
**»Entwicklung eines Berechnungsverfahrens
zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten
mit zusätzlichen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabezeit«**

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)
an der Fakultät Bauingenieurwesen der Bauhaus-Universität Weimar

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Andreas Vesper
aus Lichtenfels-Neukirchen

Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. Uwe Plank-Wiedenbeck, Weimar
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hans Wilhelm Alfen, Weimar
Prof. Dr. hab. inz. Stanislaw Gaca, Krakau

Tag der Disputation: 24. April 2018

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet.

Bei der Auswahl und Auswertung folgenden Materials haben mir die nachstehend aufgeführten Personen in der jeweils beschriebenen Weise entgeltlich/unentgeltlich geholfen:

1. – keine –

Weitere Personen waren an der inhaltlich-materiellen Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt.

Insbesondere habe ich hierfür nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder anderer Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ich versichere ehrenwörtlich, dass ich nach bestem Wissen die reine Wahrheit gesagt und nichts verschwiegen habe.

Frankenberg/Eder, 05.09.2017

Dipl.-Ing. Andreas Vesper

ANMERKUNGEN ZUR ZITIERWEISE

Die Literaturquellen, auf die im Rahmen der Dissertation verwiesen wird, sind zusammenfassend im Literaturverzeichnis aufgelistet.

Im Literaturverzeichnis werden die einzelnen Literaturquellen in folgender Form aufgeführt (einführendes Beispiel):

Vesper, A.; Brannolte, U.; Taneerananon, P.; Moerner, J. v.: [*Vesper et al.– Analysis of traffic flow, Journal, 2010*] – Analysis of traffic flow in coordinated sections of urban roads by application of up-to-date low-cost methods, *Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 8, S. 1780-1795, 2010.

Einführendes Beispiel: Angabe Literaturquelle im Literaturverzeichnis

Im Text der vorliegenden Arbeit wird durch hochgestellte Ziffern auf die verschiedenen Literaturquellen verwiesen. Die hochgestellten Ziffern sind fortlaufend durchnummeriert und am Ende jeder Seite mit einer Fußnote versehen.

Die Fußnote beginnt mit der fortlaufend durchnummerierten Ziffer, hinter der eine Kurzbeschreibung der Literaturquelle angegeben ist, die im Literaturverzeichnis für die einzelnen Literaturquellen in den rechteckigen Klammern angegeben ist.

Im Einzelfall werden in der Fußnote weitere Angaben zur Literaturquelle ergänzt (z.B. Seitenangaben, Verweis auf eine Gleichung; wie unten beispielhaft dargestellt).

¹ *Vesper et al.– Analysis of traffic flow, Journal, 2010, S. 1785, Glg. 5*

Einführendes Beispiel: Fußnote am Seitenende

Beziehen sich aufeinanderfolgende Fußnoten auf die gleiche Literaturquelle, so wird die Kurzbezeichnung der Literaturquelle durch den Begriff „ebenda“ (Abkürzung: ebd.) ersetzt.

¹ *Vesper et al.– Analysis of traffic flow, Journal, 2010, S. 1785, Glg. 5*

² *Ebd., S. 1787, Tab. 3*

Einführendes Beispiel: Aufeinanderfolgende Fußnoten zur gleichen Literaturquelle

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	I
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	V
1 EINFÜHRUNG	1–1
1.1 Einleitung.....	1–1
1.2 Problem und Zielstellung	1–2
1.2.1 Anforderungen an Berechnungsverfahren.....	1–2
1.2.2 Berechnungsverfahren im Bereich der Lichtsignalsteuerung.....	1–3
1.3 Aufbau der Dissertation	1–8
1.4 Zusammenfassung	1–11
2 GRUNDLAGEN – LITERATURANALYSE	2–1
2.1 Grundlegende Begriffsdefinitionen.....	2–1
2.2 Sättigungsverkehrsstärke und Kapazität an Knotenpunkten mit LSA.....	2–3
2.2.1 Ermittlung nach <i>RiLSA 2015</i>	2–3
2.2.2 Ermittlung nach <i>HBS 2001</i>	2–3
2.2.3 Erhebung von <i>Schnabel et al.</i>	2–5
2.2.4 Ermittlung nach <i>HBS 2015</i>	2–7
2.2.5 Ermittlung nach dem <i>Canadian Capacity Guide (CCG 2008)</i>	2–8
2.3 Kapazität in Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen.....	2–10
2.3.1 Berechnungsverfahren nach <i>HBS 2001</i>	2–10
2.3.2 Berechnungsverfahren nach <i>HBS 2015</i>	2–13
2.3.3 Berechnungsverfahren nach dem <i>Canadian Capacity Guide (CCG 2008)</i>	2–20
2.3.4 Berechnungsverfahren nach <i>Zhao et al.</i>	2–21
2.3.5 Weitere internationale Quellen.....	2–26
2.4 Zusammenfassung	2–28
3 VORÜBERLEGUNGEN – HERLEITUNG BERECHNUNGSVERFAHREN.....	3–1
3.1 Kapazität an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten	3–1
3.2 Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten.....	3–1
3.3 Ausbildungsformen von Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen.....	3–3
3.4 Signalisierungsformen in Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen	3–4
3.5 Verkehrsablauf in lichtsignalgeregelten Zufahrten.....	3–5
3.5.1 Reihenfolge zufließender Fahrzeuge	3–5
3.5.2 Verteilung der Verkehrsströme auf Fahrstreifen	3–8
3.5.3 Blockade bei Signalisierungsform: „gleichzeitige Freigabe“	3–8
3.5.4 Überstauung bei Signalisierungsform: „nicht gleichzeitige Freigabe“	3–9
3.5.5 Zu- und Abflussquerschnitt	3–11
3.5.6 Zufluss- und Aufstellbereiche bei gleichzeitiger Freigabe.....	3–12

3.5.7	Zufluss- und Stauraumbereiche bei nicht gleichzeitiger Freigabe	3–14
3.5.8	Zufluss in Zufahrten	3–17
3.5.9	Abfluss aus Zufahrten bei gleichzeitiger Freigabe	3–17
3.5.10	Abfluss aus Zufahrten bei nicht gleichzeitiger Freigabe	3–20
3.5.11	Abfluss in Zufahrten bei überlappender Freigabe	3–22
3.6	Zusammenfassung.....	3–23
4	ABGRENZUNG DISSERTATIONSTHEMA	4–1
5	HERLEITUNG - ANALYTISCHES BERECHNUNGSVERFAHREN	5–1
5.1	Fallunterscheidung	5–1
5.2	Herleitung Berechnungsverfahren	5–3
5.2.1	Anwendungsfall gFI.....	5–3
5.2.2	Anwendungsfall gFII.....	5–8
5.2.3	Anwendungsfall gFIII.....	5–13
5.3	Kategorisierung der Eingangsparameter	5–17
5.4	Zusammenfassung.....	5–21
6	SIMULATIONSSTUDIE.....	6–1
6.1	Methodik.....	6–1
6.1.1	Einführung.....	6–1
6.1.2	Auswahl Erhebungsform zur Schaffung der Datengrundlage	6–1
6.1.3	Methodische Umsetzung.....	6–5
6.2	Technische Umsetzung	6–7
6.2.1	Anforderungen an das Simulationsprogramm	6–7
6.2.2	Vorauswahl Simulationsprogramm.....	6–7
6.2.3	Auswahl mikroskopisches Simulationsprogramm	6–9
6.2.4	Entwickelte C#-Schnittstelle zu VISSIM	6–10
6.3	Daten- und Fehlermanagement.....	6–11
6.3.1	Datenmanagement.....	6–11
6.3.2	Fehlermanagement.....	6–13
6.4	Zusammenfassung.....	6–14
7	KALIBRATION – ALLGEMEINGÜLTIGE EINGANGSPARAMETER	7–1
7.1	Einführung	7–1
7.2	Festlegung Stichprobenumfang	7–1
7.3	Durchführung Simulationsläufe mit VISSIM über C#-Schnittstelle.....	7–4
7.4	Regressionsanalyse – 1. Abstraktionsschritt.....	7–5
7.5	Regressionsanalyse – 2. Abstraktionsschritt.....	7–12
7.6	Zusammenfassung.....	7–14

8	VISSIM – ERMITTLUNG FAHRER-/FAHRZEUGBEZOGENE EINGANGSPARAMETER	8–1
8.1	Einführung.....	8–1
8.2	Fahrzeugfolgemodellierung in VISSIM.....	8–1
8.3	Zusammenstellung der fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparmeter.....	8–5
8.4	Festlegung Messprogramm	8–5
8.5	Durchführung Simulationsläufe mit VISSIM	8–7
8.6	Berechnung fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparmeter für VISSIM	8–8
8.6.1	Mittlerer Zeitbedarfswert in VISSIM	8–8
8.6.2	Sättigungsverkehrsstärke in VISSIM	8–10
8.6.3	Mittlere Aufstelllänge eines Kraftfahrzeugs in VISSIM.....	8–10
8.6.4	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der ROT/GELB-Zeit in VISSIM	8–11
8.6.5	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GELB-Zeit in VISSIM.....	8–12
8.7	Zusammenfassung	8–13
9	VALIDIERUNG - ANALYTISCHES BERECHNUNGSVERFAHREN.....	9–1
9.1	Einführung.....	9–1
9.2	Möglichkeiten und Grenzen der Validierung	9–2
9.3	Festlegung Stichprobenumfang	9–5
9.4	Monte-Carlo-Simulation.....	9–7
9.4.1	Parametersätze P_k der Untersuchungsgruppe UG-V1.....	9–9
9.4.2	Parametersätze P_k der Untersuchungsgruppe UG-V2.....	9–10
9.5	Durchführung Simulationsläufe mit VISSIM über C#-Schnittstelle	9–13
9.6	Ermittlung der Kapazität mit Berechnungsverfahren	9–14
9.7	Überprüfung der Eignung des hergeleiteten Berechnungsverfahrens	9–14
9.7.1	Grundlagen zur Überprüfung der Eignung.....	9–14
9.7.2	SOLL-IST Vergleich für gleich lange Aufstellbereiche (UG-V1).....	9–16
9.7.3	SOLL-IST Vergleich für ungleich lange Aufstellbereiche (UG-V2).....	9–21
9.8	Zusammenfassung	9–26
10	VERGLEICH MIT DEM BERECHNUNGSVERFAHREN NACH HBS 2015	10–1
10.1	Einführung.....	10–1
10.2	Festlegung Stichprobenumfang	10–2
10.3	Ermittlung der Kapazität mit Simulationsprogramm VISSIM	10–4
10.4	Ermittlung der Kapazität mit dem hergeleiteten Berechnungsverfahren.....	10–4
10.5	Ermittlung der Kapazität mit dem Berechnungsverfahren nach HBS 2015.....	10–4
10.6	Vergleich der Berechnungsverfahren	10–6
10.7	Zusammenfassung	10–12
11	VEREINFACHUNG BERECHNUNGSVERFAHREN FÜR ANWENDUNGSFALL GFI	11–1

12 ZUSAMMENFASSUNG	12-1
12.1 Zusammenfassung der Ergebnisse	12-1
12.2 Weiterer Forschungsbedarf.....	12-4
12.3 Ausblick	12-4

ANHANG

A1 UG-K1+UG-K2: Regressionsanalyse	A-1
A2 UG-K1+UG-K2: Nomogramme und Wertetabellen der Belegungsgrade	A-16
A3 UG-K1+K2: Nomogramme und Wertetabellen des Gesamtbelegungsgrads	A-22
A4 UG-V1 : SOLL-IST Vergleich im Rahmen der Validierung.....	A-25
A5 UG-V2: SOLL-IST Vergleich im Rahmen der Validierung.....	A-41
A6 UG-HBS: SOLL-IST Vergleich der Berechnungsverfahren	A-77
A7 C#-Programmcode: COM-Schnittstelle zu VISSIM	A-84
A8 Anwendungsbeispiel Berechnungsverfahren	A-112

LITERATURVERZEICHNIS	XI
BILDERVERZEICHNIS.....	XVIII
GLEICHUNGSVERZEICHNIS	XXII
TABELLENVERZEICHNIS	XXV

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Im Abkürzungsverzeichnis sind Abkürzungen, die in Kapitel 1 und Kapitel 3 bis Kapitel 12 verwendet werden, aufgeführt.

In Kapitel 2 verwendete Abkürzungen sind nicht im Abkürzungsverzeichnis enthalten und werden in Kapitel 2 entweder direkt im Text oder den angegebenen Legenden erläutert.

A

aF _{s i}	Verkehrsstärkeanteil des Fahrstreifens i, [%]; [-]
a _G	Verkehrsstärkeanteil der Geradeausfahrenden, [%]; [-]
a _i	Verkehrsstärkeanteil des Fahr-/Aufstellstreifens i, [%]; [-]
A _i	Aufstellbereich i (i=LA, RA, G, Zw,...), [-]
a _{LA}	Verkehrsstärkeanteil der Linksabbieger, [%]; [-]
a _{Bus}	Anteil von Bussen, [%]; [-]
a _{Lkw}	Anteil von Lastkraftwagen, [%]; [-]
a _{Lz/Sz}	Anteil von Lastzügen und Sattelzügen, [%]; [-]
a _{Pkw}	Anteil von Personenkraftwagen, [%]; [-]
a _{RA}	Verkehrsstärkeanteil der Rechtsabbieger, [%]; [-]
a _{SV}	Schwerverkehrsanteil, [%]; [-]
a _X	Stillstandsabstand, Größe in VISSIM, [m]

B

B	Bestimmtheitsmaß
b _{Ai}	Mittlerer Belegungsgrad des Aufstellbereichs A _i zum Sperrzeitende, [-]
b _{AGes}	Mittlerer Gesamtbelegungsgrad der Aufstellbereiche A _i zum Sperrzeitende, [-]
b _{Ai-KI-95%-o}	Obere Grenze des 95% Konfidenzintervalls des Regressionskoeffizienten b _{Ai} , [-]
b _{Ai-KI-95%-u}	Untere Grenze des 95% Konfidenzintervalls des Regressionskoeffizienten b _{Ai} , [-]
b _X	Sicherheitsabstand, Größe in VISSIM, [m]
b _{X_add}	Additiver Einfluss auf den Sicherheitsabstand, Größe in VISSIM, [m]
b _{X_mult}	Multiplikativer Einfluss auf den Sicherheitsabstand, Größe in VISSIM, [m]

C

C _{AB, gF, freier Abfluss}	Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der freien Abflusszeit, [Kfz/U]
C _{AB, gF, freier Abfluss, Fs. k+l}	Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der freien Abflusszeit auf den Fahrstreifen k und l, [Kfz/U]
C _{AB, gF, Fs. k+l}	Kapazität am Abflussquerschnitt auf den Fahrstreifen k und l, [Kfz/U]
C _{AB, gF, Gesamt}	Kapazität am Abflussquerschnitt, [Kfz/U]
C _{AB, gF, Räumen}	Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der Räumzeit, [Kfz/U]

$C_{AB, gF, R\ddot{a}umen A_i+A_j}$	Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der Räumzeit durch das Räumen der Aufstellbereiche A_i und A_j , [Kfz/U]
C_1, C_2	Kapazität der Fahrstreifen 1 und 2, wenn sie fiktiv als getrennte Fahrstreifen mit unendlicher Länge behandelt werden, [Kfz/h]
C_{IST}	IST-Wert der Kapazität, [Kfz/U]
$C_{IST, B}$	IST-Wert der Kapazität unter Ansatz von Berechnungsverfahren B, [Kfz/U]
$C_{IST, BV}$	IST-Wert der Kapazität, berechnet mit hergeleiteten Berechnungsverfahren, [Kfz/U]
$C_{IST, HBS}$	IST-Wert der Kapazität, berechnet mit Berechnungsverfahren nach HBS 2015, [Kfz/U]
$C_{K, gF}$	Kapazität eines Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Fahrstreifen bei gleichzeitiger Freigabe, [Kfz/h]
C_{Knpkt}	Kapazität des Knotenpunktes, [Kfz/h]
C_{SOLL}	SOLL-Wert der Kapazität, [Kfz/U]
CSV	Dateiformat (<i>engl. comma separated values</i>)
$C_{Zuf i}$	Kapazität der Knotenpunktzufahrt i , [Kfz/h]
$C_{Zuf i, Uml.}$	Kapazität der Knotenpunktzufahrt i pro Umlauf, [Kfz/U]
$C_{Zuf i, Uml., Fs k}$	Kapazität des Fahrstreifen k in der Knotenpunktzufahrt i pro Umlauf, [Kfz/U]
C#	Programmiersprache (<i>engl. C sharp</i>)

D

d	Wunschsicherheitsabstand, Größe in VISSIM, [m]
---	--

E

$E(y x_0)_{KI, 95\%-o}$	Obere Grenze des 95%-Konfidenzintervalls des Erwartungswertes an der Stelle x_0
$E(y x_0)_{KI, 95\%-u}$	Untere Grenze des 95%-Konfidenzintervalls des Erwartungswertes an der Stelle x_0
e_{aE-bA_i}	Relativer Fehler, der auf die kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter zurückzuführen ist (=Teilmenge von e_{System}), [%]
ε_{aE-bA_i}	Absoluter Fehler der Kapazität, bedingt durch die kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter b_{A_i} , [Kfz/U]
e_{BV}	Relativer Fehler, der auf das Berechnungsverfahren zurückzuführen ist (=Teilmenge von e_{System}), [%]
e_{ffE-i}	Relativer Fehler bedingt durch die Zufälligkeit der fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter in VISSIM, zufallsbedingt (=Teilmenge von e_{Zufall}), [%]
ε_{ffE-i}	Absoluter Fehler der Kapazität, bedingt durch die Zufälligkeit des fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameters i , [Kfz/U]
ε_i	Absoluter Fehler i , angesetzte Größe im Rahmen der Validierung, [Kfz/U]
$e_{rel.-SOLL-IST}$	Relativer Fehler zwischen SOLL-Wert und IST-Wert bzw. relative Abweichung des SOLL-Werts vom IST-Wert, [%]

$\bar{e}_{\text{rel.-SOLL-IST}}$	Mittelwert der relativen Abweichung zwischen SOLL- und IST-Wert, [%]
$e_{\text{rel.-SOLL-IST, B}}$	Relative Abweichung C_{SOLL} von $C_{\text{IST, B}}$ bei Betrachtung von Berechnungsverfahren B (= relativer Fehler), [%]
erf. $t_{\text{Gr, gF, Räumen } A_i}$	Erforderliche Freigabezeit (GRÜN-Zeit) pro Umlauf für das vollständige Räumen des Aufstellbereichs A_i der Zufahrt, [s]
erf. $t_{\text{Gr, gF, Räumen } A_i+A_j}$	Erforderliche Freigabezeit (GRÜN-Zeit) pro Umlauf für das vollständige Räumen der Aufstellbereiche A_i und A_j der Zufahrt, [s]
$e_{\text{SOLL-Wert}}$	Relativer Fehler bedingt durch die Zufälligkeit der SOLL-Werte, zufallsbedingt (=Teilmenge von e_{Zufall}), [%]
$\varepsilon_{\text{SOLL-Wert}}$	Absoluter Fehler der Kapazität, bedingt durch die Zufälligkeit der SOLL-Werte, [Kfz/U]
e_{System}	Relativer Fehler, systembedingt (=Teilmenge von $e_{\text{rel.-SOLL-IST}}$), [%]
e_{Zufall}	Relativer Fehler, zufallsbedingt (=Teilmenge von $e_{\text{rel.-SOLL-IST}}$), [%]

F

FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
f_{SV}	Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung des Schwerverkehrs, [-]

G

G	Geradeausfahrende
gF	Signalisierungsform „gleichzeitige Freigabe“
gFI	Anwendungsfall „Alle Aufstellbereiche räumen vollständig“
gFII	Anwendungsfall „Nur Aufstellbereiche hinter der haltliniennahen Verzweigungsstelle räumen vollständig“
gFIII	Anwendungsfall „Kein Aufstellbereich räumt vollständig“

H

HBS	Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen
-----	---

K

kA	Kurzer Aufstellstreifen
----	-------------------------

L

LA	Linksabbieger
IA	Langer Aufstellstreifen
$l_{A, \text{Kfz}}$	Mittlere Aufstelllänge eines Kraftfahrzeugs, [m/Kfz]
$l_{A, \text{Kfz, VISSIM}}$	Mittlere Aufstelllänge eines Kraftfahrzeugs in VISSIM, [m/Kfz]
$l_{\text{Auf, } A_i}$	Mittlere Aufstelllänge im Aufstellbereich A_i zum Sperrzeitende, [m]
$\Sigma l_{\text{Auf, } A_i}$	Mittlere Gesamtaufstelllänge im Aufstellbereich A_i zum Sperrzeitende, [m]
$l_{\text{Auf, } A_i, n}$	Aufstelllänge im Aufstellbereich A_i am Sperrzeitende in Umlauf n, [m]

L_{A_i}	Länge des Aufstellbereichs A_i ($i=RA, LA, G, Zw, \dots$), [m]
ΣL_{A_i}	Gesamtlänge der Aufstellbereiche A_i , [m]
l_i	Länge des Aufstellstreifens/Fahrestreifens i ($i=LA, G, RA$), [m]
L_K	Länge des kurzen Aufstellstreifens, [m]
L_{Kfz}	Mittlere Aufstelllänge eines Fahrzeugs, [m]
LSA	Lichtsignalanlage
l_v	Länge Verziehungsbereich, [m]
L_V	Längenverhältnis der Aufstellbereiche, [%]
L_{WA_i}	Wirksame Länge des Aufstellbereichs A_i ($i=RA, LA, G, Zw, \dots$), [m]

M

m	Rechengröße
max. $Q_{ZU\ i}$	Maximaler Zufluss am Zuflussquerschnitt i , [Kfz/h]
MC-Simulation	Monte-Carlo-Simulation
mögl. $C_{AB, gF, Gesamt}$	Mögliche Kapazität am Abflussquerschnitt, [Kfz/U]
$\mu_{rel.-SOLL-IST}$	Wahrer Mittelwert der normalverteilten Größe $e_{rel.-SOLL-IST}$, [%]
μ_{System}	Wahrer Mittelwert der normalverteilten Größe e_{System} , [%]

N

n_{A_i}	Mittlere Anzahl der im Aufstellbereich (A_i) am Sperrzeitende aufgestellten Fahrzeuge ($i=RA, LA, G, Zw, \dots$), [Kfz/U]
n_{AGes}	Mittlere Anzahl der in den einzelnen Aufstellbereichen (A_i) der Zufahrt am Sperrzeitende aufgestellten Fahrzeuge ($n_{AGes}=\Sigma n_{A_i}$), [Kfz/U]
n_{ci}	Maximale Anzahl der in einem Umlauf aus den Fahrestreifen i als getrennte Fahrestreifen mit unendlicher Länge abfließenden Fahrzeuge, [Kfz/U]
$n_{c,gF}$	Maximale Anzahl der in einem Umlauf aus einem Fahrestreifen mit zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabe abfließenden Fahrzeuge, [Kfz/U]
n_{Ge}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GELB-Zeit (Übergangszeit 2), [Kfz/U]
$n_{Ge, VISSIM}$	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GELB-Zeit in VISSIM, [Kfz/U]
n_{Gr}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GRÜN-Zeit (Freigabezeit), [Kfz/U]
ngF	Signalisierungsform „nicht gleichzeitige Freigabe“
n_K	Anzahl der Aufstellplätze im kurzen Aufstellstreifen, [Kfz]
n_U	Anzahl der Umläufe pro Stunde, [U/h]
n_{RG}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der ROT/GELB-Zeit (Übergangszeit 1), [Kfz/U]
$n_{RG, VISSIM}$	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der ROT/GELB-Zeit in VISSIM, [Kfz/U]

P

P_k	Parametersatz k , [-]
-------	-------------------------

Q

$Q_{AB, gF, \text{freier Abfluss}}$	Mittlerer Abfluss am Abflussquerschnitt einer Zufahrt nach dem vollständigen Räumen der Aufstellbereiche (= freier Abfluss), [Kfz/h]
$Q_{AB, gF, \text{Räumen}}$	Mittlerer Abfluss am Abflussquerschnitt während der Räumzeit der Aufstellbereiche, [Kfz/h]
$Q_{s, ZU i}$	Sättigungsverkehrsstärke am Zuflussquerschnitt i , [Kfz/h]
Q_{VISSIM}	Sättigungsverkehrsstärke in VISSIM, [Kfz/h]
Q_{AB}	Abfluss am Abflussquerschnitt einer Zufahrt, [Kfz/h]
$Q_{ZU i}$	Zufluss am Zuflussquerschnitt i einer Zufahrt, [Kfz/h]

R

R	Korrelationskoeffizient
R^2	Bestimmtheitsmaß
RA	Rechtsabbieger

S

S_{bA_i}	Standardabweichung des Regressionskoeffizienten b_{A_i} , [-]
SL	Simulationslauf, [-]
$S_{rel.-SOLL-IST}$	Standardabweichung des relativen Fehlers zwischen SOLL-Wert und IST-Wert bzw. der relativen Abweichung des SOLL-Werts vom IST-Wert, [%]
$\sigma_{rel.-SOLL-IST}$	Wahrer Wert der Standardabweichung der normalverteilten Größe $e_{rel.-SOLL-IST}$, [%]
S_{System}	Standardabweichung des relativen Fehlers, systembedingt (=Teilmenge von $S_{rel.-SOLL-IST}$), [%]
σ_{System}	Wahrer Wert der Standardabweichung der normalverteilten Größe e_{System} , [%]
$SV\text{-Anteil}$	Schwerverkehrsanteil, [%]
S_{Zufall}	Standardabweichung des relativen Fehlers, zufallsbedingt (=Teilmenge von $S_{rel.-SOLL-IST}$), [%]
σ_{Zufall}	Wahrer Wert der Standardabweichung der normalverteilten Größe e_{Zufall} , [%]

T

t_B	Zeitbedarfswert, [s/Kfz]
$t_{B, i}$	Zeitbedarfswert des Fahrstreifen i ($i=RA, G, LA, \dots$), [s/Kfz]
$t_{B, Kfz i}$	Zeitbedarfswert Kraftfahrzeug i , [s/Kfz]
$t_{B, VISSIM}$	Zeitbedarfswert in VISSIM, [s/Kfz]
$t_{\text{freier Abfluss}}$	Freie Abflusszeit, [s]

t_{Ge}	GELB-Zeit bzw. Übergangszeit 2, [s]
t_{Gr}	GRÜN-Zeit bzw. Freigabezeit, [s]
$t_{Räumen}$	Räumzeit, [s]
t_{RG}	ROT/GELB-Zeit bzw. Übergangszeit 1, [s]
t_U	Umlaufzeit, [s/U]
$t_{Ü-Ge, \text{ letztes Kfz}}$	Mittlere Überfahrzeit des letzten Kraftfahrzeugs nach Beginn der GELB-Zeit, [s]
$t_{Ü-Gr, \text{ Kfz1}}$	Mittlere Überfahrzeit des 1. Kraftfahrzeugs nach Freigabezeitbeginn, [s]

U

U	Umlauf
üF	Signalisierungsform „überlappende Freigabe“
UG	Untersuchungsgruppe

V

v	Fahrzeuggeschwindigkeit, Größe in VISSIM, [m/s]
---	---

W

WA_i	Wirksamer Bereich des Aufstellbereichs A_i , [m]
--------	--

Z

z	Normalverteilte Zufallsgröße, Größe in VISSIM, [-]
Zu_i	Zuflussbereich i, [-]

1 EINFÜHRUNG

1.1 EINLEITUNG

Die Lichtsignalsteuerung kommt vorrangig an plangleichen Knotenpunkten mit hoher Verkehrsbelastung zur Anwendung.

Lichtsignalgeregelte Knotenpunkte weisen in der Regel eine relativ hohe Kapazität auf. Diese wird durch den regelnden Eingriff der Lichtsignalanlage in den Verkehrsablauf erreicht, der es bedingt verträglichen und nicht verträglichen Verkehrsströmen ermöglicht, zeitlich nacheinander die Konfliktflächen eines Knotenpunkts zu passieren.

Sowohl der Knotenpunktentwurf als auch die Lichtsignalsteuerung nehmen maßgeblichen Einfluss auf die Kapazität eines lichtsignalgeregelten Knotenpunkts. Im Einzelnen sind dies u. a. die geometrische Ausgestaltung des Knotenpunkts im Lage- und im Höhenplan sowie die zur Anwendung kommenden Steuerungsverfahren auf makroskopischer und mikroskopischer Steuerungsebene bis hin zum Signalprogramm.

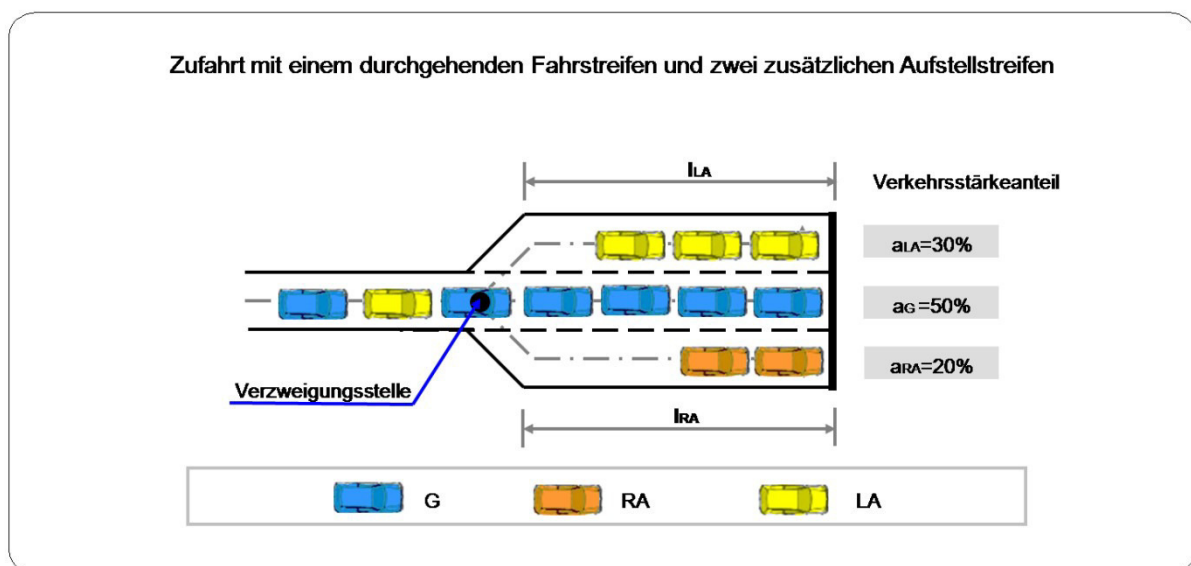


Bild 1-1: Zufahrt mit einem durchgehenden Fahrstreifen und zwei zusätzlichen Aufstellstreifen,
Quelle: Eigene Darstellung

Im Rahmen der vorliegenden Dissertation wird der Einfluss der Anordnung von zusätzlichen Aufstellstreifen und deren Abhängigkeit von der realisierten Lichtsignalsteuerung auf die Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten näher untersucht. Bei einem zusätzlichen Aufstellstreifen handelt es sich um einen Fahrstreifen, der von einem durchgehenden Fahrstreifen abzweigt und dessen Verweigungsstelle aufgrund der begrenzten Länge des Aufstellstreifens während der Sperrzeit regelmäßig durch rückstauende Fahrzeuge blockiert bzw. überstaut wird.

Ziel der Dissertation ist es, auf Grundlage vorgenommener Untersuchungen ein alternatives »Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabezeit« zu entwickeln. Dabei wird angestrebt, ein Berechnungsverfahren zu entwickeln, das sich durch einen einfachen Berechnungsansatz, genaue Berechnungsergebnisse und einem breiten Anwendungsbereich auszeichnet.

1.2 PROBLEM UND ZIELSTELLUNG

1.2.1 ANFORDERUNGEN AN BERECHNUNGSVERFAHREN

Im Bereich des Straßen- und Verkehrswesens werden in Regelwerken Berechnungsverfahren zur Bemessung und Dimensionierung von Straßeninfrastrukturanlagen dem Anwender in der Praxis zur Verfügung gestellt.

Der Anwender, als Zielgruppe der Regelwerke, stellt vielfältige Anforderungen an die Ausgestaltung bereitgestellter Berechnungsverfahren. Diese können im Wesentlichen durch folgende Zielfelder beschrieben werden:

- Einfachheit und Nachvollziehbarkeit,
- Genauigkeit und Vertrauenswürdigkeit,
- breites Anwendungsgebiet.

Die genannten Zielfelder beinhalten Aspekte, die bereits von *Schnabel*¹ im Kontext der Bereitstellung von Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität von lichtsinalgeregelten Knotenpunkten wie folgt umrissen worden sind: „*Wichtig ist, dass der Praxis nach Möglichkeit ein einfaches und übersichtliches Berechnungsverfahren zur Verfügung steht, das in guter Näherung Kapazitätswerte ... liefert*“.

Die genannten Zielfelder an die Ausgestaltung von Berechnungsverfahren zeigen das Spannungsfeld und den damit verbundenen Zielkonflikt auf, der bei der Herleitung von Berechnungsverfahren auftreten kann. Ein grundlegendes Problem ist, dass eine Steigerung des Zielerreichungsgrades in einem der genannten Zielfelder oftmals direkt oder indirekt mit der Abnahme des Zielerreichungsgrades in einem anderen Zielfeld verbunden ist. So kann bspw. die Vereinfachung des Berechnungsverfahrens ungenauere Berechnungsergebnisse nach sich ziehen. Bei der Herleitung eines Berechnungsverfahrens muss auf den zuvor genannten Zielkonflikt eingegangen werden. Dies kann geschehen, indem bei der Entwicklung des Berechnungsverfahrens eine angemessene und ausgewogene Zielerreichung in den verschiedenen Zielfeldern angestrebt wird.

Ein Berechnungsverfahren soll sich nach Möglichkeit durch eine hohe Zielerreichung im Zielfeld „**Einfachheit und Nachvollziehbarkeit**“ ausweisen.

Zur Erreichung des Teilziels „Einfachheit“ sollten bei der Herleitung des Berechnungsverfahrens nach Möglichkeit einfache Grundrechenarten, wie z. B. Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division, und einfache Funktionen, wie z. B. lineare und gebrochen rationale Funktionen, zur Anwendung kommen.

Eine gute „Nachvollziehbarkeit“ von Berechnungsverfahren kann erreicht werden, indem der verwendete Berechnungsansatz und die angesetzten Eingangsgrößen leicht verständlich sind und in einem inhaltlichen Zusammenhang zu der zu berechnenden Ergebnisgröße stehen. Berechnungsansätze die auf physikalischen Gesetzen, Grundregeln der Kinematik² oder allgemeinen Gesetzmäßigkeiten des Verkehrsablaufs aufbauen, sind für den Anwender einfacher nachzuvollziehen, als Berechnungsansätze, die in keinem inhaltlichen Zusammenhang zur Ergebnisgröße stehen.

Die mit Berechnungsverfahren ermittelten Ergebnisse sollen eine hohe Zielerreichung im Zielfeld „**Genauigkeit und Vertrauenswürdigkeit**“ aufweisen. Dieses Ziel wird erreicht, indem das Berechnungsverfahren in einem zuvor definierten Einsatzbereich genaue und verlässliche Berechnungsergebnisse liefert. Es soll nach Möglichkeit ausgeschlossen sein, dass unter

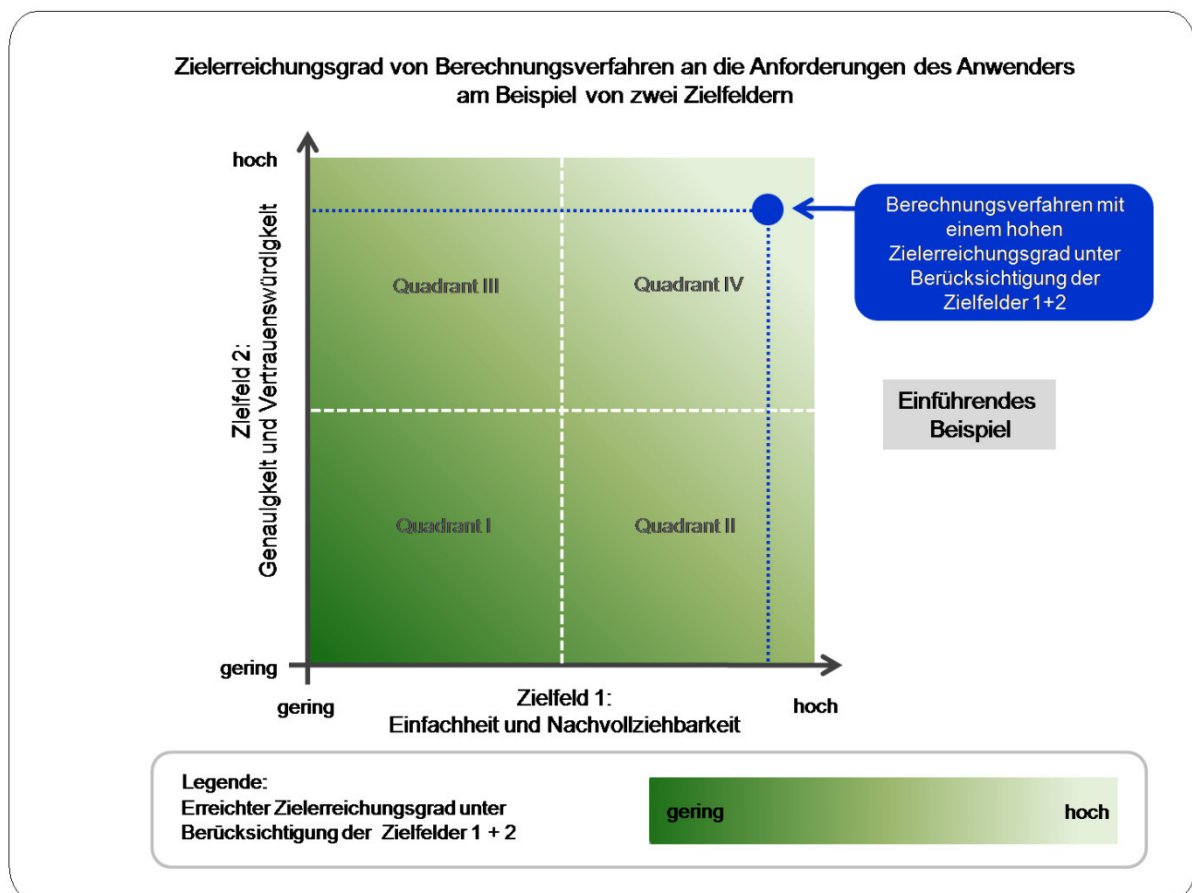
¹ Schnabel et al. – Kapazität an Knotenpunkten mit kurzen Aufstellstreifen, Diskussionsbeitrag, SVT, Heft 11, 2008, S. 713

² Gross et al. – Technische Mechanik 3 - Kinetik, Lehrbuch, 2015, S. 5ff.

bestimmten Anwendungsbedingungen innerhalb eines definierten Einsatzbereiches die Berechnungsergebnisse unerwartete Abweichungen (Ausreißer) aufweisen.

Die Anforderungen des Anwenders an ein Berechnungsverfahren können durch das Zielfeld „**breites Anwendungsgebiet**“ komplettiert werden. Hier wünscht sich der Anwender in der Praxis, dass die bereitgestellten Berechnungsverfahren ein breites Anwendungsgebiet aufweisen.

In Bild 1-2 ist beispielhaft der Zielerreichungsgrad von Berechnungsverfahren an die Anforderungen des Anwenders unter Berücksichtigung der Zielfelder „Einfachheit und Nachvollziehbarkeit“ und „Genauigkeit und Vertrauenswürdigkeit“ in qualitativer Form dargestellt.



**Bild 1-2: Zielerreichungsgrad von Berechnungsverfahren an die Anforderungen des Anwenders am Beispiel von zwei Zielfeldern,
Quelle: Eigene Darstellung**

1.2.2 BERECHNUNGSVERFAHREN IM BEREICH DER LICHTSIGNALSTEUERUNG

Auf wesentliche Anforderungen an die Planung und den Entwurf von Lichtsignalgeregelter Knotenpunkten und der Lichtsignalsteuerung wird in den Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA³, 2015) eingegangen, während im Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS 2015^{4,5}) die Bewertung der Verkehrsqualität und die Berechnung der Kapazität im Vordergrund stehen.

³ FGSV – RiLSA, Richtlinie, 2015

⁴ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015

⁵ FGSV – HBS, Teil L, Richtlinie, 2015

Die zuvor genannten Richtlinien können aufgrund ihrer hohen Verbindlichkeit als die zentralen Regelwerke angesehen werden, die bei der Planung, dem Bau und dem Betrieb von lichtsignalgeregelten Knotenpunkten zugrunde gelegt werden.

In den beiden Regelwerken werden dem Anwender in der Praxis verschiedene Berechnungsverfahren zur Bemessung und zum Entwurf von lichtsignalgeregelten Knotenpunkten und der Lichtsignalsteuerung zur Verfügung gestellt.

Verschiedene Einflussgrößen nehmen maßgebenden Einfluss auf die Kapazität eines lichtsignalgeregelten Knotenpunkts. Eine dieser Einflussgrößen ist u. a. die geometrische Ausgestaltung von zusätzlichen Aufstellstreifen in den Knotenpunktzufahrten unter Berücksichtigung der realisierten Lichtsignalsteuerung.

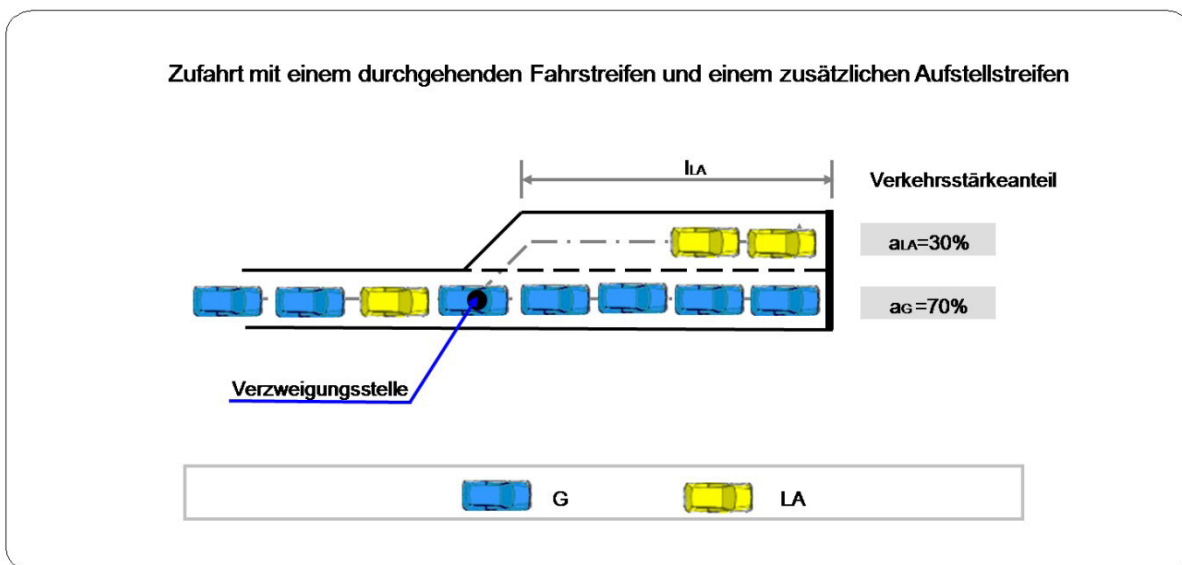


Bild 1-3: Zufahrt mit einem durchgehenden Fahrstreifen und einem zusätzlichen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung

Im Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (*HBS 2001*⁶) wird in Deutschland erstmals ein Berechnungsverfahren eingeführt, mit dem die Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit einem zusätzlichen Aufstellstreifen (siehe Bild 1-3) näherungsweise berechnet werden kann.

Das Berechnungsverfahren zeichnet sich durch Ansatz von zwei einfachen linearen Berechnungsansätzen aus (siehe Gleichung 2-10). Als Eingangsgrößen gehen der Freigabezeitanteil, die Sättigungsverkehrsstärke und die Anzahl der Aufstellplätze auf dem zusätzlichen Aufstellstreifen in die Berechnungsansätze ein. Die Verkehrsstärkeanteile der einzelnen Fahrstreifen der lichtsignalgeregelten Zufahrt bleiben bei beiden Berechnungsansätzen unberücksichtigt, obwohl diese maßgeblichen Einfluss auf die Kapazität nehmen können. Dies führt dazu, dass die mit dem Berechnungsverfahren ermittelten Kapazitätswerte im Einzelfall deutlich von der tatsächlichen Kapazität abweichen können. Zu den genannten Abweichungen kann es besonders dann kommen, wenn gleichzeitig folgende Randbedingungen vorliegen:

- Verkehrsströme auf dem durchgehenden Fahrstreifen und dem zusätzlichen Aufstellstreifen der lichtsignalgeregelten Zufahrt erhalten zur gleichen Zeit GRÜN (gleichzeitige Freigabezeit),

⁶ FGSV – HBS, ehemalige Richtlinie, Ausgabe 2001, Fassung 2009, S. 6-34 ff.

- Ungleiche Verteilung der Verkehrsströme (kleiner Verkehrsstärkeanteil auf einem der beiden Fahrstreifen (durchgehender Fahrstreifen oder Aufstellstreifen)),
- kurze Freigabezeit.

Wu⁷ (2008) geht im Rahmen einer fachlichen Stellungnahme auf zuvor genannte Abweichungen ein und belegt die Ungenauigkeiten des Berechnungsansatzes nach *HBS 2001* durch ausgewählte Berechnungsbeispiele.

Im Jahr 2007 stellt Wu⁸ ein alternatives Berechnungsverfahren vor, das 2015 in die Neufassung des Handbuchs für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (*HBS 2015*^{9,10}) eingeht. Das Berechnungsverfahren basiert auf einer gebrochenen Wurzelfunktion (Gleichung 1-1), deren Parameter im Rahmen einer Regressionsrechnung auf Grundlage der Ergebnisse einer zuvor durchgeführten Simulationsstudie für den Anwendungsfall „Kapazitätsberechnung – lichtsignalgeregelte Zufahrt mit einem zusätzlichen Aufstellstreifen“ angepasst worden sind.

$$C_M = \frac{1}{\sqrt[1+f(N_K)]{\left(\frac{a_L}{C_L}\right)^{1+f(N_K)} + \left(\frac{1-a_L}{C_G}\right)^{1+f(N_K)}}$$

Gleichung 1-1: Regressionsfunktion in Form einer gebrochenen Wurzelfunktion, Quelle: Wu¹¹

Die Regressionsfunktion in Form einer gebrochenen Wurzelfunktion ist von Wu^{12,13} bereits zuvor für den Anwendungsfall „Kapazitätsberechnung von kurzen Mischfahrstreifen an nicht signalisierten Knotenpunkten“ erfolgreich angepasst worden.

Wesentlicher Vorteil des neuen Berechnungsverfahrens gegenüber dem Verfahren nach *HBS 2001*¹⁴ ist die höhere Genauigkeit mit der die Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit einem zusätzlichen Aufstellstreifen ermittelt werden kann.

Bei der Anwendung des Berechnungsverfahrens nach *HBS 2015* haben sich jedoch in der Praxis folgende Aspekte als problematisch herausgestellt:

- Die für den Anwendungsfall „Kapazitätsberechnung – lichtsignalgeregelte Zufahrt mit einem zusätzlichen Aufstellstreifen“ angepasste gebrochene Wurzelfunktion (siehe Gleichung 2-11 und Gleichung 2-12) ist komplex und mathematisch anspruchsvoll. Dies hat die Autoren des *HBS 2015*¹⁵ dazu bewogen, die Gleichungen im Hauptteil des Regelwerks durch Nomogramme zu ersetzen und die Gleichungen nur im Anhang aufzuführen. Hier wird davon ausgegangen, dass der Anwender die Kapazitätsermittlung auf Grundlage der bereitgestellten Nomogramme durchführt und nicht auf die Gleichungen zurückgreifen muss, die diesen Nomogrammen zugrunde liegen.
- Die Anwendung der Nomogramme zur Ermittlung der Kapazität gestaltet sich im Einzelfall als sehr aufwendig. Bei der Kapazitätsermittlung müssen im Einzelfall bis zu acht Ablesewerte aus den bereitgestellten Nomogrammen abgegriffen werden, um auf deren

⁷ Schnabel et al. – Kapazität kurze Aufstellstreifen, Diskussionsbeitrag mit Stellungnahme, SVT, Heft 11, 2008, S. 714

⁸ Wu – Capacity signalized intersections with shared short lanes, TRB, 2007

⁹ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015

¹⁰ FGSV – HBS, Teil L, Richtlinie, 2015

¹¹ Wu – Capacity signalized intersections with shared short lanes, TRB, 2007

¹² Wu – Capacity of shared/short lanes at unsignalised intersections, Proceeding, 1997

¹³ Wu – Capacity of shared/short lanes at unsignalised intersections, Elsevier, 1999

¹⁴ FGSV – HBS, ehemalige Richtlinie, Ausgabe 2001, Fassung 2009, S. 6-34ff.

¹⁵ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015

Grundlage anschließend in bis zu sieben Interpolationsschritten die Kapazität zu berechnen.

Die Ermittlung der Kapazitätswerte auf Grundlage der bereitgestellten Nomogramme kann besonders den ungeübten Anwender überfordern und ist fehleranfällig. Als mögliche Fehlerquellen können hier vor allem Ablesefehler beim Abgreifen der Werte aus den bereitgestellten Nomogrammen und Rechenungenauigkeiten bei den durchzuführenden und z.T. aufeinander aufbauenden Interpolationsschritten genannt werden. *Harders et al.*¹⁶ empfehlen aufgrund der erforderlichen Interpolationsschritte die Verwendung der Nomogramme nur für eine überschlägliche Bemessung zu verwenden.

- Die für den Anwendungsfall „Kapazitätsberechnung – Lichtsignalgeregelte Zufahrt mit einem zusätzlichen Aufstellstreifen“ angepasste gebrochene Wurzelfunktion (siehe Gleichung 2-11 und Gleichung 2-12) basiert auf der in Gleichung 1-1 dargestellten Regressionsfunktion, deren Parameter im Rahmen einer durchgeführten Regressionsrechnung für die konkreten Anwendungsfälle angepasst wurden. Die Berechnungsansätze basieren nicht auf physikalischen Gesetzen, Grundregeln der Kinematik¹⁷ oder Gesetzmäßigkeiten des Verkehrsablaufs in Lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen. Die bereitgestellten Berechnungsansätze sind aufgrund des fehlenden inhaltlichen Zusammenhangs zur Ergebnisgröße für den Anwender nicht oder nur schwer nachvollziehbar.
- Das Anwendungsgebiet des Berechnungsverfahrens beschränkt sich auf die Kapazitätsermittlung in Lichtsignalgeregelten Zufahrten mit einem durchgehenden Fahrstreifen und einem zusätzlichen Aufstellstreifen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität in Lichtsignalgeregelten Zufahrten mit einem zusätzlichen Aufstellstreifen nach *HBS 2001* und *HBS 2015* in Bezug auf den Zielerreichungsgrad an die Anforderungen des Anwenders sehr unterschiedlich bewertet werden müssen.

Das Berechnungsverfahren nach *HBS 2001* weist aufgrund der zugrunde gelegten einfachen und leicht verständlichen Berechnungsansätze im Zielfeld „Einfachheit und Nachvollziehbarkeit“ eine hohe Zielerreichung auf, während die Zielerreichung im Zielfeld „Genauigkeit und Vertrauenswürdigkeit“ aufgrund von ungenauen Berechnungsergebnissen bei bestimmten Randbedingungen als eher gering eingestuft werden muss.

Bei der Beurteilung der Zielerreichung des Berechnungsverfahrens nach *HBS 2015* zeigt sich eine konträre Situation. Hier weisen die Berechnungsergebnisse eine hohe „Genauigkeit und Vertrauenswürdigkeit“ auf, während das Berechnungsverfahren aufgrund der Komplexität und der bedingten Nachvollziehbarkeit des Berechnungsansatzes im Zielfeld „Einfachheit und Nachvollziehbarkeit“ eine vergleichsweise geringe Zielerreichung vorweisen kann.

Der von den Berechnungsverfahren nach *HBS 2001* und *HBS 2015* erreichte Zielerreichungsgrad an die Anforderungen der Anwender kann unter Berücksichtigung der beiden angesetzten Zielfelder, wie in Bild 1-4 qualitativ dargestellt, vergleichend gegenübergestellt werden.

¹⁶ Harders et al. – Kommentar zum HBS 2015, Fachartikel, SVT, Heft 11, 2015, S. 744

¹⁷ Gross et al. – Technische Mechanik 3 - Kinetik, Lehrbuch, 2015, S. 5ff.

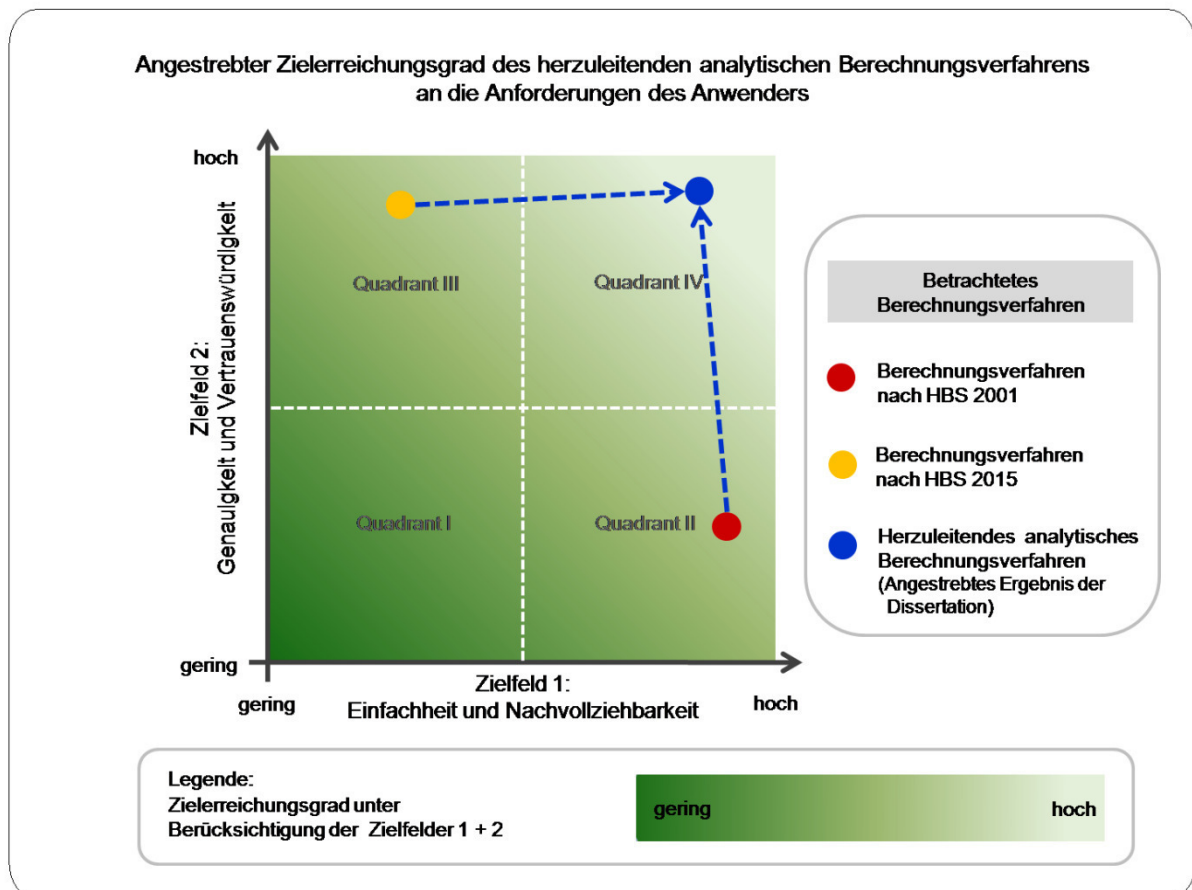


Bild 1-4: Angestrebter Zielerreichungsgrad des herzuleitenden analytischen Berechnungsverfahrens an die Anforderungen des Anwenders, Quelle: Eigene Darstellung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen alternativen Vorschlag für ein analytisches Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität einer Lichtsignalgeregelter Zufahrt mit zusätzlichen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabezeit herzuleiten. Hier wird angestrebt, dass sich das analytische Berechnungsverfahren im Vergleich zum Berechnungsverfahren nach *HBS 2015*^{18,19} durch folgende Eigenschaften hervorhebt:

- einfacherer und leichter nachzuvollziehender Berechnungsansatz,
- höhere Genauigkeit der erlangten Berechnungsergebnisse,
- breiteres Anwendungsgebiet: Anwendbarkeit des Verfahrens zur Berechnung der Kapazität in Lichtsignalgeregelter Zufahrten mit bis zu zwei zusätzlichen Aufstellstreifen (siehe u.a. Bild 1-1).

Der angestrebte Zielerreichungsgrad des im Rahmen der Dissertation herzuleitenden analytischen Berechnungsverfahrens an die Anforderungen der Anwender ist in Bild 1-4 im direkten Vergleich zu den überschlägig ermittelten Zielerreichungsgraden der Berechnungsverfahren nach *HBS 2001* und *HBS 2015* skizziert worden.

¹⁸ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015

¹⁹ FGSV – HBS, Teil L, Richtlinie, 2015

1.3 AUFBAU DER DISSERTATION

Die Dissertation umfasst zwölf Kapitel, die inhaltlich aufeinander aufbauen. Der Aufbau und hier im Besonderen die inhaltliche Struktur der vorliegenden Arbeit ist in Bild 1-5 dargestellt.

In **Kapitel 1: Einführung** wird nach einer kurzen Einleitung auf die Problem- und Zielstellung sowie auf den Aufbau der vorliegenden Arbeit eingegangen.

In **Kapitel 2: Grundlagen – Literaturanalyse** wird im Rahmen einer Literaturanalyse auf die Grundlagen der behandelten Thematik eingegangen. Neben Definitionen grundlegender Fachbegriffe wird in diesem Kapitel auf verschiedene Einflussgrößen, die Einfluss auf die Kapazität an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten nehmen, eingegangen. Abschließend wird im Rahmen einer Literaturrecherche auf die Hauptthematik der vorliegenden Dissertation, dem „Einfluss von zusätzlichen Aufstellstreifen auf die Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten“, vertiefend eingegangen.

In **Kapitel 3: Vorüberlegungen – Herleitung Berechnungsverfahren** wird einführend auf grundlegende Aspekte der Kapazität, des Verkehrsablaufs, der geometrischen Ausgestaltung und der Signalisierung eingegangen. Darauf aufbauend werden Begriffe und Definitionen eingeführt, die in den folgenden Kapiteln verwendet werden.

In **Kapitel 4: Abgrenzung Dissertationsthema** wird eine thematische und inhaltliche Abgrenzung der vorliegenden Arbeit vorgenommen. Durch die Abgrenzung des Dissertationsthemas soll die inhaltliche Zuordnung und der mögliche Beitrag der vorliegenden Arbeit in den Gesamtkontext von Kapazitätsberechnungen an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten gestellt werden.

In **Kapitel 5: Herleitung – Analytisches Berechnungsverfahren** wird auf Grundlage vorgenommener Vorüberlegungen (Kapitel 3) ein analytisches Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit bis zu zwei zusätzlichen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabezeit (gF) hergeleitet. Dabei wird zugrunde gelegt, dass alle Verkehrsströme einer lichtsignalgeregelten Zufahrt zur gleichen Zeit während derselben Freigabezeit (= gleichzeitige Freigabezeit, gF) abfließen können.

In **Kapitel 6: Simulationsstudie** wird zunächst auf die Methodik und somit auf die inhaltliche Ausgestaltung und die methodische Umsetzung der Simulationsstudie eingegangen. Die Methodik der Simulationsstudie kann in drei Teile (A bis C; siehe auch Kapitel 7 bis 9) unterteilt werden:

- Teil A: Kalibration – Allgemeingültige Eingangsparameter,
- Teil B: VISSIM – Ermittlung fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter,
- Teil C: Validierung – Analytisches Berechnungsverfahren.

Im zweiten Abschnitt des Kapitels 6 wird auf die technische Umsetzung und hier im Besonderen auf die softwaretechnische Realisierung der Simulationsstudie eingegangen. Hier wird u. a. auf die Struktur der eigens für die Simulationsstudie in der objektorientierten Programmiersprache C#^{20,21} (englisch: *C sharp*) programmierten Schnittstelle eingegangen. Über die entwickelte C#-Schnittstelle wird im Rahmen der Simulationsstudie die automatisierte Durchführung und externe Steuerung der Simulationsläufe in dem mikroskopischen Simulationsprogramm VISSIM über dessen COM-Schnittstelle²² vorgenommen. Abschließend werden im Kapitel 6 Aspekte des Daten- und Fehlermanagements behandelt.

²⁰ Theis – Einstieg in Visual C#, 2014

²¹ Kroneck – Programmieren mit Visual C#, 2014

²² PTV – PTV VISSIM 7 – Introduction to the COM API, 2015

In **Kapitel 7: Kalibration – Allgemeingültige Eingangsparameter** werden in dem ersten Teil der durchgeführten Simulationsstudie zunächst die allgemeingültigen Eingangsparameter des analytischen Berechnungsverfahrens im Rahmen einer Regressionsanalyse ermittelt. Die ermittelten Eingangsparameter werden als Ergebnis der Kalibration in Nomogramme und Wertetabellen überführt und stehen so in aufbereiteter Form als Eingangsgrößen des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens für die Anwendung zur Verfügung.

In **Kapitel 8: VISSIM – Ermittlung fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter** werden in dem zweiten Teil der Simulationsstudie verschiedene fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter des Simulationsprogramms VISSIM ermittelt, die anschließend in der Validierung im Rahmen des vorgenommenen SOLL-IST-Vergleichs bei der Berechnung von Kapazitätswerten als programmabhängige variable Eingangsgrößen in das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren einfließen. Als fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter des Simulationsprogramms VISSIM werden hier u. a. der Zeitbedarfswert, die mittlere Aufstelllänge von Kraftfahrzeugen und die mittlere Anzahl von Überfahrten während der beiden Übergangszeiten (ROT/GELB-Zeit; GELB-Zeit) ermittelt.

In **Kapitel 9: Validierung – Analytisches Berechnungsverfahren** wird als dritter und letzter Teil der Simulationsstudie die Validierung vorgenommen, in der die Eignung des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens unter Ansatz zuvor kalibrierter allgemeingültiger Eingangsparameter (Kapitel 7) überprüft wird. In einem durchgeführten SOLL-IST Vergleich werden die mit dem Simulationsprogramm VISSIM ermittelten Kapazitätswerte (SOLL-Werte) den Berechnungsergebnissen des analytischen Berechnungsverfahrens (berechnete Kapazitätswerte, IST-Werte) vergleichend gegenübergestellt. Aufbauend auf den Ergebnissen des SOLL-IST Vergleichs wird die Eignung und Anwendbarkeit des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens unter Ansatz der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter überprüft und beurteilt.

In **Kapitel 10: Vergleich mit dem Berechnungsverfahren nach HBS 2015** werden Berechnungsergebnisse des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens und des Berechnungsverfahrens nach *HBS 2015*^{23,24} in einem SOLL-IST Vergleich mit erlangten Simulationsergebnissen des mikroskopischen Simulationsprogramms VISSIM verglichen. Auf Grundlage eines direkten Vergleichs der ermittelten relativen Abweichungen der simulierten Kapazitätswerte (SOLL-Wert) von den mit den beiden Berechnungsverfahren berechneten Kapazitätswerten (IST-Werte) wird eine vergleichende Bewertung der beiden Berechnungsverfahren vorgenommen.

In **Kapitel 11: Vereinfachung Berechnungsverfahren für Anwendungsfall gFI** wird eine Möglichkeit vorgestellt, wie das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren (Kapitel 5) bei Vorliegen des Anwendungsfalls gFI „Alle Aufstellbereiche räumen vollständig“ vereinfacht werden kann.

In **Kapitel 12: Zusammenfassung** werden die wesentlichen Ergebnisse und Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit zusammengefasst und in komprimierter Form dargestellt. Aufbauend auf den Ergebnissen wird auf den weiteren Forschungsbedarf hingewiesen, der sich auf Grundlage der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit ergibt. Weiter werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit in ein künftiges Regelwerk einfließen könnten und wie erlangte Forschungsergebnisse perspektivisch ergänzt werden könnten.

²³ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015

²⁴ FGSV – HBS, Teil L, Richtlinie, 2015

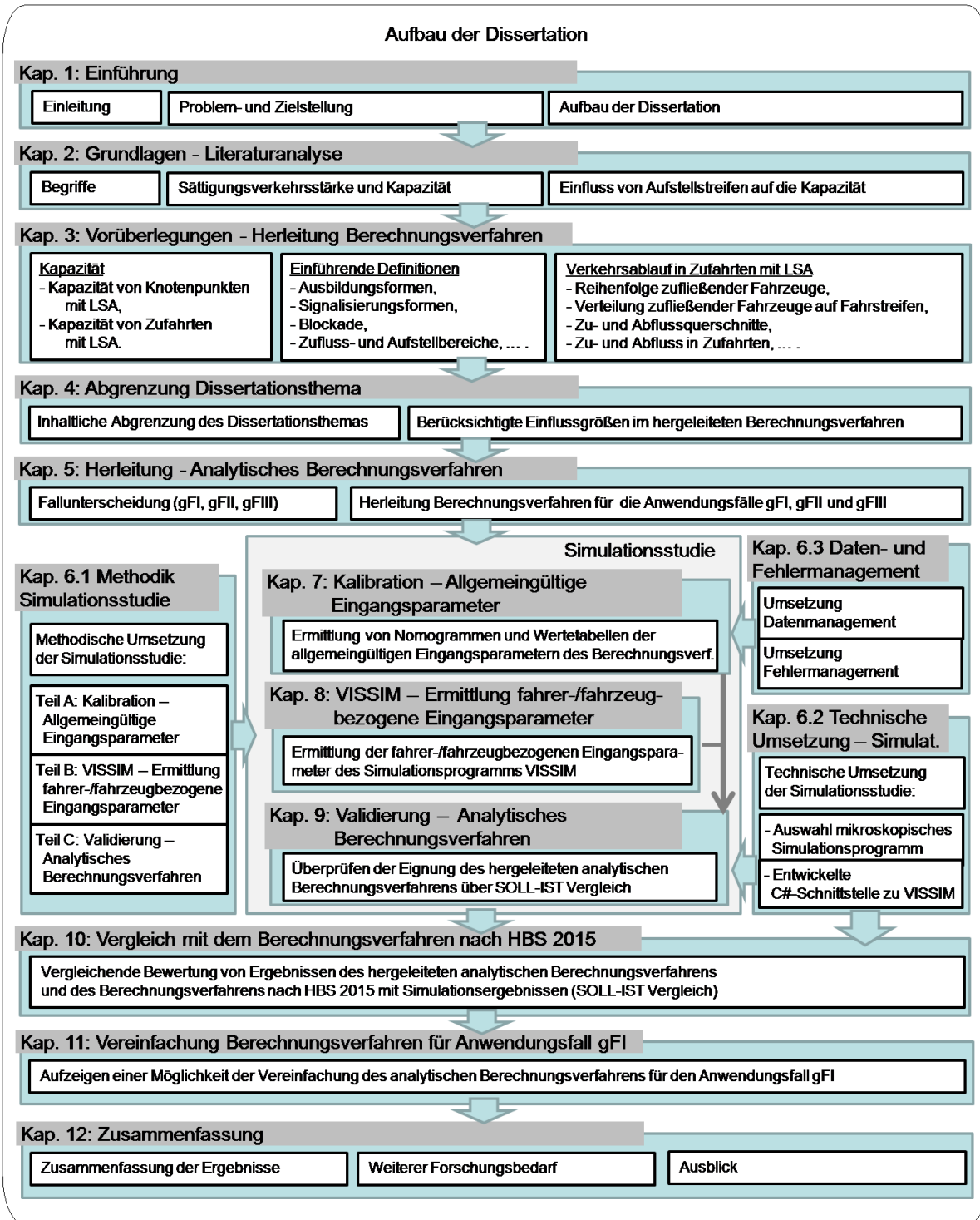


Bild 1-5: Aufbau der Dissertation,
Quelle: Eigene Darstellung

1.4 ZUSAMMENFASSUNG

Die Anwender in der Praxis, als Zielgruppe von Richtlinien und Regelwerken, stellen vielfältige Anforderungen an die Ausgestaltung bereitgestellter Berechnungsverfahren zur Bemessung und Dimensionierung von Straßeninfrastruktur. Die Anforderungen können durch folgende Zielfelder beschrieben werden:

- Einfachheit und Nachvollziehbarkeit,
- Genauigkeit und Vertrauenswürdigkeit,
- breites Anwendungsgebiet.

Im *HBS 2001* und *HBS 2015* sind Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität einer lichtsinalgeregeltten Zufahrt mit einem durchgehenden Fahrstreifen und einem zusätzlichen Aufstellstreifen angegeben. Die bereitgestellten Berechnungsverfahren können den Anforderungen der Anwender an die oben genannten Zielfelder nicht in allen Zielfeldern gerecht werden.

Das Berechnungsverfahren nach *HBS 2001* weist aufgrund der zugrunde gelegten einfachen und leicht verständlichen Berechnungsansätze im Zielfeld „Einfachheit und Nachvollziehbarkeit“ eine hohe Zielerreichung auf, während die Zielerreichung im Zielfeld „Genauigkeit und Vertrauenswürdigkeit“ aufgrund von ungenauen Berechnungsergebnissen bei bestimmten Randbedingungen als eher gering eingestuft werden muss.

Bei der Beurteilung der Zielerreichung des Berechnungsverfahrens nach *HBS 2015* zeigt sich eine konträre Situation. Hier weisen die Berechnungsergebnisse eine hohe „Genauigkeit und Vertrauenswürdigkeit“ auf, während das Berechnungsverfahren aufgrund der Komplexität und der nur bedingten Nachvollziehbarkeit des Berechnungsansatzes im Zielfeld „Einfachheit und Nachvollziehbarkeit“ eine vergleichsweise geringe Zielerreichung vorweist.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen alternativen Vorschlag für ein „Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität in lichtsinalgeregeltten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabezeit“ zu entwickeln.

Dabei wird angestrebt, ein Berechnungsverfahren zu entwickeln, dass sich durch einen einfachen Berechnungsansatz, genaue Berechnungsergebnisse und ein breites Anwendungsgebiet auszeichnet und so den Anforderungen des Anwenders in verschiedenen Zielfeldern gerecht wird.

2 GRUNDLAGEN – LITERATURANALYSE

2.1 GRUNDLEGENDE BEGRIFFSDEFINITIONEN

Die Kapazität in lichtsignalgeregelten Knotenpunkten ist der zentrale Begriff und zugleich der thematische Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit.

Eine allgemeine Definition des Begriffs Kapazität nach *FGSV-Begriffsbestimmungen*²⁵ wird in Definition 2-1 gegeben.

Größte Verkehrsstärke, die ein Verkehrsstrom unter den gegebenen baulichen und verkehrlichen Bedingungen erreichen kann.

Definition 2-1: Kapazität – allgemein,
Quelle: *FGSV-Begriffsbestimmungen*²⁶

Im *HBS 2001*²⁷ wird für den Anwendungsfall „lichtsignalgeregelte Knotenpunkte“ eine angepasste Definition der Kapazität gegeben, wie in Definition 2-2 dargestellt.

Maximale Anzahl von Verkehrselementen je Zeiteinheit, die unter den gegebenen baulichen und verkehrlichen Bedingungen von einem Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage abgewickelt werden kann.

Definition 2-2: Kapazität eines Knotenpunktes mit Lichtsignalanlage,
Quelle: *HBS 2001*²⁸

Maßgebenden Einfluss auf die Kapazität an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten nimmt der Zeitbedarf, den rückgestaute Kraftfahrzeuge benötigen, um während der Freigabezeit aus einer Zufahrt des Knotenpunkts abfließen zu können. Der Zeitbedarf der Fahrzeuge beim Abfließen benötigen, kann nach den *FGSV-Begriffsbestimmungen*²⁹ durch den Zeitbedarfswert entsprechend Definition 2-3 beschrieben werden.

Durchschnittliche Bruttozeitlücke zwischen aufeinanderfolgenden Fahrzeugen eines gesättigten Verkehrsstroms an der Haltlinie einer Lichtsignalanlage.

Definition 2-3: Zeitbedarfswert,
Quelle: *FGSV-Begriffsbestimmungen*³⁰

In Anlehnung an Definition 2-3 kann die Anzahl der während der Freigabezeit abfließenden Fahrzeuge eines Verkehrsstroms in einer lichtsignalgeregelten Zufahrt nach Gleichung 2-1 ermittelt werden.

²⁵ FGSV – Begriffsbestimmungen, Wissensdokument, 2012, S. 57

²⁶ Ebd., S. 57

²⁷ FGSV – HBS, ehem. Richtlinie, Ausg. 2001; Fass. 2009, S. 6-3

²⁸ Ebd., S. 6-3

²⁹ FGSV – Begriffsbestimmungen, Wissensdokument, 2012, S. 132

³⁰ Ebd., S. 132

$$n = \frac{t_F}{t_B}$$

mit	n	Anzahl der abfließenden Fahrzeuge eines Verkehrsstroms während der Freigabezeit, [Fz]
	t _F	Freigabezeit oder GRÜN-Zeit, [s]
	t _B	Zeitbedarfswert, [s/Fz]

Gleichung 2-1: Fahrzeugabfluss während der Freigabezeit,
Quelle: HBS 2001³¹

Die Sättigungsverkehrsstärke an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten ist nach *FGSV-Begriffsbestimmungen*³², wie in Definition 2-4 angegeben, definiert.

Maximal mögliche Verkehrsstärke eines Fahrzeugstroms während der Freigabezeit einer Lichtsignalanlage.

Definition 2-4: Sättigungsverkehrsstärke,
Quelle: *FGSV-Begriffsbestimmungen*³³

Diese Definition der Sättigungsverkehrsstärke kann leicht falsch- oder missverstanden werden. Im *HBS 2001*³⁴ wird eine detailliertere Begriffsdefinition der Sättigungsverkehrsstärke angegeben, die diesen Begriff zutreffender beschreibt, wie in Definition 2-5 angegeben.

Größte Verkehrsstärke, die ein Verkehrsstrom bei einer Lichtsignalanlage auf einem Fahrstreifen bei ungehindertem Abfluss, bezogen auf die zu einer Stunde summierten Freigabezeiten (Grünstunde) beim Überfahren der Haltlinie erreichen kann.

Definition 2-5: Sättigungsverkehrsstärke,
Quelle: HBS 2001³⁵

Somit kann die Sättigungsverkehrsstärke umgangssprachlich der Anzahl der Fahrzeuge, die theoretisch bei einer Stunde Dauergrün aus einem Fahrstreifen einer lichtsignalgeregelten Zufahrt abfließen könnten, gleichgesetzt werden.

Die Sättigungsverkehrsstärke kann unter Ansatz des Zeitbedarfswert nach Gleichung 2-2 ermittelt werden.

$$q_S = \frac{3600}{t_B}$$

mit	q _S	Sättigungsverkehrsstärke, [Fz/h]
	t _B	Zeitbedarfswert, [s/Fz]

Gleichung 2-2: Sättigungsverkehrsstärke in Abhängigkeit vom Zeitbedarfswert,
Quelle: HBS 2001³⁶

³¹ FGSV – HBS, ehem. Richtlinie, Ausg. 2001; Fass. 2009, S. 6-14

³² FGSV – Begriffsbestimmungen, Wissensdokument, 2012, S. 129

³³ Ebd., S. 129

³⁴ FGSV – HBS, ehem. Richtlinie, Ausg. 2001; Fass. 2009, S. 6-3

³⁵ Ebd., S. 6-3

³⁶ Ebd., S. 6-14

2.2 SÄTTIGUNGSVERKEHRSTÄRKE UND KAPAZITÄT AN KNOTENPUNKTEN MIT LSA

2.2.1 ERMITTLUNG NACH *RILSA 2015*

In den Richtlinien für Lichtsignalanlagen (*RiLSA 2015*³⁷) werden u.a. folgende Aspekte der Lichtsignalsteuerung behandelt (Auszug aus dem Inhaltsverzeichnis):

- Entwurf des Signalprogramms,
- Wechselwirkungen zwischen Lichtsignalsteuerung und dem Entwurf von Straßenverkehrsanlagen,
- Steuerungsverfahren,
- Sonderformen der Signalisierung,
- technische Ausführung,
- technische Abnahme und Betrieb,
- Qualitätsmanagement,
- Vorschriften und technische Regelwerke.

Aspekte zur Sättigungsverkehrsstärke und zur Kapazität von Knotenpunkten mit LSA werden nicht in den *RiLSA 2015* behandelt, sondern sind Gegenstand des *HBS 2015*^{38,39}.

2.2.2 ERMITTLUNG NACH *HBS 2001*

Im *HBS 2001*⁴⁰ werden in Abhängigkeit von der Freigabezeit verschiedene Ausgangswerte für Sättigungsverkehrsstärken angegeben, die sich bei idealisierten Bedingungen an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten einstellen. Die in Bild 2-1 dargestellten Ausgangswerte für Sättigungsverkehrsstärken müssen im einzelnen Anwendungsfall an örtliche Verhältnisse (konkrete Bedingungen) angepasst werden. Die Anpassung erfolgt über Angleichungsfaktoren, die für verschiedene Einflussgrößen nach Bild 2-2 zum Ansatz gebracht werden können.

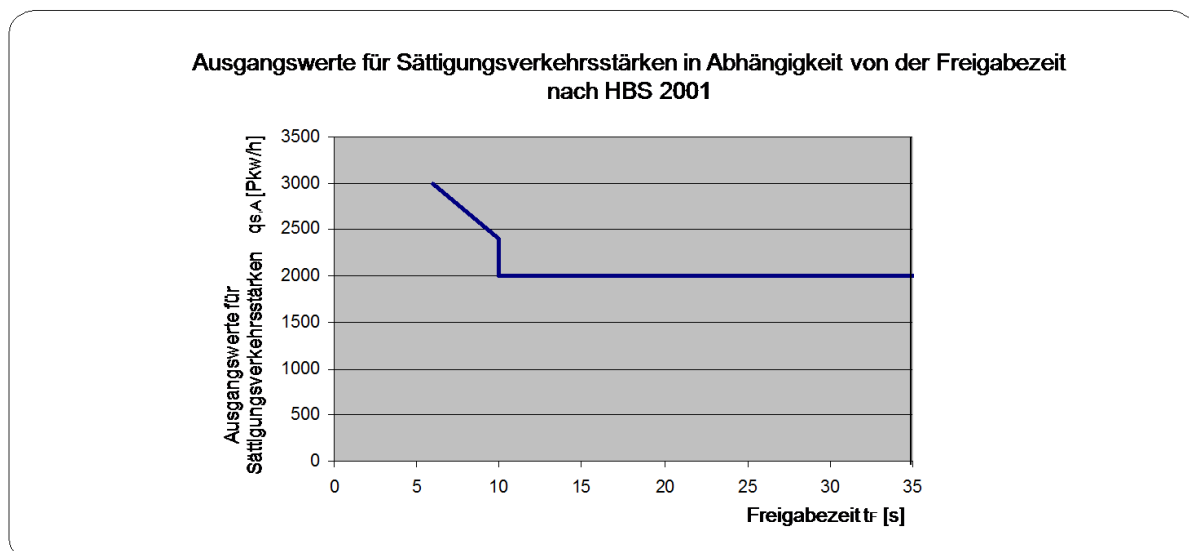


Bild 2-1: Ausgangswerte für Sättigungsverkehrsstärken in Abhängigkeit von der Freigabezeit nach HBS 2001, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an HBS 2001⁴¹

³⁷ FGSV – RiLSA, Richtlinie, 2015

³⁸ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015

³⁹ FGSV – HBS, Teil L, Richtlinie, 2015

⁴⁰ FGSV – HBS, ehem. Richtlinie, Ausg. 2001; Fass. 2009, S. 6-14 ff.

⁴¹ Ebd., S. 6-14 ff.

Angleichungsfaktoren zur Ermittlung der Sättigungsverkehrsstärke für konkrete Bedingungen nach HBS 2001

Einflussgröße		Angleichungsfaktor
Schwerverkehrsanteil	SV < 2 %	$f_{SV} = 1,00$
	SV = 2 ... 15 %	$f_{SV} = 1 - 0,0083 e^{0,21 \cdot SV}$
	SV > 15 %	$f_{SV} = 1 / (1 + 0,015 \cdot SV)$
Fahrstreifenbreite	2,60 m	$f_b = 0,85$
	2,75 m	$f_b = 0,90$
	≥ 3,00 m	$f_b = 1,00$
Abbiegeradius	R ≤ 10 m	$f_R = 0,85$
	≤ 15 m	$f_R = 0,90$
	> 15 m	$f_R = 1,00$
Fahrbahnlängsneigung	Steigung + 5 %	$f_s = 0,85$
	+ 3 %	$f_s = 0,90$
	Ebene 0 %	$f_s = 1,00$
	Gefälle - 3 %	$f_s = 1,10$
	- 5 %	$f_s = 1,15$
Fußgängerverkehr	stark	$f_F = 0,80$
	mittel	$f_F = 0,90$
	schwach	$f_F = 1,00$

Bild 2-2: Angleichungsfaktoren zur Ermittlung der Sättigungsverkehrsstärke für konkrete Bedingungen nach HBS 2001, Quelle: HBS 2001⁴²

Bei der Anpassung der Ausgangswerte für die Sättigungsverkehrsstärke an örtliche Verhältnisse sollen nach *HBS 2001*⁴³ maximal zwei Angleichungsfaktoren berücksichtigt werden, wie in Gleichung 2-3 dargestellt.

$$q_s = f_1 * f_2 * q_{s,A}$$

mit	q_s	Sättigungsverkehrsstärke für konkrete Bedingungen, [Pkw/h; Fz/h]
	f_1, f_2	Angleichungsfaktoren (höchstens zwei ansetzen), [-]
	$q_{s,A}$	Ausgangswerte für die Sättigungsverkehrsstärke, [Pkw/h; Fz/h]

Gleichung 2-3: Sättigungsverkehrsstärke unter Berücksichtigung von Angleichungsfaktoren, Quelle: HBS 2001⁴⁴

Wie in Bild 2-1 dargestellt, gibt das *HBS 2001*⁴⁵ für kleine Freigabezeiten im Bereich von 6 bis 10 Sekunden Ausgangswerte für Sättigungsverkehrsstärken im Bereich von 3000 bis 2400 Pkw/h an. Bei kleinen Freigabezeiten (≤10 Sekunden) werden hier Fahrzeuge, die nach Beendigung der Freigabezeit (GRÜN-Zeit) und somit während der anschließenden Übergangszeit (GELB-Zeit) die Haltlinie der Zufahrt überqueren, bei der Ermittlung der Ausgangswerte für die Sättigungsverkehrsstärke berücksichtigt und entsprechend eingerechnet. So wird angenommen, dass je Freigabezeit im Mittel zwischen 1,66 und 1,11 Pkw während der GELB-Zeit abfließen können. Bei Freigabezeiten über 10 Sekunden werden Überfahrten während der GELB-Zeit nicht mehr bei der Ermittlung der Ausgangswerte für die Sättigungsverkehrsstärke (siehe Bild 2-1) berücksichtigt.

In Definition 2-4 und Definition 2-5 wird hervorgehoben, dass die Sättigungsverkehrsstärke in einer signalgeregelten Zufahrt ausschließlich Fahrzeuge umfasst, die während der Freigabezeit abfließen können. Das *HBS 2001* weicht in diesem Punkt von den beiden Definitionen ab, da hier, wie zuvor erläutert, entgegen den FGSV-Begriffsbestimmungen⁴⁶

⁴² FGSV – HBS, ehem. Richtlinie, Ausg. 2001; Fass. 2009, S. 6-16

⁴³ Ebd., S. 6-14 ff.

⁴⁴ Ebd., S. 6-14 ff.

⁴⁵ Ebd., S. 6-14 ff.

⁴⁶ FGSV – Begriffsbestimmungen, Wissensdokument, 2012, S. 129

und der im *HBS 2001*⁴⁷ selbst vorgenommenen Definition auch Fahrzeuge, die während der GELB-Zeit abfließen, bei der Ermittlung der Ausgangswerte für die Sättigungsverkehrsstärke (siehe Bild 2-1) berücksichtigt werden.

Bei der Ermittlung der Kapazität an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten nach *HBS 2001*⁴⁸ können weitere Einflussgrößen maßgebenden Einfluss auf die Kapazität nehmen, so u.a.:

- bedingt verträgliche Rechts- und Linksabbieger, die querenden Fußgängern den Vorrang gewähren müssen,
- bedingt verträgliche Linksabbieger bei gleichzeitiger Führung des bevorrechtigten entgegenkommenden Kraftfahrzeugverkehrs,
- kurze Aufstellstreifen in den Zufahrten.

2.2.3 ERHEBUNG VON SCHNABEL ET AL.

*Schnabel et al.*⁴⁹ haben 2005 im Rahmen einer Untersuchung den Zeitbedarf von Fahrzeugen aus einem Fahrstreifen einer lichtsignalgeregelten Knotenpunktzufahrt in Dresden erhoben. Der untersuchte Fahrstreifen weist einen Pkw-Anteil von nahezu 100 % auf. In insgesamt 39 Messreihen ist der Zeitbedarf von Fahrzeugen, die in Kolonnen mit 5 bis 25 Fahrzeugen die Haltlinie passierten, erfasst worden. Die erhobenen Messergebnisse sind als Einzelergebnisse und in aggregierter Form (Mittelwert) in Bild 2-3 dargestellt.

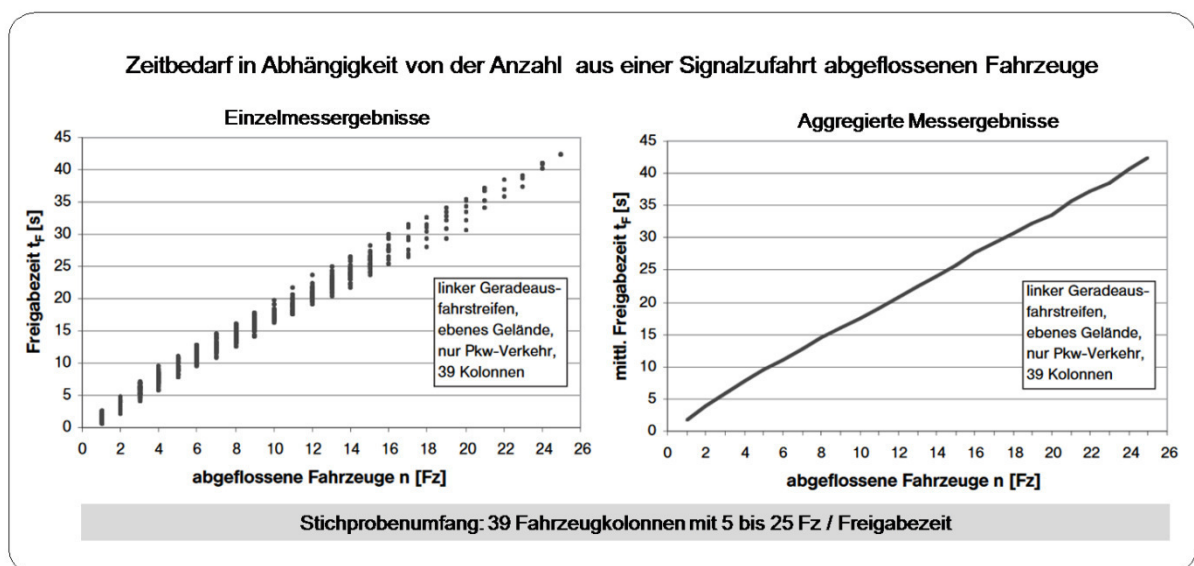


Bild 2-3: Zeitbedarf in Abhängigkeit von der Anzahl aus einer Signalzufahrt abgeflossenen Fahrzeuge, Quelle: Schnabel et al.⁵⁰

Die dargestellten Messergebnisse verdeutlichen den linearen Zusammenhang zwischen der Freigabezeit und der Anzahl der abgeflossenen Fahrzeuge in der betrachteten lichtsignalgeregelten Zufahrt.

Auf Grundlage der Messergebnisse von 22 der insgesamt 39 Messreihen, in denen Kolonnen mit 15 oder mehr Fahrzeugen die Haltlinie der betrachteten Knotenpunktzufahrt passiert haben, haben *Schnabel et al.* die in Gleichung 2-5 und Gleichung 2-6 dargestellten linearen

⁴⁷ FGSV – HBS, ehem. Richtlinie, Ausg. 2001; Fass. 2009, S. 6-3

⁴⁸ Ebd., S. 6-14ff.

⁴⁹ Schnabel et al. – Sättigungsverkehrsstärken lichtsignalgesteuerte Knotenpunktzufahrten, Fachartikel, SVT, Heft 10, 2005, S. 501-506

⁵⁰ Ebd., 2005, S. 502

Regressionsgleichungen ermittelt. Diese bauen auf der in Gleichung 2-4 dargestellten Grundfunktion zur Ermittlung der erforderlichen Freigabezeit bzw. des Zeitbedarfs auf.

$$t_F = t_B * n + t_a$$

mit	t_F	Freigabezeit bzw. Zeitbedarf, [s]
	n	Anzahl der abfließenden Fahrzeuge, [Fz]
	t_B	Zeitbedarfswert, [s/Fz]
	t_a	Anfahrzeitverlust, [s]

Gleichung 2-4: Grundfunktion zur Ermittlung der erforderlichen Freigabezeit bzw. des Zeitbedarfs in Abhängigkeit vom Zeitbedarfswert und dem Anfahrzeitverlust,
Quelle: Schnabel et al. ⁵¹

Den beiden Regressionsgleichungen (Gleichung 2-5 und Gleichung 2-6) liegt ein sehr hohes Bestimmtheitsmaß von $B > 0,98$ zugrunde. Das hohe Bestimmtheitsmaß verdeutlicht, dass die beiden linearen Regressionsgleichungen die realen Verhältnisse in der betrachteten lichtsignalgeregelten Knotenpunktzufahrt hinreichend genau wiedergeben.

$$t_F = 1,70 * n + 0,56$$

Regressionsparameter: $t_B = 1,70$ s/Fz; $t_a = 0,56$ s

Bestimmtheitsmaß: $B > 0,98$

Stichprobenumfang: 22 Messreihen mit ≥ 15 Fz je Kolonne

mit	t_F	Freigabezeit bzw. Zeitbedarf, [s]
	n	Anzahl der abfließenden Fahrzeuge, [Fz]
	t_B	Zeitbedarfswert, [s/Fz]
	t_a	Anfahrzeitverlust, [s]

Gleichung 2-5: Zeitbedarf – Regressionsgleichung unter Ansatz des Zeitbedarfswerts und des Anfahrzeitverlusts,
Quelle: Schnabel et al. ⁵²

$$t_F = 1,76 * n$$

Regressionsparameter: $t_B = 1,76$ s/Fz; $t_a = 0$ s

Bestimmtheitsmaß: $B > 0,98$

Stichprobenumfang: 22 Messreihen mit ≥ 15 Fz je Kolonne

mit	t_F	Freigabezeit bzw. Zeitbedarf, [s]
	n	Anzahl der abfließenden Fahrzeuge, [Fz]
	t_B	Zeitbedarfswert, [s/Fz]
	t_a	Anfahrzeitverlust, [s]

Gleichung 2-6: Zeitbedarf – Regressionsgleichung unter Ansatz des Zeitbedarfswerts und unter Vernachlässigung des Anfahrzeitverlusts,
Quelle: Schnabel et al. ⁵³

Schnabel et al. haben alternativ die Anwendung nicht linearer Regressionsgleichungen zur Ermittlung des Zeitbedarfs in lichtsignalgeregelten Knotenpunktzufahrten untersucht.

⁵¹ Schnabel et al. – Sättigungsverkehrsstärken lichtsignalgesteuerte Knotenpunktzufahrten, Fachartikel, SVT, Heft 10, 2005, S. 502

⁵² Ebd., S. 503

⁵³ Schnabel et al. – Sättigungsverkehrsstärken lichtsignalgesteuerte Knotenpunktzufahrten, Fachartikel, SVT, Heft 10, 2005, S. 503

Hier konnten im Vergleich zum linearen Ansatz (vgl. Gleichung 2-4) keine besseren Ergebnisse erzielt werden, so dass deren Anwendung daraufhin nicht weiter verfolgt wurde.

Auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse geben *Schnabel et al.*⁵⁴ an, dass mit den in Gleichung 2-4 bis Gleichung 2-6 zur Anwendung kommenden linearen Gleichungen der Abfluss aus Lichtsignalgeregelten Zufahrten hinreichend genau beschrieben werden kann. Die erhobenen Regressionsparameter beziehen sich jedoch auf die vorgenommene Untersuchung in Dresden und müssen im Einzelfall an örtliche Verhältnisse angepasst werden.

2.2.4 ERMITTLUNG NACH HBS 2015

Im Rahmen der Erstellung des *HBS 2015*^{55,56} ist das im *HBS 2001*⁵⁷ eingeführte Verfahren zur Ermittlung der Sättigungsverkehrsstärke einer grundlegenden Überarbeitung unterzogen worden. Wesentliche Neuerung ist, dass die Ermittlung der Sättigungsverkehrsstärke über einen Zeitbedarfswert von 1,8 s/Fz erfolgt, der nach Gleichung 2-7 unter Berücksichtigung verschiedener Anpassungsfaktoren an konkrete Bedingungen angepasst werden kann.

$$t_B = f_{SV} * f_1 * f_2 * 1,8$$

$$f_1 = \max(f_b, f_R, f_s)$$

$$f_2 = \min(1, f_s)$$

mit	t_B	Zeitbedarfswert unter konkreten Bedingungen, [s/Fz]
	f_{SV}	Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung des Schwerverkehrs, [-]
	f_1, f_2	Rechengrößen, [-]
	f_b	Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung der Fahrstreifenbreite, [-]
	f_R	Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung des Abbiegeradius, [-]
	f_s	Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung der Fahrbahnlängsneigung, [-]

**Gleichung 2-7: Zeitbedarfswert unter konkreten Bedingungen,
Quelle: HBS 2015⁵⁸**

Wie in Gleichung 2-7 dargestellt, sollten maximal drei der folgenden vier Einflussgrößen durch Ansatz entsprechender Anpassungsfaktoren bei der Ermittlung des Zeitbedarfswerts unter konkreten Bedingungen berücksichtigt werden:

- Schwerverkehrsanteil,
- Fahrstreifenbreite,
- Abbiegeradius,
- Fahrbahnlängsneigung.

Die Sättigungsverkehrsstärke kann unter Berücksichtigung des ermittelten Zeitbedarfswerts unter konkreten Bedingungen nach Gleichung 2-2 berechnet werden.

