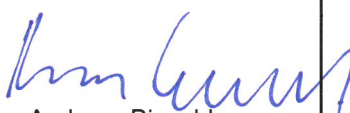


Freistaat Sachsen, Landesamt für Straßenbau und Verkehr, Niederlassung Bautzen	
B 96 Zittau-Sassnitz	
B 96:	VNK 4551 004, Station 5.548 km - NNK 4550 110, Station 0.180 km
S 198:	VNK 4550 112, Station 0.592 km - NNK 4550 112, Station 0.821 km
K 9203:	VNK 4550 110, Station 0.000 km - NNK 4550 110, Station 0.114 km
B 96	
Ausbau Knotenpunkt mit S 198 und K 9203 in Schwarzkollm einschließlich S 198 vom KP bis OD-Grenze Schwarzkollm	
PROJIS-Nr.: 000795	

FESTSTELLUNGSENTWURF

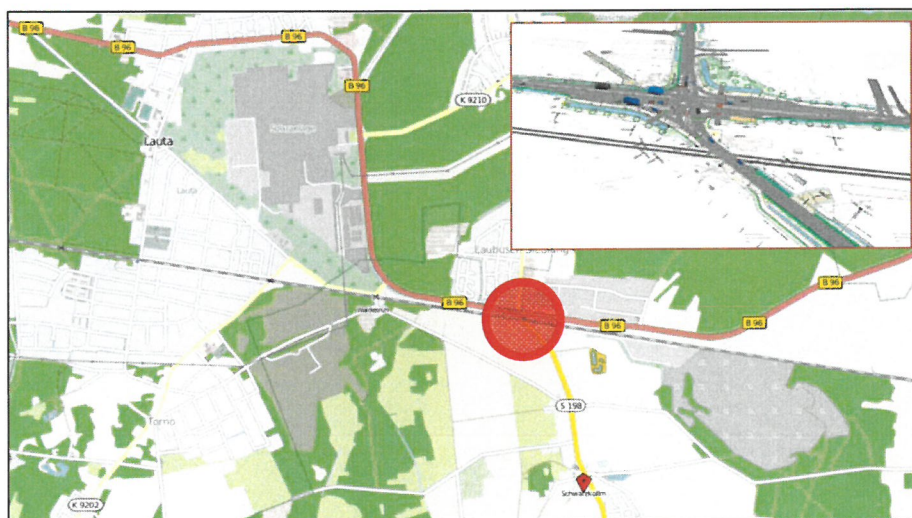
- Verkehrsqualität -
(Mikroskopische Verkehrsflusssimulation, 02.04.2015)

(gem. Verkehrsplanerische Untersuchung, Prognose 2030 - keine Überarbeitung da Verkehrsbelastung rückläufig)

aufgestellt:	LASuV, Niederlassung Bautzen	
		
Bautzen, 01.10.21	Andreas Biesold Niederlassungsleiter	

AUSBAU KNOTENPUNKT B96/ S198/ K6403 IN SCHWARZKOLLM MIT BÜSTRA

Mikroskopische Verkehrsflusssimulation



Dresden, 02.04.2015

Dokumentinformationen

Kurztitel	Ausbau Knotenpunkt B96/ S198/ K6403 in Schwarzkollm mit BÜSTRA Mikroskopische Verkehrsflusssimulation
Auftraggeber:	DB Netz AG Brandenburger Straße 1 04103 Leipzig
Auftragnehmer:	PTV Transport Consult GmbH Cunnersdorfer Straße 25 01189 Dresden Tel.: +49 351 40909 0 Fax: +49 351 4090924 E-Mail: dresden@consult.ptvgroup.com
Auftrags-Nr.:	830170
Bearbeiter:	Werner
Erstellungsdatum:	02.04.2015

Inhalt

1	Untersuchungsaufgabe.....	5
2	Lage und Knotenausbau.....	6
3	Verkehrsbelastung.....	8
3.1	Straßenverkehr.....	8
3.2	Schienenverkehr.....	9
4	Bahnübergangssteuerungsanlage (BÜSTRA)	9
5	Mikroskopische Verkehrsflusssimulation	12
5.1	Eingangsgrößen	12
5.2	Verkehrsqualität.....	13
5.3	Erläuterung der Methode.....	14
5.3.1	Vorbereitung und Durchführung der Simulation	15
5.3.2	Auswertung der Simulation.....	15
5.3.3	Visualisierung der Simulationsergebnisse	18
6	Zusammenfassung	22
7	Bewertung einer Kreisverkehrslösung	23

Abbildungen

Abbildung 1: Lage des Knotenpunktes	5
Abbildung 2: Knotenpunkt und Bahnübergang im Luftbild	6
Abbildung 3: Zufahrt B96 Ost.....	7
Abbildung 4: Zufahrt B96 West	7
Abbildung 5: Zufahrt K6403 Nord	7
Abbildung 6: Zufahrt S198 Süd	7
Abbildung 7: Bahnübergang mit Haltepunkt	7
Abbildung 8: Schwerverkehr am Knotenpunkt.....	7
Abbildung 9: Straßenplanung im Vorentwurf	8
Abbildung 10: Verkehrsbelastung Prognose 2025.....	8
Abbildung 11: BÜSTRA-Steuerung mit Bahnanmeldung, Vollbeeinflussung	10
Abbildung 12: BÜSTRA-Steuerung mit Bahnanmeldung, Teilbeeinflussung.....	11
Abbildung 13: Phasensteuerung an der Straßenkreuzung ohne und mit Bahn	12
Abbildung 14: Mittlere Verlustzeiten MIV am Knotenpunkt ohne und mit Sperrung BÜ ...	16
Abbildung 15: Vergleich Stauraum und mittlere Rückstaulängen mit BÜSTRA.....	17
Abbildung 16: Verteilung der Sperrzeiten am Bahnübergang in der Simulation	18
Abbildung 17: Simulationsmodell.....	19
Abbildung 18: Simulationsausschnitt BÜSTRA ohne Bahnanmeldung	20
Abbildung 19: Simulationsausschnitt BÜSTRA mit Bahnanmeldung.....	21

1 Untersuchungsaufgabe

Die Straßenbauverwaltung plant gegenwärtig den Ausbau des Knotenpunktes B96/ S198/ K6403 in Schwarzkollm im Zuge des Ausbaus der Bundesstraße als Autobahnzubringer (vgl. Abbildung 1). Auf Grund des in unmittelbarer Nähe vorhandenen Bahnübergangs im Zuge der S198 sind Knotenpunkt und Bahnübergang mit einer BÜSTRA auszurüsten und zu steuern. Bei einer BÜSTRA wird der Straßenknoten mit einer Lichtsignalanlage (LSA) ausgerüstet, die Bahnübergangssicherungsanlage technisch mit dieser verbunden und die Signalisierung der LSA auf die Bahnübergangssicherung abgestimmt.

Durch die DB Netz AG und das Landesamt für Straßenbau und Verkehr wurde dazu eine Simulation der Verkehrssituation im Bereich des Knotenpunktes und des Bahnüberganges unter Berücksichtigung der geplanten BÜSTRA initiiert.

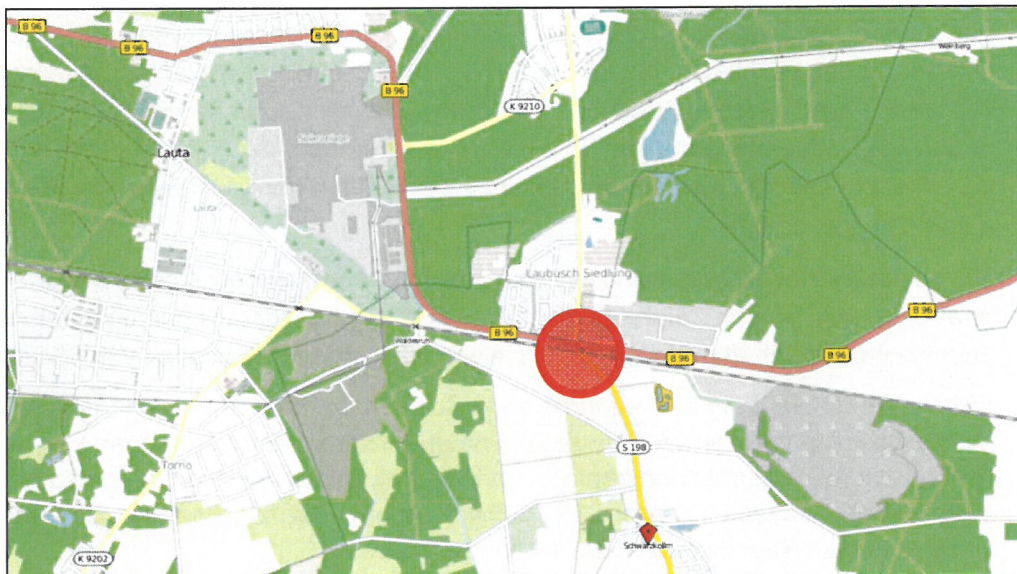


Abbildung 1: Lage des Knotenpunktes, Quelle: OpenStreetMap

Im Rahmen einer mikroskopischen Verkehrsflusssimulation soll die Leistungsfähigkeit der Verkehrsanlage unter Berücksichtigung zukünftig steigender Gleisbelegung und der Prognoseverkehrsmengen für das Jahr 2025 im Straßenverkehr untersucht werden.

