

# Bachelorarbeit

Titel der Arbeit // Title of Thesis

**Simulation und Optimierung des Verkehrsflusses  
in „Essener Straße zwischen Südring-Center und Autobahnanschluss  
'Bottrop-Süd'" mit Hilfe von PTV VISSIM Analyse ausgewählter Zielgrößen  
zur verbesserten Auslastung der verfügbaren Infrastruktur**

Akademischer Abschlussgrad: Grad, Fachrichtung (Abkürzung) // Degree

**B.Sc.**

Autorenname, Geburtsort // Name, Place of Birth

**Mohammad Alboush, Damaskus**

Studiengang // Course of Study

**B.Sc. Informatik**

Fachbereich // Department

**Informatik und Kommunikation (FB 3)**

Erstprüferin/Erstprüfer // First Examiner

**Prof. Dr. Leif Meier**

Zweitprüferin/Zweitprüfer // Second Examiner

**Herr Martin Majert, M.Sc.**

Abgabedatum // Date of Submission

**04.07.2023**

## Zusammenfassung

Diese Bachelorarbeit widmet sich der eingehenden Untersuchung der Verkehrsflussoptimierung und der Reduzierung schädlicher Verkehrsemissionen mittels PTV Vissim. Nach einer umfassenden Darstellung der theoretischen Hintergründe werden Methoden zur Datenerfassung und -auswertung vorgestellt. Ein spezieller Untersuchungsbereich wird simuliert und modelliert, um Engstellen und Probleme in der Verkehrsflussdynamik zu identifizieren. Ausgehend von diesen Ergebnissen werden Maßnahmen zur Optimierung vorgeschlagen, mit dem Ziel, den Verkehrsfluss zu verbessern und schädliche Emissionen zu verringern. Die Auswirkungen dieser vorgeschlagenen Verbesserungen werden anhand bestimmter Leistungsindikatoren bewertet.

## Abstract

This bachelor's thesis is dedicated to the in-depth study of traffic flow optimization and the reduction of harmful traffic emissions using PTV Vissim. After a comprehensive presentation of the theoretical background, methods for data collection and evaluation are introduced. A specific area of investigation is simulated and modelled to identify bottlenecks and issues in traffic flow dynamics. Based on these findings, optimization measures are proposed with the aim of improving traffic flow and reducing harmful emissions. The impacts of these proposed improvements are assessed using certain performance indicators.

In Anlehnung an gängige sprachwissenschaftliche Praktiken wird in dieser Arbeit das generische Maskulinum verwendet. Diese Praxis ist nicht diskriminierend gemeint, sondern zielt auf eine erhöhte Lesbarkeit und Verständlichkeit des Textes ab.

## Danksagung

Zunächst möchte ich meinen aufrichtigen Dank an alle Personen und Institutionen richten, die meine Bachelorarbeit in vielfältiger Weise unterstützt haben.

Insbesondere möchte ich meinen Betreuern seitens adesso, Herrn Martin Majert und Herrn Jonas Wiza, meinen herzlichen Dank aussprechen. Ihre Expertise, wertvollen Ratschläge und unermüdliche Unterstützung waren für die Fertigstellung dieser Arbeit von entscheidender Bedeutung. Ebenso danke ich meinem akademischen Betreuer, Prof. Dr. Leif Meier von der Hochschule, dessen Anleitung, Kritik und Unterstützung einen bedeutenden Beitrag zu meiner Arbeit geleistet haben.

Ein besonderer Dank geht an Christopher Dubiel von Autobahn GmbH, der großzügig genug war, mir die für diese Arbeit erforderlichen Daten zur Verfügung zu stellen.

Des Weiteren möchte ich der Stadt Bottrop meinen Dank aussprechen, insbesondere Herrn Uwe Sieg, Herrn Christoph Overlack und Frau Natascha Dietz, für ihre wertvollen Beiträge und Unterstützung während des Prozesses.

Mein aufrichtiger Dank gilt auch PTV Group für die Bereitstellung einer kostenlosen Lizenz und Adesso SE für die Bereitstellung der notwendigen Ressourcen. Ihre Großzügigkeit hat diese Forschung erst ermöglicht.

Zu guter Letzt, möchte ich meinen Eltern danken. Ihre kontinuierliche Unterstützung, Hilfe und Ermutigung während der Datensammelungsphase und darüber hinaus haben es mir ermöglicht, diese akademische Hürde zu überwinden.

Ich bin all diesen Menschen und Institutionen für ihre Großzügigkeit, ihre Zeit und ihr Engagement, die zum Erfolg meiner Bachelorarbeit beigetragen haben, zutiefst dankbar.

# I. Inhaltverzeichnis

II. Abbildungen .....	II
III. Tabellen.....	III
IV. Formelverzeichnis.....	IV
V. Abkürzungsverzeichnis .....	V
1. Einleitung .....	1
1.1. Motivation und Hintergrund.....	1
1.2. Zielsetzung der Arbeit .....	2
1.3. Forschungsfragen .....	2
1.4. Aufbau der Arbeit.....	3
2. Theoretische Grundlagen .....	4
2.1. Verkehrsfluss und Verkehrssimulation .....	4
2.2. PTV Vissim als Simulationssoftware.....	7
2.3. Optimierung des Verkehrsflusses.....	9
2.4. Nachhaltigkeit im Verkehr: Reduktion von schädlichen-Emissionen .....	12
3. Methodik .....	15
3.1. Beschreibung des Untersuchungsgebiets .....	15
3.2. Datenerhebung und -analyse .....	16
4. Simulation des Verkehrsflusses mit PTV Vissim .....	33
4.1. Modellierung des Verkehrsflusses .....	33
4.2. Durchführung der Simulation.....	34
4.3. Validierung der Simulation .....	36
4.4. Anzahl der benötigten Simulationsläufe .....	37
4.5. Sensitivitätsanalyse .....	38
4.6. Optimierung des Verkehrsflusses.....	39
4.6.1. Morgenspitze .....	40
4.6.2. Abendspitze .....	48
5. Ergebnisse .....	52
5.1. Identifizierung von Engpässen und Problemen.....	52
5.2. Vorstellung von Optimierungsvorschlägen.....	53
5.3. Bewertung der Verbesserungen anhand ausgewählter Zielgrößen .....	54
6. Fazit.....	56
6.1. Zusammenfassung der Ergebnisse .....	56
VI. Literaturverzeichnis .....	58
VII. Datensammlung .....	62

VIII. Anlagen .....	65
1. Autobahn GmbH Berichte .....	65
2. Ampelsteuerung Anlagen .....	74
3. Neue Signalsteuerungspläne .....	94
4. Änderung der Pläne .....	100
4.1. Morgenspitze .....	100
4.2. Abendspitze .....	102
5. Detaillierte Untersuchungsergebnisse .....	103

## II. Abbildungen

Abbildung 1: Typische Tagesganglinie des Verkehrsflusses bzw. der Verkehrsnachfrage an einem Werktag (Mittwoch) (Kesting, 2010, S. 36).....	4
Abbildung 2: Gegenüberstellung einer makroskopischen und einer mikroskopischen Netzmodellierung (Martin Fellendorf, 2001, S.3) .....	6
Abbildung 3: Aufbau PTV Vissim (PTV GROUP).....	8
Abbildung 4: Luftverschmutzung durch PM <sub>2.5</sub> und Treibhausgasemissionen im Straßenverkehr .....	13
Abbildung 5: Weltbevölkerung in den Städten.....	14
Abbildung 6: Der untersuchte Bereich. (Google Maps, Zugriff am 01. Mai 2023.) .....	16
Abbildung 7: Am Südring Center Kreuzung. Ausschnitt aus Autodesk (Stadtplanungsamt Bottrop) .....	17
Abbildung 8: Signallageplan Essener Straße / Südring (Stadt Bottrop , 2013) .....	18
Abbildung 9: Signalzeitenplan zum abendlichen Spitzenstunde für die betreffende Signalanlage Essener Straße/Südring in Bottrop. (Stadt Bottrop , 2013) .....	19
Abbildung 10: Signalzeitenplan zum morgendlichen Spitzenstunde für die betreffende Signalanlage Essener Straße/Südring in Bottrop. (Stadt Bottrop , 2013) .....	20
Abbildung 11: Ein Beispiel von den ermittelten Verkehrsbelastungen der jeweils vom Stadt Bottrop letzten Erfassung an den Südring (Essener Str.) Knotenpunkten (Bottrop, 2021) .....	21
Abbildung 12: Detaillierte Verkehrsdaten der letzten Erfassung an den Südring (Essener Str.) Knotenpunkten (Bottrop, 2021) .....	22
Abbildung 13: Ausschnitt aus der Verkehrsbelastungskarte (Stadt Bottrop Stadtplanungsamt 61/3, 2022).....	23
Abbildung 14: Durchschnittliche Tägliche Verkehrsbelastung .....	24
Abbildung 15: Ausschnitt von einem, von mir aufgenommenen Videos, um Verkehrsdaten zu analysieren .....	24
Abbildung 16: Datenerhebung an Knotenpunkten: Eine persönliche Untersuchung (Eigenständige Erfassung und Analyse von Kreuzungsdaten, 2023) .....	25
Abbildung 17: rücksichtsloses Fahren (Luftaufnahme: Am Südring Center Bottrop, aufgenommen am 04.05.2023).....	26

Abbildung 18: An der Ampel stehen (Luftaufnahme: Essener Str. / Lehmkuhler Str. Kreuzung Bottrop, aufgenommen am 02.05.2023).....	27
Abbildung 19: schon weit voneinander (Luftaufnahme: Essener Str. / Lehmkuhler Str. Kreuzung Bottrop, aufgenommen am 02.05.2023).....	27
Abbildung 20: Sperrung der benachbarten Fahrspur aufgrund ungenügender Fläche für linksabbiegende Fahrzeuge .....	28
Abbildung 21: QSV in Abhängigkeit vom Auslastungsgrad nach HBS (FGSV , 2015)	29
Abbildung 22: Netzmodell der mikroskopischen Verkehrsflusssimulation (Die Autobahn GmbH des Bundes Niederlassung Westfalen   Außenstelle Bochum, 2019 , S. 67) .....	31
Abbildung 23: Konfliktflächen und Langsamfahrbereiche PTV Vissim.....	34
Abbildung 24: Analyse der Verkehrsknotenpunkte während der morgendlichen Spitzenverkehrszeit in PTV Vissim .....	40
Abbildung 25: Initiale Neustrecke, gelb markiert: Essener Straße Nord bis zur Plankenschemm.....	42
Abbildung 26: Zweite Strecke in Gelb skizziert: von der Ausfahrt AS Bottrop-Süd/ L631 Süd bis zum Eingang der Borbecker Straße.....	43
Abbildung 27: Vergleichende Analyse der Emissionswerte vor und nach dem Ausbau unter Berücksichtigung einer Geschwindigkeitsbeschränkung von 40 km/h .....	44
Abbildung 28: Verkehrsknotenpunkt-Analyse während der Abendspitzenverkehrszeit mittels PTV Vissim.....	48
Abbildung 29: Emissionsreduktion durch Optimierungen: Besten Ergebnisse für den Morgendlichen Spitzstunde.....	55

### III. Tabellen

Tabelle 1: Makroskopische und Mikroskopische Kenngrößen (Höfler, 2021, S. 153) ....	6
Tabelle 2: Sicht auf die Mechanismen zur Verbesserung der Verkehrsleistung (vgl. Klaus Beckmann, 2006, S. 60).....	10
Tabelle 3: Zählquellen (Stadt Bottrop Stadtplanungsamt 61/3, 2022).....	23
Tabelle 4: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs nach HBS Teil L6 für planfreie und teilplanfreie Knotenpunkte (vgl. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Kommission Bemessung von Straßenverkehrsanlagen, 2015) .....	30
Tabelle 5: GEH-Wert-Analyse: Südring Center Kreuzung - Ergebnisübersicht .....	36
Tabelle 6: Vergleichende Analyse der Geschwindigkeiten im untersuchten Bereich: 50 km/h gegen 60 km/h.....	41
Tabelle 7: Geschwindigkeitsauswertung im untersuchten Bereich. Ergebnisse für 40 und 50 km/h .....	41
Tabelle 8: Vergleich der Verbesserungen: Alte vs. Neue Signalsteuerung auf neuer Infrastruktur.....	45
Tabelle 9: Vergleich der Effizienzsteigerungen: Neue Infrastruktur mit altem vs. neuem Signalsteuerungsplan.....	46
Tabelle 10: Die Auswirkungen neuer Infrastrukturen auf die Effizienz: Vergleich von Signalsteuerungsplänen bei einer festgelegten Geschwindigkeit von 40km/h .....	46
Tabelle 11: Integrationsergebnisse einer neuen Signalsteuerung in bestehender Infrastruktur bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h .....	47
Tabelle 12: Synchronisierungsleistung einer neuen Signalsteuerung mit bestehender Infrastruktur bei 50 km/h: Eine Übersicht .....	47
Tabelle 13: Effektivitätsanalyse der neuen Signalsteuerungsintegration in bestehender Infrastruktur bei 40 km/h .....	48
Tabelle 14: Optimierungsergebnisse der Abendspitze mittels neuer Signalsteuerung bei 40 km/h .....	50
Tabelle 15: Spitzenzeiten am Abend: Auswirkungen des neuen Signalsteuerungsplans bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h.....	50
Tabelle 16: Abendverkehrsspitze: Resultate des überarbeiteten Signalsteuerungsplans bei 60 km/h.....	51

## IV. Formelverzeichnis

Formel 1: Verkehrsflussgleichung: Zusammenhang zwischen Verkehrsmenge und Zeit.	4
Formel 2: Die Generalisierte Fehlerquote (GEH): Eine Formel zur Bewertung von Simulationsergebnissen.....	36
Formel 3: Formel zur Berechnung der benötigten Anzahl von Simulationsdurchläufe ..	37

## V. Abkürzungsverzeichnis

A42: Autobahn 42

acatech: Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

AS: Anschlussstelle

BBW: Werte der Ing. -Ges. Brilon Bonzio Weiser GmbH

CAD: Computer-Aided Design (Computer-unterstütztes Design)

CO: Kohlenmonoxid

CO<sub>2</sub>: Kohlendioxid

DELAY: Verzögerungszeit

DTV: Durchschnittliche Tägliche Verkehrsbelastung

DWG: Drawing (Zeichnungsformat von AutoCAD)

FGSV: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

Fz/h: Fahrzeuge pro Stunde

GEH: Geometrische Standardabweichung

Gevas: Werte der Firma Gevas

HBS: Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen

HVE: High Visibility Enforcement (Hochsichtbarkeitskontrollen)

km/h: Kilometer pro Stunde

L: Landesstraße (z.B. L 631)

LKW: Lastkraftwagen

LSA: Lichtsignalanlagen

Mio: Werte des Stadtplanungsamts erfasst mit Miovision-Geräten (Videosystem)

NACTO: National Association of City Transportation Officials

NHTSA: National Highway Traffic Safety Administration (Nationale Autobahnverkehrssicherheitsbehörde)

NO<sub>x</sub>: Stickstoffoxide

PM<sub>10</sub>: Particulate Matter 10 (Feinstaub mit einem Durchmesser von weniger als 10 Mikrometern)

PM<sub>2.5</sub>: Feinstaubpartikel mit einem Durchmesser von weniger als 2,5 Mikrometern

PKW: Personenkraftwagen

QSV: Qualitätsstufen des Verkehrsflusses

RP: Werte der Ruhrpilot Mess-Stellen

SR: Werte des Stadtplanungsamts erfasst mit Seitenradargeräten

StVO: Straßenverkehrs-Ordnung

SVZ: Werte der landesweiten Straßenverkehrszählung

US EPA: United States Environmental Protection Agency

vehDelay: Fahrzeugverzögerung

VOC: Flüchtige organische Verbindungen (Volatile Organic Compounds)

VSU: Werte des Ing.-Büro VSU

# 1. Einleitung

## 1.1. Motivation und Hintergrund

Im Kontext einer kontinuierlich mobilisierten Gesellschaft manifestieren sich die Herausforderungen des Verkehrsaufkommens mit besonderer Intensität in den urbanen Zentren. Verkehrsbedingte Behinderungen, insbesondere Staus und zeitintensive Verzögerungen, fungieren als bedeutende Einflussfaktoren, die die Lebensqualität der urbanen Bevölkerung erheblich beeinträchtigen. Eine umfassende Studie veranschaulicht, dass Verkehrsstaus rund 2,5% der Gesamtemissionen generieren (Kellner, 2016, S. 13).

Die kontinuierliche Kontamination der Atmosphäre resultiert aus einer komplexen Kombination von Faktoren, wobei zahlreiche Emissionsquellen in Erscheinung treten. In diesem Zusammenhang spielt der Verkehrssektor eine besonders prominente Rolle, da er maßgeblich zur Emission gesundheitsschädigender Substanzen beiträgt. Als Beispiel lässt sich Deutschland anführen, wo ungefähr 40 Prozent der Stickstoffoxid (NO<sub>x</sub>)- und 15 Prozent der Feinstaub (PM<sub>10</sub>)-Emissionen unmittelbar auf den Verkehr zurückzuführen sind (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2017).

Im Zeitraum der letzten sieben Jahrzehnte hat sich die Streckenlänge des deutschen Straßennetzes zwar verdoppelt, allerdings steht dieser Fortschritt in auffälligem Missverhältnis zum exponentiellen Anstieg der Fahrzeugzahlen. Diese Entwicklung findet ihre Parallele in der Verdopplung der Anzahl motorisierter Individualreisen in den letzten drei Jahrzehnten und zeugt von einer veralteten Verkehrsinfrastruktur, die einer dringenden Modernisierung bedarf (Höfler, 2021, S. 36).

Unglücklicherweise hat der öffentliche Verkehr im Kontext dieser Bedingungen an Bedeutung verloren, wie die nachlassende Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel in Städten wie Essen und Aachen aufzeigt (Höfler, 2021, S. 29, 31). Daraus resultiert eine dringende Notwendigkeit, Strategien zu entwickeln und umzusetzen, die die Attraktivität des öffentlichen Verkehrs steigern und eine effiziente Nutzung der vorhandenen Infrastrukturen sicherstellen.

Angesichts dieser komplexen Herausforderungen und Problematiken gilt es, neue Lösungsansätze zu erarbeiten, um eine optimierte Nutzung der vorhandenen

Infrastrukturen zu gewährleisten und so die Lebensqualität der städtischen Bevölkerung nachhaltig zu verbessern.

## **1.2. Zielsetzung der Arbeit**

Im Rahmen dieser Arbeit soll der Verkehrsfluss auf der Essener Straße zwischen dem Südring-Center und dem Autobahnanschluss "Bottrop-Süd" untersucht werden. Diese Strecke ist ein wichtiger Verkehrsknotenpunkt im Stadtgebiet und wird täglich von tausenden von Fahrzeugen frequentiert. Ziel der Arbeit ist es, den Verkehrsfluss durch eine Simulation mit PTV Vissim zu analysieren und ausgewählte Zielgrößen zu bewerten, um Optimierungsmöglichkeiten zu identifizieren und konkrete Handlungsempfehlungen für die Praxis abzuleiten.

Dabei werden verschiedene Faktoren berücksichtigt, die den Verkehrsfluss beeinflussen können, wie beispielsweise die Verkehrsinfrastruktur, das Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer sowie die Verkehrssteuerung. Die Ergebnisse der Arbeit sollen dazu beitragen, den Verkehrsfluss auf der Essener Straße zu verbessern und somit zu einer höheren Auslastung der verfügbaren Infrastruktur beizutragen.

Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Simulation liefern wertvolle Ansätze, um pragmatische Strategien für eine effiziente Verkehrsgestaltung abzuleiten.

## **1.3. Forschungsfragen**

Dabei werden folgende Forschungsfragen untersucht:

1. Wie gestaltet sich der Verkehrsfluss auf der Essener Straße zwischen dem Südring-Center und dem Autobahnanschluss "Bottrop-Süd" in der aktuellen Verkehrssituation?
2. Welche Engpässe und Probleme treten auf und wie können diese durch gezielte Maßnahmen behoben werden?
3. Wie lassen sich ausgewählte Zielgrößen wie Durchschnittsgeschwindigkeit, Reisezeit oder Wartezeit für Verkehrsteilnehmer verbessern?
4. Wie hoch ist das Potenzial zur Reduzierung von Treibstoffverbrauch und Umweltschädliche Abgase im Straßenverkehr, wenn Staus verhindert und Wartezeiten minimiert werden?

## **1.4. Aufbau der Arbeit**

Die Beantwortung dieser Forschungsfragen trägt dazu bei, die Verkehrssituation auf der Essener Straße zu verbessern und somit zu einer höheren Auslastung der verfügbaren Infrastruktur beizutragen. Darüber hinaus leistet die Arbeit einen Beitrag zum wissenschaftlichen Diskurs über Verkehrsplanung und -forschung, indem sie aufzeigt, wie moderne Verkehrssimulationstechniken wie PTV Vissim zur Optimierung des Verkehrsflusses eingesetzt werden können.

Die Ergebnisse der Arbeit können dabei von hoher praktischer Relevanz für Verkehrsplaner, Stadtentwickler und politische Entscheidungsträger sein, die sich mit der Verbesserung der Verkehrssituation in urbanen Räumen befassen. Auch können die Ergebnisse als Grundlage für weitere Forschungsarbeiten dienen und somit einen Beitrag zur Weiterentwicklung der Verkehrsplanung und -forschung leisten.

## 2. Theoretische Grundlagen

In dieser Passage wird eine eingehende Analyse der Verkehrsflusstheorie sowie zugehöriger Modelle vorgenommen. Es erfolgt eine Erläuterung der Mechanismen zur Erfassung von Verkehrsströmen und deren Darstellung mittels makro- und mikroskopischer Modelle. Dieser Ansatz ermöglicht ein detailliertes Kenntnis der Dynamiken innerhalb von Verkehrssystemen, die als essenzielle Grundlage für eine effiziente Verkehrsplanung und -regulierung fungiert.

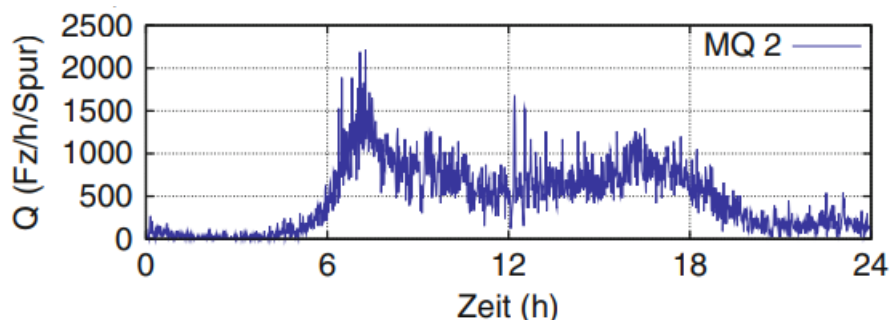
### 2.1. Verkehrsfluss und Verkehrssimulation

**Verkehrsfluss:** Unter dem Verkehrsfluss versteht man die Anzahl der Fahrzeuge  $\Delta N$ , die einen am Ort  $x$  positionierten Querschnitt innerhalb eines Zeitintervalls  $\Delta t$  überqueren:

$$Q(x, t) = \frac{\Delta N}{\Delta t}.$$

*Formel 1: Verkehrsflussgleichung: Zusammenhang zwischen Verkehrsmenge und Zeit*

Üblicherweise wird der Verkehrsfluss in Fahrzeugen pro Stunde (Fz/h) oder Fahrzeugen pro Minute ausgedrückt. (vgl. Kesting, 2010, S. 25)



*Abbildung 1: Typische Tagesganglinie des Verkehrsflusses bzw. der Verkehrsnachfrage an einem Werktag (Mittwoch) (Kesting, 2010, S. 36)*

**Verkehrsflussmodellen:** Im Verkehrsmodellierungsbereich sind zwei Hauptklassen von Modellen anerkannt: die makroskopischen und die mikroskopischen Verkehrsmodelle. Makroskopische Modelle zeichnen sich durch ihren breitgefächerten Anwendungsbereich aus, der von städtischen Gebieten über Regionen bis hin zu gesamten Ländern reicht. Ihr Fokus liegt auf einer generalisierten Darstellung des Verkehrsverhaltens auf übergeordneter Ebene.

Im Gegensatz dazu sind mikroskopische Modelle stärker auf Detailgenauigkeit ausgerichtet. Sie implementieren ein verfeinertes Netzwerkmodell, das gegenüber den vereinfachten Konstrukten makroskopischer Modelle aufzeigt. Anstelle von Verkehrszellen, die in den makroskopischen Modellen als Quellen und Senken der Verkehrsnachfrage definiert sind, liefert die mikroskopische Modellierung eine umfassendere Darstellung der Verkehrsinfrastruktur.

Diese mikroskopischen Modelle konzentrieren sich auf kleinere Bereiche, die in ihrer Größe von einzelnen Verkehrsknotenpunkten bis hin zu städtischen Sektoren oder Teilnetzen variieren können. Zudem zeichnen sie sich durch die Simulation des Verkehrsflusses auf Einzelfahrzeugebene sowie durch die Nachbildung der Steuerungslogik von Verkehrssignalanlagen aus.

Die Realisierung mikroskopischer Modelle erfordert eine spezifische Datenbasis. So sind Informationen über die Netzwerktopologie, einschließlich der Anzahl der Fahrstreifen, sowie geometrische Details wie die Länge von Fahrbahnverbreiterungen und Kurvenradien erforderlich. Zusätzlich muss die präzise Steuerung an Verkehrsknotenpunkten berücksichtigt werden. Die Modellierung umfasst dabei die Beschreibung des Straßennetzes auf der Ebene einzelner Fahrstreifen und des Schienennetzes durch spezifische Gleise. Öffentliche Verkehrsrouten werden durch Knoten- oder Haltestellenidentifikation und einen zugehörigen Fahrplan repräsentiert. (vgl. Martin Fellendorf, 2001, S.2, S.3)

Die nachfolgende Grafik liefert eine visuelle Darstellung, die die Unterschiede zwischen beiden Modelltypen illustriert.

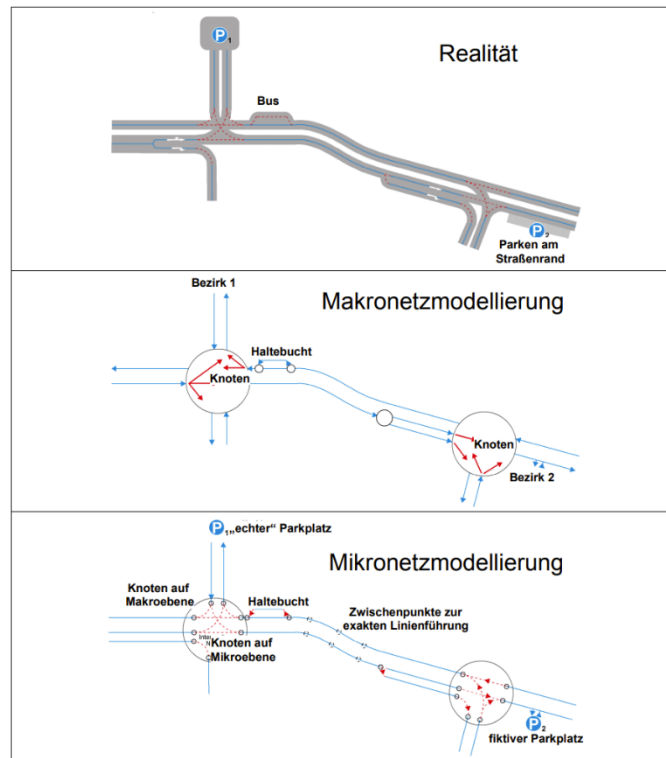


Abbildung 2: Gegenüberstellung einer makroskopischen und einer mikroskopischen Netzmodellierung (Martin Fellendorf, 2001, S.3)

**Modellansätze der Modellierung:** Die in der Tabelle dargestellten Metriken ermöglichen eine eingehende Analyse der Verkehrsdynamik. Diese sind in zwei primäre Kategorien gegliedert: Makroskopische Metriken liefern Einblicke in das gesamtgesellschaftliche Verkehrsmuster, während mikroskopische Metriken die individuellen Verhaltensweisen und Interaktionen im Verkehr detailliert untersuchen.

Makroskopische Kenngrößen	Mikroskopische Kenngrößen
Mittlere Geschwindigkeit aller betrachteten Elemente über einen Zeit- oder Wegabschnitt	Geschwindigkeit und Beschleunigung einzelner Elemente
Verkehrsdichte (Anzahl aller Elemente bezogen auf einen Wegausschnitt)	Räumlicher Abstand zwischen zwei Elementen
Verkehrsstärke (Anzahl aller Elemente bezogen auf einen Zeitausschnitt)	Zeitlicher Abstand (Zeitlücke) zwischen zwei Elementen

Tabelle 1: Makroskopische und Mikroskopische Kenngrößen (Höfler, 2021, S. 153)

Es ist jedoch anzumerken, dass makroskopische Modelle im Vergleich zu Mikrosimulationsinstrumenten eine geringere Detailtreue aufweisen.

(California Department of Transportation , 2021)

**Verkehrssimulation:** Die Verkehrssimulation bezieht sich auf die Verwendung von Software, um das Verhalten von Fahrzeugen auf der Straße in Echtzeit zu simulieren. Es ermöglicht Forschern und Planern, verschiedene Parameter wie Verkehrsfluss, Verkehrszeichen und Ampelschaltungen zu untersuchen und zu analysieren, um den Verkehrsfluss und die Straßennutzung in städtischen Gebieten zu verbessern. Die Simulation von Verkehrssystemen bietet eine kosteneffektive und effiziente Möglichkeit, um das Verhalten von Fahrzeugen zu untersuchen und Maßnahmen zur Verbesserung des Verkehrsflusses zu ermitteln.

(Alexi Delgado, 2020, S. 1)

## 2.2. PTV Vissim als Simulationssoftware

Eine Bandbreite an Auflösungen für Verkehrssimulationen wird von PTV Vissim bereitgestellt, die es Nutzern ermöglicht, die Präzision der simulierten Szenarien entsprechend spezifischer Anforderungen zu kalibrieren. Ein Maximum an Detailtreue wird auf der Mikrosimulationsebene erreicht, indem sowohl Fahrzeug- als auch Fußgängerverkehr auf individueller Ebene abgebildet werden. Hingegen werden von mesoskopischen Modellen eine weniger detaillierte, jedoch ressourceneffizientere Simulation bereitgestellt, indem bestimmte Details vereinfacht oder weggelassen werden. Daher wird von PTV Vissim die Möglichkeit offeriert, je nach Anwendungsfall die geeignete Auflösung auszuwählen oder eine hybride Simulationsstrategie zu verfolgen.

Die Simulationssoftware von PTV Vissim wird außerdem mit präzisen Emissionsberechnungsmechanismen ausgestattet, die von Bosch entwickelt wurden. Es wird Verkehrsplanern und -ingenieuren erlaubt, rasch die Auswirkungen verkehrsbezogener Interventionen auf die Emissionen von Fahrzeugen zu evaluieren. Die cloudbasierte Air-Quality-Plattform von Bosch wird für die Emissionsberechnung genutzt, welche auf einem umfassenden Datensatz zu Verkehr und Fahrzeugen fußt.

Zudem ist PTV Vissim dazu in der Lage, das Verhalten von vernetzten und autonomen Fahrzeugen zu analysieren und ihre Interaktionen innerhalb einer simulierten Testumgebung zu visualisieren. Realistische Verkehrs- und Infrastrukturmodelle werden

von der Software generiert, was den Nutzern die Beurteilung des Verhaltens von Fahrzeugen mit verschiedenen Automatisierungsgraden ermöglicht. Ein zusätzlicher Nutzen besteht in der Fähigkeit von PTV Vissim, APIs und Schnittstellen mit externen Softwareanbietern reibungslos zu integrieren. Die Software zeichnet sich auch durch eine intuitive Benutzeroberfläche aus, die ohne Skriptprogrammierung bedient werden kann, jedoch auch Optionen für erweiterte Skriptnutzung bereitstellt, falls erforderlich.

(Vgl. PTV Group, 2023).

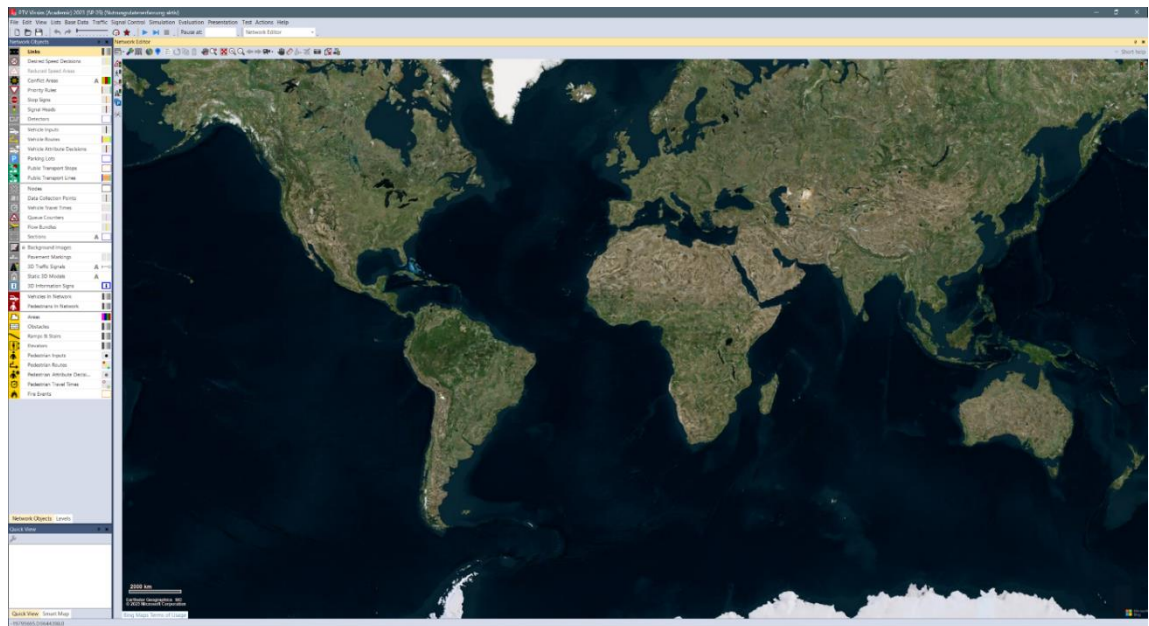


Abbildung 3: Aufbau PTV Vissim (PTV GROUP)

In dem vorliegenden Beitrag wird ein überblickartiger Einblick in das Aufbauschema des Simulationswerkzeugs PTV Vissim vermittelt. Die Struktur des Programms zeichnet sich durch ihre Benutzerfreundlichkeit und intuitive Handhabbarkeit aus. Bei der Inbetriebnahme des Programms öffnet sich ein Dialogfenster, welches exemplarisch in Abbildung 3 visualisiert wird.

Das primäre Element dieses Dialogfensters ist der sogenannte Netzeditor, welcher als Plattform zur Konzeption und Umsetzung von Simulationsprojekten fungiert. Eine integrierte Unterstützung bietet eine hinterlegte Kartenreferenz, die zur Darstellung eines Satellitenbildes dient und die exakte Nachkonstruktion von Straßeninfrastrukturen ermöglicht. Obwohl in der dargestellten Abbildung (3) eine Gesamtansicht verschiedener Länder und Kontinente zu sehen ist, bietet eine Zoom-Funktion auch die Möglichkeit zur Darstellung von Einzelstraßen.

Der Netzeditor ist zusätzlich mit einer funktionalen Werkzeugleiste ausgestattet, die verschiedene Optionen wie das Ein- und Ausblenden der Karte, die Verschiebung der Kartenansicht oder das Messen von Distanzen anbietet. Außerdem kann über den Netzeditor die 3D-Funktion des Programms nach Bedarf aktiviert oder deaktiviert werden.

Im oberen Bereich von Abbildung 3 sind die Menü- und eine zusätzliche Werkzeugleiste zu erkennen, welche die Erstellung neuer Dateien oder das Öffnen bereits existierender Dateien erlauben. Des Weiteren ermöglichen sie den Zugriff auf und die Bearbeitung von grundlegenden sowie verkehrsspezifischen Daten. Unter dem Menüpunkt "Simulation" kann eine Verkehrssimulation initiiert oder angepasst werden.

Die linke Seite der Abbildung illustriert eine Liste von Netzobjekten, die zur Integration in die Simulation zur Verfügung stehen. Es besteht die Möglichkeit, Elemente wie Streckenverläufe, Verkehrsschilder und Verkehrszuflüsse in den Netzeditor zu integrieren.

### **2.3. Optimierung des Verkehrsflusses**

Die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) veröffentlicht mehrere Ratschläge zur Verbesserung der Straßeninfrastruktur und des Verkehrsmanagements. Im Rahmen des Projekts "Mobilität 2020" ist es geplant, bisher übersehene Verkehrssektoren, speziell unter dem Aspekt des Umweltschutzes und alternativer Antriebstechnologien, genauer zu beleuchten.

(vgl. Klaus Beckmann, 2006, S. 21)

Die vorrangigen Ratschläge der acatech beinhalten:

Im Bezug auf die Instandhaltung und Beseitigung von Flaschenhälsen auf den Straßen: Die Instandhaltung und Entwicklung der Straßeninfrastruktur wird von acatech nachdrücklich befürwortet. Insbesondere wird die Erweiterung der öffentlichen Verkehrssysteme nach wirtschaftlicher Bewertung, besonders in überfüllten Metropolregionen, nahegelegt.

Zur Förderung der Effizienz und Sicherheit im Straßenverkehr durch Verkehrsmanagement und Fahrzeugtechnik: Der Einsatz von moderner Verkehrs- und Fahrzeugtechnik zur optimierten Nutzung der bestehenden Infrastruktur wird empfohlen.

Hierfür ist ein allumfassendes Verkehrsmanagement notwendig, welches den Verkehrsfluss im gesamten Straßennetz erfasst, eine Vernetzung zwischen den Verkehrsmanagementzentren sicherstellt und eine standardisierte offene Systemarchitektur vorsieht.

(vgl. Klaus Beckmann, 2006, S. 9)

Untersuchungen der acatech deuten darauf hin, dass eine Vielzahl von institutionellen und technischen Lösungsansätzen vorhanden sind, welche zur Koordination und Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Verkehrs beitragen könnten. Alle Maßnahmen, die zu diesem Schwerpunkt der Ratschläge gehören, werden in einer finalen Übersicht erneut in Form einer Tabelle dargestellt. (vgl. Klaus Beckmann, 2006, S. 60)

<b>GEWÜNSCHTER EFFEKT</b>	<b>MASSNAHME</b>
<i>Information über die Verkehrslage</i>	Institutionelle Etablierung des Verkehrsmanagements
<i>Vermeidung von Störungen</i>	Ausbau und Vernetzung von Verkehrsmanagementzentralen
	Verkehrsinformationssysteme vor und während der Reise
	Optimiertes Störungs- und Überlastungsmanagement auf Fernstraßen
<i>Verflüssigung des Verkehrsablaufs</i>	Verkehrsadaptive kooperative Fahrzeugassistenzsysteme
	Optimierte Verkehrstechnik in Ballungsräumen
	>Adaptive kooperative Fahrzeug- und Lichtsignalsteuerung

*Tabelle 2: Sicht auf die Mechanismen zur Verbesserung der Verkehrsleistung (vgl. Klaus Beckmann, 2006, S. 60)*

Im wissenschaftlichen Werk "Verkehrsdynamik und -simulation" wird eine Reihe von Optimierungsstrategien aufgeführt, darunter unter anderem:

1. Implementierung von Geschwindigkeitsbegrenzungen: Die Auswirkungen von Geschwindigkeitsbegrenzungen können durch mikroskopische Modelle simuliert werden. Homogenisierung der Geschwindigkeiten, welche durch Geschwindigkeitsbegrenzungen erzeugt wird, erleichtert essentielle Spurwechsel und minimiert dadurch abrupte Fahrmanöver, die möglicherweise Staus verursachen. Diese Regelungen können einen Verkehrszusammenbruch effektiv

verhindern oder zumindest verzögern, was paradoxerweise trotz der Geschwindigkeitsbegrenzung eine schnellere Fortbewegung ermöglicht.

2. Ausbau, Neukonstruktion und Demontage von Verkehrsstrecken: Die Beseitigung von infrastrukturellen Engpässen oder zumindest eine Reduzierung ihrer kapazitätslimitierenden Auswirkungen kann durch Erweiterungsmaßnahmen erreicht werden. Typischerweise erfordern solche Maßnahmen einen erheblichen Zeitraum für ihre Umsetzung, oft bis zu mehreren Jahren. Die Effekte solcher Maßnahmen können gelegentlich kontraintuitiv sein. Beispielsweise kann die Neukonstruktion einer Strecke im Kontext des "Nutzergleichgewichts" zu einer Verlängerung der Reisezeiten für alle Verkehrsteilnehmer führen.

