

Ing.-Büro Dipl.-Ing. J. Geiger & Ing. K. Hamburgier GmbH

Verkehrstechnische Untersuchung

**Untersuchung der Anbindung
eines Möbelzentrums
an die Unnaer Str. (L 667) und
an die Werler Str. (B 63)
in Hamm Rhynern**

**(hier: Durchführung einer Simulation
zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit
der Grünen Welle)**

Stadt Hamm

Ausgearbeitet im Auftrag der Stadt Hamm, Tiefbau- und Grünflächenamt,
Abt. Verkehrstechnik

von

Dr.-Ing. Stefan Sommer
Dipl.-Ing. Jürgen Geiger

Ing.-Büro Dipl.-Ing. J. Geiger & Ing. K. Hamburgier GmbH
Ladenspelderstr. 62, 45147 Essen
Telefon: 0201/73 00 88,
Fax: 0201/73 50 88
E-Mail: IGH.ESSSEN@T-ONLINE.DE

Inhalt

- 1 Aufgabenstellung
- 2 Arbeitsunterlagen
- 3 Verkehrsbelastung
- 4 Untersuchung des notwendigen Ausbaus
 - 4.1 Fahrstreifenlänge in der westlichen Zufahrt des Knotens Werler Str. (B 63)/ Unnaer Str. (L 667)
 - 4.2 Anbindung des Möbelzentrums an die Unnaer Str. (L 667)
 - 4.2.1 Linksabbiegespur zum Parkplatz
 - 4.2.2 Einfahrt
 - 4.2.3 Ausfahrt
5. Untersuchung der Leistungsfähigkeit
- 6 Durchführung der Simulation
 - 6.1 Grundlagen
 - 6.2 Simulationsergebnisse
 - 6.2.1 Untersuchung der maximalen Staulänge in der westlichen Unnaer Str. (L 667)
 - 6.2.2 Untersuchung der maximalen Staulänge auf der Linksabbiegespur zum Parkplatz des Möbelzentrums
 - 6.2.3 Untersuchung der maximalen Staulänge an der Abfahrt der südlichen Anschlussstelle der A 2
 - 6.2.4 Untersuchung der Warte- bzw. Verlustzeiten auf ausgewählten Strecken
- 7 Zusammenfassung und Schlussbemerkungen

Anhang

1 Aufgabenstellung

An der Unnaer Str. (L 667) in Hamm Rhynern soll in unmittelbarer Nähe zum Knoten LSA 1, Werler Str. (B63)/Unnaer Str. (L 667), ein Möbelzentrum mit einer Verkaufsfläche von rd. 56.000 m² entstehen. Da fast der gesamte zusätzlich zu erwartende Verkehr auch über die bereits heute stark belastete Werler Str. (B 63) fließen wird, steht die Leistungsfähigkeit dieser Straße neben der unmittelbaren Anbindung des Möbelzentrums an die Unnaer Str. im Mittelpunkt des Interesses.

Die Ingenieurbüros Helmert und Ingenieurgemeinschaft Stolz (IGS) haben zur Untersuchung der Verkehrssituation nach Fertigstellung des Möbelzentrums bereits eine Machbarkeitsstudie durchgeführt und eine ausreichende Leistungsfähigkeit der betroffenen Lichtsignalanlagen festgestellt. In der Machbarkeitsstudie wurde die Leistungsfähigkeit der Lichtsignalanlagen an der Unnaer Str. und an den Autobahnanschlüssen Nord und Süd auf der Basis einer ermittelten Prognosebelastung theoretisch untersucht.

Zzt. gibt es allerdings noch kein theoretisches Rechenverfahren, das den durch die Grüne Welle bestehenden Einfluss der Lichtsignalanlagen untereinander zufriedenstellend berücksichtigt. Die Leistungsfähigkeitsberechnung bezieht sich daher nur auf Einzelknotenpunkte ohne Berücksichtigung der Grünen Welle (Koordinierung). Sie kann daher nur Anhaltspunkte für die tatsächlich zu erwartenden Verhältnisse geben.

Das einzige verfügbare Verfahren, mit dem sich die Untersuchung Grüner Wellen für Prognosebelastungen durchführen lässt, ist die mikroskopische Verkehrsflusssimulation. Schwerpunkt der vorliegenden Untersuchung ist daher die Durchführung einer solchen Simulation und die Überprüfung der Aussagen der Machbarkeitsstudie anhand der Simulationsergebnisse. Außerdem sollen Vorschläge für den Ausbau der westlichen Unnaer Str. (L 667) und der Anbindung des Möbelzentrums gemacht werden. Auch diese Vorschläge werden im Rahmen der Simulation überprüft.

2 Arbeitsunterlagen

Für die Bearbeitung standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Verkehrsuntersuchung Möbelmarkt Unnaer Str., Ingenieurbüro Helmert, Aachen und Ingenieurgemeinschaft Stolz (IGS), Neuss, Oktober 2010
- Aktuelle Verkehrserhebungen an den Knotenpunkten Unnaer Str. (L 667)/ Werler Str. (B 63) und Werler Str. (B 63)/Anschlussstellen BAB 2
- Erweiterung der Untersuchung auf den Belastungsfall „Samstag Mittag“
- Aktuelle Unterlagen der Grünen Welle B 63, LSA 1 bis LSA 5, Unnaer Str. bis Oberallener Weg, Ing.-Büro Geiger & Hamburgier GmbH, Essen
- verschiedene Entwürfe für die Gestaltung des Möbelzentrums.

3 Verkehrsbelastung

Die wichtigste Grundlage für die realitätsnahe Nachbildung einer Verkehrssituation in einer Simulation ist die Kenntnis der tatsächlich vorhandenen Verkehrsbelastung während dieser Situation. Für die durchzuführende Untersuchung muss daher zunächst die Zeit bestimmt werden, während der sich der maximale Ziel- und Quellverkehr des Möbelzentrums mit einer hohen Belastung auf der Werler Str. (B 63) bzw. auf der Unnaer Str. (L 667) überlagert.

An Werktagen ist die Belastung durch Kunden des Möbelzentrums geringer, dafür ist die Belastung der Werler Str. (B 63) höher. Ursache ist insbesondere der hohe Schwerlastverkehrsanteil. An Samstagen nimmt zwar die Anzahl der Möbelzentrum-Kunden zu, Schwerlastverkehr dagegen ist nur noch sporadisch vorhanden. Nach den Aussagen der Machbarkeitsstudie und einer anschließenden Ergänzung ist mit der maximalen Belastung durch Kunden des Möbelzentrums werktags zwischen 16:00 Uhr und 17:00 Uhr und samstags am frühen Nachmittag zu rechnen. Beide Szenarios, d. h. die Situation an einem Werktag und die an einem Samstag, sollen simuliert und untersucht werden.

Da für die o. g. Zeitbereiche keine aktuellen Werte vorlagen, wurden Verkehrszählungen durchgeführt. Die Zählungen fanden an einem Dienstag von 15:00 Uhr bis 17:00 Uhr und an einem Samstag von 10:00 Uhr bis 15:00 Uhr statt. Die hierbei aufgetretenen Maximalwerte lagen am Dienstag zwischen 16:00 Uhr und 17:00 Uhr und am Samstag zwischen 14:00 Uhr und 15:00 Uhr. Sie sind daher identisch mit den in der Machbarkeitsstudie angegebenen Zeitbereichen für die Spitzenzeiten des Möbelzentrums.

Die Daten wurden über die vorhandenen Detektoren an den Lichtsignalanlagen LSA 1 bis 3 von der Firma AVT STOYE erhoben und dem Büro zur Verfügung gestellt. Sie erwiesen sich im Vergleich zu einer Zählung von 2006 (s. Untersuchung Ing.- Büro Geiger & Hamburgier GmbH, 2008) als plausibel. Sie wurden als Bestand in jeweils einem Strombelastungsdiagramm dargestellt und sind im Anhang beigelegt (s. Anlage)

Zu diesen Werten wurde die Prognosebelastung für das Möbelzentrum, d. h. die in der o. g. Machbarkeitsstudie angegebenen Werte, addiert. Gemäß der Studie ist an Werktagen im Mittel mit 4.100 Fahrten/Tag als Quell- und Zielverkehr des Möbelzentrums zu rechnen. Außerdem enthalten die angegebenen Belastungswerte zusätzlichen Verkehr auf der Unnaer Str. (L 667), der durch den ersten Bauabschnitt des INLOGPARCs erzeugt wird. Die sich ergebende Prognosebelastung für Werktage am Nachmittag ist in einem weiteren Strombelastungsdiagramm im Anhang dargestellt.

Für Samstage lagen keine konkreten Prognosewerte für den Quell- und Zielverkehr des Möbelzentrums vor. In einem Nachtrag zu der Machbarkeitsstudie wurde aber angegeben, dass an Samstagen im Mittel mit 6.000 Fahrten zu rechnen ist. Da dies einem Fahrzeug-Mehraufkommen von rd. 50 % entspricht, wurden die Werktag-Prognosewerte um 50 % erhöht und zu den Zählwerten addiert.

Die Belastung des INLOGPARCs ist an Samstagen vernachlässigbar. Zusätzlicher Verkehr durch den INLOGPARC wurde daher für den Samstag nicht berücksichtigt.

An Samstagen ist generell nur sporadisch mit Schwerlastverkehr zu rechnen. Um aber den ungünstigsten Fall (worst case), insbesondere für die Ermittlung der notwendigen Fahrstreifenlänge, abzudecken, wurden in der Simulation vereinzelte Fahrzeuge berücksichtigt.

Die sich aus diesen Überlegungen und der Überlagerung der Zählwerte mit der Prognosebelastung ergebende Verkehrsbelastung für den Spitzenverkehr an Samstagen ist ebenfalls im Anhang dargestellt.

4 Untersuchung des notwendigen Ausbaus der Unnaer Str. (L 667)

Für die direkte Anbindung des Möbelzentrums an die Unnaer Str. und für den zu erwartenden Mehrverkehr auf der Unnaer Str. sind entsprechende straßenbauliche Maßnahmen durchzuführen, die im Folgenden diskutiert werden.

4.1 Fahrstreifenlänge in der westlichen Zufahrt des Knotens Werler Str. (B 63)/Unnaer Str. (L 667)

Der Hauptzielverkehr des Möbelzentrums kommt von der Autobahn A 2. Die Fahrzeuge treten daher an der LSA 1 als Linksabbieger in die westliche Unnaer Str. (L 667) auf. Auf dem Rückweg fließen sie dementsprechend als Rechtseinbieger von der Unnaer Str. wieder über die Werler Str. (B 63) zur A 2 ab. Für diese Fahrbeziehung bestehen aber bereits heute Leistungsfähigkeitsdefizite, insbesondere am Nachmittag. Es muss daher ein zusätzlicher Fahrstreifen für die Rechtseinbieger von der Unnaer Str. (L 667) in die Werler Str. (B 63) gebaut werden, um die Leistungsfähigkeit der Zufahrt zu erhöhen. Darauf wurde bereits in der Machbarkeitsstudie hingewiesen.

Der Rechtsabbiegestreifen sollte in die bestehende Signalisierung eingebunden werden. Die Rechtseinbieger in die Werler Str. (B 63) können dann zum einen gemeinsam mit der gesamten Unnaer Str. (L 667) freigegeben werden. Zusätzlich erhalten sie aber parallel zu den Linksabbiegern von der Werler Str. (B 63) in die Unnaer Str. (L 667) Grün (Zusatzsignal mit Pfeilschablone). Durch die zweimalige Freigabe ist eine ausreichende Leistungsfähigkeit und eine gute Qualität des Verkehrsablaufs gewährleistet.

Bei einer unsignalisierten Führung der Rechtseinbieger hinter einer Dreiecksinsel ist die Leistungsfähigkeit nur unwesentlich höher. Die Fahrzeuge werden i. d. R. nur während der Zeiten abfließen können, während der sie auch bei einer signalisierten Lösung Grün erhalten. Während der restlichen Umlaufzeit, d. h. im Wesentlichen während der Freigabe der nördlichen Zufahrt, werden nur selten ausreichende Lücken auftreten, um in die Werler Str. (B 63) einzubiegen.

Da der von Norden kommende, übergeordnete Verkehr zweistreifig fließt, ist er schwerer zu überschauen und abzuschätzen. Dies führt zu einem erhöhten Konfliktpotenzial, das durch die unsignalisierte Führung hinter der Dreiecksinsel weiter ansteigt. Aus der

Unfallforschung ist bekannt, dass diese Führung ein erhöhtes Risiko für Auffahrunfälle birgt. Die Rechtseinbieger sollten daher aus Sicherheits- und Leistungsfähigkeitserwägungen in die Signalisierung einbezogen werden.

Damit die Rechtseinbieger beide Grünzeiten in vollem Umfang nutzen können, dürfen sie nicht durch einen Rückstau auf einem anderen Fahrstreifen daran gehindert werden, die Haltlinie zu erreichen. Alle Fahrstreifen müssen daher eine ausreichende Länge aufweisen. Da die Rechtseinbieger 2mal pro Umlauf Grün erhalten, ist die zu erwartende Belastung von 205 Fahrzeugen während der Spitzenstunde zur Dimensionierung des Fahrstreifens nicht relevant.

