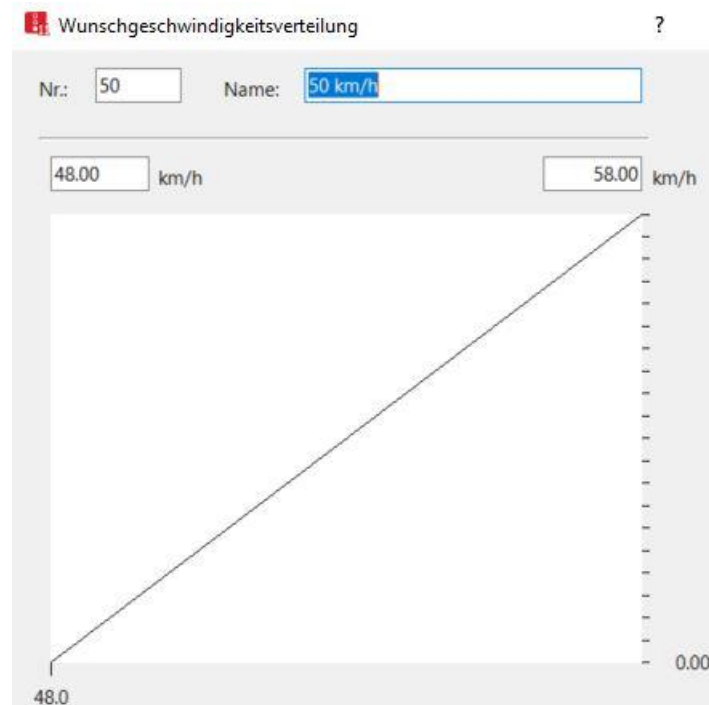


Abbildung 18: Verteilung der Wunschgeschwindigkeit 50 km/h [Quelle: VISSIM]

3.6 Beurteilungskriterien für die Ergebnisse der Simulation

Die Beurteilung der Umbaumaßnahmen erfolgt über qualitative und quantitative Kriterien, die zu einem Gesamtergebnis zusammengefügt werden.

3.6.1 Qualitative Beurteilung

Die qualitative Beurteilung findet vor dem Bildschirm statt. Dabei ist darauf zu achten, dass der Verkehrsablauf den Beobachtungen während der Befahrung nahekommt. Falsche Fahrbeziehungen, Netzattribute oder Geschwindigkeiten sollen so eliminiert werden, dass ein realistisches Bild der Realität in der Simulation entsteht.

Darüber hinaus findet bei diesem Schritt eine Plausibilisierung statt. Das Augenmerk liegt insbesondere auf den Verhaltensweisen der verschiedenen Fahrzeuggruppen. Es ist beispielsweise nicht realistisch, wenn LKW andere Verkehrsteilnehmer überholen. Diese Fehlverhalten müssen unterbunden werden, damit es zu keinem systematischen Fehler kommen kann.

Schon in diesem Schritt können kritische Punkte im simulierten Netz identifiziert werden. In den weiteren Simulationen kann dann auf diese Bereiche besonders geachtet werden.

3.6.2 Quantitative Beurteilung

Die quantitative Beurteilung stützt sich auf die von *VISSIM* gemessenen Werte während der Simulation. Dazu zählen Geschwindigkeiten, Rückstaulängen, Reisezeiten oder querschnittbezogene Verkehrsstärken.

3.7 Kalibrierung anhand von Belastungen und Rückstaulängen

Für die Kalibrierung stehen verschiedene Methoden in den „Hinweisen zur mikroskopischen Verkehrsflusssimulation“ der FGSV zur Verfügung. Allerdings ist es in der vorliegenden Simulation nicht möglich alle Möglichkeiten anzuwenden, da in vielen Bereichen keine Verkehrswerte bekannt sind. Zählraten sind lediglich an drei Knotenpunkten bekannt.

Die Kalibrierung für das aufgebaute Netz findet für die Morgen- und Abendspitzenstunde statt. Dabei wird in erster Linie der Verlauf des Rückstaus nachgebildet. Dieser ist in Kapitel 2.3.2 Rückstauanalyse genauer beschrieben worden. Dabei wurden die Simulationsergebnisse visuell mit den Ergebnissen der Rückstauanalyse abgeglichen. Die Erkenntnisse und Rückschlüsse aus den Vergleichen wurden für weitere Anpassungen an die Simulation genutzt.

3.8 Öffentlicher Personennahverkehr

Im Bereich des Simulationsgebiets befinden sich mehrere ÖPNV-Linien und –Haltestellen. Diese werden jedoch in der Simulation nicht betrachtet. Dennoch können folgende Ergebnisse festgehalten werden:

3.8.1 Bus

Im Bereich des zu untersuchenden Knotenpunkts verkehrt lediglich die Buslinie 456. Diese fährt in Nord-Süd-Richtung über die Semerteichstraße und die Voßkuhle. Zwei Haltestellen stehen den Fahrgästen in unmittelbarer Umgebung zum Knotenpunkt zur Verfügung: Im Süden die Haltestelle Voßkuhle U und im Norden die Haltestelle Gerhart-Hauptmann-Str. (Vergleiche **Abbildung 19**).

Die Haltestelle Gerhart-Hauptmann-Str. muss durch den Umbau des Knotenpunkts in den Planfällen nicht verschoben werden und kann an seinem aktuellen Standort bestehen bleiben. Die Bus-Haltestelle Voßkuhle U muss in Fahrtrichtung Norden der veränderten Straßenführung angepasst werden. In Fahrtrichtung Süden kann die Haltestelle an ihrem bestehenden Standort bleiben (Vergleiche **Abbildung 20**). Die neue Haltestelle der Buslinie 456 in Fahrtrichtung Nord wird dabei idealerweise als Busbucht geplant, da so der Verkehrsfluss des übrigen Verkehrs nicht gestört wird.

Durch einen verbesserten Verkehrsfluss kann die Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit der Buslinie verbessert werden. Somit erreicht der Umbau des Knotenpunkts eine Erhöhung der

ÖPNV-Attraktivität. Gleichzeitig verringert eine Verlagerung der Fahrten vom Pkw auf den ÖPNV die Verkehrsbelastung und verbessert den Verkehrsfluss.



Abbildung 19: Ausschnitt aus dem Liniennetzplan der Dortmunder Stadtwerke (genordet) [Quelle: www.bus-und-bahn.de; Eigene Bearbeitung - Anhang: Liniennetzplan.jpg]

3.8.1 U-Bahn

Die U-Bahn verkehrt im Untersuchungsgebiet ab der Märkischen Straße in Richtung Osten zwischen den beiden Richtungsfahrbahnen im Mittelstreifen. Am Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) muss die U-Bahn den Kreuzungsbereich mit der vorhandenen LSA queren. Um die Querung zu sichern, wird das Signalprogramm verändert. Dadurch verändert sich der Rhythmus und die Länge der Freigabezeiten. Das führt zu einer Verringerung der Verkehrskapazität, da während der Freigabezeit für den ÖPNV nur der Geradeaus- und Rechtsabbiegeverkehr der B1 fließen kann und die Linksabbieger der B1 sowie die Fahrzeuge auf der Semerteichstraße und Voßkuhle eine Sperrzeit erhalten.

Mit dem Umbau des Knotenpunktes und der Implementierung einer Zwei-Phasen-Steuerung kann die U-Bahn immer im Schatten der Freigabezeit der B1 fahren. Die Wartezeit an der LSA wird für alle Verkehrsteilnehmer nicht mehr erhöht, da die vorhandene Freigabezeit für die sichere Befahrung des Kreuzungsbereichs ausreichend ist. Dadurch wird der Verkehrsfluss nicht mehr gestört und die Kapazität erhöht.

Die U-Bahn-Haltestelle Voßkuhle muss jedoch versetzt werden. Da die neue Nord-Süd-Verbindung genau über die vorhandene U-Bahn-Haltestelle geplant wird, muss die Haltestelle in Richtung Osten versetzt werden (Vergleiche **Abbildung 20**). Um Fußgänger und Radfahrer, die zur Haltestellen gelangen möchten, zu schützen, ist eine lichtsignalgesteuerte Querungshilfe an der geplanten LSA zu installieren.



Abbildung 20: Haltestellen in Bereich des Knotenpunkts Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) [Quelle: VISSIM; Eigene Darstellung – Anhang: Haltestellen.jpg]

4. Ergebnisse der Simulationen

4.1 Ergebnisse der Simulationen

4.1.1 Anzahl der Simulationsläufe

Ein einzelner Simulationslauf kann völlig falsche Ergebnisse liefern. Daher ist es wichtig, eine genügend große Anzahl an Simulationsläufe durchzuführen. Dadurch kann beispielsweise über die Streuung des Simulationsergebnisses eine Aussage getroffen werden. Auf Seite 23 in den *Hinweisen zur mikroskopischen Verkehrsflusssimulation* wird dafür Folgendes angegeben:

Zunächst muss mit einer kleinen Anzahl an Simulationsläufen mit unterschiedlichen Startzufallszahlen eine Standardabweichung berechnet werden. Dazu werden fünf Simulationsläufe der Morgenspitzenstunde durchgeführt, bei der jeweils die Reisezeit von der B236 bis zur Schnettkerbrücke analysiert wird. Die Ergebnisse sind in der folgenden **Tabelle 4** dargestellt:

Simulationslauf	1	2	3	4	5
Startzufallszahl	42	10	20	30	50
Reisezeit [s]	603,34	601,06	610,72	615,66	600,99

Tabelle 4: Ergebnisse zur Ermittlung der Standardabweichung [Quelle: Eigene Simulationen]

Um die Standardabweichung zu berechnen, ist folgende Formel für die Ergebnisse anzuwenden:

$$s^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Dabei ist n die Anzahl der Simulationsläufe, \bar{x} der Mittelwert der Reisezeit-Simulationsergebnisse und x_i der Reisezeit-Wert des jeweiligen Simulationslaufs. Daraus wird die Varianz s^2 berechnet, die dann durch Ziehen der Wurzel die Standardabweichung ergibt.

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{1}{5} * (603,34 + 601,06 + 610,72 + 615,66 + 600,99) = 606,35 \\ s^2 &= \frac{(603,34 - 606,35)^2 + (601,06 - 606,35)^2 + (610,72 - 606,35)^2 + (615,66 - 606,35)^2 + (600,99 - 606,35)^2}{5 - 1} \\ &= \frac{9,06 + 27,98 + 19,10 + 86,68 + 28,73}{4} = 42,89 \end{aligned}$$

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{42,89} = 6,56$$

Die Standardabweichung beträgt 6,56.

Das Konfidenzniveau beträgt Standartmäßig 95%. Das bedeutet beispielsweise, dass zu 95% der Mittelwert der Kenngröße in einem bestimmten Konfidenzintervall liegt. Das Konfidenzintervall wird auf $3\% \pm$ des Mittelwerts gesetzt, beträgt also 24,25.

Somit können die Simulationsläufe folgendermaßen berechnet werden. C steht dabei für das gewünschte Konfidenzintervall.

$$n \geq \frac{t(\alpha, n - 1)^2 * s^2}{C^2} = \frac{2,132^2 * 42,89}{24,25} = 8,04$$

Somit sind mindestens 8,04 Simulationsläufe nötig. Im weiteren Verlauf werden für die quantitativen Ergebnisse 10 Simulationsdurchgänge durchgeführt und deren Mittelwert ausgewertet.

4.1.2 Videos der Simulationsläufe

Für die Auswertung werden in der Morgen- und Abendspitzenstunde für den Analyse-Fall und die Planfälle Videos der Simulation aufgenommen. Diese werden, um eine Vergleichbarkeit herzustellen, immer aus der gleichen Perspektive aufgenommen. Die Länge der Videos beträgt immer 20 Minuten, wobei immer die mittleren 20 Minuten der jeweiligen Spitzenstunde aufgezeichnet werden. Insgesamt werden bei jeder Simulation 14 Videos gleichzeitig aufgenommen. Diese zeigen folgende Ausschnitte:

1. Übersicht Voßkuhle / Semerteichstraße
2. Übersicht Untersuchungsgebiet
3. Übersicht Rückstau West
4. Übersicht Rückstau Ost
5. Übersicht Nord-Teil
6. Übersicht Süd-Teil
7. Rückstau Ost
8. Rückstau West
9. Kritischer Punkt 1
10. Kritischer Punkt 2
11. Kritischer Punkt 3
12. Kritischer Punkt 4
13. Kritischer Punkt 5
14. Kritischer Punkt 6

Die kritischen Punkte – was sie sind und was sie darstellen - werden in Kapitel 4.1.4.1 beschrieben.

Die Videos werden jeweils ohne Hintergrundkarte aufgezeichnet.

4.1.3 Quantitative Ergebnisse

Folgende Daten, die VISSIM in den Simulationen misst, werden zur Beurteilung herangezogen. Alle Messungen werden in der Spitzenstunde durchgeführt.

4.1.3.1 Fahrzeugreisezeit

Das erste Kriterium ist die Fahrzeugreisezeit. Dabei misst VISSIM die Zeit in Sekunden, die ein Fahrzeug braucht um die Strecke zwischen zwei definierten Punkten zurückzulegen. Folgende Strecken wurden zur Untersuchung des Analyse-Netzes und der Planfälle definiert (Vergleiche Nummern mit **Abbildung 21**):

1. Schnettkerbrücke bis B236
2. B236 bis Schnettkerbrücke
3. Semerteichstraße bis Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1)
4. B236 bis Lübkestraße
5. Lübkestraße bis Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1)
6. Gabelung B1 / Märkische Straße bis Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1)
7. Voßkuhle nördlich der Bahnunterführung bis zum Rechtsabbieger auf die B1



Abbildung 21: Strecken der Fahrzeugreisezeit [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung Anhang: Fahrzeugreisezeitstrecken.jpg]

Dabei ist es nicht nur wichtig zu wissen, wie lange ein Fahrzeug auf der Gesamtstrecke gebraucht hat, sondern auch auf einzelnen Teilabschnitten.

Aus der Fahrzeugreisezeit und den Streckenlängen kann über die Formel

$$\frac{\text{Distanz [m]}}{\text{Reisezeitmessung [s]}} * \text{Umrechnungsfaktor} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ zu } \frac{\text{km}}{\text{h}} \right)$$

die durchschnittliche Geschwindigkeit auf den Strecken berechnet werden.

Des Weiteren kann eine Fahrzeugreisezeit-Verteilung von VISSIM ausgegeben werden. Dies zeigt, ob die Reisezeiten weit streuen, und damit große Unterschiede zwischen den

Reisezeiten der einzelnen Fahrzeuge vorhanden sind, oder ob die Reisezeiten der Fahrzeuge alle ähnlich lang sind.

Darüber hinaus kann die Standardabweichung des Mittelwertes der Simulationsläufe eine Aussage darüber treffen, wie groß die Abweichung der Reisezeiten in den Simulationsläufen ist. Ist die Standardabweichung sehr klein, schwankt die durchschnittliche Reisezeit sehr wenig. Der Verkehrsfluss der einzelnen Simulationsläufe ist, bezogen auf die Reisezeit mit der geringen Standardabweichung, sehr homogen.

4.1.3.2 Verkehrsbelastungen

Die Verkehrsbelastung wird in Kfz gemessen. An definierten Querschnitten kann VISSIM zählen, wie viele Fahrzeuge den Querschnitt überfahren. Daraus kann die Verkehrsbelastung abgelesen werden. Zur Beurteilung der Verkehrsbelastung, insbesondere um die Planfälle zu bewerten, sind folgende, in **Abbildung 22** dargestellte, Messquerschnitte relevant:



Abbildung 22: Relevante Messquerschnitte [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Messquerschnitte.jpg]

Diese Querschnitte sind besonders wesentlich für die Bewertung der Planfälle, da sie die Verkehrsbelastungen am zu untersuchenden Knotenpunkt darstellen. Zusätzliche Messquerschnitte sind im Simulationsnetz vorhanden um eine genauere Kalibrierung vorzunehmen.

Da in den Planfällen die Verkehrsführung an diesem Knotenpunkt wesentlich geändert wird, werden die Messquerschnitte dementsprechend mit angepasst. Dies sichert eine Vergleichbarkeit der Daten.

4.1.3.3 Belegungsgrad

Der Belegungsgrad wird an den in 4.1.3.2 beschriebenen Messquerschnitten gemessen und in Prozent angegeben. Dabei gibt der Wert des Belegungsgrades an, wie hoch der Anteil ist, bei dem ein Fahrzeug über dem Messquerschnitt stand / fuhr. Hohe Belegungsgrade weisen darauf hin, dass ein Stau vorhanden ist oder die Fahrzeuge sehr langsam über den MQ fahren. Geringe Belegungsgrade weisen auf eine geringe Verkehrsstärke und / oder fließenden Verkehr hin.

In der Simulation sind die Belegungsgrade wichtig, da sie angeben wie überstaut ein Messquerschnitt war. Sinken im Planfall die Belegungsgrade, ist dies ein Hinweis auf einen besser fließenden Verkehr.

4.1.3.4 Verlustzeit

Die Verlustzeit ist die Differenz der durch die Reisezeiten gemessenen Fahrzeit zwischen zwei Punkten und der theoretischen Fahrzeit. Die theoretische Fahrzeit ist die Fahrzeit die sich ergibt, wenn es weder andere Verkehrsteilnehmer, noch Lichtsignalanlagen oder andere Gründe für einen Halt geben würde.

Ist der Wert für die Verlustzeit sehr gering, so ist dieser Abschnitt sehr positiv zu bewerten. Bewertungsgrößen sind in der HBS zu finden (Siehe **Abbildung 23**).

QSV	Kfz-Verkehr mittlere Wartezeit t_w [s]	ÖPNV auf Sonderfahrstreifen ¹⁾ mittlere Wartezeit t_w [s]	Fußgänger- und Radverkehr ²⁾ maximale Wartezeit $t_{w,max}$ [s]
A	≤ 20	≤ 5	≤ 30
B	≤ 35	≤ 15	≤ 40
C	≤ 50	≤ 25	≤ 55
D	≤ 70	≤ 40	≤ 70
E	> 70	≤ 60	≤ 85
F	- ³⁾	> 60	> 85 ⁴⁾

Abbildung 23: QSV-Qualitätsstufen nach HBS [Quelle: HBS]

In der Simulation werden die Verlustwerte für die Strecken der Reisezeitmessungen errechnet.

4.1.4 Analyse-Netz

Die Verkehre aus den Zählergebnissen für die Morgen- und Abendspitzenstunde werden in das Analysenetz eingespeist (siehe Anlage A).

Viele Verkehrsstärken der Zubringerstraßen zur und weg von der B1 sind unbekannt. Aus diesem Grund wurden niedrige Verkehrszahlen für diese Strecken geschätzt. Auch die Routenentscheidungen können jeweils erst kurz vor den Ausfahrten gesetzt werden, was zu Problemen geführt hat. Die Routenentscheidung der Abfahrt B1 / B236 wird so angepasst, dass sie dem Verhältnis des bekannten und baulich ähnlichen Knotenpunkt B1 / B54 entspricht.

In folgenden Abschnitten ist die Vorgehensweise bei der Simulierung des Knotenpunktes dokumentiert.

4.1.4.1 Morgenspitzenstunde

Nachdem die Verkehre aus den Zählergebnissen aus der Morgenspitzenstunde eingelesen wurden, war erkennbar, dass sich weder ein Rückstau, noch sonstige verkehrlichen Probleme im Simulationsmodell entstanden. Auch nach mehreren Simulationsläufen wurden keine Rückstaus, wie sie in der Realität vorherrschen, erkannt.

Daraus ist folgender Schluss zu ziehen: Die dokumentierten Verkehrsstärken sind während des Staus gezählt worden. Das bedeutet, dass die maximale Kapazität des Knotenpunktes Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) dokumentiert worden ist, jedoch unbekannt ist, wie viele Fahrzeuge wirklich den Knotenpunkt passieren möchten. Diese Zahl

ist deutlich höher. Aus diesem Grund bestand die Aufgabe zunächst darin, die Verkehrszahlen iterativ zu erhöhen, bis sich ein Zustand einstellt, der der Realität entspricht.

Durch die Erhöhung des Zuflusses im Westen und Osten der B1 fahren immer mehr Fahrzeuge in das vorhandene Netz. Ein kritischer Punkt in Fahrtrichtung Ost, der in der Simulation fehlerhaftes Fahrverhalten dargelegt hat, liegt dabei im Bereich zwischen den Knotenpunkten B1 / B54 und B1 / Abfahrt Märkische Straße. Durch die kurze und nicht verlängerbare Routenentscheidung im Vorfeld des Bereichs, fahren gemäß der Aufteilung B1 / Ausfahrt Märkische Straße ein Drittel der Fahrzeuge in die Ausfahrt zur Märkischen Straße. Da Routenentscheidungen jedoch querschnittsbezogen sind, ist es bei VISSIM nicht möglich Fahrtreifenbezogene Routen zu hinterlegen. Somit wollen auch ein Drittel der Fahrzeuge auf der linken Spur in die Ausfahrt zur Märkischen Straße fahren. Dadurch entstehen große Behinderungen im fließenden Verkehr, wodurch an dieser Stelle große Rückstaus Richtung Schnettkerbrücke und in den Knotenpunkt B1 / B54 entstehen, jedoch der Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) weitestgehend frei bleibt (Vergleiche **Abbildung 24**). Aus diesem Grund musste auch hier die Routenentscheidung deutlich zugunsten der B1 dahingehend verändert werden, dass mehr Fahrzeuge die B1 Richtung Osten befahren und weniger die Ausfahrt Märkische Straße nutzen wollen. Im Gegenzug wurde der Anteil der Fahrzeuge erhöht, die von der B54 direkt in die Märkische Straße ausfahren.

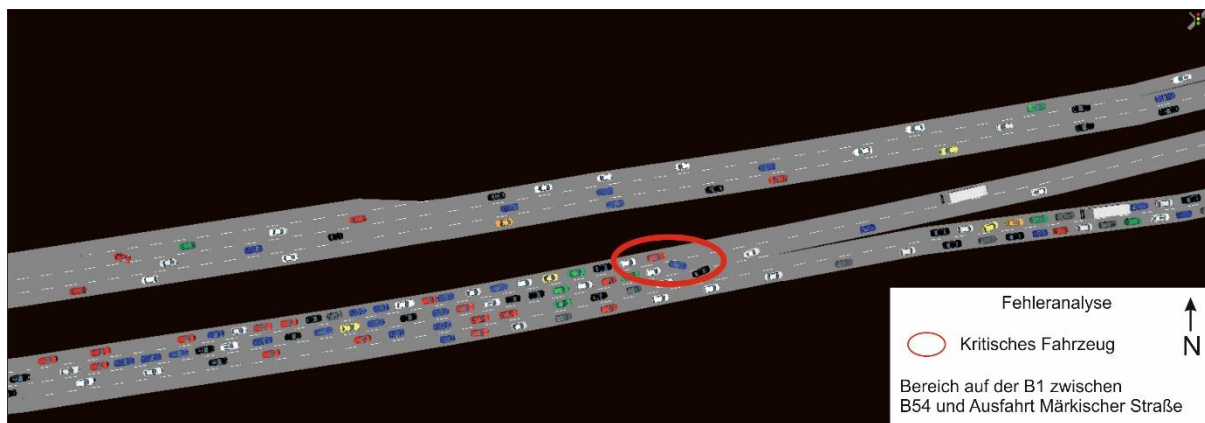


Abbildung 24: Kritisches Fahrzeug im Bereich der B1 zwischen B54 und Ausfahrt Märkischer Straße
[Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Fehleranalyse Märkische.jpg]

Durch den erhöhten Durchfluss zum Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) entstanden dort erste Rückstaus. Dennoch stellte sich der Rückstau nicht so ein, wie er während der Befahrung, der Vor-Ort-Beobachtungen und der Google-Maps-Analyse dokumentiert wurden. Auffällig war, dass im Gegensatz zur Realität der Anteil der Linksabbieger geringer war. Aus diesem Grund wurde der Anteil der Linksabbieger iterativ so erhöht, dass er den Beobachtungen der Realität entsprach.

Aus den daraus resultierenden Zuflüssen und Routenentscheidungen ergaben sich folgende Verkehrszahlen am Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1),

welche mit einem Excel-Tool berechnet worden sind. Das Excel-Tool (Im digitalen Anhang: „Berechnung Verkehrszahlen.xlsx“) errechnet folgende Zahlen (Vergleiche **Abbildung 25**): Rot stellt die errechnete Verkehrsbelastung dar, die am Knotenpunkt aus Westen und Ost ankommt. Dabei ist der oberste Wert die Kfz-Belastung, darunter sind die LV-Belastung und die SV-Belastung. Gelb gibt die Routenentscheidung an, also wie viele Fahrzeuge rechts abbiegen, geradeaus fahren oder links abbiegen. Aus der errechneten Verkehrsbelastung kann das Tool die Verkehrsbelastung auf den einzelnen Strömen berechnen (Orange dargestellt). Der blaue Kasten ist ein Vorgriff auf die weiteren Planfälle. Dort wird die Belastungen für die LSA-Berechnung ermittelt. Im grünen Kasten sind die Verkehrsbelastungen hinter dem Knotenpunkt angegeben (v.o.n.u. Kfz, LV, SV). Die Zuflüsse sind oben und unten mit den orangen Kästen dargestellt. Dort ist nicht nur der Zuflussname, sondern auch die Zuflussnummer aufgetragen. Zusätzlich ist auch hier die Belastung von SV und LV einzutragen (in gelb), wo hingehend die Kfz-Belastung automatisch berechnet wird (in grün).

Generell ist festzuhalten, dass mit diesem Tool an jeder Stelle der Simulation die errechneten Verkehrsbelastungen angezeigt werden können. Änderungen in den Routenentscheidungen oder im Zufluss können einfach vorgenommen und die Ergebnisse daraus analysiert werden.

Aus diesem Tool sind für den Planfall 1 folgende Verkehrsbelastungen errechnet worden:

Zufluss von Ost: 3.533 Fz/h
 Zufluss von West: 4.051 Fz/h

			320 - Voßkuhle				
		Rechtsabbieger	5	358	363		
		Linksabbieger	0	193	193	4	154 158
		Geradeaus			97		
683	Rechtsabbieger	4412				158	94
2351	Geradeausfahrer	4310				3837	2289
		102				57	34
			PF 1: FR S 347 215 RA FR O 3136 3837 FR W 1185 FR N				
3533	Linksabbieger	186	239				3373
3420	Geradeaus	2440	3136				3271
113	Rechtsabbieger	123	158				102
						327	Geradeaus
			170	164	5	44	42
						382	375
						7	Linksabbieger
			160 - Semerteichstraße				

Abbildung 25: Berechnung der Verkehrsbelastung der Morgenspitzenstunde [Quelle: Eigene Berechnung – Anhang: Berechnung Verkehrszahlen.xlsx]

Mit diesen Verkehrsbelastungszahlen wurde die Simulation der Morgenspitzenstunde durchgeführt. Dabei wurden folgende, in **Abbildung 26** dargestellte, Bereiche als kritisch detektiert:

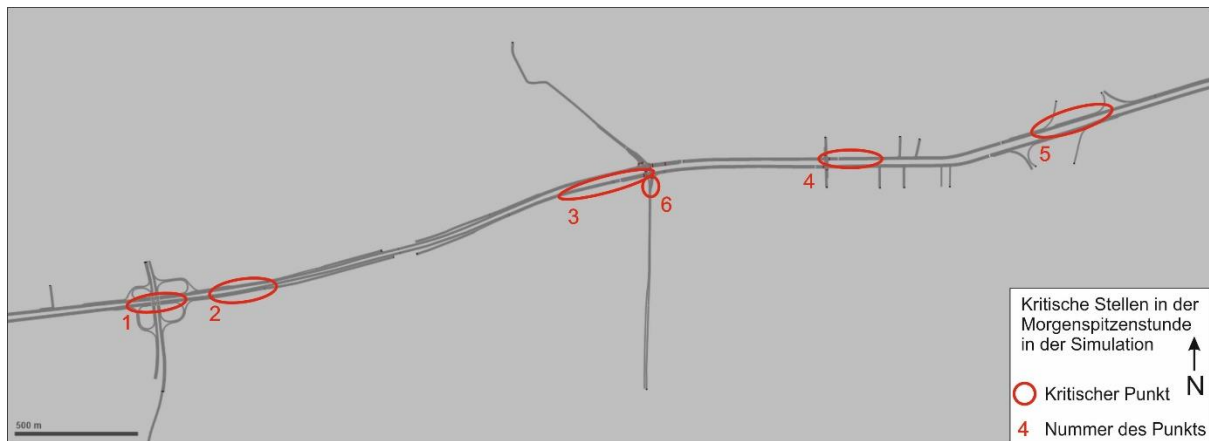


Abbildung 26: Kritische Stellen in der Simulation [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Kritische Stellen MSS.jpg]

Der erste kritische Bereich ist die Verflechtung zwischen B1 und B54 (Nummer 1, **Abbildung 26**). In Fahrtrichtung Ost kommt es in der Simulation zu Problemen mit der Verflechtung, wenn der Rückstau aus Osten bis in den Knotenpunkt reicht. Wenn dies der Fall ist, verstärken sich die Probleme, da die Fahrzeuge von der B54 nicht mehr auf die B1 auffahren und die Fahrzeuge auf der B1 nicht mehr auf die B54 auffahren können. Passiert dies, vergrößert sich der Rückstau in Richtung Westen schlagartig.

Der zweite kritische Bereich ist die Verflechtung zwischen B1 und den Ausfahrenden zur Märkischen Straße (Nummer 2, **Abbildung 26**). Hier sind zwei Probleme zu erkennen. Beim ersten Problem liegt der Ursprung an der Lichtsignalanlage an der Märkischen Straße. Diese ist nicht so leistungsfähig, dass alle ankommenden Fahrzeuge abfließen können. Darum staut sich die Rampe im Laufe der Simulation Richtung B1 langsam voll. Ist das Stauende an der B1 angelangt, können die Fahrzeuge nicht mehr auf die Rampe auffahren. In diesem Bereich verringern fahrstreifenwechselnde Fahrzeuge von der B1 auf die Ausfahrt die Anzahl der Fahrstreifen von zwei auf einen, sodass ein künstlicher Engpass für die B1 entsteht. Dies führt dazu, dass ein Rückstau Richtung Westen entsteht, bzw. vergrößert wird. An gleicher Stelle ist weiterhin zu erkennen, dass viele Fahrzeuge den linken Fahrstreifen der Ausfahrt nutzen, um bis an die Verästelung zwischen B1 und Ausfahrt zu gelangen um dann noch auf die B1 zu fahren. Diese blockieren den Fahrstreifen der Ausfahrt, sodass dahinter ein großer Rückstau entsteht (Vergleiche **Abbildung 27**).

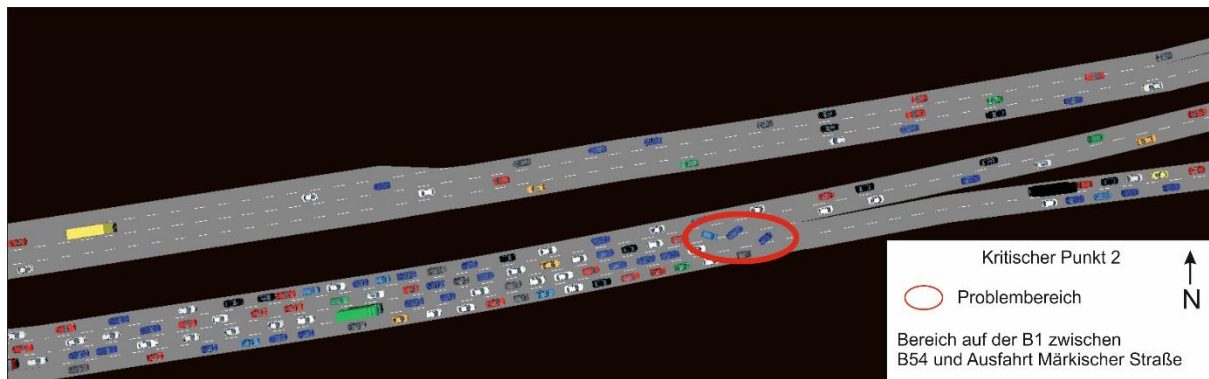


Abbildung 27: Wechselnde Fahrzeuge blockieren den Verkehr [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: MSS Problem 2.jpg]

Der dritte kritische Bereich liegt direkt an unserem Knotenpunkt in östlicher Fahrtrichtung. In der hinterlegten Steuerung ist es so, dass die Festzeitsteuerung der Lichtsignalanlage einen Umlauf von 150 Sekunden besitzt. Die Freigabezeit für den Linksabbiegerstreifen ist jedoch lediglich 22 Sekunden lang. In dieser Zeit können maximal etwa 11 Fahrzeuge die LSA passieren. Die Länge dieser 11 Fahrzeuge entspricht etwa 66 Meter ($l_{FZ} = 6 \text{ Meter}^7$). Der Linksabbiegerstreifen besitzt jedoch eine Länge von circa 87 Metern, sodass nicht alle Fahrzeuge, die auf dem Linksabbiegerstreifen stehen, auch die LSA passieren können. Das hat zur Folge, dass von Westen immer mehr Fahrzeuge auf den Linksabbiegerstreifen fahren, bis dieser voll ist. Danach staut sich der Linksabbieger-Verkehr auf dem linken Streifen der dreispurigen B1. So entsteht ein künstlicher Engpass, der einen Rückstau zur Folge hat. In **Abbildung 28** ist zu erkennen, dass der Linksabbiegerstreifen vollgestaut ist und viele Linksabbieger auch auf der linken Spur der B1 stehen. So blockieren sie diese Spur und ein Rückstau beginnt sich zu bilden (linker, unterer Bildrand).



Abbildung 28: Linksabbieger blockieren die linke Spur [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: MSS – Problem 3.jpg]

Der vierte kritische Bereich ist die LSA an der Lübkestraße in Fahrtrichtung West. An dieser Stelle staut sich der Verkehr. Durch die LSA wird der Verkehr immer pulkweise in Richtung

⁷ Vgl. RiLSA, S. 22

Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) geschickt, weswegen in diesem Bereich die Probleme nicht sehr groß sind. Kritischer ist die Situation, die sich in östlicher Richtung darstellt. Dort bilden sich in der Morgenspitzenstunde große, impulsartige Rückstaus, die insbesondere dann kritisch werden, wenn sie den fünften kritischen Bereich der B236 erreichen. Dort kommt es zu Problemen mit der Verflechtung. Bildet sich der Rückstau nun bis in diesen Bereich, dann vergrößert sich dieser teilweise bis über den Hauptfriedhof hinaus. **Abbildung 29** zeigt, wie sich die Pulks über die B1 von der Lübkestraße bis hin zur B236 erstrecken und dort den Verkehrsfluss hemmen.

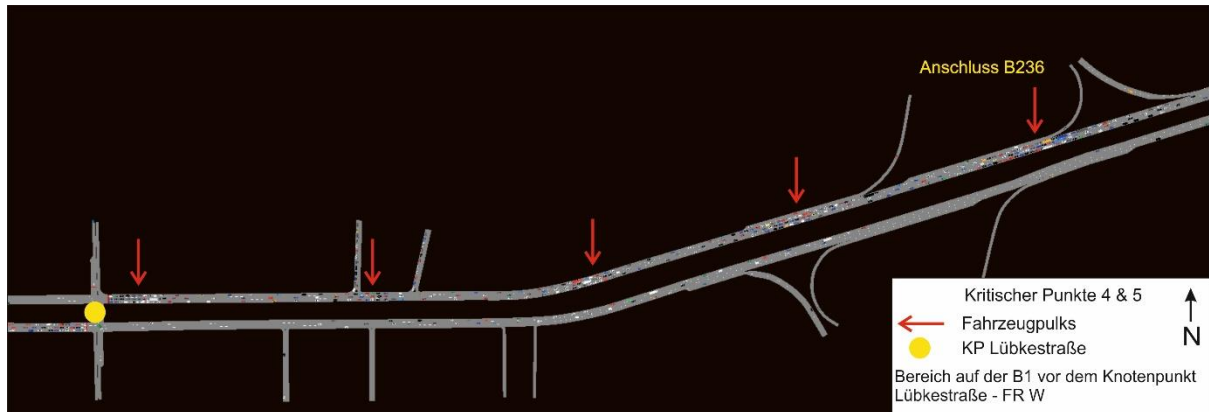


Abbildung 29: Pulkbildung vor dem Knotenpunkt Lübkestraße - FR W [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: MSS – Problem 4-5.jpg]

Der sechste kritische Bereich ist die Semerteichstraße in FR Nord. Dort staut sich der Verkehr, da das Signalprogramm der LSA am Knotenpunkt nicht genügend Fahrzeuge während der Freigabezeit passieren lässt. Dadurch entsteht ein Rückstau, der zeitweise vom Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) bis zur Einspeisung im Süden reicht (Siehe **Abbildung 30**)

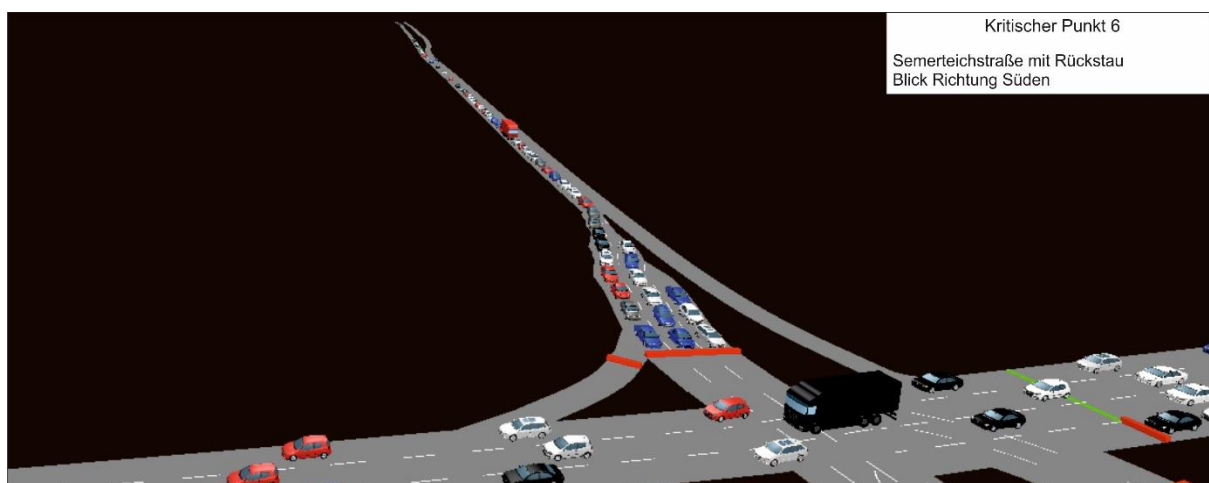


Abbildung 30: Blick in die Semerteichstraße Richtung Süden [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: MSS – Problem 6.jpg]

In der Morgenspitzenstunde wurden 10 Simulationsläufe durchgeführt.