⁵⁴ Ebd., S. 503

⁵⁵ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015

⁵⁶ FGSV – HBS, Teil L, Richtlinie, 2015

⁵⁷ FGSV – HBS, ehem. Richtlinie, Ausg. 2001; Fass. 2009, S. 6-14 ff.

⁵⁸ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015, S. S4-12

Eine weitere Neuerung im *HBS 2015*^{59,60} ist, dass zur Ermittlung der Kapazität einer lichtsignalgeregelten Zufahrt nicht die Freigabezeit, sondern die Abflusszeit nach Gleichung 2-8 zum Ansatz kommt.

$$t_{A,i} = t_{F,i} + 1 \text{ s}$$

mit	$t_{A,i}$	Abflusszeit für den Verkehrsstrom i, [s]
	$t_{F,i}$	Geschaltete Freigabezeit für den Verkehrsstrom i, [s]

Gleichung 2-8: Abflusszeit,
Quelle: *HBS 2015*⁶¹

Durch Ansatz der Abflusszeit wird berücksichtigt, dass Fahrzeuge in lichtsignalgeregelten Zufahrten nach Ablauf der Freigabezeit noch einen Teil der Übergangszeit (GELB-Zeit) nutzen, um am Knotenpunkt abzufließen. Dies geht auf eine Untersuchung von *Wolferrmann*⁶² und *Boltze et al.*^{63,64} zurück, die zu dem Ergebnis kommt, dass die effektive Freigabezeit, das heißt die am lichtsignalgeregelten Knotenpunkt zum Abfließen genutzte Freigabezeit, im Mittel um 1,5 s länger ist, als die signalisierte GRÜN-Zeit.

Bei der Ermittlung der Kapazität an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten können nach *HBS 2015*^{65,66} weitere Einflussgrößen maßgebenden Einfluss auf die Kapazität nehmen, so u.a.:

- bedingt verträgliche Rechts- und Linksabbieger, die querenden Fußgängern den Vorrang gewähren müssen,
- bedingt verträgliche Linksabbieger bei gleichzeitiger Führung des bevorrechtigten entgegenkommenden Kraftfahrzeugverkehrs,
- kurze Aufstellstreifen in den Zufahrten.

Im *HBS 2015* werden zu o. g. Einflussgrößen Berechnungsverfahren angegeben, damit deren Einfluss bei der Berechnung der Kapazität berücksichtigt werden können.

2.2.5 ERMITTLUNG NACH DEM CANADIAN CAPACITY GUIDE (CCG 2008)

Nach *Tepley et al.*⁶⁷ kann für kanadische Verhältnisse eine angepasste Sättigungsverkehrsstärke ($S_{adj.}$: *adjusted saturation flow*) unter Berücksichtigung einer Basissättigungsverkehrsstärke (S_{basic}) und verschiedenen Anpassungsfaktoren ($F_{adj.}$: *individual adjustment factors*) nach Gleichung 2-9 ermittelt werden.

$$S_{adj.} = S_{basic} * f(F_{adj.})$$

mit	$S_{adj.}$	Angepasste Sättigungsverkehrsstärke – adjusted saturation flow, [Fz/h]
	S_{basic}	Basissättigungsverkehrsstärke – basic saturation flow, [Fz/h]
	$F_{adj.}$	Anpassungsfaktoren – individual adjustment factors [-]

Gleichung 2-9: Angepasste Sättigungsverkehrsstärke,
Quelle: *Tepley et al.*⁶⁸

⁵⁹ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015

⁶⁰ FGSV – HBS, Teil L, Richtlinie, 2015

⁶¹ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015, S. S4-15

⁶² Wolferrmann – Intergreen Times Signalised Intersections, Dissertation, TU Darmstadt, 2009

⁶³ Boltze et al. – Der Einfluss von Zwischenzeiten auf die Kapazität von Lichtsignalanlagen, Tagungsband, Heureka, 2011

⁶⁴ Boltze et al. – Der Einfluss von Zwischenzeiten auf die Kapazität von Lichtsignalanlagen, Fachartikel, SVT, Heft 11, 2011, S.714

⁶⁵ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015

⁶⁶ FGSV – HBS, Teil L, Richtlinie, 2015

⁶⁷ Tepley et al. – Canadian Capacity Guide, Richtlinie, 2008

⁶⁸ Ebd., S. 3-31

Auf Grundlage von durchgeführten Erhebungen in den Jahren 2003-2005 sind für neun kanadische Städte Basissättigungsverkehrsstärken (S_{basic} : *basic saturation flow*) für den Geradeausfahrenden und den Linksabbieger an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten ermittelt worden. Die Basissättigungsverkehrsstärken liegen für die einzelnen Städte weitestgehend für lichtsignalgeregelte Knotenpunkte im Stadtzentrum (downtown) als auch für lichtsignalgeregelte Knotenpunkte im Vorstadtbereich (suburban) vor.

Die für die einzelnen Städte ermittelten Basissättigungsverkehrsstärken weichen zum Teil deutlich voneinander ab. Für den Geradeausfahrenden werden hier z. B. für die Vorstadtbereiche der betrachteten Städte Basissättigungsverkehrsstärken im Bereich von 1665 bis 2100 Pkw-E/h angegeben. Für den Linksabbieger liegen die Werte für die Vorstadtbereiche im Bereich von 1525 bis 1975 Pkw-E/h.

Die tabellarisch angegebenen Basissättigungsverkehrsstärken können nach Gleichung 2-9 unter Berücksichtigung verschiedener Anpassungsfaktoren (F_{adj}) an örtliche und verkehrliche Verhältnisse angepasst werden. Folgende Einflussgrößen können dabei u.a. durch Ansatz von Anpassungsfaktoren (F_{adj}) berücksichtigt werden:

- geometrische Randbedingungen,
- Fahrstreifenbreite,
- Längsneigung,
- Abbiegeradius,
- Stauraum in den Zufahrten,
- Fahrstreifenreduktion in den Ausfahrten,
- verkehrliche Beeinträchtigungen durch
 - Haltestellenkaps,
 - Parkplätze,
 - Fußgänger.
- steuerungsbedingte Randbedingungen
 - Länge der Freigabezeit,
 - gesicherte Führung der Linksabbieger,
 - nicht gesicherte Führung der Linksabbieger,
 - nicht gesicherte Führung der Linksabbieger mit bevorrechtigten Fußgängern,
 - Rechtsabbieger mit bevorrechtigten Fußgängern,
 - verschiedene Varianten von Mischfahrstreifen.

*TePLY*⁶⁹ stellt fest, dass bei langen Freigabezeiten von mehr als 50 s die Sättigungsverkehrsstärke wieder abnimmt. Untersuchungen der University of Alberta⁷⁰ zeigen ebenfalls den Effekt abnehmender Sättigungsverkehrsstärke bei langen Freigabezeiten. Im *Canadian Capacity Guide* (*TePLY et al.*⁷¹) ist diese Erkenntnis, wie in Bild 2-4 dargestellt, durch Ansatz eines Anpassungsfaktors berücksichtigt worden. Durch diesen Anpassungsfaktor wird der Einfluss langer Freigabezeiten (>50 s) auf die Sättigungsverkehrsstärke mit einem Abschlag von bis zu 10% angesetzt.

⁶⁹ TePLY – Saturation Flow Signalised Intersection, Fachartikel, Proceeding, 1981

⁷⁰ TePLY et al. – Canadian Capacity Guide, Richtlinie, 2008, S. 3-25

⁷¹ Ebd., S. 3-40

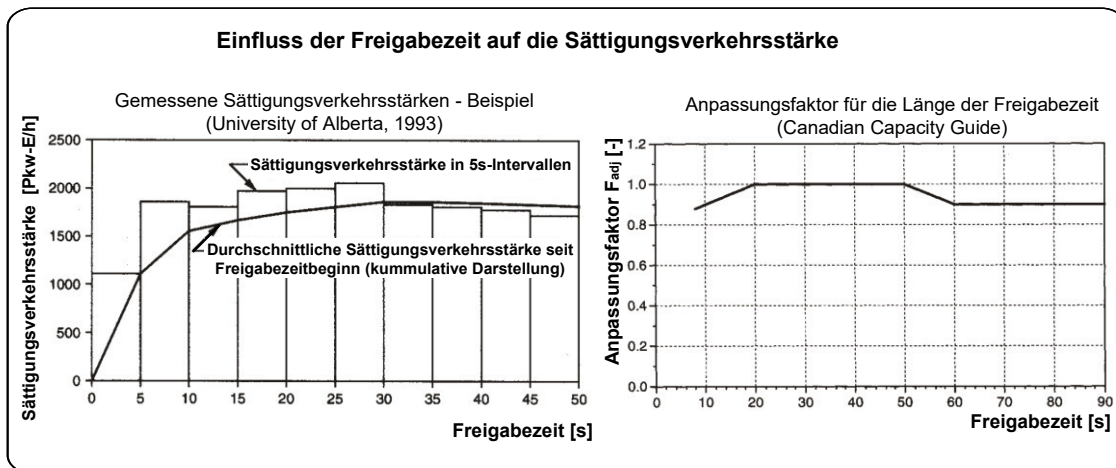


Bild 2-4: Einfluss der Freigabezeit auf die Sättigungsverkehrsstärke, Quelle: Teply et al.⁷²

*Khosla et al.*⁷³ können auf Grundlage vorliegender Ergebnisse einer durchgeführten Erhebung an einzelnen Knotenpunkten in Dallas, den von *Teply*⁷⁴ beschriebenen Effekt der Abnahme der Sättigungsverkehrsstärke bei langen Freigabezeiten, für amerikanische Verhältnisse nicht bestätigen.

2.3 KAPAZITÄT IN ZUFAHRTEN MIT ZUSÄTZLICHEN AUFSTELLSTREIFEN

2.3.1 BERECHNUNGSVERFAHREN NACH HBS 2001

Aufgrund begrenzter Flächenverfügbarkeit kann es vorkommen, dass in lichtsignalgeregelten Zufahrten nur kurze Aufstellstreifen angeordnet werden können. Bei einem kurzen Aufstellstreifen handelt es sich um einen zusätzlichen Fahrstreifen begrenzter Länge, der in einer lichtsignalgeregelten Zufahrt von einem durchgehenden Fahrstreifen abzweigt (vgl. Bild 2-5).

Nach *Schnabel*⁷⁵ kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei kurzen Aufstellstreifen um Fahrstreifen mit 1 bis 5 Aufstellplätzen handelt.

Wenn der mögliche Abfluss je Umlauf größer ist als die Anzahl der Aufstellplätze auf dem kurzen Aufstellstreifen, kann dieser Fahrstreifen aufgrund seiner begrenzten Länge nicht seine volle Kapazität (Kapazität vergleichbar mit der eines unendlich langen Fahrstreifens) erreichen. Dieser Umstand wirkt sich mindernd auf die Kapazität in der lichtsignalgeregelten Zufahrt aus.

Im *HBS 2001*⁷⁶ wird ein Berechnungsverfahren zur Berechnung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen angegeben. Das Berechnungsverfahren kann für zweistreifige lichtsignalgeregelte Zufahrten mit einem durchgehenden und einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen angewendet werden. Die Anwendung des Berechnungsverfahrens ist beschränkt auf die in Bild 2-5 dargestellten Anwendungsformen. Das Berechnungsverfahren kann nicht für lichtsignalgeregelte Zufahrten mit mehr als einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen angewendet werden.

⁷² Teply et al. – Canadian Capacity Guide, Richtlinie, 2008, S. 3-25 und S. 3-40

⁷³ Khosla et al. – Saturation Flow at Signalized Intersection during Longer Green Time, Fachartikel, TRR, 2006

⁷⁴ Teply – Saturation Flow Signalised Intersection, Fachartikel, Proceeding, 1981

⁷⁵ Schnabel et al. – Kapazität kurze Aufstellstreifen, Diskussionsbeitrag mit Stellungnahme, SVT, Heft 11, 2008

⁷⁶ FGSV – HBS, ehem. Richtlinie, Ausg. 2001; Fass. 2009, S. 6-34ff.

Ausbildungsformen von Fahrstreifen mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen nach HBS 2001

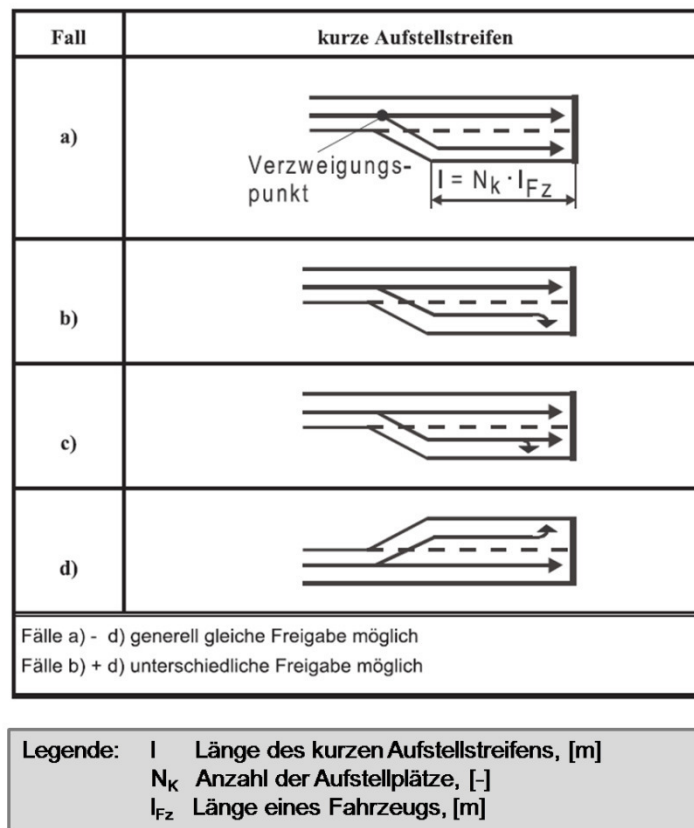


Bild 2-5: Ausbildungsformen von Fahrstreifen mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen nach HBS 2001, Quelle: HBS 2001⁷⁷

Die Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen kann nach *HBS 2001*⁷⁸ näherungsweise nach Gleichung 2-10 für die in Bild 2-5 dargestellten Ausbildungsformen berechnet werden.

Bei der Berechnung der Kapazität nach Gleichung 2-10 wird in Abhängigkeit von der realisierten Lichtsignalsteuerung zwischen den folgenden beiden Anwendungsfällen unterschieden:

- Anwendungsfall I: Gleichzeitige Freigabezeit (GRÜN-Zeit) der Verkehrsströme auf dem durchgehenden Fahrstreifen und dem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen,
- Anwendungsfall II: Nicht gleichzeitige Freigabezeit (GRÜN-Zeit) der Verkehrsströme auf dem durchgehenden Fahrstreifen und dem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen.

⁷⁷ FGSV – HBS, ehem. Richtlinie, Ausg. 2001; Fass. 2009, S. 6-34

⁷⁸ Ebd., S. 6-34ff.

Voraussetzung für die Anwendung des Berechnungsverfahrens:

Vorliegen eines „zusätzlichen kurzen Aufstellstreifens“ mit $t_F / t_B > N_K$

Anwendungsfall I – gleichzeitige Freigabezeit:

$$\text{für } q_1 \geq q_2 : C = C_1 + C_2 = f * q_{S1} + N_K * U$$

$$\text{für } q_1 < q_2 : C = C_1 + C_2 = N_K * U + f * q_{S2}$$

Anwendungsfall II – nicht gleichzeitige Freigabezeit:

$$C = C_1 + C_2 = 2 * N_K * U$$

mit	C	Gesamtkapazität des durchgehenden Fahrstreifens und dem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen, [Fz/h]
	C ₁	Kapazität des durchgehenden Fahrstreifens, [Fz/h]
	C ₂	Kapazität des zusätzlichen kurzen Aufstellstreifens, [Fz/h]
	q ₁	Verkehrsstärke auf dem durchgehenden Fahrstreifen, [Fz/h]
	q ₂	Verkehrsstärke auf dem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen, [Fz/h]
	q _{S1}	Sättigungsverkehrsstärke des durchgehenden Fahrstreifens, [Fz/h]
	q _{S2}	Sättigungsverkehrsstärke des zusätzlichen kurzen Aufstellstreifens, [Fz/h]
	f	Freigabezeitanteil (t_F / t_U), [-]
	t _F	Freigabezeit, [s]
	t _U	Umlaufzeit, [s]
	U	Anzahl der Umläufe pro Stunde, [-]
	N _K	Anzahl der Aufstellplätze, [-]
	t _B	Zeitbedarfswert, [s/Fz]

Gleichung 2-10: Kapazität durchgehender Fahrstreifen mit zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen, Quelle: in Anlehnung an HBS 2001⁷⁹

Wu ⁸⁰ führt zu dem Berechnungsverfahren nach *HBS 2001* (siehe Gleichung 2-10) an, dass mit dem Verfahren zwar auf einfache Weise aber nur unrealistische Ergebnisse erzielt werden können. Er bezeichnet das Verfahren umgangssprachlich als „*ziemlich ungenau und manchmal auch unplausibel*“.

In dem Berechnungsverfahren werden bei der Berechnung der Kapazität u. a. die Verkehrsstärkeanteile der Verkehrsströme auf dem durchgehenden Fahrstreifen und dem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen nicht berücksichtigt (weder bei Anwendungsfall I noch bei Anwendungsfall II), obwohl die Verkehrsstärkeanteile maßgeblichen Einfluss auf die Kapazität nehmen.

Das Berechnungsverfahren nach *HBS 2001* erfüllt die in Bild 2-6 von Wu ⁸¹ zusammengefassten notwendigen Randbedingungen nur zum Teil. Dies hat zur Konsequenz, dass die berechnete Kapazität besonders bei Grenzbetrachtungen deutlich von der vorhandenen Kapazität abweichen kann (vgl. auch die Ausführungen in Unterabschnitt 1.2.2).

⁷⁹ FGSV – HBS, ehem. Richtlinie, Ausg. 2001; Fass. 2009, S. 6-34ff.

⁸⁰ Wu – Kapazität kurze Aufstellstreifen, Fachartikel, SVT, Heft 6, 2008, S. 331

⁸¹ Ebd., S. 326, Tabelle 1

Wu⁸² belegt die Ungenauigkeit des Berechnungsverfahrens nach *HBS 2001* anhand ausgewählter Zahlenbeispiele.

Notwendige Randbedingungen der Zufahrtskapazität und deren Erfüllung durch das Berechnungsverfahren nach HBS 2001 (s. Gleichung 2-10)

Lfd-Nr.	Randbedingung	Anwendungsfall I	Anwendungsfall II
1 ^{a)}	$C_1 \leq f \cdot q_{S1}$	erfüllt	nicht erfüllt, $N_K \cdot U$ kann größer als $f \cdot q_{S1}$ sein
2 ^{a)}	$C_1 \leq f \cdot q_{S2}$	nicht erfüllt, $N_K \cdot U$ kann größer als $f \cdot q_{S2}$ sein	nicht erfüllt, $N_K \cdot U$ kann größer als $f \cdot q_{S2}$ sein
3 ^{b)}	$C = f \cdot q_{S2}$ bei $q_1 = 0$	nicht erfüllt, q_1 hat keinen Einfluss auf C	nicht erfüllt, q_1 hat keinen Einfluss auf C
4 ^{b)}	$C = f \cdot q_{S1}$ bei $q_2 = 0$	nicht erfüllt, q_2 hat keinen Einfluss auf C	nicht erfüllt, q_2 hat keinen Einfluss auf C
5 ^{c)}	$C \rightarrow \min(f \cdot q_{S1} \cdot (q_1 + q_2) / q_1, f \cdot q_{S2} \cdot (q_1 + q_2) / q_2)$ bei $N_K \rightarrow \infty$	nicht erfüllt, $C \rightarrow \infty$ bei $N_K \rightarrow \infty$	nicht erfüllt, $C \rightarrow \infty$ bei $N_K \rightarrow \infty$
6 ^{d)}	$C = C_{\text{Misch}}$ bei $N_K = 0$	erfüllt	nicht erfüllt, $C = 0$ bei $N_K = 0$

a) Die Kapazität des Kurzaufstellfahrstreifens ist immer kleiner als die Kapazität eines unendlich langen Fahrstreifens
b) Die Kapazität der Zufahrt ist gleich der Kapazität eines unendlich langen Fahrstreifens, wenn bei einer der beiden Fahrtrichtungen die Belastung gleich null ist
c) Das Verhältnis der Verkehrsbelastungen zwischen den beiden Fahrtrichtungen muss aufrecht erhalten bleiben
d) Die Kapazität der Zufahrt ist gleich der Kapazität eines Mischfahrstreifens für $N_K = 0$

Bild 2-6: Notwendige Randbedingungen der Zufahrtskapazität und deren Erfüllung durch das Berechnungsverfahren nach HBS 2001, Quelle: Wu⁸³, geringfügig modifiziert

2.3.2 BERECHNUNGSVERFAHREN NACH HBS 2015

Mit dem *HBS 2015*^{84,85} erscheint im Jahr 2015 eine grundlegend überarbeitete Version des *HBS 2001*⁸⁶. In dem *HBS 2015*^{87,88} wird u.a. ein neues Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität von Fahrstreifen mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen in lichtsignalgeregelten Zufahrten vorgestellt.

Der Begriff „kurzer Aufstellstreifen“ wird nach *HBS 2015*^{89,90}, wie in Definition 2-6 dargestellt, getrennt für Innerorts- und Außerortsknotenpunkte definiert.

Der in Definition 2-6 aufgeführte 95%- bzw. 90%-Rückstau entspricht der Länge des Rückstaus auf dem Aufstellstreifen, der in 95% bzw. 90% der Umläufe gerade erreicht oder unterschritten wird.

⁸² Schnabel et al. – Kapazität kurze Aufstellstreifen, Diskussionsbeitrag mit Stellungnahme, SVT, Heft 11, 2008, S. 714ff.

⁸³ Wu – Kapazität kurze Aufstellstreifen, Fachartikel, SVT, Heft 6, 2008, S. 326, Tabelle 1

⁸⁴ FGVS – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015, S. S4-27ff.

⁸⁵ FGVS – HBS, Teil L, Richtlinie, 2015, S. L4-15

⁸⁶ FGVS – HBS, ehem. Richtlinie, 2001

⁸⁷ FGVS – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015, S. S4-27ff.

⁸⁸ FGVS – HBS, Teil L, Richtlinie, 2015, S. L4-15

⁸⁹ FGVS – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015, S. S4-27ff.

⁹⁰ FGVS – HBS, Teil L, Richtlinie, 2015, S. L4-15

Ein kurzer Aufstellstreifen ist ein nicht ausreichend langer Aufstellstreifen, der nicht lang genug ist, um den 95%-Rückstau (Innerortsknotenpunkte) bzw. den 90%-Rückstau (Außerortsknotenpunkte) bei Ansatz der Bemessungsverkehrsstärke aufzunehmen.

Ein kurzer Aufstellstreifen wird aus diesem Grund als ein erweiterter Teil des benachbarten durchgehenden Fahrstreifens und somit als ein nicht eigenständiger Fahrstreifen angesehen.

Entsprechend wird die Kombination der beiden Fahrstreifen als „durchgehender Fahrstreifen mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen“ bezeichnet.

Definition 2-6: Kurzer Aufstellstreifen,
Quelle: in Anlehnung an HBS 2015^{91,92}

Das im *HBS 2015* eingeführte Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität von Fahrstreifen mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen in lichtsignalgeregelten Zufahrten basiert auf einem Berechnungsverfahren, dass von *Wu*^{93,94} entwickelt wurde.

Das Anwendungsgebiet dieses Verfahrens beschränkt sich im Wesentlichen auf die in Bild 2-7 dargestellten Ausbildungsformen von Fahrstreifen mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen.

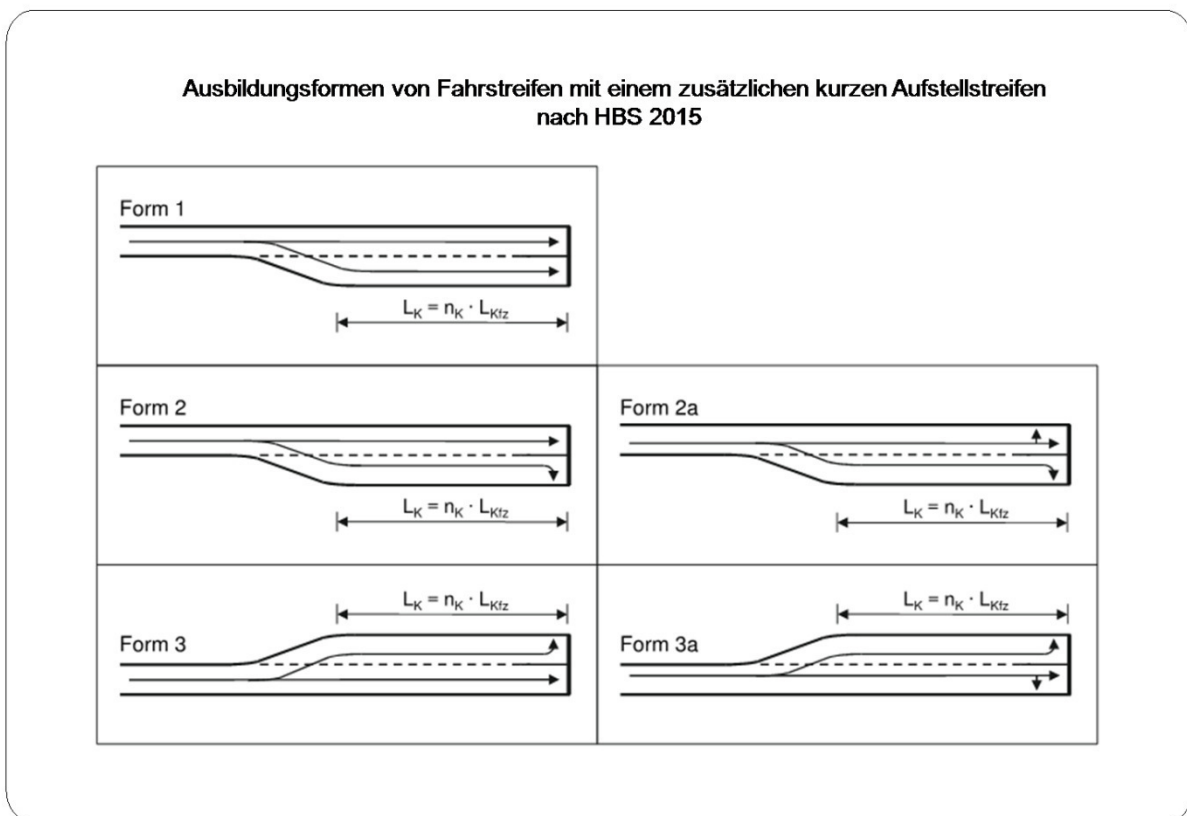


Bild 2-7: Ausbildungsformen von Fahrstreifen mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen nach HBS 2015,
Quelle: HBS 2015⁹⁵

Die mathematische Grundlage des von *Wu* entwickelten Berechnungsverfahrens ist eine Regressionsfunktion in Form einer gebrochenen Wurzelfunktion (siehe Gleichung 1-1).

⁹¹ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015, S. S4-27ff.

⁹² FGSV – HBS, Teil L, Richtlinie, 2015, S. L4-15

⁹³ Wu – Kapazität kurze Aufstellstreifen, Fachartikel, SVT, Heft 6, 2008

⁹⁴ Wu – Capacity signalised intersections with shared short lanes, TRB, 2007

⁹⁵ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015, S. S4-28

Die Regressionsfunktion hat Wu^{96,97} bereits für den Fall „Kapazitätsberechnung von Mischfahrstreifen an nicht signalisierten Knotenpunkten“ angepasst.

Im Rahmen einer durchgeführten Simulationsstudie hat Wu^{98,99} die Regressionsparameter der Regressionsgleichung für den Fall „Kapazitätsberechnung einer lichtsignalgeregelten Zufahrt mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen“ angepasst.

In Abhängigkeit von der geschalteten Freigabezeit des durchgehenden Fahrstreifens und der Freigabezeit des zusätzlichen kurzen Aufstellstreifens in der lichtsignalgeregelten Zufahrt wird zwischen folgenden drei Anwendungsfällen (siehe Bild 2-8) unterschieden:

- Anwendungsfall I: gleichzeitige Freigabe (gF),
- Anwendungsfall II: nicht gleichzeitige Freigabe (keine Überlagerung; ngF),
- Anwendungsfall III: überlappende Freigabe (tgF).

In Bild 2-8 werden die Anwendungsfälle I bis III am Beispiel eines Auszugs aus dem zugehörigen Signalprogramm näher erläutert.

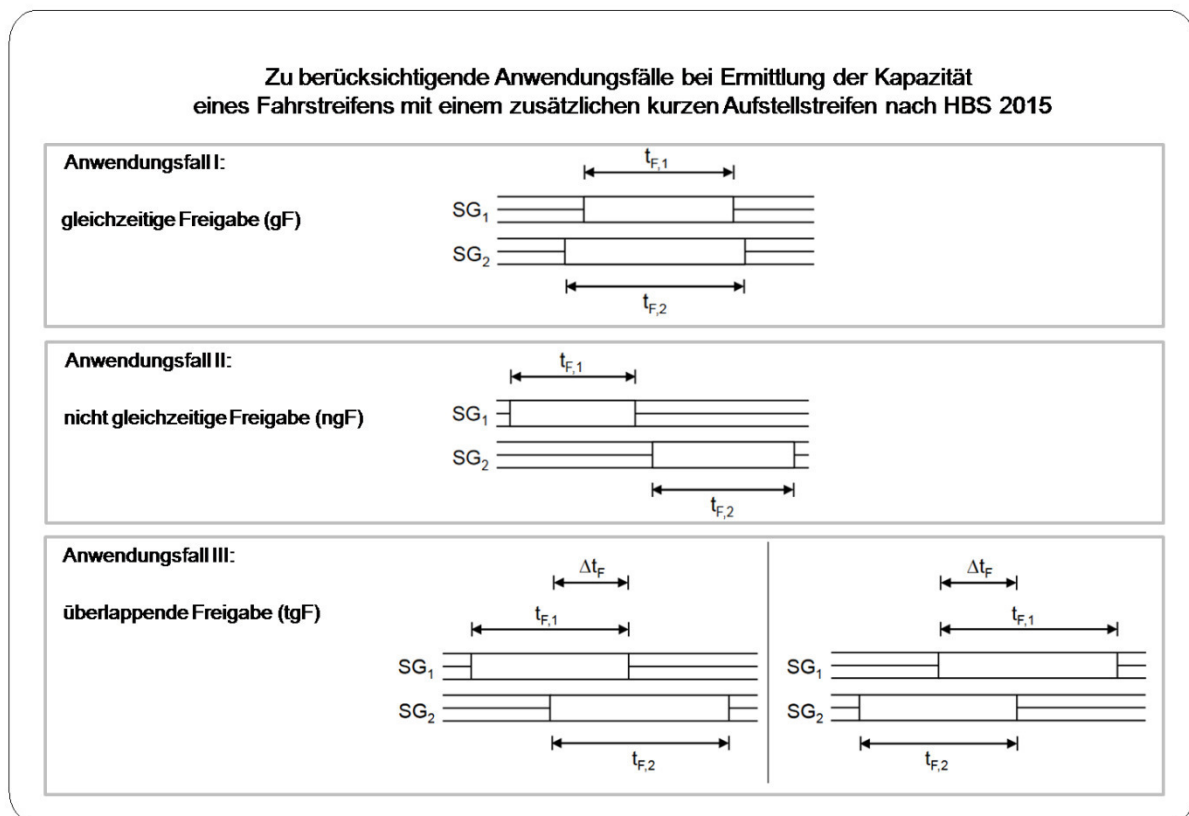


Bild 2-8: Zu berücksichtigende Anwendungsfälle bei Ermittlung der Kapazität eines Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen nach HBS 2015, Quelle: in Anlehnung an HBS 2015¹⁰⁰

Für den Anwendungsfall I kann die Kapazität des Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen nach Gleichung 2-11 berechnet werden. Während für den Anwendungsfall II die Gleichung 2-12 zur Berechnung der Kapazität herangezogen werden kann.

⁹⁶ Wu – Capacity of shared/short lanes at unsignalised intersections, Proceeding, 1997

⁹⁷ Wu – Capacity of shared/short lanes at unsignalised intersections, Elsevier, 1999

⁹⁸ Wu – Kapazität kurze Aufstellstreifen, Fachartikel, SVT, Heft 6, 2008

⁹⁹ Wu – Capacity signalised intersections with shared short lanes, TRB, 2007

¹⁰⁰ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015, S. S4-32ff.

Bei überlappendender Freigabe (Anwendungsfall III) in Anlehnung an Bild 2-8 kann die Kapazität des durchgehenden Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen durch Interpolation berechneter Kapazitäten nach Gleichung 2-11 (Anwendungsfall I – gleichzeitige Freigabe) und Gleichung 2-12 (Anwendungsfall II – nicht gleichzeitige Freigabe) unter Berücksichtigung der vorhandenen Überlappung nach Gleichung 2-13 ermittelt werden.

Anwendungsfall I – gleichzeitige Freigabe; Form 2 und 3:

$$C_{K,gF} = n_{c,gF} * n_U$$

mit

$$n_{c,gF} = \frac{1}{\sqrt[1+n_K/m]{\left(\frac{a_1}{n_{c,1}}\right)^{1+n_K/m} + \left(\frac{a_2}{n_{c,2}}\right)^{1+n_K/m}}}$$

$$m = \left(0,32 * \sqrt{n_{c,1} * n_{c,2}}\right)^{1,22}$$

$$n_{c,1} = \frac{C_1}{n_U} \quad \text{bzw.} \quad n_{c,2} = \frac{C_2}{n_U}$$

$$n_K = \frac{L_K}{L_{Kfz}} \quad \text{mit} \quad L_{Kfz} = 6 * f_{SV}$$

mit	$C_{K,gF}$	Kapazität des Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Fahrstreifen bei gleichzeitiger Freigabe, [Kfz/h]
	$n_{c,gF}$	Maximale Anzahl der in einem Umlauf aus einem Fahrstreifen mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabe abfließenden Fahrzeuge, [Kfz/U]
	a_1, a_2	Verkehrsstärkeanteile der Fahrstreifen 1 und 2 (durchgehender Fahrstreifen mit zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen), [-]
	$n_{c,1}, n_{c,2}$	Maximale Anzahl der in einem Umlauf aus den Fahrstreifen 1 und 2 als getrennte Fahrstreifen mit unendlicher Länge abfließenden Fahrzeuge, [Kfz/U]
	n_K	Anzahl der Aufstellplätze im kurzen Aufstellstreifen, [Kfz]
	m	Rechengröße
	C_1, C_2	Kapazität der Fahrstreifen 1 und 2, wenn sie fiktiv als getrennte Fahrstreifen mit unendlicher Länge behandelt werden, [Kfz/h]
	n_U	Anzahl der Umläufe pro Stunde, [-]
	L_K	Länge des kurzen Aufstellstreifens, [m]
	L_{Kfz}	Mittlere Aufstelllänge eines Fahrzeugs, [m]
	f_{SV}	Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung des Schwerverkehrs, [-]

Gleichung 2-11: Kapazität eines Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen – bei gleichzeitiger Freigabe,
Quelle: HBS 2015¹⁰¹, in Anlehnung an Wu¹⁰²

¹⁰¹ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015, S. S4-27ff und S. S4-73ff.

¹⁰² Wu – Kapazität kurze Aufstellstreifen, Fachartikel, SVT, Heft 6, 2008, S. 329ff.

Anwendungsfall II – nicht gleichzeitige Freigabe / keine Überlagerung; Form 2 und 3:

$$C_{K,ngF} = n_{c,ngF} * n_U$$

mit

$$n_{c,ngF} = \frac{1}{\sqrt[1+n_K/m]{\left(\frac{a_1}{n_{c,1}^*}\right)^{1+n_K/m} + \left(\frac{a_2}{n_{c,2}^*}\right)^{1+n_K/m}}}$$

$$m = \left(0,13 * \sqrt{n_{c,1} * n_{c,2}}\right)^{2,87}$$

$$n_{c,1}^* = \left(\frac{a_1 * a_2}{2 + a_1 * n_K^3} + \frac{1}{n_{c,1}}\right)^{-1} \quad \text{bzw.} \quad n_{c,2}^* = \left(\frac{a_1 * a_2}{2 + a_2 * n_K^3} + \frac{1}{n_{c,2}}\right)^{-1}$$

$$n_{c,1} = \frac{C_1}{n_U} \quad \text{bzw.} \quad n_{c,2} = \frac{C_2}{n_U}$$

$$n_K = \frac{L_K}{L_{Kfz}} \quad \text{mit} \quad L_{Kfz} = 6 * f_{SV}$$

mit	$C_{K,ngF}$	Kapazität des Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Fahrstreifen bei nicht gleichzeitiger Freigabe, [Kfz/h]
	$n_{c,ngF}$	Maximale Anzahl der in einem Umlauf aus einem Fahrstreifen mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen bei nicht gleichzeitiger Freigabe abfließenden Fahrzeuge (keine Überlagerung), [Kfz/U]
	a_1, a_2	Verkehrsstärkeanteile der Fahrstreifen 1 und 2 (durchgehender Fahrstreifen mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen), [-]
	n_{c1}^*, n_{c2}^*	Rechengröße
	n_{c1}, n_{c2}	Maximale Anzahl der in einem Umlauf aus den Fahrstreifen 1 und 2 als getrennte Fahrstreifen mit unendlicher Länge abfließenden Fahrzeuge, [Kfz/U]
	n_K	Anzahl der Aufstellplätze im kurzen Aufstellstreifen, [Kfz]
	m	Rechengröße
	C_1, C_2	Kapazität der Fahrstreifen 1 und 2, wenn sie fiktiv als getrennte Fahrstreifen mit unendlicher Länge behandelt werden, [Kfz/h]
	n_u	Anzahl der Umläufe pro Stunde, [-]
	L_K	Länge des kurzen Aufstellstreifens, [m]
	L_{Kfz}	Mittlere Aufstelllänge eines Fahrzeugs, [m]
	f_{SV}	Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung des Schwerverkehrs, [-]

**Gleichung 2-12: Kapazität eines Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen – bei nicht gleichzeitiger Freigabe (keine Überlagerung),
Quelle: HBS 2015¹⁰³, in Anlehnung an Wu¹⁰⁴**

¹⁰³ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015, S. S4-27ff und S. S4-73ff.

¹⁰⁴ Wu – Kapazität kurze Aufstellstreifen, Fachartikel, SVT, Heft 6, 2008, S. 329ff.

Anwendungsfall III – überlappende Freigabe; Form 2 und 3:

$$C_{K,tgF} = n_{c,tgF} * n_U$$

mit

$$n_{c,tgF} = n_{c,ngF} + (n_{c,gF} - n_{c,ngF}) * \frac{\Delta t_F}{\min(t_{F,1}; t_{F,2})}$$

mit	$C_{K,tgF}$	Kapazität des Fahrstreifens mit zusätzlichen kurzen Fahrstreifen bei überlappender Freigabe, [Kfz/h]
	$n_{c,tgF}$	Maximale Anzahl der in einem Umlauf aus einem Fahrstreifen mit zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen bei überlappender Freigabe abfließenden Fahrzeuge, [Kfz/U]
	n_U	Anzahl der Umläufe pro Stunde, [-]
	$n_{c,gF}$	Maximale Anzahl der in einem Umlauf aus einem Fahrstreifen mit zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabe abfließenden Fahrzeuge (nach Gleichung 2-11), [Kfz/U]
	$n_{c,ngF}$	Maximale Anzahl der in einem Umlauf aus einem Fahrstreifen mit zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen bei nicht gleichzeitiger Freigabe abfließenden Fahrzeuge (nach Gleichung 2-12), [Kfz/U]
	Δt_F	Zeitdauer der Überlappung der beiden Freigabezeiten nach Bild 2-8, [s]
	$t_{F,1}$	Freigabezeit des Fahrstreifen 1, [s]
	$t_{F,2}$	Freigabezeit des Fahrstreifen 2, [s]

Gleichung 2-13: Kapazität eines Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen – bei überlappender Freigabe,
Quelle: HBS 2015¹⁰⁵, in Anlehnung an Wu¹⁰⁶

Die für den Anwendungsfall I und II in Gleichung 2-11 und Gleichung 2-12 angegebenen Gleichungen sind komplex und mathematisch anspruchsvoll. Dies hat die Autoren des *HBS 2015*¹⁰⁷ dazu bewogen, die Gleichungen im Hauptteil des Regelwerks durch Nomogramme zu ersetzen und die Gleichungen nur im Anhang aufzuführen. Hier wird davon ausgegangen, dass der Anwender die Kapazitätsberechnungen auf Grundlage der bereitgestellten Nomogramme durchführt und nicht auf die Gleichungen zurückgreift, die diesen Nomogrammen zugrunde liegen.

*Harders et al.*¹⁰⁸ empfehlen aufgrund der erforderlichen Interpolationsschritte die Verwendung der Nomogramme nur für eine überschlägliche Bemessung zu verwenden.

Für den Anwendungsfall I und II werden im *HBS 2015* insgesamt 36 Nomogramme zur Ermittlung der Kapazität für verschiedene Abbiegeanteile (5, 10, 20, 30, 40 und 50%) und für eine verschiedene Anzahl von Aufstellplätzen in den Aufstellbereichen (1, 3 und 9 Aufstellplätze) bereitgestellt. Da für den konkreten Berechnungsfall in der Regel sowohl der Abbiegeanteil als auch die Anzahl der vorhandenen Aufstellplätze auf dem kurzen Aufstellstreifen, von den Werten abweichen, die in den Nomogrammen angegeben sind,

¹⁰⁵ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015, S. S4-32

¹⁰⁶ Wu – Kapazität kurze Aufstellstreifen, Fachartikel, SVT, Heft 6, 2008, S. 329ff.

¹⁰⁷ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015

¹⁰⁸ Harders et al. – Kommentar zum HBS 2015, Fachartikel, SVT, Heft 11, 2015, S. 744

müssen die Ablesewerte aus den Nomogrammen in bis zu 7 Interpolationsschritten umgerechnet werden, um für den konkreten Fall die Kapazität des Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen zu ermitteln.

Die Ermittlung der Kapazitätswerte auf Grundlage der bereitgestellten Nomogramme kann besonders den ungeübten Anwender überfordern und ist fehleranfällig. Als mögliche Fehlerquellen können hier vor allem Ablesefehler beim Abgreifen der Werte aus den bereitgestellten Nomogrammen und Rechenungenauigkeiten bei den durchzuführenden und z.T. aufeinander aufbauenden Interpolationsschritten genannt werden.

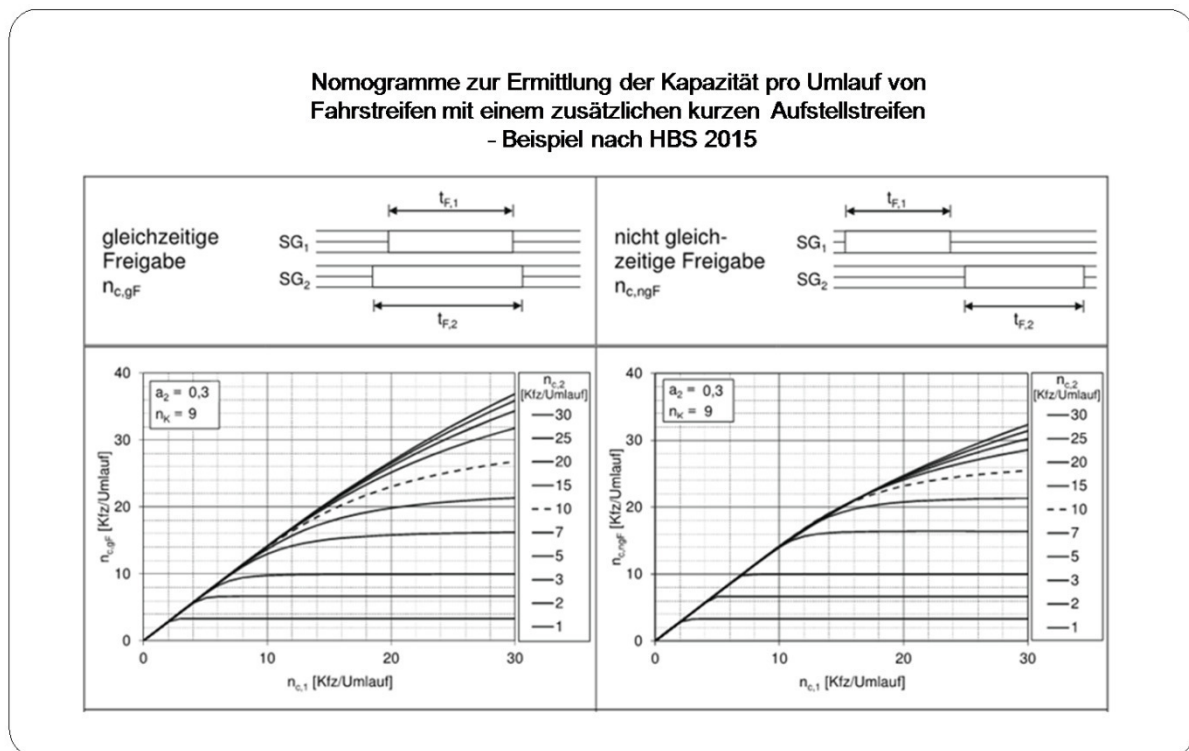


Bild 2-9: Nomogramme zur Ermittlung der Kapazität pro Umlauf von Fahrstreifen mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen – Beispiel nach HBS 2015, Quelle: HBS 2015¹⁰⁹

Die Anwendung des Berechnungsverfahrens zur Ermittlung der Kapazität von Fahrstreifen mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen nach *HBS 2015*¹¹⁰ (vgl. Gleichung 2-11, Gleichung 2-12 und deren Kombination für Anwendungsfall III nach Gleichung 2-13), als auch die Anwendung der bereitgestellten Nomogramme (Beispiel siehe Bild 2-9) zur Berechnung der Kapazität, erfordert vom Praxisanwender zumindest ein gutes mathematisches Verständnis. Hier ist kritisch zu hinterfragen, ob dieses Verständnis und die dazugehörigen Fertigkeiten in der erforderlichen Ausprägung bei den Anwendern des Berechnungsverfahrens in der Praxis vorhanden sind.

¹⁰⁹ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015, Bild S4-14f auf Seite S4-38, auszugsweise

¹¹⁰ Ebd., S. S4-27ff.

2.3.3 BERECHNUNGSVERFAHREN NACH DEM CANADIAN CAPACITY GUIDE (CCG 2008)

Im *Canadian Capacity Guide*¹¹¹ wird der Einfluss von kurzen Aufstellstreifen auf die Kapazität an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten über einen Anpassungsfaktor bei der Ermittlung der Sättigungsverkehrsstärke der Verkehrsströme der Zufahrt berücksichtigt.

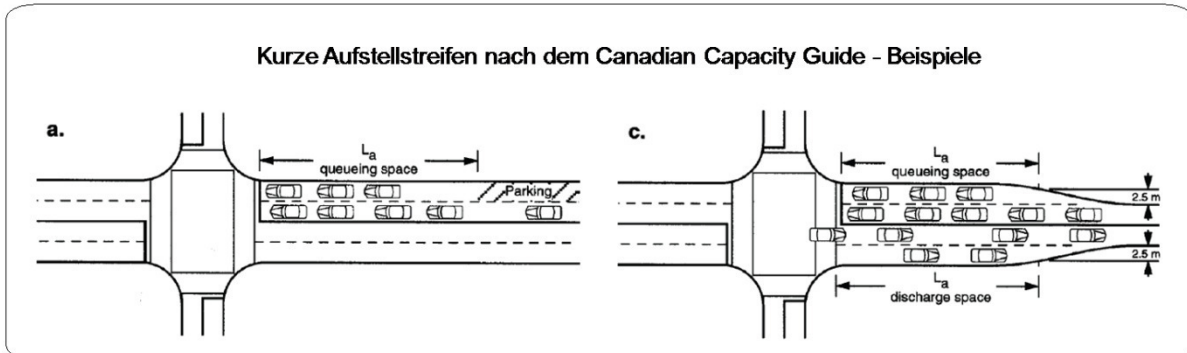


Bild 2-10: Kurze Aufstellstreifen nach dem Canadian Capacity Guide - Beispiele,
Quelle: Teply et al.¹¹²

$$L_r = \frac{S * g_e * L_{pcu}}{3600}$$

für $L_r \leq L_a$: kein Anpassungsfaktor erforderlich

für $L_r > L_a$: Anpassungsfaktor F_{1queue} und F_{2queue} nach folgenden Gleichungen:

$$u_L = \frac{L_a}{L_r}$$

$$F_{1queue} = u_L + r * (1 - u_L)$$

$$F_{2queue} = u_L + (1 - r) * (1 - u_L)$$

mit	L_r	Stauraum zur Aufnahme des möglichen Abflusses während der effektiven Freigabezeit, [m]
	L_a	Vorhandene Stauraumlänge des Aufstellstreifens, [m]
	S	angepasste Sättigungsverkehrsstärke unter Berücksichtigung anderer Anpassungsfaktoren für Fahrstreifenbreite, Längsneigung, etc., [Pkw-E/h]
	g_e	Effektive GRÜN-Zeit, [s]
	L_{pcu}	Stauraumlänge einer Pkw-E, [m/Pkw-E]
	u_L	Verhältniswert, Rechengröße, [-]
	r	Verkehrsstärkeanteil des Aufstellstreifens, [-]
	F_{1queue}	Anpassungsfaktor der Sättigungsverkehrsstärke des Aufstellstreifens, [-]
	F_{2queue}	Anpassungsfaktor der Sättigungsverkehrsstärke des durchgehenden Fahrstreifens, [-]

Gleichung 2-14: Anpassungsfaktoren zur Berücksichtigung von kurzen Aufstellstreifen bei Berechnung der Sättigungsverkehrsstärke,
Quelle: Teply et al.¹¹³

¹¹¹ Teply et al. – Canadian Capacity Guide, Richtlinie, 2008, S. 3-36

¹¹² Ebd., S. 3-36

¹¹³ Ebd., S. 3-36

Die Anpassung über den Anpassungsfaktor erfolgt, wenn in einer lichtsignalgeregelten Zufahrt ein Aufstellstreifen vorhanden ist, dessen Stauraum bzw. Aufstellfläche nicht ausreicht, um den möglichen Abfluss während der Freigabezeit aufzunehmen. Hier wird die effektive Freigabezeit zum Ansatz gebracht, die auch den Anfahrzeitverlust zum Freigabezeitbeginn und den Fahrzeugabfluss nach Beendigung der Freigabezeit während der GELB-Zeit berücksichtigt.

Für den durchgehenden Fahrstreifen und den Aufstellstreifen können bei Führung von Verkehrsströmen in jeweils nur eine Fahrtrichtung (keine Mischfahrstreifen) die Anpassungsfaktoren nach Gleichung 2-14 berechnet werden.

Für die Berechnung von Anpassungsfaktoren bei Mischfahrstreifen wird im CCG 2008 ein eigenes Verfahren angeführt, auf das hier nicht weiter eingegangen wird.

2.3.4 BERECHNUNGSVERFAHREN NACH ZHAO ET AL.

Zhao et al.¹¹⁴ stellen ein Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität für lichtsignalgeregelte Zufahrten (lane groups) mit kurzen Aufstellstreifen (short lanes) vor.

Zhao et al.¹¹⁵ führen an, dass bei bisherigen Berechnungsverfahren nach dem Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010¹¹⁶) der Einfluss von kurzen Aufstellstreifen auf die Kapazität in einer Zufahrt nur durch Ansatz eines Anpassungsfaktors zur Berücksichtigung von Verkehrsstärkeanteilen der Fahrstreifen (adjustment factor for lane utilization (f_{LU}); vgl. Gleichung 2-15) bei der Ermittlung der Sättigungsverkehrsstärke berücksichtigt werden kann. Mit dem entwickelten Berechnungsverfahren nach Zhao et al. soll es dagegen möglich sein, zusätzlich den Effekt von auftretenden Überstauungen und Blockaden (blockages) in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit kurzen Aufstellstreifen bei den Kapazitätsberechnungen zu berücksichtigen.

$f_{LU} = \frac{v_g}{N_e * v_{g1}}$		
mit	f_{LU}	Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung der Verkehrsstärkeanteile der Fahrstreifen einer Zufahrt bei Ermittlung der Sättigungsverkehrsstärke (<i>adjustment factor for lane utilization</i>), [-]
	v_g	Gesamtverkehrsstärke der Zufahrt (<i>demand flow rate for movement group</i>), [Kfz/h]
	v_{g1}	Verkehrsstärke des Fahrstreifens der Zufahrt mit der höchsten Verkehrsbelastung (<i>demand flow rate in the single exclusive lane with the highest flow rate of all exclusive lanes in movement group</i>), [(Kfz/h)/Fs]
	N_e	Anzahl der Fahrstreifen der Zufahrt (<i>number of exclusive lanes in movement group</i>), [Fs].

Gleichung 2-15: Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung der Verkehrsstärkeanteile der Fahrstreifen einer Zufahrt, Quelle: HCM 2010¹¹⁷

¹¹⁴ Zhao et al. – Capacity Model Signalised Intersection – Upstream Short Lane, Elsevier, 2013

¹¹⁵ Ebd.

¹¹⁶ TRB – HCM 2010 – Highway Capacity Manual, Chapter 18 – Signalized Intersections, Richtlinie 2010

¹¹⁷ Ebd., S. 18-15, Gg. 18-4

Das Berechnungsverfahren von *Zhao et al.*¹¹⁸ baut auf einem wahrscheinlichkeitsbasierten Ansatz auf. Im ersten Rechenschritt des Berechnungsverfahrens wird zunächst die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Überstauung bzw. Blockade in der Zufahrt in Abhängigkeit von der Ankunftsverteilung ankommender Fahrzeuge nach Bild 2-11 ermittelt.

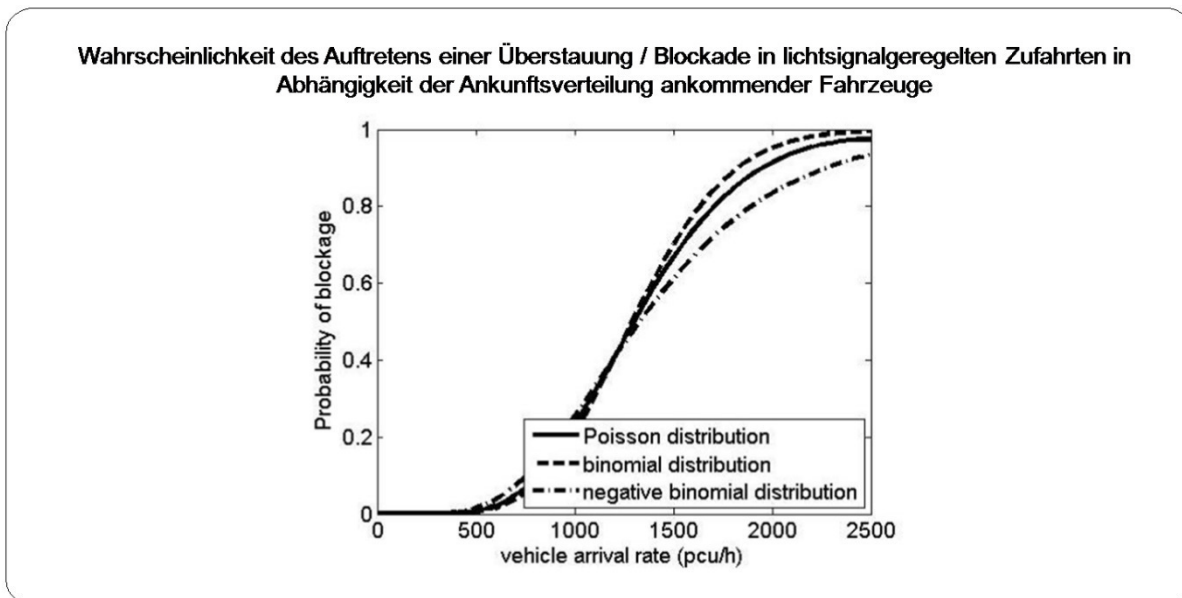


Bild 2-11: Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Überstauung / Blockade in lichtsignalgeregelten Zufahrten in Abhängigkeit der Ankunftsverteilung ankommender Fahrzeuge, Quelle: Zhao et al.¹¹⁹

Darauf aufbauend wird im zweiten Rechenschritt des Berechnungsverfahrens die Kapazität der Zufahrt unter Berücksichtigung der zuvor ermittelten Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Überstauung bzw. einer Blockade nach Gleichung 2-16 berechnet.

$$c = \bar{P} \times c_1 + P \times c_2$$

mit	c	Kapazität der Zufahrt mit kurzen Aufstellstreifen (<i>capacity of lane group with the consideration of short lane</i>), [Kfz/h]
	c_1	Kapazität der Zufahrt ohne Berücksichtigung der Überstauung/Blockade auf den kurzen Aufstellstreifen (<i>capacity of lane group without consideration of queue overflow caused by short lane</i>), [Kfz/h]
	c_2	Kapazität der Zufahrt bei Auftreten einer Überstauung / Blockade (<i>capacity of lane group when blockage occurs</i>), [Kfz/h]
	P	Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der Überstauung / Blockade (<i>probability of queue blockage</i>), [-]
	\bar{P}	Inverse Wahrscheinlichkeit von P mit $\bar{P} = (1 - P)$, [-]

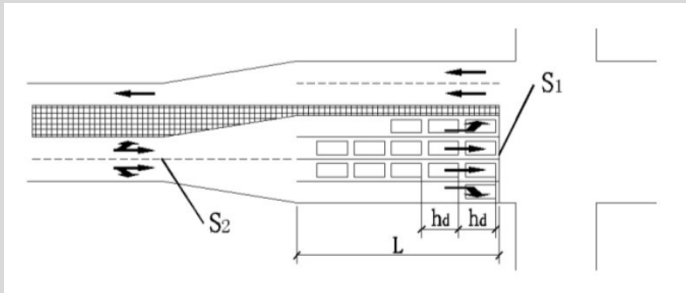
Gleichung 2-16: Ermittlung der Kapazität unter Berücksichtigung der Überstauung/Blockade, Quelle: Zhao et al.¹²⁰

¹¹⁸ Zhao et al. – Capacity Model Signalised Intersection – Upstream Short Lane, Elsevier, 2013

¹¹⁹ Ebd., S. 1749, Bild 2

¹²⁰ Ebd., S. 1749, Bild 2

Die Kapazität c_1 (Kapazität der Zufahrt ohne Berücksichtigung des Auftretens einer Überstauung bzw. einer Blockade auf den kurzen Aufstellstreifen) wird nach Gleichung 2-17 ermittelt.



$$c_1 = \begin{cases} s_1 * \frac{g_e}{C} & \text{für } g_e \leq T_m \\ s_1 * \frac{T_m}{C} + s_2 * \frac{g_e - T_m}{C} & \text{für } g_e > T_m \end{cases} \quad (a)^*$$

$$T_m = \frac{3600 * L}{s_1 * h_d} \quad (b)$$

*) Es wurde davon ausgegangen, dass in Gleichung 2 der Veröffentlichung von Zhao et al. ¹²¹ ein Druckfehler vorliegt. Die Gleichung wurde hier abgeändert, indem die Kapazität c_2 durch c_1 ersetzt wurde.

Legende siehe Bild 2-12

Gleichung 2-17: Ermittlung der Kapazität c_1 – ohne Berücksichtigung der Überstauung/Blockade, Quelle: Zhao et al. ¹²²

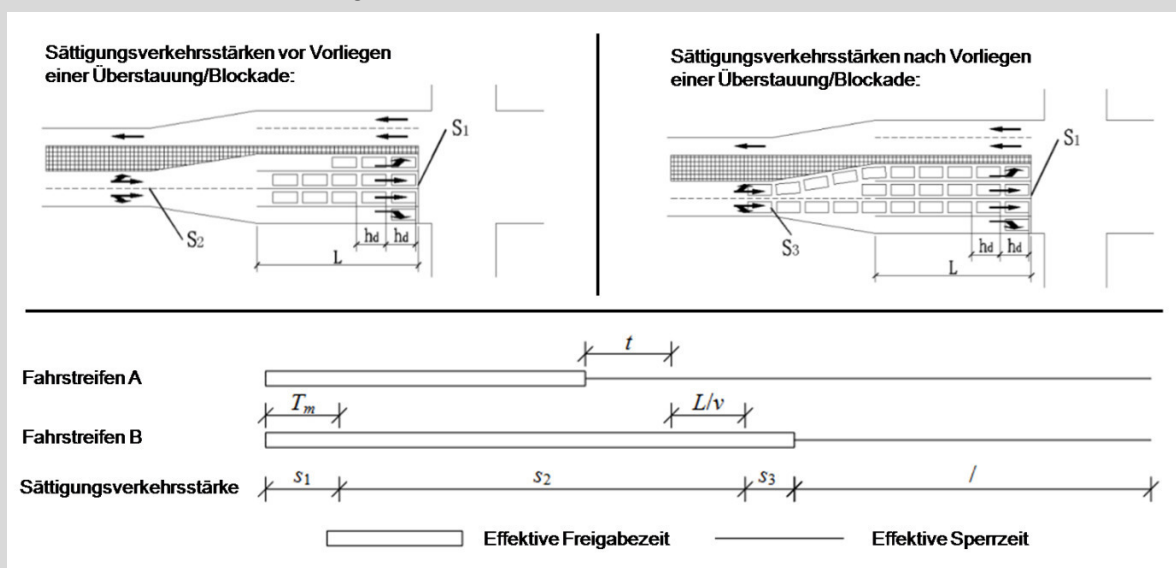
Bei Berechnung der Kapazität c_2 (Kapazität der Zufahrt bei Auftreten einer Überstauung / Blockade) wird eine Fallunterscheidung vorgenommen. In Abhängigkeit von der realisierten Lichtsignalsteuerung wird hier zwischen folgenden Fällen unterschieden:

- Fall 1: nicht gleichzeitige Freigabe I (case 1: movement B follows movement A),
- Fall 2: nicht gleichzeitige Freigabe II (case 2: movement A follows movement B),
- Fall 3: überlappende Freigabe (case 3: both movements fully overlap).

In den weiteren Ausführungen dieses Unterabschnitts wird beispielhaft nur auf Fall 3 (überlappende Freigabe) eingegangen, da dieser Fall den Fall „gleichzeitige Freigabe“ umfasst, der Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist. Auf Fall 1 und 2 wird in den folgenden Ausführungen nicht weiter eingegangen.

¹²¹ Zhao et al. – Capacity Model Signalised Intersection – Upstream Short Lane, Elsevier, 2013, S. 1748, Glg. 2
¹²² Ebd., S. 1748

Fall 3: Überlappende Freigabe (case 3: both movements fully overlap)



$$c_2 = \begin{cases} S_1 * \frac{g_{Be}}{C} & \text{für } g_{Be} \leq T_m \\ S_1 * \frac{T_m}{C} + S_2 * \frac{g_{Be} - \max(g_{Be} - g_{Ae} - t - \frac{L}{v}, 0) - T_m}{C} + 0 & \text{für } g_{Be} > T_m \end{cases} \quad (a)^*$$

$$T_m = \frac{3600 * L}{S_1 * h_d} \quad (b)$$

*) Annahme: $s_3=0$ Kfz/h d. h. Sättigungsverkehrsstärke nach Auftreten der Überstauung/Blockade ist gleich null. Dieser Wert wurde von Zhao et al.¹²³ in der Validierung angesetzt.

Legende siehe Bild 2-12

Gleichung 2-18: Ermittlung der Kapazität c_2 – unter Berücksichtigung der Überstauung/Blockade, Quelle: Zhao et al.¹²⁴

¹²³ Zhao et al. – Capacity Model Signalised Intersection – Upstream Short Lane, Elsevier, 2013, S. 1751, Tab. 3

¹²⁴ Ebd., S. 1751

Legende zu Gleichung 2-17 und Gleichung 2-18:

mit	c_1	Kapazität der Zufahrt ohne Berücksichtigung der Überstauung/Blockade auf dem kurzen Aufstellstreifen (<i>capacity of lane group without consideration of queue overflow caused by short lane</i>), [Kfz/h]
	c_2	Kapazität der Zufahrt mit Berücksichtigung der Überstauung / Blockade (<i>capacity of lane group when blockage occurs</i>), [Kfz/h]
	s_1	Sättigungsverkehrsstärke der Zufahrt am Abflussquerschnitt (<i>saturation flow rate for subject lane group without consideration of short lane</i>), [Kfz/h]
	s_2	Sättigungsverkehrsstärke am Zuflussquerschnitt (<i>maximum arrival rate of the road non widened section</i>), [Kfz/h]
	s_3	Sättigungsverkehrsstärke am Zuflussquerschnitt nach Vorliegen einer Blockade (<i>saturation flow rate when the blockage occurs</i>), [Kfz/h]
	C	Umlaufzeit (<i>cycle length</i>), [s]
	g_e	Effektive Freigabezeit der Zufahrt (effective green time for the lane group), [s]
	g_{Ae}	Effektive Freigabezeit des Fahrstreifens A (effective green time for movement A), [s]
	g_{Be}	Effektive Freigabezeit des Fahrstreifens B (effective green time for movement B), [s]
	h_d	Stauraumbedarf je Kraftfahrzeug (<i>space headway for queuing vehicles</i>), [m/Kfz]
	T_m	Zeit zum Räumen des Aufstellbereichs (<i>maximum queue clearance time</i>), [s]
	L	Länge des kurzen Aufstellstreifens (<i>length of the short lane</i>), [m]
	v	Wunschgeschwindigkeit abfließender Fahrzeuge (<i>desired speed</i>), [m/s]
	t	Zeitraum zwischen dem Ende der effektiven Freigabezeit und des Beginns der Überstauung / Blockade (<i>the time blockage occurs</i>), [s]

Bild 2-12: Legende zu Gleichung 2-17 und Gleichung 2-18,
Quelle: in Anlehnung an Zhao et al.¹²⁵

Das Berechnungsverfahren nach *Zhao et al.*¹²⁶ (u.a. nach Gleichung 2-16, Gleichung 2-17 und Gleichung 2-18) weist verschiedene Schwachstellen auf. Auf ausgewählte Schwachstellen wird im Folgenden beispielhaft eingegangen:

- Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Überstauung bzw. einer Blockade geht als eine zentrale Größe in das Berechnungsverfahren der Kapazität ein (siehe Gleichung 2-16). Verschiedene Einflussgrößen beeinflussen maßgeblich das Auftreten einer Überstauung bzw. einer Blockade in einer lichtsignalgeregelten Zufahrt mit kurzen Aufstellstreifen, so u. a. die Verkehrsstärkeanteile, die Länge der Aufstellstreifen, die Freigabezeiten, die realisierte Lichtsignalsteuerung (gleichzeitige, nicht gleichzeitige oder überlappende Freigabezeit). Von *Zhao et al.*¹²⁷ werden zuvor genannte Einflussgrößen (=wesentliche Einflussgrößen) bei der Ermittlung der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Überstauung bzw. einer Blockade z. T. nicht berücksichtigt. Der in Bild 2-11 ermittelte funktionale Zusammenhang zwischen der Verkehrsstärke am Zuflussquerschnitt der Zufahrt (vehicle arrival rate) und der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Überstauung bzw. einer Blockade (probability of blockage bzw. probability of queue blockage) liegt in der dargestellten Form nicht vor und muss kritisch hinterfragt werden.

¹²⁵ Zhao et al. – Capacity Model Signalised Intersection – Upstream Short Lane, Elsevier, 2013, S. 1747, Tab. 2

¹²⁶ Ebd., S. 1745ff.

¹²⁷ Ebd., S. 1749, Glg. 4, Glg. 5 und Bild 2

- Die Räumzeit T_m ist die Zeit, die im Aufstellbereich mit der Länge L aufgestellte Fahrzeuge zum Räumen der Zufahrt benötigen. Zur Berechnung der Räumzeit T_m geben *Zhao et al.*¹²⁸ die in Gleichung 2-17 (b) bzw. Gleichung 2-18 (b) dargestellte Gleichung an. In dieser Gleichung geht die Sättigungsverkehrsstärke am Abflussquerschnitt (s_1) als maßgebliche Eingangsgröße ein. Die Sättigungsverkehrsstärke s_1 entspricht der Sättigungsverkehrsstärke der gesamten Zufahrt (Zufahrt = durchgehende Fahrstreifen und Aufstellstreifen) und nicht der Sättigungsverkehrsstärke eines einzelnen Fahrstreifens der Zufahrt.

Daraus folgt, dass die mit Gleichung 2-17 (b) bzw. Gleichung 2-18 (b) berechnete Räumzeit einen deutlich kleineren Wert aufweist, als die tatsächlich vorhandene Räumzeit. Die angegebene Gleichung eignet sich in der vorliegenden Form nicht zur Berechnung der Räumzeit T_m .

- Der Zeitraum t vom Ende der effektiven Freigabezeit des einen Fahrstreifens bis zum Auftreten der Blockade bzw. der Überstauung geht als eine zentrale Eingangsgröße in Gleichung 2-18 ein. *Zhao et al.*¹²⁹ stellen keine Gleichung oder Berechnungsverfahren zur Ermittlung des Zeitraums t zur Verfügung. Ohne Angabe eines Verfahrens zur Berechnung des Zeitraums t kann das Berechnungsverfahren in Gleichung 2-18 nicht angewendet werden.

Die beispielhaft dargestellten Schwachstellen des Berechnungsverfahrens nach *Zhao et al.*¹³⁰ verdeutlichen den dringenden Überarbeitungsbedarf des Berechnungsverfahrens und stellen die prinzipielle Eignung des Berechnungsverfahrens in der vorliegenden Form in Frage.

2.3.5 WEITERE INTERNATIONALE QUELLEN

▪ Simulationsbasierte Ansätze zur Ermittlung der Kapazität

*Reynolds et al.*¹³¹ stellen einen simulationsbasierten Ansatz zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen vor. Der entwickelte Simulationsalgorithmus, mit dem u. a. Rückstaueffekte und Blockaden in Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen berücksichtigt werden können, ist in ein mesoskopisches Simulationsprogramm implementiert und exemplarisch angewendet worden. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen entwickelt *Reynolds et al.*¹³² einen weiterführenden Ansatz zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen und setzt diesen in einem makroskopischen Simulationstool um (*Turn Pocket Analysis Simulation Tool*). Die von *Reynolds et al.*¹³³ und *Reynolds et al.*¹³⁴ entwickelten simulationsbasierten Ansätze befassen sich schwerpunktmäßig mit der Implementierung von Algorithmen in vorhandene Simulationsprogramme bzw. der softwaretechnischen Umsetzung neuer Lösungen. In beiden Veröffentlichungen wird kein geschlossener Berechnungsansatz vorgestellt mit dem die Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen manuell berechnet werden kann.

¹²⁸ Zhao et al. – Capacity Model Signalised Intersection – Upstream Short Lane, Elsevier, 2013, S. 1748, Glg. 3

¹²⁹ Ebd., S. 1751

¹³⁰ Ebd., S. 1745ff.

¹³¹ Reynolds et al. – Estimating Service Rates at Signalized Intersection with Short Left-Turn Pockets, TRB, 2010

¹³² Reynolds et al. – Turn Pocket Blockage and Spillback Models, TRB, 2011

¹³³ Reynolds et al. – Estimating Service Rates at Signalized Intersection with Short Left-Turn Pockets, TRB, 2010

¹³⁴ Reynolds et al. – Turn Pocket Blockage and Spillback Models, TRB, 2011

▪ Probabilistische Berechnungsverfahren

In den vergangenen Jahren sind verschiedene probabilistische Ansätze zur Berechnung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen hergeleitet worden. Bei den probabilistischen Ansätzen handelt es sich um wahrscheinlichkeitsbasierte Berechnungsansätze, bei denen die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Ereignissen (u.a. Blockade in einer Zufahrt, definierte Rückstauereignisse, etc.) als zentrale Größe in das jeweilige Berechnungsverfahren eingeht. Die Ermittlung bzw. das Berechnen von Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten von zuvor genannten Ereignissen auf Grundlage von Verteilungsfunktionen diskreter Verteilungen wie z.B. der Binomialverteilung, der Poissonverteilung, der negativen Binomialverteilung, o. ä. ist sehr aufwendig (vgl. u.a. Gleichung 3-7) und i. d.R. nur rechnergestützt möglich.

Die Komplexität der probabilistischen Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen kann am Beispiel der von *Zhang et al.*¹³⁵, *Yin et al.*¹³⁶, *Osei-Asamoah et al.*¹³⁷, *He et al.*¹³⁸, und *Meiqi et al.*¹³⁹ vorgestellten Berechnungsverfahren verdeutlicht werden. Die vorgestellten probabilistischen Berechnungsverfahren sind in der vorliegenden Form nicht oder nur bedingt geeignet, um in ein analytisches Berechnungsverfahren überführt bzw. in einem analytischen Berechnungsverfahren eingebunden werden zu können.

▪ Weitere Literaturquellen

Im Rahmen der Literaturrecherche wurden weitere internationale Literaturquellen dahingehend untersucht, ob ein analytisches Berechnungsverfahren zur Berücksichtigung von Fahrstreifen mit zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen bei der Ermittlung der Sättigungsverkehrsstärke oder der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten zur Anwendung kommt bzw. ob ein derartiges Verfahren entwickelt wurde.

Weder das *HCM 2000*¹⁴⁰, das *HCM 2010*¹⁴¹ noch andere untersuchte Quellen aus verschiedenen englisch- und deutschsprachigen Ländern enthalten ein derartiges Berechnungsverfahren.

Bei der Sichtung von wissenschaftlichen Veröffentlichungen (Journals, Proceedings, etc.), Fachzeitschriften und bei einer umfassenden Internetrecherche konnten keine weiteren Quellen identifiziert werden.

In Veröffentlichungen wie z. B. *Denney et al.*¹⁴² wird zwar der Einfluss von Aufstellstreifen auf die Kapazität von lichtsignalgeregelten Knotenpunkten auf Grundlage untersuchter Fallbeispiele verbal beschrieben, jedoch werden keine allgemeingültigen Aussagen bzw. ein Berechnungsverfahren zur Quantifizierung dieses Einflusses angegeben.

Auch eine umfassende Untersuchung von *Boltze et al.*¹⁴³, in der Forschungstätigkeiten und Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Lichtsignalsteuerung in Deutschland, dem benachbarten europäischen Ausland, den USA und Japan ab 1990 untersucht werden, gibt keine Hinweise auf ein derartiges Berechnungsverfahren.

¹³⁵ Zhang et al. – Capacity at Signalized Intersection with Short Left-Turn Bay, TRB, 2008

¹³⁶ Yin et al. – Protected plus Permitted Left-Turn Capacity at Signalized Intersection, TRB, 2010

¹³⁷ Osei-Asamoah et al. – Impact of Left-Turn Spillover on Through Movement Discharge, TRB, 2011

¹³⁸ He et al. – Probabilistic Capacity Model at Signalized Intersection with Left-Turn Short-Lane, TRB, 2014

¹³⁹ Meiqi et al. – Probabilistic Model of Capacity at Signalized Intersection with a Left-Turn Short Lane, TRB, 2017

¹⁴⁰ TRB – HCM 2000 -Highway Capacity Manual, Chapter 16-Signalized Intersections, Richtlinie, 2000

¹⁴¹ TRB – HCM 2010 -Highway Capacity Manual, Chapter 18-Signalized Intersections, Richtlinie, 2010

¹⁴² Denney et al. – Long Green Times and Cycles, Fachartikel, TRR, 2009

¹⁴³ Boltze et al. – Neue Forschungserkenntnisse Lichtsignalsteuerung, BAST, Heft V149, 2006

2.4 ZUSAMMENFASSUNG

Das *HBS 2001*¹⁴⁴, das *HBS 2015*^{145,146} als auch der *CCG 2008*¹⁴⁷ enthalten Verfahren zur Berechnung der Sättigungsverkehrsstärke und der Kapazität an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten. Die drei Regelwerke weisen zum Teil grundlegende Gemeinsamkeiten auf, unterscheiden sich in anderen Aspekten aber deutlich voneinander.

Die drei Regelwerke beinhalten je ein Verfahren zur Berechnung der Sättigungsverkehrsstärke an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten. Die Verfahren basieren auf einem Grundwert der Sättigungsverkehrsstärke, der durch Anpassungsfaktoren an örtliche Verhältnisse bzw. die konkreten Bedingungen angepasst werden kann.

Im *HBS 2001* und *HBS 2015* kann durch Ansatz von Anpassungsfaktoren der Grundwert der Sättigungsverkehrsstärke für eine begrenzte Anzahl von Einflussgrößen (u.a. dem Schwerverkehrsanteil, die Fahrstreifenbreite, dem Abbiegeradius, die Fahrbahnlängsneigung und dem Fußgängerverkehr (nur *HBS 2001*)) angepasst werden. Während andere Einflussgrößen, die z. B. den Verkehrsablauf oder die Verkehrsaufteilung am lichtsignalgeregelten Knotenpunkt betreffen, durch bereitgestellte Berechnungsverfahren bei der Ermittlung der Kapazität berücksichtigt werden können. Hier können beispielhaft folgende Einflussgrößen genannt werden:

- bedingt verträglich abfließende Verkehrsströme,
- in Längsrichtung geführter Fuß- und Radverkehr (nur *HBS 2015*),
- Verkehrsaufteilung auf Fahrstreifen einer Zufahrt,
- Mischfahrstreifen,
- Fahrstreifen mit kurzem Aufstellstreifen.

Im *CCG 2008* werden im Gegensatz zum *HBS 2001* und *HBS 2015* deutlich mehr Einflussgrößen über den Ansatz von Anpassungsfaktoren bei der Anpassung der Sättigungsverkehrsstärke berücksichtigt (siehe Auflistung in Unterabschnitt 2.2.5) und fließen so indirekt über die angepasste Sättigungsverkehrsstärke in die Kapazitätsberechnung ein.

Selbst der Einfluss von zusätzlichen Aufstellstreifen in lichtsignalgeregelten Knotenpunktarmen auf die Kapazität fließt über einen Anpassungsfaktor, der bei der Anpassung des Grundwerts der Sättigungsverkehrsstärke zum Ansatz kommt, indirekt in die Kapazitätsberechnung ein.

Im *HBS 2001* und *HBS 2015* werden dagegen Berechnungsverfahren angegeben mit denen die Kapazität in Zufahrten mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen berechnet werden kann. Das Berechnungsverfahren nach *HBS 2001* zeichnet sich durch einfache lineare Berechnungsansätze aus, deren Berechnungsergebnisse bei bestimmten Randbedingungen im Vergleich zur tatsächlichen Kapazität z.T. deutliche Abweichungen aufweisen können. Das Berechnungsverfahren nach *HBS 2015* weist im direkten Vergleich genauere Berechnungsergebnisse auf. Der verwendete Berechnungsansatz in Form einer gebrochenen Wurzelfunktion wird aufgrund der Komplexität nur im Anhang des Regelwerks aufgeführt, während dieser im Hauptteil durch Nomogramme ersetzt wird.

¹⁴⁴ FGSV – HBS, ehem. Richtlinie, 2001

¹⁴⁵ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015

¹⁴⁶ FGSV – HBS, Teil L, Richtlinie, 2015

¹⁴⁷ Teply et al. – Canadian Capacity Guide, Richtlinie, 2008

Weitere anwendungstaugliche Berechnungsverfahren, die zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen angewendet werden können, konnten im Rahmen der Literaturanalyse nicht ermittelt werden.

Ein von *Zhao et al.*¹⁴⁸ entwickeltes Berechnungsverfahren ist unvollständig und fehlerbehaftet. Die Anwendung des Berechnungsverfahrens nach *Zhao et al.* zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen kann daher nicht empfohlen werden.

Ermittelte simulationsbasierte Ansätze können nur in Verbindung mit der Anwendung mesoskopischer oder makroskopischer Simulationprogramme / -tools angewendet werden.

Vorhandene probabilistische Ansätze eignen sich in der vorliegenden Form nicht oder nur bedingt, um in ein analytisches Berechnungsverfahren überführt bzw. in ein solches eingebunden werden zu können.

Im *HBS 2015* kommt mit der Abflusszeit ($t_{A,i}$) in Deutschland erstmals eine effektive Freigabezeit bei Kapazitätsberechnungen zum Ansatz. Mit Einführung der Abflusszeit wird das Prinzip der effektiven Freigabezeit, das im englischsprachigen Raum im Regelfall verwendet wird (u.a. im *CCG 2008*), für Deutschland in angepasster Form übernommen.

*Schnabel et al.*¹⁴⁹ bestätigen in einer durchgeführten Erhebung in Dresden, den einfachen linearen Zusammenhang zwischen Zeitbedarf von abfließenden Fahrzeugen in lichtsignalgeregelten Zufahrten und dem Zeitbedarfswert. Im Wesentlichen werden hier Ergebnisse bestätigt, die auf *Greenshields et al.*¹⁵⁰ zurückgeführt werden können.

¹⁴⁸ Zhao et al. – Capacity Model Signalised Intersection – Upstream Short Lane, Elsevier, 2013

¹⁴⁹ Schnabel et al. – Sättigungsverkehrsstärken lichtsignalgesteuerte Knotenpunktzufahrten, Fachartikel, SVT, Heft 10, 2005, S. 501-506

¹⁵⁰ Greenshields et al. – Traffic Performance at Urban Street Intersections, Report, 1947

3 VORÜBERLEGUNGEN – HERLEITUNG BERECHNUNGSVERFAHREN

3.1 KAPAZITÄT AN LICHTSIGNALGEREGELTEN KNOTENPUNKTEN

Lichtsignalgeregelte Knotenpunkte, wie z.B. Einmündungen und Kreuzungen, können drei oder mehrere Zufahrten haben. Die Kapazität eines lichtsignalgeregelten Knotenpunktes entspricht dabei der Summe der Kapazitäten der einzelnen Knotenpunktzufahrten, wie in Gleichung 3-1 dargestellt.

$$C_{Knpkt} = C_{Zuf\ 1} + C_{Zuf\ 2} + \dots + C_{Zuf\ i}$$

mit	C_{Knpkt}	Kapazität des Knotenpunktes, [Kfz/h]
	$C_{Zuf\ i}$	Kapazität der Knotenpunktzufahrt i, [Kfz/h]

Gleichung 3-1: Kapazität eines lichtsignalgeregelten Knotenpunktes,
Quelle: Eigene Darstellung

Die Kapazität entspricht dabei der Anzahl der Kraftfahrzeuge, die bei rückgestautem Zustand am lichtsignalgeregelten Knotenpunkt abfließen können.

3.2 KAPAZITÄT IN LICHTSIGNALGEREGELTEN ZUFAHRTEN

Die Kapazität einer lichtsignalgeregelten Zufahrt kann, wie in Gleichung 3-2 dargestellt, auf den einzelnen Umlauf heruntergebrochen werden.

$$C_{Zuf\ i, Uml.} = \frac{C_{Zuf\ i}}{n_U}$$

mit

$$n_U = \frac{3600}{t_U}$$

mit	$C_{Zuf\ i, Uml.}$	Kapazität der Knotenpunktzufahrt i pro Umlauf, [Kfz/U]
	$C_{Zuf\ i}$	Kapazität der Knotenpunktzufahrt i, [Kfz/h]
	n_U	Anzahl der Umläufe pro Stunde, [U/h]
	t_U	Umlaufzeit, [s/U]

Gleichung 3-2: Kapazität einer lichtsignalgeregelten Zufahrt pro Umlauf,
Quelle: Eigene Darstellung

Dabei setzt sich die Kapazität der lichtsignalgeregelten Zufahrt aus den Kapazitäten der einzelnen Fahrstreifen und somit dem Fahrzeugabfluss aus den Fahrstreifen der Zufahrt zusammen, wie in Gleichung 3-3 dargestellt ist.

$$C_{Zuf\ i, Uml.} = C_{Zuf\ i, Uml, Fs1} + C_{Zuf\ i, Uml, Fs2} + \dots + C_{Zuf\ i, Uml, Fsk}$$

mit	$C_{Zuf\ i, Uml.}$	Kapazität der Knotenpunktzufahrt i pro Umlauf, [Kfz/U]
	$C_{Zuf\ i, Uml, Fsk}$	Kapazität des Fahrstreifens k in der Knotenpunktzufahrt i pro Umlauf, [Kfz/U]

Gleichung 3-3: Kapazität einer lichtsignalgeregelten Zufahrt pro Umlauf,
Quelle: Eigene Darstellung

Die Signalbildfolge an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten für den Kraftfahrzeugverkehr ist ROT – ROT/GELB – GRÜN – GELB.

Unter der Annahme, dass während der ROT-Zeit (Sperrzeit) keine Fahrzeuge in den Knotenpunkt einfahren, können Fahrzeuge die Haltlinie einer lichtsignalgeregelten Zufahrt während der ROT/GELB-Zeit (Übergangszeit 1), der GRÜN-Zeit (Freigabezeit) und der GELB-Zeit (Übergangszeit 2) passieren.

Entsprechend setzt sich die Kapazität eines Fahrstreifens in einer lichtsignalgeregelten Zufahrt, wie in Gleichung 3-4 dargestellt, aus der Anzahl der Fahrzeuge, die während der Freigabezeit und den beiden Übergangszeiten die Haltlinie passieren, zusammen.

Der in Gleichung 3-4 dargestellten Kapazitätsfunktion liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Die mittlere Anzahl der Fahrzeuge, die bei ROT/GELB abfließen, ist eine Funktion der Freigabezeit und der Länge der Übergangszeit 1 (ROT/GELB-Zeit).
- Die mittlere Anzahl der Fahrzeuge, die bei GRÜN abfließen, hängt von der Länge der Freigabezeit (GRÜN-Zeit) selbst und dem Zeitbedarfswert, der hier als eine Funktion der Zeit dargestellt ist, ab.
- Die Fahrzeuge, die nach Ende der Freigabezeit und somit während der GELB-Zeit abfließen, wird als eine Funktion der Länge der Freigabezeit (GRÜN-Zeit) und der Länge der Übergangszeit 2 (GELB-Zeit) definiert.

$$C_{Zuf\ i, Uml, Fsk} = n_{RG} + n_{Gr} + n_{Ge}$$

mit $n_{RG} = f(t_{Gr}; t_{RG})$

$$n_{Gr} = \frac{t_{Gr}}{t_B(t)}$$

$$n_{Ge} = f(t_{Gr}; t_{Ge})$$

mit	$C_{Zuf\ i, Uml, Fsk}$	Kapazität des Fahrstreifens k in der Knotenpunktzufahrt i pro Umlauf, [Kfz/U]
	n_{RG}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der ROT/GELB-Zeit (Übergangszeit 1), [Kfz/U]
	n_{Gr}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GRÜN-Zeit (Freigabezeit), [Kfz/U]
	n_{Ge}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GELB-Zeit (Übergangszeit 2), [Kfz/U]
	t_{Gr}	GRÜN-Zeit bzw. Freigabezeit, [s]
	t_{RG}	ROT/GELB-Zeit bzw. Übergangszeit 1, [s]
	t_{Ge}	GELB-Zeit bzw. Übergangszeit 2, [s]
	t_B	Zeitbedarfswert, [s/Kfz]

Gleichung 3-4: Kapazität eines Fahrstreifens in einer lichtsignalgeregelten Zufahrt pro Umlauf, Quelle: Eigene Darstellung

3.3 AUSBILDUNGSFORMEN VON ZUFahrTEN MIT ZUSÄTZLICHEN AUFSTELLSTREIFEN

In lichtsignalgeregelten Zufahrten können neben den durchgehenden Fahrstreifen zusätzliche Aufstellstreifen angeordnet sein. Bei einem Aufstellstreifen handelt es sich um einen in einer lichtsignalgeregelten Zufahrt befindlichen zusätzlichen Fahrstreifen, der von einem durchgehenden Fahrstreifen abzweigt. In Aufstellstreifen können sich nach dem Ende der Freigabezeit (GRÜN-Zeit) ankommende Fahrzeuge aufstellen, um während der Freigabezeit (GRÜN-Zeit) in einem der nachfolgenden Umläufe wieder abfließen zu können.

Die Ausbildung von lichtsignalgeregelten Zufahrten hinsichtlich der Anzahl der durchgehenden Fahrstreifen, der Anzahl und Länge der zusätzlichen Aufstellstreifen als auch die Führung der Verkehrsströme kann sehr unterschiedlich sein. In Bild 3-1 sind beispielhaft verschiedene Ausbildungsformen von Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen dargestellt und einer Kategorisierung unterzogen worden.

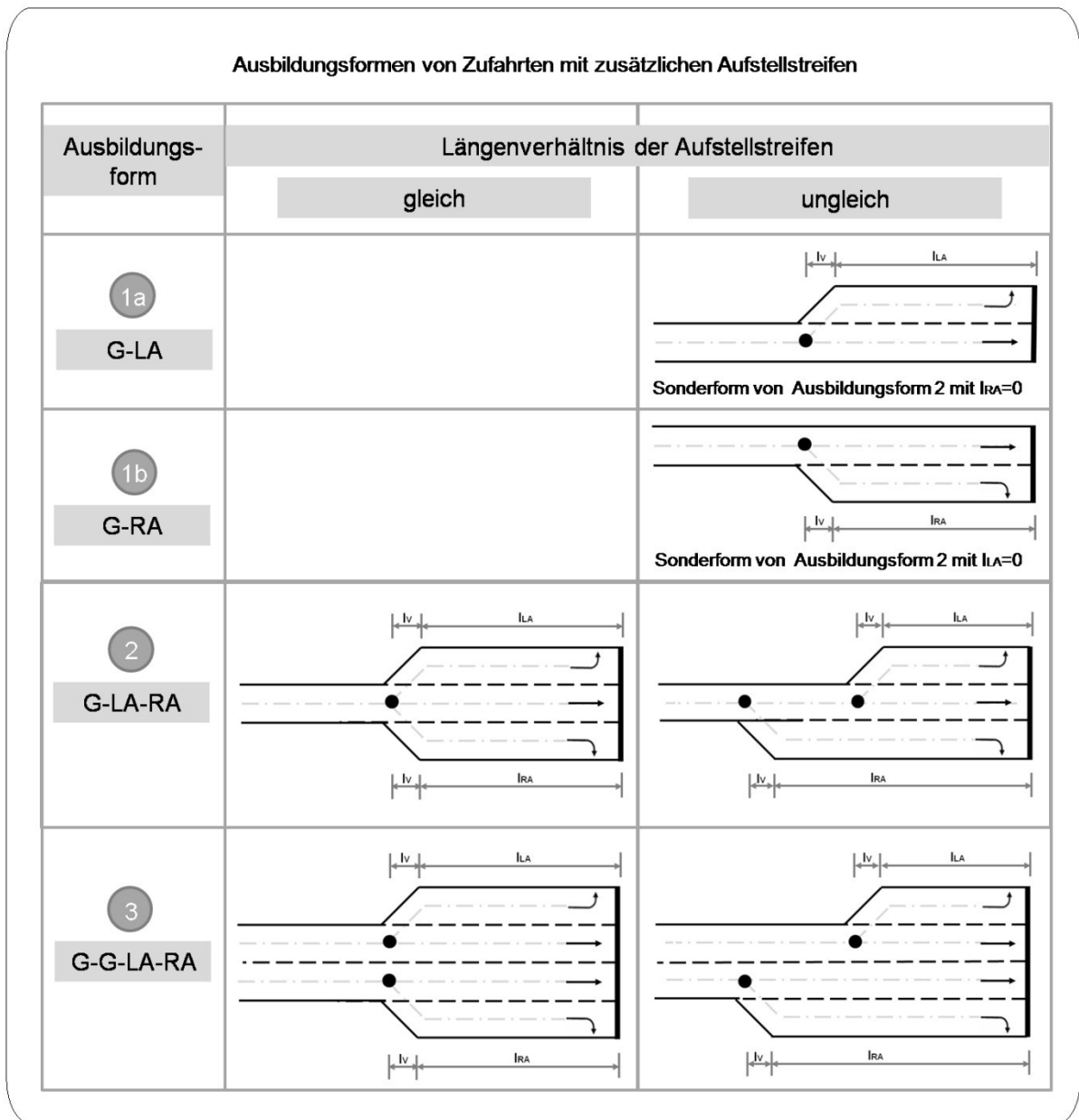


Bild 3-1 Ausbildungsformen von Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung

3.4 SIGNALISIERUNGSFORMEN IN ZUFAHRTEN MIT ZUSÄTZLICHEN AUFSTELLSTREIFEN

Verkehrsströme in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit durchgehenden Fahrstreifen und zusätzlichen Aufstellstreifen können auf verschiedene Art und Weise signalisiert werden.

Prinzipiell kann hier in Abhängigkeit von der Freigabezeit (GRÜN-Zeit) der Verkehrsströme einer Zufahrt, wie in Bild 3-2 dargestellt, zwischen folgenden drei Signalisierungsformen unterschieden werden:

- gleichzeitige Freigabe (gF),
- nicht gleichzeitige Freigabe (ngF),
- überlappende Freigabe (üF).