(vgl. Kesting, 2010, S. 289, 290)

### **Zufahrtsmanagement als Bestandteil einer umfassenden Strategie für nachhaltige Mobilität**

In London wird eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 20 % durch eine Vielzahl von Strategien erreicht. Eine Schlüsselkomponente dieser Strategien ist die Verkehrsreduzierung mittels Fahrrad- und öffentlichem Verkehrsmittel-Nutzung, welche signifikante CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktionen zur Folge hat. Es werden ergänzende Reiseoptionen für Autofahrer angeboten und Maßnahmen ergriffen, um die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln, das Gehen und Radfahren zu fördern.

Des Weiteren wird eine Verlagerung der Verkehrsnachfrage außerhalb der Spitzenzeiten angestrebt. Umweltbelastende Fahrzeuge werden aus spezifischen Straßenbereichen ausgeschlossen oder mit höheren Gebühren belegt als weniger umweltbelastende Fahrzeuge. Die Verknüpfung dieser Maßnahmen trägt erheblich zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in London bei.

(vgl. kapsch trafficcom , S. 2)

In der vorliegenden Studie erfolgt eine umfassende Analyse und Evaluation der von acatech vorgeschlagenen Maßnahmen, zusätzlich zur eingehenden Untersuchung der wissenschaftlichen Publikation 'Verkehrsdynamik und -simulation'.

## 2.4. Nachhaltigkeit im Verkehr: Reduktion von schädlichen-Emissionen

**Städte stehen vor Herausforderungen, aber auch Chancen, um ihre Emissionsziele zu verwirklichen.**

Die zunehmende Urbanisierung und Verkehrsdichte nehmen eine bedeutende Rolle in der globalen Luftverschmutzungsproblematik ein. Untersuchungen deuten darauf hin, dass rund 45% der gesamten NO<sub>x</sub>-Emissionen und weniger als 10% der VOC-Emissionen in den Vereinigten Staaten direkt dem Verkehrssektor zuzuordnen sind. Diese Emissionen beeinträchtigen stark die Luftqualität und wirken sich nachteilig auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Bevölkerung aus (US Environmental Protection Agency (US EPA), 2023).

Einen wesentlichen Beitrag zu diesen Emissionen liefern Verkehrsstaus, die insbesondere in urbanen Gebieten eine erhebliche Belastung darstellen. An Knotenpunkten, an denen Fahrzeuge oft zum Halten gezwungen sind und verlangsamt fahren, erhöht sich der Treibstoffverbrauch und damit auch die Schadstoffemissionen (Maan k. Alobaidi, 2020). Studien belegen, dass diese Verkehrsstaus in 83 der größten städtischen Gebiete der USA jährlich über 2200 vorzeitige Todesfälle verursachen und das Gesundheitssystem mit mindestens 18 Milliarden Dollar belasten (Jonathan Levy, 2011). Eine unabhängige Untersuchung unterstreicht, dass Verkehrsstaus zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch und damit zu erhöhten Kohlenstoffemissionen führen (Shuxia Yang, 2019). Laut (Shuxia Yang, 2019), "No matter which research method was used, it can be proven that traffic congestion will lead to an increase in carbon emissions" (S. 17).

Die Auswirkungen beschränken sich nicht nur auf den Gesundheitsbereich. Im Jahr 2016 beliefen sich die Kosten durch Verkehrsüberlastungen in der Europäischen Union auf etwa 266 Milliarden Euro, was 1,8% des Bruttoinlandsprodukts entspricht. Darüber hinaus tragen Staus im Durchschnitt zu 25% zur Luftverschmutzung in städtischen Gebieten durch PM<sub>2.5</sub> bei und sind für etwa 20% der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich (vgl. kapsch trafficcom).

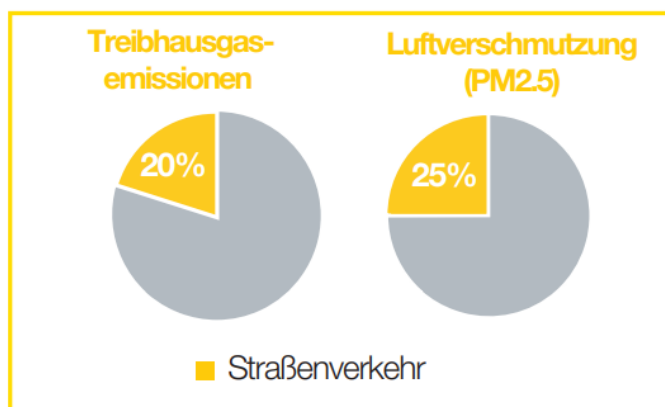
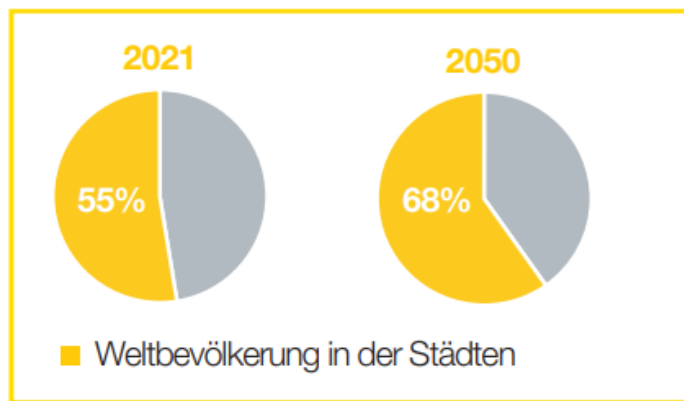


Abbildung 4: Luftverschmutzung durch PM<sub>2.5</sub> und Treibhausgasemissionen im Straßenverkehr

Trotz der erhöhten Effizienz von Fahrzeugen sind die Emissionen im Verkehrssektor immer noch auf einem hohen Niveau. Besonders der Stop-and-go-Verkehr, Staus und ineffiziente Ampelschaltungen tragen maßgeblich zum erhöhten Kraftstoffverbrauch bei (vgl. kapsch trafficcom).

Die ambitionierten Ziele zur Emissionsreduktion, die im Pariser Abkommen und im Europäischen Green Deal festgelegt wurden, erfordern von den Ländern erhebliche Anstrengungen. Viele Staaten haben sich dazu verpflichtet, in den nächsten 20 bis 30 Jahren Kohlenstoffneutralität zu erreichen. Angesichts der Tatsache, dass bereits mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung in städtischen Gebieten lebt und ein Anstieg auf 68% bis 2050 prognostiziert wird – das entspricht einem Anstieg um 2,5 Milliarden Menschen – ist die Dringlichkeit von Maßnahmen offensichtlich.



*Abbildung 5: Weltbevölkerung in den Städten*

Vor diesem Hintergrund ist es dringend geboten, die durch den Verkehr verursachten Emissionen signifikant zu reduzieren.

## **3. Methodik**

### **3.1. Beschreibung des Untersuchungsgebiets**

In dieser Studie wird die Verkehrsströmung auf der Essener Straße zwischen dem Südring-Center und dem Autobahnanschluss Bottrop-Süd untersucht. Laut Google Maps erstreckt sich das Untersuchungsgebiet über einen Kilometer und umfasst mehrere Abschnitte mit verschiedenen Merkmalen, wie Kreuzungen und Autobahnanschlüsse. Die Essener Straße ist eine wichtige Verkehrsader in Bottrop und wird täglich von tausenden Fahrzeugen genutzt, um die Stadt mit Essen und der A42 zu verbinden.

Täglich passieren tausende Fahrzeuge die Essener Straße, was zu einem regen Verkehrsaufkommen führt. Zu Stoßzeiten herrscht oft dichter Verkehr, insbesondere an den Knotenpunkten und Ein- und Ausfahrten der Autobahn. Der Verkehr fließt hier in einem ständigen Wechsel aus Autos, Lastwagen und gelegentlich auch öffentlichen Verkehrsmitteln.

Die Straße besteht aus vier Hauptfahrspuren - zwei pro Fahrtrichtung – sowie jeweils einer Linksabbiegerspur an jeder Kreuzung und einem Gehweg. An der Kreuzung mit der Südring Straße und der Essener Straße treten häufig Staus auf. In diesem Bereich gibt es auch zahlreiche Anliegerstraßen und Abzweigungen, die den Verkehrsfluss zusätzlich beeinträchtigen können. Die Ergebnisse der Analyse werden im weiteren Verlauf der Studie vorgestellt und diskutiert, einschließlich möglicher Maßnahmen zur Verbesserung des Verkehrsflusses und zur Reduzierung von Staus.

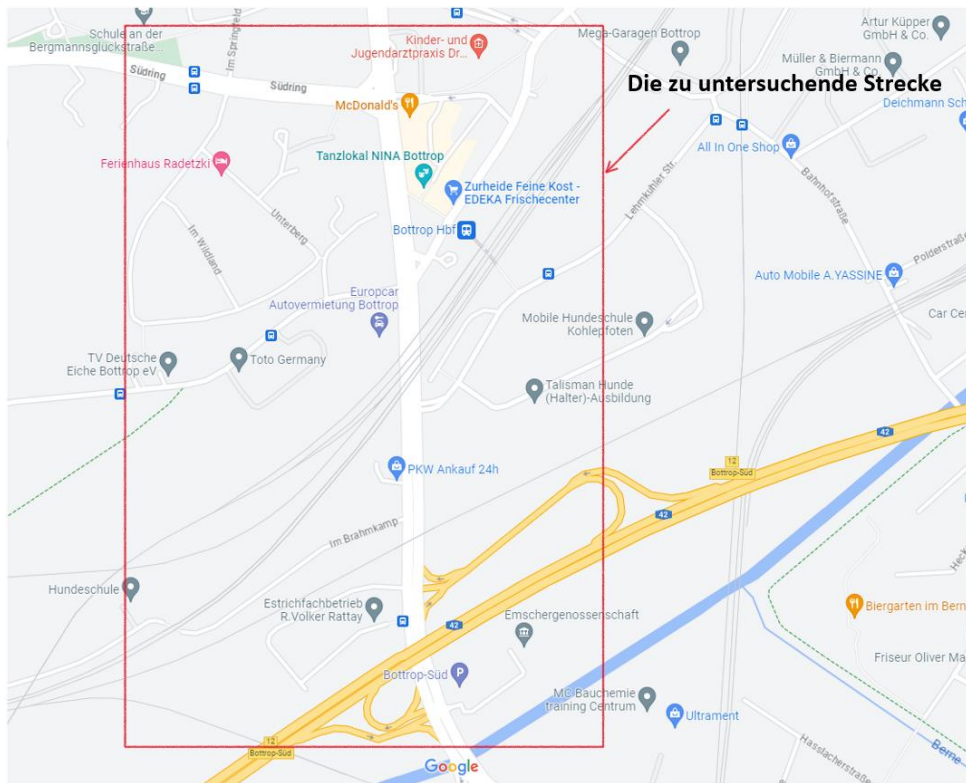


Abbildung 6: Der untersuchte Bereich. (Google Maps, Zugriff am 01. Mai 2023.)

### 3.2. Datenerhebung und -analyse

**Datenerhebung:** Mit Hilfe des umfangreichen Datenmaterials, das von der Stadt Bottrop bereitgestellt wird, wird eine detaillierte Analyse des Verkehrsflusses auf der Essener Straße realisiert. Insbesondere in Bezug auf die Simulation des Kreuzungsbereichs zeichnet sich das bereitgestellte Datenset durch hohe Präzision und Detailtiefe aus, die eine präzise Replikation der aktuellen Verkehrssituation ermöglicht. Im Weiteren wird eine ausführliche Darstellung dieser Daten erfolgen.

**Geometrische Daten der Kreuzung:** Zur realitätsgetreuen Simulation einer Kreuzung wird die Präzision geometrischer Daten als essenziell betrachtet. Hierzu zählen nicht ausschließlich die Abmessungen des Kreuzungsareals, sondern auch die Anzahl der Fahrspuren jeder Zufahrtsstraße, die Position und Form der Kurven, sowie die Breite der Fußgängerzonen. Durch den Zugang zu verlässlichen Informationen wird eine exakte Nachbildung der Kreuzung ermöglicht und exakte Ausmaße bezüglich Länge und Breite jeder Straße werden zur Verfügung gestellt. Zudem wird die genaue Bestimmung der Winkel an jeder Position und die Ermittlung des Abstands zwischen zwei willkürlichen Punkten ermöglicht. Zur Erfassung dieser Daten wird das DWG-Dateiformat verwendet. Während AutoCAD häufig zur Öffnung dieser Dateien genutzt wird, stehen auch

alternative CAD-Software-Lösungen, wie der Autodesk Viewer oder DraftSight, zur Verfügung, die das Öffnen von DWG-Dateien unterstützen.

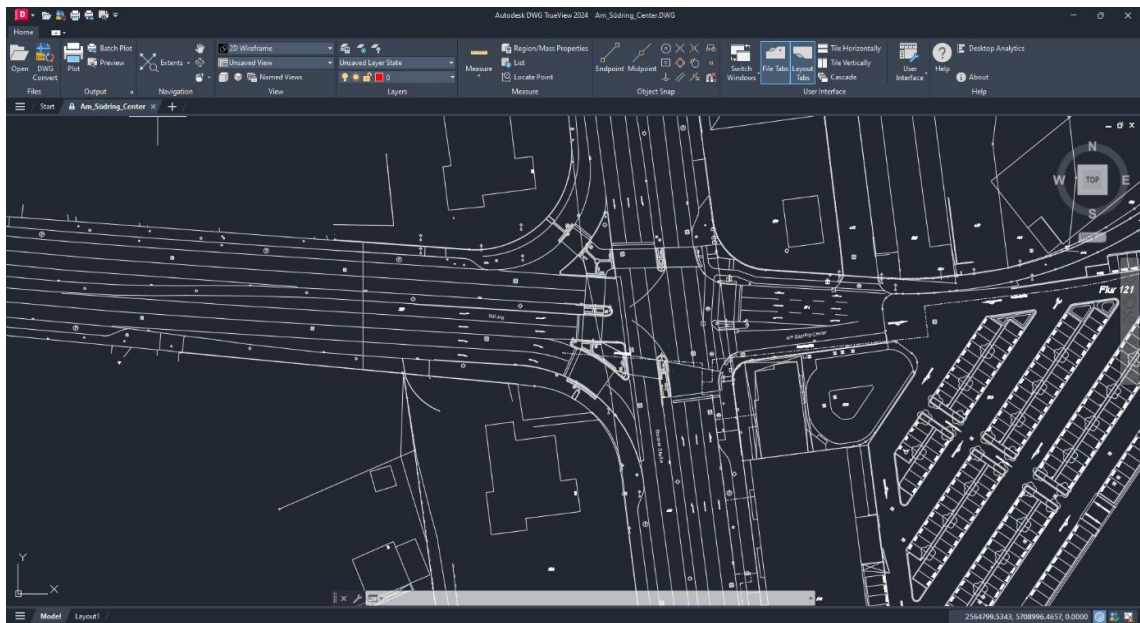


Abbildung 7: Am Südring Center Kreuzung. Ausschnitt aus Autodesk (Stadtplanungsamt Bottrop)

**Signale und Steuerung:** Die Modulation der Ampelsignale an Verkehrsknotenpunkten trägt maßgeblich zur Regulierung des Verkehrsflusses bei. Es ist von essentieller Bedeutung, die Dauer spezifischer Signalphasen, die Sequenz der verschiedenen Verkehrsströme, die Grünphasen erhalten, und die Existenz von speziellen Signalen für nicht motorisierte Verkehrsteilnehmer, wie Fußgänger und Radfahrer, zu verstehen. Für jede untersuchte Kreuzung sind drei separate Datensätze vorhanden, die als fundierte Basis für eine umfassende und realitätsgetreue Analyse dienen. Diese umfassen einen Signalpositionsplan und Daten zur Steuerung der Ampelsignale während der Stoßzeiten am Abend und am Morgen.

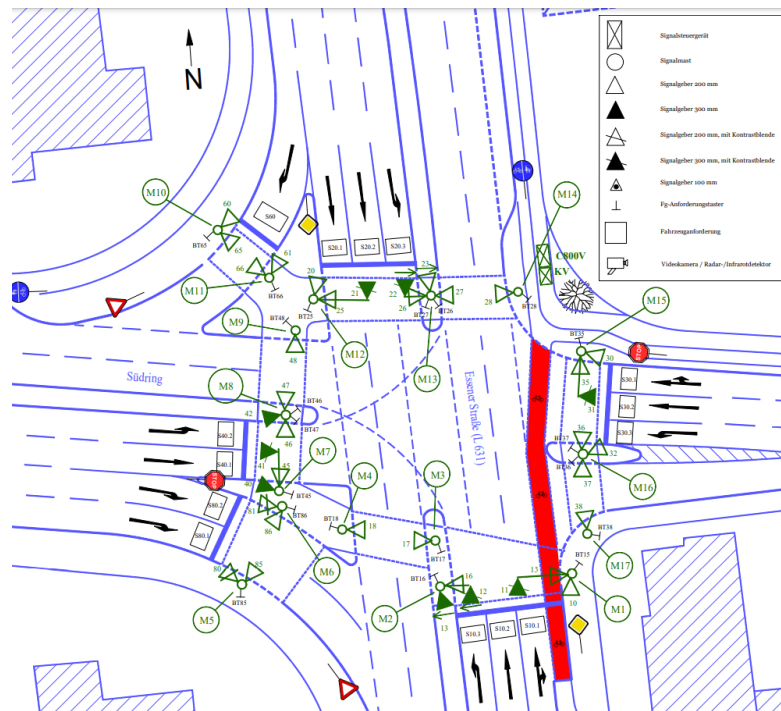


Abbildung 8: Signallageplan Essener Straße / Südring (Stadt Bottrop , 2013)

In diesem Plan sind die Positionen und Arten der Verkehrsschilder deutlich erkennbar. Zusätzlich gibt es eine Übersicht über die Ampelanordnung an der Kreuzung, inklusive der Anzahl und Positionierung der Ampeln. Außerdem ist ersichtlich, welche Signalsteuergeräte an welchen Stellen verwendet werden.

**Signalsteuerung:** Ein Signalplan ist ein koordinierter Plan, der die Verkehrsampelsignale an einem bestimmten Knotenpunkt oder einer Kreuzung regelt. Der Plan besteht aus einer Reihe von Schaltsequenzen, die festlegen, welche Ampel zur jeweiligen Zeit grün, gelb oder rot signalisiert.

Urban Street Design Guide erklärt, dass die Verwendung, Nachfrage und Aktivitäten einer Straße im Laufe eines Tages variieren können. Eine Straße, während der Spitzstunde verhält sich anders als während der Mittagszeit, genauso wie eine Straße spät an einem Samstagabend anders genutzt wird als am Sonntagmorgen. Daher sollte das Straßendesign empfindlich darauf reagieren, wie Straßen für alle Nutzerinnen und Nutzer zu jeder Tageszeit funktionieren.

(National Association of City Transportation Officials (NACTO), 2013)

In den Abbildungen 9 und 10 ist zu erkennen, wie die Ampeln an der Kreuzung "Am Südring Center" gesteuert werden. Die Signalgruppen mit dem K-Symbol sind für den Verkehr von Kraftfahrzeugen bestimmt, während die Gruppen mit dem F-Symbol für

Fußgänger gedacht sind. Der Zeitenplan für die Signalphasen, einschließlich Grün-, Rot-, Gelb-, Gelb-Rot- und Dunkelphasen, wird in Sekunden angegeben.

**Abendspitze:**

Lfd.Nr.	O-Nr.	Kurzname	Name	Beschreibung	IU	SteuergerätefachNr.	Art	Versatz	Belastungstabelle	ZZMatrix	VBMatrix	VEMatrix	ZWD	EP	AP
4	4	Abendspitze (4)	Abendspitze (4)		90	4	SG	0		ZZ 1			0	EinFolge 1	AusFolge 1

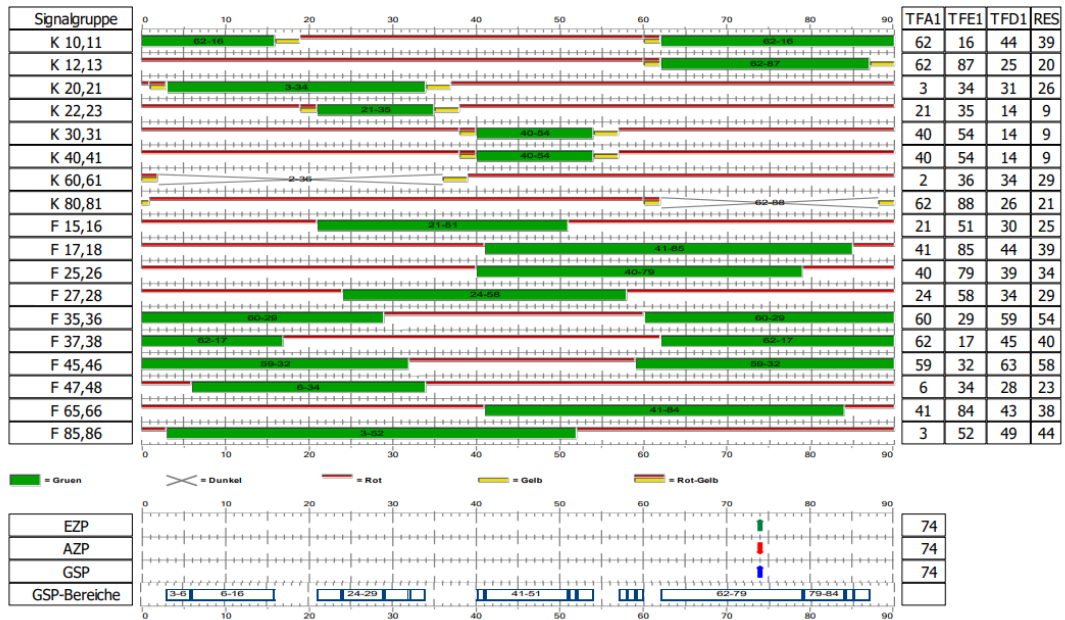


Abbildung 9: Signalzeitenplan zum abendlichen Spitzenstunde für die betreffende Signalanlage Essener Straße/Südring in Bottrop. (Stadt Bottrop , 2013)

## Morgenspitze:

Lfd.Nr.	O-Nr.	Kurzname	Name	Beschreibung	tU	SteuergerätfachNr.	Art	Versatz	Belastungstabelle	ZZMatrix	VBMatrix	VEMatrix	ZWD	EP	AP
5	5	Morgenspitze (5)	Morgenspitze (5)		90	5	SG	0		ZZ 1			0	EinFolge 1	AusFolge 1

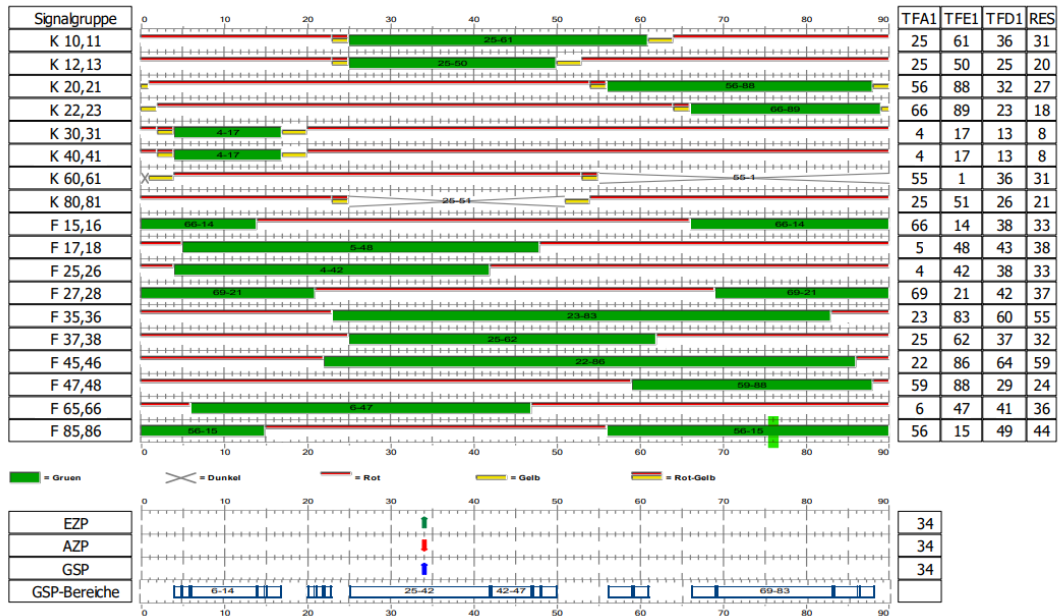


Abbildung 10: Signalzeitenplan zum morgendlichen Spitzenstunde für die betreffende Signalanlage Essener Straße/Südring in Bottrop. (Stadt Bottrop, 2013)

**Verkehrsdaten:** Verkehrsanalysedaten umfassen Informationen wie die Anzahl der Fahrzeuge, die eine Kreuzung passieren, die Ströme des Verkehrs aus verschiedenen Richtungen, die durchschnittliche Geschwindigkeit und der Verkehrsfluss auf jeder Zufahrtsstraße sowie der Anteil verschiedener Verkehrsteilnehmer wie Autos, LKWs, Motorräder, Fußgänger und Radfahrer.

Diese Daten werden für diverse Zeiträume bereitgestellt, einschließlich der morgendlichen und abendlichen Spitzenverkehrszeiten sowie regulären Zeitspannen.

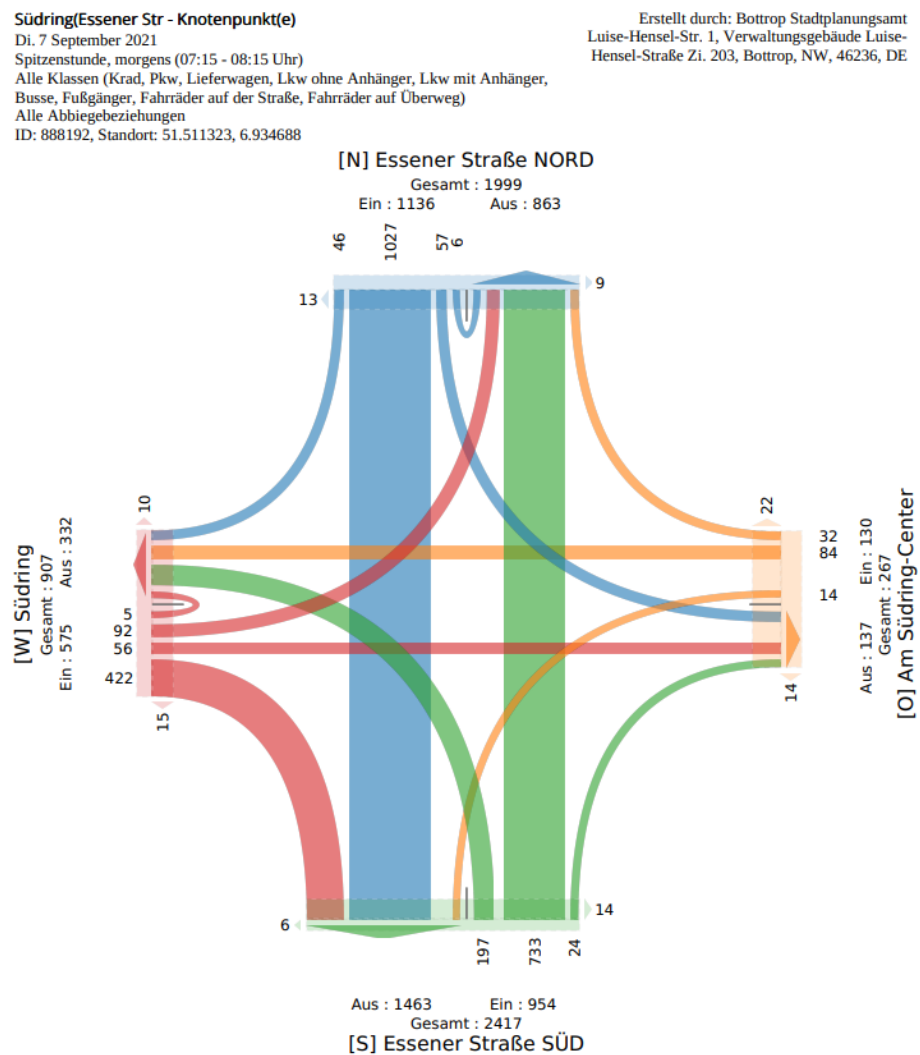


Abbildung 11: Ein Beispiel von den ermittelten Verkehrsbelastungen der jeweils vom Stadt Bottrop letzten Erfassung an den Südring (Essener Str.) Knotenpunkten (Bottrop, 2021)

Die Abbildung 11 enthält Informationen zum Verkehrsaufkommen an der Südring-Kreuzung in Bottrop während der Stoßzeit am 7. September 2021. Die Grafik gibt zudem eine übersichtliche Darstellung darüber, wie der Verkehr auf verschiedene Straßen verteilt ist und welche davon am stärksten beansprucht werden.

## Detaillierte Verkehrsdaten:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R				
1	Zufahrten	Essener Straße NORD				Am Südring-Center				Essener Straße SUD				Südring								
2	Richtung	Richtung S				Richtung W				Richtung N				Richtung O								
3	Startzeit	Rechts		Geradeau:	Links	U-Turn	Rechts		Geradeau:	Links	U-Turn	Rechts		Geradeau:	Links	U-Turn	Rechts		Geradeau:	Links	U-Turn	
18	07-09-2021 03:30:00																					
19	07-09-2021 03:45:00																					
20	07-09-2021 04:00:00																					
21	07-09-2021 04:15:00																					
22	07-09-2021 04:30:00																					
23	07-09-2021 04:45:00																					
24	07-09-2021 05:00:00																					
25	07-09-2021 05:15:00																					
26	07-09-2021 05:30:00																					
27	07-09-2021 05:45:00																					
28	07-09-2021 06:00:00		3	154	0	2		1	3	2	0		1	45	8	0		52	8	7	0	
29	07-09-2021 06:15:00		0	125	2	2		2	2	0	0		1	81	18	0		82	4	5	0	
30	07-09-2021 06:30:00		5	195	0	0		3	5	0	0		1	100	17	0		79	8	8	0	
31	07-09-2021 06:45:00		1	166	2	0		1	3	0	0		1	102	24	0		86	6	8	0	
32	07-09-2021 07:00:00		7	229	2	1		2	14	2	0		1	104	33	0		99	7	9	0	
33	07-09-2021 07:15:00		5	252	10	2		5	13	3	0		1	146	52	0		98	7	18	0	
34	07-09-2021 07:30:00		10	214	6	0		7	21	0	0		6	166	52	0		107	9	18	2	
35	07-09-2021 07:45:00		15	198	17	3		9	30	2	0		5	180	43	0		87	20	26	3	
36	07-09-2021 08:00:00		10	204	21	1		8	15	5	0		10	116	24	0		96	19	11	0	
37	07-09-2021 08:15:00		13	180	10	2		10	11	2	0		8	121	24	0		82	10	23	0	
38	07-09-2021 08:30:00		12	172	21	2		14	23	6	0		11	121	35	0		80	14	19	1	
39	07-09-2021 08:45:00		11	165	15	1		17	22	5	0		11	117	18	0		59	27	24	2	
40	07-09-2021 09:00:00		11	148	19	1		17	19	8	0		8	120	27	0		44	13	20	0	
41	07-09-2021 09:15:00		9	152	26	2		26	19	6	0		14	123	23	0		54	22	11	3	
42	07-09-2021 09:30:00		8	146	18	0		17	21	8	0		7	119	37	0		42	21	14	3	
43	07-09-2021 09:45:00		18	129	22	7		18	16	5	0		11	122	36	1		38	16	24	1	
44	07-09-2021 10:00:00																					
45	07-09-2021 10:15:00																					
46	07-09-2021 10:30:00																					
47	07-09-2021 10:45:00																					
48	07-09-2021 11:00:00																					
49	07-09-2021 11:15:00																					
50	07-09-2021 11:30:00																					
51	07-09-2021 11:45:00																					
52	07-09-2021 12:00:00																					
53	07-09-2021 12:15:00																					

Abbildung 12: Detaillierte Verkehrsdaten der letzten Erfassung an den Südring (Essener Str.) Knotenpunkten (Bottrop, 2021)

Dank der Stadt Bottrop ist der Zugriff auf äußerst detaillierte Daten möglich, was eine präzisere, realistischere Simulation ermöglicht. Im Detail handelt es sich um eine Excel-Datei mit Verkehrsdaten, die in 15-Minuten-Intervallen aufgeführt und nach Richtung geordnet sind. Diese umfassenden Daten enthalten Informationen zu sämtlichen Verkehrsteilnehmern, einschließlich LKW mit und ohne Anhänger, Fahrrädern, PKWs und mehr.

**Verkehrsbelastungskarte:** Um ein umfassenderes Verständnis des Gesamtzustands zu ermöglichen, wird eine Karte erstellt, welche die Verkehrsbelastungen der Straßen in Bottrop von März 2012 bis August 2022 zeigt. Die Karte ist im Maßstab 1:15000 verfügbar.

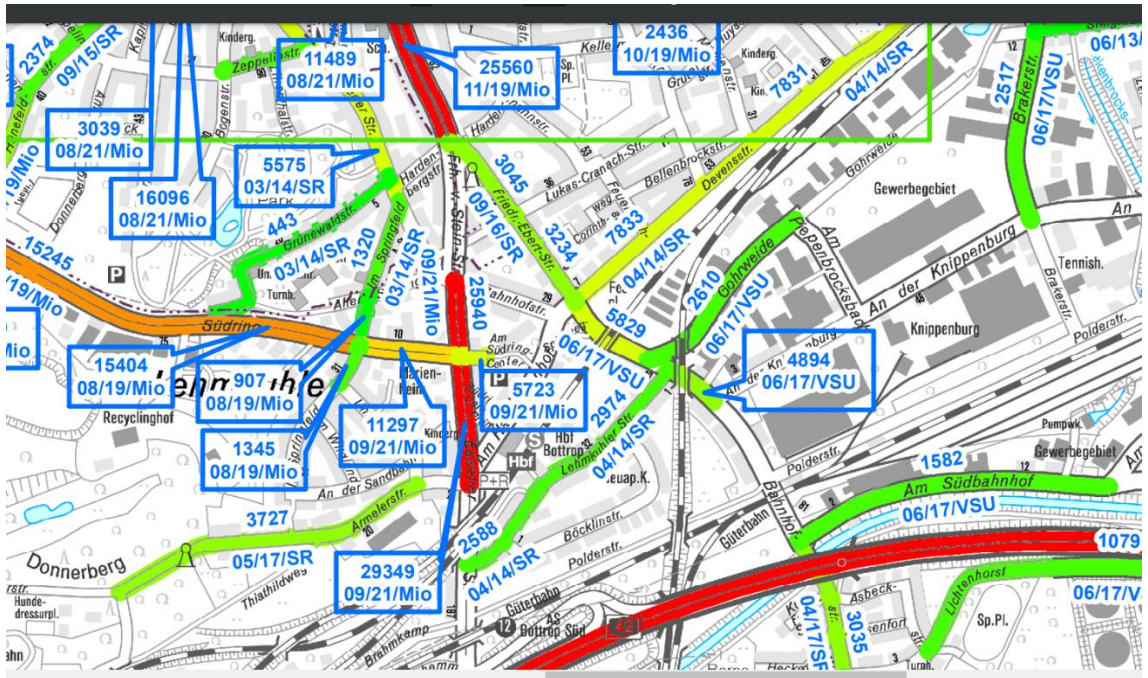


Abbildung 13: Ausschnitt aus der Verkehrsbelastungskarte (Stadt Bottrop Stadtplanungsamt 61/3, 2022)

Die Karte weist Straßen unterschiedlicher Farben auf, wobei jede Farbe für eine spezifische durchschnittliche tägliche Verkehrsbelastung (DTV) in Fahrzeugen pro 24 Stunden steht. Die genaue Bedeutung der Farben wird unter Abbildung 14 erläutert, während Tabelle 3 alle Werte enthält, welche zur Erstellung der Belastungskarte herangezogen werden.

Abkürzung	Bedeutung
BBW	Werte der Ing. -Ges. Brilon Bonzio Weiser GmbH
Gevas	Werte der Firma Gevas
Mio	Werte des Stadtplanungsamts erfasst mit Miovision-Geräten (Videosystem)
RP	Werte der Ruhrpilot Mess-Stellen
SR	Werte des Stadtplanungsamts erfasst mit Seitenradargeräten
SVZ	Werte der landesweiten Straßenverkehrszählung
VSU	Werte des Ing.-Büro VSU

Tabelle 3: Zählquellen (Stadt Bottrop Stadtplanungsamt 61/3, 2022)

## Zeichenerklärung:

DTV = Durchschnittliche Tägliche Verkehrsbelastung  
in Fz / 24h



Abbildung 14: Durchschnittliche Tägliche Verkehrsbelastung

**Eigene Datenerhebung:** In bestimmten Fällen wird das angestrebte Ergebnis nicht immer erzielt. Im aktuellen Kontext sind leider die relevanten Daten von allen Straßen unvollständig. Zur Kompensation dieser Informationslücken werden fehlende Details durch die Analyse von Mobiltelefonaufzeichnungen ergänzt. Für eine klare Visualisierung und um einen Vergleich der Simulation mit dem aktuellen Zustand zu ermöglichen, werden Drohnenaufzeichnungen, die alle Kreuzungen entlang der untersuchten Strecke abdecken, durchgeführt.

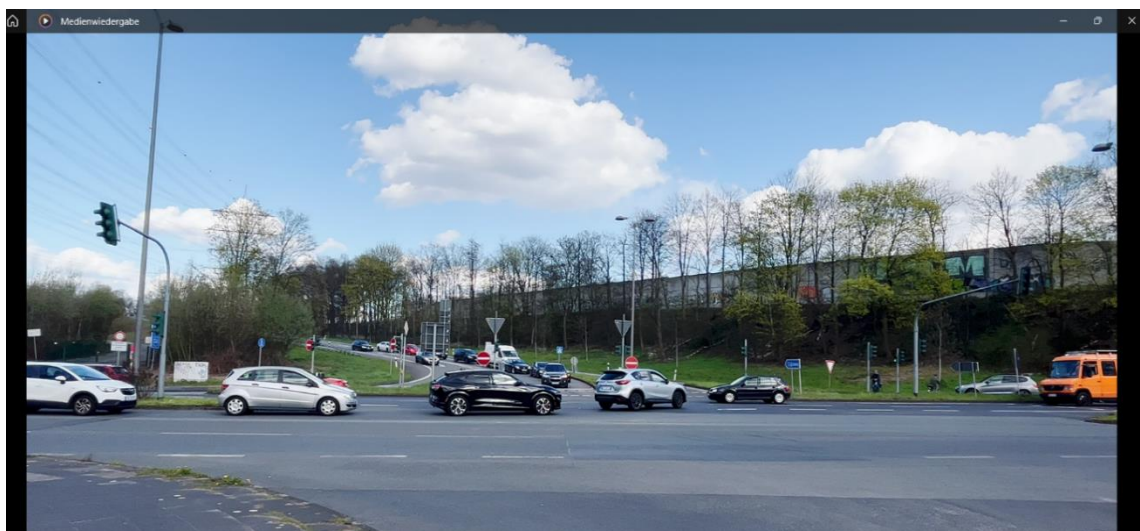


Abbildung 15: Ausschnitt von einem, von mir aufgenommenen Videos, um Verkehrs daten zu analysieren

In der dargestellten Abbildung 16 werden die Knotenpunkte durch schwarze Symbole hervorgehoben. An diesen spezifisch markierten Positionen wird eine umfangreiche, eigenständige Datenerhebung durchgeführt, um präzise und verlässliche Informationen zu erlangen.