Die Reisezeit zwischen Schnettkerbrücke und B236 betrug durchschnittlich 622,02 Sekunden, was bei einer Distanz von circa 5.658 Metern einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 32,75 km/h entspricht. Insbesondere der Bereich zwischen der Gabelung B1 / Märkische Straße und dem Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) ist sehr überstaut. Dort benötigt ein Fahrzeug im Durchschnitt 322,25 Sekunden für die etwa 1648 Meter lange Strecke. Dies entspricht einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 18,41 km/h. In der Gegenrichtung zwischen B236 und Schnettkerbrücke betrug die Zeit für die Distanz von 5.710 Metern 608,08 Sekunden. Dies führt zu einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 33,80 km/h. Gleichzeitig beträgt die Standardabweichung nur 14,97 Sekunden, weshalb davon auszugehen ist, dass dieser Bereich in allen Simulationsläufen sehr ähnlich belastet war. Die langsamste Durchschnittsgeschwindigkeit wurde auf der Semerteichstraße gemessen. So braucht ein durchschnittliches Fahrzeug für die 855 Meter lange Strecke etwa 984,84 Sekunden. Dies führt zu einer Durchschnittsgeschwindigkeit von lediglich 3,13 km/h. Aus diesen Werten ist zu schließen, dass ganz besonders die Semerteichstraße, aber auch die B1 in Fahrtrichtung stadtauswärts, stark belastet ist. Die Voßkuhle ist dagegen sehr schnell zu befahren. Für die knapp 754 Meter lange Strecke benötigt ein Fahrzeug im Durchschnitt lediglich 77,41 Sekunden mit einer Standardabweichung von lediglich 2,26 Sekunden. Dies bedeutet, dass die Fahrzeuge in der Regel die Voßkuhle alle sehr gleichmäßig befahren bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 35 km/h.

Die Querschnittsmessungen ergeben, dass auf der B1 in Fahrtrichtung Ost vor dem Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) im Durchschnitt 3.263 Fahrzeuge, und in der Gegenrichtung vor dem Knotenpunkt 3.288 Fahrzeuge die B1 befahren. Vergleicht man dies mit den Soll-Zahlen, fällt auf, dass in Fahrtrichtung Ost mehr als 200 Fahrzeuge und in Fahrtrichtung West mehr als 800 Fahrzeuge den Knotenpunkt nicht passieren. Der hohe Belegungsgrad, der in Ost-Richtung bei etwa 71,83% und in Fahrtrichtung West bei 59,47% liegt, lässt erkennen, dass hier große Staus vorhanden sind.

Darüber hinaus können die Verlustzeiten analysiert werden. Die Verlustzeit zwischen der Gabelung B1 / Ausfahrt Märkischer Straße und der LSA am Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) beträgt im Mittel 208,66 Sekunden. In der Gegenrichtung ist die Verlustzeit zwischen der LSA Lübkestraße und der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) im Durchschnitt 103,79 Sekunden. Damit liegt die mittlere Wartezeit in beiden Fällen deutlich über 70 Sekunden, sodass die Qualitätsstufe nach HBS in beiden Fällen F ist (vergleiche **Abbildung 23**). Aber auch die Verlustzeit der Semerteichstraße beträgt durchschnittlich 926,43 Sekunden. Auch hier ist die Qualitätsstufe F zu vergeben. Die Verlustzeit auf der Voßkuhle beträgt dagegen nur 24,59 Sekunden. Dennoch ist der komplette Knotenpunkt so nicht leistungsfähig und muss umgebaut werden.

4.1.4.2 Abendspitzenstunde

In der Abendspitzenstunde finden sich generell die gleichen Probleme wie in der Morgenspitzenstunde wieder. Auffallend ist, dass größere Rückstaus stadtauswärts in Fahrtrichtung Osten entstehen. Der Bereich um die B54 ist dabei deutlich länger überstaut als in der Morgenspitzenstunde. Um plausible Verkehrsbelastungen zu erhalten, musste im Vorfeld auch hier der Fahrzeugzufluss iterativ so lange erhöht werden, bis sich der Zustand, wie er sich in der Realität darstellt, erreicht wird. Auch hier mussten teilweise die Routenentscheidungen angepasst werden um realitätsfremde und vissimspezifische Probleme im Verkehrsablauf zu minimieren. Daraus ergeben sich folgende, in **Abbildung 31** abgebildete, Verkehrsbelastungen für die Abendspitzenstunde:

		320 - Voßkuhle							
	Rechtsabbieger	2	367	369					
	Linksabbieger	0	371	371	6	178	184		
	Geradeaus			155					
987	Rechtsabbieger		3929				184	154	Rechtsabbieger 3584
2400	Geradeausfahrer		3821				3330	2792	Geradeausfahrer 3471
			108				70	59	Linksabbieger 113
		PF 1: FR S 596 254 RA FR O 3448 3330 FR W 1062 FR N							
3721	Linksabbieger								
3640	Geradeaus		160	197				3914	
82	Rechtsabbieger		2796	3448				3836	Geradeaus
			62	76				78	Rechtsabbieger
							171		Geradeaus
					81	79	2		
						95	93	2	Rechtsabbieger
						228	225	3	Linksabbieger
		160 - Semerteichstraße							

Abbildung 31: Berechnung der Verkehrsbelastung der Abendspitzenstunde [Quelle: Eigene Berechnung – Anhang: Berechnung Verkehrszahlen.xlsx]

Auch in der Abendspitzenstunde wurden 10 Simulationsläufe durchgeführt.

Die Reisezeit zwischen Schnettkerbrücke und B236 betrug durchschnittlich 749,66 Sekunden, was bei einer Distanz von circa 5.658 Metern einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 27,17 km/h entspricht. Insbesondere der Bereich zwischen der Gabelung B1 / Märkische Straße und dem Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) ist sehr überstaut. Dort benötigt ein Fahrzeug im Durchschnitt 377,57 Sekunden für die etwa 1648 Meter lange Strecke. Dies entspricht einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 15,71 km/h. In der Gegenrichtung zwischen B236 und Schnettkerbrücke betrug die Zeit für die Distanz von 5.710 Metern 601,01 Sekunden. Dies führt zu einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 34,20 km/h. Gleichzeitig beträgt die Standardabweichung nur 3,14 Sekunden, wodurch davon auszugehen ist, dass dieser Bereich in allen Simulationsläufen sehr ähnlich belastet war. Die langsamste Durchschnittsgeschwindigkeit wurde auf der Semerteichstraße gemessen. So braucht ein durchschnittliches Fahrzeug für die 855 Meter lange Strecke etwa 510,50 Sekunden. Dies führt zu einer Durchschnittsgeschwindigkeit von lediglich 3,80 km/h. Anhand dieser Werte ist festzustellen, dass ganz besonders die Semerteichstraße stark belastet ist. Die Voßkuhle ist dagegen

deutlich schneller zu befahren. Für die knapp 754 Meter lange Strecke benötigt ein Fahrzeug im Durchschnitt lediglich 110,07 Sekunden. Die Fahrzeuge befahren die Voßkuhle also bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 24,62 km/h befahren.

Die Querschnittsmessungen ergeben, dass auf der B1 in Fahrtrichtung Ost vor dem Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) im Durchschnitt 3.289 Fahrzeuge, und in der Gegenrichtung vor dem Knotenpunkt 3.316 Fahrzeuge die B1 befahren. Vergleicht man dies mit den Soll-Zahlen, fällt auf, dass in Fahrtrichtung Ost mehr als 450 Fahrzeuge und in Fahrtrichtung West mehr als 300 Fahrzeuge den Knotenpunkt nicht passieren. Einhergehend mit dem hohen Belegungsgrad, der in Ost-Richtung bei etwa 70,29% und in Fahrtrichtung West bei 60,67% liegt, lässt sich beobachten, dass hier große Staus vorhanden sind.

Weiterhin können Verlustzeiten analysiert werden. Die Verlustzeit zwischen der Gabelung B1 / Ausfahrt Märkischer Straße und der LSA am Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) beträgt im Mittel 264,49 Sekunden. In der Gegenrichtung liegt die Verlustzeit zwischen der LSA Lübkestraße und der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) im Durchschnitt bei 103,07 Sekunden. Damit liegt die mittlere Wartezeit in beiden Fällen deutlich über 70 Sekunden, sodass die Qualitätsstufe nach HBS in beiden Fällen F ist (vergleiche **Abbildung 23**). Aber auch die Verlustzeit der Semerteichstraße beträgt durchschnittlich 452,03 Sekunden. Auch hier ist die Qualitätsstufe F zu vergeben. Die Verlustzeit auf der Voßkuhle beträgt dagegen nur 57,16 Sekunden. Dennoch ist der komplette Knotenpunkt so nicht leistungsfähig und muss umgebaut werden.

4.1.4.3 Vergleich der Morgen- und Abendspitzenstunde

Auch in den Verkehrszahlen spiegelt sich wieder, dass abends mehr Fahrzeuge stadtauswärts und morgens mehr Fahrzeuge stadteinwärts fahren (Vergleiche **Abbildung 25** und **Abbildung 31**). Dies ist schlüssig, da am Morgen mehr Arbeitnehmer in die Stadt zu ihren Arbeitsplätzen fahren, wo hingehend am Abend dieselben wieder zu ihren Wohnstätten im Umland fahren. So fahren am Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) etwa 200 Fz/h mehr am Abend auf der B1 in Richtung Osten. Am Morgen fahren dagegen circa 350 Fz/h mehr als am Abend in Fahrtrichtung West stadteinwärts. Gleichzeitig ist die Verkehrsbelastung auch auf der Semerteichstraße am Morgen deutlich höher, da mehr Verkehrsteilnehmer in die Stadt fahren möchten. Dies ist auch in der Rückstauanalyse zu erkennen. Die Rückstaus sind morgens stadteinwärts größer, am Abend sind sie stadtauswärts größer.

Auffällig ist, dass die Verkehrsbelastung am Messquerschnitt in Fahrtrichtung West und Ost jeweils vor dem Knotenpunkt am Morgen und am Abend sehr ähnlich ist. Das lässt sich damit erklären, dass dies wohl die maximale Kapazität des Straßenabschnitts darstellt. Auch der Belegungsgrad ist an beiden Querschnitten sehr ähnlich, weshalb von einer ähnlichen Stausituation, unabhängig von der Rückstaulänge, auszugehen ist.

Ziel der Planfälle ist es, dass der Knotenpunkt leistungsfähig wird.

4.1.5 Planfall 1

Bevor der Planfall 1 simuliert werden kann, muss zunächst das Signalprogramm für die LSA am Morgen und am Abend errechnet werden.

Der Entwurf, sowie das Signalprogramm der Lichtsignalanlage (LSA) orientiert sich an den Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA 2015).

4.1.5.1 Entwurf

Der Entwurf Sundermanns sieht einen 2,0 Meter breiten Radfahrstreifen und einen 2,5 Meter breiten Fußgängerweg im Seitenraum der B1 vor.⁸ Aus diesem Grund sind Rad- und Fußgängerfurten mit zu berücksichtigen. Die Fußgängerfurt soll mindestens 4,0 Meter breit, die Radfahrerfurt so breit wie der anschließende Radweg sein. Darüber hinaus sollen die beiden Furten möglichst nah an der Fahrbahn geführt werden, maximal 5,0 Meter, insbesondere wenn es Rechtsabbiegebeziehungen gibt. Die Haltelinie für die Fahrzeuge muss mindestens 1,0 Meter von der Furt entfernt sein.⁹

In der vorliegenden Simulation sind werden die Furten zwar nicht ausmodelliert, spielen aber für den Abstand der LSA und der Haltelinie zur kreuzenden Fahrbahn eine wichtige Rolle. Aus diesem Grund wird angenommen, dass die Fußgängerfurt 4,0 Meter und die Radfahrerfurt 2,0 Meter breit ist. Diese werden mit einem Abstand sehr nah an den Fahrbahnrand geführt, da keine Rechtsabbiegevorgänge zugelassen werden. Der Abstand der Haltelinie zur Furt wird 1,0 Meter betragen, wodurch der minimale Abstand eingehalten wird. Somit ergeben sich Abstände von 8,0 Meter von der Haltelinie zum Fahrbahnrand.

4.1.5.2 Signalprogramm

Ziel des Umbaus des Knotenpunktes ist die indirekte Führung des Linksverkehrs, um die Kapazität zu erhöhen. Dadurch ist es möglich den Knotenpunkt lichtsignalgesteuert mit lediglich zwei Phasen zu führen. Um die Bezeichnung der einzelnen Arme des Knotenpunkts zu vereinfachen, wurden diese nummeriert, siehe **Abbildung 32**.

⁸ Vgl. Sundermann 2017

⁹ Vgl. RiLSA 2015, S. 34f

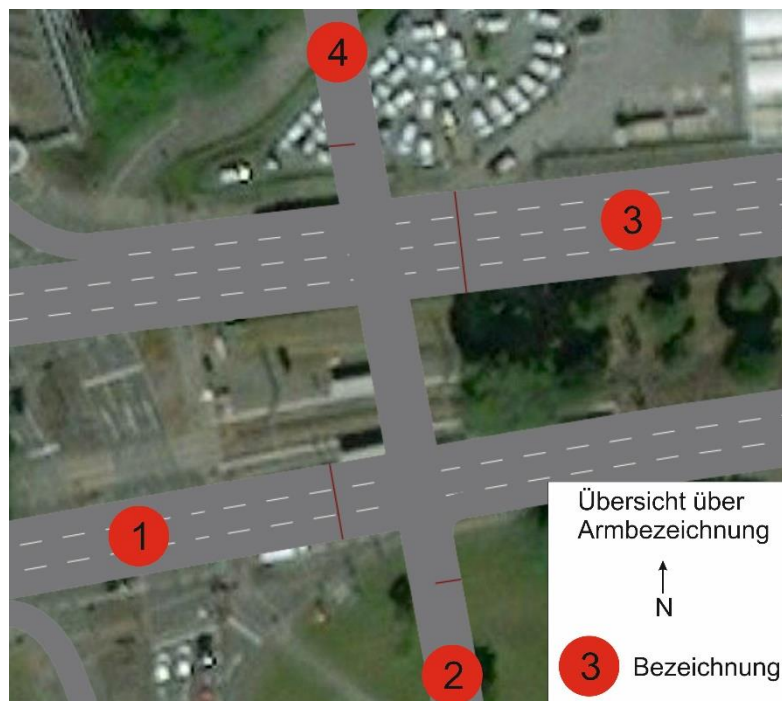


Abbildung 32: Nummerierung der Knotenpunktarme [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Armbezeichnungen.jpg]

Der erste Schritt zur Entwicklung des Signalprogramms ist die Berechnung der Übergangszeiten. Im Bereich des Knotenpunkts Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) ist eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h angeordnet. Daraus ergibt sich die Übergangszeit GELB (t_G) von 3 s. Die Übergangszeit von ROT/GELB zu GRÜN beträgt 1 s.¹⁰

Die Zwischenzeiten (t_Z) werden aus der jeweiligen Überfahrzeit ($t_{\ddot{u}}$), der Räumzeit (t_r) und der Einfahrzeit (t_e) ermittelt:

$$t_Z = t_{\ddot{u}} + t_r - t_e^{11}$$

Bei der Berechnung der Räum- und Einfahrtswege werden die Mittellinien der Fahrstreifen genutzt. Der Räumweg s_r setzt sich zusammen aus dem Grundräumweg s_0 und der fiktiven Fahrzeuglänge l_{FZ} . Die fiktive Fahrzeuglänge beträgt 6,0 Meter.¹² „Der Grundräumweg ist (...) der Weg zwischen Haltelinie und dem Schnittpunkt mit dem Einfahrweg des beginnenden Fahrzeugstroms (Konfliktpunkt).¹³ „Der Einfahrtsweg s_e ist bei Fahrzeugen der Weg von der Haltelinie bis zum Schnittpunkt mit dem Räumweg des entsprechenden Fahrzeugstroms (...).¹⁴

¹⁰ Vgl. RiLSA 2015, S. 21

¹¹ Vgl. RiLSA 2015, S. 21

¹² Vgl. RiLSA 2015, S. 22

¹³ RiLSA 2015, S. 22

¹⁴ RiLSA 2015, S. 22

Daraus ergeben sich folgende Räum- und Einfahrtswege, die mittels der „Entfernung Messen“ - Funktion in *VISSIM* gemessen wurden (Siehe beispielhaft **Abbildung 33**).

$$s_{r1} = 14 \text{ m} + 6 \text{ m} = 20 \text{ m}$$

$$s_{e1} = 10 \text{ m}$$

$$s_{r2} = 52 \text{ m} + 6 \text{ m} = 58 \text{ m}$$

$$s_{e2} = 10 \text{ m}$$

$$s_{r3} = 15 \text{ m} + 6 \text{ m} = 21 \text{ m}$$

$$s_{e3} = 11 \text{ m}$$

$$s_{r4} = 52 \text{ m} + 6 \text{ m} = 58 \text{ m}$$

$$s_{e4} = 10 \text{ m}$$

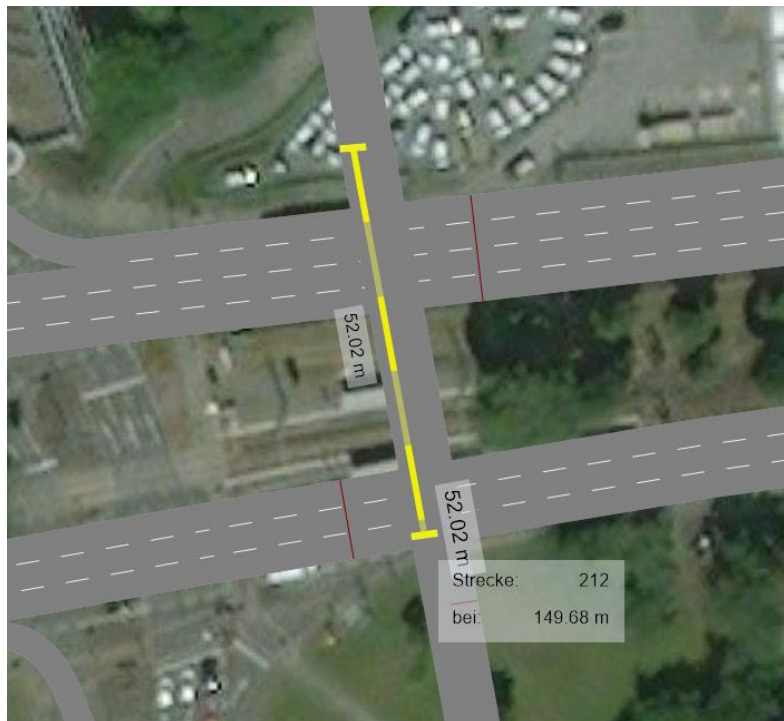


Abbildung 33: Beispiel einer Messung des Grundräumwegs - Hier für Knotenarm 4 [Quelle: *VISSIM*, Eigene Darstellung – Anhang: *Beispiel_Messung_Grundräumweg.jpg*]

Die Berechnung der Zwischenzeiten von Überfahren und Räumen ist nach Fall 1: Geradeausfahrende Kraftfahrzeuge räumen zu berechnen:

$$t_{\ddot{u}} + t_r = 3 + \frac{s_0 + 6}{10}$$

$$t_{\ddot{u}} = 10 \text{ m/s}^{15}$$

$$t_{r1} = 3 + \frac{20 + 6}{10} = 5,6$$

$$t_{r3} = 3 + \frac{21 + 6}{10} = 5,7$$

$$t_{r2} = 3 + \frac{58 + 6}{10} = 9,4$$

$$t_{r4} = 3 + \frac{28 + 6}{10} = 9,4$$

Des Weiteren müssen die Einfahrzeiten berechnet werden:

¹⁵ Vgl. RiLSA 2015, S. 23

$$t_e = \frac{3,6 * s_e}{40} \cdot 16$$

$$t_{e1} = \frac{3,6 * 10}{40} = 0,9$$

$$t_{e3} = \frac{3,6 * 11}{40} = 0,99$$

$$t_{e2} = \frac{3,6 * 10}{40} = 0,9$$

$$t_{e4} = \frac{3,6 * 10}{40} = 0,9$$

Daraus ergeben sich folgende Zwischenzeiten und die Zwischenzeitenmatrix (**Tabelle 5**):

$$t_{z1} = 5,6 - 0,9 = 4,5 \rightarrow 5s$$

$$t_{z3} = 5,7 - 0,99 = 5,71 \rightarrow 6s$$

$$t_{z2} = 9,4 - 0,9 = 8,5 \rightarrow 9s$$

$$t_{z4} = 9,4 - 0,9 = 8,5 \rightarrow 9s$$

		Beginnende Signalgruppen			
		1	2	3	4
Endende Signalgruppen	1		9		9
	2	5		6	
	3		9		9
	4	5		6	

Tabelle 5: Zwischenzeitenmatrix Planfall 1 [Quelle: Eigene Darstellung]

Die Umlaufzeit eines Signalprogramms wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$t_U = \sum_{i=1}^p t_{F,maßg,i} + \sum_{i=1}^p t_{z,erf,i}$$

Dabei ist t_U die Umlaufzeit, $t_{F,maßg,i}$ die erforderliche Freigabezeit für die maßgebende Signalgruppe einer Phase, $t_{z,erf,i}$ die erforderliche Zwischenzeit zwischen den maßgebenden Signalgruppen in der endenden Phase und der Folgenden, sowie p die Anzahl der Phasen.¹⁷ Die erforderlichen Zwischenzeiten sind im vorliegenden Signalprogramm 9 und 6 Sekunden, sodass $\sum_{i=1}^2 t_{z,erf,2} = 9s + 6s = 15s$ sind.

Die Mindestumlaufzeit wird mit folgender Formel berechnet:

$$t_{U,min} = \frac{\sum_{i=1}^p t_{z,erf,i}}{1 - \sum_{i=1}^p \frac{q_{FS,maßg,i}}{q_{S,i}}}$$

Dabei ist $q_{S,i}$ die Sättigungsverkehrsstärke, die in der Regel mit 2.000 Fz/h pro Fahrstreifen angenommen wird.¹⁸ Die maßgebenden Verkehrsstärken ergeben sich aus den blauen Werten der **Abbildung 25** und **Abbildung 31**. Daraus ergibt sich folgendes Ergebnis:

¹⁶ Vgl. RiLSA 2015, S. 26

¹⁷ Vgl. RiLSA 2015, S. 26

¹⁸ Vgl. RiLSA 2015, S. 27

$$t_{U,min,MSS} = \frac{15}{1 - \left(\frac{3.837/3}{2.000} + \frac{1.185}{2.000}\right)} = \frac{15}{1 - (0,640 + 0,593)} = \frac{15}{-0,233} = -64,38 \text{ s} \rightarrow \text{negativ}$$

$$t_{U,min,ASS} = \frac{15}{1 - \left(\frac{3.448/3}{2.000} + \frac{1.062}{2.000}\right)} = \frac{15}{1 - (0,575 + 0,531)} = \frac{15}{-0,106} = -141,51 \text{ s} \rightarrow \text{negativ}$$

Die minimale Umlaufzeit ist negativ. Das bedeutet, dass diese LSA so nicht leistungsfähig ist.

Alternativ wird geprüft, ob zwei Fahrstreifen, die von Süden nach Norden von der Semerteichstraße über die B1 führen, zu einem leistungsfähigen Knotenpunkt führen. Dafür müssen zunächst die Zwischenzeiten für Einfahrt 1 und 3 angepasst werden.

$$s_{r1} = 14 \text{ m} + 6 \text{ m} + 3,5 \text{ m} = 23,5 \text{ m}$$

$$s_{r3} = 15 \text{ m} + 6 \text{ m} + 3,5 \text{ m} = 24,5 \text{ m}$$

$$t_{r1} = 3 + \frac{23,5 + 6}{10} = 5,95$$

$$t_{r3} = 3 + \frac{24,5 + 6}{10} = 6,05$$

$$t_{z1} = 5,95 - 0,9 = 5,05 \rightarrow 5 \text{ s}$$

$$t_{z3} = 6,05 - 0,99 = 6,06 \rightarrow 6 \text{ s}$$

Somit bleiben die Zwischenzeitenmatrix wie in **Tabelle 5** bestehen.

$$t_{U,min,MSS} = \frac{15}{1 - \left(\frac{3.837/3}{2.000} + \frac{593}{2.000}\right)} = \frac{15}{1 - (0,640 + 0,297)} = \frac{15}{0,063} = 238,09 \text{ s} \rightarrow 239 \text{ s}$$

$$t_{U,min,ASS} = \frac{15}{1 - \left(\frac{3.448/3}{2.000} + \frac{596}{2.000}\right)} = \frac{15}{1 - (0,575 + 0,298)} = \frac{15}{0,127} = 118,11 \text{ s} \rightarrow 119 \text{ s}$$

Die Morgenspitzenstunde ist so überlastet, dass keine plausible Umlaufzeit berechnet werden kann. Die Abendspitzenstunde ist gerade noch im von der RiLSA zugelassenen Toleranzbereich. Dieser liegt zwischen 30 und Sekunden, in Ausnahmefällen bis 120 Sekunden.

Ein zusätzlicher Fahrstreifen ist im Bereich der B1 Fahrtrichtung West, welcher der maßgebende Fahrstreifen ist, nicht umsetzbar. Daher ist ein leistungsfähiger Knotenpunkt mit der aktuellen Verkehrsbelastung in der Morgenspitzenstunde nicht machbar.

Um dennoch eine Simulation für die Morgenspitzenstunde durchführen zu können, wird für die Morgenspitzenstunde die Belastung auf der B1 in Fahrtrichtung Osten als maßgebend angesetzt. Daraus lässt sich zwar eine funktionierende LSA-Schaltprogramm berechnen, dieses ist jedoch in Fahrtrichtung West nicht leistungsfähig. Da jedoch schon die Lichtsignalanlage am vorgelagerten Knotenpunkt Lübkestraße als kritisch identifiziert wurde, wird dies in diesem Planfall umgesetzt.

$$t_{U,min,MSS} = \frac{15}{1 - \left(\frac{3.136/3}{2.000} + \frac{593}{2.000}\right)} = \frac{15}{1 - (0,523 + 0,297)} = \frac{15}{0,18} = 83,33 \text{ s} \rightarrow 84 \text{ s}$$

Die minimale Umlaufzeit beträgt mit zwei Fahrstreifen in Richtung Norden für die Morgenspitzenstunde 84 Sekunden.

Die erforderliche Umlaufzeit verringert die Sättigungsverkehrsstärke, sodass der Fahrstreifen nicht mehr optimal ausgenutzt werden kann. Der Wert für den Verringerungsfaktor (x) kann zwischen 0,8 und 0,9 angesetzt werden. Die Formel daraus verändert sich somit minimal:

$$t_{U,erf} = \frac{\sum_{i=1}^p t_{Z,erf,i}}{1 - \sum_{i=1}^p \frac{q_{FS,maßg,i}}{x * q_{S,i}}}$$

Für die Berechnung der erforderlichen Umlaufzeit wird für den Verringerungsfaktor ein Wert von 0,9 angenommen.

$$t_{U,erf,MSS} = \frac{15}{1 - \left(\frac{3.136/3}{0,9 * 2.000} + \frac{593}{0,9 * 2.000}\right)} = \frac{15}{1 - (0,581 + 0,329)} = \frac{15}{0,09} = 166,66 \text{ s} \rightarrow 167 \text{ s}$$

$$t_{U,erf,ASS} = \frac{15}{1 - \left(1 - \left(\frac{3.448/3}{0,9 * 2.000} + \frac{596}{0,9 * 2.000}\right)\right)} = \frac{15}{1 - (0,639 + 0,331)} = \frac{15}{0,03} = 500 \text{ s}$$

Die erforderliche Umlaufzeit beträgt in der MSS 167 Sekunden und in der ASS 500 Sekunden. Dies liegt schon deutlich über den in der RiLSA geforderten Umlaufzeit zwischen 30 und 90 Sekunden.

Als letzte Umlaufzeit wird die optimale Umlaufzeit berechnet. Diese Methode minimiert die Wartezeiten für den Kraftverkehr.

$$t_{U,opt} = \frac{1,5 * \sum_{i=1}^p t_{Z,erf,i} + 5}{1 - \sum_{i=1}^p \frac{q_{FS,maßg,i}}{q_{S,i}}}$$

$$t_{U,opt,MSS} = \frac{1,5 * 15 + 5}{1 - \left(\frac{3.136/3}{2.000} + \frac{593}{2.000}\right)} = \frac{27,5}{1 - (0,523 + 0,297)} = \frac{27,5}{0,18} = 152,77 \text{ s} \rightarrow 153 \text{ s}$$

$$t_{U,opt,ASS} = \frac{1,5 * 15 + 5}{1 - \left(\frac{3.448/3}{2.000} + \frac{596}{2.000}\right)} = \frac{27,5}{1 - (0,575 + 0,298)} = \frac{27,5}{0,127} = 216,54 \text{ s} \rightarrow 217 \text{ s}$$

¹⁹ Vgl. RiLSA 2015, S. 27

Auch in diesem Fall sind die Umlaufzeiten deutlich größer als die RiLSA erlauben.

Aus diesen Gründen wird für das Signalprogramm die minimale Umlaufzeit gewählt.

Aus dieser Umlaufzeit lassen sich wiederum die Freigabezeiten berechnen. Dafür werden die maßgeblichen Verkehrsstärken mit der Umlaufzeit multipliziert und durch die Sättigungsverkehrsstärke geteilt. Bleiben Reserven in der Umlaufzeit, können diese frei vergeben werden.

$$t_{F,erf,i} = \frac{q_{FS,maßg,i} * t_U}{q_{S,i}}$$

$$t_{F,erf,1,MSS} = \frac{3.136/3*84}{2.000} = 43,90 \rightarrow 44 \text{ s}$$

$$t_{F,erf,1,ASS} = \frac{3.448/3*119}{2.000} = 68,39 \rightarrow 68 \text{ s}$$

$$t_{F,erf,2,MSS} = \frac{593*84}{2.000} \Rightarrow 24,91 \rightarrow 25 \text{ s}$$

$$t_{F,erf,2,ASS} = \frac{596*119}{2.000} = 34,46 \rightarrow 36 \text{ s}$$

Aus der Formel ist für die Morgenspitzenstunde $t_{U,MSS} = 84 = 44 + 25 + 15$ zu erkennen, dass keine Reserven vorhanden sind. Das Signalprogramm kann so eingebaut werden.

Aus der Formel ist für die Abendspitzenstunde $t_{U,MSS} = 119 \neq 68 + 36 + 15 = 119$ zu erkennen, dass keine Reserven vorhanden sind. Das Signalprogramm kann so eingebaut werden.

Somit ergeben sich folgende Signalprogramme für die LSA:

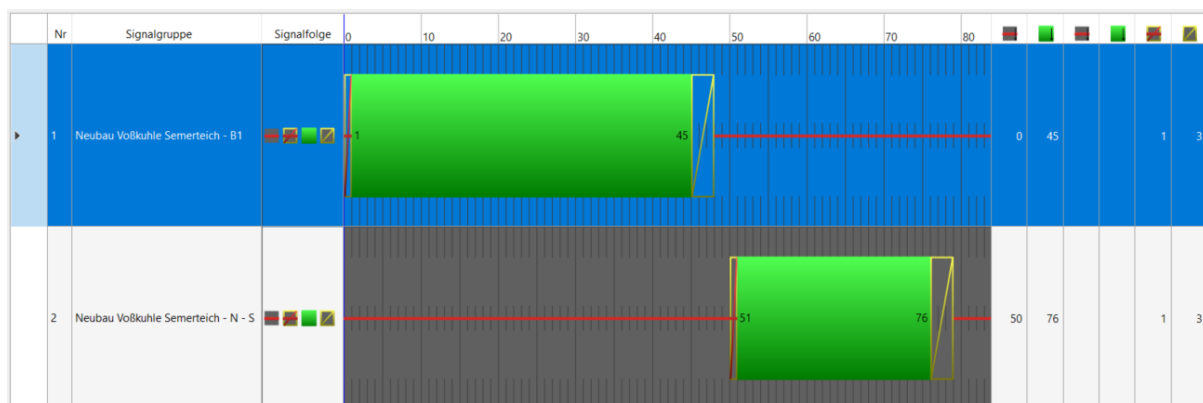


Abbildung 34: Signalprogramm für Morgenspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

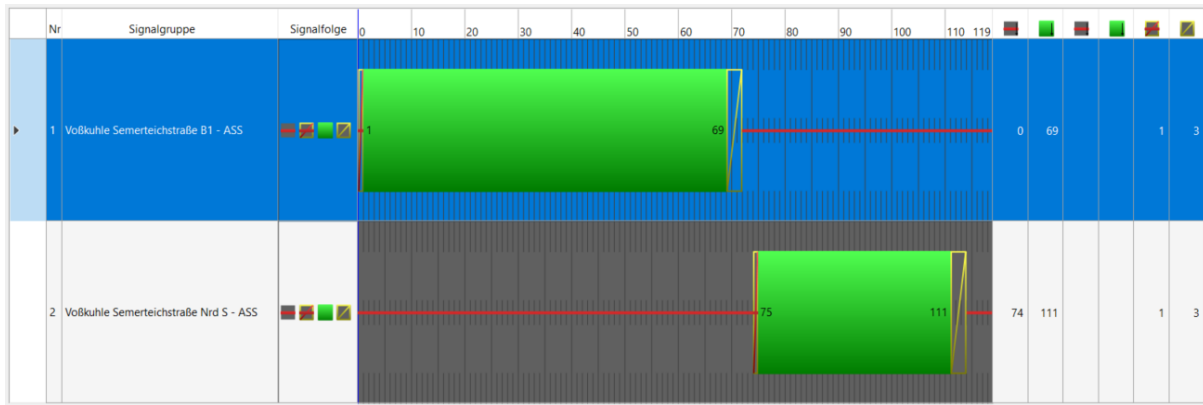


Abbildung 35: Signalprogramm für Abendspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

Der Planfall 1 wird im Folgenden nicht mehr simuliert. Durch den gänzlich nicht leistungsfähigen Knotenpunkt ist dies nicht zielführend. Dafür wird der Planfall 1a simuliert, der im Kapitel 4.1.6 beschrieben und analysiert wird.

4.1.6 Planfall 1a

Der Knotenpunkt ist in der Abendspitzenstunde nur dann leistungsfähig, wenn, wie schon in Kapitel 4.1.5 dargestellt, ein zusätzlicher Fahrstreifen zwischen den Kreisverkehren 1 und 2 geplant wird (Vergleiche **Abbildung 36**).