Für den Geradeausverkehr und die Linkseinbieger tritt die maximale Belastung nach den vorliegenden Zahlen nachmittags an Werktagen auf. Zu dieser Zeit ist nach Fertigstellung des Möbelzentrums und des ersten Bauabschnitts des INLOGPARCs mit 153 geradeausfahrenden und 172 nach links einbiegenden Fahrzeugen zu rechnen. Maßgebend für die Fahrstreifenlänge ist der höchste Wert, d. h. die Anzahl der Linkseinbieger.

Bei einer Umlaufzeit von 120 s (einmal Grün für alle Richtungen) treten in einer Stunde 30 Umläufe und damit ebenso viele Grünzeiten auf. Es ist daher im Mittel mit rd. 6 Linkseinbiegern pro Umlauf zu rechnen. Bei einem Zuschlag von 20 % für sporadisch auftretende Schwankungen (Dimensionierungsbelastung gem. den Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA)) können bis zu 8 Fahrzeuge auftreten. Bei einer Aufstelllänge von 6 m/Pkw muss die Fahrstreifenlänge daher mindestens 48 m betragen.

Der mittlere Lkw-Anteil auf der Unnaer Str. (L 667) beträgt 5 %. Das bedeutet, dass etwa in jedem dritten Umlauf ein Lkw auftritt. Ist also eines der wartenden Fahrzeuge ein Lkw (Länge: 18 m) beträgt die benötigte Aufstelllänge 60 m. Eine Länge von 75 m weist daher ausreichende Reserven auf. Diese Länge wurde für alle 3 Fahrstreifen in der Simulation versorgt und damit überprüft.

4.2 Anbindung des Möbelzentrums an die Unnaer Str. (L 667)

In den Ausbauentwürfen für das Möbelzentrum (aktueller Entwurf s. Anlage) sind zwei Anbindungen an die Unnaer Str. (L 667) vorgesehen. Davon soll eine ausschließlich als Zufahrt (Abstand zur LSA 1: ca. 400 m) und eine als Ausfahrt (Abstand zur LSA 1: ca. 250 m) für Kunden und Anlieferung genutzt werden. Dieses Szenario bildet den ersten Untersuchungsfall für die Simulation.

Zusätzlich soll aber auch untersucht werden, ob bzw. unter welchen Bedingungen der Gesamtverkehr über eine einzige Ein-/Ausfahrt abwickelbar ist. Bei dieser Fragestellung geht es insbesondere um die Wartezeiten der Linkseinbieger vom Parkplatz. Sind sie zu hoch, d. h. finden die Linkseinbieger keine ausreichenden Lücken im übergeordneten Verkehr, müsste die Anbindung signalisiert werden.

4.2.1 Linksabbiegespur zum Parkplatz

Unabhängig davon, ob eine oder zwei Anbindungen gebaut werden, muss auf der Unnaer Str. (L 667) ein zusätzlicher Fahrstreifen für die Linksabbieger zum Parkplatz und den Andienungsverkehr eingerichtet werden. Auch er muss eine ausreichende Länge aufweisen, um Behinderungen des Geradeausverkehrs und damit ein evtl. Auffahrrisiko zu minimieren.

Die höchste Belastung, d. h. die maximal zu erwartende Anzahl von Linksabbiegern von der Unnaer Str. (L 667) zum Parkplatz, tritt an Samstagen auf. Sie beträgt an normalen Samstagen (ohne Sonderveranstaltungen) 284 Kfz/h. Mit Lastzügen zur Anlieferung ist an diesen Tagen seltener zu rechnen.

Werktags treten nur rd. 190 Linksabbieger während der Spitzenstunde auf. Dafür nutzen aber Lkw und Lastzüge der Zulieferer die Zufahrt. Bei den Berechnungen wird im Mittel von je zwei Lkw je Stunde und Richtung ausgegangen.

Aufgrund der Anzahl der Umläufe in einer Stunde und der Grünzeitverteilung der geschalteten Signalprogramme ist der jeweilige Zufluss aus den einzelnen Richtungen abschätzbar: Bei Berücksichtigung sporadischer Spitzen ist an Werktagen mit maximal 8 Fahrzeugen/Umlauf und an Samstagen mit maximal 10 Fahrzeugen/Umlauf zu rechnen. Bei einer Aufstelllänge von 6 m/Pkw und 18 m/Lkw beträgt der maximale Rückstau sowohl werktags (7 Pkw + 1 Lkw) als auch samstags 60 m. Bei Berücksichtigung einer zusätzlichen Reserve von 20 %, um Behinderungen des Geradeausverkehrs noch sicherer auszuschließen, sollte die Linksabbiegespur daher eine Länge von mind. 75 m aufweisen. Auch diese Länge wird in der Simulation überprüft.

4.2.2 Einfahrt

Die Einfahrt zum Möbelzentrum ist so konzipiert, dass die Fahrzeuge zunächst bis zur Mitte des Parkplatzes einfahren müssen, ehe sie sich auf die einzelnen Stellplatzreihen verteilen können. Anlieferverkehr und Kundenfahrzeuge, die zu Auslieferungsrampen wollen, müssen den Parkplatz außen umfahren. Diese Lösung ist als sehr positiv anzusehen, da die Fahrzeuge ohne Behinderungen, wie sie z. B. durch rangierende Fahrzeuge entstehen, von der Unnaer Str. (L 667) auf den Parkplatz abbiegen können. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit eines Rückstaus auf die Unnaer Str. (L 667) minimiert. Ein solcher Rückstau muss auf jeden Fall vermieden werden, da er zu Behinderungen des Zuflusses und damit auch zu Behinderungen des Durchgangsverkehrs auf der Unnaer Str. (L 667) führen kann.

Da die Einfahrt auch von Lkw genutzt werden soll, ist eine großzügige Bemessung der Radien vorzusehen, um ein zu vorsichtiges und damit langsames Einfahren zu vermeiden. Dies würde ebenfalls zu Behinderungen des Durchgangsverkehrs führen. Insgesamt muss der Einfahrbereich daher großzügig ausgebaut werden.

Damit die Rechtsabbieger auf das Gelände des Möbelzentrums beim Abbiegen generell möglichst geringe Störungen des parallelen Geradeausverkehrs verursachen, ist eine kurze Verzögerungsspur, zumindest aber eine Verbreiterung des Fahrstreifens im Einmündungsbereich, empfehlenswert.

4.2.3. Ausfahrt

Aus der Praxis ist bekannt, dass die Wartezeiten von Linkseinbiegern an Einmündungen oder Kreuzungen länger sind als die von Rechtseinbiegern. Ursache ist die Wartepflicht der Linkseinbieger aus der Nebenrichtung gegenüber den Linksabbiegern von der Hauptrichtung, die wiederum wartepflichtig gegenüber dem Gegenverkehr sind.

Bei nur einer Ein-/Ausfahrt müssen die Linkseinbieger vom Parkplatz zunächst die Linksabbieger von der Unnaer Str. (L 667) auf den Parkplatz abfließen lassen. Diese sind gegenüber dem Gegenverkehr von Westen wartepflichtig. Die längeren Wartezeiten der Linkseinbieger führen zu einem größeren Rückstau auf den Parkplatz. Außerdem vergrößert sich der psychologische Druck auf die nach links einbiegenden Fahrer durch die hinter ihnen wartenden Rechtseinbieger mit der Länge der Wartezeit. Die Ausfahrt sollte daher für beide Fahrtrichtungen je einen Fahrstreifen aufweisen. Dies gilt auch für eine getrennte Ein- und Ausfahrt, trotz der dann geringeren Wartezeiten.

Damit die nebeneinander wartenden Links- und Rechtseinbieger an der Parkplatzausfahrt sich nicht gegenseitig die Sicht auf den übergeordneten Verkehr nehmen, sollen die Rechtseinbieger gemäß dem vorliegenden Entwurf (s. Anhang) direkt auf einen „Beschleunigungsstreifen“ geführt werden. So können sie ohne Verzögerung in die Unnaer Str. (L 667) einbiegen, beschleunigen und sich dann in den fließenden Verkehr einordnen. Durch diese Maßnahme wird die Verflechtung mit dem fließenden Verkehr optimiert und das Sichtfeld für die wartenden Linkseinbieger immer wieder schnell freigefahren.

Die meisten Rechtseinbieger vom Möbelzentrum biegen auch an der LSA 1 wieder nach rechts in die Werler Str. (B 63) ein. Es wäre daher optimal, wenn der Einfädungsstreifen vom Möbelzentrum direkt in die neue Rechtsabbiegespur an der Einmündung in die Werler Str. (B 63) überginge. Damit würde sich die Anzahl der Verflechtungsvorgänge der vom Parkplatz kommenden Fahrzeuge mit denen auf der Unnaer Str. (L 667) minimieren.

Den anderen Kundenfahrzeugen, die an der LSA 1 geradeaus oder nach links fahren wollen, steht nach Befahren des Beschleunigungsstreifens auf der Unnaer Str. (L 667) noch eine Strecke von über 120 m für die Verflechtung mit dem Geradeausverkehr zur Verfügung. Erst dann weitet sich die Einmündung durch die Entwicklung des Linksabbiegestreifens auf.

Ein durchgehender Fahrstreifen für die Rechtseinbieger vom Parkplatz bis zur Einmündung in die B 63 bietet daher eine größere Leistungsfähigkeit, einen größeren Komfort für die Kunden und eine höhere Verkehrssicherheit.

5 Untersuchung der Leistungsfähigkeit

Als nächstes soll rechnerisch überprüft werden, ob die notwendige Leistungsfähigkeit für die zu erwartenden Verkehrsströme an der Einmündung Unnaer Str. (L 667)/ Parkplatz auch ohne Lichtsignalanlage vorhanden ist. Konkret erfolgt eine Abschätzung, ob es ausreichende Lücken im übergeordneten Verkehr gibt, die von wartenden Fahrzeugen zum Ab- bzw. Einbiegen genutzt werden können. Reicht die Leistungsfähigkeit nicht aus, ist eine Signalisierung erforderlich. Untersucht wird zunächst der worst case: Es gibt nur eine Anbindung an die Unnaer Str. (L 667), die von allen Fahrzeugen als Ein- und Ausfahrt genutzt wird.

Die angewandte Berechnungsmethode entspricht dem im Handbuch zur Bemessung von Straßenverkehrsanlagen, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, Ausgabe 2001 (HBS 2001), beschriebenen Verfahren. Die genauere Beschreibung der Vorgehensweise ist im Anhang beigelegt.

Zu untersuchen ist sowohl der Verkehr während der Spitzenstunde an Werktagen als auch der Samstagsspitzenverkehr. Grundlage für die Berechnungen bilden die Prognosewerte, die in den entsprechenden Strombelastungsdiagrammen für die Anbindung dargestellt wurden (s. Anhang).

Der für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit entscheidende Wert ist die Differenz zwischen der tatsächlichen Kapazität C und der vorhandenen Verkehrsmenge. Dieser Wert wird als Leistungsreserve R des Nebenstroms [Pkw-E/h] bezeichnet.

Je höher diese Leistungsreserve ist, umso besser ist die Qualität des Verkehrsablaufs. Eine ausreichende Qualität ist an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage gewährleistet, wenn die Leistungsreserve für alle untergeordneten Verkehrsströme größer als 100 Pkw-E/h ist.

In diesen Fällen liegt die Wartezeit der Nebenstromfahrzeuge im Mittel unter 45 s/Kfz. Die Qualität des Verkehrsablaufs entspricht dann mindestens der Stufe „D“. Wenn derselbe Knoten durch eine Lichtsignalanlage gesteuert würde, müsste mit höheren Wartezeiten gerechnet werden. Eine Signalisierung ist in diesen Fällen also nicht zweckmäßig.

Die einzelnen Qualitätsstufen sind zur Übersicht in Tabelle 1 aufgeführt

Der einzige untergeordnete Strom der Hauptrichtung ist der der Linksabbieger von der Unnaer Str. (L 667) auf den Parkplatz (Strom 7). Übergeordnet ist der von Westen (Unna) kommende Verkehr. Die Leistungsfähigkeitsuntersuchung (s. Anhang) ergab für die Linksabbieger sowohl für werktags als auch für samstags eine hohe Reserve von etwa 400 Pkw-E/h. Die mittlere Wartezeit beträgt bei diesem Wert ca. 10 s. Die Qualität des Verkehrsablaufs entspricht der Stufe „A“. Dies gilt sowohl für eine gemeinsame als auch für zwei getrennte Anbindungen.

Tab. 1: Erläuterung der Qualitätsstufen für Knotenpunkte ohne Lichtsignalanlage

Grenzwerte der mittleren Wartezeit

Qualitätsstufe (QSV)	Mittlere Wartezeit w [s]
A = sehr gut	≤ 10
B = gut	≤ 20
C = befriedigend	≤ 30
D = ausreichend	≤ 45
E = mangelhaft	> 45
F = ungenügend	negative Reserve (Sättigungsgrad > 1)

Aus: HBS - Handbuch zur Bemessung von Straßenverkehrsanlagen; Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (Hrsg.), 2001

Für die Links- und die Rechtseinbieger vom Parkplatz wurde je ein Fahrstreifen bei der Berechnung berücksichtigt. Die Leistungsfähigkeitsuntersuchung (s. Anhang) ergab, dass für die Rechtseinbieger vom Parkplatz (Strom 6) eine ausreichende Reserve von rd. 400 Pkw-E/h besteht. Das entspricht einer mittleren Wartezeit von ca. 10 s. Die Qualität des Verkehrsablaufs erreicht daher die Stufe „A“(s. o.).