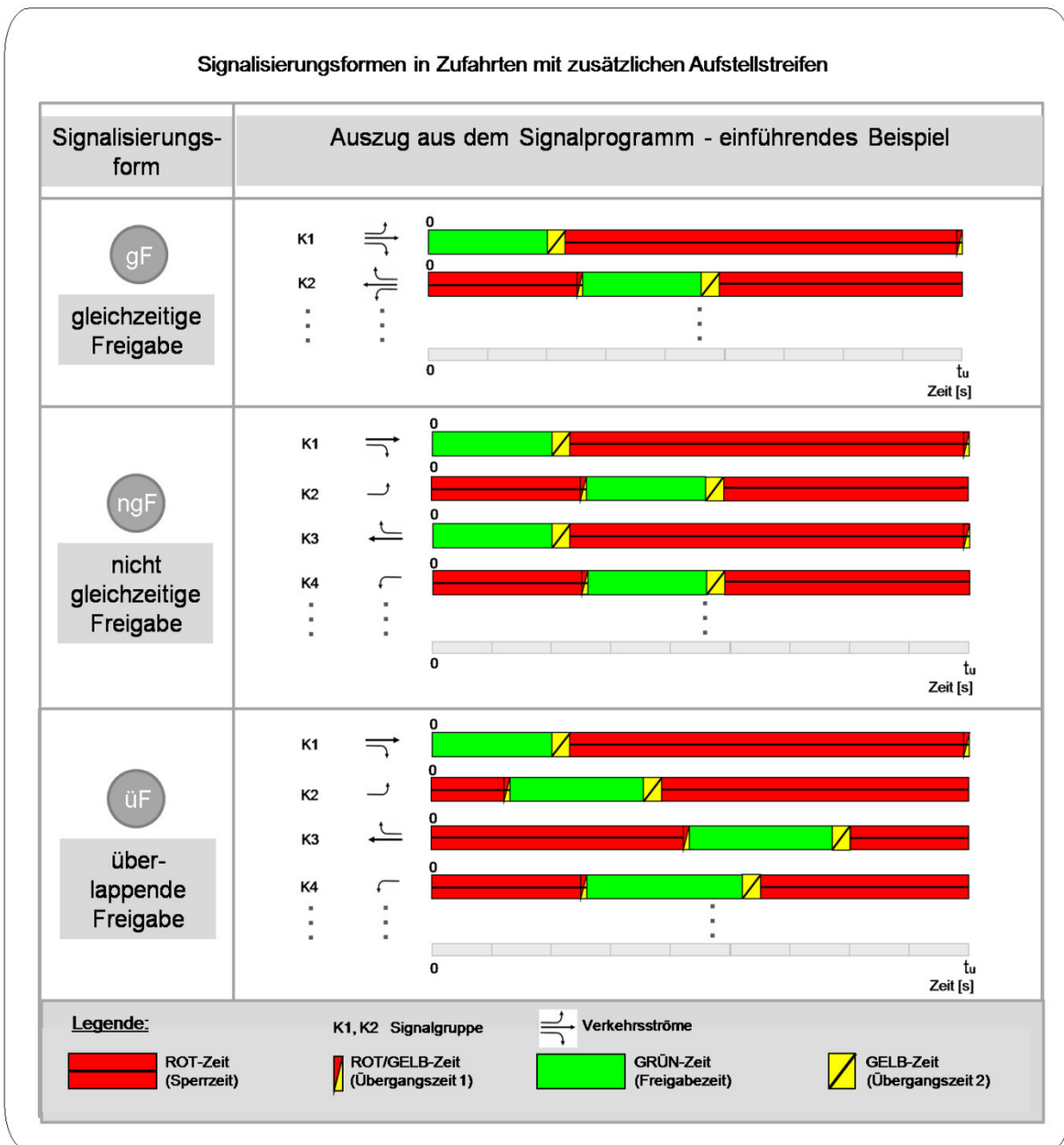


Bild 3-2: Signalisierungsformen in Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung

3.5 VERKEHRSABLAUF IN LICHTSIGNALGEREGELTEN ZUFAHRTEN

3.5.1 REIHENFOLGE ZUFLIESSENDER FAHRZEUGE

In einer lichtsignalgeregelten Zufahrt ankommende Fahrzeuge können sich hinsichtlich Fahrtrichtung und Fahrzeugart unterscheiden.

Bei Betrachtung der Fahrtrichtung kann i. d. R. eine Unterteilung in die folgenden drei Gruppen vorgenommen werden:

- Geradeausfahrende (G),
- Rechtsabbieger (RA),
- Linksabbieger (LA).

Durch Verkehrsstärkeanteile kann der Anteil der nach rechts und links abbiegenden Fahrzeuge in einer Zufahrt angegeben werden. Der Verkehrsstärkeanteil der Geradeausfahrenden kann nach Gleichung 3-5 berechnet werden.

$a_G = 1 - (a_{RA} + a_{LA})$		
mit	a _G	Verkehrsstärkeanteil der Geradeausfahrenden, [-]
	a _{RA}	Verkehrsstärkeanteil der Rechtsabbieger, [-]
	a _{LA}	Verkehrsstärkeanteil der Linksabbieger, [-]

Gleichung 3-5: Verkehrsstärkeanteil / Abbiegeanteil,
Quelle: Eigene Darstellung

Bei Betrachtung der Fahrzeugart kann eine Unterteilung in folgende Arten vorgenommen werden:

- Personenkraftwagen (Pkw),
- Lastkraftwagen (Lkw),
- Busse (Bus),
- Lastzüge/Sattelzüge (Lz/Sz),
- Motorräder (Mot).

Der Schwerverkehrsanteil (SV-Anteil) umfasst dabei den Anteil der Lastkraftwagen, Busse und Lastzüge/Sattelzüge, wie in Gleichung 3-6 dargestellt.

$a_{SV} = a_{Lkw} + a_{Bus} + a_{Lz/Sz}$		
mit	a _{SV}	Schwerverkehrsanteil, [-]
	a _{Lkw}	Anteil von Lastkraftwagen, [-]
	a _{Bus}	Anteil von Bussen, [-]
	a _{Lz/Sz}	Anteil von Lastzügen und Sattelzügen, [-]

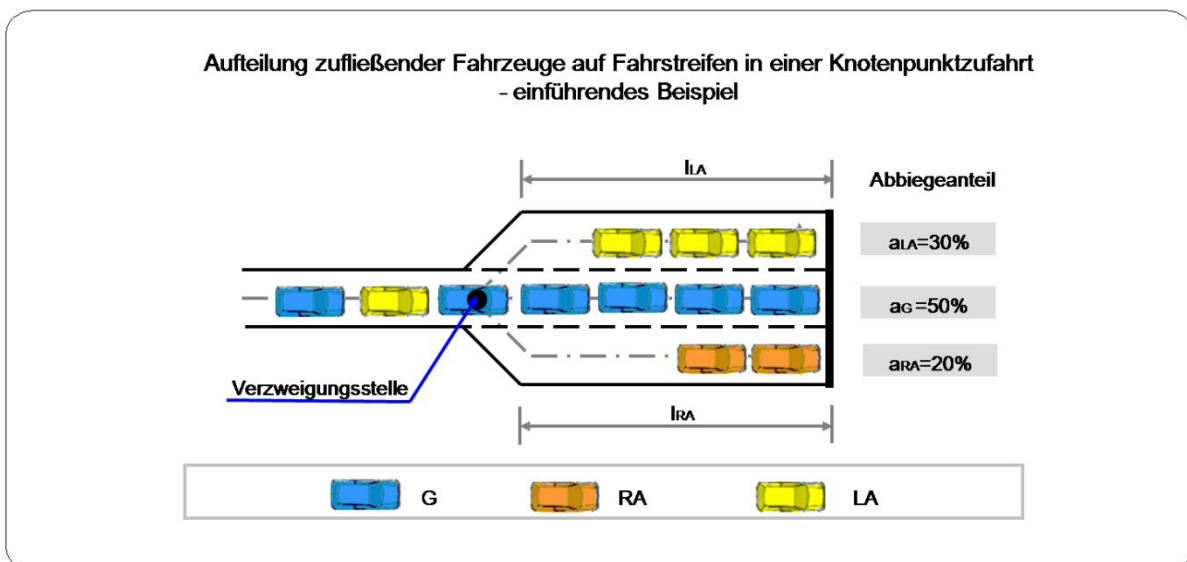
Gleichung 3-6: Schwerverkehrsanteil,
Quelle: Eigene Darstellung

Die Reihenfolge in der Fahrzeuge, bezogen auf deren Fahrtrichtung und Fahrzeugart, am Knotenpunkt ankommen, nimmt maßgebenden Einfluss auf die Verteilung der Verkehrsströme auf die einzelnen Fahrstreifen einer Zufahrt und nach dem Ende der Freigabezeit auf die Anzahl der Fahrzeuge, die sich auf den durchgehenden Fahrstreifen und den zusätzlichen Aufstellstreifen aufstellen, um während einer der darauf folgenden Freigabezeiten wieder abzufließen. Entsprechend muss der Einfluss der Reihenfolge ankommender Fahrzeuge bei der Entwicklung des Berechnungsverfahrens berücksichtigt werden.

Die Reihenfolge, in der die Fahrzeuge, bezogen auf deren Fahrtrichtung und Fahrzeugart, in einer Zufahrt am lichtsignalgeregelten Knotenpunkt ankommen, erfolgt in der Regel zufällig und ist abhängig von den jeweiligen Anteilswerten. Die Anteilswerte stellen dabei die Wahrscheinlichkeit dar, mit der ein zufließendes Fahrzeug einer Fahrtrichtung und einer Fahrzeugart zugeordnet werden kann. Es liegt ein Bernoulli-Experiment vor – „Entnahme von Kugeln aus einer Urne mit Zurücklegen“. Entsprechend kann hier die Binomialverteilung zum Ansatz kommen. Dabei wird unterstellt, dass die Verkehrsbelastung während des „Experiments“ eine konstante Größe ist. Bei Verkehrsbelastungen handelt es sich in der Regel um Verkehrsmengen, die sich auf 15- bzw. 60-minütige Zeitintervalle beziehen.

Wird der Zufluss zu einer Knotenpunktzufahrt betrachtet, so fließen einzelne Fahrzeuge dem Knotenpunkt zeitlich gesehen nacheinander zu – dabei würde rein theoretisch die „Verkehrsbelastung verbraucht“ und es läge ein Experiment „Entnahme von Kugeln aus einer Urne ohne Zurücklegen“ vor und es müsste die Weibullverteilung angesetzt werden.

Dies ist jedoch nicht der Fall, wenn angenommen wird, dass das Bezugsintervall der Verkehrsbelastung sich zeitlich verschiebt und weiter unterstellt wird, dass Fahrzeuge mit den gleichen Eigenschaften, die in der Knotenpunktzufahrt abfließen, aufgrund des wandernden Bezugsintervalls der „Verkehrsbelastung“ wieder zufließen.



**Bild 3-3: Aufteilung zufließender Fahrzeuge auf Fahrstreifen in einer Knotenpunktzufahrt
- einführendes Beispiel,
Quelle: Eigene Darstellung**

In Anlehnung an vorangegangene Ausführungen kann bei der Bestimmung der Fahrtrichtung und der Fahrzeugart zufließender Fahrzeuge ein binomialverteilter Zufluss zugrunde gelegt werden. Die Binomialverteilung selbst kann durch deren Wahrscheinlichkeitsfunktion und Verteilungsfunktion, wie in Gleichung 3-7 dargestellt, beschrieben werden.

In Bild 3-4 ist beispielhaft ein Wahrscheinlichkeitsbaum eines binomialverteilten Zuflusses von geradeausfahrenden, rechts und links abbiegenden Fahrzeugen in einer Knotenpunktzufahrt dargestellt. Beispielhaft wird hier die Wahrscheinlichkeit berechnet, mit der drei Rechtsabbieger (RA) nacheinander in einer Zufahrt eintreffen.

Wahrscheinlichkeitsfunktion:

$$f(x) = P(X = x) = \binom{n}{x} * p^x * q^{n-x}$$

Verteilungsfunktion:

$$F(x) = P(X \leq x) = \sum_{k \leq x} \binom{n}{k} * p^k * q^{n-k}$$

mit X = Anzahl der Versuche, in denen das Ereignis A eintritt

mit	p	Konstante Wahrscheinlichkeit für das Eintreten des Ereignisses A beim Einzelversuch ($0 < p < 1$), [-]
	q	Konstante Wahrscheinlichkeit für das Eintreten des zu A komplementären Ereignisses \bar{A} beim Einzelversuch ($q = 1 - p$), [-]
	n	Anzahl der Ausführungen des Bernoulli-Experiments (Umfang des mehrstufigen Bernoulli-Experiments), [-]

Gleichung 3-7: Wahrscheinlichkeitsfunktion und Verteilungsfunktion der Binomialverteilung, Quelle: Papula¹⁵¹

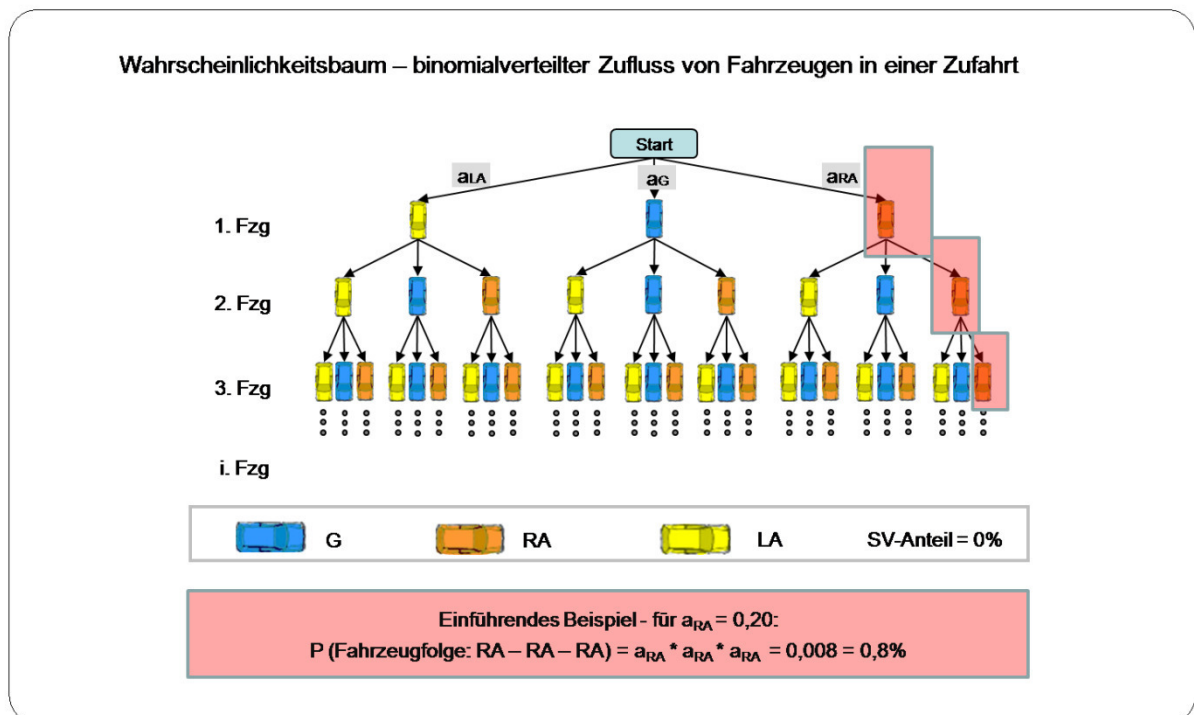


Bild 3-4: Wahrscheinlichkeitsbaum – binomialverteilter Zufluss von Fahrzeugen in einer Zufahrt, Quelle: Eigene Darstellung

Nach Rürger¹⁵² kann mit Hilfe der Binomialverteilung u. a. die Wahrscheinlichkeit der Fahrzeugankünfte von Straßenbahnen berechnet werden.

¹⁵¹ Papula – Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Band 3, Fachbuch, 1999, S. 352

¹⁵² Rürger, S. – Betriebstechnologie städtischer öffentlicher Personennahverkehr, VEB Verlag für Verkehrswesen, 1973

Nach *Schnabel*¹⁵³ kann zur Beschreibung von Ankunftshäufigkeiten von Fahrzeugen die Binomialverteilung zur Anwendung kommen, die unter bestimmten Bedingungen in eine Poissonverteilung oder Gaußverteilung überführt werden kann. *Schnabel*¹⁵⁴ weist u. a. in einem Zahlenbeispiel nach, dass mit der Binomialverteilung und der Poissonverteilung berechnete absolute Häufigkeiten von Fahrzeugankünften keine nennenswerten Unterschiede aufweisen und mit beiden Ankunftsverteilungen annähernd gleiche Ergebnisse erzielt werden können. Aufgrund des vergleichsweise höheren rechentechnischen Aufwands, der mit der Anwendung der Binomialverteilung, im Vergleich zur Poissonverteilung verbunden ist, empfiehlt *Schnabel*¹⁵⁵ von der Anwendung der Binomialverteilung zur Beschreibung von Ankunftshäufigkeiten von Fahrzeugen abzusehen. Hier ist zu berücksichtigen, dass in den 60er Jahren, im Zeitalter, in dem der Taschenrechner erfunden wurde und im Vorzeitalter des Computers, Rechenaufgaben noch weitestgehend händisch gelöst werden mussten und der erforderliche Rechenaufwand ein maßgebliches Kriterium bei der Beurteilung der Anwendbarkeit von Berechnungsverfahren war.

*Glißmeyer*¹⁵⁶ und *Wätjen*¹⁵⁷ empfehlen ebenfalls die Anwendung der Poissonverteilung zur Beschreibung von Ankunftshäufigkeiten von Fahrzeugen zu verwenden.

3.5.2 VERTEILUNG DER VERKEHRSSTRÖME AUF FAHRSTREIFEN

In lichtsignalgeregelten Zufahrten können ein oder mehrere durchgehende Fahrstreifen und zusätzliche Aufstellstreifen angeordnet sein, auf denen die Verkehrsströme geführt werden. In Bild 3-3 ist beispielhaft eine Zufahrt mit einem durchgehenden Geradeausfahrstreifen und je einem zusätzlichen Aufstellstreifen, auf denen die linksabbiegenden und rechtabbiegenden Verkehrsströme geführt werden, dargestellt. Das Verkehrsaufkommen in der Zufahrt verteilt sich in Abhängigkeit von den Verkehrsstärkeanteilen auf die einzelnen Fahrstreifen. Hier ist zu berücksichtigen, dass für Verkehrsströme einer Fahrtrichtung auch mehrere Fahrstreifen zur Verfügung stehen können oder im entgegengesetzten Fall, dass Verkehrsströme mehrerer Fahrtrichtungen auf einem Mischfahrstreifen geführt werden können. Unter Berücksichtigung der Anzahl der Fahrstreifen je Fahrtrichtung und der Aufteilung der Verkehrsströme auf die einzelnen Fahrstreifen können fahrstreifenbezogene Verkehrsstärkeanteile (a_{Fsi}) einer Zufahrt berechnet werden. Für den Fall, dass in der lichtsignalgeregelten Zufahrt ein Fahrstreifen je Fahrtrichtung vorhanden ist (keine Mischfahrstreifen), entspricht der Verkehrsstärkeanteil der Fahrtrichtung (Geradeaus, Rechtsabbieger und Linksabbieger) dem Verkehrsstärkeanteil des jeweiligen Fahrstreifens.

3.5.3 BLOCKADE BEI SIGNALISIERUNGSFORM: „GLEICHZEITIGE FREIGABE“

Der Effekt der **Blockade** kann in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit durchgehenden Fahrstreifen und zusätzlichen Aufstellstreifen bei Anwendung der Signalisierungsform „gleichzeitige Freigabe“ (gF, siehe Bild 3-2) auftreten.

¹⁵³ Schnabel – Theoretische Verteilungsfunktionen, Wiss. Zeitschrift, 1968, S. 333-335

¹⁵⁴ Ebd., S. 333-335

¹⁵⁵ Ebd., S. 333-335

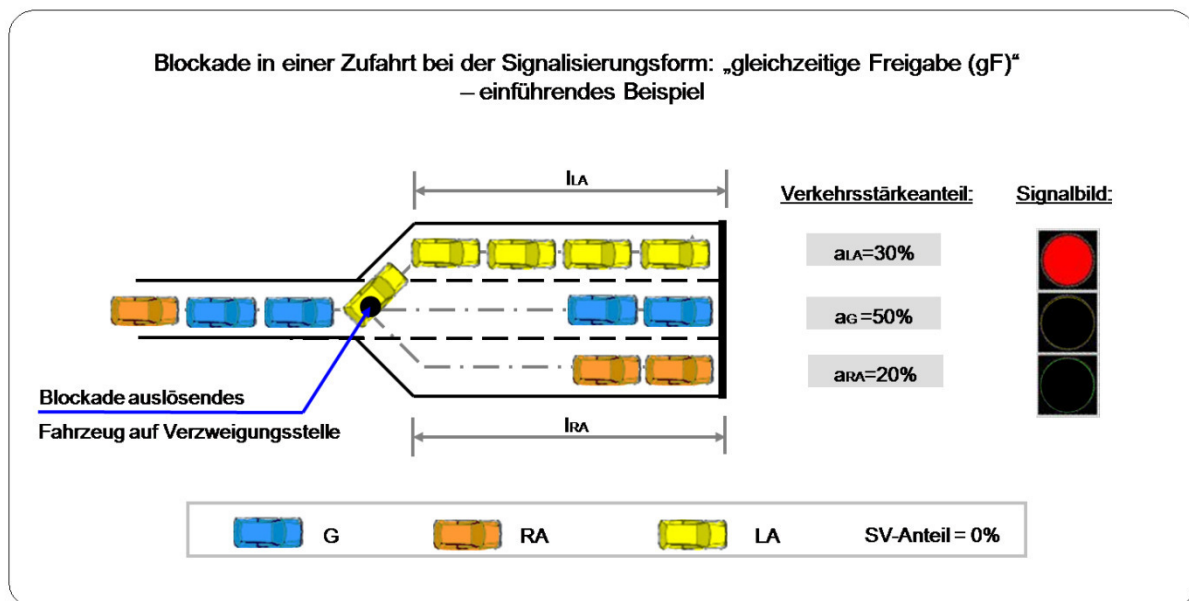
¹⁵⁶ Glißmeyer – Deutung des Verkehrsablaufs, Die Straße, 1966, S. 33-36

¹⁵⁷ Wätjen – Signalisierte Straßenkreuzungen, 1965

Der Effekt der Blockade und dessen Auswirkungen können wie folgt umrissen werden:

Eine Blockade stellt sich immer dann ein, wenn während der Sperrzeit (ROT-Zeit) ankommende Fahrzeuge sich auf den Fahrstreifen in der Zufahrt aufstellen und das Ende einer sich bildenden Warteschlange über eine Verzweigungsstelle hinweg wandert. In diesem Fall können aufgrund der „Blockade der Verzweigungsstelle“ nachfolgende Fahrzeuge nicht mehr in noch „freie“ Aufstellbereiche einfahren und sich dort aufstellen. Die noch „freien“ Aufstellbereiche hinter der Verzweigungsstelle sind somit blockiert.

Der Effekt der Blockade kann sich mindernd auf die Kapazität einer lichtsignalgeregelten Zufahrt auswirken, insbesondere wenn die Blockade durch sich auf Fahrstreifen aufstellenden Fahrzeugen ausgelöst wird, deren Verkehrsstärkeanteil relativ klein ist, wie beispielhaft in Bild 3-5 für den Fahrstreifen des Linksabbiegers dargestellt.



**Bild 3-5: Blockade in einer Zufahrt bei der Signalisierungsform: „gleichzeitige Freigabe (gF)“
– einführendes Beispiel,
Quelle: Eigene Darstellung**

Der kapazitätsmindernde Effekt ist u. a. dem Umstand geschuldet, dass der Zufluss von Fahrzeugen in Knotenpunktzufahrten zufällig erfolgt und stochastischen Schwankungen unterliegt. Die Aufteilung in einer Zufahrt ankommender Fahrzeuge auf einzelne Fahrtrichtungen bzw. Fahrstreifen erfolgt aufgrund dieser Schwankungen nicht immer proportional zu deren Verkehrsstärkeanteilen. Vielmehr kann es aufgrund der Zufälligkeit zufließender Fahrzeuge in einzelnen Umläufen vorkommen, dass überproportional viele Fahrzeuge einer Fahrtrichtung während der Sperrzeit (ROT-Zeit) in einer Zufahrt zufließen, sich auf dem Fahrstreifen aufstellen und eine Blockade verursachen, wie beispielhaft in Bild 3-5 für linksabbiegende Fahrzeuge (gelb) dargestellt.

3.5.4 ÜBERSTAUUNG BEI SIGNALISIERUNGSFORM: „NICHT GLEICHZEITIGE FREIGABE“

Der Effekt der **Überstauung** kann in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit durchgehenden Fahrstreifen und zusätzlichen Aufstellstreifen bei Anwendung der Signalisierungsform „nicht gleichzeitige Freigabe“ (ngF; siehe Bild 3-2) auftreten.

Voraussetzung für das Auftreten des Effekts der Überstauung ist, dass benachbarte Fahrstreifen einer lichtsignalgeregelten Zufahrt mit Aufstellstreifen aufgrund nicht gleichzeitiger Freigabezeiten zu unterschiedlichen Zeiten abfließen.

In Bild 3-6 wird der Effekt der Überstauung beispielhaft für den Fall einer lichtsignalgeregelten Zufahrt mit einem durchgehenden Fahrstreifen und zwei Aufstellstreifen erläutert. Hier werden der geradeausfahrende und der rechtsabbiegende Verkehrsstrom getrennt vom Linksabbieger in einer eigenen Phase geführt. Das heißt, der Geradeausfahrende und der Rechtsabbieger erhalten nicht gleichzeitig mit dem Linksabbieger die Freigabezeit (Signalisierungsform ngF, siehe Bild 3-2), sondern zeitlich versetzt. Dies hat zur Folge, dass Verkehrsströme in einer Zufahrt während ihrer Freigabezeit abfließen können und zur gleichen Zeit ankommende Fahrzeuge benachbarter Fahrstreifen können aufgrund der signalisierten Sperrzeit nicht abfließen und stauen sich auf den jeweiligen Fahrstreifen bzw. Aufstellstreifen auf. Baut sich der Rückstau bis zur Verzweigungsstelle auf, so kann es zur Überstauung der Zufahrt kommen. In diesem Fall können Fahrzeuge eines überstauten Fahrstreifens bzw. Aufstellstreifens verhindern, dass nachfolgende Fahrzeuge während ihrer Freigabezeit weiter abfließen können, wie beispielhaft in Bild 3-6 dargestellt. Das Auftreten einer Überstauung hängt maßgeblich von der Länge der Freigabezeit, der Länge der Aufstellstreifen und der vorhandenen Verkehrsstärkeanteile in der Zufahrt ab.

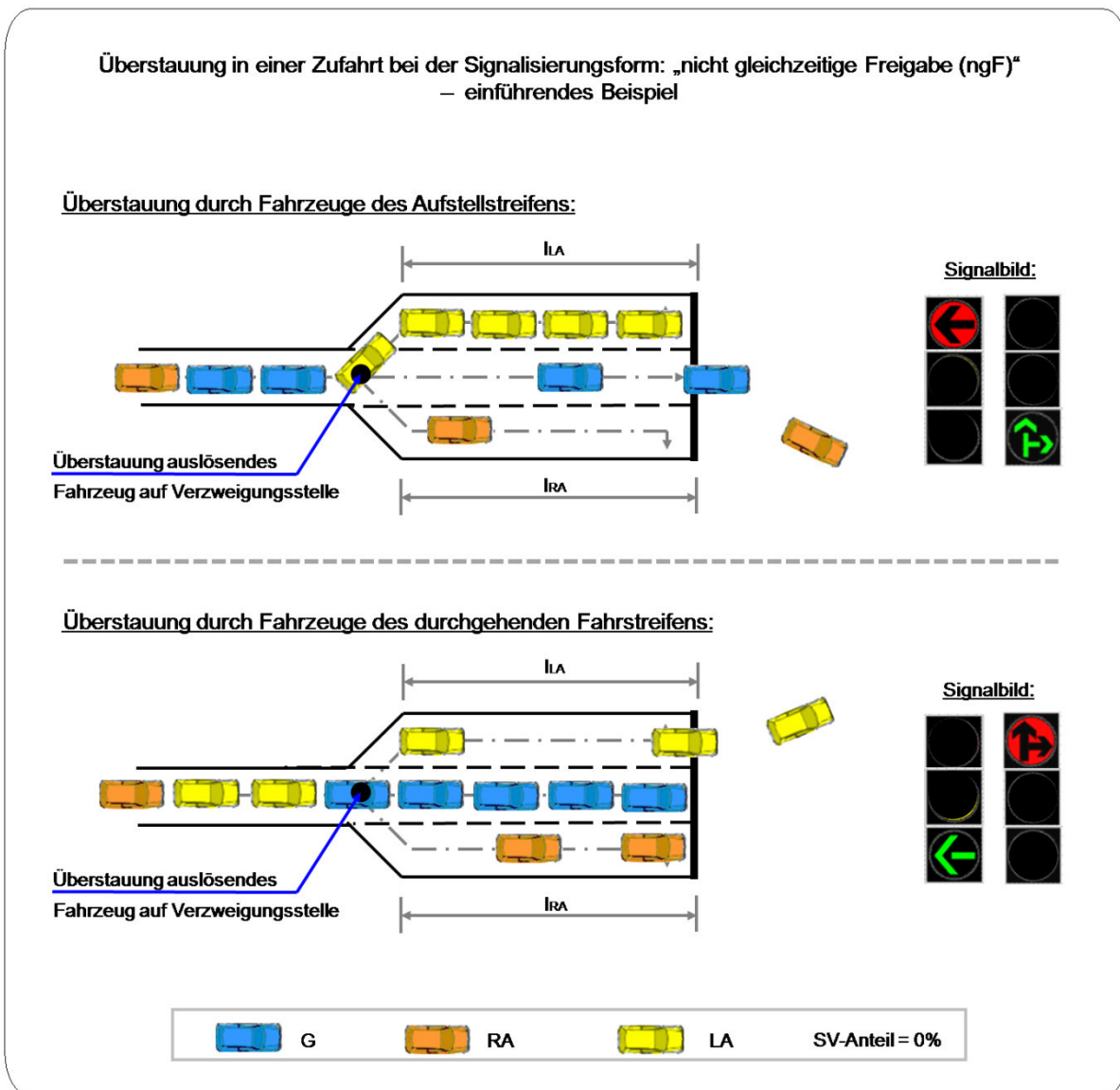


Bild 3-6: Überstauung in einer Zufahrt bei der Signalisierungsform: „nicht gleichzeitige Freigabe (ngF)“ – einführendes Beispiel, Quelle: Eigene Darstellung

3.5.5 ZU- UND ABFLUSSQUERSCHNITT

Zu- und Abflussquerschnitte in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit durchgehenden Fahrstreifen und zusätzlichen Aufstellstreifen können in Anlehnung an Bild 3-7 und Bild 3-8 definiert werden. Der Abflussquerschnitt befindet sich dabei an der Haltlinie der Fahr- und Aufstellstreifen einer Zufahrt hinter denen sich die Fahrzeuge während der Sperrzeit aufstellen bzw. aufstauen können. Die Zuflussquerschnitte befinden sich dagegen an den Verzweigungsstellen in der Zufahrt, an denen die Aufstellstreifen von den durchgehenden Fahrstreifen abzweigen. In Abhängigkeit von der Anzahl und der Länge der Aufstellstreifen in der Zufahrt können an einer Verzweigungsstelle bis zu zwei Aufstellstreifen von einem durchgehenden Fahrstreifen abzweigen bzw. bis zu zwei Verzweigungsstellen von einem durchgehenden Fahrstreifen abzweigen (siehe Bild 3-7 für Ausbildungsform 2).

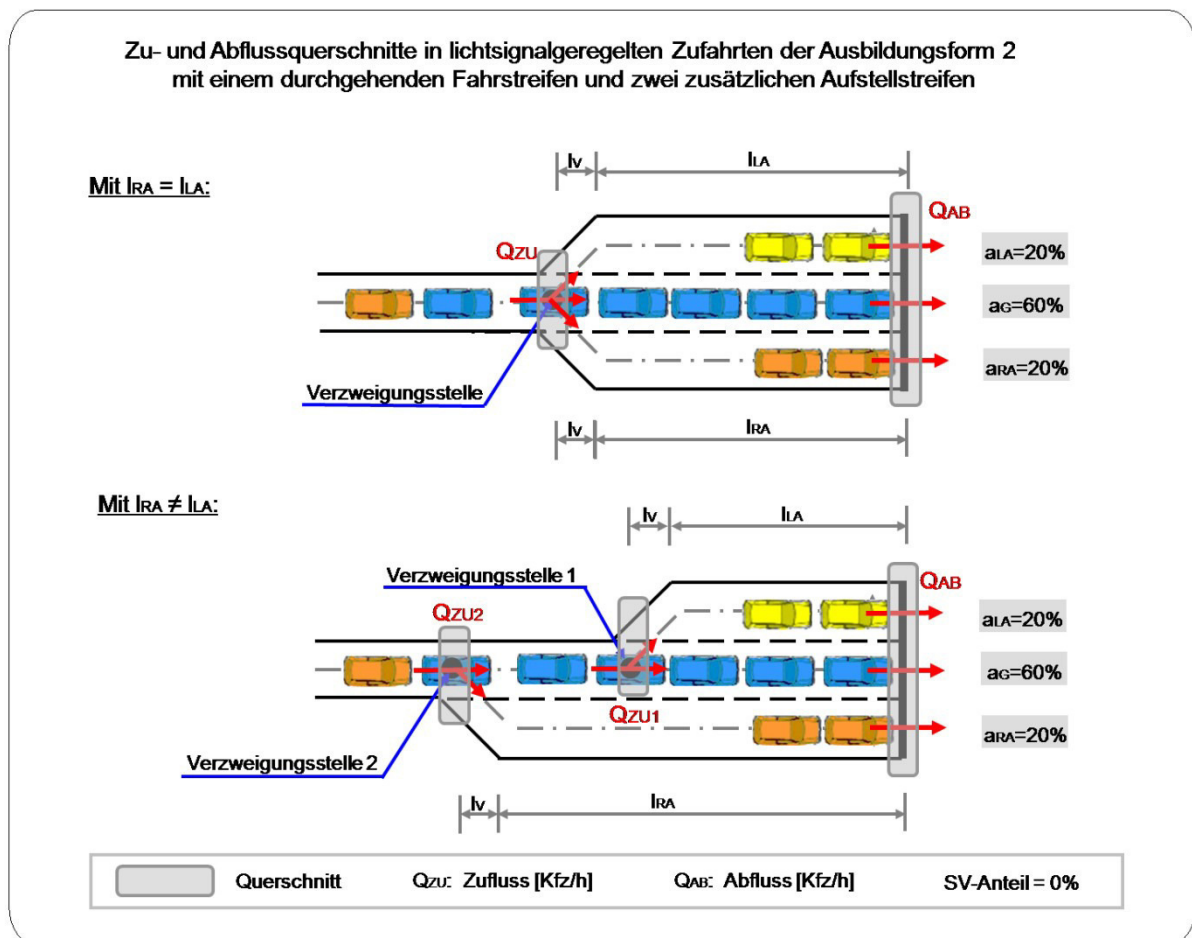


Bild 3-7: Zu- und Abflussquerschnitte in lichtsignalgeregelten Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit einem durchgehenden Fahrstreifen und zwei zusätzlichen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung

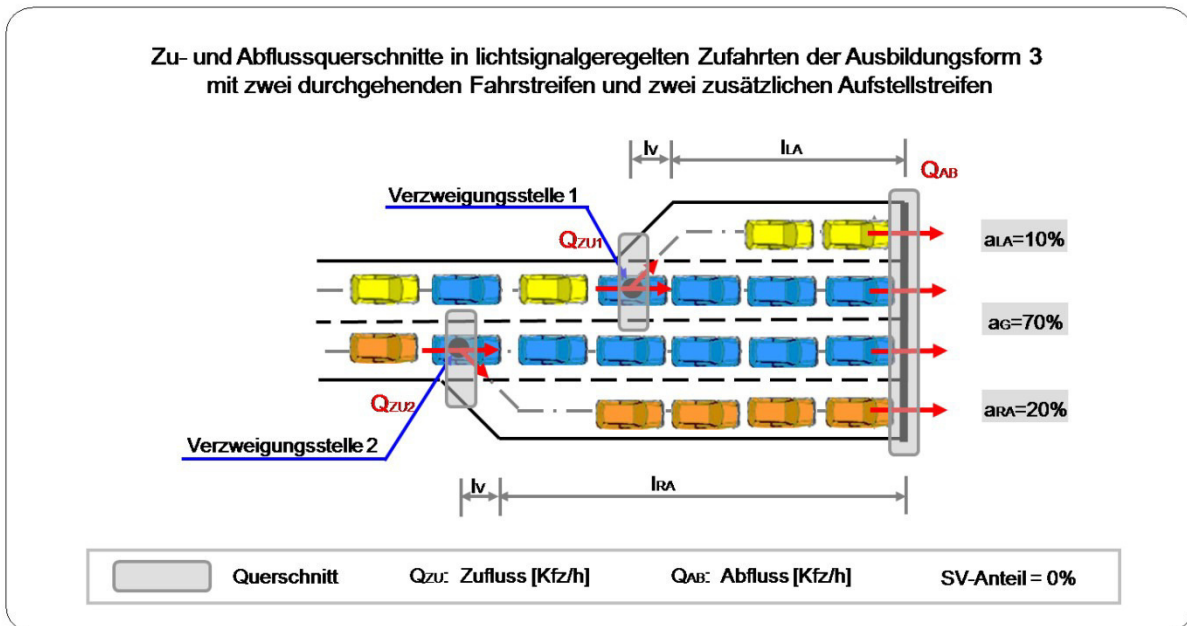


Bild 3-8: Zu- und Abflussquerschnitte in lichtsignalgeregelten Zufahrten der Ausbildungsform 3 mit zwei durchgehenden Fahrstreifen und zwei zusätzlichen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung

Weist eine Zufahrt zwei durchgehende Fahrstreifen und zwei Aufstellstreifen in einer Zufahrt auf (Ausbildungsform 3), so befindet sich, wie in Bild 3-8 dargestellt, auf jedem der durchgehenden Fahrstreifen eine Verzweigungsstelle, an der jeweils ein Aufstellstreifen vom durchgehenden Fahrstreifen abzweigt.

3.5.6 ZUFLUSS- UND AUFSTELLBEREICHE BEI GLEICHZEITIGER FREIGABE

Die Zufluss- und Aufstellbereiche in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit einem durchgehenden Fahrstreifen und zwei zusätzlichen Aufstellstreifen kann in Anlehnung an Bild 3-9 unterteilt werden. Der Aufstellbereich ist dabei der Bereich eines Fahrstreifens in einer Zufahrt, in dem sich bei Anwendung der Signalisierungsform gF (gleichzeitige Freigabe, siehe Bild 3-2) während der gemeinsamen Sperrzeit zufließende Fahrzeuge aufstellen können. Die räumliche Abgrenzung der Aufstellbereiche wird im Wesentlichen durch die Lage der Haltlinie und der Verzweigungsstellen vorgegeben.

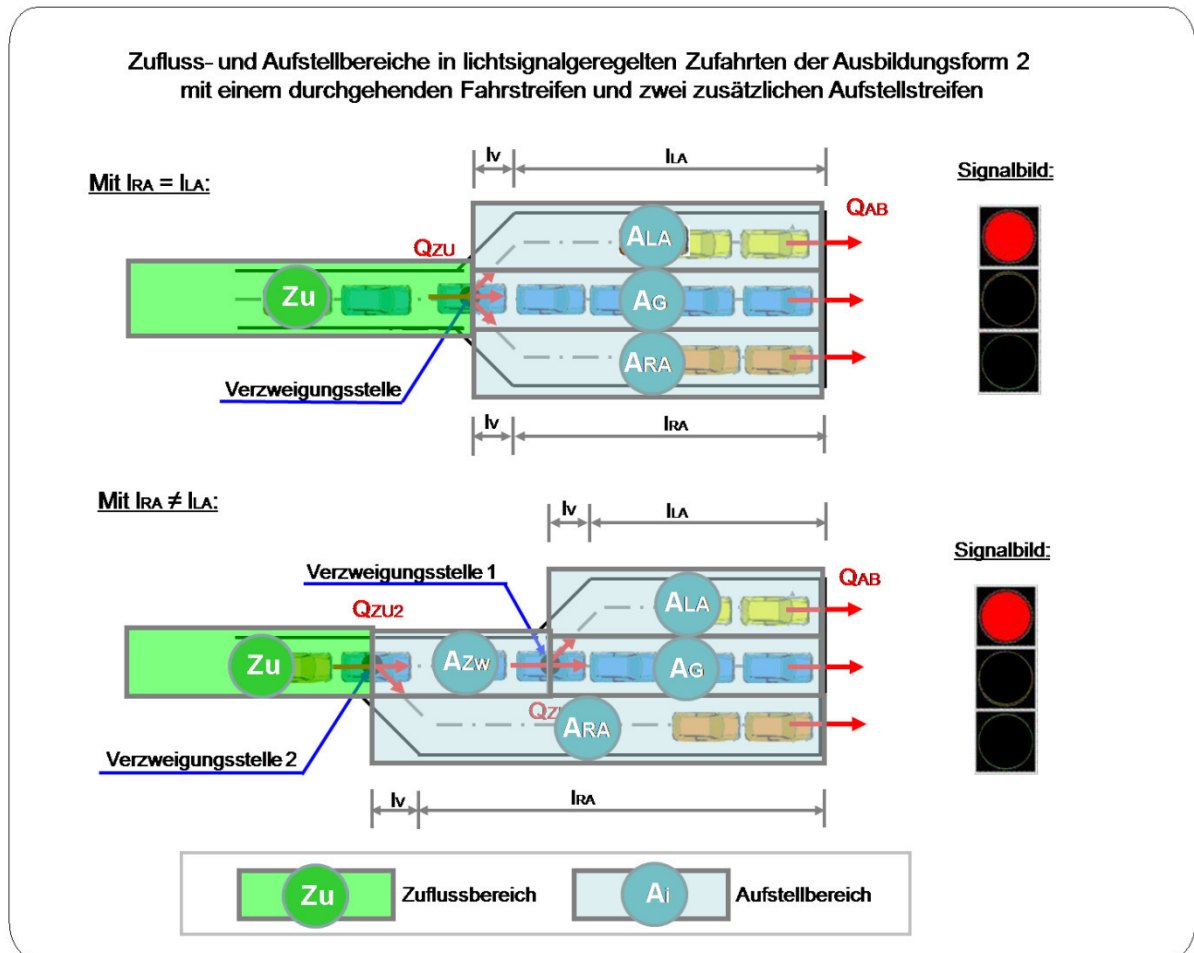


Bild 3-9: Zufluss- und Aufstellbereiche in lichtsignalgeregelten Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit einem durchgehenden Fahrstreifen und zwei zusätzlichen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung

Die Aufstellbereiche erstrecken sich dabei von der Haltlinie des Fahrstreifens bzw. des Aufstellstreifens bis zur stromaufwärtsgelegenen Verzweigungsstelle, an der der Aufstellstreifen vom durchgehenden Fahrstreifen abzweigt. Demzufolge entspricht die Anzahl der Fahrstreifen i. d. R. der Anzahl der Aufstellbereiche einer Zufahrt, mit einer Ausnahme. Befinden sich zwei Verzweigungsstellen auf einem durchgehenden Fahrstreifen, so kann der Bereich zwischen den Verzweigungsstellen ebenfalls zum Aufstellen von Fahrzeugen genutzt werden (siehe Bild 3-9). Der Zwischenbereich zwischen den Verzweigungsstellen dient in diesem Fall als zusätzlicher Aufstellbereich, der im Folgenden als **Zwischenaufstellbereich** (A_{zw}) bezeichnet wird (siehe Bild 3-9).

In Bild 3-10 sind beispielhaft die Zufluss- und Aufstellbereiche für eine lichtsignalgeregelte Zufahrt mit zwei durchgehenden Fahrstreifen und zwei Aufstellstreifen (Ausbildungsform 3) dargestellt.

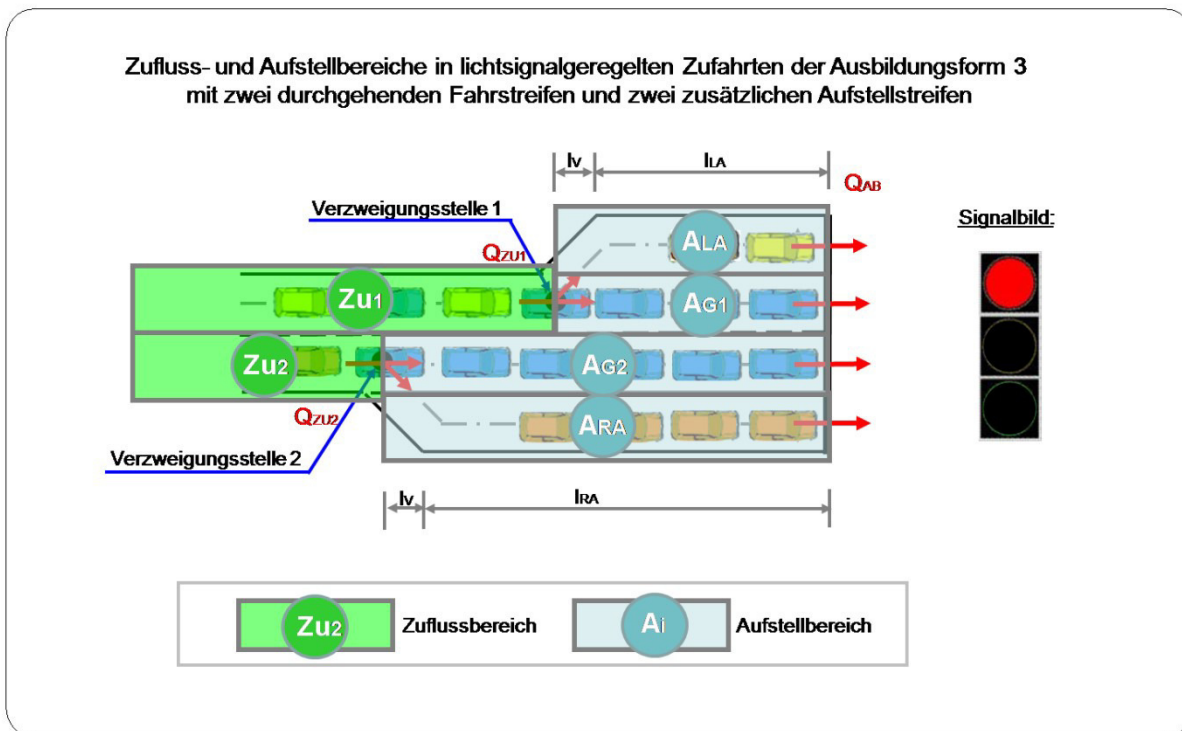


Bild 3-10: Zufluss- und Aufstellbereiche in lichtsignalgeregelten Zufahrten der Ausbildungsform 3 mit zwei durchgehenden Fahrstreifen und zwei zusätzlichen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung

3.5.7 ZUFLUSS- UND STAUAREMBEREICHE BEI NICHT GLEICHZEITIGER FREIGABE

Die Zufluss- und Stauraumbereiche in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit durchgehenden Fahrstreifen und zusätzlichen Aufstellstreifen können in Anlehnung an Bild 3-11 und Bild 3-12 unterteilt werden. Der Stauraumbereich ist dabei der Bereich des Fahrstreifens in der lichtsignalgeregelten Zufahrt, auf dem sich bei Anwendung der Signalisierungsform ngF (nicht gleichzeitige Freigabe, siehe Bild 3-2) während der Sperrzeit zufließende Fahrzeuge rückstauen können. Die räumliche Abgrenzung des Stauraumbereichs kann im Wesentlichen durch die Lage der Haltlinie und der Verzweigungsstellen vorgenommen werden.

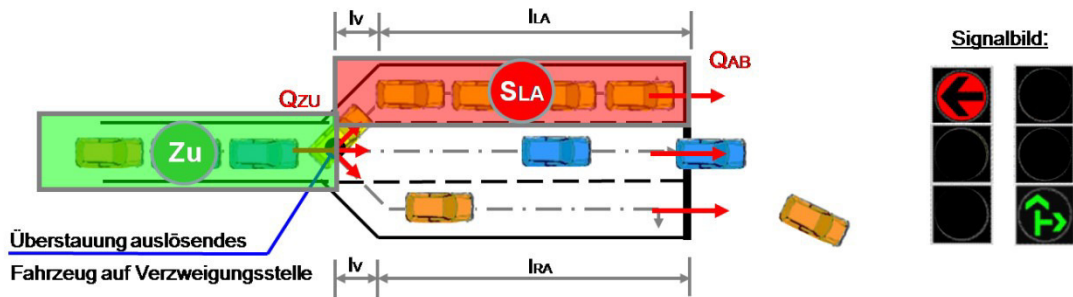
Die Stauraumbereiche erstrecken sich dabei von der Haltlinie des Fahrstreifens bzw. des Aufstellstreifens bis zur stromaufwärtsgelegenen Verzweigungsstelle, an der der jeweilige Aufstellstreifen vom durchgehenden Fahrstreifen abzweigt. Bei ungleich langen Aufstellstreifen ist ggf. ein weiterer Stauraumbereich zwischen den Verzweigungsstellen zu berücksichtigen.

In Abhängigkeit von der Signalisierung können in einer Phase ein oder mehrere Stauraumbereiche in einer lichtsignalgeregelten Zufahrt maßgebenden Einfluss auf den Verkehrsablauf nehmen (vgl. Bild 3-11 und Bild 3-12). Stauen sich zufließende Fahrzeuge über den Stauraumbereich und somit über die stromaufwärtsgelegene Verzweigungsstelle hinweg auf, tritt das Phänomen der Überstauung auf (vgl. Unterabschnitt 3.5.4) und Fahrzeuge aus dem Zuflussbereich können den überstauten Zuflussquerschnitt nicht mehr passieren.

Zufluss- und Stauraumbereiche in lichtsignalgeregelten Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit einem durchgehenden Fahrstreifen und zwei gleich langen Aufstellstreifen ($l_{RA} = l_{LA}$)

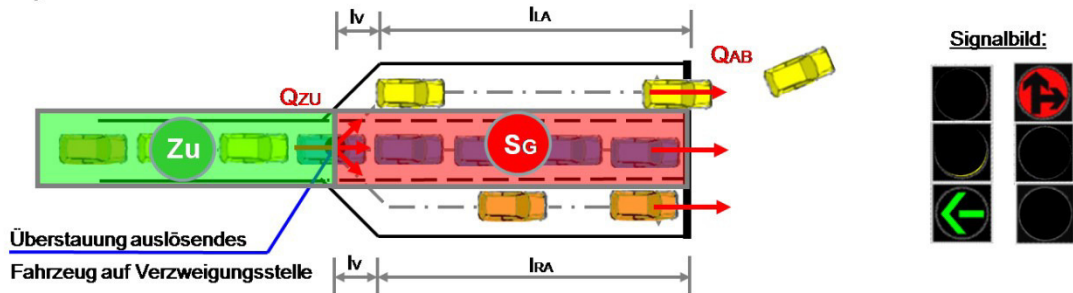
1) Sperrzeit der Linksabbieger:

a) Linksabbiegefahrstreifen überstaut:



2) Gemeinsame Sperrzeit der Geradeausfahrenden und Rechtsabbieger:

a) Geradeausfahrstreifen überstaut:



b) Rechtsabbiegefahrstreifen überstaut:

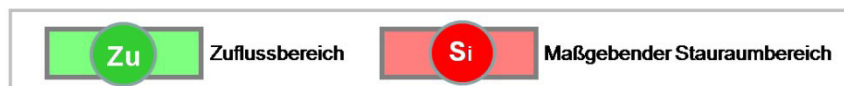
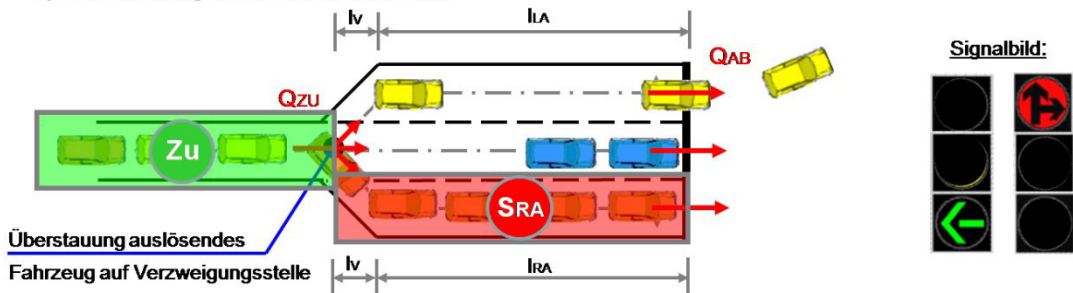
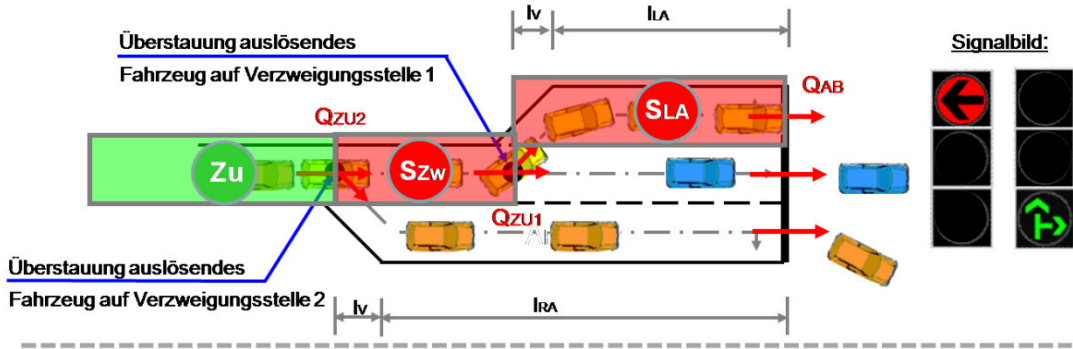


Bild 3-11: Zufluss- und Stauraumbereiche in lichtsignalgeregelten Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit einem durchgehenden Fahrstreifen und zwei gleich langen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung

Zufluss- und Stauraumbereiche in lichtsignalgeregelten Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit einem durchgehenden Fahrstreifen und zwei ungleich langen Aufstellstreifen ($l_{RA} \neq l_{LA}$)

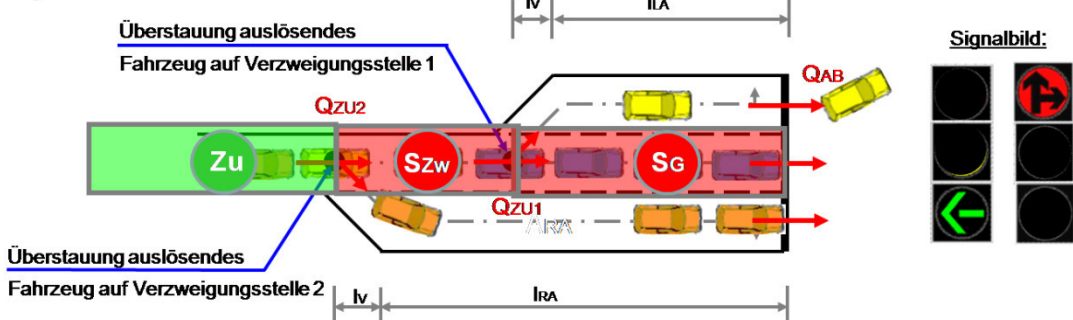
1) Sperrzeit der Linksabbieger:

a) Linksabbiegefahrstreifen überstaut:



2) Gemeinsame Sperrzeit der Geradeausfahrenden und Rechtsabbieger:

a) Geradeausfahrstreifen überstaut:



b) Rechtsabbiegefahrstreifen überstaut:

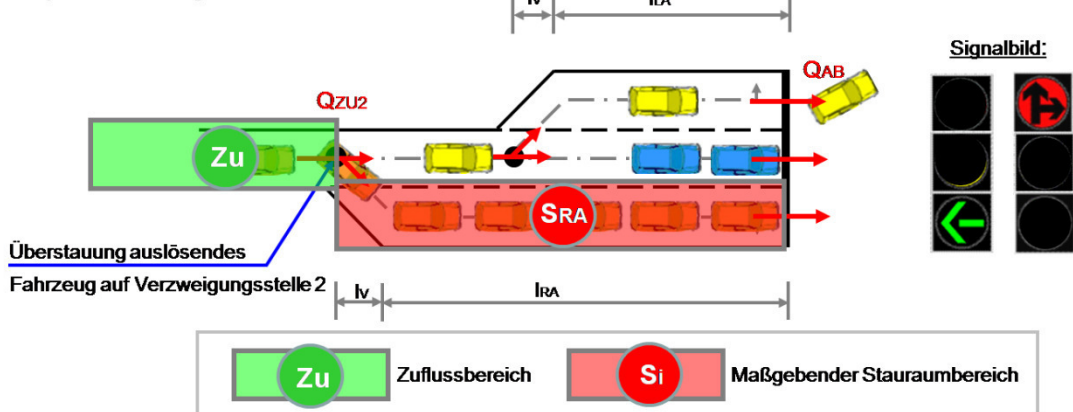


Bild 3-12: Zufluss- und Stauraumbereiche in lichtsignalgeregelten Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit einem durchgehenden Fahrstreifen und zwei ungleich langen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung

3.5.8 ZUFLUSS IN ZUFAHRTEN

Bei Kapazitätsbetrachtungen in lichtsignalgeregelten Zufahrten wird unterstellt, dass der Zuflussbereich ständig überstaut ist und demzufolge das „Ende des Rückstaus“ im jeweiligen Zuflussbereich in Flussrichtung nie den zugehörigen Zuflussquerschnitt überschreitet.

Fließen in den Aufstellbereichen aufgestellte bzw. in den Stauraumbereichen rückgestaute Fahrzeuge während der Freigabe- und den beiden Übergangszeiten ab, so haben Fahrzeuge aus den Zuflussbereichen die Möglichkeit, die zugehörigen Zuflussquerschnitte zu passieren und in die einzelnen Fahrstreifen der Zufahrt einzufahren, um anschließend abzufließen bzw. sich wieder in den Aufstellbereichen aufzustellen oder in den Stauraumbereichen aufzustauen.

Der maximale Zufluss am jeweiligen Zuflussquerschnitt kann aufgrund des unterstellten ständig rückgestauten Zustands in den Zuflussbereichen durch die Sättigungsverkehrsstärke der Fahrstreifen in der Zufahrt, wie in Gleichung 3-8 dargestellt, beschrieben werden.

$\max Q_{ZU i} = q_{s, ZU i}$		
mit	$\max Q_{ZU i}$	Maximaler Zufluss am Zuflussquerschnitt i, [Kfz/h]
	$q_{s, ZU i}$	Sättigungsverkehrsstärke am Zuflussquerschnitt i, [Kfz/h]

Gleichung 3-8: Maximaler Zufluss auf einem Fahrstreifen am Zuflussquerschnitt
Quelle: Eigene Darstellung

3.5.9 ABFLUSS AUS ZUFAHRTEN BEI GLEICHZEITIGER FREIGABE

Der Abfluss von Fahrzeugen aus lichtsignalgeregelten Zufahrten bei gleichzeitiger Freigabe (gF) kann, wie exemplarisch in Bild 3-13 dargestellt, in fünf aufeinander folgende Zeitintervalle ($Z_{gF,1}$ bis $Z_{gF,5}$) unterteilt werden.

Im **Zeitintervall $Z_{gF,1}$** können Fahrzeuge während der Sperrzeit (ROT-Zeit) in die Zufahrt einfahren und sich auf den einzelnen Fahrstreifen in den jeweiligen Aufstellbereichen aufstellen. Nachdem das Ende einer der sich in den Aufstellbereichen bildenden Warteschlangen über die Verzweigungsstelle hinweg wandert, können aufgrund der ausgelösten Blockade (vgl. Unterabschnitt 3.5.3) keine weiteren Fahrzeuge mehr in die dahinterliegenden Aufstellbereiche zufließen und das Ende der Warteschlange wandert im Zuflussbereich zunehmend stromaufwärts.

In den **Zeitintervallen $Z_{gF,2}$ und $Z_{gF,3}$** können Fahrzeuge, die sich während des Zeitintervalls $Z_{gF,1}$ in den Aufstellbereichen aufgestellt haben, nach dem Ende der Sperrzeit (ROT-Zeit) die Haltlinie passieren und so den jeweiligen Aufstellbereich räumen.

Der Abfluss am Abflussquerschnitt in den Zeitintervallen $Z_{gF,2}$ und $Z_{gF,3}$ hängt maßgeblich von folgenden Größen ab:

- der Anzahl der Fahrzeuge, die während des Zeitintervalls $Z_{gF,1}$ in die Aufstellbereiche eingefahren sind und sich dort während der Sperrzeit (ROT-Zeit) aufgestellt haben,
- der Freigabezeit (GRÜN-Zeit) – hier ist von entscheidender Bedeutung, ob die Freigabezeit lang genug ist, damit alle in den Aufstellbereichen aufgestellten Fahrzeuge im gleichen Umlauf räumen können. Dies ist gewährleistet, wenn die Freigabezeit größer als die erforderliche Räumzeit abzüglich der Zeitanteile der beiden Übergangszeiten (ROT/GELB und GELB), die ebenfalls von Fahrzeugen zum Räumen genutzt werden ($t_{Gr} \geq \text{erf. } t_{Gr, gF, R\ddot{a}umen Ai}$), ist.

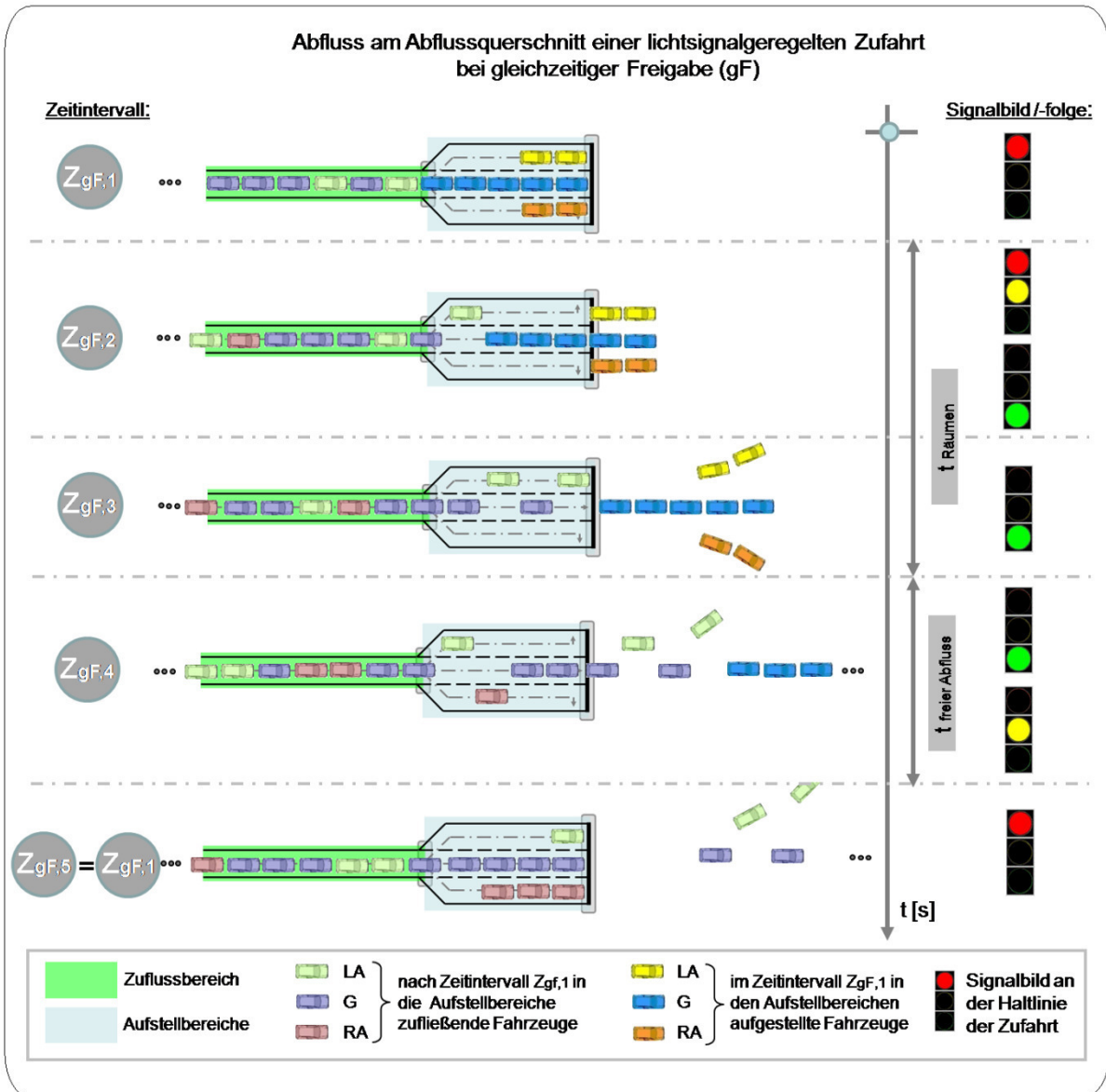


Bild 3-13: Abfluss am Abflussquerschnitt einer lichtsignalgeregelten Zufahrt bei gleichzeitiger Freigabe (gF), Quelle: Eigene Darstellung

Die erforderliche Freigabezeit zum vollständigen Räumen der Aufstellbereiche (erf. $t_{Gr, gF, \text{Räumen}}$), kann unter der vereinfachten Annahme, dass der Zeitbedarfswert für alle Fahrstreifen / Fahrrichtungen gleich groß ist, nach Gleichung 3-9 berechnet werden.

Ist die Freigabezeit länger als die nach Gleichung 3-9 berechnete erforderliche Freigabezeit zum vollständigen Räumen der Aufstellbereiche (erf. $t_{Gr, gF, \text{Räumen}}$), so können im **Zeitintervall $Z_{gF,4}$** weitere Fahrzeuge, die nach Zeitintervall $Z_{gF,1}$ aus dem Zulassungsbereich in die Aufstellbereiche eingefahren sind, die jeweilige Haltlinie bzw. den Abflussquerschnitt passieren und aus der Zufahrt abfließen.

Der mittlere Abfluss am Abflussquerschnitt in den Zeitintervallen $Z_{gF,2}$ und $Z_{gF,3}$ (Räumzeit) ist mit Ausnahme des Sonderfalls, dass Abbiegeanteile von 0% vorliegen, größer als der im Zeitintervall $Z_{gF,4}$ (freier Abfluss).

Das heißt, während der Räumzeit ($t_{\text{Räumen}}$) können je Zeiteinheit im Mittel mehr Fahrzeuge abfließen, als während dem anschließenden Zeitintervall ($t_{\text{freier Abfluss}}$), wie beispielhaft in Bild 3-13 und in Gleichung 3-10 dargestellt.

Dies ist dem Umstand geschuldet, dass in den Zeitintervallen $Z_{gF,2}$ und $Z_{gF,3}$ in den Aufstellbereichen z. T. seitlich nebeneinander aufgestellte Fahrzeuge gleichzeitig die Haltlinie passieren und aus der Zufahrt abfließen können. Während in Zeitintervall $Z_{gF,4}$ der mittlere Abfluss am Abflussquerschnitt ($q_{AB, gF, \text{freier Abfluss}}$) durch die Sättigungsverkehrsstärke am Zufluss-querschnitt ($q_{S, ZU i}$) begrenzt ist.

Für Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit gleich langen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabe (gF) gilt:

$$erf t_{Gr, gF, \text{Räumen } A_i} = \left(\frac{L_{A_i}}{l_{A, Kfz}} - n_{RG} - n_{Ge} \right) * t_B(t) \quad | L_{A_i} = L_{ARA} = L_{AG} = L_{ALA}$$

mit	$erf t_{Gr, gF, \text{Räumen } A_i}$	Erforderliche Freigabezeit (GRÜN-Zeit) pro Umlauf für das vollständige Räumen des Aufstellbereichs A_i der Zufahrt, [s]
	L_{A_i}	Länge des Aufstellbereichs A_i , [m]
	$l_{A, Kfz}$	Mittlere Aufstelllänge eines Kraftfahrzeugs, [m/Kfz]
	n_{RG}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der ROT/GELB-Zeit (Übergangszeit 1), [Kfz/U]
	n_{Ge}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GELB-Zeit (Übergangszeit 2), [Kfz/U]
	t_B	Zeitbedarfswert, [s/Kfz]

Gleichung 3-9: Erforderliche Freigabezeit zum vollständigen Räumen der Aufstellbereiche, Quelle: Eigene Darstellung

Für Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit gleich langen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabe (gF) gilt:

$$q_{AB, gF, \text{Räumen}} \geq q_{AB, gF, \text{freier Abfluss}}$$

$$q_{AB, gF, \text{Räumen}} = \frac{\sum n_{A_i}}{t_{\text{Räumen}}} * 3600$$

$$t_{\text{Räumen}} = \frac{n_{RG}}{t_B} + erf t_{Gr, gF, \text{Räumen } A_i} + \frac{n_{Ge}}{t_B} \quad | L_{A_i} = L_{ARA} = L_{AG} = L_{ALA}$$

$$q_{AB, gF, \text{freier Abfluss}} = q_{S, ZU i}$$

Legende siehe Bild 3-14

Gleichung 3-10: Abfluss am Abflussquerschnitt bei gleichzeitiger Freigabe (gF), Quelle: Eigene Darstellung

Legende zu Gleichung 3-10	
$q_{AB, gF, R\ddot{a}umen}$	Mittlerer Abfluss am Abflussquerschnitt während der Räumzeit der Aufstellbereiche, [Kfz/h]
$q_{AB, gF, freier\ Abfluss}$	Mittlerer Abfluss am Abflussquerschnitt einer Zufahrt nach dem vollständigen Räumen der Aufstellbereiche (= freier Abfluss), [Kfz/h]
n_{Ai}	Mittlere Anzahl der im Aufstellbereich (A_i) am Sperrzeitende aufgestellten Fahrzeuge, [s/U]
$t_{R\ddot{a}umen}$	Räumzeit, [s]
t_B	Zeitbedarfswert, [s/Kfz]
n_{RG}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der ROT/GELB-Zeit (Übergangszeit 1), [Kfz/U]
n_{Ge}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GELB-Zeit (Übergangszeit 2), [Kfz/U]
$erf\ t_{Gr, gF, R\ddot{a}umen\ A_i}$	Erforderliche Freigabezeit (GRÜN-Zeit) pro Umlauf für das vollständige Räumen des Aufstellbereichs A_i der Zufahrt, [s]
$q_{S, ZU\ i}$	Sättigungsverkehrsstärke am Zuflussquerschnitt i , [Kfz/h]

Bild 3-14: Legende zu Gleichung 3-10,
Quelle: Eigene Darstellung

3.5.10 ABFLUSS AUS ZUFahrTEN BEI NICHT GLEICHZEITIGER FREIGABE

Der Abfluss von Fahrzeugen in lichtsignalisierten Zufahrten bei nicht gleichzeitiger Freigabe (ngF) kann, wie exemplarisch in Bild 3-15 dargestellt, in sieben aufeinander folgende Zeitintervalle ($Z_{ngF,1}$ bis $Z_{ngF,7}$) unterteilt werden.

Im **Zeitintervall** $Z_{ngF,1}$ wandert nach dem Ende der Freigabezeit des geradeausfahrenden und rechtsabbiegenden Verkehrsstroms das Ende des Rückstaus über die Verzweigungsstelle hinaus und es kommt zur Überstauung (vgl. Unterabschnitt 3.5.4). Bevor das die Überstauung auslösende Fahrzeug auf der Verzweigungsstelle zum Stehen kommt, hatten in dem in Bild 3-15 dargestellten Beispiel noch zwei Fahrzeuge die Möglichkeit in den Geradeaus- und Rechtsabbiegestreifen einzufahren und stauen sich hier während der Sperrzeit auf.

Im **Zeitintervall** $Z_{ngF,2}$ erhalten die aufgestauten Linksabbieger (LA) die Möglichkeit die Haltlinie zu passieren und fließen während der Übergangszeit und der Freigabezeit des Linksabbiegers (LA-Pfeil) ab. Währenddessen passieren weitere Fahrzeuge den Zuflussquerschnitt und verteilen sich auf die einzelnen Fahrstreifen der Zufahrt.

Im **Zeitintervall** $Z_{ngF,3}$ können Linksabbieger, die während der Freigabezeit des Linksabbiegers (LA-Pfeil) den Zuflussquerschnitt passiert haben, die Haltlinie passieren und abfließen. Geradeausfahrende und Rechtsabbieger stauen sich derweil zunehmend im Stauraumbereich des jeweiligen Fahrstreifens auf.

Im **Zeitintervall** $Z_{ngF,4}$ können während der Sperrzeit aller Verkehrsströme der Zufahrt weitere Fahrzeuge den Zuflussquerschnitt passieren und in die Fahrstreifen der Zufahrt einfahren, bis zu dem Zeitpunkt, wie in diesem Fall exemplarisch dargestellt, ein rechtsabbiegender Fahrzeug eine Überstauung der Verzweigungsstelle auslöst und die dahinterliegenden Fahrzeuge am Einfahren in noch freie Stauraumbereiche der Zufahrt hindert.

Im **Zeitintervall** $Z_{ngF,5}$ haben die in den zugehörigen Stauraumbereichen aufgestauten Geradeausfahrenden (G) und Rechtsabbieger (RA) die Möglichkeit die Haltlinie zu passieren

und fließen während der Übergangszeit und der Freigabezeit der Geradeausfahrenden und der Rechtsabbieger (G+RA-Pfeil) ab. Zufließende Linksabbieger stauen sich derweil zunehmend im Stauraumbereich auf.

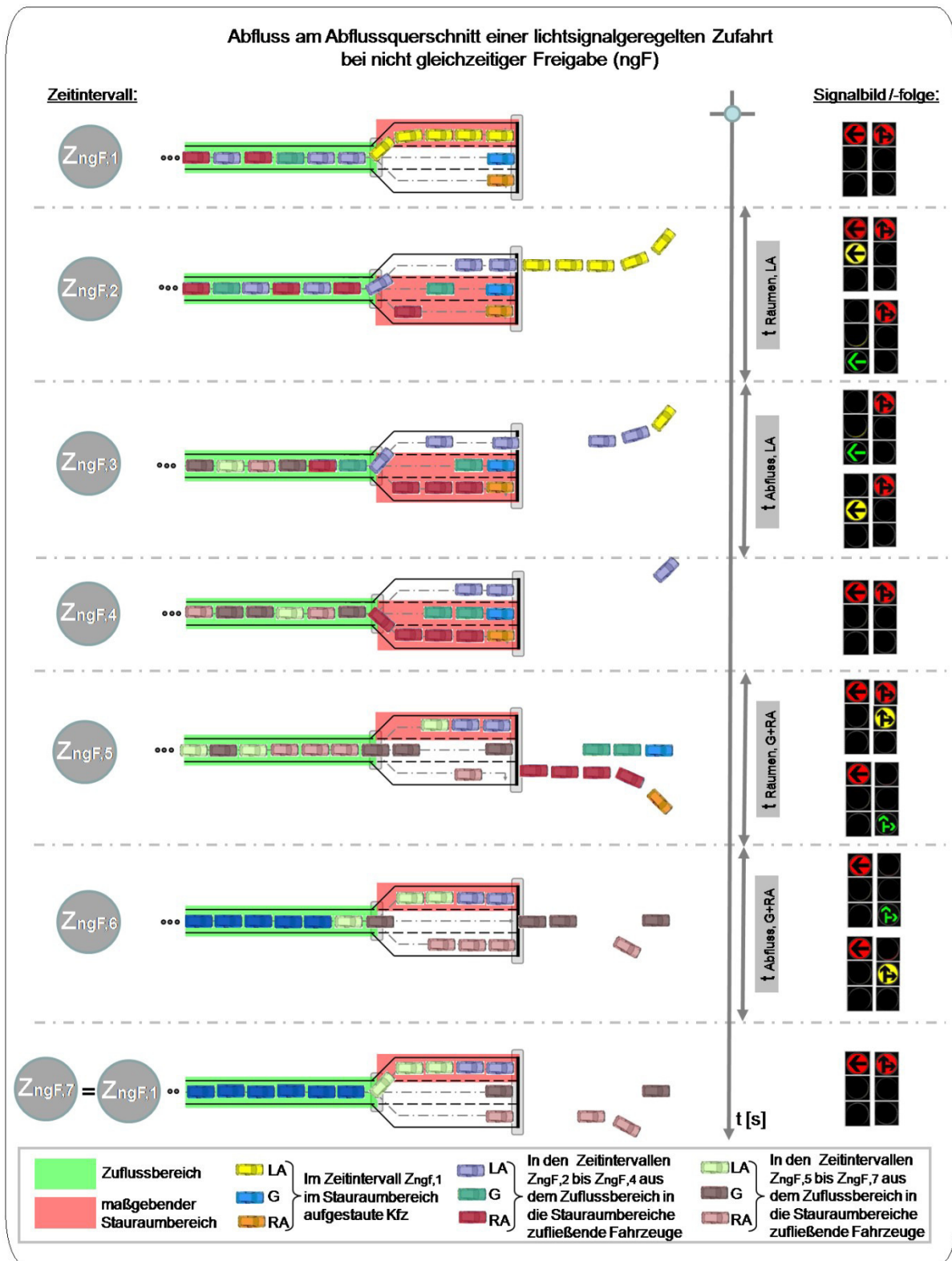


Bild 3-15: Abfluss am Abflussquerschnitt einer lichtsignalgeregelten Zufahrt bei nicht gleichzeitiger Freigabe (ngF),
 Quelle: Eigene Darstellung

Im **Zeitintervall $Z_{ngF,6}$** können weitere Geradeausfahrende und Rechtsabbieger, die während der Freigabezeit der Geradeausfahrenden und der Rechtsabbieger (G+RA-Pfeil) den Zuflussquerschnitt passiert haben, die Haltlinie passieren und abfließen. Linksabbieger stellen sich weiter zunehmend im Stauraumbereich auf.

Im **Zeitintervall $Z_{ngF,7}$** können während der Sperrzeit aller Verkehrsströme der Zufahrt weitere Fahrzeuge den Zuflussquerschnitt passieren und in die Fahrstreifen der Zufahrt einfahren, bis in diesem Fall, wie exemplarisch dargestellt, ein linksabbiegender Fahrzeug eine Überstauung der Verzweigungsstelle auslöst und keine weiteren Fahrzeuge mehr in dahinterliegende freie Stauraumbereiche einfahren können.

Der Zustand im **Zeitintervall $Z_{ngF,7}$** entspricht dabei im Wesentlichen dem des **Zeitintervalls $Z_{ngF,1}$** .

Der Abfluss von Fahrzeugen in einer Zufahrt mit zusätzlichen Aufstellstreifen bei nicht gleichzeitiger Freigabe (ngF) wird, wie exemplarisch in Bild 3-15 dargestellt, maßgeblich durch folgende Einflussgrößen beeinflusst:

- Länge der Freigabezeiten,
- gleichzeitig signalisierte Verkehrsströme (in Bild 3-15 bspw.: G + RA),
- Verkehrsstärkeanteile,
- Länge und Anzahl der Stauraumbereiche.

Die genannten Einflussgrößen nehmen maßgeblichen Einfluss auf folgende Zustände, die in der Zufahrt auftreten können:

- **Verbleibender Rückstau im Stauraumbereich:** Ist die Freigabezeit nicht lang genug und es können nicht alle im Stauraumbereich aufgestauten Fahrzeuge während der Freigabezeit und den Übergangszeiten eines Umlaufs abfließen, so verbleibt ein Teil des Rückstaus im Stauraumbereich und kann erst in einem der folgenden Umläufe abfließen.
- **Überstauung während der Freigabezeit:** Stauen sich in den Stauraumbereichen Fahrzeuge während der Freigabezeit parallel verlaufender Fahrstreifen der Zufahrt über eine Verzweigungsstelle hinweg auf, so kommt es zur Überstauung und es können keine weiteren Fahrzeuge mehr den Zuflussquerschnitt passieren, um während der Freigabezeit abzufließen. In diesem Fall bleibt u. U. ein Teil der Freigabezeit aufgrund der vorliegenden Überstauung ungenutzt.

3.5.11 ABFLUSS IN ZUFAHRTEN BEI ÜBERLAPPENDER FREIGABE

Die „überlappende Freigabe (üF)“ der Verkehrsströme einer lichtsignalgeregelten Zufahrt mit zusätzlichen Aufstellstreifen ist eine Mischform der in den vorangegangenen Unterabschnitten dargestellten Signalisierungsformen der „gleichzeitigen Freigabe (gF)“ und der „nicht gleichzeitigen Freigabe (ngF)“.

Der Verkehrsablauf kann entsprechend aus den Ausführungen der vorangegangenen Unterabschnitte abgeleitet werden. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle nicht weiter auf den Verkehrsablauf in einer Zufahrt mit zusätzlichen Aufstellstreifen bei überlappender Freigabe (üF) eingegangen.

3.6 ZUSAMMENFASSUNG

Im 3. Kapitel werden vorbereitend auf die folgenden Kapitel der Dissertation Vorüberlegungen zu grundlegenden Fragestellungen vorgenommen, auf denen die weitere Arbeit aufbaut.

Einführend wird im 3. Kapitel auf grundlegende Aspekte der Kapazität von lichtsignalgeregelten Knotenpunkten, Zufahrten und Fahrstreifen eingegangen, die die Grundlage des herzuleitenden Berechnungsverfahrens darstellen.

Weiter werden u. a. folgende grundlegende Begriffe eingeführt:

- Ausbildungsform,
- Signalisierungsform,
- Blockade,
- Überstauung,
- Zuflussquerschnitt,
- Abflussquerschnitt,
- Verzweigungsstelle,
- Aufstellbereich,
- Stauraumbereich,
- Zuflussbereich.

Mit Einführung der o.g. Begriffe wird ein grundlegendes Begriffsverständnis erzeugt, auf das im weiteren Verlauf der Dissertation zurückgegriffen werden kann.

Abschließend wird auf den Verkehrsablauf in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabe (gF) und nicht gleichzeitiger Freigabe (ngF) eingegangen. Hier wird für beide Signalisierungsformen der Verkehrsablauf beispielhaft für einen Umlauf erläutert. Auf dem vermittelten Grundverständnis zum Verkehrsablauf in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen kann bei der Herleitung des Berechnungsverfahrens in Kapitel 5 angeknüpft werden.

4 ABGRENZUNG DISSERTATIONSTHEMA

Im Rahmen der vorliegenden Dissertation wird ein analytisches Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen entwickelt.

Wie in den vorangegangenen Kapiteln erläutert, nehmen verschiedene Einflussgrößen in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen maßgeblichen Einfluss auf deren Kapazität, so u.a.:

- die Signalisierungsform (siehe Bild 3-2)
 - gleichzeitige Freigabe (gF),
 - nicht gleichzeitige Freigabe (ngF),
 - überlappende Freigabe (üF als Mischform von gF und ngF).
- die Ausbildungsform der Zufahrt (siehe Bild 3-1)
 - Anzahl der durchgehenden Fahrstreifen,
 - Anzahl der Aufstellstreifen.
- das Längenverhältnis der Aufstellstreifen (siehe Bild 3-1)
 - gleich lang,
 - ungleich lang.
- die Verkehrsstärkeanteile
 - Rechtsabbieger (RA),
 - Geradeausfahrende (G; ggf. G1 und G2),
 - Linksabbieger (LA).
- die Verkehrszusammensetzung
 - Pkw-Anteil,
 - Schwerverkehrsanteil.
- der Fahrzeugabfluss aus der Zufahrt
 - freier bzw. ungestörter Fahrzeugabfluss,
 - gestörter Fahrzeugabfluss.
- der Zeitbedarfswert auf den Fahrstreifen einer Zufahrt
 - gleicher Zeitbedarfswert,
 - ungleicher Zeitbedarfswert.
- Rückstauverhältnisse in der Zufahrt
 - dauerhaft rückgestauter Zustand (Zufluss zur Zufahrt),
 - nicht dauerhaft rückgestauter Zustand (Zufluss zur Zufahrt),
 - Rückstau in den Aufstellbereichen/Stauraumbereichen erstreckt sich während der Sperrzeit in jedem Umlauf bis über die Verzweigungsstellen der Zufahrt hinweg,
 - Rückstau in den Aufstellbereichen/Stauraumbereichen erstreckt sich während der Sperrzeit nicht in jedem Umlauf bis über die Verzweigungsstellen der Zufahrt hinweg.

Bei Entwicklung eines umfassenden analytischen Berechnungsverfahrens zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen ist es erforderlich, auf die zuvor genannten und gegebenenfalls darüber hinausgehend auf weitere Einflussgrößen einzugehen.

Wie in Unterabschnitt 3.5.9 bis 3.5.11 erläutert, nimmt besonders die Signalisierungsform maßgeblichen Einfluss auf den Verkehrsablauf und somit auf den Abfluss von Fahrzeugen aus lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen. Ein Vergleich des Verkehrsablaufs in Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen macht deutlich, dass sich dieser in Zufahrten bei „gleichzeitiger Freigabe (gF)“ wesentlich vom Verkehrsablauf in Zufahrten bei „nicht gleichzeitiger Freigabe (ngF)“ unterscheidet (siehe Ausführungen Unterabschnitt 3.5.9 und 3.5.10).

Die Signalisierungsform „überlappende Freigabe (üF)“ kann dabei vereinfachend als eine Mischform der beiden zuvor genannten Signalisierungsformen angesehen werden.

Die Entwicklung eines übergreifenden Berechnungsverfahrens, das sowohl für die „gleichzeitige Freigabe (gF)“, die „nicht gleichzeitige Freigabe (ngF)“ als auch für die „überlappende Freigabe (üF)“ angewendet werden kann, scheint vor diesem Hintergrund als nicht zielführend.

Vielmehr ist davon auszugehen, dass aufgrund prinzipieller Unterschiede im Verkehrsablauf zumindest für die beiden Signalisierungsformen „gleichzeitige Freigabe (gF)“ und „nicht gleichzeitige Freigabe (ngF)“ die Entwicklung eines eigenständigen analytischen Berechnungsverfahrens zur Ermittlung der Kapazität erforderlich ist und bei der Signalisierungsform „überlappende Freigabe“ eine Kombination dieser beiden Berechnungsverfahren zum Ansatz kommen könnte.

Im Rahmen der vorliegenden Dissertation wird ein analytisches Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen bei „gleichzeitiger Freigabezeit (gF)“ entwickelt. Auf die Signalisierungsformen „nicht gleichzeitige Freigabe (ngF)“ und „überlappende Freigabe (üF)“ wird im Rahmen der Entwicklung des analytischen Berechnungsverfahrens nicht eingegangen.

In Tabelle 4-1 ist eine Abgrenzung weiterer Einflussgrößen des Verkehrsablaufs vorgenommen worden, die bei der Entwicklung des analytischen Berechnungsverfahrens berücksichtigt werden und der Einflussgrößen, die bei der Entwicklung des analytischen Berechnungsverfahrens nicht berücksichtigt werden.

Einflussgröße	Abgrenzung der Dissertation: Berücksichtigung von Einflussgrößen des Verkehrsablaufs bei Entwicklung des analytischen Berechnungsverfahrens	
	berücksichtigt	nicht berücksichtigt
Signalisierungsform (siehe Bild 3-2)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ gleichzeitige Freigabe (gF) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ nicht gleichzeitige Freigabe (ngF) ▪ überlappende Freigabe (üF)
Ausbildungsform der Zufahrt (siehe Bild 3-1)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausbildungsform 1 ▪ Ausbildungsform 2 ▪ Ausbildungsform 3 	
Längenverhältnis der Aufstellstreifen (siehe Bild 3-1)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ gleich lang ▪ ungleich lang 	
Verkehrsstärkeanteil	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rechtsabbiegeanteil: $a_{RA} \leq 40\%$ ▪ Linksabbiegeanteil: $a_{LA} \leq 40\%$ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rechtsabbiegeanteil: $a_{RA} > 40\%$ ▪ Linksabbiegeanteil: $a_{LA} > 40\%$
Verkehrszusammensetzung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pkw-Anteil: $a_{Pkw} = 100\%^*$) ▪ SV-Anteil: $a_{SV} = 0\%^*$) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pkw-Anteil: $a_{Pkw} < 100\%$ ▪ SV-Anteil: $a_{SV} > 0\%$
Fahrzeugabfluss aus der Zufahrt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ freier bzw. ungestörter Fahrzeugabfluss 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ gestörter Fahrzeugabfluss
Zeitbedarfswert der Fahrstreifen einer Zufahrt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ gleicher Zeitbedarfswert: $t_{B,LA} = t_{B,G} = t_{B,RA}$ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ungleicher Zeitbedarfswert
Rückstauverhältnisse in der Zufahrt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ dauerhaft rückgestauter Zustand (Zufluss zur Zufahrt) ▪ Rückstau in den Aufstellbereichen erstreckt sich während der Sperrzeit in jedem Umlauf bis über die Verzweigungsstellen der Zufahrt hinweg 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ nicht dauerhaft rückgestauter Zustand (Zufluss zur Zufahrt) ▪ Rückstau in den Aufstellbereichen erstreckt sich während der Sperrzeit nicht in jedem Umlauf bis über die Verzweigungsstellen der Zufahrt hinweg (Sperrzeit zu kurz)
<p>^{*)} HBS-konformer Ansatz; im HBS, 2015¹⁵⁸ wird die Verkehrszusammensetzung im Kapitel S4: Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage über Anpassungsfaktoren (u. a. Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung des Schwerverkehrs: f_{sv}) bei Kapazitätsbetrachtungen berücksichtigt. Der SV-Anteil geht i.d.R. nicht direkt in die Berechnungsverfahren des HBS 2015 ein.</p>		

Tabelle 4-1: Abgrenzung Dissertation: Berücksichtigung von Einflussgrößen des Verkehrsablaufs bei Entwicklung des analytischen Berechnungsverfahrens, Quelle: Eigene Darstellung

¹⁵⁸ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015, S. S4-12, u.a. Formel S4-2, S4-5, S4-6

5 HERLEITUNG - ANALYTISCHES BERECHNUNGSVERFAHREN

5.1 FALLUNTERSCHIEDUNG

Beim Abfluss aus einer ständig überstauten lichtsignalgeregelten Zufahrt mit zusätzlichen Aufstellstreifen können sich bei der Signalisierungsform „gleichzeitige Freigabe (gF)“ in Abhängigkeit von der Länge der Freigabezeit (siehe auch Ausführungen in Unterabschnitt 3.5.9) die folgenden drei Fälle einstellen:

- Fall gFI: Alle Aufstellbereiche räumen vollständig,
- Fall gFII: Nur Aufstellbereiche hinter der haltliniennahen Verzweigungsstelle räumen vollständig,
- Fall gFIII: Kein Aufstellbereich räumt vollständig.

Bei der Herleitung eines analytischen Berechnungsverfahrens werden die zuvor genannten drei Fälle durch eine vorgenommene Fallunterscheidung im Berechnungsverfahren berücksichtigt.

Die drei Fälle (gFI bis gFIII) können wie folgt voneinander abgegrenzt werden:

- **Fall gFI: Alle Aufstellbereiche räumen vollständig**

Alle zum Ende der Sperrzeit (ROT-Zeit) in den Aufstellbereichen einer Zufahrt mit zusätzlichen Aufstellstreifen aufgestellten Fahrzeuge können in der anschließenden Freigabezeit (GRÜN-Zeit) und den beiden Übergangszeiten (ROT/GELB-Zeit und GELB-Zeit) des gleichen Umlaufs den Abflussquerschnitt passieren und aus der Zufahrt abfließen. Alle in den Aufstellbereichen der Zufahrt aufgestellten Fahrzeuge können in jedem Umlauf vollständig räumen.

- **Fall gFII: Nur Aufstellbereiche hinter der haltliniennahen Verzweigungsstelle räumen vollständig** – *nur bei Ausbildungsform 2 und 3 mit zwei ungleich langen Aufstellstreifen möglich*

Nur Fahrzeuge, die sich zum Ende der Sperrzeit (ROT-Zeit) in den hinter der haltliniennahen Verzweigungsstelle befindlichen Aufstellbereichen aufgestellt haben, können in jedem Umlauf die Zufahrt räumen, während die in den verbleibenden Aufstellbereichen aufgestellten Fahrzeuge nicht in jedem Umlauf vollständig räumen können. Dieser Fall liegt vor, wenn die folgenden beiden Bedingungen erfüllt sind:

- Die Freigabezeit (GRÜN-Zeit) je Umlauf ist lang genug, damit während dieser und der beiden Übergangszeiten (ROT/GELB-Zeit und GELB-Zeit) die Fahrzeuge, die sich in den Aufstellbereichen hinter der haltliniennahen Verzweigungsstelle während der Sperrzeit (ROT-Zeit) aufgestellt haben, vollständig am Abflussquerschnitt abfließen können.
- Die Freigabezeit (GRÜN-Zeit) je Umlauf ist jedoch nicht lang genug, damit während dieser und der beiden Übergangszeiten (ROT/GELB-Zeit und GELB-Zeit) alle Fahrzeuge, die sich in den verbleibenden Aufstellbereichen der Zufahrt aufgestellt haben, in jedem Umlauf vollständig am Abflussquerschnitt abfließen können.

- **Fall gFIII: Kein Aufstellbereich räumt vollständig**

In keinem Umlauf können alle Fahrzeuge, die sich während der Sperrzeit (ROT-Zeit) in den einzelnen Aufstellbereichen der Zufahrt aufgestellt haben, in jedem Umlauf vollständig abfließen. Bei Zufahrten mit ungleich langen Aufstellstreifen (Ausbildungsform 2 und 3) können weder alle Aufstellbereiche hinter der haltliniennahen Verzweigungsstelle noch hinter der haltlinienfernen Verzweigungsstelle in jedem Umlauf vollständig räumen.

In Bild 5-1 ist die Fallunterscheidung, die bei Herleitung des analytischen Berechnungsverfahrens zu berücksichtigen ist, am Beispiel einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit zwei ungleich langen Aufstellstreifen erläutert.

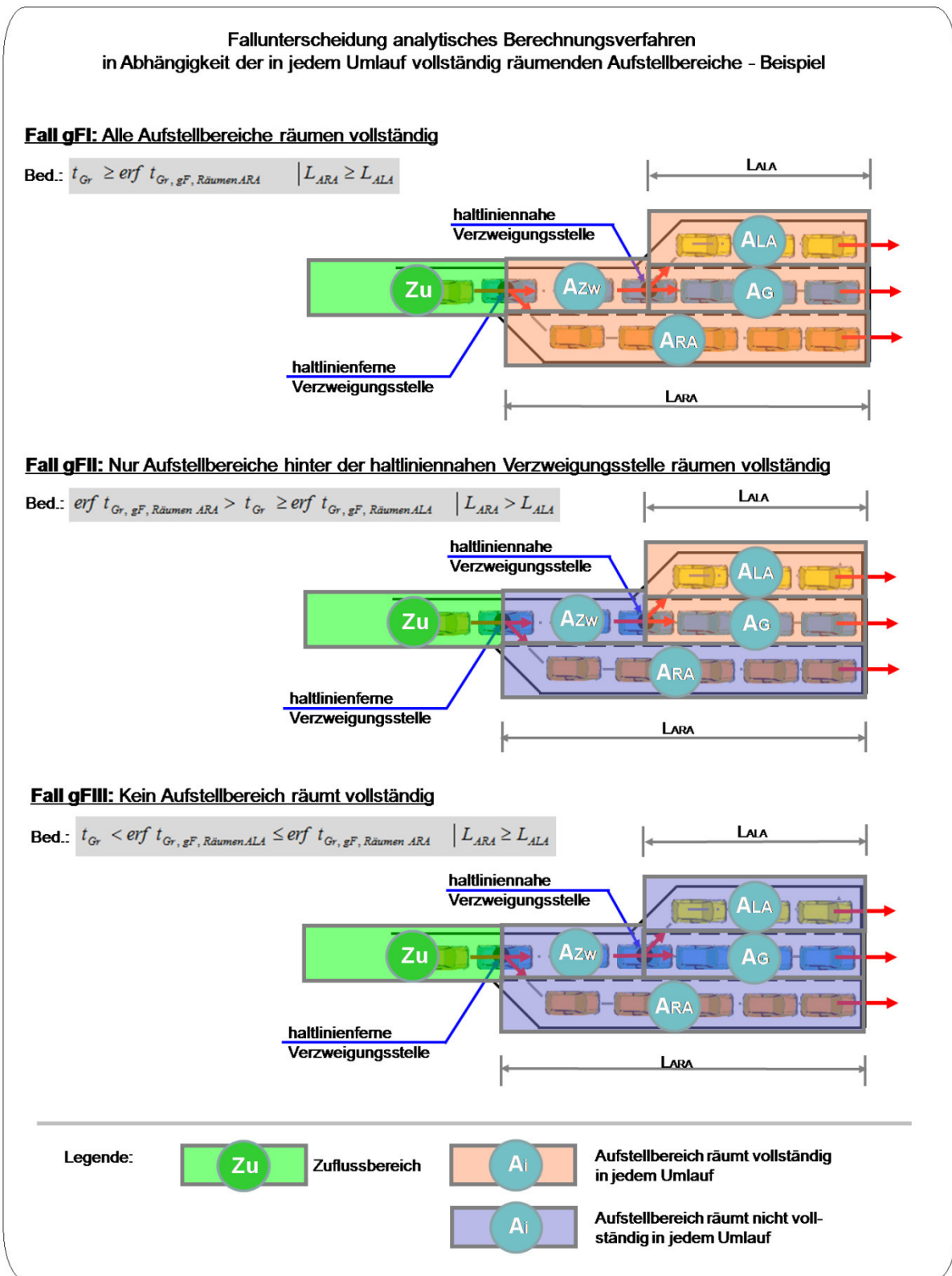


Bild 5-1: Fallunterscheidung analytisches Berechnungsverfahren in Abhängigkeit der in jedem Umlauf vollständig räumenden Aufstellbereiche – Beispiel, Quelle: Eigene Darstellung

5.2 HERLEITUNG BERECHNUNGSVERFAHREN

Die in Abschnitt 5.1 erläuterte Fallunterscheidung und die dort beschriebenen Fälle, die sich beim Abfluss aus einer Zufahrt mit zusätzlichen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabe (gF) einstellen können, werden bei der Herleitung des analytischen Berechnungsverfahrens durch Ansatz der Anwendungsfälle gFI, gFII und gFIII berücksichtigt.