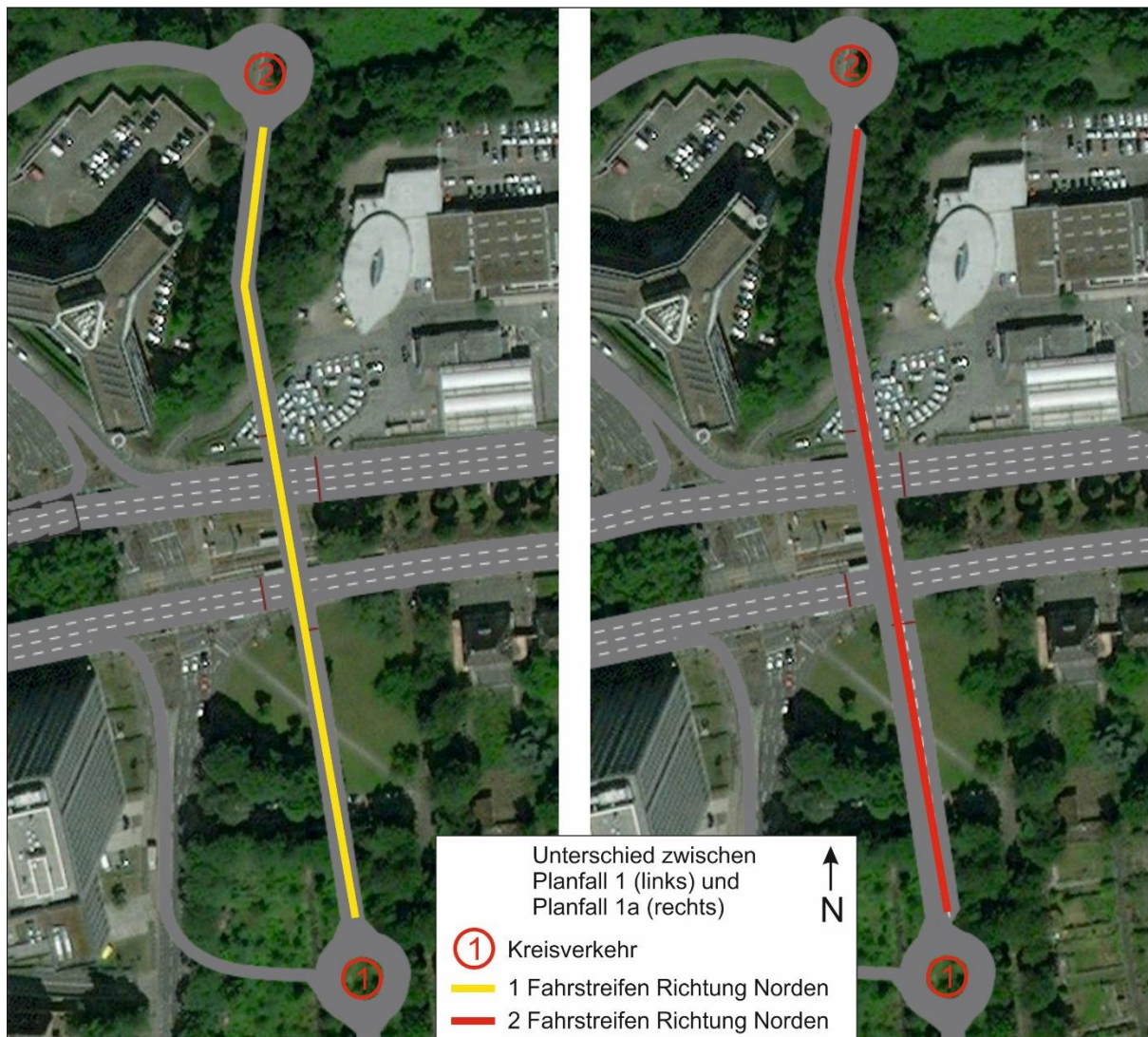


Abbildung 36: Unterschied zwischen Planfall 1 und Planfall 1a [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Umbau PF1 - PF1a.jpg]

Durch den zusätzlichen Fahrstreifen entsteht nicht nur ein höherer Abfluss an der LSA vor der Querung der B1, sondern auch eine verdoppelte Aufstellfläche für Fahrzeuge, sodass die Gefahr eines Rückstaus bis in den Kreisverkehr 1 deutlich geringer wird.

Das Signalprogramm der LSA an der Lübkestraße erhält die gleichen Zwischen- und Freigabezeiten wie das Signalprogramm der LSA an der Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1). Es soll in der Morgenspitzenstunde so vorgeschaltet werden, dass die Fahrzeuge ohne einen weiteren Halt an der LSA der Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) fahren können. In der Abendspitzenstunde wird das Signalprogramm zeitversetzt nach dem Signalprogramm der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) geschaltet, sodass eine Grüne Welle stadtauswärts entsteht. Dadurch soll ein homogener Verkehrsfluss entstehen. Die Progressionsgeschwindigkeit beträgt zwischen 90% und 100% der zulässigen Höchstgeschwindigkeit. In diesem Fall ist eine

Progressionsgeschwindigkeit von 45 km/h angenommen (90%).²⁰ Die Distanz zwischen den beiden Haltelinien ist mit VISSIM abgemessen worden und beträgt circa 682 Meter (Siehe **Abbildung 37**).

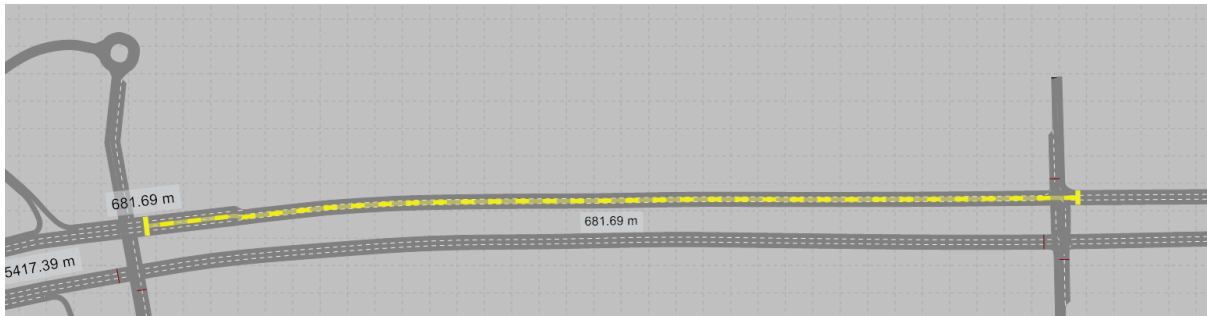


Abbildung 37: Abstand der Haltelinien zwischen der LSA Lübkestraße und der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

Somit ergibt sich ein Zeitunterschied zwischen den beiden Knotenpunkten folgendermaßen:

$$\text{Geschwindigkeit: } \frac{45 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{3,6} = 12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Zeit von Haltelinie LSA Lübkestraße zu Haltelinie LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1): } \frac{682 \text{ m}}{12,5 \text{ m/s}} = 54,56 \text{ s}$$

Das Signalprogramm der LSA Lübkestraße muss 55 Sekunden vor bzw. nach dem Signalprogramm der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) beginnen um eine Grüne Welle zu gewährleisten (Vergleiche **Abbildung 38** und **Abbildung 39**).

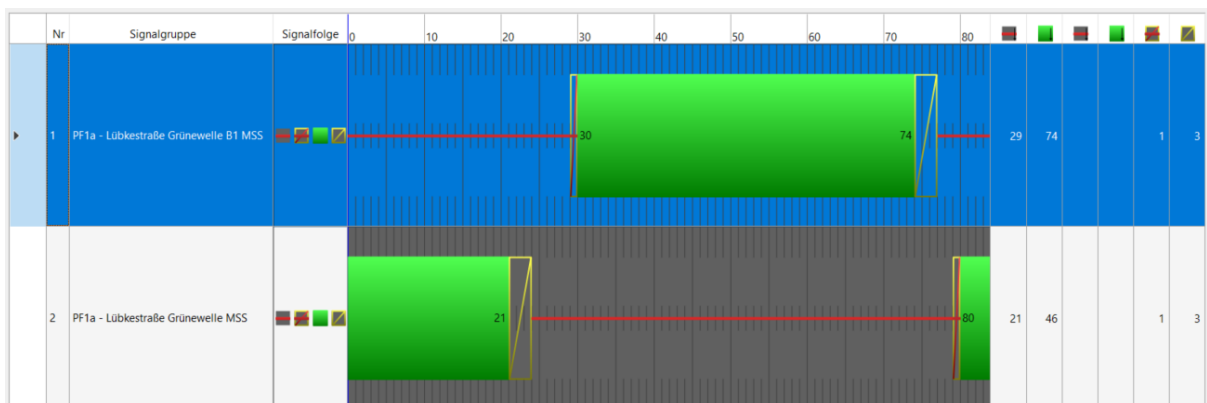


Abbildung 38: Signalprogramm für die Morgenspitzenstunde der LSA Lübkestraße [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

²⁰ Vgl. RiLSA, S. 42-45

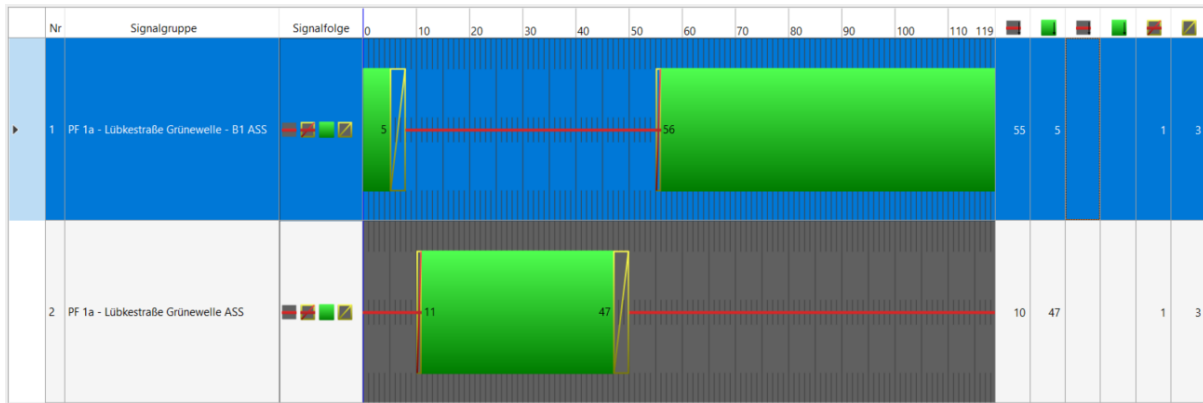


Abbildung 39: Signalprogramm für die Abendspitzenstunde der LSA Lübkestraße [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

4.1.6.1 Anpassung des Signalprogramms

Nachdem erste Simulationen testweise liefen, konnte beobachtet werden, dass die Grüne Welle in der Abendspitzenstunde nicht funktionierte. Immer wieder kam es zwischen der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) und der LSA Lübkestraße zu größeren Rückstaus, die bis in den vorgelagerten Knotenpunkt hineinreichten. Das liegt daran, dass weitere Fahrzeuge von der Voßkuhle und Semerteichstraße auf die B1 in diesen Bereich fahren, wodurch die Verkehrsbelastung erhöht wird. Das Signalprogramm, welches von der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) einfach auf das der LSA Lübkestraße übernommen wurde, muss auf die höhere Belastung angepasst werden. Dafür muss die Freigabezeit für die B1 erhöht und die Freigabezeit der Lübkestraße verringert werden, ohne jedoch die Umlaufzeit zu verändern, damit weiterhin eine Grüne Welle entsteht.

Die Erhöhung der Freigabezeit orientiert sich am prozentualen Zufluss aus Voßkuhle und Semerteichstraße (Vergleiche **Tabelle 6**).

	Kfz/h	Prozentual [%]	Verteilung [%]
Geradeausfahrer B1	3.448	88,10	88,10
Rechtsabbieger Semerteichstraße	95	2,42	11,90
Linksabbieger Voßkuhle	371	9,48	
Gesamt	3.914	100	100

Tabelle 6: Berechnung der prozentualen Verteilung der Verkehrszahlen [Eigene Darstellung]

Somit muss auf die Freigabezeit der B1 11,90 % aufgeschlagen werden. Die Freigabezeit beträgt in der Abendspitzenstunde 68 Sekunden. Folglich wird der Freigabezeit ein Aufschlag von 9 Sekunden hinzugefügt, die der Freigabezeit der Lübkestraße abgezogen werden. Um die Fahrzeuge der Voßkuhle und Semerteichstraße vor den Fahrzeugen der Grünen Welle der B1 passieren zu lassen, werden die 9 Sekunden vor die jetzige Freigabezeit angefügt. Das neue Signalprogramm ist in **Abbildung 40** zu erkennen.

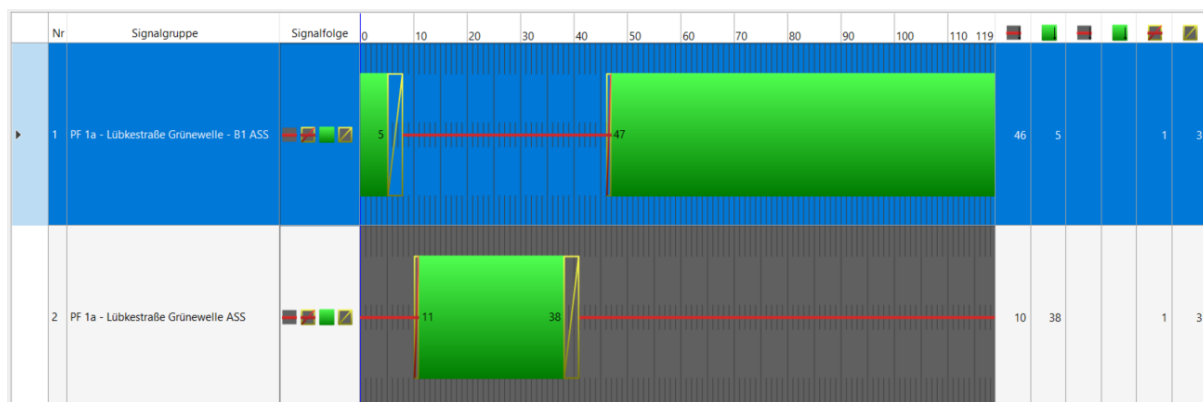


Abbildung 40: Angepasstes Signalprogramm für die Abendspitzenstunde der LSA Lübkestraße [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]:

Nachteil dieser Anpassung ist, dass zwar die Fahrzeuge stadtauswärts eine Grüne Welle erhalten, die Fahrzeuge stadteinwärts jedoch eine erhöhte Freigabezeit an der LSA Lübkestraße erhalten. Dadurch können mehr Fahrzeuge in den Bereich zwischen Lübkestraße und Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1), als durch die LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) abgefertigt werden, da diese eine kürzere Freigabezeit hat. Daraus entstehen in diesem Bereich Rückstaus und Pulkbildungen, die auch über die LSA an der Lübkestraße hinausgehen können. Dennoch wird diese Anpassung durchgeführt, um den maßgebenden stadtauswärts laufenden Verkehr zu stützen.

4.1.6.2 Morgenspitzenstunde

Durch das nicht optimale Signalprogramm in der Morgenspitze werden zwar die Probleme in Fahrtrichtung Osten verringert, die Rückstaus in Fahrtrichtung Westen bleiben jedoch bestehen. Bezogen auf die in Kapitel 4.1.4.1 detektierten und in **Abbildung 26** dargestellten kritischen Punkte, ist Folgendes zunächst qualitativ zu beobachten:

Positiv zu beobachten ist, dass auf der B1 die Probleme in Fahrtrichtung Ost an den kritischen Punkten an der Verflechtung mit der B54 (Kritischer Punkt KP 1), der Gabelung B1 / Ausfahrt Märkischer Straße (KP 2) und dem Linksabbiegerstreifen der B1 Richtung Voßkuhle (KP 3) deutlich geringer werden. Die Rückstaus, ausgehend vom kritischen Punkt 1 sind deutlich kleiner geworden, was dazu führt, dass diese nicht mehr bis in die kritischen Punkte 2 und 3 hineinreichen. Dies führt zu einer vereinfachten Verflechtung in diesen Bereichen, was wiederum den Verkehr deutlich flüssiger laufen lässt.

Ebenfalls positiv zu beobachten ist, dass die Rückstaus auf der Semerteichstraße in Fahrtrichtung Norden (KP 6) deutlich kleiner werden. Lediglich vor dem südlichen Kreisverkehr kommt es zu gelegentlichen kleinen Rückstaus. Hier ist eine deutliche Erhöhung des Verkehrsflusses zu erkennen.

Unverändert bezogen auf das Analyse-Netz der Morgenspitzenstunde ist die Situation auf der B1 in Fahrtrichtung Westen. Stadteinwärts ist, weiterhin eine Pulkbildung zu beobachten. Der Verkehrsfluss ist, besonders vor der LSA Lübkestraße, sehr langsam. Die Probleme der kritischen Punkte 4 und 5 sind weiterhin zu identifizieren. Dies ist auf das nicht optimal abgestimmte Signalprogramm zurückzuführen.

Negativ ist die Entwicklung in der Voßkuhle. Dort werden, im Gegensatz zum Analyse-Fall, deutlich längere Rückstaus beobachtet. Diese treten vor dem neuen Kreisverkehr auf. Im Vorfeld des Kreisverkehrs ist eine Fahrstreifenreduktion vorhanden, bei der die Verkehrsteilnehmer Probleme bei der Einfädelung haben. Zusätzlich sind Probleme beim Einfahren in den Kreisverkehr zu beobachten, was dazu führt, dass der Rückstau des Kreisverkehrs bis in die Einfädelung reicht und somit das Problem an dieser Stelle verschärft.

Auffällig ist, dass die Fahrzeuge der Frensdorffstraße und der Detmar-Mühler-Straße auf Grund der hohen Belastung und der Pulkbildung vor der LSA Lübkestraße große Probleme haben auf die B1 einzufahren.

Quantitativ sind folgende Werte von *VISSIM* gemessen worden:

Die Fahrzeugreisezeit von der Schnettkerbrücke bis zur B236 ist im Durchschnitt, verglichen mit dem Analyse-Fall, auf 473,01 Sekunden gefallen, was einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 43,06 km/h entspricht. In der Gegenrichtung betrug die

Reisezeit 551,79 Sekunden. Das entspricht einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 37,26 km/h. Die Standardabweichung von nur 13,54 Sekunden weist darauf hin, dass die gemessenen Reisezeiten alle sehr nah um den Mittelwert schwanken. Die Reisezeit zwischen LSA Lübkestraße und LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) beträgt im Durchschnitt 95,11 Sekunden, was einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 24,75 km/h entspricht. Daraus ist zu schließen, dass trotz Grüner Welle, in diesem Abschnitt die Geschwindigkeit deutlich unter der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h liegt. In der Gegenrichtung beträgt die mittlere Reisezeit zwischen Gabelung B1 / Ausfahrt Märkische Straße und der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) 142,88 Sekunden. Dies entspricht auf der circa 1.702 langen Strecke einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 42,88 km/h. Daraus erschließt sich, dass die Fahrtrichtung Osten eine deutlich höhere Durchschnittsgeschwindigkeit aufweist. Das liegt zum einen daran, dass in diesem Bereich weniger Fahrzeuge als in Fahrtrichtung West eingespeist worden sind, zum anderen daran, dass das Signalprogramm für die Fahrtrichtung West nicht optimiert werden konnte. Die Semerteichstraße ist im Vergleich zum Analyse-Fall deutlich schneller befahrbar: Hier konnte eine Reisezeit von 121,18 Sekunden gemessen werden, was einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 28,89 km/h entspricht. Die Voßkuhle ist, deutlich langsamer zu befahren. Hier ist die Reisezeit auf 343,64 Sekunden gestiegen, was auf der 767 Meter langen Strecke zu einer Durchschnittsgeschwindigkeit von knapp 8 km/h führt.

Die Querschnittsmessungen ergeben leicht verbesserte Werte als im Analyse-Fall. So erreichen in der Morgenspitzenstunde auf der B1 in Fahrtrichtung West durchschnittlich 3.294 (800 weniger als errechnet) Fahrzeuge den Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1). In der Gegenrichtung erreichen 3.439 Fahrzeuge den Knotenpunkt (100 weniger als errechnet). Die Abweichung ist, insbesondere in Fahrtrichtung Ost, deutlich geringer als im Analyse-Fall. Auch der Belegungsgrad ist in Fahrtrichtung Ost auf durchschnittlich 40,12% gesunken. In Fahrtrichtung West liegt der Belegungsgrad bei 55,04%. Beide erhöhten Werte weisen auf ein hohes Verkehrsaufkommen hin, wobei der hohe Belegungsgrad in Fahrtrichtung West dabei auf eine überstaute Straße hinweist.

Die Verlustzeiten zum Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) sind sehr aufschlussreich. Die Verlustzeit der Semerteichstraße beträgt durchschnittlich 41,72 Sekunden und die der Voßkuhle 291,07 Sekunden. Verglichen mit dem Analyse-Netz, haben sich nun die Probleme gewendet. Die Semerteichstraße hat eine sehr positive Entwicklung durchgemacht, wo hingehend die Voßkuhle eine deutlich schlechtere Entwicklung aufweist. Die Verlustzeit zwischen Gabelung B1 / Ausfahrt Märkischer Straße und dem zu untersuchenden Knotenpunkt beträgt im Mittel 39,66 Sekunden, und in der Gegenrichtung ab Lübkestraße 50 Sekunden. Dies bedeutet, dass die Zuflüsse aus der Semerteichstraße und beide Zuflüsse der B1 mit einer Qualitätsstufe C bewertet werden können. Der Zufluss muss aus der Voßkuhle jedoch mit einem F bewertet werden.

4.1.6.3 Abendspitzenstunde

Das LSA-Signalprogramm für die Abendspitzenstunde weist nach RiLSA eine für beide Fahrrichtungen auf der B1 eine leistungsfähige Umlaufzeit auf. Diese liegt am oberen Ende der in Ausnahmefällen zulässigen Werte.

Positiv festzuhalten ist, dass die Semerteichstraße deutlich weniger überstaut ist, als im Analyse-Fall zu beobachten ist. Der Rückstau, der im Analyse-Fall noch bis zum Zufluss im Süden gereicht hat, ist nun deutlich kürzer und reicht nur temporär über den südlichen Kreisverkehr hinaus. Der kritische Punkt 6 wird damit eliminiert.

Nur leicht verbessert hat sich die Situation an den kritischen Punkten 4 und 5. Hier sind zwar weiterhin große Rückstaus samt Pulkbildung auf der B1 in Fahrrichtung West zu erkennen, dennoch ist der Rückstau nicht so lang wie im Analyse Fall der Abendspitzenstunde. Auffällig ist, dass die Pulkbildung vor der LSA Lübkestraße sehr ausgeprägt ist, nach der LSA Lübkestraße und vor der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) aber fast gänzlich verschwindet. Dies liegt daran, dass die beiden LSA das gleiche Signalprogramm besitzen und an der LSA Lübkestraße nur so viele Fahrzeuge durchgelassen werden können, wie auch an der folgenden LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) passieren können.

Unverändert ist die Situation der B1 in Fahrrichtung Ost. Hier sind weiterhin große Rückstaus bis zum Knotenpunkt B1 / B54 zu beobachten, weswegen die kritischen Punkte 1 und 2 keine Verbesserung zeigen.

Negativ ist, wie schon in der Morgenspitzenstunde beobachtet, die Entwicklung des Rückstaus in der Voßkuhle. Dort sind vor dem Kreisverkehr lange Rückstaus zu beobachten, die teilweise bis hinter die Bahnunterführung im Norden reichen. Die Probleme treten, wie in der Morgenspitzenstunde, bei der Einfädelung in den Kreisverkehr auf.

Auffällig ist auch hier, dass die Fahrzeuge der Frensdorffstraße und der Detmar-Mühler-Straße auf Grund der hohen Belastung und der Pulkbildung vor der LSA Lübkestraße große Probleme haben auf die B1 einzufahren.

Quantitativ sind folgende von *VISSIM* gemessenen Werte für die Analyse wichtig:

Die Fahrzeugreisezeit von der Schnettkerbrücke bis zur B236 ist im Mittel, verglichen mit dem Analyse-Fall, auf 444,46 Sekunden gefallen, was einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 45,86 km/h entspricht. Die Standardabweichung beträgt lediglich 23,92 Sekunden, was dafürspricht, dass die gemessenen Werte alle nah um den Mittelwert streuen. In der Gegenrichtung betrug die Reisezeit 597,84 Sekunden. Das entspricht einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 34,38 km/h. Die Standardabweichung von nur 23,64

Sekunden weist darauf hin, dass die gemessenen Reisezeiten alle sehr nah um den Mittelwert schwanken. Die Reisezeit zwischen LSA Lübkestraße und LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) beträgt im Durchschnitt 153,20 Sekunden, was einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 15,37 km/h entspricht. Daraus lässt sich entnehmen, dass in diesem Abschnitt die Geschwindigkeit deutlich unter der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h liegt. Bei einer Standardabweichung von 0,6 Sekunden ist zu erkennen, dass nahezu jedes Fahrzeug die Zeit von 153,20 Sekunden braucht. In der Gegenrichtung beträgt die mittlere Reisezeit zwischen Gabelung B1 / Ausfahrt Märkische Straße und der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) 168,86 Sekunden. Dies entspricht auf der circa 1.702 langen Strecke einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 36,29 km/h. Daraus resultiert, dass die Fahrtrichtung Osten eine deutlich höhere Durchschnittsgeschwindigkeit aufweist als die Fahrtrichtung West. Die Semerteichstraße ist im Vergleich zum Analyse-Fall deutlich schneller befahrbar: Hier konnte eine Reisezeit von 124,68 Sekunden gemessen werden, was einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 30,40 km/h entspricht. Die Voßkuhle ist deutlich langsamer zu befahren. Hier ist die Reisezeit auf 260,55 Sekunden gestiegen, was auf der 767 Meter langen Strecke zu einer Durchschnittsgeschwindigkeit von knapp 10,60 km/h führt.

Die Querschnittsmessungen ergeben verbesserte Werte als im Analyse-Fall. So erreichen in der Morgenspitzenstunde auf der B1 in Fahrtrichtung West durchschnittlich 3.428 (100 weniger als errechnet) Fahrzeuge den Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1). In der Gegenrichtung erreichen 3.497 Fahrzeuge den Knotenpunkt (200 weniger als errechnet). Die Abweichung ist deutlich geringer als im Analyse-Fall. Auch der Belegungsgrad ist in Fahrtrichtung Ost auf durchschnittlich 47,47% gesunken. In Fahrtrichtung West liegt der Belegungsgrad bei 60,80%. Beide erhöhten Werte weisen auf ein hohes Verkehrsaufkommen hin, wobei der hohe Belegungsgrad in Fahrtrichtung West dabei auf eine überstaute Straße hinweist.

Die Verlustzeiten zum Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) sind sehr aufschlussreich. Die Verlustzeit der Semerteichstraße beträgt durchschnittlich 45,36 Sekunden und die der Voßkuhle 208,03 Sekunden. Verglichen mit dem Analyse-Netz, hat sich die Problematik verändert. Die Semerteichstraße hat eine sehr positive Entwicklung aufzuweisen, wo hingehend die Voßkuhle eine deutlich schlechtere Entwicklung aufweist. Die Verlustzeit zwischen Gabelung B1 / Ausfahrt Märkischer Straße und dem zu untersuchenden Knotenpunkt beträgt im Mittel 51,35 Sekunden, und in der Gegenrichtung ab Lübkestraße 108,27 Sekunden. Dies bedeutet, dass der Zufluss aus Semerteichstraße mit Qualitätsstufe C, die beide Zuflüsse der B1 mit der Qualitätsstufe E und Zufluss aus der Voßkuhle mit der Qualitätsstufe F bewertet werden können.

4.1.6.4 Erkenntnisse aus Planfall 1a

Eine erste Erkenntnis ergibt sich schon bei der Berechnung des Signalprogramms der Morgenspitzenstunde. Für die berechnete Verkehrsbelastung, die im Analyse-Netz simuliert worden ist, kann kein leistungsfähiges Signalprogramm entwickelt werden. Das führt dazu, dass in der Morgenspitzenstunde zwar der stadtauswärts fahrende Verkehr sehr positiv auf den Umbau des Knotenpunkts Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) anspricht, der maßgebende stadteinwärts fahrende Verkehr jedoch weiterhin sehr starke Rückstaus aufweist.

Ein weiteres Problem, welches beim Analyse-Netz nicht aufgetreten ist, ist der große Rückstau auf der Voßkuhle. Sollten in diesem Bereich in den folgenden Simulationen weiterhin Probleme auftreten, ist zu diskutieren ob ein Bypass für die Fahrzeuge, die den Kreisverkehr Richtung B1 Fahrtrichtung West überqueren möchten, sinnvoll ist. Dabei muss jedoch bedacht werden, dass, sollte die nördliche Semerteichstraße an den Knotenpunkt angeschlossen werden, es zu einer Verlagerung der Verkehr von der Voßkuhle auf die nördliche Semerteichstraße führen könnte. Das könnte zur Folge haben, dass der Bypass nicht mehr benötigt wird. Dazu ist eine Untersuchung der Verlagerung des Verkehrs, bspw. Mit PTV VISUM, wichtig.

Weiter sind die Fahrzeuge der Frensdorffstraße und der Detmar-Mühler-Straße sehr stark beim Einfahren auf die B1 beeinträchtigt. Dies liegt zum einen an der hohen Verkehrsbelastung, zum anderen an der Pulkbildung in diesem Bereich. Dadurch können die Fahrzeuge nur sehr schlecht auf die B1 auffahren.

Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass der Umbau des Knotenpunkts und die Anpassung des Signalprogramms zu einer Verbesserung des Verkehrsflusses, insbesondere auf der Semerteichstraße und in der Morgenspitzenstunde auf der B1 in Fahrtrichtung Ost, führen. Dennoch sind weitere, in Planfall 2 simulierte, Maßnahmen notwendig, um den Knotenpunkt für alle Verkehrsteilnehmer leistungsfähig zu machen.

4.1.7 Planfall 2

Der Planfall 2 basiert, entgegen der ersten Überlegungen und in Kapitel 3.2.4 beschrieben, auf dem Planfall 1a.

Bevor der Planfall 2 simuliert werden kann, muss zunächst die veränderte Verkehrsbelastung durch die beiden Pfortner bestimmt und das Signalprogramm für die LSA am Morgen und am Abend errechnet werden.

4.1.7.1 Routenveränderungen

Die Erkenntnis aus den Berechnungen zu Planfall 1 und 1a ist, dass die Verkehrsbelastung am Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) in Fahrtrichtung West zu hoch ist, um ein leistungsfähiges Signalprogramm zu entwerfen. Ziel ist es nun,

insbesondere mit Hilfe der beiden Pförtner, die Verkehrsbelastung auf der B1 im Abschnitt zwischen der B54 und B236 zu verringern. Dazu wird das Verhältnis der Ausfahrenden / Geradeausfahrer mit Hilfe der Routenentscheidungen wie in **Tabelle 7** verändert:

	Ausfahrt B54 FR Süd	Geradeausfahrer B54 FR Ost	Ausfahrt B236 FR Nord / Süd	Geradeausfahrer B236 FR West
Analyse / PF1 MSS	2.567	698	80	20
Planfall 2 MSS	1.959	1.306	60	40
Analyse / PF1 ASS	2.189	561	80	20
Planfall 2 ASS	1.650	1.100	60	40

Tabelle 7: Veränderung der Routenentscheidungen im Planfall 2 [Quelle: Eigene Darstellung]

Mit diesen Routenentscheidungen wird die Anzahl der Fahrzeuge verdoppelt, die die B1 auf die B54 bzw. B236 verlassen. Gleichzeitig wird die Anzahl der Fahrzeuge, die in den Abschnitt zwischen der B54 und B236 einfahren, um 25 % verringert. Dadurch gelangen weniger Fahrzeuge zum Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1), wodurch der Knotenpunkt leistungsfähig werden soll.

Die daraus resultierenden neuen Verkehrsbelastungen sind der **Abbildung 41** und **Abbildung 42** zu entnehmen.

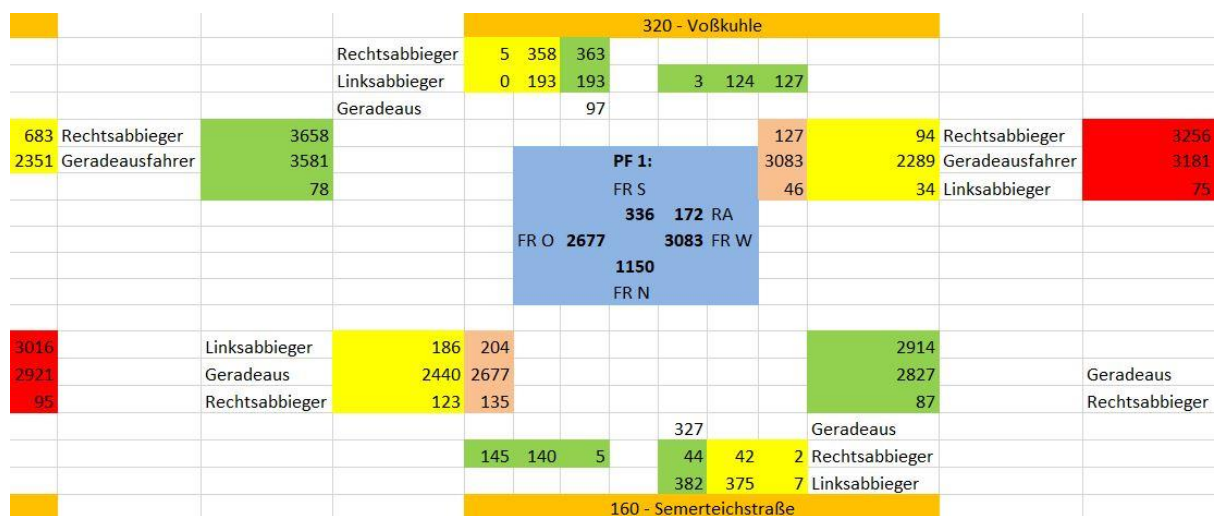


Abbildung 41: Berechnung der Verkehrsbelastung der Morgenspitzenstunde – Planfall 2 [Quelle: Eigene Berechnung – Anhang: Berechnung Verkehrszahlen.xlsx]

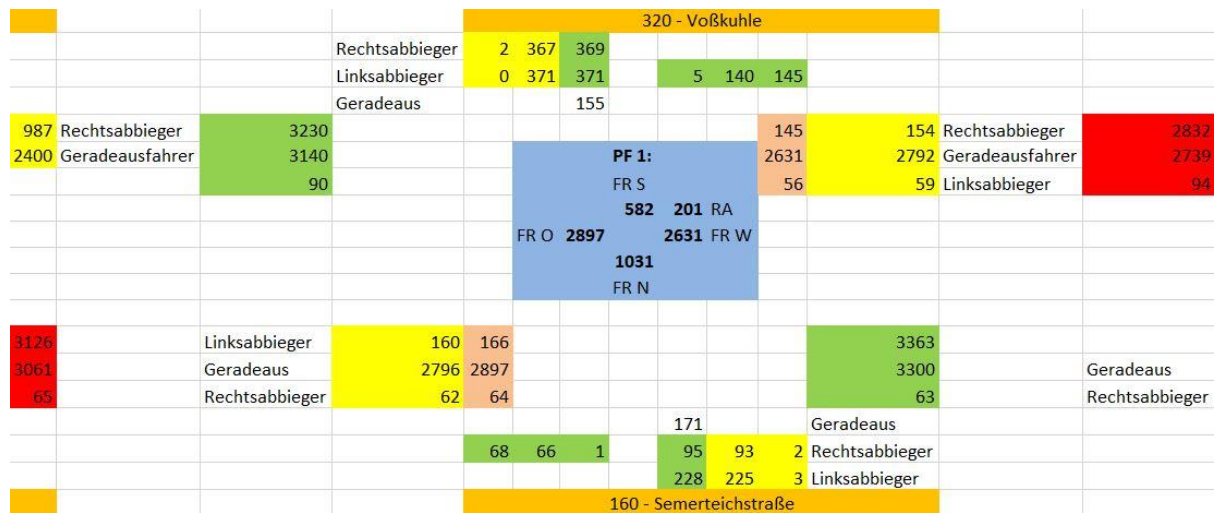


Abbildung 42: Berechnung der Verkehrsbelastung der Abendspitzenstunde – Planfall 2 [Quelle: Eigene Berechnung – Anhang: Berechnung Verkehrszahlen.xlsx]

Daraus entsteht eine Reduzierung der Verkehrsbelastungen auf der B1 (Siehe **Tabelle 8**).

	Planfall 1 MSS	Planfall 2 MSS	Differenz MSS	Planfall 1 ASS	Planfall 2 ASS	Differenz ASS
Rechtsabbieger (RA)	215	172	44	254	201	53
FR W	3.837	3.083	754	3.330	2.631	700
FR O	3.136	2.677	459	3.448	2.897	551

Tabelle 8: Veränderung der Routenentscheidungen im Planfall 2 [Quelle: Eigene Darstellung]

4.1.7.2 Probleme und Lösungen der Routenveränderungen

Nachdem einige Testsimulationenläufe gestartet wurden, fielen zwei Problembereiche bei den Simulationenläufen auf, die analog zu den Routenproblemen an der Gabelung B1 / Ausfahrt Märkische Straße verlaufen.