Für die Linkseinbieger dagegen wird die notwendige Reserve nicht erreicht, wenn nur eine gemeinsame Ein-/Ausfahrt gebaut wird. An Werktagen beträgt die Reserve 75 Pkw-E/h, an Samstagen 93 Pkw-E/h. Bei einer Gesamtkapazität von weniger als 200 Pkw-E/h ergibt sich für die Fahrzeuge an Werktagen eine mittlere Wartezeit von über 45 s, an Samstagen von etwas weniger als 45 s. Der Verkehrsablauf entspricht daher nach dieser Berechnung an Werktagen der Qualitätsstufe „E“ und an Samstagen noch gerade der Qualitätsstufe „D“.

Der entscheidende Punkt für die fehlende Leistungsfähigkeit ist die Wartepflicht gegenüber den Linksabbiegern zum Parkplatz. Entfällt diese, wie es bei einer Trennung der Ein- und Ausfahrt der Fall ist, bestehen ausreichende Reserven für eine unsignalisierte Abwicklung.

Die Linkseinbieger können also nach dieser Berechnung nur bei getrennter Ein-/Ausfahrt unsignalisiert in die Unnaer Str. (L 667) einbiegen. Bei der Interpretation der berechneten Werte ist allerdings zu berücksichtigen, dass das Verfahren der Forschungsgesellschaft einen freien Verkehrsfluss voraussetzt. Diese Voraussetzung ist jedoch für den von Osten, d. h. für den von der LSA 1, Werler Str. (B 63)/Unnaer Str. (L 667) kommenden Verkehr nicht gegeben. Das Eintreffen dieser Fahrzeuge im Bereich der Einmündung zum Parkplatz wird durch die Freigabezeiten der Lichtsignalanlage (LSA 1) bestimmt.

Die Überprüfung nach dem Verfahren der Forschungsgesellschaft bietet daher nur einen ersten Anhaltspunkt. Weiteren Aufschluss gibt erst die Analyse des Verkehrsflussverhaltens in Abhängigkeit von der Schaltung der Grünzeiten durch die Lichtsignalanlage:

Der von der LSA 1 kommende Verkehrsstrom auf der Unnaer Str. (L 667) im Bereich der Parkplatzzufahrt setzt sich aus Rechts- und Linksabbiegern von der Werler Str. (B 63) sowie aus dem Geradeausverkehr von der östlichen Unnaer Str. (L 667) zusammen:

Die Anzahl der Geradeausfahrer beträgt an Werktagen rd. 170 Kfz/h, an Samstagen etwa rd. 110 Kfz/h. Das entspricht im Mittel 6 Kfz/Umlauf bzw. 4 Kfz/Umlauf. Der Fahrstreifen wird zusätzlich noch von den Rechtseinbiegern in die Werler Str. (B 63) genutzt. Ihre Anzahl ist allerdings gering. Nur etwa jedes dritte Fahrzeug biegt nach rechts in die Werler Str. (B 63) ein. Die dadurch entstehenden Lücken im Geradeausverkehr werden daher nur selten zum Abfluss der Linkseinbieger vom Parkplatz ausreichen.

Am Ende der Grünzeit der Nebenrichtung fließen die Linkseinbieger in die Werler Str. (B 63) ab. Zu dieser Zeit kommen nur noch selten Fahrzeuge des Geradeausverkehrs, so dass nun nutzbare Lücken an der Ausfahrt des Parkplatzes entstehen.

Nach der Unnaer Str. (L 667) wird der von Norden kommende Verkehr auf der Werler Str. (B 63) freigegeben. Die Rechtsabbieger in die Unnaer Str. (L 667) nutzen den rechten Fahrstreifen gemeinsam mit den Fahrzeugen, die an der Anschlussstelle Nord (LSA 2) auf die A 2 abbiegen wollen. Der Anteil der Rechtsabbieger am Gesamtverkehr des Fahrstreifens ist gering. Während der lang dauernden Freigabe des von Norden kommenden Verkehrs ergeben sich daher häufiger ausreichend große Zeitlücken für die Linkseinbieger an der Parkplatzausfahrt.

Nach der Sperrung des von Norden kommenden Verkehrs erhalten die von Süden kommenden (gesichert geführten) Linksabbieger in die Unnaer Str. (L 667) Grün. Während der Spitzenstunden ist an Werktagen im Mittel mit 7 Fahrzeugen/Umlauf und an Samstagen mit 9 Fahrzeugen/Umlauf zu rechnen.

Der größte Teil der Linksabbieger sind Kunden des Möbelzentrums, die von der Unnaer Str. (L 667) wieder nach links zum Parkplatz abbiegen. Dafür benötigen sie Lücken in dem von Westen kommenden Gegenverkehr. Erst wenn alle Fahrzeuge zum Parkplatz abgebogen sind, können die Fahrzeuge vom Parkplatz nach links einbiegen. Zu diesem Zeitpunkt kommt häufig bereits wieder der Verkehr aus der östlichen Unnaer Str. (L 667).

Zusammenfassend kann man daher sagen, dass sich für die Linkseinbieger vom Parkplatz in die Unnaer Str. bei einer gemeinsamen Ein-/Ausfahrt insbesondere am Ende der Grünzeit der Nebenrichtung und während der sich anschließenden Freigabe des von Norden kommenden Verkehrs häufiger nutzbare Lücken in dem von Osten kommenden Verkehr ergeben. Da in dem von Westen kommenden Verkehr ebenfalls häufiger ausreichend große Zeitlücken auftreten, müssten die tatsächlichen Wartezeiten geringer

sein als in der theoretischen Berechnung nachgewiesen. Dies soll in der Simulation durch Erfassung der Wartezeit abschließend untersucht werden.

6 Durchführung der Simulation

6.1 Grundlagen

Die Simulation wurde mit dem Simulationsprogramm VISSIM der PTV AG Karlsruhe in der Version 5.0.11 umgesetzt. Das Programm hat eine offene Schnittstelle, die es ermöglicht, die mit PROCOM/PROVIS (Planungstool des Ing.-Büros Geiger & Hamburgier GmbH Essen) erstellten Signalplanungen im Original in das Modell einzubinden.

Damit ist sichergestellt, dass die in der Realität auftretenden Reaktionen der Steuerung in exakt der gleichen Weise in der Simulation auftreten. Nachbildungen von Steuerungen, insbesondere, wenn es sich um Fremdplanungen handelt, stellen in Simulationen häufig eine große Fehlerquelle dar. Sie zeigen nur selten alle in der Realität auftretenden Reaktionen der Lichtsignalanlagen und führen daher zu einem Verkehrsflussverhalten, das nicht dem tatsächlich vorhandenen Ablauf entspricht.

Das in dem vorliegenden Modell abgebildete Netz umfasst die Anbindung des Möbelzentrums an die Unnaer Str. (L 667) sowie drei Knotenpunkte auf der Werler Str. (B 63). Dies sind die Unnaer Str. (LSA 1) und die beiden Autobahnanschlüsse Nord (LSA 2) und Süd (LSA 3). Diese Knoten sind von den zusätzlichen Belastungen durch die Kunden des Möbelzentrums am stärksten betroffen.

Da sich südlich der LSA 3 noch zwei weitere Lichtsignalanlagen (LSA 4 + 5) befinden, trifft der von Süden kommende Verkehr an der LSA 3 in der Realität nicht frei fließend ein. Er wird durch die Länge und Lage der Freigabezeiten an der LSA 4 beeinflusst. Um die Verteilung der von Süden kommenden Fahrzeuge realitätsgetreu nachzubilden, wurde daher die Signalanlage Oberster Kamp/Im Sutenkamp (LSA 4) mit in das Modell aufgenommen. Die Einspeisung der Fahrzeuge in das Netz erfolgt hier gemäß der tatsächlich vorhandenen Verteilung der Fahrzeuge auf Haupt- und Nebenrichtung.

Die Simulation wurde für die beiden relevanten Fälle, „Spitzenverkehr, werktags“ und „Spitzenverkehr, samstags“, jeweils für die Prognosebelastung durchgeführt. In dem Werktags-Modell ist nur eine gemeinsame Ein-/Ausfahrt nachgebildet. In dem Samstags-Modell sind Ein- und Ausfahrt getrennt und weisen einen Abstand von rd. 150 m voneinander auf.

Neben der Überprüfung der angenommenen Fahrstreifenlängen dient die Simulation primär zur Untersuchung der Reise-, Warte- und Verlustzeiten für die beiden Prognosefälle. Relevant sind die Wege, oder zumindest Abschnitte dieser Wege, die von den Kunden primär zur Zu- und Abfahrt genutzt werden.

Für jeden Untersuchungsfall wurden 6 Simulationsläufe durchgeführt. Dabei wurde die Zufallszahl (Variable in VISSIM zur Veränderung der Simulation in vorgegebenen Grenzen) in jedem Lauf jeweils um 10 erhöht. Damit wird eine ausreichende statistische Sicherheit der Ergebnisse erreicht (s. z. B. Schnabel, Straßenverkehrstechnik, 1/2003).

Die Simulationen sind in Intervalle von jeweils 10 Minuten Dauer unterteilt, in denen die einzelnen Messwerte erfasst werden.

6.2 Simulationsergebnisse

6.2.1 Untersuchung der maximalen Staulänge in der westlichen Unnaer Str. (L 667)

Wie in Kap. 4.1 beschrieben, wurde eine Mindestlänge von 75 m für die Fahrstreifen in der westlichen Unnaer Str. (L 667) abgeleitet. Diese Fahrstreifenlänge sollte auch im Rahmen der Simulation nochmals überprüft werden. Dazu wurde die maximal auftretende Staulänge in der jeweiligen Zufahrt über die in VISSIM versorgten „Messstellen zur Staulängenbestimmung“ erfasst.

Die Ergebnisse werden als „Relative Häufigkeiten“ aufgeführt. Diese Werte geben an, wie oft eine bestimmte Staulänge im Verhältnis zu der Gesamtanzahl der Messungen (N = 36) aufgetreten ist.

Tab. 2: Maximale Staulänge in der westlichen Zufahrt des Knotens LSA 1, Werler Str. (B63)/Unnaer Str. (L 667), werktags, gemeinsame Ein-/Ausfahrt

Maximale Staulänge [m]	Relative Auftrittshäufigkeit [%]		
	Fahrstreifen		
	Links	Geradeaus	Rechts
≤ 10	0,0	0,0	0,0
$10 \leq x < 20$	8,3	0,0	0,0
$20 \leq x < 30$	13,9	13,9	16,7
$30 \leq x < 40$	30,6	27,8	13,9
$40 \leq x < 50$	33,3	30,6	36,1
$50 \leq x < 60$	5,6	16,7	19,4
$60 \leq x < 70$	5,6	5,6	11,1
> 70	2,8	5,6	2,8

Tab. 3: Maximale Staulänge in der westlichen Zufahrt des Knotens LSA 1, Werler Str. (B63)/Unnaer Str. (L 667), samstags, getrennte Ein-/Ausfahrt

Maximale Staulänge [m]	Relative Auftrittshäufigkeit [%]		
	Fahrstreifen		
	Links	Geradeaus	Rechts
≤ 10	0,0	0,0	0,0
$10 \leq x < 20$	16,7	11,1	0,0
$20 \leq x < 30$	50,0	63,9	8,3
$30 \leq x < 40$	25,0	13,9	13,9
$40 \leq x < 50$	2,8	11,1	44,4
$50 \leq x < 60$	0,0	0,0	22,2
$60 \leq x < 70$	5,6	0,0	5,6
> 70	0,0	0,0	5,6

Die Ergebnisse zeigen, dass der Rückstau auf allen Fahrstreifen eine Länge von 70 m nur selten überschreitet. Im Einzelnen traten folgende Maximalwerte auf:

Auf der Geradeauspur erreichte der Rückstau zweimal eine Länge von 71 m. Das bedeutet, dass die angenommene Fahrstreifenlänge von 75 m ausreicht.

Auf dem rechten Fahrstreifen tritt aufgrund der zusätzlichen Kundenfahrzeuge die stärkste Belastung auf. Der maximale Rückstau betrug hier einmal 80 m, obwohl die Fahrzeuge zweimal pro Umlauf eine Freigabe erhalten. Die Fahrstreifenlänge wurde damit um rd. eine Fahrzeuglänge überschritten. Dies ist für die Leistungsfähigkeit nicht entscheidend. Außerdem erreichen die Rechtseinbieger trotzdem die Haltlinie, solange die anderen Fahrstreifen geringere Rückstaulängen aufweisen. Bei einem durchgehenden Fahrstreifen vom Parkplatz bis zur Werler Str. (B 63) spielt die Rückstaulänge keine Rolle.

Auf der Linksabbiegespur kann es zu einem größeren Rückstau kommen, falls nicht alle wartenden Linkseinbieger im vorigen Umlauf abfließen konnten. Dies kann insbesondere werktags auftreten, da zu dieser Zeit auch im Gegenverkehr viele Linkseinbieger auftreten. Beide Ströme können den Knoten größtenteils erst am Ende der Grünzeit (Nachlauf) räumen.