Das Ziel der Untersuchung besteht darin, die Auswirkungen der geplanten BÜSTRA auf den Verkehrsablauf und die Verkehrsqualität im Straßenverkehr, insbesondere im Zuge der Bundesstraße zu visualisieren und zu bewerten sowie ggf. notwendige Anpassungen des geplanten Knotenausbaus zu ermitteln.

Folgende Daten sind Grundlage der Untersuchung:

- Lageplan zum Vorentwurf (IB IVAS, 08/2009)
- Verkehrsplanerische Untersuchung (IB IVAS, 02/2013)
- Einschaltstreckenberechnung (PlanSig GmbH, 06/2010)
- Zubelegung Prognose 2025 aus Bedarfsplanüberprüfung (DB Netz AG, 10/2014)

2 Lage und Knotenausbau

Der Knotenpunkt befindet sich südlich der Gemeinde Schwarzkollm im Zuge der Bundesstraße B96 zwischen Hoyerswerda im Osten und Senftenberg im Westen. Am Knotenpunkt werden die Bundesstraße B96 mit der Staatsstraße S198 in Richtung Süden sowie die Kreisstraße K6403 in Richtung Norden verknüpft.

Der gesamte betrachtete Straßenraum ist anbaufrei ausgebildet und befindet sich außerhalb geschlossener Ortschaften.

Der Knotenpunkt weist als Einzelknoten keine benachbarten Knotenpunkte im Einflussbereich auf. In der östlichen Zufahrt ist im Abstand von ca. 130 m eine Grundstücksanbindung mit Tankstelle und Einkaufsmarkt vorhanden.

Der Knotenpunkt ist im Bestand als vierarmige, plangleiche, vorfahrtgeregelter Kreuzung ausgebaut, an der alle Abbiegebeziehungen zugelassen sind. Die Hauptrichtung verläuft im Zuge der Bundesstraße B96. In den Zufahrten der Bundesstraße existiert ein gesonderter Abbiegerfahrstreifen (Ost) bzw. ein Aufstellbereich (West) für Linksabbiegerverkehr. In der westlichen und der südlichen Zufahrt sind kurze Rechtsabbiegespuren vorhanden (vgl. folgende Abbildung). Im unmittelbaren Knotenbereich befinden sich keine separaten Radverkehrsanlagen. Der Radverkehr wird auf der Fahrbahn geführt. Westlich des Knotens befindet sich auf der Südseite der B96 ein gemeinsamer Rad-/ Gehweg im Zweirichtungsverkehr.

Die zulässige Höchstgeschwindigkeit am Knoten beträgt in den Zufahrten der Bundesstraße 60 km/h. In den Zufahrten der Nebenrichtung befinden sich in unmittelbarer Nähe zum Knoten Ortschaften mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h.

Der Verkehrsablauf am Knotenpunkt ohne Schließung des Bahnüberganges ist auch in Spitzenstunden von dem Verkehrsaufkommen entsprechenden geringen Wartezeiten und seltenen Stauzuständen geprägt. Im Regelfall können die Fahrzeuge sofort oder nach kurzer Wartezeit passieren. Bei Schließung des Bahnüberganges können längere Wartezeiten im Regelfall von 3 bis 4 Minuten auftreten.



Abbildung 2: Knotenpunkt und Bahnübergang im Luftbild, Quelle: Google

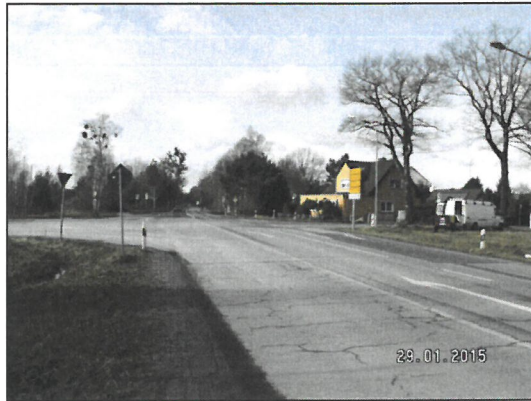


Abbildung 3: Zufahrt B96 Ost



Abbildung 4: Zufahrt B96 West



Abbildung 5: Zufahrt K6403 Nord



Abbildung 6: Zufahrt S198 Süd



Abbildung 7: Bahnübergang mit Haltepunkt



Abbildung 8: Schwerverkehr am Knotenpunkt

Die Ausbauplanung sieht am Knotenpunkt eine Lichtsignalanlage vor sowie getrennte Abbiegespuren für alle Richtungen im Zuge der B96, um eine getrennte Freigabe bei geschlossenem Bahnübergang zu ermöglichen. In der westlichen Zufahrt ist eine Dreiecksinsel geplant. In der nördlichen Zufahrt (Hauptstraße) sind eine gesonderte Linksabbiegespur und eine Mischspur (geradeaus/ rechts) vorgesehen. In der südlichen Zufahrt der S198 (Dorfstraße) ist auf Grund der beengten örtlichen Bedingungen nur eine Mischspur für alle Fahrtrichtungen möglich. Der vorhandene Stauraum in dieser Zufahrt

von der Haltlinie bis zum Bahnübergang beträgt ca. 30 m, was 5 Pkw-Längen entspricht (vgl. folgende Abbildung).

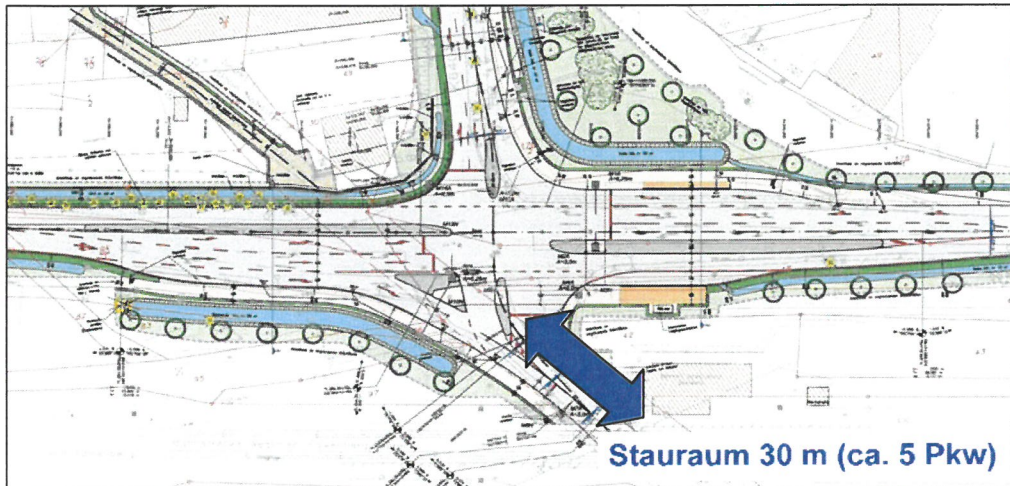


Abbildung 9: Straßenplanung im Vorentwurf, Quelle: IVAS, 08/2009

3 Verkehrsbelastung

3.1 Straßenverkehr

Für den Untersuchungsraum standen Prognoseverkehrsmengen für den Zeithorizont 2025 aus einer Verkehrsuntersuchung (IVAS, 02/2013) zur Verfügung. Für die Simulation wurde die Verkehrsbelastung der maßgebenden Spitzenstunde im motorisierten Individualverkehr (MIV) angesetzt (vgl. folgende Abbildung).