## Eigenständige Erfassung und Analyse von Kreuzungsdaten

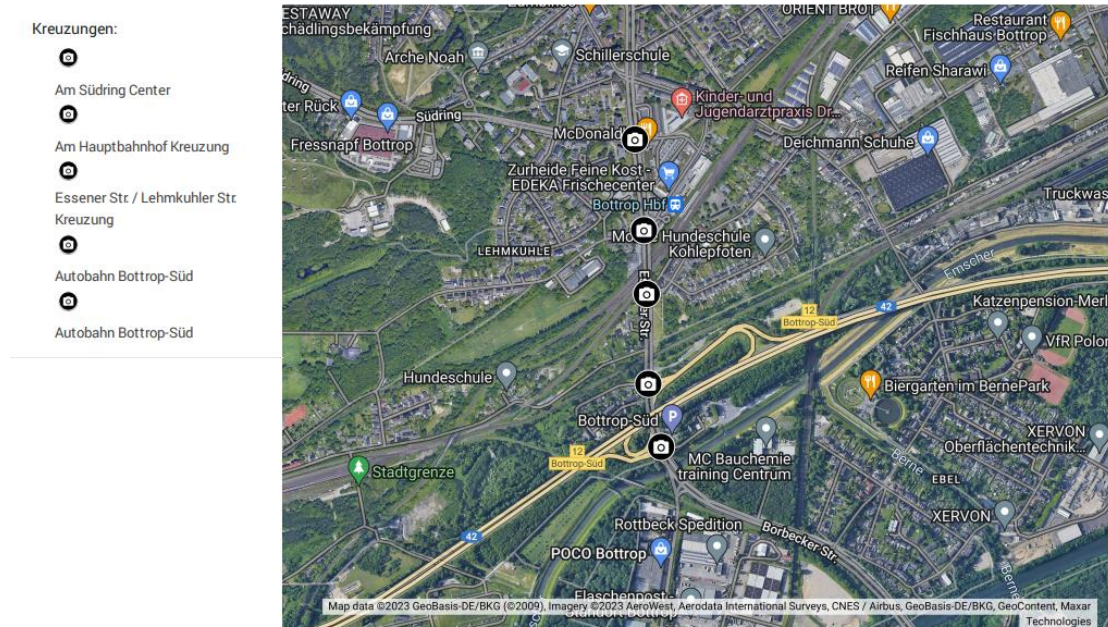


Abbildung 16: Datenerhebung an Knotenpunkten: Eine persönliche Untersuchung (Eigenständige Erfassung und Analyse von Kreuzungsdaten, 2023)

**Datenanalyse:** Gemäß den von der Stadt Bottrop veröffentlichten Daten wird die Kreuzung "Am Südring Center" täglich von über 25.000 Fahrzeugen frequentiert. Diese hohe Verkehrsdichte führt zu Verkehrsbehinderungen und Staus.

Detaillierte Beobachtungen zeigen an dieser Kreuzung, dass zahlreiche Fahrzeugführer gegen Verkehrsregeln verstoßen oder sich rücksichtslos verhalten. Dieses Verhalten hat einen direkten Einfluss auf den Verkehrsfluss und verschärft die bereits bestehenden Stau- und Verkehrsprobleme.



Abbildung 17: rücksichtsloses Fahren (Luftaufnahme: Am Südring Center Bottrop, aufgenommen am 04.05.2023)

An dieser Kreuzung stehen Verkehrsschilder, die darauf hinweisen, dass die Kreuzung freigehalten werden soll, wenn es zu einem Rückstau kommt, um eine Verkehrsbehinderung möglichst zu vermeiden. Da diese Verkehrsschilder jedoch nicht berücksichtigt werden, kommt es häufig zu Verkehrsbehinderungen in Abbildung 17 zu sehen ist; den blau markierten Fahrzeugen blockieren den rot markierten Fahrzeugen. Dies führt letztendlich dazu, dass Fahrzeuge trotz grüner Ampelphase anhalten müssen, was zu weiterem Verkehrsstau führt. Gemäß § 11 Absatz 1 der Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) heißt es: „Stockt der Verkehr, darf trotz Vorfahrt oder grünem Lichtzeichen nicht in die Kreuzung oder Einmündung eingefahren werden, wenn auf ihr gewartet werden müsste.“ (Gesetze im Internet, 2013).

Basierend auf der Analyse der zur Verfügung stehenden Videoaufnahmen wird eine mangelnde Konzentration bei einigen Fahrzeugführern identifiziert, die eine suboptimale Nutzung der Verkehrsphasen nach sich zieht. Dies manifestiert sich in einer ineffizienten Ausnutzung der Grünphase, die wiederum zu einer Zunahme des Verkehrsaufkommens und folglich zu Staus führt.



Abbildung 18: An der Ampel stehen (Luftaufnahme: Essener Str. / Lehmkuhler Str. Kreuzung Bottrop, aufgenommen am 02.05.2023)



Abbildung 19: schon weit voneinander (Luftaufnahme: Essener Str. / Lehmkuhler Str. Kreuzung Bottrop, aufgenommen am 02.05.2023)

Wie in den Abbildungen 18 und 19 dargestellt, wird erkennbar, dass Fahrzeuge, obwohl parallel positioniert, nicht simultan starten. Dies resultiert in einer ineffektiven Raumnutzung, wobei der Platz für zwei Fahrzeuge ungenutzt bleibt. Potenzielle Lösungen für dieses identifizierte Problem werden in einem späteren Kapitel dieser Arbeit erörtert.



*Abbildung 20: Sperrung der benachbarten Fahrspur aufgrund ungenügender Fläche für linksabbiegende Fahrzeuge*

Die Analyse der gesammelten Video-Daten zeigt an verschiedenen Lokalitäten und zu unterschiedlichen Zeitpunkten, dass, wie in Abbildung 20 dargestellt, eine benachbarte Fahrspur aufgrund von unzureichendem Raum für Linksabbieger blockiert wird.

**Um zu überprüfen, ob eine Optimierung erforderlich ist:** Es wird der ermittelte Grad der Auslastung als Maßstab zur Zuordnung des Qualitätslevels des Verkehrsflusses (QSV) herangezogen. Die Kategorisierung des Verkehrsflusses in unterschiedliche Qualitätsstufen orientiert sich an den definierten Grenzwerten des Auslastungsgrads (siehe Abbildung 21).

Die Kapazität wird dabei als die trennende Schwelle zwischen den Qualitätsstufen E und F bestimmt. Zur Sicherstellung einer konsistenten Planung in Deutschland, wird bei Neu-, Um- und Ausbaurbeiten stets die Einhaltung des Qualitätslevels D als Minimum vorgesehen. (vgl. Hartmann, 2019, S. 12)

<b>QSV</b>	<b>Auslastungsgrad x [-]</b>
A	$\leq 0,30$
B	$\leq 0,55$
C	$\leq 0,75$
D	$\leq 0,90$ 1)
E	$\leq 1,00$
F	$> 1,00$

Abbildung 21: QSV in Abhängigkeit vom Auslastungsgrad nach HBS (FGSV, 2015)

Die einzelnen Qualitätsstufen bedeuten:

Qualitätsstufen	Bedeutung
<b>QSV A (1):</b>	Kraftfahrzeugführer erfahren nur sehr sporadisch eine Beeinflussung durch andere. Die Verkehrsdichte ist minimal und bietet den Fahrern eine weitreichende Autonomie bei der Geschwindigkeitswahl. Notwendige Spurwechsel können sie ohne jegliche Hindernisse vornehmen. Insgesamt ist der Verkehrsfluss ungehindert und fließt reibungslos.
<b>QSV B (2):</b>	Minimale Interaktionen mit anderen Kraftfahrzeugführern können auftreten, haben jedoch kaum Auswirkungen auf das individuelle Fahrverhalten. Aufgrund der niedrigen Verkehrsdichte haben die Fahrer weitreichende Freiheit, ihre Geschwindigkeit anzupassen und notwendige Fahrstreifenwechsel größtenteils ungestört durchzuführen. Der Verkehrsfluss bleibt weitgehend unbehindert.
<b>QSV C (3):</b>	Die Präsenz anderer Kraftfahrzeuge ist unübersehbar. Die Verkehrsdichte bewegt sich im mittleren Spektrum, wodurch individuell wählbare Geschwindigkeiten eingeschränkt sind. Fahrstreifenwechsel erfordern nun eine koordinierte Abstimmung mit anderen Verkehrsteilnehmern. Trotzdem bleibt der Zustand des Verkehrsflusses stabil.

<b>QSV D (4):</b>	Fortlaufende Interaktionen zwischen den Kraftfahrern sind die Regel, inklusive gelegentlicher gegenseitiger Behinderungen. Bei hoher Verkehrsdichte ist die Freiheit der individuellen Geschwindigkeitswahl stark begrenzt. Notwendige Fahrstreifenwechsel erfordern eine sorgfältige Koordination mit anderen Verkehrsteilnehmern. Trotz dessen bleibt die Stabilität des Verkehrsflusses gewahrt.
<b>QSV E (5):</b>	Fahrzeuge bewegen sich überwiegend in Kolonnenform. Notwendige Fahrstreifenwechsel sind nur möglich, indem man in den Sicherheitsabstand zwischen den Fahrzeugen auf der benachbarten Spur eintritt. Angesichts einer sehr hohen Verkehrsdichte können selbst geringfügige oder kurzfristige Erhöhungen der Verkehrslast zu Stau und Stillstand führen. Kleinste Unregelmäßigkeiten innerhalb des Verkehrsflusses bergen bereits das Risiko eines Verkehrszusammenbruchs. Der Verkehrsfluss ist in einem instabilen Zustand, und die Kapazität des Verkehrsknotenpunkts ist voll ausgeschöpft
<b>QSV F (6):</b>	Die einströmende Verkehrsbelastung übersteigt die Kapazität, was zu einem Verkehrszusammenbruch führt. Dies äußert sich in Stillstand und Stau über dem Verkehrsknotenpunkt, abgelöst durch Stop-and-go-Verkehr. Diese Situation wird erst durch einen signifikanten Rückgang der Verkehrsnachfrage aufgelöst. Der Verkehrsknotenpunkt ist überbeansprucht.

*Tabelle 4: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs nach HBS Teil L6 für planfreie und teilplanfreie Knotenpunkte (vgl. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Kommission Bemessung von Straßenverkehrsanlagen, 2015)*

**Autobahn GmbH Analyse:** Die Autobahn GmbH führt gegenwärtig Simulationen durch, um die Qualität des Verkehrsflusses und die Ausmaße von Rückstaus zu bestimmen.



*Abbildung 22: Netzmodell der mikroskopischen Verkehrsflusssimulation (Die Autobahn GmbH des Bundes Niederlassung Westfalen | Außenstelle Bochum, 2019, S. 67)*

An dieser Stelle ergeben sich differenzierte Resultate für zwei verschiedene Knotenpunkte:

**L 631/AS A 42 nördliche Rampe:** In der Mikrosimulation zeigt der Knotenpunkt L 631/AS A 42 nördliche Rampe bemerkenswert geringere Rückstaulängen für den Rechtsabbieger von der A 42 während der Vormittagsspitzenstunde, verglichen mit der statischen Leistungsfähigkeitsanalyse. Im Gegensatz dazu zeigt sich während der Nachmittagsspitzenstunde eine deutliche Zunahme der Rückstaulängen, insbesondere bei den Fahrzeugströmen, die von der A 42 kommen (durchschnittlich bis zu 275m). Diese Beobachtung deckt sich mit den realen Verkehrszuständen.

(vgl. Die Autobahn GmbH des Bundes Niederlassung Westfalen | Außenstelle Bochum, 2019 , S. 70, 71)

**L 631/ AS A 42 südliche Rampe:** Die Mikrosimulation zeigt am Vormittag, dass sich insbesondere die Verkehrslasten der Rampe bis auf die Hauptfahrbahn der A 42 zurückstauen, wobei die durchschnittlichen Rückstaulängen über 1.200 m betragen.

Im Gegensatz dazu sind die Rückstaulängen am Nachmittag in der Mikrosimulation durchweg geringer als die in der statischen Analyse ermittelten. Dies weist darauf hin, dass der Verkehrsfluss effizienter ist, als die statischen Daten vermuten lassen.

(vgl. Die Autobahn GmbH des Bundes Niederlassung Westfalen | Außenstelle Bochum, 2019 , S. 71)

Gemäß dem aktuellen Bericht der Autobahn GmbH werden zahlreiche Straßenabschnitte an den Kreuzungspunkten Essener Straße (Nord)/ Anschlussstelle (AS) Bottrop-SüdNord, Essener Straße (Süd)/ Plankenschemm sowie Essener Straße (Nord)/ Parkplatz/ Essener Straße (Süd)/ Anschlussstelle (AS) Bottrop-Süd-Süd mit der Qualitätseinstufung F bewertet. (Die Autobahn GmbH des Bundes Niederlassung Westfalen | Außenstelle Bochum, 2019 , S. 73, 74)

Nachdem zahlreiche Simulationen durchgeführt worden sind, wird festgestellt, dass die Ergebnisse der Autobahn GmbH bemerkenswert kongruent mit den Resultaten aus meinen eigenen Simulationen sind.

Die Erkenntnisse aus der Berichterstattung der Autobahn GmbH und der durch die Stadt Bottrop erstellten Verkehrslastkarte, gekoppelt mit den durch Datenanalyse ermittelten Engpässen und den Ergebnissen meiner eigenen Simulationen, dienen als solide Basis zur Erkennung eines dringenden Optimierungsbedarfs im betrachteten Bereich. Die nachfolgenden Abschnitte widmen sich der Umsetzung der Simulation und der detaillierten Aufarbeitung von Maßnahmen zur Optimierung der Verkehrsflüsse.

## 4. Simulation des Verkehrsflusses mit PTV Vissim

### 4.1. Modellierung des Verkehrsflusses

Im Rahmen dieser Arbeit wird die Modellierung des Verkehrsflusses auf Basis einer mikroskopischen Betrachtung realisiert, bei der jedes Fahrzeug individuell simuliert wird. Die Simulation beinhaltet verschiedene Fahrzeugtypen wie PKWs, LKWs und Busse, welche den realen Verkehrszustand des Untersuchungsgebiets repräsentieren.

Für die Erstellung des Modells wird zuerst das Straßennetz des Untersuchungsgebiets in PTV Vissim integriert. Das Straßennetz umfasst Autobahnen, Hauptverkehrsstraßen und Nebenstraßen sowie entsprechende Kreuzungen und Kreisverkehre. Die genaue Geometrie und Anzahl der Fahrspuren werden dabei entsprechend der realen Verkehrssituation nachgebildet.

Die Parametrisierung der Verkehrsteilnehmer erfolgt auf Grundlage empirischer Daten, die in Voruntersuchungen gesammelt werden. Dies beinhaltet das Fahrverhalten (z.B. Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug, Geschwindigkeitsverhalten), die Fahrzeugzusammensetzung sowie die Verkehrsmenge zu verschiedenen Tageszeiten.

Darüber hinaus werden die Verkehrsszenarien anhand realer Verkehrszählungen definiert. So werden Stoßzeiten sowie ruhigere Zeiten berücksichtigt, um eine realistische Abbildung des Verkehrsflusses im Tagesverlauf zu gewährleisten.

Die Modellierung des Verkehrsflusses wird auch unter Einbezug der bestehenden Verkehrsregeln durchgeführt. Dazu gehören Geschwindigkeitsbegrenzungen, Vorfahrtsregeln an Kreuzungen und die Beachtung von Verkehrszeichen und Ampelschaltungen.

Die in PTV Vissim erstellte Modellierung des Verkehrsflusses dient als Basis für die nachfolgenden Simulationen und Analysen und ermöglicht eine umfassende Untersuchung verschiedener Optimierungsstrategien zur Verbesserung des Verkehrsflusses und der Nachhaltigkeit im Verkehr.

## 4.2. Durchführung der Simulation

In der einleitenden Phase der Simulation wird zuerst ein repräsentatives Verkehrsnetzwerk konstruiert, das Straßen, Knotenpunkte und Verbindungen innerhalb des ausgewählten Untersuchungsgebiets umfasst. In dieser Phase wird besonders Wert daraufgelegt, Parameter für Fahrbahngeometrien, Verkehrsschilder, Geschwindigkeitsbegrenzungen und Straßenklassifizierungen genau gemäß den realen Bedingungen des Untersuchungsgebiets festzulegen.

Aufbauend auf dieser Grundlage werden zusätzlich Bereiche mit verminderter Geschwindigkeit, insbesondere in Kurvenbereichen, definiert. Hiermit im Zusammenhang stehen die Identifikation von Konfliktzonen und die Einführung angemessener Vorfahrtsregelungen. Basierend auf den zu diesem Zeitpunkt bereits gesammelten Daten werden anschließend die Verkehrslichtpläne gesteuert und angepasst.

Mit der Festlegung des Straßennetzwerks und der zugehörigen Verkehrsregelungen wird der nächste Schritt eingeleitet: die Integration der Fahrzeugströme. Zur Gewährleistung höchster Genauigkeit wird diese Eingabe in zwei Stufen durchgeführt. Zunächst werden Personenfahrzeuge berücksichtigt und im Anschluss daran werden die spezifischen Fahrzeugrouten festgelegt. Dies ermöglicht es, basierend auf den nun umfassenden Daten, präzise zu bestimmen, welcher Anteil des Gesamtverkehrs in welche Richtung fließt. Dieser Prozess wird für Lastkraftwagen und Busse gesondert durchgeführt.

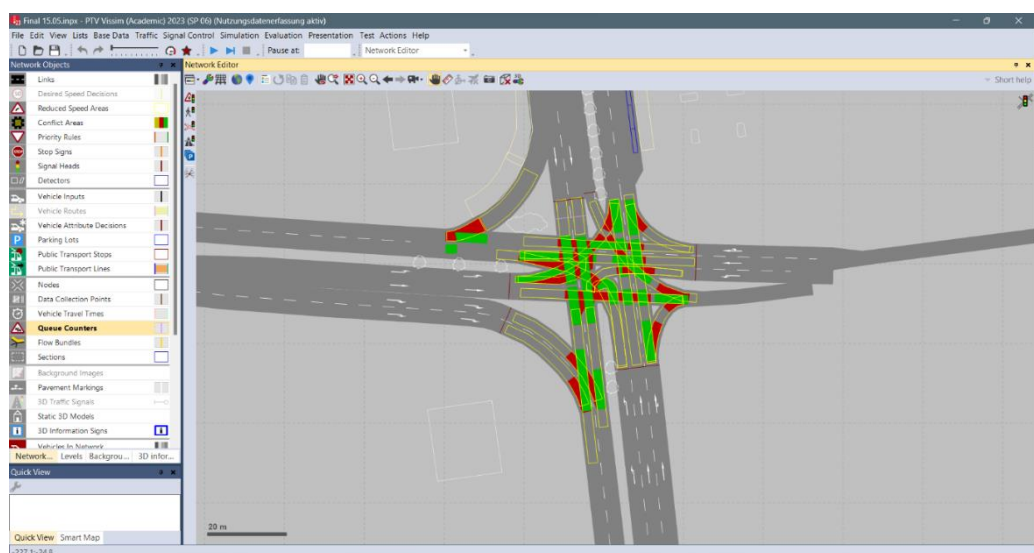


Abbildung 23: Konfliktflächen und Langsamfahrbereiche PTV Vissim

Die Bereiche mit reduzierter Geschwindigkeit werden in der Simulation durch gelbe Markierungen gekennzeichnet. Die Konfliktbereiche, die sich aus den vorangegangenen Schritten ergeben, werden hingegen in Rot und Grün dargestellt, wobei Fahrzeugen in den grün markierten Bereichen Vorfahrt gewährt wird.

In Erweiterung dieser Vorgehensweise werden spezifische Parameter zur Beschreibung des Fahrverhaltens festgelegt. Hierzu zählt beispielsweise das "Wiedemann 74"-Fahrzeugfolgemodell, das innerhalb der Vissim-Mikrosimulation zum Einsatz kommt. Dieses Modell berücksichtigt die Geschwindigkeitsanpassung des Fahrers basierend auf der relativen Position und Geschwindigkeit zum vorausfahrenden Fahrzeug. (vgl. Fangfang Zheng, 2019, S. 1776)

Weiterhin wird das Fahrstreifenwechselverhalten berücksichtigt, das die Fahrzeuge autonom, entsprechend der realen Verkehrssituation, gestalten dürfen.

Sind schließlich alle notwendigen Daten eingegeben und die Parameter entsprechend konfiguriert, wird die Simulation gestartet. Im Verlauf der Simulation wird diese kontinuierlich überwacht, um ihre korrekte Funktion zu gewährleisten und bei Bedarf Anpassungen vorzunehmen.

Wie in der von der Autobahn GmbH durchgeführten Simulation, beträgt die Gesamtdauer der Simulation 4.800 Sekunden (1 Stunde und 20 Minuten). Dabei dient der Anfangszeitraum von 600 Sekunden als Einführungsphase, um das Netzwerk mit Fahrzeugen zu bevölkern. Diese Phase ermöglicht es, dass das modellierte Netzwerk zu Beginn des eigentlichen Untersuchungszeitraums von 3.600 Sekunden (Spitzenstunde am Morgen oder Nachmittag) bereits eine realistische Verkehrssituation abbildet. Ein abschließender Nachlaufzeitraum von 600 Sekunden erlaubt es, mögliche Effekte am Ende der Spitzenstunde zu beobachten. Wichtige Messungen, wie die Erfassung von Verlustzeiten an Knotenpunkten, werden während des Hauptuntersuchungszeitraums durchgeführt und bilden somit die Grundlage für die abschließenden Auswertungen. (vgl. Die Autobahn GmbH des Bundes Niederlassung Westfalen | Außenstelle Bochum, 2019, S. 68)

### 4.3. Validierung der Simulation

Im Rahmen des vorliegenden Simulationsfalls wird eine hohe Übereinstimmungsrate der Zählergebnisse erzielt. Die Validierung der Modellberechnungen erfolgt durch Anwendung des GEH-Verfahrens.

Der GEH-Wert dient als Instrument zur Beurteilung der Abweichung der stündlichen Verkehrsstärke. Dieser Qualitätsindikator, der im Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) festgelegt ist, wird häufig zur Beurteilung der Qualität von Simulationen herangezogen. Es ergibt sich folgender GEH-Wert:

$$GEH = \frac{\sqrt{2 (y_{simulation} - y_{real})^2}}{y_{simulation} + y_{real}}$$

*Formel 2: Die Generalisierte Fehlerquote (GEH): Eine Formel zur Bewertung von Simulationsergebnissen*

Auf Grundlage der zuvor genannten Formel und den erfassten Daten lassen sich die folgenden Ergebnisse ableiten.

<b>Zufahrt</b>		<b>Essener Straße NORD</b>		
		Richtung S		
<i>Richtungen</i>		Rechts	Geradeaus	Links
<i>GEH-Werte</i>		0,298	1,964	2,3

<b>Zufahrt</b>		<b>Am Südring-Center</b>		
		Richtung W		
<i>Richtungen</i>		Rechts	Geradeaus	Links
<i>GEH-Werte</i>		0,348	1,408	0

<b>Zufahrt</b>		<b>Essener Straße SÜD</b>		
		Richtung N		
<i>Richtungen</i>		Rechts	Geradeaus	Links
<i>GEH-Werte</i>		0,565	1,307	0,772

<b>Zufahrt</b>		<b>Südring</b>		
		Richtung O		
<i>Richtungen</i>		Rechts	Geradeaus	Links
<i>GEH-Werte</i>		0,707	1,524	0,796

*Tabelle 5: GEH-Wert-Analyse: Südring Center Kreuzung - Ergebnisübersicht*

Laut dem Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS 2015) sollte der GEH-Wert in 85 % der Fälle kleiner als fünf sein. Bei der Betrachtung des spezifizierten Streckenabschnitts wird festgestellt, dass der GEH-Wert bei keinem der betrachteten Werte den Grenzwert überschreitet (siehe Tabelle 5). Somit erfüllt die Simulation die vom HBS vorgegebenen Qualitätsanforderungen, was die Validität der Modellkalibrierung bestätigt.

(FGSV , 2015)

#### 4.4. Anzahl der benötigten Simulationsläufe

Die Modellierung von städtischem Verkehr mittels hochdichter Verkehrsdaten in einer komplexen urbanen Umgebung wird durchgeführt. Mehrere Durchläufe einer solchen Simulation werden insbesondere dann empfohlen, wenn einer oder mehrere Verkehrsknotenpunkte nahe an ihrer Kapazitätsgrenze operieren. Diese Empfehlung wird von PTV Vissim, einem führenden Tool für Verkehrssimulationen, gegeben, um signifikante und verlässliche Ergebnisse zu erzielen.

Die genaue Anzahl der benötigten Simulationsdurchläufe hängt jedoch von den spezifischen Daten und Parametern der jeweiligen Simulation ab. Zur Abschätzung dieser Anzahl wird eine Methode angewendet, die in einem Bericht der Autobahn GmbH vorgeschlagen wird. Diese Methode verwendet die folgende Formel:

$$n \geq \frac{t(\alpha, n - 1)^2 \cdot S^2}{c^2}$$

*Formel 3: Formel zur Berechnung der benötigten Anzahl von Simulationsdurchläufe*

In dieser Gleichung wird repräsentiert:

- n die Anzahl der benötigten Simulationsdurchläufe,
- Wert aus der Student-Verteilung für die Wahrscheinlichkeit eines einseitigen Fehlers mit dem angestrebten Signifikanzniveau  $\alpha$
- s die Standardabweichung der untersuchten Merkmale,
- C das angestrebte Konfidenzniveau.

In diesem konkreten Fall wird ein Konfidenzniveau von 95% ( $\alpha = 0.05$ ) und ein Signifikanzniveau von 10% ( $C = 0.1$ ) angestrebt. Durch die Anwendung dieser Methodik

kann die benötigte Anzahl von Simulationsdurchläufen geschätzt und zuverlässige und aussagekräftige Ergebnisse erzielt werden.

Basierend auf den aktuell durchgeführten Berechnungen und unter Einbeziehung eines Konfidenzniveaus von 0,95 sowie einer Toleranzspanne von  $\pm 10\%$ , wird eine Mindestanzahl von 15 Simulationsdurchläufen für die Sicherstellung eines robusten und zuverlässigen Ergebnisses empfohlen.

#### **4.5. Sensitivitätsanalyse**

Die Implementierung einer Sensitivitätsanalyse wird als essenzieller Bestandteil innerhalb von Simulationen betrachtet, da sie ermöglicht, tiefere Einblicke in die maßgeblichen Einflussgrößen, welche das Modell gestalten, zu erlangen. Sie dient als effektives Instrument zur Beurteilung der Robustheit des Modells im Hinblick auf Änderungen der Eingangsvariablen und zur Identifikation derjenigen Parameter, die signifikante Auswirkungen auf die Simulationsergebnisse haben.

Im Zentrum der vorliegenden Untersuchung stehen drei Hauptparameter: die Geschwindigkeit des Fahrzeugs, die Verkehrsdichte und die Maßnahmen zur Verkehrssteuerung. Die Wahl dieser Parameter wird aufgrund ihrer zentralen Rolle bei der Simulation des Verkehrsflusses getroffen.

Die Durchführung der Sensitivitätsanalyse wird realisiert, indem jeder einzelne Parameter in einem realistischen Rahmen variiert und die sich daraus ergebenden Auswirkungen auf die Simulationsergebnisse beobachtet werden.

Zuerst wird der Einfluss variierender Geschwindigkeiten betrachtet. Die Basisgeschwindigkeit ist 50 km/h und diese wird dann mit 40 km/h und 60 km/h verglichen. Insgesamt werden die Auswirkungen auf vier Parameter betrachtet: Verzögerungszeit (vehDelay), Kohlenmonoxid (CO), Qualitätsstufen, Stickoxide (Nox) und flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Im Nachfolgenden wird eine detaillierte Erklärung zu den verschiedenen Parametern gegeben:

Verzögerungszeit (vehDelay): Dieser Parameter wird verwendet, um die in der Simulation auftretende Zeitverzögerung eines Fahrzeugs darzustellen.

Kohlenmonoxid (CO): CO wird als farbloses, geruchloses und geschmackloses Gas beschrieben, das sich bei der unvollständigen Verbrennung von Brennstoffen bildet. Es entsteht, wenn bei Verbrennungsprozessen nicht genügend Sauerstoff zur Verfügung steht. Es wird festgestellt, dass CO in hohen Konzentrationen ein starkes Atemgift ist. (vgl. Umweltbundesamt, 2022)

Stickoxide (NO<sub>x</sub>): Diese Gruppe von chemischen Verbindungen, hauptsächlich bestehend aus Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), wird vornehmlich aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe und industriellen Prozessen abgeleitet. Sie tragen zu Umweltproblemen wie saurem Regen und Sommersmog bei. Insbesondere NO<sub>2</sub>, ein stark giftiges Gas, kann die Schleimhäute der Atemwege und Augen reizen und die Lungenfunktion beeinträchtigen. Einatmen hoher Konzentrationen kann zu Atemnot und Lungenödemen führen. (vgl. DAS Environmental Expert GmbH, 2022)

Flüchtige organische Verbindungen (VOC): VOCs umfassen chemische Verbindungen, die aus Kohlenstoff bestehen und an atmosphärischen photochemischen Reaktionen beteiligt sind, ausgenommen Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Kohlensäure, metallische Carbide oder Carbonate und Ammoniumcarbonat. (U.S. Environmental Protection Agency, 2023) VOCs tragen zur Bildung von bodennahem Ozon bei, was Ökosysteme stören und Pflanzenkrankheiten fördern kann. Oft werden sie zusammen mit Methan freigesetzt, einem wichtigen Treibhausgas, was zur globalen Erwärmung beiträgt.

(vgl. The CMM Group, 2019)

#### **4.6. Optimierung des Verkehrsflusses**

Infolge der unterschiedlichen Anforderungen und variierenden Datensätzen, die für jede spezifische Stoßzeitperiode bestehen, erfolgt eine sequentielle Analyse der Hochfrequenzintervalle. Dies beginnt mit einer Untersuchung des morgendlichen Hochfrequenzintervalls und setzt sich fort mit der Bewertung des abendlichen Zeitspannes.

Die Durchführung der Optimierungsstrategien für den Verkehr während der morgendlichen Hauptverkehrszeit konzentriert sich auf die untersuchten Straßen, die in Richtung der Stadt Essen führen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Mehrheit der Bevölkerung die Stadt morgens aus verschiedenen Gründen, einschließlich Arbeit, verlässt. Im Gegensatz dazu werden die Optimierungsmaßnahmen für den Verkehr

während der abendlichen Hauptverkehrszeit auf den untersuchten Straßen durchgeführt, die in Richtung der Stadt Bottrop führen. Dies ist auf den Zustrom von Menschen zurückzuführen, die beispielsweise nach der Schule, in die Stadt zurückkehren möchten.

#### 4.6.1. Morgenspitze



*Abbildung 24: Analyse der Verkehrsknotenpunkte während der morgendlichen Spitzenverkehrszeit in PTV Vissim*

Morgenspitze, ein Zeitraum, der oftmals von kritischen und relevanten Verkehrssituationen geprägt ist, ist der Fokus dieser Untersuchung. Abbildung 24 liefert eine umfassende Darstellung dieser spezifischen Situationen, indem sie die relevanten und kritischen Knotenpunkte während dieser Hochverkehrszeit visualisiert. Vielmehr ist es die spezifische Strecke, die in der Abbildung dargestellt ist, die repräsentativ für die Verkehrsspitze am Morgen ist und den Gegenstand der wissenschaftlichen Untersuchung ist. Diese Untersuchung wird durchgeführt, um die Dynamik des Verkehrsflusses während der Morgenspitze zu analysieren und zu verstehen.

## Geschwindigkeit:

<b>Kategorie</b>	<b>Ist-Zustand (50 km/h)</b>	<b>60 km/h</b>	<b>Prozentuale Änderung</b>
<i>VehDelay</i>	222,76317	166,250461	-25,398913%
<i>CO</i>	12338,64919	12071,111499	-2,167221%
<i>Nox</i>	2400,652395	2348,599662	-2,169289%
<i>VOC</i>	2855,597323	2797,596657	-2,030586%

Tabelle 6: Vergleichende Analyse der Geschwindigkeiten im untersuchten Bereich: 50 km/h gegen 60 km/h

<b>Kategorie</b>	<b>Ist-Zustand (50 km/h)</b>	<b>40 km/h</b>	<b>Prozentuale Änderung</b>
<i>VehDelay</i>	222,76317	248,815325	11,694485%
<i>CO</i>	12338,64919	10514,306615	-14,785889%
<i>Nox</i>	2400,652395	2240,265665	-6,682186%
<i>VOC</i>	2855,597323	2668,551747	-6,551186%

Tabelle 7: Geschwindigkeitsauswertung im untersuchten Bereich. Ergebnisse für 40 und 50 km/h

Basierend auf den Daten in den Tabellen 6 und 7 lässt sich schlussfolgern, dass eine Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit auf 60 km/h zu einer signifikanten Reduktion der Fahrzeugverzögerung (*VehDelay*) von 25,39% führt. Parallel dazu ist eine Verminderung der Schadstoffemissionen um ungefähr 2% zu beobachten. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit unseren angestrebten Zielen, erreicht jedoch nicht die gewünschten Verbesserungen und Resultate.

Bei einer Senkung der Geschwindigkeit auf 40 km/h werden nicht die angestrebten Resultate erzielt. Es wird zwar ein Fortschritt im Bereich der Nachhaltigkeit mit einer Reduktion von 14,78% bei CO und etwa 7% bei NOx und VOC beobachtet, hingegen wird dieser Fortschritt von einem Anstieg der Fahrzeugverzögerung (*VehDelay*) um 11,69% begleitet. Dieses Resultat erfüllt zwar wiederum eine unserer Zielsetzungen, steht jedoch im Widerspruch zu einer anderen.

In Anbetracht dieser Befunde ist es derzeit nicht möglich, eine abschließende Empfehlung auszusprechen. Weitere Untersuchungen und Analysen sind erforderlich, um eine fundierte Entscheidung treffen zu können.

## Verkehrsdichte und Fahrspur:

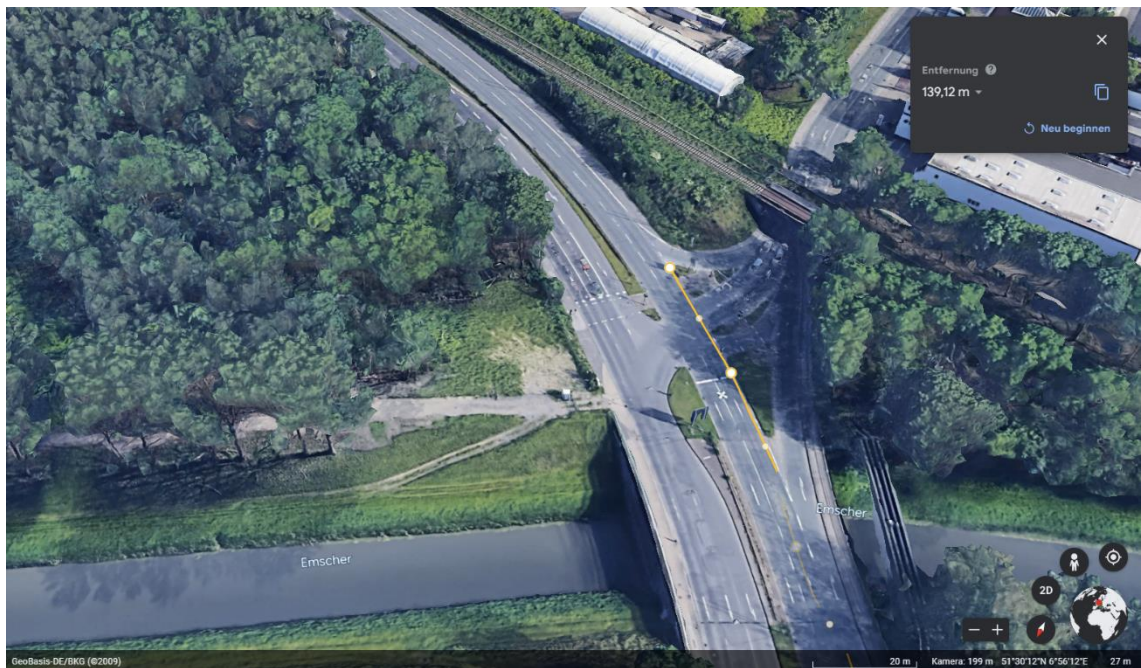
Es wird darauf hingedeutet, dass unter Stau-Bedingungen eine marginale Abnahme sowohl der Durchflussrate pro Fahrspur als auch der Fahrzeuggeschwindigkeit in direkter Korrelation zur steigenden Anzahl von Fahrspuren beobachtet wird. Bezüglich der

vertieften Untersuchung unseres spezifischen Anwendungsfalls wird die Absicht verfolgt, mittels PTV Vissim, die Auswirkungen der Erhöhung der Fahrspurenanzahl zu evaluieren. (Xiaobao Yang, 2010)

Für die vertiefte Analyse der Auswirkungen einer Straßenerweiterung wird eine zusätzliche Fahrspur hinzugefügt und die daraus resultierenden Daten werden intensiv ausgewertet. Die neu konzipierte Fahrspur, deren Gesamtlänge nach Informationen von Google Earth etwa 750 Meter beträgt, umfasst zwei neue Streckenabschnitte. Der erste Abschnitt erstreckt sich entlang der Essener Straße Nord bis zur Plankenschemm/Essener Straße Nord, während der zweite von der Ausfahrt der AS Bottrop-Süd/ L631 Süd bis zum Anfang der Borbecker Straße verläuft.



Abbildung 25: Initiale Neustrecke, gelb markiert: Essener Straße Nord bis zur Plankenschemm



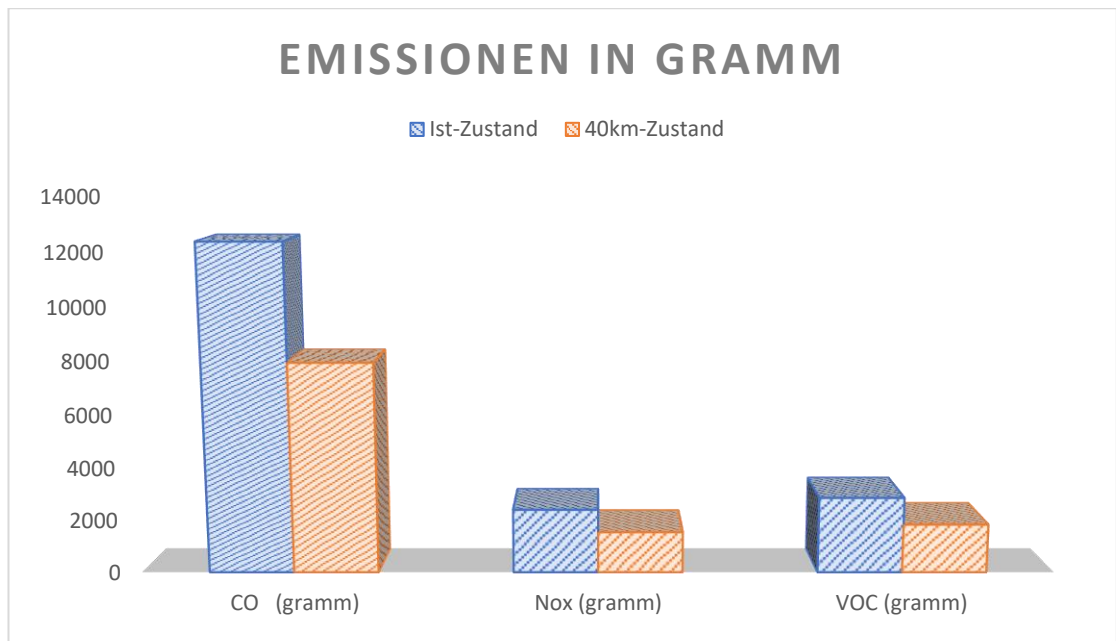
*Abbildung 26: Zweite Strecke in Gelb skizziert: von der Ausfahrt AS Bottrop-Süd/ L631 bis zum Eingang der Borbecker Straße.*

Zusätzlich wird die linke Fahrspur, die zum Parkplatz Bottrop-Süd führt, in eine Geradeaus- und Linksabbiegespur umgewandelt. Diese Maßnahme wird aufgrund der Beobachtung ergriffen, dass während der Hauptverkehrszeit lediglich vier Fahrzeuge diese Spur nutzen, was die Errichtung einer zusätzlichen Strecke als redundant erscheinen lässt.

Die Untersuchung der Straßenerweiterung wird unter Berücksichtigung verschiedener Geschwindigkeitsparameter - 40 km/h, 50 km/h und 60 km/h - durchgeführt.

### **Geschwindigkeit 40 km/h**

Nach der Erweiterung der Strecke werden signifikante Verbesserungen beobachtet. Abbildung 27 zeigt der Umweltaspekt auf der untersuchten Strecke eine Verbesserung von etwa 36%.



*Abbildung 27: Vergleichende Analyse der Emissionswerte vor und nach dem Ausbau unter Berücksichtigung einer Geschwindigkeitsbeschränkung von 40 km/h*

Der Parameter "VehDelay" stellt einen wesentlichen Faktor dar und es wird eine Verbesserung von rund 50% über die gesamte analysierte Strecke festgestellt. Diese Verbesserung lässt auf einen bedeutsamen Fortschritt hinsichtlich der Qualitätsstufen schließen. An der Kreuzung des Südring Centers wird eine Verbesserung der Straßenqualität um drei Stufen, von einem vormaligen Level F auf gegenwärtig C, verzeichnet. Weiterhin wird eine Qualitätsverbesserung an der Kreuzung "Hauptbahnhof" von C auf A, dem höchstmöglichen Qualitätsniveau, festgestellt.