1. Ausfahrt B236
2. Ausfahrt B54

An beiden Bereichen stößt man auf folgendes Problem: Da auch hier die Routenentscheidung nur querschnittsbezogen ist und auf Grund von Zuflüssen und Abflüssen erst sehr spät vor der Ausfahrt getroffen werden kann, können sich die Fahrzeuge nur sehr spät einordnen. Das führt dazu, dass in den simulierten Spitzenzeiten 40 % (Der veränderte Ausfahrt-Wert) der Fahrzeuge von der linken Spur auf die Abbiegespur fahren. Dies lässt den Verkehr an dieser Stelle extrem stocken, was wiederum einen großen Rückstau entstehen lässt. Da aber in der Realität nicht 40 % der Fahrzeuge von der linken Spur auf die Abbiegespur fahren, sondern sich früher einordnen würden, muss der Anteil der Ausfahrenden reduziert werden, um einen realistischen Verkehrsfluss zu generieren. In diesem Fall wird der Anteil der Ausfahrenden wieder wie in Planfall 1a auf 20 % gesetzt.

Gleichzeitig wird der Zufluss so reduziert, dass der Durchfluss der Geradeausfahrer trotz gestiegenem Anteil gleichbleibt, da ansonsten der Nutzen des Pfortners wegfallen würde. Dabei kann wiederum das Excel-Tool helfen, mit dessen Hilfe abgelesen werden kann, wie viele Fahrzeuge bei einer 60/40-Verteilung weiter über die B1 fahren würden. Dementsprechend muss der Zufluss im Osten und Westen, auch für den Vor- und Nachlauf, angepasst werden. In der Auswertung wird über Detektoren kontrolliert, ob die Verkehrsbelastung korrekt ist. Zu vernachlässigen ist, dass durch diese Umverteilung und Verringerung der Verkehrsbelastung die Verkehrsbelastung auf der Abbiegespur deutlich zurückgeht. Dies ist für diese Simulation nicht relevant, da das Augenmerk auf den Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) liegt.

„Alter Anteil“ mein die Anteile aus Kapitel 4.1.7.1.

„Neuer Anteil“ meint die in diesem Kapitel veränderten Anteile.

	Alter Anteil	Neuer Anteil	Verkehrsbelastung (Alter Anteil) [Kfz]	Verkehrsbelastung (Neuer Anteil) [Kfz]	Prozentual [%]
B1 FR West	60	80	2.460	2.460	100,0
Ausfahrt B236	40	20	1.640	615	37,5
Gesamt FR West			4.100	3.075	75,0
B1 FR Ost	1.959	2.567	1.969	1.969	100
Ausfahrt B54	1.306	698	702	536	76,3
Gesamt (+LA) FR Ost	<i>LA</i> 465	<i>LA</i> 465	3.749	2.861	76,3

Tabelle 9: Anteilsberechnung Morgenspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung]

$$\text{Gesamt FR West} = 0,6 * 4.100 = 0,8 * X \triangleq \frac{2.460}{0,8} = X \rightarrow X = 3.075$$

$$\text{Ausfahrt B236} = \frac{2.460}{80} * 20 = 615$$

$$\text{Anteil Geradeausfahrer B1: } \frac{1.959}{465 + 1959 + 1306} = 0,5252$$

$$\text{Anteil Geradeausfahrer B1 (Neuer Antei): } \frac{2.567}{465 + 2567 + 698} = 0,6882$$

$$\text{Anteil Ausfahrer B54: } \frac{698}{465 + 2567 + 698} = 0,1871$$

$$\text{Anteil Linksabbieger B54: } \frac{465}{465 + 2567 + 698} = 0,1246$$

$$\text{Gesamt FR Ost} = 0,5252 * 3.749 = 0,6882 * X \triangleq 3.576/0,8 = X \rightarrow X = 2.861$$

$$\text{Ausfahrt B54} = \frac{2.861}{100} * 18,71 = 536$$

$$\text{Linksabbieger B54: } \frac{2.861}{100} * 12,46 = 357$$

	Alter Anteil	Neuer Anteil	Verkehrsbelastung (Alter Anteil) [Kfz]	Verkehrsbelastung (Neuer Anteil) [Kfz]	Prozentual [%]
B1 FR West	60	80	2.323	2.323	100,0
Ausfahrt B236	40	20	1.549	581	37,5
Gesamt FR West			3.872	2.904	75,0
B1 FR Ost	1.650	2.189	2.411	2.411	100,0
Ausfahrt B54	1100	561	1.868	645	34,5
Gesamt (+LA) FR Ost	LA 446	LA 446	4.671	3.672	78,6

Tabelle 10: Anteilsberechnung Abendspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung]

$$\text{Gesamt FR West} = 0,6 * 3.872 = 0,8 * X \triangleq \frac{2.323,2}{0,8} = X \rightarrow X = 2.904$$

$$\text{Ausfahrt B236} = \frac{2.323}{80} * 20 = 581$$

$$\text{Anteil Geradeausfahrer B1: } \frac{1.650}{1.650 + 1.100 + 446} = 0,5163$$

$$\text{Anteil Geradeausfahrer B1 (Neuer Anteil): } \frac{2.189}{446 + 2.189 + 561} = 0,6567$$

$$\text{Anteil Ausfahrer B54: } \frac{561}{446 + 2.189 + 561} = 0,1755$$

$$\text{Anteil Linksabbieger B54: } \frac{465}{465 + 2567 + 698} = 0,1683$$

$$\text{Gesamt FR Ost} = 0,5163 * 4.671 = 0,6567 * X \triangleq 2.937,6/0,8 = X \rightarrow X = 3.672$$

$$\text{Ausfahrt B54} = \frac{3.672}{100} * 17,55 = 645$$

$$\text{Linksabbieger B54: } \frac{3.672}{100} * 16,83 = 618$$

Dementsprechend müssen die Zuflüsse und die Routenentscheidungen in der Simulation angepasst werden.

4.1.7.2 Signalprogramm

Das Signalprogramm wird nach RiLSA mit den neuen Verkehrszahlen aus **Tabelle 8** berechnet. Die Zwischenzeiten bleiben dabei wie im Planfall 1a.

$$t_{U,min,MSS} = \frac{15}{1 - \left(\frac{3.083/3}{2.000} + \frac{575}{2.000}\right)} = \frac{15}{1 - (0,514 + 0,288)} = \frac{15}{0,198} = 83,33 \text{ s} \rightarrow 84 \text{ s}$$

$$t_{U,min,ASS} = \frac{15}{1 - \left(\frac{2.897/3}{2.000} + \frac{582}{2.000}\right)} = \frac{15}{1 - (0,483 + 0,291)} = \frac{15}{0,226} = 66,37 \text{ s} \rightarrow 67 \text{ s}$$

$$t_{U,erf,MSS} = \frac{15}{1 - \left(\frac{3.083/3}{0,9 * 2.000} + \frac{575}{0,9 * 2.000}\right)} = \frac{15}{1 - (0,571 + 0,319)} = \frac{15}{0,11} = 136,36 \text{ s} \rightarrow 137 \text{ s}$$

$$t_{U,erf,ASS} = \frac{15}{1 - \left(\frac{2.897/3}{0,9 * 2.000} + \frac{582}{0,9 * 2.000}\right)} = \frac{15}{1 - (0,536 + 0,323)} = \frac{15}{0,14} = 106,38 \text{ s} \rightarrow 107 \text{ s}$$

$$t_{U,opt,MSS} = \frac{1,5 * 15 + 5}{1 - \left(\frac{3.083/3}{2.000} + \frac{575}{2.000}\right)} = \frac{27,5}{1 - (0,514 + 0,288)} = \frac{27,5}{0,198} = 138,88 \text{ s} \rightarrow 139 \text{ s}$$

$$t_{U,opt,ASS} = \frac{1,5 * 15 + 5}{1 - \left(\frac{2.897/3}{2.000} + \frac{582}{2.000}\right)} = \frac{27,5}{1 - (0,483 + 0,291)} = \frac{27,5}{0,226} = 121,68 \text{ s} \rightarrow 122 \text{ s}$$

Die minimale Umlaufzeit in der Morgen- und Abendspitzenstunde ist mit der berechneten Verkehrsbelastung nach RiLSA umsetzbar.

Die Freigabezeiten werden folgendermaßen berechnet:

$$t_{F,erf,1,MSS} = \frac{3.083/3 * 84}{2.000} = 43,16 \rightarrow 44 \text{ s}$$

$$t_{F,erf,1,ASS} = \frac{2.897/3 * 67}{2.000} = 32,34 \rightarrow 32 \text{ s}$$

$$t_{F,erf,2,MSS} = \frac{575 * 84}{2.000} = 24,15 \rightarrow 25 \text{ s}$$

$$t_{F,erf,2,ASS} = \frac{596 * 67}{2.000} = 19,96 \rightarrow 20 \text{ s}$$

Aus der Formel ist für die Morgenspitzenstunde $t_{U,MSS} = 84 = 44 + 25 + 15 = 84$ zu entnehmen, dass keine Reserven vorhanden sind. Das Signalprogramm kann so eingebaut werden.

Aus der Formel ist für die Abendspitzenstunde $t_{U,MSS} = 67 = 32 + 20 + 15 = 67$ zu entnehmen, dass keine Reserven vorhanden sind. Das Signalprogramm kann so eingebaut werden.

Somit ergeben sich folgende Signalprogramme für die LSA:

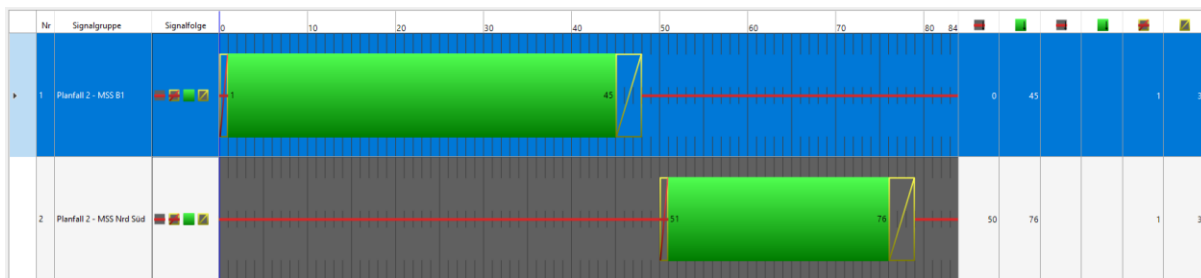


Abbildung 43: Signalprogramm für die Morgenspitzenstunde – Planfall 2 [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

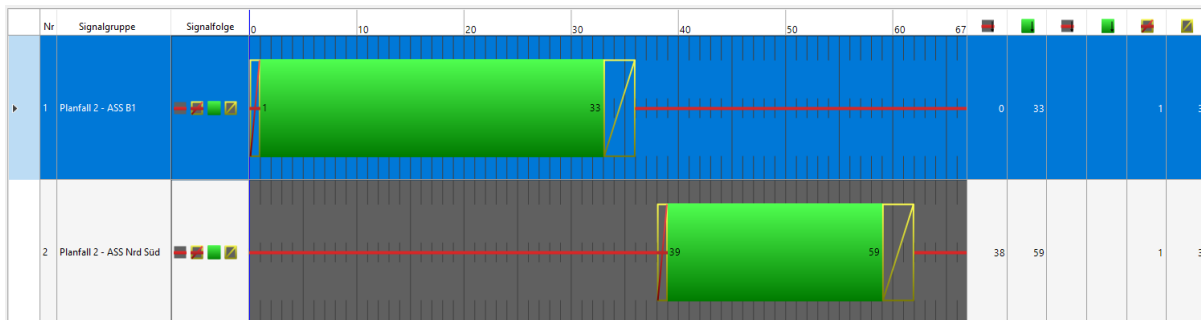


Abbildung 44: Signalprogramm für die Abendspitzenstunde – Planfall 2 [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

Das Signalprogramm der LSA an der Lübkestraße und der Max-Eyth-Straße erhält zunächst die gleichen Zwischen- und Freigabezeiten wie das Signalprogramm der LSA am Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1). Es soll in der Morgenspitzenstunde so vorgeschaltet werden, dass die Fahrzeuge ohne einen weiteren Halt an der LSA der Lübkestraße und Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) fahren können. In der Abendspitzenstunde soll die Grüne Welle in Richtung Osten verlaufen, da die maßgebende Belastung abends stadtauswärts vorhanden ist. Dadurch soll ein homogener Verkehrsfluss entstehen. Die Progressionsgeschwindigkeit beträgt zwischen 90% und 100% der zulässigen Höchstgeschwindigkeit. In diesem Fall wird eine Progressionsgeschwindigkeit von 45 km/h angenommen (90%).²¹ Die Distanz in Fahrtrichtung West zwischen den beiden Haltelinien an der Max-Eyth-Straße und Lübkestraße ist mit VISSIM abgemessen worden und beträgt circa 493 Meter (Siehe **Abbildung 45**). Die Distanz zwischen den Haltelinien der Lübkestraße und Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) beträgt 682 Meter (Siehe **Abbildung 37**).

²¹ Vgl. RiLSA, S. 42-45



Abbildung 45: Abstand der Haltelinien zwischen der LSA Max-Eyth-Straße und der LSA Lübkestraße
 [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

Es ergibt sich ein Zeitunterschied zwischen den beiden Knotenpunkten folgendermaßen:

$$\text{Geschwindigkeit: } \frac{45 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{3,6} = 12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Zeit von Haltelinie LSA Max-Eyth-Straße zu Haltelinie LSA Lübkestraße: } \frac{493 \text{ m}}{12,5 \text{ m/s}} = 39,44 \text{ s}$$

Die Freigabezeiten müssen auch im Planfall 2 für die Abendspitzenstunde angepasst werden (Begründung siehe Kapitel 4.1.6.1).

	Kfz/h	Prozentual [%]	Verteilung [%]
Geradeausfahrer B1	2.897	86,15	86,15
Rechtsabbieger Semerteichstraße	95	2,82	13,85
Linksabbieger Voßkuhle	371	11,03	
Gesamt	3.363	100	100

Tabelle 11: Berechnung der prozentualen Verteilung der Verkehrszahlen [Eigene Darstellung]

Folglich muss auf die Freigabezeit der B1 13,85 % aufgeschlagen werden. Die Freigabezeit beträgt in der Abendspitzenstunde 32 Sekunden. Dadurch wird der Freigabezeit ein Aufschlag von 5 Sekunden hinzugefügt, die der Freigabezeit der Lübkestraße abgezogen werden. Um die Fahrzeuge der Voßkuhle und Semerteichstraße vor den Fahrzeugen der Grünen Welle der B1 passieren zu lassen, werden die 5 Sekunden vor die jetzige Freigabezeit angefügt.

Somit muss das Signalprogramm der LSA Max-Eyth-Straße 40 Sekunden vor bzw. nach dem Signalprogramm der LSA Lübkestraße beginnen, um eine Grüne Welle zu gewährleisten (Vergleiche **Abbildung 47** und **Abbildung 49**). Das Signalprogramm der LSA Lübkestraße beginnt in der Morgenspitzenstunde 55 Sekunden vor dem Signalprogramm der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) und in der

Abendspitzenstunde, auf Grund der verlängerten Freigabezeit, 50 Sekunden nach der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1).

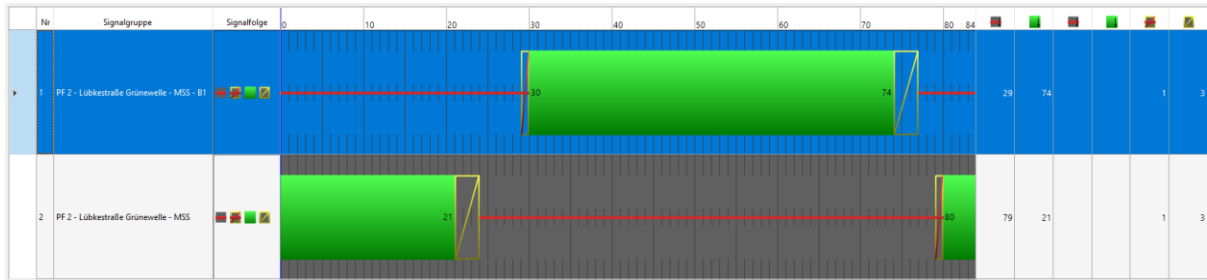


Abbildung 46: Signalprogramm der LSA Lübkestraße in der Morgenspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

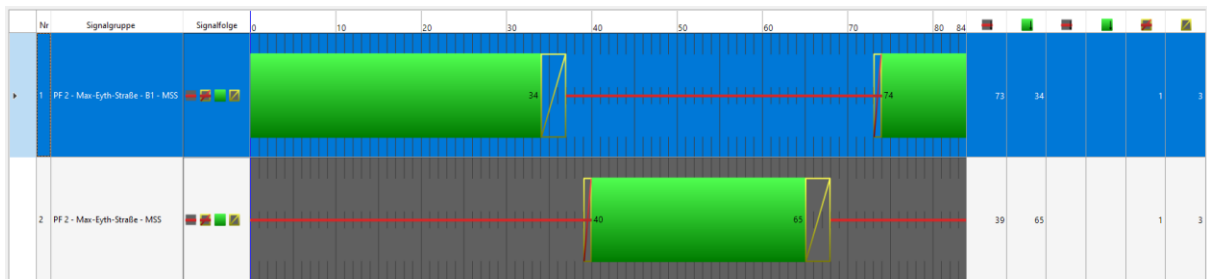


Abbildung 47: Signalprogramm der LSA Max-Eyth-Straße in der Morgenspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

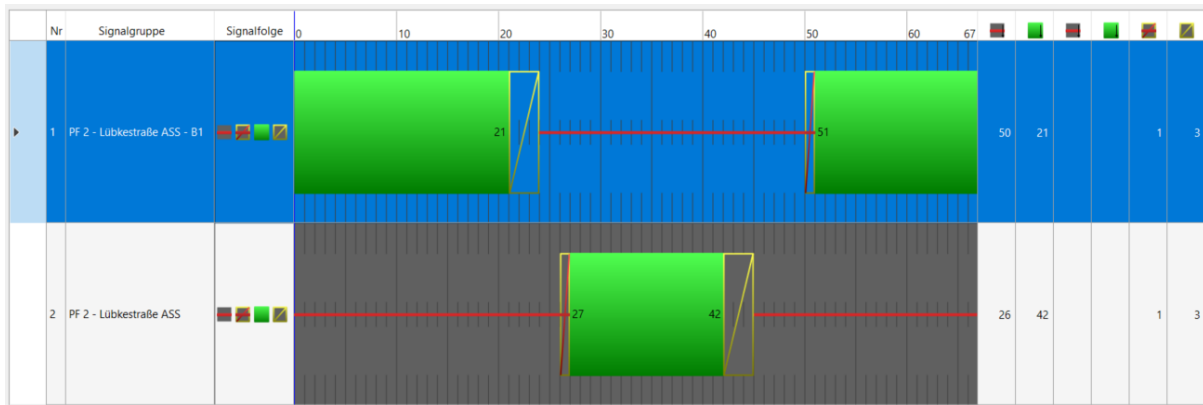


Abbildung 48: Signalprogramm der LSA Lübkestraße in der Abendspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

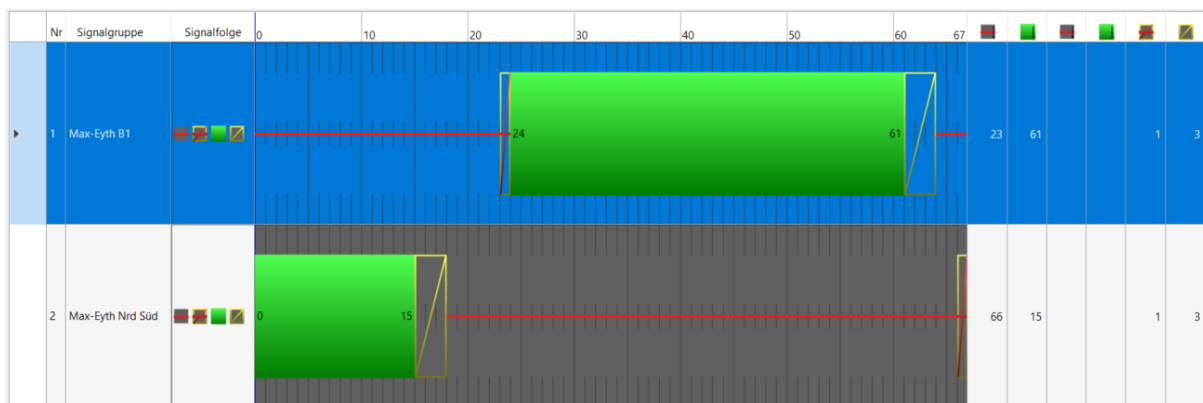


Abbildung 49: Signalprogramm der LSA Max-Eyth-Straße in der Abendspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

4.1.7.3 Morgenspitzenstunde

Planfall 2 zeigt, dass nahezu alle, im Vorfeld als kritische Punkte identifizierten, Problembereiche wegfallen.

Qualitativ ist folgendes zu beobachten.

Auf Grund der verringerten Verkehrsbelastung infolge des Baus der beiden Pförtner, kann die B1 ohne große Rückstaus und Pulkbildungen fließen. An der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) kommt es in Fahrtrichtung Ost zu keinen Rückstaus mehr, sodass diese nicht in die kritischen Bereiche an der B54 sowie der Verflechtung von B1 / Ausfahrt Märkische Straße reichen. Dadurch kommt es in dieser Fahrtrichtung an den kritischen Punkten 1 – 3 zu keinen verkehrsflussbelastenden Situationen. Des Weiteren ist auch auf der B1 in Fahrtrichtung West eine deutliche Verbesserung des Verkehrsflusses zu beobachten. Auch hier sind keine großen Rückstaus mehr beobachtbar – weder am kritischen Punkt 4, noch am kritischen Punkt 5. Auch der Rückstau auf der Semerteichstraße ist deutlich zurückgegangen. Waren im Analyse-Netz noch lange Rückstaus bis zum Zufluss zu erkennen, sind diese nun fast gänzlich

verschwunden. Einzig der Rückstau auf der Voßkuhle ist vor dem Kreisverkehr sehr hoch. Dieser staut sich teilweise bis hinter die Bahnunterführung im Norden.

Quantitativ ist folgendes festzuhalten:

Die Fahrzeugreisezeit beträgt von B236 bis Schnettkerbrücke durchschnittlich 431,46 Sekunden, was bei einer Strecke von knapp 5.710 Metern eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 47,64 km/h beträgt. In der Gegenrichtung beträgt die Fahrzeugreisezeit 413,71 Sekunden. Dies entspricht einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 49,23 km/h. Die Fahrzeugreisezeiten vor der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) betragen in Fahrtrichtung Ost ab der Gabelung B1 / Ausfahrt Märkische Straße 137,01 Sekunden und in Fahrtrichtung West ab LSA Lübkestraße 53,80 Sekunden. Die Durchschnittsgeschwindigkeit beträgt für die Fahrtrichtung Ost 36,02 km/h und in Fahrtrichtung West 43,76 km/h. Die Reisezeit für die Semerteichstraße beträgt 117,02 Sekunden (durchschnittlich 32,39 km/h). Lediglich die Reisezeit der Voßkuhle ist, wie auch schon qualitativ beobachtet, deutlich höher als noch im Analyse-Netz. Diese beträgt 278,00 Sekunden auf einer Strecke von etwa 767 Metern. Die Durchschnittsgeschwindigkeit beträgt lediglich 9,93 km/h.

Die Querschnittsmessungen haben folgende Werte ergeben: Die Verkehrsbelastung vor dem zu untersuchenden Knotenpunkt beträgt in Fahrtrichtung Ost 2.768 Fahrzeuge und in Fahrtrichtung West 3.041 Fahrzeuge. Die etwas verringerte Anzahl der Fahrzeuge kann an damit zusammenhängen, dass die Messung ab Sekunde 3.600 bis Sekunde 7.200 stattfindet. Da aber auch erst ab Sekunde 3.600 die Verkehrsbelastung der Spitzenstunde und im Vorlauf eine geringere Verkehrsbelastung eingespeist wird, kann diese Abweichung darauf zurückzuführen sein.

Es fällt auf, dass der Belegungsgrad deutlich niedriger ist als in der Simulation des Analyse-Netzes und des Planfalls 1a. Dieser beträgt in Fahrtrichtung Ost 23,25% und in Fahrtrichtung West 29,50%. Dies zeigt, dass der Verkehr deutlich flüssiger läuft und nicht so überstaut ist wie in den vorherigen Simulationen.

Die Verlustzeiten am Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) sind deutlich geringer als in vorangegangenen Simulationen. Die Verlustzeit beträgt auf der Semerteichstraße 37,52 Sekunden (Qualitätsstufe C), auf B1 in Fahrtrichtung Ost zwischen der Gabelung B1 / Ausfahrt Märkische Straße und dem zu untersuchenden Knotenpunkt 19,06 Sekunden (Qualitätsstufe A) und in Fahrtrichtung West zwischen der LSA Lübkestraße und dem zu untersuchenden Knotenpunkt 8,61 Sekunden (Qualitätsstufe A). Lediglich die Voßkuhle ist mit einer Verlustzeit von 225,40 Sekunden deutlich überstaut.

4.1.7.4 Abendspitzenstunde

Die qualitativen Beobachtungen, die in der Morgenspitze analysiert wurden, sind auch für die Abendspitzenstunde zu erkennen. Nur die Kennzahlen aus der quantitativen Analyse haben sich folgendermaßen verändert.

Die Fahrzeugreisezeit beträgt von B236 bis Schnettkerbrücke durchschnittlich 438,35 Sekunden, was bei einer Strecke von knapp 5.710 Metern eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 46,90 km/h beträgt. In der Gegenrichtung beträgt die Fahrzeugreisezeit 429,41 Sekunden. Dies entspricht einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 47,38 km/h. Die Fahrzeugreisezeiten vor der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) betragen in Fahrtrichtung Ost ab der Gabelung B1 / Ausfahrt Märkische Straße 151,25 Sekunden und in Fahrtrichtung West ab LSA Lübkestraße 74,16 Sekunden. Die Durchschnittsgeschwindigkeit beträgt für die Fahrtrichtung Ost 40,51 km/h und in Fahrtrichtung West 31,75 km/h. Die Reisezeit für die Semerteichstraße beträgt 107,94 Sekunden (durchschnittlich 35,09 km/h). Lediglich die Reisezeit der Voßkuhle ist, wie auch schon qualitativ beobachtet, deutlich höher als noch im Analyse-Netz. Diese beträgt 230,81 Sekunden auf einer Strecke von etwa 767 Metern. Die Durchschnittsgeschwindigkeit beträgt hier nur 11,97 km/h.

Die Querschnittsmessungen haben folgende Werte ergeben: Die Verkehrsbelastung vor dem zu untersuchenden Knotenpunkt beträgt in Fahrtrichtung Ost 3.268 Fahrzeuge und in Fahrtrichtung West 2.734 Fahrzeuge. Die etwas erhöhte Anzahl der Fahrzeuge kann an damit zusammenhängen, dass die Messung ab Sekunde 3.600 bis Sekunde 7.200 stattfindet. Da aber auch erst ab Sekunde 3.600 die Verkehrsbelastung der Spitzenstunde, und zusätzlich im Vorlauf eine höhere Verkehrsbelastung auf der B1 eingespeist wird, kann diese Abweichung darauf zurückzuführen sein.

Auffällig ist, dass sich der Belegungsgrad für die verschiedenen Fahrtrichtungen auf der B1 sehr unterschiedlich darstellt. Für die Fahrtrichtung Ost ist der Belegungsgrad mit 32,44% sehr gering, was auf einen, trotz der hohen Verkehrsbelastung mit über 3.000 Fahrzeugen, flüssigen Verkehrsablauf hinweist. In der Gegenrichtung ist der Belegungsgrad mit durchschnittlich 51,38% deutlich höher, obwohl weniger Fahrzeuge dort die Straße befahren. Dies kann mit der auf die Fahrtrichtung Ost angepasste Signalprogramm-Koordinierung zusammenhängen.

Die Verlustzeiten am Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) sind deutlich geringer als in vorangegangenen Simulationen. Die Verlustzeit beträgt auf der Semerteichstraße 28,64 Sekunden (Qualitätsstufe B), auf B1 in Fahrtrichtung Ost zwischen der Gabelung B1 / Ausfahrt Märkische Straße und dem zu untersuchenden Knotenpunkt 33,37 Sekunden (Qualitätsstufe B) und in Fahrtrichtung West zwischen der LSA Lübkestraße und dem zu untersuchenden Knotenpunkt 29,03 Sekunden (Qualitätsstufe B). Lediglich die Voßkuhle ist mit einer Verlustzeit von 178,23 Sekunden deutlich überstaut.

4.1.7.4 Erkenntnisse aus Planfall 2

Planfall 2 ist zu entnehmen, dass der Schlüssel zu einer gut funktionierenden Signalschaltung sowie einem optimalen Verkehrsfluss die beiden Pfortner an den Bundesstraßen B54 und B236 sind. Nur durch die Verringerung der Verkehrsbelastung im Bereich zwischen diesen Bundesstraßen ist es möglich, die B1 ohne größere Rückstaus zu führen. Wie in diesem Planfall zu erkennen, ist der Verkehrsfluss, trotz der immer noch hohen Belastung, sehr gut.

Einzig der Kreisverkehr auf der Voßkuhle stellt ein Problem dar, da in diesem Bereich große Rückstaus entstehen.

4.1.8 Planfall 2a

Da im Planfall 2 von Norden große Rückstaus am Kreisverkehr der Voßkuhle auftreten, wird dort ein Bypass geplant. Dafür wird der Kreisverkehr wenige Meter nach Osten verschoben, sodass Platz für einen zusätzlichen Fahrstreifen westlich des Kreisverkehrs entsteht. Der rechte Fahrstreifen, der vor dem Kreisverkehr bisher eingezogen wurde, wird als Bypass westlich um den Kreisverkehr geführt und südlich des Kreisverkehrs mit einer Verflechtung wieder angeschlossen (Vergleiche Maßnahme 1 und 2, **Abbildung 50**). Dies soll den Geradeausfahrern ermöglichen, den Kreisverkehr zu umfahren und auf diese Weise die Rückstaus verringern.

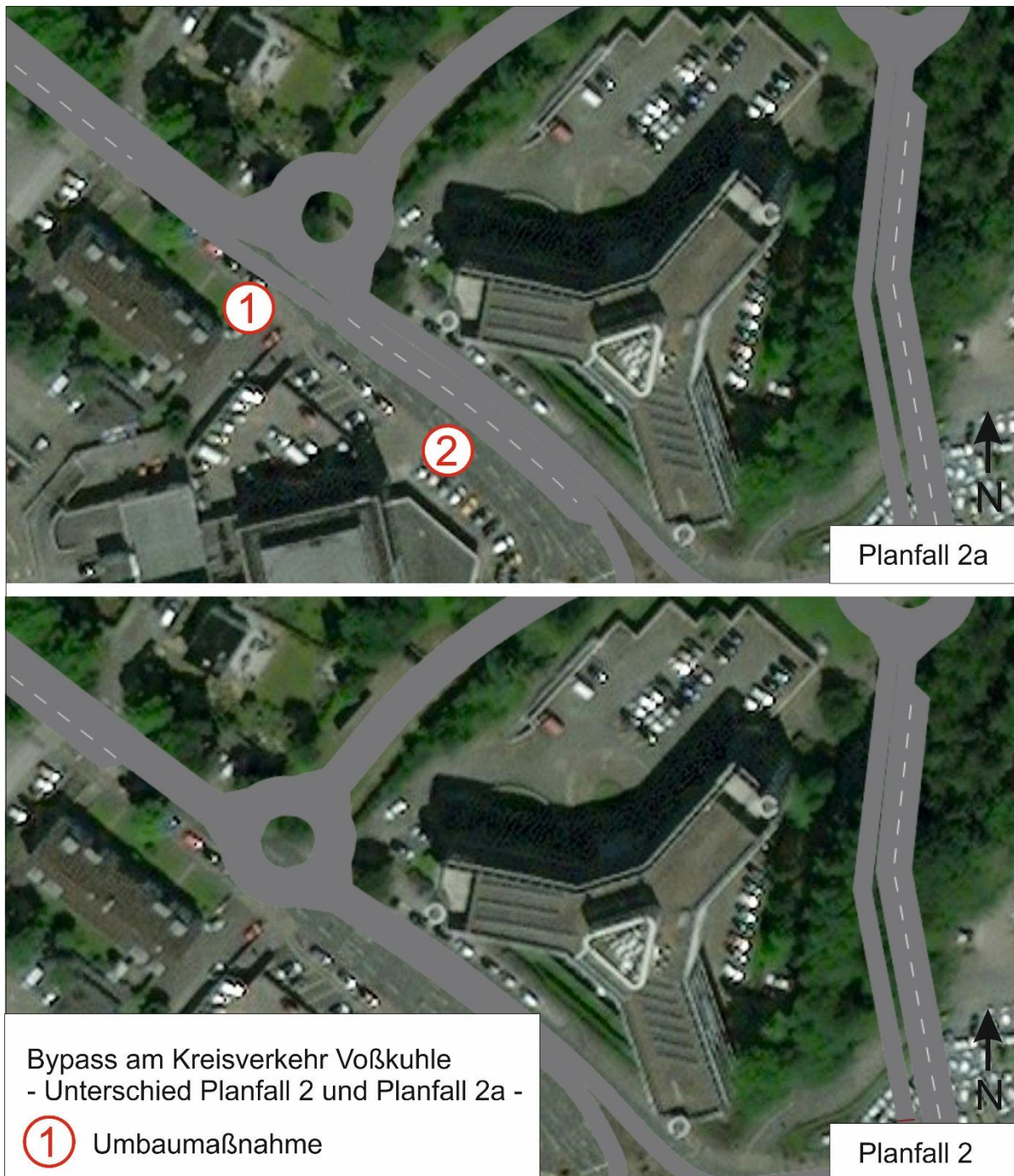


Abbildung 50: Umbaumaßnahmen Planfall 2a [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Umbaumaßnahmen-PF2a.jpg]

4.1.8.1 Erkenntnisse aus Planfall 2a

In der Morgenspitzenstunde und in der Abendspitzenstunde konnte beobachtet werden, dass die Rückstaus in der Voßkuhle durch den Bypass deutlich zurückgegangen sind. Gleichzeitig sind die Fahrzeugreisezeiten deutlich kleiner geworden (Vergleiche **Tabelle 12**). Darüber hinaus wurde der übrige Verkehr nicht negativ beeinflusst.

Fahrzeugreisezeit [s]	Planfall 2	Planfall 2a	Differenz
Voßkuhle MSS	278	54	224
Voßkuhle ASS	231	55	176

Tabelle 12: Reisezeitenvergleich Planfall 2 - Planfall 2a [Quelle: Eigene Darstellung]

Der Planfall 2a wird weiterverfolgt, da dieser die durch den Rückstau verursachten Verkehrsbeeinträchtigungen in der Voßkuhle deutlich senkt, ohne jedoch an anderen Stellen verkehrstechnische Probleme zu schaffen.

4.1.9 Planfall 3

Durch den Anschluss der nördlichen Semerteichstraße wird die Verkehrsbelastung von Norden deutlich zunehmen wird. Aus diesem Grund ist die maximale Verkehrsbelastung von Norden zu berechnen, bei der die minimale Umlaufzeit den maximalen, von der RiLSA vorgegebenen Wert von 90 Sekunden annimmt. Dafür wird die Gleichung der minimalen Umlaufzeit mit 90 Sekunden gleichgesetzt. Der gesuchte X-Wert für die maximale Belastung wird als maßgebende Verkehrsbelastung angenommen

$$t_{U,min,MSS} = 90 = \frac{15}{1 - \left(\frac{3.083/3}{2.000} + \frac{X}{2.000} \right)} \rightarrow X = 639 [Fz]$$

$$t_{U,min,ASS} = 90 = \frac{15}{1 - \left(\frac{2.897/3}{2.000} + \frac{X}{2.000} \right)} \rightarrow X = 701 [Fz]$$

Somit darf die aufsummierte maximale Belastung für Geradeausfahrer und Linksabbieger auf der nördlichen Semerteichstraße in Fahrtrichtung Süden und den Fahrzeugen, die von der Voßkuhle Linksabbiegen und Geradeausfahren wollen 639 Fahrzeuge in der Morgenspitzenstunde und 701 Fahrzeuge in der Abendspitzenstunde betragen. Daraus ergibt sich in **Tabelle 13** für die nördliche Semerteichstraße folgende maximale Verkehrsbelastung:

[Kfz]	Voßkuhle Linksabbieger	Voßkuhle Geradeausfahrer	Maximale Verkehrsbelastung	Restkapazität für Semerteichstraße FR Süd
Morgenspitzenstunde	97	193	639	349
Abendspitzenstunde	371	156	701	174

Tabelle 13: Maximale Verkehrsbelastung für die nördliche Semerteichstraße [Quelle: Eigene Darstellung]

Im Folgenden werden in der Simulation 349 Fahrzeuge in der Morgenspitzenstunde, und 174 Fahrzeuge in der Abendspitzenstunde entsprechend der Aufteilung der Voßkuhle auf der nördlichen Semerteichstraße für Geradeausfahrer und Linksabbieger eingespeist.