Die Unterscheidung in die drei Anwendungsfälle ist erforderlich, da in Anwendungsfall gFII und Fall gFIII aufgrund der in den einzelnen Umläufen in den Aufstellbereichen verbleibenden Fahrzeuge nicht die volle Länge der Aufstellstreifen wirksam wird und dies maßgebenden Einfluss auf die Kapazität der Zufahrt hat.

5.2.1 ANWENDUNGSFALL GFI

Die Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabe (gF) hängt, wie einführend in diesem Kapitel beschrieben, maßgeblich von der Freigabezeit ab. Ist die Freigabezeit lang genug, damit alle in den Aufstellbereichen zum Ende der Sperrzeit aufgestellten Fahrzeuge vollständig in jedem Umlauf am Abflussquerschnitt abfließen können, so liegt der Anwendungsfall gFI – „Alle Aufstellstreifen räumen vollständig“ vor.

Wie in Bild 3-13 dargestellt, kann bei Vorliegen des Anwendungsfalls gFI der Zeitraum in dem die Fahrzeuge der Zufahrt mit zusätzlichen Aufstellstreifen abfließen können in die Zeitintervalle Räumzeit ($t_{Räumen}$) und freie Abflusszeit ($t_{freier\ Abfluss}$) unterteilt werden.

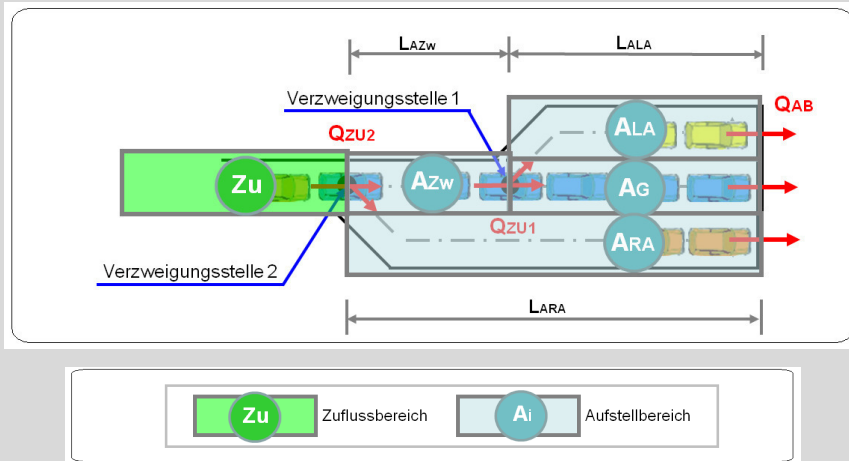
Entsprechend setzt sich bei Vorliegen des Anwendungsfalls gFI, wie in Gleichung 5-1 dargestellt, die Kapazität der lichtsignalgeregelten Zufahrt mit zusätzlichen Aufstellstreifen aus den Teilkapazitäten der beiden Zeitintervalle zusammen.

Allgemeine Kapazitätsformel zur Ermittlung der Kapazität am Abflussquerschnitt für den Anwendungsfall gFI – „Alle Aufstellbereiche räumen vollständig“	
Bed.:	$t_{Gr} \geq \max (erf t_{Gr, gF, Räumen Ai})$ (a)
Gesamtkapazität	
	$C_{AB, gF, Gesamt} = C_{AB, gF, Räumen} + C_{AB, gF, freier\ Abfluss}$ (b)
mit	Teilkapazität während der Räumzeit ($t_{Räumen}$):
	$C_{AB, gF, Räumen} = \sum n_{Ai} \quad (i = LA, G, RA, \dots)$ (c)
	$n_{Ai} = \frac{b_{Ai} * L_{Ai}}{l_{A, Kfz}} \quad (i = LA, G, RA, \dots)$ (d)
mit	Teilkapazität während der freien Abflusszeit ($t_{freier\ Abfluss}$):
	$C_{AB, gF, freier\ Abfluss} = (t_{Gr} - \max (erf t_{Gr, gF, Räumen Ai})) * \frac{q_{S, ZU}}{3600}$ (e)
Legende siehe Bild 5-2.	

Gleichung 5-1: Allgemeine Kapazitätsformel zur Ermittlung der Kapazität am Abflussquerschnitt für den Anwendungsfall gFI – Alle Aufstellbereiche räumen vollständig, Quelle: Eigene Darstellung

In Gleichung 5-2 und Gleichung 5-3 wird die in Gleichung 5-1 eingeführte allgemeine Kapazitätsformel für den Anwendungsfall gFI für verschiedene Ausbildungsformen einer Zufahrt mit zusätzlichen Aufstellstreifen (vgl. Bild 3-1) weiter angepasst.

Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 1 und 2 für den Anwendungsfall gFI – „Alle Aufstellbereiche räumen vollständig“



Bed.: $t_{Gr} \geq \text{erf } t_{Gr, gF, R\u00e4umen ARA} \quad | \quad L_{ARA} \geq L_{ALA}$ (a)

mit $\text{erf } t_{Gr, gF, R\u00e4umen ARA} = \left(\frac{L_{ARA}}{l_{A, Kfz}} - n_{RG} - n_{Ge} \right) * t_B(t)$ (b)

Gesamtkapazität:

$C_{AB, gF, Gesamt} = C_{AB, gF, R\u00e4umen} + C_{AB, gF, freier Abfluss}$ (c)

mit Teilkapazität w\u00e4hrend der R\u00e4umzeit ($t_{R\u00e4umen}$):

$C_{AB, gF, R\u00e4umen} = \sum n_{Ai} = n_{ALA} + n_{AG} + n_{ARA} + n_{AZw}$ (d)

$n_{Ai} = \frac{b_{Ai} * L_{Ai}}{l_{A, Kfz}} \quad (i = LA, G, RA, Zw)$ (e)

mit Teilkapazität w\u00e4hrend der freien Abflusszeit ($t_{freier Abfluss}$):

$C_{AB, gF, freier Abfluss} = \left(t_{Gr} - \text{erf } t_{Gr, gF, R\u00e4umen ARA} \right) * \frac{q_{S, ZU2}}{3600}$ (f)

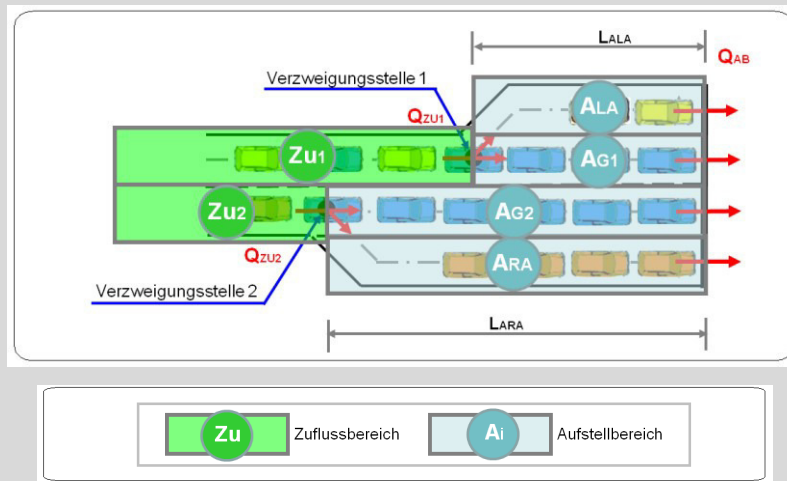
Anmerkungen:

- Eine Zufahrt der Ausbildungsform 1 ist ein Sonderfall von Ausbildungsform 2 mit $L_{ALA}=0$ bzw. $L_{ARA}=0$,
- Eine Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_{ALA}=L_{ARA}$ ist ein Sonderfall der oben dargestellten Zufahrt mit $L_{AZw}=0$,
- F\u00fcr den Fall $L_{ALA} > L_{ARA}$ m\u00fcssen bei Anwendung des obigen Berechnungsansatzes die Eingangsgr\u00f6\u00dfen des LA durch die des RA getauscht werden und umgekehrt (spiegelverkehrte Anwendung des oben dargestellten Berechnungsverfahrens).

Legende siehe Bild 5-2.

Gleichung 5-2: Kapazit\u00e4t einer Zufahrt der Ausbildungsform 1 und 2 f\u00fcr den Anwendungsfall gFI, Quelle: Eigene Darstellung

Mögliche Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 3
für den Anwendungsfall gFI – „Alle Aufstellbereiche räumen vollständig“



$$\text{Bed.: } t_{Gr} \geq \max(\text{erf } t_{Gr, gF, \text{Räumen } ALA+AG1}; \text{erf } t_{Gr, gF, \text{Räumen } AG2+ARA}) \quad (\text{a})$$

$$\text{mit } \text{erf } t_{Gr, gF, \text{Räumen } ALA+AG1} = \left(\frac{L_{AG1}}{l_{A, Kfz}} - n_{RG} - n_{Ge} \right) * t_B(t) \quad | \quad L_{AG1} = L_{ALA} \quad (\text{b})$$

$$\text{mit } \text{erf } t_{Gr, gF, \text{Räumen } AG2+ARA} = \left(\frac{L_{AG2}}{l_{A, Kfz}} - n_{RG} - n_{Ge} \right) * t_B(t) \quad | \quad L_{AG2} = L_{ARA} \quad (\text{c})$$

Mögliche Gesamtkapazität:

$$\text{mögl. } C_{AB, gF, \text{Gesamt}} = C_{AB, gF, \text{Fs.LA+G1}} + C_{AB, gF, \text{Fs.G2+RA}} \quad (\text{d})$$

$$C_{AB, gF, \text{Fs.LA+G1}} = C_{AB, gF, \text{Räumen } ALA+AG1} + C_{AB, gF, \text{freier Abfluss } Fs.LA+G1} \quad (\text{e})$$

$$C_{AB, gF, \text{Fs.G2+RA}} = C_{AB, gF, \text{Räumen } AG2+ARA} + C_{AB, gF, \text{freier Abfluss } Fs.G2+RA} \quad (\text{f})$$

mit Teilkapazitäten während der Räumzeiten ($t_{\text{Räumen}}$):

$$C_{AB, gF, \text{Räumen } ALA+AG1} = \sum n_{Ai} = n_{ALA} + n_{AG1} \quad (\text{g})$$

$$C_{AB, gF, \text{Räumen } AG2+ARA} = \sum n_{Ai} = n_{AG2} + n_{ARA} \quad (\text{h})$$

mit Teilkapazitäten während der freien Abflusszeiten ($t_{\text{freier Abfluss}}$):

$$C_{AB, gF, \text{freier Abfluss } Fs.LA+G1} = \left(t_{Gr} - \text{erf } t_{Gr, gF, \text{Räumen } ALA+AG1} \right) * \frac{q_{S, ZU1}}{3600} \quad (\text{i})$$

$$C_{AB, gF, \text{freier Abfluss } Fs.G2+RA} = \left(t_{Gr} - \text{erf } t_{Gr, gF, \text{Räumen } AG2+ARA} \right) * \frac{q_{S, ZU2}}{3600} \quad (\text{j})$$

Legende siehe Bild 5-2.

Gleichung 5-3: Mögliche Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 3 für den Anwendungsfall gFI, Quelle: Eigene Darstellung

Legende zu Gleichung 5-1, Gleichung 5-2 und Gleichung 5-3	
b_{Ai}	Mittlerer Belegungsgrad des Aufstellbereichs A_i zum Sperrzeitende, [-]
$C_{AB, gF, Gesamt}$	Kapazität am Abflussquerschnitt, [Kfz/U]
$C_{AB, gF, Räumen}$	Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der Räumzeit, [Kfz/U]
$C_{AB, gF, freier Abfluss}$	Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der freien Abflusszeit, [Kfz/U]
$C_{AB, gF, Fs. k+l}$	Kapazität am Abflussquerschnitt auf den Fahrstreifen k und l , [Kfz/U]
$C_{AB, gF, Räumen A_i+A_j}$	Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der Räumzeit durch das Räumen der Aufstellbereiche A_i und A_j , [Kfz/U]
mögl. $C_{AB, gF, Gesamt}$	Mögliche Kapazität am Abflussquerschnitt, [Kfz/U]
l_A, Kfz	Mittlere Aufstelllänge eines Kraftfahrzeugs, [m/Kfz]
L_{Ai}	Länge des Aufstellbereichs A_i ($i=RA, LA, G, Zw, \dots$), [m]
n_{Ai}	Mittlere Anzahl der im Aufstellbereich (A_i) am Sperrzeitende aufgestellten Fahrzeuge ($i=RA, LA, G, Zw, \dots$), [Kfz/U]
n_{Ge}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GELB-Zeit (Übergangszeit 2), [Kfz/U]
n_{RG}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der ROT/GELB-Zeit (Übergangszeit 1), [Kfz/U]
t_B	Zeitbedarfswert, [s/Kfz]
t_{Gr}	Freigabezeit (GRÜN-Zeit), [s]
erf. $t_{Gr, gF, Räumen A_i}$	Erforderliche Freigabezeit (GRÜN-Zeit) pro Umlauf für das vollständige Räumen des Aufstellbereichs A_i der Zufahrt, [s]
q_S, ZU_i	Sättigungsverkehrsstärke am Zuflussquerschnitt i , [Kfz/h]

Bild 5-2: Legende zu Gleichung 5-1, Gleichung 5-2 und Gleichung 5-3, Quelle: Eigene Darstellung

In Zufahrten der Ausbildungsform 1 und 2 werden die Verkehrsströme einer Fahrtrichtung auf einem eigenen Fahrstreifen oder zusammen mit einem anderen Verkehrsstrom auf einem Mischfahrstreifen geführt. Das heißt die Verkehrsströme können nur einen Fahrstreifen der Zufahrt nutzen, um den Abflussquerschnitt zu passieren. Die Verkehrsstärkeanteile der einzelnen Fahrstreifen sind entsprechend vorgegeben.

In Zufahrten der Ausbildungsform 3 sind dagegen in der Mitte zwei durchgehende Fahrstreifen der gleichen Fahrtrichtung (i.d.R. Geradeausfahrstreifen) angeordnet. Die Tatsache, dass die Verkehrsströme auf den mittleren Fahrstreifen wahlweise einen der beiden Fahrstreifen nutzen können, um den Abflussquerschnitt zu passieren, kann sich in Abhängigkeit vom Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer und den örtlichen Randbedingungen sowohl kapazitätssteigernd als auch kapazitätsmindernd auf die Kapazität der Zufahrt auswirken:

- Kapazitätssteigernde Einflüsse: Zwischen den beiden durchgehenden Fahrstreifen einer Fahrtrichtung können Spurwechselvorgänge stattfinden. Durch Spurwechselvorgänge haben Verkehrsteilnehmer die Möglichkeit auftretende Blockaden in der Zufahrt zu umfahren, um in dahinterliegende „freie Aufstellbereiche“ einzufahren. Das „Umfahren vorhandener Blockaden“ kann sich kapazitätssteigernd auswirken, da während der

Räumzeit (vgl. Gleichung 5-3 (g) und Gleichung 5-3 (h)) im Mittel mehr Kraftfahrzeuge am Abflussquerschnitt abfließen können.

- Kapazitätsmindernde Einflüsse: Stehen in einer Zufahrt mehr als ein Fahrstreifen für eine Fahrtrichtung zur Verfügung, so können die Verkehrsteilnehmer entscheiden, welchen der beiden Fahrstreifen sie nutzen wollen. In der Praxis tritt vereinzelt der Fall auf, dass benachbarte Fahrstreifen in einer Knotenpunktzufahrt sehr ungleichmäßig genutzt werden. Während der eine Fahrstreifen z. B. voll ausgelastet ist, kann es vorkommen, dass der parallel verlaufende Fahrstreifen gemieden bzw. kaum genutzt wird. Dies kann vielfältige Gründe haben, so z.B. lokale Besonderheiten, wie eine Fahrstreifenreduktion in der Knotenpunktausfahrt. Eine ungleichmäßige Auslastung der Fahrstreifen einer Fahrtrichtung kann sich mindernd auf die Kapazität der Zufahrt auswirken.

Bei dem in Gleichung 5-3 dargestellten Berechnungsverfahren wird vereinfachend davon ausgegangen, dass die mögliche Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 3 (= 2 durchgehende Fahrstreifen + 2 zusätzliche Aufstellstreifen), der Kapazität von zwei Zufahrten der Ausbildungsform 1 (jeweils 1 durchgehender Fahrstreifen + 1 zusätzlicher Aufstellstreifen) entspricht, in die die Zufahrt der Ausbildungsform 3 unterteilt werden kann. Die Summe der Kapazität der beiden Zufahrten der Ausbildungsform 1 entspricht hier vereinfachend der „möglichen Kapazität“ der Zufahrt der Ausbildungsform 3 (vgl. Gleichung 5-3 (d)).

Hier ist anzumerken, dass nach Gleichung 5-3 für Zufahrten der Ausbildungsform 3 nur eine **mögliche** Kapazität berechnet werden kann. Die erreichbare bzw. tatsächliche Kapazität einer lichtsignalgeregelten Zufahrt mit zusätzlichen Aufstellstreifen der Ausbildungsform 3 kann von der hier berechneten möglichen Kapazität abweichen, da dieser Berechnungsansatz auf vereinfachenden Annahmen beruht, so u. a.:

- Im realen Verkehrsablauf stattfindende Spurwechselforgänge von Fahrzeugen zwischen den beiden durchgehenden Geradeausfahrstreifen der Zufahrt werden vernachlässigt. Kapazitätserhöhende Spurwechselforgänge (besonders bei Vorliegen einer Blockade verursacht durch Fahrzeuge eines Aufstellstreifens) werden in diesem Berechnungsverfahren nicht berücksichtigt.
- Die Verkehrsstärkeanteile auf den beiden Geradeausfahrstreifen der Zufahrt müssen von dem Anwender des Berechnungsverfahrens nach Gleichung 5-3 im Vorfeld abgeschätzt werden. Im realen Verkehrsgeschehen können sich situativ andere Verkehrsstärkeanteile einstellen (siehe vorangegangene Ausführungen), die maßgeblichen Einfluss auf die Kapazität nehmen können.

5.2.2 ANWENDUNGSFALL gFII

Bei Zufahrten der Ausbildungsform 2 und 3 mit zwei ungleich langen Aufstellstreifen kann, wie einführend in Abschnitt 5.1 erläutert, der Fall eintreten, dass aufgrund der Freigabezeit nur Fahrzeuge, die sich zum Sperrzeitende in den hinter der haltliniennahen Verzweigungsstelle befindlichen Aufstellbereichen aufgestellt haben, die Zufahrt in jedem Umlauf vollständig räumen können. Wohingegen die in den verbleibenden Aufstellbereichen der Zufahrt aufgestellten Fahrzeuge aufgrund einer zu kurzen Freigabezeit z. T. nicht in jedem Umlauf die Zufahrt vollständig räumen können.

Für den Anwendungsfall gFII – „Nur Aufstellbereiche hinter der haltliniennahen Verzweigungsstelle räumen vollständig“ sind die in Gleichung 5-2 und Gleichung 5-3 für den Anwendungsfall gFI – „Alle Aufstellbereiche räumen vollständig“ ermittelten Berechnungsansätze für den hier vorliegenden Anwendungsfall weiterentwickelt und angepasst worden.

Die Anpassung der beiden Berechnungsansätze erfolgt dahingehend, dass die betroffenen Aufstellbereiche der Zufahrt, die rein theoretisch nicht in jedem Umlauf vollständig räumen können, statt mit der tatsächlichen Länge der Aufstellbereiche nur mit der „Wirksamen Länge des Aufstellbereichs“ (fiktive Länge als Hilfsgröße) in den beiden Berechnungsansätzen berücksichtigt werden.

Durch Ansatz der Hilfsgröße „Wirksame Länge des Aufstellbereichs“ (als fiktive Länge) können die für den Anwendungsfall gFI entwickelten Berechnungsansätze nach Gleichung 5-2 und Gleichung 5-3 in angepasster Form ebenfalls für den Anwendungsfall gFII angewendet werden.

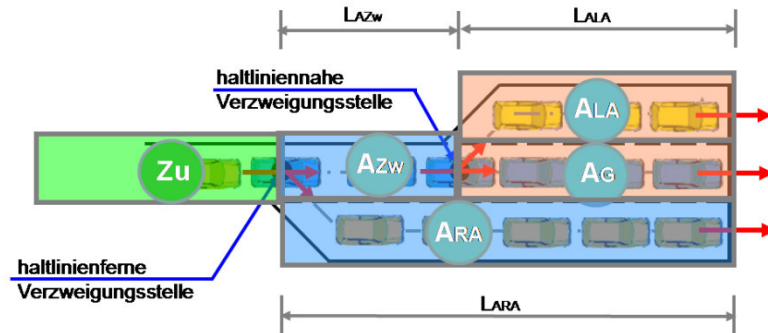
In Bild 5-3 ist beispielhaft für Anwendungsfall gFII eine Abgrenzung der wirksamen Bereiche der Aufstellbereiche, als fiktiver Teil der jeweiligen Aufstellbereiche, vorgenommen worden. Der wirksame Bereich mit der zugehörigen fiktiven Länge: „Wirksamen Länge des Aufstellbereichs“ (Hilfsgröße) entspricht dem Anteil des jeweiligen Aufstellbereichs, der in jedem Umlauf vollständig räumen kann und somit zur Schaffung der Kapazität beiträgt.

In Gleichung 5-4 und Gleichung 5-5 sind für Zufahrten der Ausbildungsform 2 und 3 die angepassten Berechnungsansätze für den Anwendungsfall gFII – „Nur Aufstellbereiche hinter der haltliniennahen Verzweigungsstelle räumen vollständig“ dargestellt.

Analog zu Gleichung 5-3 kann mit dem in Gleichung 5-5 dargestellten Berechnungsansatz für Zufahrten der Ausbildungsform 3 nur eine mögliche Kapazität berechnet werden, da in diesem Berechnungsansatz vereinfachende Annahmen u.a. bezüglich der Spurwechselfvorgänge getroffen werden (diesbezügliche Ausführungen in Unterabschnitt 5.2.1 sind hier ebenfalls zutreffend).

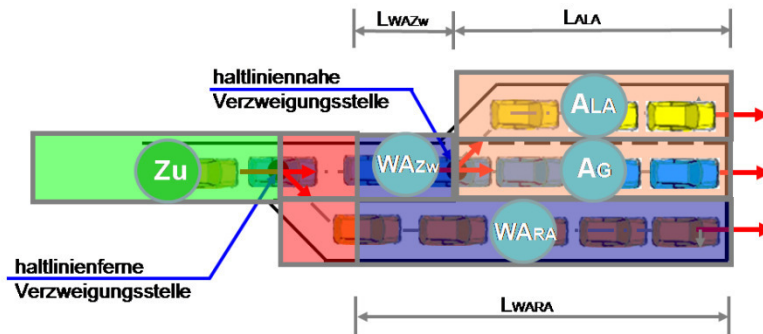
Abgrenzung des wirksamen Bereichs einzelner Aufstellbereiche für den Anwendungsfall gFII durch Ansatz der Hilfsgröße „Wirksame Länge des Aufstellbereichs“
- einführendes Beispiel

Aufstellbereiche in einer Zufahrt – Anwendungsfall gFII:



Ansatz der fiktiven Länge: „Wirksame Länge des Aufstellbereichs“ zur Abgrenzung des wirksamen Bereichs des betrachteten Aufstellbereichs, der als fiktiver Teil des Aufstellbereichs in jedem Umlauf räumen kann. Die Abgrenzung wird nur für die Aufstellbereiche vorgenommen, die nicht vollständig in jedem Umlauf räumen können.

Abgrenzung des wirksamen Bereichs einzelner Aufstellbereiche:



Legende:

Zu Zuflussbereich

Nicht wirksamer Bereich des Aufstellbereichs Ai (fiktive Größe) – räumt nicht während eines Umlaufs

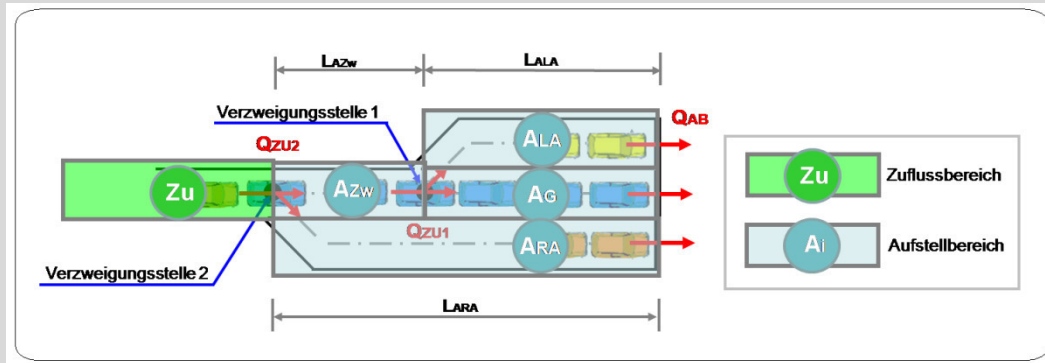
Ai Aufstellbereich räumt vollständig in jedem Umlauf

Ai Aufstellbereich räumt nicht vollständig in jedem Umlauf

WAi Wirksamer Bereich des Aufstellbereichs Ai (fiktive Größe) – räumt vollständig in jedem Umlauf

Bild 5-3: Abgrenzung des wirksamen Bereichs einer Zufahrt für den Anwendungsfall gFII durch Ansatz der Hilfsgröße „Wirksame Länge des Aufstellbereichs“,
Quelle: Eigene Darstellung

Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_{ARA} \neq L_{ALA}$ für den Anwendungsfall gFII – „Nur Aufstellbereiche hinter der haltliniennahen Verzweigungsstelle räumen vollständig“



Bed.: $erf t_{Gr, gF, Räumen\ ARA} > t_{Gr} \geq erf t_{Gr, gF, Räumen\ ALA} \quad | \quad L_{ARA} > L_{ALA}$ (a)

mit $erf t_{Gr, gF, Räumen\ Ai} = \left(\frac{L_{Ai}}{l_{A, Kfz}} - n_{RG} - n_{Ge} \right) * t_B(t) \quad (i = RA, LA)$ (b)

Hilfsgrößen:

$$L_{WARA} = \left(\frac{t_{Gr}}{t_B(t)} + n_{RG} + n_{Ge} \right) * l_{A, Kfz} \quad (c)$$

$$L_{WAZw} = L_{WARA} - L_{AG} \quad (d)$$

Gesamtkapazität

$$C_{AB, gF, Gesamt} = C_{AB, gF, Räumen} + C_{AB, gF, freier\ Abfluss} \quad (e)$$

mit Teilkapazität während der Räumzeit ($t_{Räumen}$):

$$C_{AB, gF, Räumen} = n_{ALA} + n_{AG} + n_{ARA} * \frac{L_{WARA}}{L_{ARA}} + n_{AZw} * \frac{L_{WAZw}}{L_{AZw}} \quad (f)$$

$$n_{Ai} = \frac{b_{Ai} * L_{Ai}}{l_{A, Kfz}} \quad (i = LA, G, RA, Zw) \quad (g)$$

mit Teilkapazität während der freien Abflusszeit ($t_{freier\ Abfluss}$):

$$C_{AB, gF, freier\ Abfluss} = 0 \quad (h)$$

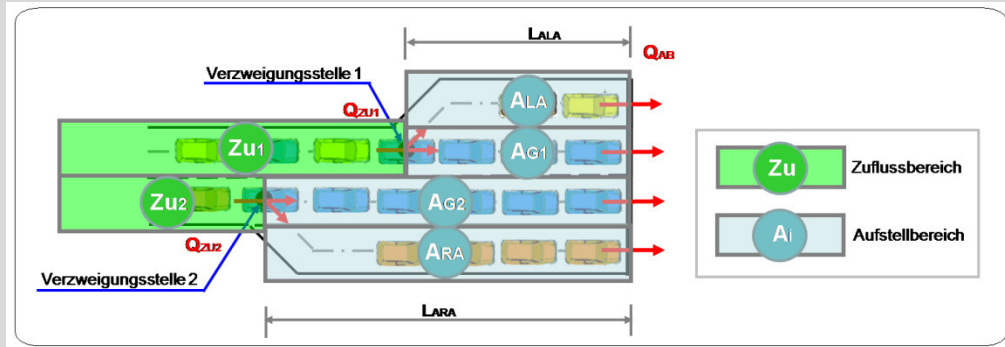
Anmerkung:

- Für den Fall $L_{ALA} > L_{ARA}$ müssen bei Anwendung des obigen Berechnungsansatzes die Eingangsgrößen des LA durch die des RA getauscht werden und umgekehrt (spiegelverkehrte Anwendung des oben dargestellten Berechnungsansatzes).

Legende siehe Bild 5-4

Gleichung 5-4: Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 für den Anwendungsfall gFII, Quelle: Eigene Darstellung

Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 3 mit $L_{ARA} \neq L_{ALA}$ für den Anwendungsfall gFII
 – „Nur Aufstellbereiche hinter der haltliniennahen Verzweigungsstelle räumen vollständig“



$$\text{Bed.: } \text{erf } t_{Gr, gF, \text{Räumen } AG2+ARA} > t_{Gr} \geq \text{erf } t_{Gr, gF, \text{Räumen } ALA+AG1} \quad | \quad L_{ARA} > L_{ALA} \quad (\text{a})$$

$$\text{mit } \text{erf } t_{Gr, gF, \text{Räumen } ALA+AG1} = \left(\frac{L_{AG1}}{l_{A, Kfz}} - n_{RG} - n_{Ge} \right) * t_B(t) \quad | \quad L_{AG1} = L_{ALA} \quad (\text{b})$$

$$\text{mit } \text{erf } t_{Gr, gF, \text{Räumen } ARA+AG2} = \left(\frac{L_{AG2}}{l_{A, Kfz}} - n_{RG} - n_{Ge} \right) * t_B(t) \quad | \quad L_{AG2} = L_{ARA} \quad (\text{c})$$

Hilfsgrößen:

$$L_{WARA} = L_{WAG2} = \left(\frac{t_{Gr}}{t_B(t)} + n_{RG} + n_{Ge} \right) * l_{A, Kfz} \quad (\text{d})$$

Mögliche Gesamtkapazität

$$\text{mögl. } C_{AB, gF, \text{Gesamt}} = C_{AB, gF, \text{Fs.LA+G1}} + C_{AB, gF, \text{Fs.G2+RA}} \quad (\text{e})$$

mit Kapazität des durchgehenden Fahrstreifens G1 und des Aufstellstreifens LA

$$C_{AB, gF, \text{Fs.LA+G1}} = C_{AB, gF, \text{Räumen } ALA+AG1} + C_{AB, gF, \text{freier Abfluss Fs.LA+G1}} \quad (\text{f})$$

$$C_{AB, gF, \text{Räumen } ALA+AG1} = \sum n_{Ai} = n_{ALA} + n_{AG1} \quad (\text{g})$$

$$C_{AB, gF, \text{freier Abfluss Fs.LA+G1}} = (t_{Gr} - \text{erf } t_{Gr, gF, \text{Räumen } ALA+AG1}) * q_{S, ZU1} / 3600 \quad (\text{h})$$

mit Kapazität des durchgehenden Fahrstreifens G2 und des Aufstellstreifens RA

$$C_{AB, gF, \text{Fs.G2+RA}} = C_{AB, gF, \text{Räumen } AG2+ARA} + 0 \quad (\text{i})$$

$$C_{AB, gF, \text{Räumen } AG2+ARA} = n_{AG2} * \frac{L_{WAG2}}{L_{AG2}} + n_{ARA} * \frac{L_{WARA}}{L_{ARA}} \quad (\text{j})$$

Anmerkung:

- Für den Fall $L_{ALA} > L_{ARA}$ müssen bei Anwendung des obigen Berechnungsansatzes die Eingangsgrößen des LA bzw. G1 durch die des RA bzw. G2 getauscht werden und umgekehrt (spiegelverkehrte Anwendung des oben dargestellten Berechnungsansatzes).

Legende siehe Bild 5-4

Gleichung 5-5: Mögliche Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 3 für den Anwendungsfall gFII, Quelle: Eigene Darstellung

Legende zu Gleichung 5-4 und Gleichung 5-5	
b_{A_i}	Mittlerer Belegungsgrad des Aufstellbereichs A_i zum Sperrzeitende, [-]
$C_{AB, gF, \text{Gesamt}}$	Kapazität am Abflussquerschnitt, [Kfz/U]
$C_{AB, gF, \text{Fs. k+l}}$	Kapazität am Abflussquerschnitt auf den Fahrstreifen k und l, [Kfz/U]
$C_{AB, gF, \text{freier Abfluss}}$	Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der freien Abflusszeit, [Kfz/U]
$C_{AB, gF, \text{freier Abfluss, Fs. k+l}}$	Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der freien Abflusszeit auf den Fahrstreifen k und l, [Kfz/U]
$C_{AB, gF, \text{Räumen}}$	Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der Räumzeit, [Kfz/U]
$C_{AB, gF, \text{Räumen } A_i+A_j}$	Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der Räumzeit durch das Räumen der Aufstellbereiche A_i und A_j , [Kfz/U]
mögl. $C_{AB, gF, \text{Gesamt}}$	Mögliche Kapazität am Abflussquerschnitt, [Kfz/U]
l_A, Kfz	Mittlere Aufstelllänge eines Kraftfahrzeugs, [m/Kfz]
L_{A_i}	Länge des Aufstellbereichs A_i ($i=RA, LA, G, Zw, \dots$), [m]
L_{WA_i}	Wirksame Länge des Aufstellbereichs A_i ($i=RA, LA, G, Zw, \dots$), [m]
n_{A_i}	Mittlere Anzahl der im Aufstellbereich (A_i) am Sperrzeitende aufgestellten Fahrzeuge ($i=RA, LA, G, Zw, \dots$), [Kfz/U]
n_{Ge}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GELB-Zeit (Übergangszeit 2), [Kfz/U]
n_{RG}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der ROT/GELB-Zeit (Übergangszeit 1), [Kfz/U]
t_B	Zeitbedarfswert, [s/Kfz]
t_{Gr}	Freigabezeit (GRÜN-Zeit), [s]
erf. $t_{Gr, gF, \text{Räumen } A_i}$	Erforderliche Freigabezeit (GRÜN-Zeit) pro Umlauf für das vollständige Räumen des Aufstellbereichs A_i der Zufahrt, [s]
erf. $t_{Gr, gF, \text{Räumen } A_i+A_j}$	Erforderliche Freigabezeit (GRÜN-Zeit) pro Umlauf für das vollständige Räumen des Aufstellbereichs A_i und A_j der Zufahrt, [s]
q_{S, ZU_i}	Sättigungsverkehrsstärke am Zuflussquerschnitt i, [Kfz/h]

Bild 5-4: Legende zu Gleichung 5-4 und Gleichung 5-5,
Quelle: Eigene Darstellung

5.2.3 ANWENDUNGSFALL GFIII

Können in Zufahrten mit gleich langen Aufstellstreifen in keinem Umlauf alle Fahrzeuge, die sich während der Sperrzeit (ROT-Zeit) in den Aufstellbereichen der Zufahrt aufgestellt haben, während eines Umlaufs vollständig abfließen. Bzw. können in Zufahrten mit ungleich langen Aufstellstreifen (Ausbildungsform 2 und 3) weder alle Aufstellbereiche hinter der haltliniennahen Verzweigungsstelle noch hinter der haltlinienfernen Verzweigungsstelle in jedem Umlauf vollständig räumen, so liegt der Anwendungsfall gFIII – „Kein Aufstellbereich räumt vollständig“ vor.

Für den Anwendungsfall gFIII – „Kein Aufstellbereich räumt vollständig“ sind die in Gleichung 5-2 und Gleichung 5-3 für den Anwendungsfall gFI – „Alle Aufstellbereiche räumen vollständig“ ermittelten Berechnungsansätze für den hier vorliegenden Anwendungsfall weiterentwickelt und angepasst worden.

Die Anpassung der beiden Berechnungsansätze erfolgt dahingehend, dass die Aufstellbereiche der Zufahrt statt mit der tatsächlichen Länge der Aufstellbereiche nur mit der „Wirksamen Länge des Aufstellbereichs“ (fiktive Länge als Hilfsgröße) in den Berechnungsansätzen berücksichtigt werden.

Durch Ansatz der Hilfsgröße „Wirksame Länge des Aufstellbereichs“ (als fiktive Länge) können die für den Anwendungsfall gFI entwickelten Berechnungsansätze nach Gleichung 5-2 und Gleichung 5-3 in angepasster Form ebenfalls für den Anwendungsfall gFIII angewendet werden.

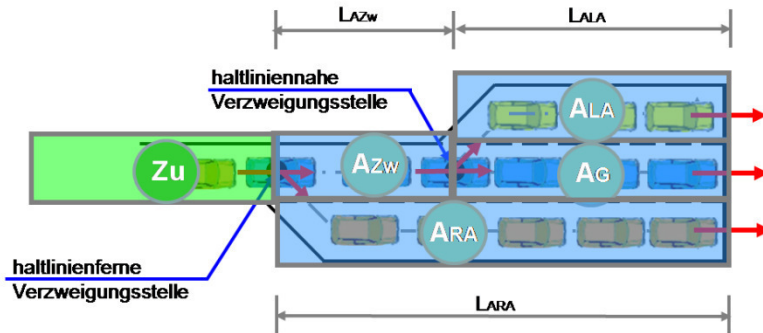
In Bild 5-5 ist beispielhaft für Anwendungsfall gFIII eine Abgrenzung der wirksamen Bereiche der Aufstellbereiche, als fiktiver Teil der jeweiligen Aufstellbereiche, vorgenommen worden. Der wirksame Bereich mit der zugehörigen fiktiven Länge: „Wirksamen Länge des Aufstellbereichs“ (Hilfsgröße) entspricht dem Anteil des jeweiligen Aufstellbereichs, der in jedem Umlauf vollständig räumen kann und somit zur Schaffung der Kapazität beiträgt.

In Gleichung 5-6 und Gleichung 5-7 sind für Zufahrten der Ausbildungsform 2 und 3 die angepassten Berechnungsansätze für den Anwendungsfall gFIII – „Kein Aufstellbereich räumt vollständig“ dargestellt.

Analog zu Gleichung 5-3 kann mit dem in Gleichung 5-7 dargestellten Berechnungsansatz für Zufahrten der Ausbildungsform 3 nur eine mögliche Kapazität berechnet werden, da in diesem Berechnungsansatz vereinfachende Annahmen u. a. bezüglich der Spurwechselforgänge getroffen wurde (diesbezügliche Ausführungen in Unterabschnitt 5.2.1 sind hier ebenfalls zutreffend).

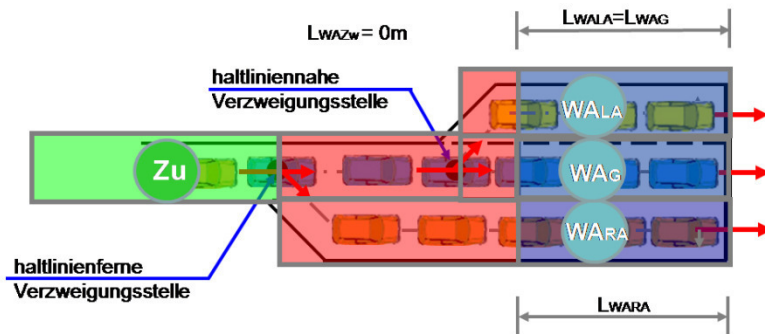
Abgrenzung des wirksamen Bereichs einzelner Aufstellbereiche für den Anwendungsfall gFIII durch Ansatz der Hilfsgröße „Wirksame Länge des Aufstellbereichs“
- einführendes Beispiel

Aufstellbereiche in einer Zufahrt – Anwendungsfall gFIII:



Ansatz der fiktiven Länge: „Wirksame Länge des Aufstellbereichs“ zur Abgrenzung des wirksamen Bereichs des betrachteten Aufstellbereichs, der als fiktiver Teil des Aufstellbereichs in jedem Umlauf räumen kann. Die Abgrenzung wird nur für die Aufstellbereiche vorgenommen, die nicht vollständig in jedem Umlauf räumen können.

Abgrenzung des wirksamen Bereichs einzelner Aufstellbereiche:



Legende:



Zuflussbereich



Nicht wirksamer Bereich des Aufstellbereichs A_i (fiktive Größe) – räumt nicht während eines Umlaufs



Aufstellbereich räumt vollständig in jedem Umlauf



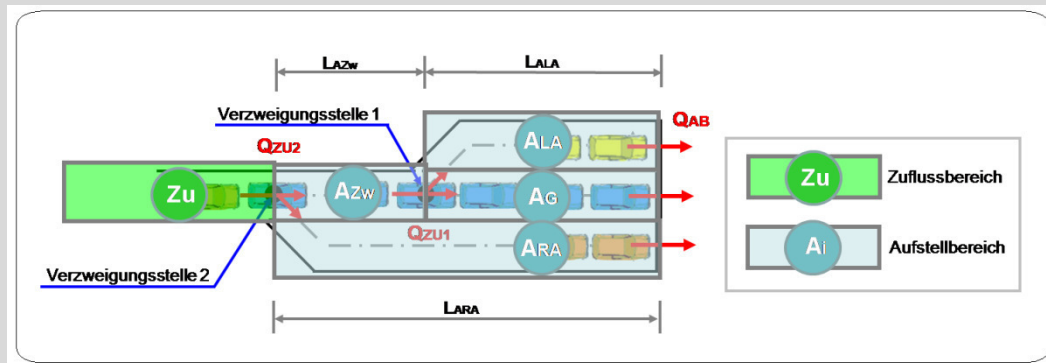
Aufstellbereich räumt nicht vollständig in jedem Umlauf



Wirksamer Bereich des Aufstellbereichs A_i (fiktive Größe) – räumt vollständig in jedem Umlauf

Bild 5-5: Abgrenzung des wirksamen Bereichs einer Zufahrt für den Anwendungsfall gFIII durch Ansatz der Hilfsgröße „Wirksame Länge des Aufstellbereichs“,
Quelle: Eigene Darstellung

Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 2
für den Anwendungsfall gFIII – „Kein Aufstellbereich räumt vollständig“



$$\text{Bed.: } t_{Gr} < \text{erf } t_{Gr, gF, R\u00e4umen ALA} \leq \text{erf } t_{Gr, gF, R\u00e4umen ARA} \quad | \quad L_{ARA} \geq L_{ALA} \quad (\text{a})$$

$$\text{mit } \text{erf } t_{Gr, gF, R\u00e4umen ALA} = \left(\frac{L_{ALA}}{l_{A, Kfz}} - n_{RG} - n_{Ge} \right) * t_B(t) \quad (\text{b})$$

$$\text{mit } \text{erf } t_{Gr, gF, R\u00e4umen ARA} = \left(\frac{L_{ARA}}{l_{A, Kfz}} - n_{RG} - n_{Ge} \right) * t_B(t) \quad (\text{c})$$

Hilfsgr\u00f6\u00dfen:

$$L_{WALA} = L_{WAG} = L_{WARA} = \left(\frac{t_{Gr}}{t_B(t)} + n_{RG} + n_{Ge} \right) * l_{A, Kfz} \quad (\text{d})$$

$$L_{WAZw} = 0 \quad (\text{e})$$

Gesamtkapazit\u00e4t

$$C_{AB, gF, Gesamt} = C_{AB, gF, R\u00e4umen} + C_{AB, gF, freier Abfluss} \quad (\text{f})$$

mit Teilkapazit\u00e4t w\u00e4hrend der R\u00e4umzeit ($t_{R\u00e4umen}$):

$$C_{AB, gF, R\u00e4umen} = n_{ALA} * \frac{L_{WALA}}{L_{ALA}} + n_{AG} * \frac{L_{WAG}}{L_{AG}} + n_{ARA} * \frac{L_{WARA}}{L_{ARA}} \quad (\text{g})$$

$$n_{Ai} = \frac{b_{Ai} * L_{Ai}}{l_{A, Kfz}} \quad (i = LA, G, RA) \quad (\text{h})$$

mit Teilkapazit\u00e4t w\u00e4hrend der freien Abflusszeit ($t_{freier Abfluss}$):

$$C_{AB, gF, freier Abfluss} = 0 \quad (\text{i})$$

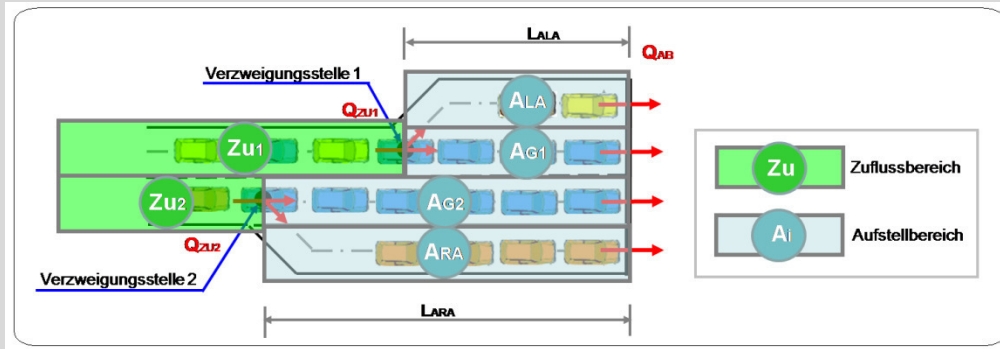
Anmerkung:

- F\u00fcr den Fall $L_{ALA} > L_{ARA}$ m\u00fcssen bei Anwendung des obigen Berechnungsansatzes die Eingangsgr\u00f6\u00dfen des LA durch die des RA getauscht werden und umgekehrt (spiegelverkehrte Anwendung des oben dargestellten Berechnungsansatzes).

Legende siehe Bild 5-6

Gleichung 5-6: Kapazit\u00e4t einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 f\u00fcr den Anwendungsfall gFIII, Quelle: Eigene Darstellung

Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 3 für den Anwendungsfall gFIII – „Kein Aufstellbereich räumt vollständig“



Bed.: $t_{Gr} < erf t_{Gr, gF, Räumen ALA+AG1} \leq erf t_{Gr, gF, Räumen AG2+ARA} \mid L_{ARA} \geq L_{ALA}$ (a)

mit $erf t_{Gr, gF, Räumen ALA+AG1} = \left(\frac{L_{AG1}}{l_{A, Kfz}} - n_{RG} - n_{Ge} \right) * t_B(t) \mid L_{AG1} = L_{ALA}$ (b)

mit $erf t_{Gr, gF, Räumen AG2+ARA} = \left(\frac{L_{AG2}}{l_{A, Kfz}} - n_{RG} - n_{Ge} \right) * t_B(t) \mid L_{AG2} = L_{ARA}$ (c)

Hilfsgrößen:

$$L_{WALA} = L_{WAG1} = L_{WARA} = L_{WAG2} = \left(\frac{t_{Gr}}{t_B(t)} + n_{RG} + n_{Ge} \right) * l_{A, Kfz} \quad (d)$$

Mögliche Gesamtkapazität

$$mögl. C_{AB, gF, Gesamt} = C_{AB, gF, Fs.LA+G1} + C_{AB, gF, Fs.G2+RA} \quad (e)$$

mit Kapazität des durchgehenden Fahrstreifens G1 und des Aufstellstreifens LA

$$C_{AB, gF, Fs.LA+G1} = C_{AB, gF, Räumen ALA+AG1} + 0 \quad (f)$$

$$C_{AB, gF, Räumen ALA+AG1} = n_{AG1} * \frac{L_{WAG1}}{L_{AG1}} + n_{ALA} * \frac{L_{WALA}}{L_{ALA}} \quad (g)$$

mit Kapazität des durchgehenden Fahrstreifens G2 und des Aufstellstreifens RA

$$C_{AB, gF, Fs.G2+RA} = C_{AB, gF, Räumen AG2+ARA} + 0 \quad (h)$$

$$C_{AB, gF, Räumen AG2+ARA} = n_{AG2} * \frac{L_{WAG2}}{L_{AG2}} + n_{ARA} * \frac{L_{WARA}}{L_{ARA}} \quad (i)$$

Anmerkung:

- Für den Fall $L_{ALA} > L_{ARA}$ müssen bei Anwendung des obigen Berechnungsansatzes die Eingangsgrößen des LA bzw. G1 durch die des RA bzw. G2 getauscht werden und umgekehrt (spiegelverkehrte Anwendung des oben dargestellten Berechnungsansatzes).

Legende siehe Bild 5-6

Gleichung 5-7: Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 3 für den Anwendungsfall gFIII, Quelle: Eigene Darstellung

Legende zu Gleichung 5-6 und Gleichung 5-7	
b_{Ai}	Mittlerer Belegungsgrad des Aufstellbereichs A_i zum Sperrzeitende, [-]
$C_{AB, gF, Gesamt}$	Kapazität am Abflussquerschnitt, [Kfz/U]
$C_{AB, gF, Fs. k+l}$	Kapazität am Abflussquerschnitt auf den Fahrstreifen k und l , [Kfz/U]
$C_{AB, gF, freier Abfluss}$	Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der freien Abflusszeit, [Kfz/U]
$C_{AB, gF, freier Abfluss, Fs. k+l}$	Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der freien Abflusszeit auf den Fahrstreifen k und l , [Kfz/U]
$C_{AB, gF, Räumen}$	Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der Räumzeit, [Kfz/U]
$C_{AB, gF, Räumen A_i+A_j}$	Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der Räumzeit durch das Räumen der Aufstellbereiche A_i und A_j , [Kfz/U]
mögl. $C_{AB, gF, Gesamt}$	Mögliche Kapazität am Abflussquerschnitt, [Kfz/U]
l_A, Kfz	Mittlere Aufstelllänge eines Kraftfahrzeugs, [m/Kfz]
L_{Ai}	Länge des Aufstellbereichs A_i ($i=RA, LA, G, Zw, \dots$), [m]
L_{WAi}	Wirksame Länge des Aufstellbereichs A_i ($i=RA, LA, G, Zw, \dots$), [m]
n_{Ai}	Mittlere Anzahl der im Aufstellbereich (A_i) am Sperrzeitende aufgestellten Fahrzeuge ($i=RA, LA, G, Zw, \dots$), [Kfz/U]
n_{Ge}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GELB-Zeit (Übergangszeit 2), [Kfz/U]
n_{RG}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der ROT/GELB-Zeit (Übergangszeit 1), [Kfz/U]
t_B	Zeitbedarfswert, [s/Kfz]
t_{Gr}	Freigabezeit (GRÜN-Zeit), [s]
erf. $t_{Gr, gF, Räumen A_i}$	Erforderliche Freigabezeit (GRÜN-Zeit) pro Umlauf für das vollständige Räumen des Aufstellbereichs A_i der Zufahrt, [s]
erf. $t_{Gr, gF, Räumen A_i+A_j}$	Erforderliche Freigabezeit (GRÜN-Zeit) pro Umlauf für das vollständige Räumen des Aufstellbereichs A_i und A_j der Zufahrt, [s]
$q_{S, ZU i}$	Sättigungsverkehrsstärke am Zuflussquerschnitt i , [Kfz/h]

**Bild 5-6: Legende zu Gleichung 5-6 und Gleichung 5-7,
Quelle: Eigene Darstellung**

5.3 KATEGORISIERUNG DER EINGANGSPARAMETER

In Abschnitt 5.2 ist ein analytisches Berechnungsverfahren zur „Ermittlung der Kapazität in lichtsinalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabe“ unter Berücksichtigung der Anwendungsfälle gFI , $gFII$ und $gFIII$ hergeleitet worden. Das Berechnungsverfahren basiert auf der in Gleichung 5-8 dargestellten allgemeinen Kapazitätsformel. Die allgemeine Kapazitätsformel ist in Unterabschnitt 5.2.2 und Unterabschnitt 5.2.3 für die Anwendungsfälle $gFII$ und $gFIII$ durch Ansatz der Hilfsgröße „Wirksame Länge des Aufstellbereichs“ weiter angepasst worden.

Allgemeine Kapazitätsformel des ermittelten analytischen Berechnungsverfahrens	
Bed.:	$t_{Gr} \geq \max (erf t_{Gr, gF, Räumen Ai})$ (a)
mit	$erf t_{Gr, gF, Räumen Ai} = \left(\frac{L_{Ai}}{l_{A, Kfz}} - n_{RG} - n_{Ge} \right) * t_B(t)$ (b)
Gesamtkapazität	
	$C_{AB, gF, Gesamt} = C_{AB, gF, Räumen} + C_{AB, freier Abfluss}$ (c)
mit	Teilkapazität während der Räumzeit ($t_{Räumen}$):
	$C_{AB, gF, Räumen} = \sum n_{Ai} \quad (i = LA, G, RA, \dots)$ (d)
	$n_{Ai} = \frac{b_{Ai} * L_{Ai}}{l_{A, Kfz}} \quad (i = LA, G, RA, \dots)$ (e)
	$b_{Ai} = f(a_{RA}; a_{LA}; L_{ARA}; L_{ALA})$ (f)
mit	Teilkapazität während der freien Abflusszeit ($t_{freier Abfluss}$):
	$C_{AB, gF, freier Abfluss} = (t_{Gr} - \max (erf t_{Gr, gF, Räumen Ai})) * \frac{q_{S, ZU}}{3600}$ (g)
Legende siehe Bild 5-7	

Gleichung 5-8: Allgemeine Kapazitätsformel des ermittelten analytischen Berechnungsverfahrens
 Quelle: Eigene Darstellung

In die allgemeine Kapazitätsformel bzw. in das analytische Berechnungsverfahren gehen verschiedene Eingangsparameter ein, die folgenden Parametertypen zugeordnet werden können:

- **Allgemeingültige Eingangsparameter:** Parameter die unabhängig vom konkreten Anwendungsfall des Berechnungsverfahrens angewendet werden können.
- **Fahrer- /fahrzeugbezogene Eingangsparameter:** Parameter die maßgeblich durch das Fahrverhalten und der Eigenschaften der Fahrer-/Fahrzeugeinheiten als Verkehrsteilnehmer beeinflusst werden. Diese Parameter hängen stark von den örtlichen Randbedingungen im konkreten Fall ab, in dem das Berechnungsverfahren angewendet wird.
- **Entwurfsbezogene Eingangsparameter:** Parameter, die sich aus dem konkreten Entwurf der Knotenpunktzufahrt bzw. der Lichtsignalsteuerung ableiten lassen, bzw. durch diese maßgeblich beeinflusst werden.

In Tabelle 5-1 sind die Eingangsparameter, die direkt oder indirekt in das analytische Berechnungsverfahren eingehen, aufgelistet und deren Zuordnung zu den zuvor genannten Parametertypen vorgenommen worden.

Eingangsparameter		Parametertyp			Abhängigkeiten
		Allgemein-gültig	Fahrer-/fahrzeugbezogen	Entwurfs-bezogen	
b_{Ai}	Mittlerer Belegungsgrad des Aufstellbereichs A_i zum Sperrzeitende, [-]	X			<ul style="list-style-type: none"> abhängig von Verkehrsstärkeanteilen und Längenverhältnis der Aufstellbereiche (siehe Gleichung 5-8(f))
n_{RG}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der ROT/GELB-Zeit, [Kfz/U]		X		<ul style="list-style-type: none"> fahrverhaltensabhängig
n_{Ge}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GELB-Zeit, [Kfz/U]		X		<ul style="list-style-type: none"> fahrverhaltensabhängig
t_B	Zeitbedarfswert, [s/Kfz]		X		<ul style="list-style-type: none"> fahrverhaltensabhängig fahrzeugartabhängig abhängig von örtlichen Randbedingungen
$l_{A,Kfz}$	Mittlere Aufstelllänge eines Kraftfahrzeugs, [m/Kfz]		X		<ul style="list-style-type: none"> fahrverhaltensabhängig fahrzeugartabhängig
$q_{S, zu}$	Sättigungsverkehrsstärke am Zuflussquerschnitt, [Kfz/h]		X		<ul style="list-style-type: none"> fahrverhaltensabhängig fahrzeugartabhängig abhängig von örtlichen Randbedingungen
L_{Ai}	Länge des Aufstellbereichs A_i , [m]			X	<ul style="list-style-type: none"> entwurfsabhängig Eingangsgröße bei Ermittlung von b_{Ai} (siehe Gleichung 5-8 (f))
a_i	Verkehrsstärkeanteil des Fahr-/Aufstellstreifens i , [%]			X	<ul style="list-style-type: none"> entwurfsabhängig Eingangsgröße bei Ermittlung von b_{Ai} (siehe Gleichung 5-8 (f))
t_{Gr}	Freigabezeit (GRÜN-Zeit), [s]			X	<ul style="list-style-type: none"> entwurfsabhängig

Tabelle 5-1: Kategorisierung der Eingangsparameter des analytischen Berechnungsverfahrens in Parametertypen, Quelle: Eigene Darstellung

Um das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren anwenden zu können, müssen alle Eingangsparameter (siehe Tabelle 5-1), die direkt oder indirekt in das Berechnungsverfahren eingehen, vorliegen.

Die fahrer-/fahrzeugbezogenen und die entwurfsbezogenen Eingangsparameter können für den konkreten Fall, in dem das analytische Berechnungsverfahren angewendet werden soll, im Einzelfall erhoben bzw. berechnet werden.

Die allgemeingültigen Eingangsparameter können dagegen nicht für den konkreten Anwendungsfall erhoben bzw. berechnet werden. Hierbei handelt es sich um allgemeingültige Eingangsgrößen, deren funktionaler Zusammenhang (vgl. u.a. Gleichung 5-8 (f)) zu anderen Eingangsparametern muss im Vorfeld der Anwendung des Berechnungsverfahrens ermittelt werden.

Der funktionale Zusammenhang zwischen den allgemeingültigen Eingangsparametern „Mittlerer Belegungsgrad des Aufstellbereichs A_i zum Sperrzeitende“ (b_{A_i}) und den „Verkehrsstärkeanteilen der Fahr-/Aufstellstreifen i “ (a_i) für verschiedene „Längenverhältnisse der Aufstellbereiche“ (L_V) wird im Rahmen der Kalibrierung ermittelt (siehe Kapitel 7) und steht anschließend in Form von Nomogrammen und Wertetabellen zur Anwendung zur Verfügung.

Legende	
a_i	Verkehrsstärkeanteil des Fahrstreifens/Aufstellstreifens i , [-]
b_{A_i}	Mittlerer Belegungsgrad des Aufstellbereichs A_i zum Sperrzeitende, [-]
$C_{AB, gF, Gesamt}$	Kapazität am Abflussquerschnitt, [Kfz/U]
$C_{AB, gF, Räumen}$	Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der Räumzeit, [Kfz/U]
$C_{AB, gF, freier Abfluss}$	Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der freien Abflusszeit, [Kfz/U]
l_A, Kfz	Mittlere Aufstelllänge eines Kraftfahrzeugs, [m/Kfz]
L_{A_i}	Länge des Aufstellbereichs A_i ($i=RA, LA, G, Zw, \dots$), [m]
n_{A_i}	Mittlere Anzahl der im Aufstellbereich (A_i) am Sperrzeitende aufgestellten Fahrzeuge ($i=RA, LA, G, Zw, \dots$), [Kfz/U]
n_{Ge}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GELB-Zeit (Übergangszeit 2), [Kfz/U]
n_{RG}	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der ROT/GELB-Zeit (Übergangszeit 1), [Kfz/U]
t_B	Zeitbedarfswert, [s/Kfz]
t_{Gr}	Freigabezeit (GRÜN-Zeit), [s]
erf. $t_{Gr, gF, Räumen A_i}$	Erforderliche Freigabezeit (GRÜN-Zeit) pro Umlauf für das vollständige Räumen des Aufstellbereichs A_i der Zufahrt, [s]
q_S, ZU_i	Sättigungsverkehrsstärke am Zuflussquerschnitt i , [Kfz/h]

**Bild 5-7: Legende zu Gleichung 5-8,
Quelle: Eigene Darstellung**

5.4 ZUSAMMENFASSUNG

Im 5. Kapitel wird ein analytisches Berechnungsverfahren zur Ermittlung der „Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabezeit“ hergeleitet.

Im hergeleiteten Berechnungsverfahren wird eine Fallunterscheidung durch Ansatz von drei Anwendungsfällen vorgenommen:

- Anwendungsfall gFI: Alle Aufstellbereiche räumen vollständig,
- Anwendungsfall gFII: Nur Aufstellbereiche hinter der haltliniennahen Verzweigungsstelle räumen vollständig,
- Anwendungsfall gFIII: Kein Aufstellbereich räumt vollständig.

Wesentlicher Unterschied zwischen den verschiedenen Anwendungsfällen ist, ob zum Sperrzeitende in den Aufstellbereichen einer Zufahrt aufgestellte Fahrzeuge während eines Umlaufs vollständig räumen bzw. abfließen können oder nicht. In Abhängigkeit von der Länge der Freigabezeit erfolgt die Zuordnung zu einem der zuvor genannten drei Anwendungsfälle.

Bei Anwendungsfall gFII und gFIII können nicht alle zum Sperrzeitende in den einzelnen Aufstellbereichen der Zufahrt aufgestellte Kraftfahrzeuge in jedem Umlauf vollständig räumen. Dies hat zur Konsequenz, dass z. T. nicht die vollständige Länge der vorhandenen Aufstellstreifen kapazitativ wirksam wird und nur ein Teil der vorhandenen Länge der Aufstellstreifen zur Schaffung der Kapazität beiträgt und somit wirksam wird.

Durch Ansatz der Hilfsgröße „Wirksame Länge des Aufstellbereichs“ kann der für Anwendungsfall gFI entwickelte Berechnungsansatz in angepasster Form ebenfalls zur Ermittlung der Kapazität für die beiden Anwendungsfälle gFII und gFIII zur Anwendung kommen.

Durch Ansatz der Hilfsgröße „Wirksame Länge des Aufstellbereichs“ ist es möglich, für alle drei Anwendungsfälle den gleichen grundlegenden Berechnungsansatz zu verwenden.

Dies hat den wesentlichen Vorteil, dass in der Kalibration (siehe Kapitel 7) keine Fallunterscheidung vorgenommen werden muss, da die hier zu kalibrierenden Belegungsgrade b_{Ai} unabhängig vom vorliegenden Anwendungsfall im Berechnungsverfahren angewendet werden können.

Abschließend werden im 5. Kapitel die Eingangsparameter, die in das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren eingehen, zusammenfassend aufgeführt und eine Kategorisierung in folgende Parametertypen vorgenommen:

- allgemeingültige Eingangsparameter,
- fahrer- /fahrzeugbezogene Eingangsparameter,
- entwurfsbezogene Eingangsparameter.

Während die fahrer-/fahrzeugbezogenen und die entwurfsbezogenen Eingangsparameter für den einzelnen Anwendungsfall des analytischen Berechnungsverfahrens erhoben bzw. berechnet werden können, handelt es sich bei den allgemeingültigen Eingangsparametern um allgemeingültige Eingangsgrößen, die im Rahmen der Kalibrierung (siehe Kapitel 7) im Vorfeld der Anwendung des Berechnungsverfahrens ermittelt werden müssen.

6 SIMULATIONSSTUDIE

6.1 METHODIK

6.1.1 EINFÜHRUNG

In Abschnitt 5.2 ist ein analytisches Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit bis zu zwei zusätzlichen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabezeit hergeleitet worden.

In das Berechnungsverfahren fließen verschiedene Eingangsparameter ein, die den folgenden Parametertypen zugeordnet werden können (vgl. Tabelle 5-1):

- allgemeingültige Eingangsparameter,
- fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter,
- entwurfsbezogene Eingangsparameter.

Um das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren anwendungstauglich zu machen und die Anwendungstauglichkeit zu überprüfen, sind weitere Untersuchungen erforderlich. Die Untersuchungen gliedern sich im Wesentlichen in die Schritte Kalibration und Validierung.

Im ersten Untersuchungsschritt, der Kalibration, werden zunächst die allgemeingültigen Eingangsparameter, die zur Anwendung des analytischen Berechnungsverfahrens benötigt werden, ermittelt.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Kalibration wird im Rahmen der Validierung die Eignung und Anwendbarkeit und somit die Anwendungstauglichkeit des analytischen Berechnungsverfahrens überprüft.

Die Kalibration als auch die Validierung erfolgt auf einer Datengrundlage, die im Rahmen des jeweiligen Untersuchungsschrittes zu schaffen ist. Auf die Auswahl der Erhebungsform zur Schaffung der Datengrundlage wird in Unterabschnitt 6.1.2 eingegangen.

Unter Berücksichtigung der ausgewählten Erhebungsform zur Schaffung der Datengrundlage wird anschließend in Unterabschnitt 6.1.3 u. a. auf die methodische Umsetzung der Kalibration und Validierung und die damit verbundenen Arbeitsschritte eingegangen.

6.1.2 AUSWAHL ERHEBUNGSFORM ZUR SCHAFFUNG DER DATENGRUNDLAGE

Wie bereits einführend erläutert, wird die Kalibration und Validierung auf einer Datengrundlage durchgeführt, die im Rahmen der geplanten Untersuchung zu schaffen ist. Untersuchungsgegenstand ist im vorliegenden Fall der Verkehrsablauf in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen.

Prinzipiell können Daten zum Verkehrsablauf in lichtsignalgeregelten Zufahrten auf unterschiedliche Art und Weise erhoben werden. Neben der empirischen Erhebung kann alternativ die Datenerhebung im Rahmen einer Simulationsstudie erfolgen. Der Unterschied der beiden Erhebungsformen ist dahingehend, dass bei der **empirischen Erhebungsform** erforderliche Daten des Verkehrsablaufs im realen Verkehrsgeschehen im vorhandenen Straßennetz erhoben bzw. gemessen werden. Währenddessen bei der **simulationsbasierten Erhebungsform** die Daten des Verkehrsablaufs in einer Simulationsumgebung gewonnen werden, bei der der Verkehrsablauf mit Hilfe eines Simulationsprogramms simuliert wird und erforderliche Messgrößen in der Simulation abgegriffen werden.

Die Auswahl der Erhebungsform hängt maßgeblich von der konkreten Fragestellung ab, die untersucht werden soll.

Generell weisen die empirische und die simulationsbasierte Erhebungsform verschiedene Eigenschaften auf, die bei der Auswahl der Erhebungsform zu berücksichtigen sind. In Tabelle 6-1 sind ausgewählte Eigenschaften der beiden Erhebungsformen beispielhaft für den vorliegenden Anwendungsfall „Verkehrsablauf in einer lichtsignalgeregelten Zufahrt mit zusätzlichen Aufstellstreifen“ gegenübergestellt worden.

Betrachteter Aspekt	Eigenschaft der betrachteten Erhebungsform	
	empirisch	simulationsbasiert ¹⁾
Fahrverhalten Verkehrsteilnehmer	<ul style="list-style-type: none"> ▪ kann an verschiedenen Erhebungs-orten sehr unterschiedlich sein, ▪ von örtlichen Randbedingungen am Erhebungsort abhängig. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ wird durch Simulationsmodell vorgegeben, ▪ kann bei durchgeführten Simulationsläufen konstant gehalten werden (Laborbedingungen).
Einfluss Entwurfparameter auf Verkehrsablauf	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ist von örtlichen Randbedingungen am Erhebungsort abhängig (u.a. von den Entwurfparametern der vorhandenen Straßeninfrastruktur und dem Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ wird durch Simulationsmodell vorgegeben, ▪ kann bei durchzuführenden Simulationen konstant gehalten werden (Laborbedingungen).
Lichtsignalsteuerung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ vorgegeben durch makroskopische und mikroskopische Steuerungsebene am Erhebungsort, ▪ bei teil- und vollverkehrsabhängiger Steuerung variieren i.d.R. die Freigabezeiten in einzelnen Umläufen, ▪ Fahrzeugpuls in den Zufahrten z.B. bei koordinierten Verkehrsströmen (Grüne Welle). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lichtsignalsteuerung kann im Einzelfall modelliert werden (Laborbedingungen), ▪ rückgestauter Zustand in den Zufahrten ist modellierbar.
Verkehrsstärkeanteil, Fahrzeugzusammensetzung, Verkehrsmengen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ variiert über den Tag (u.a. Hauptverkehrszeit/Nebenverkehrszeit, morgens/abends, ...). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eingangsgröße der Simulation (Laborbedingungen).
Erhebung von Messgrößen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufzeichnung der realisierten Lichtsignalsteuerung u.a. durch Ampelwanz (vgl. <i>Vesper et al.</i>¹⁵⁹) oder Protokoll des lokalen Steuergerätes (vgl. <i>Lehnhoff</i>¹⁶⁰ und <i>Friedrich et al.</i>¹⁶¹) möglich, ▪ Rückstaulängen, Überfahrzeiten an der Haltlinie, Verkehrsmengen und Fahrzeugart können u.a. durch Videoauswertung erhoben werden, ▪ Auswertung z. T. sehr kostenintensiv und zeitaufwendig. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Messgrößen können in der Simulation ermittelt werden und stehen nach den durchgeführten Simulationsläufen in Ausgabedateien zur Auswertung zur Verfügung.
Reproduzierbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Messergebnisse sind i.d.R. nicht reproduzierbar. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Messergebnisse sind i.d.R. reproduzierbar (Laborbedingungen).

¹⁾Annahme: Anwendung eines mikroskopischen Simulationsprogramms (z.B. VISSIM oder vergleichbar)

Tabelle 6-1: Eigenschaften der empirischen und simulationsbasierten Erhebungsform, Quelle: Eigene Darstellung

¹⁵⁹ Vesper et al. – Analysis of traffic flow, Journal, 2010, S. 1785

¹⁶⁰ Lehnhoff N. – Qualität von automatisch erhobenen Daten an LSA, Dissertation, LU Hannover, 2005, S. 22ff.

¹⁶¹ Friedrich et al. – Qualitätsmanagement Lichtsignalanlagen, Leitfaden, LU Hannover, 2008, S. 24ff.

An die Erhebung der Daten werden im Rahmen der Kalibration und der Validierung konkrete Anforderungen gestellt. In Tabelle 6-2 und Tabelle 6-3 sind beispielhaft verschiedene konkrete Anforderungskriterien aufgelistet, die im jeweiligen Anwendungsfall an die Datenerhebung gestellt werden. Den einzelnen Anforderungskriterien sind jeweils die Vor- und Nachteile der empirischen und der simulationsbasierten Erhebungsform gegenübergestellt, die im betrachteten Anwendungsfall mit deren Anwendung verbunden sind.

Ausgewählte Anforderungskriterien an die Datenerhebung im Rahmen der Kalibration	Vor- und Nachteile der betrachteten Erhebungsform	
	empirisch	simulationsbasiert
Signalisierung: Verkehrsströme einer Zufahrt müssen die gleiche Freigabezeit vorweisen (Signalisierungsform gF).	N: Zufahrten, in denen nicht alle Verkehrsströme in einer Phase geführt werden oder in denen einzelne Verkehrsströme Vor- oder Nachlaufzeiten in einer Phase erhalten, können nicht in die Untersuchung einbezogen werden.	V: Signalprogramme können in der Simulation vorgegeben werden (Einganggröße).
Je Zufahrt ist ein Untersuchungskollektiv von ca. 30 Umläufen zu erheben, in denen der Rückstau zum Sperrzeitende sich bis hinter die Verzweigungsstelle /-n der Zufahrt erstreckt.	N: Ein Teil der Erhebungen muss ggf. verworfen werden, da der Rückstau sich in einzelnen Umläufen nicht bis hinter die Verzweigungsstelle/-n der Zufahrt hinweg erstreckt.	V: Dauerhafter Rückstau in der Zufahrt kann simuliert werden. Länge der Sperrzeit kann im Signalprogramm vorgegeben werden.
In die Auswertung sollten nur Umläufe mit einem Pkw-Anteil von 100% einfließen.	N: Ein nicht unbeträchtlicher Anteil der Umläufe kann nicht in die Untersuchung einbezogen werden da der Pkw-Anteil \neq 100% ist.	V: Verkehrszusammensetzung kann in der Simulation vorgegeben werden (Einganggröße).
Verkehrsstärkeanteile in der Zufahrt sollten sich während der Erhebungen nicht wesentlich ändern.	N: Erhebungen in einer Zufahrt können sich über mehrere Stunden erstrecken. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Verkehrsstärkeanteile einer Zufahrt in Erhebungszeiträumen > 1 Stunde z. T. deutlich variieren.	V: Verkehrsstärkeanteile können in der Simulation vorgegeben werden (Einganggröße).
Messung/Erhebung von Rückstau- bzw. Warteschlangenlängen, der Verkehrszusammensetzung, der Verkehrsstärkeanteile etc. sollten einfach und kostengünstig umzusetzen sein.	N: Messungen/Erhebungen müssen z. B. in Form von Videobeobachtungen durchgeführt werden. Die Anzahl der erforderlichen Videobeobachtungspunkte ist u. a. abhängig von der Länge der Aufstellbereiche. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Videoaufzeichnungen und deren Auswertung mit nicht unerheblichen Kosten verbunden sind.	V: Messwerte/Erhebungswerte sind Ergebnisse der Simulation und können direkt aus der Simulation gewonnen werden.
Untersuchungsergebnisse sollten reproduzierbar sein.	N: Untersuchungsergebnisse sind i.d.R. nicht reproduzierbar.	V: Untersuchungsergebnisse sind reproduzierbar.
Untersuchungen sollten einen großen Stichprobenumfang vorweisen.	N: Nur ein kleiner Stichprobenumfang ist realisierbar.	V: Großer Stichprobenumfang ist realisierbar.
Messungen/Erhebungen sollten nicht fehlerbehaftet sein.	N: Auswertung der durchgeführten Messungen / Erhebungen muss weitestgehend manuell erfolgen; es kann von einer hohen Fehleranfälligkeit ausgegangen werden.	V: Geringe Fehleranfälligkeit, da automatisierte Auswertung.
Legende: N: Nachteil der Erhebungsform V: Vorteil der Erhebungsform		

Tabelle 6-2: Ausgewählte Anforderungskriterien an die Datenerhebung im Rahmen der Kalibration, Quelle: Eigene Darstellung

Ausgewählte Anforderungskriterien an die Datenerhebung im Rahmen der Validierung	Vor- und Nachteile der betrachteten Erhebungsform	
	empirisch	simulationsbasiert
Signalisierung: Verkehrsströme einer Zufahrt müssen über mehrere Umläufe hinweg (≥ 30 U) die gleiche Freigabezeit erhalten bzw. der gleichen Signalisierung unterliegen (Signalisierungsform gF).	<p>N: Zufahrten an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten mit teil- oder vollverkehrsabhängiger Lichtsignalsteuerung können i.d.R. nicht in die Untersuchungen einbezogen werden, da die Freigabezeiten je Umlauf variieren (ca. 88% der innerstädtischen Lichtsignalanlagen unterliegen einer teil- oder vollverkehrsabhängigen Lichtsignalsteuerung; nur ca. 12% einer Festzeitsteuerung (vgl. <i>Moerner et al.</i>¹⁶²)).</p> <p>N: Zufahrten, in denen nicht alle Verkehrsströme in einer Phase geführt werden oder in denen einzelne Verkehrsströme Vor- oder Nachlaufzeiten erhalten, können nicht in die Untersuchung einbezogen werden.</p>	<p>V: Signalprogramme können in der Simulation vorgegeben werden (Eingangsgröße).</p>
Je Zufahrt ist der Verkehrsablauf in ca. 30 Umläufen zu erheben, in denen die Zufahrt dauerhaft überstaut ist bzw. ein dauerhafter Rückstau vorliegt.	<p>N: Ein Teil der Erhebungen muss ggf. verworfen werden, da die Zufahrt während der Freigabezeit nicht dauerhaft überstaut ist.</p> <p>N: Der Verkehrsablauf benachbarter Knotenpunkte unterliegt vor allem in innerstädtischen Bereichen einer gegenseitigen Beeinflussung. Fahrzeuge bewegen sich oft in Fahrzeugpuls (u.a. bei einer Grünen Welle). Das Kriterium dauerhafter Rückstau in der Zufahrt kann nur selten eingehalten werden.</p>	<p>V: Dauerhafter Rückstau in der Zufahrt kann simuliert werden.</p>
Die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter (vgl. Tabelle 5-1) sollten nach Möglichkeit für alle Erhebungen gleich sein.	<p>N: Die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter hängen von den örtlichen Randbedingungen ab und müssen für jeden Erhebungs-ort ermittelt werden (großer Aufwand).</p>	<p>V: Fahrer-/fahrzeugbezogenen Parameter können konstant gehalten werden.</p>
In die Auswertung sollten nur Umläufe mit einem Pkw-Anteil von 100% einfließen.	<p>N: Ein nicht unbeträchtlicher Anteil der Umläufe kann nicht in die Untersuchung einbezogen werden, da der Pkw-Anteil $\neq 100\%$ ist.</p>	<p>V: Verkehrszusammensetzung kann vorgegeben werden.</p>
Verkehrsstärkeanteile in der Zufahrt sollten sich während der Erhebungen nicht wesentlich ändern.	<p>N: Erhebungen in einer Zufahrt können sich über mehrere Stunden erstrecken. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Verkehrsstärkeanteile einer Zufahrt sich im Erhebungszeitraum z. T. wesentlich ändern können.</p>	<p>V: Verkehrsstärkeanteile können vorgegeben werden (Eingangsgröße).</p>
Untersuchungsergebnisse sollten reproduzierbar sein.	<p>N: Untersuchungsergebnisse sind i.d.R. nicht reproduzierbar.</p>	<p>V: Untersuchungsergebnisse sind reproduzierbar.</p>
Untersuchungen sollten einen großen Stichprobenumfang vorweisen.	<p>N: Nur ein kleiner Stichprobenumfang ist realisierbar.</p>	<p>V: Großer Stichprobenumfang ist realisierbar.</p>
Messungen/Erhebungen sollten nicht fehlerbehaftet sein.	<p>N: Auswertung der durchgeführten Messungen/Erhebungen muss weitestgehend manuell erfolgen; es kann von einer hohen Fehleranfälligkeit ausgegangen werden.</p>	<p>V: Geringe Fehleranfälligkeit, da automatisierte Auswertung.</p>
Legende: N: Nachteil der Erhebungsform V: Vorteil der Erhebungsform		

Tabelle 6-3: Ausgewählte Anforderungskriterien an die Datenerhebung im Rahmen der Validierung, Quelle: Eigene Darstellung

¹⁶² Moerner et al. – Städtebefragung innerstädtische LSA, Forschungsbericht, 2009, S. 22, Bild 8-4

Die Vor- und Nachteile der Anwendung der empirischen und der simulationsbasierten Erhebungsform im Rahmen der Kalibration und der Validierung sind unter Betrachtung verschiedener Anforderungskriterien in Tabelle 6-2 und Tabelle 6-3 dargestellt. Es zeigt sich deutlich, dass die simulationsbasierte Erhebungsform für den hier vorliegenden Untersuchungsgegenstand deutliche Vorteile gegenüber der empirischen Erhebungsform aufweist. Aufgrund der vorliegenden Vorteile wird in den weiteren Untersuchungen die Datengrundlage durch Anwendung der simulationsbasierten Erhebungsform im Rahmen einer Simulationsstudie geschaffen.

Abschließend wird darauf hingewiesen, dass die in Tabelle 6-2 und Tabelle 6-3 aufgelisteten Vor- und Nachteile der beiden Erhebungsformen sich ausschließlich auf den hier vorliegenden Untersuchungsgegenstand und dessen Anforderungen an die zu erhebenden Daten beziehen. Bei Vorliegen eines anderen Untersuchungsgegenstands (z.B. im Rahmen einer anderen Untersuchung) können aufgrund einer anderen Aufgabenstellung und vorliegenden Randbedingungen die Vor- und Nachteile der beiden Erhebungsformen deutlich von den in Tabelle 6-2 und Tabelle 6-3 aufgelisteten Punkten abweichen.

6.1.3 METHODISCHE UMSETZUNG

Bei der Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der empirischen und simulationsbasierten Erhebungsform zur Schaffung der Datengrundlage für die Kalibration und Validierung (vgl. Tabelle 6-2 und Tabelle 6-3) weist die simulationsbasierte Erhebungsform für den vorliegenden Untersuchungsgegenstand deutliche Vorteile auf.

Aufgrund der Vorteilhaftigkeit kommt in den weiteren Untersuchungen, sowohl im Rahmen der Kalibration als auch der Validierung, die simulationsbasierte Erhebungsform zur Schaffung der Datengrundlage zur Anwendung.

Die Untersuchungen werden somit in Form einer Simulationsstudie durchgeführt.

Im Rahmen der Simulationsstudie kommt das mikroskopische Simulationsprogramm VISSIM zur Anwendung. Auf den Auswahlprozess des Simulationsprogramms und die technische Umsetzung der Simulationsstudie wird in Abschnitt 6.2 eingegangen.

Die Methodik der Simulationsstudie kann in drei aufeinander aufbauende Teilschritte unterteilt werden:

- Teil A: Kalibration – Allgemeingültige Eingangsparameter,
- Teil B: VISSIM – Ermittlung fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter,
- Teil C: Validierung – Analytisches Berechnungsverfahren.

In Bild 6-1 ist die Methodik der Simulationsstudie und die drei Teile (Teil A bis Teil C) mit jeweiligen Unterschriften dargestellt. Hier wird u. a. dargestellt, wie die drei Teile inhaltlich aufeinander aufbauen.

Im Folgenden werden der Umfang und die Zielsetzung, die mit der Umsetzung der drei Teile der Simulationsstudie (Teil A bis Teil C) verfolgt werden, kurz umrissen:

- **Teil A: Kalibration – Allgemeingültige Eingangsparameter**

Der mittlere Belegungsgrad der Aufstellbereiche zum Sperrzeitende (b_{Ai}) geht als allgemeingültiger Eingangsparameter in das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren ein (siehe Gleichung 5-8 (e) und (f)). Zielsetzung des Teil A der Simulationsstudie ist es, den funktionalen Zusammenhang zwischen dem Belegungsgrad (b_{Ai}) und den

Verkehrsstärkeanteilen der Fahr- und Aufstellstreifen einer Zufahrt (a_i) für verschiedene Längenverhältnisse der Aufstellbereiche (L_v) im Rahmen einer Regressionsanalyse zu ermitteln bzw. zu kalibrieren, um diese anschließend in Form von Nomogrammen und Wertetabellen für die spätere Anwendung des Berechnungsverfahrens zur Verfügung zu stellen.

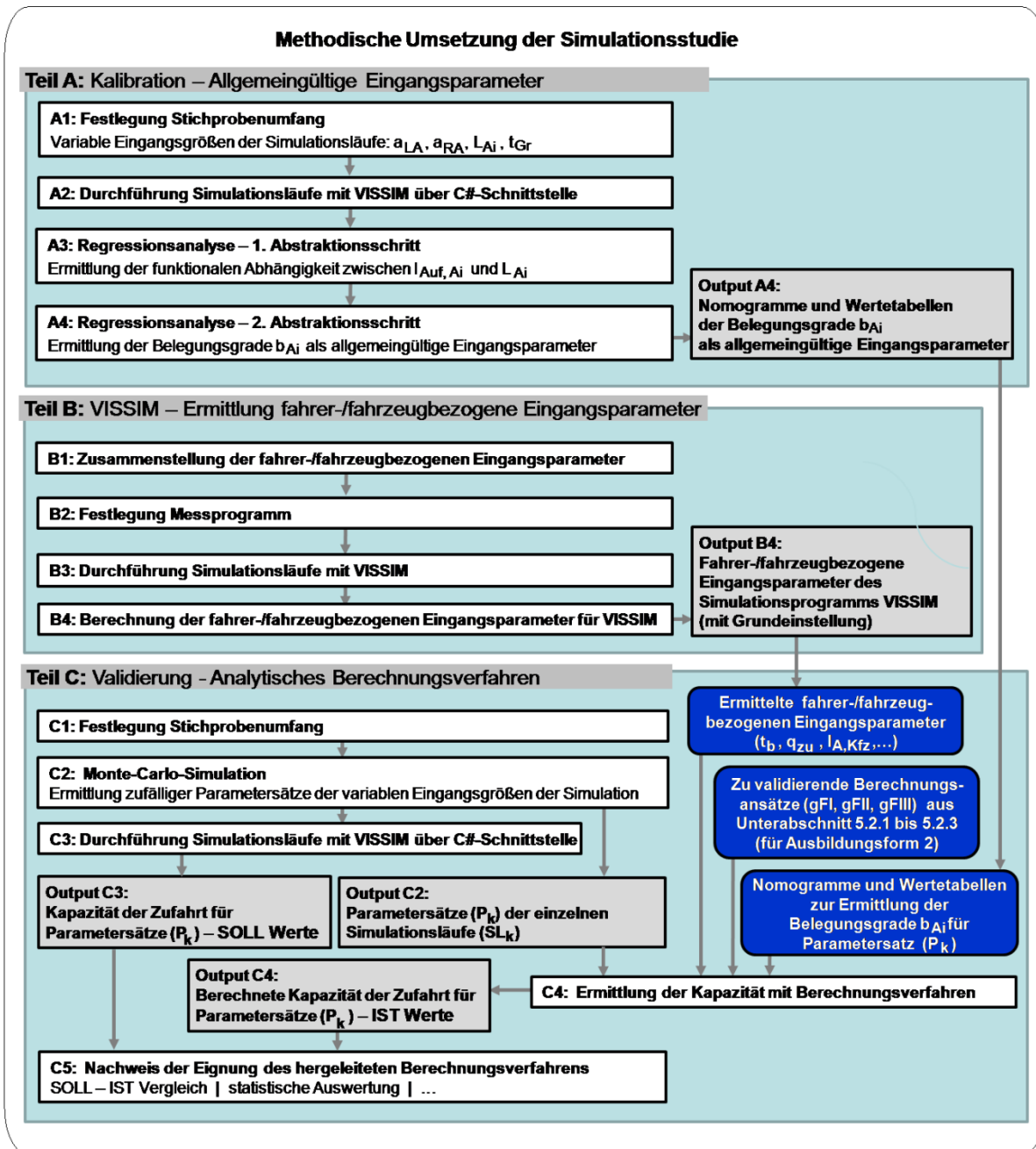


Bild 6-1: Methodische Umsetzung der Simulationsstudie,
Quelle: Eigene Darstellung

▪ Teil B: VISSIM – Ermittlung fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter

In das analytische Berechnungsverfahren gehen verschiedene fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter ein, wie z. B. der Zeitbedarfswert (t_b), die mittlere Aufstelllänge von Kraftfahrzeugen (l_A , K_{Fz}) und die Anzahl der Fahrzeuge, die während der beiden Übergangszeiten abfließen (n_{RG} , n_{Ge}). Zuvor genannte Eingangsparameter hängen in der Praxis im Wesentlichen von den örtlichen Randbedingungen der betrachteten

lichtsignalgeregelten Zufahrt ab, für die mit dem analytischen Berechnungsverfahren die Kapazität berechnet werden kann. Im Rahmen der Validierung des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens kommt das mikroskopische Simulationsprogramm VISSIM zur Anwendung. Um die Validierung mit VISSIM vornehmen zu können, müssen in einem vorgelagerten Bearbeitungsschritt der Validierung die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für das Simulationsprogramm VISSIM als programmabhängige Eingangsgrößen ermittelt werden. In Teil B der Simulationsstudie werden entsprechend die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter (vgl. Tabelle 5-1) für das Simulationsprogramm VISSIM ermittelt und stehen anschließend im Rahmen der Validierung (Teil C der Simulationsstudie) als programmabhängige Eingangsgrößen zur Verfügung.

▪ **Teil C: Validierung – Analytisches Berechnungsverfahren**

In Teil C der Simulationsstudie wird die Validierung und somit die Eignung des analytischen Berechnungsverfahrens unter Berücksichtigung der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter (Teil A) und der ermittelten fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für das Simulationsprogramm VISSIM (Teil B) überprüft. Durch einen SOLL-IST Vergleich der ermittelten Kapazitäten wird die Eignung und Anwendbarkeit und somit die Anwendungstauglichkeit des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens für die Ausbildungsform 2 beurteilt.

6.2 TECHNISCHE UMSETZUNG

6.2.1 ANFORDERUNGEN AN DAS SIMULATIONSPROGRAMM

Im Rahmen der Simulationsstudie soll der Verkehrsablauf in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen untersucht werden. An die Auswahl des Simulationsprogramms werden aufgrund des Untersuchungsgegenstands u. a. folgende Anforderungen gestellt:

- fahrzeugfeine Abbildung des Verkehrsablaufs in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen,
- Abbildung der Lichtsignalsteuerung in Form von Signalprogrammen,
- realitätsnahe Abbildung des Fahrzeugfolgeverhaltens (Verhalten aufeinander folgender Fahrer-/Fahrzeugeinheiten),
- zufällige Fahrzeugankünfte in Zufahrten (binomialverteilt / poissonverteilt; vgl. Unterabschnitt 3.5.1),
- Erhebung von Messwerten in der Simulation (u.a. Verkehrsmengen, Warteschlangenlängen),
- automatisierte Durchführung von Simulationsläufen über eine programmierbare Schnittstelle,
- anerkanntes Simulationstool.

6.2.2 VORAUSWAHL SIMULATIONSPROGRAMM

In Abhängigkeit vom Abstraktionsgrad der Simulation kann zwischen folgenden Arten von Simulationsprogrammen unterschieden werden, wie in Bild 6-2 dargestellt:

- makroskopische Simulationsprogramme,
 - mesoskopische Simulationsprogramme,
 - mikroskopische Simulationsprogramme.
-

Mit makroskopischen Simulationsprogrammen kann der Verkehrsfluss in großräumigen Straßennetzen simuliert werden. Hier wird der Verkehrsfluss im Straßennetz in aggregierter Form u. a. durch Ansatz von Fahrzeugkollektiven, Fahrzeugpuls oder Fahrzeugdichten in der Simulation berücksichtigt.

Mikroskopische Simulationsprogramme kommen dagegen vornehmlich zur Simulation von kleinräumigen Ausschnitten des Straßennetzes zur Anwendung. Durch eine fahrzeugfeine Abbildung des Verkehrsablaufs kann die Interaktion zwischen einzelnen Verkehrsteilnehmern (u. a. Fahrer-/Fahrzeugeinheiten) in der Simulation berücksichtigt werden.

Mesoskopische Simulationsprogramme sind i. d. R. eine Kombination makroskopischer und mikroskopischer Simulationsprogramme. Hier wird z.B. ein größerer Netzbereich makroskopisch simuliert und ausgewählte Teilbereiche (z.B. einzelne Knotenpunkte oder Streckenabschnitte) werden mikroskopisch abgebildet und so einer detaillierten Betrachtung unterzogen.

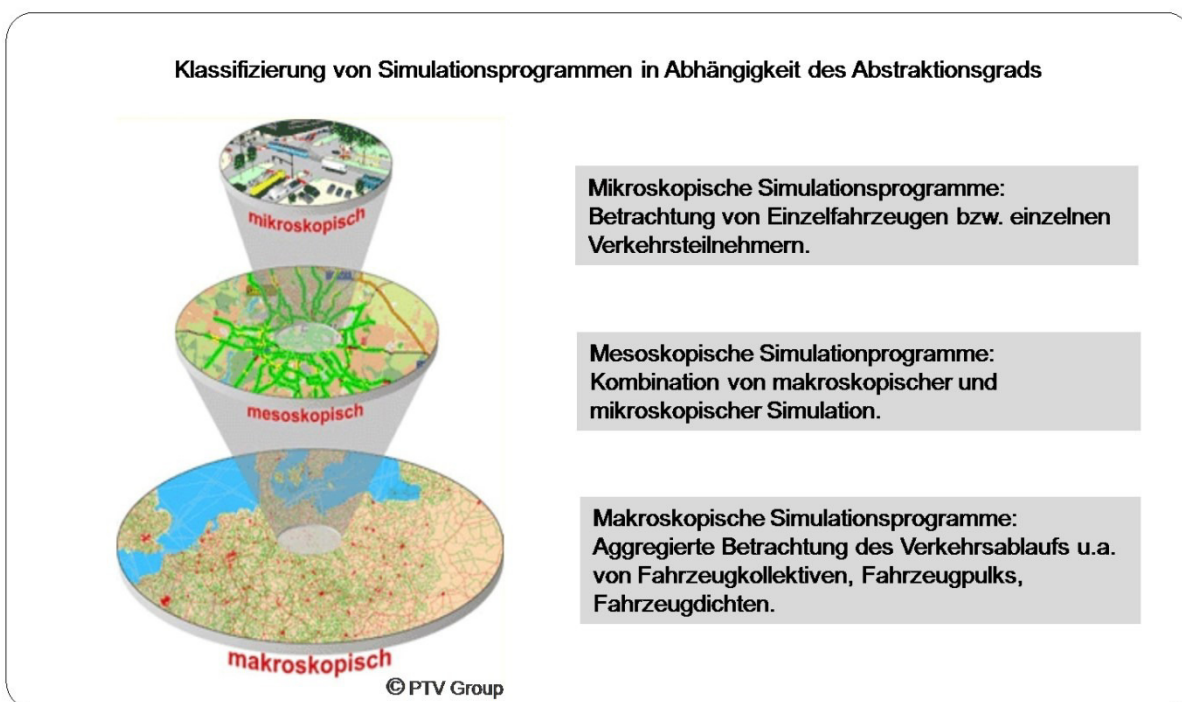


Bild 6-2: Klassifizierung von Simulationsprogrammen in Abhängigkeit des Abstraktionsgrads, Quelle: In Anlehnung an PTV AG¹⁶³

Im Rahmen der vorliegenden Simulationsstudie soll der Verkehrsablauf in lichtsinalgeregelter Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen untersucht werden. Dabei handelt es sich um eine kleinräumige Untersuchung des Verkehrsablaufs.