An der AS Bottrop-Süd/ L631 Nord wird eine deutliche Verbesserung in sämtlichen Bereichen registriert. Das neue Qualitätsniveau ist hier 3 (früher 4), und es wird eine Reduzierung der Verspätung um 25,6% bemerkt. Es muss jedoch angemerkt werden, dass an der AS Bottrop-Süd/ L631 Süd eine Verschlechterung gegenüber dem vorherigen Zustand identifiziert wird. Es lässt sich feststellen, dass das Qualitätsniveau der Straße um eine Kategorie abgenommen hat und nun auf Stufe 5 angesiedelt ist, verglichen mit dem vorherigen Wert von Stufe 4.

#### **Ausbau Geschwindigkeit 50 km/h**

Unter Berücksichtigung der derzeitigen Wachstumsdynamik der Streckenerweiterung werden hervorragende Ergebnisse erzielt. Alle Qualitätslevels werden präzise auf das unter der Kategorie "Erweiterung mit einer Geschwindigkeitsgrenze von 40 km/h" festgelegte Niveau abgestimmt. In der Gesamtbetrachtung wird eine signifikante

Minderung im Bereich "Verspätungen" verzeichnet. Dies bedeutet eine Abnahme von etwa 53%. Es wird jedoch eine merkliche Reduzierung der schädlichen Emissionen CO, Nox, VOC um 34,5% beobachtet.

### **Ausbau Geschwindigkeit 60 km/h**

Nach der Durchführung der Simulation des erweiterten Streckenausbaus wird ebenfalls eine Analyse mit einer zulässigen Geschwindigkeitsbegrenzung von 60 km/h ausgeführt. In dieser Untersuchung werden partiell positive Resultate erzielt, jedoch können die Ergebnisse, die bei einer Geschwindigkeitslimitierung von 40 oder 50 km/h erzielt werden, nicht übertroffen werden. Eine markante Verbesserung von 43,83% wird bei der Fahrzeugverzögerung (vehDelay) im Vergleich zum Ist-Zustand festgestellt. Allerdings wird lediglich eine Reduktion schädlicher Emissionen um ungefähr 15% beobachtet.

Zur Minimierung des Risikos von Verkehrsstaus wird empfohlen, die dedizierte Busfahrspur in eine reguläre Fahrspur zu transformieren. Diese Empfehlung basiert auf der Tatsache, dass lediglich nur ein Bus diese Linie befährt, während der Stoßzeiten mehr Fahrzeuge verkehren, als zwei Fahrspuren bewältigen können.

### **Untersuchung der Verkehrsampel-Steuerung:**

Nach wiederholten Versuchen, sorgfältigen Überlegungen, Prüfungen und Simulationen wird eine Entscheidung für eine modifizierte Planung getroffen. Nachfolgende Vergleiche nehmen die daraus resultierenden Simulationen vor und nach der Implementierung sowie bei variierenden Geschwindigkeiten in Betracht.

### **Integration einer neuen Signalsteuerung mit neuer Infrastruktur:**

- **Bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h:**

Im Rahmen des neu implementierten Plans wird eine signifikante Optimierung der Resultate festgestellt.

	<i>Verbesserung mit neuer Infrastruktur mit dem alten Signalsteuerung Plan</i>	<i>Verbesserung mit neuer Infrastruktur mit dem neuen Signalsteuerung Plan</i>
<i>VehDelay</i>	-43,838951%	-53,16%.
<i>CO</i>	-15,451371%	-28,43%.
<i>NOx</i>	-15,444588%	-28,44%.
<i>VOC</i>	-15,315401%	-28,34%.

*Tabelle 8: Vergleich der Verbesserungen: Alte vs. Neue Signalsteuerung auf neuer Infrastruktur*

Infolge der Implementierung des überarbeiteten Plans wird eine ungefähre Verbesserung von 10% bei der Verzögerung (VehDelay) im Vergleich zu den Resultaten des früheren Plans erzielt. Zusätzlich wird eine annähernde Optimierung von 13% in Bezug auf die schädlichen Emissionen im Vergleich zu den Resultaten des vormaligen Plans verzeichnet.

- **Bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h:**

Die Resultate bleiben nahezu unverändert.

	<i>Verbesserung mit neuer Infrastruktur mit dem alten Signalsteuerung Plan</i>	<i>Verbesserung mit neuer Infrastruktur mit dem neuen Signalsteuerung Plan</i>
<i>VehDelay</i>	-52,468443%	-53,29%.
<i>CO</i>	-34,513461%	-34,01%
<i>NOx</i>	-34,513362%	-33,99%
<i>VOC</i>	-34,401535%	-33,90%

*Tabelle 9: Vergleich der Effizienzsteigerungen: Neue Infrastruktur mit altem vs. neuem  
Signalsteuerungsplan*

Die Umsetzung des revidierten Plans bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h führt zu Resultaten, die fast identisch mit den vorherigen sind.

- **Bei einer Geschwindigkeit von 40 km/h**

Im Kontext des revidierten Plans wird eine merkliche Verbesserung der Ergebnisse beobachtet.

	<i>Verbesserung mit neuer Infrastruktur mit dem alten Signalsteuerung Plan</i>	<i>Verbesserung mit neuer Infrastruktur mit dem neuen Signalsteuerung Plan</i>
<i>VehDelay</i>	-49,655895%	-57,72%
<i>CO</i>	-35,773642%	-43,22%
<i>NOx</i>	-35,774639%	-43,21%
<i>VOC</i>	-35,620149%	-43,13%

*Tabelle 10: Die Auswirkungen neuer Infrastrukturen auf die Effizienz: Vergleich von  
Signalsteuerungsplänen bei einer festgelegten Geschwindigkeit von 40km/h*

Die Durchführung des überarbeiteten Plans bei einer Geschwindigkeit von 40 km/h resultiert in verbesserten Ergebnissen. Es wird eine ungefähre zusätzliche Abnahme von 8% bei der Verzögerung (VehDelay) und nahezu 8% Verbesserung bei den schädlichen Emissionen im Vergleich zu den früheren Resultaten verzeichnet.

## Integration einer neuen Signalsteuerung mit bestehender Infrastruktur:

- **Bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h:**

<i>Kategorie</i>	<i>Ist-Zustand</i>	<i>60km-Zustand</i>	<i>Differenz in Prozent</i>
<i>VehDelay</i>	222,76317	184.651522	-17.11 %
<i>CO</i>	12338,64919	12,899.310923	4.54 %
<i>NOx</i>	2400,652395	2,509.737176	4.54 %
<i>VOC</i>	2855,597323	2,989.080855	4.68 %

*Tabelle 11: Integrationsergebnisse einer neuen Signalsteuerung in bestehender Infrastruktur bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h*

Im Zuge der Implementierung des aktuellen Plans werden zweifache Auswirkungen ersichtlich. Erstens wird eine positive Entwicklung in Bezug auf Fahrzeugverspätungen (VehDelay) festgestellt. Die Analyse weist konkret auf eine Reduktion der Verspätungen um nahezu 17% hin. Zweitens wird allerdings eine bedenkliche Zunahme der umweltschädlichen Emissionen bemerkt, die sich in einer Steigerung von annähernd 5% ausdrückt.

- **Bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h:**

<i>Kategorie</i>	<i>Ist-Zustand</i>	<i>50-km-Zustand</i>	<i>Differenz in Prozent</i>
<i>VehDelay</i>	222,76317	171.770893	-22,87 %
<i>CO</i>	12338,64919	11,131.545826	-9,79 %
<i>NOx</i>	2400,652395	2,165.794324	-9,78 %
<i>VOC</i>	2855,597323	2,579.843239	-9,66 %

*Tabelle 12: Synchronisierungsleistung einer neuen Signalsteuerung mit bestehender Infrastruktur bei 50 km/h: Eine Übersicht*

Nach der Implementierung der innovativen Signalsteuerung und unter der Prämisse der konstanten Fahrgeschwindigkeit (50 km/h) wird eine positive Tendenz in der Datenauswertung verzeichnet. In der Kategorie "Fahrzeugverspätung" (VehDelay) wird dieser Aufwärtstrend sichtbar, wobei eine Reduzierung um etwa 23% verzeichnet wird.

Darüber hinaus werden bemerkenswerte Auswirkungen auf die Emissionswerte festgestellt. Insbesondere werden die schädlichen Emissionen von Kohlenmonoxid (CO), Stickoxiden (NOx) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) um zirka 10% reduziert.

- Bei einer Geschwindigkeit von 40 km/h:

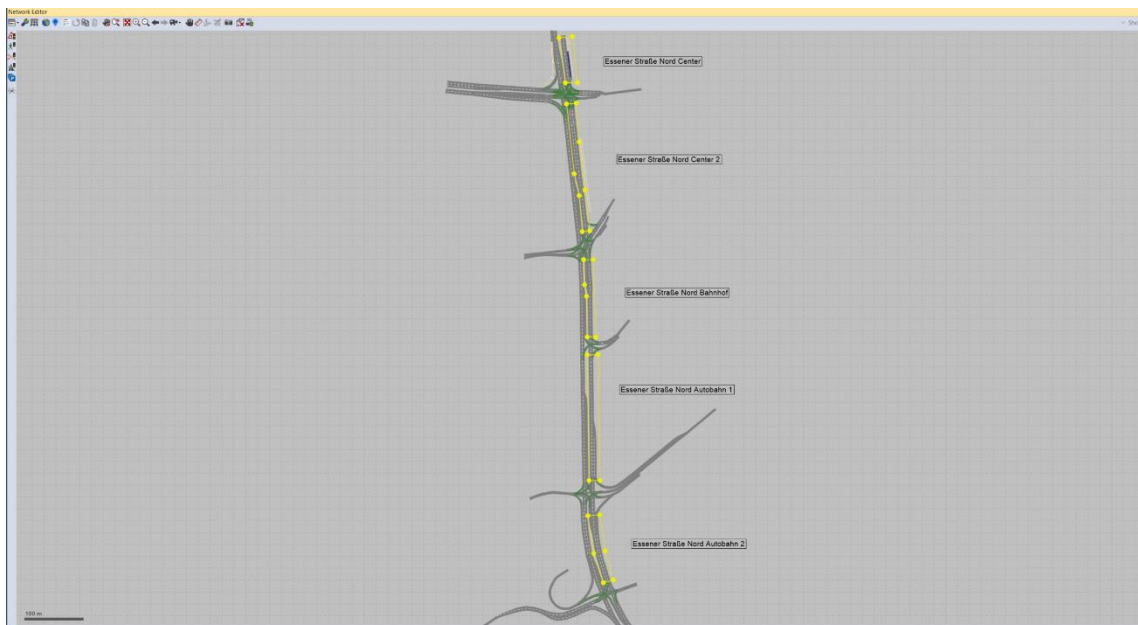
<i>Kategorie</i>	<i>Ist-Zustand</i>	<i>40-km-Zustand</i>	<i>Differenz in Prozent</i>
<i>VehDelay</i>	222,76317	244.111359	9,59 %
<i>CO</i>	12338,64919	11,304.284972	-8,39 %
<i>NOx</i>	2400,652395	2,199.40289	-8,38 %
<i>VOC</i>	2855,597323	2,619.876972	-8,26 %

*Tabelle 13: Effektivitätsanalyse der neuen Signalsteuerungsintegration in bestehender Infrastruktur bei 40 km/h*

Mit der Einführung des neuen Signalsteuerungsplans können zwei Resultatkategorien, sowohl positive als auch negative, differenziert werden. Negativ ausgewirkt wird der Plan auf den Bereich der Verzögerungen, da hier eine Zunahme der Verspätungen um 9,59% verzeichnet wird.

Im Gegensatz dazu wird im Bereich der Umweltauswirkungen eine positive Tendenz gezeigt. Im Rahmen der Untersuchung wird festgestellt, dass die Menge der schädlichen Emissionen auf der betrachteten Strecke um etwa 8% reduziert wird.

#### 4.6.2. Abendspitze



*Abbildung 28: Verkehrsknotenpunkt-Analyse während der Abendspitzenverkehrszeit mittels PTV Vissim*

Die Abendspitze, eine Periode, die oft durch kritische und relevante Verkehrssituationen gekennzeichnet ist, wird im Zentrum der Untersuchung betrachtet. In Abbildung 28 wird eine Visualisierung dieser spezifischen Situationen präsentiert, wobei die kritischen und relevanten Verkehrsknotenpunkte während dieser Hochverkehrszeit hervorgehoben

werden. Diese Verkehrsknotenpunkte sind das Ziel der wissenschaftlichen Analyse und haben eine entscheidende Rolle im Verständnis von Verkehrsmustern und -verhalten während der Abendspitze.

Die Ausbauoption für die Fahrstrecke in Richtung Stadt stößt auf zwei Hauptprobleme: begrenzten Raum für eine physische Erweiterung und geringe Verkehrskapazität innerhalb der Stadt selbst. Eine Erweiterung der Strecke könnte zu höheren Kosten, Planungskomplexität und rechtlichen Herausforderungen führen, während sie gleichzeitig das Problem des begrenzten Stadtverkehrs nicht löst. Daher ist ein solcher Ausbau nicht empfehlenswert.

Aufgrund der genannten Überlegungen findet eine Diskussion bezüglich der Optimierung dieser Route statt, die jedoch ohne zusätzliche Infrastrukturentwicklung in Betracht gezogen wird.

- **Modifikation von Geschwindigkeitsgrenzen: Implikationen und Auswirkungen.**

Die Anpassung von Geschwindigkeitsbegrenzungen, ob durch Erhöhung oder Reduzierung, scheint in beiden Kontexten keine befriedigenden Resultate zu liefern. Im Falle der Reduzierung der Geschwindigkeitsbegrenzungen ist zwar eine minimale Minderung schädlicher Emissionen zu beobachten, allerdings begünstigt dies gleichzeitig das Aufkommen von verstärkten Verkehrsstauungen (VehDelay). Im Kontrast dazu resultiert eine Erhöhung der Geschwindigkeitsbegrenzungen in einer Zunahme der schädlichen Emissionen, wobei sie gleichzeitig nur eine marginale Verbesserung der Stau-Situation zu bieten scheint.

- **Intensivierte Begutachtung des aktualisierten Verkehrsleitsystems**

Positive Auswirkungen werden stetig durch die Revision von Verkehrslichtsteuerungssystemen erzielt, unabhängig davon, ob Geschwindigkeiten von 40, 50 oder 60 km/h betrachtet werden. Die herausragendsten Resultate sollen im nachfolgenden Abschnitt präsentiert werden.

- **Effizienzsteigerung durch den neuen Signalsteuerungsplan bei Geschwindigkeit 40**

<i>Kategorie</i>	<i>Ist-Zustand</i>	<i>40 km/h</i>	<i>Prozentuale Änderung</i>
<i>VehDelay</i>	500,08	175,85	-64,83%
<i>CO</i>	21950,42	9953,99	-54,67%
<i>Nox</i>	4270,73	1936,67	-54,67%
<i>VOC</i>	5087,19	2306,92	-54,67%

*Tabelle 14: Optimierungsergebnisse der Abendspitze mittels neuer Signalsteuerung bei 40 km/h*

Mit der Umsetzung einer überarbeiteten Signalsteuerungsstrategie und der Einführung einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 40 km/h werden bedeutende Verbesserungen erreicht. Es wird eine Abnahme der schädlichen Emissionen um annähernd 55% festgestellt und eine beachtliche Steigerung der Effizienz des Verkehrsflusses wird erzielt, gekennzeichnet durch eine ungefähre 65%ige Verbesserung in Bezug auf Verkehrsstau und Verzögerungen (VehDelay), im Vergleich zum vorherigen Status.

- **Signalsteuerungsplan: Neue Strategie für effiziente Geschwindigkeitskontrolle bei 50 km/h**

<i>Kategorie</i>	<i>Ist-Zustand</i>	<i>50 km/h</i>	<i>Prozentuale Änderung</i>
<i>VehDelay</i>	500,08	158,17	-68,37%
<i>CO</i>	21950,42	10144,24	-53,80%
<i>Nox</i>	4270,73	1973,68	-53,80%
<i>VOC</i>	5087,19	2350,97	-53,80%

*Tabelle 15: Spitzenzeiten am Abend: Auswirkungen des neuen Signalsteuerungsplans bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h*

Mit der Einführung des neuartigen Signalsteuerungsplans und unter Beibehaltung der derzeitigen Geschwindigkeit von 50 km/h, ist eine beträchtliche Optimierung erkennbar. Es wird eine Reduktion schädlicher Emissionen um etwa 54% sowie eine annähernde Verbesserung von 68% im Kontext von Verkehrsverzögerungen und Verspätungen (VehDelay) im Vergleich zu dem vorherigen Status beobachtet.

- **Verbesserte Verkehrsflusskontrolle mit dem neuen Signalsteuerungsplan für Geschwindigkeit 60 km/h**

<i>Kategorie</i>	<i>Ist-Zustand</i>	<i>60 km/h</i>	<i>Prozentuale Änderung</i>
<i>VehDelay</i>	500,08	136,93	-72,62%
<i>CO</i>	21950,42	9758,85	-55,54%
<i>Nox</i>	4270,73	1898,69	-55,54%
<i>VOC</i>	5087,19	2261,68	-55,54%

*Tabelle 16: Abendverkehrsspitze: Resultate des überarbeiteten Signalsteuerungsplans bei 60 km/h*

Die größte Optimierung ist mit der Implementierung des überarbeiteten Signalsteuerungsplans und einer Geschwindigkeitserhöhung auf 60 km/h festzustellen. Es zeigt sich eine Reduktion schädlicher Emissionen um nahezu 56% und eine Verbesserung in Bezug auf Stau und Verspätungen (VehDelay) von etwa 73% im Vergleich zu der vorangegangenen Situation.

Es wird darüber hinaus betont, dass im Falle von zufriedenstellenden Ergebnissen bei der 60 km/h-Untersuchung, dennoch eine intensive Diskussion zahlreicher Parameter erforderlich wäre.

Gemäß dem Umweltbundesamt kann durch eine Erhöhung der zulässigen Geschwindigkeitsgrenze diverse negative Konsequenzen herbeigeführt werden. Sie könnte zur Steigerung der Unfallrate beitragen, die Lärmbelastung sowie die Bedingungen für Fußgänger und Radfahrer verschlechtern. Weiterhin könnte die Aufenthaltsqualität in urbanen Gebieten reduziert werden. Aufgrund dieser Faktoren wird von Bürgern oftmals eine niedrigere Geschwindigkeitsbegrenzung gefordert, insbesondere auf Hauptverkehrsstraßen.

(Umweltbundesamt, 2022)

## 5. Ergebnisse

### 5.1. Identifizierung von Engpässen und Problemen

Im Lichte der Einsichten, gewonnen durch gründliche Beobachtungen, akribische Analysen, umfangreich erfasste Daten und simulierten Szenarien, werden verschiedenartige Herausforderungen und Problematiken des Verkehrs aufgezeigt. Die Kernprobleme werden in der nachfolgenden Erläuterung ausgeführt.

Es offenbart sich, dass Verkehrsteilnehmer oftmals die straßenverkehrsrechtlichen Bestimmungen nicht durchweg einhalten. Insbesondere ist festzustellen, dass Fahrzeuglenker inmitten von Verkehrsstauungen in Kreuzungsbereiche einfahren, was die Stausituation weiter verschärft und andere Verkehrsteilnehmer behindert. Dazu kommt, dass Autofahrer häufig abgelenkt sind und daher nicht rechtzeitig bei Grünschalung der Ampeln starten, was eine ineffiziente Nutzung der Grünphasen zur Folge haben kann.

Häufig wird die Linksabbiegespur an bestimmten Orten als zu kurz wahrgenommen, was bei deren Auslastung eine Blockierung der daneben liegenden Fahrstreifen verursacht. Weiterhin zeigt die Simulationsarbeit basierend auf optimierten Signalsteuerungsplänen, dass die aktuell angewendeten Steuerungspläne vermutlich auf veralteten Daten basieren und nicht ausreichend auf die derzeitige Verkehrslage reagieren, wodurch Verbesserungen in den Verzögerungszeiten und Umweltfreundlichkeit erzielt werden könnten.

Ein weiterer Punkt ist der Verkehrsfluss. Insbesondere während der Stoßzeiten übersteigt der Verkehrsfluss oft die maximale Kapazität der zweispurigen Straßen, was zu zusätzlichen Verkehrsstauungen und Verkehrsbehinderungen führt.

Abschließend sollte auch die Geschwindigkeitsregulierung der Fahrzeuge stärker an die aktuelle Verkehrslage und implementierte Optimierungsstrategien angepasst werden. Eine pauschale Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 km/h oder 40 km/h ist nicht zwangsläufig optimal, es besteht daher ein Bedarf an differenzierteren Geschwindigkeitsregulierungen.

## 5.2. Vorstellung von Optimierungsvorschlägen

Innerhalb der detaillierten Begutachtung der aktuellen Verkehrssituation werden mehrere grundlegende Optimierungsstrategien identifiziert, durch die eine signifikante Verbesserung der Verkehrsverhältnisse im inspizierten Bereich erreicht werden könnte.

Die Förderung der Befolgung von Verkehrsvorschriften wird effektiv durch die Implementierung von Hochsichtbarkeitskontrollen (High Visibility Enforcement, HVE) umgesetzt. Der HVE-Ansatz, der eine prägnante und vorausschauende Rechtsdurchsetzung mit gezielten Öffentlichkeitsmaßnahmen verknüpft, wird positiv auf die Lösung von Verkehrssicherheitsproblemen einwirken und die freiwillige Rechtskonformität fördern. Mit diesem Verfahren wird Autofahrern geholfen, eine größere Wertschätzung für die Verkehrsgesetze zu entwickeln, indem das Risiko von Verkehrsverstößen in der öffentlichen Wahrnehmung erhöht, allgemeine Abschreckung erzeugt und die freiwillige Gesetzesbefolgung unterstützt wird. (National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), U.S. Department of Transportation, 2022)

Eine weitere zentrale Herausforderung, die in der Analyse behandelt wird, ist die Verbesserung der Infrastruktur, insbesondere in Bezug auf unzureichend dimensionierte Linksabbiegerspuren. Eine infrastrukturelle Optimierung, wie etwa die Verlängerung dieser Spuren, könnte dazu beitragen, dass benachbarte Fahrstreifen nicht beeinträchtigt werden und der Verkehrsfluss dadurch optimiert wird.

Auch liefern durchgeführte Simulationen Hinweise darauf, dass durch die Implementierung optimierter Signalsteuerungspläne eine Verbesserung der Verkehrsverzögerungszeiten und der Umweltverträglichkeit erreicht wird. Diese strategische Neuausrichtung ermöglicht eine effizientere Nutzung der vorhandenen Verkehrsinfrastruktur.

Zusätzlich zu diesen Strategien weist eine wissenschaftliche Studie der Oregon State University auf die Möglichkeit hin, ein sicherheitsbewusstes Fahrverhalten durch Countdown-Timer zu fördern. Diese Timer geben den Verkehrsteilnehmern die verbleibende Dauer bis zur Signalumschaltung von Grün auf Gelb an. Die Untersuchung nutzt einen Fahrsimulator zur Datenerfassung und zeigt auf, dass die Präsenz solcher Timer die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fahrer in der sogenannten "Dilemmazone" anhält, durchschnittlich um mehr als 13 Prozent erhöht und die Verzögerungsraten im Durchschnitt um 1,50 Fuß pro Sekunde verringert. Darüber hinaus ergab die Studie, dass

die Fahrer nicht dazu neigen, das Lichtsignal zu missachten, was sich positiv auf die Sicherheit auswirkt (vgl. Hurwitz, 2017).

Eine zusätzliche Studie, die in der Fachzeitschrift "Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour" publiziert wurde, untermauert diese Ergebnisse. Es wird festgestellt, dass Fahrer, die an Ampeln mit einem roten Signal-Countdown-Timer warten, der die verbleibende Zeit bis zum Wechsel des Lichtsignals von Rot auf Grün anzeigt, durchschnittlich 0,82 Sekunden schneller zum Anfahren bereit sind. Dies legt eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit von Kreuzungen nahe, da weniger Zeit beim Anfahren vergeudet wird (vgl. Mohammad R. Islam, 2016).

In Stoßzeiten könnte die Evaluierung einer Ausbau- oder Umbaumaßnahme für zweispurige Straßen von Nutzen sein. Dies könnte die Straßenkapazität steigern, was nach gründlicher Abwägung aller Auswirkungen und nur an den Stellen, an denen es zwingend erforderlich ist, umgesetzt werden sollte.

Schließlich wird die Einführung von dynamischen Geschwindigkeitsbegrenzungen empfohlen. Diese könnten sich flexibel an die jeweiligen Verkehrsbedingungen anpassen. Mit Hilfe digitaler Anzeigetafeln, die Geschwindigkeitsänderungen in Echtzeit anzeigen, könnte effektiv auf Verkehrsveränderungen reagiert und eine adaptive Regulierung des Verkehrsflusses erreicht werden.

### **5.3. Bewertung der Verbesserungen anhand ausgewählter Zielgrößen**

Die erhobenen Daten lassen sich in zwei Hauptkategorien einteilen, welche sich auf die Analyse des morgendlichen und abendlichen Verkehrsaufkommens konzentrieren. Die Auswertung der Daten für den morgendlichen Verkehr konzentriert sich auf zwei Aspekte:

#### **Morgenspitze**

Erstens, unter Berücksichtigung der existierenden Verkehrsinfrastruktur, wobei Anpassungen hauptsächlich auf Änderungen in der Geschwindigkeitsregulierung und Ampelschaltung beruhen: Die Untersuchung der aktuellen Infrastruktur deutet darauf hin, dass die Einführung eines modifizierten Ampelsteuerungsplans während der morgendlichen Stoßzeiten und die Aufrechterhaltung der gegenwärtigen Geschwindigkeitsbegrenzungen die optimalen Maßnahmen darstellen. Die erwarteten

Verbesserungen umfassen eine Reduktion der Fahrzeugverspätungen (VehDelay) um etwa 23% und eine Senkung der Emissionen (CO, NOx, VOC) um rund 10%.

Zweitens, im Zusammenhang mit einer erweiterten Infrastruktur: Sollte sich die Stadt für eine Ausweitung der Verkehrsinfrastruktur entscheiden, könnten wesentliche Optimierungen erreicht werden. In diesem Fall wäre das ideale Szenario die Umsetzung eines angepassten Ampelsteuerungsplans nach dem Ausbau der entsprechenden Verkehrswege (hier: Essener Str. Nord, Richtung Essen). Dieser Plan sollte auch eine Reduzierung der Geschwindigkeitsbegrenzung auf 40 km/h beinhalten.

Wie aus dem zur Verfügung gestellten Diagramm (Abbildung 29) ersichtlich ist, könnten durch solche Maßnahmen eine Verbesserung der Verkehrsstau-Situation (VehDelay) um ungefähr 58% und eine Reduktion der Emissionen (CO, NOx, VOC) um etwa 43% erzielt werden.

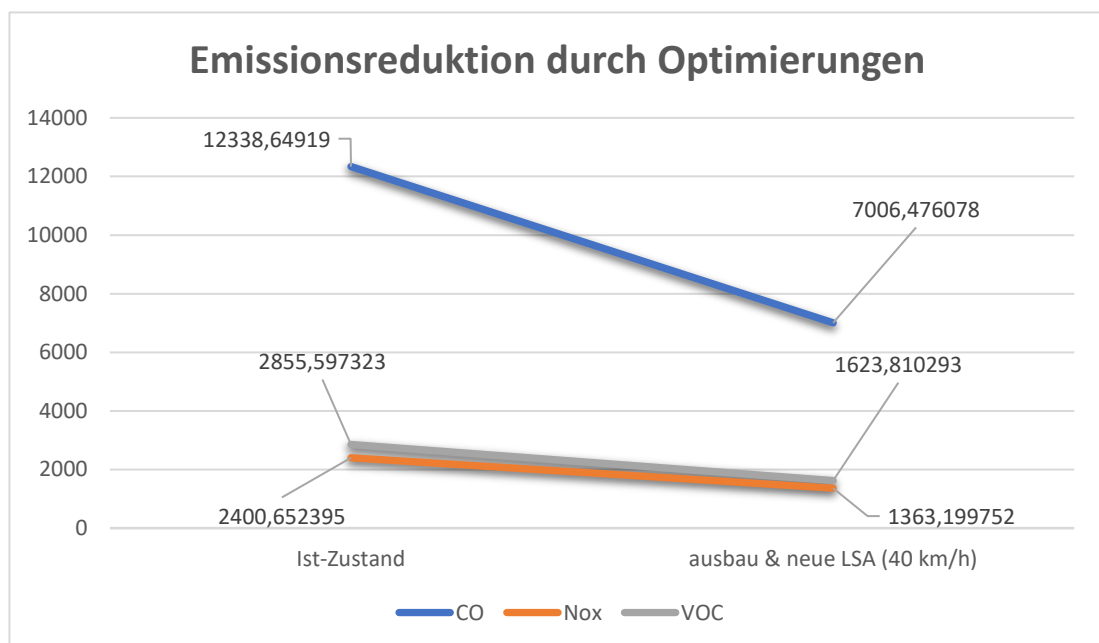


Abbildung 29: Emissionsreduktion durch Optimierungen: Besten Ergebnisse für den Morgendlichen Spitzstunde

### Abendspitze

Eine signifikante Optimierung der Verkehrssituation während der Abendspitzenzeiten lässt sich durch die Einführung eines innovativen Signalsteuerungsplans realisieren. Durch diese Implementierung wird ein substantieller Rückgang des Verkehrsaufkommens um nahezu 69% erzielt und gleichzeitig die schädlichen Emissionen um annähernd 54% reduziert.

## 6. Fazit

### 6.1. Zusammenfassung der Ergebnisse

In dieser Bachelorarbeit werden umfassende Analysen durchgeführt, um Möglichkeiten zur Optimierung des Verkehrsflusses und zur Reduktion schädlicher Verkehrsemissionen mittels der Simulationssoftware PTV Vissim zu ermitteln. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der detaillierten Erfassung und Auswertung von Daten sowie der Modellierung und Simulation spezifischer Untersuchungsgebiete.

Die Simulationsergebnisse bestätigen eine hohe Übereinstimmung mit den tatsächlichen Zählraten, was auf die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der gewählten Methodik hindeutet. Verschiedene Engpässe und Probleme im Verkehrsfluss werden identifiziert, darunter nicht eingehaltene Verkehrsregeln, mangelnde Aufmerksamkeit von Autofahrern, unzureichende Länge von Linksabbiegespuren und veraltete Steuerungspläne.

Darauf aufbauend werden Optimierungsmaßnahmen vorgeschlagen, darunter die Förderung der Einhaltung von Verkehrsregeln durch sichtbare Kontrollen, die Verbesserung der Infrastruktur, insbesondere die Verlängerung von Linksabbiegespuren, die Implementierung optimierter Signalsteuerungspläne und die Nutzung von Countdown-Timern an Ampeln. Darüber hinaus wird die Notwendigkeit einer differenzierten Geschwindigkeitsregulierung betont, um auf spezifische Verkehrsbedingungen reagieren zu können.

Die Evaluation dieser Optimierungsmaßnahmen anhand ausgewählter Leistungsindikatoren zeigt signifikante Verbesserungen. In den morgendlichen Stoßzeiten kann eine Verringerung der Fahrzeugverspätungen um etwa 23% und eine Reduktion der Emissionen um etwa 10% erreicht werden, wenn vorhandene Infrastrukturen optimiert und der Signalsteuerungsplan angepasst werden. Bei einer erweiterten Infrastruktur können die Verkehrsverzögerungen um etwa 58% und die Emissionen um etwa 43% reduziert werden.

In den Abendstunden führt die Implementierung eines innovativen Signalsteuerungsplans zu einer signifikanten Reduktion des Verkehrsaufkommens um fast 69% und gleichzeitig zu einer Verringerung der schädlichen Emissionen um annähernd 54%.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass eine umfassende Untersuchung der Verkehrsflussoptimierung und die Implementierung gezielter Maßnahmen erhebliche Verbesserungen im Verkehrsfluss und eine signifikante Reduktion schädlicher Emissionen ermöglichen. Diese Erkenntnisse könnten dazu beitragen, die Nachhaltigkeit im Verkehr zu verbessern und somit einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit und Lebensqualität in städtischen Gebieten zu leisten.

## VI. Literaturverzeichnis

Alexi Delgado, L. C.-R. (2020). Design of a 3D control system using PTV-VISSIM to manage. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 5.

Bayerisches Landesamt für. (2017). *Umweltmedium Luft*. Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU).

Bottrop, S. (07. September 2021). *Verkehrsbelastungen der jeweils letzten Erfassung an den Knotenpunkten Südring & Essener Straße*. (Verkehrsplanung, Hrsg.)

California Department of Transportation . (2021). *What is Simulation?* Abgerufen am 16. 6 2023 von California Department of Transportation: <https://dot.ca.gov/programs/transportation-planning/division-of-transportation-planning/data-analytics-services/statewide-modeling/what-is-simulation>

DAS Environmental Expert GmbH. (3. 5 2022). *das-ee.com/de/nachhaltige-innovationen/*. Abgerufen am 30. 5 2023 von das-ee.com: [das-ee.com/de/nachhaltige-innovationen/stickoxide-nox-in-der-industrie/](https://das-ee.com/de/nachhaltige-innovationen/stickoxide-nox-in-der-industrie/)

Die Autobahn GmbH des Bundes Niederlassung Westfalen | Außenstelle Bochum. (2019 ). *Verkehrsuntersuchung A 42*. Bochum.

Eigenständige Erfassung und Analyse von Kreuzungsdaten. (14. 06 2023). Google Maps. Von <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1BGgnn229zhKUbubaK21uJYyoYr4dIvI&usp=sharing> abgerufen

Fangfang Zheng, J. L. (2019). Influence of driver characteristics on emissions and fuel consumption. *IET Intelligent Transport Systems*, 1770-1779.

FGSV . (2015). *Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen: HBS*. Köln: FGSV-Verlag.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Kommission Bemessung von Straßenverkehrsanlagen. (2015). *Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen L, Landstraßen*. Köln: FGSV-Verlag.

*Gesetze im Internet*. (2013). Abgerufen am 14. 05 2023 von Straßenverkehrs-Ordnung (StVO), § 11 Besondere Verkehrslagen: [https://www.gesetze-im-internet.de/stvo\\_2013/\\_\\_\\_11.html#:~:text=\(3\)%20Auch%20wer%20sonst%20nach,oder%20der%20Verzichtenden%20verst%C3%A4ndigt%20hat](https://www.gesetze-im-internet.de/stvo_2013/___11.html#:~:text=(3)%20Auch%20wer%20sonst%20nach,oder%20der%20Verzichtenden%20verst%C3%A4ndigt%20hat).

- Google Maps. (2023). Ausschnitt von Google Maps. Abgerufen am 01. 05 2023 von <https://www.google.com/maps/@51.5080154,6.9339543,15z>
- Hartmann, M. (2019). *Modellunterstützte Beurteilung der Verkehrsqualität auf Netzabschnitten von Bundesautobahnen*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.
- Höfler, P. D.-I. (2021). *Verkehrswesen-Praxis Mobilitätsplanung*. Berlin: Beuth Verlag GmbH . Berlin . Wien . Zürich .
- Hurwitz, D. (8. 11 2017). Traffic signal countdown timers lead to improved driver responses. Corvallis, USA: Oregon State University. Von <https://today.oregonstate.edu/news/traffic-signal-countdown-timers-lead-improved-driver-responses> abgerufen
- Jonathan Levy, K. v. (25. 5 2011). *Emissions from traffic congestion may shorten lives*. Von Harvard T.H. Chan School of Public Health: <https://www.hsph.harvard.edu/news/hsph-in-the-news/air-pollution-traffic-levy-von-stackelberg/> abgerufen
- kapsch trafficcom. (2019). Planen für eine nachhaltige Zukunft. *ransportation Research Part A: Policy and Practice*. Von [https://www.kapsch.net/\\_Resources/Persistent/b234dc42ed1062f11af6759f1ede34a37e9cf2d9/KTC7049\\_Factsheet\\_Nachhaltige\\_Zukunft.pdf](https://www.kapsch.net/_Resources/Persistent/b234dc42ed1062f11af6759f1ede34a37e9cf2d9/KTC7049_Factsheet_Nachhaltige_Zukunft.pdf) abgerufen
- Kellner, F. (2016). Exploring the impact of traffic congestion on CO2 emissions in freight distribution networks. *Logistics Research*, S. 15.
- Kesting, M. T. (2010). *Verkehrsdynamik und -simulation: Daten, Modelle und Anwendungen der Verkehrsflussdynamik*. Dresden: Springer Heidelberg Dordrecht London New York.
- Klaus Beckmann, A. M. (2006). *Mobilität 2020: Perspektiven für den Verkehr von morgen ; Schwerpunkt: Strassen- und Schienenverkehr*. Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verl.
- Leutzbach, W. (1972). *Einführung in die Theorie des Verkehrsflusses* . Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin· Heidelberg· New York.
- Maan k. Alobaidi, R. M. (2020). Evaluating the Negative Impact of Traffic Congestion on Air Pollution at Signalized Intersection. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Istanbul, Türkei: IOP Publishing. doi:10.1088/1757-899X/737/1/012146

Martin Fellendorf, M. F. (2001). Kopplung makroskopischer und mikroskopischer Verkehrsmodelle - ein Verfahren für die Integration von großräumiger Planung und Detailplanung. Germnay: Tagungsband der 18. Verkehrswissenschaftlichen Tage.

Mohammad R. Islam, D. S. (2016). Improved driver responses at intersections with red signal countdown timers. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, S. 207-221.

National Association of City Transportation Officials (NACTO). (Oktober 2013). *National Association of City Transportation Officials*. Abgerufen am 04. 05 2023 von Urban Street Design Guide Design Hour: <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/design-controls/design-hour/>

National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), U.S. Department of Transportation. (2022). *High Visibility Enforcement (HVE) Toolkit*. Abgerufen am 21. 6 2023 von National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA): <https://www.nhtsa.gov/high-visibility-enforcement-toolkit>

PTV Group. (29. April 2023). *PTV Vissim - Verkehrsplanung und Simulation*. Von <https://www.myptv.com/de/mobilitaetssoftware/ptv-vissim> abgerufen

PTV GROUP. (2023). PTV Vissim Startseite. (*Academic*) 2023 (SP 06). (P. GROUP, Hrsg.) Karlsruhe, Germany. Abgerufen am 29. 04 2023 von <https://www.myptv.com/en/mobility-software/ptv-vissim>

Shuxia Yang, Y. J. (01. 04 2019). Equilibrium between Road Traffic Congestion and Low-Carbon Economy: A Case Study from Beijing, China. *Sustainability*, S. 22. Von [https://pdfs.semanticscholar.org/2a78/07c2e8b83e85409fffc408557bafa7e6a4b6.pdf?\\_g=1\\*15tr1y7\\*\\_ga\\*MTExOTkzNjA3MC4xNjgzMDY4ODA5\\*\\_ga\\_H7P4ZT52H5\\*MTY4MzA2ODgwOC4xLjAuMTY4MzA2OTI2Ny4wLjAuMA..](https://pdfs.semanticscholar.org/2a78/07c2e8b83e85409fffc408557bafa7e6a4b6.pdf?_g=1*15tr1y7*_ga*MTExOTkzNjA3MC4xNjgzMDY4ODA5*_ga_H7P4ZT52H5*MTY4MzA2ODgwOC4xLjAuMTY4MzA2OTI2Ny4wLjAuMA..) abgerufen

Stadt Bottrop . (2013). *Lageplan und zwei Signalzeitenpläne für die betreffende Signalanlage Essener Straße/Südring in Bottrop*. (F. T. -Verkehrstechnik-, Hrsg.) Bottrop.

Stadt Bottrop Stadtplanungsamt 61/3. (31. August 2022). Ermittelte Verkehrsbelastungen auf Bottroper Straßen von März 2012 bis August 2022. Bottrop.

Stadtplanungsamt Bottrop. (kein Datum). Geometrische Daten Am\_Südring\_Center. (V. Bottrop, Hrsg.) Bottrop.