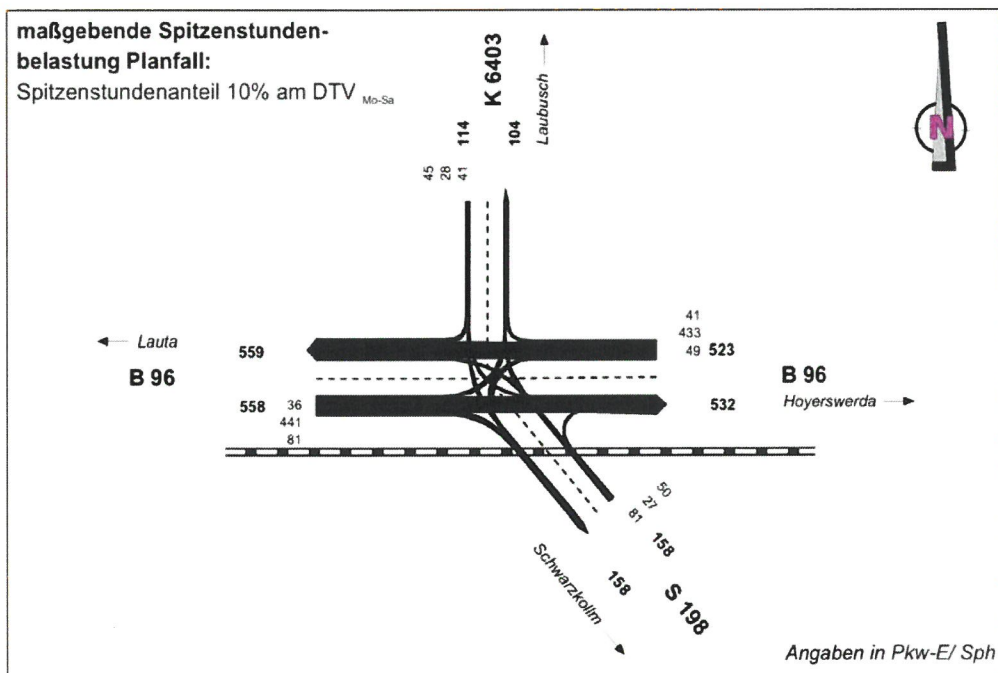


Abbildung 10: Verkehrsbelastung Prognose 2025, Spitzenstunde [Pkw-E/h], Quelle: IVAS

Die Knotenbelastung in der Spitzenstunde beträgt 1.220 Pkw-E/h bzw. 1.353 Pkw-E/h. Entsprechend der Verkehrsbedeutung ist im Zuge der B96 eine deutliche Hauptrichtung mit über 500 Pkw-E/h je Zufahrt vorhanden. Der Schwerverkehrsanteil liegt im Zuge der Bundesstraße bei 13 % und in der nördlichen Hauptstraße bei 9 %. Im südlichen Knotenarm ist auf Grund der Gewerbeansiedlung (Natursteinwerk Weiland) ein sehr hoher Anteil von 29 % vorhanden.

Fußgänger- und Radverkehr am Knotenpunkt werden eher gering eingeschätzt.

Am Knotenpunkt verkehren Regionalbus- und Stadtbuslinien der Regionalbus Oberlausitz GmbH und der Verkehrsgesellschaft Hoyerswerda mbH mit sehr geringen Taktfrequenzen. In den Zufahrten West und Nord befinden sich Haltestellen des Busverkehrs.

3.2 Schienenverkehr

Für den Schienenverkehr wurden in der Simulation Vorgaben der DB Netz AG für ein Prognose-Szenario 2025 gemäß Bedarfsplanüberprüfung wie folgt berücksichtigt.

- Güterverkehr:
 - Rangierfahrten Anschlussbahn Weiland: 2 Züge/ Stunde und Richtung
 - sonstige Fahrten: 3 Züge/ Stunde und Richtung
- Personenverkehr:
 - gemäß aktuellem Fahrplan: 1 Zug/ Stunde und Richtung
- Gesamtverkehr:
 - 6 Züge/ Stunde und Richtung**, entspricht mittlerer Zugfolge von 10 min / Richtung

Die Haltepunkte für den Bahnverkehr befinden sich in beiden Fahrtrichtungen unmittelbar vor dem Bahnübergang.

4 Bahnübergangssteuerungsanlage (BÜSTRA)

Zur Vermeidung von Rückstau von Straßenfahrzeugen auf den Bahnübergang (BÜ) ist eine BÜSTRA-Anlage geplant, bei der die Straßensignale in Abhängigkeit der Eisenbahnsignale geschaltet werden.

Dabei werden vor einer Zugüberfahrt alle Straßensignalgeber so geschaltet, dass das zügige Räumen des BÜ sichergestellt ist und die Zufahrten zum BÜ gesperrt werden (Vollbeeinflussung). Nach dem Räumen des BÜ werden mit einem gesonderten Signalprogramm die Straßenverkehrsströme wieder freigegeben, die den BÜ nicht kreuzen (Teilbeeinflussung). Diese Ströme müssen mit gesonderten Signalen geregelt werden (Abbiegeströme mit Pfeilmaske). Damit kann eine zu starke Beeinträchtigung des durchgehenden Verkehrs im Zuge der Bundesstraße vermieden werden. Die Signale am BÜ sind zweifeldig ausgerüstet (ROT/GELB) und sind im Signalzustand „Frei“ DUNKEL.

Folgende Zeitparameter (Teilzeitkonstanten) sind bei der BÜSTRA-Planung zu berücksichtigen:

- T_{K1} ...berücksichtigt den Ablauf am Straßenknoten bei Bahnanmeldung
- T_{K2} ...berücksichtigt die Sicherung am Bahnübergang (entspricht der Annäherungszeit)
- T_a ...Annäherungszeit, ermöglicht den Straßenverkehrsteilnehmer das rechtzeitige Anhalten am BÜ bzw. das ungefährdete Räumen des BÜ

Maßgebende Vorschriften für die Planung einer BÜSTRA-Anlage sind:

- Richtlinien über Abhängigkeiten zwischen der technischen Sicherung von Bahnübergängen und der Verkehrsregelung an benachbarten Straßenkreuzungen und -einmündungen (BÜSTRA)
- Richtlinie 815 der DB AG.

Die Sicherung des Bahnüberganges erfolgt mit Lichtzeichen und Schranken. Ohne Bahnanmeldung sind die Signale am Bahnübergang DUNKEL.

Die Signale an der Straßenkreuzung folgen dem Regelphasenablauf entsprechenden den Rahmenbedingungen im laufenden Signalprogramm.

In den folgenden Abbildungen ist der prinzipielle Steuerungsablauf an der BÜSTRA-Anlage bei Anmeldung durch Schienenfahrzeuge schematisch dargestellt.

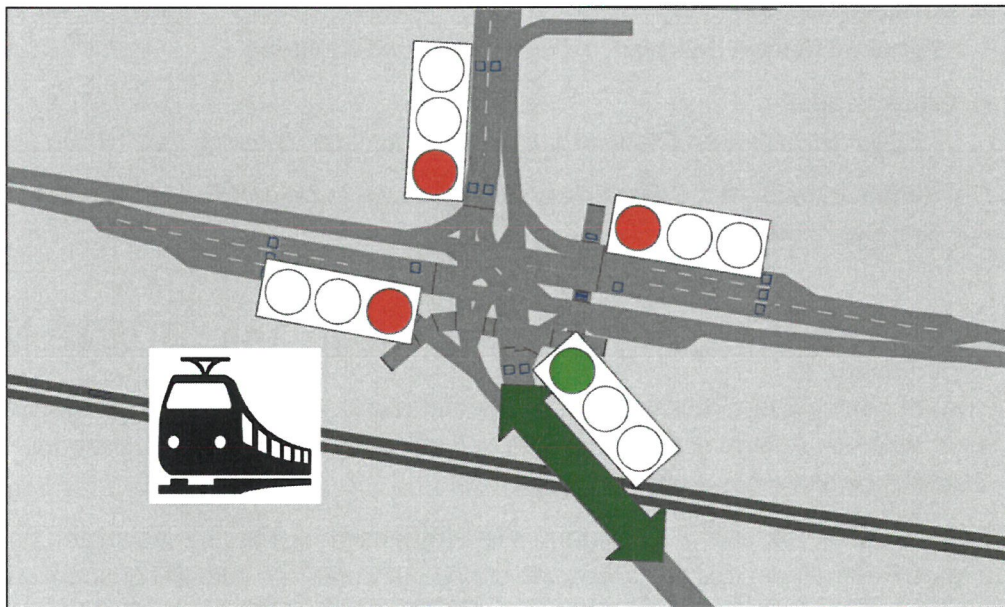


Abbildung 11: BÜSTRA-Steuerung mit Bahnanmeldung, Vollbeeinflussung

Bei Bahnanmeldung werden die Signale in der südlichen Zufahrt der S198 auf GRÜN geschaltet bzw. die Freigabe verlängert. Die Fahrzeuge können in beiden Fahrrichtungen den Bahnübergang verlassen.