Weiter soll, wie den Anforderungen in Unterabschnitt 6.2.1 entnommen werden kann, eine fahrzeugfeine Abbildung des Verkehrsablaufs erfolgen.

Das genannte Anforderungsprofil schließt die Anwendung eines makroskopischen und mesoskopischen Simulationsprogramms im Rahmen der geplanten Simulationsstudie aus.

Zur Lösung der vorliegenden Aufgabenstellung sollte somit vorzugsweise ein mikroskopisches Simulationsprogramm zur Anwendung kommen.

¹⁶³ PTV - Unterrichtsmaterialien, VISSIM Certified Trainer Course, 2013

6.2.3 AUSWAHL MIKROSKOPISCHES SIMULATIONSPROGRAMM

Verschiedene mikroskopische Simulationsprogramme sind auf dem Markt verfügbar und können zur Lösung von verkehrstechnischen Fragestellungen zur Anwendung kommen, so u. a. in alphabetischer Reihenfolge:

▪ AIMSUN

AIMSUN (Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks) ist ein mikroskopisches Simulationsprogramm das in den 80er- und 90er-Jahren an der Polytechnischen Hochschule Katalonien in Spanien entwickelt wurde. Mit Gründung der Firma Transport Simulation Systems (TSS, Barcelona) im Jahr 1997 wird das mikroskopische Simulationsprogramm, eingebunden in eine GETRAM Simulationsumgebung (Generic Environment for Traffic Analysis and Modelling), kommerziell vertrieben und kontinuierlich weiterentwickelt.

Nach *Erlemann*¹⁶⁴ kann die Netzmodellierung in AIMSUN über einen grafischen Editor (AIMSUN Modeller) erfolgen, der u.a. auch die Einbindung von GIS-ähnlichen Informationen bei der Modellerstellung erlaubt. In AIMSUN steht zudem eine Schnittstelle zur Verfügung, über die mit den beiden Programmiersprachen C++ und Python sowohl vorhandene Programmfunktionalitäten erweitert werden können als auch ein Zugriff auf das Simulationsprogramm von außen umgesetzt werden kann.

In AIMSUN kommt ein Fahrzeugfolgemodell nach *Gipps*¹⁶⁵ als auch ein Spurwechselmodell nach *Gipps*¹⁶⁶ zur Anwendung.

▪ Paramics

Paramics ist ein mikroskopisches Simulationsprogramm, das von der Paramics Microsimulation Systra Limited in Edinburgh (Schottland) vertrieben wird. Die Entwicklung des Simulationsprogramms geht nach *Erlemann*¹⁶⁷ auf ein Parallel-Computing-Projekt am Edinburgh Parallel Computing Centre (EPCC) der Universität in Edinburgh in den 90er-Jahren zurück.

In Paramics kommt ein Fahrzeugfolgemodell und Spurwechselmodell nach *Fritzsche*¹⁶⁸ zur Anwendung.

▪ VISSIM

VISSIM (Verkehr in Städten-Simulation) ist ein mikroskopisches Simulationsprogramm, das seine Ursprünge an der Universität Karlsruhe hat und u. a. auf dem Simulationsprogramm MISSION (vgl. *Wiedemann et al.*¹⁶⁹) aufbaut. Das Simulationsprogramm VISSIM wird von der PTV AG (Planung Transport Verkehr AG) mit Sitz in Karlsruhe als ein Programm der Produktfamilie VISION Traffic Suite vertrieben.

Mit dem Simulationsprogramm VISSIM hat sich die PTV AG im Bereich der mikroskopischen Simulation in Deutschland als Marktführer etabliert. Dies bezieht sich sowohl auf den Bereich der Wissenschaft als auch auf die Anwendung von mikroskopischen Simulationsprogrammen zur Lösung praktischer Fragestellungen.

Die Netzmodellierung in VISSIM kann mit Einführung der Version 7 über eine komfortable grafische Oberfläche erfolgen.

¹⁶⁴ Erlemann, K. – Objektorientierte mikroskopische Verkehrsflusssimulation, Dissertation, RU Bochum, 2007, S. 16-17

¹⁶⁵ Gipps, P.G. – Car-Following Model, Transport Research, 1981, S. 105-111

¹⁶⁶ Gipps, P.G. – Model for Lane-Changing Decisions, Transport Research, 1986, S. 403-414

¹⁶⁷ Erlemann, K. – Objektorientierte mikroskopische Verkehrsflusssimulation, Dissertation, RU Bochum, 2007, S. 15

¹⁶⁸ Fritzsche – Model for Traffic Simulation, Daimler Benz AG, 1994

¹⁶⁹ Wiedemann et al. – Traffic Simulation System MISSION, Technical Report, 1992

In VISSIM stehen Schnittstellen zur Verfügung, über die mit verschiedenen Programmiersprachen von außen (z.B. über eine COM-Schnittstelle) auf das Simulationsprogramm zugegriffen werden kann.

In VISSIM kommt u.a. ein Fahrzeugfolgemodell nach *Wiedemann*¹⁷⁰ und ein Spurwechselmodell nach *Sparmann*¹⁷¹ zur Anwendung.

Im Auswahlprozess – welches mikroskopische Simulationsprogramm im Rahmen der Simulationsstudie zur Anwendung kommen soll – fällt die Wahl auf das mikroskopische Simulationsprogramm VISSIM der PTV AG aus Karlsruhe.

Verschiedene Gründe spielen bei der Entscheidungsfindung und somit bei der Auswahl des Simulationsprogramms VISSIM eine maßgebende Rolle, so u.a.:

- VISSIM erfüllt alle in Unterabschnitt 6.2.1 aufgeführten Anforderungen an die durchzuführenden Untersuchungen,
- VISSIM erfüllt alle in Tabelle 6-2 und Tabelle 6-3 aufgelisteten Anforderungskriterien an die Simulation,
- VISSIM ist ein anerkanntes und etabliertes mikroskopisches Simulationsprogramm in Deutschland,
- VISSIM ist bereits bei einer Vielzahl von vergleichbaren wissenschaftlichen Untersuchungen zur Lösung ähnlicher Fragestellungen zur Anwendung gekommen (so u.a. in der durchgeführten Simulationsstudie von *Wu*¹⁷² zur gleichen Thematik),
- Die PTV AG unterstützt wissenschaftliche Arbeiten, wie z.B. Dissertationen, durch die Bereitstellung einer kostenlosen Softwarelizenz.

6.2.4 ENTWICKELTE C#-SCHNITTSTELLE ZU VISSIM

Die Möglichkeit der „automatisierten Durchführung von Simulationsläufen“ ist ein Punkt des in Unterabschnitt 6.2.1 genannten Anforderungsprofils an die Auswahl des mikroskopischen Simulationsprogramms.

Im Rahmen der durchgeführten Simulationsstudie (Teil A und Teil C, siehe Bild 6-1) werden ca. 5.500 Simulationsläufe (SL) mit mehr als 165.000 Umläufen (30 U/SL) simuliert.

Um die Durchführung der Simulationsläufe in automatisierter Form durchführen zu können, ist im Rahmen der Dissertation eine C#-Schnittstelle programmiert worden. Die entwickelte C#-Schnittstelle ermöglicht die automatisierte Durchführung von Simulationsläufen über die vorhandene COM-Schnittstelle des Simulationsprogramms VISSIM.

Mit Hilfe der entwickelten C#-Schnittstelle ist es möglich VISSIM über die programmseitig bereitgestellte COM-Schnittstelle von außen zu steuern, Simulationsergebnisse auszulesen, Ergebnisse weiterzuverarbeiten und diese für weitere Bearbeitungsschritte in einem geeigneten Datenformat strukturiert abzulegen.

Die Struktur der entwickelten C#-Schnittstelle ist in Bild 6-3 dargestellt.

¹⁷⁰ Wiedemann – Simulation des Strassenverkehrsflusses, Habilitation, 1974

¹⁷¹ Sparmann – Spurwechselvorgänge, Forschungsbericht, 1978

¹⁷² Wu – Kapazität kurze Aufstellstreifen, Fachartikel, SVT, Heft 6, 2008, S. 329ff.

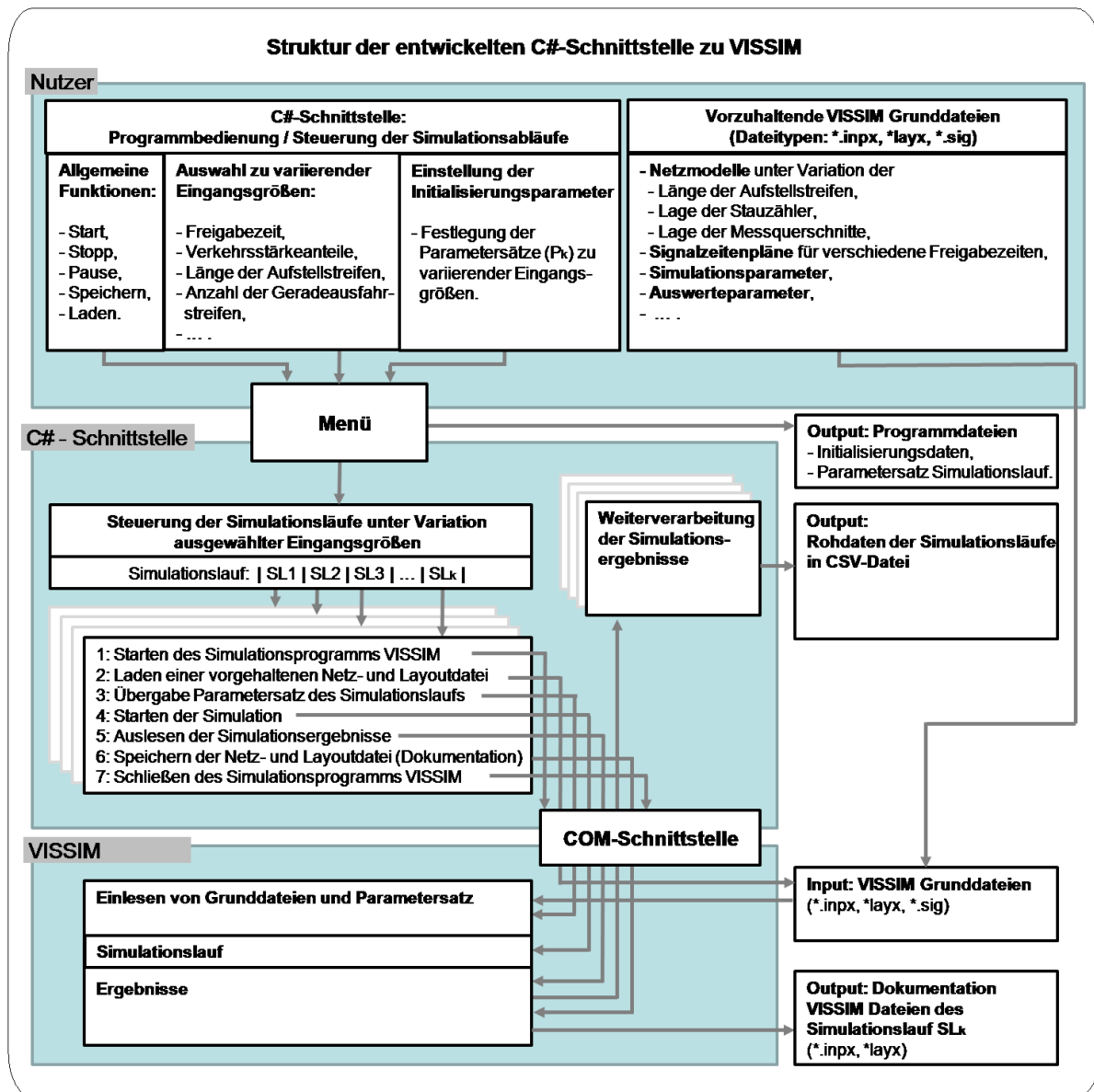


Bild 6-3: Struktur der entwickelten C#-Schnittstelle zu VISSIM, Quelle: Eigene Darstellung

Der Programmcode der programmierten C#-Schnittstelle ist in Auszügen im Anhang A7 dargestellt.

6.3 DATEN- UND FEHLERMANAGEMENT

Neben der methodischen und der technischen Umsetzung ist das durchgeführte Daten- und Fehlermanagement ein zentraler Bestandteil der durchgeführten Simulationsstudie.

6.3.1 DATENMANAGEMENT

Im Rahmen der Simulationsstudie werden in ca. 5.500 Simulationsläufen (SL) mehr als 165.000 Umläufe (30 U/SL) simuliert. In jedem der simulierten Umläufe werden Daten aus der Simulation abgegriffen, für jeden Simulationslauf in aggregierter Form zusammengefasst und für weiterführende Auswertungen abgespeichert.

Die anfallenden Datenmengen erfordern ein striktes Datenmanagement, bei dem u. a. folgende Vorgaben und Restriktionen berücksichtigt werden:

▪ **Unterteilung der Simulationsläufe in Untersuchungsgruppen:**

Für die Kalibration (Kapitel 7) und Validierung (Kapitel 9) werden Simulationsläufe mit unterschiedlichen Eingangsgrößen durchgeführt. Die durchgeführten Simulationsläufe und deren Ergebnisdatensätze werden in folgende Untersuchungsgruppen unterteilt:

- Kalibration (Untersuchungsgruppe UG-K)
 - gleich lange Aufstellbereiche: UG-K1,
 - ungleich lange Aufstellbereiche: UG-K2.
- Validierung (Untersuchungsgruppe UG-V)
 - gleich lange Aufstellbereiche: UG-V1,
 - ungleich lange Aufstellbereiche: UG-V2.

Mit der strikten Trennung in die o. g. Untersuchungsgruppen wird sichergestellt, dass der Kalibration und Validierung unterschiedliche Datenkollektive zugrunde liegen.

▪ **Identifikation der Simulationsläufe über Parametersatznummer (P_k):**

Jeder der durchgeführten Simulationsläufe und der zugehörige Datensatz kann über eine eindeutige Parametersatznummer (P_k) identifiziert werden.

▪ **Ergebnisdokumentation durch einheitlichen Datensatz je Simulationslauf:**

Für jeden der durchgeführten Simulationsläufe (SL) wird ein einheitlicher Datensatz im CSV-Format abgelegt. Der Datensatz enthält u. a. folgende Eingangsgrößen und Ergebnisgrößen des durchgeführten Simulationslaufs:

- Eingangsgrößen des Simulationslaufs
 - Länge der Aufstellbereiche der Zufahrt,
 - Verkehrsstärkeanteile der einzelnen Fahrstreifen/Aufstellstreifen in der Zufahrt,
 - Freigabezeit.
- Ergebnisse der Simulationsläufe (30U/SL)
(je Ergebnisgröße: Mittelwert, Minimalwert, Maximalwert und Standardabweichung)
 - Verkehrsmengen am Abflussquerschnitt für die einzelnen Fahrstreifen /Aufstellstreifen,
 - Aufstelllängen in den Aufstellbereichen am Sperrzeitende.

▪ **Reproduzierbarkeit der erlangten Simulationsergebnisse:**

Die erlangten Simulationsergebnisse der einzelnen Simulationsläufe sind reproduzierbar. Das heißt, jeder der durchgeführten Simulationsläufe kann mit der im Rahmen der Simulationsstudie verwendeten Programmversion des mikroskopischen Simulationsprogramms VISSIM wiederholt werden und es können die gleichen Ergebnisse erzeugt werden. Voraussetzung für die Reproduzierbarkeit ist jedoch, dass VISSIM in den vorliegenden Grundeinstellungen verwendet wird und keine Änderungen, wie z.B. der Simulationsparameter, vorgenommen wird.

6.3.2 FEHLERMANAGEMENT

Übergeordnetes Ziel des Fehlermanagements ist die Identifikation und Behebung von Fehlerquellen, die im Rahmen der Simulationsstudie u. a. durch die Anwendung verschiedener Programme, der Schnittstellen zwischen den Programmen und der Speicherung der Ergebnisdatensätze auftreten können.

Es kann u. a. zwischen folgenden Fehlertypen unterschieden werden, die im Rahmen der Simulationsstudie auftreten können:

- Fehler bei der Anwendung des mikroskopischen Simulationsprogramms VISSIM,
- Fehler bei der Programmierung der entwickelten C#-Schnittstelle,
- Fehler bei der Ausgestaltung der Schnittstelle zwischen den verwendeten Programmen,
- Fehler bei der Speicherung der Ergebnisse der einzelnen Simulationsläufe.

Die Identifikation von Fehlerquellen ist im Rahmen einer stichprobenartigen Kontrolle von 60 Simulationsläufen mit insgesamt 1.800 Umläufen vorgenommen worden. Hier sind u.a. folgende Überprüfungen vorgenommen worden, um Fehlerquellen zu identifizieren:

- Visuelle Prüfung der Übereinstimmung der Simulationsergebnisse mit den erfassten Detektorwerten der Stauzähler und der vorgenommenen Querschnittsmessungen in den einzelnen Umläufen der Simulationsläufe (30U/SL),
- Vergleich manuell ermittelter Simulationsergebnisse der Simulationsläufe mit den berechneten Ergebnissen der C#-Schnittstelle,
- Prüfung der Algorithmen der entwickelten C#-Schnittstelle durch eine „Schritt für Schritt Überprüfung“ der einzelnen Berechnungsschritte (für ca. 30 Simulationsläufe).
- Vergleich der manuell bzw. händisch ermittelten Simulationsergebnisse mit den durch die C#-Schnittstelle gespeicherten Datensätze im CSV-Format.

Im Rahmen des Fehlermanagements konnten verschiedene kleinere Fehler identifiziert und behoben werden. Im Folgenden wird beispielhaft auf einen gravierenden systematischen Fehler eingegangen, der im Rahmen des Fehlermanagements identifiziert und behoben werden konnte. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Kalibration fehlgeschlagen wäre, wenn dieser Fehler im Rahmen des durchgeführten Fehlermanagements nicht entdeckt und behoben worden wäre. Dies verdeutlicht die große Bedeutung und den hohen Stellenwert den das Fehlermanagement im Rahmen der durchgeführten Simulationsstudie eingenommen hat.

Beispiel eines identifizierten und behobenen Fehlers

Fehlertyp: Fehler bei der Anwendung des mikroskopischen Simulationsprogramms VISSIM

Im Rahmen der Simulationsstudie wird der Verkehrsablauf einer lichtsignalgeregelten Zufahrt mit zusätzlichen Aufstellstreifen mit dem mikroskopischen Simulationsprogramm VISSIM simuliert. Je Simulationslauf werden 30 Umläufe mit einer Umlaufzeit von 250 Sekunden simuliert. In jedem der simulierten Umläufe werden die Aufstelllängen in den Aufstellbereichen der Zufahrt als eine Ergebnisgröße der Simulation über angeordnete Stauzähler (= Detektor in VISSIM zur Erfassung der Rückstaulänge) erfasst. Bei der Konfiguration der Stauzähler, sind Auswertintervalle festzulegen, in denen die Stauzähler die vorhandene „Rückstaulänge“ erfassen. Das Auswertintervall wurde zunächst fälschlicherweise gleich der Umlaufzeit von 250 Sekunden gesetzt, mit der Konsequenz, dass je Umlauf die maximale Rückstaulänge je Umlauf erfasst worden wäre und nicht die Rückstaulänge zum Sperrzeitende eines jeden Umlaufs. Der Konfigurationsfehler des Stauzählers hätte zu einer deutlichen Überschätzung

der Aufstelllängen in den Aufstellbereichen zum Sperrzeitende geführt, wie beispielhaft in Tabelle 6-4 dargestellt.

Umlauf Nr.	Länge Aufstellbereich	Aufstelllänge im Aufstellbereich zur i-ten Sekunde im Umlauf		Ermittelte Aufstelllänge über Stauzähler	
		1-te Sekunde	250-te Sekunde	mit Konfigurationsfehler	ohne Konfigurationsfehler
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
1	60	60	36	60	36
2	60	36	54	54	54
3	60	54	42	54	42
4	60	42	54	54	54
5	60	54	42	60	42
Mittelwert:				56,4	45,6

Tabelle 6-4 Gegenüberstellung Aufstelllängen Stauzähler mit und ohne Konfigurationsfehler – einführendes Beispiel, Quelle: Eigene Darstellung

6.4 ZUSAMMENFASSUNG

In Kapitel 6 werden einführend die Vor- und Nachteile der Anwendung der empirischen und simulationsbasierten Erhebungsform zur Schaffung der Datengrundlage für die geplanten Untersuchungen gegenübergestellt. Aufgrund der deutlichen Vorteile der simulationsbasierten Erhebungsform gegenüber der empirischen Erhebungsform bei dem vorliegenden Untersuchungsgegenstand kommt diese im Rahmen der Kalibration und Validierung zur Schaffung der Datengrundlage zur Anwendung.

Die Methodik der Simulationsstudie untergliedert sich in drei aufeinander aufbauende Teilschritte:

- Teil A: Kalibration – Allgemeingültige Eingangsparameter,
- Teil B: VISSIM – Ermittlung fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter,
- Teil C: Validierung – Analytisches Berechnungsverfahren.

Die Methodik stellt die Grundlage, der in den Kapitel 7 bis Kapitel 9 durchgeführten Simulationsstudie und der damit verbundenen Bearbeitungsschritte dar.

Im Rahmen der Simulationsstudie kommt das mikroskopische Simulationsprogramm VISSIM der PTV AG aus Karlsruhe zur Anwendung. Auf den Auswahlprozess des Simulationsprogramms und die hier berücksichtigten Auswahlkriterien wird eingegangen.

Im Rahmen der Simulationsstudie (Teil A und Teil C, s.o.) werden ca. 5.500 Simulationsläufe (SL) mit mehr als 165.000 Umläufe (30 U/SL) simuliert. Um die Durchführung der Simulationsläufe in automatisierter Form durchführen zu können, wird die im Rahmen der Dissertation eine C#-Schnittstelle in der Programmiersprache C# (*engl. C sharp*) programmiert. Mit der C#-Schnittstelle können automatisiert Simulationsläufe über die vorhandene COM-Schnittstelle des Simulationsprogramms VISSIM durchgeführt werden. Mit Hilfe der entwickelten C#-Schnittstelle ist es möglich, VISSIM über die programmseitig

bereitgestellte COM-Schnittstelle von außen zu steuern, Simulationsergebnisse auszulesen, Ergebnisse weiterzuverarbeiten und diese für weitere Bearbeitungsschritte in einem geeigneten Datenformat strukturiert abzulegen.

Abschließend wird im 6. Kapitel auf die methodische und technische Umsetzung des durchgeführten Daten- und Fehlermanagements als einem zentralen Bestandteil der durchgeführten Simulationsstudie eingegangen.

7 KALIBRATION – ALLGEMEINGÜLTIGE EINGANGSPARAMETER

7.1 EINFÜHRUNG

Die mittleren Belegungsgrade der Aufstellbereiche zum Sperrzeitende (b_{Ai}) gehen als wesentliche allgemeingültige Eingangsparameter in das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren ein (vgl. Abschnitt 5.2).

Zielsetzung des ersten Teils der Simulationsstudie (Teil A) ist es, die mittleren Belegungsgrade b_{Ai} als allgemeingültige Eingangsparameter des Berechnungsverfahrens im Rahmen einer Regressionsanalyse zu kalibrieren, um diese aufbereitet in Form von Nomogrammen und Wertetabellen für die spätere Anwendung zur Verfügung zu stellen.

Der Teil A der Simulationsstudie kann, wie in Bild 7-1 dargestellt, in die Teilschritte A1 bis A4 unterteilt werden, auf die in den Abschnitten 7.2 bis 7.5 dieses Kapitels näher eingegangen wird.

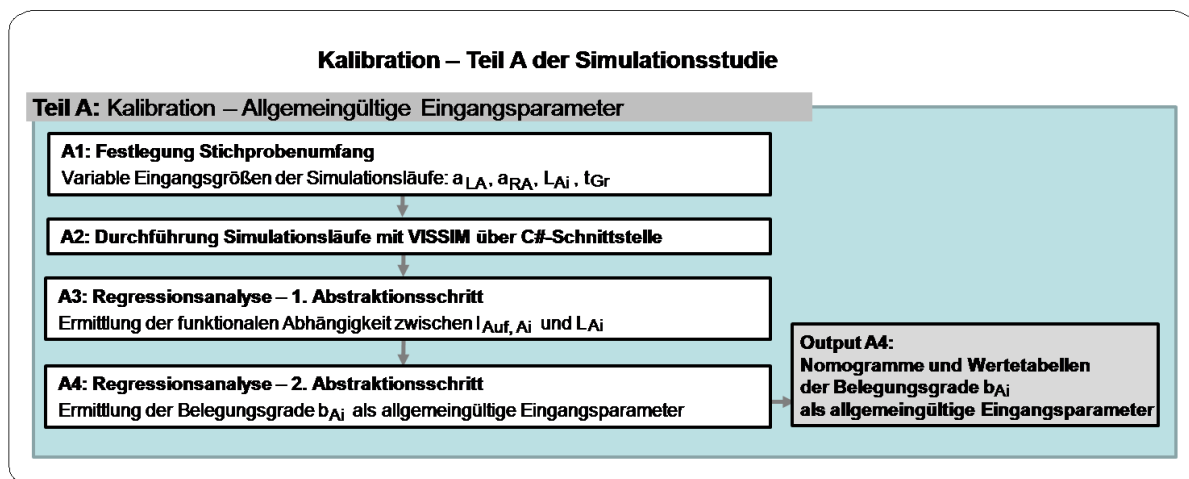


Bild 7-1: Teil A der Simulationsstudie – Überblick,
Quelle: Eigene Darstellung

7.2 FESTLEGUNG STICHPROBENUMFANG

Der mittlere Belegungsgrad des Aufstellbereichs A_i zum Sperrzeitende (b_{Ai}) ist ein allgemeingültiger Eingangsparameter, der als maßgebliche Eingangsgröße in das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren eingeht. Im Rahmen des Teil A der Simulationsstudie wird für Zufahrten der Ausbildungsform 2 in Anlehnung an Gleichung 7-1 untersucht, in welchem funktionalen Zusammenhang der mittlere Belegungsgrad b_{Ai} zu folgenden unabhängigen Eingangsgrößen steht:

- Verkehrsstärkeanteile (a_i),
- Länge der Aufstellbereiche (L_{Ai}).

Im Vorfeld der Durchführung der Simulationsstudie ist es erforderlich, den Stichprobenumfang festzulegen, der im Rahmen des Teil A der Simulationsstudie untersucht werden soll. Neben den oben genannten unabhängigen Eingangsgrößen der Gleichung 7-1 geht die Freigabezeit (t_{Gr}) als variable Eingangsgröße in die einzelnen Simulationsläufe ein.

Annahme: Funktionaler Zusammenhang zwischen dem abhängigen Eingangsparameter b_{Ai} und den unabhängigen Eingangsgrößen a_i und L_{Ai} für Zufahrten der Ausbildungsform 2:

$$b_{Ai} = f(a_{RA}; a_{LA}; L_{ARA}; L_{ALA}) \quad (a)$$

mit $L_V = \frac{L_{AkA}}{L_{AlA}} * 100$

für $L_{ALA} > L_{ARA}$: $L_{ALA} = L_{AlA}$; $L_{ARA} = L_{AkA}$ (b)

für $L_{ALA} < L_{ARA}$: $L_{ALA} = L_{AkA}$; $L_{ARA} = L_{AlA}$

für $L_{ALA} = L_{ARA}$: $L_V = 100\%$

mit	b_{Ai}	Belegungsgrad des Aufstellbereich A_i am Sperrzeitende, [-]
	a_i	Verkehrsstärkeanteil Fahr-/Aufstellstreifen i , [-]
	L_{Ai}	Länge Aufstellbereich i , [m]
	L_V	Längenverhältnis der Aufstellbereiche, [%]
	kA	Kurzer Aufstellstreifen, [-]
	IA	Langer Aufstellstreifen, [-]

**Gleichung 7-1: Angenommene funktionale Abhängigkeit des Belegungsgrad b_{Ai} ,
Quelle: Eigene Darstellung**

Der angesetzte Stichprobenumfang (gleichzusetzen mit der Anzahl der Simulationsläufe, die im Rahmen der Simulationsstudie durchgeführt werden) nimmt maßgeblichen Einfluss auf die erforderliche Simulationszeit, die für die Durchführung der Simulationsläufe (SL) angesetzt werden muss. Wird eine tägliche Simulationszeit von 10 Std./Tag und eine erforderliche Simulationsdauer von 10 min/SL zugrunde gelegt, so können täglich ca. 60 Simulationsläufe (SL) durchgeführt werden.

Zielsetzung bei der Festlegung des Stichprobenumfangs ist es daher, diesen aufgrund der erforderlichen Simulationszeit so klein wie möglich zu wählen, aber dennoch groß genug, damit zur Durchführung der Regressionsanalyse eine ausreichende Datenbasis bereitgestellt werden kann. Dabei liegt ein Zielkonflikt vor, der bei der Planung der Simulationsläufe und somit im Vorfeld der Durchführung der Simulationsläufe zu berücksichtigen ist.

Im Rahmen der vorliegenden Simulationsstudie (Teil A) wird ein Stichprobenumfang von 3.600 Simulationsläufen mit insgesamt 108.000 simulierten Umläufen festgelegt. Die erforderliche Simulationszeit kann unter Berücksichtigung zuvor genannter Annahmen auf ca. 60 Tage abgeschätzt werden und befindet sich in einem vertretbaren Rahmen.

Ein detaillierter Überblick über den angesetzten Stichprobenumfang, der variablen Eingangsgrößen in den einzelnen Simulationsläufen und der simulierten Werte wird in Tabelle 7-1 und Tabelle 7-2 gegeben. Der Stichprobenumfang selbst kann dabei direkt aus den möglichen Kombinationsmöglichkeiten der simulierten Werte, wie im Einzelnen in Tabelle 7-1 und Tabelle 7-2 dargestellt, abgeleitet werden.

Variable Eingangsgröße in den Simulationsläufen			Simulierte Werte	Anzahl der Möglichkeiten
Verkehrsstärkeanteil LA	a_{LA}	[%]	0, 10, 20, 30, 40	5
Verkehrsstärkeanteil RA	a_{RA}	[%]	0, 10, 20, 30, 40	5
Länge Aufstellbereich ($L_{ALA}=L_{ARA}$)	L_{Ai}	[m]	12, 36, 60, 84, 108, 132 ^{*)}	6
Freigabezeit	t_{Gr}	[s]	70, 80, 90, 100 ^{**)}	4
<u>Stichprobenumfang:</u>				
Anzahl durchgeführter Simulationsläufe für $L_{ALA}=L_{ARA}$, [SL]				600
Anzahl simulierter Umläufe bei 30 Umläufen je Simulationslauf, [U]				18.000
Geschätzte Simulationszeit, [Tage]				10
^{*)} Die Länge der Aufstellbereiche L_{Ai} ergibt sich wie folgt: <ul style="list-style-type: none"> ▪ $L_{Ai}=l_i+l_v$ mit ($i=LA, RA$) ▪ die Verziehungslänge beträgt $l_v=12m$, ▪ folgende Längen der Aufstellstreifen (l_i) werden untersucht: 0, 24, 48, 72, 96, 120m. ^{**)} Die Freigabezeiten weisen Werte von $t_{Gr} \geq 70$ Sekunden auf, um sicherzustellen, dass in allen Simulationsläufen der Anwendungsfall gFI: „Alle Aufstellbereiche räumen vollständig“ vorliegt.				

**Tabelle 7-1: Stichprobenumfang der Simulationsstudie Teil A – Fall $L_{ALA}=L_{ARA}$, Untersuchungsgruppe UG-K1,
Quelle: Eigene Darstellung**

Variable Eingangsgröße in den Simulationsläufen			Simulierte Werte	Anzahl der Möglichkeiten
Verkehrsstärkeanteil LA	a_{LA}	[%]	0, 10, 20, 30, 40	5
Verkehrsstärkeanteil RA	a_{RA}	[%]	0, 10, 20, 30, 40	5
Länge Aufstellbereich LA	$L_{ALA}=L_{IA}$	[m]	60, 90, 120, 150 ^{*)}	4
Länge Aufstellbereich RA	$L_{ARA}=L_{KA}$	[m]	20%, 40%, 50%, 60%, 80% von L_{ALA}	5
Freigabezeit	t_{Gr}	[s]	50, 60, 70, 80, 90, 100 ^{**)}	6
<u>Stichprobenumfang:</u>				
Anzahl durchgeführter Simulationsläufe für $L_{ALA} \neq L_{ARA}$, [SL]				3.000
Anzahl simulierter Umläufe bei 30 Umläufen je Simulationslauf, [U]				90.000
Geschätzte Simulationszeit, [Tage]				50
^{*)} Die Länge der Aufstellbereiche L_{Ai} ergibt sich wie folgt: <ul style="list-style-type: none"> ▪ $L_{Ai}=l_i+l_v$ mit ($i=LA, RA$) ▪ die Verziehungslänge beträgt $l_v=12m$, ▪ folgende Längen des langen Aufstellstreifens (l_{IA}) werden untersucht: 48, 78, 108, 138m. ^{**)} Die Freigabezeiten weisen Werte von $t_{Gr} \geq 50$ Sekunden auf, um sicherzustellen, dass in allen Simulationsläufen der Anwendungsfall gFI: „Alle Aufstellbereiche räumen vollständig“ vorliegt.				

**Tabelle 7-2 Stichprobenumfang der Simulationsstudie Teil A – Fall $L_{ALA} \neq L_{ARA}$, Untersuchungsgruppe UG-K2,
Quelle: Eigene Darstellung**

7.3 DURCHFÜHRUNG SIMULATIONS-LÄUFE MIT VISSIM ÜBER C#-SCHNITTSTELLE

Im Teil A2 der Simulationsstudie wird der Verkehrsablauf in lichtsignalgeregelten Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit dem mikroskopischen Simulationsprogramm VISSIM über die entwickelte C#-Schnittstelle (siehe Bild 6-3) simuliert.

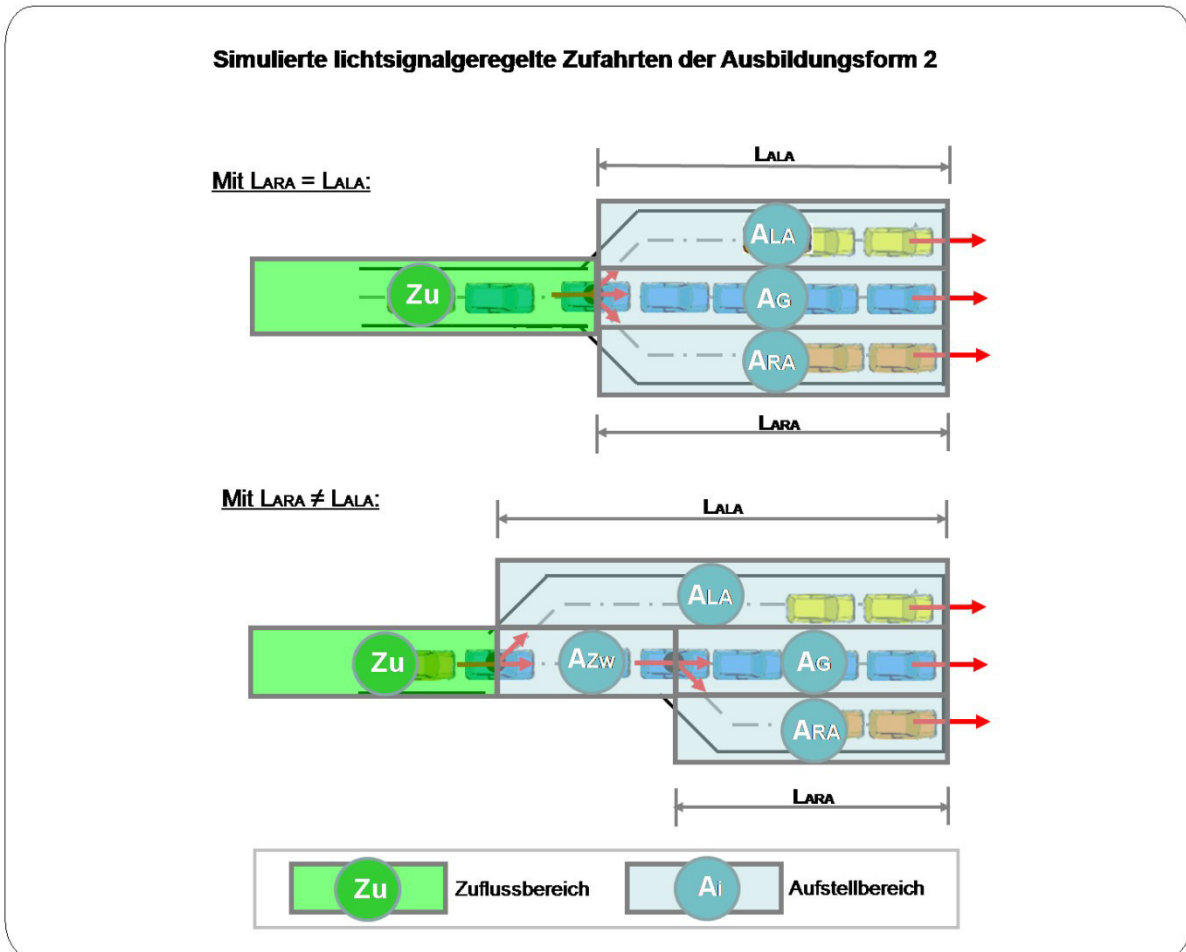


Bild 7-2: Simulierte lichtsignalgeregelte Zufahrten der Ausbildungsform 2, Quelle: Eigene Darstellung

Ziel des Teilschrittes A2 der Simulationsstudie ist es, die Datengrundlage für die Regressionsanalyse in den Abschnitten 7.4 und 7.5 zu schaffen.

Der Stichprobenumfang der Simulationsstudie umfasst nach Tabelle 7-1 und Tabelle 7-2 3.600 Simulationsläufe mit insgesamt 108.000 simulierten Umläufen (bei 30U/SL).

In den einzelnen Simulationsläufen ist der Zuflussquerschnitt der Zufahrt dauerhaft überstaut, das heißt während der Sperrzeit eines simulierten Umlaufs wird im Zuflussbereich eine Warteschlange aufgebaut, die mehr Kraftfahrzeuge umfasst, als während der sich anschließenden Freigabe- und Übergangszeiten aus der Zufahrt abfließen können.

Weiter wird im Rahmen der Simulationsstudie gewährleistet, dass die sich während der Sperrzeit in den Aufstellbereichen aufstellende Fahrzeuge in jedem der simulierten Umläufe die vorhandenen Verzweigungsstellen der Zufahrt blockieren und eine Blockade auslösen (vgl. u.a. Bild 3-5).

Als Messgrößen werden während der Simulationsläufe in jedem Umlauf n (30U/SL) die Aufstelllänge in den Aufstellbereichen am Sperrzeitende ($l_{Auf, Ai, n}$) für die einzelnen Aufstellbereiche A_i der betrachteten Zufahrt erfasst.

Die ermittelten Aufstelllängen je Umlauf (30U/SL) werden von der C#-Schnittstelle (vgl. Bild 6-3) erfasst und für jeden Simulationslauf in einen arithmetischen Mittelwert für die einzelnen Aufstellbereiche (A_i) nach Gleichung 7-2 überführt.

Die Ergebnisse der durchgeführten Simulationsläufe werden von der C#-Schnittstelle in einer CSV-Datei abgelegt. Für jeden Simulationslauf liegt nach Durchführung der Simulationsläufe ein Datensatz vor, der u. a. die in Tabelle 7-3 aufgeführten Eingangsgrößen und Ergebnisgrößen enthält. Die ermittelten Datensätze stehen nach Durchführung der Simulationsläufe als Eingangsdaten für die Regressionsanalyse (Teilschritte A3 und A4) zur Verfügung.

Ermittlung der mittleren Aufstelllänge in den Aufstellbereichen zum Sperrzeitende ($l_{Auf, Ai}$):

$$l_{Auf, Ai} = \frac{\sum_{n=1}^m l_{Auf, Ai, n}}{m}$$

mit	$l_{Auf, Ai}$	Mittlere Aufstelllänge im Aufstellbereich A_i zum Sperrzeitende, [m]
	$l_{Auf, Ai, n}$	Aufstelllänge im Aufstellbereich A_i am Sperrzeitende in Umlauf n , [m]
	m	Anzahl der Umläufe je Simulationslauf (hier $m=30$ U), [-]

Gleichung 7-2: Ermittlung der mittleren Aufstelllänge in den Aufstellbereichen A_i am Sperrzeitende, Quelle: Eigene Darstellung

Eingangs- / Ergebnisgröße	Dokumentierte Größen im Datensatz eines Simulationslaufs
Eingangsgrößen des Simulationslaufs	Verkehrsstärkeanteile: a_{LA}, a_{RA}, a_G Länge der Aufstellbereiche: $L_{AG}, L_{AZw}, L_{ALA}, L_{ARA}$
Ergebnisgrößen des Simulationslaufs (mit 30U/SL)	Mittlere Aufstelllänge in den Aufstellbereichen A_i am Sperrzeitende: $l_{Auf, AG}, l_{Auf, AZw},$ $l_{Auf, ALA}, l_{Auf, ARA}$ bzw. $l_{Auf, AIA}, l_{Auf, AKA}$

Tabelle 7-3: Auszug aus dem Datensatz eines Simulationslaufs mit 30U/SL, Quelle: Eigene Darstellung

7.4 REGRESSIONSANALYSE – 1. ABSTRAKTIONSSCHRITT

Im **ersten Abstraktionsschritt** der Regressionsanalyse wird der Frage nachgegangen, welcher funktionale Zusammenhang zwischen den unten aufgelisteten Größen in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen der Ausbildungsform 2 besteht:

- mittlere Aufstelllänge in den Aufstellbereichen A_i zum Sperrzeitende ($l_{Auf, Ai}$),
- Verkehrsstärkeanteile des Fahr- /Aufstellstreifen i (a_i),
- der Länge der Aufstellbereiche A_i (L_{Ai}),
- dem Längenverhältnis der Aufstellbereiche (L_V).

In einer ersten Annahme wird von einer linearen Abhängigkeit ausgegangen, wie in Gleichung 7-3 dargestellt.

Annahmen:

Lineare Abhängigkeit zwischen der abhängigen Größe l_{Auf,A_i} und der unabhängigen Größe L_{A_i} für konstante Verkehrsstärkeanteile und konstantem Längenverhältnis der Aufstellbereiche A_i in Zufahrten der Ausbildungsform 2:

für $L_V=100\%$ - Untersuchungsgruppe UG-K1:

$$l_{Auf,A_i} = f(L_{A_i} \mid a_{LA} = const; a_{RA} = const; \frac{L_{ARA}}{L_{ALA}} = 1) = mx + b \quad (a)$$

mit Steigung: $m = b_{A_i}$ und Achsenabschnitt: $b=0$

mit $i = G, LA, RA$

für $L_V \neq 100\%$ - Untersuchungsgruppe UG-K2:

$$l_{Auf,A_i} = f(L_{A_i} \mid a_{LA} = const; a_{kA} = const; \frac{L_{AKA}}{L_{ALA}} = const) = mx + b \quad (b)$$

mit Steigung: $m = b_{A_i}$ und Achsenabschnitt: $b=0$

mit $i = G, Zw, kA, IA$

mit	l_{Auf, A_i}	Mittlere Aufstelllänge im Aufstellbereich A_i zum Sperrzeitende, [m]
	a_i	Verkehrsstärkeanteil des Fahr- / Aufstellstreifens i , [-]
	L_{A_i}	Länge des Aufstellbereichs A_i , [m]
	L_V	Längenverhältnis der Aufstellbereiche, [%]
	m	Steigung der linearen Gleichung, [-]
	b	Achsenabschnitt der linearen Gleichung, [-]
	b_{A_i}	Belegungsgrad des Aufstellbereichs A_i zum Sperrzeitende, [-]

Gleichung 7-3: Annahme – erster Abstraktionsschritt der Regressionsanalyse, Quelle: Eigene Darstellung

Zielsetzung des ersten Abstraktionsschritts der Regressionsanalyse ist es nun, zu prüfen, ob die Annahmen aus Gleichung 7-3 zutreffen, dass zwischen der abhängigen Größe „Mittlere Aufstelllänge im Aufstellbereich A_i zum Sperrzeitende (l_{Auf, A_i})“ und der unabhängigen Größe „Länge des Aufstellbereichs A_i (L_{A_i})“ ein linearer Zusammenhang vorliegt. Dabei soll überprüft werden, ob der lineare Zusammenhang für verschiedene Verkehrsstärkeanteile (a_i) und Längenverhältnisse der Aufstellbereiche (L_V) vorliegt.

Die Datengrundlage für die Regressionsanalyse ist im Teilschritt A2 der Simulationsstudie geschaffen worden (Untersuchungsgruppe UG-K1 mit $L_V=100\%$ und UG-K2 mit $L_V \neq 100\%$).

Für die Regressionsanalyse stehen aus der Simulation (Teilschritt A2) insgesamt 3.600 Datensätze in Form einer CSV-Datei zur Auswertung zur Verfügung. Die Datenanalyse der zuvor genannten Datensätze wird mit Hilfe von Excel, dem Datenanalyseprogramm IBM SPSS Statistics¹⁷³ und durch manuelle Berechnungen in Anlehnung an Bortz¹⁷⁴ vorgenommen.

¹⁷³ Duller – Einführung in die Statistik mit Excel und SPSS, Lehrbuch, Springer Gabler, 2013, S. 33

¹⁷⁴ Bortz et al. – Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler, S. 185ff.

In mehr als 660 Regressionsläufen sind für verschiedene Verkehrsstärkeanteile (a_i) und Längenverhältnisse der Aufstellbereiche (L_V) die lineare Abhängigkeit der Größen I_{Auf, A_i} und L_{A_i} nach Gleichung 7-3 untersucht worden.

In den durchgeführten Regressionsläufen sind für verschiedene Verkehrsstärkeanteile (a_i) und Längenverhältnisse der Aufstellbereiche (L_V) die in Tabelle 7-4 aufgelisteten Größen für eine lineare Einfachregression berechnet worden. Auf Grundlage dieser Größen kann die abschließende Überprüfung vorgenommen werden, inwiefern die in Gleichung 7-3 dargestellten Abhängigkeiten (Annahmen) vorliegen.

Ermittelte Größen eines Regressionslaufs – lineare Einfachregression
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Regressionskoeffizient (b_{A_i}), ▪ Standardabweichung des Regressionskoeffizienten ($s_{b_{A_i}}$), ▪ 95% Konfidenzintervall des Regressionskoeffizienten ($b_{A_i-KI, 95\%-u}$; $b_{A_i-KI, 95\%-o}$), ▪ t-Wert, ▪ Stichprobenumfang (n), ▪ Korrelationskoeffizient (R), ▪ Bestimmtheitsmaß (R^2), ▪ 95% Konfidenzintervall des Erwartungswerts an der Stelle x_0 ($E(y x_0)_{KI, 95\%-u}$; $E(y x_0)_{KI, 95\%-o}$).

Tabelle 7-4: Ermittelte Größen eines Regressionslaufs – lineare Einfachregression,
Quelle: Eigene Darstellung

In Tabelle 7-5 sind für den Aufstellbereich A_G bei einem Längenverhältnis der Aufstellbereiche (L_V) von $L_V=100\%$ beispielhaft die Ergebnisse der durchgeführten Regressionsläufe dargestellt. Eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der durchgeführten Regressionsläufe ist aus Gründen des Umfangs im Anhang A1 vorgenommen worden und kann dort den Tabellen A1-1 bis A1-31 entnommen werden.

In Bild 7-3 sind für ein Längenverhältnis von $L_V=100\%$ und ausgewählte Verkehrsstärkeanteile beispielhaft die ermittelten Regressionsgeraden und die zugrundeliegenden Messgrößen der durchgeführten Simulationsläufe (Rohdaten der Regressionsanalyse) dargestellt.

Im linken Diagramm sind drei Regressionsgeraden dargestellt. Die Steigung der Regressionsgerade entspricht dem mittleren Belegungsgrad des Aufstellbereichs A_i zum Sperrzeitende (b_{A_i} mit $i = LA, RA, G$; Schätzer des wahren Belegungsgrades). Im rechten Diagramm ist eine weitere Regressionsgerade dargestellt. Diese gibt den mittleren Gesamtbelegungsgrad der Aufstellbereiche A_i zum Sperrzeitende (b_{AGes}) als aggregierte Größe wieder.

L _v	Verkehrsstärkeanteil			Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung						
	a _G	a _{LA}	a _{RA}	b _{AG}	s _{bAG}	b _{AG-KI} ¹⁾		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI} ²⁾	
[%]	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
100	100	0	0	0,999	0,001	0,997	1,000	1220,46	48	1,000	1,000	72,00	71,84	71,97
100	90	0	10	0,999	0,001	0,997	1,000	1085,63	48	1,000	1,000	72,00	71,82	71,97
100	80	0	20	0,999	0,001	0,996	1,001	728,27	48	1,000	1,000	72,00	71,79	72,02
100	70	0	30	0,995	0,002	0,990	1,000	407,16	48	1,000	1,000	72,00	71,44	71,84
100	60	0	40	0,981	0,007	0,968	0,994	150,43	48	0,999	0,998	72,00	70,11	71,18
100	90	10	0	0,999	0,001	0,997	1,000	1084,70	48	1,000	1,000	72,00	71,82	71,97
100	80	10	10	0,999	0,001	0,997	1,001	1116,10	48	1,000	1,000	72,00	71,84	71,98
100	70	10	20	0,999	0,001	0,996	1,001	803,80	48	1,000	1,000	72,00	71,79	72,00
100	60	10	30	0,994	0,003	0,988	1,001	292,96	48	1,000	0,999	72,00	71,32	71,88
100	50	10	40	0,952	0,009	0,934	0,970	104,06	48	0,998	0,996	72,00	67,78	69,29
100	80	20	0	0,999	0,001	0,996	1,001	728,27	48	1,000	1,000	72,00	71,79	72,02
100	70	20	10	0,999	0,001	0,996	1,001	803,80	48	1,000	1,000	72,00	71,79	72,00
100	60	20	20	0,997	0,002	0,993	1,001	459,49	48	1,000	1,000	72,00	71,60	71,96
100	50	20	30	0,979	0,007	0,965	0,992	145,81	48	0,999	0,998	72,00	69,92	71,03
100	40	20	40	0,875	0,012	0,851	0,900	71,70	48	0,996	0,992	72,00	62,01	64,02
100	70	30	0	0,995	0,002	0,990	1,000	407,16	48	1,000	1,000	72,00	71,44	71,84
100	60	30	10	0,994	0,003	0,988	1,001	292,96	48	1,000	0,999	72,00	71,32	71,88
100	50	30	20	0,979	0,007	0,965	0,992	145,81	48	0,999	0,998	72,00	69,92	71,03
100	40	30	30	0,928	0,010	0,907	0,948	91,60	48	0,998	0,995	72,00	65,96	67,63
100	30	30	40	0,700	0,012	0,675	0,724	57,49	48	0,994	0,988	72,00	49,38	51,39
100	60	40	0	0,981	0,007	0,968	0,994	150,43	48	0,999	0,998	72,00	70,11	71,18
100	50	40	10	0,952	0,009	0,934	0,970	104,06	48	0,998	0,996	72,00	67,78	69,29
100	40	40	20	0,875	0,012	0,851	0,900	71,70	48	0,996	0,992	72,00	62,01	64,02
100	30	40	30	0,700	0,012	0,675	0,724	57,49	48	0,994	0,988	72,00	49,38	51,39
100	20	40	40	0,425	0,008	0,410	0,441	54,30	48	0,993	0,986	72,00	29,99	31,28

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_A keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

Tabelle 7-5: Ergebnisse der Regressionsläufe für den Aufstellbereich A_G bei L_v=100 – Beispiel, Quelle: Eigene Darstellung

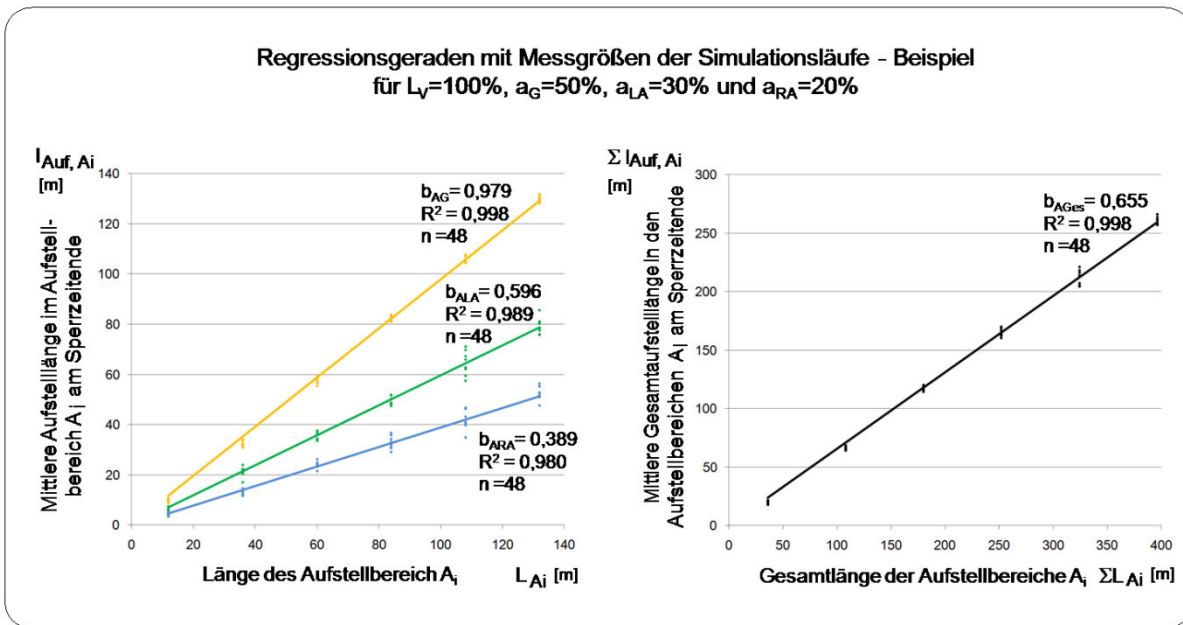


Bild 7-3: Regressionsgeraden mit Messgrößen der Simulationläufe – Beispiel für L_v=100% Quelle: Eigene Darstellung

Die erlangten Ergebnisse der durchgeführten Regressionsläufe der Regressionsanalyse (1. Abstraktionsschritt) können wie folgt interpretiert werden:

- In jedem Regressionslauf ist ein Regressionskoeffizient b_{Ai} (Annahmen: $m=b_{Ai}$ und Konstante $b=0$) für die allgemeine Gleichung $y=mx+b$ durch die „Methode der kleinsten Quadrate“¹⁷⁵ ermittelt worden.
- Unter Berücksichtigung, dass $y=I_{Auf,Ai}$, $m=b_{Ai}$ und $x=L_{Ai}$, kann die allgemeine Gleichung in die angepasste Form der Gleichung überführt werden: $I_{Auf,Ai} = b_{Ai} \cdot L_{Ai}$. Hier stellt b_{Ai} den Schätzer des wahren Parameters β (aus $y_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i$ mit $\alpha=0$) dar.
- Die Nullhypothese $H_0: \beta=0$ kann auf Grundlage der Ergebnisse des t-Tests für alle Regressionsläufe zurückgewiesen werden. Die ermittelten Werte des t-Tests liegen über den kritischen t-Werten von $t_{df=24-2; 1-\alpha=0,999}=3,79$ (für $n=24$ SL) und $t_{df=48-2; 1-\alpha=0,999}=3,52$ (für $n=48$ SL) bei einer zugrunde gelegten Signifikanz von $\alpha=0,1\%$. Mit dem Nachweis ist die Alternativhypothese $H_1: \beta \neq 0$ belegt. Das heißt, die wahre Steigung β ist ungleich null und es gibt einen Zusammenhang zwischen der abhängigen Größe $I_{Auf,Ai}$ und der unabhängigen Größe L_{Ai} (bzw. zwischen der abhängigen Größe $\Sigma I_{Auf,Ai}$ und der unabhängigen Größe ΣL_{Ai}).
- Der funktionale Zusammenhang nach Gleichung 7-3 (a) kann für Zufahrten mit gleich langen Aufstellbereichen ($L_V=100\%$) bestätigt werden. Die Ergebnisse der durchgeführten Regressionsrechnungen können den Tabellen A1-2 bis A1-6 im Anhang A1 entnommen werden. Die durchgeführten 65 Regressionsrechnungen zur Ermittlung der Regressionskoeffizienten b_{Ai} (für $i = G, LA, RA$) auf Grundlage der Untersuchungsgruppe UG-K1 weisen in 59 Fällen (91%) ein Bestimmtheitsmaß von $B \geq 0,95$ auf. In 6 Fällen (9%) liegt das Bestimmtheitsmaß im Intervall $0,90 \leq B < 0,95$. Das heißt, die Variabilität der Messgrößen der Untersuchungsgruppe UG-K1 wird hinreichend genau durch die linearen Regressionsgleichungen wiedergegeben. Die in den Regressionsläufen für $L_V=100\%$ ermittelten oberen und unteren Grenzen des 95%-Konfidenzintervalls liegen sehr dicht um den Wert des zugehörigen Schätzers b_{Ai} . Es kann somit erwartet werden, dass der wahre Wert der Steigung β in den einzelnen Regressionsläufen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% innerhalb des zugehörigen Konfidenzintervalls liegt und somit mit einer großen Wahrscheinlichkeit nur geringfügig vom Schätzwert des Schätzers b_{Ai} abweicht.
- Der funktionale Zusammenhang nach Gleichung 7-3 (b) kann für Zufahrten mit ungleich langen Aufstellbereichen ($L_V \neq 100\%$) auf Grundlage der durchgeführten Regressionsrechnungen zur Ermittlung der Regressionskoeffizienten b_{Ai} (für $i = G, Zw, IA, kA$; Untersuchungsgruppe UG-K2) nicht ohne eine weiterführende Untersuchung bestätigt werden. Bei Betrachtung der Ergebnisse der durchgeführten Regressionsrechnungen wird deutlich, dass einzelne Aufstellbereiche z. T. Bestimmtheitsmaße von $B < 0,80$ aufweisen. Wie den Tabellen A1-7 bis A1-31 im Anhang A1 entnommen werden kann, betrifft dies vor allem den Zwischenbereich (A_{Zw}) bei $L_V = 80\%$ mit einem Verkehrsstärkeanteil von $a_{AIA} \geq 30\%$ ($B < 0,80$ bei 5 (4%) der durchgeführten Regressionsrechnungen für A_{Zw}) und den kurzen Aufstellbereich (A_{kA}) bei $L_V \leq 50\%$ und einem Verkehrsstärkeanteil von $a_{AKA} \leq 20\%$ ($B < 0,8$ bei 15 (15%) der durchgeführten Regressionsrechnungen für A_{kA}). In fünf Regressionsläufen liegt ein Bestimmtheitsmaß von $< 0,6$ vor (Ausreißer). Bei der Beurteilung der Bestimmtheitsmaße ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Regressionskoeffizienten b_{Ai} der Aufstellbereiche einer Zufahrt nicht unabhängig voneinander betrachtet werden können, da diese immer zusammen auftreten.

¹⁷⁵ Bortz et al. – Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler, S185ff.

Entsprechend wird in einer weiterführenden Untersuchung geprüft, ob ein linearer Zusammenhang zwischen der Gesamtlänge der Aufstellbereiche A_i (ΣL_{Ai}) und der mittleren Gesamtaufstelllänge in den Aufstellbereichen zum Sperrzeitende ($\Sigma l_{Auf, Ai}$) besteht und somit Hypothese 1 nach Gleichung 7-4(c) bestätigt werden kann. Sollte sich Hypothese 1 bestätigen, ist weiter zu prüfen, ob der berechnete Regressionskoeffizient b_{AGes} aus den Regressionskoeffizienten b_{Ai} nach Gleichung 7-4(d) hergeleitet werden kann und Hypothese 2 zutrifft. Treffen Hypothese 1 und Hypothese 2 zu, so kann unterstellt werden, dass die lineare Abhängigkeit nach Gleichung 7-4(c) und Gleichung 7-3(b) für den hier vorliegenden Fall mit hinreichender Genauigkeit vorliegt.

Ermittlung der Gesamtlänge der Aufstellbereiche A_i																	
$\sum L_{Ai} = L_{AG} + L_{Zw} + L_{AlA} + L_{AkA}$	(a)																
Ermittlung der mittleren Gesamtaufstelllänge in den Aufstellbereichen A_i zum Sperrzeitende																	
$\sum l_{Auf, Ai} = l_{Auf, AG} + l_{Auf, AZw} + l_{Auf, AlA} + l_{Auf, AkA}$	(b)																
Hypothese 1: Lineare Abhängigkeit für $L_V \neq 100\%$ in Anlehnung an Gleichung 7-3 (b):																	
$\sum l_{Auf, Ai} = f\left(\sum L_{Ai} \left \begin{array}{l} a_{lA} = const; a_{kA} = const; \\ \frac{L_{AkA}}{L_{AlA}} = const \end{array} \right. \right) = mx + b$	(c)																
mit Steigung: $m = b_{AGes}$ und Achsenabschnitt: $b=0$																	
Hypothese 2: Zusammenhang zwischen Regressionskoeffizienten b_{AGes} und b_{Ai} :																	
$b_{AGes} = \frac{(b_{AG} + b_{AkA}) * L_V + b_{AZw} * (100 - L_V) + b_{AlA} * 100}{L_V + 200}$	(d)																
mit:	<table border="0"> <tr> <td>ΣL_{Ai}</td> <td>Gesamtlänge der Aufstellbereiche A_i, [m]</td> </tr> <tr> <td>L_{Ai}</td> <td>Länge des Aufstellbereichs A_i, [m]</td> </tr> <tr> <td>$\Sigma l_{Auf, Ai}$</td> <td>Mittlere Gesamtaufstelllänge der Aufstellbereiche A_i zum Sperrzeitende, [m]</td> </tr> <tr> <td>$l_{Auf, Ai}$</td> <td>Mittlere Aufstelllänge im Aufstellbereich A_i zum Sperrzeitende, [m]</td> </tr> <tr> <td>a_i</td> <td>Verkehrsstärkeanteil des Fahr-/Aufstellstreifens i, [-]</td> </tr> <tr> <td>b_{AGes}</td> <td>Mittlerer Gesamtbelegungsgrad der Aufstellbereiche A_i zum Sperrzeitende, [-]</td> </tr> <tr> <td>b_{Ai}</td> <td>Mittlerer Belegungsgrad des Aufstellbereichs A_i zum Sperrzeitende, [-]</td> </tr> <tr> <td>L_V</td> <td>Längenverhältnis der Aufstellbereiche, [%]</td> </tr> </table>	ΣL_{Ai}	Gesamtlänge der Aufstellbereiche A_i , [m]	L_{Ai}	Länge des Aufstellbereichs A_i , [m]	$\Sigma l_{Auf, Ai}$	Mittlere Gesamtaufstelllänge der Aufstellbereiche A_i zum Sperrzeitende, [m]	$l_{Auf, Ai}$	Mittlere Aufstelllänge im Aufstellbereich A_i zum Sperrzeitende, [m]	a_i	Verkehrsstärkeanteil des Fahr-/Aufstellstreifens i , [-]	b_{AGes}	Mittlerer Gesamtbelegungsgrad der Aufstellbereiche A_i zum Sperrzeitende, [-]	b_{Ai}	Mittlerer Belegungsgrad des Aufstellbereichs A_i zum Sperrzeitende, [-]	L_V	Längenverhältnis der Aufstellbereiche, [%]
ΣL_{Ai}	Gesamtlänge der Aufstellbereiche A_i , [m]																
L_{Ai}	Länge des Aufstellbereichs A_i , [m]																
$\Sigma l_{Auf, Ai}$	Mittlere Gesamtaufstelllänge der Aufstellbereiche A_i zum Sperrzeitende, [m]																
$l_{Auf, Ai}$	Mittlere Aufstelllänge im Aufstellbereich A_i zum Sperrzeitende, [m]																
a_i	Verkehrsstärkeanteil des Fahr-/Aufstellstreifens i , [-]																
b_{AGes}	Mittlerer Gesamtbelegungsgrad der Aufstellbereiche A_i zum Sperrzeitende, [-]																
b_{Ai}	Mittlerer Belegungsgrad des Aufstellbereichs A_i zum Sperrzeitende, [-]																
L_V	Längenverhältnis der Aufstellbereiche, [%]																

Gleichung 7-4: Nachweis der linearen Abhängigkeit für $L_V \neq 100\%$ - Hypothese 1 und 2
Quelle: Eigene Darstellung

- Der funktionale Zusammenhang nach Gleichung 7-4(c) – Hypothese 1 kann für Zufahrten mit ungleich langen Aufstellstreifen ($L_V \neq 100\%$) bestätigt werden. Die Ergebnisse der durchgeführten Regressionsrechnungen können den Tabellen A1-11, A1-16, A1-21, A1-26 und Tabelle A1-31 im Anhang A1 entnommen werden. Die durchgeführten 125 Regressionsrechnungen zur Ermittlung der Regressionskoeffizienten b_{AGes} auf Grundlage der Untersuchungsgruppe UG-K2 weisen in allen Fällen (100%) ein Bestimmtheitsmaß von $B > 0,98$ auf. Hier kann $>98\%$ der Variabilität der abhängigen Größe $\Sigma l_{Auf, Ai}$ durch

Ansatz der unabhängigen Größe ΣL_{Ai} erklärt werden. Der Anteil der Variabilität, der nicht durch Ansatz der unabhängigen Größe ΣL_{Ai} erklärt werden kann, ist vernachlässigbar klein (<2%). Die in den einzelnen Regressionsläufen für $L_V \neq 100\%$ ermittelten oberen und unteren Grenzen des 95%-Konfidenzintervalls liegen sehr dicht um den Wert des Schätzers b_{AGes} . Es kann somit erwartet werden, dass der wahre Wert der Steigung β in den einzelnen Regressionsläufen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% innerhalb des zugehörigen Konfidenzintervalls liegt und somit mit einer großen Wahrscheinlichkeit nur geringfügig vom Schätzwert des Schätzers b_{AGes} abweicht.

- Der Zusammenhang zwischen den Regressionskoeffizienten b_{AGes} und b_{Ai} nach Gleichung 7-4(d) – Hypothese 2 kann für alle der durchgeführten Regressionsläufe der Simulationsläufe (125 SL mit $L_V \neq 100\%$) bestätigt werden. Hypothese 2 kann auf dieser Grundlage bestätigt werden. Die ermittelten Regressionskoeffizienten der einzelnen Aufstellbereiche b_{Ai} können somit in den weiteren Betrachtungen (2. Abstraktionsschritt) als mittlere Belegungsgrade der Aufstellbereiche zum Sperrzeitende einfließen.
- Hypothese 1 und Hypothese 2 nach Gleichung 7-4 können ebenfalls für Zufahrten mit gleich langen Aufstellbereichen ($L_V = 100\%$) bestätigt werden.

Das Ergebnis des 1. Abstraktionsschrittes der Regressionsanalyse kann zusammenfassend wie folgt beschrieben werden:

Fall $L_V = 100\%$:

- Zwischen der abhängigen Größe $I_{Auf,Ai}$ und der unabhängigen Größe L_{Ai} liegt bei konstanten Verkehrsstärkeanteilen (a_i) ein linearer Zusammenhang der Form $I_{Auf,Ai} = b_{Ai} \cdot L_{Ai}$ für $0\% \leq a_{LA} \leq 40\%$ und $0\% \leq a_{RA} \leq 40\%$ vor.
- Für den vorliegenden Fall geben die in den einzelnen Regressionsläufen ermittelten Regressionskoeffizienten b_{Ai} (Schätzer) den wahren Wert von β hinreichend genau wieder und können als mittlerer Belegungsgrad b_{Ai} in die weiteren Betrachtungen einfließen.
- Die Annahme aus Gleichung 7-3(a), dass ein linearer Zusammenhang vorliegt, kann für alle Regressionsgleichungen der einzelnen Regressionsläufe bestätigt werden.
- Die in den Regressionsläufen ermittelten Regressionskoeffizienten b_{Ai} (mit $i = G, LA, RA$) und b_{AGes} können nach Gleichung 7-4(d) ineinander überführt werden.

Fall $L_V \neq 100\%$:

- Zwischen der abhängigen Größe $\Sigma I_{Auf,Ai}$ und der unabhängigen Größe ΣL_{Ai} liegt bei konstanten Verkehrsstärkeanteilen (a_i) ein linearer Zusammenhang der Form $\Sigma I_{Auf,Ai} = b_{AGes} \cdot \Sigma L_{Ai}$ für $0\% \leq a_{IA} \leq 40\%$ und $0\% \leq a_{kA} \leq 40\%$ vor.
- Für den vorliegenden Anwendungsfall geben der in den einzelnen Regressionsläufen ermittelte Regressionskoeffizient b_{AGes} (Schätzer) den wahren Wert von β hinreichend genau wieder und kann als Belegungsgrad b_{AGes} in die weiteren Betrachtungen einfließen.
- Die Annahme aus Gleichung 7-4(c), dass ein linearer Zusammenhang vorliegt, kann für alle Regressionsgleichungen bestätigt werden.
- Die in den Regressionsläufen ermittelten Regressionskoeffizienten b_{Ai} (mit $i = G, Zw, IA, kA$) und b_{AGes} können nach Gleichung 7-4(d) ineinander überführt werden (Hypothese 2 ist bestätigt worden). Das heißt, es macht keinen Unterschied, ob die Belegungsgrade b_{Ai} der

einzelnen Aufstellbereiche oder der Gesamtbelegungsgrad b_{AGes} in dem Berechnungsverfahren (nur Anwendungsfall gFI) zum Ansatz kommt. Beide Rechenwege führen zum gleichen Ergebnis. Entsprechend können sowohl b_{Ai} als auch b_{AGes} im 2. Abstraktionsschritt der Regressionsanalyse zum Ansatz kommen.

Weiteres Ergebnis:

Der Zusammenhang zwischen den Regressionskoeffizienten b_{AGes} und b_{Ai} nach Hypothese 2 (siehe Gleichung 7-4(d)) konnte sowohl für die Simulationsläufe der Zufahrten mit $L_V=100\%$ (UG-K1) als auch für die Zufahrten mit $L_V \neq 100\%$ (UG-K2) nachgewiesen werden. Das heißt im Umkehrschluss, dass das analytische Berechnungsverfahren für Anwendungsfall gFI an dieser Stelle ggf. vereinfacht werden kann, indem $b_{AGes} \cdot \Sigma L_{Ai}$ statt $\Sigma(b_{Ai} \cdot L_{Ai})$ in diesem zum Ansatz kommt (vgl. Ausführungen in Kapitel 11).

7.5 REGRESSIONSANALYSE – 2. ABSTRAKTIONSSCHRITT

Die im ersten Abstraktionsschritt ermittelten Regressionskoeffizienten b_{Ai} (Belegungsgrade der Aufstellbereiche A_i zum Sperrzeitende) und b_{AGes} (Gesamtbelegungsgrade der Aufstellbereiche A_i zum Sperrzeitende) werden im zweiten Abstraktionsschritt für verschiedene Längenverhältnisse der Aufstellbereiche (L_V) in Nomogramme und Wertetabellen überführt.

Dazu werden die ermittelten Belegungsgrade der Aufstellbereiche A_i zum Sperrzeitende (b_{Ai}) und die Gesamtbelegungsgrade der Aufstellbereiche A_i zum Sperrzeitende (b_{AGes}) verschiedener Regressionsläufe aus dem 1. Abstraktionsschritt in Nomogramme und Wertetabellen zusammengefasst.

Ziel des 2. Abstraktionsschrittes ist es, die Ergebnisse der Regressionsanalyse aufbereitet in einer kompakten Form darzustellen.

In Bild 7-4 sind die Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung des mittleren Belegungsgrads b_{Ai} beispielhaft für einzelne Aufstellbereiche einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 für ein Längenverhältnis von $L_V=50\%$ dargestellt. Das Längenverhältnis L_V gibt dabei das Verhältnis der Länge des Aufstellbereichs des kurzen Aufstellstreifens (L_{AKA}) zur Länge des Aufstellbereichs des langen Aufstellstreifens (L_{AIA}) wieder (vgl. Gleichung 7-1(b)).

Die Nomogramme und Wertetabellen des mittleren Belegungsgrads b_{Ai} für verschiedene Längenverhältnisse können den Bildern A2-1 bis A2-6 im Anhang A2 entnommen werden.

In Bild 7-5 ist das Nomogramm und die Wertetabelle zur Ermittlung des mittleren Gesamtbelegungsgrads b_{AGes} einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 beispielhaft für ein Längenverhältnis von $L_V=50\%$ dargestellt.

Die Nomogramme und Wertetabellen des mittleren Gesamtbelegungsgrads b_{AGes} für verschiedene Längenverhältnisse können den Bildern A3-1 bis A3-3 im Anhang A3 entnommen werden.

Mit Hilfe der bereitgestellten Nomogramme und Wertetabellen kann der mittlere Belegungsgrad der Aufstellbereiche zum Sperrzeitende (b_{Ai}) bzw. der mittlere Gesamtbelegungsgrad der Aufstellbereiche zum Sperrzeitende (b_{AGes}) für den konkreten Anwendungsfall entweder direkt aus den Nomogrammen und Wertetabellen abgelesen oder durch Interpolation berechnet werden.

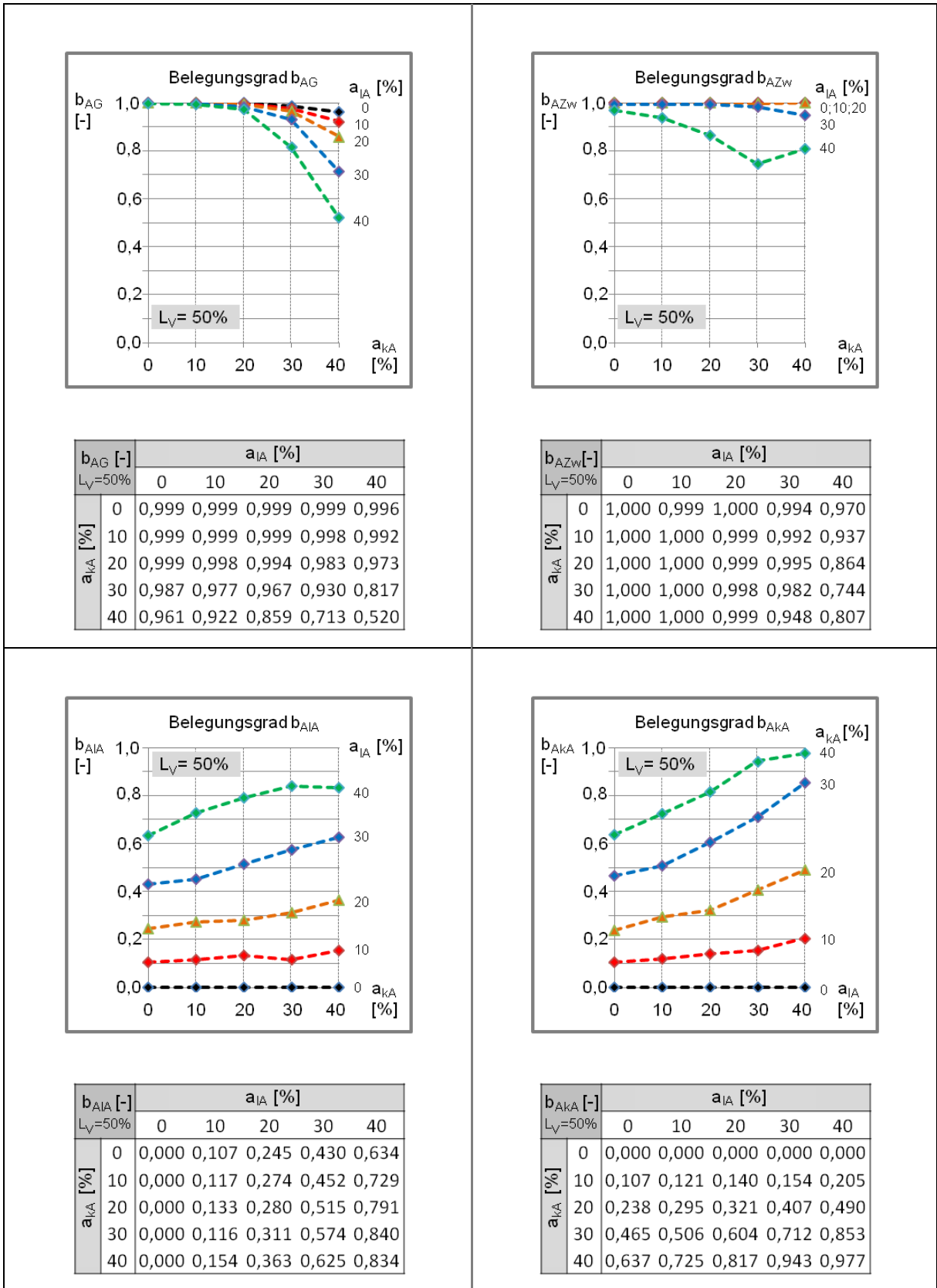


Bild 7-4: Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Belegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{Ai}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=50\%$ – Beispiel, Quelle: Eigene Darstellung

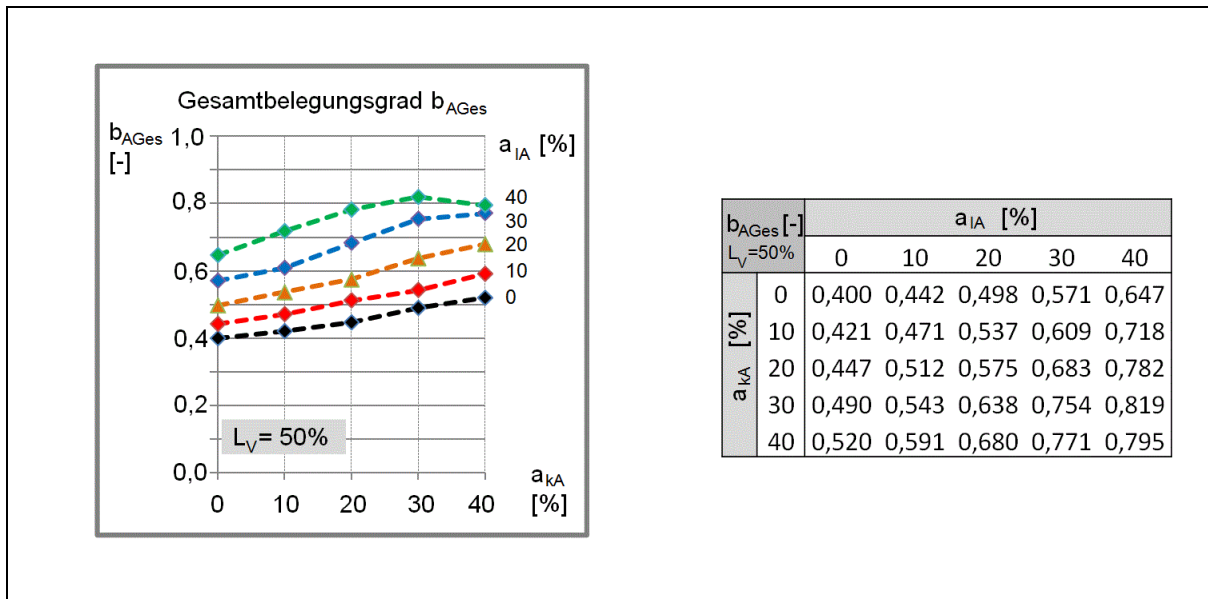


Bild 7-5: Nomogramm und Wertetabelle zur Ermittlung des Gesamtbelegungsgrads der Aufstellbereiche A_i (b_{AGes}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=50\%$ – Beispiel, Quelle: Eigene Darstellung

7.6 ZUSAMMENFASSUNG

Die mittleren Belegungsgrade der Aufstellbereiche zum Sperrzeitende (b_{Ai}) gehen als wesentliche allgemeingültige Eingangsparameter in das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren ein.

Zielsetzung des ersten Teils der Simulationsstudie (Teil A: Kalibration – Allgemeingültige Eingangsparameter) ist es, die mittleren Belegungsgrade b_{Ai} als allgemeingültige Eingangsparameter des Berechnungsverfahrens im Rahmen einer Regressionsanalyse zu kalibrieren, um diese aufbereitet in Form von Nomogrammen und Wertetabellen für die spätere Anwendung zur Verfügung zu stellen.

Die Datenbasis der durchgeführten Regressionsanalyse wird durch Anwendung des mikroskopischen Simulationsprogramms VISSIM geschaffen. In 3.600 Simulationsläufen mit insgesamt 108.000 simulierten Umläufen konnte mit Hilfe der entwickelten C#-Schnittstelle die erforderliche Datenbasis zur Kalibration bereitgestellt werden.

Die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Regressionsanalyse im Rahmen des Teil A der Simulationsstudie: „Kalibration – Allgemeingültige Eingangsparameter“ können wie folgt zusammengefasst werden:

- In Zufahrten mit einem Längenverhältnis von $L_V=100\%$ liegt bei konstanten Verkehrsstärkeanteilen ein linearer Zusammenhang der Form $l_{Auf,Ai} = b_{Ai} \cdot L_{Ai}$ zwischen der abhängigen Größe $l_{Auf,Ai}$ (mittlere Aufstelllänge im Aufstellbereich A_i zum Sperrzeitende) und der unabhängigen Größe L_{Ai} (Länge des Aufstellbereichs A_i) für die folgenden Wertebereiche der Verkehrsstärkeanteile vor: $0\% \leq a_{LA} \leq 40\%$ und $0\% \leq a_{RA} \leq 40\%$. Die ermittelten Regressionskoeffizienten b_{Ai} (Schätzer) geben mit hinreichender Genauigkeit den wahren Wert wieder und können als allgemeingültige Eingangsparameter in das Berechnungsverfahren einfließen (b_{Ai} ; kalibrierte Größe).

- In Zufahrten mit einem Längenverhältnis von $L_V=100\%$ und $L_V \neq 100\%$ liegt bei konstanten Verkehrsstärkeanteilen ein linearer Zusammenhang der Form $\Sigma l_{Auf,A_i} = b_{AGes} * \Sigma L_{A_i}$ zwischen der abhängigen Größe $\Sigma l_{Auf,A_i}$ (mittlere Gesamtaufstelllänge der Aufstellbereiche A_i zum Sperrzeitende) und der unabhängigen Größe ΣL_{A_i} (Gesamtlänge der Aufstellbereiche A_i) für folgende Wertebereiche der Verkehrsstärkeanteile vor: $0\% \leq a_{LA} \leq 40\%$ und $0\% \leq a_{RA} \leq 40\%$. Die ermittelten Regressionskoeffizienten b_{AGes} (Schätzer) geben mit hinreichender Genauigkeit den wahren Wert wieder und können als allgemeingültige Eingangsparameter in das Berechnungsverfahren einfließen (b_{AGes} ; kalibrierte Größe).
- In Zufahrten mit einem Längenverhältnis von $L_V=100\%$ und $L_V \neq 100\%$ können die in der Regressionsanalyse ermittelten Regressionskoeffizienten b_{AGes} und b_{A_i} unter Berücksichtigung von L_V direkt ineinander überführt werden. Es besteht ein direkter funktionaler Zusammenhang zwischen den Regressionskoeffizienten. Auf Grundlage dieser funktionalen Abhängigkeit können für $L_V \neq 100\%$ die ermittelten Regressionskoeffizienten b_{A_i} (Schätzer) der einzelnen Regressionsläufe ebenfalls als allgemeingültige Eingangsparameter in das Berechnungsverfahren einfließen.
- Der ermittelte direkte funktionale Zusammenhang zwischen den Regressionskoeffizienten b_{AGes} und b_{A_i} legt die Vermutung nahe, dass das Berechnungsverfahren für Anwendungsfall gFI an dieser Stelle vereinfacht werden kann, indem $b_{AGes} * \Sigma L_{A_i}$ statt $\Sigma (b_{A_i} * L_{A_i})$ in dem Berechnungsverfahren zum Ansatz kommen kann.

Die ermittelten Regressionskoeffizienten b_{A_i} (Belegungsgrade der Aufstellbereiche A_i zum Sperrzeitende) und b_{AGes} (Gesamtbelegungsgrade der Aufstellbereiche A_i zum Sperrzeitende) sind für verschiedene Längenverhältnisse der Aufstellbereiche (L_V) in Nomogramme und Wertetabellen überführt worden.

Mit Hilfe der bereitgestellten Nomogramme und Wertetabellen kann der Belegungsgrad der Aufstellbereiche zum Sperrzeitende (b_{A_i}) bzw. der Gesamtbelegungsgrad der Aufstellbereiche zum Sperrzeitende (b_{AGes}) für den konkreten Anwendungsfall entweder direkt aus den erstellten Nomogrammen und Wertetabellen abgelesen oder durch Interpolation berechnet werden.

8 VISSIM – ERMITTLUNG FAHRER-/FAHRZEUGBEZOGENE EINGANGSPARAMETER

8.1 EINFÜHRUNG

In das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren gehen verschiedene fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter, wie z. B. der Zeitbedarfswert (t_B), die mittlere Aufstelllänge von Kraftfahrzeugen ($l_{A, Kfz}$) und die Anzahl der Fahrzeuge, die während der beiden Übergangszeiten abfließen (n_{RG}, n_{Ge}), ein.

Die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter hängen in der Praxis im Wesentlichen vom Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer und den örtlichen Randbedingungen der betrachteten lichtsinalgeregelten Zufahrt ab, für die die Kapazitätsberechnung mit dem analytischen Berechnungsverfahren vorgenommen werden soll.

Im Teil C der Simulationsstudie wird die Validierung des analytischen Berechnungsverfahrens mit Hilfe des mikroskopischen Simulationsprogramm VISSIM vorgenommen. Um die Validierung mit dem Simulationsprogramm vornehmen zu können, müssen im Vorfeld die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für das Simulationsprogramm VISSIM ermittelt werden.

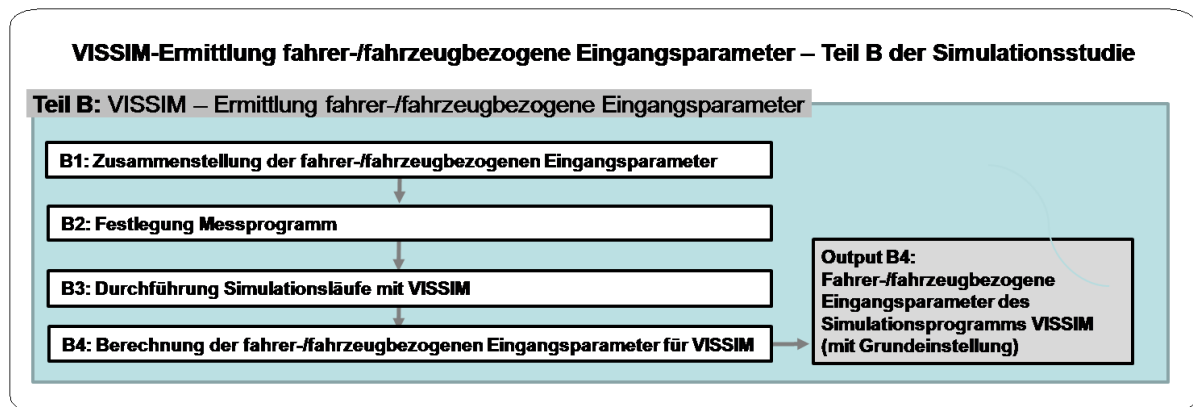


Bild 8-1: Teil B der Simulationsstudie – Überblick,
Quelle: Eigene Darstellung

Zielsetzung des Teil B der Simulationsstudie ist es, die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für das Simulationsprogramm VISSIM zu ermitteln, damit diese im Teil C der Simulationsstudie als programmabhängige Eingangsgrößen in das Berechnungsverfahren einfließen können.

Teil B der Simulationsstudie kann, wie in Bild 8-1 dargestellt, in die Teilschritte B1 bis B4 unterteilt werden, auf die in den Abschnitten 8.3 bis 8.6 eingegangen wird.

8.2 FAHRZEUGFOLGEMODELLIERUNG IN VISSIM

Das mikroskopische Simulationsprogramm VISSIM basiert auf einem stochastischen und zeitschrittbasieren Verkehrsflussmodell, in dem einzelne Fahrer-/Fahrzeugeinheiten in einer fahrzeugfeinen Auflösung (mikroskopisch) berücksichtigt werden.

Bei der Modellierung des Verkehrsflusses (in Längsrichtung) kommt in VISSIM das psychophysische Fahrzeugfolgemodell von Wiedemann¹⁷⁶ zur Anwendung.

¹⁷⁶ Wiedemann – Simulation des Strassenverkehrsflusses, Habilitation, 1974

Grundidee des psycho-physischen Fahrzeugfolgmodells von Wiedemann¹⁷⁷ ist es, dass sich die in einem Straßennetz befindlichen Fahrer-/Fahrzeugeinheiten jeweils in einem der folgenden vier Fahrzustände befinden (vgl. Bild 8-2):

- **Freies Fahren:** Die Fahrer-/Fahrzeugeinheit wird nicht durch vorausfahrende Fahrer-/Fahrzeugeinheiten beeinflusst. Der Fahrer strebt an, die Wunschgeschwindigkeit zu erreichen und diese möglichst beizubehalten.
- **Annäherung:** Eine Fahrer-/Fahrzeugeinheit nähert sich einer langsamer fahrenden Fahrer-/Fahrzeugeinheit, die vorausfährt. Während sich die Fahrer-/Fahrzeugeinheit annähert, verzögert der Fahrer des auffahrenden Fahrzeugs seine Geschwindigkeit. Hierbei strebt der Fahrer die Einhaltung eines gewünschten Sicherheitsabstandes an.
- **Folgen:** Der Fahrer einer Fahrer-/Fahrzeugeinheit fährt hinter einer langsamer fahrenden Fahrer-/Fahrzeugeinheit her. Der Abstand zum Vorausfahrenden entspricht weitestgehend dem gewünschten Sicherheitsabstand. In dem Modell wird dem Fahrer eine unvollkommene Beherrschung des Gaspedals des Fahrzeugs unterstellt. Aus diesem Grund oszilliert die Geschwindigkeitsdifferenz zum vorausfahrenden um den Wert Null und der Abstand zum VorrAusfahrenden schwankt geringfügig.
- **Bremsen:** Fällt der Abstand zum Vorausfahrenden unter den gewünschten Sicherheitsabstand, so wird eine Bremsung durch eine mittlere bis starke Verzögerung ausgelöst. Dies kommt u.a. dann vor, wenn das vorausfahrende Fahrzeug ebenfalls bremst (z.B. beim Auffahren auf eine Warteschlange in einer Zufahrt).

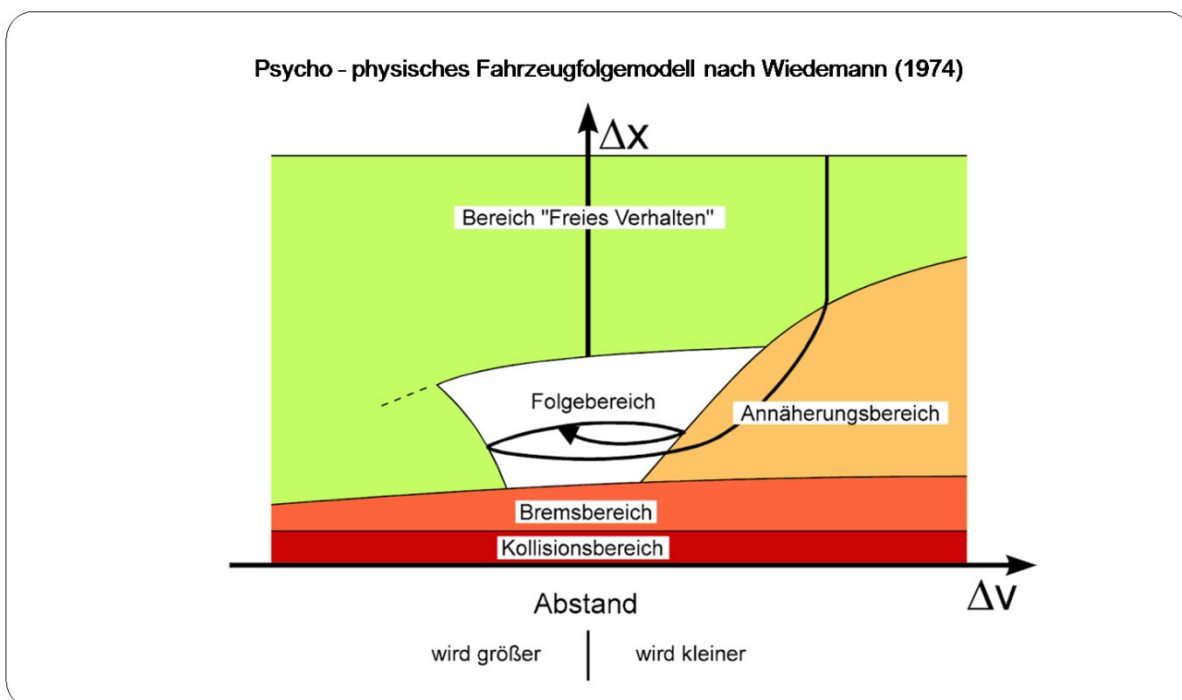


Bild 8-2: Psycho-physisches Fahrzeugfolgmodell nach Wiedemann (1974),
Quelle: PTV AG¹⁷⁸ in Anlehnung an Wiedemann¹⁷⁹

Bewegt sich eine Fahrer-/Fahrzeugeinheit im Straßennetz, so können sich die Fahrzustände u.a. in Abhängigkeit zum Abstand zum Vorausfahrenden ändern, wie in Bild 8-2 dargestellt.

¹⁷⁷ Wiedemann – Simulation des Strassenverkehrsflusses, Habilitation, 1974

¹⁷⁸ PTV – PTV VISSIM 5.40 – Benutzerhandbuch, 2011, S. 27

¹⁷⁹ Wiedemann – Simulation des Strassenverkehrsflusses, Habilitation, 1974

Das Fahrverhalten einer Fahrer-/Fahrzeugeinheit wird, wie in PTV AG¹⁸⁰ angegeben, u. a. durch folgende Einflussgrößen maßgeblich geprägt:

- den Technischen Spezifikationen des Fahrzeugs
 - Fahrzeuglänge,
 - Höchstgeschwindigkeit,
 - Beschleunigungsvermögen,
 - aktuelle Fahrzeugposition im Netz,
 - aktuelle Geschwindigkeit und Beschleunigung.
- dem Verhalten der Fahrer-/Fahrzeugeinheit
 - psycho-physische Wahrnehmungsgrenzen des Fahrers (Schätzvermögen, Sicherheitsempfinden, Risikobereitschaft),
 - Beschleunigung in Abhängigkeit von der derzeitigen Geschwindigkeit und der Wunschgeschwindigkeit des Fahrers.