The CMM Group. (16. 12 2019). *www.thecmmgroup.com/vocs-impact-environment/*. Von [www.thecmmgroup.com](http://www.thecmmgroup.com): <https://www.thecmmgroup.com/vocs-impact-environment/> abgerufen

U.S. Environmental Protection Agency. (14. 3 2023). *www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/technical-overview-volatile-organic-compounds*. Abgerufen am 30. 05 2023 von [www.epa.gov](http://www.epa.gov): <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/technical-overview-volatile-organic-compounds>

Umweltbundesamt. (28. 11 2022). *Tempolimit*. Von Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/nachhaltige-mobilitaet/tempolimit> abgerufen

Umweltbundesamt. (09. 12 2022). *www.umweltbundesamt.de/themen/luft*. Abgerufen am 29. 05 2023 von [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de): <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe-im-ueberblick/kohlenmonoxid>

US Environmental Protection Agency (US EPA). (11. 5 2023). *Smog, Soot, and Other Air Pollution from Transportation*. Abgerufen am 19. 6 2023 von [www.epa.gov](http://www.epa.gov): <https://www.epa.gov/transportation-air-pollution-and-climate-change/smog-soot-and-other-air-pollution-transportation>

Xiaobao Yang, P. N. (2010). Effects of the Number of Lanes on Freeway Traffic Characteristics in Empirical Observations and Microscopic Simulation. *Transportation Research Board 89th Annual Meeting* (S. 13). Washington DC, United States: Transportation Research Board.

## VII. Datensammlung

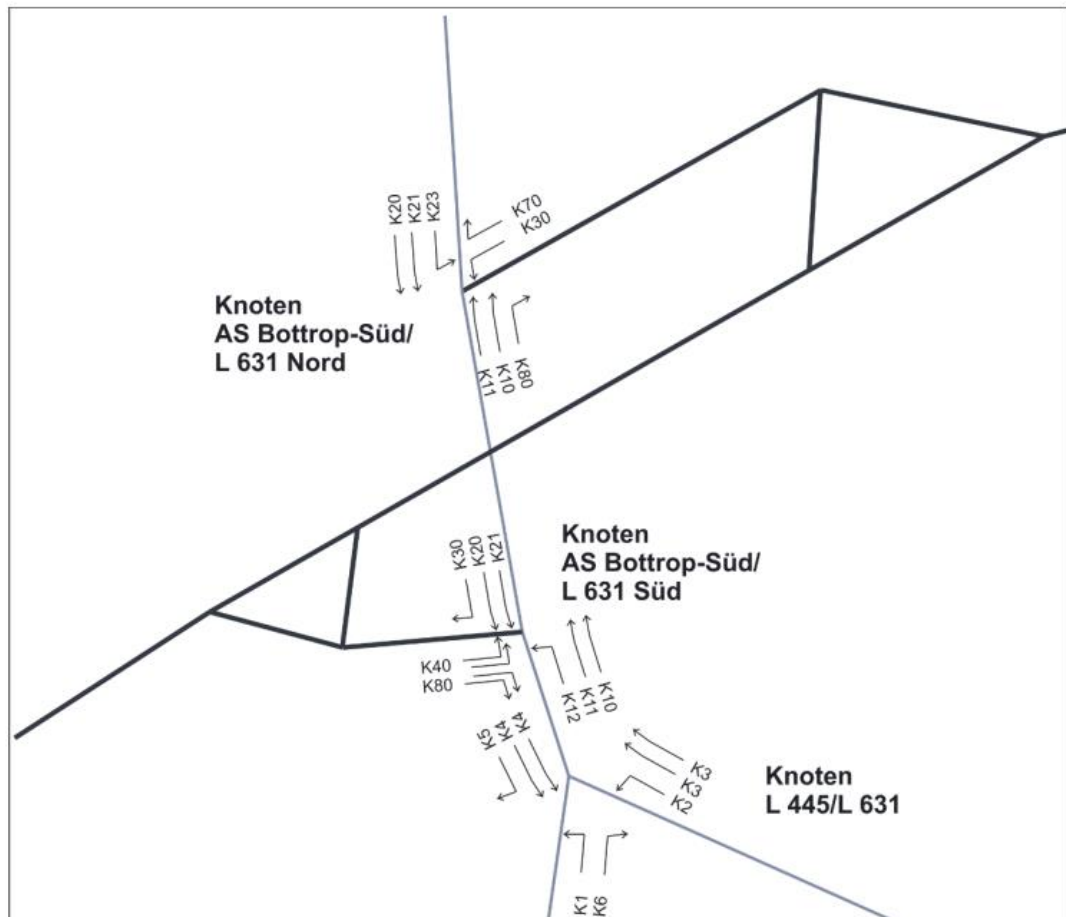
<b>Quelle</b>	<b>Datei</b>	<b>Beschreibung</b>
Stadt Bottrop Fachbereich Tiefbau 66/4 -Verkehrstechnik-	EssenerStr_Südring_SPL4.pdf EssenerStr_Südring_SPL5.pdf EssenerStr_Südring_LP.pdf	ein Lageplan und zwei Signalzeitenpläne (Morgen und Abend Spitzstunde)
Stadt Bottrop Fachbereich Tiefbau 66/4 -Verkehrstechnik-	EssenerStr_A42Nord_SPL4.pdf EssenerStr_A42Nord_SP5.pdf EssenerStr_A42Nord_LP.pdf	ein Lageplan und zwei Signalzeitenpläne (Morgen und Abend Spitzstunde)
Stadt Bottrop Fachbereich Tiefbau 66/4 -Verkehrstechnik-	EssenerStr_A42Süd_SPL4.pdf EssenerStr_A42Süd_SPL5.pdf EssenerStr_A42Süd_LP.pdf	ein Lageplan und zwei Signalzeitenpläne (Morgen und Abend Spitzstunde)
Stadt Bottrop Fachbereich Tiefbau 66/4 -Verkehrstechnik-	EssenerStr_ArmelerStr_SPL4.pdf EssenerStr_ArmelerStr_SPL5.pdf EssenerStr_ArmelerStr_LP.pdf	einen Lageplan und zwei Signalzeitenpläne (Morgen und Abend Spitzstunde)
Stadt Bottrop Fachbereich Tiefbau 66/4 -Verkehrstechnik-	EssenerStr_Bahnhofstr_SPL4.pdf EssenerStr_Bahnhofstr_SPL5.pdf EssenerStr_Bahnhofstr_LP.pdf	ein Lageplan und zwei Signalzeitenpläne (Morgen und Abend Spitzstunde)
Stadt Bottrop Fachbereich Tiefbau 66/4 -Verkehrstechnik-	EssenerStr_LehmkuhlerStr_SPL4.pdf EssenerStr_LehmkuhlerStr_SPL5.pdf EssenerStr_LehmkuhlerStr_LP.pdf	ein Lageplan und zwei Signalzeitenpläne (Morgen und Abend Spitzstunde)
Stadtplanungsamt Bottrop Verkehrsplanung	Am_Südring_Center.DWG	geometrische Daten der Kreuzung

Stadtplanungsamt Bottrop Verkehrsplanung	Südring&Essener_Str.pdf	Verkehrsbelastungen am 2021.09.07 von 06:00 – 10:00 2021.09.07 von 07: 15 – 08:15 2021.09.07 von 15:00 – 19:00 2021.09.07 von 15:45 – 16:45
Stadtplanungsamt Bottrop Verkehrsplanung	Südring_Essener_Str.xlsx	Sehr detaillierte Infos zu den Verkehrsteilnehmern am 2021.09.07
Stadtplanungsamt Bottrop Verkehrsplanung	Verkehrsbelastungen.pdf	Ermittelte Verkehrsbelastungen auf Bottroper Straßen von März 2012 bis August 2022
Die Autobahn GmbH des Bundes Niederlassung Westfalen   Außenstelle Bochum	Analyse-Null-Fall 2017	Knotenstrombelastung AS Bottrop-Süd(24 Std).

<p>Die Autobahn GmbH des Bundes Niederlassung Westfalen   Außenstelle Bochum</p>	<p>Ergebnisbericht: Verkehrsuntersuchung A 42. Auszug S26-32 Auszug S67-74 Auszug S86-91</p>	<p>Ergebnisse der Leistungsfähigkeitsprüfung nach HBS für den Knoten AS BottropSüd/L 631 Nord. Ergebnisse der Leistungsfähigkeitsprüfung nach HBS für den Knoten AS BottropSüd/L 631 Süd. Mikrosimulation Anschlussstelle Bottrop-Süd (L 631). Ergebnisse der Verkehrserhebung.</p>
--	--	---

## VIII. Anlagen

### 1. Autobahn GmbH Berichte



**Bild 25:** Übersicht der einzelnen Signalgruppen im Bereich der AS Bottrop-Süd

**Bild 26** zeigt das Ergebnis der Leistungsfähigkeitsüberprüfung für den Anschluss der nördlichen Rampe an die L 631 in der morgendlichen Spitzenstunde. Das Ergebnis für die nachmittägliche Spitzenstunde zeigt das **Bild 27**.

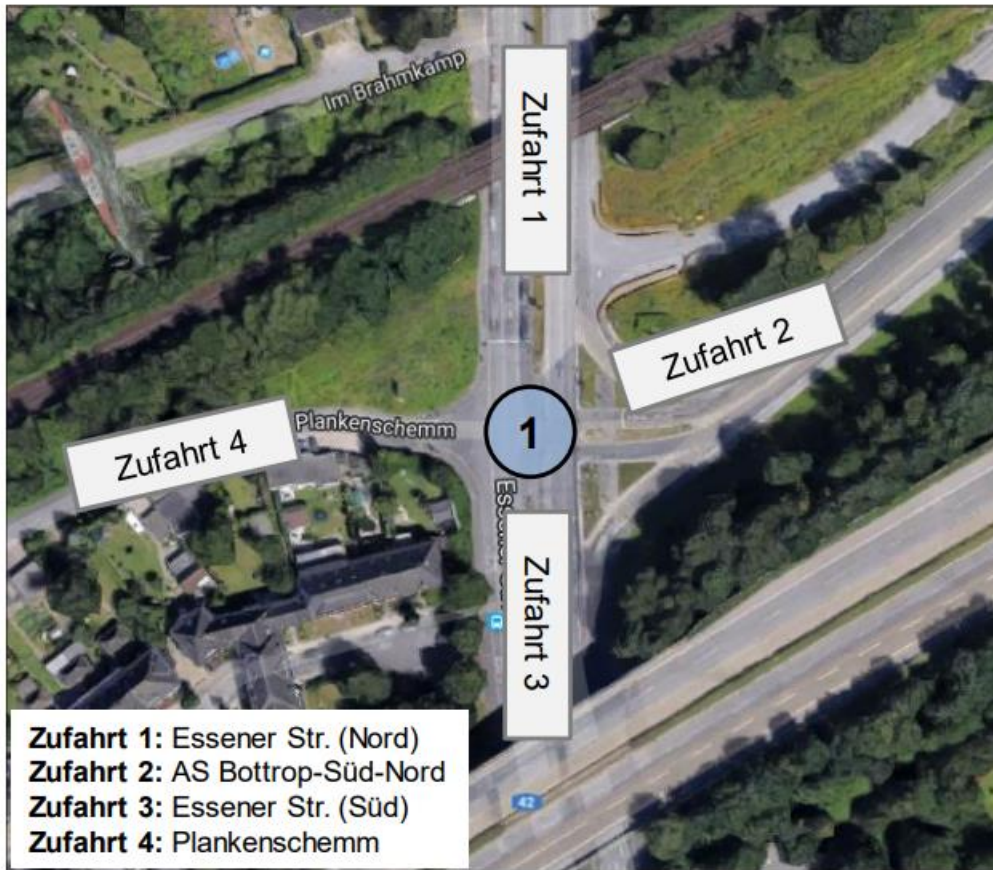






Kreuzung	Ströme [Nr.]	A0							
		Vormittags Spitzenstd.				Nachmittags Spitzenstd.			
		HBS		VISSIM		HBS		VISSIM	
QSV [ ]	Rückstau [m]	QSV [ ]	Rückstau [m]	QSV [ ]	Rückstau [m]	QSV [ ]	Rückstau VISSIM		
Essener Str. (Nord)/ AS Bottrop- Süd- Nord/ Essener Str. (Süd)/ Plankens- chemm	1,2,3	B	9	A	0	B	5	A	0
	6	B	92	A	0	B	85	A	2
	5	A	73	A	1	C	173	A	4
	5	A	73	A	1	C	173	A	4
	4	A	1	A	1	A	2	A	4
	9	E	108	D	88	F	254	F	277
	9	E	108	D	88	F	254	F	277
	7,8	F	275	D	79	F	343	F	274
	7	F	275	D	79	F	343	F	274
	11,12	F	632	F	531	B	125	A	20
	11	F	634	F	531	B	126	B	20
	10	F	685	F	531	E	152	D	20
Essener Str. (Nord)/ Parkplatz/ Essener Str. (Süd)/AS Bottrop- Süd-Süd	3	F	454	F	1230	C	89	D	71
	3	F	454	F	1230	C	89	D	71
	1,2	C	32	F	1220	E	176	F	73
	1	C	32	F	1220	E	176	F	73
	5,6	B	109	B	59	C	155	A	12
	5	B	109	B	59	C	155	A	12
	4	F	356	B	59	C	45	C	12
	7,8,9	C	6	A	0	C	9	A	0
	12	B	72	A	3	B	44	C	0
	11	F	509	C	59	C	169	A	7
	11	F	509	C	59	C	169	A	7
	10	B	2	B	59	B	4	A	7

## Anlage 2 – Ergebnisse der Verkehrserhebung



Übersicht Knoten 1 (Quelle: Google)

	K	R	A	D	Zufahrt 1				Zufahrt 2				Zufahrt 3				Zufahrt 4				Abfahrt			
					1->1 U-Turm	1->2 li	1->3 ge	1->4 re	2->2 U-Turm	2->3 li	2->4 ge	2->1 re	3->3 U-Turm	3->4 li	3->1 ge	3->2 re	4->4 U-Turm	4->1 li	4->2 ge	4->3 re	1	2	3	4
					0	0	20	0	0	1	0	1	0	0	13	2	0	0	0	0	14	2	21	0
					0	2	9	0	0	0	0	0	0	0	12	3	0	0	0	0	12	5	9	0
					0	1	11	0	0	1	0	1	0	0	6	1	0	0	0	0	7	2	12	0
					0	1	6	0	0	1	0	0	1	0	6	2	0	0	0	0	6	3	8	0
					0	2	7	0	0	1	0	2	0	0	17	7	0	0	0	0	19	9	8	0
					0	1	12	0	0	0	0	0	0	0	10	3	0	0	0	0	10	4	12	0
					0	1	18	0	0	1	0	1	0	0	17	2	0	0	0	0	18	3	19	0
					0	0	13	0	0	2	0	1	0	0	21	2	0	0	0	0	22	2	15	0
					0	4	46	0	0	3	0	2	1	0	37	8	0	0	0	0	39	12	50	0
					0	4	50	0	0	4	0	4	0	0	65	14	0	0	0	0	69	18	54	0
						104			13			125		0										

		Zufahrt 1				Zufahrt 2				Zufahrt 3				Zufahrt 4				Abfahrt			
		1->1	1->2	1->3	1->4	2->2	2->3	2->4	2->1	3->3	3->4	3->1	3->2	4->4	4->1	4->2	4->3	1	2	3	4
		U-Turm	li	ge	re	U-Turm	li	ge	re	U-Turm	li	ge	re	U-Turm	li	ge	re				
P K W	06:00	2	349	1390	4	0	246	0	170	4	1	475	287	0	4	4	1	651	640	1641	5
	07:00	6	368	1564	7	0	258	1	281	2	1	692	376	0	5	5	7	984	749	1831	9
	08:00	3	283	1272	2	0	241	0	194	2	3	711	276	0	1	0	2	909	559	1517	5
	09:00	5	243	908	5	0	212	0	181	3	1	682	234	0	4	4	5	872	481	1128	6
	15:00	11	279	865	8	0	316	0	377	7	2	1224	312	0	6	3	2	1618	594	1190	10
	16:00	0	267	960	7	0	363	2	423	4	4	1173	335	0	0	1	2	1596	603	1329	13
	17:00	0	272	1000	9	0	322	0	371	11	2	1230	388	0	5	0	1	1606	660	1334	11
	18:00	5	221	751	0	0	249	0	185	3	2	1016	343	0	5	0	0	1211	564	1003	2
	Σ 6-10	16	1243	5134	18	0	957	1	826	11	6	2560	1173	0	14	13	15	3416	2429	6117	25
	Σ 15-19	16	1039	3576	24	0	1250	2	1356	25	10	4643	1378	0	16	4	5	6031	2421	4856	36
Σ		11066				4392				9806				67							

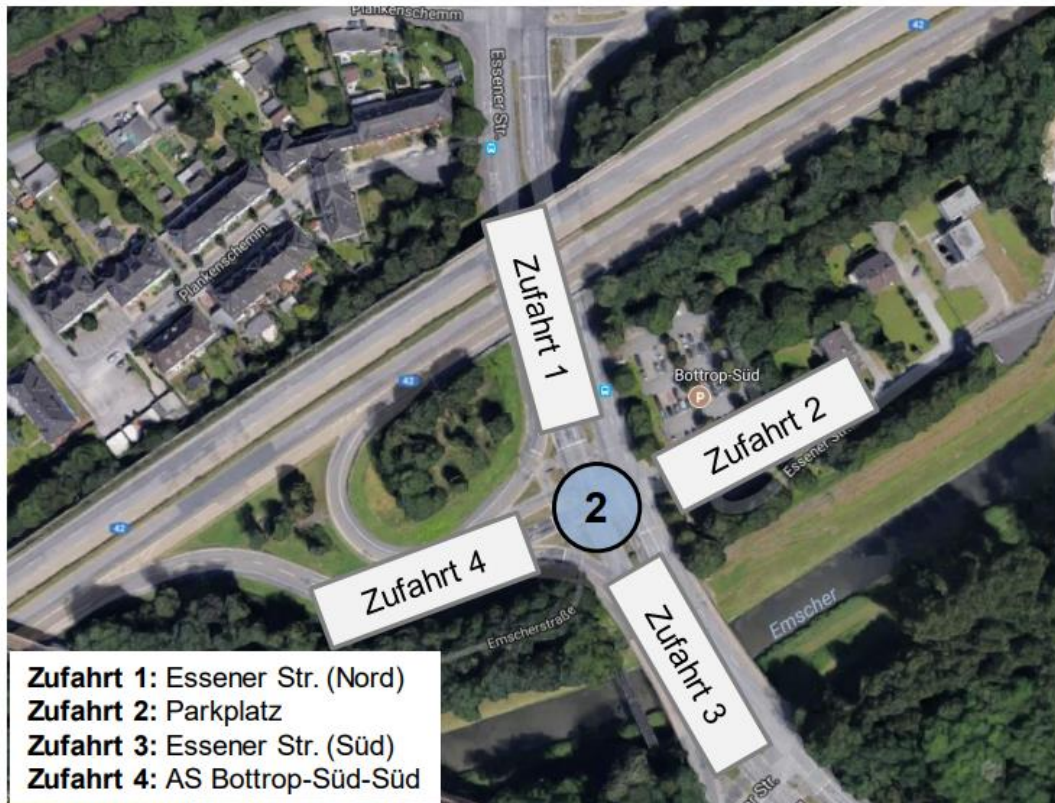
		Zufahrt 1				Zufahrt 2				Zufahrt 3				Zufahrt 4				Abfahrt			
		1->1	1->2	1->3	1->4	2->2	2->3	2->4	2->1	3->3	3->4	3->1	3->2	4->4	4->1	4->2	4->3	1	2	3	4
		U-Turm	li	ge	re	U-Turm	li	ge	re	U-Turm	li	ge	re	U-Turm	li	ge	re				
L K W	06:00	0	21	37	0	0	35	0	11	0	0	50	66	0	0	0	0	61	87	72	0
	07:00	0	29	60	0	0	52	0	12	1	0	54	66	0	0	0	0	66	95	113	0
	08:00	0	31	54	0	0	56	0	21	1	0	71	65	0	0	0	0	92	96	111	0
	09:00	0	29	62	0	0	56	0	21	0	0	79	59	0	0	0	0	100	88	118	0
	15:00	2	13	46	0	0	35	0	8	1	0	67	34	0	0	0	0	77	47	82	0
	16:00	0	22	45	0	0	24	0	11	1	0	42	26	0	0	0	0	53	48	70	0
	17:00	0	10	29	0	0	19	0	8	0	0	39	20	0	0	0	0	47	30	48	0
	18:00	0	19	27	0	0	7	0	7	0	0	29	8	0	0	0	0	36	27	34	0
	Σ 6-10	0	110	213	0	0	199	0	65	2	0	254	256	0	0	0	0	319	366	414	0
	Σ 15-19	2	64	147	0	0	85	0	34	2	0	177	88	0	0	0	0	213	152	234	0
Σ		536				383				779				0							

		Zufahrt 1				Zufahrt 2				Zufahrt 3				Zufahrt 4				Abfahrt			
		1->1	1->2	1->3	1->4	2->2	2->3	2->4	2->1	3->3	3->4	3->1	3->2	4->4	4->1	4->2	4->3	1	2	3	4
		U-Turm	li	ge	re	U-Turm	li	ge	re	U-Turm	li	ge	re	U-Turm	li	ge	re				
K F Z	06:00	2	370	1447	4	0	282	0	182	4	1	538	355	0	4	4	1	726	729	1734	5
	07:00	6	399	1633	7	0	310	1	293	3	1	758	445	0	5	5	7	1062	849	1953	9
	08:00	3	315	1337	2	0	298	0	216	3	3	788	342	0	1	0	2	1008	657	1640	5
	09:00	5	273	976	5	0	269	0	202	4	1	767	295	0	4	4	5	978	572	1254	6
	15:00	13	294	918	8	0	352	0	387	8	2	1308	353	0	6	3	2	1714	650	1280	10
	16:00	0	290	1017	7	0	387	2	434	5	4	1225	364	0	0	1	2	1659	655	1411	13
	17:00	0	283	1047	9	0	342	0	380	11	2	1286	410	0	5	0	1	1671	693	1401	11
	18:00	5	240	791	0	0	258	0	193	3	2	1066	353	0	5	0	0	1269	593	1052	2
	Σ 6-10	16	1357	5393	18	0	1159	1	893	14	6	2851	1437	0	14	13	15	3774	2807	6581	25
	Σ 15-19	18	1107	3773	24	0	1339	2	1394	27	10	4885	1480	0	16	4	5	6313	2591	5144	36
Σ		11706				4788				10710				67							

Ergebnisse Knoten 1 6.00 – 10.00 Uhr und 15.00 - 19.00 Uhr

Querschnitt	DTV
	[Kfz/Tag]
Essener Str. Nord	35.800
AS Bottrop-Sued	16.250
Essener Str. Süd	36.750
Plankenschlemm	200

Knoten 1 Hochrechnung DTV (nach Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 1007)



Übersicht Knoten 2 (Quelle: Google)

	K R A D	Zufahrt 1				Zufahrt 2				Zufahrt 3				Zufahrt 4				Abfahrt			
		1->1	1->2	1->3	1->4	2->2	2->3	2->4	2->1	3->3	3->4	3->1	3->2	4->4	4->1	4->2	4->3	1	2	3	4
		U-Turn	li	ge	re	U-Turn	li	ge	re	U-Turn	li	ge	re	U-Turn	li	ge	re				
	06:00	0	0	20	2	0	0	0	0	0	2	12	0	0	1	0	5	13	0	25	4
	07:00	0	0	9	0	0	0	0	0	1	11	0	0	1	0	3	12	0	12	1	
	08:00	0	0	12	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	4	7	0	16	0	
	09:00	0	0	8	1	0	0	0	0	0	7	0	0	3	0	1	10	0	9	1	
	15:00	0	0	8	0	0	1	0	1	0	20	0	0	2	0	2	23	0	11	0	
	16:00	0	0	14	0	0	0	0	0	0	14	0	0	4	0	4	18	0	18	0	
	17:00	0	0	18	0	0	0	1	0	0	13	0	0	3	0	5	17	0	23	0	
	18:00	0	0	15	1	0	0	0	0	2	22	0	0	0	0	4	22	0	19	3	
	Σ 6-10	0	0	49	3	0	0	0	0	3	37	0	0	5	0	13	42	0	62	6	
	Σ 15-19	0	0	55	1	0	1	0	2	0	69	0	0	9	0	15	80	0	71	3	
	Σ			108				3			111			42							

		Zufahrt 1				Zufahrt 2				Zufahrt 3				Zufahrt 4				Abfahrt			
		1->1	1->2	1->3	1->4	2->2	2->3	2->4	2->1	3->3	3->4	3->1	3->2	4->4	4->1	4->2	4->3	1	2	3	4
		U-Turn	li	ge	re	U-Turn	li	ge	re	U-Turn	li	ge	re	U-Turn	li	ge	re				
P K W	06:00	4	9	1306	312	0	0	5	8	0	229	612	9	0	133	8	762	757	26	2068	546
	07:00	3	1	1468	313	0	0	5	3	1	279	853	5	0	159	2	896	1018	8	2365	597
	08:00	2	4	1254	255	0	2	0	5	0	199	835	4	0	186	0	866	1028	8	2122	454
	09:00	4	4	932	181	0	0	0	7	0	171	728	4	0	164	2	528	903	10	1460	352
	15:00	7	6	1012	171	0	2	2	19	0	125	914	1	0	480	6	610	1420	13	1624	298
	16:00	0	10	1142	176	0	5	6	9	2	101	1008	1	0	576	4	580	1593	15	1729	283
	17:00	2	5	1132	187	0	1	0	14	1	128	1101	1	5	497	0	582	1614	6	1716	320
	18:00	4	0	848	157	0	3	1	7	2	120	1049	3	0	286	2	333	1346	5	1186	278
	Σ 6-10	13	18	4960	1061	0	2	10	23	1	878	3028	22	0	642	12	3052	3706	52	8015	1949
	Σ 15-19	13	21	4134	691	0	11	9	49	5	474	4072	6	5	1839	12	2105	5973	39	6255	1179
Σ			10911				104			8486				7667							

		Zufahrt 1				Zufahrt 2				Zufahrt 3				Zufahrt 4				Abfahrt			
		1->1	1->2	1->3	1->4	2->2	2->3	2->4	2->1	3->3	3->4	3->1	3->2	4->4	4->1	4->2	4->3	1	2	3	4
		U-Turn	li	ge	re	U-Turn	li	ge	re	U-Turn	li	ge	re	U-Turn	li	ge	re				
L K W	06:00	0	0	76	11	0	0	0	0	0	25	104	0	0	17	0	64	121	0	140	36
	07:00	0	0	101	18	0	0	0	0	0	22	94	0	0	27	0	58	121	0	159	40
	08:00	0	0	92	14	0	0	0	0	0	41	108	0	0	35	0	83	143	0	175	55
	09:00	1	0	95	20	0	0	0	0	0	34	92	0	0	34	0	82	127	0	177	54
	15:00	0	0	77	9	0	0	1	1	0	7	67	0	0	33	0	78	101	0	155	17
	16:00	0	0	62	7	0	1	0	1	0	10	54	1	0	16	1	33	71	2	96	17
	17:00	1	0	43	8	0	0	0	0	0	10	53	0	0	10	0	27	64	0	70	18
	18:00	0	0	26	9	0	0	0	0	0	12	28	0	0	12	0	24	40	0	50	21
	Σ 6-10	1	0	364	63	0	0	0	0	0	122	398	0	0	113	0	287	512	0	651	185
	Σ 15-19	1	0	208	33	0	1	1	2	0	39	202	1	0	71	1	162	276	2	371	73
Σ			670				4			762				634							

		Zufahrt 1				Zufahrt 2				Zufahrt 3				Zufahrt 4				Abfahrt			
		1->1	1->2	1->3	1->4	2->2	2->3	2->4	2->1	3->3	3->4	3->1	3->2	4->4	4->1	4->2	4->3	1	2	3	4
		U-Turn	li	ge	re	U-Turn	li	ge	re	U-Turn	li	ge	re	U-Turn	li	ge	re				
K F Z	06:00	4	9	1402	325	0	0	5	8	0	256	728	9	0	151	8	831	891	26	2233	586
	07:00	3	1	1578	331	0	0	5	3	1	302	958	5	0	187	2	957	1151	8	2536	638
	08:00	2	4	1358	269	0	2	0	5	0	240	950	4	0	221	0	953	1178	8	2313	509
	09:00	5	4	1035	202	0	0	0	7	0	205	827	4	0	201	2	611	1040	10	1646	407
	15:00	7	6	1097	180	0	3	3	21	0	132	1001	1	0	515	6	690	1544	13	1790	315
	16:00	0	10	1218	183	0	6	6	10	2	111	1076	2	0	596	5	617	1682	17	1843	300
	17:00	3	5	1193	195	0	1	0	15	1	138	1167	1	5	510	0	614	1695	6	1809	338
	18:00	4	0	889	167	0	3	1	7	2	134	1099	3	0	298	2	361	1408	5	1255	302
	Σ 6-10	14	18	5373	1127	0	2	10	23	1	1003	3463	22	0	760	12	3352	4260	52	8728	2140
	Σ 15-19	14	21	4397	725	0	13	10	53	5	515	4343	7	5	1919	13	2282	6329	41	6697	1255
Σ			11689				111			9359				8343							

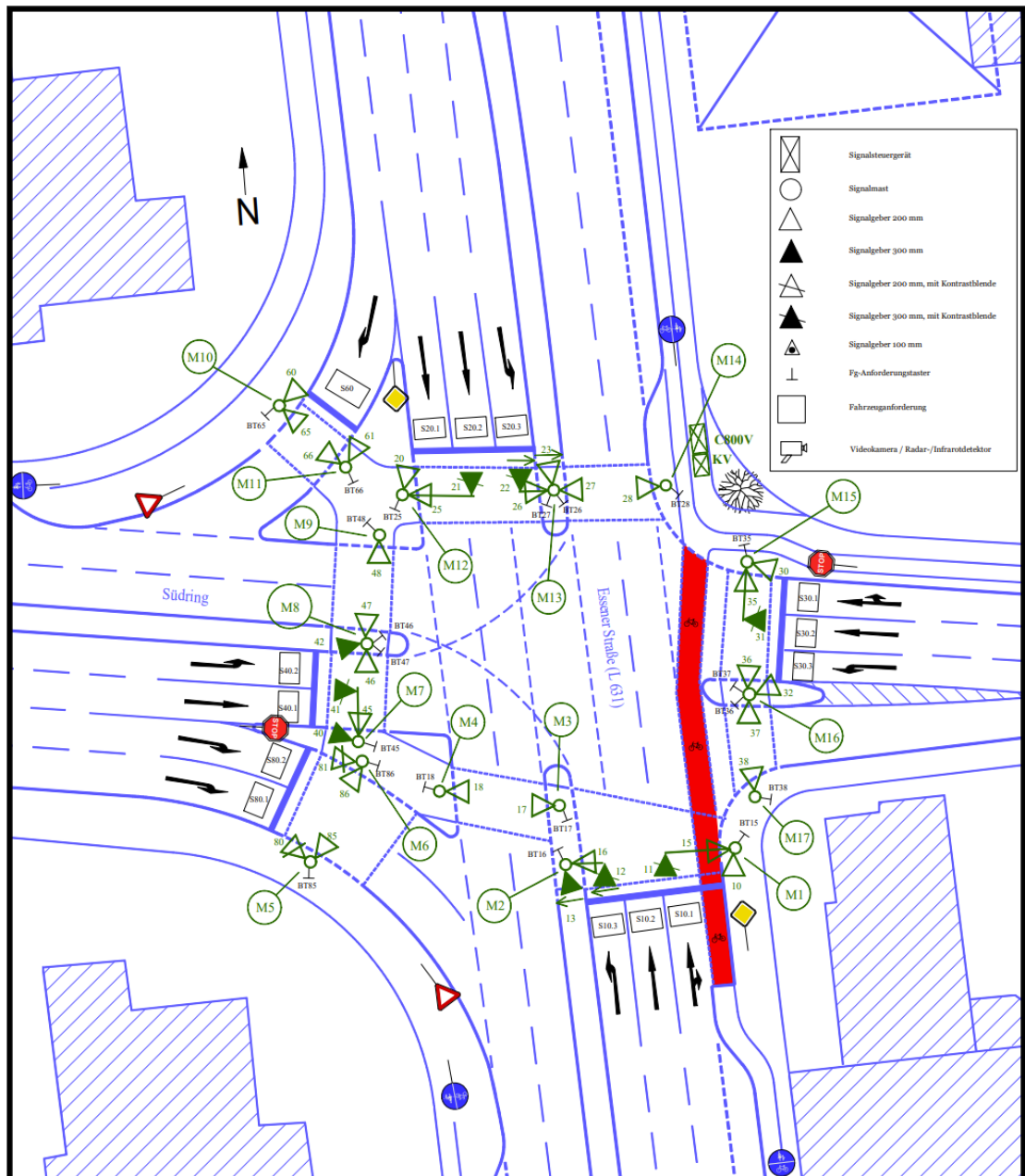
Ergebnisse Knoten 2 6.00 – 10.00 Uhr und 15.00 - 19.00 Uhr

Querschnitt	DTV
	[Kfz/Tag]
Essener Str. Nord	36.050
Parkplatz	350
Essener Str. Süd	40.000
AS Bottrop-Sued	18.850

Knoten 2 Hochrechnung DTV (nach Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 1007)

## 2. Ampelsteuerung Anlagen

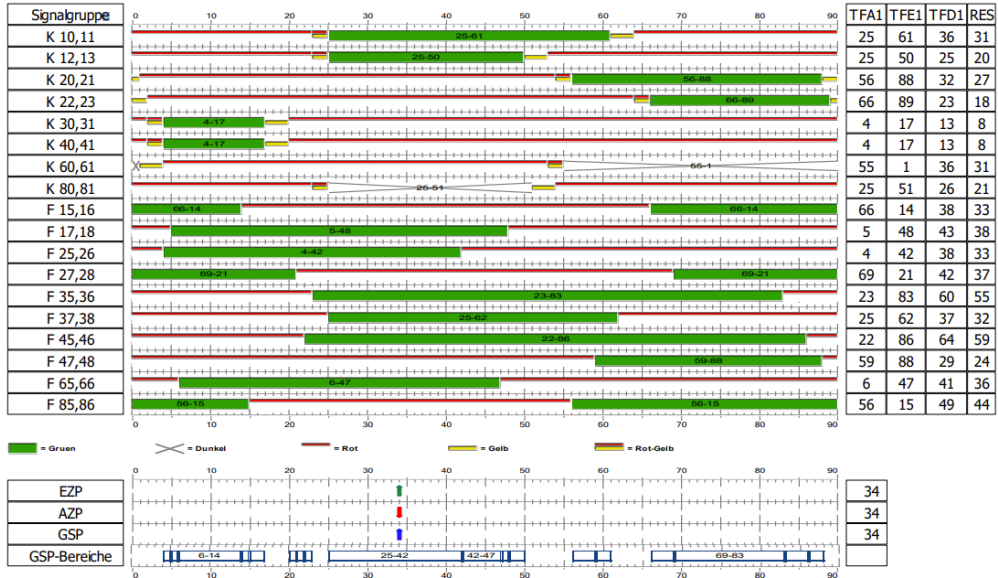
### EssenerStr\_Südring\_LP



# EssenerStr\_Südring Morgenspitze

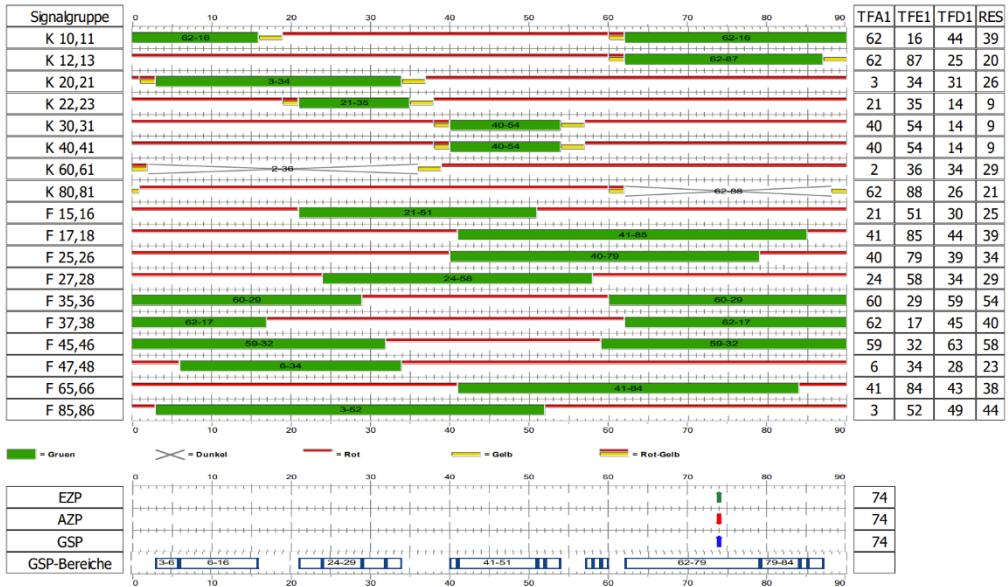
## Bottrop

Lfd.Nr.	O-Nr.	Kurzname	Name	Beschreibung	TU	SteuergerätefachNr.	Art	Versatz	Belastungstabelle	ZZMatrix	VBMatrix	VEMatrix	ZWD	EP	AP	SIPCO Struktur
5	5	Morgenspitze (5)	Morgenspitze (5)		90	5	SG	0		ZZ 1			0	EinFolge 1	AusFolge 1	5

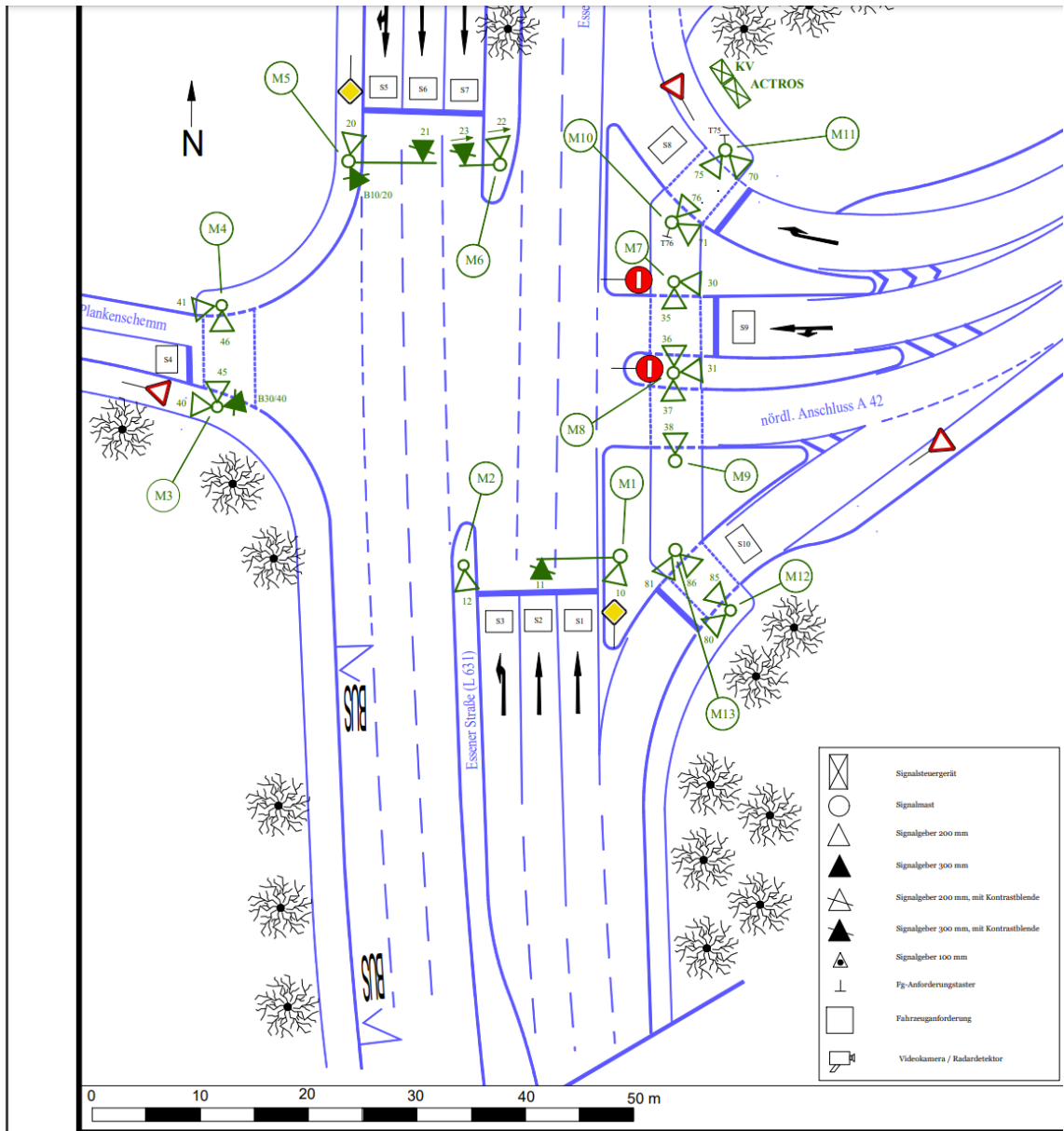


# EssenerStr\_Südring Abendspitze

Lfd.Nr.	O-Nr.	Kurzname	Name	Beschreibung	TU	SteuergerätefachNr.	Art	Versatz	Belastungstabelle	ZZMatrix	VBMatrix	VEMatrix	ZWD	EP	AP	SIPCO Struktur
4	4	Abendspitze (4)	Abendspitze (4)		90	4	SG	0		ZZ 1			0	EinFolge 1	AusFolge 1	4