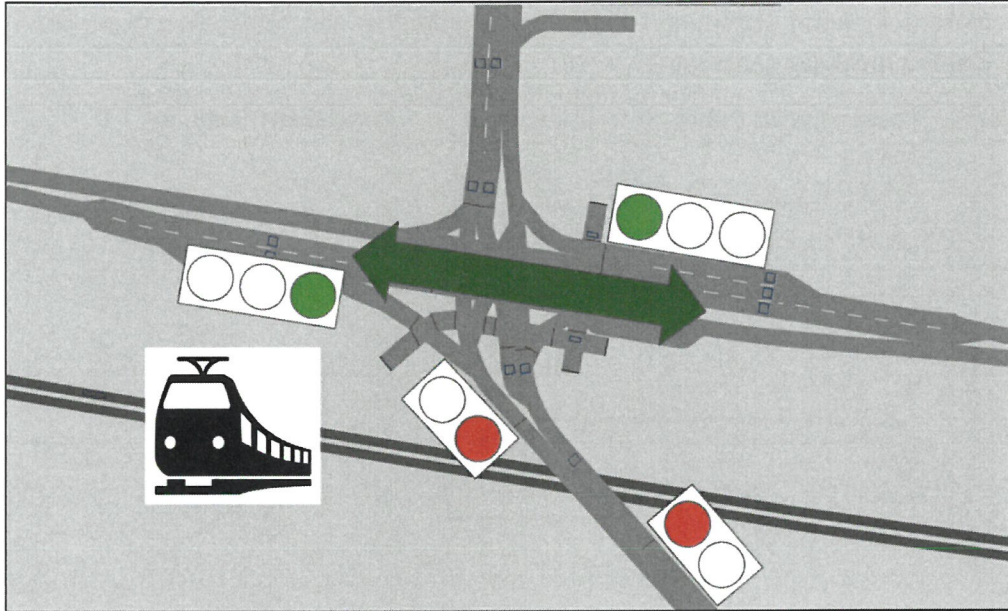


Abbildung 12: BÜSTRA-Steuerung mit Bahnanmeldung, Teilbeeinflussung

Nach Ablauf der T_{K1} -Zeit werden die Signale am BÜ auf ROT geschaltet, so dass keine Fahrzeuge mehr in den Bahnübergang einfahren können.

An der Straßenkreuzung werden nun Verkehrsströme freigegeben, die nicht über den BÜ fahren, z.B. in der zeitlichen Reihenfolge der maximalen Wartezeiten oder der verkehrlichen Bedeutung (Bundesstraße). Folgende Verkehrsströme können während einer Sperrung des BÜ unter Berücksichtigung der gegenseitigen Feindlichkeiten freigegeben werden:

- Bundesstraße B96, Zufahrten West (Geradeausverkehr) und Ost (Geradeaus-/ Rechtsabbiegeverkehr) mit paralleler Fußgängerfurt über Zufahrt Süd
- Bundesstraße B96, Zufahrt West (Linksabbiegeverkehr)
- Hauptstraße, Zufahrt Nord (Linksabbiegeverkehr)
- Fußgängerfurt über Zufahrt Ost

In der folgenden Abbildung ist der Phasenablauf an der Straßenkreuzung ohne und mit Bahnanmeldung dargestellt:

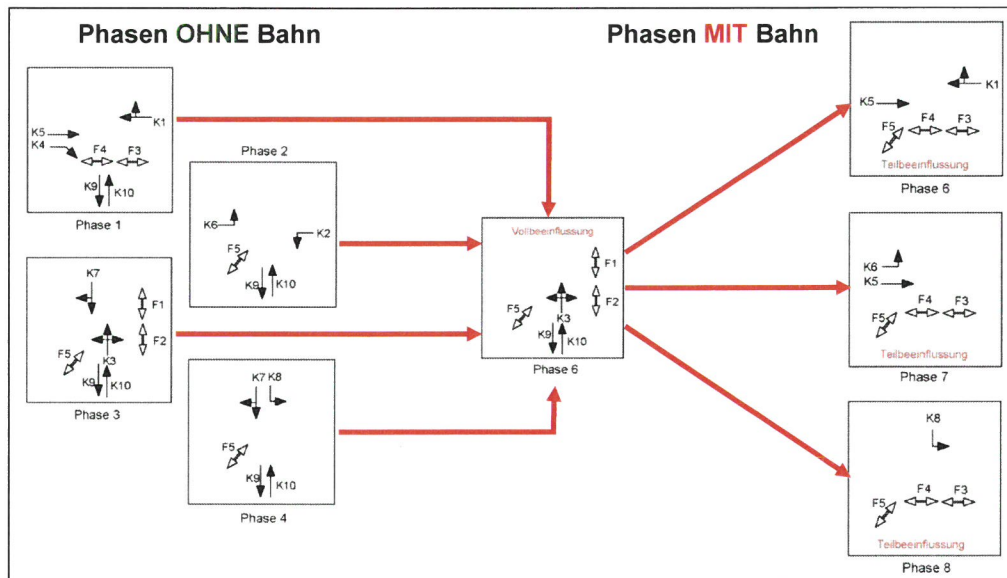


Abbildung 13: Phasensteuerung an der Straßenkreuzung ohne und mit Bahnanmeldung

5 Mikroskopische Verkehrsflusssimulation

Zur besseren Abbildung des Verkehrsablaufes und zur detaillierten Bewertung der Verkehrsqualität wurde eine mikroskopische Verkehrsflusssimulation für die Ausbauplanung des Knotenpunktes durchgeführt. Mit der Simulation können die dynamischen Wechselbeziehungen zwischen Straßen- und Schienenverkehr abgebildet werden und die kritischen Auswirkungen bei Sperrung des Bahnüberganges, z.B. der Behinderungen durch Rückstau quantifiziert werden. Das Simulationsprogramm ermöglicht realitätsgetreue Messungen des Verkehrsablaufes in einem prognostizierten Zustand hinsichtlich Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit. Im diesem Rahmen werden wesentliche aussagekräftige Kenngrößen aufgezeichnet, z.B. Verlustzeiten und Staulängen als Grundlage für die Bestimmung der Verkehrsqualität am Knotenpunkt. Darüber hinaus ermöglicht die zwei- und dreidimensionale Darstellung des Verkehrsablaufes die Diskussions- und Entscheidungsprozesse von Entscheidungsträgern in der Öffentlichkeit und den politischen Gremien maßgebend zu unterstützen.

Die Bearbeitung erfolgt mit der Simulationssoftware VISSIM (Version 6.0) sowie auf der Grundlage der „Hinweise zur mikroskopischen Verkehrsflusssimulation - Grundlagen und Anwendungen“ (FGSV 388, 2006).

5.1 Eingangsgrößen

Basis des Netzmodells ist der Lageplan zum Vorentwurf (IB IVAS, 08/2009). Im Simulationsmodell wurden MIV, ÖPNV mit Haltestellen, Rad- und Fußgängerverkehr abgebildet. Grundlage der Simulation sind die ermittelten Bemessungsverkehrsstärken der Prognose 2025.

Für die Lichtsignalanlage wurde ein voll verkehrsabhängiges Signalprogramm mit variabler Umlaufzeit für die verkehrlichen Spitzenzeiten in die Simulation implementiert, das dem Steuerungsprinzip „Haupttrichtung Dauergrün“ mit bedarfsabhängiger Anforderung der Nebenströme und Freigabezeitverlängerung für Kfz-Ströme folgt.

In der LSA-Steuerung ist der Phasenablauf entsprechend den Erfordernissen einer BÜSTRA berücksichtigt (vgl. Abschnitt 4).