Das Fahrverhalten einer Fahrer-/Fahrzeugeinheit wird somit maßgeblich durch die technischen Möglichkeiten des Fahrzeugs und die Verhaltensparameter des Fahrers beeinflusst.

Die Zuordnung der technischen Spezifikationen und der Verhaltensparameter zu den einzelnen Fahrer-/Fahrzeugeinheiten erfolgt zufällig (stochastisch) auf Grundlage von verschiedenen Parametern, die u.a. durch hinterlegte Verteilungsfunktionen definiert sind (siehe beispielhaft Wunschbeschleunigung-Pkw und Wunschgeschwindigkeit $v=50\text{km/h}$ in Bild 8-3).

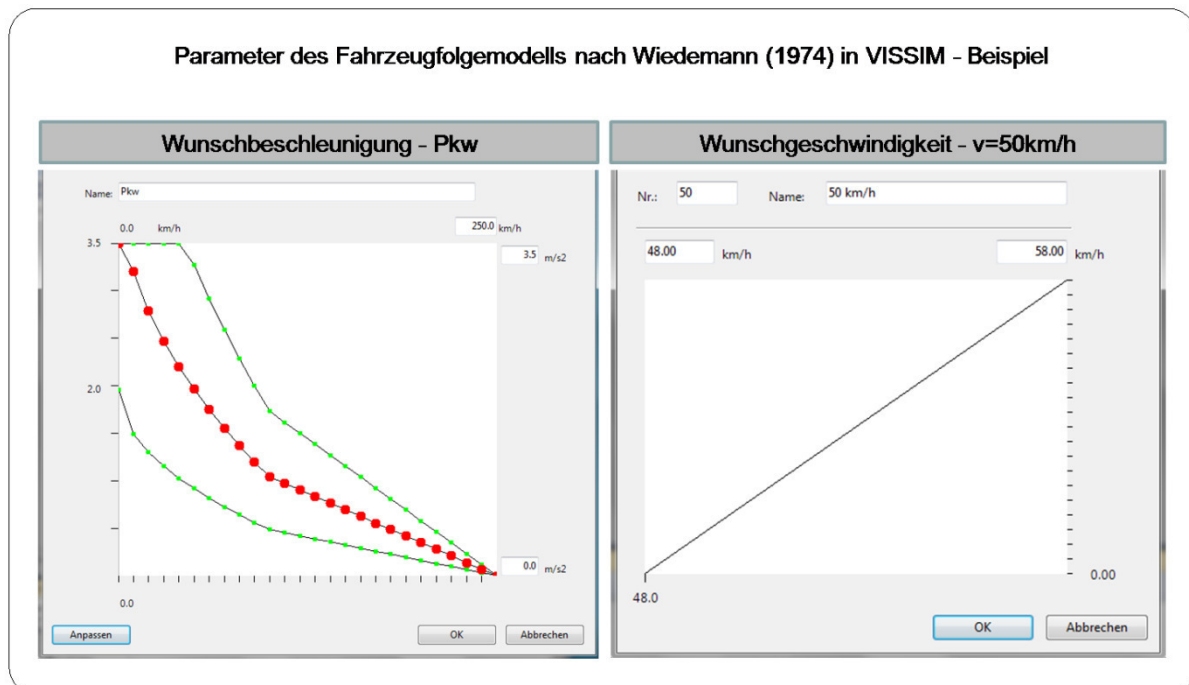


Bild 8-3: Parameter des Fahrzeugfolgemodells nach Wiedemann (1974) in VISSIM – Beispiel, Quelle: PTV AG¹⁸¹

¹⁸⁰ PTV – PTV VISSIM 5.40 – Benutzerhandbuch, 2011, S. 28, Auflistung wörtlich aus Quelle entnommen bzw. zitiert.

¹⁸¹ PTV – PTV VISSIM 7.00-13 – Softwareprogramm, 2014, Screenshot

Die in den VISSIM Grundeinstellungen voreingestellten Parameter können vom Anwender des Simulationsprogramms individuell angepasst werden. In der Simulationsstudie (Teil A bis C) werden die in VISSIM Version 7.00-13 voreingestellten Spezifikationen und Verhaltensparameter der Fahrer-/Fahrzeugeinheiten (Grundeinstellungen) nicht verändert.

Wesentlichen Einfluss auf die Sättigungsverkehrsstärke und somit die Kapazität im Fahrzeugfolgemodell von Wiedemann¹⁸² hat der Wunschsicherheitsabstand, den eine Fahrer-/Fahrzeugeinheit versucht zum Vorausfahrenden einzuhalten.

Der Wunschsicherheitsabstand setzt sich, wie in Gleichung 8-1 dargestellt, aus dem Stillstandsabstand (ax) und dem geschwindigkeitsabhängigen Sicherheitsabstand (bx) zusammen. Der Sicherheitsabstand (bx) kann weiter in einen additiven Teil (bx_add) und einen multiplikativen Teil (bx_mult) unterteilt werden.

Wunschsicherheitsabstand nach Wiedemann 1974:	
$d = ax + bx$	(a)
Stillstandsabstand (ax):	
$ax = 2,00^{1)} + z^*$	(b)
mit normalverteilter Zufallsvariable: $z^* = N(\mu; \sigma^2) = N(0; 0,3^2)$	(c)
Sicherheitsabstand (bx):	
$bx = (bx_add + bx_mult * z) * \sqrt{v}$	(d)
mit $bx_add = 2,00^{1)}$	(e)
mit $bx_mult = 3,00^{1)}$	(f)
mit normalverteilter Zufallsvariable: $z = N(\mu; \sigma^2) = N(0,50; 0,15^2)$	(g)
Fußnoten:	
1) In den Grundeinstellungen von VISSIM voreingestellter Wert, der individuell abgeändert werden kann.	
mit:	
d	Wunschsicherheitsabstand, [m]
ax	Stillstandsabstand, [m]
bx	Sicherheitsabstand, [m]
bx_add	Additiver Einfluss auf den Sicherheitsabstand, [m]
bx_mult	Multiplikativer Einfluss auf den Sicherheitsabstand, [m]
v	Fahrzeuggeschwindigkeit, [m/s]
z, z*	Normalverteilte Zufallsgröße mit $N(\mu; \sigma^2)$, [m]

Gleichung 8-1: Ermittlung Wunschsicherheitsabstand nach Wiedemann 1974,
Quelle: PTV AG¹⁸³

¹⁸² Wiedemann – Simulation des Strassenverkehrsflusses, Habilitation, 1974

¹⁸³ PTV – PTV VISSIM 5.40 – Benutzerhandbuch, 2011, S. 144

In VISSIM können die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter des entwickelten analytischen Berechnungsverfahrens (siehe Tabelle 8-1) nicht direkt im Simulationsprogramm vorgegeben werden. Sie sind vielmehr das Ergebnis der Simulation und können als Messgrößen aus der Simulation abgegriffen bzw. aus erhobenen Messgrößen berechnet werden (siehe Teilschritt B3 und B4 der Simulationsstudie).

8.3 ZUSAMMENSTELLUNG DER FAHRER-/FAHRZEUGBEZOGENEN EINGANGSPARAMETER

In das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren gehen verschiedene fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter ein. Im Vorfeld der Validierung werden die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für das mikroskopische Simulationsprogramm ermittelt, um diese in Teil C der Simulationsstudie als programmabhängige Eingangsgrößen berücksichtigen zu können.

In Tabelle 8-1 sind die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter aufgelistet, die in den Teilschritten B2 bis B4 der Simulationsstudie als programmabhängige Eingangsgrößen ermittelt werden.

Zu ermittelnde fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter für VISSIM ¹⁾	
$t_{B, VISSIM}$	Zeitbedarfswert in VISSIM, [s/Kfz]
q_{VISSIM}	Sättigungsverkehrsstärke in VISSIM, [Kfz/h]
$l_{A, Kfz, VISSIM}$	Mittlere Aufstelllänge eines Kraftfahrzeugs in VISSIM, [m/Kfz]
$n_{RG, VISSIM}$	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der ROT/GELB-Zeit in VISSIM, [Kfz/U]
$n_{Ge, VISSIM}$	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GELB-Zeit in VISSIM, [Kfz/U]

1) Die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM werden für das Simulationsprogramm VISSIM Version 7.00-13 unter Berücksichtigung der Grundeinstellungen des Programms ermittelt. Bei Verwendung einer anderen Programmversion oder der Verwendung anderer Einstellungen, können ermittelte fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter für VISSIM von den im Teil B der Simulationsstudie ermittelten Werte (siehe Abschnitt 8.6) abweichen.

Tabelle 8-1: Zu ermittelnde fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter für VISSIM, Quelle: Eigene Darstellung

8.4 FESTLEGUNG MESSPROGRAMM

Im Teilschritt B3 der Simulationsstudie wird der Verkehrsablauf in einer lichtsignalgeregelten Zufahrt mit zusätzlichen Aufstellstreifen der Ausbildungsform 2 simuliert, um anschließend auf Grundlage der erhobenen Messwerte, die in Tabelle 8-1 aufgelisteten fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM ermitteln zu können.

In Bild 8-4 wird ein Überblick über das Messprogramm zur Schaffung der Datengrundlage gegeben, auf dessen Grundlage anschließend die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM ermittelt werden.

Das Messprogramm untergliedert sich in drei Untersuchungsgruppen mit jeweiligen Teilgruppen, die im Rahmen des Teilschritts B3 der Simulationsstudie simuliert werden.

In den Simulationsläufen werden an den in Bild 8-4 dargestellten Messquerschnitten jeweils bis zu drei Messwerte (M1 bis M3) abgegriffen und stehen nach Durchführung der Simulationsläufe als Datengrundlage zur Ermittlung der fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM zur Verfügung.

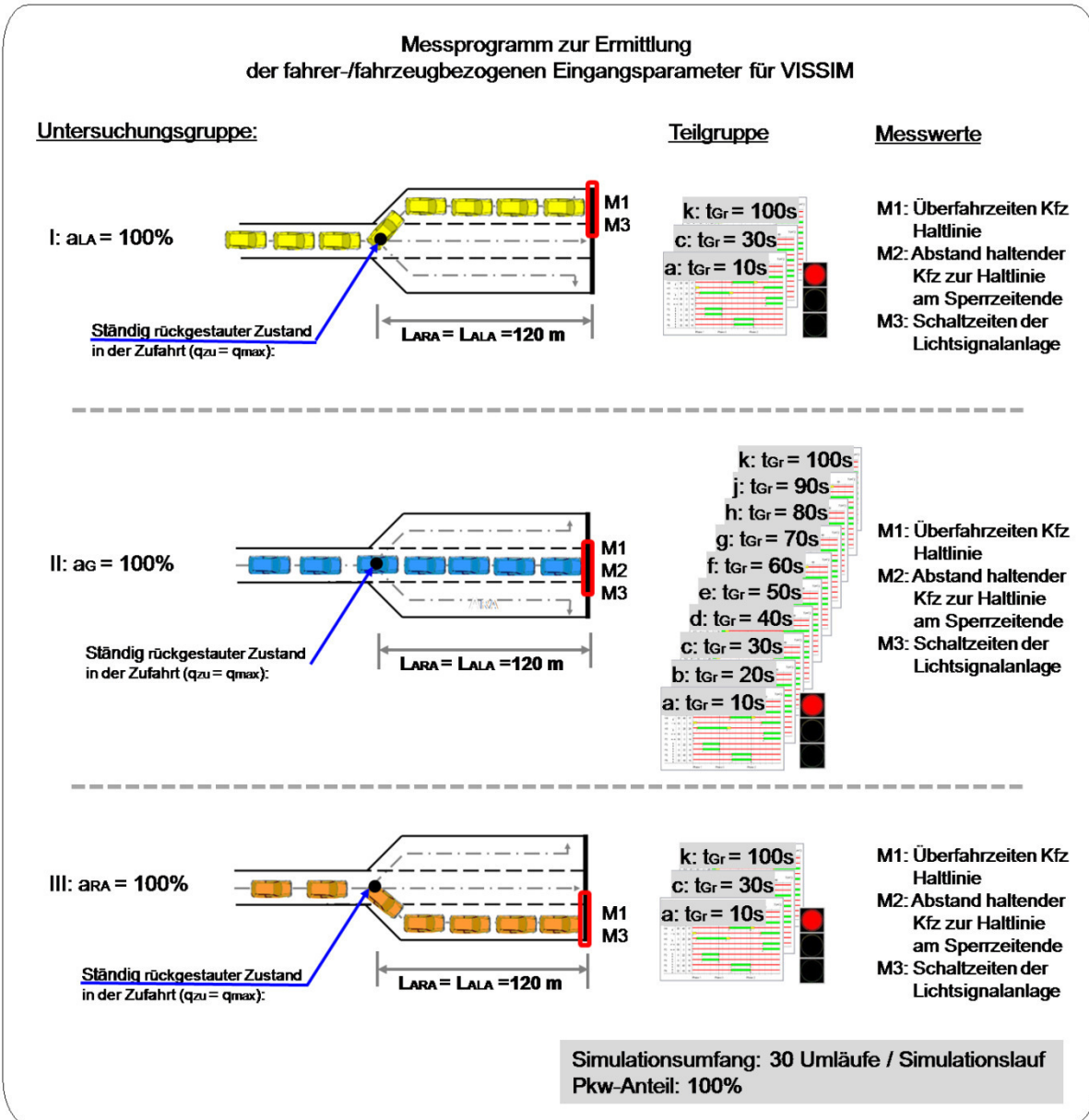


Bild 8-4: Messprogramm zur Ermittlung der fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM, Quelle: Eigene Darstellung

In Tabelle 8-2 wird ein Überblick über die Datengrundlage gegeben, auf deren Grundlage die verschiedenen fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM in Teilschritt B4 der Simulationsstudie ermittelt werden.

Betrachteter fahrer-/fahrzeugbezogener Eingangsparameter für VISSIM		Datengrundlage	
		Untersuchungsgruppe und Teilgruppe des Messprogramms (siehe Bild 8-4)	Erforderliche Messwerte (siehe Bild 8-4)
$t_{B, VISSIM}$	Mittlerer Zeitbedarfswert in VISSIM, [s/Kfz]	Ik; IIk; IIIk	M1 M3
q_{VISSIM}	Sättigungsverkehrsstärke in VISSIM, [Kfz/h]	Ik; IIk; IIIk	M1 M3
$l_{A, Kfz, VISSIM}$	Mittlere Aufstelllänge eines Kraftfahrzeugs in VISSIM, [m/Kfz]	Ik, IIk, IIIk	M2
$n_{RG, VISSIM}$	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der ROT/GELB-Zeit in VISSIM, [Kfz/U]	Ia; Ic; Ik; IIa; IIb; IIc; IId; IIe; IIj; IIg; IIh; IIj; IIk; IIIa; IIIc; IIIk	M1 M3
$n_{Ge, VISSIM}$	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GELB-Zeit in VISSIM, [Kfz/U]	Ia; Ic; Ik; IIa; IIb; IIc; IId; IIe; IIj; IIg; IIh; IIj; IIk; IIIa; IIIc; IIIk	M1 M3

Tabelle 8-2: Datengrundlage zur Ermittlung der fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM,
Quelle: Eigene Darstellung

8.5 DURCHFÜHRUNG SIMULATIONS-LÄUFE MIT VISSIM

Die Simulationsläufe des in Bild 8-4 dargestellten Messprogramms sind in VISSIM durchgeführt worden. Die in 16 Simulationsläufen mit je 30 Umläufen erhobenen Messwerte (M1 bis M3) stehen als Datengrundlage zur Ermittlung der fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM im Teil B4 der Simulationsstudie zur Verfügung.

8.6 BERECHNUNG FAHRER-/FAHRZEUGBEZOGENE EINGANGSPARAMETER FÜR VISSIM

Die in Tabelle 8-1 aufgelisteten fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM werden in den folgenden Unterabschnitten auf Grundlage der Ergebnisse der durchgeführten Simulationsläufe der Untersuchungsgruppe II (Fahrtrichtung G) des Messprogramms ermittelt. Vergleiche mit Messwerten der Untersuchungsgruppe I (Fahrtrichtung RA) und Untersuchungsgruppe III (Fahrtrichtung LA) haben ergeben, dass in den durchgeführten Simulationsläufen die Fahrtrichtung (G, LA, RA) keinen signifikanten Einfluss auf die verschiedenen fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM nehmen und die im Folgenden ermittelten fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM in der Validierung (Teil C der Simulationsstudie) fahrtrichtungsübergreifend angewendet werden können.

Wie bereits einführend in Tabelle 8-1 erwähnt, sind die in diesem Abschnitt ermittelten „fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM“ für die Programmversion 7.00-13 unter Berücksichtigung der Grundeinstellungen des Simulationsprogramms ermittelt worden. Bei Verwendung einer anderen Programmversion oder der Verwendung anderer Einstellungen, können die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM von den in Unterabschnitt 8.6.1 bis Unterabschnitt 8.6.5 ermittelten Werten abweichen.

8.6.1 MITTLERER ZEITBEDARFSWERT IN VISSIM

Auf Grundlage der durchgeführten Simulationsstudie ist der mittlere Zeitbedarf aus einer Zufahrt abfließender Fahrzeuge im Simulationsprogramm VISSIM ermittelt worden.

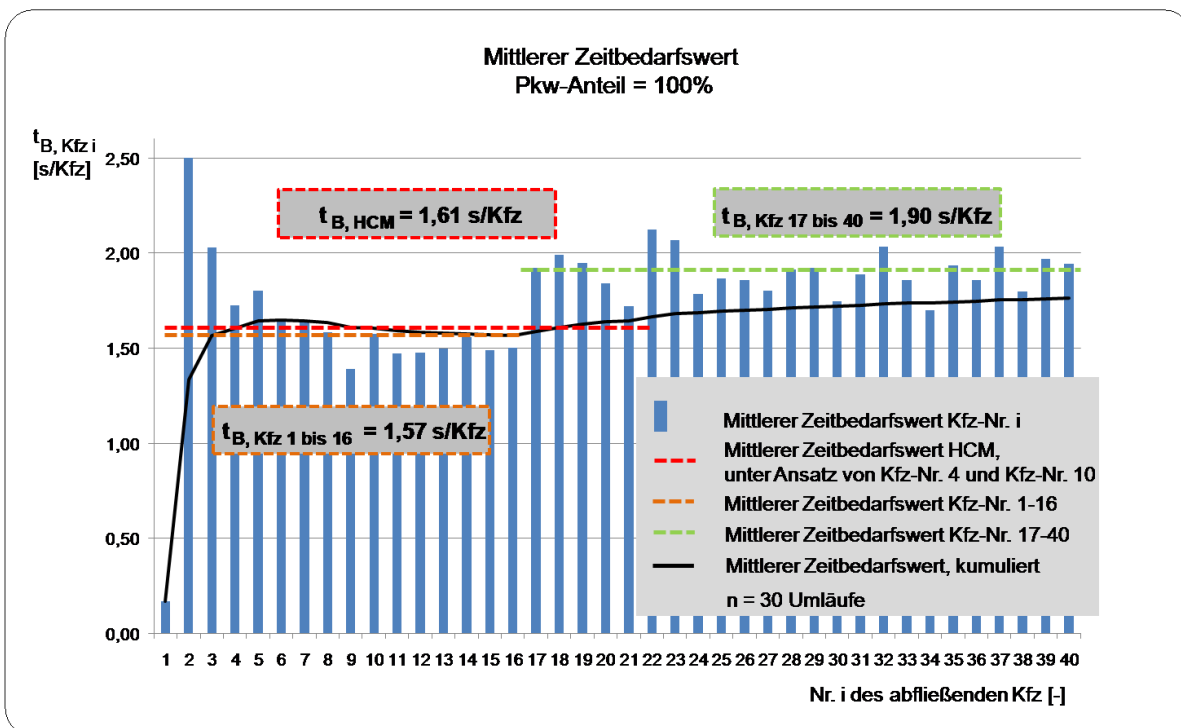


Bild 8-5: Mittlerer Zeitbedarfswert in VISSIM bei einem Pkw-Anteil von 100%,
Quelle: Eigene Darstellung

Der mittlere Zeitbedarfswert für die ersten 40 Kraftfahrzeuge, die während der Freigabezeit aus einer lichtsignalgeregelten Zufahrt in VISSIM abfließen, ist in Bild 8-5 dargestellt. Bei Betrachtung der ermittelten Zeitbedarfswerte fällt auf, dass der mittlere Zeitbedarfswert für die

ersten 16 Kraftfahrzeuge mit 1,57s/Kfz ein deutlich geringeres Niveau aufweist als der mittlere Zeitbedarfswert der darauf folgenden Kraftfahrzeuge (Kfz 17 bis 40: 1,90 s/Kfz).

Einen ähnlichen Effekt hat *Teplý et al.*¹⁸⁴ (siehe auch Bild 2-4) u. a. für kanadische Verhältnisse ermittelt.

Der beobachtete Effekt in VISSIM kann u. a. auf die voreingestellten Fahrverhaltensparameter in VISSIM zurückgeführt werden. Hier kommt bei der Modellierung des Verkehrsablaufs im Fahrzeugfolgemodell in einem Bereich 100 m vor bis 100 m nach der Haltlinie eines signalisierten Querschnitts ein um 40% reduzierter Sicherheitsabstand (b_x ; vgl. PTV¹⁸⁵; vgl. Gleichung 8-1(d-e)) zum Ansatz. Der reduzierte Sicherheitsabstand (b_x) wirkt sich dahingehend aus, dass die ersten 16 Fahrzeuge (16 Kfz * 6,42 m/Kfz = 102,7 m) beim Abfluss aus der Zufahrt dichter aufeinander folgen und somit einen kleineren Zeitbedarfswert aufweisen als die folgenden Fahrzeuge (siehe Sprung in Bild 8-5 zwischen dem 16. und 17. Fahrzeug).

Bei Betrachtung des Funktionsverlaufs des kumulierten „mittleren Zeitbedarfswerts“ in VISSIM wird deutlich, dass dieser bei Kfz-Nr. 6 zunächst einen Maximalwert von 1,65 s/Kfz aufweist, bevor dieser anschließend bei Kfz-Nr. 16 auf einen Minimalwert von 1,57 s/Kfz abfällt und dann anschließend wieder moderat ansteigt.

Der fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter für VISSIM: Mittlerer Zeitbedarfswert in VISSIM ($t_{B,VISSIM}$) kann in Anlehnung an das HCM, 1985^{186,187}, unter Berücksichtigung des 10. und 4. Kraftfahrzeugs näherungsweise nach Gleichung 8-2 ermittelt werden.

Ermittlung des mittleren Zeitbedarfswerts in VISSIM in Anlehnung an das HCM, 1985 (Pkw-Anteil=100%):

$$t_{B,VISSIM} = \frac{\sum_{i=1}^{10} t_{B,Kfz i} - \sum_{i=1}^4 t_{B,Kfz i}}{10 - 4}$$

$$t_{B,VISSIM} = 1,61 \frac{s}{Kfz} \quad (n=30 \text{ Umläufe})$$

mit $t_{B,VISSIM}$	Mittlerer Zeitbedarfswert in VISSIM, [s/Kfz]
$t_{B,Kfz i}$	Zeitbedarf Kraftfahrzeug i, [s]

Gleichung 8-2: Ermittlung des mittleren Zeitbedarfswertes in VISSIM,
Quelle: in Anlehnung an HCM^{188,189}

Ein Vergleich des nach Gleichung 8-2 berechneten mittleren Zeitbedarfswerts $t_{B,VISSIM}$ mit dem kumulierten Zeitbedarfswert in Bild 8-5 macht deutlich, dass der berechnete Zeitbedarfswert $t_{B,VISSIM}$ vom 3. bis ca. 20. Kraftfahrzeug hinreichend genau mit den kumulierten Messwerten übereinstimmt und als mittlerer Zeitbedarfswert in VISSIM $t_{B,VISSIM}$ in die Validierung (Teil C der Simulationsstudie) einfließen kann.

¹⁸⁴ Teplý et al. – Canadian Capacity Guide, Richtlinie, 2008, S. 3-25

¹⁸⁵ PTV – PTV VISSIM 5.40 – Benutzerhandbuch, 2011, S. 156ff.

¹⁸⁶ TRB – HCM 1985 - Highway Capacity Manual, Richtlinie, 1985

¹⁸⁷ Schnabel et al. – Grundlagen der Strassenverkehrstechnik, Fachbuch, 2011, S. 209

¹⁸⁸ TRB – HCM 1985 - Highway Capacity Manual, Richtlinie, 1985

¹⁸⁹ Schnabel et al. – Grundlagen der Strassenverkehrstechnik, Fachbuch, 2011, S. 209

8.6.2 SÄTTIGUNGSVERKEHRSTÄRKE IN VISSIM

Unter Berücksichtigung des in Unterabschnitt 8.6.1 ermittelten mittleren Zeitbedarfswertes in VISSIM ($t_{B,VISSIM}$) kann die Sättigungsverkehrsstärke in VISSIM (q_{VISSIM}) näherungsweise nach Gleichung 8-3 ermittelt werden.

Ermittlung der Sättigungsverkehrsstärke in VISSIM (Pkw-Anteil=100%):

$$q_{VISSIM} = \frac{3600}{t_{B,VISSIM}}$$

$$q_{VISSIM} = \frac{3600}{1,61} = 2236 \frac{\text{Kfz}}{\text{h}}$$

mit q_{VISSIM}	Sättigungsverkehrsstärke in VISSIM, [Kfz/h]
$t_{B,VISSIM}$	Mittlerer Zeitbedarfswert in VISSIM, [s/Kfz]

Gleichung 8-3: Ermittlung der Sättigungsverkehrsstärke in VISSIM,
Quelle: Eigene Darstellung

8.6.3 MITTLERE AUFSTELLLÄNGE EINES KRAFTFAHRZEUGS IN VISSIM

Die mittlere Aufstelllänge von Kraftfahrzeugen (hier: Pkw) in VISSIM wurde für 15 Personenkraftwagen, die sich während der Sperrzeit hinter der Haltlinie einer lichtsignalgeregelt Zufahrt aufstellten, in VISSIM untersucht.

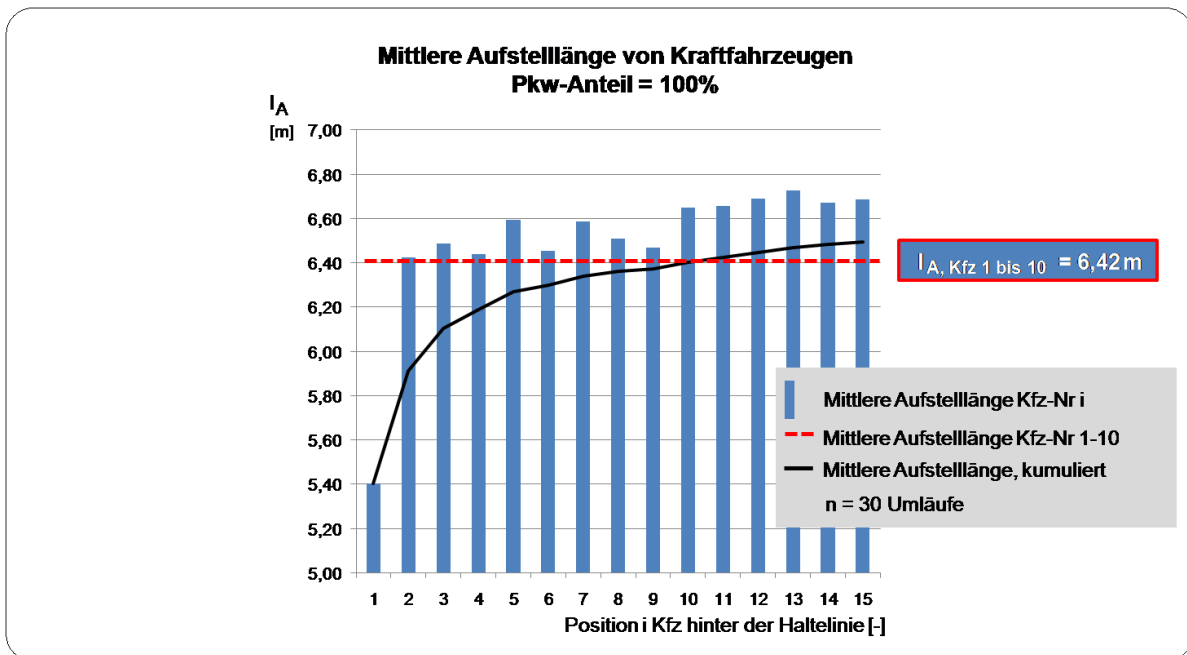


Bild 8-6: Mittlere Aufstelllänge von Kraftfahrzeugen in VISSIM - Pkw-Anteil 100%,
Quelle: Eigene Darstellung

In Bild 8-6 ist die ermittelte mittlere Aufstelllänge von Kraftfahrzeugen in VISSIM (Pkw-Anteil =100%) dargestellt. Während das 1. Kraftfahrzeug eine mittlere Aufstelllänge von 5,40 m benötigt, ist der Platzbedarf folgender Kraftfahrzeuge mit mindestens 6,40m um mehr als 1 m länger.

Die mittlere Aufstelllänge von Kraftfahrzeugen in VISSIM kann im vorliegenden Fall für einen Pkw-Anteil von 100% näherungsweise nach Gleichung 8-4 ermittelt werden.

Ermittlung der mittleren Aufstelllänge von Kraftfahrzeugen in VISSIM (Pkw-Anteil=100%):

$$l_{A,Kfz,VISSIM} = l_{A,Kfz\ 1\ bis\ 10} = \frac{\sum_{i=1}^{10} l_{A,Kfz\ i}}{10}$$

$$l_{A,Kfz,VISSIM} = 6,42\ m$$

mit	$l_{A,Kfz, VISSIM}$	Mittlere Länge des Aufstellbereichs eines Kraftfahrzeugs in VISSIM, [m/Kfz]
	$l_{A, Kfz\ 1\ bis\ 10}$	Kumulierte mittlere Länge des Aufstellbereichs eines Kraftfahrzeugs für Kfz 1 bis 10, [m/Kfz]

Gleichung 8-4: Ermittlung der mittleren Aufstelllänge von Kraftfahrzeugen in VISSIM,
Quelle: Eigene Darstellung

8.6.4 MITTLERER FAHRZEUGABFLUSS WÄHREND DER ROT/GELB-ZEIT IN VISSIM

In den durchgeführten Simulationenläufen ist festgestellt worden, dass das erste Fahrzeug einer Warteschlange (vgl. u.a. Bild 8-7) i. d. R. erst nach Freigabezeitbeginn während der GRÜN-Zeit die Haltlinie quert und abfließt. Nur in 0,3% der simulierten Umläufe (1 von 300 Umläufen) quert das 1. Fahrzeug 0,01 Sekunden vor Freigabezeitbeginn und somit während der ROT/GELB-Zeit.

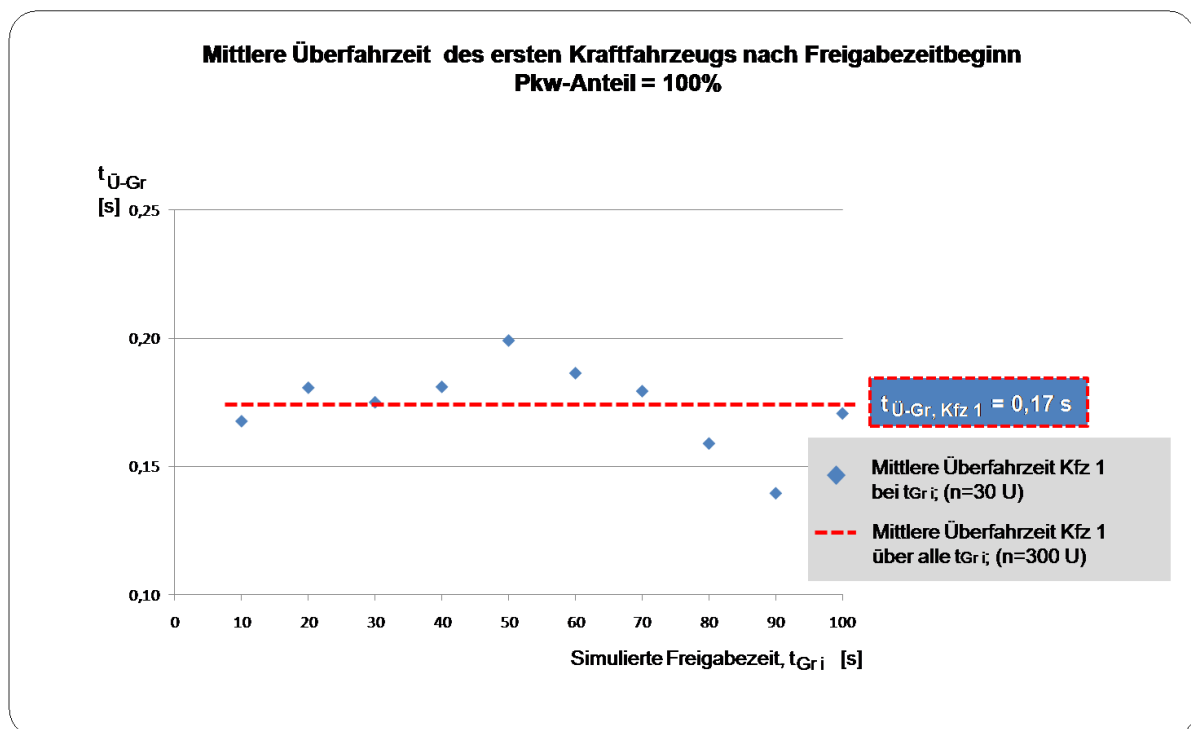


Bild 8-7: Mittlere Überfahrzeit des ersten Kraftfahrzeugs nach Freigabezeitbeginn in VISSIM (Pkw-Anteil =100%),
Quelle: Eigene Darstellung

Die mittlere Anzahl der Fahrzeuge, die in VISSIM bei ROT/GELB abfließen ($n_{RG, VISSIM}$), ist somit vernachlässigbar klein und kann im Rahmen der Validierung (Teil C der Simulationsstudie) unberücksichtigt bleiben.

Entsprechend wird der mittlere Fahrzeugabfluss während der ROT/GELB-Zeit in VISSIM ($n_{RG, VISSIM}$), wie in Gleichung 8-5 dargestellt, mit einem Wert von 0 Kfz/U festgesetzt.

Ermittlung des mittleren Fahrzeugabflusses während der ROT/GELB-Zeit in VISSIM (Pkw-Anteil 100%):

$$n_{RG, VISSIM} = 0 \frac{\text{Kfz}}{U}$$

mit $n_{RG, VISSIM}$ Mittlerer Fahrzeugabfluss während der ROT/GELB-Zeit in VISSIM, [Kfz/U]

Gleichung 8-5: Ermittlung des mittleren Fahrzeugabflusses während der ROT/GELB-Zeit in VISSIM, Quelle: Eigene Darstellung

8.6.5 MITTLERER FAHRZEUGABFLUSS WÄHREND DER GELB-ZEIT IN VISSIM

In den durchgeführten Simulationsläufen ist die Überfahrzeit des letzten Kraftfahrzeuges, dass zum Ende der Freigabezeit (GRÜN-Zeit) oder nach Beginn der GELB-Zeit die Haltlinie überfährt, ermittelt worden. Insgesamt sind 300 Umläufe mit verschiedenen Freigabezeiten simuliert worden. In nur 2% der simulierten Umläufe überquerte das letzte Fahrzeug die Haltlinie während der Freigabezeit (6U; 2%), in ca. 90 % der simulierten Umläufe überquerte das letzte Fahrzeug die Haltlinie während der GELB-Zeit (269 U; 90%) und in den verbleibenden 8% der simulierten Umläufe während der Sperrzeit (25U; 8%).

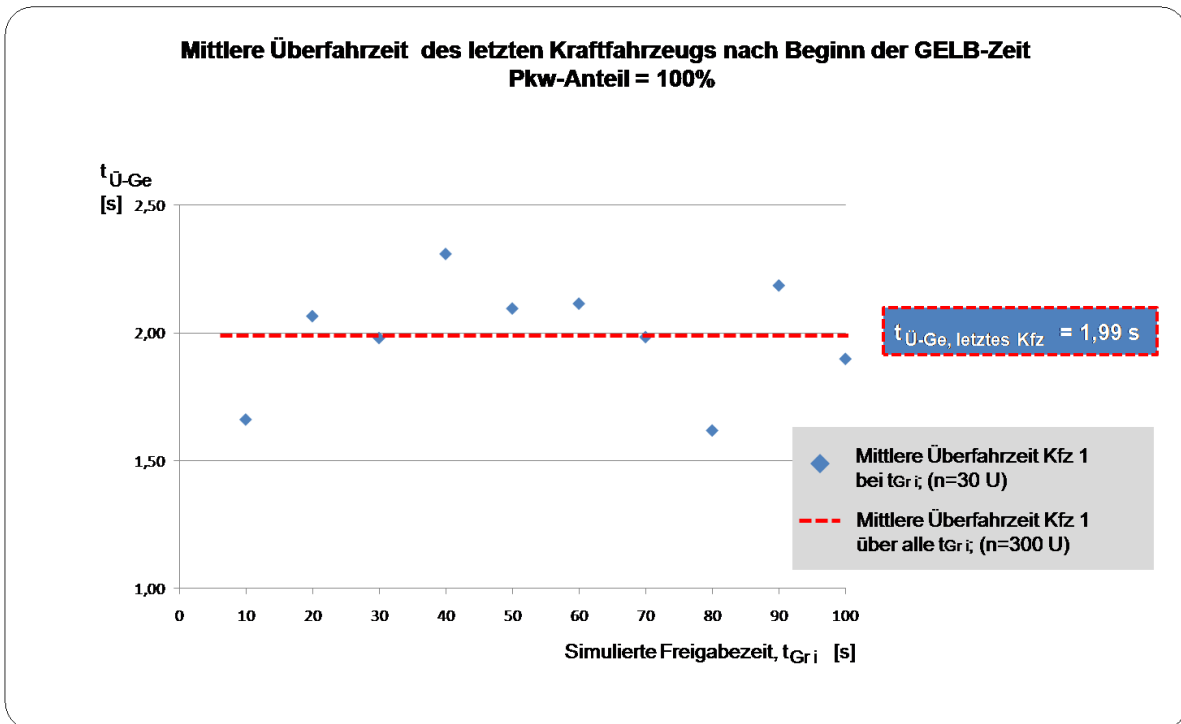


Bild 8-8: Mittlere Überfahrzeit des letzten Kraftfahrzeugs nach Beginn der GELB-Zeit in VISSIM Quelle: Eigene Darstellung

In Bild 8-8 sind die mittleren Überfahrzeiten des letzten Kraftfahrzeuges nach Beginn der GELB-Zeit für verschiedene simulierte Freigabezeiten (t_{Gr}) dargestellt. In die Berechnung der dargestellten mittleren Überfahrzeiten sind sowohl die Überfahrten während der Freigabezeit (als Negativwert) als auch die Überfahrten während der Sperrzeit (Wert > 3s GELB-Zeit) berücksichtigt worden.

Als mittlere Überfahrzeit kann auf Grundlage der simulierten 300 Umläufe ein Wert von 1,99 Sekunden ermittelt werden, wie in Bild 8-8 dargestellt.

Basierend auf dieser mittleren Überfahrzeit kann der mittlere Fahrzeugabfluss während der GELB-Zeit in VISSIM ($n_{Ge,VISSIM}$), wie in Gleichung 8-6 dargestellt, ermittelt werden.

Ermittlung des mittleren Fahrzeugabflusses während der GELB-Zeit in VISSIM
(Pkw-Anteil 100%):

$$n_{Ge,VISSIM} = \frac{t_{\dot{U}-Ge, \text{ letztes Kfz}}}{t_{B,VISSIM}}$$

$$n_{Ge,VISSIM} = \frac{1,99}{1,61} = 1,24 \frac{Kfz}{U}$$

mit	$n_{Ge, VISSIM}$	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GELB-Zeit in VISSIM, [Kfz/U]
	$t_{\dot{U}-Ge, \text{ letztes Kfz}}$	Mittlere Überfahrzeit des letzten Kfz nach Beginn der GELB-Zeit, [m/Kfz]
	$t_{B, VISSIM}$	Mittlerer Zeitbedarfswert in VISSIM, [s/Kfz]

Gleichung 8-6: Ermittlung des mittleren Fahrzeugabflusses während der GELB-Zeit in VISSIM, Quelle: Eigene Darstellung

8.7 ZUSAMMENFASSUNG

In das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren gehen verschiedene fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter ein. Die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter hängen in der Praxis im Wesentlichen vom Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer und den örtlichen Randbedingungen der betrachteten lichtsignalgeregelten Zufahrt ab, für die die Kapazitätsberechnung mit dem analytischen Berechnungsverfahren ermittelt werden soll.

Im Teil C der Simulationsstudie wird die Validierung des analytischen Berechnungsverfahrens mit Hilfe des mikroskopischen Simulationsprogramms VISSIM vorgenommen.

Um die Validierung mit dem Simulationsprogramm vornehmen zu können, müssen im Vorfeld die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für das Simulationsprogramm VISSIM ermittelt werden, damit diese als programmabhängige Eingangsgrößen in das analytische Berechnungsverfahren einfließen können.

In Teil B der Simulationsstudie sind die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM ermittelt worden. Die ermittelten fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter sind zusammenfassend in Tabelle 8-3 dargestellt.

Fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter für VISSIM		Ermittelter Wert ¹⁾
$t_{B, VISSIM}$	Mittlerer Zeitbedarfswert in VISSIM, [s/Kfz]	1,61
q_{VISSIM}	Sättigungsverkehrsstärke in VISSIM, [Kfz/h]	2236
$l_{A, Kfz, VISSIM}$	Mittlere Aufstelllänge eines Kraftfahrzeugs in VISSIM, [m/Kfz]	6,42
$n_{RG, VISSIM}$	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der ROT/GELB-Zeit in VISSIM, [Kfz/U]	0
$n_{Ge, VISSIM}$	Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GELB-Zeit in VISSIM, [Kfz/U]	1,24
1) Die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM sind für das Simulationsprogramm VISSIM Version 7.00-13 unter Berücksichtigung der Grundeinstellungen des Programms ermittelt worden. Bei Verwendung einer anderen Programmversion oder der Verwendung anderer Einstellungen, können die Werte der fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM von den hier aufgelisteten Werten abweichen.		

Tabelle 8-3: Ermittelte fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM, Quelle: Eigene Darstellung

Die in Tabelle 8-3 dargestellten fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM gehen als programmabhängige Eingangsgrößen in den Teil C der Simulationsstudie, die Validierung, ein.

9 VALIDIERUNG - ANALYTISCHES BERECHNUNGSVERFAHREN

9.1 EINFÜHRUNG

Zielsetzung dieses Kapitels ist es, das in Abschnitt 5.2 hergeleitete analytische Berechnungsverfahren unter Ansatz der in Teil A der Simulationsstudie kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter für lichtsignalgeregelt Zufahrten der Ausbildungsform 2 zu validieren.

Unter Validierung wird hier der „Nachweis der Einsetzeignung des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens unter Ansatz der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter“ verstanden.

Der Nachweis der Einsetzeignung wird im Rahmen eines SOLL-IST Vergleichs auf Grundlage einer simulationsbasierten Untersuchung (vgl. Unterabschnitt 6.1.2) vorgenommen. Bei dem SOLL-IST-Vergleich werden die mittels Simulation ermittelten Kapazitätswerte (SOLL-Werte) mit den berechneten Kapazitätswerten (IST-Werten), die unter Ansatz des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens und der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter berechnet werden, verglichen und die Ergebnisse des Vergleichs einer statistischen Auswertung unterzogen.

Einführend wird in Abschnitt 9.2 auf Möglichkeiten und Grenzen der vorgenommenen Validierung eingegangen.

Die Validierung selber (Teil C der Simulationsstudie) kann, wie in Bild 9-1 dargestellt, in fünf aufeinander aufbauende Teilschritte (C1 bis C5) unterteilt werden. Auf die Teilschritte C1 bis C5 der Validierung wird in den Abschnitten 9.3 bis 9.7 dieses Kapitels eingegangen.

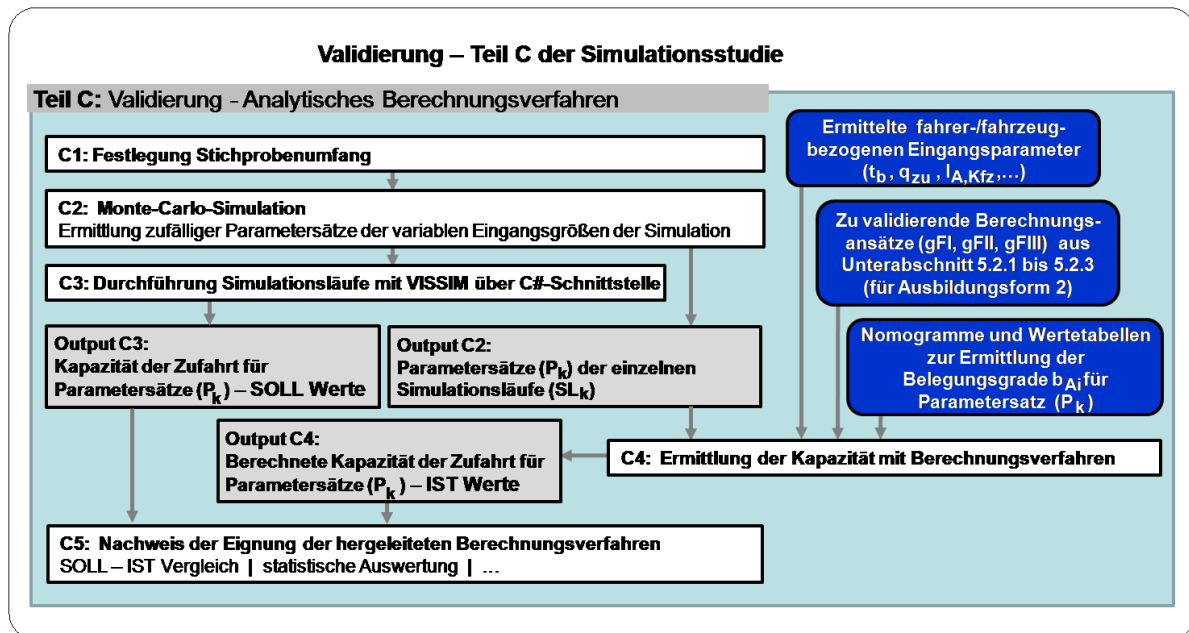


Bild 9-1: Übersicht – Validierung, Teil C der Simulationsstudie, Quelle: Eigene Darstellung

9.2 MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DER VALIDIERUNG

Unter Validierung wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit der „Nachweis der Einsatzeignung des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens unter Ansatz der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter“ verstanden.

Ziel der Validierung ist es, zu prüfen, ob das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren unter Ansatz der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter (Ergebnis des Teil A der Simulationsstudie) im zuvor abgegrenzten Anwendungsbereich und Wertebereich genaue und vertrauenswürdige Ergebnisse liefert und sich somit für den „Einsatz“ eignet.

Der Nachweis der Einsatzeignung des analytischen Berechnungsverfahrens unter Berücksichtigung der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter wird im Rahmen eines SOLL-IST Vergleichs vorgenommen. Hier werden die mit dem analytischen Berechnungsverfahren ermittelten Kapazitätswerte (IST-Werte) den erhobenen Kapazitätswerten aus der Simulation (SOLL-Werte) gegenübergestellt und einer vergleichenden Bewertung unterzogen.

▪ Erhebung SOLL-Werte: Schaffung Datengrundlage

Die Datengrundlage der SOLL-Werte im Rahmen eines SOLL-IST-Vergleichs kann prinzipiell durch Ansatz verschiedener Erhebungsformen geschaffen werden. Wie in Unterabschnitt 6.1.2 erläutert, können hier u. a. die empirische und die simulationsbasierte Erhebungsform zum Ansatz kommen. Eine Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der beiden Erhebungsformen ist in Tabelle 6-3 für die hier vorzunehmende Validierung vorgenommen worden. Aufgrund der deutlichen Vorteile der simulationsbasierten Erhebungsform gegenüber der empirischen Erhebungsform für den hier vorliegenden Untersuchungsgegenstand, erhält diese im Rahmen der Validierung den Vorzug und kommt zur Schaffung der Datengrundlage zur Anwendung (siehe u. a. Teilschritt C3 der Simulationsstudie in Bild 9-1).

▪ Erhebung IST-Werte: Grundlegende Annahmen

Die Ermittlung der IST-Werte erfolgt auf Grundlage folgender Annahmen:

- Hergeleitetes analytisches Berechnungsverfahren für den Anwendungsfall gFI:
Das für den Anwendungsfall gFI: „Alle Aufstellbereiche räumen vollständig“ entwickelte Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen der Ausbildungsform 2 (siehe Gleichung 5-2) kommt im Rahmen der Validierung zum Ansatz.
- Ansatz der Hilfsgröße „Wirksame Länge des Aufstellbereichs“ (als fiktive Länge):
Durch Ansatz der Hilfsgröße „Wirksame Länge des Aufstellbereichs“ (als fiktive Länge) kann das Berechnungsverfahren für den Anwendungsfall gFI in angepasster Form zur Berechnung der Kapazität bei Vorliegen der Anwendungsfälle gFII und gFIII zur Anwendung kommen (vgl. u.a. für Anwendungsfall gFII: Bild 5-3 und Gleichung 5-4 bzw. für Anwendungsfall gFIII: Bild 5-5 und Gleichung 5-6).
- Kalibrierte allgemeingültige Eingangsparameter:
Die im Teil A der Simulationsstudie kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter kommen bei Ermittlung der IST-Werte mit dem hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahren zum Ansatz. Die kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter können den Wertetabellen und Nomogrammen in den Bildern A2-1 bis A2-6 im Anhang A2 entnommen werden.

- Ermittelte fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter für VISSIM:

Die in Teil B der Simulationsstudie ermittelten fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter kommen bei Ermittlung der IST-Werte mit dem analytischen Berechnungsverfahren zum Ansatz. Die ermittelten fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter, als programmabhängige Größen des Simulationsprogramms VISSIM, sind zusammenfassend in Tabelle 8-3 dargestellt.

- **Auswertung SOLL-IST-Vergleich: Grenzen der Auswertung**

Beim SOLL-IST-Vergleich werden die simulierten Kapazitätswerte den berechneten Kapazitätswerten gegenübergestellt. Bei der Auswertung der Ergebnisse des SOLL-IST-Vergleichs sind u.a. folgende Aspekte zu beachten:

- Normierung der erlangten Ergebnisse

Die ermittelten SOLL- und IST-Werte weisen sehr unterschiedliche Werte auf. Um die erlangten Ergebnisse verschiedener SOLL-IST Wertepaare miteinander vergleichen zu können bzw. einer gemeinsamen Auswertung unterziehen zu können, müssen diese zuvor normiert werden. In Teilschritt C5 der Simulationsstudie wird die Normierung durch Ansatz der relativen Abweichung der simulierten Kapazitätswerte (C_{SOLL}) von den berechneten Kapazitätswerten (C_{IST}) vorgenommen (siehe Abschnitt 9.7).

- Zufälligkeit der SOLL-Werte:

Die SOLL-Werte werden im Rahmen des Teilschritts C3 der Simulationsstudie mit Hilfe des Simulationsprogramms VISSIM ermittelt. Die ermittelte Kapazität der Zufahrt (SOLL-Wert) entspricht dem arithmetischen Mittelwert des Fahrzeugabflusses aus der Zufahrt je Simulationslauf, der auf Grundlage von 30 Umläufen je Simulationslauf ermittelt wird.

Die Fahrzeugankunft in einer Zufahrt erfolgt zufällig (vgl. Ausführungen in Unterabschnitt 3.5.1). Die ermittelten SOLL-Werte stellen aufgrund der Zufälligkeit ankommender Fahrzeuge in der Zufahrt nur einen Schätzer der „wahren Kapazität“ dar. Entsprechend sind die erhobenen Werte mit einem Fehler ($\varepsilon_{\text{SOLL-Wert}}$) behaftet.

- Kalibrierte allgemeingültige Eingangsparameter:

Im Teil A der Simulationsstudie sind die „Belegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{Ai})“ kalibriert worden. Die kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter sind Schätzer die hinreichend genau den wahren Wert wiedergeben (vgl. Ausführungen in Abschnitt 7.4). Die ermittelten Belegungsgrade stellen, wie zuvor beschrieben, Schätzer der „wahren Belegungsgrade“ dar und sind mit einem, wenn auch kleinem, Fehler behaftet. Bei Anwendung des analytischen Berechnungsverfahrens ist die berechnete Kapazität mit einem Fehler behaftet (ε_{aE-bAi}), der auf die allgemeingültigen Eingangsparameter (b_{Ai}) zurückzuführen ist.

- Zufälligkeit der fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter in VISSIM:

Im Teil B der Simulationsstudie sind die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für das Simulationsprogramm VISSIM ermittelt worden. In den einzelnen Simulationsläufen werden sich zufällig fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter einstellen, die von den im Teil B der Simulationsstudie ermittelten fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM (siehe Tabelle 8-3) geringfügig abweichen bzw. um diese streuen werden. Die Ergebnisse des einzelnen Simulationslaufs sind entsprechend mit einem Fehler ($\varepsilon_{\text{ffE-i}}$) behaftet, der auf die Streuung der sich einstellenden fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter zurückzuführen ist.

○ Relative Abweichung zwischen SOLL- und IST-Wert

Die relative Abweichung der SOLL- und IST-Werte kann nicht in voller Größe auf die Eignung des entwickelten analytischen Berechnungsverfahrens und der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparemeter zurückgeführt werden. Ein Teil der relativen Abweichung ist nicht durch das analytische Berechnungsverfahren und der angesetzten kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparemeter selbst bedingt, sondern durch die Fehler $\varepsilon_{\text{SOLL-Wert}}$ und $\varepsilon_{\text{ffE-i}}$ (siehe Ausführungen oben). Hier zeigen sich die Grenzen der Validierung. Es kann in dem vorliegenden Fall zwar die relative Abweichung zwischen SOLL und IST-Wert ermittelt werden, aber nicht welcher Anteil auf das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren und die kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparemeter selbst bzw. im Umkehrschluss auf die Fehler $\varepsilon_{\text{SOLL-Wert}}$ und $\varepsilon_{\text{ffE-i}}$ zurückzuführen ist.

▪ **Interpretation der Ergebnisse (SOLL-IST Vergleich): Möglichkeiten und Grenzen**

○ Streuung der Fehler:

Es wird angenommen dass die Fehler $\varepsilon_{\text{SOLL-Wert}}$ und $\varepsilon_{\text{ffE-i}}$ normalverteilt sind und zufällig um den Mittelwert der Normalverteilung $\mu=0$ streuen ($\varepsilon_i \sim N(0; \sigma^2)$).

Hier liegt u. a. die Annahme zugrunde, dass die fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparemeter (ffE-i) an die konkreten Bedingungen angepasst worden sind (vgl. u. a. Ermittlung der fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparemeter für VISSIM in Kapitel 8).

○ Mittelwert der relativen Abweichung zwischen SOLL- und IST-Wert ($\bar{e}_{\text{rel.-SOLL-IST}}$):

Unter der Annahme, dass $\varepsilon_{\text{SOLL-Wert}}$ und $\varepsilon_{\text{ffE-i}}$ normalverteilt sind ($\varepsilon_i \sim N(0; \sigma^2)$), kann der Mittelwert der relativen Abweichung zwischen SOLL- und IST-Wert ($\bar{e}_{\text{rel.-SOLL-IST}}$) auf das analytische Berechnungsverfahren und die kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparemeter zurückgeführt werden. Das heißt, $\bar{e}_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ kann zur Beurteilung der Eignung des Berechnungsverfahrens und der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparemeter herangezogen werden (vgl. auch weiterführende Ausführungen in Abschnitt 9.7). Weist $\bar{e}_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ einen Wert von nahe null auf, so kann von einer guten Eignung des analytischen Berechnungsverfahrens und der angesetzten kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparemeter ausgegangen werden (Möglichkeit der Validierung). Hier liegt die Annahme zugrunde, dass $\bar{e}_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ ein Schätzer des wahren Mittelwertes $\mu_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ der zugrundeliegenden Normalverteilung ist ($e_{\text{rel.-SOLL-IST}} \sim N(\mu_{\text{rel.-SOLL-IST}}; \sigma_{\text{rel.-SOLL-IST}}^2)$).

○ Standardabweichung der relativen Abweichung zwischen SOLL- und IST-Wert ($s_{\text{rel.-SOLL-IST}}$):

Die Standardabweichung der relativen Abweichung zwischen SOLL- und IST-Wert ($s_{\text{rel.-SOLL-IST}}$) ist ein Maß der Streuung. Ein Teil der Streuung kann auf die Fehler $\varepsilon_{\text{SOLL-Wert}}$ und $\varepsilon_{\text{ffE-i}}$ zurückgeführt werden. Die Ermittlung des Anteils der Standardabweichung $s_{\text{rel.-SOLL-IST}}$, der auf das analytische Berechnungsverfahren und die kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparemeter selbst zurückgeführt werden kann, ist nicht möglich (Grenze der Validierung). Es kann jedoch angenommen werden, dass der Anteil der Streuung, der auf das analytische Berechnungsverfahren und die kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparemeter zurückgeführt werden kann, kleiner ist als die berechnete Standardabweichung $s_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ ist (Möglichkeit der Validierung).

Für die Ermittlung der unteren und oberen Grenze des 95%-Konfidenzintervalls der Einzelwerte der relativen Abweichung zwischen SOLL- und IST Wert ($e_{\text{rel.-SOLL-IST}}$), die durch Ansatz der Standardabweichung $s_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ berechnet wird, gelten die

vorangegangenen Ausführungen bezüglich der Möglichkeiten und Grenzen der Validierung sinngemäß.

▪ **Ergebnisse der Validierung: Gültigkeitsbereich**

○ Berücksichtigte Einflussgrößen auf den Verkehrsablauf der Zufahrt:

Das analytische Berechnungsverfahren ist, wie in Tabelle 4-1 dargestellt, unter Berücksichtigung zuvor definierter Einflussgrößen des Verkehrsablaufs hergeleitet worden (siehe Abgrenzung der Dissertation in Kapitel 4). Die Ergebnisse der Validierung beziehen sich nur auf lichtsignalgeregelte Zufahrten, die den Abgrenzungskriterien in Tabelle 4-1 entsprechen. Bei Abweichungen von den in Tabelle 4-1 aufgelisteten Abgrenzungskriterien muss im Einzelfall geprüft werden, ob die erlangten Ergebnisse der Validierung übertragbar sind.

○ Angesetzter Wertebereich der variablen Eingangsgrößen der Simulation:

Bei der Validierung sind für die variablen Eingangsgrößen der Simulation (= entwurfsbezogene Eingangsparameter des analytischen Berechnungsverfahrens nach Tabelle 5-1) jeweils ein Wertebereich angesetzt worden (siehe Tabelle 9-2 und Tabelle 9-3). Die Ergebnisse der Validierung beziehen sich nur auf lichtsignalgeregelte Zufahrten, bei denen die entwurfsbezogenen Eingangsparameter des analytischen Berechnungsverfahrens (vgl. Tabelle 5-1) innerhalb dieser Wertebereiche liegen. Bei Abweichung von den genannten Wertebereichen muss im Einzelfall geprüft werden, ob die erlangten Ergebnisse der Validierung übertragbar sind.

9.3 FESTLEGUNG STICHPROBENUMFANG

Im Rahmen der Validierung wird der Nachweis der Eignung des hergeleiteten Berechnungsverfahrens (siehe Abschnitt 5.2) unter Ansatz der allgemeingültigen Eingangsparameter (siehe Abschnitt 7.5) für einen zuvor festgelegten Wertebereich der entwurfsbezogenen Eingangsparameter vorgenommen.

Die entwurfsbezogenen Eingangsparameter gehen als variable Eingangsgrößen der Simulation in die Simulationsstudie ein.

In Tabelle 9-1 sind die zugrunde gelegten Wertebereiche der variablen Eingangsgrößen der Simulation angegeben, die bei den geplanten Simulationsläufen der Validierung (Teilschritt C 3 der Simulationsstudie) berücksichtigt werden.

Unter Berücksichtigung der in Tabelle 9-1 aufgeführten variablen Eingangsgrößen der Simulation und der festgelegten Wertebereiche, die in der Validierung zum Ansatz kommen können, ergeben sich unter Berücksichtigung der aufgeführten ganzzahligen Teilmengen bei einer Totalerhebung mehr als 1,38 Mrd. Kombinationsmöglichkeiten. Wird in VISSIM eine Simulationszeit von 10 Minuten je Simulationslauf (mit 30 U/SL) zugrunde gelegt, so würde sich bei einer Totalerhebung unter Berücksichtigung einer täglichen Simulationszeit von 10 Stunden eine theoretisch erforderliche Simulationszeit von mehr als 63 Tsd. Jahren ergeben.

Eine Totalerhebung mit einer vollständigen Berücksichtigung der Grundgesamtheit (d. h. aller möglichen Kombinationsmöglichkeiten) ist aufgrund der erforderlichen Simulationszeit nicht durchführbar. Stattdessen soll die Validierung auf Grundlage von zwei repräsentativen Stichproben (= Teilmenge der Grundgesamtheit), die hier als Untersuchungsgruppen UG-V1 und UG-V2 bezeichnet werden, vorgenommen werden.

In der Untersuchungsgruppe UG-V1 werden nur Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit zwei gleich langen Aufstellbereichen ($L_{ARA} = L_{ALA}$) berücksichtigt, während in der Untersuchungsgruppe UG-V2 ausschließlich Zufahrten mit zwei ungleich langen Aufstellbereichen ($L_{ARA} \neq L_{ALA}$) berücksichtigt werden.

Der Stichprobenumfang der zuvor genannten Untersuchungsgruppen (UG-V1 und UG-V2) ist zusammenfassend in Tabelle 9-2 und Tabelle 9-3 dargestellt.

Variable Eingangsgrößen der Simulation		Wertebereich	Ganzzahlige Teilmenge des Wertebereichs	Anzahl der Möglichkeiten
Länge des rechten Aufstellbereichs	L_{ARA} , [m]	[0,150]	{0, 1, 2, ..., 149, 150}	151
Länge des linken Aufstellbereichs	L_{ALA} , [m]	[0,150]	{0, 1, 2, ..., 149, 150}	151
Verkehrsstärkeanteil Rechtsabbieger	a_{RA} , [%]	[0,40]	{0, 1, 2, ..., 39, 40}	41
Verkehrsstärkeanteil Linksabbieger	a_{LA} , [%]	[0,40]	{0, 1, 2, ..., 39, 40}	41
Freigabezeit	t_{Gr}	[5,40]	{5, 6, ..., 39, 40}	36
Kombinationsmöglichkeiten einer Totalerhebung (151*151*41*41*36)				1,38 Mrd.
Erforderliche Simulationszeit einer Totalerhebung bei 10 min/SL und 10 Std. Simulationszeit/Tag				63.006 Jahre

Tabelle 9-1: Variablen Eingangsgrößen der Simulation, deren Wertebereich und abgeleitete Anzahl von Kombinationsmöglichkeiten bei einer Totalerhebung, Quelle: Eigene Darstellung

Variable Eingangsgröße der Simulation		Wertebereich	Zufällig ermittelte Werte mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation (Teilschritt C2)	Anzahl der Möglichkeiten
Länge der Aufstellbereiche ($L_{ARA}=L_{ALA}$)	L_{ARA} , [m]	[0,150]	{ $L_{ARA1}, L_{ARA2}, \dots, L_{ARA20}$ mit $L_{ARAi} = L_{ALAi}$ }	20
	L_{ALA} , [m]	[0,150]		
Verkehrsstärkeanteil Rechtsabbieger	a_{RA} , [%]	[0,40]	{ $a_{RA1}, L_{ARAi}, a_{RA2}, L_{ARAi}$ }	2
Verkehrsstärkeanteil Linksabbieger	a_{LA} , [%]	[0,40]	{ $a_{LA1}, L_{ALAi}, a_{LA2}, L_{ALAi}$ }	2
Freigabezeit	t_{Gr}	[5,40]	{5, 10, ...,25, 30} für L_{ARA1} bis L_{ARA10}	6
			{5, 10, ...,35, 40} für L_{ARA11} bis L_{ARA20} mit $L_{ARAi} \leq L_{ARAi+1}$	8
Stichprobenumfang der Untersuchungsgruppe UG-V1 (mit $L_{ARA}=L_{ALA}$) ($10*2*2*6$) + ($10*2*2*8$) = 240 + 320				560
Erforderliche Simulationszeit bei 10 min/SL und 10 Std. Simulationszeit/Tag				9,3 Tage

Tabelle 9-2: Stichprobenumfang der Untersuchungsgruppe UG-V1, Quelle: Eigene Darstellung

Variable Eingangsgröße der Simulation		Wertebereich	Zufällig ermittelte Werte mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation (Teilschritt C2)	Anzahl der Möglichkeiten
Länge der Aufstellbereiche ($L_{ARA} \neq L_{ALA}$)	L_{ARA} , [m]	[12,150]	$\{L_{ARA1}, L_{ARA2}, \dots, L_{ARA40}\}$	40
	L_{ALA} , [m]	[12,150]	$\{L_{ARA1}, L_{ARA2}, \dots, L_{ARA40}\}$ mit $L_{ARAi} \neq L_{ALAi}$	
Verkehrsstärkeanteil Rechtsabbieger	a_{RA} , [%]	[0,40]	$\{a_{RA1}, L_{ARAi}, a_{RA2}, L_{ARAi}\}$	2
Verkehrsstärkeanteil Linksabbieger	a_{LA} , [%]	[0,40]	$\{a_{LA1}, L_{ALAi}, a_{LA2}, L_{ALAi}\}$	2
Freigabezeit	t_{Gr}	[5,40]	$\{5, 10, \dots, 40\}$	8
Stichprobenumfang der Untersuchungsgruppe UG-V2 ($L_{ARA} \neq L_{ALA}$) ($40 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 8$) = 1.280				1.280
Erforderliche Simulationszeit bei 10 min/SL und 10 Std. Simulationszeit/Tag				21,3 Tage

Tabelle 9-3: Stichprobenumfang der Untersuchungsgruppe UG-V2, Quelle: Eigene Darstellung

Die Werte der variablen Eingangsgrößen der Simulation, die im Rahmen der einzelnen Simulationsläufe variiert werden sollen, werden in Teilschritt C2 mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation (MC-Simulation) aus den festgelegten Wertebereichen zufällig ermittelt.

In Tabelle 9-2 und Tabelle 9-3 werden lediglich die Anzahl der Werte der einzelnen variablen Eingangsgrößen der Simulation angegeben, die in Teil C der Simulationsstudie berücksichtigt werden. Aus der Anzahl der Werte (=Anzahl der Möglichkeiten) der einzelnen variablen Eingangsgrößen der Simulation kann die Anzahl der Kombinationsmöglichkeiten und somit der Stichprobenumfang der Untersuchungsgruppe UG-V1 ($n=560$) und UG-V2 ($n=1.280$) direkt abgeleitet werden. Die daraus resultierende erforderliche Simulationszeit ist mit 9,3 Tagen (UG-V1) und 21,3 Tagen (UG-V2) in einem vertretbaren Rahmen.

9.4 MONTE-CARLO-SIMULATION

Der Stichprobenumfang der Untersuchungsgruppen UG-V1 und UG-V2 und somit die Anzahl der erforderlichen Simulationsläufe ist in Abschnitt 9.3 (siehe Tabelle 9-2 und Tabelle 9-3) festgelegt worden.

Zielsetzung dieses Abschnittes ist es darzulegen, wie die Parametersätze P_k und somit die Werte der variablen Eingangsgrößen der einzelnen Simulationsläufe (SL_k), die im Rahmen der Validierung in den Untersuchungsgruppen UG-V1 und UG-V2 zum Ansatz kommen sollen, ermittelt werden.

Die Auswahl und somit Festlegung der zu simulierenden Werte der variablen Eingangsgrößen der Simulation soll zufällig aus dem jeweiligen Wertebereich erfolgen. So soll gewährleistet werden, dass die Validierung auf Grundlage einer repräsentativen Stichprobe, die repräsentativ für die Grundgesamtheit (= alle Kombinationsmöglichkeiten) steht, vorgenommen werden kann.

Bei vergleichbaren Fragestellungen hat sich die Monte-Carlo-Simulation (MC-Simulation; vgl. u.a. *Sparmann*¹⁹⁰, *Axhausen*¹⁹¹, *Lohse et al.*¹⁹²) als geeignetes Verfahren erwiesen, um aus einer Grundgesamtheit eine zufällige und somit eine repräsentative Stichprobe zu ermitteln. In Teilschritt C2 der Simulationsstudie kommt dabei die Monte-Carlo-Simulation in Anlehnung an *Müller-Gronbach et al.*¹⁹³ zur Anwendung.

Mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation können auf Grundlage einer rechteckverteilten reellen Zufallszahl zwischen 0 und 1 (die Werte 0 und 1 eingeschlossen) zufällig direkt zugeordnete Werte eines Wertebereichs ermittelt werden. Dabei ist die Wahrscheinlichkeit, mit dem ein Wert des Wertebereichs zufällig ausgewählt wird, jeweils gleich groß. Das Grundverständnis der Monte-Carlo-Simulation leitet sich selbst aus dem Glücksspiel Roulette ab, bei dem die Kugel im Roulettekessel zufällig auf einem der 37 Felder landet (= gleiche Wahrscheinlichkeit für alle Felder).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit ergeben sich aus der Anwendung der entwickelten C#-Schnittstelle und des damit verknüpften Simulationsprogramms VISSIM (vgl. Bild 6-3) verschiedene Vorgaben bzw. Einschränkungen, die im Rahmen der hier durchgeführten Monte-Carlo-Simulation berücksichtigt werden müssen, so u.a.:

- Berücksichtigung von zufällig ausgewählten Wertepaaren der Verkehrsstärkeanteile der rechts- und linksabbiegenden Verkehrsströme,
- Berücksichtigung von zufällig ausgewählten Wertepaaren der Länge der Aufstellbereiche einer Zufahrt,
- Berücksichtigung von Freigabezeiten in 5-Sekunden-Intervallen, wie in Tabelle 9-2 und Tabelle 9-3 dargestellt (keine zufällige Auswahl der Freigabezeiten durch MC-Simulation in einem 1-Sekunden-Intervall-Raster).

Die in den Untersuchungsgruppen UG-V1 und UG-V2 zum Ansatz kommenden Parametersätze P_k und somit die Auswahl bzw. Festlegung der Werte der variablen Eingangsgrößen der Simulation sind durch dreimalige Anwendung der MC-Simulation unter Berücksichtigung folgender Verfahrensschritte zufällig ermittelt worden:

- Verfahrensschritt 1: Zufällige Auswahl von 5 (UG-V1) bzw. 10 (UG-V2) Wertepaar-Quartetten zu simulierender Verkehrsstärkeanteile der Rechts- und Linksabbieger (a_{RA} und a_{LAi} ; **1. Anwendung der MC-Simulation**),
- Verfahrensschritt 2: Zufällige Auswahl von 20 (UG-V1) bzw. 40 (UG-V2) Wertepaaren zu simulierender Längen der Aufstellbereiche einer Zufahrt (L_{ARAI} und L_{ALAI} ; **2. Anwendung der MC-Simulation**),
- Verfahrensschritt 3: Reihung der in Verfahrensschritt 2 ermittelten Wertepaare in Abhängigkeit der Länge des Aufstellbereichs des Linksabbiegers und Durchnummerierung der einzelnen Kombinationen der UG-V1 und UG-V 2 (Lfd-Nummer i mit $L_{ALAI} \leq L_{ALAI+1}$),
- Verfahrensschritt 4: Unterteilung der UG-V1 und UG-V2 in 4 gleich große Teilgruppen,
- Verfahrensschritt 5: Zufällige Zuordnung der in Verfahrensschritt 1 ermittelten Wertepaar-Quartette der Verkehrsstärkeanteile zu den Parametersätzen der 4 Teilgruppen (jedes Wertepaar-Quartett nur einmal je Teilgruppe; **3. Anwendung der MC-Simulation**),
- Verfahrensschritt 6: Zuordnung der Freigabezeiten nach Tabelle 9-2 und Tabelle 9-3.

¹⁹⁰ Sparmann – ORIENT- Verhaltensorientiertes Simulationsmodell zur Verkehrsprognose, TU Karlsruhe, 1980

¹⁹¹ Axhausen – Ereignisorientierte Simulation von Aktivitätenketten, TH Karlsruhe, 1989

¹⁹² Lohse et al. – Vergleich aggregierte und disaggregierte Verkehrsplanungsmodelle, TU Dresden, 1997, S. 111ff.

¹⁹³ Mueller-Gronbach –Monte-Carlo-Algorithmen, Fachbuch, 2012

9.4.1 PARAMETERSÄTZE P_k DER UNTERSUCHUNGSGRUPPE UG-V1

Im 1. und 2. Verfahrensschritt werden für Untersuchungsgruppe UG-V1 die in Bild 9-2 dargestellten Wertepaare der Verkehrsstärkeanteile und der Längen der Aufstellbereiche ermittelt (1. und 2. Anwendung der MC-Simulation). Die in Bild 9-2 dargestellten Wertepaare sind gleichmäßig über die zugehörigen Wertebereiche verteilt. Auf Grundlage dieser vereinfachten visuellen Prüfung kann davon ausgegangen werden, dass die hier mit Hilfe der MC-Simulation ermittelten Werte die Grundgesamtheit gut wiedergeben und die ermittelten Wertepaare als repräsentativ angesehen werden können.

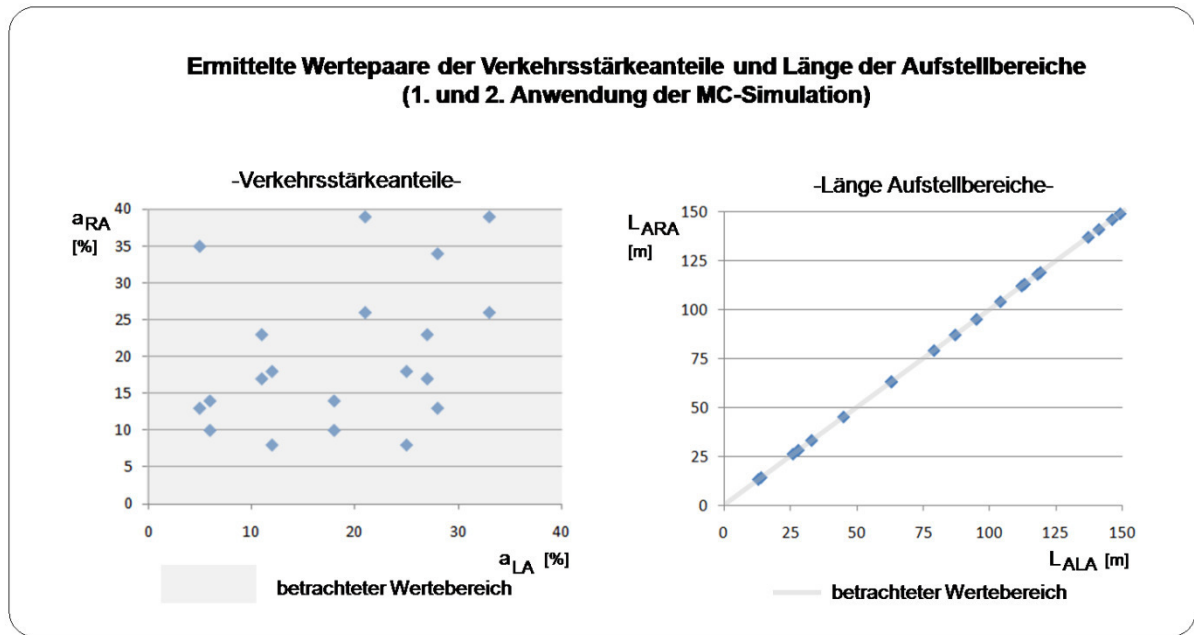


Bild 9-2: Ermittelte Wertepaare der Verkehrsstärkeanteile und Länge der Aufstellbereiche für UG-V1 – MC-Simulation (1. und 2. Anwendung), Quelle: Eigene Darstellung

Die fünf Wertepaar-Quartette der Verkehrsstärkeanteile (I bis V) sind in tabellarischer Form in Tabelle 9-4 dargestellt.

Nr. Wertepaar-Quartett a-Anteil	Ermittelte Werte der Verkehrsstärkeanteile (Anwendung MC-Simulation)				Zugehörige Kombinationsmöglichkeiten (Wertepaar-Quartett)
	a_{RA} [%]	a_{LA} [%]	a_{RA} [%]	a_{LA} [%]	$a_{RA} - a_{LA}$ [%]
I	13	34	5	28	{13-5; 13-28; 34-5; 34-28}
II	8	18	12	25	{8-12; 8-25; 18-12; 18-25}
III	26	39	21	33	{26-21; 26-33; 39-21; 39-33}
IV	10	14	6	18	{10-6; 10-18; 14-6; 14-18}
V	17	23	11	27	{17-11; 17-27; 23-11; 23-27}

Tabelle 9-4: Ermittelte Wertepaar-Quartette der Verkehrsstärkeanteile der UG-V1 (Verfahrensschritt 1), Quelle: Eigene Darstellung

Lfd-Nr.	Parametersatz UG-V1		Länge Aufstellbereich (2. Anwendung MC-Simulation)		Wertepaar- Quartett a-Anteil (aus Tab. 9-4)	Freigabezeit (aus Tab. 9-2)
	von P_k	bis P_k	L_{ALAI}	L_{ARAI}		
i	[1]	[1]	[m]	[m]	I bis V Nr.	t_{Gr} [s]
1	101	124	13	13	I	{5, 10, 15, 20, 25, 30}
2	201	224	14	14	V	{5, 10, 15, 20, 25, 30}
3	301	324	26	26	III	{5, 10, 15, 20, 25, 30}
4	401	424	28	28	IV	{5, 10, 15, 20, 25, 30}
5	501	524	33	33	II	{5, 10, 15, 20, 25, 30}
6	601	624	45	45	V	{5, 10, 15, 20, 25, 30}
7	701	724	63	63	IV	{5, 10, 15, 20, 25, 30}
8	801	824	63	63	I	{5, 10, 15, 20, 25, 30}
9	901	924	79	79	II	{5, 10, 15, 20, 25, 30}
10	1001	1024	87	87	III	{5, 10, 15, 20, 25, 30}
11	1101	1132	95	95	II	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
12	1201	1232	104	104	III	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
13	1301	1332	112	112	IV	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
14	1401	1432	113	113	V	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
15	1501	1532	118	118	I	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
16	1601	1632	119	119	IV	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
17	1701	1732	137	137	I	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
18	1801	1832	141	141	V	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
19	1901	1932	146	146	II	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
20	2001	2032	149	149	III	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}

**Tabelle 9-5: Ermittelte Parametersätze P_k der UG-V1 (Verfahrensschritt 2 bis 6),
Quelle: Eigene Darstellung**

Unter Berücksichtigung der einführend in Abschnitt 9.4 beschriebenen Verfahrensschritte sind für Untersuchungsgruppe UG-V1 die in Tabelle 9-5 aufgelisteten Parametersätze P_k ermittelt worden. Die zugehörigen Werte der variablen Eingangsgrößen der Simulation der einzelnen Parametersätze P_k können aus Tabelle 9-4 und Tabelle 9-5 abgeleitet werden.

Eine detaillierte Übersicht über alle Parametersätze P_k der Untersuchungsgruppe UG-V1 wird aufgrund des Stichprobenumfangs der UG-V1 (= 560 Simulationsläufe mit je einem Parametersatz P_k) in den Tabellen A4-1 bis A4-16 im Anhang gegeben.

9.4.2 PARAMETERSÄTZE P_k DER UNTERSUCHUNGSGRUPPE UG-V2

Im 1. und 2. Verfahrensschritt sind für die Untersuchungsgruppe UG-V2 die in Bild 9-3 dargestellten Wertepaare der Verkehrsstärkeanteile und der Längen der Aufstellbereiche ermittelt (1. und 2. Anwendung der MC-Simulation) worden. Die in Bild 9-3 dargestellten

Wertepaare sind gleichmäßig über die zugehörigen Wertebereiche verteilt. Auf Grundlage dieser vereinfachten visuellen Prüfung kann davon ausgegangen werden, dass die hier mit Hilfe der MC-Simulation ermittelten Werte die Grundgesamtheit gut wiedergeben und die ermittelten Wertepaare als repräsentativ angesehen werden können.

Die ermittelten zehn Wertepaar-Quartette der Verkehrsstärkeanteile (I bis X) sind in Tabelle 9-6 dargestellt.

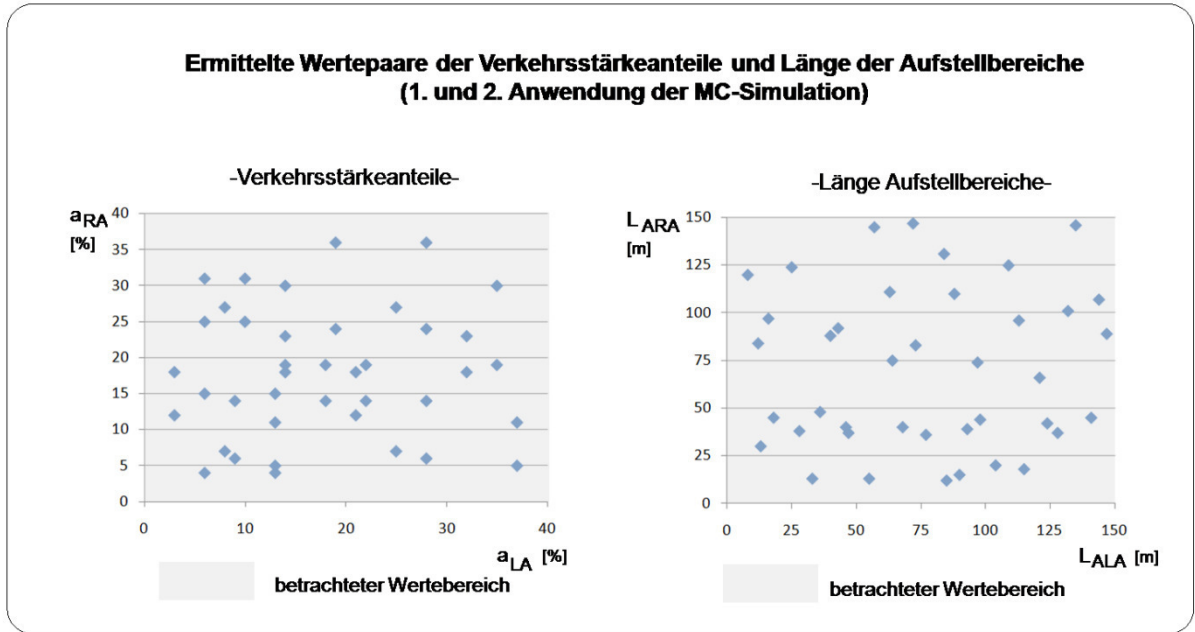


Bild 9-3: Ermittelte Wertepaare der Verkehrsstärkeanteile und Länge der Aufstellbereiche für UG-V2 – MC-Simulation (1. und 2. Anwendung), Quelle: Eigene Darstellung

Nr. Wertepaar-Quartett a-Anteil	Ermittelte Werte der Verkehrsstärkeanteile (Anwendung MC-Simulation)				Zugehörige Kombinationsmöglichkeiten (Wertepaar-Quartett)
	a_{RA} [%]	a_{LA} [%]	a_{RA} [%]	a_{LA} [%]	$a_{RA} - a_{LA}$ [%]
I	25	31	6	10	{25-6; 25-10; 31-6; 31-10}
II	12	18	3	21	{12-3; 12-21; 18-3; 18-21}
III	24	36	19	28	{24-19; 24-28; 26-19; 36-28}
IV	4	15	6	13	{4-6; 4-13; 15-6; 15-13}
V	14	19	18	22	{14-18; 14-22; 19-18; 19-22}
VI	7	27	8	25	{7-8; 7-25; 27-8; 27-25}
VII	5	11	13	37	{5-13; 5-37; 11-13; 11-37}
VIII	18	23	14	32	{18-14; 18-32; 23-14; 23-32}
IX	6	14	9	28	{6-9; 6-28; 14-9; 14-28}
X	19	30	14	35	{19-14; 19-35; 30-14; 30-35}

Tabelle 9-6: Ermittelte Wertepaare der Verkehrsstärkeanteile der UG-V2 (Verfahrensschritt 1), Quelle: Eigene Darstellung

Unter Berücksichtigung der einführend in Abschnitt 9.4 beschriebenen Verfahrensschritte sind für Untersuchungsgruppe UG-V2 die in Tabelle 9-7 und Tabelle 9-8 aufgelisteten Parametersätze P_k ermittelt worden. Die zugehörigen Werte der variablen Eingangsgrößen der Simulation der einzelnen Parametersätze P_k können aus Tabelle 9-6, Tabelle 9-7 und Tabelle 9-8 abgeleitet werden.

Eine detaillierte Übersicht über alle Parametersätze P_k der Untersuchungsgruppe UG-V2 wird aufgrund des Stichprobenumfangs der UG-V2 (= 1.280 Simulationsläufe mit je einem Parametersatz P_k) in den Tabellen A5-1 bis A5-36 im Anhang gegeben.

Lfd-Nr.	Parametersatz UG-V2		Länge Aufstellbereich (2. Anwendung MC-Simulation)		Wertepaar-Quartett a-Anteil (aus Tab. 9-6)	Freigabezeit (aus Tab. 9-3)
	i	von P_k	bis P_k	L_{ALAI}	L_{ARAI}	I bis V
[1]	[1]	[1]	[m]	[m]	Nr.	[s]
1	101	132	8	120	VII	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
2	201	232	12	84	III	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
3	301	332	13	30	VI	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
4	401	432	16	97	I	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
5	501	532	18	45	IX	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
6	601	632	25	124	X	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
7	701	732	28	38	II	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
8	801	832	33	13	V	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
9	901	932	36	48	IV	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
10	1001	1032	40	88	VIII	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
11	1101	1132	43	92	VI	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
12	1201	1232	46	40	V	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
13	1301	1332	47	37	I	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
14	1401	1432	55	13	II	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
15	1501	1532	57	145	VIII	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
16	1601	1632	63	111	VII	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
17	1701	1732	64	75	X	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
18	1801	1832	68	40	IX	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
19	1901	1932	72	147	IV	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
20	2001	2032	73	83	III	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}

Tabelle 9-7: Ermittelte Parametersätze P_k der UG-V2 (Verfahrensschritte 2 bis 6) – Teil 1,
Quelle: Eigene Darstellung

Lfd-Nr.	Parametersatz UG-V2		Länge Aufstellbereich (2. Anwendung MC-Simulation)		Wertepaar- Quartett a-Anteil (aus Tab. 9-6)	Freigabezeit (aus Tab. 9-3)
	von P_k	bis P_k	L_{LAi}	L_{RAi}		
[1]	[1]	[1]	[m]	[m]	Bez.	[s]
21	2101	2132	77	36	I	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
22	2201	2232	84	131	V	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
23	2301	2332	85	12	VIII	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
24	2401	2432	88	110	III	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
25	2501	2532	90	15	IX	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
26	2601	2632	93	39	X	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
27	2701	2732	97	74	II	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
28	2801	2832	98	44	VI	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
29	2901	2932	104	20	IV	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
30	3001	3032	109	125	VII	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
31	3101	3132	113	96	VIII	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
32	3201	3232	115	18	VI	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
33	3301	3332	121	66	I	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
34	3401	3432	124	42	VII	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
35	3501	3532	128	37	III	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
36	3601	3632	132	101	II	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
37	3701	3732	135	146	V	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
38	3801	3832	141	45	IV	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
39	3901	3932	144	107	X	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}
40	4001	4032	147	89	IX	{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40}

Tabelle 9-8: Ermittelte Parametersätze P_k der UG-V2 (Verfahrensschritt 2 bis 6) – Teil 2, Quelle: Eigene Darstellung

9.5 DURCHFÜHRUNG SIMULATIONS-LÄUFE MIT VISSIM ÜBER C#-SCHNITTSTELLE

Für die in Abschnitt 9.4 ermittelten Parametersätze P_k der Untersuchungsgruppen UG-V1 und UG-V2 sind mit Hilfe des mikroskopischen Simulationsprogramms VISSIM in insgesamt 1.840 Simulationsläufen (SL_k) die zugehörigen Kapazitäten ermittelt worden.

Die Simulationsläufe sind mit Hilfe der entwickelten C#-Schnittstelle (siehe Bild 6-3) durchgeführt worden. In Anlehnung an Tabelle 9-2 und an Tabelle 9-3 sind für Untersuchungsgruppe UG-V1 insgesamt 560 Simulationsläufe mit 16.800 simulierten Umläufen und für Untersuchungsgruppe UG-V2 insgesamt 1.280 Simulationsläufe mit 38.400 simulierten Umläufen untersucht worden.

Die in den durchgeführten Simulationsläufen SL_k der UG-V1 und der UG-V2 ermittelten Kapazitätswerte (Output C3; siehe Bild 9-1) stehen als Eingangsgröße (SOLL-Wert) für den in Abschnitt 9.7 durchzuführenden SOLL-IST Vergleich zur Verfügung.

9.6 ERMITTLUNG DER KAPAZITÄT MIT BERECHNUNGSVERFAHREN

Für die in Abschnitt 9.4 ermittelten Parametersätze P_k der Untersuchungsgruppen UG-V1 und UG-V2 ist die jeweilige zugehörige Kapazität mit dem in Abschnitt 5.2 hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahren unter Ansatz der in Abschnitt 7.5 ermittelten allgemeingültigen Eingangsparemeter und der in Kapitel 8 ermittelten fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparemeter für das Simulationsprogramm VISSIM (vgl. Tabelle 8-3) berechnet worden.

Für Untersuchungsgruppe UG-V1 sind insgesamt 560 und für UG-V2 sind 1.280 Kapazitätsberechnungen unter Berücksichtigung der in Abschnitt 5.2 definierten Fallunterscheidung in die Anwendungsfälle gFI, gFII und gFIII durchgeführt worden.

Die mit dem analytischen Berechnungsverfahren ermittelten Kapazitätswerte (Output C4; siehe Bild 9-1) stehen als Eingangsgröße (IST-Wert) für den in Abschnitt 9.7 durchzuführenden SOLL-IST Vergleich zur Verfügung.

9.7 ÜBERPRÜFUNG DER EIGNUNG DES HERGELEITETEN BERECHNUNGSVERFAHRENS

9.7.1 GRUNDLAGEN ZUR ÜBERPRÜFUNG DER EIGNUNG

Die Eignung des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens und der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparemeter wird auf Grundlage eines SOLL-IST Vergleichs vorgenommen. In diesem werden simulierte Kapazitätswerte (SOLL-Werte; Output C3) den berechneten Kapazitätswerten (IST-Werte; Output C4) vergleichend gegenübergestellt und ermittelte relative Abweichungen einer statistischen Auswertung unterzogen.

Die für die einzelnen Parametersätze k ermittelten relativen Abweichungen der simulierten Kapazitätswerte (SOLL-Werte) von den berechneten Kapazitätswerten (IST-Werte) können als relative Fehler: $e_{\text{rel.-Soll-IST}, k}$ bezeichnet werden, die bei Anwendung des analytischen Berechnungsverfahrens unter Berücksichtigung der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparemeter im Rahmen des SOLL-IST Vergleichs auftreten.

Der Fehler $e_{\text{rel.-Soll-IST}}$ selbst kann weiter in die folgenden beiden Anteile unterteilt werden:

- systembedingter Anteil des Fehlers: e_{System} ,
- zufallsbedingter Anteil des Fehlers: e_{Zufall} .

Entsprechend gilt für den Fehler $e_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ folgender Zusammenhang:

- $e_{\text{rel.-SOLL-IST}} = e_{\text{System}} + e_{\text{Zufall}}$; Annahme: $e_{\text{rel.-SOLL-IST}} \sim N(\mu_{\text{rel.-SOLL-IST}}; \sigma_{\text{rel.-SOLL-IST}}^2)$

Bei dem systembedingten Anteil des Fehlers e_{System} , handelt es sich um den Anteil des Fehlers $e_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ der systembedingt ist, d.h. im vorliegenden Fall auf das System: „Analytisches Berechnungsverfahren und kalibrierte allgemeingültige Eingangsparemeter“ zurückgeführt werden kann. Entsprechend kann der Fehler e_{System} weiter unterteilt werden, in den Anteil der auf das Berechnungsverfahren (BV) selbst (e_{BV}) und den Anteil der auf die kalibrierten allgemeingültige Eingangsparemeter (Belegungsgrade der Aufstellbereiche b_{Ai}) zurückgeführt werden kann ($e_{aE-bAi} = f(\varepsilon_{aE-bAi})$; siehe auch Ausführungen in Abschnitt 9.2).

Entsprechend gilt:

- $e_{\text{System}} = e_{\text{BV}} + e_{aE-bAi}$.

Systembedingte Fehler haben die Eigenschaft, dass diese i. d. R. nicht zufällig auftreten, sondern dem System inne wohnen und bei wiederholter Anwendung in gleicher Form wieder auftreten. Das heißt bei dem systembedingten Anteil des Fehlers handelt es sich um eine normalverteilte Größe $e_{\text{System}} \sim N(\mu_{\text{System}}; \sigma^2_{\text{System}})$ mit einem Mittelwert $\mu_{\text{System}} = \text{konstant}$ oder $\mu_{\text{System}} = f(x)$.

Bei dem zufallsbedingten Anteil des Fehlers (e_{Zufall}) handelt es sich dagegen um den zufälligen Anteil der relativen Abweichung der SOLL-Werte von den IST-Werten und somit um einen zufälligen Fehler. Dieser Anteil des Fehlers $e_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ ist zufallsbedingt und tritt ohne erkennbares Muster auf. Zufallsbedingte Fehler sind i. d. R. normalverteilt $e_{\text{Zufall}} \sim N(\mu_{\text{Zufall}}; \sigma^2_{\text{Zufall}})$ und streuen zufällig um einen Mittelwert $\mu_{\text{Zufall}} \approx 0$ mit $\sigma_{\text{Zufall}} > 0$.