Mögliche Rechtsabbieger werden mit einem Wert von 200 Fahrzeugen eingespeist. Diese haben jedoch keine unmittelbare Auswirkung auf die LSA-Schaltung am Knotenpunkt.

Es ist jedoch zu erwarten, dass weniger Verkehrsteilnehmer aus der Innenstadt Dortmunds über die Voßkuhle fahren und stattdessen den direkteren Weg über den nördlichen Anschluss der Semerteichstraße nutzen. Daher ist es vorstellbar, dass mehr Fahrzeuge als die hier berechneten über die Semerteichstraße fahren können, da davon auszugehen ist, dass die Verkehrsbelastung gleichzeitig auf der Voßkuhle sinkt. Diese Verschiebung der Verkehrsbelastungen ist zwar nicht Teil dieser Bearbeitung, jedoch trotzdem wichtig zu erwähnen.

Die Freigabezeiten für das Signalprogramm werden folgendermaßen berechnet:

$$t_{F,erf,1,MSS} = \frac{3.083/3*90}{2.000} = 46,25 \rightarrow 46 \text{ s} \qquad t_{F,erf,1,ASS} = \frac{2.897/3*90}{2.000} = 43,19 \rightarrow 43 \text{ s}$$

$$t_{F,erf,2,MSS} = \frac{639*90}{2.000} \Rightarrow 28,76 \rightarrow 29 \text{ s} \qquad t_{F,erf,2,ASS} = \frac{701*90}{2.000} = 31,55 \rightarrow 32 \text{ s}$$

Aus der Formel ist für die Morgenspitzenstunde $t_{U,MSS} = 90 = 46 + 26 + 15 = 90$ zu entnehmen, dass keine Reserven vorhanden sind. Das Signalprogramm kann so eingebaut werden.

Aus der Formel ist für die Abendspitzenstunde $t_{U,MSS} = 90 \neq 43 + 32 + 15 = 90$ zu entnehmen, dass keine Reserven vorhanden sind. Das Signalprogramm kann so eingebaut werden.

Auch hier wird die Freigabezeit der Signalprogramme an der LSA Lübkestraße und LSA Max-Eyth-Straße für die Abendspitzenstunde angepasst (Siehe Kapitel 4.1.6.1). Da keine Informationen über die Routen-Verteilung der 174 Fahrzeuge aus **Tabelle 13** vorhanden sind, wird angenommen, dass 50% der Fahrzeuge, also 87 Richtung B1 Fahrtrichtung Osten fahren.

	Kfz/h	Prozentual [%]	Verteilung [%]
Geradeausfahrer B1	2.897	83,97	86,15
Rechtsabbieger Semerteichstraße	95	2,75	16,03
Linksabbieger Voßkuhle	371	10,76	
Linksabbieger nördliche Semerteichstraße	87	2,52	
Gesamt	3.450	100	100

Tabelle 14: Berechnung der prozentualen Verteilung der Verkehrszahlen [Eigene Darstellung]

Somit müssen auf die Freigabezeit der B1 16,03 % aufgeschlagen werden. Die Freigabezeit beträgt in der Abendspitzenstunde 43 Sekunden. Somit wird der Freigabezeit ein Aufschlag von 7 Sekunden hinzugefügt, der der Freigabezeit der Lübkestraße abgezogen wird. Um die Fahrzeuge der Voßkuhle und Semerteichstraße vor den Fahrzeugen der Grünen Welle der B1 passieren zu lassen, werden die 7 Sekunden vor die jetzige Freigabezeit angefügt.

Somit ergeben sich folgende Signalprogramme für die LSA:

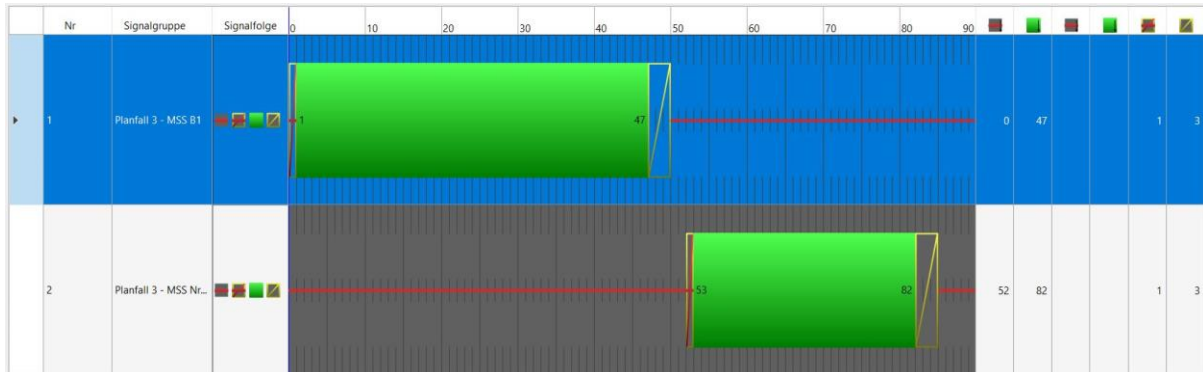


Abbildung 51: Signalprogramm für Morgenspitzenstunde an der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) – Planfall 3 [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

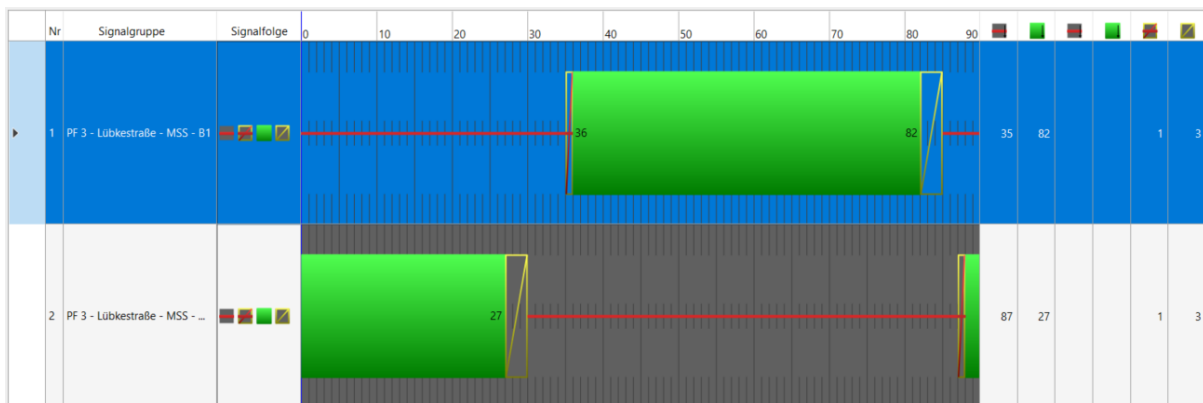


Abbildung 52: Signalprogramm der LSA Lübkestraße in der Morgenspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

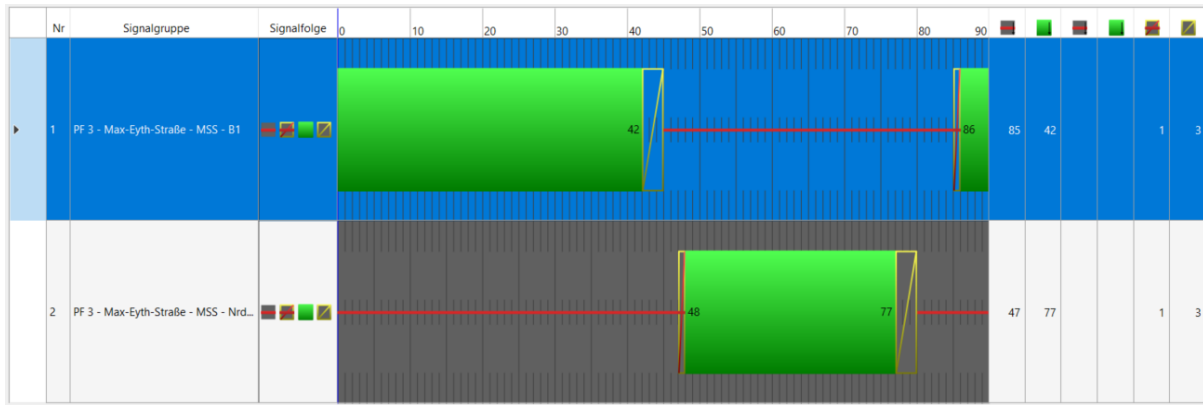


Abbildung 53: Signalprogramm der LSA Max-Eyth-Straße in der Morgenspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

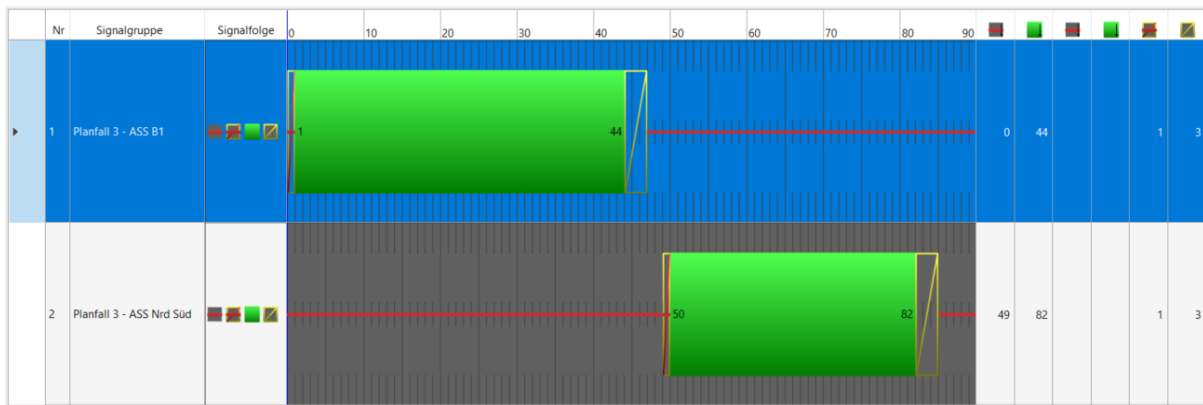


Abbildung 54: Signalprogramm für Abendspitzenstunde an der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) – Planfall 3 [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

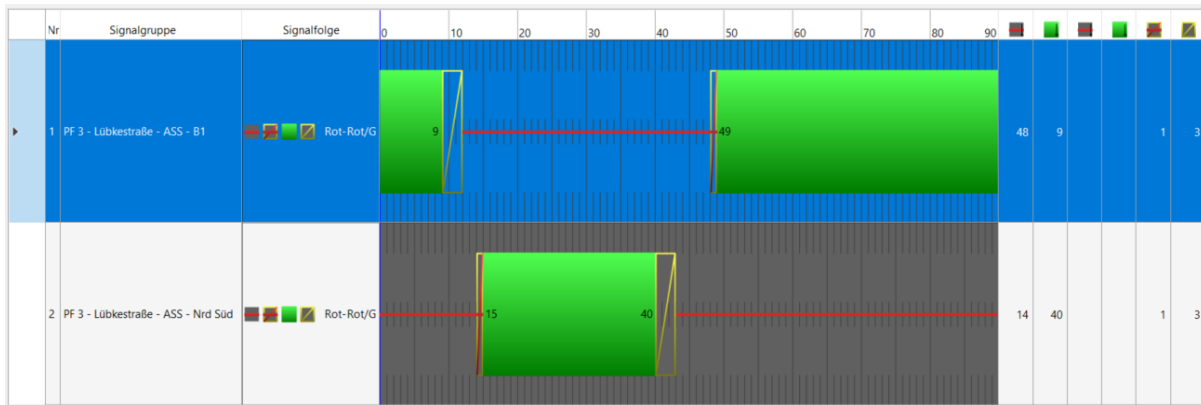


Abbildung 55: Signalprogramm der LSA Lübkestraße in der Abendspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

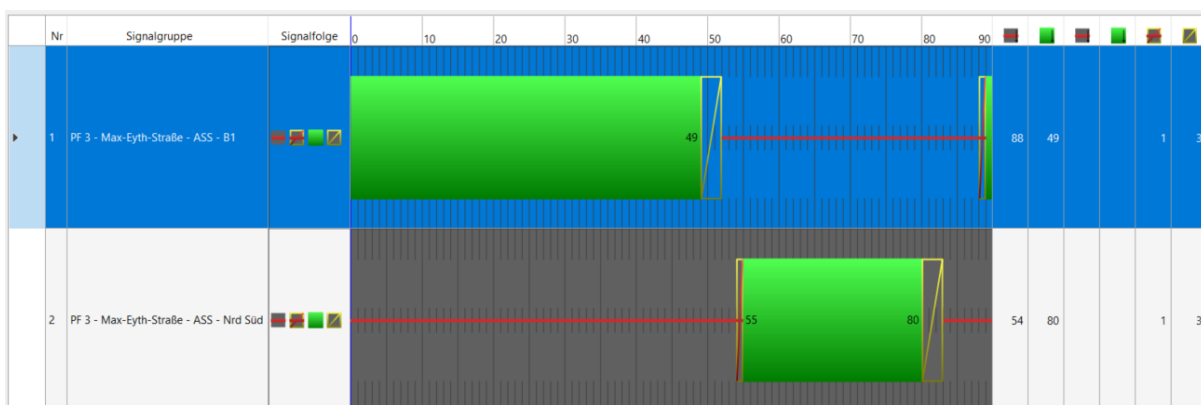


Abbildung 56: Signalprogramm der LSA Max-Eyth-Straße in der Abendspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]

4.1.9.1 Morgenspitzenstunde

Generell sind die qualitativen Beobachtungen des Planfalls 3 mit denen aus Planfall 2 gleichzusetzen. Der größte Unterschied ist jedoch, dass auf Grund des Anschlusses der nördlichen Semerteichstraße eine erhöhte Verkehrsbelastung in den nördlichen Teil des Umbaus gelangt. Dadurch erhöht sich der Rückstau in diesem kompletten Bereich extrem, sodass teilweise der gesamte Verkehr dort zum Stehen kommt. **Abbildung 57** zeigt eine typische Situation während der Morgenspitzenstunde. Die Kreisverkehre (Punkt 1, 2 und 5) sind überlastet, sodass sich Rückstau in die nachgeordneten Straßen und Knotenpunkte bilden. Die Rückstaus gehen so weit, dass sich die Fahrzeuge den Abbiegefahrstreifen der B1 überstauen und sich auf der dreispurigen Richtungsfahrbahn aufstellen müssen (Punkt 3 und 4). Daraus entsteht ein künstlicher Engpass, sodass weniger Fahrzeuge den Knotenpunkt passieren können. Darüber hinaus müssen einige Fahrzeuge auf Grund der Rückstaus der Kreisverkehre zwischen den Richtungsfahrbahnen warten, bis die beiden Fahrbahnen eine Sperrzeit erhalten und sie weiterfahren können.



Abbildung 57: Probleme bei Planfall 3 [Quelle: VISSIM; Eigene Darstellung – Anhang: Probleme PF3.jpg]

Quantitativ ändern sich im Gegensatz zu Planfall 2 die Werte nur geringfügig. In der Voßkuhle erhöht sich die Fahrzeugreisezeit auf 134,92 Sekunden, was einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 20,37 km/h entspricht. Die Reisezeit ist jedoch sehr schwankend. Dies verdeutlicht die große Standardabweichung von 76,72 Sekunden. Hieraus kann festgehalten werden, dass es Simulationsläufe gibt, in denen die Voßkuhle sehr gut zu befahren ist, bei anderen Simulationsläufen ist die Straße jedoch deutlich überstaut. Die Reisezeit aus der nördlichen Semerteichstraße beträgt zwischen dem Zufluss und dem ersten, nördlichen Kreisverkehr 287,45 Sekunden. Bei einer Strecke von nur etwa 272 Metern beträgt die durchschnittliche Geschwindigkeit der Fahrzeuge lediglich 3,41 km/h.

4.1.9.2 Abendspitzenstunde

In der Abendspitzenstunde sind qualitativ die gleichen Beobachtungen zu machen wie in der Morgenspitzenstunde. Dabei ist die Problematik an der nördlichen Semerteichstraße jedoch nicht so ausgeprägt wie in der Morgenspitzenstunde. Dies liegt daran, dass nur eine geringe Anzahl an Fahrzeugen in der nördlichen Semerteichstraße eingespeist werden. Die Rückstaulänge der Voßkuhle ist dagegen weiterhin sehr hoch, sodass die Fahrzeuge dort sehr lange brauchen um an ihr Routenziel zu gelangen.

Quantitativ ändern sich im Gegensatz zu Planfall 2 die Werte auch in der Abendspitzenstunde nur geringfügig. In der Voßkuhle erhöht sich die Fahrzeugreisezeit auf 362,41 Sekunden, was einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 7,62 km/h entspricht. Die Reisezeit aus der nördlichen Semerteichstraße beträgt zwischen dem Zufluss und dem ersten, nördlichen Kreisverkehr 23,08 Sekunden. Bei einer Strecke von nur etwa 272 Metern beträgt die durchschnittliche Geschwindigkeit der Fahrzeuge 42,57 km/h.

4.1.9.3 Erkenntnisse aus Planfall 3

Festzuhalten ist, dass ein Anschluss der nördlichen Semerteichstraße für die neue LSA durchführbar ist, ohne dass auf der Semerteichstraße oder B1, verglichen mit dem Planfall 2, wesentlich größere Rückstaus entstehen. Dieser Anschluss ist jedoch nur dann sinnvoll, wenn der gesamte nördliche Teil des Umbaus auch leistungsfähig bleibt. Um das zu erreichen, ohne jedoch die Verschiebung des Verkehrs von der Voßkuhle zur nördlichen Semerteichstraße zu beachten, sind Umbaumaßnahmen nötig, die in Planfall 3a beschrieben werden.

4.1.10 Planfall 3a

Planfall 3a widmet sich der Verbesserung des Verkehrsflusses an den drei Kreisverkehren am umgebauten Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1).

4.1.10.1 Vergrößerung der Kreisverkehrsdurchmesser

Ziel dieser Maßnahme ist es, die Verkehrskapazität durch die Erhöhung des Kreisverkehrsdurchmessers zu erhöhen. Dafür wird der Durchmesser der Kreisverkehre von 30 Meter auf 40 Meter angehoben (Vergleiche **Abbildung 58**).

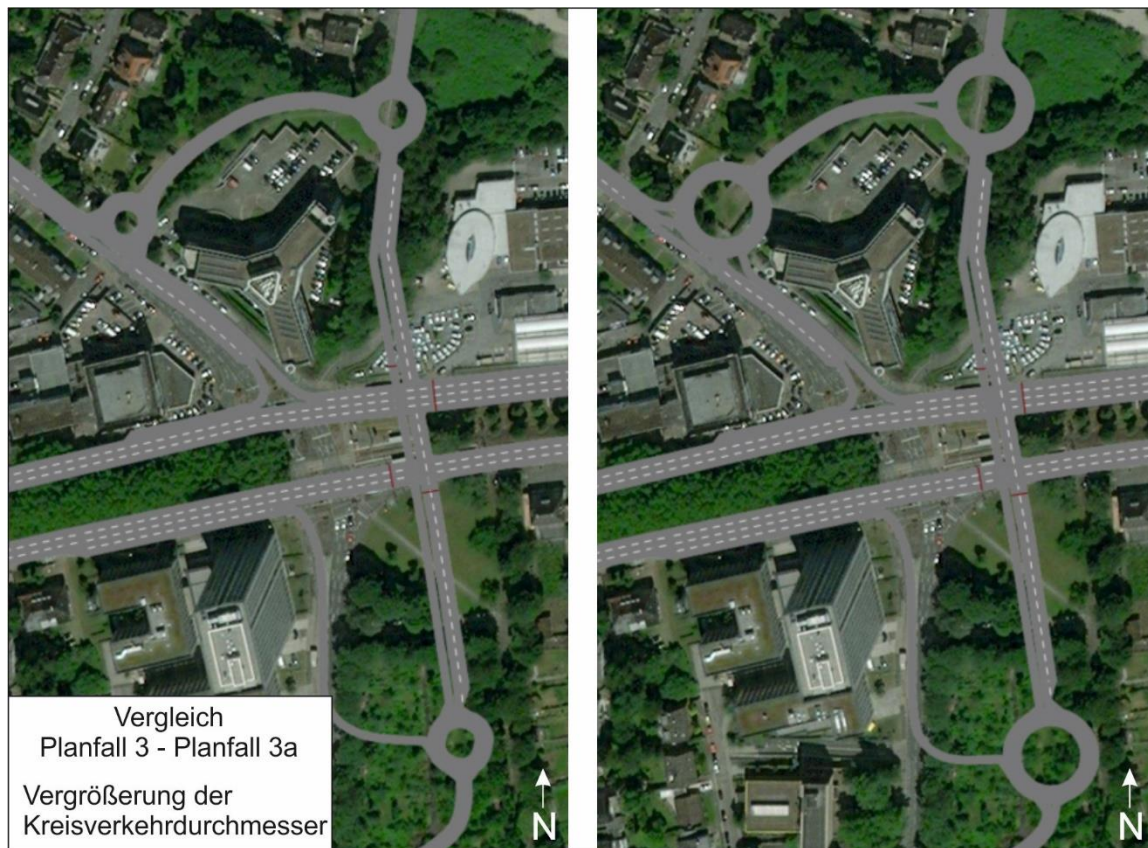


Abbildung 58: Vergleich Planfall 3 (links) und Planfall 3a (rechts) [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Vergleich PF3 - PF 3a.jpg]

4.1.10.1 Erkenntnisse aus Planfall 3a

Schon qualitativ ist zu erkennen, dass die Rückstaus deutlich kleiner geworden sind. Die Voßkuhle und nördliche Semerteichstraße können deutlich schneller von den Fahrzeugen befahren werden. Die südliche Semerteichstraße hingegen, entwickelt vor dem südlichen Kreisverkehr deutlich mehr Rückstau. Das hängt damit zusammen, dass durch die großen Kreisverkehre im Norden nun mehr Fahrzeuge Richtung Kreisverkehr an der südlichen Semerteichstraße fahren können. Dadurch entstehen dort beim Einfädeln in den Kreisverkehr Probleme und der Rückstau wird dadurch größer. Auch die Rechtsabbieger der B1 in Fahrtrichtung West stehen gelegentlich in größeren Rückstaus, die jedoch nicht bis auf die B1 zurückreichen. Diese Beobachtungen spiegeln sich auch in den Reisezeiten und Verlustzeiten wider (Vergleiche **Tabelle 15**).

Fahrzeugreisezeit [s]	Planfall 3	Planfall 3a	Differenz
Nördliche Semerteichstraße (MSS)	287	35	-252
Voßkuhle (MSS)	134	67	-67
Semerteichstraße (MSS)	182	949	+767
Nördliche Semerteichstraße (ASS)	23	20	-3
Voßkuhle (ASS)	362	65	-297
Semerteichstraße (ASS)	112	660	+548

Tabelle 15: Reisezeitenvergleich Planfall 3 - Planfall 3a [Quelle: Eigene Darstellung]

Klar zu erkennen ist, dass durch den Umbau zu Planfall 3a der Verkehr nördlich der B1 deutlich besser fließt. Im Süden entstehen jedoch auf der südlichen Semerteichstraße massive Probleme vor dem dortigen Kreisverkehr. Aus diesem Grund ist die Lösung mit einem Kreisverkehr zu überdenken.

4.1.11 Planfall 3b

Planfall 3b soll eine Alternative zum südlichen Kreisverkehr an der Semerteichstraße darstellen. Planfall 3a zeigt, dass die Fahrzeugreisezeit in diesem Bereich, bedingt durch den Kreisverkehr, für die südliche Semerteichstraße sehr schlecht ist. Planfall 3b prüft, ob eine Lichtsignalanlage in diesem Bereich sinnvoll ist.

4.1.11.1 Entwurf

Die Streckenführung wird wesentlich verändert. Die Knotenpunktmitte soll in der Mitte des Kreisverkehrs aus Planfall 3a entstehen. Neben den durchgehenden Geradeausfahrstreifen stößt im Westen der Zufluss von der B1 Fahrtrichtung Osten zum Knotenpunkt. Neu ist die Strecke, die vom Knotenpunkt zunächst Richtung Osten und dann nördlich zur B1 führt. Dort werden die Fahrzeuge mit dem bestehenden Signalprogramm der LSA aus Planfall 3 geführt.

Die LSA soll baulich folgendermaßen umgesetzt werden:

- Von Norden: Ein Geradeausfahrstreifen, 1 Linksabbiegestreifen – beide Lichtsignalgeführt
- Von Westen: ein lichtsignalgesteuerter Linksabbiegestreifen, ein vorfahrtsgeregelter Rechtsabbiegestreifen mit Dreiecksinsel
- Von Süden: Ein lichtsignalgesteuerter Geradeausfahrstreifen, ein vorfahrtsgeregelter Rechtsabbiegestreifen mit Dreiecksinsel

Alle Haltelinien sind in einem Abstand von 6 Metern zum Fahrbahnrand der kreuzenden Straße angeordnet. Dies ergibt sich aus der 4 Meter breiten Fußgängerfurt, sowie jeweils einem Abstand von 1 Meter zum Fahrbahnrand auf der einen und zur Haltelinie auf der anderen Seite (Vergleiche **Abbildung 59**).

Für die Wartung oder den Ausfall der LSA muss eine vorfahrtsregelnde Beschilderung vorgehalten werden. Dafür wird auf der Nord-Süd-Fahrbahn an den Masten der Lichtsignalanlagen das Verkehrszeichen VZ 306 „Vorfahrtstraße“ und an der Ost-West-Verbindung an den Masten der Lichtsignalanlagen das Verkehrszeichen VZ 206 „Halt! Vorfahrt gewähren“ angebracht.

Aus den bisherigen zwei Fahrstreifen, die Richtung Norden verlaufen, wird durch den separaten Rechtsabbiegerstreifen nur noch einer in Richtung Norden geführt. Dies verringert den Platzbedarf in diesem Bereich.

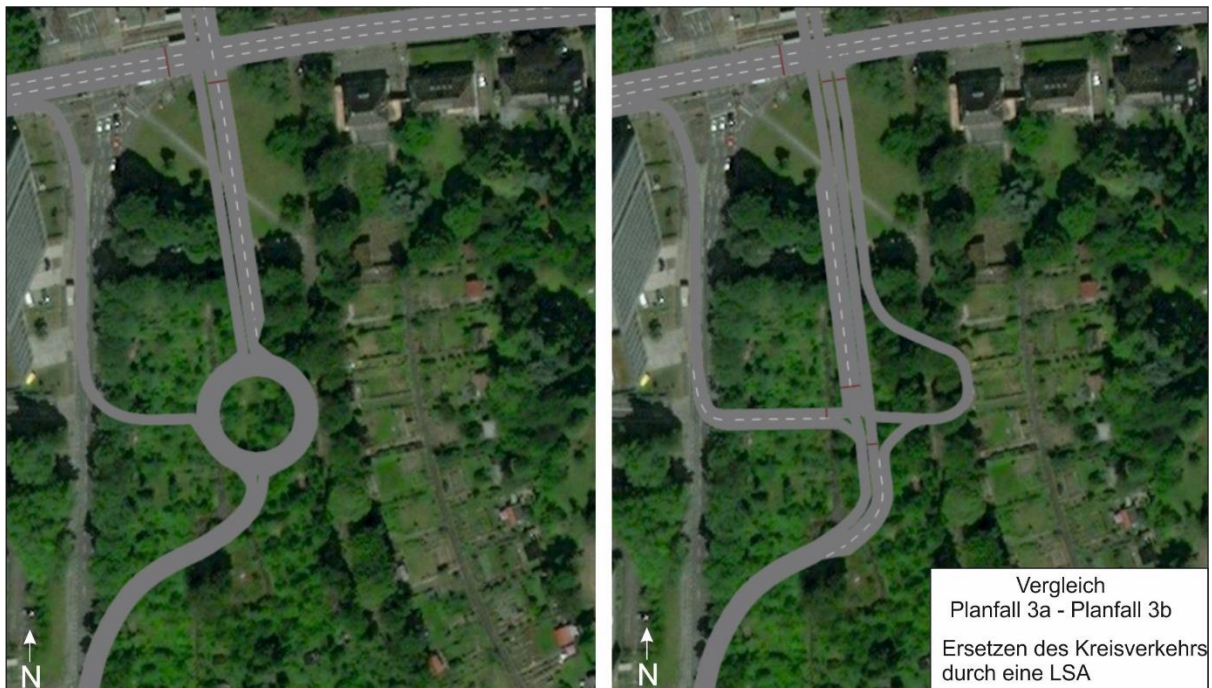


Abbildung 59: Vergleich Planfall 3a (links) und Planfall 3b (rechts) [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Vergleich PF3a - PF 3b.jpg]

Die geplante LSA soll, wie in **Abbildung 60** dargestellt, mit drei Phasen geführt werden.

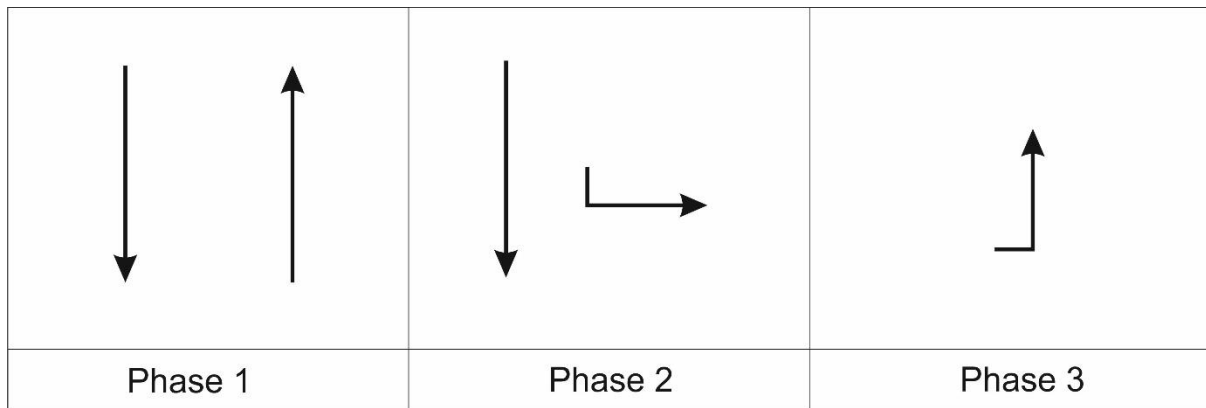


Abbildung 60: Phasenplan für die neue LSA an der südlichen Semerteichstraße [Quelle: Eigene Darstellung]

Phase 1: Geradeausverkehr für die südliche Semerteichstraße

Phase 2: Abbieger von Norden, die über eine kurze Strecke auf die B1 in Fahrtrichtung Osten fahren

Phase 3: Für die Abbieger der B1, die Richtung Norden oder Süden fahren

4.1.11.2 Signalprogramm

Das Signalprogramm wird nach RiLSA ausgeführt.

Zunächst werden für die einzelnen Verkehrsströme die relevanten Verkehrsbelastungen in der Morgen- und Abendspitzenstunde ermittelt. Diese können mit dem Excel-Berechnungs-Tool analysiert werden. Die Ergebnisse sind **Abbildung 61** zu entnehmen.

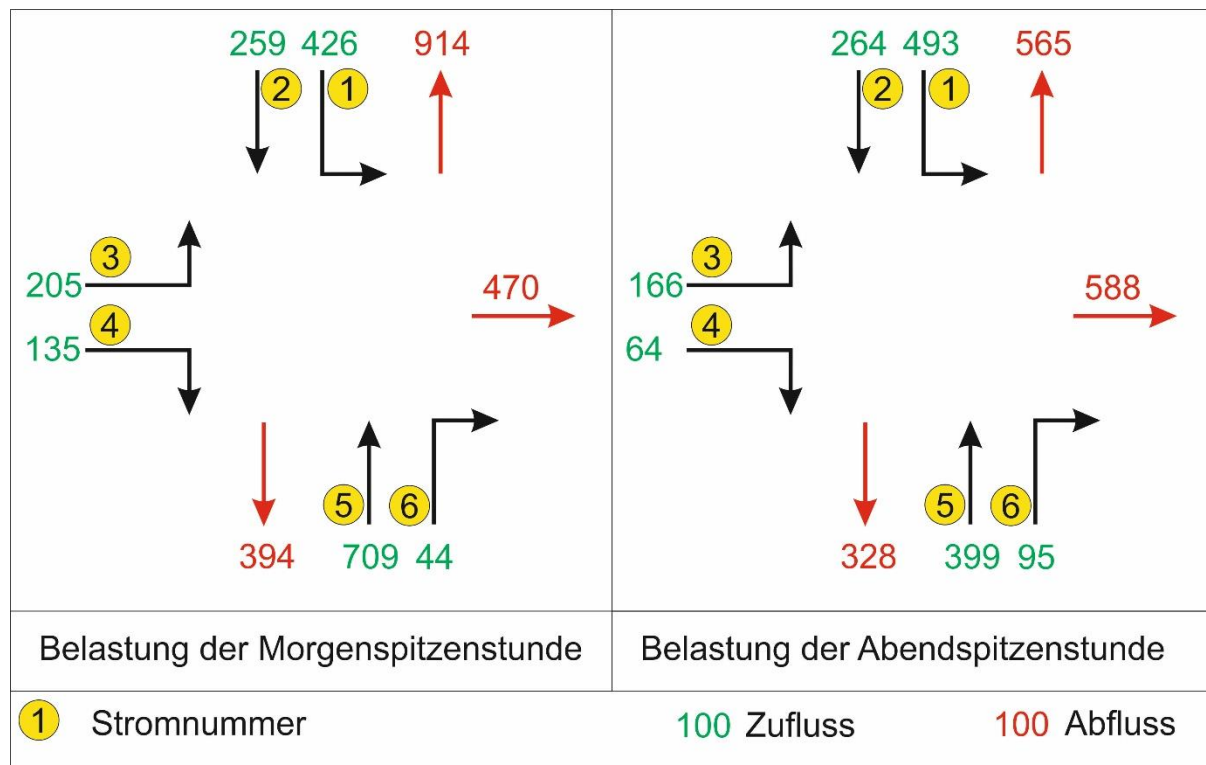


Abbildung 61: Belastungen für die LSA südliche Semerteichstraße [Quelle: Eigene Darstellung]

Zuerst werden die Zwischenzeiten berechnet. Dafür werden die Einfahrtswege bestimmt.²²

$$\begin{aligned}
 s_{r1} &= 16 \text{ m} + 6 \text{ m} = 22 \text{ m} \\
 s_{r2} &= 8 \text{ m} + 6 \text{ m} = 14 \text{ m} \\
 s_{r3} &= 16 \text{ m} + 6 \text{ m} = 22 \text{ m} \\
 s_{r4} &= \text{entfällt} \\
 s_{r5} &= 14 \text{ m} + 6 \text{ m} = 20 \text{ m} \\
 s_{r6} &= \text{entfällt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s_{e1} &= 10 \text{ m} \\
 s_{e2} &= 10 \text{ m} \\
 s_{e3} &= 10 \text{ m} \\
 s_{e4} &= 10 \text{ m} \\
 s_{e1} &= 10 \text{ m} \\
 s_{e1} &= 10 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Anschließend werden die Räumzeiten bestimmt. Dafür werden Fall 1 und Fall 2 genutzt.²³

$$\begin{aligned}
 t_{r1} &= 2 + \frac{20 + 6}{7} = 5,7 \\
 t_{r2} &= 2 + \frac{8 + 6}{7} = 4,0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{r3} &= 2 + \frac{14 + 6}{7} = 4,9 \\
 t_{r5} &= 2 + \frac{14 + 6}{7} = 4,9
 \end{aligned}$$

Des Weiteren müssen die Einfahrzeiten berechnet werden.²⁴

$$\begin{aligned}
 t_{e1} &= \frac{3,6 * 10}{40} = 0,9 \\
 t_{e2} &= \frac{3,6 * 10}{40} = 0,9
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{e3} &= \frac{3,6 * 10}{40} = 0,9 \\
 t_{e4} &= \frac{3,6 * 10}{40} = 0,9
 \end{aligned}$$

²² Vgl. RiLSA, S. 22

²³ Vgl. RiLSA, S.23

²⁴ Vgl. RiLSA, S.26

Daraus resultieren folgende Zwischenzeiten und die Zwischenzeitenmatrix (**Tabelle 5**):

$$t_{Z1} = 5,7 - 0,9 = 4,6 \rightarrow 5s$$

$$t_{Z3} = 4,9 - 0,9 = 4,0 \rightarrow 4s$$

$$t_{Z2} = 4,0 - 0,9 = 3,1 \rightarrow 4s$$

$$t_{Z5} = 4,9 - 0,9 = 4,0 \rightarrow 4s$$

		Beginnende Signalgruppen			
		1	2	3	5
Endende Signalgruppen	1	4		4	
	2				
	3		5		4
	5				

Tabelle 16: Zwischenzeitenmatrix Planfall 3b [Quelle: Eigene Darstellung]

Die Umlaufzeiten sind wie folgt zu berechnen:²⁵

$$t_{U,min,MSS} = \frac{13}{1 - \left(\frac{709}{2.000} + \frac{426}{2.000} + \frac{205}{2.000}\right)} = \frac{13}{1 - (0,360 + 0,213 + 0,103)} = \frac{13}{0,324} = 40,12 s$$

→ 41 Sekunden

$$t_{U,min,ASS} = \frac{13}{1 - \left(\frac{399}{2.000} + \frac{493}{2.000} + \frac{166}{2.000}\right)} = \frac{13}{1 - (0,2 + 0,247 + 0,083)} = \frac{13}{0,47} = 27,66 s$$

→ 26 Sekunden

$$t_{U,erf,MSS} = \frac{13}{1 - \left(\frac{709}{0,9 * 2.000} + \frac{426}{0,9 * 2.000} + \frac{205}{0,9 * 2.000}\right)} = \frac{13}{1 - (0,394 + 0,237 + 0,114)}$$

$$= \frac{13}{0,255} = 50,98 s \rightarrow 51 \text{ Sekunden}$$

$$t_{U,erf,ASS} = \frac{13}{1 - \left(\frac{399}{0,9 * 2.000} + \frac{493}{0,9 * 2.000} + \frac{166}{0,9 * 2.000}\right)} = \frac{13}{1 - (0,222 + 0,274 + 0,092)}$$

$$= \frac{13}{0,439} = 29,61 s \rightarrow 30 \text{ Sekunden}$$

$$t_{U,opt,MSS} = \frac{1,5 * 13 + 5}{1 - \left(\frac{709}{2.000} + \frac{426}{2.000} + \frac{205}{2.000}\right)} = \frac{24,5}{1 - (0,360 + 0,213 + 0,103)} = \frac{24,5}{0,324} = 75,62 s$$

→ 76 Sekunden

²⁵ Vgl. RiLSA, S.26ff

$$t_{U,opt,ASS} = \frac{1,5 * 13 + 5}{1 - \left(\frac{399}{2.000} + \frac{493}{2.000} + \frac{166}{2.000}\right)} = \frac{24,5}{1 - (0,2 + 0,247 + 0,083)} = \frac{24,5}{0,47} = 52,13 \text{ s}$$

→ 53 Sekunden

Gewählt wird für die Morgenspitzenstunde die erforderliche Umlaufzeit. Für die Abendspitzenstunde wird die optimale Umlaufzeit gewählt, da die anderen Umlaufzeiten sehr kurz sind.