Während der Freigabezeit bilden sich auch gelegentlich Lücken im bevorrechtigten Geradeausverkehr. Die Linkseinbieger in der Simulation nutzen diese Lücken zum Abfluss. Ob dies in der Realität in gleichem Maße auftritt, kann nicht gesagt werden, da sich die beiden wartenden Fahrzeugströme gegenseitig die Sicht nehmen können. In der Simulation ist nicht ohne vorherige Untersuchung des Verkehrsablaufs nachzubilden, wie sehr gegenseitige Sichtbehinderungen der Abbieger in der Realität den Abfluss an dieser Stelle behindern bzw. verzögern.

Grundsätzlich ist daher der geplante Ausbau des Knotens zu begrüßen, bei dem sich die Achsen der beiden Linksabbiegestreifen gegeneinander verschieben. Dadurch verringern sich die gegenseitigen Sichtbehinderungen der im Knotenpunkt wartenden Links-einbieger und die Sicht auf den Gegenverkehr verbessert sich.

Der auf dem Linksabbiegestreifen aufgetretene maximale Stau betrug werktags 131 m. Dieser Wert trat aber nur einmal auf. Die anderen beiden Werte, die die 70 m Grenze überschritten, betragen 74 m bzw. 76 m. Der Maximalwert stellt daher einen sog. „Ausreißer“ dar, der als einmaliger Sonderfall zu werten ist.

Im Anhang ist eine grafische Darstellung der relativen Häufigkeiten der Staulängen als Balkendiagramm (Anlagen 9/10) sowie als Summenhäufigkeitskurven (Anlagen 11/12) beigefügt. An den Summenhäufigkeitskurven lässt sich direkt ablesen, wie viel Prozent der gemessenen Staulängen einen bestimmten Wert überschritten haben.

Grundsätzlich belegen die Ergebnisse, dass die angenommene Fahrstreifenlänge von 75 m für alle drei Fahrstreifen bei der zugrunde gelegten Belastung ausreicht.

6.2.2 Untersuchung der maximalen Staulänge auf der Linksabbiegespur zum Parkplatz des Möbelzentrums

Als nächstes wurde die in der Simulation angenommene Länge des Fahrstreifens für die Linksabbieger von der Unnaer Str. (L 667) zum Parkplatz des Möbelzentrums überprüft. Die Vorgehensweise entspricht der Überprüfung der Staulängen in der westlichen Unnaer Str. (L 667). Das ausschlaggebende Szenario ist der Samstag, da an diesem Tag die meisten Linksabbieger auftreten.

Die Ergebnisse der Simulation sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tab. 4: Maximale Staulänge auf der Linksabbiegespur zum Parkplatz

Maximale Staulänge [m]	Relative Auftrittshäufigkeit [%]
≤ 10	2,8
$10 \leq x < 20$	8,3
$20 \leq x < 30$	58,3
$30 \leq x < 40$	22,2
$40 \leq x < 50$	8,3
$50 \leq x < 60$	0,0
$60 \leq x < 70$	0,0
> 70	0,0

Wie Tabelle 4 zu entnehmen ist, betragen alle aufgetretenen maximalen Staulängen weniger als 50 m. Die vorgesehene Fahrstreifenlänge von ca. 60 m für die Linksabbiegespur auf der Unnaer Str. (L 667) reicht daher auch unter Berücksichtigung sporadischer Schwankungen des Verkehrsaufkommens aus.

6.2.3 Untersuchung der maximalen Staulänge der Abfahrt der südlichen Anschlussstelle der A 2

Die Abfahrt an der südlichen Anschlussstelle der A 2 weist bereits heute eine hohe Belastung durch die Linkseinbieger in Richtung Norden auf. Durch die Kunden des Möbelzentrums erhöht sich diese Belastung noch weiter. Es sollte daher in der Simulation überprüft werden, ob der vorhandene Stauraum auch für den zusätzlich zu erwartenden Verkehr ausreicht oder ob ein Rückstau auf die Autobahn zu befürchten ist.

Ein Rückstau auf die Autobahn muss grundsätzlich vermieden werden. Er führt dazu, dass der von der A 2 kommende Verkehr bei der Einfahrt in die Werler Str. (B 63) bevorzugt behandelt werden muss, um den Rückstau abzubauen. Die dadurch entstehenden Störungen der Grünen Welle werden bewusst in Kauf genommen. Der schnellst mögliche Abbau des Rückstaus und der dadurch bestehenden Unfallrisiken hat oberste Priorität.

Grundsätzlich steht ein Stauraum von maximal 300 m für die von der A 2 kommenden Fahrzeuge zur Verfügung. Das letzte Fahrzeug steht dann aber bereits am Beginn der Sperrfläche, an der der Fahrstreifen in der Ausfahrt in die eigentliche Abfahrt verschwenkt.

Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Rückstaulängen entspricht dem o. g. Verfahren. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 5 und 6 aufgeführt.

Tab. 5: Maximaler Rückstau auf der Abfahrt von der A 2, Anschlussstelle Süd, an der LSA 3, werktags

Maximale Staulänge [m]	Relative Auftrittshäufigkeit [%]
≤ 50	0,0
$50 \leq x < 100$	2,8
$100 \leq x < 150$	27,8
$150 \leq x < 200$	44,4
$200 \leq x < 250$	25,0
$250 \leq 300$	0,0

Tab. 6 Maximaler Rückstau auf der Abfahrt von der A 2, Anschlussstelle Süd,
an der LSA 3, samstags

Maximale Staulänge [m]	Relative Auftrittshäufigkeit [%]
≤ 50	2,8
$50 \leq x < 100$	13,9
$100 \leq x < 150$	63,9
$150 \leq x < 200$	13,9
$200 \leq x < 250$	5,6
$250 \leq 300$	0,0

Wie den Tabellen zu entnehmen ist, wird ein Rückstau von 250 m nicht erreicht. Der maximale Rückstau betrug werktags und samstags je 227 m. Eine Staulänge von 200 m wird werktags häufiger überschritten als an Samstagen. Insgesamt aber bleiben immer noch ausreichende Reserven für sporadische Schwankungen des Verkehrsaufkommens, ehe ein Rückstau zu Behinderungen auf der Autobahn führt. Die Ergebnisse sind im Anhang als Säulendiagramm grafisch dargestellt (s. Anhang 13).

Zusammenfassend ist daher zu sagen, dass die vorhandene Länge des Fahrstreifens auch für den zusätzlichen Zielverkehr des Möbelzentrums ausreicht.

6.2.4 Untersuchung der Warte- bzw. Verlustzeiten auf ausgewählten Strecken

Die Leistungsfähigkeit der durch das Kundenaufkommen zusätzlich belasteten Zufahrten der Werler Str. (B 63) war bereits in der o.g. Machbarkeitsstudie der IGS für ausreichend befunden worden. Die existierenden theoretischen Verfahren berücksichtigen allerdings nur den Einzelknoten, nicht die gegenseitige Beeinflussung der Lichtsignalanlage im Zuge der Koordinierung. Die Überprüfung der Leistungsfähigkeit und des Verkehrsablaufs unter Berücksichtigung der Grünen Welle war daher eine der Hauptaufgaben bei der Durchführung der Simulation.

Das Kriterium zur Beurteilung der Qualität des Verkehrsablaufs in der Simulation ist die Wartezeit bzw. die Verlustzeit der Fahrzeuge. Gemessen wurden die mittleren, die minimalen und die maximalen Wartezeiten. Überschreitet die maximale Wartezeit die Umlaufzeit, ist das ein Zeichen dafür, dass zumindest ein Fahrzeug in dem untersuchten Zeitintervall einen zweiten Umlauf warten musste. Einzelne Umläufe können daher überlastet sein, so dass nicht alle wartenden Fahrzeuge in einem Umlauf abfließen können.

Überschreitet die mittlere Wartezeit die Umlaufzeit, zeigt dies ein höheres Maß an Überlastung an. Es bedeutet, dass in fast jedem Umlauf ein Reststau bleibt und diese Fahrzeuge im Mittel einen zweiten Umlauf warten müssen.

Untersucht wurden die Fahrbeziehungen, deren Belastung durch den Ziel-/Quellverkehr der Kunden stärker zunimmt. Dies sind:

1. Linkseinbieger von Möbelzentrum in die Unnaer Str. (L 667)
2. Linksabbieger von der Unnaer Str. (L 667) zum Möbelzentrum
3. Linksabbieger von der Werler Str. (B 63) zum Möbelzentrum
4. Rechtsabbieger von der Werler Str. (B 63) zum Möbelzentrum
5. Linksabbieger von der A 2 Süd zum Möbelzentrum
6. Geradeausverkehr auf der Werler Str. (B 63) von Süden zum Möbelzentrum.

Die Ergebnisse sind in den folgenden beiden Tabellen dargestellt.

Tab. 7: Wartezeiten, werktags (Nummerierung der Strecken s.o.)
gemeinsame Ein-/Ausfahrt, Umlaufzeit 120 s

Wartezeiten [s]	Strecke					
	1	2	3	4	5	6
Mittelwert	24,1	12,8	43,5	48,6	21,2	48,7
Minimum	8,2	5,0	29,3	35,9	13,9	30,4
Maximum	113,2	27,3	57,6	64	27,3	96,9

Tab. 8: Wartezeiten, samstags (Nummerierung der Strecken s.o.)
getrennte Ein-/Ausfahrt, Umlaufzeit 100 s

Wartezeiten [s]	Strecke					
	1	2	3	4	5	6
Mittelwert	9,9	14,4	30,5	42,2	20,5	37,7
Minimum	2,3	4,2	19,3	35,1	11,7	23,2
Maximum	21,8	26	51	60,9	27,8	61,2

Die in der ersten Spalte der Tabellen angegebenen Werte betreffen die Linkseinbieger vom Parkplatz in die Unnaer Str. (L 667). Die in Tabelle 7 enthaltenen Werte gelten für eine gemeinsame Ein-/Ausfahrt. Bei diesem Zustand müssen die Einbieger vom Parkplatz die übergeordneten Linksabbieger von der Unnaer Str. (L 667) beachten.

Die Simulation bestätigt die Annahme, dass die Ergebnisse der Leistungsfähigkeitsnachweise nach HBS aufgrund des nicht vorhandenen freien Verkehrsflusses für die Linkseinbieger zu ungünstig ausfallen. Statt der theoretisch ermittelten mittleren Wartezeit von über 40 s tritt in der Simulation ein Mittelwert von rd. 24 s auf. Dies entspricht

einem Verkehrsablauf der Qualitätsstufe „C“. Eine Signalisierung der Parkplatz-Ausfahrt ist bei diesen Werten nicht erforderlich.

Eine mittlere Wartezeit von 24 s schließt das Auftreten vereinzelter höherer Werte allerdings nicht aus. Das zeigt die in der Simulation aufgetretene maximale Wartezeit von fast 2 Minuten (s. Tabelle 7).

Aus der Verkehrssicherheitsforschung ist bekannt, dass Wartezeiten in dieser Größenordnung häufig die subjektive Geduldsschwelle der Autofahrer überschreiten. Die Folge ist dann, dass sie zu kleine Zeitlücken akzeptieren und es zu einem Anstieg des Unfallrisikos kommt.

Die Simulationsergebnisse belegen auch, dass sich die Wartezeiten der Linkseinbieger bei getrennter Ein- und Ausfahrt (s. Tab. 8) gegenüber der Situation bei gemeinsamer Anbindung (Werktag) wesentlich verringern. Statt rd. 24 s beträgt die mittlere Wartezeit nur rd. 10 s. Das entspricht einer Reduzierung um fast 60 %. Der Maximalwert bei getrennten Zufahrten ist geringer als der Mittelwert bei einer gemeinsamen Anbindung.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Leistungsfähigkeit einer gemeinsamen Ein-/Ausfahrt für die zugrunde gelegte Belastung auch ohne Signalisierung ausreicht. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass vereinzelt Wartezeiten von über 100 s auftreten. Die Trennung von Ein- und Ausfahrt wird daher empfohlen. Linkseinbieger und Linksabbieger werden entkoppelt und die mittlere Wartezeit der Linkseinbieger sinkt um 60 %. Leistungsfähigkeit und Verkehrssicherheit nehmen zu.

In der jeweils zweiten Spalte der Tabellen 7 und 8 sind die Wartezeiten für die Linksabbieger von der Unnaer Str. (L 667) zum Parkplatz angegeben. Die entsprechenden Werte sind für beide Fälle, samstags und werktags, vergleichbar. Sie entsprechen einem Verkehrsablauf der Qualitätsstufe „B“.

Die Unterschiede der Wartezeiten für die Strecken 3 bis 6 zwischen den Fällen Samstag und Werktag resultieren vorrangig aus den unterschiedlichen Umlaufzeiten der Signalprogramme von 120 s an Werktagen und 100 s an Samstagen sowie der daraus resultierenden Grünzeitverteilung.

Die mittleren Wartezeiten zeigen bei allen Strecken, dass in keiner Zufahrt eine Überlastung auftritt. Das belegen auch die Maximalwerte, die die Umlaufzeit in keinem Fall überschreiten. Die Leistungsfähigkeit ist daher an allen untersuchten Zufahrten gewährleistet. Die Ergebnisse bestätigen damit die theoretischen Berechnungen der Machbarkeitsstudie.