Folgende Kenngrößen sind im Simulationsmodell integriert:

- Zuglängen
 - Personenverkehr: 100 m
 - Güterverkehr: 500 m
- Verkehrsbelastung Fußgänger an allen Furten
 - ca. 5 Fußgänger/ Stunde und Richtung
- maximale Annäherungszeiten im Schienenverkehr
 - Fahrtrichtung Horka → Roßlau (Ost → West)
 - SPNV: 253 s (Halt in Schwarzkollm)
 - SGV: 252 s
 - SGV Rangierfahrten: 223 s
 - Fahrtrichtung Roßlau → Horka (West → Ost)
 - SPNV: 300 s (Halte in Lauta und Schwarzkollm)
 - SGV: 223 s
 - SGV Rangierfahrten: 269 s
- Teilzeitkonstante $T_{K1} = 45$ s

Detaillierte Rahmenbedingungen der Simulation wurden mit dem Auftraggeber abgestimmt.

5.2 Verkehrsqualität

Die Qualität des Verkehrsablaufes in den einzelnen Elementen des Straßennetzes wird entsprechend dem „Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen“ (HBS), Ausgabe 2001/2009 nach verschiedenen Qualitätsstufen des Verkehrsablaufes (QSV) bewertet. Im Folgenden sind die Qualitätsstufen für Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage beschrieben:

- **Stufe A**
Die Mehrzahl der Verkehrsteilnehmer kann nahezu ungehindert den Knotenpunkt passieren. Die Wartezeiten sind sehr gering.
- **Stufe B**
Alle während der Sperrzeit ankommenden Verkehrsteilnehmer können in der nachfolgenden Freigabezeit weiterfahren oder -gehen. Die Wartezeiten sind kurz.

➤ **Stufe C**

Nahezu alle während der Sperrzeit ankommenden Verkehrsteilnehmer können in der nachfolgenden Freigabezeit weiterfahren oder -gehen. Die Wartezeiten sind spürbar. Beim Kfz-Verkehr tritt im Mittel nur geringer Stau am Ende der Freigabezeit auf.

➤ **Stufe D**

Im Kfz-Verkehr ist ständig Reststau vorhanden. Die Wartezeiten für alle Verkehrsteilnehmer sind beträchtlich. Der Verkehrszustand ist noch stabil.

➤ **Stufe E**

Die Verkehrsteilnehmer stehen in erheblicher Konkurrenz zueinander. Im Kfz-Verkehr stellt sich ein allmählich wachsender Stau ein. Die Wartezeiten sind sehr lang. Die Kapazität wird erreicht.

➤ **Stufe F**

Die Nachfrage ist größer als die Kapazität. Die Fahrzeuge müssen bis zu ihrer Abfertigung mehrfach vorrücken. Der Stau wächst stetig. Die Wartezeiten sind extrem lang. Die Anlage ist überlastet.

Die maßgebende Kenngröße zur Beschreibung der Verkehrsqualität an den LSA-Knotenpunkten ist die mittlere Wartezeit der Verkehrsströme. Zur Einteilung in Qualitätsstufen gelten folgende Grenzwerte für Wartezeiten:

Qualitätsstufe	A	B	C	D	E	F
zulässige mittlere Wartezeit [s]	≤ 20	≤ 35	≤ 50	≤ 70	≤ 100	> 100

Tabelle 1: Grenzwerte der mittleren Wartezeiten des MIV an LSA-Knoten nach Qualitätsstufen¹

Anzustrebendes Mindestkriterium für Neu- und Umbauplanungen ist **Qualitätsstufe D**.

5.3 Erläuterung der Methode

Die Untersuchung wurde mit dem Simulationsprogramm VISSIM in der Version 6.0 durchgeführt. Wesentlich für die Güte des Simulationssystems ist die Qualität des Verkehrsflussmodells, d.h. des Verfahrens, nach dem die Fahrzeuge im Netz bewegt werden. Im Gegensatz zu einfacheren Modellen, in denen weitgehend konstante Geschwindigkeiten und ein deterministischer Folgevorgang von Fahrzeugen vorausgesetzt wird, verwendet VISSIM ein psycho-physisches Wahrnehmungsmodell.

Die Grundidee des Modells besteht darin, dass der Fahrer eines schneller fahrenden Fahrzeuges bei Erreichen seiner individuellen Wahrnehmungsschwelle zum voraus fahrenden Fahrzeug zu bremsen beginnt. Da er die Geschwindigkeit des voraus fahrenden Fahrzeuges nicht genau einschätzen kann, sinkt seine Geschwindigkeit unter dessen Geschwindigkeit, so dass er wiederum nach Erreichen einer Wahrnehmungsschwelle leicht beschleunigt. Es kommt zu einem ständigen leichten Beschleunigen und Verzögern.

¹ Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 2001

Verteilungsfunktionen über Geschwindigkeits- und Abstandsverhalten tragen dem unterschiedlichen Fahrerverhalten Rechnung. Das Folgemodell wurde anhand zahlreicher Messungen am Institut für Verkehrswesen, Universität (TH) Karlsruhe, geeicht. Messungen neueren Datums stellen sicher, dass mittlerweile geändertes Fahrverhalten und technische Möglichkeiten der Fahrzeuge korrekt abgebildet werden. Bei mehrstreifigen Fahrbahnen berücksichtigt ein Fahrer in der modellhaften Nachbildung von VISSIM nicht nur zwei voraus fahrende Fahrzeuge, sondern auch je zwei Nachbarfahrzeuge auf den beiden umgebenden Fahrstreifen.

5.3.1 Vorbereitung und Durchführung der Simulation

Als Grundlage für die Erzeugung des Netzmodells wurde der entsprechende Lageplan für die Planung in ein VISSIM-Netzmodell umgesetzt. Anlagen des Fußgänger- und Radverkehrs wurden im Simulationsmodell nur soweit berücksichtigt, wie sie für die Leistungsfähigkeit des MIV relevant sind (z.B. signalisierte Furten).

Bei der Simulation wurden für jede Variante 10 Simulationsläufe mit verschiedenen Startzufallsbedingungen durchgeführt. Zur Auswertung der Simulationsergebnisse wurde dann der Zeitraum der Spitzenstunde festgelegt. Damit lassen sich Aussagen über die Verkehrsverhältnisse in der jeweiligen Spitzenstunde treffen.

Die ersten 30 Simulationsminuten dienen als Einlaufzeit für das Simulationsmodell, damit sich das Streckennetz zuerst mit Fahrzeugen füllt. So werden Verfälschungen der Simulationsergebnisse vermieden. Die Mindesteinlaufzeit ergibt sich aus der Zeit, die Kraftfahrzeuge vom Einspeisepunkt bis zum Zielpunkt unter Berücksichtigung aller zwischendurch auftretenden Wartezeiten benötigen.

5.3.2 Auswertung der Simulation

5.3.2.1 Mittlere Verlustzeiten

Mit Hilfe der mittleren Verlustzeiten kann die Verkehrsqualität an den LSA-Knotenpunkten eingeschätzt werden. Dabei wird über alle betrachteten Fahrzeuge auf einem Streckenabschnitt der mittlere Zeitverlust gegenüber der idealen Fahrt (ohne andere Fahrzeuge, ohne LSA) ermittelt.

Die Auswertung der Verlustzeiten ist knotenbezogen und wurde für alle Verkehrsströme durchgeführt.

Im folgenden Diagramm sind die mittleren Verlustzeiten des MIV (motorisierter Individualverkehr) am Knotenpunkt mit Bewertung nach Qualitätsstufen dargestellt.