Die Freigabezeiten sind folgendermaßen zu berechnen:²⁶

$$t_{F,erf,1,MSS} = \frac{709 * 51}{1.800} = 20,02 \rightarrow 20 \text{ s} \qquad t_{F,erf,1,ASS} = \frac{399 * 53}{2.000} = 10,57 \rightarrow 11 \text{ s}$$

$$t_{F,erf,2,MSS} = \frac{426 * 51}{1.800} = 12,07 \rightarrow 12 \text{ s} \qquad t_{F,erf,2,ASS} = \frac{493 * 53}{2.000} = 13,06 \rightarrow 13 \text{ s}$$

$$t_{F,erf,3,MSS} = \frac{205 * 51}{1.800} = 5,81 \rightarrow 6 \text{ s} \qquad t_{F,erf,3,ASS} = \frac{166 * 53}{2.000} = 4,40 \rightarrow 5 \text{ s}$$

Die Umlaufzeit erhöht sich in der Morgenspitzenstunde um eine Sekunde, da die Mindestfreigabezeit in jeder Phase 5 Sekunden betragen muss. In der Abendspitzenstunde können noch 9 Sekunden verteilt werden. Dabei werden zusätzliche 5 Freigabe-Sekunden für Phase 2 und 4 Freigabe-Sekunden für Phase 1 zugeteilt.

Daraus ergeben sich folgende Signalprogramme:

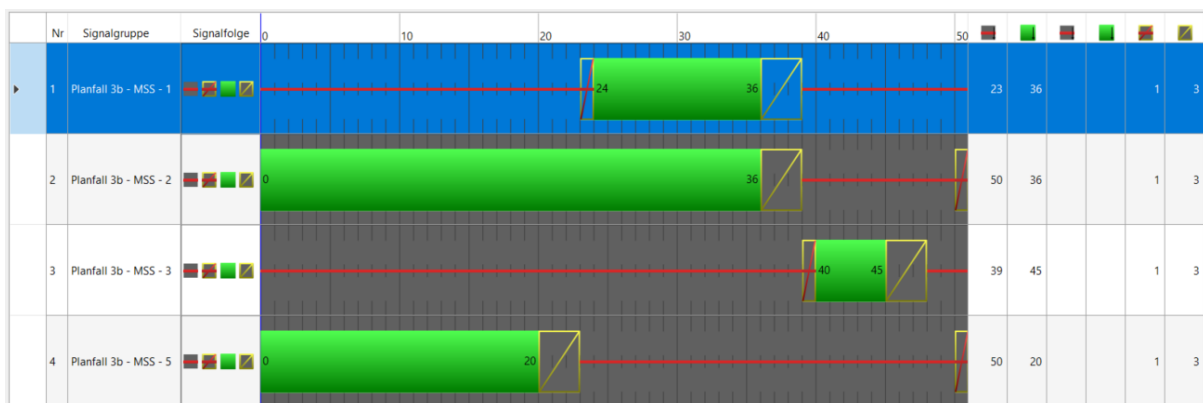


Abbildung 62: Signalprogramm für die Morgenspitzenstunde [Quelle: Darstellung aus VISSIM]

²⁶ Vgl. RiLSA, S.28

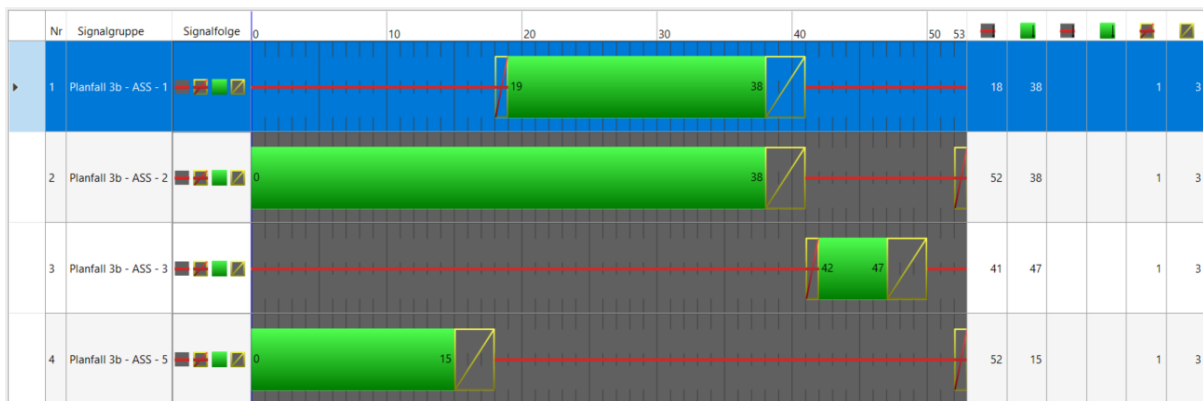


Abbildung 63: Signalprogramm für die Abendspitzenstunde [Quelle: Darstellung aus VISSIM]

4.1.11.3 Erkenntnisse aus Planfall 3b

Qualitativ lässt sich in der Morgen- und Abendspitzenstunde beobachten, dass die Rückstaus auf der Semerteichstraße noch vorhanden sind, diese aber nicht mehr so groß sind wie im vorherigen Planfall. Der nördliche Teil der B1 weist weiterhin keine Rückstaus auf.

Diese Beobachtungen decken sich auch mit den gemessenen Werten aus VISSIM (Vergleiche **Tabelle 17**).

Fahrzeugreisezeit [s]	Planfall 3a	Planfall 3b	Differenz
Nördliche Semerteichstraße (MSS)	35	61	+26
Voßkuhle (MSS)	67	57	-10
Semerteichstraße (MSS)	949	192	-757
Nördliche Semerteichstraße (ASS)	20	20	0
Voßkuhle (ASS)	65	54	-10
Semerteichstraße (ASS)	660	116	-544

Tabelle 17: Reisezeitenvergleich Planfall 3a - Planfall 3b [Quelle: Eigene Darstellung]

Einzig auf der nördlichen Semerteichstraße ist in der Morgenspitzenstunde die durchschnittliche Fahrzeugreisezeit um 26 Sekunden gestiegen. Verglichen mit den Verbesserungen auf den anderen Strecken, insbesondere auf der südlichen Semerteichstraße, ist dies jedoch verträglich.

Ein Problem ist jedoch die nicht ausreichend lange Aufstellfläche der Lichtsignalanlage an der B1. Hier passiert es teilweise, dass mehr Fahrzeuge von der südlichen LSA freigegeben werden, diese aber keinen Platz auf der Aufstellfläche finden (Vergleiche **Abbildung 64**). Dies führt in diesem Bereich zu einer Beeinträchtigung des Verkehrs und zu einem nicht optimalen Abfluss der Semerteichstraße.

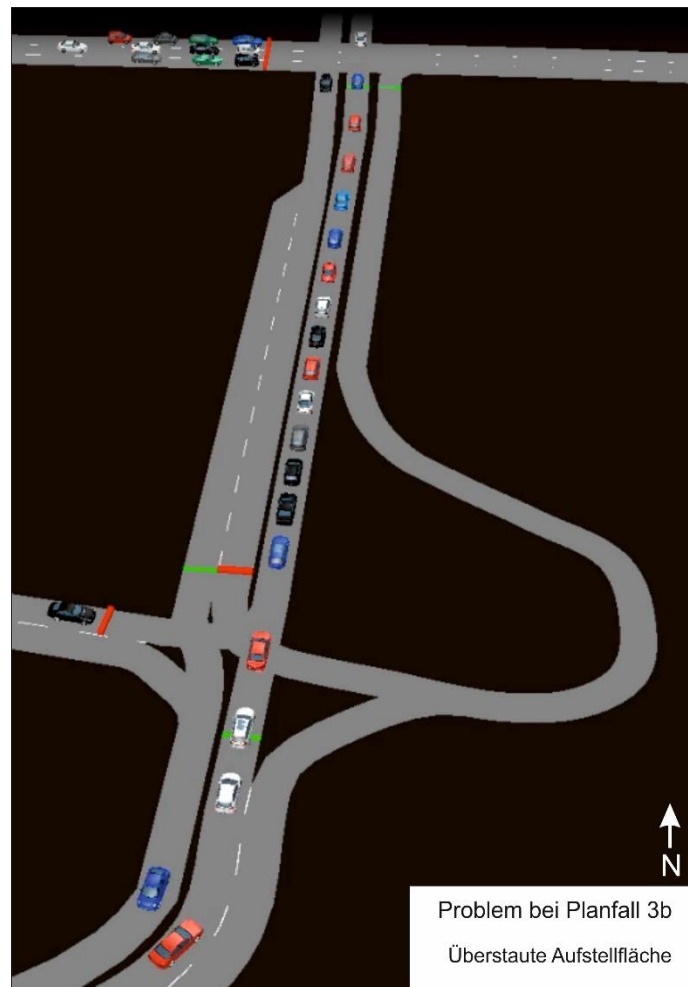


Abbildung 64: Problem in Planfall 3b - Überstaute Aufstellfläche [Quelle: Videos aus VISSIM – Anhang: Masterarbeit - Planfall 3b - MSS_Übersicht Süd-Teil.avi]

4.1.12 Planfall 3c

Planfall 3c ist eine Verlegung des südlichen Knotenpunktes samt LSA Richtung Süden, um so den Aufstellbereich für die LSA an der B1 zu vergrößern (Vergleiche **Abbildung 65**). Auf diese Weise soll der Verkehrsfluss auf der Semerteichstraße verbessert werden, da keine Rückstaus bis in den Kreuzungsbereich an der südlichen Lichtsignalanlage mehr erwartet werden. So können die Fahrzeuge die LSA besser passieren.

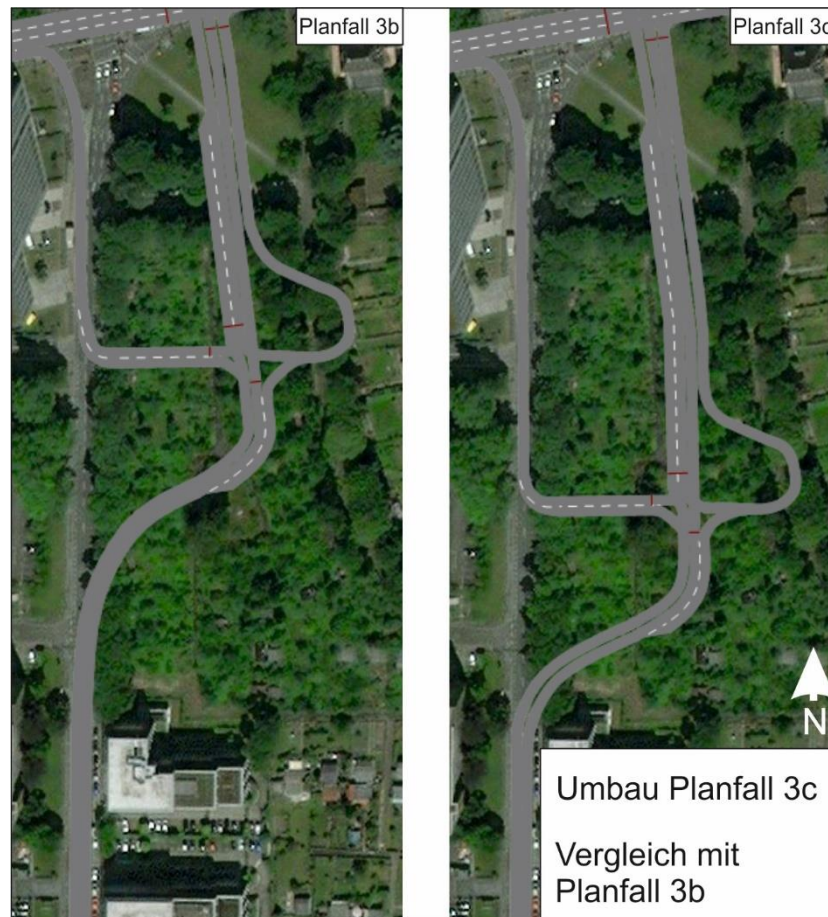


Abbildung 65: Umbau nach Planfall 3c - Vergleich mit Planfall 3b (links) [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Umbaumaßnahmen-PF3c.jpg]

4.1.12.1 Erkenntnisse aus Planfall 3c

Zu erkennen ist, dass keine Rückstaus mehr vom Aufstellungsbereich der LSA an der B1 bis in den Kreuzungsbereich der südlichen LSA reichen. Folglich ist festzustellen, dass der Verkehrsfluss deutlich flüssiger ist und keine störenden Effekte mehr durch rückstauende Fahrzeuge eintreten.

Vor allem in der Morgenspitzenstunde, die deutlich höher belastet ist als die Abendspitzenstunde, ist anhand der Fahrzeugreisezeit abzulesen, dass die Fahrzeuge deutlich schneller die Semerteichstraße passieren können. So reduziert sich die durchschnittliche Fahrzeugreise um fast 50 Sekunden auf 144 Sekunden. Dies führt zu einer Erhöhung der durchschnittlichen Geschwindigkeit von 6 km/h auf 26 km/h. So ergibt sich ein guter Wert, trotz der Tatsache, dass sich in dem gemessenen Bereich zwei Lichtsignalanlagen befinden.

Alle anderen gemessenen Werte aus VISSIM haben sich, verglichen mit Planfall 3b, nicht oder nur marginal verändert (Vergleiche **Tabelle 18**). Nur auf der nördlichen Semerteichstraße erhöht sich die durchschnittliche Fahrzeugreisezeit um 20 Sekunden. Ein

Grund ist dafür könnte die Erhöhung der Verkehrsbelastung in den nördlichen Kreisverkehr von Süden sein.

Fahrzeugreisezeit [s]	Planfall 3b	Planfall 3c	Differenz
Nördliche Semerteichstraße (MSS)	61	81	+20
Voßkuhle (MSS)	57	58	+1
Semerteichstraße (MSS)	192	144	-48
Nördliche Semerteichstraße (ASS)	20	20	0
Voßkuhle (ASS)	54	54	0
Semerteichstraße (ASS)	116	115	-1

Tabelle 18: Reisezeitenvergleich Planfall 3b - Planfall 3c [Quelle: Eigene Darstellung]

4.1.13 Planfall 4

Planfall 4 entsteht aus den Ergebnissen von Planfall 3, 3a, 3b und 3c und wird rein rechnerisch nachgewiesen.

Die nördliche Semerteichstraße soll mit dem Anschluss aus Planfall 3 zu einer wichtigen Nord-Süd-Achse in Dortmund werden. Die Restkapazität, die der nördlichen Semerteichstraße in Richtung Süden zur Verfügung steht, ist so gering, dass diese Straße keine wichtige Verbindungsfunktion in der Stadt einnehmen kann. Aus diesem Grund gilt dies zu überlegen einen zweiten Fahrstreifen vom Kreisverkehr 2 zu Kreisverkehr 1 zu planen (Vergleiche **Abbildung 36**). Auf diese Weise kann die Verkehrsbelastung auf diesem Teilstück deutlich erhöht werden. Dafür wird die Formel der minimalen Umlaufzeit nach der maßgebenden Belastung in der zweiten Phase aufgelöst (X).

Auch in diesem Fall wird die maximale Verkehrsbelastung errechnet unter der Bedingung, dass die minimale Umlaufzeit den maximal von der RiLSA vorgegebenen vertraglichen Wert von 90 Sekunden annimmt.

$$t_{U,min,MSS} = 90 = \frac{15}{1 - \left(\frac{3.083/3}{2.000} + \frac{X/2}{2.000}\right)} \rightarrow X = 1.278 [Fz]$$

$$t_{U,min,ASS} = 90 = \frac{15}{1 - \left(\frac{2.897/3}{2.000} + \frac{X/2}{2.000}\right)} \rightarrow X = 1.402 [Fz]$$

Die daraus resultierenden maximalen Verkehrsbelastungen sind in **Tabelle 19** errechnet.

	Voßkuhle Linksabbieger	Voßkuhle Geradeausfahrer	Maximale Verkehrsbelastung	Restkapazität für Semerteichstraße

				FR Süd
Morgenspitzenstunde	97	193	1.278	988
Abendspitzenstunde	371	156	1.402	875

Tabelle 19: Maximale Verkehrsbelastung für die nördliche Semerteichstraße – Planfall 4 [Quelle: Eigene Darstellung]

Die aus dieser Berechnung resultierenden Verkehrsbelastungen sind für eine wichtige Nord-Süd-Verbindung in Dortmund deutlich besser.

Dieser Planfall wird lediglich errechnet und nicht in der Simulation umgesetzt.

5. Vergleich der Planfälle und Auswahl der Vorzugslösung

Im folgenden Abschnitt werden die Planfälle nicht nur miteinander, sondern auch mit dem Analyse-Fall verglichen. Es werden alle Fälle betrachtet (Vergleiche **Tabelle 20**).

Vorweggenommen ist in der Tabelle schon die Wahl der beiden Vorzugslösungen. Die Auswahl wird in diesem Kapitel beschrieben.

Simulationsfall	Verkehrsbelastung	Umbaumaßnahme (zum vorherigen Planfall)	Umsetzbar? (Wenn Nein, warum?)	Probleme? (Wenn ja, welche?)	Vorzugslösung?
Analyse-Fall	Ist-Zustand	-	-	Hohe Rückstaus auf B1 und Semerteichstraße	
Planfall 1	ist-Zustand	Umbau des Knotenpunkts mit 2-Phasen-Signalprogramm, Grüne Welle	Nein, kein funktionierendes Signalprogramm	LSA nicht leistungsfähig	
Planfall 1a	Ist-Zustand	2 Fahrstreifen Richtung Norden für Verbindung Semerteichstraße - Voßkuhle	Ja, für die Abendspitzenstunde	Belastung für Morgenspitzenstunde zu hoch	
Planfall 2	<u>B1</u> : Verringert durch Pfortner	Pfortner B54, Pfortner B236, Verbindung Max-Eyth-Straße, Grüne Welle	Ja	Große Rückstaus auf der Voßkuhle	
Planfall 2a	<u>B1</u> : Verringert durch Pfortner	Bypass am Kreisverkehr Voßkuhle	Ja	-	x
Planfall 3	<u>B1</u> : Verringert durch Pfortner, <u>Nord-Süd</u> : Erhöht durch Anschluss nrdl. Semerteichstraße	Anschluss Semerteichstraße	Ja	Nördliche Teil durch zusätzliche Belastung nicht mehr leistungsfähig	
Planfall 3a	<u>B1</u> : Verringert durch Pfortner, <u>Nord-Süd</u> : Erhöht durch Anschluss nrdl. Semerteichstraße	Vergroßerung der Kreisverkehrdurchmesser	Ja	Kreisverkehr an südlicher Semerteichstraße nicht mehr leistungsfähig	
Planfall 3b	<u>B1</u> : Verringert durch Pfortner, <u>Nord-Süd</u> : Erhöht durch Anschluss nrdl. Semerteichstraße	Ersetzen des südlichen Kreisverkehrs durch LSA	Ja	-Aufstellfläche an der LSA B1 aus Süden zu gering	
Planfall 3c	<u>B1</u> : Verringert durch Pfortner, <u>Nord-Süd</u> : Erhöht durch Anschluss nrdl. Semerteichstraße	Verlegung des südlichen Knotenpunktes Richtung Süden		-	x

Tabelle 20: Zusammenfassung der Simulationsfälle [Quelle: Eigene Darstellung]

5.1 Fahrzeugreisezeit

Am aussagekräftigsten bezüglich des Verkehrsflusses ist die von VISSIM gemessene durchschnittliche Fahrzeugreisezeit. Dabei interessiert ganz besonders die Fahrzeugreisezeit auf der B1 zwischen der Schnettkerbrücke und dem Anschluss der B236 während der Abendspitzenstunde und in der Gegenrichtung während der Morgenspitzenstunde, da diese während der Simulation am problematischsten identifiziert wurden.

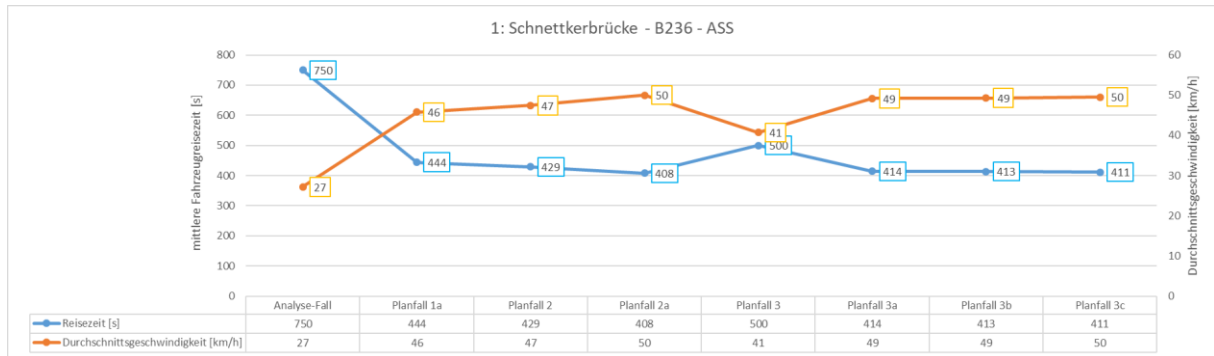


Abbildung 66: Fahrzeugreisezeit der Simulationen in der Abendspitzenstunde auf der B1 zwischen Schnettkerbrücke und B236 [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]

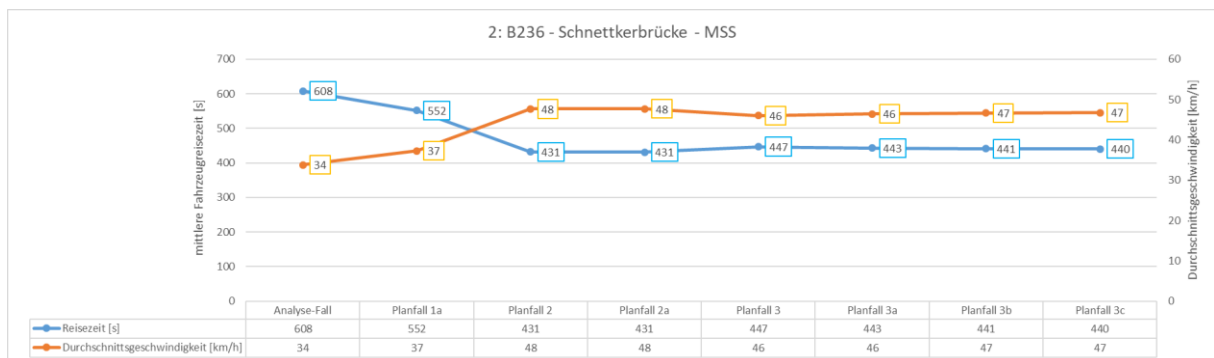


Abbildung 67: Fahrzeugreisezeit der Simulationen in der Morgenspitzenstunde auf der B1 zwischen B236 und Schnettkerbrücke [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]

Deutlich ist auf den Diagrammen **Abbildung 66** und **Abbildung 67** zu erkennen, dass durch die verschiedenen Umbau-Maßnahmen, die durchschnittliche Reisezeit (Blau) sinkt und die Durchschnittsgeschwindigkeit der Fahrzeuge (Orange) stark zunimmt, in der Morgenspitzenstunde um fast das Doppelte. Besonders auffällig ist, dass in der Abendspitzenstunde, durch den einfachen Anschluss der nördlichen Semerteichstraße im Planfall 3, die Fahrzeugreisezeit wieder steigt. Auf Grund dessen wurden die weiteren Planfälle 3a, 3b und 3c entwickelt.

Auf der Semerteichstraße in Fahrrichtung Norden ist die Fahrzeugreisezeit in der morgendlichen Spitzenstunde am höchsten. Aufgrund dessen ist hier die Fahrzeugreisezeit besonders mit einzubeziehen, um den Knotenpunkt leistungsfähig zu gestalten.

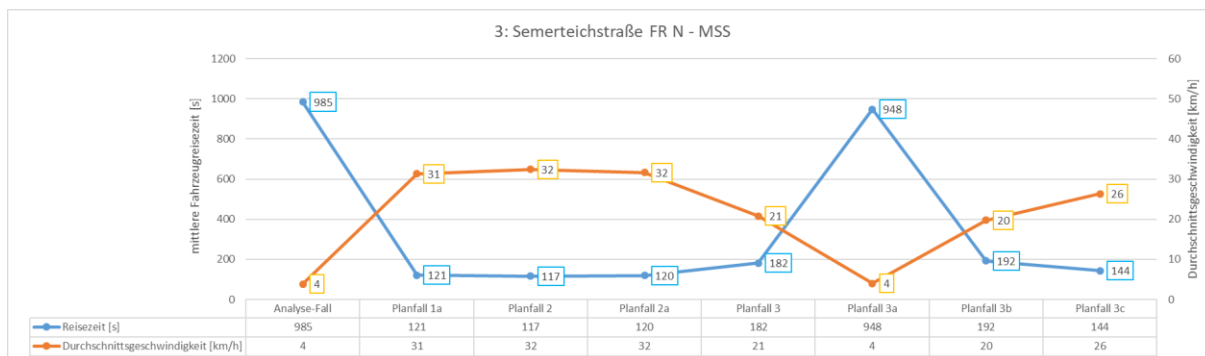


Abbildung 68: Fahrzeugreisezeit der Simulationen in der Morgenspitzenstunde auf Semerteichstraße in Fahrtrichtung Norden [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]

Abbildung 68 zeigt sehr deutlich, dass die Fahrzeugreisezeit im Analyse-Fall sehr hoch, wo hingehend der Verkehrsfluss bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 4 km/h sehr schlecht war. Nachdem in Planfall 3a die Kreisverkehre vergrößert worden sind und mehr Verkehr in den Kreisverkehr auf der Semerteichstraße aus Norden einfuhr, fiel die in den vorherigen Planfällen sehr niedrige Fahrzeugreisezeit wieder auf einen sehr hohen Wert. Erst durch das Implizieren der LSA an dieser Stelle in Planfall 3b, konnte man wieder einen zufriedenstellenden Wert der Fahrzeugreisezeit herstellen. Eine Optimierung erfolgte in Planfall 3c, bei dem die Aufstellfläche der LSA an der B1 verlängert wurde, sodass keine Rückstaus in den südlichen Knotenpunkt an der Semerteichstraße reichen konnten. Die durchschnittliche Geschwindigkeit von 26 km/h ist ebenfalls als positiv zu werten. Die Geschwindigkeit wird trotz zweier, nicht als Grüne Welle geschalteter, LSAs in diesem Bereich erreicht.

Weiter wurde die Fahrzeugreisezeit für die Voßkuhle in der Abendspitzenstunde während der Simulationen beobachtet. Die Abendspitzenstunde wurde dabei als maßgebende Spitzenstunde gewählt, da die Verkehrsbelastung in dieser Zeit deutlich größer ist als in der morgendlichen Spitzenstunde.

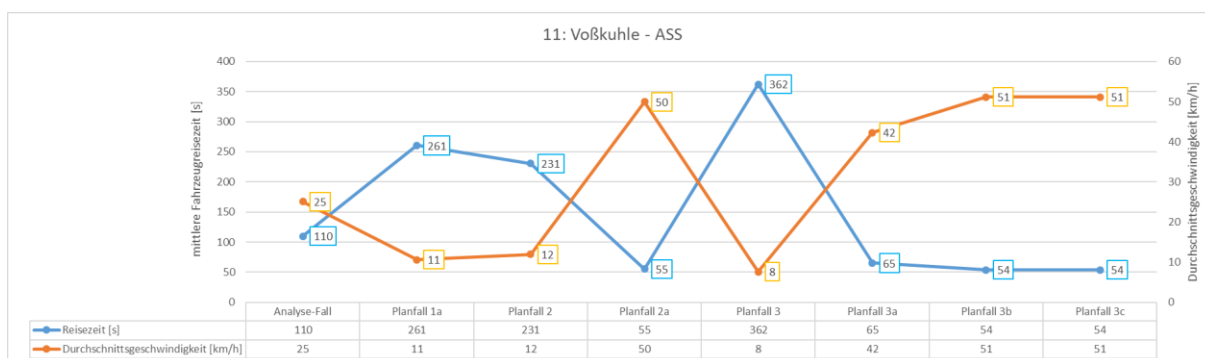


Abbildung 69: Fahrzeugreisezeit der Simulationen in der Abendspitzenstunde in der Voßkuhle [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]

Auffällig ist, dass erst durch den Umbau in Planfall 1a und 2 die Fahrzeugreisezeit in der Voßkuhle gestiegen ist. Erst durch den in Planfall 2a umgesetzten Bypass für die

Geradeausfahrer am Kreisverkehr auf der Voßkuhle konnte die Fahrzeugreisezeit deutlich gesenkt werden. Durch den Anschluss der nördlichen Semerteichstraße stieg die Fahrzeugreisezeit wieder, was ein Grund dafür war, den Kreisverkehrsdurchmesser aller Kreisverkehr um 10 Meter zu erhöhen. Auf diese Weise konnte sich eine sehr gute durchschnittliche Fahrzeugreisezeit auf der Voßkuhle einstellen.

Zusammenfassend ist zu erkennen, dass durch die Maßnahmen eine Verbesserung der Fahrzeugreisezeit auf allen vier relevanten Strecken zu messen ist. Das hat eine Verbesserung des Verkehrsflusses zur Folge.

5.2 Verteilung der Fahrzeugreisezeiten

Ein weiterer Indikator zur Beurteilung des Verkehrsflusses ist die Verteilung der Fahrzeugreisezeiten. Dafür wird mit dem Mittelwert und der Standardabweichung, welche von VISSIM automatisch gemessen werden, eine Verteilung mittels Excel dargestellt. Hohe Ausschläge nach oben bedeuten, dass die Fahrzeugreisezeit nicht schwankend ist und dass die Fahrzeuge alle eine sehr ähnliche Fahrzeugreisezeit besitzen. Ist die Kurve jedoch sehr breit und verhältnismäßig nicht sehr hoch, bedeutet das, dass die Fahrzeuge alle sehr unterschiedliche Fahrzeugreisezeiten besitzen. Generell ist es empfehlenswert, wenn die Fahrzeugreisezeiten sehr homogen sind und nicht sehr streuen. Werden die vier relevanten Strecken um unseren Knotenpunkt untersucht, ist folgendes festzuhalten. Darüber hinaus wird der Quantilsabstand betrachtet. Der Quantilsabstand ist die Differenz zwischen dem 95%-Quantil und dem 5%-Quantil. Große Quantilsabstände bedeuten, dass die Fahrzeugreisezeiten sehr großen Unterschieden unterworfen sind. Ein großer Quantilsabstand ist ein Indikator für einen nicht sehr gleichmäßigen Verkehrsfluss. Ein Beispiel um die Zahl zu verstehen: Ein Quantilsabstand von 10 bedeutet, dass 90% (Da wir den Abstand zwischen 5%- und 95%-Quantil nutzen $\rightarrow 95\% - 5\% = 90\%$) der Fahrzeugreisezeiten in einem Bereich von ± 5 Sekunden um den Mittelwert streuen. Also besitzen 90% der Fahrzeuge eine Fahrzeugreisezeit von ± 5 Sekunden um den Mittelwert.

Bei der Strecke zwischen Schnettkerbrücke und B236 ist während der Abendspitzenstunde zu beobachten, dass im Analyse-Fall und im Planfall 1a die Kurven sehr breit und weniger hoch sind und darum die Streuung der Fahrzeugreisezeiten recht groß ist (Vergleiche **Abbildung 70**). Darüber hinaus besitzt der Analyse-Fall einen sehr großen Quantilsabstand, was darauf hindeutet, dass der Verkehrsfluss nicht sehr gut ist (Vergleiche **Abbildung 71**).

Positiv lässt sich erkennen, dass in den Planfällen 2a, 3, 3a und 3b die Reisezeit sehr hohe Peaks im Diagramm zeigt (Vergleiche **Abbildung 70**). Das weist gemeinsam mit den geringen Standardabweichungen, darauf hin, dass die Fahrzeugreisezeiten alle sehr ähnlich sind. Die geringen Quantilsabstände (Vergleiche **Abbildung 71**) sind ein weiterer Indikator dafür, dass die Fahrzeugreisezeiten sehr ähnlich sind und der Verkehrsfluss sehr homogen ist. Lediglich der Quantilsabstand in Planfall 3 ist erhöht, was jedoch durch die Planfälle wieder reduziert wird.

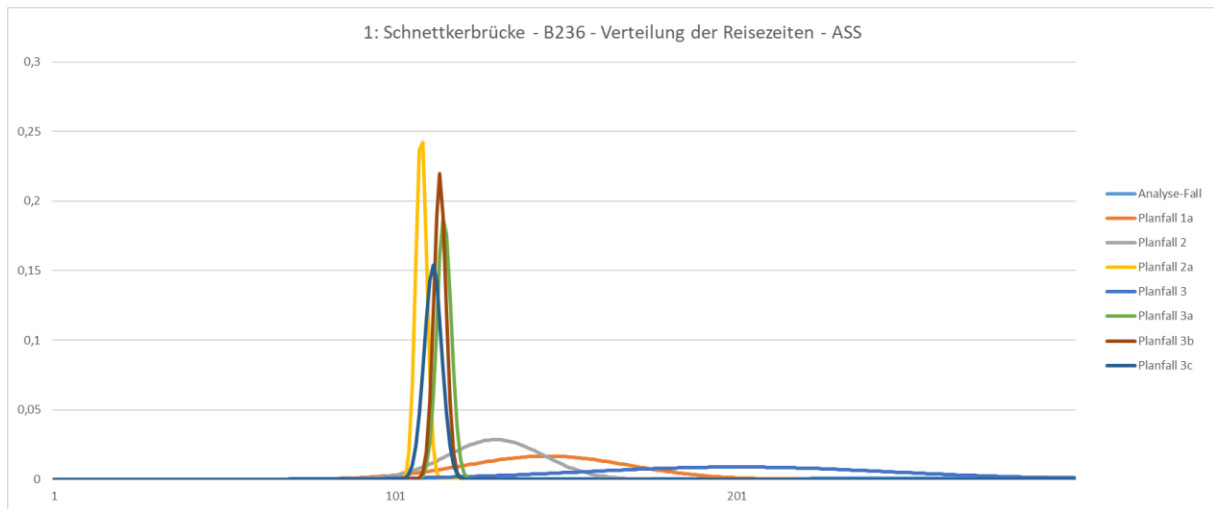


Abbildung 70: Verteilung der Fahrzeugreisezeit in der Abendspitzenstunde zwischen der Schnettkerbrücke und der B236 [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]

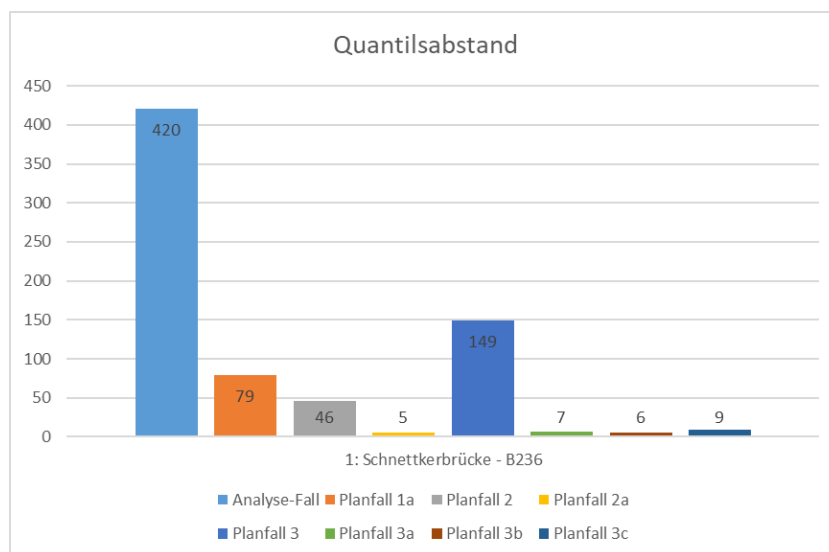


Abbildung 71: Abstand zwischen dem 5%- und dem 95%-Quantil in der in der Abendspitzenstunde zwischen der Schnettkerbrücke und der B236 [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]

Bei der Strecke B236 bis Schnettkerbrücke fällt auf, dass die Verteilung der Fahrzeugreisezeiten nicht so hohen Peaks unterworfen ist wie in der Gegenrichtung (Vergleiche **Abbildung 72**). Die Kurven stellen sich in allen Planfällen deutlich flacher dar und sind breiter als im vorherigen Diagramm. Dies bedeutet zwar, dass die Fahrzeugreisezeiten nicht so homogen sind wie während der Abendspitzenstunde in der Gegenrichtung, jedoch sind diese Werte auch nicht sehr breit. Dies bedeutet, dass die Fahrzeugreisezeiten zwar etwas streuen, jedoch nicht so sehr, dass sie den Verkehrsfluss deutlich negativ darstellen. Das Diagramm zeigt, dass die Fahrzeugreisezeiten ab Planfall 2 deutlich geringer werden als im Analyse-Fall sowie im Planfall 1a.