7 Zusammenfassung und Schlussbemerkungen

An der Unnaer Str. (L 667) in Hamm Rhynern soll in unmittelbarer Nähe zum Knoten LSA 1, Werler Str. (B63), ein Möbelzentrum mit einer Verkaufsfläche von 56.000 m² entstehen. Zur Untersuchung der Anbindung wurde bereits eine Machbarkeitsstudie durchgeführt. Darin wurde die Leistungsfähigkeit der am stärksten von dem Anstieg der Verkehrsbelastung durch den Kundenverkehr betroffenen drei Lichtsignalanlagen an der Werler Str. (B 63) theoretisch untersucht und für ausreichend befunden.

Die zzt. verfügbaren Verfahren zur Leistungsfähigkeitsberechnung beziehen sich allerdings nur auf Einzelknotenpunkte. Die Einflüsse, die sich durch die Grüne Welle (Koordinierung) ergeben, können für Prognosefälle nur im Rahmen einer Verkehrsflusssimulation überprüft werden. Dies war die Hauptaufgabe der vorliegenden Untersuchung. Außerdem sollten die Gestaltung der Anbindung des Möbelzentrums an die Unnaer Str. (L 667) und die der westlichen Zufahrt der Unnaer Str. (L 667) diskutiert sowie die Abfahrt von der A 2 an der Anschlussstelle Süd auf ausreichende Länge untersucht werden.

Die vorliegende Untersuchung basiert auf den zur Verfügung gestellten Daten und Plänen. Die Ergebnisse gelten dementsprechend nur unter der Voraussetzung der Richtigkeit dieser Unterlagen.

Nach den Vorgaben der Machbarkeitsstudie sind die Bereiche mit der stärksten Belastung werktags zwischen 16:00 Uhr und 17:00 Uhr und samstags zwischen 14:00 Uhr und 15:00 Uhr zu erwarten. An Werktagen ist die Belastung durch Kunden des Möbelzentrums geringer, dafür ist das Verkehrsaufkommen auf der Werler Str. (B 63) höher, verursacht insbesondere durch den dann vorhandenen Schwerlastverkehr. An Samstagen liegt die Anzahl der Kunden des Möbelzentrums rund 50 % über dem an Werktagen im Mittel auftretenden Wert. Beide Szenarios sollten simuliert werden.

Zur Versorgung der Modelle mit realistischen Belastungszahlen wurden zunächst Verkehrszählungen durchgeführt (Bestand). Die Spitzenwerte stimmten hinsichtlich der zeitlichen Lage mit den Angaben aus der Machbarkeitsstudie überein. Die Bestandswerte wurden mit den aus der Machbarkeitsstudie übernommenen, zusätzlich zu erwartenden Belastungswerten für den Quell- und Zielverkehr des Möbelzentrums beaufschlagt (Prognose).

Das Modell umfasst 3 Knoten auf der Werler Str. (B 63) und die eigentliche Anbindung des Möbelzentrums. Zur Erzeugung eines realistischen Zuflusses für den von Süden kommenden Verkehr wurde auch die LSA 4, Oberster Kamp/Im Sutenkamp mit berücksichtigt. Zur Gewinnung der notwendigen Daten zur Beurteilung der Situation wurden im Modell Messstellen zur Erfassung der Rückstaulänge, der Wartezeiten und der Verlustzeiten an ausgewählten Zufahrten und Strecken installiert. Die Auswertung erfolgte auf der Basis einer Mittelwertbildung aus mehreren Simulationsläufen mit unterschiedlichen Zufallszahlen und der Untersuchung der aufgetretenen Maxima/Minima.

Die Ergebnissen der Untersuchungen sind im Folgenden zusammengefasst dargestellt.

Für den Ausbau der westlichen Zufahrt der Unnaer Str. (L 667) gilt:

Die Unnaer Str. (L 667) muss aus Leistungsfähigkeitsgründen in der westlichen Zufahrt zur Werler Str. (B 63) (LSA 1) einen zusätzlichen Rechtsabbiegestreifen erhalten. Dadurch ist eine doppelte Freigabe der Rechtseinbieger, zum einen gemeinsam mit der Unnaer Str. (L 667) und zum anderen mit den Linksabbiegern von der Werler Str. (B 63), möglich. Die damit erreichbare Leistungsfähigkeit entspricht der einer unsignalisierten Lösung. Sie weist aber eine höhere Verkehrssicherheit als die freie Führung auf. Die Rechtsabbieger sollten daher auf dem neuen Fahrstreifen signalisiert geführt werden.

Alle drei Fahrstreifen der Zufahrt müssen eine Mindestlänge von 75 m aufweisen.

Für die Anbindung des Möbelzentrums an die Unnaer Str. (L 667) ist folgendes zu beachten:

Auf der Unnaer Str. (L 667) muss ein Fahrstreifen für die Linksabbieger zum Parkplatz eingerichtet werden. Die Aufstelllänge muss mind. 50 m betragen. Diese Rückstaulänge wurde in der Simulation nicht überschritten.

Die Einfahrt muss großzügig ausgebaut sein, damit auch Lkw ohne größere Verzögerungen abbiegen können. Optimal wäre ein kurzer Verzögerungsstreifen für die Rechtsabbieger zum Parkplatz, um Behinderungen des Geradeausverkehrs durch die abbremsenden Fahrzeuge zu verringern.

Zur Gewährleistung einer zügigen Einfahrt auf den Parkplatz dürfen keine Behinderungen im Bereich der Zufahrt entstehen. Dies wird durch die rd. 150 m lange Zufahrt zu den Stellplätzen auf dem Gelände weitestgehend sichergestellt.

Die Ein- und die Ausfahrt des Parkplatzes sollten, wie im Entwurf dargestellt, getrennt angelegt werden. Die Leistungsfähigkeit einer gemeinsamen Ein-/Ausfahrt reicht zwar für die zugrunde gelegte Belastung aus (Qualitätsstufe „C“). es ist jedoch nicht auszuschließen, dass vereinzelt Wartezeiten von über 100 s auftreten. Derartig lange Wartezeiten können Autofahrer zur Annahme zu kurzer Zeitlücken im fließenden Verkehr veranlassen, so dass das Unfallrisiko steigt.

Bei getrennten Zufahrten entfällt die Behinderung der Linkseinbieger vom Parkplatz durch die bevorrechtigten Linksabbiegern zum Parkplatz. Die mittlere Wartezeit der Linkseinbieger sinkt dadurch um 60 %. Leistungsfähigkeit und Verkehrssicherheit steigen.

Trotz der geringeren Wartezeiten für die Linkseinbieger sollten Links- und Rechtseinbieger in der Ausfahrt getrennte Fahrstreifen erhalten. Zur Verringerung der daraus resultierenden gegenseitigen Sichtbehinderungen der wartenden Fahrzeuge sollten die Rechtseinbieger, wie in dem aktuellen Entwurf dargestellt, ohne Verzögerung auf einem eigenen Fahrstreifen abfließen können. Er stellt eine Art Beschleunigungsstreifen dar. Die ausfahrenden Fahrzeuge können sich besser mit dem parallelen Verkehr auf

der Unnaer Str. (L 667) verflechten und auch geringere Zeitlücken aufgrund der erreichten höheren Geschwindigkeit besser ausnutzen.

Die Fortführung dieses Fahrstreifens bis in die Rechtsabbiegespur an der LSA 1 stellt die optimale Lösung dar. Da die meisten vom Parkplatz kommenden Fahrzeuge anschließend wieder nach rechts in die Werler Str. (B 63) einbiegen, können sie den Fahrstreifen durchgehend nutzen. Die Anzahl der Verflechtungsvorgänge verringert sich.

Für die am Knoten nach links einbiegenden oder geradeaus fahrenden Kunden-Fahrzeuge ergibt sich ein Verflechtungsbereich von über 120 m zwischen dem Einfahren in die Unnaer Str. (L 667) und dem Beginn der Aufweitung auf 3 Fahrstreifen vor dem Knoten Werler Str. (B 63).

Durch einen durchgehenden Fahrstreifen, der vom Parkplatz kommend in die Rechtsabbiegespur in die Werler Str. (B 63) übergeht, ist außerdem sichergestellt, dass die Rechtseinbieger ihre doppelte Freigabe normalerweise nutzen können und nicht durch einen Rückstau auf einem anderen Fahrstreifen behindert oder blockiert werden. Ein durchgehender Fahrstreifen bietet daher eine größere Leistungsfähigkeit, einen größeren Komfort für die Kunden und eine höhere Verkehrssicherheit.

Die Simulationsuntersuchungen ergaben außerdem, dass der Fahrstreifen an der Abfahrt der A 2, Anschlussstelle Süd, trotz der Zunahme des Verkehrsaufkommens eine ausreichende Länge aufweist. Überschreitungen der maximal möglichen Rückstaulänge traten in der Simulation nicht auf.

Die Leistungsfähigkeit des Systems wurde auf der Basis der Reise- und Verlustzeit-Messungen überprüft. Das Kriterium für evtl. bestehende Defizite war, dass die maximale und/oder die mittlere Wartezeit die Länge der Umlaufzeit überschreitet. Derartig lange Wartezeiten sind ein Indiz dafür, dass Fahrzeuge einzeln oder vermehrt einen zweiten Umlauf warten müssen. Das Kriterium trat aber in keinem der untersuchten Fälle auf. Die im Rahmen der Machbarkeitsstudie theoretisch ermittelten Aussagen über eine ausreichende Leistungsfähigkeit konnten daher bestätigt werden.

Zusammenfassend ist daher abschließend zu sagen, dass die Leistungsfähigkeit des Systems zur Aufnahme des zusätzlichen Verkehrs, verursacht durch die Kunden des Möbelzentrums, ausreicht. Die notwendigen Voraussetzungen dazu sind, wie schon in der Machbarkeitsstudie gefordert, der Ausbau einer Rechtsabbiegespur in der westlichen Zufahrt der Unnaer Str. (L 667) und der einer Linksabbiegespur von der Unnaer Str. (L 667) zum Parkplatz. Beide müssen eine Länge von mind. 75 m aufweisen. Die räumliche Trennung der Ein- und Ausfahrt des Parkplatzes sowie ein von der Ausfahrt durchgehender Fahrstreifen, der in die Rechtsabbiegespur zur Werler Str. (B 63) übergeht, runden die Maßnahmen ab. Sie tragen erheblich zur Optimierung des Verkehrsablaufs und zur Erhöhung der Sicherheit bei.

Dr. Stefan Sommer

Anhang

- 1 Übersichtsplan: Lage des zukünftigen Möbelzentrums
- 2 Lageplan des Möbelzentrums , L 667/B 63, M 1:500 (PDF), Stand 8.6.2011, Blocher Blocher Partners, Stuttgart
- 3 Strombelastungsplan B 63, werktags, 16:00 Uhr - 17:00 Uhr , Zählung vom 12.4.2011
- 4 Strombelastungsplan B 63, werktags, 16:00 Uhr - 17:00 Uhr , Prognose Möbelzentrum, auf der Basis der Zählung vom 12.4.2011
- 5 Strombelastungsplan B 63, samstags, 14:00 Uhr - 15:00 Uhr , Zählung vom 7.5.2011
- 6 Strombelastungsplan B 63, samstags, 14:00 Uhr - 15:00 Uhr , Prognose Möbelzentrum, auf der Basis der Zählung vom 7.5.2011
- 7 Leistungsfähigkeitsnachweis nach HBS 2010, werktags, gemeinsame Ein-/Ausfahrt
- 8 Leistungsfähigkeitsnachweis nach HBS 2010, samstags, gemeinsame Ein-/Ausfahrt
- 9 Maximale Staulänge in der westlichen Zufahrt der Unnaer Str. (B 63), werktags, Relative Häufigkeit
- 10 Maximale Staulänge in der westlichen Zufahrt der Unnaer Str. (L 667). samstags, Relative Häufigkeit
- 11 Maximale Staulänge in der westlichen Zufahrt der Unnaer Str. (L 667), werktags, Summenhäufigkeit
- 12 Maximale Staulänge in der westlichen Zufahrt der Unnaer Str. (L 667). samstags, Summenhäufigkeit
- 13 Maximale Staulänge in der Abfahrt von der A2, Anschlussstelle Süd/B 63
- 14 Gegenüberstellung der maximalen Wartezeiten der Linkseinbieger vom Parkplatz bei gemeinsamer/getrennter Ein-/Ausfahrt

A 1 Untersuchung der Leistungsfähigkeit ohne Lichtsignalanlage

Das Verfahren dient zur Überprüfung, ob die notwendige Leistungsfähigkeit eines Knotens ohne Lichtsignalanlage für die zu erwartenden Verkehrsströme gegeben ist oder ob eine Signalisierung erforderlich ist. Konkret erfolgt eine Abschätzung, ob es ausreichende Lücken im übergeordneten Verkehr gibt, die von wartenden Fahrzeugen zum Ab- bzw. Einbiegen genutzt werden können. Die angewandte Berechnungsmethode entspricht dem im Handbuch zur Bemessung von Straßenverkehrsanlagen, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, Ausgabe 2001 (HBS 2001), beschriebenen Verfahren.

Grundlage für die Berechnung bilden die Daten von Verkehrszählungen oder Prognosewerten, die i. d. R. in Form eines Strombelastungsdiagramms für die zu untersuchende Spitzenstunde für die Anbindung aufbereitet werden.

Im Rahmen des o.g. Verfahrens wird zunächst die Grundkapazität G berechnet. Sie gibt die maximale Anzahl von untergeordneten Fahrzeugen an, die den Knoten bei einer gegebenen Stärke übergeordneter feindlicher Ströme passieren kann.