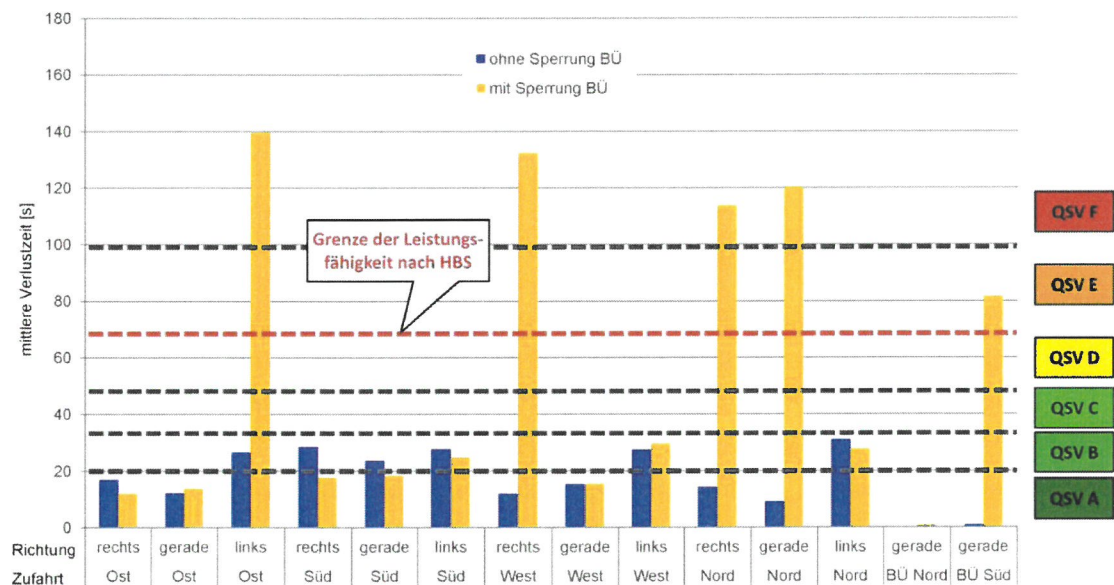


Abbildung 14: Mittlere Verlustzeiten MIV am Knotenpunkt ohne und mit Sperrung Bahnübergang

Bezüglich der mittleren Verlustzeiten wurden zwei Simulationsfälle gegenüber gestellt:

- LSA ohne Sperrung Bahnübergang
- LSA mit Sperrung Bahnübergang

Mit dem Vergleich wird deutlich, dass die LSA ohne Beeinflussung durch den Bahnübergang mit guter Verkehrsqualität leistungsfähig ist und die mittleren Verlustzeiten für alle Verkehrsströme unter 35 s liegen (Qualitätsstufe B). Erwartungsgemäß treten mit Beeinflussung durch den Bahnübergang sehr hohe Wartezeiten für die gesperrten Ströme, vor allem bei Begegnungsfällen von Zügen und den damit verbundenen längeren Sperrzeiten am Bahnübergang auf. Insgesamt weisen die mittleren Zeitverluste mit Bahnbeeinflussung für die betroffenen Verkehrsströme Werte zwischen ca. 110 s und 140 s auf (Qualitätsstufe F). Die von einer Sperrung am BÜ nicht betroffenen Verkehrsströme weisen teilweise geringe Werte auf, da diese im Sperrfall überdurchschnittlich hohe Freigabezeiten erhalten. Für den Geradeausverkehr im Zuge der Bundesstraße (Zufahrten Ost und West) wurden in beiden Fällen sehr geringe Verlustzeiten unter 20 s ermittelt (Qualitätsstufe A). In der südlichen Zufahrt am Bahnübergang treten im Durchschnitt Verlustzeiten von ca. 80 s auf.

5.3.2.2 Rückstaulängen

Analog zu den mittleren Verlustzeiten wurden die mittleren Staulängen für alle Verkehrsströme am Knotenpunkt ausgewertet. Dabei wird über alle betrachteten Fahrzeuge Mittelwert bzw. Maximalwert für das Stauende, beginnend an der Haltlinie der Signalquerschnitte und unabhängig von nachrückenden Fahrzeugen innerhalb der Warteschlange ermittelt. Das Staukriterium im Sinne von VISSIM ist nicht der Stillstand

des Fahrzeuges, sondern eine Geschwindigkeit von <5 km/h (Staubeginn) bzw. von >10 km/h (Stauabbau).

Im folgenden Diagramm sind die mittleren Staulängen am Knotenpunkt dargestellt und mit dem geplanten Stauraum der Fahrspuren verglichen:

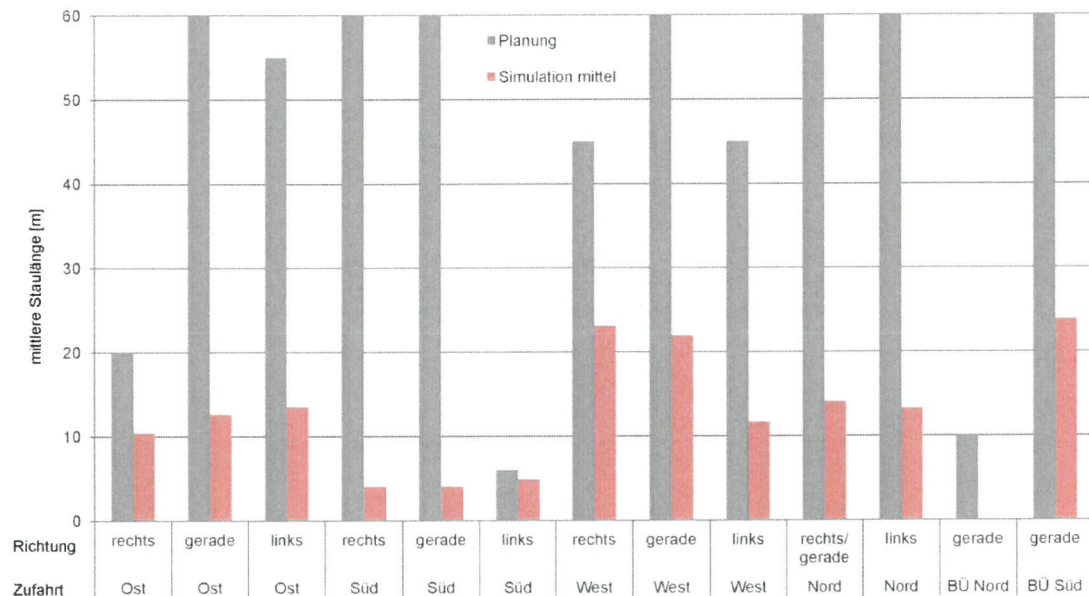


Abbildung 15: Vergleich Stauraum (Planung) und mittlere Rückstaulängen mit BÜSTRA

Im Diagramm wird deutlich, dass die mittleren Rückstaulängen mit BÜSTRA in allen Fahrspuren unterhalb der geplanten Aufstelllängen der Fahrspuren liegen. In Einzelfällen können jedoch die Staulängen während längerer Sperrphasen des Bahnüberganges größer als die geplanten Aufstelllängen sein, so dass es zeitweise zu Behinderungen in der Nachbarspur führen kann. Das trifft auf den Rechtsabbiegeverkehr in der westlichen Zufahrt der B96 zu. Daraus ergeben sich auch die höheren mittleren Staulängen für den Geradeausverkehr im Vergleich zur Gegenrichtung. Für die Rechtsabbiegespur ist deshalb eine Verlängerung des Stauraumes gegenüber der bisherigen Planung erforderlich. Für eine Wahrscheinlichkeit eines störungsfreien Rückstau von 90% ist eine Spurlänge für Rechtsabbieger in der Zufahrt West von ca. 110 m notwendig.

5.3.2.3 Sperrzeiten am Bahnübergang mit BÜSTRA

Im Folgenden ist eine Simulationsauswertung der Sperrzeiten am Bahnübergang dargestellt. Der Auswertungszeitraum beträgt dabei 2 Simulationsstunden während der verkehrlichen Spitzenstunden.

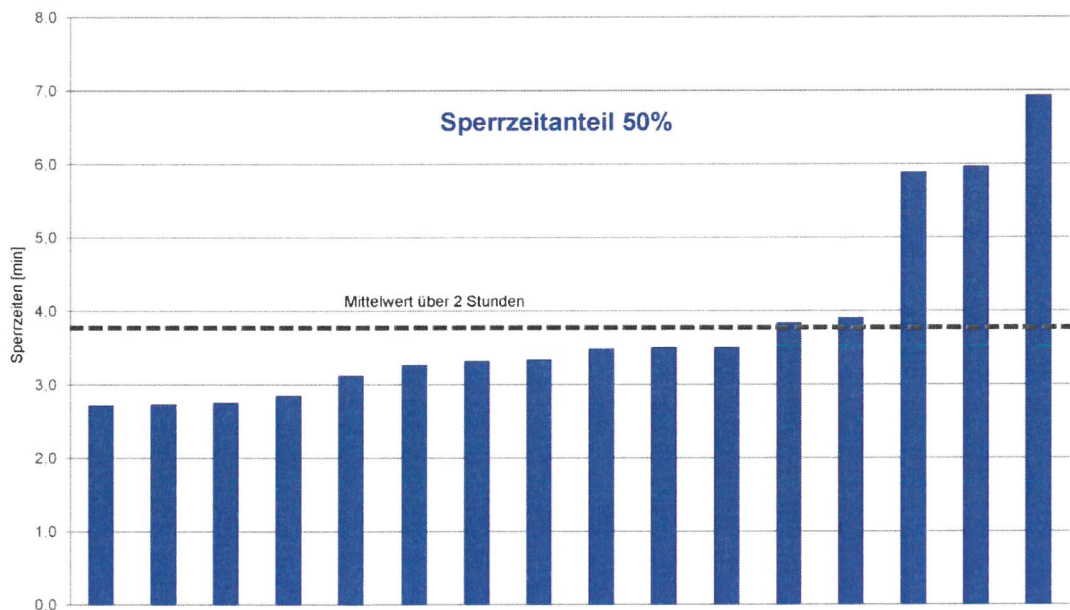


Abbildung 16: Verteilung der Sperrzeiten am Bahnübergang in der Simulation (2 Simulationsstunden)

Insgesamt führt die sehr hohe Gleisbelegung zu einem hohen Sperrzeitanteil am Bahnübergang. Für die verkehrlichen Spitzenstunden gilt, dass der Bahnübergang während der Hälfte der Simulationszeit geschlossen ist. Der Sperrzeitanteil beträgt 50%. Die Streuung der Schließzeiten liegt zwischen 2,7 min und 6,9 min. In einem Drittel der Schließfälle sind Begegnungsfälle von zwei Zügen enthalten.