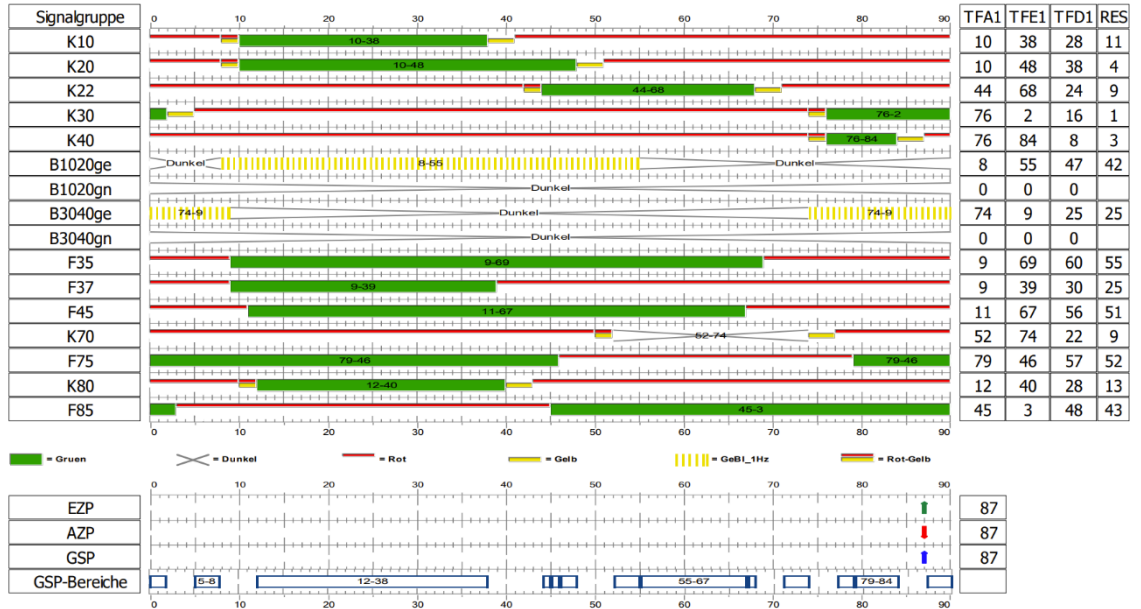
# EssenerStr\_A42Nord\_LP



# EssenerStr\_Südring Morgenspitze

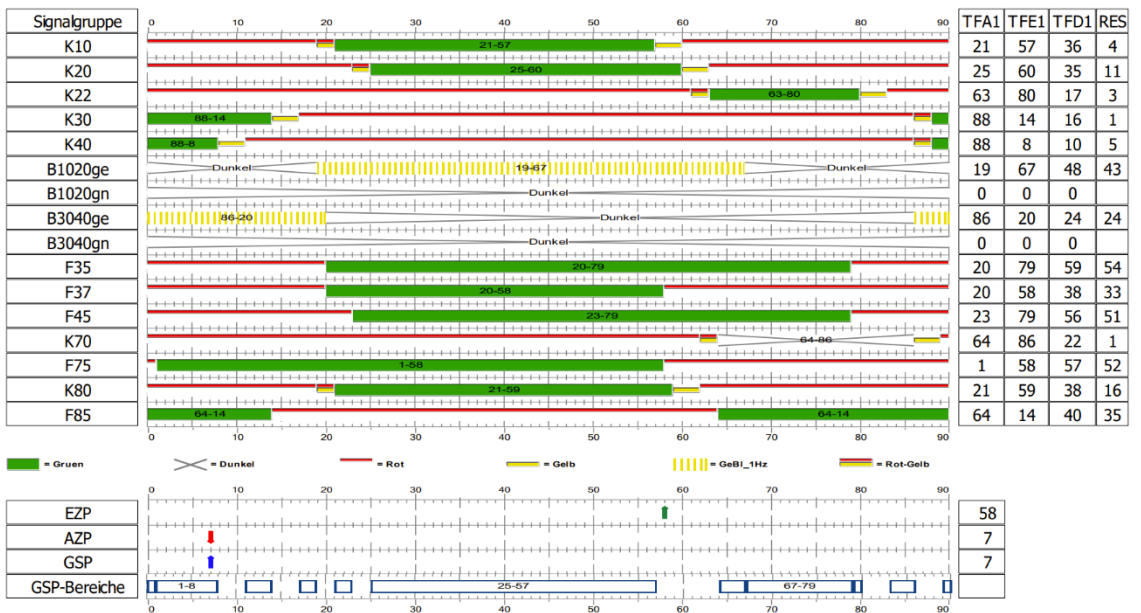
## Bottrop

Lfd.Nr.	O-Nr.	Kurzname	Name	Beschreibung	IU	Steuergerätech.Nr.	Art	Versatz	Belastungstabelle	ZZMatrix	VBMatrix	VEMatrix	ZWD	EP	AP	SIPCO Struktur
5	5	SP 5	SP 5		90		5 SG	0	FSB:FSB 2 - Morgenspitze	1			0			5

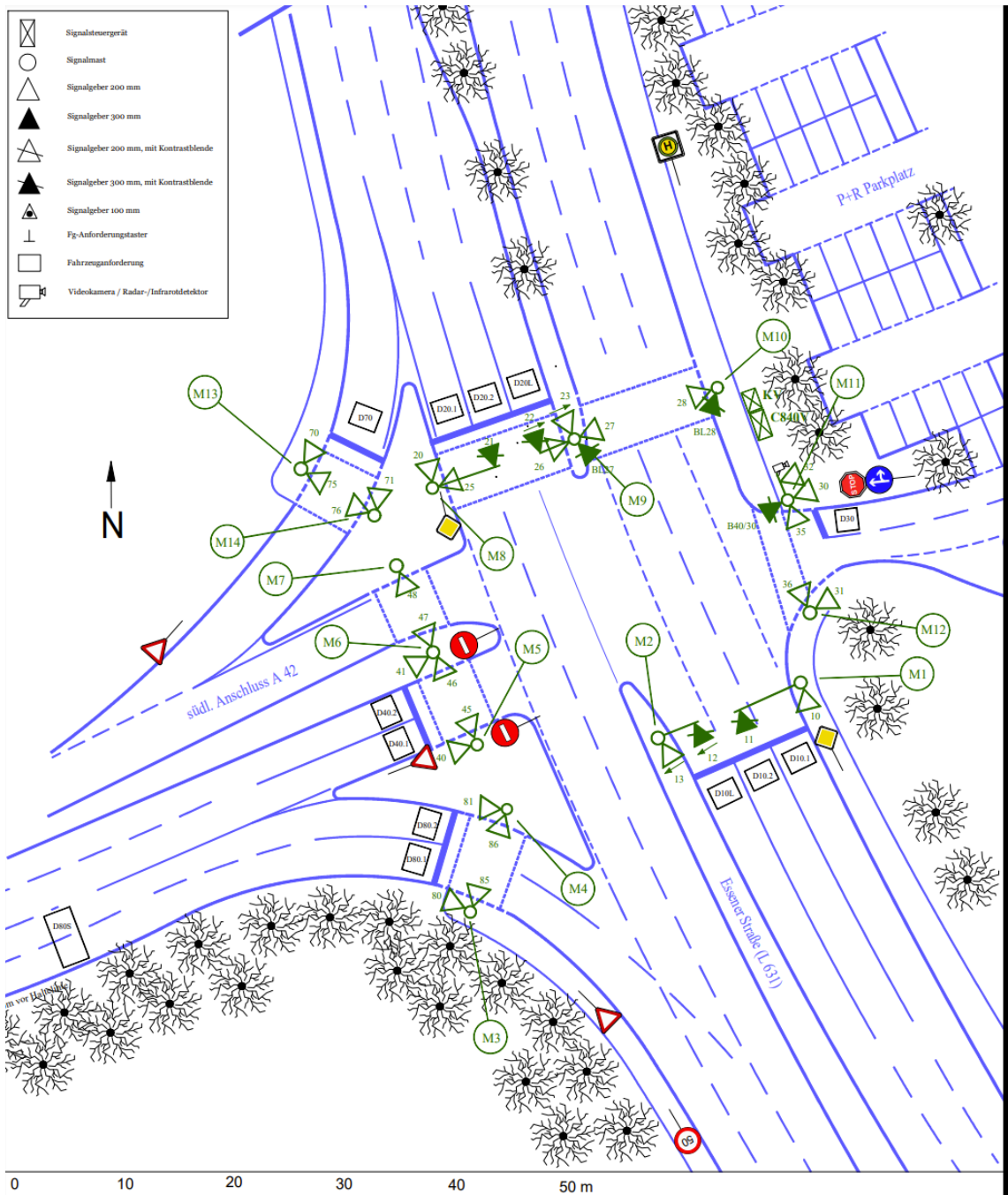


# EssenerStr\_Südring Abendspitze

Lfd.Nr.	O-Nr.	Kurzname	Name	Beschreibung	IU	Steuergerätech.Nr.	Art	Versatz	Belastungstabelle	ZZMatrix	VBMatrix	VEMatrix	ZWD	EP	AP	SIPCO Struktur
4	4	SP 4	SP 4		90		4 SG	0	FSB:FSB 1 - Abendspitze	1			0			4



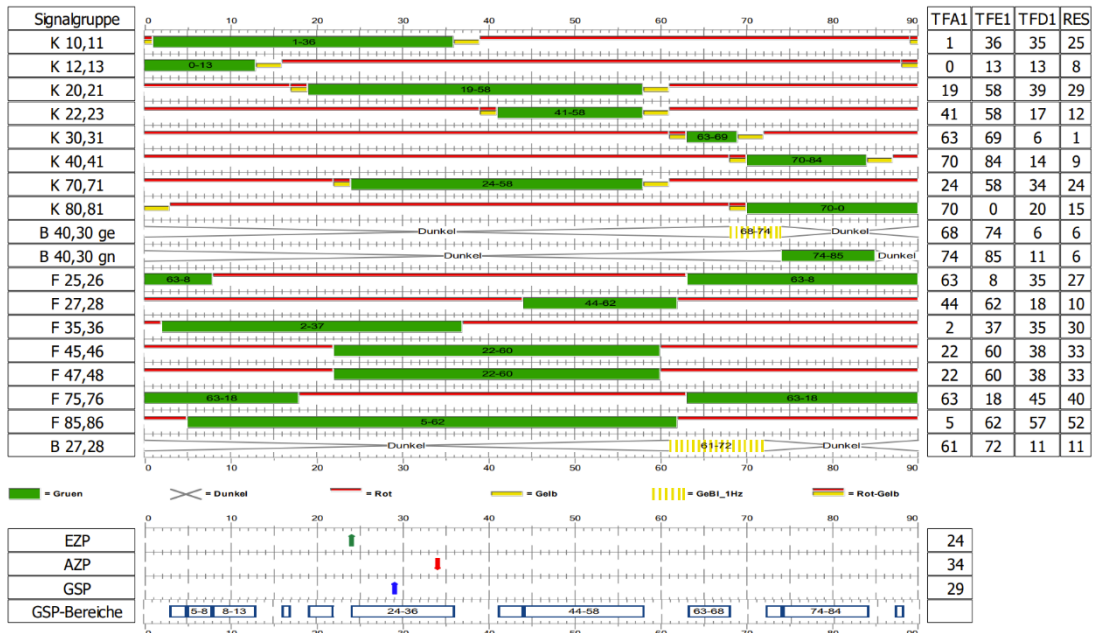
# EssenerStr\_A42Süd\_LP.



# EssenerStr\_A42Süd\_SP\_Morgenspitze

## Bottrop

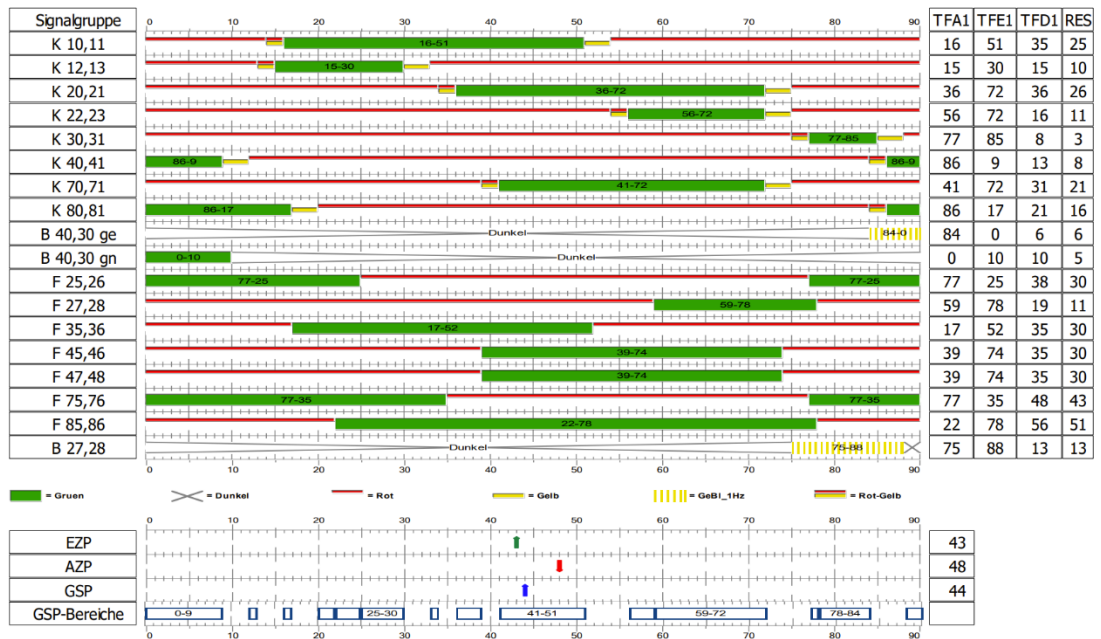
Lfd.Nr.	O-Nr.	Kurzname	Name	Beschreibung	tU	SteuergerätefachNr.	Art	Versatz	Belastungstabelle	ZZMatrix	VBMatrix	VEMatrix	ZWD	EP	AP	SIPCO Struktur
5	5	Morgens(5)	Morgenspitze (5)		90	5	SG	0		ZZ 1			1	EP 1	AP 1	5



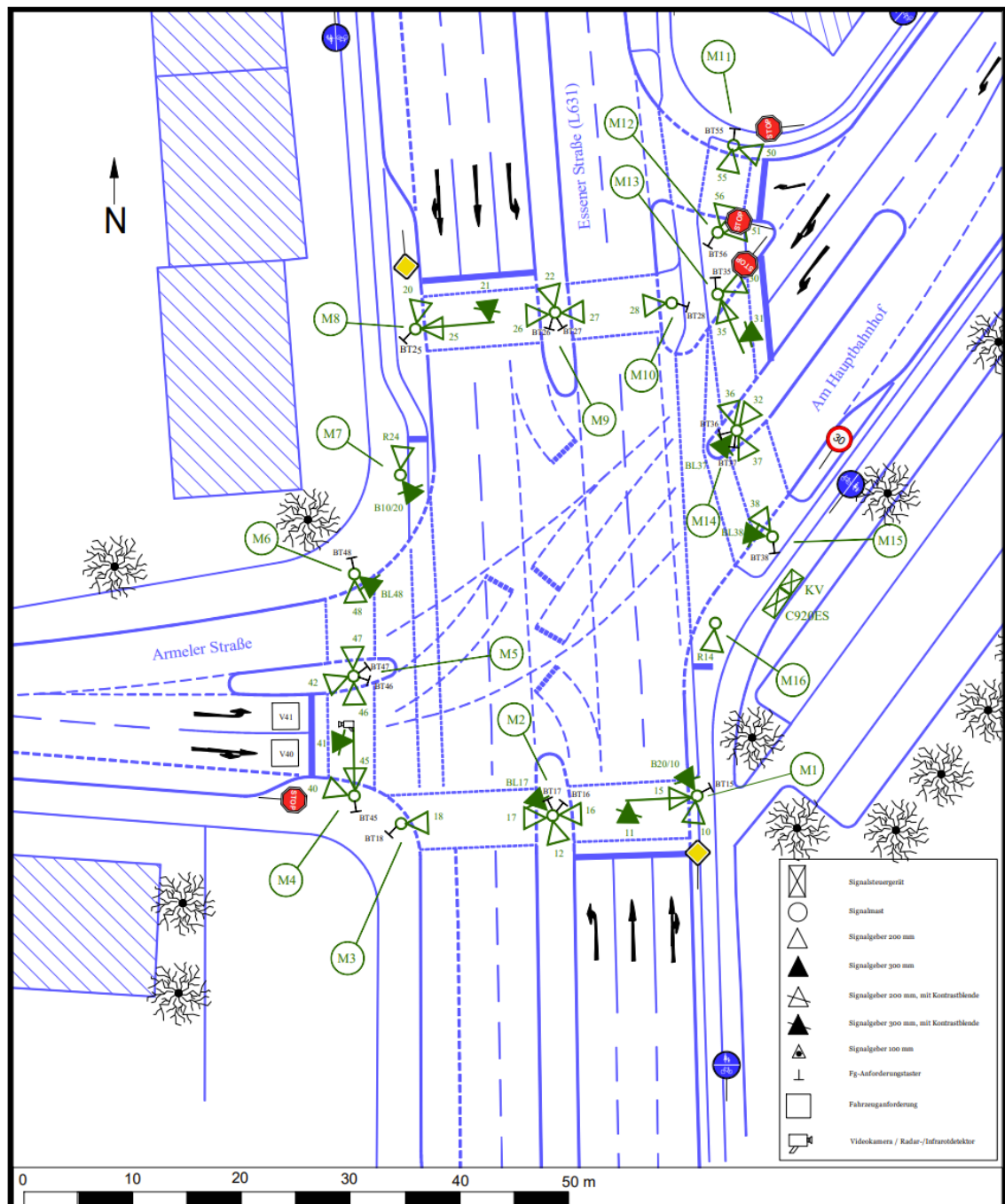
# EssenerStr\_A42Süd\_SP\_Abendspitze

## Bottrop

Lfd.Nr.	O-Nr.	Kurzname	Name	Beschreibung	tU	SteuergerätefachNr.	Art	Versatz	Belastungstabelle	ZZMatrix	VBMatrix	VEMatrix	ZWD	EP	AP	SIPCO Struktur
4	4	Abendsp(4)	Abendspitze (4)		90	4	SG	0		ZZ 1			1	EP 1	AP 1	4



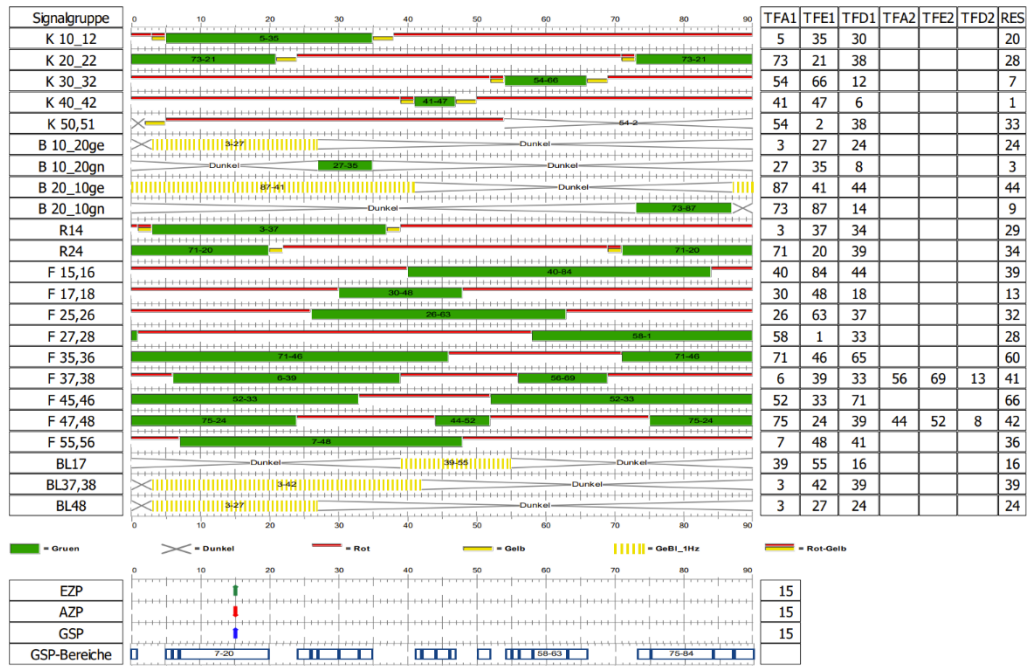
# EssenerStr\_ArmelerStr\_LP



# EssenerStr\_ArmelerStr\_SPL\_Morgenspitze

Bottrop

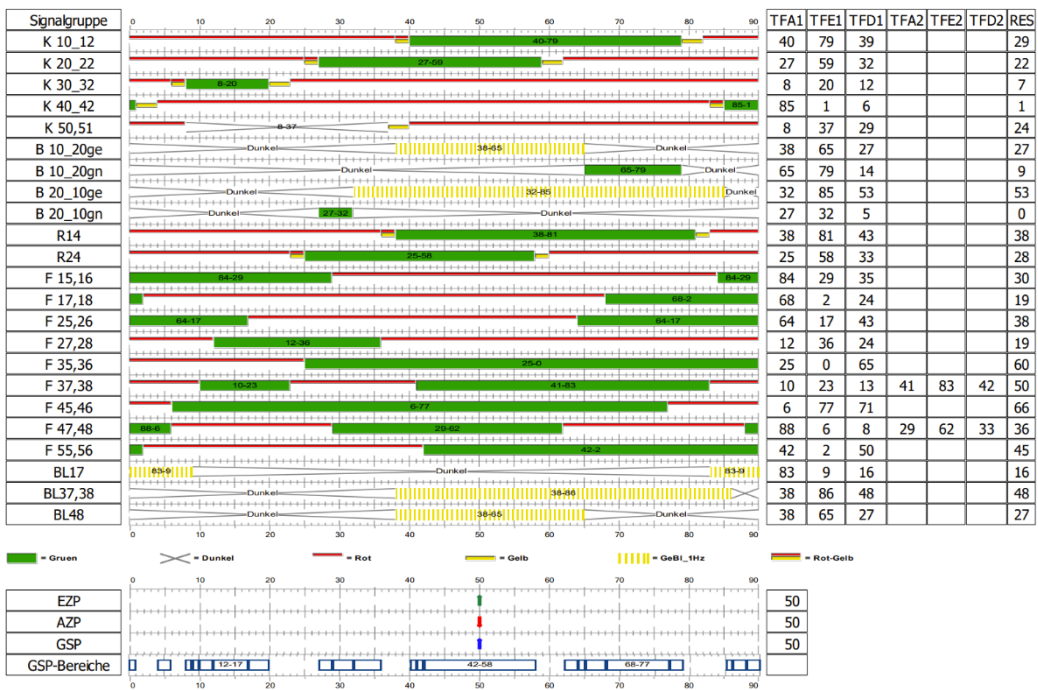
Lfd.Nr.	O-Nr.	Kurzname	Name	Beschreibung	tU	SteuergerätfachNr.	Art	Versatz	Belastungstabelle	ZZMatrix	VBMatrix	VEMatrix	ZWD	EP	AP	@Point-in-time values based on
5	5	Morgenspitze (5)	Morgenspitze (5)		90		5	SG	0		1		1	EP 1	AP 1	0



# EssenerStr\_ArmelerStr\_SPL\_Abendspitze

Bottrop

Lfd.Nr.	O-Nr.	Kurzname	Name	Beschreibung	tU	SteuergerätfachNr.	Art	Versatz	Belastungstabelle	ZZMatrix	VBMatrix	VEMatrix	ZWD	EP	AP	@Point-in-time values based on
4	4	Abendspitze (4)	Abendspitze (4)		90		4	SG	0		1		1	EP 1	AP 1	0

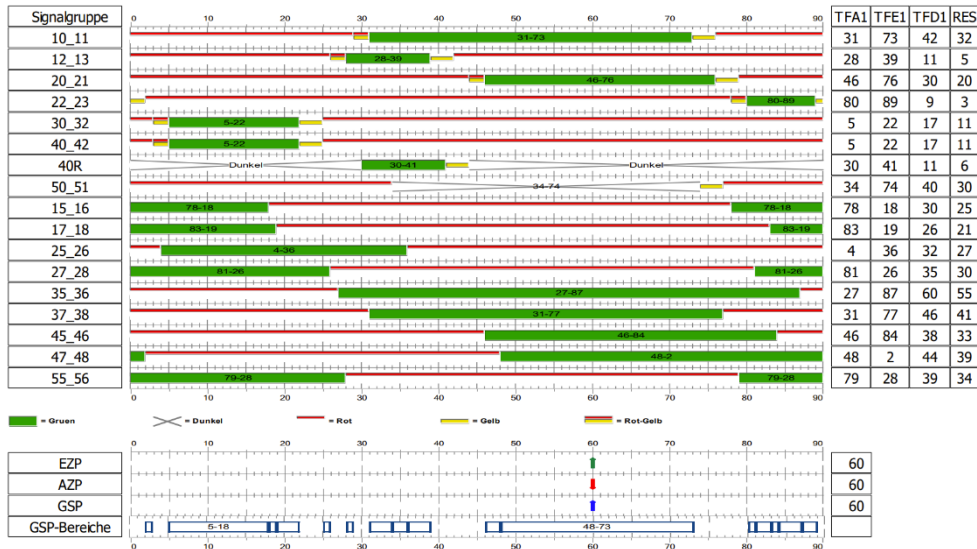




# EssenerStr\_Bahnhofstr\_SPL\_Morgenspitze

Botrop

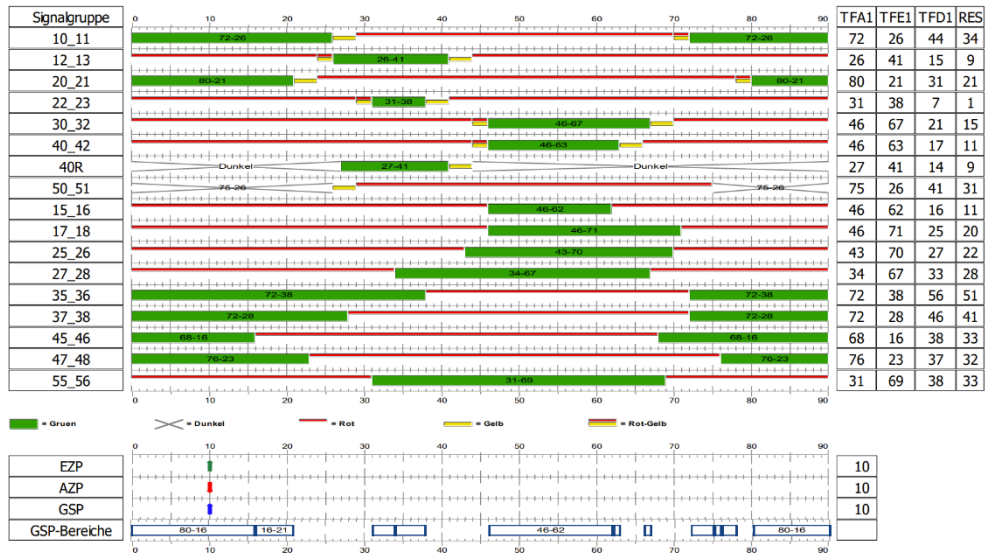
Lfd.Nr.	O-Nr.	Kurzname	Name	Beschreibung	IU	SteuergerätfachNr.	Art	Versatz	Belastungstabelle	ZZMatrix	VBMatrix	VEMatrix	ZWD	EP	AP	@Point-in-time values based on
5	5	Morgenspitze (5)	Morgenspitze (5)		90		5	SG	0	ZZ 1			1	EP 1	AP 1	0



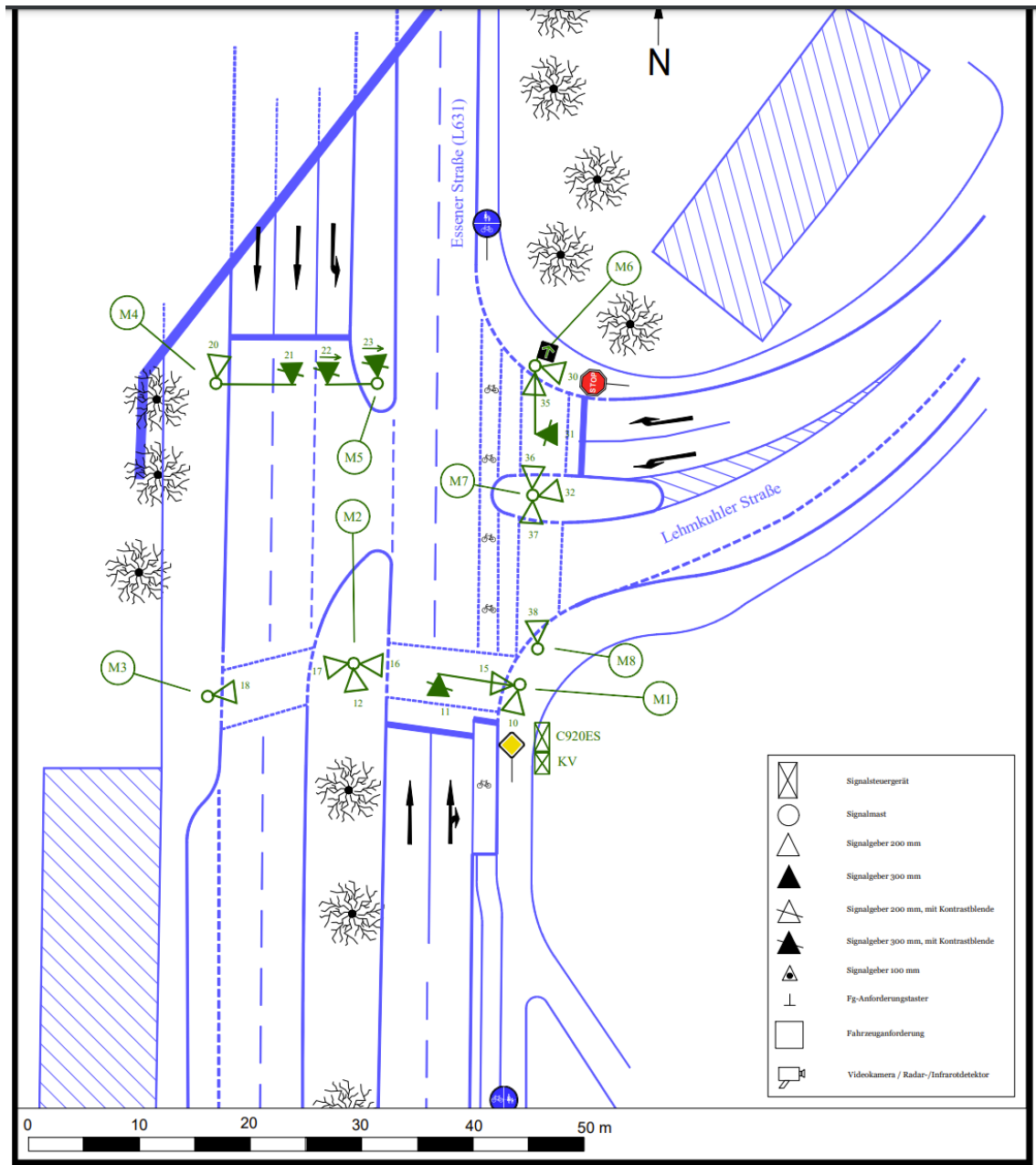
# EssenerStr\_Bahnhofstr\_SPL\_Abendspitze

Botrop

Lfd.Nr.	O-Nr.	Kurzname	Name	Beschreibung	IU	SteuergerätfachNr.	Art	Versatz	Belastungstabelle	ZZMatrix	VBMatrix	VEMatrix	ZWD	EP	AP	@Point-in-time values based on
4	4	Abendspitze (4)	Abendspitze (4)		90		4	SG	0	ZZ 1			1	EP 1	AP 1	0



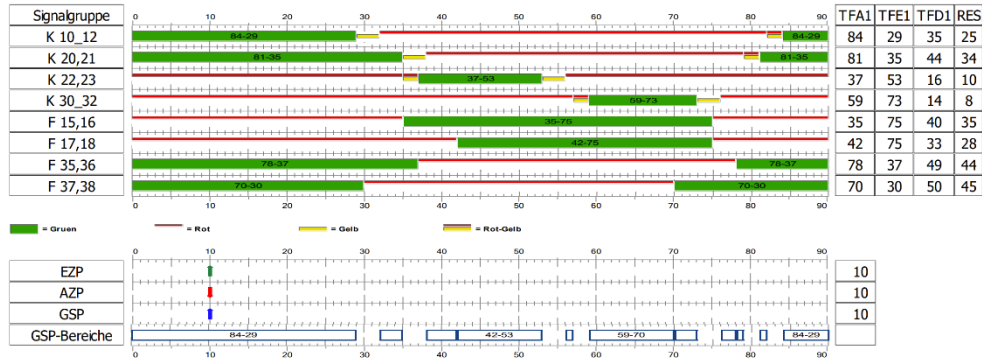
# EssenerStr\_LehmkuhlerStr\_LP



# EssenerStr\_LehmkuhlerStr\_SPL\_Morgenspitze

Bottrop

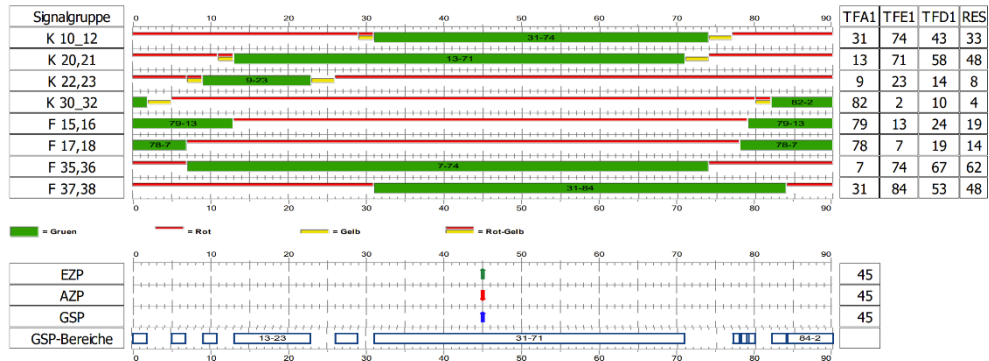
Lfd.Nr.	O-Nr.	Kurzname	Name	Beschreibung	tU	SteuergerätefachNr.	Art	Versatz	Belastungstabelle	ZZMatrix	VBMatrix	VEMatrix	ZWD	EP	AP	@Point-in-time values based on
5	5	Morgenspitze (5)	Morgenspitze (5)		90	5	SG	0		ZZ 1			0	EP 1	AP 1	0



# EssenerStr\_LehmkuhlerStr\_SPL\_Abendspitze

Bottrop

Lfd.Nr.	O-Nr.	Kurzname	Name	Beschreibung	tU	SteuergerätefachNr.	Art	Versatz	Belastungstabelle	ZZMatrix	VBMatrix	VEMatrix	ZWD	EP	AP	@Point-in-time values based on
4	4	Abendspitze (4)	Abendspitze (4)		90	4	SG	0		ZZ 1			0	EP 1	AP 1	0

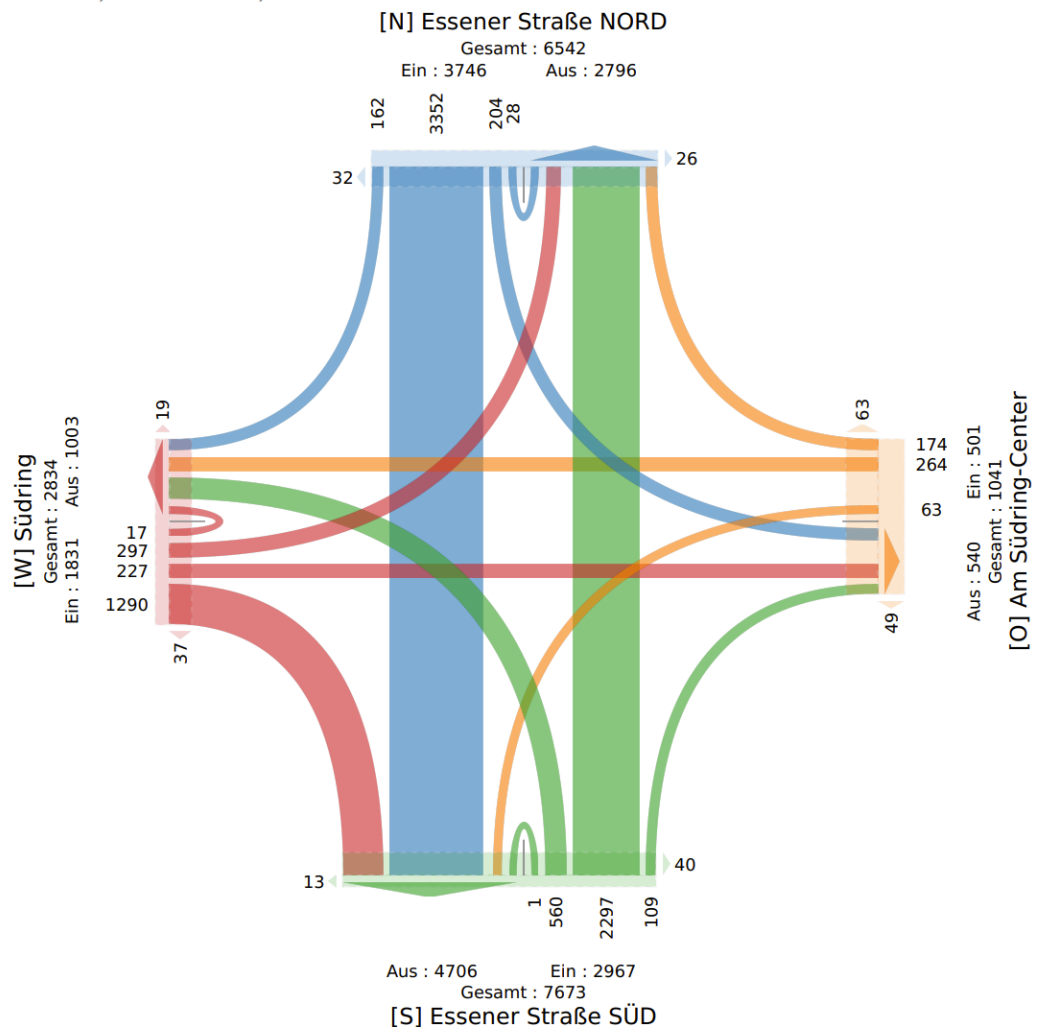


## Verkehrsbelastungen (Südring&Essener) am

- 2021.09.07 von 06:00 – 10:00
- 2021.09.07 von 07: 15 – 08:15
- 2021.09.07 von 15:00 – 19:00
- 2021.09.07 von 15:45 – 16:45
- 2021.09.07 von 06:00 – 10:00

Südring(Essener Str - Knotenpunkt(e))  
 Di. 7 September 2021  
 06 - 10 Uhr  
 Alle Klassen (Krad, Pkw, Lieferwagen, Lkw ohne Anhänger, Lkw mit Anhänger,  
 Busse, Fußgänger, Fahrräder auf der Straße, Fahrräder auf Überweg)  
 Alle Abbiegebeziehungen  
 ID: 888192, Standort: 51.511323, 6.934688

Erstellt durch: Bottrop Stadtplanungsamt  
 Luise-Hensel-Str. 1, Verwaltungsgebäude Luise-  
 Hensel-Straße Zi. 203, Bottrop, NW, 46236, DE