Die so berechnete Grundkapazität G berücksichtigt nicht, dass nachrangige Ströme nur abfließen können, wenn in den übergeordneten wartepflichtigen Strömen kein Rückstau besteht. Diese Anforderung erfüllt die „tatsächliche Kapazität C “.

Der Wert der tatsächlichen Kapazität C stellt allerdings eine Verkehrssituation dar, bei der unzumutbar lange Wartezeiten und große Rückstaulängen auftreten. Der Wert ist daher zur Dimensionierung ungeeignet. Es müssen niedrigere Werte beachtet werden. Näheren Aufschluss gibt die Differenz zwischen der tatsächlichen Kapazität C und der vorhandenen Verkehrsmenge. Dieser Wert wird als Leistungsreserve R des Nebenstroms [Pkw-E/h] bezeichnet.

Die Qualität des Verkehrsablaufs ist um so besser, je höher diese Leistungsreserve ist. Sie lässt sich durch eine Abschätzung der mittleren Wartezeit der Nebenstromfahrzeuge quantifizieren. Der Zusammenhang zwischen der Reserve R und der mittleren Wartezeit ist in dem Handbuch grafisch dargestellt. Aus der Wartezeit lässt sich die erreichbare Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs bestimmen.

Eine ausreichende Qualität des Verkehrsablaufs an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage ist gewährleistet, wenn für alle untergeordneten Verkehrsströme die Leistungsreserve

$$R > 100 \text{ Pkw-E/h}$$

beträgt. In diesen Fällen liegt die Wartezeit der Nebenstromfahrzeuge im Mittel unter 45 s/Kfz. Die Qualität des Verkehrsablaufs entspricht dann mindestens der Stufe „D“. Wenn derselbe Knoten durch eine Lichtsignalanlage gesteuert würde, müsste mit höheren Wartezeiten gerechnet werden. Eine Signalisierung ist in diesen Fällen also nicht zweckmäßig.





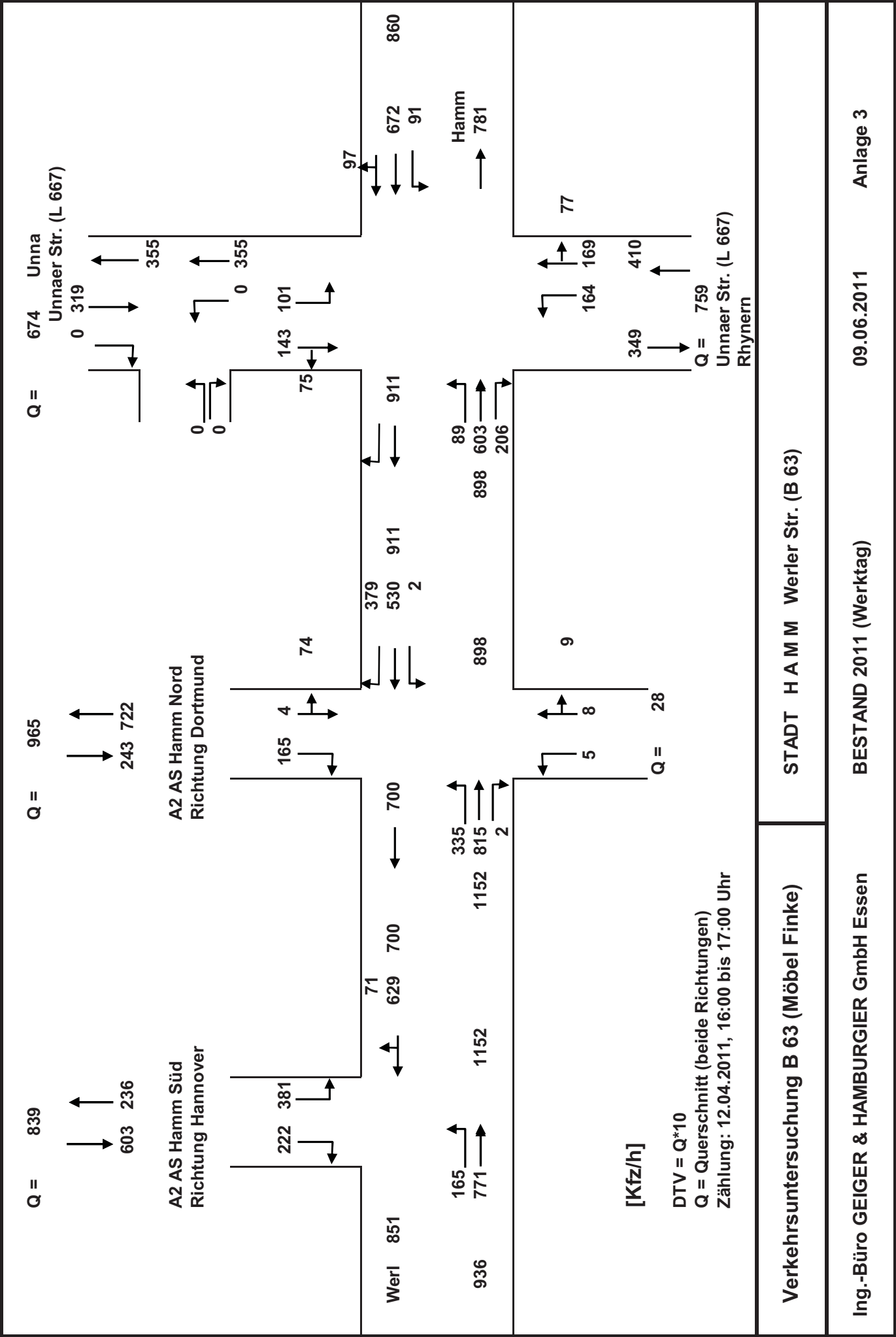
GRUNDLAGERMITTLUNG
VORABZUF

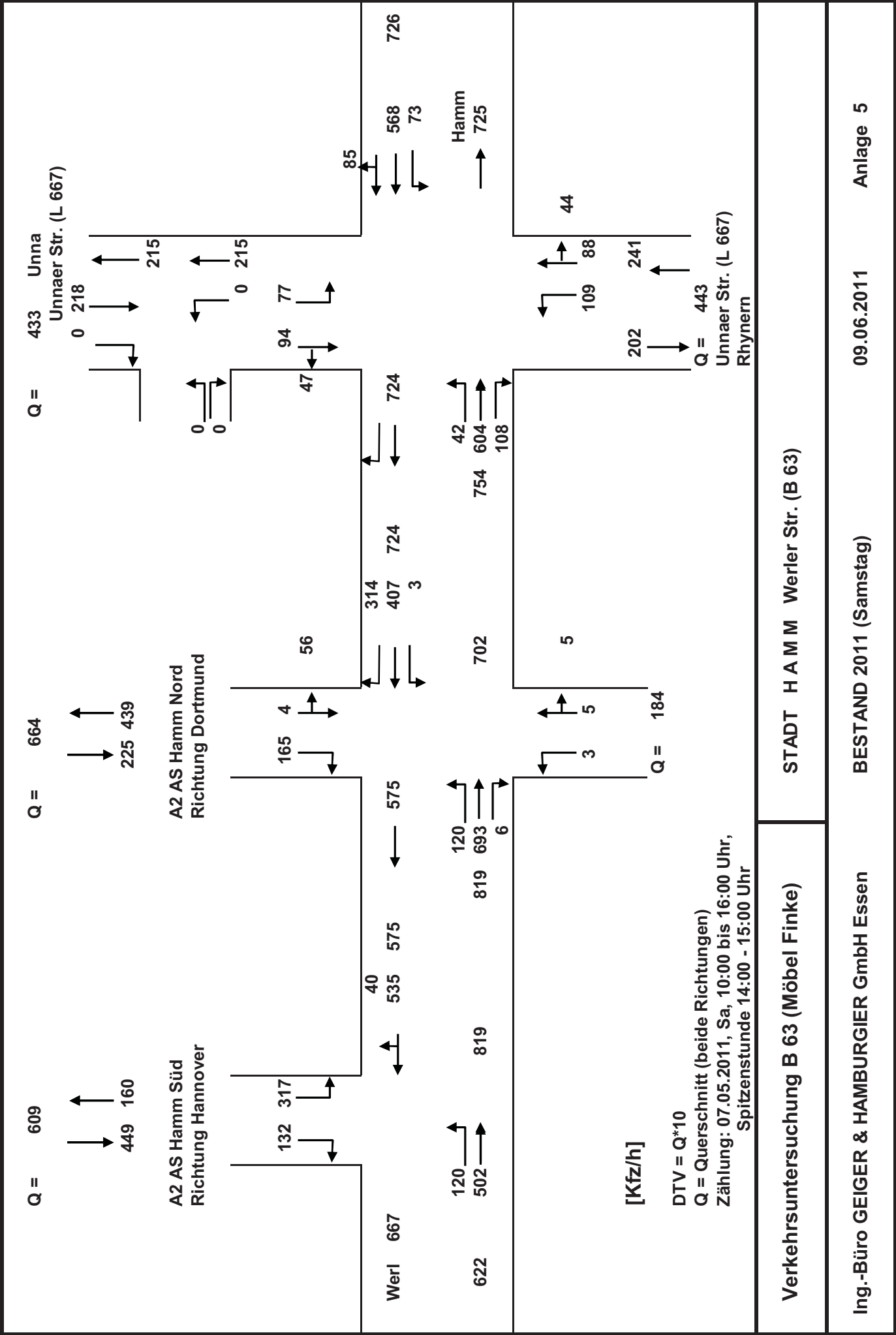
Bezugshöhe: FFB ± 0.00 = 93.5 m üNN

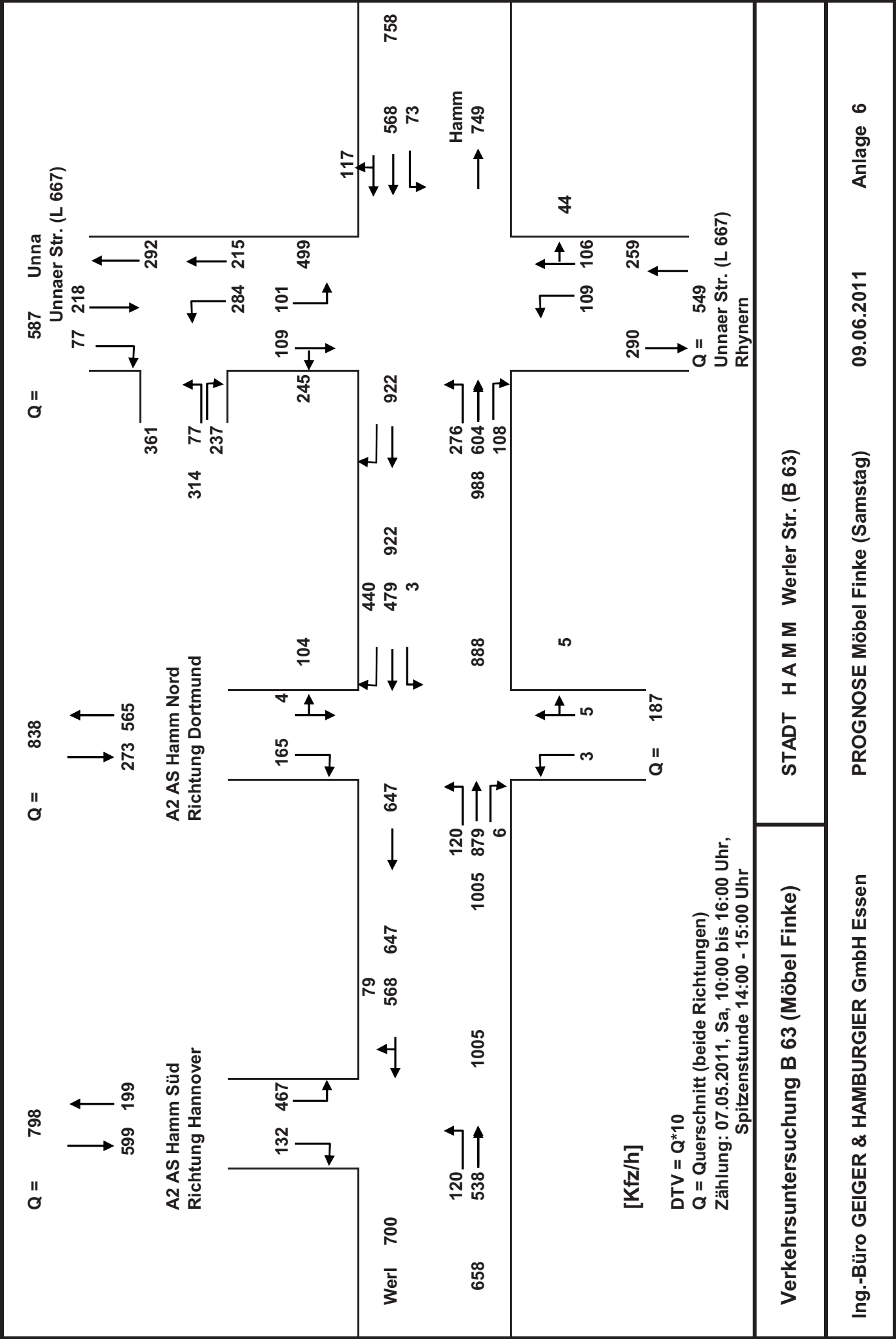
PROJEKT
FINKE MOBILHAUS HAMM
finke Die Erlebnis-Einrichtungen GmbH & Co. KG
Paderbomer Straße 97
D - 33104 Paderborn