Länge und Verteilung der Schließzeiten am Bahnübergang sind abhängig von der tatsächlichen Fahrplanlage der Züge, für die beim Güterverkehr in der Simulation Annahmen getroffen wurden.

5.3.3 Visualisierung der Simulationsergebnisse

Ein wesentlicher Vorteil der Simulation gegenüber herkömmlichen Verfahren ist die visuelle Darstellung des Verkehrs und die optische Verdeutlichung von Problemstellen in der Straßenverkehrsanlage. Im nachfolgenden Abschnitt werden Simulationsausschnitte mit typischen Verkehrssituationen abgebildet und erläutert. Zur Visualisierung sind die Simulationsdaten auf der beiliegenden DVD enthalten.

Vorbemerkung zur Visualisierung

In den Simulationsaufzeichnungen ist die farbliche Darstellung der ÖPNV-Fahrzeuge bei Halt unterschiedlich gestaltet. Bei technologisch bedingten Halten der ÖPNV-Fahrzeuge (z.B. Haltestellenaufenthaltszeit) wechselt die Fahrzeugfarbe (Füllung) auf weiß, bei verkehrsbedingten Halten, die als Verlustzeit erfasst werden, färbt sich das Fahrzeug schwarz.

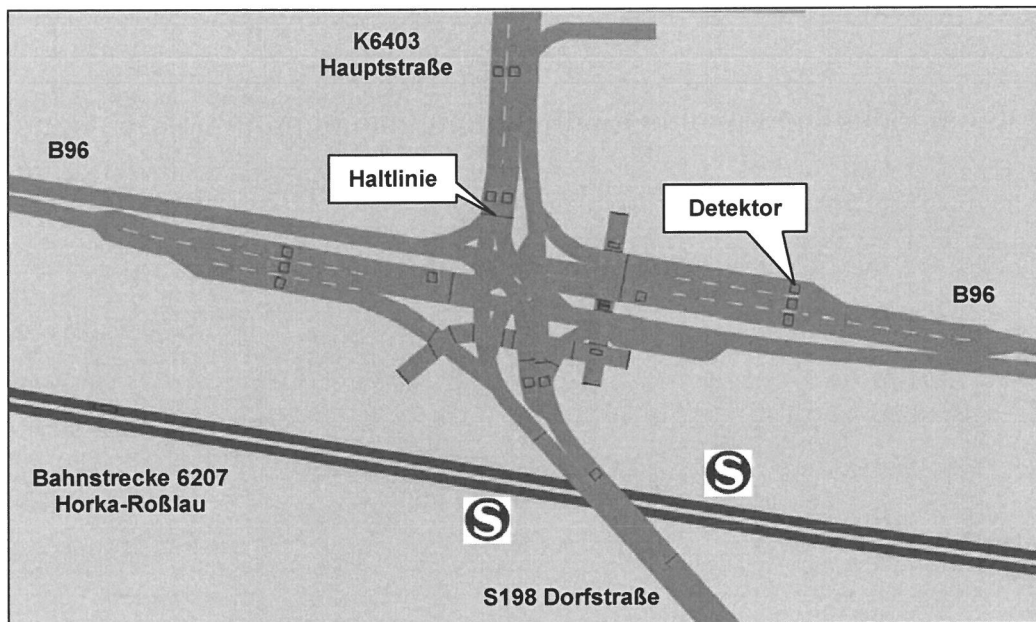


Abbildung 17: Simulationsmodell

Im Simulationsmodell sind zusätzlich zum beschriebenen Straßenknoten die Bahnstrecke Horka-Roßlau mit Bahnübergang und die Haltepunkte Schwarzkollm enthalten.

Simulationsfall ohne Bahnanmeldung

Die Lichtsignalanlage läuft *ohne Bahnanmeldung* auch während der verkehrlichen Spitzenzeiten mit guter Verkehrsqualität (vgl. folgende Abbildung). Auf Grund der relativ geringen Knotenbelastung von ca. 1.220 Kfz/h in der Spitzenstunde sind im verkehrsabhängigen Betrieb geringe Umlaufzeiten von 50 s bis 60 s ausreichend. Es treten geringe LSA-bedingte Wartezeiten im Kfz- (B96: <15 s / Nebenrichtung: <35 s) und Fußgängerverkehr (<45 s) auf. Das entspricht der **Verkehrsqualitätsstufe B** gemäß HBS. Im Regelfall ist kein Rückstau bis in den Gleisbereich vorhanden.

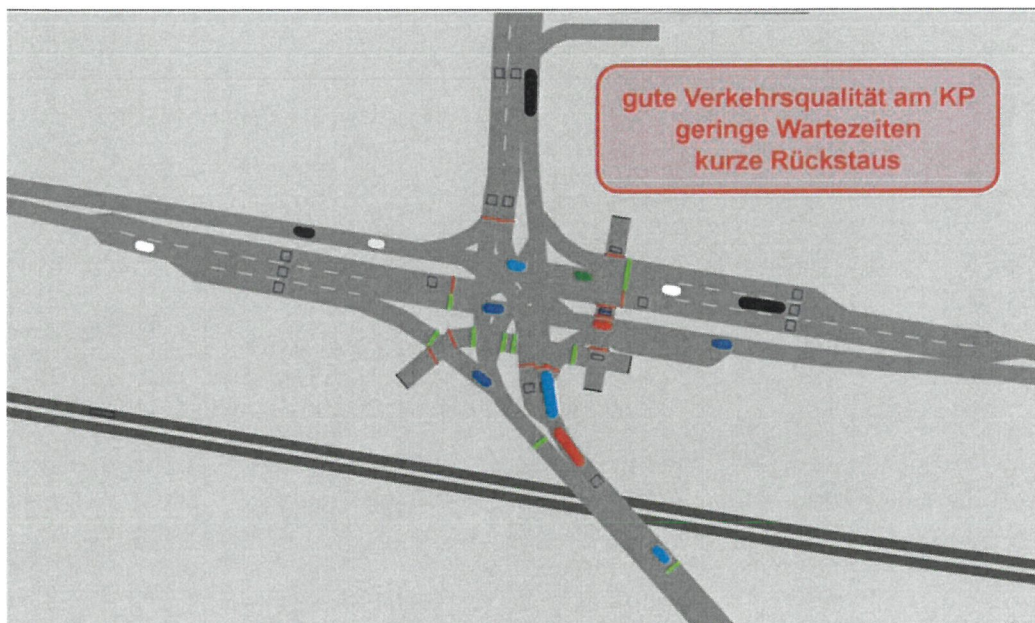


Abbildung 18: Simulationsausschnitt BÜSTRA ohne Bahnanmeldung

Simulationsfall mit Bahnanmeldung

Bei Bahnanmeldungen treten auf Grund der langen Annäherungszeiten auch lange Schrankenschließzeiten am Bahnübergang und Sperrzeiten für die betroffenen Verkehrsströme auf. Bei einer einfachen Zugüberfahrt beträgt die Sperrung des BÜ ca. 3 min, die bahnbedingte Sperrung der betroffenen Kfz-Ströme 4 bis 5 min. Bei der Begegnung von zwei Zügen am BÜ können Sperrzeiten des BÜ von bis zu 7 min auftreten, die bahnbedingte Sperrung der betroffenen Kfz-Ströme beträgt in diesen Fällen 8 bis 9 min. Der Anteil der Begegnungsfälle mit einer gemeinsamen Schrankenschließzeit beträgt im Prognose-Szenario der Simulation 50%, ist aber abhängig vom tatsächlichen Fahrplan im Güterverkehr.