- 2021.09.07 von 15:00 – 19:00

**Südring(Essener Str - Knotenpunkt(e))**

Di. 7 September 2021

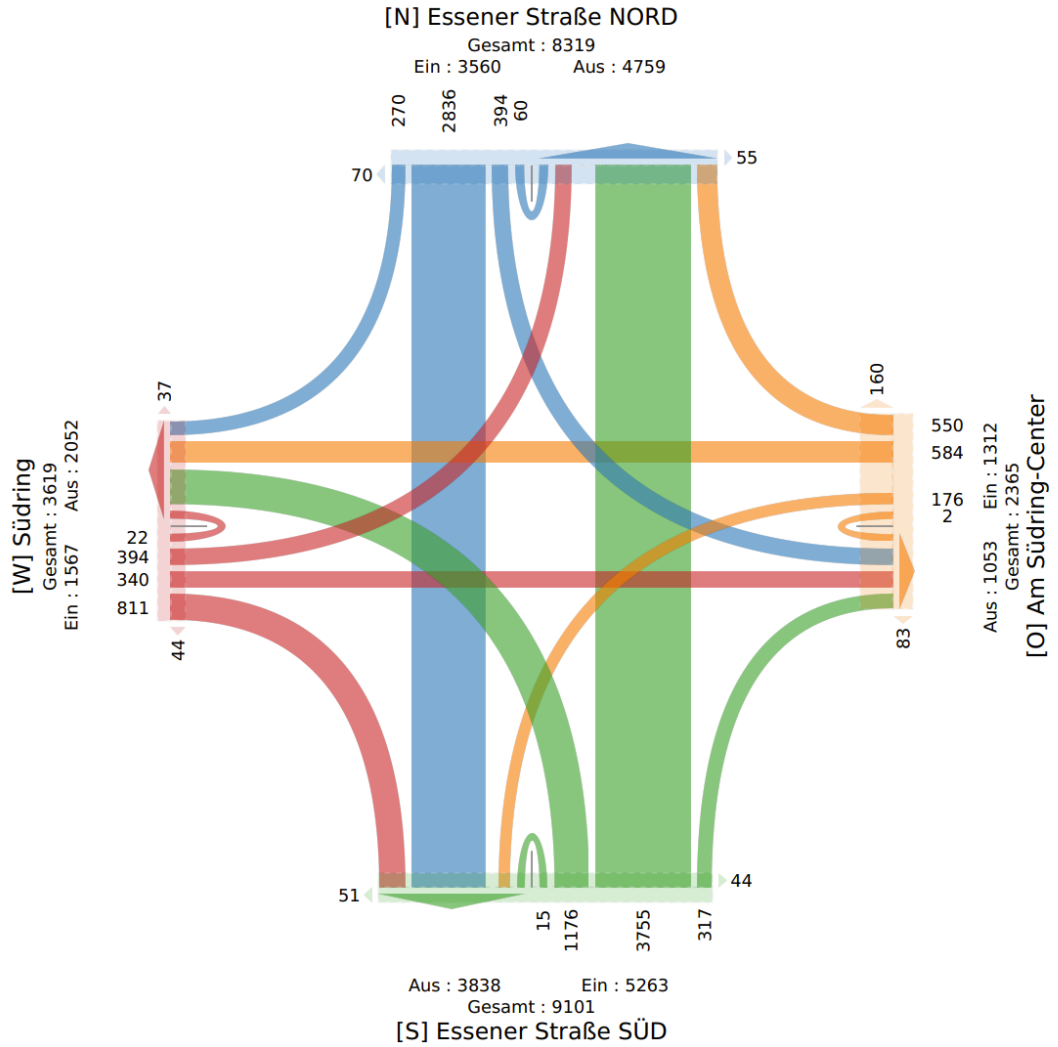
15 - 19 Uhr

Alle Klassen (Krad, Pkw, Lieferwagen, Lkw ohne Anhänger, Lkw mit Anhänger,  
Busse, Fußgänger, Fahrräder auf der Straße, Fahrräder auf Überweg)

Alle Abbiegebeziehungen

ID: 888192, Standort: 51.511323, 6.934688

Erstellt durch: Bottrop Stadtplanungsamt  
Luise-Hensel-Str. 1, Verwaltungsgebäude Luise-  
Hensel-Straße Zi. 203, Bottrop, NW, 46236, DE



- 2021.09.07 von 07:15 – 08:15

**Südring(Essener Str - Knotenpunkt(e))**

Di. 7 September 2021

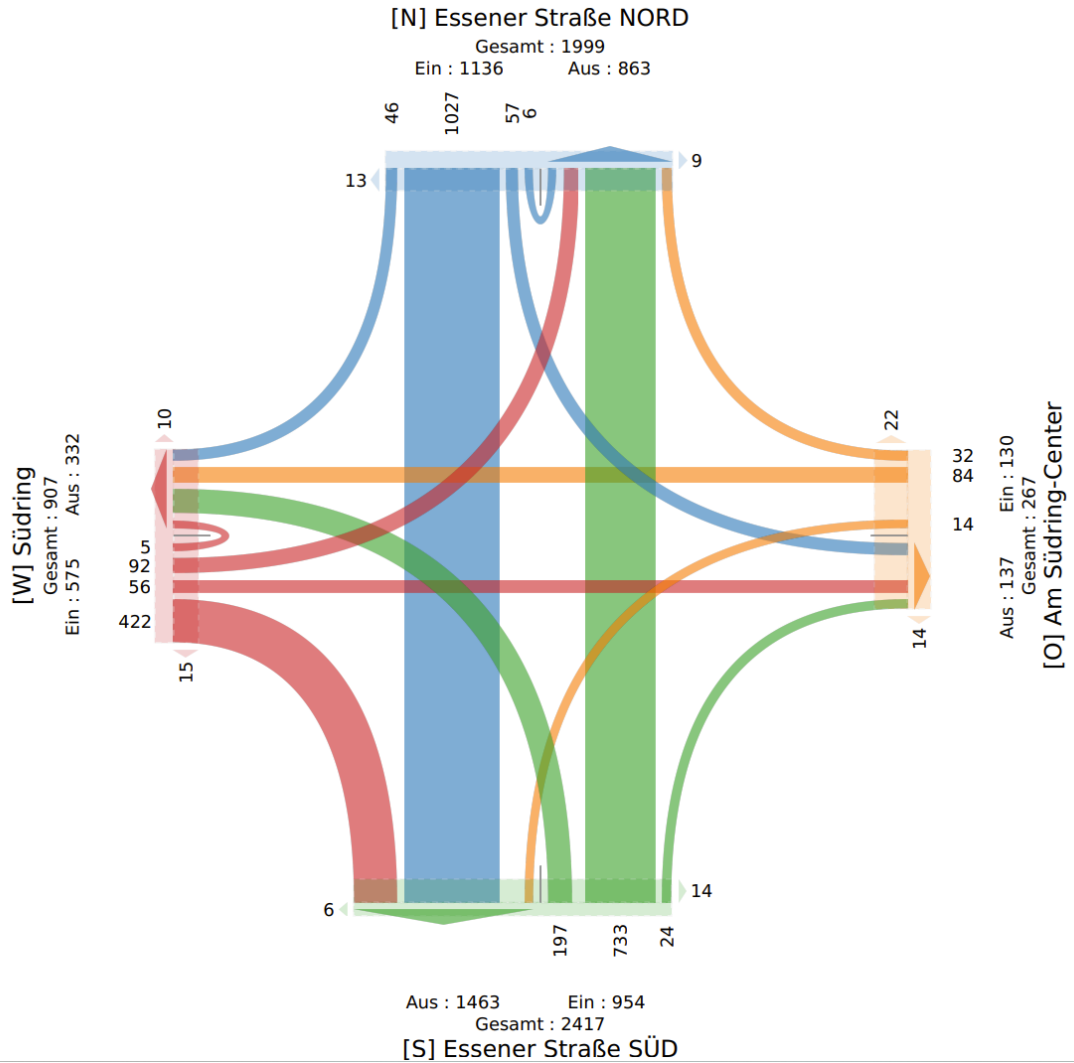
Spitzenstunde, morgens (07:15 - 08:15 Uhr)

Alle Klassen (Krad, Pkw, Lieferwagen, Lkw ohne Anhänger, Lkw mit Anhänger, Busse, Fußgänger, Fahrräder auf der Straße, Fahrräder auf Überweg)

Alle Abbiegebeziehungen

ID: 888192, Standort: 51.511323, 6.934688

Erstellt durch: Bottrop Stadtplanungsamt  
 Luise-Hensel-Str. 1, Verwaltungsgebäude Luise-Hensel-Straße Zi. 203, Bottrop, NW, 46236, DE



- 2021.09.07 von 15:45 – 16:45

**Südring(Essener Str - Knotenpunkt(e))**

Di, 7 September 2021

Spitzenstunde, abends (15:45 - 16:45 Uhr) - Gesamtspitzenstunde

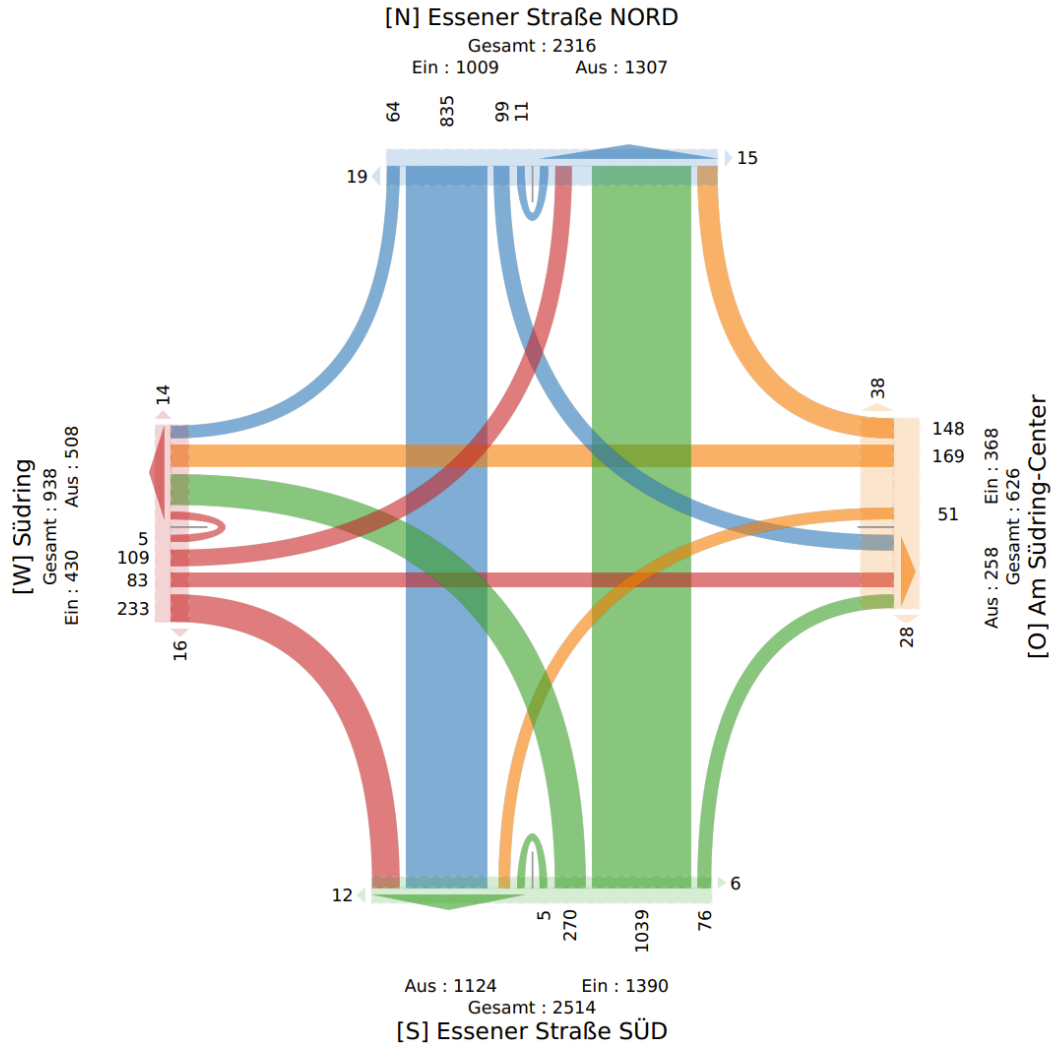
Alle Klassen (Krad, Pkw, Lieferwagen, Lkw ohne Anhänger, Lkw mit Anhänger,

Busse, Fußgänger, Fahrräder auf der Straße, Fahrräder auf Überweg)

Alle Abbiegebeziehungen

ID: 888192, Standort: 51.511323, 6.934688

Erstellt durch: Bottrop Stadtplanungsamt  
Luise-Hensel-Str. 1, Verwaltungsgebäude Luise-  
Hensel-Straße Zi. 203, Bottrop, NW, 46236, DE



**Verkehrszählung an der Straße "Am Hauptbahnhof" Donnerstag, den 27.11.2008  
von 15:00 bis 19:00 Uhr**

**Verkehrszählung an der Straße "Am Hauptbahnhof"**

Donnerstag, den 27.11.2008 von 15:00 bis 19:00 Uhr

Fahrtrichtung: zur Essener Straße

Uhrzeit	Fahrzeugklasse							Lkw % mit Bus	Lkw % ohne Bus
	Fahrrad	Krad	Pkw	Lkw <= 7,5t	Lkw > 7,5t	Bus	Gesamt		
15:00 - 15:15	0	0	41	0	3	5	49	16,33	6,12
15:15 - 15:30	0	1	49	0	4	2	56	10,71	7,14
15:30 - 15:45	0	0	55	0	7	3	65	15,38	10,77
15:45 - 16:00	0	0	44	0	3	4	51	13,73	5,88
<b>15:00 - 16:00</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>189</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>221</b>	<b>14,03</b>	<b>7,69</b>
16:00 - 16:15	0	1	55	0	2	4	62	9,68	3,23
16:15 - 16:30	1	0	53	2	1	3	60	10,00	5,00
16:30 - 16:45	0	1	62	3	2	3	71	11,27	7,04
16:45 - 17:00	0	0	48	0	1	3	52	7,69	1,92
<b>16:00 - 17:00</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>218</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>245</b>	<b>9,80</b>	<b>4,49</b>
17:00 - 17:15	0	0	55	1	1	4	61	9,84	3,28
17:15 - 17:30	0	2	57	1	0	3	63	6,35	1,59
17:30 - 17:45	0	0	64	1	2	3	70	8,57	4,29
17:45 - 18:00	0	0	49	1	2	4	56	12,50	5,36
<b>17:00 - 18:00</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>225</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>250</b>	<b>9,20</b>	<b>3,60</b>
18:00 - 18:15	0	0	52	0	0	5	57	8,77	0,00
18:15 - 18:30	0	0	54	0	1	2	57	5,26	1,75
18:30 - 18:45	0	0	43	0	2	4	49	12,24	4,08
18:45 - 19:00	1	1	34	0	0	5	41	12,20	0,00
<b>18:00 - 19:00</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>183</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>16</b>	<b>204</b>	<b>9,31</b>	<b>1,47</b>
<b>15:00 - 19:00</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>815</b>	<b>9</b>	<b>31</b>	<b>57</b>	<b>920</b>	<b>10,54</b>	<b>4,35</b>

abs.Spitzenstd. Uhrzeit	Fahrzeugklasse							Lkw % mit Bus	Lkw % ohne Bus
	Fahrrad	Krad	Pkw	Lkw <= 7,5t	Lkw > 7,5t	Bus	Gesamt		
17:00 - 18:00	0	2	225	4	5	14	250	9,20	3,60

# Verkehrszählung an der Straße "Am Hauptbahnhof" Samstag, den 29.11.2008

10:00 bis 16:00 Uhr

## Verkehrszählung an der Straße "Am Hauptbahnhof"

Samstag, den 29.11.2008 10:00 bis 16:00 Uhr

Fahrtrichtung: zur Essener Straße

Uhrzeit	Fahrzeugklasse							Lkw % mit Bus	Lkw % ohne Bus
	Fahrrad	Krad	Pkw	Lkw <= 7,5t	Lkw > 7,5t	Bus	Gesamt		
10:00 - 10:15	1	1	34	0	2	1	39	7,69	5,13
10:15 - 10:30	1	0	31	1	0	4	37	13,51	2,70
10:30 - 10:45	0	1	49	1	0	1	52	3,85	1,92
10:45 - 11:00	1	0	47	0	1	4	53	9,43	1,89
<b>10:00 - 11:00</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>161</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>181</b>	<b>8,29</b>	<b>2,76</b>
11:00 - 11:15	0	0	55	0	0	1	56	1,79	0,00
11:15 - 11:30	0	0	54	2	0	5	61	11,48	3,28
11:30 - 11:45	0	1	49	0	1	2	53	5,66	1,89
11:45 - 12:00	0	0	68	0	0	3	71	4,23	0,00
<b>11:00 - 12:00</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>226</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>241</b>	<b>5,81</b>	<b>1,24</b>
12:00 - 12:15	0	0	58	1	1	2	62	6,45	3,23
12:15 - 12:30	1	1	45	0	0	4	51	7,84	0,00
12:30 - 12:45	1	0	46	0	0	1	48	2,08	0,00
12:45 - 13:00	0	1	42	1	2	2	48	10,42	6,25
<b>12:00 - 13:00</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>191</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>209</b>	<b>6,70</b>	<b>2,39</b>
13:00 - 13:15	0	0	64	1	0	3	68	5,88	1,47
13:15 - 13:30	0	0	64	0	0	3	67	4,48	0,00
13:30 - 13:45	0	1	50	0	0	2	53	3,77	0,00
13:45 - 14:00	0	1	41	1	0	3	46	8,70	2,17
<b>13:00 - 14:00</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>219</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>234</b>	<b>5,56</b>	<b>0,85</b>
14:00 - 14:15	1	1	70	0	0	2	74	2,70	0,00
14:15 - 14:30	0	1	62	2	0	4	69	8,70	2,90
14:30 - 14:45	0	0	61	2	0	2	65	6,15	3,08
14:45 - 15:00	2	0	71	1	0	3	77	5,19	1,30
<b>14:00 - 15:00</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>264</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>285</b>	<b>5,61</b>	<b>1,75</b>
15:00 - 15:15	0	0	48	1	0	2	51	5,88	1,96
15:15 - 15:30	0	0	57	3	1	3	64	10,94	6,25
15:30 - 15:45	0	0	56	2	1	2	61	8,20	4,92
15:45 - 16:00	1	3	48	3	1	3	59	11,86	6,78
<b>15:00 - 16:00</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>209</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>235</b>	<b>9,36</b>	<b>5,11</b>
<b>10:00 - 16:00</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>1270</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	<b>62</b>	<b>1385</b>	<b>6,787</b>	<b>2,310469</b>

abs.Spitzenstd. Uhrzeit	Fahrzeugklasse							Lkw % mit Bus	Lkw % ohne Bus
	Fahrrad	Krad	Pkw	Lkw <= 7,5t	Lkw > 7,5t	Bus	Gesamt		
14:00 - 15:00	3	2	264	5	0	11	285	5,61	1,75

## Lehmkuhler Straße zwischen Böcklinstraße (West) und Essener Straße (L 631) von Mittwoch, den 02.04.2014 00:00 Uhr bis Mittwoch, den 09.04.2014 00:00 Uhr.

**Lehmkuhler Straße zwischen Böcklinstraße (West) und Essener Straße (L 631)  
von Mittwoch, den 02.04.2014 00:00 Uhr bis Mittwoch, den 09.04.2014 00:00 Uhr  
Richtung + = zur Böcklinstraße / Richtung - = zur Essener Straße  
zulässige Höchstgeschwindigkeit: Tempo 30-Zone**

	Zeitgruppen	Einspurig				Pkw				Lkw bis 7,5t				Lkw ü. 7,5t				Alle Fahrzeugklassen								
		Anzahl	Anteil [%]	Vd km/h	V85 km/h	Anzahl	Anteil [%]	Vd km/h	V85 km/h	Anzahl	Anteil [%]	Vd km/h	V85 km/h	Anzahl	Anteil [%]	Vd km/h	V85 km/h	Anzahl	Anteil [%]	Vd km/h	V85 km/h					
<b>Richtung +</b>	06:00 - 09:00 Uhr	35	3,2	25	36	52	995	91,7	31	37	59	28	2,6	30	34	45	28	2,6	29	32	40	1090	6,0	31	37	59
	15:00 - 19:00 Uhr	70	3,4	17	22	44	1870	90,6	32	39	65	64	3,1	30	37	50	60	2,9	29	35	41	2084	11,4	31	39	65
	22:00 - 06:00 Uhr	35	3,1	18	35	45	1062	94,1	34	42	64	19	1,7	27	32	44	13	1,2	28	33	36	1129	6,2	33	42	64
	06:00 - 22:00 Uhr	214	3,3	20	34	61	5906	90,2	32	39	65	235	3,6	30	37	50	195	3,0	29	34	43	6550	36,1	31	39	65
	Werktagsverkehr:	249	3,2	19	34	61	6968	90,7	32	40	65	254	3,3	30	37	50	208	2,7	29	34	43	7679	42,4	32	39	65
<b>Richtung -</b>	06:00 - 09:00 Uhr	38	2,9	21	35	54	1230	92,7	33	41	62	29	2,2	31	38	41	30	2,3	30	35	38	1327	7,3	32	41	62
	15:00 - 19:00 Uhr	90	2,9	25	38	51	2399	86,3	30	38	67	125	4,5	23	34	57	176	6,3	20	27	39	2780	15,3	29	38	67
	22:00 - 06:00 Uhr	29	3,5	35	44	47	767	93,8	37	44	67	17	2,1	34	40	46	5	0,6	34	40	40	818	4,5	37	44	67
	06:00 - 22:00 Uhr	336	3,5	29	40	63	8688	90,3	33	41	67	323	3,4	29	37	57	275	2,9	23	32	47	9622	53,1	32	40	67
	Werktagsverkehr:	365	3,5	29	40	63	9455	90,6	33	41	67	340	3,3	29	37	57	280	2,7	23	33	47	10440	57,6	33	41	67
<b>Querschnitt</b>	06:00 - 09:00 Uhr	306	3,4	29	40	63	8037	90,0	33	40	67	319	3,6	29	37	57	270	3,0	23	32	47	8932	49,3	32	40	67
	15:00 - 19:00 Uhr	115	3,0	25	37	52	3398	87,8	30	38	67	153	4,0	24	34	57	204	5,3	21	29	40	3870	21,4	29	37	67
	22:00 - 06:00 Uhr	166	3,5	35	44	47	4311	91,8	33	40	65	111	2,4	30	37	50	109	2,3	28	36	44	4697	25,9	33	40	65
	06:00 - 22:00 Uhr	64	3,3	26	39	47	1829	93,9	35	43	67	36	1,8	30	39	46	18	0,9	30	36	40	1947	10,7	35	43	67
	Werktagsverkehr:	550	3,4	25	39	63	14594	90,2	33	40	67	558	3,5	29	37	57	470	2,9	25	33	47	16172	89,3	32	40	67
<b>Gesamt Lkw</b>	06:00 - 09:00 Uhr	614	3,4	25	39	63	16423	90,6	33	40	67	594	3,3	29	37	57	488	2,7	26	33	47	18119	100,0	32	40	67
	15:00 - 19:00 Uhr	517	3,4	25	38	63	13775	90,1	32	40	67	544	3,6	29	37	57	448	2,9	25	33	47	15284	84,4	32	40	67
	22:00 - 06:00 Uhr	97	3,4	28	41	54	2648	93,4	35	42	64	50	1,8	32	39	43	40	1,4	30	35	38	2835	15,6	34	42	64
	06:00 - 22:00 Uhr	357	9,2																							
	Werktagsverkehr:	992	6,5																							

Die Angaben in den Feldern:  
 06:00 - 09:00 Uhr  
 15:00 - 19:00 Uhr  
 22:00 - 06:00 Uhr  
 06:00 - 22:00 Uhr  
 00:00 - 24:00 Uhr

Erläuterungen zu den V - Angaben:  
 vd = Durchschnittliche Geschwindigkeit  
 v85 = 85% der Fahrzeuge fahren nicht schneller als bzw. höchsten die angegebene Geschwindigkeit  
 vmax = Höchste gemessene Geschwindigkeit

sind Werte des **Gesamtverkehrs** = alle Tage des **Zählzeitraumes**  
 Werktagsverkehr: = 00:00 - 24:00 Uhr = Montags bis Freitags soweit im Zählzeitraum vorhanden  
 Wochenendverkehr: = 00:00 - 24:00 Uhr = Samstag und Sonntage soweit im Zählzeitraum vorhanden  
 Folgende Wochentage wurden zum Werktagsverkehr gerechnet: Mittwoch, 02.04.2014 bis Freitag, 04.04.2014  
 Montag, 07.04.2017 und Dienstag, 08.04.2014  
 Folgende Wochentage wurden zum Wochenendverkehr gerechnet: Samstag, 05.04.2014 und Sonntag, 06.04.2014

## Lehmkuhler Straße zwischen Böcklinstraße (West) und Essener Straße (L 631) von Mittwoch, den 02.04.2014 00:00 Uhr bis Mittwoch, den 09.04.2014 00:00 Uhr

**Lehmkuhler Straße zwischen Böcklinstraße (West) und Essener Straße (L 631)  
von Mittwoch, den 02.04.2014 00:00 Uhr bis Mittwoch, den 09.04.2014 00:00 Uhr  
Richtung + = zur Böcklinstraße / Richtung - = zur Essener Straße  
zulässige Höchstgeschwindigkeit: Tempo 30-Zone**

	Zähltag Von - Bis	Anz. Tage	Auswertung der Durchschnittlichen Verkehrsstärken										
			Morgenspitze: 06:00 - 09:00		Nachmittagspitze: 15:00 - 19:00		Nacht: 22:00 - 06:00		Tag: 06:00 - 22:00		DTV 00:00 - 24:00		
			DV [Fz/h]	DV [Fz/3h]	DV [Fz/h]	DV [Fz/4h]	DV [Fz/h]	DV [Fz/8h]	DV [Fz/h]	DV [Fz/16h]	DV [Fz/h]	DV [Fz/24h]	
<b>Gesamt- verkehr</b>	Mitwoch, 02.04.2014 bis Freitag, 04.04.2014	7	+	52	156	74	295	20	161	58	936	46	1097
	Samstag, 05.04.2014 und Sonntag, 06.04.2014		-	132	397	94	376	15	117	86	1375	62	1491
	Montag, 07.04.2017 und Dienstag, 08.04.2014		Q	184	553	168	671	35	278	144	2310	108	2588
<b>Werktags- verkehr</b>	Mitwoch, 02.04.2014 bis Freitag, 04.04.2014	5	+	67	200	83	331	24	196	67	1075	53	1270
	Samstag, 05.04.2014 und Sonntag, 06.04.2014		-	178	534	113	452	16	126	104	1660	74	1786
	Montag, 07.04.2017 und Dienstag, 08.04.2014		Q	245	735	196	783	40	322	171	2735	127	3057
<b>Wochenend- verkehr</b>	Mitwoch, 02.04.2014 bis Freitag, 04.04.2014	2	+	15	44	51	205	9	75	37	589	28	664
	Samstag, 05.04.2014 und Sonntag, 06.04.2014		-	18	54	47	187	12	94	41	660	31	754
	Montag, 07.04.2017 und Dienstag, 08.04.2014		Q	33	98	98	392	21	169	78	1249	59	1418

Erläuterungen:  
 Gesamtverkehr: alle Tage des Zählzeitraumes  
 Werktagsverkehr: alle Tage des Zählzeitraumes  
 Folgende Wochentage wurden zum Werktagsverkehr gerechnet: Mittwoch, 02.04.2014 bis Freitag, 04.04.2014  
 Montag, 07.04.2017 und Dienstag, 08.04.2014  
 Wochenendverkehr: alle Tage des Zählzeitraumes  
 Folgende Wochentage wurden zum Wochenendverkehr gerechnet: Samstag, 05.04.2014 und Sonntag, 06.04.2014

**DTV = Durchschnittliche Tagliche Verkehrsstärke = Maßgebliche Werte zur weiteren Verwendung, z.Bsp. Berechnung des Verkehrslärms**  
 DV = Durchschnittliche Verkehrsstärke  
 Fz/h = Fahrzeuge in der Stunde; bzw. in 3; 4; 8; 16 oder 24 Stunden  
 Richtung = Fahrtrichtung  
 Q = Gesamtquerschnitt der Fahrbahnen (Addition der Fahrtrichtungen)

## Lehmkuhler Straße zwischen Böcklinstraße (West) und Essener Straße (L 631) von Mittwoch, den 02.04.2014 00:00 Uhr bis Mittwoch, den 09.04.2014 00:00 Uhr

Lehmkuhler Straße zwischen Böcklinstraße (West) und Essener Straße (L 631)  
von Mittwoch, den 02.04.2014 00:00 Uhr bis Mittwoch, den 09.04.2014 00:00 Uhr  
Richtung + = zur Böcklinstraße / Richtung - = zur Essener Straße  
Zulässige Höchstgeschwindigkeit: Tempo 30-Zone  
Alle Fahrzeugklassen

	Zähltag Von - Bis	Anz. Tage	Richtung	Auswertung der Spitzenstunden				Auswertung der K - Faktoren		
				Aus Mittelwerten		Absolut		K ( I )		K ( 200 )
				Uhrzeit	[Fz/h]	Datum, Uhrzeit	[Fz/h]	06:00 - 09:00	06:00 - 22:00	absolute Spitzenstunde
Gesamt- verkehr	Mittwoch, 02.04.2014 bis Freitag, 04.04.2014	7	+	05:15	104	03.04.2014, 05:00	144	0,411	0,853	0,131
	Samstag, 05.04.2014 und Sonntag, 06.04.2014		-	06:45	167	03.04.2014, 06:45	248	0,518	0,922	0,166
	Montag, 07.04.2014 und Dienstag, 08.04.2014		Q	06:30	219	02.04.2014, 06:45	318	0,473	0,893	0,123
Werktags- verkehr	Mittwoch, 02.04.2014 bis Freitag, 04.04.2014	5	+	05:15	135	03.04.2014, 05:00	144	0,418	0,846	0,113
	Samstag, 05.04.2014 und Sonntag, 06.04.2014		-	06:45	228	03.04.2014, 06:45	248	0,552	0,929	0,139
	Montag, 07.04.2014 und Dienstag, 08.04.2014		Q	06:30	295	02.04.2014, 06:45	318	0,496	0,895	0,104
Wochenend- verkehr	Samstag, 05.04.2014 und Sonntag, 06.04.2014	2	+	16:45	58	05.04.2014, 11:45	72	0,375	0,887	0,109
	Montag, 07.04.2014 und Dienstag, 08.04.2014		-	11:30	68	05.04.2014, 11:30	99	0,320	0,875	0,131
	Mittwoch, 02.04.2014 bis Freitag, 04.04.2014		Q	14:30	116	05.04.2014, 11:45	169	0,346	0,881	0,119

**Erläuterungen:**

Gesamtverkehr: alle Tage des Zählzeitraumes

Werktagsverkehr:

Folgende Wochentage wurden zum Werktagsverkehr gerechnet: Mittwoch, 02.04.2014 bis Freitag, 04.04.2014  
Montag, 07.04.2014 und Dienstag, 08.04.2014

Wochenendverkehr:

Folgende Wochentage wurden zum Wochenendverkehr gerechnet: Samstag, 05.04.2014 und Sonntag, 06.04.2014

**Absolute Spitzenstunde = Maßgebliche Werte zur weiteren Verwendung, z. Bsp. Leistungsfähigkeitsberechnungen**

K - Faktoren:

K ( I ) -Faktor: Fahrzeuge im Zeitraum  $\{[1 = (06:00 - 09:00)] + [2 = (15:00 - 19:00)]\} / \text{DTV}$

K ( J ) -Faktor: Fahrzeuge im Zeitraum  $(06:00 - 22:00 (\text{Tag})) / \text{DTV}$

K ( 200 ) -Faktor: Fahrzeuge in der absoluten Spitzenstunde / DTV

Richtung: = Fahrtrichtung

Q: = Gesamtquerschnitt der Fahrbahnen (Addition der Fahrtrichtungen)

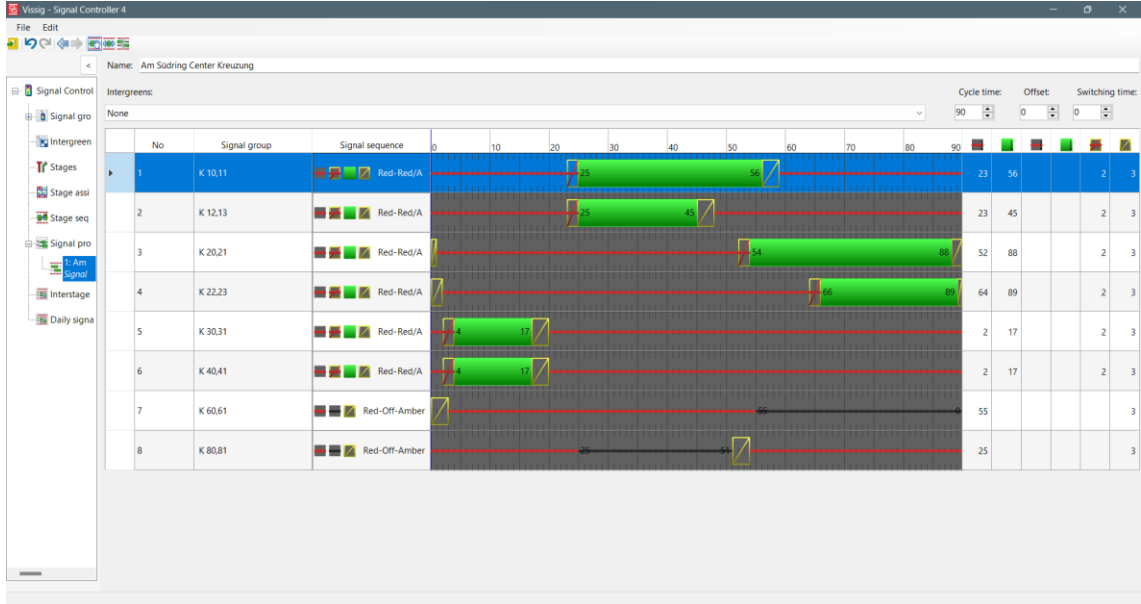
DTV: = Durchschnittliche Tägliche Verkehrsstärke