Bei der vorliegenden Untersuchung treten verschiedene zufällige Fehler auf, die u. a. den beiden folgenden Fehlerquellen zugeordnet werden können, wie bereits in Abschnitt 9.2 einführend erläutert:

- Fehler bedingt durch die Zufälligkeit der SOLL-Werte: $e_{\text{SOLL-Wert}} = f(\varepsilon_{\text{SOLL-Wert}})$
Die mit dem Simulationsprogramm VISSIM in den einzelnen Simulationsläufen (30U/SL) ermittelten SOLL-Werte stellen aufgrund der Zufälligkeit ankommender Fahrzeuge in der Zufahrt nur einen Schätzer der „wahren Kapazität“ dar. Entsprechend sind die erhobenen Werte mit einem absoluten Fehler ($\varepsilon_{\text{SOLL-Wert}}$) behaftet, der in den relativen Fehler $e_{\text{SOLL-Wert}} = f(\varepsilon_{\text{SOLL-Wert}})$ überführt werden kann.
- Fehler bedingt durch die Zufälligkeit der fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter in VISSIM: $e_{\text{ffE-i}} = f(\varepsilon_{\text{ffE-i}})$
Die sich in den einzelnen Simulationsläufen „einstellenden“ fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter weichen von den im Teil B der Simulationsstudie ermittelten fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für das Simulationsprogramm VISSIM von Simulationslauf zu Simulationslauf zufällig ab. Die zugrunde liegenden fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter des einzelnen Simulationslaufs sind entsprechend mit einem absoluten Fehler ($\varepsilon_{\text{ffE-i}}$) behaftet. Der relative Fehler $e_{\text{ffE-i}}$ kann auf den zugehörigen Fehler $\varepsilon_{\text{ffE-i}}$ der verschiedenen fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter zurückgeführt werden. Es gilt entsprechend: $e_{\text{ffE-i}} = f(\varepsilon_{\text{ffE-i}})$.

Weitere zufällige Fehler, wie z. B. Messfehler beim Erheben von Verkehrsmengen o. ä., können bei der vorliegenden Untersuchung ausgeschlossen werden, da die Messungen und die Dokumentation durch das Simulationsprogramm und die C#-Schnittstelle automatisiert vorgenommen worden sind.

In Anlehnung an die Ausführungen in Abschnitt 9.2 kann zur Überprüfung der Eignung des Berechnungsverfahrens und der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter folgende Aussagen getroffen werden:

- Mittelwert $\bar{e}_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ des Fehlers $e_{\text{rel.-SOLL-IST}}$
Unter der Annahme, dass $e_{\text{SOLL-Wert}}$ und $e_{\text{ffE-i}}$ normalverteilt ($e_i \sim N(0; \sigma^2)$) sind, ist der zufallsbedingte Anteil des Fehlers e_{Zufall} mit $e_{\text{Zufall}} \sim N(0; \sigma^2_{\text{Zufall}})$ ebenfalls normalverteilt. Das heißt, der zufallsbedingte Anteil des Fehlers bzw. der zufallsbedingte Anteil der relativen Abweichung des SOLL-Wertes vom IST-Wert streut zufällig um den Wert null. In diesem Fall entspricht der Mittelwert des systembedingten Anteils des Fehlers dem Mittelwert des Gesamtfehlers: $\bar{e}_{\text{System}} = \bar{e}_{\text{rel.-SOLL-IST}}$. Unter Berücksichtigung der vorangegangenen Annahmen kann der mittlere Fehler ($\bar{e}_{\text{rel.-SOLL-IST}}$) bzw. die mittlere relative Abweichung der SOLL-Werte von den IST-Werten, der ein Schätzer des wahren Mittelwertes $\mu_{\text{rel.-SOLL-IST}}$

darstellt, auf den systembedingten Anteil, d.h. das Berechnungsverfahren und die kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter, zurückgeführt werden.

- Standardabweichung $s_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ des Fehlers $e_{\text{rel.-SOLL-IST}}$

Unter der Annahme, dass der systembedingte Anteil des Fehlers e_{System} mit $e_{\text{System}} \sim N(\mu_{\text{System}}; \sigma^2_{\text{System}})$ normalverteilt ist und der zufallsbedingte Anteil des Fehlers e_{Zufall} mit $e_{\text{Zufall}} \sim N(0; \sigma^2_{\text{Zufall}})$ ebenfalls einer Normalverteilung unterliegt, wird deutlich, dass die Standardabweichung $s_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ sowohl auf die Standardabweichung des systembedingten Anteils (s_{System}) als auch den zufallsbedingten Anteil (s_{Zufall}) zurückgeführt werden muss. Die Ermittlung des Anteils der Standardabweichung $s_{\text{rel.-SOLL-IST}}$, der auf das analytische Berechnungsverfahren und die kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter (=systembedingter Anteil) zurückgeführt werden kann, ist nicht möglich (siehe auch Ausführungen in Abschnitt 9.2). Es kann jedoch angenommen werden, dass der Anteil der Streuung, der auf das analytische Berechnungsverfahren und die kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter zurückzuführen ist, kleiner ist als die berechnete Standardabweichung $s_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ (= Schätzer der wahren Standardabweichung $\sigma_{\text{rel.-SOLL-IST}}$).

- 95% Konfidenzintervall des Fehlers $e_{\text{rel.-SOLL-IST}}$

Das 95% Konfidenzintervall des wahren Mittelwertes und das 95%-Konfidenzintervall des Einzelwertes, in dem mit 95%iger Wahrscheinlichkeit der wahre Wert des Fehlers $e_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ bzw. die relative Abweichung des SOLL-Wertes vom IST-Wert liegt, wird unter Ansatz der Standardabweichung $s_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ berechnet. Ein Teil der Streuung ist zufallsbedingt, wie im vorangegangenen Spiegelstrich erläutert. Entsprechend ist ein Teil der betrachteten zwei Konfidenzintervalle auf den zufallsbedingten Anteil der Standardabweichung (=Streuung) zurückzuführen und ist nicht systembedingt.

9.7.2 SOLL-IST VERGLEICH FÜR GLEICH LANGE AUFSTELLBEREICHE (UG-V1)

Die simulierten Kapazitätswerte (SOLL-Werte = Ergebnis aus Teilschritt C3), die berechneten Kapazitätswerte (IST-Werte = Ergebnis aus Teilschritt C4) und die daraus abgeleiteten relativen Abweichungen sind für Untersuchungsgruppe UG-V1 (Stichprobe: $n = 560$) in tabellarischer Form im Anhang A4 dargestellt. In den Tabellen A4-1 bis A4-16 können neben den zuvor genannten Ergebnisgrößen ebenfalls die zugehörigen Parametersätze P_k nach Tabelle 9-5 entnommen werden, die bei der Ermittlung der SOLL- und IST-Werte zugrunde gelegt worden sind.

In Bild 9-4 bis Bild 9-7 sind die ermittelten SOLL- und IST-Werte jeweils in einem Streudiagramm (linkes Diagramm) aufgetragen. Auf der Ordinate ist hier die simulierte Kapazität (C_{SOLL}) und auf der Abszisse die berechnete Kapazität (C_{IST}) aufgetragen. Die gestrichelte rote Gerade stellt im dargestellten Streudiagramm den Idealfall dar, dass die simulierte Kapazität (C_{SOLL}) der berechneten Kapazität (C_{IST}) entspricht. Die aufgetragenen Wertepaare (IST-Wert / SOLL-Wert) streuen gleichmäßig um diese Gerade. Ein Muster kann auf Grundlage einer visuellen Prüfung in keinem der Diagramme festgestellt werden. Bei Wertepaaren, die über der rot gestrichelten Geraden aufgetragen sind, ist die simulierte Kapazität (SOLL-Wert) größer als die berechnete Kapazität (IST-Wert). Bei Wertepaaren unterhalb dieser Geraden liegt der umgekehrte Fall vor und die simulierte Kapazität weist einen kleineren Wert als die berechnete Kapazität auf.

In dem zweiten Diagramm (rechtes Diagramm in Bild 9-4 bis Bild 9-7) ist die empirische Häufigkeitsverteilung der relativen Abweichung der simulierten Kapazitäten (C_{SOLL}) von den berechneten Kapazitäten (C_{IST}) dargestellt (relative Abweichung = $(C_{\text{SOLL}} - C_{\text{IST}}) / C_{\text{IST}} \cdot 100$, [%]).

Der dargestellten empirischen Häufigkeitsverteilung können folgende Werte entnommen werden:

- Relative Häufigkeit der Klassenbelegung: In dem Stabdiagramm ist die relative Häufigkeit der Klassenbelegung durch ermittelte Werte (hier: relative Abweichung C_{SOLL} von C_{IST}) angegeben.
- Summierte Häufigkeit der Klassenbelegung: Die summierte Häufigkeit der Klassenbelegung ist hier in Form einer Verteilungsfunktion aufgetragen.

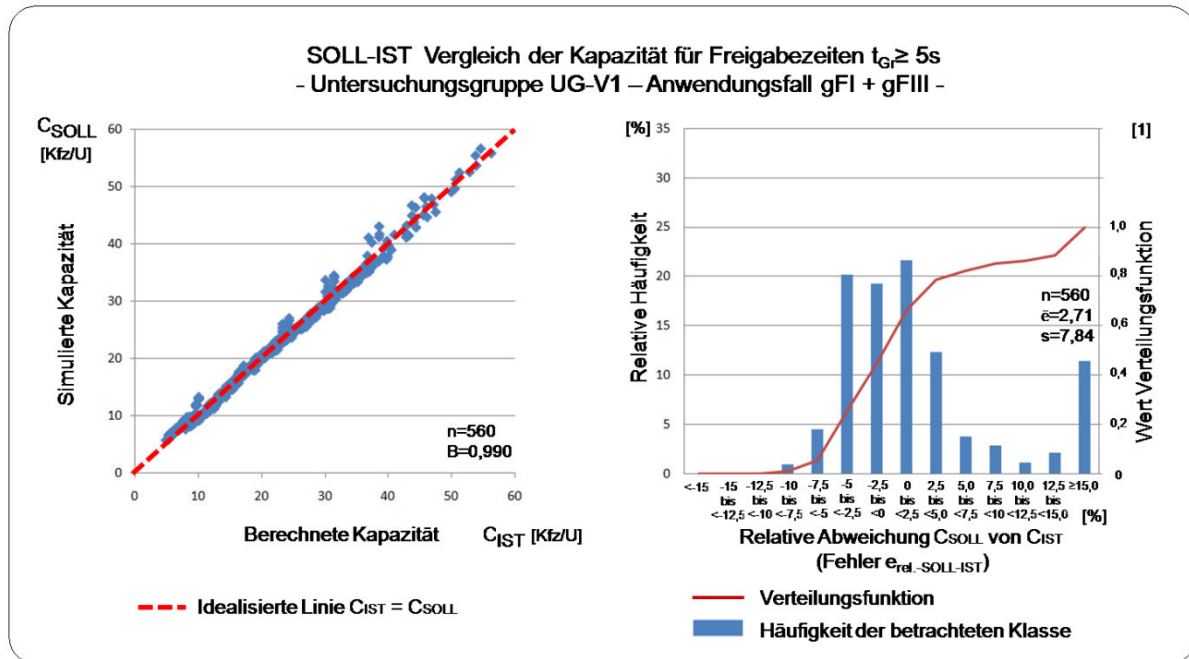


Bild 9-4: SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{Gr} \geq 5s$, UG-V1, gFI + gFIII, Quelle: Eigene Darstellung

Bei Betrachtung des Stabdiagramms in Bild 9-4 wird deutlich, dass die ermittelten relativen Abweichungen unterteilt in 14 Klassen weitestgehend normalverteilt um einen Mittelwert nahe null verteilt sind. Jedoch zwei Klassen auf der rechten Seite des Stabdiagramms (Klassen mit einer relativen Abweichung $\geq 12,5$ %) stellen in dem vorliegenden Fall eine Ausreißergruppe dar. Eine Überprüfung dieser Ausreißergruppe hat ergeben, dass es sich hierbei ausschließlich um relative Abweichungen handelt, die für SOLL- und IST- Werte mit einer Freigabezeit von 5 Sekunden ermittelt worden sind. Bei diesen relativ kleinen Freigabezeiten fließen nur wenige Fahrzeuge je Umlauf ab (ca. 6-13 Kfz/U). Zudem sind die Schwankungen der Zeitbedarfswerte der ersten Kraftfahrzeuge im Umlauf sehr groß (siehe Bild 8-5) und die Überfahrzeit des letzten Kraftfahrzeugs nach Beginn der GELB-Zeit (siehe Bild 8-8) nimmt ebenfalls einen sehr starken Einfluss auf die Kapazität. Bereits zwei Fahrzeuge, die aufgrund zuvor genannter Gründe je Umlauf in der Simulation (SOLL-Wert) mehr abfließen, können eine relative Abweichung von ca. 15 bis 35% nach sich ziehen. Die vorgenannte Ausreißergruppe (mit $t_{Gr}=5s$) ist dahingehend abgegrenzt worden, dass in den weiteren Untersuchungen nur SOLL- und IST-Werte, denen eine Freigabezeit von mindestens 10 Sekunden oder größer zugrunde liegt, berücksichtigt werden.

In Bild 9-5 bis Bild 9-7 sind die Ergebnisse des SOLL-IST Vergleichs analog zu Bild 9-4 für Freigabezeiten von 10 bis 40 s dargestellt worden (Ausreißergruppe bleibt hier unberücksichtigt).

In Bild 9-5 sind die Ergebnisse des SOLL-IST Vergleichs für die Anwendungsfälle gFI und gFIII nach Abschnitt 5.2 zusammenfassend dargestellt, während in Bild 9-6 und Bild 9-7 die Ergebnisse getrennt für die beiden Anwendungsfälle dargestellt sind.

In Tabelle 9-9 sind die Ergebnisse des durchgeführten SOLL-IST Vergleichs für Untersuchungsgruppe UG-V1 in Form einer Wertetabelle unter Angabe ausgewählter statistischer Kennwerte dargestellt.

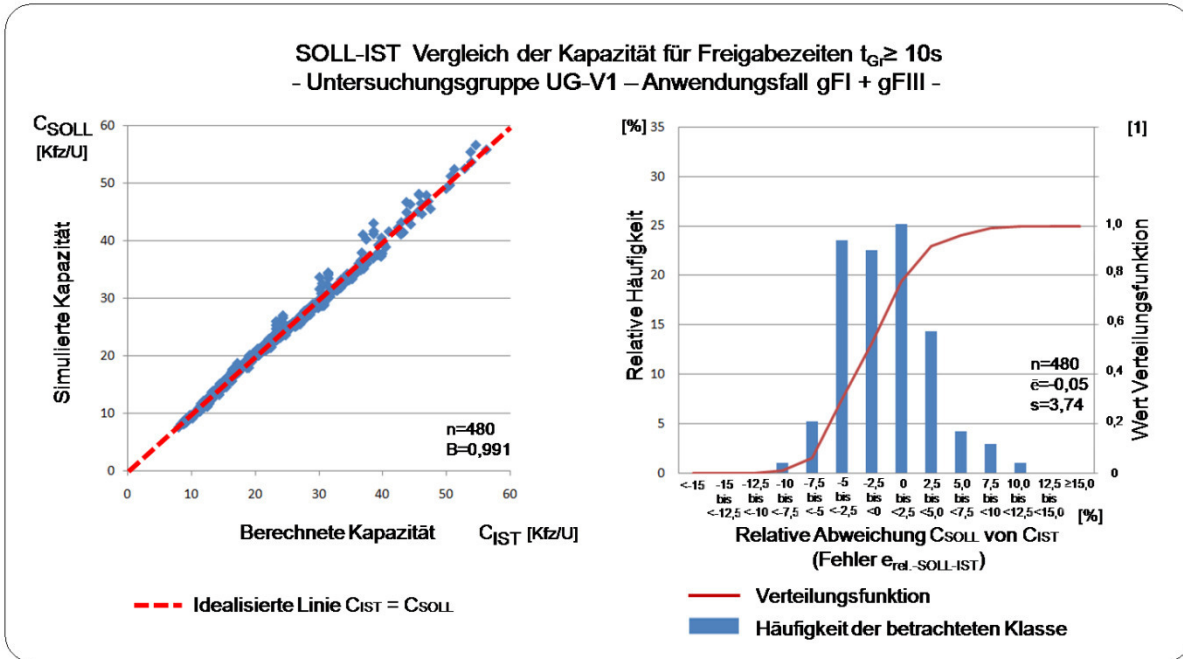


Bild 9-5: SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{Gr} \geq 10s$, UG-V1, gFI + gFIII, Quelle: Eigene Darstellung

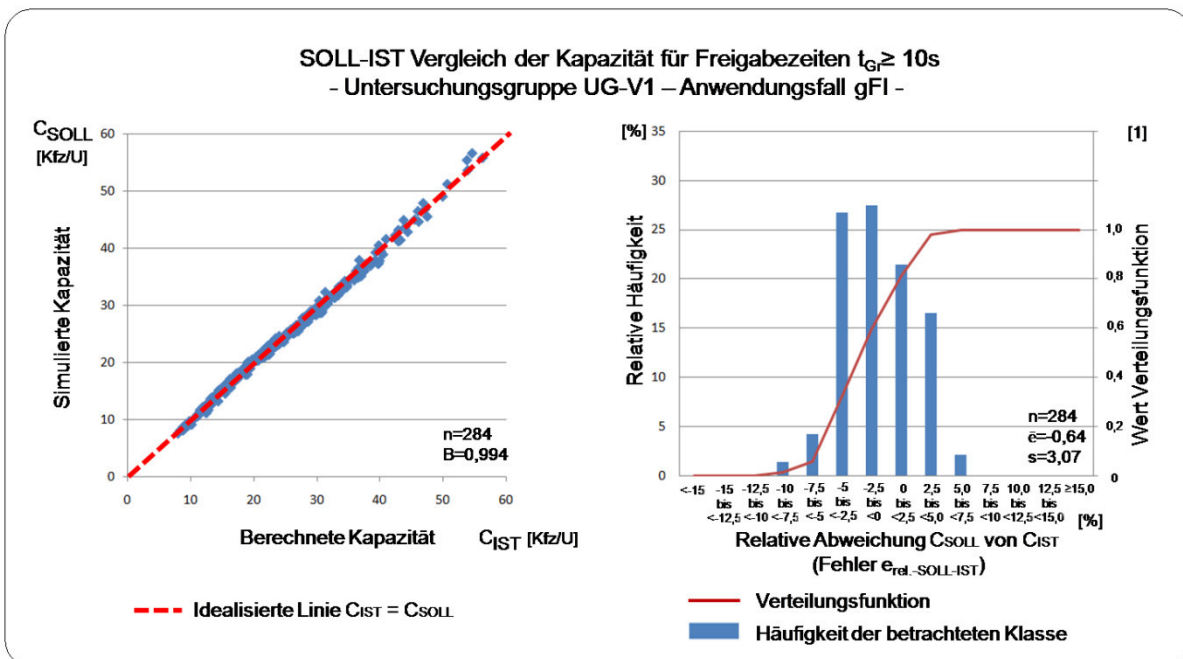


Bild 9-6: SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{Gr} \geq 10s$, UG-V1, gFI, Quelle: Eigene Darstellung

Wertetabelle und statistische Kennwerte des SOLL-IST Vergleichs für Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit gleich langen Aufstellbereichen								
Untersuchungsgruppe		Bez.	UG-V1	UG-V1	UG-V1	UG-V1		
Betrachtete Freigabezeiten, t_{Gr}		[s]	≥ 5	≥ 10	≥ 10	≥ 10		
Betrachtete Anwendungsfälle des Berechnungsverfahrens		Bez.	gFI, gFIII	gFI, gFIII	gFI	gFIII		
Klasseneinteilung [%]			Klassenbelegung					
		von	bis					
Relative Abweichung C_{SOLL} von C_{IST} bzw. Fehler $e_{rel.-SOLL-IST}$ unterteilt in Klassen der Häufigkeitsverteilung		<-15,0	[-]; (-)	0; (0)	0; (0)	0; (0)	0; (0)	
		-15,0	<-12,5	[-]; (-)	0; (0)	0; (0)	0; (0)	
		-12,5	<-10,0	[-]; (-)	0; (0)	0; (0)	0; (0)	
		-10,0	<-7,5	[-]; (-)	0,89; (5)	1,04; (5)	1,41; (4)	0,51; (1)
		-7,5	<-5,0	[-]; (-)	4,46; (25)	5,21; (25)	4,23; (12)	6,63; (13)
		-5,0	<-2,5	[-]; (-)	20,18; (113)	23,54; (113)	26,76; (76)	18,88; (37)
		-2,5	<0,0	[-]; (-)	19,29; (108)	22,50; (108)	27,46; (78)	15,31; (30)
		0,0	<2,5	[-]; (-)	21,61; (121)	25,21; (121)	21,48; (61)	30,61; (60)
		2,5	<5,0	[-]; (-)	12,32; (69)	14,38; (69)	16,55; (47)	11,22; (22)
		5,0	<7,5	[-]; (-)	3,75; (21)	4,17; (20)	2,11; (6)	7,14; (14)
		7,5	<10,0	[-]; (-)	2,86; (16)	2,92; (14)	0; (0)	7,14; (14)
		10,0	<12,5	[-]; (-)	1,07; (6)	1,04; (5)	0; (0)	2,55; (5)
		12,5	15,0	[-]; (-)	2,14; (12)	0; (0)	0; (0)	0; (0)
	$\geq 15,0$		[-]; (-)	11,43; (64)	0; (0)	0; (0)	0; (0)	
Stichprobenumfang, n			[-]; (-)	100; (560)	100; (480)	100; (284)	100; (196)	
Mittelwert $\bar{e}_{rel.-SOLL-IST}$			[%]	2,71	-0,05	-0,64	0,80	
Standardabweichung $s_{rel.-SOLL-IST}$			[%]	7,84	3,74	3,07	4,41	
t-Wert ¹⁹⁴ ($\alpha=0,05$) in Abhängigkeit von n			[-]	1,960	1,960	1,967	1,970	
95%-Konfidenzintervall – wahrer Mittelwert [untere Grenze; obere Grenze]			[%]	2,71 \pm 0,65 [2,06; 3,36]	-0,05 \pm 0,33 [-0,38; 0,28]	-0,64 \pm 0,36 [-0,28; -1,00]	0,80 \pm 0,62 [0,18; 1,42]	
95%-Konfidenzintervall – Einzelwert (2-seitig) [untere Grenze; obere Grenze]			[%]	2,71 \pm 15,37 [-12,66; 18,08]	-0,05 \pm 7,33 [-7,38; 7,28]	-0,64 \pm 6,04 [-6,68; 5,40]	0,80 \pm 8,69 [-7,89; 9,49]	

Tabelle 9-9: Wertetabelle und statistische Kennwerte des SOLL-IST Vergleichs für Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit gleich langen Aufstellbereichen, UG-V1, Quelle: Eigene Darstellung

¹⁹⁴ Lozan et al. – Statistik Fachbuch, 2007, S. 47

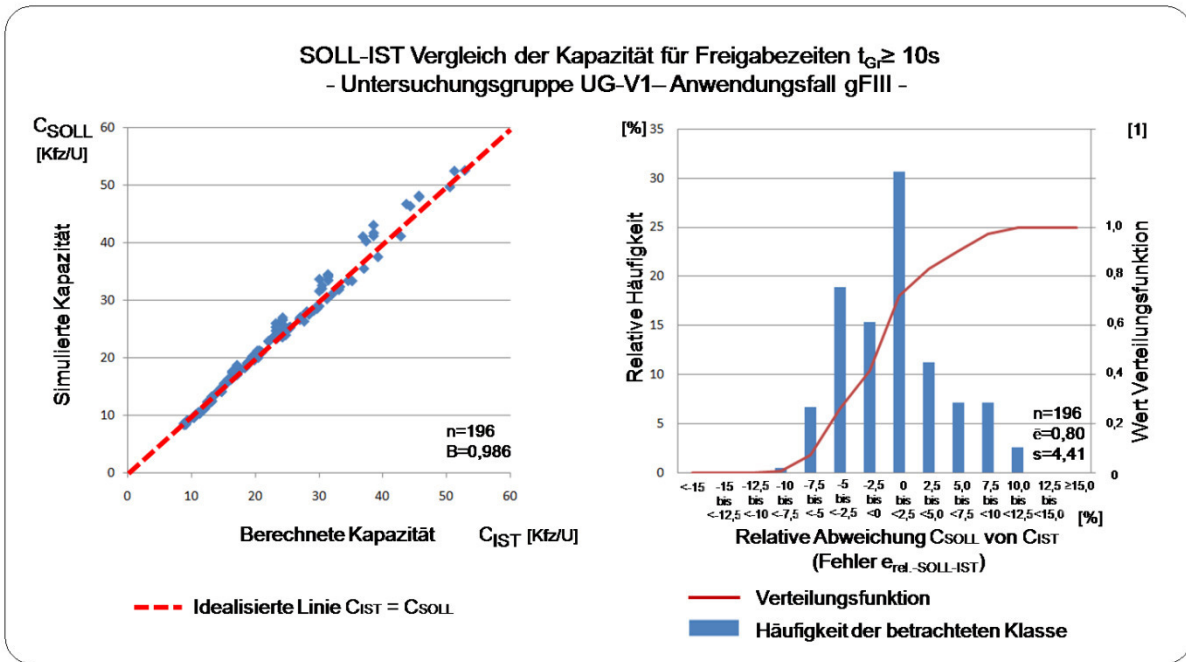


Bild 9-7: SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{Gr} \geq 10s$, UG-V1, gFIII,
Quelle: Eigene Darstellung

Auf Grundlage der in Tabelle 9-9 und in Bild 9-5 bis Bild 9-7 dargestellten Ergebnisse kann das Ergebnis der Validierung für das analytische Berechnungsverfahren unter Ansatz der kalibrierten allgemeingültigen Eingangparameter zur Ermittlung der Kapazität in Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit gleich langen Aufstellstreifen wie folgt zusammengefasst werden:

- Der Mittelwert $\bar{e}_{rel.-SOLL-IST}$ des Fehlers $e_{rel.-SOLL-IST}$ weist für die Anwendungsfälle gFI+gFIII; gFI und gFIII jeweils einen Wert im Intervall $[-0,05 \%; 0,80 \%]$ und somit einen Wert von nahe null auf. Die untere und obere Grenze des 95%-Konfidenzintervalls des wahren Mittelwertes liegt für die betrachteten Anwendungsfälle gFI+gFIII; gFI und gFIII jeweils im Intervall $[-0,38 \%; 1,42 \%]$ und weichen nur geringfügig von dem jeweiligen Mittelwert $\bar{e}_{rel.-SOLL-IST}$ ab. Das heißt, der wahre Mittelwert $\mu_{rel.-SOLL-IST}$ weicht in den betrachteten Anwendungsfällen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% nur geringfügig von dessen Schätzer $\bar{e}_{rel.-SOLL-IST}$ ab.

Wie in Unterabschnitt 9.7.1 hergeleitet, entsprechen bei der vorliegenden Untersuchung die systembedingten Anteile des wahren Mittelwertes dem wahren Mittelwert $\mu_{rel.-SOLL-IST}$ ($\mu_{System} = \mu_{rel.-SOLL-IST}$).

Die für die betrachteten Anwendungsfälle gFI+gFIII; gFI und gFIII ermittelten mittleren systembedingten Fehler μ_{System} weisen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % Werte im Intervall $[-0,38 \%; 1,42 \%]$ auf und sind vernachlässigbar klein.

- Die in den Stabdiagrammen in Bild 9-5 bis Bild 9-7 dargestellten Häufigkeitsverteilungen entsprechen weitestgehend einer Normalverteilung um einen Mittelwert nahe null. Die einzelnen Wertepaare der SOLL- und IST-Werte streuen zufällig um die idealisierte Gerade (rot gestrichelte Gerade für $C_{IST} = C_{SOLL}$). Bei der visuellen Prüfung der „Streudiagramme“ konnte kein Muster festgestellt werden, dass die Zufälligkeit der vorhandenen Streuung in Frage stellen könnte.
- Unter der Annahme, dass sich im realen Anwendungsfall die gleichen system- und zufallsbedingten relativen Abweichungen der SOLL-Werte von den IST-Werten wie in der

durchgeführten Simulationsstudie in der Validierung einstellen, so weicht in nur 5% der Fälle die vorhandene Kapazität C_{SOLL} von der berechneten Kapazität C_{IST} um mehr als $-0,05 \% \pm 7,33 \% (=95 \% \text{-Konfidenzintervall Anwendungsfall gFI+gFIII})$ ab. Bei getrennter Betrachtung der Anwendungsfälle gFI ($-0,64 \% \pm 6,04 \%$) und gFIII ($0,80 \% \pm 8,69 \%$) decken die ermittelten 95%-Konfidenzintervalle nahezu den gleichen Wertebereich ab. Hier ist zu berücksichtigen, dass die ermittelten Konfidenzintervalle sowohl auf systembedingte Anteile als auch zufallsbedingte Anteile der Standardabweichung (=Streuung) zurückzuführen sind.

- Unter Berücksichtigung der vorangegangenen Ergebnisse ist die Eignung des analytischen Berechnungsverfahrens unter Verwendung der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter für den untersuchten Anwendungs- und Wertebereich gegeben.

9.7.3 SOLL-IST VERGLEICH FÜR UNGLEICH LANGE AUFSTELLBEREICHE (UG-V2)

Die simulierten Kapazitätswerte (SOLL-Werte = Ergebnis aus Teilschritt C3), die berechneten Kapazitätswerte (IST-Werte = Ergebnis aus Teilschritt C4) und die daraus abgeleiteten relativen Abweichungen sind für die Untersuchungsgruppe UG-V2 (Stichprobe: $n = 1.280$) in tabellarischer Form im Anhang A5 dargestellt. In den Tabellen A5-1 bis A5-36 können neben den zuvor genannten Ergebnisgrößen ebenfalls die Parametersätze P_k nach Tabelle 9-7 und Tabelle 9-8 entnommen werden, die bei der Ermittlung der SOLL- und IST-Werte zugrunde gelegt worden sind.

In Bild 9-8 bis Bild 9-12 sind die ermittelten SOLL- und IST-Werte jeweils in einem Streudiagramm (linkes Diagramm) aufgetragen. Auf der Ordinate ist hier die simulierte Kapazität (C_{SOLL}) und auf der Abszisse die berechnete Kapazität (C_{IST}) aufgetragen. Die gestrichelte rote Gerade stellt im dargestellten Streudiagramm den Idealfall dar, dass die simulierte Kapazität (C_{SOLL}) der berechneten Kapazität (C_{IST}) entspricht. Die aufgetragenen Wertepaare (IST-Wert / SOLL-Wert) streuen gleichmäßig um diese Gerade. Ein Muster kann auf Grundlage einer visuellen Prüfung in keinem der Diagramme festgestellt werden. Bei Wertepaaren, die über der rot gestrichelten Geraden aufgetragen sind, ist die simulierte Kapazität (SOLL-Wert) größer als die berechnete Kapazität (IST-Wert). Bei Wertepaaren unterhalb dieser Geraden liegt der umgekehrte Fall vor und die simulierte Kapazität weist einen kleineren Wert als die berechnete Kapazität auf.

In dem zweiten Diagramm (rechtes Diagramm in Bild 9-8 bis Bild 9-12) ist die empirische Häufigkeitsverteilung der relativen Abweichung der simulierten Kapazitäten (C_{SOLL}) von den berechneten Kapazitäten (C_{IST}) dargestellt (relative Abweichung = $(C_{SOLL} - C_{IST}) / C_{IST} * 100, [\%]$). Der dargestellten empirischen Häufigkeitsverteilung können folgende Werte entnommen werden:

- Relative Häufigkeit der Klassenbelegung: In dem Stabdiagramm ist die relative Häufigkeit der Klassenbelegung durch ermittelte Werte (hier: relative Abweichung C_{SOLL} von C_{IST}) angegeben.
- Summierte Häufigkeit der Klassenbelegung: Die summierte Häufigkeit der Klassenbelegung ist hier in Form einer Verteilungsfunktion aufgetragen.

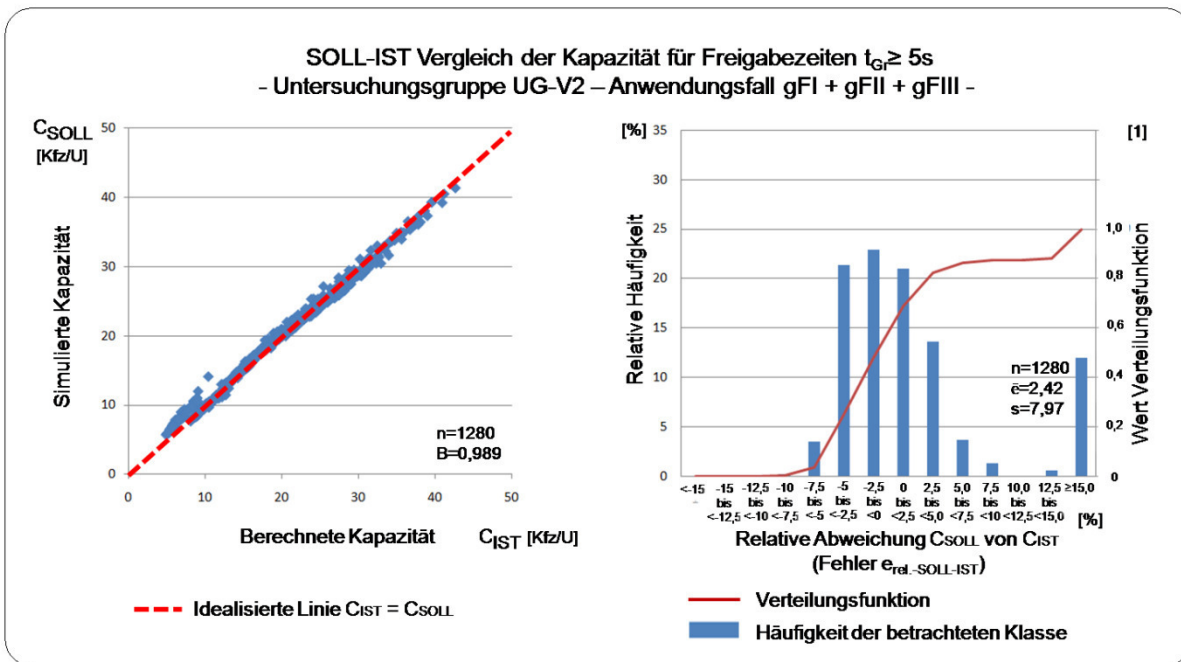


Bild 9-8: SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{gr} \geq 5s$, UG-V2, gFI + gFII + gFIII, Quelle: Eigene Darstellung

Bei Betrachtung des Stabdiagramms in Bild 9-8 wird deutlich, dass die ermittelten relativen Abweichungen unterteilt in 14 Klassen weitestgehend normalverteilt um einen Mittelwert nahe null verteilt sind. Jedoch zwei Klassen auf der rechten Seite des Stabdiagramms (Klassen mit einer relativen Abweichung $\geq 12,5\%$) stellen in dem vorliegenden Fall eine Ausreißergruppe dar. Eine Überprüfung dieser Ausreißergruppe hat ergeben, dass es sich hierbei ausschließlich um relative Abweichungen handelt, die für SOLL- und IST-Werte mit einer Freigabezeit von 5 Sekunden ermittelt worden sind. Bei diesen relativ kleinen Freigabezeiten fließen nur wenige Fahrzeuge je Umlauf ab (ca. 6-13 Kfz/U). Zudem sind die Schwankungen der Zeitbedarfswerte der ersten Kraftfahrzeuge im Umlauf sehr groß (siehe Bild 8-5) und die Überfahrzeit des letzten Kraftfahrzeugs nach Beginn der GELB-Zeit (siehe Bild 8-8) nimmt ebenfalls einen sehr starken Einfluss auf die Kapazität. Bereits zwei Fahrzeuge, die aufgrund zuvor genannter Gründe je Umlauf in der Simulation (SOLL-Wert) mehr abfließen, können eine relative Abweichung von ca. 15 bis 33% nach sich ziehen. Die vorgenannte Ausreißergruppe (mit $t_{gr}=5s$) ist dahingehend abgegrenzt worden, dass in den weiteren Untersuchungen nur SOLL- und IST-Werte, denen eine Freigabezeit von mindestens 10 Sekunden oder größer zugrunde liegt, berücksichtigt werden.

In Bild 9-9 bis Bild 9-12 sind die Ergebnisse des SOLL-IST Vergleichs analog zu Bild 9-8 für Freigabezeiten von 10 bis 40 s dargestellt worden (Ausreißergruppe bleibt hier unberücksichtigt).

In Bild 9-9 sind die Ergebnisse des SOLL-IST Vergleichs für die Anwendungsfälle gFI, gFII und gFIII nach Abschnitt 5.2 zusammenfassend dargestellt, während in Bild 9-10, Bild 9-11, und Bild 9-12 die Ergebnisse getrennt für die drei Anwendungsfälle dargestellt sind.

In Tabelle 9-10 sind die Ergebnisse des durchgeführten SOLL-IST Vergleichs für Untersuchungsgruppe UG-V2 in Form einer Wertetabelle unter Angabe ausgewählter statistischer Kennwerte dargestellt.

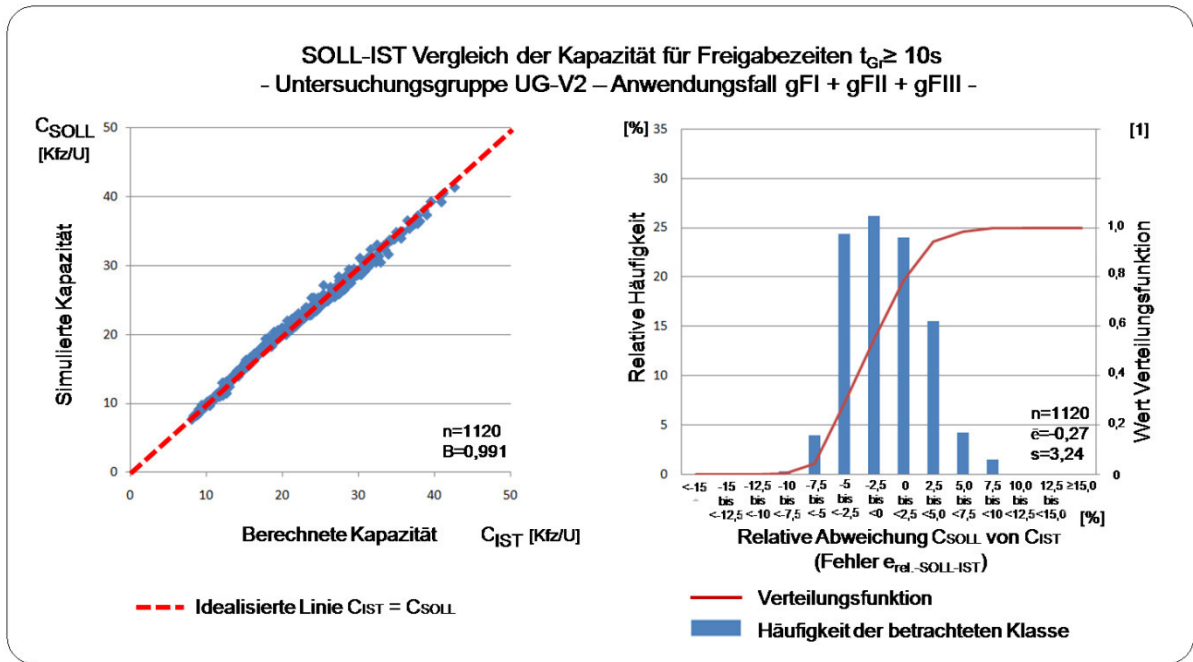


Bild 9-9: SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{Gr} \geq 10s$, UG-V2, gFI + gFII + gFIII, Quelle: Eigene Darstellung

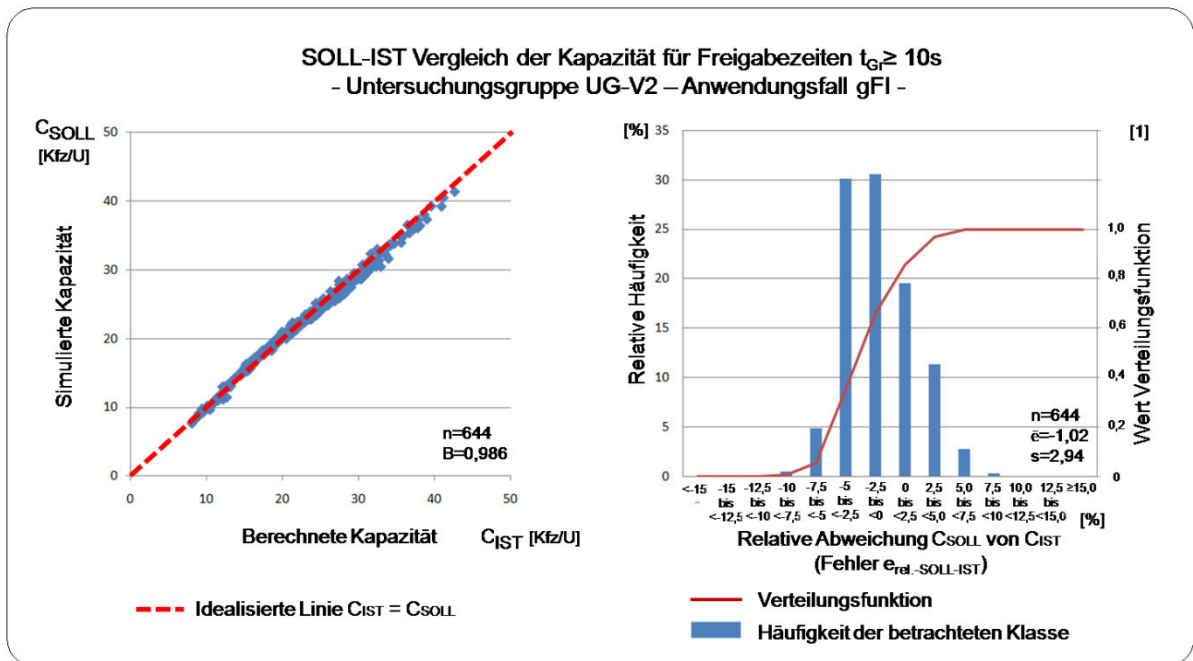


Bild 9-10: SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{Gr} \geq 10s$, UG-V2, gFI, Quelle: Eigene Darstellung

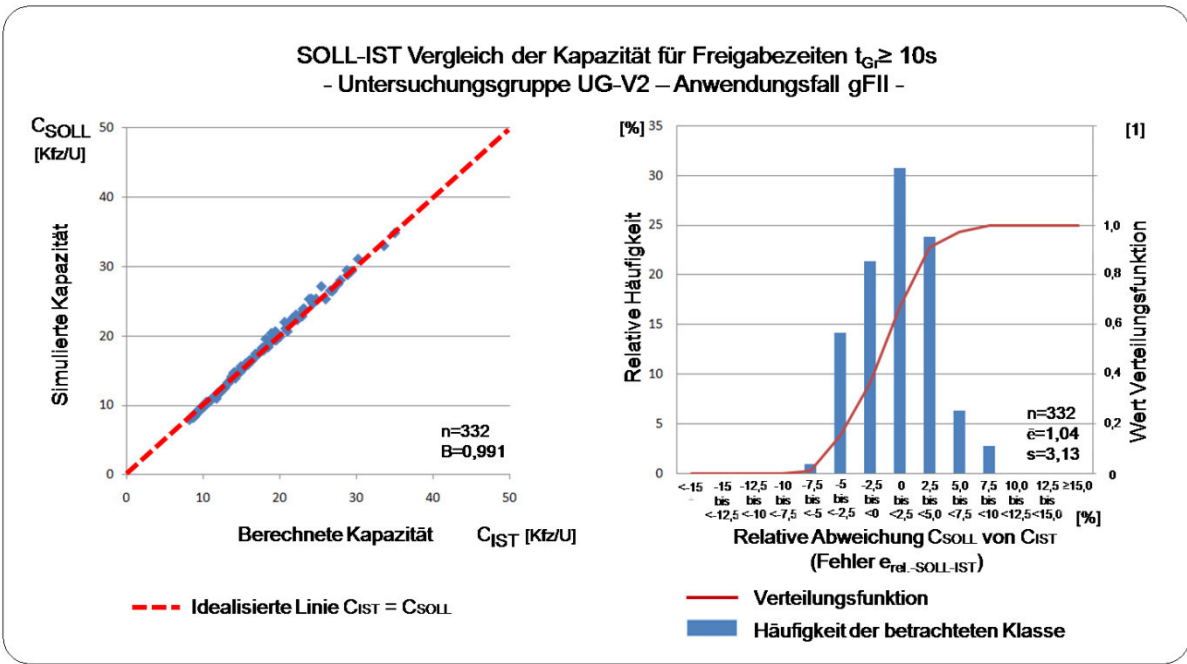


Bild 9-11: SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{Gr} \geq 10s$, UG-V2, gFII, Quelle: Eigene Darstellung

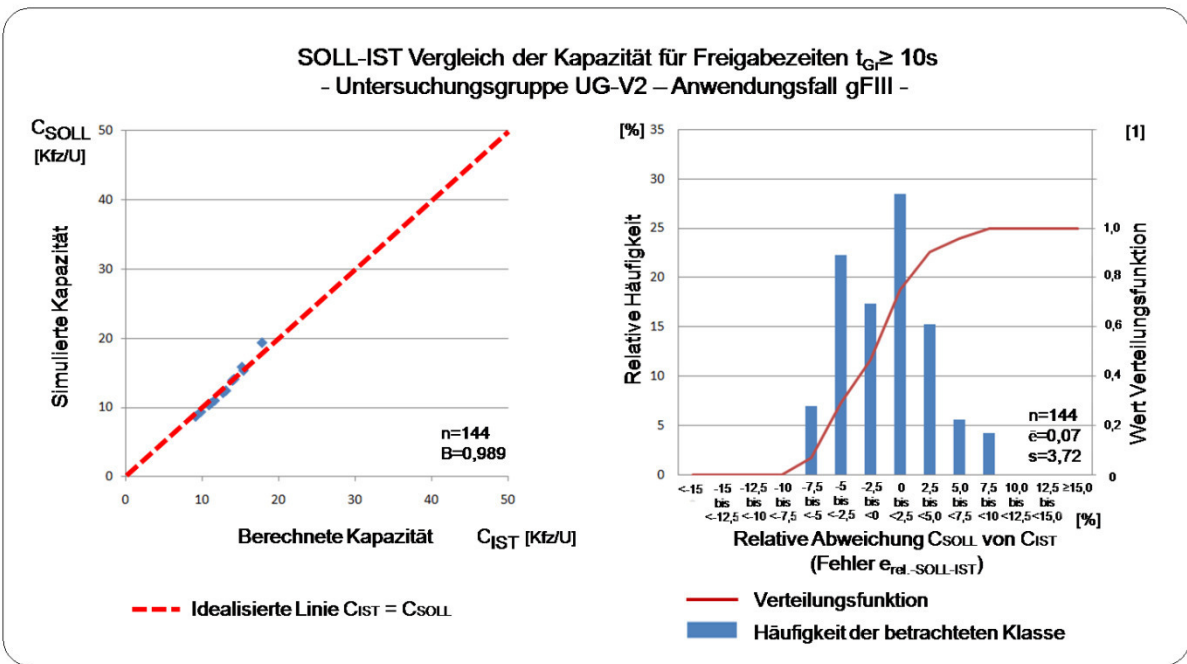


Bild 9-12: SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{Gr} \geq 10s$, UG-V2, gFIII, Quelle: Eigene Darstellung

Wertetabelle und statistische Kennwerte des SOLL-IST Vergleichs für Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit ungleich langen Aufstellbereichen							
Kontrollgruppe		Bez.	UG-V2	UG-V2	UG-V2	UG-V2	
Betrachtete Freigabezeiten, t_{Gr}		[s]	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10	
Betrachtete Anwendungsfälle des Berechnungsverfahrens		Bez.	gFI, gFII, gFIII	gFI	gFII	gFIII	
		Klasseneinteilung [%]		Klassenbelegung			
		von	bis				
Relative Abweichung C_{SOLL} von C_{IST} bzw. Fehler $e_{rel.-SOLL-IST}$ unterteilt in Klassen der Häufigkeitsverteilung		<-15,0	[-%; (-)]	0; (0)	0; (0)	0; (0)	0; (0)
		-15,0	<-12,5	[-%; (-)]	0; (0)	0; (0)	0; (0)
		-12,5	<-10,0	[-%; (-)]	0; (0)	0; (0)	0; (0)
		-10,0	<-7,5	[-%; (-)]	0,27; (3)	0,47; (3)	0; (0)
		-7,5	<-5,0	[-%; (-)]	3,93; (44)	4,81; (31)	0,90; (3)
		-5,0	<-2,5	[-%; (-)]	24,38; (273)	23,54; (194)	14,16; (47)
		-2,5	<0,0	[-%; (-)]	26,16; (293)	30,59; (197)	21,39; (71)
		0,0	<2,5	[-%; (-)]	24,02; (269)	19,57; (126)	30,72; (102)
		2,5	<5,0	[-%; (-)]	15,54; (174)	11,34; (73)	23,8; (79)
		5,0	<7,5	[-%; (-)]	4,20; (47)	2,80; (18)	6,33; (21)
		7,5	<10,0	[-%; (-)]	1,52; (17)	0,31; (2)	2,71; (9)
		10,0	<12,5	[-%; (-)]	0; (0)	0; (0)	0; (0)
		12,5	15,0	[-%; (-)]	0; (0)	0; (0)	0; (0)
		$\geq 15,0$		[-%; (-)]	0; (0)	0; (0)	0; (0)
Stichprobenumfang, n		[-%; (-)]	100; (1120)	100; (644)	100; (332)	100; (144)	
Mittelwert $\bar{e}_{rel.-SOLL-IST}$		[%]	-0,27	-1,02	1,04	0,07	
Standardabweichung $s_{rel.-SOLL-IST}$		[%]	3,24	2,94	3,13	3,72	
z bzw. t-Wert ¹⁹⁵ ($\alpha=0,05$) in Abh. von n		[-]	1,960	1,960	1,966	1,977	
95%-Konfidenzintervall – wahrer Mittelwert [untere Grenze; obere Grenze]		[%]	-0,27 \pm 0,19 [-0,46; -0,08]	-1,02 \pm 0,23 [-1,25; -0,79]	1,04 \pm 0,34 [-0,70; 1,38]	0,07 \pm 0,62 [-0,55; 0,69]	
95%-Konfidenzintervall – Einzelwert (2-seitig) [untere Grenze; obere Grenze]		[%]	-0,27 \pm 6,35 [-6,62; 6,08]	-1,02 \pm 5,76 [-6,78; 4,74]	1,04 \pm 6,15 [-5,11; 7,19]	0,07 \pm 7,35 [-7,28; 7,42]	

Tabelle 9-10: Wertetabelle und statistische Kennwerte des SOLL-IST Vergleichs für Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit ungleich langen Aufstellbereichen, UG-V2, Quelle: Eigene Darstellung

¹⁹⁵ Lozan et al. – Statistik Fachbuch, 2007, S. 47

Auf Grundlage der in Tabelle 9-10 und in Bild 9-9 bis Bild 9-12 dargestellten Ergebnisse kann das Ergebnis der Validierung für das analytische Berechnungsverfahren unter Ansatz der kalibrierten allgemeingültigen Eingangparameter zur Ermittlung der Kapazität in Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit ungleich langen Aufstellstreifen wie folgt zusammengefasst werden:

- Der Mittelwert $\bar{e}_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ des Fehlers $e_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ weist für die Anwendungsfälle gFI+gFII+gFIII; gFI; gFII und gFIII jeweils einen Wert im Intervall [-1,05 %; 1,05 %] und somit einen Wert von nahe null auf. Die untere und obere Grenze des 95%-Konfidenzintervalls des wahren Mittelwertes liegt für die betrachteten Anwendungsfälle gFI+gFII+gFIII; gFI; gFII und gFIII jeweils im Intervall [-1,25 %; 1,38 %] und weichen nur geringfügig von dem jeweiligen Mittelwert $\bar{e}_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ ab. Das heißt, der wahre Mittelwert $\mu_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ weicht in den betrachteten Anwendungsfällen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% nur geringfügig von dessen Schätzer $\bar{e}_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ ab.

Wie in Unterabschnitt 9.7.1 hergeleitet, entsprechen bei der vorliegenden Untersuchung die systembedingten Anteile des wahren Mittelwerts dem wahren Mittelwert $\mu_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ ($\mu_{\text{System}} = \mu_{\text{rel.-SOLL-IST}}$).

Die für die betrachteten Anwendungsfälle gFI+gFII+gFIII; gFI; gFII und gFIII ermittelten mittleren systembedingten Fehler μ_{System} weisen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % Werte im Intervall [-1,25 %; 1,38 %] auf und sind vernachlässigbar klein.

- Die in den Stabdiagrammen in Bild 9-9 bis Bild 9-12 dargestellten Häufigkeitsverteilungen entsprechen weitestgehend einer Normalverteilung um einen Mittelwert nahe null. Die einzelnen Wertepaare der SOLL- und IST-Werte streuen zufällig um die idealisierte Gerade (rot gestrichelte Gerade für $C_{\text{IST}} = C_{\text{SOLL}}$). Bei der visuellen Prüfung der „Streudiagramme“ konnte kein Muster festgestellt werden, dass die Zufälligkeit der vorhandenen Streuung in Frage stellen würde.
- Unter der Annahme, dass sich im realen Anwendungsfall die gleichen system- und zufallsbedingten relativen Abweichungen der SOLL-Werte von den IST-Werten wie in der durchgeführten Simulationsstudie in der Validierung einstellen, so weicht in nur 5% der Fälle die vorhandene Kapazität C_{SOLL} von der berechneten Kapazität C_{IST} um mehr als $-0,27 \% \pm 6,35 \% (=95\text{-Konfidenzintervall für den Anwendungsfall gFI+gFII+gFIII})$ ab. Bei getrennter Betrachtung der Anwendungsfälle gFI ($-1,02 \% \pm 5,76 \%$); gFII ($-1,04 \% \pm 6,15\%$) und gFIII ($0,07 \% \pm 7,35 \%$) decken die ermittelten 95%-Konfidenzintervalle nahezu identische Wertebereiche ab. Hier ist zu berücksichtigen, dass die ermittelten Konfidenzintervalle sowohl auf systembedingte Anteile als auch zufallsbedingte Anteile der Standardabweichung (=Streuung) zurückzuführen sind.
- Unter Berücksichtigung der vorangegangenen Ergebnisse ist die Eignung des analytischen Berechnungsverfahrens unter Verwendung der kalibrierten allgemeingültigen Eingangparameter für den untersuchten Anwendungs- und Wertebereich gegeben.

9.8 ZUSAMMENFASSUNG

Im neunten Kapitel ist das in Abschnitt 5.2 hergeleitete analytische Berechnungsverfahren unter Ansatz der in Teil A der Simulationsstudie kalibrierten allgemeingültigen Eingangparameter für lichtsignalgeregelte Zufahrten der Ausbildungsform 2 einer Validierung unterzogen worden.

Unter Validierung wird hier der „Nachweis der Einsatz eignung des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens unter Ansatz der kalibrierten allgemeingültigen Eingangparameter“ verstanden.

Der Nachweis der Einsatzzeichnung ist im Rahmen eines SOLL-IST Vergleichs vorgenommen worden. Bei dem SOLL-IST Vergleich sind simulierte Kapazitätswerte (SOLL-Werte) mit berechneten Kapazitätswerten (IST-Werten) verglichen, relative Abweichungen berechnet und diese einer statistischen Auswertung unterzogen worden.

Der SOLL-IST Vergleich ist auf Grundlage einer repräsentativen Stichprobe vorgenommen worden, die die Grundgesamtheit des Anwendungsspektrums des analytischen Berechnungsverfahrens repräsentativ wiedergibt. Der angesetzte Stichprobenumfang des vorgenommenen SOLL-IST Vergleichs umfasst insgesamt 1.840 Anwendungsbeispiele, denen verschiedene entwurfsbezogene Eingangsparameter zugrunde liegen. Um die Repräsentativität der Stichprobe zu gewährleisten, sind die in den einzelnen Anwendungsbeispielen angesetzten entwurfsbezogenen Eingangsparameter zufällig mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation aus den jeweiligen Wertebereichen ermittelt worden.

Die SOLL-Werte des SOLL-IST Vergleichs sind im Rahmen einer simulationsbasierten Erhebung durch Anwendung des mikroskopischen Simulationsprogramms VISSIM ermittelt worden. Grundlage der Erhebung sind 1.840 Simulationsläufe mit insgesamt 55.200 simulierten Umläufen.

Die IST-Werte des SOLL-IST Vergleichs sind mit dem hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahren unter Ansatz der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter (Ergebnis des Teil A der Simulationsstudie) und der ermittelten fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter des Simulationsprogramms VISSIM (Ergebnis des Teil B der Simulationsstudie) berechnet worden.

Die Ergebnisse der Validierung für Freigabezeiten von $t_{Gr} \geq 10s$ sind zusammenfassend in Tabelle 9-11 dargestellt.

Längenverhältnis Aufstellbereiche	Anwendungsfall	Relative Abweichung C_{SOLL} von C_{IST} (Fehler $e_{rel.-SOLL-IST}$)			
		Mittelwert	Standardabweichung	95%-Konfidenzintervall wahrer Mittelwert	95%-Konfidenzintervall der Einzelwerte
L_v		$\bar{e}_{rel.-SOLL-IST}$	$S_{rel.-SOLL-IST}$		
[%]		[%]	[%]	[%]	[%]
100 (gleich lange Aufstellbereiche)	gFI+gFIII	-0,05	3,74	-0,05±0,33	-0,05±7,33
	gFI	-0,64	3,07	-0,64±0,36	-0,64±6,04
	gFIII	0,80	4,41	0,80±0,62	0,80±8,69
≤80 (ungleich lange Aufstellbereiche)	gFI+gFII+ gFIII	-0,27	3,24	-0,27±0,19	-0,27±6,35
	gFI	-1,02	2,94	-1,02±0,23	-1,02±5,76
	gFII	1,04	3,13	1,04±0,34	1,04±6,15
	gFIII	0,07	3,72	0,07±0,62	0,07±7,35

**Tabelle 9-11: Ergebnisse der Validierung (UG-V1 und UG-V2) – Zusammenfassung,
Quelle: Eigene Darstellung**

Die Ergebnisse der Validierung können wie folgt interpretiert werden:

- Bei dem mittleren Fehler $\bar{e}_{rel.-SOLL-IST}$ handelt es sich in der vorliegenden Untersuchung um einen systembedingten Fehler, der auf das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren und die kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter zurückgeführt werden kann.

Die für verschiedene Anwendungsfälle ermittelten mittleren Fehler $\bar{e}_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ weisen kleine Werte von nahe null auf und sind vernachlässigbar klein.

- Der wahre mittlere Fehler $\mu_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ weicht bei den betrachteten Anwendungsfällen nur geringfügig von dem mittleren Fehler $\bar{e}_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ ab (siehe 95%-Konfidenzintervall wahrer Mittelwert). Die systembedingten mittleren Fehler mit $\mu_{\text{System}} = \mu_{\text{rel.-SOLL-IST}}$, die auf das System analytisches Berechnungsverfahren und die kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter zurückgeführt werden können, weisen folglich ebenfalls Werte von nahe null auf und sind vernachlässigbar klein.
- Unter der Annahme, dass sich im realen Anwendungsfall die gleichen system- und zufallsbedingten relativen Abweichungen der SOLL-Werte von den IST-Werten (= Fehler $e_{\text{rel.-SOLL-IST}} = e_{\text{System}} + e_{\text{Zufall}}$) wie in der durchgeführten Simulationsstudie der Validierung einstellen, so weicht in 95 % der Fälle die vorhandene Kapazität C_{SOLL} von der berechneten Kapazität C_{IST} um nicht mehr als die in Tabelle 9-11 aufgelisteten 95 % Konfidenzintervalle der Einzelwerte ab.

Hier ist zu berücksichtigen, dass die ermittelten 95%-Konfidenzintervalle der Einzelwerte sowohl auf systembedingte Anteile als auch zufallsbedingte Anteile der Standardabweichung (=Streuung) zurückzuführen sind. Das heißt, ein Teil der Streuung ist nicht durch das System bedingt und tritt unabhängig vom analytischen Berechnungsverfahren und der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter (=System) auf.

- Die Eignung des analytischen Berechnungsverfahrens unter Verwendung der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter ist auf Grundlage der in Tabelle 9-11 dargestellten Ergebnisse für den untersuchten Anwendungs- und Wertebereich gegeben. Die ermittelten relativen Abweichungen C_{SOLL} von C_{IST} (= Fehler $e_{\text{rel.-SOLL-IST}}$) liegen unter Berücksichtigung der vorangegangenen Ausführungen in einem vertretbaren Rahmen. Das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren unter Ansatz der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter ist hinreichend genau und eignet sich zur Anwendung.
-

10 VERGLEICH MIT DEM BERECHNUNGSVERFAHREN NACH HBS 2015

10.1 EINFÜHRUNG

Das HBS 2015^{196,197} enthält, wie einführend in Unterabschnitt 2.3.2 dargestellt, ein Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität eines durchgehenden Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen.

Berechnungsverfahren nach HBS 2015: Kapazität eines durchgehenden Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabezeit

$$C_{K,gF} = n_{c,gF} * n_U$$

mit

$$n_{c,gF} = \frac{1}{\sqrt[1+n_K/m]{\left(\frac{a_1}{n_{c,1}}\right)^{1+n_K/m} + \left(\frac{a_2}{n_{c,2}}\right)^{1+n_K/m}}}$$

$$m = (0,32 * \sqrt{n_{c,1} * n_{c,2}})^{1,22}$$

$$n_{c,1} = \frac{C_1}{n_U} \quad \text{bzw.} \quad n_{c,2} = \frac{C_2}{n_U}$$

$$n_K = \frac{L_K}{L_{Kfz}} \quad \text{mit} \quad L_{Kfz} = 6 * f_{SV}$$

mit	$C_{K,gF}$	Kapazität eines Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Fahrstreifen bei gleichzeitiger Freigabe, [Kfz/h]
	$n_{c,gF}$	Maximale Anzahl der in einem Umlauf aus einem Fahrstreifen mit zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabe abfließenden Fahrzeuge, [Kfz/U]
	a_1, a_2	Verkehrsstärkeanteile der Fahrstreifen 1 und 2 (durchgehender Fahrstreifen mit zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen), [-]
	n_{c1}, n_{c2}	Maximale Anzahl der in einem Umlauf aus den Fahrstreifen 1 und 2 als getrennte Fahrstreifen mit unendlicher Länge abfließenden Fahrzeuge, [Kfz/U]
	n_K	Anzahl der Aufstellplätze im kurzen Aufstellstreifen, [Kfz]
	m	Rechengröße
	C_1, C_2	Kapazität der Fahrstreifen 1 und 2, wenn sie fiktiv als getrennte Fahrstreifen mit unendlicher Länge behandelt werden, [Kfz/h]
	n_U	Anzahl der Umläufe pro Stunde, [-]
	L_K	Länge des kurzen Aufstellstreifens, [m]
	L_{Kfz}	Mittlere Aufstelllänge eines Fahrzeugs, [m]
	f_{SV}	Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung des Schwerverkehrs, [-]

Gleichung 10-1 Kapazität eines Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen – bei gleichzeitiger Freigabe,
Quelle: HBS 2015¹⁹⁸, in Anlehnung an Wu¹⁹⁹

¹⁹⁶ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015, S. S4-27ff.

¹⁹⁷ FGSV – HBS, Teil L, Richtlinie, 2015, S. L4-15

¹⁹⁸ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015, S. S4-27ff und S. S4-73ff.

¹⁹⁹ Wu – Kapazität kurze Aufstellstreifen, Fachartikel, SVT, Heft 6, 2008, S. 329

Die Berechnungsformeln nach HBS 2015 zur Ermittlung der Kapazität eines Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabe (gF; Signalisierungsform 1) sind zusammenfassend in Gleichung 10-1 dargestellt. Ein Überblick über das gesamte Berechnungsverfahren wird in Unterabschnitt 2.3.2 gegeben.

Der Anwendungsbereich des Berechnungsverfahrens nach HBS 2015 beschränkt sich auf Zufahrten mit einem durchgehenden Fahrstreifen und einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen, der von diesem abzweigt (Ausbildungsform 1, siehe Bild 3-1). Das Berechnungsverfahren nach HBS 2015 kann nicht für lichtsignalgeregelte Zufahrten der Ausbildungsform 2 angewendet werden.

Zielsetzung dieses Kapitels ist es, erlangte Berechnungsergebnisse unter Anwendung des Berechnungsverfahrens nach HBS 2015 und des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens miteinander zu vergleichen. Hier wird eine vergleichende Bewertung der beiden Berechnungsverfahren in Form eines SOLL-IST Vergleichs vorgenommen, in dem die Berechnungsergebnisse des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens (C_{IST-BV}) und des Berechnungsverfahrens nach HBS 2015 ($C_{IST-HBS}$) zuvor ermittelten Simulationsergebnissen des Programms VISSIM (C_{SOLL}) vergleichend gegenübergestellt werden. Durch Vergleich der relativen Abweichungen der jeweiligen SOLL- und IST-Werte kann eine vergleichende Bewertung der beiden Berechnungsverfahren vorgenommen werden.

10.2 FESTLEGUNG STICHPROBENUMFANG

Der Stichprobenumfang der Untersuchungsgruppe UG-HBS, auf dessen Grundlage die vergleichende Bewertung der beiden Berechnungsverfahren vorgenommen werden soll, ist zusammenfassend in Tabelle 10-1 dargestellt.

Variable Eingangsgröße der Simulation/Berechnungsverfahren		Wertebereich	Zufällig ermittelte Werte mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation	Anzahl der Möglichkeiten
Länge des Aufstellbereichs (L_{Ai} mit $i=LA$ oder RA ; Ausbildungsform 1)	$L_{Ai,j}$, [m]	[12,150]	$\{L_{Ai,1}, L_{Ai,2}, \dots, L_{Ai,20}\}$	20
Verkehrsstärkeanteil	a_i , [%]	[5,40]	für $L_{Ai,j}$: $\{a_{1,j}, a_{2,j}, a_{3,j}\}$	3
Freigabezeit	t_{Gr}	[10,40]	I: {10, 25} II: {15, 30} III: {20, 25} IV: {10, 30} V: {15, 40}	2
Stichprobenumfang der Untersuchungsgruppe UG-HBS ($20 \cdot 3 \cdot 2$) = 120				120
Erforderliche Simulationszeit bei 10 min/SL und 10 Std. Simulationszeit/Tag				2,0 Tage

Tabelle 10-1: Stichprobenumfang der Untersuchungsgruppe UG-HBS
– Verfahrenvergleich: Hergeleitetes Berechnungsverfahren mit HBS 2015,
Quelle: Eigene Darstellung

Die Parametersätze P_k der Untersuchungsgruppe UG-HBS sind mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation ermittelt worden. Einen Überblick über die ermittelten Parametersätze P_k wird in Tabelle 10-2 gegeben. Eine detaillierte Auflistung der einzelnen Parametersätze P_k kann den Tabellen A6-1, A6-3, A6-5 und A6-7 (siehe Anhang A6) entnommen werden.

Lfd-Nr.	Parametersatz UG-HBS		Länge Aufstellbereich (Zufällig ermittelt mit MC-Simulation)		Wertetrio a-Anteil (Zufällig ermittelt mit MC-Simulation)	Wertepaar Freigabezeit (Reihenfolge zufällig ermittelt mit MC-Simulation)
	von P_k	bis P_k	LALA	LARA	a_i	t_{Gr}
[1]	[1]	[1]	[m]	[m]	[%]	[s]
1	101	106	13	0	{7, 12, 25}	I: {10, 25}
2	201	206	16	0	{8, 10, 24}	II: {15, 30}
3	301	306	25	0	{11, 18, 20}	III: {20, 25}
4	401	406	33	0	{21, 26, 28}	IV: {10, 30}
5	501	506	36	0	{6, 20, 29}	V: {15, 40}
6	601	606	0	38	{9, 21, 27}	III: {20, 25}
7	701	706	0	45	{11, 21, 30}	V: {15, 40}
8	801	806	0	66	{7, 16, 25}	IV: {10, 25}
9	901	906	0	74	{10, 13, 23}	IV: {10, 30}
10	1001	1006	0	92	{8, 19, 24}	II: {15, 30}
11	1101	1106	97	0	{11, 27, 31}	V: {15, 40}
12	1201	1206	104	0	{15, 19, 21}	II: {15; 30}
13	1301	1306	113	0	{10, 17, 29}	I: {10, 25}
14	1401	1406	121	0	{16, 28, 40}	III: {20, 25}
15	1501	1506	124	0	{6, 22, 38}	IV: {10, 30}
16	1601	1606	0	125	{13, 14, 28}	IV: {10, 30}
17	1701	1706	0	131	{9, 12, 31}	I: {10, 25}
18	1801	1806	0	145	{8, 19, 29}	II: {15; 30}
19	1901	1906	0	146	{17, 21, 33}	V: {15, 40}
20	2001	2006	0	147	{10, 13, 19}	III: {20, 25}

**Tabelle 10-2: Ermittelte Parametersätze P_k der Untersuchungsgruppe UG-HBS
– Verfahrenvergleich: Hergeleitetes Berechnungsverfahren mit HBS 2015,
Quelle: Eigene Darstellung**

10.3 ERMITTLUNG DER KAPAZITÄT MIT SIMULATIONSPROGRAMM VISSIM

Für die in Tabelle 10-2 aufgelisteten Parametersätze P_k der Untersuchungsgruppe UG-HBS sind mit Hilfe des mikroskopischen Simulationsprogramms VISSIM die jeweiligen Kapazitätswerte (C_{SOLL}) ermittelt worden.

Die Simulationsläufe sind mit Hilfe der entwickelten C#-Schnittstelle (siehe Bild 6-3) durchgeführt worden. In Anlehnung an Tabelle 10-1 sind für Untersuchungsgruppe UG-HBS insgesamt 120 Simulationsläufe mit 3.600 simulierten Umläufen (30 U/SL) simuliert worden.

Die für die einzelnen Parametersätze P_k der Untersuchungsgruppe UG-HBS ermittelten Kapazitätswerte stehen als Ergebnis der durchgeführten Simulationsläufe für die weitere Auswertung in Abschnitt 10.6 zur Verfügung.

Die für die einzelnen Parametersätze P_k der Untersuchungsgruppe UG-HBS ermittelten Kapazitätswerte (C_{SOLL}) sind zusammenfassend in den Tabellen A6-1, A6-3, A6-5 und A6-7 (siehe Anhang A6) aufgelistet.

10.4 ERMITTLUNG DER KAPAZITÄT MIT DEM HERGELEITETEN BERECHNUNGSVERFAHREN

Für die in Tabelle 10-2 aufgelisteten Parametersätze P_k der Untersuchungsgruppe UG-HBS sind unter Ansatz der in Kapitel 7 kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter und der in Kapitel 8 ermittelten fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM die Kapazitätswerte mit dem hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahren (nach Abschnitt 5.2) ermittelt worden.

Bei den durchgeführten Kapazitätsberechnungen, der hier betrachteten Zufahrten der Ausbildungsform 1, kommt sowohl der Anwendungsfall gFI als auch Anwendungsfall gFIII des Berechnungsverfahrens zur Anwendung.

Die mit dem hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahren für die einzelnen Parametersätze P_k ermittelten Kapazitätswerte ($C_{IST, BV}$) sind zusammenfassend in den Tabellen A6-1, A6-3, A6-5 und A6-7 (siehe Anhang A6) dargestellt.

10.5 ERMITTLUNG DER KAPAZITÄT MIT DEM BERECHNUNGSVERFAHREN NACH HBS 2015

Die Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten der Ausbildungsform 1 bei gleichzeitiger Freigabe (gF) kann nach HBS 2015 durch Ansatz der in Gleichung 10-1 dargestellten Berechnungsformeln ermittelt werden.

Verschiedene variable Eingangsgrößen fließen direkt oder indirekt in das Berechnungsverfahren nach HBS 2015 ein, so u.a.:

- die Sättigungsverkehrsstärke des Fahrstreifens j ($q_{S,j}$),
- die mittlere Aufstelllänge eines Fahrzeugs (L_{Kfz}),
- die Abflusszeit des Verkehrsstroms i (t_{Ai}),
- die Länge des kurzen Aufstellstreifens (L_K).

Die im Berechnungsverfahren nach HBS 2015 angesetzten variablen Eingangsgrößen können entweder direkt dem HBS 2015 entnommen werden oder für den einzelnen Anwendungsfall des Berechnungsverfahrens erhoben werden und somit im Einzelfall an vorliegende Verhältnisse angepasst werden.

Betrachtete Berechnungsvariante	Berücksichtigte variable Eingangsgrößen im Berechnungsverfahren nach HBS 2015			
	Sättigungsverkehrsstärke des Fahrstreifens j	Mittlere Aufstelllänge eines Fahrzeugs	Abflusszeit des Verkehrsstroms i	Länge Aufstellstreifen
	$q_{s,j}$	L_{Kfz}	t_{Ai}	L_K
	[Kfz/h]	[m]	[s]	[m]
Var 1: HBS 2015+ffE I	$\frac{3600}{1,61} = 2236$ ¹⁾	6 ²⁾	$t_{F,i}+1s$ ³⁾ ($t_{F,i} = t_{Gr,i}$)	$L_K = l_{RA}$ bzw. l_{LA} ⁴⁾ (Verziehungslänge bleibt unberücksichtigt)
Var 2: HBS 2015+ffE II	$\frac{3600}{1,61} = 2236$ ¹⁾	6,42	$t_{F,i}+1s$ ³⁾ ($t_{F,i} = t_{Gr,i}$)	$L_K = l_{RA}$ bzw. l_{LA} ⁴⁾ (Verziehungslänge bleibt unberücksichtigt)
Var 3: HBS 2015+ffE III	$\frac{3600}{1,61} = 2236$ ¹⁾	6,42	$t_{F,i}+1,99s$ ($t_{F,i} = t_{Gr,i}$)	$L_K = l_{RA}$ bzw. l_{LA} ⁴⁾ (Verziehungslänge bleibt unberücksichtigt)
Var 4: HBS 2015+ffE IV	$\frac{3600}{1,61} = 2236$ ¹⁾	6,42	$t_{F,i}+1s$ ³⁾ ($t_{F,i} = t_{Gr,i}$)	$L_K = L_{Ai}$ (mit $L_{Ai}=l_i+12m$ ⁶⁾ , $i=LA, RA$)
Var 5: HBS 2015+ffE V	$\frac{3600}{1,61} = 2236$ ¹⁾	6,42	$t_{F,i}+1,99s$ ($t_{F,i} = t_{Gr,i}$)	$L_K = L_{Ai}$ (mit $L_{Ai}=l_i+12m$ ⁶⁾ , $i=LA, RA$)
Legende	Fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter (ffE) für das Simulationsprogramm VISSIM ⁵⁾		Variable Eingangsgröße nach HBS 2015 ²⁰⁰	
Bemerkungen	¹⁾ Nach Glg. S4-1 unter Berücksichtigung von $t_{B, VISSIM}$ (vgl. Tabelle 8-3) ²⁾ Nach Glg. S4-27 für $f_{sv} = 1$; HBS 2015 ²⁰¹ , ³⁾ Nach Glg. S4-29, S4-30, S4-7, S4-8; HBS 2015 ²⁰² , ⁴⁾ Nach Bild S4-12; HBS 2015 ²⁰³ , ⁵⁾ Fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter für VISSIM nach Kapitel 8, ⁶⁾ Verziehungslänge = 12m (= geometrische Größe aus der Simulation).			

Tabelle 10-3: Anwendung des Berechnungsverfahrens nach HBS unter Variation der variablen Eingangsgrößen – Berechnungsvariante Var.1 bis Var. 5
 Quelle: Eigene Darstellung

²⁰⁰ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015
²⁰¹ Ebd., S. 4-29
²⁰² Ebd., S. 4-29 und S. 4-15
²⁰³ Ebd., S. 4-28

In Kapitel 8 sind für das Simulationsprogramm VISSIM verschiedene fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter ermittelt worden. Diese können als angepasste variable Eingangsgrößen bei Anwendung des Berechnungsverfahrens nach HBS 2015 entweder direkt oder indirekt in das Berechnungsverfahren einfließen.

Für die in Tabelle 10-2 aufgelisteten Parametersätze P_k der Untersuchungsgruppe UG-HBS (Stichprobenumfang: $n=120$) ist die Kapazität mit dem Berechnungsverfahren nach HBS 2015 nach Gleichung 10-1 ermittelt worden.

Die Kapazitätsberechnungen sind für fünf verschiedene Berechnungsvarianten vorgenommen worden, die sich im Wesentlichen, wie in Tabelle 10-3 dargestellt, durch Ansatz der variablen Eingangsgrößen unterscheiden. Hier werden in den einzelnen Berechnungsvarianten (Var. 1 bis Var. 5) die angesetzten variablen Eingangsgrößen variiert, indem einzelne variable Eingangsgrößen nach HBS 2015 sukzessive durch fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter für das Simulationsprogramm VISSIM (vgl. Kapitel 8) ersetzt werden (siehe Tabelle 10-3).

Die Variantenbetrachtung ist vorgenommen worden, um das mögliche Spektrum der Ergebnisse bei Anwendung des Berechnungsverfahrens nach HBS 2015 aufzuzeigen.

Die für die einzelnen Parametersätze P_k der Untersuchungsgruppe UG-HBS ermittelten Kapazitätswerte der fünf Berechnungsvarianten ($C_{IST, HBS, Var i}$) sind zusammenfassend in den Tabellen A6-2, A6-4, A6-6 und A6-8 (siehe Anhang A6) aufgelistet.

10.6 VERGLEICH DER BERECHNUNGSVERFAHREN

In den Abschnitten 10.4 und 10.5 sind für die Parametersätze P_k der Untersuchungsgruppe UG-HBS die Kapazitätswerte durch Ansatz des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens nach Abschnitt 5.2 und durch Ansatz des Berechnungsverfahrens nach HBS 2015 nach Gleichung 10-1 berechnet worden.

Zielsetzung dieses Abschnittes ist es, die berechneten Kapazitätswerte den Ergebnissen der Simulation (aus Abschnitt 10.3) gegenüberzustellen, um auf Grundlage eines SOLL-IST Vergleichs, die erlangten Berechnungsergebnisse der beiden Berechnungsverfahren miteinander zu vergleichen und einer Bewertung unterziehen zu können.

Bei dem vorzunehmenden Vergleich werden die ermittelten Kapazitätswerte der Simulation (C_{SOLL} ; siehe Abschnitt 10.3) als Referenzgröße angesetzt. Der Referenzgröße werden die mit den beiden Berechnungsverfahren berechneten Kapazitätswerte ($C_{IST, BV}$; $C_{IST, HBS, Var i}$) gegenübergestellt. Durch Vergleich der im Rahmen des SOLL-IST Vergleichs ermittelten relativen Abweichungen der Kapazitätswerte (=Fehler: $e_{rel.-SOLL-IST, B}$) können die verschiedenen Berechnungsverfahren und deren Varianten einer vergleichenden Bewertung unterzogen werden.

Die relative Abweichung der Kapazitätswerte im vorgenommenen SOLL-IST Vergleich bzw. der vorhandene Fehler: $e_{rel.-SOLL-IST, B}$ kann nach Gleichung 10-2 ermittelt werden. Die so ermittelte relative Abweichung gibt an, um wieviel Prozent die berechnete Kapazität von dem Kapazitätswert aus der Simulation abweicht.

Relative Abweichung der Kapazitätswerte C_{SOLL} von C_{IST} (Fehler $e_{rel.-SOLL-IST}$)

$$e_{rel.-SOLL-IST,B} = \frac{C_{SOLL} - C_{IST,B}}{C_{IST,B}} * 100$$

mit	$e_{rel.-SOLL-IST,B}$	Relative Abweichung C_{SOLL} von $C_{IST,B}$ bei Betrachtung von Berechnungsverfahren B (= relativer Fehler), [%]
	C_{SOLL}	Kapazität der Zufahrt mit zusätzlichen Aufstellstreifen als Ergebnis der Simulation, [Kfz/U]
	$C_{IST,B}$	Berechnete Kapazität der Zufahrt mit zusätzlichen Aufstellstreifen unter Ansatz von Berechnungsverfahren B, [Kfz/U]

**Gleichung 10-2: Relative Abweichung der Kapazitätswerte bzw. relativer Fehler (SOLL-IST Vergleich),
Quelle: Eigene Darstellung**

Für die Parametersätze P_k der Untersuchungsgruppe UG-HBS (Stichprobenumfang $n_{gFI+gFIII}=120$) sind die relativen Abweichungen des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens und der fünf Berechnungsvarianten des Berechnungsverfahrens nach HBS 2015 ermittelt worden. Die ermittelten relativen Abweichungen der Kapazitätswerte C_{SOLL} von C_{IST} können den Tabellen A6-1 bis A6-8 (siehe Anhang A6) entnommen werden.

Die für die beiden Berechnungsverfahren ermittelten relativen Abweichungen (= Fehler $e_{rel.-SOLL-IST,B}$) sind einer weiterführenden statistischen Auswertung unterzogen worden. In dieser Auswertung sind folgende statistische Größen ermittelt worden:

- Mittelwert $\bar{e}_{rel.-SOLL-IST,B}$,
- Standardabweichung $s_{rel.-SOLL-IST,B}$,
- t-Wert aus Student-Verteilung für $FG= n-1$,
- 95% Konfidenzintervall der Einzelwerte.

Die ermittelten statistischen Größen sind für die beiden Berechnungsverfahren mit jeweiligen Berechnungsvarianten für die Anwendungsfälle $gFI+gFIII$; gFI und $gFIII$ zusammenfassend in Tabelle 10-4 dargestellt.

In Bild 10-1, Bild 10-2 und Bild 10-3 sind die erlangten Ergebnisse in grafisch aufbereiteter Form dargestellt. Den Bildern liegt die Annahme zugrunde, dass es sich bei den ermittelten relativen Abweichungen der Kapazitätswerte um eine normalverteilte Größe mit $e_{rel.-SOLL-IST,B} \sim N(\mu_{rel.-SOLL-IST,B}; \sigma_{rel.-SOLL-IST,B}^2)$ handelt, bei der der ermittelte Mittelwert $\bar{e}_{rel.-SOLL-IST,B}$ als Schätzer des wahren Mittelwertes $\mu_{rel.-SOLL-IST,B}$ und die Standardabweichung $s_{rel.-SOLL-IST,B}$ als Schätzer der Streuung $\sigma_{rel.-SOLL-IST,B}$ die beiden Kenngrößen der Normalverteilung hinreichend genau wiedergeben. Auf Grundlage dieser Annahme sind in Bild 10-1 bis Bild 10-3 im oberen Teil des jeweiligen Bildes die Dichtefunktion und im unteren Teil des jeweiligen Bildes der Mittelwert und das 95%-Konfidenzintervall der Einzelwerte für die beiden Berechnungsverfahren unter Berücksichtigung der verschiedenen Berechnungsvarianten grafisch aufgetragen und einander gegenübergestellt worden.

In Bild 10-1 sind die Ergebnisse des SOLL-IST Vergleichs für Anwendungsfall gFI (hier: zusätzlicher Aufstellstreifen räumt vollständig) und $gFIII$ (hier: zusätzlicher Aufstellstreifen räumt nicht vollständig) zusammen betrachtet worden (Stichprobenumfang: $n=120$), während in Bild 10-2 die Ergebnisse für Anwendungsfall gFI ($n=54$) und in Bild 10-3 die Ergebnisse für Anwendungsfall $gFIII$ ($n=66$) getrennt voneinander betrachtet werden.

SOLL-IST Vergleich hergeleitetes Berechnungsverfahren und Berechnungsverfahren nach HBS 2015 (IST-Wert) mit Simulationsergebnissen (SOLL-Wert)							
Berechnungsverfahren	[-]	Hergeleitetes BV	Berechnungsverfahren nach HBS 2015				
			Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5
Untersuchungsgruppe	Bez.	UG-HBS	UG-HBS	UG-HBS	UG-HBS	UG-HBS	UG-HBS
Betrachtete Anwendungsfälle	Bez.	gFI+ gFIII	gFI+ gFIII	gFI+ gFIII	gFI+ gFIII	gFI+ gFIII	gFI+ gFIII
Stichprobenumfang, n	[1]	120	120	120	120	120	120
Mittelwert, $\bar{e}_{rel.-SOLL-IST, B}$	[%]	-0,94	2,36	2,57	-2,31	0,99	-3,82
Standardabweichung, $S_{rel.-SOLL-IST, B}$	[%]	2,61	4,43	4,34	3,38	4,77	3,82
t-Wert ($\alpha/2=0,025$)	[-]	1,980	1,980	1,980	1,980	1,980	1,980
95%-Konfidenzintervall							
Intervall-Einzelwert	[%]	-0,94±5,17	2,36±8,76	2,57±8,60	-2,31±6,70	0,99±9,44	-3,82±7,57
Untere/obere Grenze	[%]	[-6,11;4,23]	[-6,40;11,12]	[-6,03;11,17]	[-9,01;4,40]	[-8,45;10,43]	[-11,39;3,74]
Betrachtete Anwendungsfälle	Bez.	gFI	gFI	gFI	gFI	gFI	gFI
Stichprobenumfang, n	[1]	54	54	54	54	54	54
Mittelwert, $\bar{e}_{rel.-SOLL-IST, B}$	[%]	-1,26	-0,31	0,01	-3,77	-2,54	-6,21
Standardabweichung, $S_{rel.-SOLL-IST, B}$	[%]	2,49	4,71	4,64	3,43	3,83	3,16
t-Wert ($\alpha/2=0,025$)	[-]	2,006	2,006	2,006	2,006	2,006	2,006
95%-Konfidenzintervall							
Intervall-Einzelwert	[%]	-1,26±5,00	-0,31±9,44	0,01±9,31	-3,77±6,88	-2,54±7,68	-6,21±6,35
Untere/obere Grenze	[%]	[-6,26;3,74]	[-9,76;9,13]	[-9,30;9,33]	[-10,64;3,11]	[-10,21;3,11]	[-12,55;0,14]
Betrachtete Anwendungsfälle	Bez.	gFIII	gFIII	gFIII	gFIII	gFIII	gFIII
Stichprobenumfang, n	[1]	66	66	66	66	66	66
Mittelwert, $\bar{e}_{rel.-SOLL-IST, B}$	[%]	-0,67	4,55	4,66	-1,11	3,88	-1,87
Standardabweichung, $S_{rel.-SOLL-IST, B}$	[%]	2,67	2,62	2,62	2,83	3,29	3,15
t-Wert ($\alpha/2=0,025$)	[-]	1,997	1,997	1,997	1,997	1,997	1,997
95%-Konfidenzintervall							
Intervall-Einzelwert	[%]	-0,67±5,34	4,55±5,23	4,66±5,24	-1,11±5,66	3,88±6,57	-1,87±6,29
Untere/obere Grenze	[%]	[-6,01;4,67]	[-0,68;9,78]	[-0,58;9,90]	[-6,77;4,55]	[-2,69;10,44]	[-8,16;4,41]

Tabelle 10-4: SOLL-IST Vergleich hergeleitetes Berechnungsverfahren und Berechnungsverfahren nach HBS 2015 (IST-Wert) mit Simulationsergebnissen (SOLL-Wert)
Quelle: Eigene Darstellung

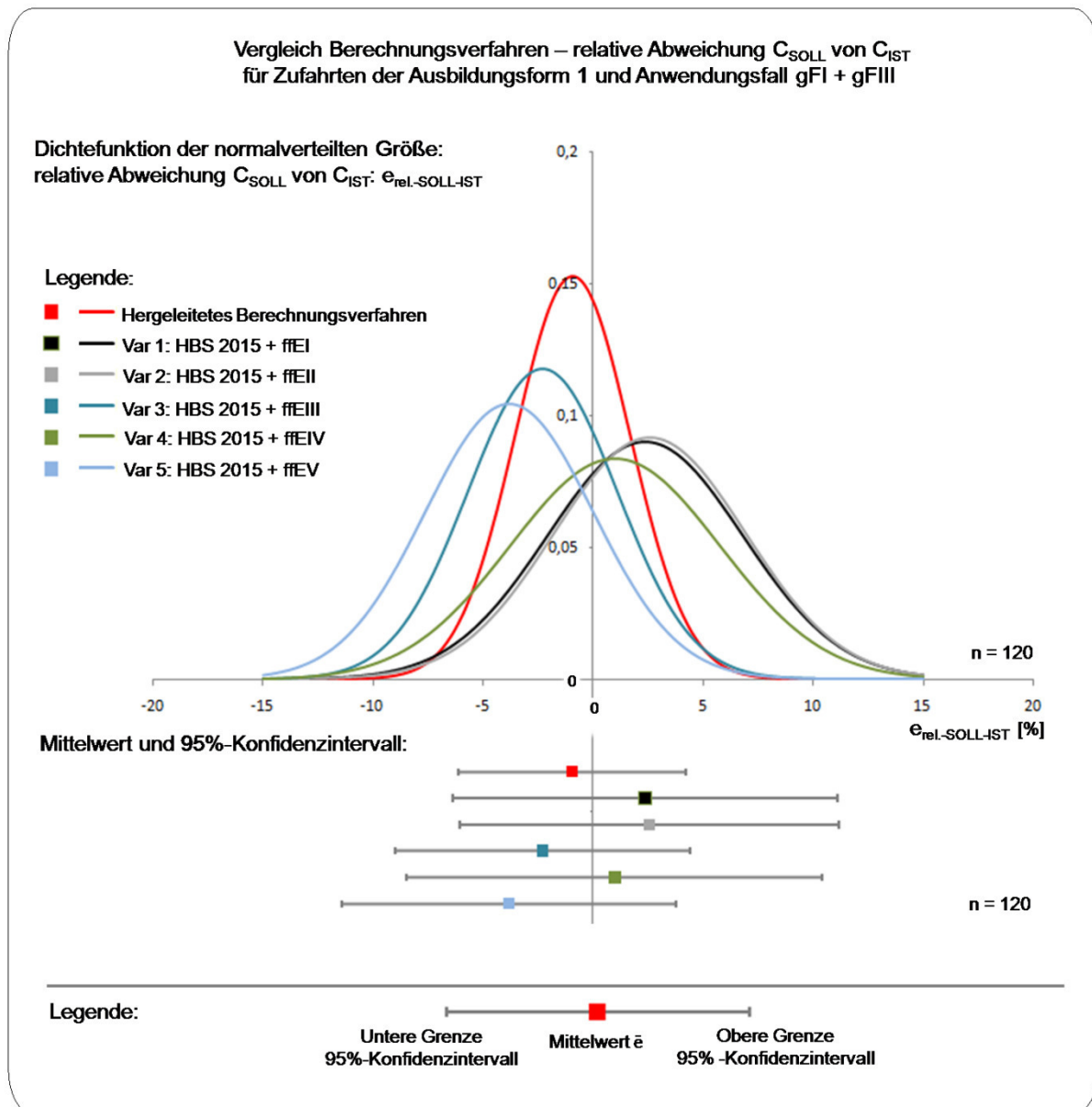


Bild 10-1: Vergleich Berechnungsverfahren für Anwendungsfall gFI + gFIII, Quelle: Eigene Darstellung

Ein Vergleich der in Bild 10-1 dargestellten Dichtefunktionen macht deutlich, dass die mit dem hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahren berechneten Kapazitätswerte die simulierten Kapazitätswerte besser wiedergeben als die mit dem Berechnungsverfahren nach HBS 2015 ermittelten Kapazitätswerte.

Das heißt, das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren weist für den Anwendungsfall gFI + gFIII eine „höhere Genauigkeit“ als das Berechnungsverfahren nach HBS 2015 auf.

Diese Aussage basiert u.a. auf folgenden Ergebnisse der statistischen Auswertung (Anwendungsfall gFI und gFIII), die in Bild 10-1 grafisch dargestellt sind:

- der Mittelwert der roten Dichtefunktion (=hergeleitetes Berechnungsverfahren) liegt näher an null (y-Achse) als die Mittelwerte der Berechnungsvarianten Var. 1 bis Var. 5 nach HBS 2015,

- die Standardabweichung der roten Dichtefunktion (=hergeleitetes Berechnungsverfahren) ist deutlich kleiner als die Standardabweichungen der Berechnungsvarianten Var. 1 bis Var. 5 nach HBS 2015,
- das 95%-Konfidenzintervall der roten Dichtefunktion (=hergeleitetes Berechnungsverfahren) liegt weitestgehend innerhalb der Konfidenzintervalle der Berechnungsvarianten Var. 1 bis Var. 5 nach HBS 2015.

Ein direkter Vergleich der 95 %-Konfidenzintervalle der relativen Abweichungen des hergeleiteten Berechnungsverfahrens (-0,94 % ± 5,17 %) und der Variante 5 des Berechnungsverfahrens nach HBS 2015 (-3,82 % ± 7,57 %), denen die gleichen variablen Eingangsgrößen zugrunde liegen, verdeutlicht die höhere Genauigkeit des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens gegenüber dem Berechnungsverfahren nach HBS 2015.