Der Kfz-Verkehr im Zuge der B96 hat durch die Freigabe bei Teilbeeinflussung geringere Zeitverluste als ohne Bahnanmeldung. In den (Abbiege)spuren in Richtung Bahnübergang können zeitweise sehr hohe mittlere Wartezeiten von 2 bis 3 min und sehr lange Rückstaus entstehen, gemäß HBS entspricht das der Verkehrsqualitätsstufe F. Der Rückstau wird im Regelfall im folgenden LSA-Umlauf wieder abgebaut. Störungen durch Überstauung von Abbiegespuren traten in der Simulation jedoch nur in Einzelfällen auf. Kritisch ist die gleichzeitige Ankunft von mehreren Lastzügen der Fa. Natursteinwerke Weiland, die auf Grund der Fahrzeuglänge den vorhandenen Stauraum der Abbiegespuren auslasten bzw. überschreiten. Für den durchführenden Verkehr der Bundesstraße sind jedoch im Regelfall keine wesentlichen Behinderungen durch die BÜSTRA zu erwarten (vgl. folgende Abbildung).

Das Freihalten des Stauraumes im Zuge der S198 zwischen KP und BÜ sowie das Freiräumen des BÜ wird über steuerungstechnische Eingriffe an der LSA bei Bahnanmeldung gewährleistet. Damit sind keine Behinderungen im Gleisbereich durch Straßenfahrzeuge zu erwarten. Der Zufluss der Rechtsabbieger in Richtung BÜ während der Sperrzeiten muss auf Grund des geringen Abstandes signaltechnisch unterbunden werden.

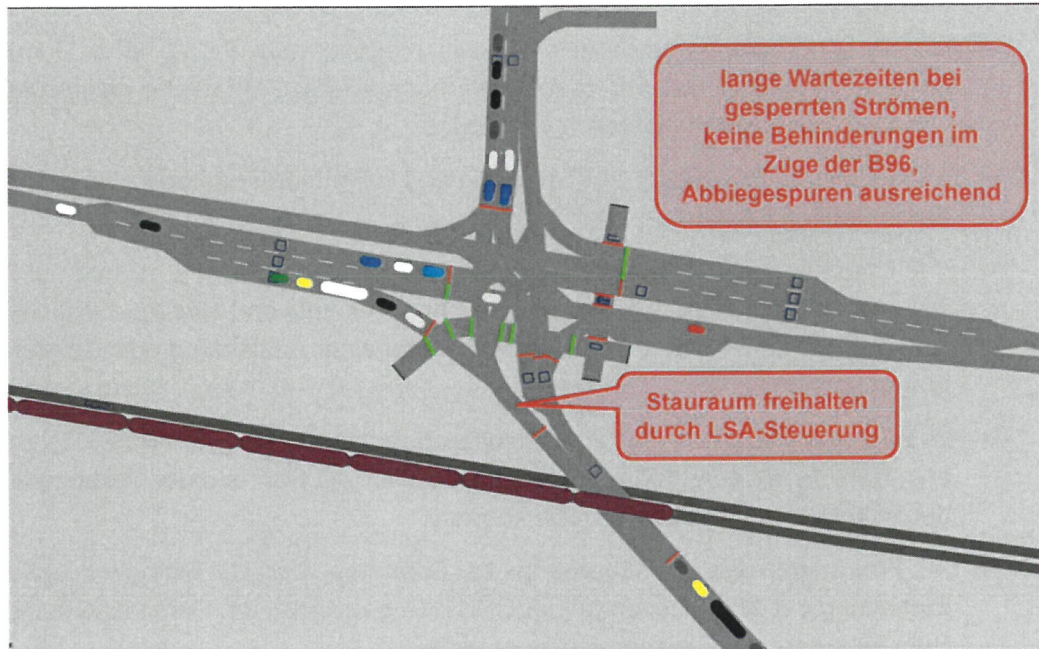


Abbildung 19: Simulationsausschnitt BÜSTRA mit Bahnanmeldung

6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Auswirkungen der geplanten BÜSTRA am Knotenpunkt B96/ S198/ K6403 in Schwarzkollm auf den Verkehrsablauf visualisiert und bewertet.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind im Folgenden zusammen gefasst:

- Aus der sehr hohen prognostizierten Gleisbelegung resultiert ein hoher Sperrzeitanteil am Bahnübergang. Das verursacht sehr hohe Wartezeiten für die gesperrten Ströme, vor allem bei Begegnungsfällen von Zügen.
- Der Abbau von Rückstau nach Sperrung des Bahnübergangs erfolgt in der Regel mit der folgenden Freigabe.
- Eine Überstauung von Abbiegespuren tritt nur selten in Einzelfällen und nur für kurze Zeit auf. Kritisch ist jedoch eine gleichzeitige Ankunft von Lastzügen (Fa. Natursteinwerke Weiland) während der Sperrzeit, die zu einer Auslastung oder Überstauung führen können.
- im Zuge der B96 sind keine wesentlichen Behinderungen durch BÜSTRA zu erwarten, da die durchführenden, stärkeren Ströme während der Teilbeeinflussung der BÜSTRA freigegeben werden können.
- Das Freiräumen des Bahnübergangs bei Bahnanmeldung ist bei richtlinienkonformer Einhaltung der Ablaufzeiten an der BÜSTRA gewährleistet. Damit sind keine Behinderungen im Gleisbereich zu erwarten.

Grundsätzlich ist der Knotenpunkt mit BÜSTRA leistungsfähig. Während der Sperrzeiten des Bahnüberganges treten sehr hohe Wartezeiten und große Staulängen für einzelne Verkehrsströme auf. Nach Öffnung des Bahnüberganges können die gesperrten Ströme innerhalb kurzer Zeit abfließen.

Aus den Ergebnissen folgen Rückschlüsse zum Knotenentwurf dahin gehend, dass eine weitere **Verlängerung der Rechtsabbiegespur** in der westlichen Zufahrt der Bundesstraße B96 sinnvoll ist, um die Aufnahme mehrerer Schwerfahrzeuge während der Sperrzeit am Bahnübergang zu ermöglichen.

Bei einem Betrieb ohne BÜSTRA besteht prinzipiell die Gefahr der Überstauung des Bahnüberganges, was insbesondere bei Zunahme der Verkehrsbelastung auf Straße und Schiene kritischere Auswirkungen haben kann als gegenwärtig im Bestand.

Bei Einrichtung einer BÜSTRA kann das Freiräumen des Staubereiches in der S198 in Richtung Bundesstraße gesteuert und Behinderungen im Gleisbereich insbesondere bei Bahnanmeldung vermieden werden.

7 Bewertung einer Kreisverkehrslösung

Zur Diskussion um alternative Ausbauförm am Knotenpunkt B96/ S198/ K6403 in Schwarzkollm sind im Folgenden Vor- und Nachteile einer Kreisverkehrslösung gegenüber gestellt:

Vorteile:

- sehr hohe Verkehrssicherheit durch geringe Geschwindigkeit und Wegfall unfallträchtiger Kreuzungs- und Abbiegerkonflikte
- gute Begreifbarkeit und Übersichtlichkeit
- Kapazität ausreichend → Qualitätsstufe A gemäß HBS 2001/2009
- geringere Unterhaltungskosten gegenüber LSA

Nachteile:

- Kreisverkehr widerspricht Streckencharakteristik der Bundesstraße, vorschrittmäßiger Halt für Verkehr im Zuge der Bundesstraße
- gleichrangige Verbindung wegen unterschiedlicher Funktion der verknüpften Straßen unzweckmäßig (Anteil der Nebenrichtung an der Knotenbelastung nur 19%)
- gestörter Verkehrsfluss bei Schrankenschließung durch geringen Abstand zum Bahnübergang
 - Rückstau im Kreis blockiert alle Fahrbeziehungen
 - Pulkverkehr nach Schrankenöffnung kann erst allmählich am Kreis abgewickelt werden
- keine steuerungstechnische Möglichkeit zur Vermeidung von Rückstau auf Gleis wie bei LSA
- keine signalgesicherte Querung für Fußgänger

In Abwägung der Vor- und Nachteile kann eine Kreisverkehrslösung **nicht** empfohlen werden.