Die Quantilsabstände zeigen, dass diese sukzessiv weniger werden, bis in Planfall 3 die nördliche Semerteichstraße angeschlossen wird (Vergleiche **Abbildung 73**). Durch die Umbaumaßnahmen in Planfall 3a, 3b und 3c wird der Quantilsabstand wieder geringer, was darauf schließen lässt, dass der Verkehrsfluss besser wird.

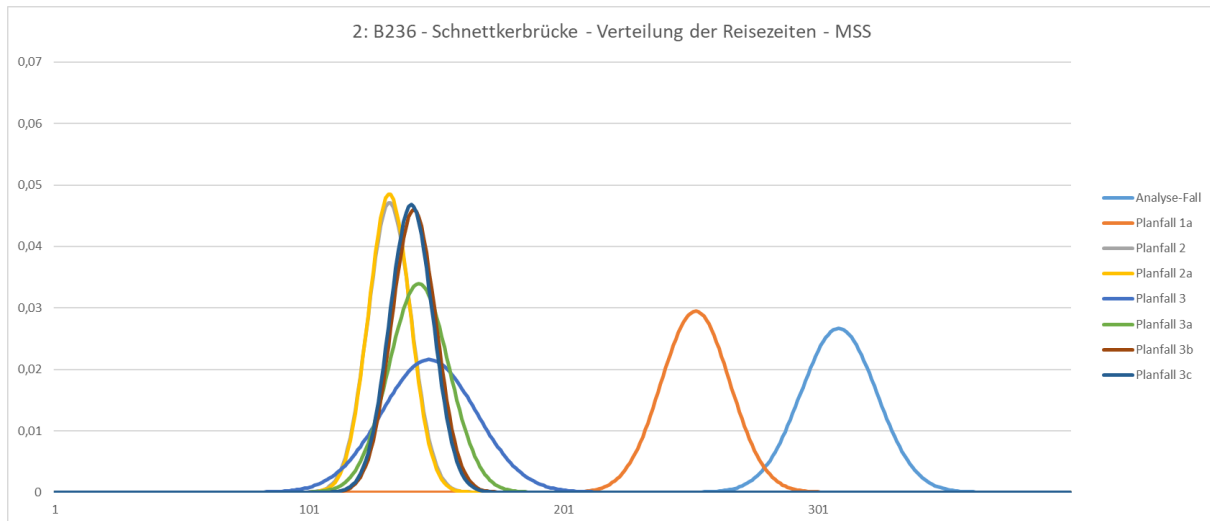


Abbildung 72: Verteilung der Fahrzeugreisezeit in der Morgenspitzenstunde zwischen der B236 und der Schnettkerbrücke [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]

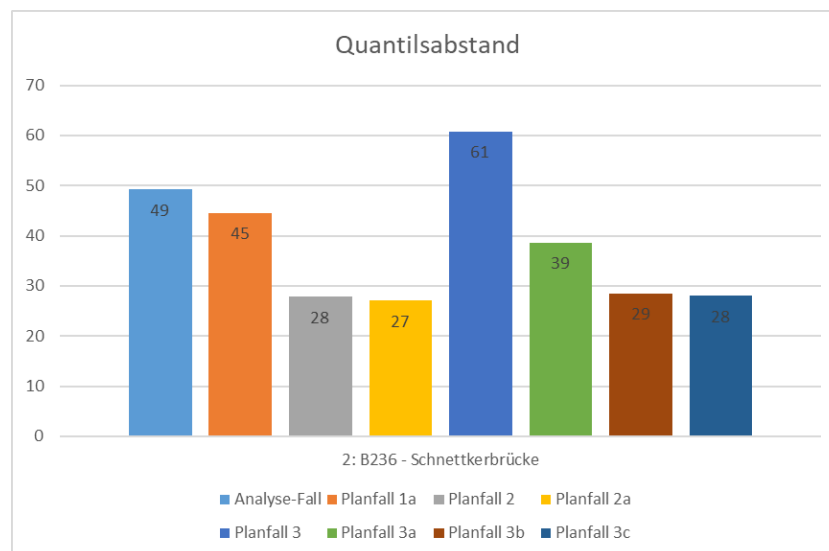


Abbildung 73: Abstand zwischen dem 5%- und dem 95%-Quantil in der in der Morgenspitzenstunde zwischen der B236 und der Schnettkerbrücke [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]

Das Diagramm der Fahrzeugreisezeitverteilung der Semerteichstraße in Fahrtrichtung Norden zeigt, dass die Unterschiede zwischen den Planfällen sehr gravierend sein können. **Abbildung 74** zeigt, dass der Analyse-Fall und Planfall 3a sehr hohe Fahrzeugreisezeiten nach sich ziehen, welche weit streuen. Planfall 3 und 3b streut ebenfalls mehr als die anderen Planfälle 1a, 2 und 2a, die recht hohe und schmale Peaks besitzen und damit aufweisen, dass die Fahrzeugreisezeiten sehr ähnlich sind. Planfall 3c stellt dar, dass die

Fahrzeugreisezeiten wieder ähnlicher werden und nicht so stark streuen wie in Planfall 3a und 3b.

Diese Erkenntnisse decken sich auch mit den Ergebnissen aus den Quantilsabständen (Vergleiche **Abbildung 75**). Planfall 1a, 2 und 2a zeigen sehr geringe Quantilsabstände, was bedeutet, dass die Fahrzeugreisezeiten ähnlich groß sind. Der Analyse-Fall, Planfall 3 und 3b zeigen erhöhte Quantilsabstände, wohingegen Planfall 3a einen extrem hohen Quantilsabstand zeigt. Planfall 3c entwickelt einen mittleren bis kleinen Quantilsabstand.

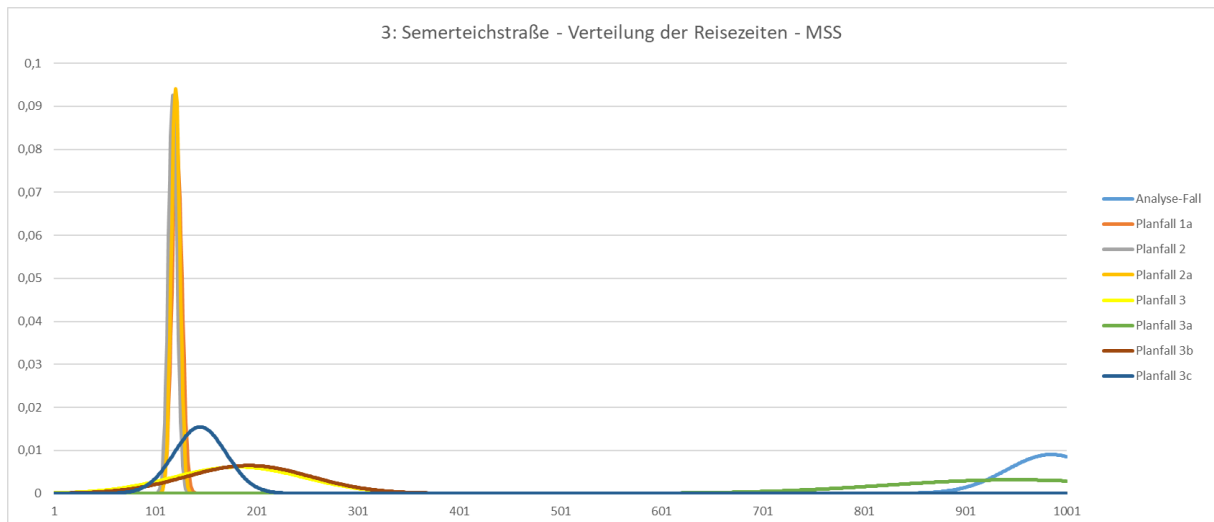


Abbildung 74: Verteilung der Fahrzeugreisezeit in der Morgenspitzenstunde auf der Semerteichstraße in Fahrtrichtung Norden [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]

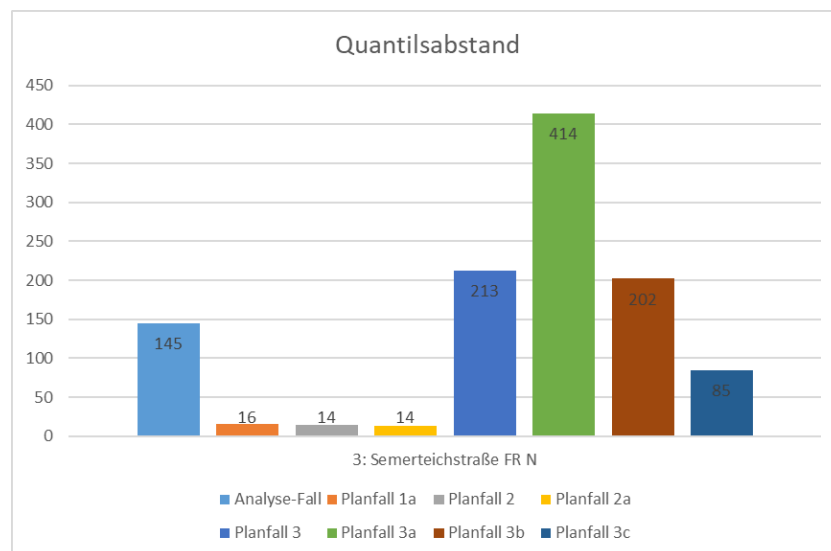


Abbildung 75: Abstand zwischen dem 5%- und dem 95%-Quantil in der Morgenspitzenstunde auf der Semerteichstraße in Fahrtrichtung Norden [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]

Auffällig ist, dass die Quantilsabstände in der Morgenspitzenstunde deutlich größer sind als in der Abendspitzenstunde (Vergleiche **Abbildung 76**). In der Abendspitzenstunde sind lediglich der Analyse-Fall und der Planfall 3a mit sehr großen Quantilsabständen

gekennzeichnet. Alle anderen Planfälle zeigen kleine Quantilsabstände. Dies lässt sich zum einen mit einer geringeren Belastung der Semerteichstraße begründen, zum anderen aber auch mit der unterschiedlichen Verteilung der Verkehrsbelastungen zwischen Morgen- und Abendspitzenstunde.

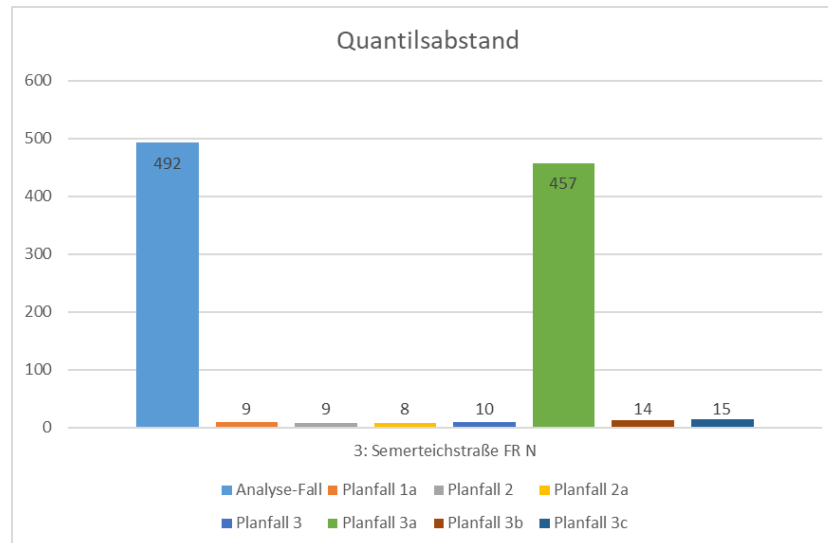


Abbildung 76: Abstand zwischen dem 5%- und dem 95%-Quantil in der in der Abendspitzenstunde auf der Semerteichstraße in Fahrtrichtung Norden [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]

Bei der Analyse der Daten darf auch hier nicht vernachlässigt werden, dass auf der Semerteichstraße im Planfall 3b und 3c zwei LSA berücksichtigt werden müssen, wohingegen in den anderen Planfällen nur eine LSA und ein Kreisverkehr simuliert wurden. Durch zwei LSAs, die keine Grüne Welle besitzen, ist es möglich, dass Fahrzeuge zweimal anhalten müssen. Dies erhöht die Fahrzeugreisezeit, erhöht aber auch den Quantilsabstand, da manche Fahrzeuge zufällig zwei Freigabezeiten nutzen, andere Fahrzeuge jedoch zweimal auf Grund der Sperrzeit an der LSA halten müssen. Diese Tatsache erschwert eine Vergleichbarkeit der Fahrzeugreisezeiten.

Die Verteilung der Fahrzeugreisezeiten in der Voßkuhle zeigen fast ausschließlich sehr flache Kurven (Vergleiche **Abbildung 77**). Lediglich bei Planfall 2a, der zur Verbesserung des Verkehrsflusses in der Voßkuhle führen soll, und Planfall 3b sind Peaks vorhanden. Dies lässt darauf schließen, dass die Maßnahmen, die dort getroffen wurden, den Verkehrsfluss in der Voßkuhle sehr effektiv beschleunigen. Extrem fällt jedoch der Peak von Planfall 3c auf. Die Fahrzeugreisezeiten sind in diesem Planfall nahezu identisch, was auf einen homogenen und schnellen Verkehrsfluss hinweist.

Dies ist auch in den Quantilsabständen zu erkennen (Vergleiche **Abbildung 78**). In beiden Planfällen 2a und 3b ist der Quantilsabstand deutlich geringer als in den anderen Simulationsfällen. Daraus lässt sich schließen, dass diese die für die Voßkuhle besten Lösungen darstellen, da hier die Fahrzeugreisezeit nicht nur am geringsten ist, sondern

auch keine großen Schwankungen in der Reisezeit vorhanden sind. Planfall 3c hat den geringsten Quantilsabstand, was hinsichtlich des hohen Peaks in der Fahrzeugreisezeitverteilung auch zu erwarten ist.

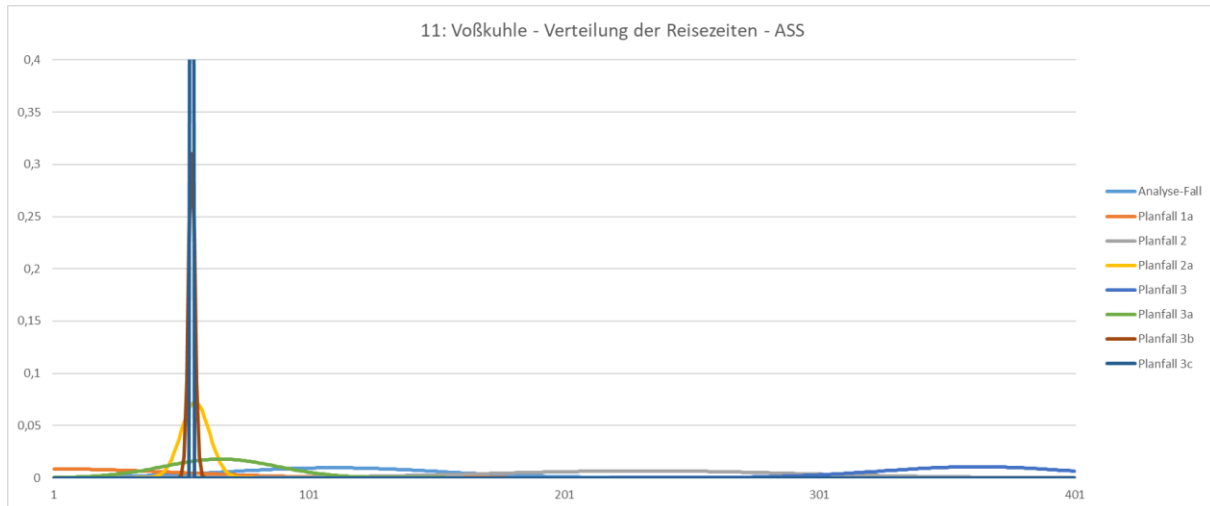


Abbildung 77: Verteilung der Fahrzeugreisezeit in der Abendspitzenstunde in der Voßkuhle [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]

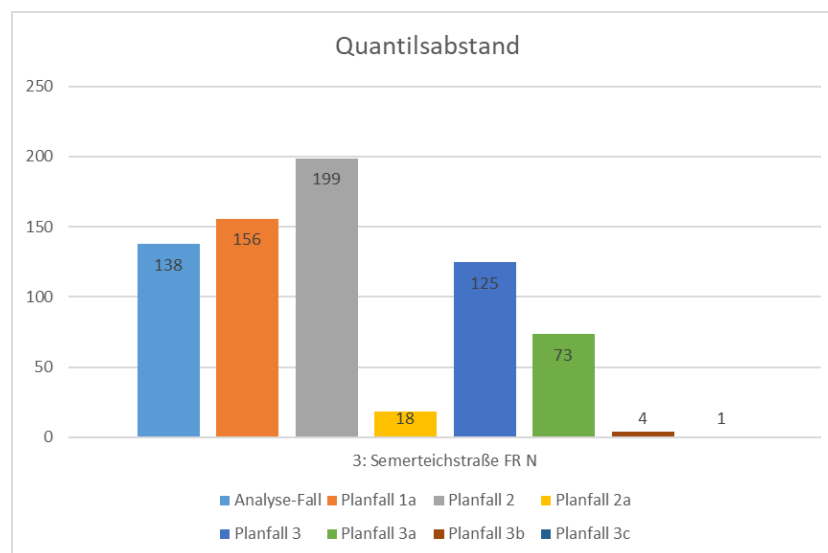


Abbildung 78: Abstand zwischen dem 5%- und dem 95%-Quantil in der in der Abendspitzenstunde in der Voßkuhle [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]

5.3 Querschnittswerte

Die von VISSIM gemessenen Werte an zwei Querschnitten, die sich etwa 100 Meter jeweils vor dem zu untersuchenden Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) befinden, können auch hier zur Analyse genutzt werden.

Es fällt auf ist in der Morgenspitzenstunde, dass ab Planfall 2, die Anzahl der Fahrzeuge, die über den Querschnitt fahren, deutlich sinkt (Vergleiche **Abbildung 79** und **Abbildung 80**). Dies hat mit den Maßnahmen in Planfall 2 zu tun, die die Verkehrsbelastung im Bereich zwischen der B54 und der B236 durch die beiden Pfortner verringern. Es fällt ebenfalls auf,

dass die Stauverweilzeit in Fahrtrichtung Ost schon ab Planfall 1a deutlich sinkt, wohingegen die Stauverweilzeit in Fahrtrichtung West noch unverändert hoch ist. Dies hängt mit dem nicht optimalen Signalprogramm zusammen, welches in Planfall 1a für Westrichtung erstellt wurde. Im weiteren Verlauf der Planfälle bleibt die Anzahl der detektierten Fahrzeuge am Querschnitt, sowie die Stauverweilzeit weitestgehend gleich. Kleinere Schwankungen sind dabei immer simulationstechnisch normal, hängen jedoch auch immer mit den umgesetzten Maßnahmen zusammen. Festzuhalten ist, dass der Verkehrsfluss durch die verringerte Stauverweilzeit in allen Planfällen deutlich verbessert wurde.

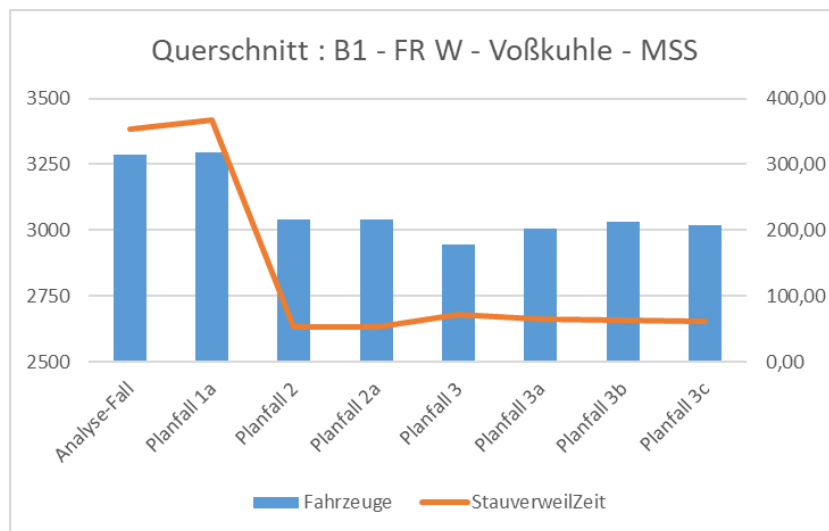


Abbildung 79: Auswertung der Querschnittsmessung B1 - FR W - Voßkuhle in der Morgenspitzenstunde
 [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]

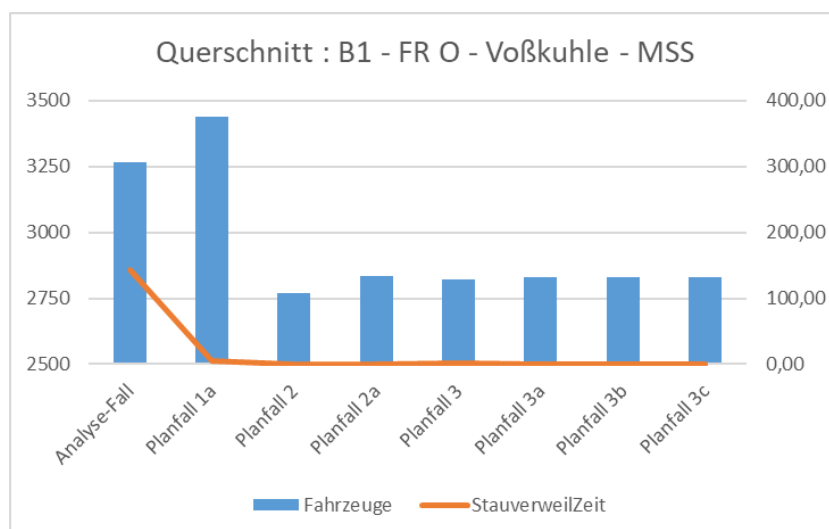


Abbildung 80: Auswertung der Querschnittsmessung B1 - FR O - Voßkuhle in der Morgenspitzenstunde
 [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]

In der Abendspitzenstunde ist bei der Anzahl der detektierten Fahrzeuge wie in der morgendlichen Spitzenstunde, der klare Schnitt zwischen Planfall 1a und 2 zu erkennen. Die

Pförtner an der B54 und der B236 verringern dabei die Verkehrsbelastung im Abschnitt zwischen den beiden Pförtnern. Dabei sinkt auch die Stauverweilzeit und bleibt konstant in den Planfällen niedrig. Dies zeigt, dass der Verkehrsfluss vor dem Knotenpunkt deutlich verbessert worden ist.

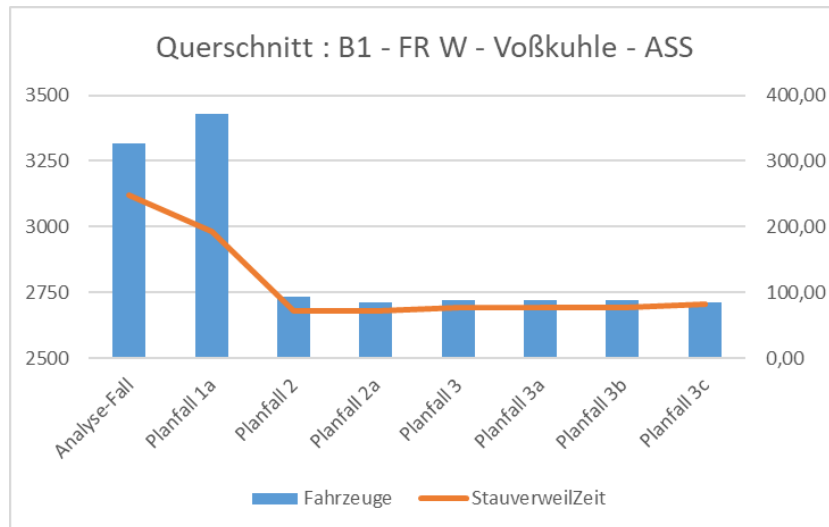


Abbildung 81: Auswertung der Querschnittsmessung B1 - FR W - Voßkuhle in der Abendspitzenstunde
 [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]

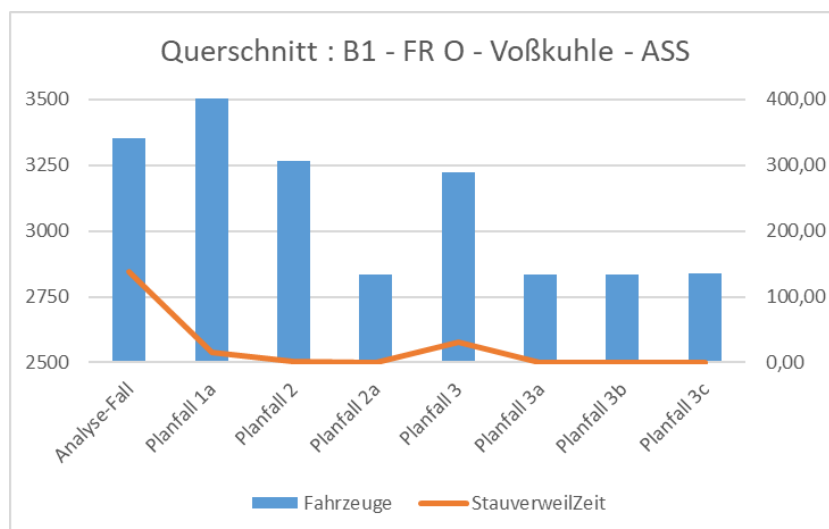


Abbildung 82: Auswertung der Querschnittsmessung B1 - FR O - Voßkuhle in der Abendspitzenstunde
 [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]

5.4 Verlustzeiten

Die Verlustzeiten, welche von VISSIM mit den Fahrzeugreisemessungen ausgewertet werden, können als Indiz für die HBS-Berechnung herangezogen werden. Dies ist allerdings nur dann möglich, wenn keine anderen Störfaktoren an der Strecke die Messung beeinflussen. Aus diesem Grund kann diese Auswertung lediglich für die B1 genutzt werden,

da auf der Semerteichstraße und der Voßkuhle Kreisverkehre die Verlustzeitmessung beeinflussen.

Die Verlustzeit wird in Fahrtrichtung West zwischen Lübkestraße und kurz hinter der Haltelinie der LSA am Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) gemessen (Querschnittsmessung: B1 FR W). In der Gegenrichtung wird die Verlustzeit ab der Gabelung Ausfahrt Märkische Straße / B1 bis kurz hinter der Haltelinie der LSA am Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) gemessen (Querschnittsmessung: Vor KP V/S/B1). Dabei sind für die verschiedenen Simulationsfälle folgende Werte von VISSIM gemessen worden (Vergleiche **Tabelle 21**), woraus sich die HBS-Bewertung (Vergleiche **Abbildung 23**) schließen lässt.

B1 FR W (FR West)	Verlustzeit MSS [s]	Qualitätsstufe HBS	Verlustzeit ASS [s]	Qualitätsstufe HBS
Analyse-Fall	104	E	103	E
Planfall 1a	50	D	180	E
Planfall 2	9	A	29	B
Planfall 2a	9	A	29	B
Planfall 3	21	B	8	A
Planfall 3a	15	A	9	A
Planfall 3b	11	A	8	A
Planfall 3c	11	A	8	A

Tabelle 21: Verlustzeit und HBS-Qualitätsstufen des Querschnitts B1 FR W [Quelle: Eigene Darstellung]

Vor KP V/S/B1 (FR Ost)	Verlustzeit MSS [s]	Qualitätsstufe HBS	Verlustzeit ASS [s]	Qualitätsstufe HBS
Analyse-Fall	209	E	264	E
Planfall 1a	40	C	51	D
Planfall 2	19	A	33	B
Planfall 2a	19	A	19	A
Planfall 3	22	B	88	E
Planfall 3a	21	B	25	B
Planfall 3b	21	B	25	B
Planfall 3c	22	B	27	B

Tabelle 22: Verlustzeit und HBS-Qualitätsstufen des Querschnitts Vor KP V/S/B1 [Quelle: Eigene Darstellung]

Erkennbar ist, dass der Analyse-Fall für beide Richtungen die Qualitätsstufe E erhält. Damit ist der Knotenpunkt nicht leistungsfähig. Auch mit der Umbaumaßnahme zu Planfall 1a verbessert sich die Qualitätsstufe lediglich leicht in Fahrtrichtung Osten leicht, dennoch ist der Knotenpunkt erst ab Planfall 2 mit Qualitätsstufen A und B richtig leistungsfähig, wobei sich Planfall 2a etwas besser in der abendlichen Spitzenstunde in Fahrtrichtung Ost darstellt. Durch den Anschluss der nördlichen Semerteichstraße in Planfall 3 verschlechtert sich jedoch die Verkehrsqualität in dieser Spitzenstunde. Erst durch die baulichen

Veränderungen in Planfall 3a, 3b und 3c wird der Knotenpunkt wieder leistungsfähig und erhält ausschließlich Qualitätsstufen A in Richtung West und B in Richtung Ost.

Untersucht wird, auch wenn es durch den Kreisverkehr zu Störungen und damit zu Erhöhungen der Verlustzeit kommt, die Semerteichstraße in Fahrtrichtung Norden. Diese ist im Analyse-Fall als kritischer Punkt identifiziert worden. VISSIM hat folgende Werte als Verlustzeiten gemessen, worauf die HBS-Qualitätsstufen in **Tabelle 23** basieren.

Semerteichstraße FR N	Verlustzeit MSS [s]	Qualitätsstufe HBS	Verlustzeit ASS [s]	Qualitätsstufe HBS
Analyse-Fall	926	E	452	E
Planfall 1a	42	C	45	C
Planfall 2	38	C	29	B
Planfall 2a	40	C	29	B
Planfall 3	102	E	32	B
Planfall 3a	875	E	588	E
Planfall 3b	121	E	44	C
Planfall 3c	71	E	44	C

Tabelle 23: Verlustzeit und HBS-Qualitätsstufen des Querschnitts Semerteichstraße FR N [Quelle: Eigene Darstellung]

Trotz des ab Planfall 1a geplanten Kreisverkehrs im Vorfeld der LSA B1, bzw. ab Planfall 3b die geplante LSA, ist zu erkennen, dass die Verlustzeiten deutlich geringer werden als im Analyse-Fall. Dabei lässt sich festhalten, dass teilweise gute Qualitätsstufen, wie in Planfall 2 und 2a erreicht werden, obwohl ein Kreisverkehr den Verkehrsfluss negativ beeinflusst. Es ist erkennbar, dass für Planfall 3c zwar in der Morgenspitzenstunde die Verlustzeit zu einer Qualitätsstufe E und damit einem nicht-leistungsfähigen Knotenpunkt führt, diese Zeit jedoch durch die vorliegende LSA zu relativieren ist. In der abendlichen Spitzenstunde ist dieser Effekt, auch weil die Verkehrsbelastung nicht so hoch ist wie in der Morgenspitzenstunde, nicht so groß, weswegen eine Qualitätsstufe C erreicht wird.

5.5 Wahl einer Vorzugslösung

Die Vorzugslösung wird unter Berücksichtigung aller in Kapitel 5.1 – 5.4 beschriebenen Aspekte ausgewählt. Dabei wird es nicht eine, sondern zwei Vorzugslösungen geben, da grundsätzlich zwei verschiedene Szenarien betrachtet werden müssen:

Szenario 1: Ohne Anschluss der nördlichen Semerteichstraße

Szenario 2: Mit Anschluss der nördlichen Semerteichstraße

Beide Szenarien unterscheiden sich grundsätzlich nicht nur in der zusätzlichen Verkehrsbelastung, sondern letztendlich auch durch die Verschiebung der Verkehre weg von der Voßkuhle und hin zur nördlichen Semerteichstraße, die damit eine wichtige Nord-Süd-Verbindung in der Stadt Dortmund einnehmen soll.

5.5.1 Szenario 1: Ohne Anschluss der nördlichen Semerteichstraße

Szenario 1 beschreibt die Situation, wenn die nördliche Semerteichstraße nicht an den Knotenpunkt angeschlossen werden soll. In diesem Fall ist Planfall 2a als Vorzugslösung auszuwählen.

Planfall 2a besitzt die geringste Fahrzeugreisezeit für die relevante Morgenspitzenstunde stadteinwärts und für die Abendspitzenstunde stadtauswärts. Darüber hinaus ist die Fahrzeugreisezeit für die Voßkuhle und die nördliche Semerteichstraße ebenfalls am geringsten. Die Ergebnisse aus VISSIM zeigen, dass diese Strecken im Planfall 2a die geringsten Standardabweichungen besitzen und damit einen sehr homogenen, nicht streuenden Verkehrsfluss besitzen. Die Abweichungen und damit die Quantilsabstände, sind sehr klein, sodass nahezu alle Fahrzeuge eine sehr ähnliche Reisezeit besitzen. Auch ist den Querschnitten zu entnehmen, dass Planfall 2a keine gravierenden, nach unten auffallenden Abweichungen der Verkehrsbelastung besitzt. Zusätzlich zeigen die Verlustzeiten und Qualitätsstufen nach HBS, dass die B1 für beide Fahrtrichtungen eine A- und B- Bewertung erhält und sogar die Semerteichstraße trotz des die Verlustzeit negativ beeinflussenden Kreisverkehrs noch eine Qualitätsstufe von C und B erhält.

Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass Planfall 2a für dieses Szenario als Vorzugslösung auszuwählen ist.

5.5.2 Szenario 2: Anschluss der nördlichen Semerteichstraße

Bisher ist die nördliche Semerteichstraße noch nicht an den Knotenpunkt angeschlossen. Wird der Plan der Stadt Dortmund umgesetzt, diese an den Knotenpunkt anzuschließen, dann verändern sich die Verkehrsbelastungen. Es ist eine Verschiebung des Verkehrs zu erwarten. Dennoch kann durch die Analyse der Simulationen der Planfall 3c als Vorzugslösung für das Szenario 2: Anschluss der nördlichen Semerteichstraße ausgewählt werden.