Fz/h: = Fahrzeuge in der Stunde

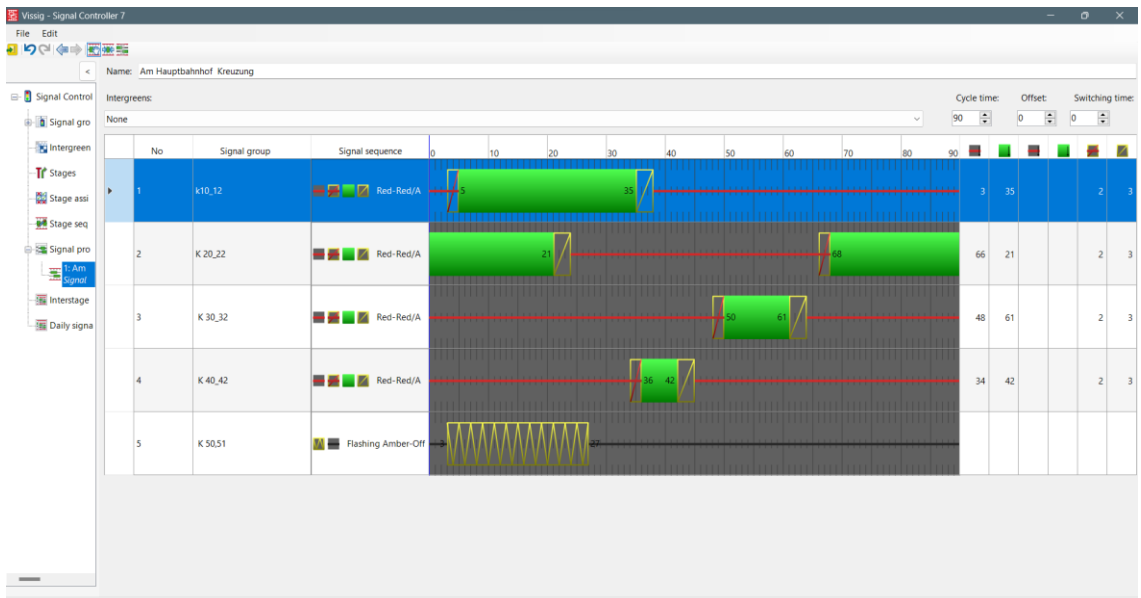
### 3. Neue Signalsteuerungspläne

- Morgenspitze

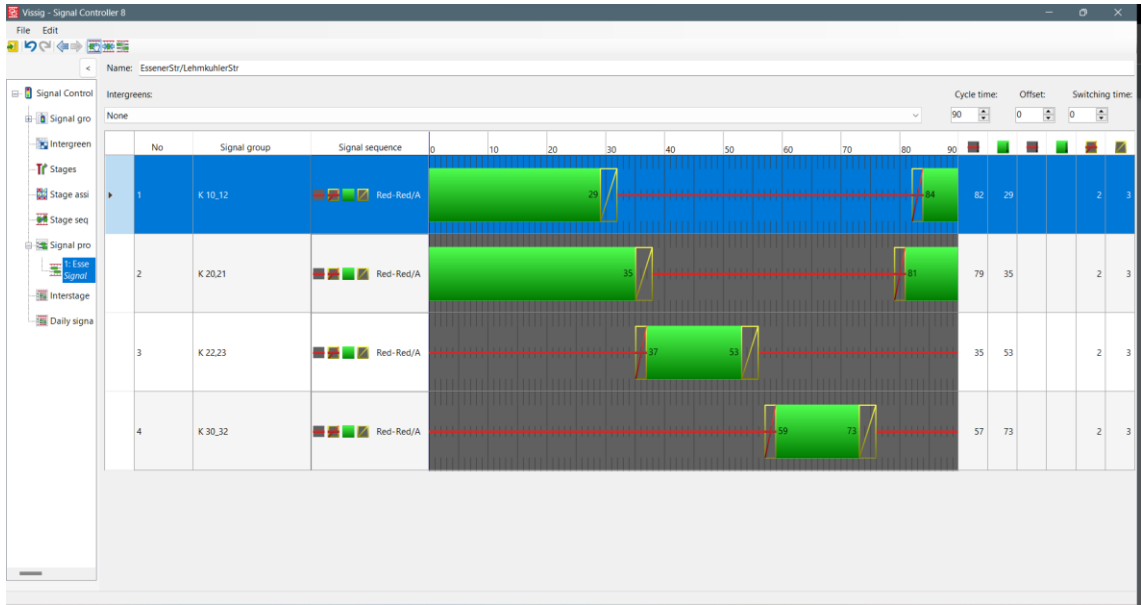
#### 1. Am Südring Center Kreuzung



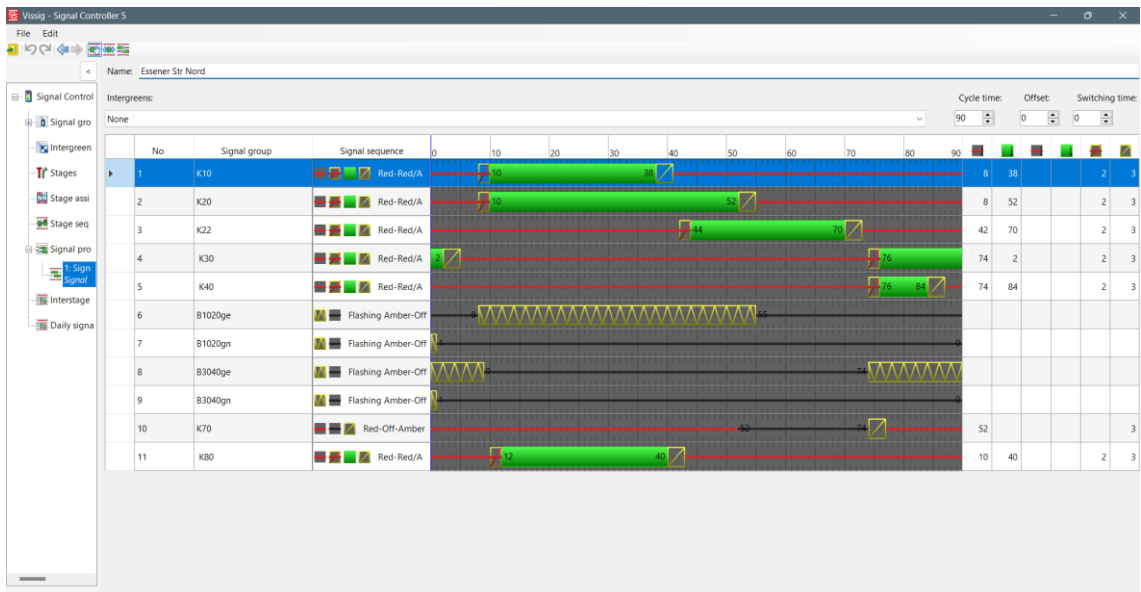
#### 2. Am Hauptbahnhof Kreuzung



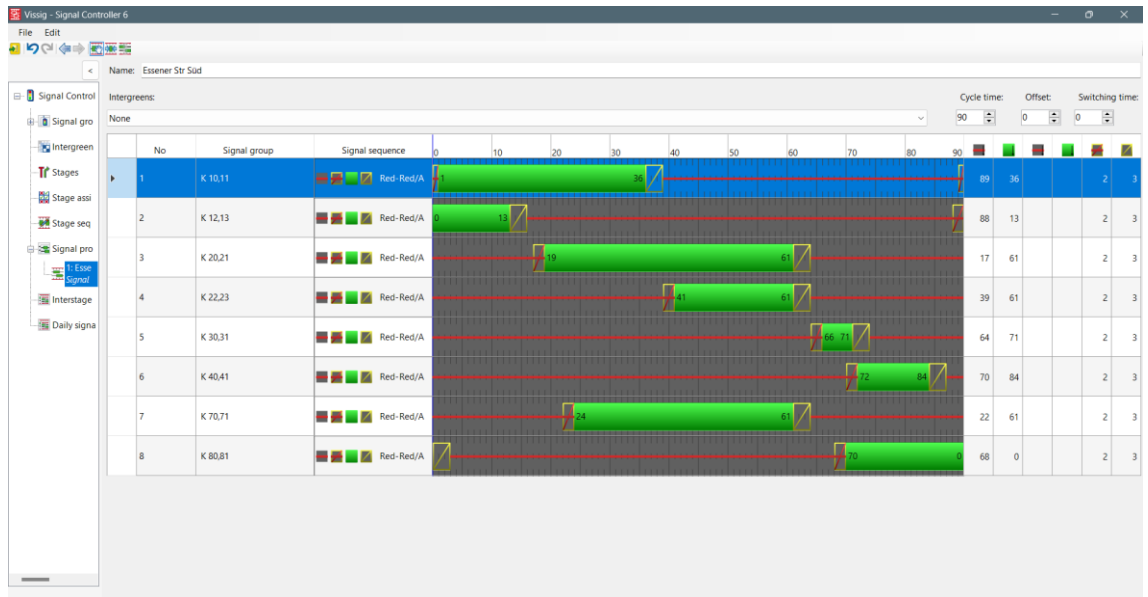
### 3. Essener LehmkuhlerStr



### 4. AS Essener Str Nord

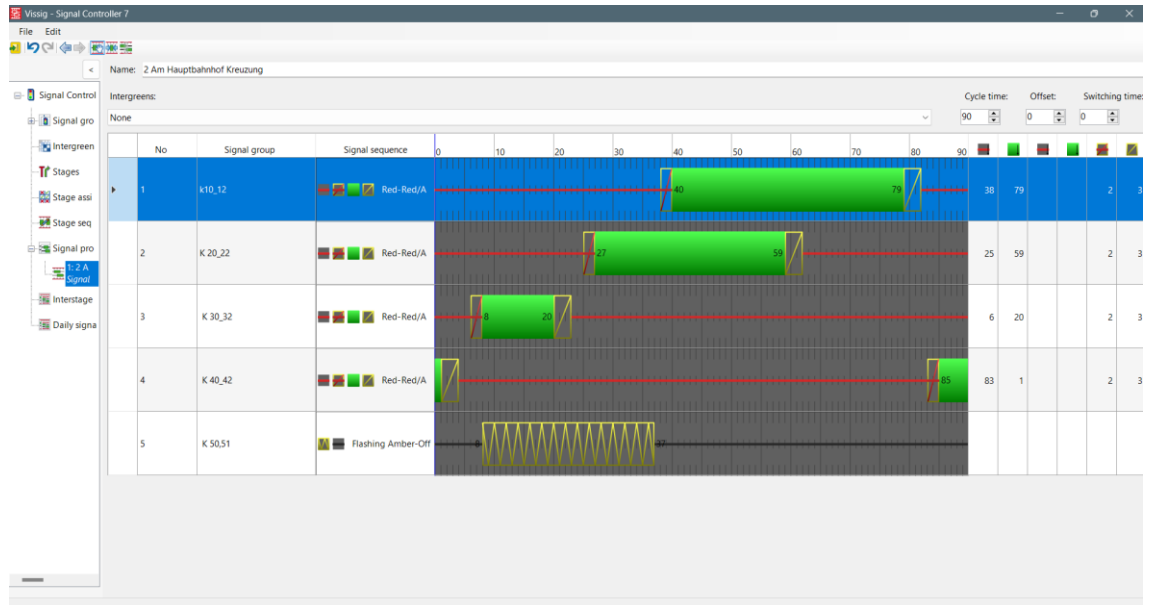


## 5. AS Essener Str Süd

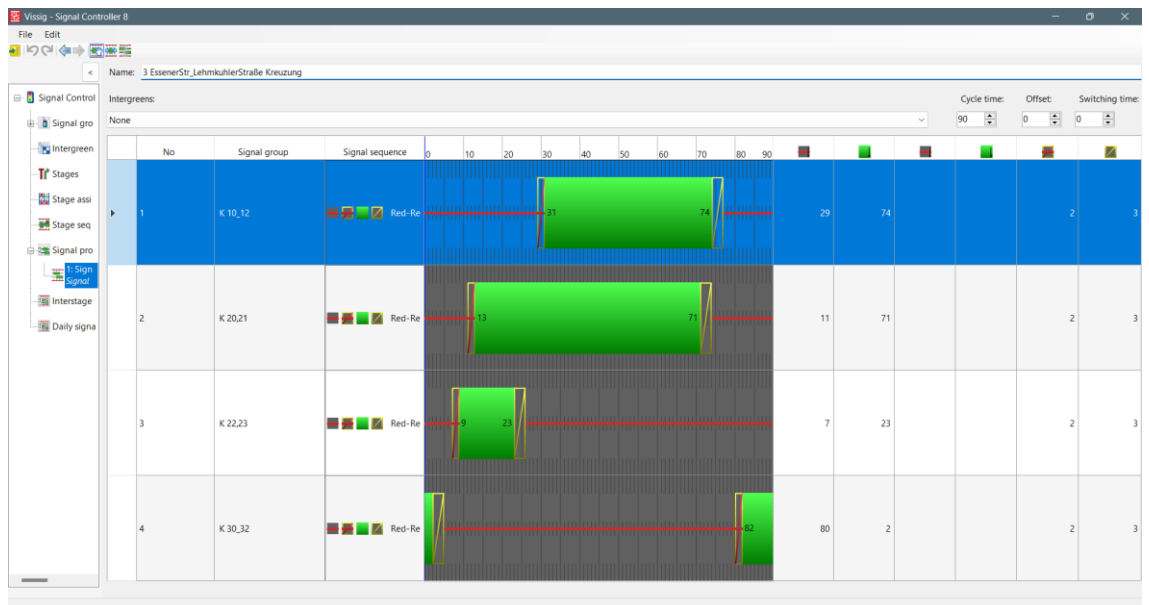


- **Abendspitze**

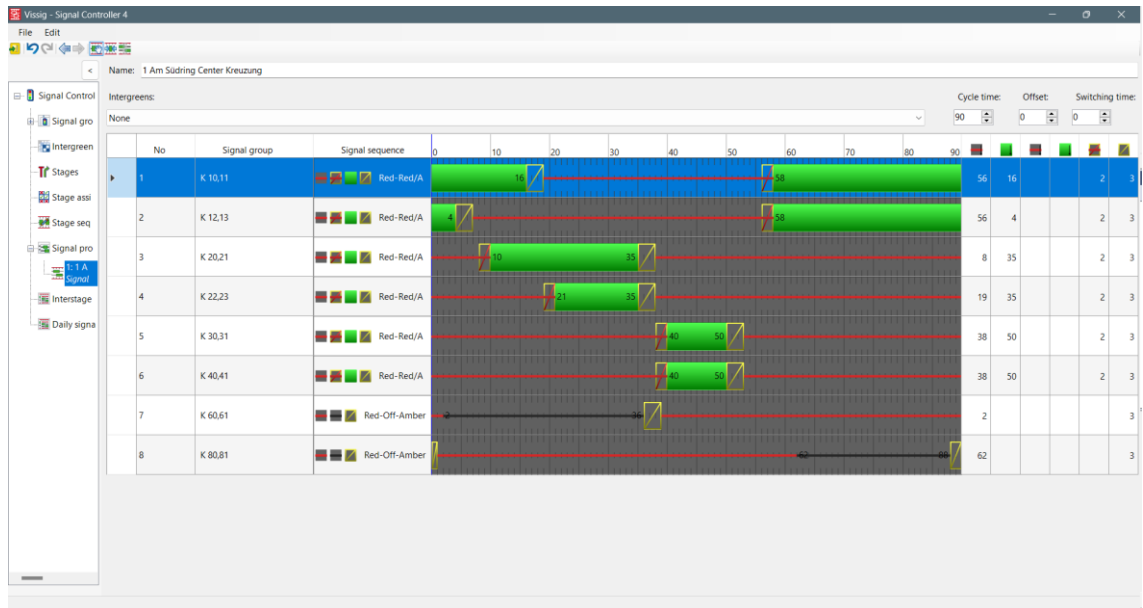
### 1. Am Südring Center neuer Plan



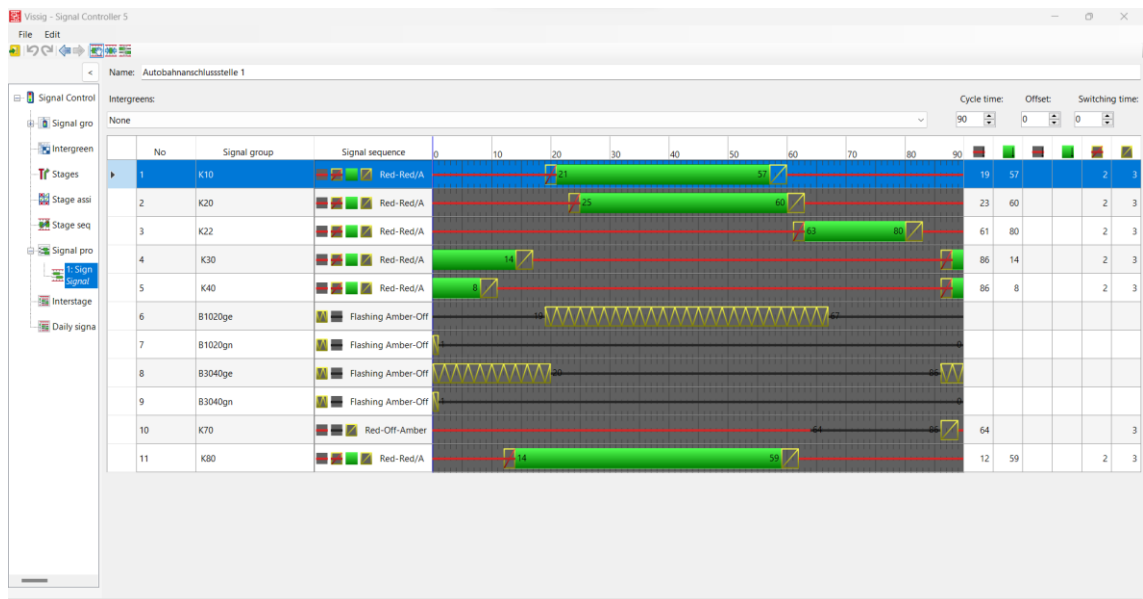
### 2. Am Hauptbahnhof Kreuzung



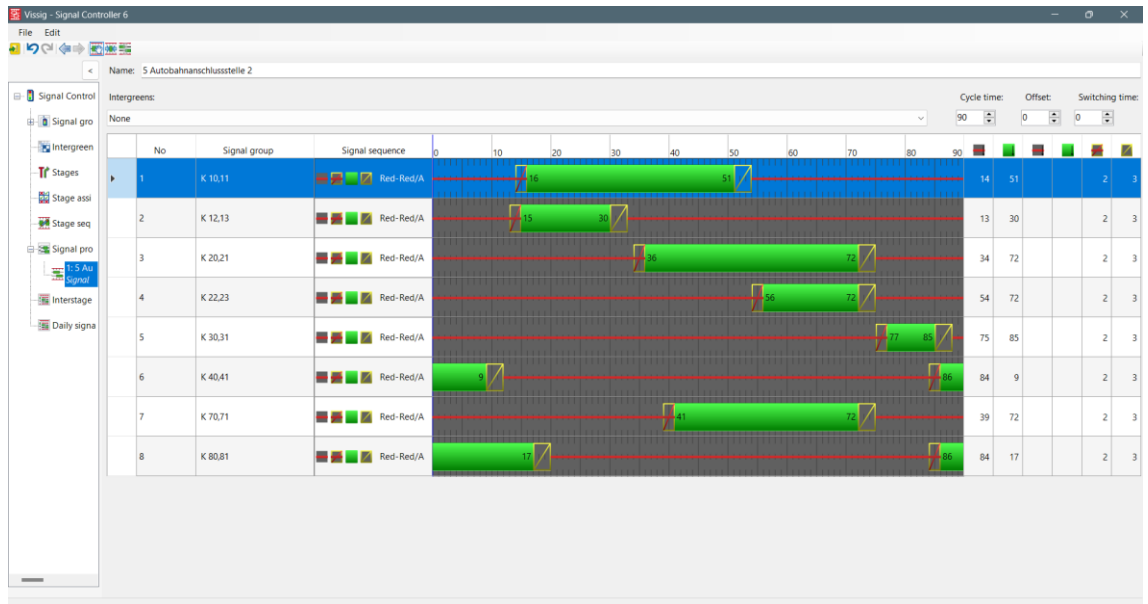
### 3. EssenerStr\_LehmkuhlerStraße Kreuzung



### 4. AS Essener Str Nord



## 5. AS Essener Str SÜD



## 4. Änderung der Pläne

### Modifikationen im Plan der Signalsteuerung erfolgen wie nachfolgend beschrieben

Eine systematische Darstellung der Modifikationen in den Ampelschaltintervallen an diversen Verkehrsknotenpunkten wird durch die untenstehende Tabelle geboten. Detaillierte Informationen zu den spezifischen Ampelschaltphasen (Rot-Gelb, Grün, Gelb) für die genannten Kreuzungsstandorte werden von ihr geliefert. Die Zeitspannen vor und nach den durchgeführten Anpassungen werden zudem aufgezeigt, um die vorgenommenen Änderungen zu verdeutlichen.

#### 4.1. Morgenspitze

Kreuzung	Kreuzungs-Koordinaten	Zuvor	Im Moment
Südring Center	K10, K11	Rot-Gelb: 23-25, Grün: 25-61, Gelb: 61-64	Rot-Gelb: 23-25, Grün: 25-56, Gelb: 56- 59
Südring Center	K12, K13	Rot-Gelb: 23-25, Grün: 25-50, Gelb: 50-53	Rot-Gelb: 23-25, Grün: 25-45, Gelb: 45- 48
Südring Center	K20, K21	Rot-Gelb: 54-56, Grün: 56-88, Gelb: 88-1	Rot-Gelb: 50-52, Grün: 52-88, Gelb: 88- 1
Hauptbahnhof	K20, K22	Rot-Gelb: 71-73, Grün: 73-21, Gelb: 21-24	Rot-Gelb: 66-68, Grün: 68-21, Gelb: 21- 24
Hauptbahnhof	K30, K32	Rot-Gelb: 52-54, Grün: 54-66, Gelb: 66-69	Rot-Gelb: 48-50, Grün: 50-61, Gelb: 61- 64
Hauptbahnhof	K40, K42	Rot-Gelb: 39-41, Grün: 41-47, Gelb: 47-50	Rot-Gelb: 34-36, Grün: 36-42, Gelb: 42- 45
Essener Str. / Lehmkuhler Str.	-	Gleichgeblieben	Gleichgeblieben

AS Bottrop-Süd/ L631 Nord	K20	Rot-Gelb: 8-10, Grün: 10-48, Gelb: 48-51	Rot-Gelb: 8-10, Grün: 10-52, Gelb: 52-55
AS Bottrop-Süd/ L631 Nord	K22	Rot-Gelb: 42-44, Grün: 44-68, Gelb: 68-71	Rot-Gelb: 42-44, Grün: 44-70, Gelb: 70-73
AS Bottrop-Süd/ L631 Süd	K20, K21	Rot-Gelb: 17-19, Grün: 19-58, Gelb: 58-61	Rot-Gelb: 17-19, Grün: 19-61, Gelb: 61-64
AS Bottrop-Süd/ L631 Süd	K22, K23	Rot-Gelb: 39-41, Grün: 41-58, Gelb: 58-61	Rot-Gelb: 39-41, Grün: 41-61, Gelb: 61-64
AS Bottrop-Süd/ L631 Süd	K30, K31	Rot-Gelb: 61-63, Grün: 63-69, Gelb: 69-72	Rot-Gelb: 64-66, Grün: 66-71, Gelb: 71-74
AS Bottrop-Süd/ L631 Süd	K40, K41	Rot-Gelb: 68-70, Grün: 70-84, Gelb: 84-87	Rot-Gelb: 70-72, Grün: 72-84, Gelb: 84-87
AS Bottrop-Süd/ L631 Süd	K70, K71	Rot-Gelb: 22-24, Grün: 24-58, Gelb: 58-61	Rot-Gelb: 22-24, Grün: 24-61, Gelb: 61-64

*Tabelle: Modifikationen der Signalphasendauern an diversen Verkehrsknotenpunkten*

## 4.2. Abendspitze

<b>Kreuzung</b>	<b>Kreuzungs-Koordinaten</b>	<b>Zuvor</b>	<b>Im Moment</b>
Südring Center	K10, K11	Rot-Gelb: 60-62, Grün: 62-16, Gelb: 16-19	Rot-Gelb: 56-58, Grün: 58-16, Gelb: 16-19
Südring Center	K12, K13	Rot-Gelb: 60-62, Grün: 62-87, Gelb: 87-90	Rot-Gelb: 56-58, Grün: 58-4, Gelb: 4-7
Südring Center	K20, K21	Rot-Gelb: 1-3, Grün: 3-34, Gelb: 34-37	Rot-Gelb: 8-10, Grün: 10-35, Gelb: 35-38
Hauptbahnhof	-	Gleichgeblieben	Gleichgeblieben
Essener Str. / Lehmkuhler Str.	-	Gleichgeblieben	Gleichgeblieben
AS Bottrop- Süd/ L631 Nord	K80	Rot-Gelb: 19-21, Grün: 21-59, Gelb: 59-62	Rot-Gelb: 12-14, Grün: 14-59, Gelb: 59-62
AS Bottrop- Süd/ L631 Süd	-	Gleichgeblieben	Gleichgeblieben

## 5. Detaillierte Untersuchungsergebnisse

- **Morgenspitze**

### Ist Zustand

1. Essener Straße Nord Center

Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
15,08	6	65,65	2396,60	466,29	555,43

2. Essener Straße Nord Center 2

Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
391,061	6	80,42	4150,82	807,59	961,99

3. Essener Straße Nord Bahnhof

Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
63,40	3	17,55	1437,98	279,77	333,26

4. Essener Straße AS Nord

Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
167,06	4	29,38	2375,13	462,11	550,45

5. Essener Straße AS Süd

Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
146	4	29,7433	1978,1	384,866	454,44

## Geschwindigkeit 40 km/h

### 1. Essener Straße Nord Center

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-zustand	15,08	6	65,65	2396,60	466,29	555,43
40 km/H	13,17	6	78,88	2248,77	437,52	521,17

### 2. Essener Straße Nord Center 2

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-zustand	391,06	6	80,42	4150,82	807,59	961,99
40 km/H	390,96	6	83,61	3587,79	698,05	831,50

### 3. Essener Straße Nord Bahnhof

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-zustand	63,40	3	17,55	1437,98	279,77	333,26
40 km/H	62,88	3	17,87	1354,80	263,59	313,98

### 4. Essener Straße AS Nord

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-zustand	167,06	4	29,38	2375,13	462,11	550,45
40 km/H	173,08	4	34,58	2364,50	460,04	547,99

### 5. Essener Straße AS Süd

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-zustand	132,38	5	36,45	1229,91	239,29	285,04
40 km/H	253,95	4	33,86	1958,41	381,03	453,88

### **Insgesamt:**

	<b>VehDelay</b>	<b>CO</b>	<b>Nox</b>	<b>VOC</b>
<b>Ist-zustand</b>	<b>229,47</b>	<b>11590,46</b>	<b>2255,08</b>	<b>2686,20</b>
<b>40 km/h</b>	<b>248,81</b>	<b>10514,30</b>	<b>2240,26</b>	<b>2668,55</b>

Kategorie	Ist-Zustand	40 km/h	Prozentuale Änderung
VehDelay	229,4	248,81	8,43 %
CO	11590,46	10514,30	-9,29 %
Nox	2255,08	2240,26	-0,66 %
VOC	2686,20	2668,55	-0,66 %

### Geschwindigkeit 60 km/h

#### 1. Essener Straße Nord Center

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-zustand	15,08	6	65,65	2396,60	466,29	555,43
60 km/h	7,12	3	22,33	1080,66	210,25	250,45

#### 2. Essener Straße Nord Center 2

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-zustand	391,06	6	80,42	4150,82	807,59	961,99
60 km/h	346,28	5	56,76	3761,62	731,87	871,79

#### 3. Essener Straße Nord Bahnhof

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-zustand	63,40	3	17,55	1437,98	279,77	333,26
60 km/h	59,485	3	16,157	1463,49	284,74	339,17

#### 4. Essener Straße AS Nord

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-zustand	167,06	4	29,38	2375,13	462,11	550,45
60 km/h	162,86	4	34,87	3136,59	610,26	726,93

#### 5. Essener Straße AS Süd

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-zustand	132,38	5	36,45	1229,91	239,29	285,04
60 km/h	169,33	5	36,11	2628,73	511,45	609,23

**Insgesamt:**

Kategorie	Ist-Zustand	60 km/h	Prozentuale Änderung
VehDelay	229,47	166,25	-27,53 %
CO	11590,46	12071,11	+4,15 %
Nox	2255,08	2348,59	+4,15 %
VOC	2686,20	2797,59	+4,15 %

**Beobachtete Ergebnisse nach der Skalierung unter variablen Geschwindigkeiten****Ausbau & 60-km/h**

## 1. Essener Straße Nord Center

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	15,08	6	65,65	2396,60	466,29	555,43
60-km-h	7,11	3	20,35	987,78	192,18	228,92

## 2. Essener Straße Nord Center 2

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	391,06	6	80,42	4150,82	807,59	961,99
60-km-h	74,19	3	22,16	1747,24	339,95	404,94

## 3. Essener Straße Nord Bahnhof

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	63,4	3	17,55	1437,98	279,77	333,26
60-km-h	61,79	1	6,75	900,03	175,11	208,59

## 4. Essener Straße AS Nord

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	167,06	4	29,38	2375,13	462,11	550,45
60-km-h	46,1	3	18,67	1960,31	381,40	454,32

## 5. Essener Straße AS Süd

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	146	4	29,74	1978,1	384,86	454,44
60-km-h	160,66	6	57,14	4838,1	941,31	1121,27

### Insgesamt:

Kategorie	Ist-Zustand	60km-Zustand	Differenz in Prozent
VehDelay	222,76	125,11	-43,83%
CO	12338,64	10433,49	-15,45%
NOx	2400,65	2029,97	-15,44%
VOC	2855,59	2418,06	-15,31%

### Ausbau & 40-km/h

#### 1. Essener Straße Nord Center

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	15,08	6	65,65	2396,60	466,29	555,43
40-km-h	6,96	3	19,54	799,27	155,50	185,23

#### 2. Essener Straße Nord Center 2

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	391,06	6	80,42	4150,82	807,59	961,99
40-km-h	102,53	3	20,11	1488,39	289,58	344,94

#### 3. Essener Straße Nord Bahnhof

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	63,4	3	17,55	1437,98	279,77	333,26
40-km-h	63,78	1	6,58	929,44	180,83	215,40

#### 4. Essener Straße AS Nord

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	167,06	4	29,38	2375,13	462,11	550,45
40-km-h	73,77	3	21,87	1970,63	383,41	456,71

#### 5. Essener Straße AS Süd

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	146	4	29,74	1978,1	384,86	454,44
40-km-h	162,02	5	43,99	2737,85	532,68	634,52

#### **Insgesamt:**

Kategorie	Ist-Zustand	40km-Zustand	Differenz in Prozent
VehDelay	222,76	112,11	-49,65%
CO	12338,64	7925,6	-35,77%
NOx	2400,65	1542,03	-35,77%
VOC	2855,59	1836,83	-35,62%

#### **Ausbau & 50-km/h**

##### 1. Essener Straße Nord Center

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	15,08	6	65,65	2396,6	466,29	555,43
50-km-h	7,14	3	19,9	878,58	170,94	203,62

##### 2. Essener Straße Nord Center 2

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	391,06	6	80,42	4150,82	807,59	961,9
50-km-h	63,80	3	20,84	1583,28	308,05	366,94

### 3. Essener Straße Nord Bahnhof

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	63,40	3	17,55	1437,98	279,77	333,26
50-km-h	61,76	1	5,97	868,89	169,05	201,37

### 4. Essener Straße AS Nord

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	167,06	4	29,38	2375,13	462,11	550,45
	62,85	3	19,78	1962,49	381,82	454,82

### 5. Essener Straße AS Süd

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	146	4	29,74	1978,1	384,86	454,44
50-km-h	154,01	5	39,34	2787,57	542,36	646,04

### Insgesamt:

Kategorie	Ist-Zustand	50 km-Zustand	Differenz in Prozent
VehDelay	222,76	105,86	-52,46%
CO	12338,64	8080,84	-34,51%
NOx	2400,65	1572,23	-34,51%
VOC	2855,59	1872,81	-34,4%

**Auswertungen: Neue Signalsteuerungsstrategie unter Nutzung der bestehenden Infrastruktur und variierenden Geschwindigkeiten:**

**60-km/h**

1. Essener Straße Nord Center

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	15,08	6	65,65	2396,6	466,29	555,43
60-km-h	14,2	5	37,16	1766,4	343,67	409,38

2. Essener Straße Nord Center 2

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	391,06	6	80,42	4150,82	807,59	961,99
60-km-h	389	5	68,39	4549,79	885,22	1054

3. Essener Straße Nord Bahnhof

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	63,40	3	17,55	1437,98	279,77	333,26
60-km-h	63,21	3	22,13	1913,29	372,25	443,42

4. Essener Straße AS Nord

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	167,06	4	29,38	2375,13	462,11	550,45
60-km-h	172,2	4	26,05	2436,8	474,11	564,75

5. Essener Straße AS Süd

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	146	4	29,74	1978,1	384,86	454,44
60-km-h	149,51	4	30,90	2233,01	434,46	517,52

**Insgesamt:**

Kategorie	Ist-Zustand	60km-Zustand	Differenz in Prozent
VehDelay	222,76	184,65	-17.11 %
CO	12338,64	12,899,31	4.54 %
NOx	2400,65	2,509,73	4.54 %
VOC	2855,59	2,989,08	4.68 %

**50-km/h**

## 1. Essener Straße Nord Center

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	15,08	6	65,65	2396,6	466,29	555,43
<b>50-km-h</b>	12,22	4	29,25	1257,24	244,61	291,37

## 2. Essener Straße Nord Center 2

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	391,06	6	80,42	4150,82	807,59	961,99
<b>50-km-h</b>	389	5	62,6	3685,34	717,03	854,11

## 3. Essener Straße Nord Bahnhof

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	63,4	3	17,55	1437,98	279,77	333,26
<b>50-km-h</b>	63,35	3	20,17	1668,53	324,63	386,69

## 4. Essener Straße AS Nord

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	167,06	4	29,38	2375,13	462,11	550,45
<b>50-km-h</b>	175	4	27,17	2316,47	450,7	536,86

## 5. Essener Straße AS Süd

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	146	4	29,74	1978,1	384,86	454,44
50-km-h	248,45	4	32,55	2203,94	428,8	510,78

### Insgesamt:

Kategorie	Ist-Zustand	50-km-Zustand	Differenz in Prozent
VehDelay	222,76	171,77	-22,87 %
CO	12338,64	11131,54	-9,79 %
NOx	2400,65	2165,79	-9,78 %
VOC	2855,59	2579,84	-9,66 %

## 40-km/h

### 1. Essener Straße Nord Center

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	15,08	6	65,65	2396,6	466,29	555,43
40-km-h	15	6	82,54	2318,27	451,05	537,28

### 2. Essener Straße Nord Center 2

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	391,06	6	80,42	4150,82	807,59	961,99
40-km-h	391,08	6	87,18	3803,94	740,11	881,6

### 3. Essener Straße Nord Bahnhof

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	63,4	3	17,55	1437,98	279,77	333,26
40-km-h	68,85	3	23,52	1668,32	324,59	386,64

### 4. Essener Straße AS Nord

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	167,06	4	29,38	2375,13	462,11	550,45
40-km-h	122,18	3	24,76	1901,54	369,97	440,7

### 5. Essener Straße AS Süd

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	146	4	29,74	1978,1	384,86	454,44
40km-h	34,22	4	26,08	1612,18	313,67	373,63

### **Insgesamt:**

<b>Kategorie</b>	<b>Ist-Zustand</b>	<b>40-km-Zustand</b>	<b>Differenz in Prozent</b>
VehDelay	222,76	244,11	9,59 %
CO	12338,64	11304,28	-8,39 %
NOx	2400,65	2199,40	-8,38 %
VOC	2855,59	2619,87	-8,26 %

## Implementierung eines neuen Signalsteuerungsplans nach der Erweiterung der Infrastruktur mit variablen Geschwindigkeiten

### 60-km/h

#### 1. Essener Straße Nord Center

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	15,085124	6	65,65	2396,6	466,29	555,43
60-km-h	11,2	3	18,89	948,67	184,57	219,86

#### 2. Essener Straße Nord Center 2

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	391,06	6	80,42	4150,82	807,59	961,99
60-km-h	53,1	2	19,46	1671,47	325,2	387,37

#### 3. Essener Straße Nord Bahnhof

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	63,4	3	17,55	1437,98	279,77	333,26
60-km-h	64,56	1	9,11	1023,15	199,06	237,12

#### 4. Essener Straße AS Nord

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	167,06	4	29,38	2375,13	462,11	550,45
60-km-h	56,58	3	19,06	2062,19	401,22	477,93

#### 5. Essener Straße AS Süd

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	146	4	29,74	1978,1	384,86	454,44
60-km-h	74,35	5	37,67	3124,08	607,83	724,03

**Insgesamt:**

<b>Kategorie</b>	<b>Ist-Zustand</b>	<b>60km-Zustand</b>	<b>Differenz in Prozent</b>
VehDelay	222,76	104,21	-53,16%
CO	12338,64	8829,57	-28,43%
NOx	2400,65	1717,91	-28,44%
VOC	2855,59	2046,33	-28,34%

## Kontrolle der Verkehrssignale unter Einbeziehung der neu installierten Infrastruktur

### 50-km/h

#### 1. Essener Straße Nord Center

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	15,08	6	65,65	2396,6	466,29	555,43
<b>50-km-h</b>	7,14	3	18,52	844,68	164,34	195,76

#### 2. Essener Straße Nord Center 2

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	391,06	6	80,42	4150,82	807,59	961,99
<b>50-km-h</b>	62,28	2	18,56	1529,47	297,58	354,47

#### 3. Essener Straße Nord Bahnhof

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	63,4	3	17,55	1437,98	279,77	333,26
<b>50-km-h</b>	64,32	1	8,24	991,26	192,86	229,73

#### 4. Essener Straße AS Nord

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	167,06	4	29,38	2375,13	462,11	550,45
<b>50-km-h</b>	66,39	3	18,8	1927,73	375,06	446,77

#### 5. Essener Straße AS Süd

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	146	4	29,74	1978,1	384,86	454,44
<b>50-km-h</b>	111,54	5	39,86	2850,31	554,56	660,58

**Insgesamt:**

<b>Kategorie</b>	<b>Ist-Zustand</b>	<b>50-km-Zustand</b>	<b>Differenz in Prozent</b>
VehDelay	222,76	103,99	-53,29%
CO	12338,64	8143,48	-34,01%
NOx	2400,65	1584,42	-33,99%
VOC	2855,59	1887,33	-33,90%

## 40-km/h

### 1. Essener Straße Nord Center

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	15,08	6	65,65	2396,6	466,29	555,43
<b>40-km-h</b>	6,96	3	18,11	767,94	149,41	177,97

### 2. Essener Straße Nord Center 2

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	391,06	6	80,42	4150,82	807,59	961,99
<b>40-km-h</b>	54,59	2	17,82	1426,05	277,45	330,5

### 3. Essener Straße Nord Bahnhof

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	63,4	3	17,55	1437,98	279,77	333,26
<b>40-km-h</b>	62,76	1	7,23	954,13	185,63	221,12

### 4. Essener Straße AS Nord

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	167,06	4	29,38	2375,13	462,11	550,45
<b>40-km-h</b>	66	3	16,68	1693,25	329,44	392,42

### 5. Essener Straße AS Süd

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	146	4	29,74	1978,1	384,86	454,44
<b>40-km-h</b>	107	4	34,3	2165,08	421,24	501,77

**Insgesamt:**

<b>Kategorie</b>	<b>Ist-Zustand</b>	<b>40-km-Zustand</b>	<b>Differenz in Prozent</b>
VehDelay	222,76	94,15	-57,72%
CO	12338,64	7006,47	-43,22%
NOx	2400,65	1363,19	-43,21%
VOC	2855,59	1623,81	-43,13%

- **Abendspitze**

**Ist Zustand**

1. Essener Straße Süd Center

Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
15,085124	2	12,2	647,73	126,02	150,11

2. Essener Straße Süd Center 2

Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
276	6	173,72	7089,32	1379,32	1643,01

3. Essener Straße Süd Bahnhof

Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
173,01	4	52,24	2524,35	491,14	585,04

4. Essener Straße AS Nord

Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
457,97	6	138,06	6347,60	1235,01	1471,11

5. Essener Straße AS Süd

Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
316,01	6	123,86	5341,42	1039,24	1237,92

## Untersuchung der Geschwindigkeit 40 km/h & 60 km/h

### Geschwindigkeit 40 km/h

#### 1. Essener Straße Süd Center

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	15,085124	2	12,2	647,73	126,02	150,11
40 km/h	14,02	2	12,27	594,89	115,74	137,87

#### 2. Essener Straße Süd Center 2

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	276	6	173,72	7089,32	1379,32	1643,01
40 km/h	271,99	6	199,47	6449,28	1254,79	1494,68

#### 3. Essener Straße Süd Bahnhof

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	173	4	52,24	2524,35	491,14	585,04
40 km/h	176,81	5	61,10	2340,56	455,38	542,44

#### 4. Essener Straße AS Nord

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	457,97	6	138,06	6347,60	1235,01	1471,11
40 km/h	463,42	6	178,03	6314,56	1228,58	1463,46

#### 5. Essener Straße AS Süd

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	316,01	6	123,86	5341,42	1039,24	1237,92
40 km/h	320,13	6	128,25	4554,20	886,08	1055,48

**Insgesamt:**

<b>Kategorie</b>	<b>Ist-Zustand</b>	<b>40 km/h</b>	<b>Prozentuale Änderung</b>
VehDelay	500,08	579,12	15,81%
CO	21950,42	20253,49	7,73%
Nox	4270,73	3940,57	7,73%
VOC	5087,19	4693,93	7,73%

## Geschwindigkeit 60 km/h

### 1. Essener Straße Süd Center

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	15,085124	2	12,2	647,73	126,02	150,11
60 km/h	14,22	2	11,92	713,77	138,87	165,42

### 2. Essener Straße Süd Center 2

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	276	6	173,72	7089,32	1379,32	1643,01
60 km/h	276,76	6	163,66	7922,45	1541,42	1836,10

### 3. Essener Straße Süd Bahnhof

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	173	4	52,24	2524,35	491,14	585,04
60 km/h	176,01	4	51,18	2971,19	578,08	688,60

### 4. Essener Straße AS Nord

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	457,97	6	138,06	6347,60	1235,01	1471,11
60 km/h	458	6	136,47	7703	1498,81	1785,35

### 5. Essener Straße AS Süd

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	316,01	6	123,86	5341,42	1039,24	1237,92
60 km/h	190	6	113,20	6162,88	1199,07	1428,30

**Insgesamt:**

Kategorie	Ist-Zustand	60 km/h	Prozentuale Änderung
VehDelay	500,08	476,43	-4,73%
CO	21950,42	25473,29	16,04%
Nox	4270,73	4956,25	16,04%
VOC	5087,19	5903,77	16,04%

## Ergebnisse mit neuer Signalsteuerungsplan mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten (40, 50, 60 km/h)

### 40 km/h & neuer Plan

#### 1. Essener Straße Süd Center

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	15,08	2	12,2	647,73	126,02	150,11
LSA 40	16,64	2	13,88	791,31	153,96	183,39

#### 2. Essener Straße Süd Center 2

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	276	6	173,72	7089,32	1379,32	1643,01
LSA 40	233,67	3	24,90	1859,22	361,73	430,89

#### 3. Essener Straße Süd Bahnhof

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	173	4	52,24	2524,35	491,14	585,04
LSA 40	176,74	3	20,15	1233,52	239,99	285,88

#### 4. Essener Straße AS Nord

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	457,97	6	138,06	6347,60	1235,01	1471,11
LSA 40	316,45	4	44,24	2449,90	476,66	567,78

#### 5. Essener Straße AS Süd

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	316,01	6	123,86	5341,42	1039,24	1237,92
LSA 40	157,51	6	72,68	3620,04	704,33	838,98

**Insgesamt:**

Kategorie	Ist-Zustand	40 km/h	Prozentuale Änderung
VehDelay	500,08	175,85	-64,83%
CO	21950,42	9953,99	-54,67%
Nox	4270,73	1936,67	-54,67%
VOC	5087,19	2306,92	-54,67%

**50 km/h & neuer Plan**

## 1. Essener Straße Süd Center

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	15,08	2	12,2	647,73	126,02	150,11
LSA 50	16,78	2	14,4	873,07	169,86	202,3

## 2. Essener Straße Süd Center 2

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	276	6	173,72	7089,32	1379,32	1643,01
LSA 50	157,61	3	20,74	1788,88	348,05	414,59

## 3. Essener Straße Süd Bahnhof

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	173	4	52,24	2524,35	491,14	585,04
LSA 50	170,84	2	17,68	1214,55	236,30	281,48

## 4. Essener Straße AS Nord

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	457,97	6	138,06	6347,60	1235,01	1471,11
LSA 50	175,85	4	41,15	2531,99	492,63	586,81

## 5. Essener Straße AS Süd

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	316,01	6	123,86	5341,42	1039,24	1237,92
LSA 50	149,99	6	64,2	3735,75	726,84	865,79

**Insgesamt:**

Kategorie	Ist-Zustand	50 km/h	Prozentuale Änderung
VehDelay	500,08	158,17	-68,37%
CO	21950,42	10144,24	-53,80%
Nox	4270,73	1973,68	-53,80%
VOC	5087,19	2350,97	-53,80%

**60 km/h & neuer Plan**

## 1. Essener Straße Süd Center

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	15,08	2	12,2	647,73	126,02	150,11
LSA 60	16,02	2	13,63	923,63	179,70	214,06

## 2. Essener Straße Süd Center 2

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	276	6	173,72	7089,32	1379,32	1643,01
LSA 60	91,06	2	15,62	1625,94	316,35	376,82

## 3. Essener Straße Süd Bahnhof

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	173	4	52,24	2524,35	491,14	585,04
LSA 60	170,93	2	13,61	1099,43	213,90	254,80

## 4. Essener Straße AS Nord

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	457,97	6	138,06	6347,60	1235,01	1471,11
LSA 60	126,3	4	35,42	2379,87	463,03	551,55

## 5. Essener Straße AS Süd

	Qlenmax	los	VehDelay	co	NOx	voc
Ist-Zustand	316,01	6	123,86	5341,42	1039,24	1237,92
LSA 60	155,57	6	58,65	3729,98	725,71	864,45

**Insgesamt:**

<b>Kategorie</b>	<b>Ist-Zustand</b>	<b>60 km/h</b>	<b>Prozentuale Änderung</b>
VehDelay	500,08	136,93	-72,62%
CO	21950,42	9758,85	-55,54%
Nox	4270,73	1898,69	-55,54%
VOC	5087,19	2261,68	-55,54%

## Eidesstattliche Versicherung

Alboush, Mohammad

Name, Vorname // Name, First Name

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Abschlussarbeit mit dem Titel

### **Simulation und Optimierung des Verkehrsflusses**

**in „Essener Straße zwischen Südring-Center und Autobahnanschluss 'Bottrop-Süd'" mit Hilfe von PTV VISSIM Analyse ausgewählter Zielgrößen zur verbesserten Auslastung der verfügbaren Infrastruktur**

selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erbracht habe. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Bottrop, den 30.06.2023

Ort, Datum, Unterschrift // Place, Date, Signature