PLANSTADT
LAGEPLAN OHNE GEBÄUDE
08.06.2011
1:500
ak 1 Rk
1170p11
A0/LP1500-a

BLOCHER BLOCHER PARTNERS
ARCHITECTURE AND DESIGN
Lessingstrasse 13
D 70174 Stuttgart
Telefon +49 711 224 82-0
Telefax +49 711 224 82-20
www.blocherblocher.com







(c) So 2003

Ing. Büro Geiger & Hamburgier GmbH, Essen

**Arbeitsblatt zur Berechnung der Leistungsfähigkeit von Einmündungen ohne LSA
gemäß Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen Ausgabe 2001**

**EINMÜNDUNG: L 667/Parkplatz Möbel Finke, Hamm
Nachmittagsspitze, werktags, Prognose**

q3, q6 entfallen bei Dreiecksinsel, d.h. Stromdaten = 0 eingeben
q3 entfällt bei separatem Fahrstreifen, d.h. Stromdaten = 0 eingeben
q2, q8 bei mehreren Fahrstreifen ist die Belastung des rechten Fahrstreifens anzusetzen
q5, q6 entfallen, wenn für diese Ströme ein Stop-Schild gilt, d.h. Stromdaten = 0 ansetzen

Strom-Nr	Pkw	Lkw	LZ	Motorräder	Pkw-E/h
2	355	0	19	0	393
3	51	0	2	0	55
4	51	0	2	0	55
6	158	0	2	0	162
7	189	0	2	0	193
8	377	0	20	0	417

maßgebende Hauptströme	
q4 =	1030,5
q6 =	420,5
q7 =	448

Zeitlücken außerorts		Grundkapazität
Grenzzeit	Folgezeit	
7,4	3,8	196 PKW-E/h
7,3	3,7	515 PKW-E/h
5,9	3,8	576 PKW-E/h

Berechnung der tatsächlichen Kapazität C

Für die Linksabbieger (HR) und die Rechtseinbieger (NR) ist die Grundkapazität gleich der tatsächlichen Kapazität

p_{0i} = Wahrscheinlichkeit des rückstaufreien Zustands

Strom-Nr	L	p_0
4	130	0,58
6	515	0,69
7	576	0,66

Mischspuren in der Nebenrichtung

In dem markierten Feld die Ströme angeben, die als Mischströme anzusehen sind, d.h. eine gemeinsame Spur benutzen. Gibt es in der Nebenrichtung nur einen Fahrstreifen, so ist die Ziffer 46 einzugeben..

Angabe evtl Mischspuren (46)

Mischspur	Leistungsfähigkeit [PKW-E/h]
0	keine Mischspur

Sonderfall: Wenn sich im Einmündungsbereich Fahrzeuge nebeneinander aufstellen können, hier die Zahl der hintereinander liegenden doppelten Aufstellmöglichkeiten nF eingeben. Andernfalls nF = 0 eingeben. Bei nf hintereinander liegenden doppelten Aufstellmöglichkeiten beträgt die Kapazität des Mischstromes:

nF	0
----	---

C46 =	0,0 Pkw-E/h
-------	-------------

Mischspuren in der Hauptrichtung

Fehlt in der Hauptrichtung die Linksabbiegespur, muß die Wahrscheinlichkeit für einen rückstaufreien Zustand in dieser Mischspur neu berechnet werden:

Angabe der Mischspuren, d.h. falls

Linksabbiegespur 7 fehlt, "78" eingeben

0	Linksabbiegespur vorhanden
---	----------------------------

Zeitbedarfswert für den Strom 8 vorgeben ($1,7 < t_b < 2,5$)

Strom 8	2
---------	---

Strom-Nr	L*	p0*
4	130	0,58
6	515	0,69
7	576	0,66

Leistungsreserve $R = L - q$, R sollte größer 100 sein

Strom i	L	q	R
4	130	55	75
6	515	162	353
7	576	193	383

(c) So 2003

Ing. Büro Geiger & Hamburgier GmbH, Essen

**Arbeitsblatt zur Berechnung der Leistungsfähigkeit von Einmündungen ohne LSA
gemäß Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen Ausgabe 2001**

**EINMÜNDUNG: L 667/Parkplatz Möbel Finke, Hamm
Samstag, nachmittags, Prognose**

q3, q6 entfallen bei Dreiecksinsel, d.h. Stromdaten = 0 eingeben
 q3 entfällt bei separatem Fahrstreifen, d.h. Stromdaten = 0 eingeben
 q2, q8 bei mehreren Fahrstreifen ist die Belastung des rechten Fahrstreifens anzusetzen
 q5, q6 entfallen, wenn für diese Ströme ein Stop-Schild gilt, d.h. Stromdaten = 0 ansetzen

Strom-Nr	Pkw	Lkw	LZ	Motorräder	Pkw-E/h
2	218	0	3	0	224
3	77	0	0	0	77
4	77	0	0	0	77
6	237	0	0	0	237
7	284	0	0	0	284
8	215	0	3	0	221

maßgebende Hauptströme		
q4 =		767,5
q6 =		262,5
q7 =		301

Zeitlücken außerorts		Grundkapazität
Grenzzeit	Folgezeit	
7,4	3,8	293 PKW-E/h
7,3	3,7	654 PKW-E/h
5,9	3,8	678 PKW-E/h

Berechnung der tatsächlichen Kapazität C

Für die Linksabbieger (HR) und die Rechtseinbieger (NR) ist die Grundkapazität gleich der tatsächlichen Kapazität

p_{0i} = Wahrscheinlichkeit des rückstaufreien Zustands

Strom-Nr	L	p_0
4	170	0,55
6	654	0,64
7	678	0,58

Mischspuren in der Nebenrichtung

In dem markierten Feld die Ströme angeben, die als Mischströme anzusehen sind, d.h. eine gemeinsame Spur benutzen. Gibt es in der Nebenrichtung nur einen Fahrstreifen, so ist die Ziffer 46 einzugeben..

Angabe evtl Mischspuren (46)

Mischspur	Leistungsfähigkeit [PKW-E/h]
0	keine Mischspur

Sonderfall: Wenn sich im Einmündungsbereich Fahrzeuge nebeneinander aufstellen können, hier die Zahl der hintereinander liegenden doppelten Aufstellmöglichkeiten nF eingeben. Andernfalls nF = 0 eingeben. Bei nf hintereinander liegenden doppelten Aufstellmöglichkeiten beträgt die Kapazität des Mischstromes:

nF	0
----	---

C46 =	0,0 Pkw-E/h
-------	-------------

Mischspuren in der Hauptrichtung

Fehlt in der Hauptrichtung die Linksabbiegespur, muß die Wahrscheinlichkeit für einen rückstaufreien Zustand in dieser Mischspur neu berechnet werden:

Angabe der Mischspuren, d.h. falls

Linksabbiegespur 7 fehlt, "78" eingeben

0	Linksabbiegespur vorhanden
---	----------------------------

Zeitbedarfswert für den Strom 8 vorgeben ($1,7 < t_b < 2,5$)

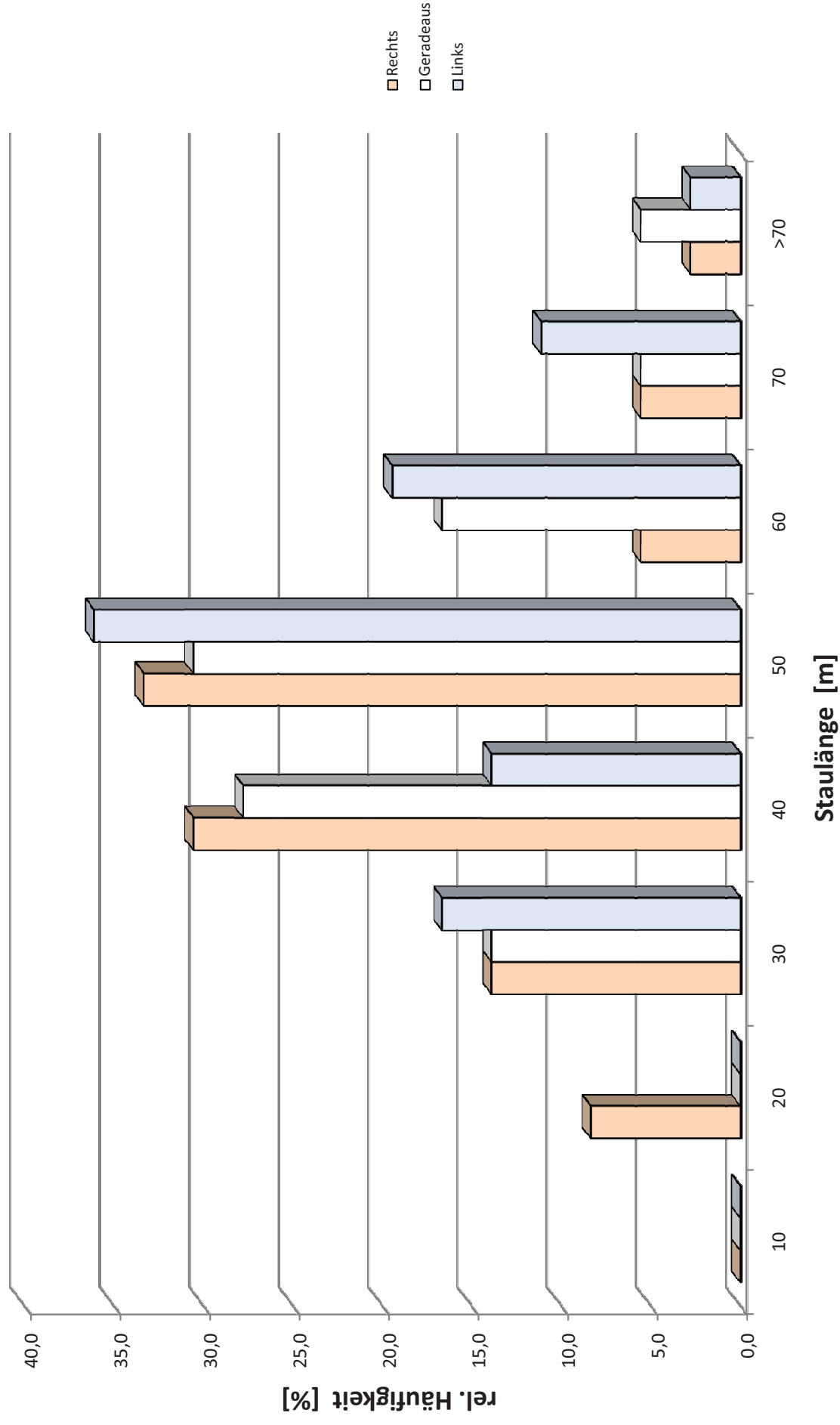
Strom 8	2
---------	---

Strom-Nr	L*	p0*
4	170	0,55
6	654	0,64
7	678	0,58

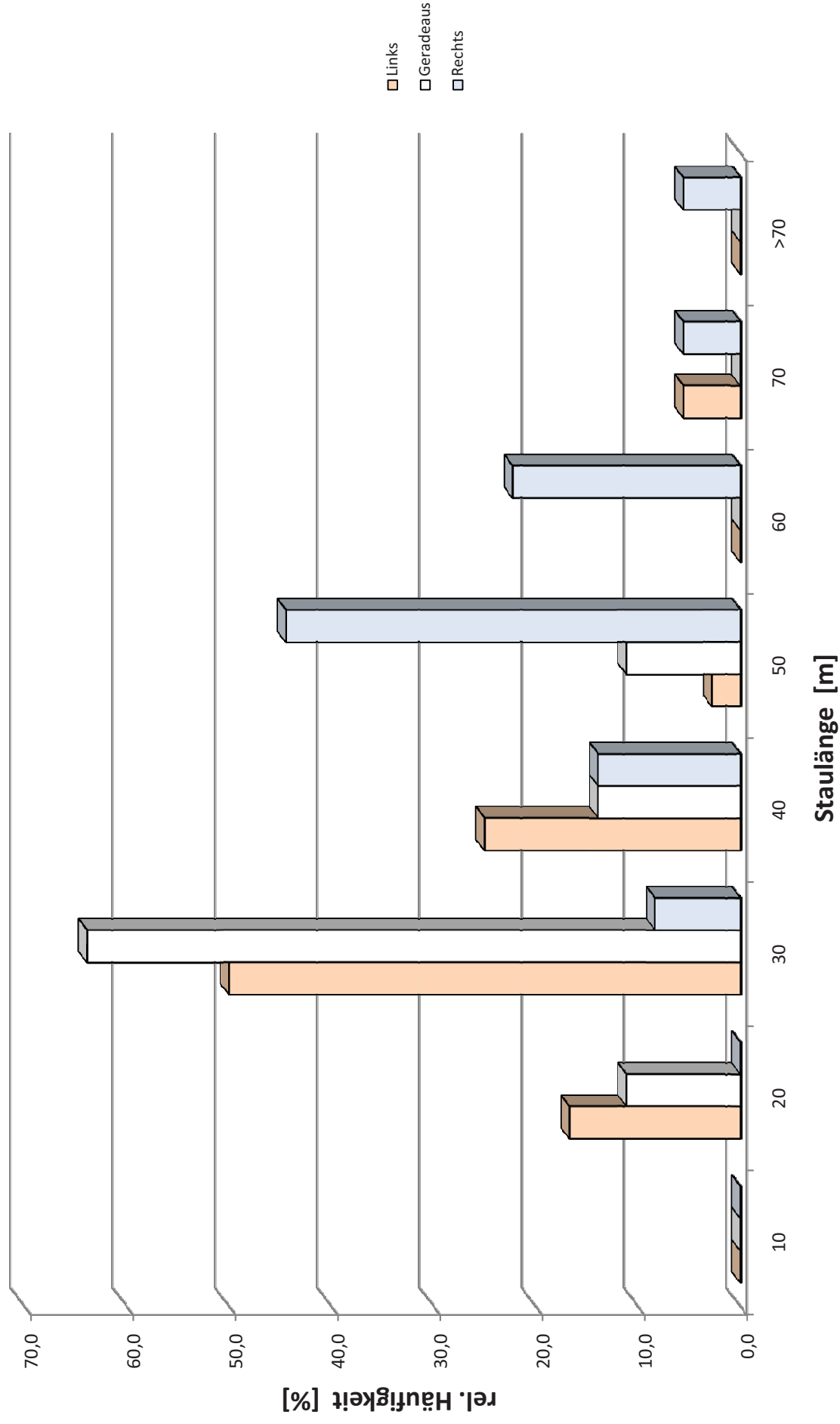
Leistungsreserve $R = L - q$, R sollte größer 100 sein