Planfall 3c besitzt für beide Fahrtrichtungen der B1 die geringste Fahrzeugreisezeit. Die Fahrzeugreisezeit auf der Voßkuhle ist im Planfall 3c die geringste. Lediglich die Semerteichstraße in Fahrtrichtung Norden ist mit einer durchschnittlichen Fahrzeugreisezeit von 144 Sekunden und einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 26 km/h annehmbar. Diese Werte sind deutlich besser als im Analyse-Fall oder in Planfall 3a und 3b. Berücksichtigt werden muss bei diesen Werten, dass auf der Strecke zwei LSAs passiert werden müssen. Die Verteilung der Fahrzeugreisezeiten zeigt, dass Planfall 3c geringe Standardabweichungen und hohe Peaks in den Diagrammen erzeugt, das darauf schließen lässt, dass die Fahrzeugreisezeiten der jeweiligen Strecken alle nah beieinanderliegen und der Verkehrsfluss sehr regelmäßig ist. Dafür spricht auch, dass die Quantilsabstände sehr gering sind. Auch zeigt sich wieder, dass diese Werte für die Semerteichstraße nicht so

positiv sind wie auf den anderen Strecken, ohne jedoch einen negativen Einfluss auf den Verkehrsfluss zu besitzen. Ähnlich wie in Szenario 1 zeigen die Querschnittswerte keine abfallenden Werte, sodass die Verkehrsbelastung verträglich für den Knotenpunkt ist. Die Verlustzeiten und die darauf basierenden HBS-Qualitätsstufen deuten auf eine gute Leistungsfähigkeit hin. Beide Fahrrichtungen der B1 erhalten ausschließlich die Qualitätsstufen A und B. Die Semerteichstraße erhält in der Abendspitzenstunde trotz zweier LSA die Qualitätsstufe C, wenngleich die Morgenspitzenstunde nur die Qualitätsstufe E erhält. Hier ist allerdings zu beachten, dass diese Qualitätsstufe für die summierte Verlustzeit zweier LSA berechnet wurde und so nicht korrekte als Bewertung dient.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Planfall 3c für dieses Szenario als Vorzugslösung auszuwählen ist.

6. Kritische Bewertung der Simulationsergebnisse

Die Simulation weist in einigen Punkten erhebliche Mängel auf. Um die Ergebnisse der Simulation einordnen zu können, sind in diesem Kapitel Mängel und kritische Punkte aufgeführt.

6.1 Verkehrszählungen

Zunächst werden die Verkehrszählungen kritisch betrachtet.

6.1.1 Verkehrszahlen der Verkehrszählungen

Die Ergebnisse der Verkehrszählungen sind sehr kritisch zu betrachten. Diese sind (vermutlich) in einer Stausituation gezählt worden, sodass zwar die Verkehrskapazität bekannt ist, jedoch nicht die Zahl derer, die die Straße in der Spitzenstunde befahren wollen. Dies ist jedoch sehr wichtig zu wissen, da diese Zahlen in die Simulation eingespielt werden müssen.

6.1.2 Alter der Verkehrszählungen

Die Verkehrszählungen sind im Jahr 2013 durchgeführt worden. In den vergangenen sechs Jahren hat der Verkehr jedoch stetig zugenommen. Dies ist zwar in diesem Fall nicht relevant, da als Ergebnis nur die Kapazität darstellt, dennoch sind aktuelle Verkehrszahlen und Informationen über den Verkehrsablauf wichtig.

6.1.3 Umstände der Verkehrszählungen

Eine weitere Unbekannte sind die Umstände der Verkehrszählung. Dabei spielt es eine wichtige Rolle, ob es am Tag der Verkehrszählung geregnet hat, es neblig war oder ob die Sonne schien. Dies beeinflusst nicht nur die Qualität der Daten, da in der Regel der Zähler bei gutem Wetter genauer zählen als bei Regen, sondern auch das Verhalten der Fahrer.

Weiter ist unbekannt, ob an den Zähltagen eine Veranstaltung in Dortmund oder im Westfalenpark stattgefunden haben. Auch die Frage, ob ein Unfall auf der B1 oder im Umfeld passiert ist oder eine Baustelle den Verkehr behindert hat, ist unbekannt. Dies alles würde zu einer Veränderung der Verkehrsbelastung führen, wodurch die Daten für eine Simulation unbrauchbar wären.

Ebenfalls unbekannt ist, ob sich in den letzten sechs Jahren etwas am Signalprogramm der LSA geändert hat. Eine Veränderung der Freigabezeiten kann eine komplette Veränderung des Verkehrsablaufs bedeuten.

6.1.4 Anzahl der Verkehrszählungen

Ein sehr großes Problem beim Aufbau der Simulation ist die große unbekannte Zahl der Verkehrszuflüsse, für die keine Daten vorliegen. Im Simulationsgebiet liegen insgesamt 28 Zuflüsse, von denen allerdings nur bei sechs Zuflüssen Verkehrsdaten vorliegen. An (fast) jedem Zufluss ist ein Ablauf, bei dem die Zahl der Unbekannten ebenfalls groß ist. Dies bedeutet, dass die Simulation mit sehr vielen fiktiven Zahlen aufgebaut werden musste. Diese sind im Verlauf der Ausarbeitung so angepasst worden, dass das Ergebnis des Rückstaus dem der Realität entspricht, was aber nicht bedeutet, dass die Zahlen korrekt sind.

6.2 Routenentscheidungen

6.2.1 Routenentscheidungen im Analyse Netz

Ein weiterer Punkt, welcher mit den Problemen der Verkehrszählungen einhergeht, sind die Routenentscheidungen. Um bestmögliche Ergebnisse in einer *VISSIM*-Simulation zu erzielen, ist es wichtig für jeden Zufluss vorher definierte Routenentscheidungen zu allen Abflüssen aus dem Netz, mit entsprechenden Wahrscheinlichkeiten, festzulegen. Dabei wird ein Fahrzeug direkt nach dem Zufluss einem Ziel zugewiesen. In der vorliegenden Simulation war dies nicht möglich, sodass vor jeder Abfahrt oder Verzweigung eine Routenentscheidung definiert werden musste. Dies führt jedoch dazu, dass an manchen Stellen (Vergleiche Kapitel 4.1.4.1) Fahrzeuge ein regelmäßiges Verhalten zeigen, welches es in der Realität nur sehr selten gibt. Dort fahren beispielsweise Fahrzeuge von der linken Spur über zwei Spuren in Richtung Ausfahrt. Dies kann nur mit einer Manipulation der Routenentscheidungs-Anteil verhindert werden. Das führt zu einem Resultat, welches im Endergebnis der Realität entspricht, doch die Verteilung in der Simulation stellt nicht das korrekte Verteilungsverhalten dar.

6.2.2 Routenentscheidungen im Planfall

Der Erfolg des Planfalls stellt sich dann ein, wenn in der Simulation ein Teil der Fahrzeuge durch die Pfortner verdrängt werden. Dieser Verdrängungsfaktor ist jedoch unbekannt. In der Simulation ist dieser vom Bearbeiter einfach auf den beschriebenen Wert gesetzt worden. Um jedoch ein valides Ergebnis zu erhalten, müsste mit einem Programm, beispielsweise mit PTV VISUM, die Veränderung der Fahrzeugbelastungen untersucht werden. Darauf aufbauend kann dann die korrekte Routenentscheidung getroffen werden.

6.3 Grundstücke

In der vorliegenden Ausarbeitung wurde keinerlei Rücksicht auf Eigentumsverhältnisse gelegt. Damit die Planfälle umsetzbar sind, müssen zunächst die Eigentumsverhältnisse in Erfahrung gebracht werden und, wenn nötig, Grundstücke gekauft oder aber sich mit Anwohnern geeinigt werden.

7. Fazit und Ausblick

Ziel dieser Ausarbeitung war es, Alternativen für die bisherigen Planungen der B1 aufzuzeigen. Durch die Ausführungen und Simulationen dieser Arbeit konnte ein Beitrag dazu geleistet werden.

Für das Untersuchungsgebiet wurde zunächst ein Analyse-Netz für die Morgen- und Abendspitzenstunde aufgebaut und durch ein iteratives Erhöhen der Verkehrsbelastung kalibriert und validiert.

Dieses Analyse-Netz mit seiner derzeitigen Belastung wurde mit dem Umbau des Knotenpunkts Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm zu einem Planfall umgebaut. Dafür wurden die Linksabbiegerstreifen der B1 eliminiert. Die Linksabbieger fahren im Umbau-Fall indirekt über einen Rechtsabbiegerstreifen und einem Kreisverkehr im Süden bzw. zwei Kreisverkehren im Norden, indirekt über die B1. Dies hat den Vorteil, dass die Lichtsignalanlage mit zwei Phasen geführt werden kann und lange Rückstaus der Linksabbieger nicht mehr den Verkehrsfluss auf der B1 negativ beeinflussen. Aus den Simulationen ging hervor, dass unter der heutigen Belastung und den vorherrschenden Platzverhältnissen kein leistungsfähiger LSA-geführter Knotenpunkt hervorgehen kann.

Aus diesem Grund wurden mehrere Maßnahmen zur Veränderung der Verkehrsbelastung entwickelt, die zu einem weiteren Planfall führten. Dafür wurde an der B54 in Fahrtrichtung Ost und B236 in Fahrtrichtung West ein Pfortner implementiert, der zu einer Verringerung der Verkehrsbelastung im Bereich zwischen den beiden Pfortnern und einer Verschiebung des Verkehrs von der B1 auf die B54 und B236 führte. Auch wurde die Max-Eyth-Straße verbunden und mit einer zusätzlichen Lichtsignalanlage auf der B1 ausgestattet. Dies und die Koordination der Lichtsignalanlagen zu einer Grünen Welle führte dazu, dass der untersuchende Knotenpunkt einen hervorragenden Verkehrsfluss auf der B1 generierte. Ein zusätzlicher Bypass an einem neuen Kreisverkehr in der Voßkuhle beschleunigte auch den Verkehr im nachgeordneten Netz.

Da jedoch der Anschluss der nördlichen Semerteichstraße an den Knotenpunkt in den Überlegungen der Stadt Dortmund eine Rolle spielen, wurde auch dieser Fall simuliert. Um eine leistungsfähige B1 und ein leistungsfähiges nachgeordnetes Netz zu generieren, mussten die Durchmesser der beiden nördlichen Kreisverkehre erhöht werden. Der südliche Kreisverkehr wurde durch eine zusätzliche Lichtsignalanlage ersetzt, die letztendlich im Gegensatz zu dem geplanten Kreisverkehr an der Semerteichstraße etwas südlich versetzt wurde. So konnte auch für den Fall des Anschlusses der nördlichen Semerteichstraße ein leistungsfähiger Knotenpunkt generiert werden.

Durch die verschiedenen Planfälle konnte bewiesen werden, dass durch Umbaumaßnahmen am Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1),

durch die beiden Pfortner und die Verbindung der Max-Eyth-Straße der vorhandene Charakter der B1 erhalten bleiben kann, ohne jedoch die Leistungsfähigkeit und die Verbindungsfunktion der B1 einzuschränken. Der geplanten 791 Millionen Euro teuren Tunnellösung kann hiermit eine Alternative angeboten werden, die

- Günstiger ist
- Schneller umzusetzen ist
- Ohne Lärmemissionen in großen Bereichen der B1 während des Baus ist
- Und den Allee-Charakter der B1 behält

Die Zukunft der B1 wird in der kommenden Zeit entschieden. Es wird entschieden, ob die B1 eine einfache, sterile und unpersönliche Durchgangsstraße ohne Charakter wird, wie sie in vielen Städten Deutschlands zu finden ist, oder ob die B1 das bleibt, was sie heute ist: Das Tor zur Stadt und eine Straße mit Identifikationscharakter.

Diese Ausarbeitung zeigt, dass die B1 in ihrer heutigen Form definitiv Zukunft hat.

Abkürzungsverzeichnis

A	Autobahn
ASS	Abendspitzenstunde
B	Bundesstraße
BAB	Bundesautobahn
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
FR	Fahrtrichtung
Fz	Fahrzeuge
Fz/h	Fahrzeuge in der Stunde
HBS	Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen
Kfz	Kraftfahrzeug
Kfz/h	Kraftfahrzeuge in der Stunde
Km/h	Kilometer in der Stunde
LSA	Lichtsignalanlage
LV	Leichtverkehr
M	Meter
MSS	Morgenspitzenstunde
m/s	Meter in der Sekunde
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
Pkw	Personenkraftwagen
RiLSA	Richtlinien für Lichtsignalanlagen
S	Sekunde
SV	Schwerverkehr

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Karte aus dem BVWP [Quelle: www.bvwp-projekte.de, Eigene Darstellung].	1
Abbildung 2: Knotenpunkte mit Verkehrsdaten [Quelle: Google-Maps, Eigene Darstellung – Anhang: Lage_der_Zählstellen.pdf].....	4
Abbildung 3: Beispiel eines Screenshots der Google-Maps-Verkehrslage [Quelle: Google-Maps – Anhang: snap0001-10336.jpg].....	5
Abbildung 4: Beispiel eines Screenshots der normalen Google-Maps-Verkehrslage [Quelle: Google-Maps – Anhang: Di-16_00.jpg].....	6
Abbildung 5: Beispiel einer Rückstauanalyse - 16:00 Uhr auf Grundlage der Google-Maps-Verkehrslage [Quelle: Google-Maps, Eigene Darstellung – Anhang: Rückstaulängen_ASS.pdf].....	7
Abbildung 6: Simulationsgebiet [Quelle: Google-Maps, Eigene Darstellung – Anhang: Untersuchungsgebiet.pdf].....	8
Abbildung 7: Ausschnitt aus der Ortsbefahrung - Bildausschnitt westlich des Knotenpunktes Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1). Zu erkennen ist das Tempolimit 50 km/h [Quelle: Eigene Aufnahme – Anhang: FILE0017.mov].....	9
Abbildung 8: Ausschnitt aus der Verortung mit Google Earth Pro - Bildausschnitt westlich des Knotenpunktes Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) [Quelle: Google Earth Pro, Projektierung Verkehr, Eigene Darstellung – Anhang: Masterthesis_Meuter.kmz].....	9
Abbildung 9: Überblick Analysenet (ohne Hintergrundkarte, genordet) [Quelle: Darstellung aus VISSIM].....	13
Abbildung 10: Umbaumaßnahmen am Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Umbaumaßnahmen-Semerteich.pdf].....	14
Abbildung 11: Linksabbiegerrouen nach dem Umbau des Knotenpunkts [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung Anhang - Umbau-Linksabbieger-Semerteich.pdf].....	15
Abbildung 12: Umbau Voßkuhle / Semerteichstraße [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Umbau-Semerteich.pdf].....	17
Abbildung 13: Umbau Pfortner B236 [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Umbau-B236.jpg].....	18
Abbildung 14: Übersicht Pfortner [Quelle: Google-Maps, Eigene Darstellung – Anhang: Übersicht Pfortner.jpg].....	19
Abbildung 15: Umbau Pfortner B54 [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Umbau-B54.jpg].....	20
Abbildung 16: Umbau Max-Eyth-Straße [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Umbau-Max-Eyth-Str.jpg].....	21
Abbildung 17: Anschluss Semerteichstraße - Im Vergleich zum Analysefall [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Anschluss Semerteichstraße.jpg].....	22
Abbildung 18: Verteilung der Wunschgeschwindigkeit 50 km/h [Quelle: VISSIM].....	24
Abbildung 19: Ausschnitt aus dem Liniennetzplan der Dortmunder Stadtwerke (genordet) [Quelle: www.bus-und-bahn.de; Eigene Bearbeitung - Anhang: Liniennetzplan.jpg].....	26
Abbildung 20: Haltestellen in Bereich des Knotenpunkts Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) [Quelle: VISSIM; Eigene Darstellung – Anhang: Haltestellen.jpg]..	27

Abbildung 21: Strecken der Fahrzeugreisezeit [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung Anhang: Fahrzeugreisezeitstrecken.jpg]	30
Abbildung 22: Relevante Messquerschnitte [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Messquerschnitte.jpg]	31
Abbildung 23: QSV-Qualitätsstufen nach HBS [Quelle: HBS].....	33
Abbildung 24: Kritisches Fahrzeug im Bereich der B1 zwischen B54 und Ausfahrt Märkischer Straße [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Fehleranalyse Märkische.jpg].....	34
Abbildung 25: Berechnung der Verkehrsbelastung der Morgenspitzenstunde [Quelle: Eigene Berechnung – Anhang: Berechnung Verkehrszahlen.xlsx]	35
Abbildung 26: Kritische Stellen in der Simulation [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Kritische Stellen MSS.jpg].....	36
Abbildung 27: Wechselnde Fahrzeuge blockieren den Verkehr [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: MSS Problem 2.jpg]	37
Abbildung 28: Linksabbieger blockieren die linke Spur [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: MSS – Problem 3.jpg]	37
Abbildung 29: Pulkbildung vor dem Knotenpunkt Lübkestraße - FR W [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: MSS – Problem 4-5.jpg]	38
Abbildung 30: Blick in die Semerteichstraße Richtung Süden [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: MSS – Problem 6.jpg]	38
Abbildung 31: Berechnung der Verkehrsbelastung der Abendspitzenstunde [Quelle: Eigene Berechnung – Anhang: Berechnung Verkehrszahlen.xlsx].....	40
Abbildung 32: Nummerierung der Knotenpunktarme [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Armbezeichnungen.jpg].....	43
Abbildung 33: Beispiel einer Messung des Grundräumwegs - Hier für Knotenarm 4 [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Beispiel_Messung_Grundräumweg.jpg] ...	44
Abbildung 34: Signalprogramm für Morgenspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM].....	48
Abbildung 35: Signalprogramm für Abendspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM].....	49
Abbildung 36: Unterschied zwischen Planfall 1 und Planfall 1a [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Umbau PF1 - PF1a.jpg].....	50
Abbildung 37: Abstand der Haltelinien zwischen der LSA Lübkestraße und der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM].....	51
Abbildung 38: Signalprogramm für die Morgenspitzenstunde der LSA Lübkestraße [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]	51
Abbildung 39: Signalprogramm für die Abendspitzenstunde der LSA Lübkestraße [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]	52
Abbildung 40: Angepasstes Signalprogramm für die Abendspitzenstunde der LSA Lübkestraße [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]:	53
Abbildung 41: Berechnung der Verkehrsbelastung der Morgenspitzenstunde – Planfall 2 [Quelle: Eigene Berechnung – Anhang: Berechnung Verkehrszahlen.xlsx].....	60
Abbildung 42: Berechnung der Verkehrsbelastung der Abendspitzenstunde – Planfall 2 [Quelle: Eigene Berechnung – Anhang: Berechnung Verkehrszahlen.xlsx].....	61
Abbildung 43: Signalprogramm für die Morgenspitzenstunde – Planfall 2 [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]	65

Abbildung 44: Signalprogramm für die Abendspitzenstunde – Planfall 2 [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]	65
Abbildung 45: Abstand der Haltelinien zwischen der LSA Max-Eyth-Straße und der LSA Lübkestraße [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]	66
Abbildung 46: Signalprogramm der LSA Lübkestraße in der Morgenspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]	67
Abbildung 47: Signalprogramm der LSA Max-Eyth-Straße in der Morgenspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]	67
Abbildung 48: Signalprogramm der LSA Lübkestraße in der Abendspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]	68
Abbildung 49: Signalprogramm der LSA Max-Eyth-Straße in der Abendspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]	68
Abbildung 50: Umbaumaßnahmen Planfall 2a [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Umbaumaßnahmen-PF2a.jpg]	72
Abbildung 51: Signalprogramm für Morgenspitzenstunde an der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) – Planfall 3 [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]	75
Abbildung 52: Signalprogramm der LSA Lübkestraße in der Morgenspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]	75
Abbildung 53: Signalprogramm der LSA Max-Eyth-Straße in der Morgenspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]	76
Abbildung 54: Signalprogramm für Abendspitzenstunde an der LSA Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) – Planfall 3 [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]	76
Abbildung 55: Signalprogramm der LSA Lübkestraße in der Abendspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]	77
Abbildung 56: Signalprogramm der LSA Max-Eyth-Straße in der Abendspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung aus VISSIM]	77
Abbildung 57: Probleme bei Planfall 3 [Quelle: VISSIM; Eigene Darstellung – Anhang: Probleme PF3.jpg]	78
Abbildung 58: Vergleich Planfall 3 (links) und Planfall 3a (rechts) [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Vergleich PF3 - PF 3a.jpg]	80
Abbildung 59: Vergleich Planfall 3a (links) und Planfall 3b (rechts) [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Vergleich PF3a - PF 3b.jpg]	82
Abbildung 60: Phasenplan für die neue LSA an der südlichen Semerteichstraße [Quelle: Eigene Darstellung]	83
Abbildung 61: Belastungen für die LSA südliche Semerteichstraße [Quelle: Eigene Darstellung]	84
Abbildung 62: Signalprogramm für die Morgenspitzenstunde [Quelle: Darstellung aus VISSIM]	86
Abbildung 63: Signalprogramm für die Abendspitzenstunde [Quelle: Darstellung aus VISSIM]	87
Abbildung 64: Problem in Planfall 3b - Überstaute Aufstellfläche [Quelle: Videos aus VISSIM – Anhang: Masterarbeit - Planfall 3b - MSS_Übersicht Süd-Teil.avi]	88
Abbildung 65: Umbau nach Planfall 3c - Vergleich mit Planfall 3b (links) [Quelle: VISSIM, Eigene Darstellung – Anhang: Umbaumaßnahmen-PF3c.jpg]	89

Abbildung 66: Fahrzeugreisezeit der Simulationen in der Abendspitzenstunde auf der B1 zwischen Schnettkerbrücke und B236 [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]	94
Abbildung 67: Fahrzeugreisezeit der Simulationen in der Morgenspitzenstunde auf der B1 zwischen B236 und Schnettkerbrücke [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]	94
Abbildung 68: Fahrzeugreisezeit der Simulationen in der Morgenspitzenstunde auf Semerteichstraße in Fahrtrichtung Norden [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]	95
Abbildung 69: Fahrzeugreisezeit der Simulationen in der Abendspitzenstunde in der Voßkuhle [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]	95
Abbildung 70: Verteilung der Fahrzeugreisezeit in der Abendspitzenstunde zwischen der Schnettkerbrücke und der B236 [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]	97
Abbildung 71: Abstand zwischen dem 5%- und dem 95%-Quantil in der in der Abendspitzenstunde zwischen der Schnettkerbrücke und der B236 [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]	97
Abbildung 72: Verteilung der Fahrzeugreisezeit in der Morgenspitzenstunde zwischen der B236 und der Schnettkerbrücke [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]	98
Abbildung 73: Abstand zwischen dem 5%- und dem 95%-Quantil in der in der Morgenspitzenstunde zwischen der B236 und der Schnettkerbrücke [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]	98
Abbildung 74: Verteilung der Fahrzeugreisezeit in der Morgenspitzenstunde auf der Semerteichstraße in Fahrtrichtung Norden [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]	99
Abbildung 75: Abstand zwischen dem 5%- und dem 95%-Quantil in der in der Morgenspitzenstunde auf der Semerteichstraße in Fahrtrichtung Norden [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]	99
Abbildung 76: Abstand zwischen dem 5%- und dem 95%-Quantil in der in der Abendspitzenstunde auf der Semerteichstraße in Fahrtrichtung Norden [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]	100
Abbildung 77: Verteilung der Fahrzeugreisezeit in der Abendspitzenstunde in der Voßkuhle [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]	101
Abbildung 78: Abstand zwischen dem 5%- und dem 95%-Quantil in der in der Abendspitzenstunde in der Voßkuhle [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]	101
Abbildung 79: Auswertung der Querschnittsmessung B1 - FR W - Voßkuhle in der Morgenspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]	102
Abbildung 80: Auswertung der Querschnittsmessung B1 - FR O - Voßkuhle in der Morgenspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]	102
Abbildung 81: Auswertung der Querschnittsmessung B1 - FR W - Voßkuhle in der Abendspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den Simulationen.xlsx]	103

**Abbildung 82: Auswertung der Querschnittsmessung B1 - FR O - Voßkuhle in der
Abendspitzenstunde** [Quelle: Eigene Darstellung – Anhang: Auswertung aus den
Simulationen.xlsx] 103

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auswertung der Filmaufnahmen - B1 FR West am Knotenpunkt Voßkuhle / Semerteichstraße / Westfalendamm (B1) [Quelle: Eigene Auswertung – Anhang: Analyse_B1-Semerteichstraße-Voßkuhle.xlsx].....	10
Tabelle 2: Errechnung eines Signalprogramms (Linksabbieger, am gleichen KP wie Tabelle 1) [Quelle: Eigene Bearbeitung – Anhang: Analyse_B1-Semerteichstraße-Voßkuhle.xlsx].....	11
Tabelle 3: Errechnung eines Signalprogramms (Geradeausfahrer, am gleichen KP wie Tabelle 1) [Quelle: Eigene Bearbeitung – Anhang: Analyse_B1-Semerteichstraße-Voßkuhle.xlsx].....	11
Tabelle 4: Ergebnisse zur Ermittlung der Standardabweichung [Quelle: Eigene Simulationen].....	28
Tabelle 5: Zwischenzeitenmatrix Planfall 1 [Quelle: Eigene Darstellung]	45
Tabelle 6: Berechnung der prozentualen Verteilung der Verkehrszahlen [Eigene Darstellung].....	53
Tabelle 7: Veränderung der Routenentscheidungen im Planfall 2 [Quelle: Eigene Darstellung].....	60
Tabelle 8: Veränderung der Routenentscheidungen im Planfall 2 [Quelle: Eigene Darstellung].....	61
Tabelle 9: Anteilsberechnung Morgenspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung].....	62
Tabelle 10: Anteilsberechnung Abendspitzenstunde [Quelle: Eigene Darstellung].....	63
Tabelle 11: Berechnung der prozentualen Verteilung der Verkehrszahlen [Eigene Darstellung].....	66
Tabelle 12: Reisezeitenvergleich Planfall 2 - Planfall 2a [Quelle: Eigene Darstellung] ...	73
Tabelle 13: Maximale Verkehrsbelastung für die nördliche Semerteichstraße [Quelle: Eigene Darstellung].....	73
Tabelle 14: Berechnung der prozentualen Verteilung der Verkehrszahlen [Eigene Darstellung].....	74
Tabelle 15: Reisezeitenvergleich Planfall 3 - Planfall 3a [Quelle: Eigene Darstellung] ...	81
Tabelle 16: Zwischenzeitenmatrix Planfall 3b [Quelle: Eigene Darstellung]	85
Tabelle 17: Reisezeitenvergleich Planfall 3a - Planfall 3b [Quelle: Eigene Darstellung] .	87
Tabelle 18: Reisezeitenvergleich Planfall 3b - Planfall 3c [Quelle: Eigene Darstellung] .	90
Tabelle 19: Maximale Verkehrsbelastung für die nördliche Semerteichstraße – Planfall 4 [Quelle: Eigene Darstellung].....	91
Tabelle 20: Zusammenfassung der Simulationsfälle [Quelle: Eigene Darstellung].....	93
Tabelle 21: Verlustzeit und HBS-Qualitätsstufen des Querschnitts B1 FR W [Quelle: Eigene Darstellung].....	104
Tabelle 22: Verlustzeit und HBS-Qualitätsstufen des Querschnitts Vor KP V/S/B1 [Quelle: Eigene Darstellung].....	104
Tabelle 23: Verlustzeit und HBS-Qualitätsstufen des Querschnitts Semerteichstraße FR N [Quelle: Eigene Darstellung]	105

Literaturverzeichnis

B1 Allee erhalten

Abgerufen am 01.07.2019
<http://b1-allee-erhalten.de/index.html>

B1 Dortmund plus

Abgerufen am 01.07.2019
<https://www.b1-dortmund-plus.de/>

Bus & Bahn für Dortmund

Abgerufen am 01.07.2019
www.bus-und-bahn.de

FGSV (2015)

Forschungsgesellschaft für Straßen- und
Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen
Köln 2015

FGSV (2006)

Forschungsgesellschaft für Straßen- und
Hinweisen zur mikroskopischen Verkehrsflusssimulation Verkehrswesen –
Grundlagen und Anwendung
Köln 2006

FGSV (2015)

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
Richtlinien für Lichtsignalanlagen – Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr -
(RiLSA)
Köln 2015

Google Maps Verkehrslage

Abgerufen am 01.07.2019
<https://www.google.com/maps/@51.5030809,7.4967368,14z/data=!5m1!1e1>

Lärm und Abgasschutzgemeinschaft B1-Initiative Dortmund e.V.

Abgerufen am 01.07.2019
<http://www.b1dortmund.de/>

Projektinformationssystem (PRINS) zum Bundesverkehrswegeplan 2030

Gesamtprojekt A 40 AS Dortmund (L 660) - AK Dortmund/Unna (A 1/A 44)
Abgerufen am 01.07.2019
<http://www.bvwp-projekte.de/strasse/A40-G70-NW/A40-G70-NW.html>

SUNDERMANN 2017

Umbau des Knotenpunktes Voßkuhle/Semerteichstraße im Zuge der Bundesstraße
B1 in Dortmund

Bachelorarbeit am Lehr- und Forschungsgebiet für Güterverkehrsplanung und
Transportlogistik, Bergische Universität Wuppertal

Wuppertal 2017

Anhangsverzeichnis: Digitaler Anhang

(**Fett** = Ordner, Normal = Dateien)

Bericht

Bilder (119 Dateien)

Bericht

Aufgabenstellung_Meuter.docx
Aufgabenstellung_Meuter.pdf
Masterarbeit – Johannes Meuter.docx
Masterarbeit – Johannes Meuter.pdf

GoogleEarth

Schilder (20 Dateien)

KMZ

Masterthesis_Meuter.kmz

Rückstauanalyse

2019-03-05 (728 Dateien)
2019-03-06 (1.439 Dateien)
2019-03-07 (1.438 Dateien)
2019-03-08 (754 Dateien)
2019-03-26 (804 Dateien)
2019-03-27 (1.438 Dateien)
2019-03-28 (1.439 Dateien)
2019-03-29 (1.439 Dateien)
2019-03-30 (1.438 Dateien)
2019-03-31 (1.379 Dateien)
2019-04-01 (1.439 Dateien)
2019-04-02 (1.439 Dateien)
2019-04-03 (1.438 Dateien)
2019-04-04 (1.439 Dateien)
2019-04-05 (548 Dateien)

Auswertung

Kartenausschnitt.txt
Rückstaulängen_ASS.cdr
Rückstaulängen_ASS.pdf
Rückstaulängen_MSS.cdr
Rückstaulängen_MSS.pdf
Übersichtskarte.jpg

Normale Verkehrslage (90 Dateien)

Videos

2019-03-05 – Dienstag
2019-03-06 - Mittwoch
2019-03-07 - Donnerstag
2019-03-08 - Freitag
2019-03-26 - Dienstag
2019-03-27 - Mittwoch
2019-03-28 - Donnerstag
2019-03-29 - Freitag
2019-03-30 - Samstag

2019-03-31 - Sonntag
2019-04-01 - Montag
2019-04-02 - Dienstag
2019-04-03 - Mittwoch
2019-04-04 - Donnerstag
2019-04-05 - Freitag

Varianten Bachelorarbeit

2 FS
3 FS pro Richtung – Teil Nord
3 FS pro Richtung – Teil Süd
3 FS pro Richtung – Übersicht
Prinzipiskizzen Voßkuhle Ausbauzustand 1 und 2

Verkehrszählungen

Zählergebnisse Spitzenstunden.pdf
Zählergebnisse Spitzenstunden.cdr
Verkehrszählung_K10_Nachmittags_Bearbeitet
Verkehrszählung_K10_Morgens_Bearbeitet
Verkehrszählung_K7_D__Teilknoten_Süd-Ost_Nachmittags_Bearbeitet
Verkehrszählung_K7_D__Teilknoten_Süd-Ost_Morgens_Bearbeitet
Verkehrszählung_K7_C__Teilknoten_Süd-West_Nachmittags_Bearbeitet
Verkehrszählung_K7_C__Teilknoten_Süd-West_Morgens_Bearbeitet
Verkehrszählung_K7_B__Teilknoten_Nord-Ost_Nachmittags_Bearbeitet
Verkehrszählung_K7_B__Teilknoten_Nord-Ost_Morgens_Bearbeitet
Verkehrszählung_K7_A__Teilknoten_Nord-West_Nachmittags_Bearbeitet
Verkehrszählung_K7_A__Teilknoten_Nord-West_Morgens_Bearbeitet
Verkehrszählung_K4_Nachmittag_Zählung_Bearbeitet
Verkehrszählung_K4_Morgen_Zählung_Bearbeitet
Lage_der_Zählstellen.pdf
Lage_der_Zählstellen.cdr
Berechnung Verkehrszahlen

Rohdaten

Verkehrszählung_K4_Morgen_Zählung
Verkehrszählung_K4_Nachmittag_Zählung
Verkehrszählung_K7_A__Teilknoten_Nord-West
Verkehrszählung_K7_B__Teilknoten_Nord-Ost
Verkehrszählung_K7_C__Teilknoten_Süd-West
Verkehrszählung_K7_D__Teilknoten_Süd-Ost
Verkehrszählung_K10

Videos

Befahrungen

FILE0012.mov
FILE0012.nmea
FILE0013.mov
FILE0013.nmea
FILE0014.mov
FILE0014.nmea
FILE0015.mov
FILE0015.nmea

FILE0016.mov
FILE0016.nmea
FILE0017.mov
FILE0017.nmea
FILE0018.mov
FILE0018.nmea
FILE0019.mov
FILE0019.nmea
FILE0020.mov
FILE0020.nmea
FILE0021.mov
FILE0021.nmea
FILE0022.mov
FILE0022.nmea
FILE0023.mov
FILE0023.nmea
FILE0024.mov
FILE0024.nmea
FILE0025.mov
FILE0025.nmea
FILE0026.mov

LSA Aufnahmen

00002.mts
00003.mts
00004.mts
00005.mts
00006.mts
00007.mts
00008.mts
Analyse_B1-Lübkestraße
Analyse_B1-Semerteichstraße-Voßkuhle
VID-20190615-WA0001
VID-20190615-WA0002
VID-20190615-WA0003

VISSIM

Masterarbeit.inp0
Masterarbeit.inpx
Masterarbeit.layx
Masterarbeit.vissimpdb
Masterarbeit_exception.err
35 Signalpläne

Auswertungen

Auswertung aus den Simulationen
Auswertung Analyse-Fall ASS
Auswertung Analyse-Fall MSS
Auswertung PF 1a ASS
Auswertung PF 1a MSS
Auswertung PF 2 ASS

Auswertung PF 2 MSS
Auswertung PF 2a ASS
Auswertung PF 2a MSS
Auswertung PF 3 ASS
Auswertung PF 3 MSS
Auswertung PF 3a ASS
Auswertung PF 3a MSS
Auswertung PF 3b ASS
Auswertung PF 3b MSS
Auswertung PF 3c ASS
Auswertung PF 3c MSS

Fahrzeugreisezeiten - Rohdaten

Szenario 1 - Analyse - Netz – MSS (10 Dateien)
Szenario 2 - Analyse - Netz – ASS (10 Dateien)
Szenario 5 - Planfall 2 – MSS (10 Dateien)
Szenario 6 - Planfall 2 – ASS (10 Dateien)
Szenario 8 - Planfall 1a – ASS (10 Dateien)
Szenario 9 - Planfall 3 – MSS (10 Dateien)
Szenario 10 - Planfall 3 – ASS (10 Dateien)
Szenario 11 - Planfall 5 – MSS (10 Dateien)
Szenario 12 - Planfall 2a – MSS (10 Dateien)
Szenario 13 - Planfall 2a – ASS (10 Dateien)
Szenario 14 - Planfall 3a – MSS (10 Dateien)
Szenario 15 - Planfall 3a – ASS (10 Dateien)
Szenario 16 - Planfall 3b – MSS (10 Dateien)
Szenario 17 - Planfall 3b – ASS (10 Dateien)
Szenario 18 - Planfall 3c – MSS (10 Dateien)
Szenario 19 - Planfall 3c – ASS (10 Dateien)

Backups

Modifications (46 Dateien)

Scenarios

S000001
S000001.results (125 Dateien)
S000002
S000002.results (25 Dateien)
S000003
S000003.results (20 Dateien)
S000004
S000004.results (4 Dateien)
S000005
S000005.results (20 Dateien)
S000006
S000006.results (19 Dateien)
S000007
S000007.results (21 Dateien)
S000008
S000008.results (21 Dateien)

- S000009**
 - S000009.results** (21 Dateien)
- S000010**
 - S000010.results** (21 Dateien)
- S000012**
 - S000012.results** (16 Dateien)
- S000013**
 - S000013.results** (19 Dateien)
- S000014**
 - S000014.results** (21 Dateien)
- S000015**
 - S000015.results** (19 Dateien)
- S000016**
 - S000016.results** (17 Dateien)
- S000017**
 - S000018.results** (18 Dateien)
- S000018**
 - S000016.results** (10 Dateien)
- S000019**
 - S000018.results** (10 Dateien)

**Temp
Videos**

- Analyse MSS** (14 Videos)
- Analyse ASS** (14 Videos)
- Planfall 1a MSS** (14 Videos)
- Planfall 1a ASS** (14 Videos)
- Planfall 2 MSS** (14 Videos)
- Planfall 2 ASS** (14 Videos)
- Planfall 2a MSS** (14 Videos)
- Planfall 2a ASS** (14 Videos)
- Planfall 3 MSS** (14 Videos)
- Planfall 3 ASS** (14 Videos)
- Planfall 3a MSS** (14 Videos)
- Planfall 3a ASS** (14 Videos)
- Planfall 3b MSS** (14 Videos)
- Planfall 3b ASS** (14 Videos)
- Planfall 3c MSS** (14 Videos)
- Planfall 3c ASS** (14 Videos)

Zusatz

Liniennetzplan.pdf