Strom i	L	q	R
4	170	77	93
6	654	237	417
7	678	284	394

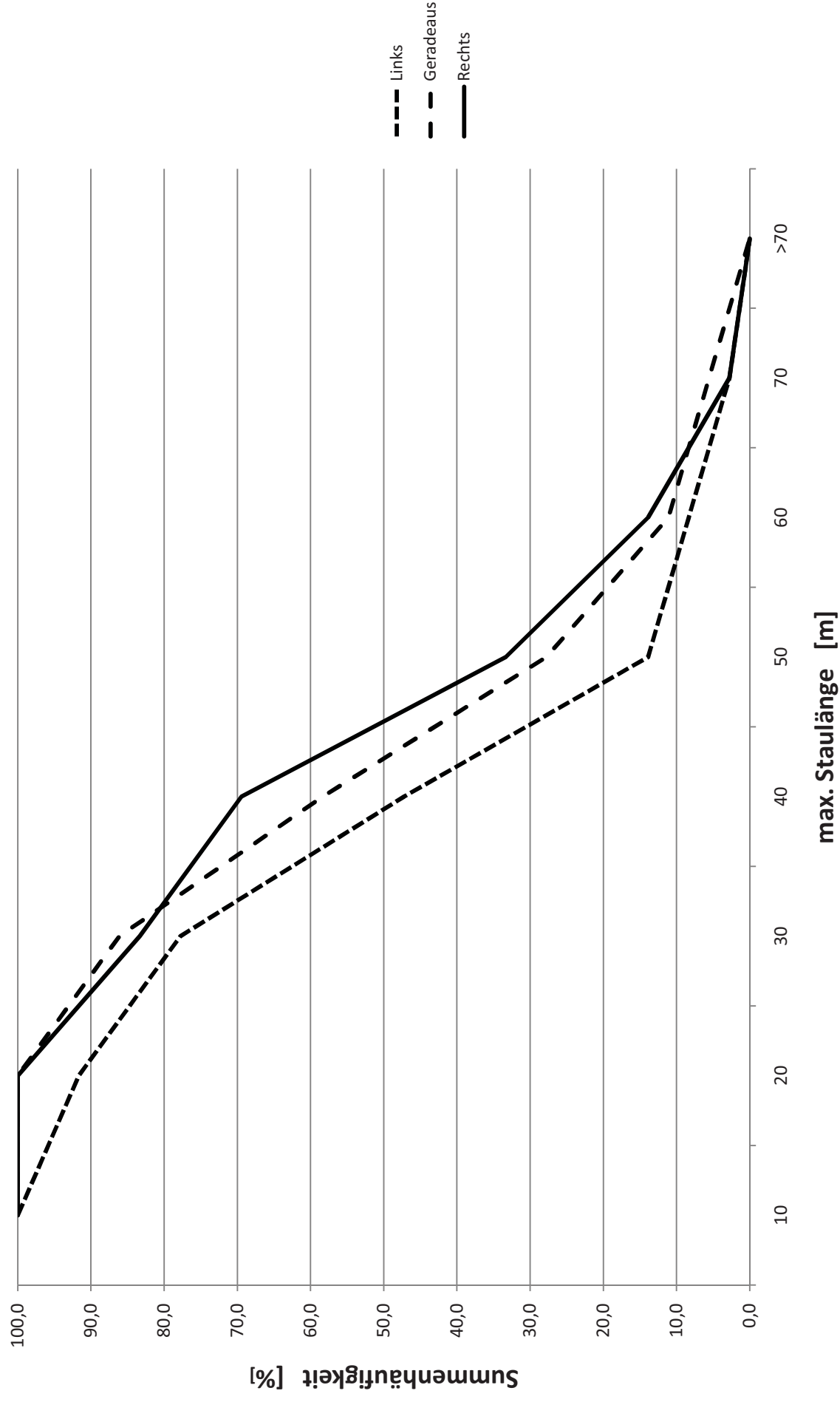
Maximale Staulängen, westliche Unnaer Str., werktags



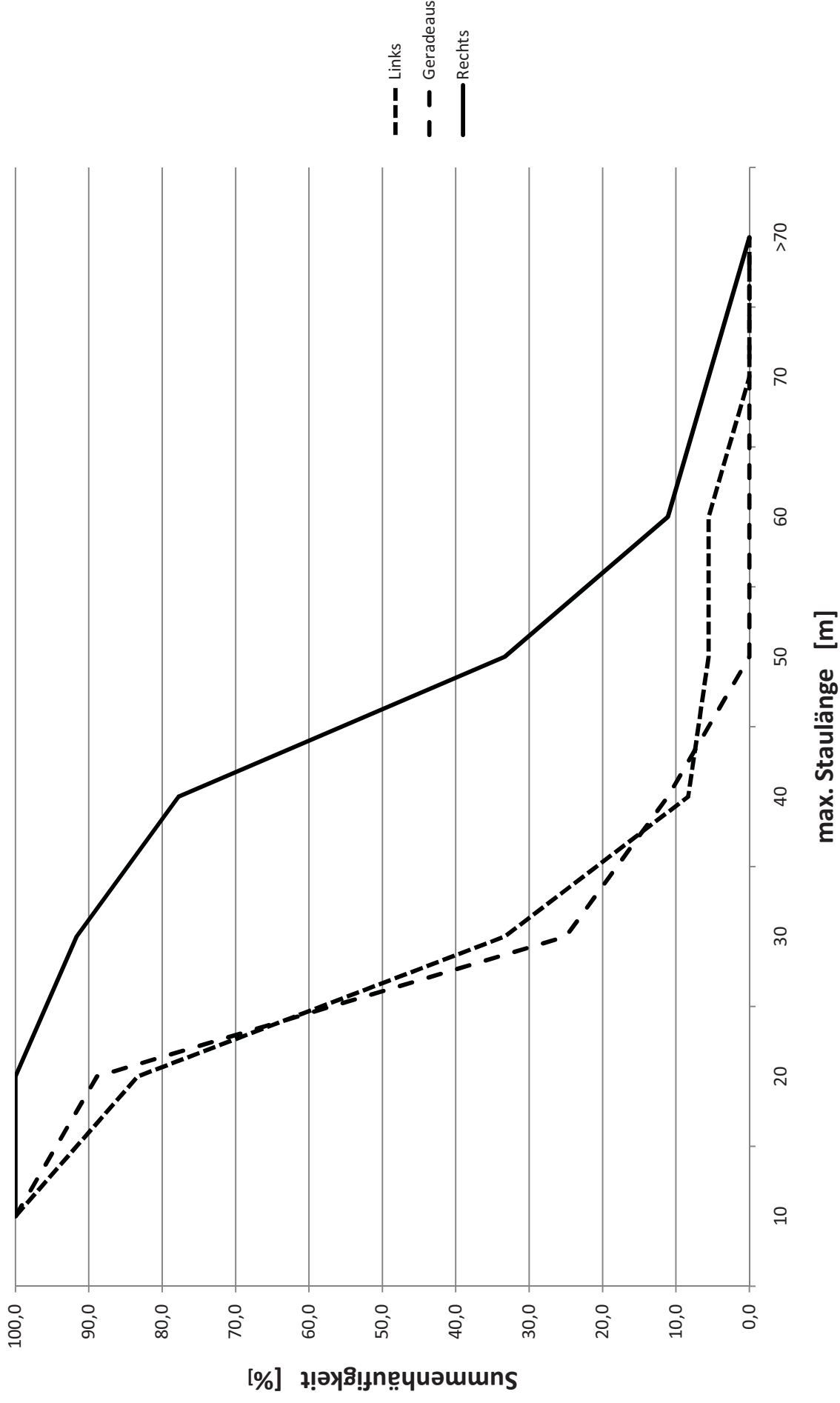
Maximale Staulängen, westliche Unnaer Str., samstags



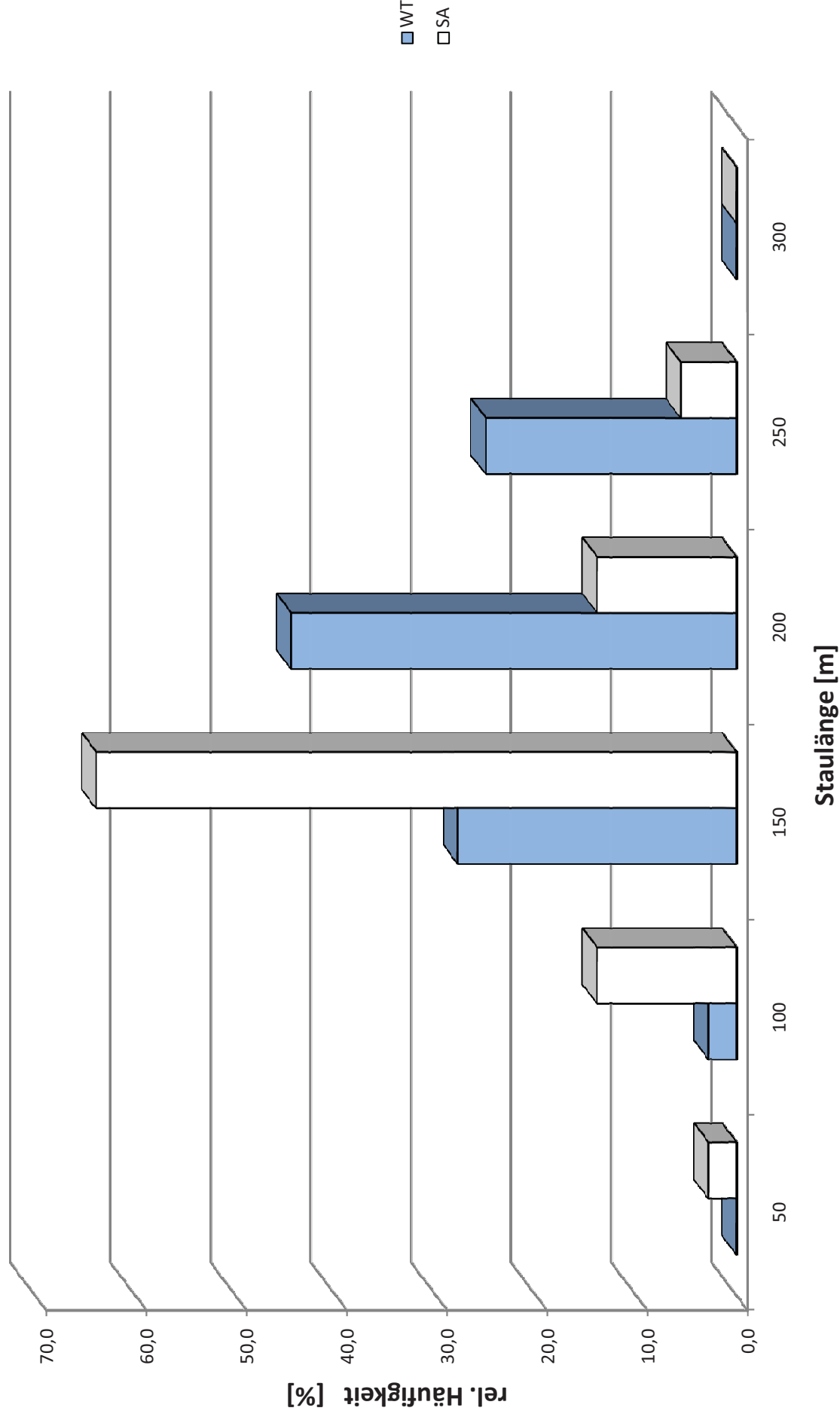
Maximale Staulängen, westliche Unnaer Str., werktags



Maximale Staulängen, westliche Unnaer Str., samstags



Maximale Staulängen, Abfahrt A2, Anschlussstelle Süd/B63



Gegenüberstellung der Wartezeiten der Linkseinbieger vom Parkplatz bei gemeinsamer/getrennter Ein-/Ausfahrt