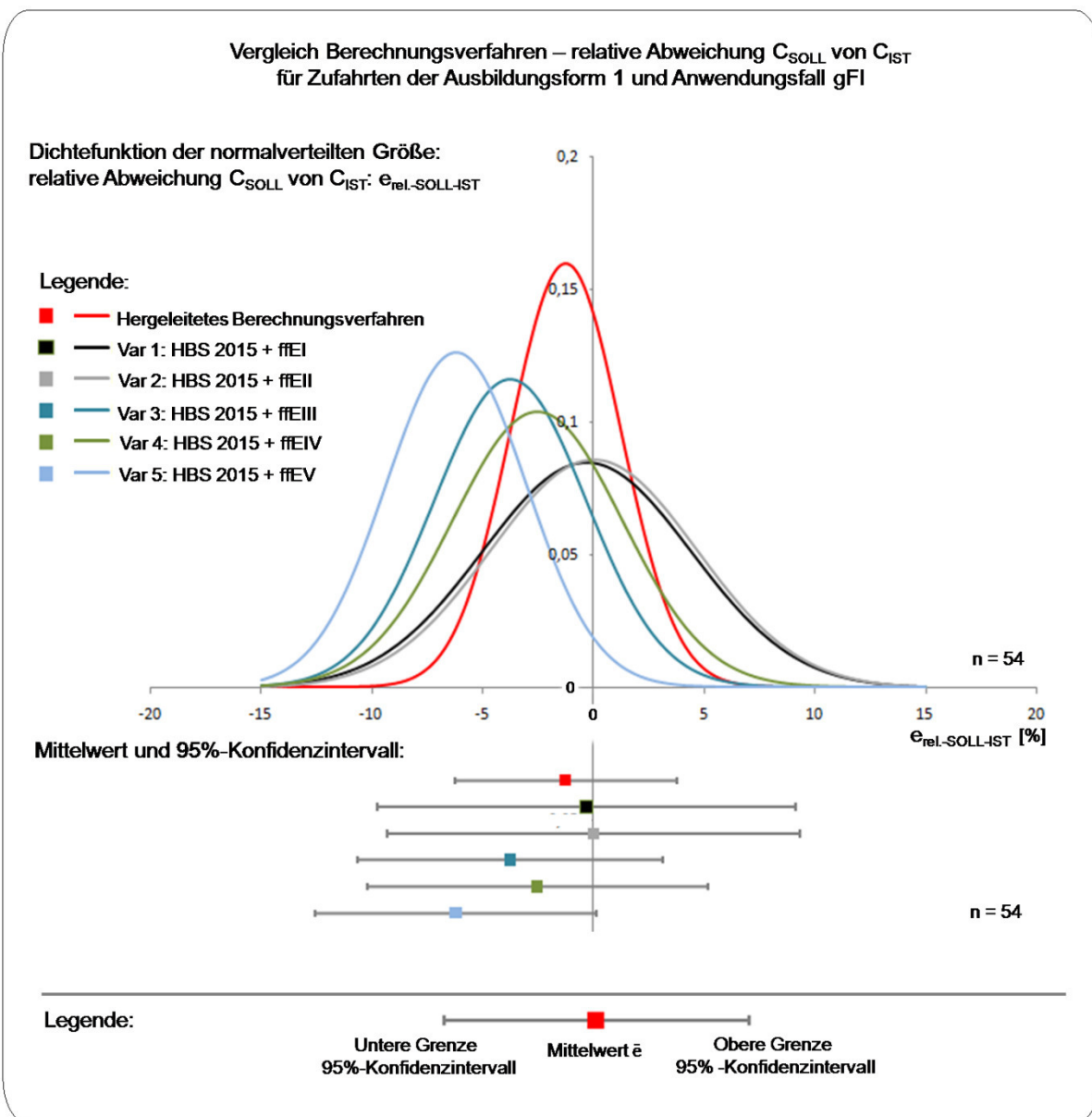
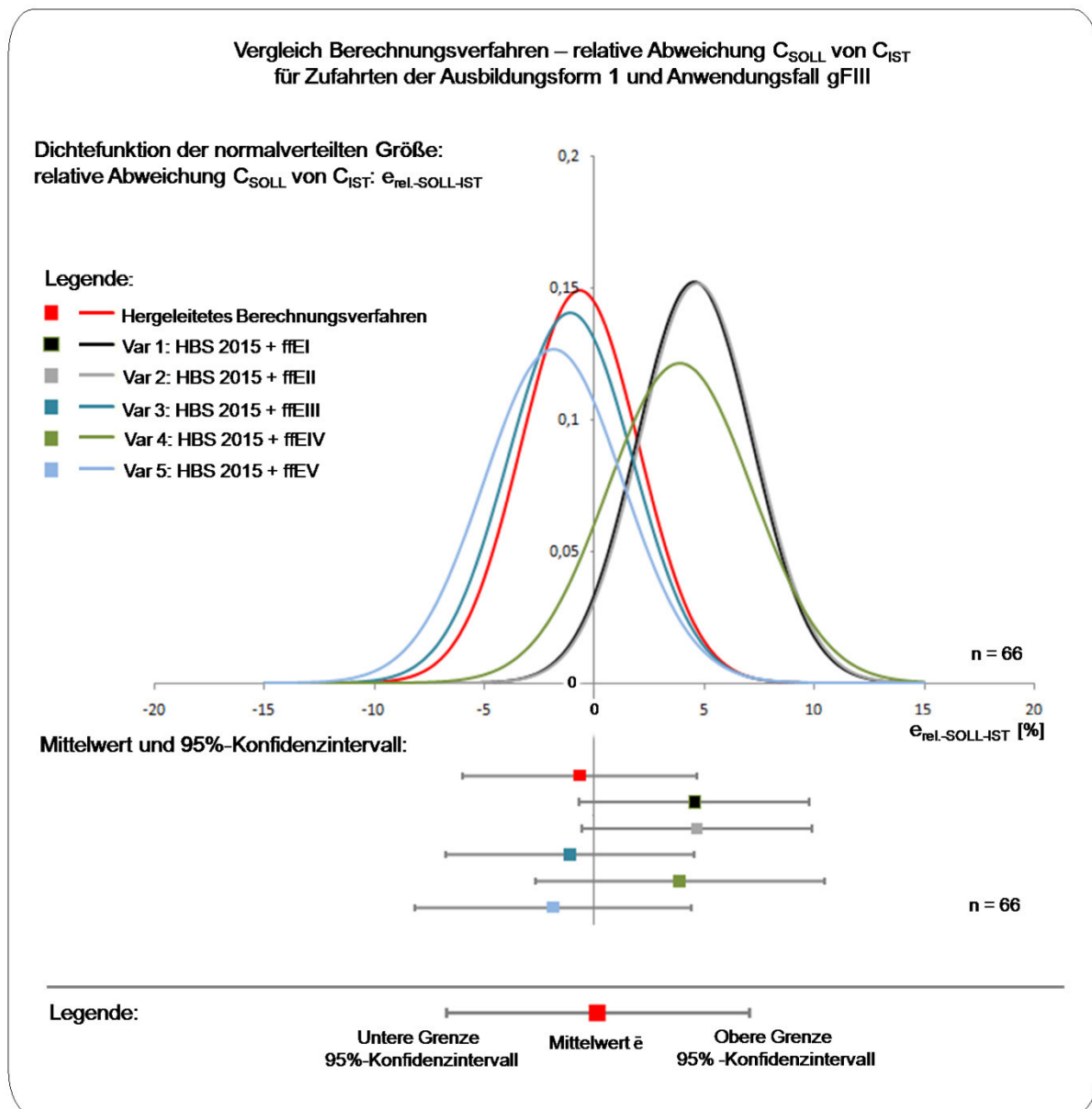


Bild 10-2: Vergleich Berechnungsverfahren für Anwendungsfall gFI, Quelle: Eigene Darstellung

Bei getrennter Betrachtung der Anwendungsfälle gFI und gFIII (vgl. Bild 10-2 und Bild 10-3) werden die zuvor getroffenen Aussagen für den Anwendungsfall gFI+gFIII zur Genauigkeit des hergeleiteten Berechnungsverfahrens im Wesentlichen bestätigt.



**Bild 10-3: Vergleich Berechnungsverfahren für Anwendungsfall gFIII,
Quelle: Eigene Darstellung**

Auf Grundlage der Ergebnisse des SOLL-IST-Vergleichs des hergeleiteten Berechnungsverfahrens und der Berechnungsvariante Var. 5 des Berechnungsverfahrens nach HBS 2015, denen die gleichen variablen Eingangsgrößen zugrunde liegen, können folgende weiterführenden Aussagen getroffen werden:

- die mittlere relative Abweichung bzw. der mittlere Fehler $\bar{e}_{rel.-SOLL-IST}$ des hergeleiteten Berechnungsverfahrens weist sowohl für den Anwendungsfall gFI+gFIII als auch bei getrennter Betrachtung der Anwendungsfälle gFI und gFIII einen geringeren Wert auf als die Berechnungsvariante Var. 5 des Berechnungsverfahrens nach HBS 2015. An dieser Stelle wird nur ein Vergleich mit Berechnungsvariante Var. 5 vorgenommen, da dieser die

gleichen variablen Eingangsgrößen zugrunde liegen, wie dem hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahren. Unter Berücksichtigung der Ausführungen in Unterabschnitt 9.7.1 kann davon ausgegangen werden, dass der mittlere Fehler $\bar{e}_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ im Wesentlichen ein systembedingter Fehler des Berechnungsverfahrens ist. Auf Grundlage des direkten Vergleichs der Mittelwerte kann davon ausgegangen werden, dass das hergeleitete Berechnungsverfahren einen kleineren systembedingten Fehler (μ_{System}) aufweist als das Berechnungsverfahren nach HBS 2015.

- Die Standardabweichung $s_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ des hergeleiteten Berechnungsverfahrens weist sowohl für die Anwendungsfälle gFI+gFIII als auch bei getrennter Betrachtung der Anwendungsfälle gFI und gFIII einen geringeren Wert auf als die Standardabweichung $s_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ der Berechnungsvariante Var. 5 des Berechnungsverfahrens nach HBS 2015. Unter Berücksichtigung der Ausführungen in Unterabschnitt 9.7.1 können folgende Aussagen zu den systembedingten und zufallsbedingten Anteilen der Standardabweichung getroffen werden:
 - Der zufallsbedingte Anteil der Standardabweichung $s_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ ist für das hergeleitete Berechnungsverfahren und die Berechnungsvariante Var. 5 des Berechnungsverfahrens gleich groß, da für beide Berechnungsverfahren die gleichen Eingangsgrößen zugrunde gelegt worden sind (vgl. Tabelle 10-3) und die Berechnungsergebnisse im SOLL-IST Vergleich mit den gleichen IST-Werten der Simulation verglichen worden sind.
 - Der systembedingte Anteil der Standardabweichung $s_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ ist nach Abzug des zufallsbedingten Anteils von der gesamten Standardabweichung der verbleibende Anteil der Streuung, der in vollem Umfang dem System „Berechnungsverfahren“ zuzuordnen ist. Die im Rahmen des SOLL-IST Vergleichs ermittelte Standardabweichung des hergeleiteten Berechnungsverfahrens weist bei Betrachtung der Anwendungsfälle gFI+gFIII, gFI und gFIII jeweils einen geringeren Wert auf als die ermittelte Standardabweichung der Berechnungsvariante Var. 5 des Berechnungsverfahrens nach HBS 2015. Entsprechend ist der systembedingte Anteil der Standardabweichung $s_{\text{rel.-SOLL-IST}}$ des Berechnungsverfahrens nach HBS 2015 in den betrachteten Fällen größer als der des hergeleiteten Berechnungsverfahrens.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren unter Ansatz der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter für Zufahrten der Ausbildungsform I sowohl für die Anwendungsfälle gFI+gFIII als auch bei getrennter Betrachtung der Anwendungsfälle gFI und gFIII geringere systembedingte Fehler aufweist als das Berechnungsverfahren nach HBS 2015 und somit eine höhere Genauigkeit des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens unterstellt werden kann.

10.7 ZUSAMMENFASSUNG

Im HBS 2015 ist ein Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität von Zufahrten mit einem durchgehenden Fahrstreifen und einem zusätzlichen Fahrstreifen (Ausbildungsform 1) angegeben. Mit dem Berechnungsverfahren kann u. a. die Kapazität bei gleichzeitiger Freigabe (gF; Signalisierungsform 1) berechnet werden.

Im zehnten Kapitel ist eine vergleichende Bewertung des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens mit dem Berechnungsverfahren nach HBS 2015 für Zufahrten der Ausbildungsform 1 vorgenommen worden. Die vergleichende Bewertung ist in Form eines SOLL-IST Vergleichs, in dem Berechnungsergebnisse des hergeleiteten analytischen

Berechnungsverfahrens (C_{IST-BV}) und des Berechnungsverfahrens nach HBS 2015 ($C_{IST-HBS}$) mit Ergebnissen der Simulation mit VISSIM (C_{SOLL}) verglichen und ermittelte relative Abweichungen der SOLL- und IST-Werte einer statistischen Auswertung unterzogen worden sind, vorgenommen worden.

Ein Vergleich der ermittelten relativen Abweichungen der SOLL- und IST-Werte der beiden Berechnungsverfahren und eine darauf aufbauende weiterführende Auswertung kommen zu dem Ergebnis, dass das hergeleitete Berechnungsverfahren geringere systembedingte Fehler aufweist als das Berechnungsverfahren nach HBS 2015 und somit dem Berechnungsverfahren eine höhere Genauigkeit unterstellt werden kann.

Die erlangten Ergebnisse konnten sowohl bei Anwendung des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens für den Anwendungsfall gFI+gFIII (gemeinsame Betrachtung) als auch bei Anwendung des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens für die Anwendungsfälle gFI und gFIII (getrennte Betrachtung) zur Ermittlung der Kapazität in Zufahrten der Ausbildungsform 1 bei gleichzeitiger Freigabe (gF; Signalisierungsform1) bestätigt werden.

11 VEREINFACHUNG BERECHNUNGSVERFAHREN FÜR ANWENDUNGSFALL GFI

In Kapitel 7 ist im Rahmen der Kalibrierung festgestellt worden, dass zwischen dem Gesamtbelegungsgrad $b_{A,Ges}$ einer Zufahrt und den Belegungsgraden der einzelnen Aufstellbereiche (b_{Ai}) einer Zufahrt mit zusätzlichen Aufstellstreifen der in Gleichung 11-1(b) dargestellte Zusammenhang vorliegt.

Ermittlung der Gesamtlänge der Aufstellbereiche A_i	
$\sum L_{Ai} = L_{AG} + L_{Zw} + L_{AlA} + L_{AkA}$	(a)
Zusammenhang zwischen Belegungsgraden b_{AGes} und b_{Ai} :	
$b_{AGes} = \frac{(b_{AG} + b_{AkA}) * L_V + b_{AZw} * (100 - L_V) + b_{AlA} * 100}{L_V + 200}$	(b)
Teilkapazität während der Räumzeit ($t_{Räumen}$) – zwei Berechnungsvarianten (Var.1 und Var.2):	
$C_{AB, gF, Räumen} = \begin{cases} \sum n_{Ai} & \text{mit } n_{Ai} = \frac{b_{Ai} * L_{Ai}}{l_{A,Kfz}} & \text{(Var. 1 – Ansatz von } b_{Ai}) \\ n_{AGes} & \text{mit } n_{AGes} = \frac{b_{AGes} * \sum L_{Ai}}{l_{A,Kfz}} & \text{(Var. 2 – Ansatz von } b_{AGes}) \end{cases}$	(c)
mit:	<ul style="list-style-type: none"> $\sum L_{Ai}$ Gesamtlänge der Aufstellbereiche A_i, [m] L_{Ai} Länge des Aufstellbereichs A_i, [m] $\sum l_{Auf, Ai}$ Mittlere Gesamtaufstelllänge der Aufstellbereiche A_i zum Sperrzeitende, [m] $l_{Auf, Ai}$ Mittlere Aufstelllänge im Aufstellbereich A_i zum Sperrzeitende, [m] a_i Verkehrsstärkeanteil des Fahr-/Aufstellstreifens i, [-] b_{AGes} Gesamtbelegungsgrad der Aufstellbereiche A_i zum Sperrzeitende, [-] b_{Ai} Belegungsgrad des Aufstellbereichs A_i zum Sperrzeitende, [-] L_V Längenverhältnis der Aufstellbereiche, [%] $C_{AB, gF, Räumen}$ Teilkapazität am Abflussquerschnitt während der Räumzeit, [Kfz/U] n_{Ai} Mittlere Anzahl der im Aufstellbereich (A_i) am Sperrzeitende aufgestellten Fahrzeuge ($i=RA, LA, G, Zw, \dots$), [Kfz/U] $l_{A,Kfz}$ Mittlere Aufstelllänge eines Kraftfahrzeugs, [m/Kfz]

Gleichung 11-1: Berechnungsvarianten zur Ermittlung der Teilkapazität während der Räumzeit für Anwendungsfall gFI, Quelle: Eigene Darstellung

Das heißt, im hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahren kann die Teilkapazität während der Räumzeit ($C_{AB, gF, Räumen}$; Gleichung 5-2 (c)) für den Anwendungsfall gFI („Alle Aufstellbereiche räumen vollständig“) alternativ durch Ansatz von b_{Ai} (Berechnungsvariante Var. 1) oder b_{AGes} (Berechnungsvariante Var. 2) ermittelt werden, wie in Gleichung 11-1(c) dargestellt.

Die Berechnungsvariante Var. 2 hat den Vorteil, dass zur Ermittlung der Teilkapazität der Zufahrt ($C_{AB, gF, R\ddot{a}umen}$) nur der Belegungsgrad b_{AGes} aus den Wertetabellen und Nomogrammen ermittelt werden muss und nicht bis zu vier Belegungsgrade b_{Ai} , wie es bei Anwendung der Berechnungsvariante Var. 1 der Fall sein kann.

Die Anwendung der Berechnungsvariante Var. 2 kann eine deutliche Vereinfachung des Berechnungsverfahrens, besonders vor dem Hintergrund, dass für den Fall, dass die Belegungsgrade nicht direkt aus den bereitgestellten Tabellen und Nomogrammen entnommen werden können, nur $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ der Interpolationsrechnungen zur Ermittlung der Belegungsgrade durchgeführt werden müssen.

12 ZUSAMMENFASSUNG

12.1 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

In der vorliegenden Dissertation ist das Ziel verfolgt worden, einen alternativen Vorschlag für ein analytisches Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabezeit zu entwickeln. Bei der Herleitung des analytischen Berechnungsverfahrens ist angestrebt worden, dass sich das herzuleitende analytische Berechnungsverfahren im Vergleich zum Berechnungsverfahren nach *HBS 2015*^{204,205} u. a. durch folgende Eigenschaften hervorhebt, um so den Anforderungen der Anwender aus der Praxis besser gerecht zu werden:

- einfacherer und leichter nachzuvollziehender Berechnungsansatz,
- höhere Genauigkeit der erlangten Berechnungsergebnisse,
- breiteres Anwendungsgebiet: Anwendbarkeit des Verfahrens zur Berechnung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit bis zu zwei zusätzlichen Aufstellstreifen.

Unter Berücksichtigung der genannten Zielsetzungen ist im Rahmen der vorliegenden Dissertation ein analytisches Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit bis zu zwei zusätzlichen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabezeit entwickelt worden.

Das entwickelte Berechnungsverfahren zeichnet sich u. a. durch folgende Eigenschaften aus:

- Anwendung eines einfachen linearen Berechnungsansatzes, der auf grundlegenden Zusammenhängen und Gesetzmäßigkeiten des Verkehrsablaufs in lichtsignalgeregelten Zufahrten aufbaut.
- Ansatz von allgemeingültigen Eingangsparametern, die im Rahmen einer durchgeführten Simulationsstudie kalibriert worden sind und aufbereitet in Form von Nomogrammen und Wertetabellen zur Anwendung zur Verfügung stehen.
- Ansatz von fahrer-/fahrzeugbezogenen und entwurfsbezogenen Eingangsparametern, die bei Anwendung des Berechnungsverfahrens in Abhängigkeit der örtlichen Verhältnisse im Einzelfall ermittelt bzw. erhoben werden können.
- Ansatz der Hilfsgröße „Wirksame Länge des Aufstellbereichs“ als fiktive Länge in dem Berechnungsverfahren; durch Ansatz dieser Hilfsgröße kann das Berechnungsverfahren, das ursprünglich für den Anwendungsfall gFI („Alle Aufstellbereiche räumen vollständig“) hergeleitet wurde auch bei Vorliegen des Anwendungsfalls gFII („Nur Aufstellbereiche hinter der haltliniennahen Verzweigungsstelle räumen vollständig“) und des Anwendungsfalls gFIII („Kein Aufstellbereich räumt vollständig“) angewendet werden.

So wird es ermöglicht, dass die Kapazität für alle drei Anwendungsfälle (gFI, gFII und gFIII) mit dem gleichen Berechnungsverfahren und gleichen kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparametern berechnet werden kann.

- Anwendbarkeit des Berechnungsverfahrens zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit einem durchgehenden Fahrstreifen und einem zusätzlichen Aufstellstreifen (Ausbildungsform 1) als auch in Zufahrten mit zwei zusätzlichen Aufstellstreifen (Ausbildungsform 2; breiteres Anwendungsgebiet); dabei ist das Berechnungsverfahren sowohl für Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit gleich langen als auch mit ungleich langen Aufstellbereichen anwendbar.

²⁰⁴ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015

²⁰⁵ FGSV – HBS, Teil L, Richtlinie, 2015

- Anwendbarkeit des Berechnungsverfahrens zur Ermittlung einer möglichen Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zwei durchgehenden Fahrstreifen und bis zu zwei Aufstellstreifen (Ausbildungsform 3). Hier liegt die vereinfachende Annahme zugrunde, dass die mögliche Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 3 der Kapazität von zwei Zufahrten der Ausbildungsform 1 entspricht, in die eine Zufahrt der Ausbildungsform 3 unterteilt werden kann.

Das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren ist unter Berücksichtigung verschiedener Randbedingungen (Annahmen) entwickelt worden, so u.a.:

- gleichzeitige Freigabe (gF) der Verkehrsströme in der Zufahrt (Signalisierungsform 1),
- maximale Verkehrsstärkeanteile der abbiegenden Verkehrsströme: $a_{RA} \leq 40\%$; $a_{LA} \leq 40\%$,
- Verkehrszusammensetzung: $a_{PKW} = 100\%$; $a_{SV} = 0\%$,
- freier und ungestörter Abfluss der abfließenden Fahrzeuge aus der Zufahrt,
- gleiche Zeitbedarfswerte der abfließenden Fahrzeuge auf den durchgehenden Fahrstreifen und Aufstellstreifen der Zufahrt,
- dauerhaft rückgestauter Zustand in der Zufahrt,
- Rückstau in den Aufstellbereichen staut während der Sperrzeit in jedem Umlauf bis über die Verzweigungsstellen der Zufahrt hinweg.

Das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren ist unter Ansatz der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparemeter unter Berücksichtigung der zuvor genannten Randbedingungen (Annahmen) einer Validierung unterzogen worden. Die Validierung ist in Form einer Simulationsstudie durchgeführt worden, bei der das mikroskopische Simulationsprogramm VISSIM zur Anwendung gekommen ist. Im Rahmen eines durchgeführten SOLL-IST Vergleichs konnte in der Validierung nachgewiesen werden, dass die mit dem hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahren unter Ansatz der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparemeter berechneten Kapazitätswerte hinreichend genau sind und die Einsatzzeichnung des analytischen Berechnungsverfahrens unter Ansatz der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparemeter gegeben ist.

In einer abschließenden Simulationsstudie sind Berechnungsergebnisse des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens unter Ansatz der kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparemeter mit Berechnungsergebnissen des Berechnungsverfahrens nach HBS 2015 im Rahmen eines SOLL-IST Vergleichs für Zufahrten der Ausbildungsform 1 verglichen worden. Ergebnis der vergleichenden Bewertung ist, dass die mit dem hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahren ermittelten Kapazitätswerte eine höhere Genauigkeit aufweisen, als die mit dem Verfahren nach HBS 2015 ermittelten Kapazitätswerte.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die einfürend genannten Ziele, die mit der Dissertation verfolgt wurden, erreicht worden sind.

Das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren hebt sich im Vergleich zum Berechnungsverfahren nach HBS 2015^{206,207} zur Berechnung der Kapazität in

²⁰⁶ FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015

²⁰⁷ FGSV – HBS, Teil L, Richtlinie, 2015

lichtsignalgeregelten Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabezeit u.a. durch folgende Eigenschaften hervor:

- einfacherer und leichter nachvollziehbarer Berechnungsansatz: Verwendeter linearer Berechnungsansatz baut auf grundlegenden Zusammenhängen und Gesetzmäßigkeiten des Verkehrsablaufs auf,
- höhere Genauigkeit der Berechnungsergebnisse für Zufahrten der Ausbildungsform 1: Eine vergleichende Bewertung der Berechnungsergebnisse des hergeleiteten Berechnungsverfahrens mit Berechnungsergebnissen des Berechnungsverfahrens nach HBS 2015 kommt zu dem Ergebnis, dass die mit dem hergeleiteten Berechnungsverfahren ermittelten Kapazitätswerte eine höhere Genauigkeit aufweisen als die mit dem Verfahren nach HBS 2015 ermittelten Kapazitätswerte.
- breiteres Anwendungsgebiet: Mit dem hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahren kann die Kapazität für Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit gleich langen als auch mit ungleich langen Aufstellstreifen berechnet werden (mit Berechnungsverfahren nach HBS 2015 nicht möglich).

In Anlehnung an vorangegangene Ausführungen kann der erreichte Zielerreichungsgrad des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens an die Anforderungen des Anwenders im Vergleich zu den Berechnungsverfahren nach HBS 2015 und HBS 2001 unter Berücksichtigung von zwei Zielfeldern beispielhaft, wie in Bild 12-1 dargestellt, skizziert werden.

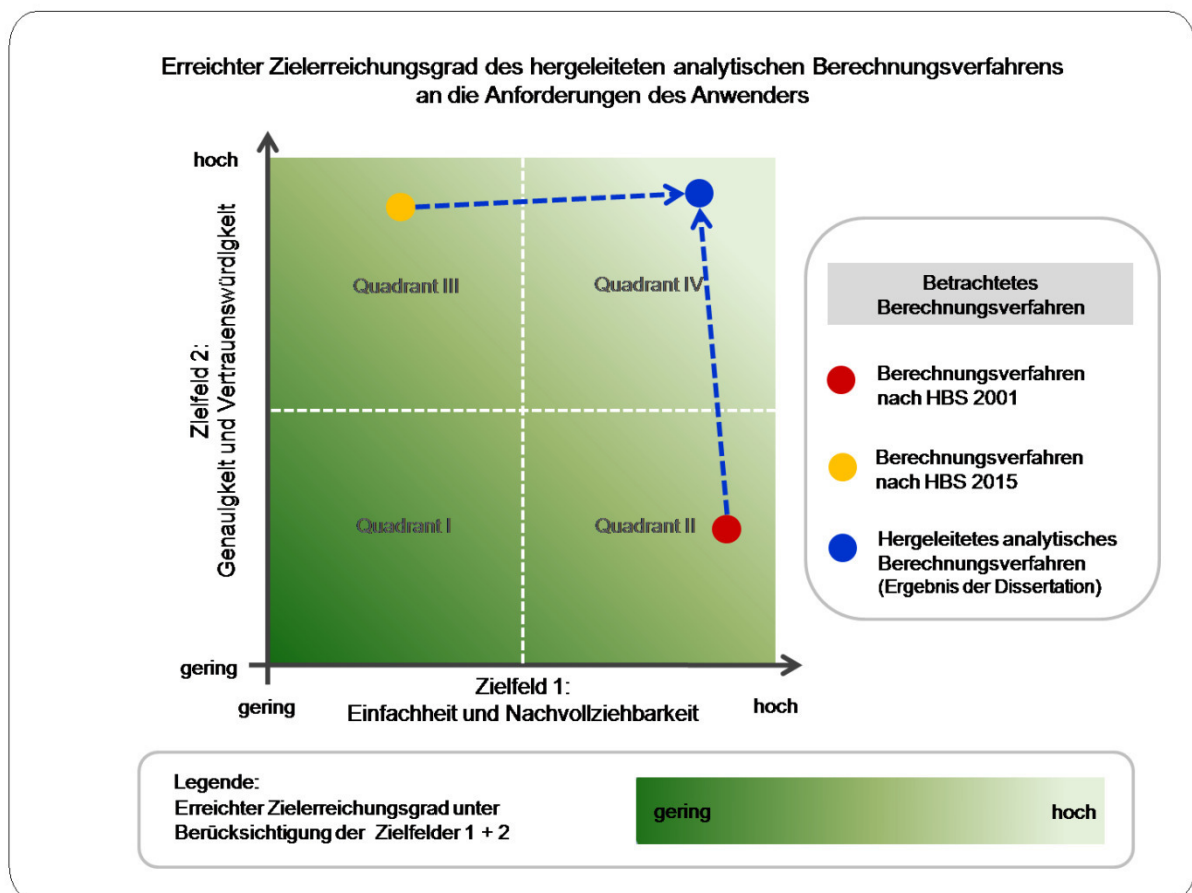


Bild 12-1: Erreichter Zielerreichungsgrad des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens an die Anforderungen des Anwenders (beispielhaft für die Zielfelder 1 und 2),
Quelle: Eigene Darstellung

12.2 WEITERER FORSCHUNGSBEDARF

In der vorliegenden Dissertation ist ein analytisches Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit bis zu zwei zusätzlichen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabezeit entwickelt worden. In dem hergeleiteten Berechnungsverfahren kommt ein linearer Berechnungsansatz zur Anwendung. Das hergeleitete Berechnungsverfahren bezieht sich ausschließlich auf die Signalisierungsform 1: Gleichzeitige Freigabe (gF). Im Rahmen einer auf dieser Dissertation aufbauenden Forschung könnte geprüft werden, ob für Signalisierungsform 2: Nicht gleichzeitige Freigabe (ngF) und für Signalisierungsform 3: überlappende Freigabe (üF) ebenfalls ein eigenständiger linearer Berechnungsansatz zur Ermittlung der Kapazität hergeleitet werden kann.

Das hergeleitete analytische Berechnungsverfahren ist in der vorliegenden Dissertation unter Berücksichtigung verschiedener Randbedingungen (Annahmen) entwickelt worden. Im realen Verkehrsablauf können diese Randbedingungen und Annahmen nicht immer eingehalten werden. Im Rahmen einer auf dieser Arbeit aufbauenden Forschung könnte überprüft werden, welche Auswirkungen die Nichteinhaltung der genannten Randbedingungen bzw. Annahmen auf die Anwendbarkeit und die Genauigkeit der Berechnungsergebnisse des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens hat bzw. welche Möglichkeiten der Anpassungen es gibt. In diesem Zusammenhang könnten u. a. folgende Aspekte betrachtet werden:

- Verkehrszusammensetzung: $a_{PKW} < 100\%$; $a_{SV} > 0\%$,
- unterschiedliche Verkehrszusammensetzung auf einzelnen Fahrstreifen der Zufahrt,
- gestörter Abfluss der abfließenden Fahrzeuge aus der Zufahrt (z.B. gleichzeitig signalisierte Fußgänger und Radfahrer in Furten in den Knotenpunktausfahrten, bedingt verträgliche Führung der Linksabbieger (z. B. 2-phasige Lichtsignalsteuerung)),
- verschiedene Zeitbedarfswerte abfließender Fahrzeuge aus den Fahrstreifen einer Zufahrt,
- kurze Sperrzeiten: Die Sperrzeiten sind zu kurz, dass sich in jedem Umlauf ein Rückstau bis über die Verzweigungsstellen der Zufahrt hinweg bilden kann.

Im Rahmen der Untersuchung bzw. der weiteren Forschung könnte geprüft werden, ob der derzeitige Ansatz des HBS 2015, dass verschiedene der oben aufgeführten Aspekte über Anpassungsfaktoren in die Ermittlung der Zeitbedarfswerte, der mittleren Aufstelllänge von Kfz oder vergleichbarer Eingangsgrößen in das Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität in Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen Eingang findet, weiterhin zielführend ist oder ob es zielführender wäre, alternative Ansätze zu entwickeln.

12.3 AUSBLICK

In der vorliegenden Dissertation ist ein analytisches Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Kapazität in lichtsignalgeregelten Zufahrten mit bis zu zwei zusätzlichen Aufstellstreifen bei gleichzeitiger Freigabezeit entwickelt worden. Das hergeleitete Verfahren weist gegenüber dem Verfahren nach HBS 2015 verschiedene Vorteile auf (siehe u. a. Bild 12-1).

Perspektivisch könnte geprüft werden, ob das hergeleitete Berechnungsverfahren und die kalibrierten allgemeingültigen Eingangsparameter (in Form von Nomogrammen und Wertetabellen), ggf. ergänzt durch Ergebnisse weiterführender Forschung, Eingang in künftiges oder in die Fortschreibung bestehender Regelwerke der FGSV finden kann. Nur auf diesem Wege ist das entwickelte Berechnungsverfahren mit den genannten Vorteilen für den Anwender in der Praxis verfügbar und kann künftig bei der Überprüfung der Kapazität und dem Entwurf von Signalprogrammen zur Anwendung kommen.

ANHANG

A1. UG-K1+UG-K2: REGRESSIONSANALYSE

Lv	Verkehrsstärkeanteil			Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung						
	a _G	a _{LA}	a _{RA}	b _{AG}	s _{bAG}	b _{AG-KI} ¹⁾		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI} ²⁾	
[%]	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
Legende														
100	L _v	Längenverhältnis der Aufstellbereiche, [%]												
100	a _i	Verkehrsstärkeanteil des Fahr-/Aufstellstreifens i, [-]												
100	b _{Ai}	Regressionskoeffizient - Belegungsgrad des Aufstellbereichs A _i zum Sperrzeitende, [-]												
100	s _{bAi}	Standardabweichung des Regressionskoeffizienten b _{Ai} , [-]												
100	b _{Ai-KI 95%-x}	Untere/obere Grenze des 95%-Konfidenzintervall des Regressionskoeffizienten b _{Ai} , [-]												
100	t-Wert	Testprüfgröße des t-Tests, [-]												
100	n	Stichprobenumfang der Regressionsrechnung, [-]												
100	R	Korrelationskoeffizient, [-]												
100	R ²	Bestimmtheitsmaß, [-]												
100	x ₀	x-Wert für den das 95%-Konfidenzintervall des Erwartungswerts E(y x ₀) beispielhaft berechnet wird, [m]												
100	E(y x ₀) _{KI, 95%-x}	Untere/obere Grenze des 95%-Konfidenzintervall des Erwartungswerts E(y x ₀) an der Stelle x ₀ , [m]												

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

Tabelle A1-1: Legende, Quelle: Eigene Darstellung

Lv	Verkehrsstärkeanteil			Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung						
	a _G	a _{LA}	a _{RA}	b _{AG}	s _{bAG}	b _{AG-KI} ¹⁾		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI} ²⁾	
[%]	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[m]
100	100	0	0	0,999	0,001	0,997	1,000	1220,46	48	1,000	1,000	72,00	71,84	71,97
100	90	0	10	0,999	0,001	0,997	1,000	1085,63	48	1,000	1,000	72,00	71,82	71,97
100	80	0	20	0,999	0,001	0,996	1,001	728,27	48	1,000	1,000	72,00	71,79	72,02
100	70	0	30	0,995	0,002	0,990	1,000	407,16	48	1,000	1,000	72,00	71,44	71,84
100	60	0	40	0,981	0,007	0,968	0,994	150,43	48	0,999	0,998	72,00	70,11	71,18
100	90	10	0	0,999	0,001	0,997	1,000	1084,70	48	1,000	1,000	72,00	71,82	71,97
100	80	10	10	0,999	0,001	0,997	1,001	1116,10	48	1,000	1,000	72,00	71,84	71,98
100	70	10	20	0,999	0,001	0,996	1,001	803,80	48	1,000	1,000	72,00	71,79	72,00
100	60	10	30	0,994	0,003	0,988	1,001	292,96	48	1,000	0,999	72,00	71,32	71,88
100	50	10	40	0,952	0,009	0,934	0,970	104,06	48	0,998	0,996	72,00	67,78	69,29
100	80	20	0	0,999	0,001	0,996	1,001	728,27	48	1,000	1,000	72,00	71,79	72,02
100	70	20	10	0,999	0,001	0,996	1,001	803,80	48	1,000	1,000	72,00	71,79	72,00
100	60	20	20	0,997	0,002	0,993	1,001	459,49	48	1,000	1,000	72,00	71,60	71,96
100	50	20	30	0,979	0,007	0,965	0,992	145,81	48	0,999	0,998	72,00	69,92	71,03
100	40	20	40	0,875	0,012	0,851	0,900	71,70	48	0,996	0,992	72,00	62,01	64,02
100	70	30	0	0,995	0,002	0,990	1,000	407,16	48	1,000	1,000	72,00	71,44	71,84
100	60	30	10	0,994	0,003	0,988	1,001	292,96	48	1,000	0,999	72,00	71,32	71,88
100	50	30	20	0,979	0,007	0,965	0,992	145,81	48	0,999	0,998	72,00	69,92	71,03
100	40	30	30	0,928	0,010	0,907	0,948	91,60	48	0,998	0,995	72,00	65,96	67,63
100	30	30	40	0,700	0,012	0,675	0,724	57,49	48	0,994	0,988	72,00	49,38	51,39
100	60	40	0	0,981	0,007	0,968	0,994	150,43	48	0,999	0,998	72,00	70,11	71,18
100	50	40	10	0,952	0,009	0,934	0,970	104,06	48	0,998	0,996	72,00	67,78	69,29
100	40	40	20	0,875	0,012	0,851	0,900	71,70	48	0,996	0,992	72,00	62,01	64,02
100	30	40	30	0,700	0,012	0,675	0,724	57,49	48	0,994	0,988	72,00	49,38	51,39
100	20	40	40	0,425	0,008	0,410	0,441	54,30	48	0,993	0,986	72,00	29,99	31,28

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

Tabelle A1-2: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich G für Lv=100%, Quelle: Eigene Darstellung

L _v	Verkehrsstärkeanteil			Regressionskoeffizient					Modellzusammenfassung						
	a _{LA}	a _{RA}		b _{ALA}	s _{bALA}	b _{ALA-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}		
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o	
100	10	0		0,104	0,004	0,096	0,112	26,33	48	0,966	0,934	72,00	7,16	7,81	
100	10	10		0,119	0,004	0,112	0,126	32,84	48	0,979	0,959	72,00	8,26	8,86	
100	10	20		0,141	0,005	0,130	0,151	27,51	48	0,970	0,940	72,00	9,71	10,56	
100	10	30		0,145	0,005	0,134	0,155	27,83	48	0,971	0,943	72,00	10,01	10,87	
100	10	40		0,189	0,006	0,177	0,201	30,87	48	0,978	0,956	72,00	13,11	14,12	
100	20	0		0,244	0,005	0,234	0,254	47,89	48	0,990	0,980	72,00	17,14	17,99	
100	20	10		0,292	0,008	0,276	0,308	36,71	48	0,983	0,967	72,00	20,34	21,65	
100	20	20		0,312	0,008	0,296	0,327	40,54	48	0,986	0,972	72,00	21,82	23,09	
100	20	30		0,389	0,008	0,372	0,407	46,00	48	0,990	0,980	72,00	27,34	28,74	
100	20	40		0,452	0,010	0,431	0,473	43,24	48	0,989	0,977	72,00	31,69	33,42	
100	30	0		0,441	0,011	0,417	0,464	38,34	48	0,985	0,970	72,00	30,78	32,67	
100	30	10		0,479	0,009	0,460	0,497	52,01	48	0,992	0,983	72,00	33,71	35,23	
100	30	20		0,596	0,009	0,578	0,615	63,90	48	0,995	0,989	72,00	42,17	43,71	
100	30	30		0,717	0,011	0,694	0,740	62,91	48	0,995	0,990	72,00	50,70	52,59	
100	30	40		0,733	0,012	0,709	0,757	61,73	48	0,995	0,989	72,00	51,78	53,74	
100	40	0		0,623	0,011	0,601	0,644	58,09	48	0,994	0,987	72,00	43,96	45,73	
100	40	10		0,756	0,010	0,737	0,775	79,09	48	0,997	0,993	72,00	53,64	55,22	
100	40	20		0,880	0,012	0,855	0,904	71,59	48	0,996	0,992	72,00	62,32	64,35	
100	40	30		0,921	0,011	0,899	0,943	84,80	48	0,997	0,994	72,00	65,39	67,19	
100	40	40		0,867	0,014	0,839	0,894	62,54	48	0,995	0,989	72,00	61,25	63,54	

Anmerkungen:

¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{AI} keinen Wert >1 annehmen.

²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

**Tabelle A1-3: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich LA für L_v=100%,
Quelle: Eigene Darstellung**

L _v	Verkehrsstärkeanteil			Regressionskoeffizient					Modellzusammenfassung						
	a _{RA}	a _{LA}		b _{ARA}	s _{bARA}	b _{ARA-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}		
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o	
100	10	0		0,104	0,004	0,096	0,112	26,33	48	0,966	0,934	72,00	7,16	7,81	
100	10	10		0,119	0,004	0,112	0,126	32,84	48	0,979	0,959	72,00	8,26	8,86	
100	10	20		0,141	0,005	0,130	0,151	27,51	48	0,970	0,940	72,00	9,71	10,56	
100	10	30		0,145	0,005	0,134	0,155	27,83	48	0,971	0,943	72,00	10,01	10,87	
100	10	40		0,189	0,006	0,177	0,201	30,87	48	0,978	0,956	72,00	13,11	14,12	
100	20	0		0,244	0,005	0,234	0,254	47,89	48	0,990	0,980	72,00	17,14	17,99	
100	20	10		0,292	0,008	0,276	0,308	36,71	48	0,983	0,967	72,00	20,34	21,65	
100	20	20		0,312	0,008	0,296	0,327	40,54	48	0,986	0,972	72,00	21,82	23,09	
100	20	30		0,389	0,008	0,372	0,407	46,00	48	0,990	0,980	72,00	27,34	28,74	
100	20	40		0,452	0,010	0,431	0,473	43,24	48	0,989	0,977	72,00	31,69	33,42	
100	30	0		0,441	0,011	0,417	0,464	38,34	48	0,985	0,970	72,00	30,78	32,67	
100	30	10		0,479	0,009	0,460	0,497	52,01	48	0,992	0,983	72,00	33,71	35,23	
100	30	20		0,596	0,009	0,578	0,615	63,90	48	0,995	0,989	72,00	42,17	43,71	
100	30	30		0,717	0,011	0,694	0,740	62,91	48	0,995	0,990	72,00	50,70	52,59	
100	30	40		0,733	0,012	0,709	0,757	61,73	48	0,995	0,989	72,00	51,78	53,74	
100	40	0		0,623	0,011	0,601	0,644	58,09	48	0,994	0,987	72,00	43,96	45,73	
100	40	10		0,756	0,010	0,737	0,775	79,09	48	0,997	0,993	72,00	53,64	55,22	
100	40	20		0,880	0,012	0,855	0,904	71,59	48	0,996	0,992	72,00	62,32	64,35	
100	40	30		0,921	0,011	0,899	0,943	84,80	48	0,997	0,994	72,00	65,39	67,19	
100	40	40		0,867	0,014	0,839	0,894	62,54	48	0,995	0,989	72,00	61,25	63,54	

Anmerkungen:

¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{AI} keinen Wert >1 annehmen.

²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

**Tabelle A1-4: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich RA für L_v=100%,
Quelle: Eigene Darstellung**

Lv	Verkehrsstärkeanteil				Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung					
	a _G	a _{LA}	a _{RA}	b _{AGes}	s _{bAGes}	b _{AGes-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
100	100	0	0	0,333	0,000	0,332	0,333	1220,46	48	1,000	1,000	216,00	71,84	71,97
100	90	0	10	0,368	0,001	0,365	0,370	264,77	48	1,000	0,999	216,00	79,04	79,73
100	80	0	20	0,414	0,002	0,411	0,418	248,75	48	1,000	0,999	216,00	89,06	89,88
100	70	0	30	0,479	0,004	0,471	0,486	127,37	48	0,999	0,997	216,00	102,43	104,29
100	60	0	40	0,535	0,005	0,525	0,544	114,41	48	0,998	0,997	216,00	114,33	116,65
100	90	10	0	0,368	0,001	0,365	0,370	264,77	48	1,000	0,999	216,00	79,04	79,73
100	80	10	10	0,412	0,002	0,409	0,415	264,54	48	1,000	0,999	216,00	88,65	89,42
100	70	10	20	0,477	0,003	0,470	0,484	139,76	48	0,999	0,998	216,00	102,18	103,87
100	60	10	30	0,539	0,004	0,532	0,547	141,37	48	0,999	0,998	216,00	115,56	117,45
100	50	10	40	0,632	0,005	0,622	0,643	118,14	48	0,998	0,997	216,00	135,26	137,91
100	80	20	0	0,414	0,002	0,411	0,418	248,75	48	1,000	0,999	216,00	89,06	89,88
100	70	20	10	0,477	0,003	0,470	0,484	139,76	48	0,999	0,998	216,00	102,18	103,87
100	60	20	20	0,540	0,004	0,533	0,548	142,44	48	0,999	0,998	216,00	115,75	117,63
100	50	20	30	0,655	0,005	0,645	0,665	136,21	48	0,999	0,998	216,00	140,27	142,65
100	40	20	40	0,736	0,008	0,719	0,752	89,97	48	0,997	0,995	216,00	156,88	160,93
100	70	30	0	0,479	0,004	0,471	0,486	127,37	48	0,999	0,997	216,00	102,43	104,29
100	60	30	10	0,539	0,004	0,532	0,547	141,37	48	0,999	0,998	216,00	115,56	117,45
100	50	30	20	0,655	0,005	0,645	0,665	136,21	48	0,999	0,998	216,00	140,27	142,65
100	40	30	30	0,787	0,009	0,768	0,807	82,89	48	0,997	0,994	216,00	167,73	172,44
100	30	30	40	0,784	0,009	0,766	0,803	84,18	48	0,997	0,994	216,00	167,12	171,74
100	60	40	0	0,535	0,005	0,525	0,544	114,41	48	0,998	0,997	216,00	114,33	116,65
100	50	40	10	0,632	0,005	0,622	0,643	118,14	48	0,998	0,997	216,00	135,26	137,91
100	40	40	20	0,736	0,008	0,719	0,752	89,97	48	0,997	0,995	216,00	156,88	160,93
100	30	40	30	0,784	0,009	0,766	0,803	84,18	48	0,997	0,994	216,00	167,12	171,74
100	20	40	40	0,720	0,007	0,705	0,734	98,86	48	0,998	0,996	216,00	153,62	157,22

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{AI} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

Tabelle A1-5: Ergebnisse der Regressionsanalyse für alle Aufstellbereiche (AGes) für LV=100%, Quelle: Eigene Darstellung

Lv	Verkehrsstärkeanteil				Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung					
	a _G	a _{IA}	a _{kA}	b _{AG}	s _{bAG}	b _{AG-KI} ¹⁾		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI} ²⁾	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
80	100	0	0	1,000	0,000	0,999	1,000	2796,89	24	1,000	1,000	84,00	83,96	83,99
80	90	0	10	1,000	0,000	0,999	1,000	5514,83	24	1,000	1,000	84,00	83,97	83,99
80	80	0	20	1,000	0,000	0,999	1,000	3055,63	24	1,000	1,000	84,00	83,95	83,99
80	70	0	30	0,995	0,005	0,985	1,005	207,16	24	1,000	1,000	84,00	83,28	83,82
80	60	0	40	0,976	0,011	0,954	0,997	92,39	24	0,999	0,998	84,00	81,36	82,53
80	90	10	0	1,000	0,000	0,999	1,000	3918,11	24	1,000	1,000	84,00	83,97	84,00
80	80	10	10	1,000	0,000	0,999	1,000	2576,46	24	1,000	1,000	84,00	83,94	83,99
80	70	10	20	0,999	0,001	0,998	1,001	1611,35	24	1,000	1,000	84,00	83,92	83,98
80	60	10	30	0,989	0,006	0,978	1,001	179,25	24	1,000	0,999	84,00	82,81	83,42
80	50	10	40	0,951	0,017	0,915	0,987	54,91	24	0,997	0,993	84,00	78,93	80,86
80	80	20	0	1,000	0,000	0,999	1,000	4052,68	24	1,000	1,000	84,00	83,96	83,99
80	70	20	10	1,000	0,000	0,999	1,000	3674,47	24	1,000	1,000	84,00	83,96	83,99
80	60	20	20	0,997	0,003	0,991	1,003	331,57	24	1,000	1,000	84,00	83,60	83,93
80	50	20	30	0,977	0,009	0,958	0,997	103,23	24	0,999	0,998	84,00	81,57	82,62
80	40	20	40	0,890	0,028	0,831	0,949	31,43	24	0,990	0,980	84,00	73,19	76,34
80	70	30	0	0,999	0,001	0,996	1,002	744,43	24	1,000	1,000	84,00	83,84	83,99
80	60	30	10	0,995	0,005	0,986	1,005	208,19	24	1,000	0,999	84,00	83,35	83,88
80	50	30	20	0,989	0,009	0,971	1,006	114,89	24	0,999	0,998	84,00	82,57	83,53
80	40	30	30	0,945	0,017	0,909	0,981	55,03	24	0,997	0,994	84,00	78,42	80,33
80	30	30	40	0,723	0,018	0,685	0,760	39,83	24	0,994	0,987	84,00	59,68	61,70
80	60	40	0	0,991	0,006	0,978	1,004	155,49	24	1,000	0,999	84,00	82,89	83,60
80	50	40	10	0,980	0,014	0,951	1,008	70,54	24	0,998	0,996	84,00	81,52	83,06
80	40	40	20	0,932	0,017	0,897	0,968	54,78	24	0,997	0,994	84,00	77,37	79,26
80	30	40	30	0,761	0,026	0,706	0,816	28,75	24	0,988	0,977	84,00	62,47	65,42
80	20	40	40	0,476	0,019	0,437	0,516	25,16	24	0,985	0,970	84,00	38,96	41,07

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{AI} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

Tabelle A1-6: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich G für LV=80%, Quelle: Eigene Darstellung

L _v	Verkehrsstärkeanteil				Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung					
	a _{Zw}	a _{IA}	a _{KA}	b _{AZw}	s _{bAZw}	b _{AZw-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
80	100	0	0	0,999	0,004	0,991	1,007	254,81	24	1,000	1,000	21,00	20,92	21,03
80	100	0	10	0,999	0,004	0,991	1,007	265,49	24	1,000	1,000	21,00	20,92	21,03
80	100	0	20	0,999	0,002	0,996	1,003	567,20	24	1,000	1,000	21,00	20,96	21,01
80	100	0	30	0,999	0,001	0,996	1,002	720,01	24	1,000	1,000	21,00	20,96	21,00
80	100	0	40	0,999	0,001	0,996	1,002	697,17	24	1,000	1,000	21,00	20,96	21,00
80	90	10	0	0,999	0,003	0,993	1,004	354,54	24	1,000	1,000	21,00	20,93	21,01
80	90	10	10	0,999	0,002	0,994	1,003	456,97	24	1,000	1,000	21,00	20,95	21,01
80	90	10	20	0,999	0,002	0,995	1,002	610,96	24	1,000	1,000	21,00	20,95	20,99
80	90	10	30	0,999	0,001	0,996	1,002	762,00	24	1,000	1,000	21,00	20,96	21,00
80	90	10	40	0,992	0,017	0,956	1,027	58,25	24	0,997	0,993	21,00	20,59	21,06
80	80	20	0	0,999	0,002	0,995	1,003	564,91	24	1,000	1,000	21,00	20,95	21,00
80	80	20	10	0,998	0,004	0,991	1,006	279,54	24	1,000	1,000	21,00	20,91	21,01
80	80	20	20	0,997	0,004	0,990	1,005	262,54	24	1,000	1,000	21,00	20,89	21,00
80	80	20	30	0,987	0,024	0,937	1,037	41,21	24	0,993	0,987	21,00	20,39	21,06
80	80	20	40	0,954	0,072	0,805	1,102	13,33	24	0,934	0,872	21,00	19,04	21,03
80	70	30	0	0,987	0,012	0,962	1,012	81,50	24	0,998	0,997	21,00	20,55	20,89
80	70	30	10	0,971	0,014	0,943	1,000	70,27	24	0,998	0,996	21,00	20,21	20,59
80	70	30	20	0,977	0,023	0,928	1,025	41,92	24	0,994	0,988	21,00	20,19	20,83
80	70	30	30	0,852	0,107	0,630	1,074	7,96	24	0,828	0,685	21,00	16,41	19,39
80	70	30	40	0,772	0,098	0,569	0,974	7,91	24	0,841	0,708	21,00	14,85	17,56
80	60	40	0	0,951	0,020	0,908	0,993	46,39	24	0,996	0,991	21,00	19,68	20,25
80	60	40	10	0,859	0,037	0,784	0,935	23,53	24	0,983	0,967	21,00	17,54	18,55
80	60	40	20	0,637	0,076	0,481	0,794	8,43	24	0,828	0,685	21,00	12,33	14,44
80	60	40	30	0,415	0,093	0,222	0,608	4,45	24	0,320	0,102	21,00	7,41	10,01
80	60	40	40	0,533	0,053	0,422	0,644	9,96	24	0,881	0,777	21,00	10,44	11,93

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

**Tabelle A1-7: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich Zw für L_v=80%,
Quelle: Eigene Darstellung**

L _v	Verkehrsstärkeanteil			Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung					
	a _{IA}	a _{KA}	b _{AIA}	s _{bAIA}	b _{AIA-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
80	10	0	0,107	0,009	0,088	0,126	11,93	24	0,926	0,858	105,00	10,61	11,86
80	10	10	0,118	0,007	0,103	0,133	16,79	24	0,963	0,927	105,00	11,90	12,88
80	10	20	0,143	0,010	0,123	0,163	14,93	24	0,939	0,882	105,00	14,38	15,72
80	10	30	0,130	0,008	0,113	0,147	15,53	24	0,963	0,928	105,00	13,06	14,22
80	10	40	0,183	0,011	0,161	0,204	17,38	24	0,964	0,930	105,00	18,45	19,91
80	20	0	0,245	0,010	0,224	0,266	24,36	24	0,983	0,966	105,00	24,99	26,39
80	20	10	0,286	0,016	0,254	0,319	18,36	24	0,962	0,926	105,00	28,99	31,16
80	20	20	0,306	0,015	0,275	0,337	20,42	24	0,975	0,950	105,00	31,12	33,21
80	20	30	0,360	0,011	0,337	0,382	33,07	24	0,989	0,979	105,00	37,01	38,52
80	20	40	0,431	0,015	0,400	0,461	29,08	24	0,987	0,974	105,00	44,18	46,24
80	30	0	0,430	0,019	0,391	0,470	22,66	24	0,978	0,956	105,00	43,86	46,50
80	30	10	0,481	0,020	0,440	0,523	24,00	24	0,977	0,954	105,00	49,16	51,95
80	30	20	0,558	0,015	0,527	0,590	36,49	24	0,992	0,984	105,00	57,56	59,69
80	30	30	0,660	0,016	0,627	0,692	42,37	24	0,994	0,989	105,00	68,17	70,33
80	30	40	0,699	0,027	0,643	0,754	26,20	24	0,984	0,968	105,00	71,49	75,20
80	40	0	0,634	0,019	0,596	0,673	33,89	24	0,990	0,980	105,00	65,31	67,91
80	40	10	0,752	0,017	0,716	0,788	43,61	24	0,995	0,990	105,00	77,77	80,17
80	40	20	0,849	0,016	0,816	0,882	53,13	24	0,996	0,993	105,00	88,00	90,22
80	40	30	0,904	0,023	0,857	0,952	39,58	24	0,993	0,987	105,00	93,37	96,55
80	40	40	0,874	0,017	0,839	0,910	50,83	24	0,996	0,992	105,00	90,61	93,00

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

**Tabelle A1-8: Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des langen Aufstellstreifens (IA) für L_v=80%,
Quelle: Eigene Darstellung**

Lv	Verkehrsstärkeanteil			Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung						
	a _{kA}	a _{IA}		b _{AKA}	s _{bAKA}	b _{AKA-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
80	10	0		0,107	0,011	0,084	0,130	9,76	24	0,911	0,829	84,00	8,38	9,60
80	10	10		0,117	0,011	0,095	0,139	10,90	24	0,921	0,849	84,00	9,21	10,40
80	10	20		0,137	0,010	0,115	0,158	13,42	24	0,944	0,891	84,00	10,90	12,04
80	10	30		0,160	0,012	0,134	0,186	12,84	24	0,918	0,843	84,00	12,73	14,12
80	10	40		0,195	0,011	0,171	0,219	16,97	24	0,969	0,938	84,00	15,75	17,03
80	20	0		0,245	0,014	0,215	0,274	17,11	24	0,965	0,932	84,00	19,76	21,35
80	20	10		0,279	0,017	0,244	0,314	16,68	24	0,957	0,915	84,00	22,51	24,37
80	20	20		0,332	0,019	0,293	0,371	17,58	24	0,967	0,935	84,00	26,84	28,94
80	20	30		0,394	0,014	0,365	0,423	27,90	24	0,986	0,972	84,00	32,31	33,88
80	20	40		0,463	0,020	0,421	0,505	22,94	24	0,980	0,960	84,00	37,77	40,02
80	30	0		0,435	0,023	0,387	0,483	18,83	24	0,958	0,918	84,00	35,24	37,81
80	30	10		0,494	0,024	0,444	0,545	20,26	24	0,969	0,939	84,00	40,15	42,87
80	30	20		0,605	0,024	0,556	0,654	25,62	24	0,985	0,969	84,00	49,50	52,13
80	30	30		0,727	0,015	0,696	0,759	47,93	24	0,996	0,991	84,00	60,25	61,94
80	30	40		0,783	0,026	0,730	0,836	30,62	24	0,990	0,980	84,00	64,33	67,17
80	40	0		0,633	0,025	0,580	0,686	24,96	24	0,984	0,968	84,00	51,76	54,58
80	40	10		0,738	0,025	0,686	0,790	29,27	24	0,988	0,977	84,00	60,57	63,38
80	40	20		0,860	0,019	0,821	0,899	45,62	24	0,995	0,990	84,00	71,21	73,31
80	40	30		0,939	0,021	0,896	0,982	45,16	24	0,995	0,990	84,00	77,70	80,01
80	40	40		0,926	0,017	0,891	0,962	54,12	24	0,997	0,993	84,00	76,87	78,78

Anmerkungen:
 1) Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
 2) Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

**Tabelle A1-9: Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des kurzen Aufstellstreifens (kA) für Lv=80%,
Quelle: Eigene Darstellung**

Lv	Verkehrsstärkeanteil				Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung						
	a _G	a _{IA}	a _{kA}		b _{AGes}	s _{bAGes}	b _{AGes-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
80	100	0	0		0,357	0,000	0,356	0,358	1043,71	24	1,000	1,000	294,00	104,89	105,02
80	90	0	10		0,388	0,003	0,381	0,394	118,68	24	0,999	0,998	294,00	113,31	114,59
80	80	0	20		0,427	0,004	0,418	0,435	104,22	24	0,999	0,998	294,00	124,71	126,31
80	70	0	30		0,480	0,006	0,468	0,492	82,34	24	0,998	0,997	294,00	139,92	142,19
80	60	0	40		0,531	0,007	0,516	0,545	76,27	24	0,998	0,996	294,00	154,74	157,45
80	90	10	0		0,395	0,003	0,389	0,402	123,05	24	0,999	0,999	294,00	115,56	116,82
80	80	10	10		0,432	0,004	0,423	0,442	98,18	24	0,999	0,998	294,00	126,28	128,00
80	70	10	20		0,488	0,007	0,473	0,503	66,94	24	0,997	0,995	294,00	141,99	144,83
80	60	10	30		0,542	0,008	0,526	0,558	70,13	24	0,998	0,995	294,00	157,74	160,75
80	50	10	40		0,619	0,007	0,603	0,634	83,16	24	0,999	0,997	294,00	180,43	183,33
80	80	20	0		0,444	0,004	0,437	0,452	122,75	24	0,999	0,999	294,00	129,94	131,35
80	70	20	10		0,498	0,007	0,483	0,514	66,53	24	0,997	0,995	294,00	145,02	147,94
80	60	20	20		0,560	0,010	0,540	0,581	56,88	24	0,997	0,993	294,00	162,84	166,68
80	50	20	30		0,651	0,009	0,633	0,669	74,92	24	0,998	0,996	294,00	189,71	193,10
80	40	20	40		0,722	0,015	0,692	0,752	49,55	24	0,996	0,992	294,00	209,44	215,11
80	70	30	0		0,510	0,006	0,496	0,523	79,94	24	0,998	0,997	294,00	148,57	151,06
80	60	30	10		0,571	0,010	0,552	0,591	59,57	24	0,997	0,993	294,00	166,13	169,86
80	50	30	20		0,664	0,008	0,647	0,681	80,68	24	0,998	0,997	294,00	193,67	196,87
80	40	30	30		0,774	0,015	0,744	0,805	52,73	24	0,996	0,993	294,00	224,77	230,49
80	30	30	40		0,779	0,020	0,738	0,820	39,56	24	0,993	0,987	294,00	225,26	232,93
80	60	40	0		0,578	0,006	0,565	0,591	92,34	24	0,999	0,997	294,00	168,60	171,03
80	50	40	10		0,666	0,011	0,643	0,688	61,99	24	0,997	0,995	294,00	193,60	197,78
80	40	40	20		0,747	0,011	0,724	0,771	66,19	24	0,998	0,995	294,00	217,51	221,91
80	30	40	30		0,794	0,019	0,754	0,833	41,46	24	0,994	0,988	294,00	229,63	237,09
80	20	40	40		0,751	0,013	0,724	0,779	56,72	24	0,997	0,994	294,00	218,25	223,41

Anmerkungen:
 1) Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
 2) Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

**Tabelle A1-10: Ergebnisse der Regressionsanalyse für alle Aufstellbereiche (AGes) für Lv=80%,
Quelle: Eigene Darstellung**

L _v	Verkehrsstärkeanteil			Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung						
	a _G	a _{IA}	a _{KA}	b _{AG}	s _{bAG}	b _{AG-KI} ¹⁾		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI} ²⁾	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
60	100	0	0	0,999	0,001	0,998	1,001	1725,09	24	1,000	1,000	63,00	62,94	62,99
60	90	0	10	0,999	0,000	0,999	1,000	2277,93	24	1,000	1,000	63,00	62,95	62,98
60	80	0	20	0,999	0,001	0,997	1,001	944,43	24	1,000	1,000	63,00	62,90	62,98
60	70	0	30	0,992	0,005	0,983	1,002	220,03	24	1,000	1,000	63,00	62,33	62,71
60	60	0	40	0,968	0,015	0,937	0,999	64,35	24	0,998	0,995	63,00	60,34	61,60
60	90	10	0	0,999	0,001	0,998	1,001	1386,23	24	1,000	1,000	63,00	62,92	62,98
60	80	10	10	0,999	0,000	0,999	1,000	2431,24	24	1,000	1,000	63,00	62,94	62,98
60	70	10	20	0,998	0,001	0,995	1,001	688,26	24	1,000	1,000	63,00	62,84	62,97
60	60	10	30	0,987	0,011	0,965	1,009	91,78	24	0,999	0,998	63,00	61,74	62,63
60	50	10	40	0,939	0,015	0,908	0,969	63,03	24	0,997	0,995	63,00	58,51	59,75
60	80	20	0	0,999	0,000	0,999	1,000	3421,61	24	1,000	1,000	63,00	62,95	62,98
60	70	20	10	0,999	0,000	0,998	1,000	2043,80	24	1,000	1,000	63,00	62,93	62,97
60	60	20	20	0,994	0,005	0,983	1,005	189,95	24	1,000	0,999	63,00	62,40	62,84
60	50	20	30	0,980	0,014	0,950	1,009	69,04	24	0,998	0,996	63,00	61,12	62,30
60	40	20	40	0,874	0,027	0,818	0,930	32,46	24	0,991	0,982	63,00	53,95	56,20
60	70	30	0	0,999	0,000	0,999	1,000	2852,28	24	1,000	1,000	63,00	62,94	62,97
60	60	30	10	0,998	0,002	0,993	1,003	446,10	24	1,000	1,000	63,00	62,79	62,97
60	50	30	20	0,989	0,008	0,972	1,007	118,60	24	0,999	0,998	63,00	61,98	62,67
60	40	30	30	0,938	0,023	0,890	0,987	40,12	24	0,994	0,988	63,00	58,12	60,07
60	30	30	40	0,712	0,036	0,637	0,787	19,69	24	0,978	0,957	63,00	43,32	46,34
60	60	40	0	0,995	0,005	0,985	1,005	208,07	24	1,000	0,999	63,00	62,47	62,86
60	50	40	10	0,988	0,009	0,969	1,007	107,14	24	0,999	0,998	63,00	61,87	62,64
60	40	40	20	0,971	0,020	0,930	1,012	48,93	24	0,996	0,992	63,00	60,36	62,02
60	30	40	30	0,816	0,038	0,738	0,894	21,71	24	0,983	0,966	63,00	49,86	52,99
60	20	40	40	0,488	0,017	0,453	0,523	28,67	24	0,989	0,977	63,00	30,02	31,45

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{AI} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

**Tabelle A1-11: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich G für L_v=60%,
Quelle: Eigene Darstellung**

L _v	Verkehrsstärkeanteil			Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung						
	a _{ZW}	a _{IA}	a _{KA}	b _{AZW}	s _{bAZW}	b _{AZW-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
60	100	0	0	0,999	0,002	0,995	1,004	511,10	24	1,000	1,000	42,00	41,92	42,03
60	100	0	10	1,000	0,001	0,998	1,001	1396,18	24	1,000	1,000	42,00	41,97	42,01
60	100	0	20	1,000	0,001	0,997	1,002	891,28	24	1,000	1,000	42,00	41,95	42,01
60	100	0	30	1,000	0,001	0,999	1,001	1804,42	24	1,000	1,000	42,00	41,97	42,00
60	100	0	40	1,000	0,000	0,999	1,001	2174,89	24	1,000	1,000	42,00	41,98	42,00
60	90	10	0	0,999	0,001	0,996	1,002	710,98	24	1,000	1,000	42,00	41,93	42,01
60	90	10	10	1,000	0,001	0,998	1,001	1177,69	24	1,000	1,000	42,00	41,96	42,01
60	90	10	20	1,000	0,001	0,999	1,001	1896,05	24	1,000	1,000	42,00	41,97	42,00
60	90	10	30	1,000	0,001	0,998	1,001	1505,18	24	1,000	1,000	42,00	41,97	42,00
60	90	10	40	0,999	0,001	0,998	1,001	1292,05	24	1,000	1,000	42,00	41,95	41,99
60	80	20	0	0,999	0,001	0,998	1,001	1134,25	24	1,000	1,000	42,00	41,95	42,00
60	80	20	10	0,999	0,001	0,997	1,002	757,07	24	1,000	1,000	42,00	41,93	42,01
60	80	20	20	0,999	0,001	0,998	1,001	1331,12	24	1,000	1,000	42,00	41,95	41,99
60	80	20	30	0,999	0,001	0,998	1,001	1338,02	24	1,000	1,000	42,00	41,95	41,99
60	80	20	40	0,995	0,008	0,978	1,013	118,50	24	0,999	0,998	42,00	41,57	42,04
60	70	30	0	0,992	0,008	0,976	1,009	124,10	24	0,999	0,999	42,00	41,45	41,89
60	70	30	10	0,990	0,009	0,971	1,009	108,16	24	0,999	0,998	42,00	41,31	41,82
60	70	30	20	0,991	0,012	0,966	1,016	82,84	24	0,998	0,997	42,00	41,29	41,96
60	70	30	30	0,961	0,022	0,915	1,006	43,57	24	0,994	0,989	42,00	39,73	40,96
60	70	30	40	0,913	0,033	0,844	0,981	27,52	24	0,987	0,975	42,00	37,41	39,26
60	60	40	0	0,965	0,016	0,932	0,998	60,57	24	0,997	0,995	42,00	40,10	40,99
60	60	40	10	0,913	0,030	0,850	0,977	29,96	24	0,990	0,980	42,00	37,52	39,21
60	60	40	20	0,795	0,040	0,711	0,879	19,67	24	0,978	0,956	42,00	32,26	34,51
60	60	40	30	0,659	0,042	0,572	0,746	15,74	24	0,955	0,913	42,00	26,52	28,85
60	60	40	40	0,743	0,036	0,668	0,818	20,62	24	0,978	0,956	42,00	30,21	32,22

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{AI} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

**Tabelle A1-12: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich Zw für L_v=60%,
Quelle: Eigene Darstellung**

Lv	Verkehrsstärkeanteil			Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung						
	a _{IA}	a _{kA}		b _{AIA}	s _{bAIA}	b _{AIA-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
60	10	0		0,107	0,009	0,088	0,126	11,93	24	0,926	0,858	105,00	10,61	11,86
60	10	10		0,116	0,008	0,100	0,132	15,08	24	0,952	0,906	105,00	11,64	12,71
60	10	20		0,136	0,010	0,115	0,158	13,18	24	0,932	0,868	105,00	13,58	15,01
60	10	30		0,123	0,009	0,105	0,141	14,39	24	0,946	0,895	105,00	12,30	13,49
60	10	40		0,165	0,009	0,146	0,184	18,01	24	0,966	0,934	105,00	16,67	17,95
60	20	0		0,245	0,010	0,224	0,266	24,36	24	0,983	0,966	105,00	24,99	26,39
60	20	10		0,284	0,016	0,251	0,318	17,80	24	0,963	0,927	105,00	28,75	30,98
60	20	20		0,288	0,014	0,259	0,316	20,69	24	0,972	0,945	105,00	29,22	31,16
60	20	30		0,331	0,012	0,306	0,355	27,61	24	0,986	0,972	105,00	33,88	35,55
60	20	40		0,383	0,014	0,355	0,411	28,33	24	0,988	0,976	105,00	39,27	41,15
60	30	0		0,430	0,019	0,391	0,470	22,66	24	0,978	0,956	105,00	43,86	46,50
60	30	10		0,460	0,019	0,421	0,498	24,82	24	0,982	0,964	105,00	46,97	49,54
60	30	20		0,534	0,013	0,506	0,561	40,86	24	0,993	0,987	105,00	55,11	56,93
60	30	30		0,604	0,022	0,559	0,648	27,96	24	0,986	0,973	105,00	61,89	64,89
60	30	40		0,654	0,030	0,592	0,716	21,96	24	0,979	0,958	105,00	66,63	70,77
60	40	0		0,634	0,019	0,596	0,673	33,89	24	0,990	0,980	105,00	65,31	67,91
60	40	10		0,730	0,015	0,700	0,760	49,88	24	0,996	0,992	105,00	75,64	77,68
60	40	20		0,823	0,020	0,781	0,864	40,98	24	0,994	0,987	105,00	85,00	87,79
60	40	30		0,862	0,022	0,817	0,907	39,80	24	0,994	0,987	105,00	89,04	92,05
60	40	40		0,843	0,016	0,811	0,876	54,06	24	0,997	0,993	105,00	87,45	89,62

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

**Tabelle A1-13: Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des langen Aufstellstreifens (IA) für Lv=60%,
Quelle: Eigene Darstellung**

Lv	Verkehrsstärkeanteil			Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung						
	a _{kA}	a _{IA}		b _{AKA}	s _{bAKA}	b _{AKA-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
60	10	0		0,105	0,013	0,078	0,132	8,08	24	0,875	0,766	63,00	6,06	7,15
60	10	10		0,118	0,011	0,096	0,140	11,05	24	0,907	0,823	63,00	6,97	7,86
60	10	20		0,145	0,014	0,116	0,173	10,47	24	0,913	0,834	63,00	8,53	9,68
60	10	30		0,163	0,016	0,130	0,196	10,21	24	0,900	0,810	63,00	9,60	10,93
60	10	40		0,202	0,014	0,173	0,230	14,80	24	0,955	0,912	63,00	12,13	13,27
60	20	0		0,242	0,017	0,208	0,276	14,59	24	0,949	0,901	63,00	14,55	15,94
60	20	10		0,290	0,019	0,251	0,330	15,24	24	0,952	0,906	63,00	17,49	19,08
60	20	20		0,336	0,017	0,300	0,372	19,31	24	0,970	0,942	63,00	20,44	21,89
60	20	30		0,408	0,024	0,359	0,458	17,21	24	0,967	0,935	63,00	24,74	26,72
60	20	40		0,505	0,027	0,448	0,562	18,46	24	0,966	0,934	63,00	30,66	32,95
60	30	0		0,446	0,026	0,392	0,501	16,94	24	0,967	0,936	63,00	27,01	29,21
60	30	10		0,504	0,029	0,444	0,565	17,35	24	0,966	0,933	63,00	30,56	32,98
60	30	20		0,607	0,028	0,550	0,664	22,01	24	0,980	0,960	63,00	37,09	39,40
60	30	30		0,719	0,030	0,658	0,781	24,24	24	0,983	0,967	63,00	44,08	46,56
60	30	40		0,834	0,026	0,779	0,888	31,92	24	0,991	0,982	63,00	51,42	53,60
60	40	0		0,637	0,029	0,576	0,697	21,89	24	0,978	0,956	63,00	38,90	41,33
60	40	10		0,732	0,026	0,678	0,785	28,40	24	0,988	0,977	63,00	45,02	47,17
60	40	20		0,848	0,034	0,779	0,918	25,32	24	0,987	0,973	63,00	52,05	54,85
60	40	30		0,952	0,018	0,915	0,990	52,12	24	0,996	0,993	63,00	59,24	60,76
60	40	40		0,973	0,016	0,940	1,005	61,46	24	0,997	0,995	63,00	60,62	61,94

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

**Tabelle A1-14: Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des kurzen Aufstellstreifens (kA) für Lv=60%,
Quelle: Eigene Darstellung**

Lv	Verkehrsstärkeanteil				Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung					
	a _G	a _{IA}	a _{KA}	b _{AGes}	s _{bAGes}	b _{AGes-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
60	100	0	0	0,384	0,000	0,384	0,385	1169,29	24	1,000	1,000	273,00	104,88	105,00
60	90	0	10	0,409	0,003	0,402	0,415	133,62	24	0,999	0,999	273,00	111,00	112,11
60	80	0	20	0,440	0,004	0,432	0,448	114,95	24	0,999	0,998	273,00	119,47	120,86
60	70	0	30	0,486	0,006	0,474	0,497	85,89	24	0,999	0,997	273,00	131,59	133,64
60	60	0	40	0,524	0,006	0,511	0,537	83,89	24	0,998	0,997	273,00	141,95	144,20
60	90	10	0	0,425	0,003	0,418	0,433	121,83	24	0,999	0,999	273,00	115,52	116,79
60	80	10	10	0,456	0,005	0,447	0,466	99,28	24	0,999	0,998	273,00	123,71	125,37
60	70	10	20	0,504	0,006	0,491	0,516	81,01	24	0,998	0,997	273,00	136,34	138,59
60	60	10	30	0,545	0,009	0,527	0,564	61,46	24	0,997	0,994	273,00	147,23	150,44
60	50	10	40	0,603	0,008	0,585	0,620	71,56	24	0,998	0,996	273,00	162,98	166,03
60	80	20	0	0,479	0,004	0,470	0,487	123,50	24	0,999	0,999	273,00	129,93	131,33
60	70	20	10	0,527	0,008	0,511	0,543	68,63	24	0,998	0,995	273,00	142,50	145,28
60	60	20	20	0,571	0,008	0,555	0,588	72,41	24	0,998	0,996	273,00	154,52	157,37
60	50	20	30	0,647	0,008	0,630	0,664	79,66	24	0,998	0,997	273,00	175,17	178,11
60	40	20	40	0,698	0,014	0,670	0,726	50,90	24	0,996	0,993	273,00	188,07	193,03
60	70	30	0	0,549	0,007	0,535	0,563	80,50	24	0,998	0,997	273,00	148,57	151,03
60	60	30	10	0,597	0,009	0,579	0,615	69,34	24	0,998	0,995	273,00	161,41	164,52
60	50	30	20	0,680	0,008	0,664	0,696	88,74	24	0,999	0,997	273,00	184,32	187,09
60	40	30	30	0,762	0,014	0,734	0,791	55,09	24	0,997	0,993	273,00	205,65	210,66
60	30	30	40	0,776	0,019	0,736	0,816	40,60	24	0,994	0,988	273,00	208,41	215,32
60	60	40	0	0,622	0,007	0,608	0,636	91,86	24	0,999	0,997	273,00	168,59	171,04
60	50	40	10	0,696	0,009	0,678	0,714	78,75	24	0,998	0,997	273,00	188,39	191,58
60	40	40	20	0,779	0,015	0,749	0,810	53,11	24	0,996	0,993	273,00	210,12	215,43
60	30	40	30	0,814	0,019	0,775	0,853	43,15	24	0,995	0,990	273,00	218,76	225,58
60	20	40	40	0,776	0,012	0,751	0,800	65,16	24	0,998	0,995	273,00	209,60	213,91

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{AI} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

Tabelle A1-15: Ergebnisse der Regressionsanalyse für alle Aufstellbereiche (AGes) für Lv=60%, Quelle: Eigene Darstellung

Lv	Verkehrsstärkeanteil				Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung					
	a _G	a _{IA}	a _{KA}	b _{AG}	s _{bAG}	b _{AG-KI} ¹⁾		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI} ²⁾	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
50	100	0	0	0,999	0,002	0,994	1,003	508,46	24	1,000	1,000	52,50	52,36	52,49
50	90	0	10	0,999	0,002	0,995	1,002	622,33	24	1,000	1,000	52,50	52,38	52,49
50	80	0	20	0,999	0,001	0,996	1,001	794,12	24	1,000	1,000	52,50	52,39	52,48
50	70	0	30	0,987	0,010	0,966	1,009	95,92	24	0,999	0,998	52,50	51,47	52,19
50	60	0	40	0,961	0,018	0,923	0,998	53,30	24	0,997	0,993	52,50	49,80	51,06
50	90	10	0	0,999	0,001	0,996	1,001	768,42	24	1,000	1,000	52,50	52,39	52,48
50	80	10	10	0,999	0,002	0,996	1,002	658,67	24	1,000	1,000	52,50	52,39	52,50
50	70	10	20	0,998	0,001	0,995	1,001	719,38	24	1,000	1,000	52,50	52,36	52,46
50	60	10	30	0,977	0,014	0,949	1,006	71,03	24	0,998	0,996	52,50	50,82	51,78
50	50	10	40	0,922	0,018	0,884	0,960	50,22	24	0,996	0,992	52,50	47,78	49,06
50	80	20	0	0,999	0,001	0,997	1,001	1055,11	24	1,000	1,000	52,50	52,41	52,47
50	70	20	10	0,999	0,001	0,997	1,001	1059,13	24	1,000	1,000	52,50	52,42	52,48
50	60	20	20	0,994	0,006	0,981	1,007	159,48	24	1,000	0,999	52,50	51,95	52,38
50	50	20	30	0,967	0,016	0,934	1,001	60,28	24	0,997	0,995	52,50	50,23	51,34
50	40	20	40	0,859	0,026	0,804	0,913	32,83	24	0,991	0,982	52,50	44,17	45,99
50	70	30	0	0,999	0,001	0,997	1,001	1058,44	24	1,000	1,000	52,50	52,42	52,49
50	60	30	10	0,998	0,004	0,990	1,005	266,64	24	1,000	1,000	52,50	52,24	52,50
50	50	30	20	0,983	0,010	0,962	1,003	100,19	24	0,999	0,998	52,50	51,25	51,94
50	40	30	30	0,930	0,018	0,892	0,968	50,63	24	0,996	0,992	52,50	48,20	49,48
50	30	30	40	0,713	0,026	0,659	0,766	27,52	24	0,986	0,971	52,50	36,51	38,31
50	60	40	0	0,996	0,004	0,988	1,005	237,46	24	1,000	1,000	52,50	52,16	52,45
50	50	40	10	0,992	0,008	0,976	1,008	131,47	24	0,999	0,999	52,50	51,82	52,35
50	40	40	20	0,973	0,016	0,939	1,006	60,38	24	0,997	0,995	52,50	50,51	51,63
50	30	40	30	0,817	0,031	0,753	0,881	26,47	24	0,988	0,976	52,50	41,84	43,98
50	20	40	40	0,520	0,021	0,477	0,563	25,03	24	0,983	0,967	52,50	26,59	28,03

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{AI} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

Tabelle A1-16: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich G für Lv=50%, Quelle: Eigene Darstellung

Lv	Verkehrsstärkeanteil				Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung						
	a _{Zw}	a _{IA}	a _{kA}	b _{AZw}	s _{bAZw}	b _{AZw-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}		
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o	[m]
50	100	0	0	1,000	0,002	0,996	1,003	638,71	24	1,000	1,000	52,50	52,42	52,53	
50	100	0	10	1,000	0,001	0,998	1,001	1387,07	24	1,000	1,000	52,50	52,46	52,51	
50	100	0	20	1,000	0,001	0,997	1,002	949,90	24	1,000	1,000	52,50	52,44	52,51	
50	100	0	30	1,000	0,001	0,998	1,001	1534,81	24	1,000	1,000	52,50	52,46	52,51	
50	100	0	40	1,000	0,000	0,999	1,000	4812,75	24	1,000	1,000	52,50	52,49	52,50	
50	90	10	0	0,999	0,001	0,997	1,002	888,66	24	1,000	1,000	52,50	52,43	52,51	
50	90	10	10	1,000	0,001	0,999	1,001	1794,84	24	1,000	1,000	52,50	52,46	52,50	
50	90	10	20	1,000	0,000	0,999	1,001	2477,78	24	1,000	1,000	52,50	52,47	52,50	
50	90	10	30	1,000	0,001	0,998	1,001	1754,16	24	1,000	1,000	52,50	52,46	52,50	
50	90	10	40	1,000	0,000	0,999	1,001	2442,23	24	1,000	1,000	52,50	52,47	52,50	
50	80	20	0	1,000	0,001	0,998	1,001	1417,32	24	1,000	1,000	52,50	52,45	52,50	
50	80	20	10	0,999	0,001	0,997	1,002	905,44	24	1,000	1,000	52,50	52,43	52,50	
50	80	20	20	0,999	0,001	0,998	1,001	1586,08	24	1,000	1,000	52,50	52,45	52,49	
50	80	20	30	0,998	0,003	0,993	1,004	366,11	24	1,000	1,000	52,50	52,32	52,51	
50	80	20	40	0,999	0,001	0,998	1,001	1732,05	24	1,000	1,000	52,50	52,45	52,49	
50	70	30	0	0,994	0,006	0,981	1,007	160,21	24	1,000	0,999	52,50	51,96	52,39	
50	70	30	10	0,992	0,009	0,973	1,012	105,11	24	0,999	0,998	52,50	51,77	52,43	
50	70	30	20	0,995	0,009	0,977	1,013	114,91	24	0,999	0,998	52,50	51,93	52,53	
50	70	30	30	0,982	0,012	0,956	1,007	80,02	24	0,998	0,997	52,50	51,12	51,97	
50	70	30	40	0,948	0,020	0,906	0,990	47,21	24	0,995	0,991	52,50	49,07	50,46	
50	60	40	0	0,970	0,014	0,940	1,000	67,23	24	0,998	0,996	52,50	50,41	51,41	
50	60	40	10	0,937	0,025	0,885	0,989	37,43	24	0,993	0,987	52,50	48,31	50,05	
50	60	40	20	0,864	0,032	0,798	0,930	27,18	24	0,987	0,975	52,50	44,25	46,46	
50	60	40	30	0,744	0,041	0,658	0,830	17,96	24	0,968	0,937	52,50	37,62	40,51	
50	60	40	40	0,807	0,035	0,735	0,880	23,07	24	0,983	0,966	52,50	41,16	43,60	

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

Tabelle A1-17: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich Zw für Lv=50%,
Quelle: Eigene Darstellung

Lv	Verkehrsstärkeanteil			Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung						
	a _{IA}	a _{kA}	b _{AIA}	s _{bAIA}	b _{AIA-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}		
	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o	[m]
50	10	0	0,107	0,009	0,088	0,126	11,93	24	0,926	0,858	105,00	10,61	11,86	
50	10	10	0,117	0,010	0,095	0,138	11,18	24	0,905	0,819	105,00	11,51	12,96	
50	10	20	0,133	0,010	0,112	0,154	13,17	24	0,934	0,871	105,00	13,27	14,67	
50	10	30	0,116	0,009	0,098	0,134	13,61	24	0,950	0,902	105,00	11,58	12,77	
50	10	40	0,154	0,009	0,135	0,173	16,88	24	0,956	0,914	105,00	15,57	16,84	
50	20	0	0,245	0,010	0,224	0,266	24,36	24	0,983	0,966	105,00	24,99	26,39	
50	20	10	0,274	0,014	0,245	0,304	19,32	24	0,968	0,937	105,00	27,79	29,77	
50	20	20	0,280	0,015	0,250	0,310	19,26	24	0,970	0,940	105,00	28,35	30,37	
50	20	30	0,311	0,020	0,270	0,352	15,77	24	0,958	0,918	105,00	31,28	34,02	
50	20	40	0,363	0,011	0,340	0,386	32,51	24	0,990	0,980	105,00	37,34	38,89	
50	30	0	0,430	0,019	0,391	0,470	22,66	24	0,978	0,956	105,00	43,86	46,50	
50	30	10	0,452	0,021	0,409	0,494	21,91	24	0,977	0,954	105,00	45,99	48,85	
50	30	20	0,515	0,015	0,483	0,547	33,28	24	0,991	0,981	105,00	53,03	55,18	
50	30	30	0,574	0,017	0,540	0,609	34,65	24	0,991	0,982	105,00	59,13	61,44	
50	30	40	0,625	0,018	0,589	0,662	35,34	24	0,992	0,983	105,00	64,43	66,89	
50	40	0	0,634	0,019	0,596	0,673	33,89	24	0,990	0,980	105,00	65,31	67,91	
50	40	10	0,729	0,015	0,698	0,760	48,92	24	0,996	0,991	105,00	75,50	77,57	
50	40	20	0,791	0,014	0,762	0,819	58,48	24	0,997	0,994	105,00	82,06	83,94	
50	40	30	0,840	0,015	0,808	0,871	55,46	24	0,997	0,993	105,00	87,12	89,22	
50	40	40	0,834	0,020	0,792	0,876	41,06	24	0,994	0,988	105,00	86,18	89,00	

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

Tabelle A1-18: Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des langen Aufstellstreifens (IA) für Lv=50%,
Quelle: Eigene Darstellung

Lv	Verkehrsstärkeanteil			Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung						
	a _{kA}	a _{lA}		b _{AKA}	s _{bAKA}	b _{AKA-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
50	10	0		0,107	0,015	0,075	0,138	7,09	24	0,832	0,692	52,50	5,07	6,12
50	10	10		0,121	0,012	0,097	0,145	10,45	24	0,873	0,763	52,50	5,94	6,75
50	10	20		0,140	0,015	0,110	0,171	9,59	24	0,865	0,747	52,50	6,85	7,87
50	10	30		0,154	0,013	0,127	0,181	11,73	24	0,917	0,840	52,50	7,63	8,54
50	10	40		0,205	0,018	0,168	0,242	11,43	24	0,930	0,865	52,50	10,13	11,37
50	20	0		0,238	0,024	0,188	0,288	9,93	24	0,899	0,808	52,50	11,66	13,32
50	20	10		0,295	0,024	0,246	0,344	12,49	24	0,943	0,889	52,50	14,65	16,29
50	20	20		0,321	0,028	0,262	0,380	11,29	24	0,919	0,845	52,50	15,88	17,86
50	20	30		0,407	0,022	0,361	0,454	18,16	24	0,970	0,940	52,50	20,60	22,16
50	20	40		0,490	0,025	0,440	0,541	20,01	24	0,972	0,945	52,50	24,90	26,60
50	30	0		0,465	0,032	0,399	0,531	14,61	24	0,944	0,891	52,50	23,31	25,52
50	30	10		0,506	0,030	0,443	0,568	16,73	24	0,964	0,930	52,50	25,49	27,60
50	30	20		0,604	0,027	0,547	0,661	22,12	24	0,981	0,963	52,50	30,76	32,66
50	30	30		0,712	0,034	0,641	0,783	20,84	24	0,979	0,958	52,50	36,19	38,57
50	30	40		0,853	0,023	0,806	0,900	37,68	24	0,993	0,987	52,50	44,00	45,57
50	40	0		0,637	0,039	0,556	0,718	16,29	24	0,965	0,932	52,50	32,10	34,82
50	40	10		0,725	0,031	0,662	0,789	23,67	24	0,982	0,965	52,50	37,02	39,15
50	40	20		0,817	0,025	0,765	0,868	32,73	24	0,991	0,983	52,50	42,00	43,73
50	40	30		0,943	0,026	0,888	0,998	35,63	24	0,993	0,986	52,50	48,60	50,44
50	40	40		0,977	0,018	0,940	1,014	54,63	24	0,997	0,993	52,50	50,69	51,93

Anmerkungen:

¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{AI} keinen Wert >1 annehmen.

²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

**Tabelle A1-19: Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des kurzen Aufstellstreifens (kA) für Lv=50%,
Quelle: Eigene Darstellung**

Lv	Verkehrsstärkeanteil				Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung						
	a _G	a _{lA}	a _{kA}		b _{AGes}	s _{bAGes}	b _{AGes-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
50	100	0	0		0,400	0,001	0,399	0,401	790,49	24	1,000	1,000	262,50	104,82	104,99
50	90	0	10		0,421	0,003	0,415	0,427	134,68	24	0,999	0,999	262,50	109,97	111,06
50	80	0	20		0,447	0,005	0,437	0,457	92,81	24	0,999	0,997	262,50	116,57	118,24
50	70	0	30		0,490	0,006	0,478	0,503	83,94	24	0,998	0,997	262,50	127,72	129,75
50	60	0	40		0,520	0,008	0,502	0,537	62,84	24	0,997	0,995	262,50	134,94	137,82
50	90	10	0		0,442	0,004	0,435	0,450	120,74	24	0,999	0,998	262,50	115,51	116,78
50	80	10	10		0,471	0,005	0,460	0,481	91,74	24	0,999	0,997	262,50	122,62	124,40
50	70	10	20		0,512	0,007	0,497	0,527	69,82	24	0,998	0,996	262,50	133,06	135,61
50	60	10	30		0,543	0,008	0,527	0,559	69,31	24	0,998	0,996	262,50	141,14	143,87
50	50	10	40		0,591	0,007	0,576	0,606	82,70	24	0,998	0,997	262,50	153,95	156,43
50	80	20	0		0,498	0,004	0,489	0,506	124,04	24	0,999	0,999	262,50	129,91	131,31
50	70	20	10		0,537	0,007	0,523	0,551	79,61	24	0,998	0,996	262,50	139,88	142,23
50	60	20	20		0,575	0,010	0,553	0,596	56,10	24	0,996	0,993	262,50	149,08	152,65
50	50	20	30		0,638	0,009	0,619	0,658	68,00	24	0,998	0,996	262,50	165,93	169,19
50	40	20	40		0,680	0,009	0,662	0,698	76,97	24	0,998	0,997	262,50	176,99	180,07
50	70	30	0		0,571	0,007	0,556	0,585	80,21	24	0,998	0,997	262,50	148,57	151,05
50	60	30	10		0,609	0,008	0,593	0,626	74,92	24	0,998	0,996	262,50	158,57	161,39
50	50	30	20		0,683	0,010	0,662	0,704	68,04	24	0,998	0,995	262,50	177,56	181,06
50	40	30	30		0,754	0,012	0,730	0,779	62,84	24	0,997	0,995	262,50	195,97	200,14
50	30	30	40		0,771	0,012	0,745	0,797	61,83	24	0,997	0,995	262,50	200,19	204,53
50	60	40	0		0,647	0,007	0,632	0,662	91,39	24	0,999	0,997	262,50	168,59	171,05
50	50	40	10		0,718	0,010	0,699	0,738	75,53	24	0,998	0,996	262,50	186,90	190,20
50	40	40	20		0,782	0,011	0,758	0,805	69,82	24	0,998	0,996	262,50	203,22	207,12
50	30	40	30		0,819	0,013	0,792	0,846	62,31	24	0,997	0,995	262,50	212,64	217,21
50	20	40	40		0,795	0,013	0,768	0,821	61,61	24	0,997	0,995	262,50	206,34	210,83

Anmerkungen:

¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{AI} keinen Wert >1 annehmen.

²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

**Tabelle A1-20: Ergebnisse der Regressionsanalyse für alle Aufstellbereiche (AGes) für Lv=50%,
Quelle: Eigene Darstellung**

Lv	Verkehrsstärkeanteil				Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung						
	a _G	a _{IA}	a _{kA}	b _{AG}	s _{bAG}	b _{AG-KI} ¹⁾		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI} ²⁾		
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o	[m]
40	100	0	0	0,999	0,002	0,995	1,003	545,77	24	1,000	1,000	42,00	41,90	42,00	
40	90	0	10	0,999	0,001	0,996	1,002	776,13	24	1,000	1,000	42,00	41,92	41,99	
40	80	0	20	0,999	0,001	0,995	1,002	672,86	24	1,000	1,000	42,00	41,90	41,98	
40	70	0	30	0,986	0,013	0,960	1,012	78,62	24	0,998	0,997	42,00	41,06	41,76	
40	60	0	40	0,945	0,024	0,894	0,995	38,88	24	0,994	0,988	42,00	39,00	40,35	
40	90	10	0	0,999	0,001	0,997	1,001	958,77	24	1,000	1,000	42,00	41,92	41,98	
40	80	10	10	0,999	0,001	0,998	1,000	1794,95	24	1,000	1,000	42,00	41,94	41,97	
40	70	10	20	0,995	0,004	0,988	1,003	274,98	24	1,000	1,000	42,00	41,70	41,91	
40	60	10	30	0,972	0,013	0,944	1,000	72,72	24	0,998	0,996	42,00	40,46	41,20	
40	50	10	40	0,920	0,025	0,869	0,971	37,34	24	0,993	0,987	42,00	37,94	39,31	
40	80	20	0	0,999	0,001	0,996	1,001	922,22	24	1,000	1,000	42,00	41,92	41,98	
40	70	20	10	0,999	0,002	0,994	1,003	478,80	24	1,000	1,000	42,00	41,89	42,01	
40	60	20	20	0,991	0,008	0,975	1,007	130,47	24	0,999	0,999	42,00	41,42	41,84	
40	50	20	30	0,958	0,020	0,917	0,999	48,64	24	0,996	0,992	42,00	39,68	40,78	
40	40	20	40	0,847	0,031	0,783	0,911	27,62	24	0,988	0,977	42,00	34,72	36,42	
40	70	30	0	0,999	0,000	0,999	1,000	2915,54	24	1,000	1,000	42,00	41,97	41,99	
40	60	30	10	0,998	0,004	0,990	1,006	254,15	24	1,000	1,000	42,00	41,81	42,03	
40	50	30	20	0,981	0,011	0,958	1,005	87,22	24	0,999	0,997	42,00	40,90	41,52	
40	40	30	30	0,913	0,027	0,858	0,968	34,28	24	0,992	0,984	42,00	37,60	39,08	
40	30	30	40	0,692	0,038	0,612	0,771	18,14	24	0,974	0,949	42,00	27,98	30,10	
40	60	40	0	0,998	0,003	0,992	1,004	346,73	24	1,000	1,000	42,00	41,83	41,99	
40	50	40	10	0,993	0,007	0,978	1,008	140,91	24	0,999	0,999	42,00	41,51	41,91	
40	40	40	20	0,973	0,017	0,938	1,009	56,28	24	0,997	0,994	42,00	40,40	41,37	
40	30	40	30	0,808	0,035	0,734	0,881	22,80	24	0,982	0,965	42,00	32,94	34,91	
40	20	40	40	0,520	0,035	0,448	0,593	14,86	24	0,954	0,909	42,00	20,88	22,83	

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

**Tabelle A1-21: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich G für Lv=40%,
Quelle: Eigene Darstellung**

Lv	Verkehrsstärkeanteil				Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung						
	a _{ZW}	a _{IA}	a _{kA}	b _{AZW}	s _{bAZW}	b _{AZW-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}		
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o	[m]
40	100	0	0	1,000	0,001	0,997	1,002	766,41	24	1,000	1,000	63,00	62,92	63,03	
40	100	0	10	1,000	0,001	0,998	1,001	1360,78	24	1,000	1,000	63,00	62,95	63,01	
40	100	0	20	1,000	0,001	0,999	1,001	1894,88	24	1,000	1,000	63,00	62,97	63,01	
40	100	0	30	1,000	0,000	0,999	1,001	2327,99	24	1,000	1,000	63,00	62,97	63,00	
40	100	0	40	1,000	0,000	0,999	1,000	3138,22	24	1,000	1,000	63,00	62,98	63,00	
40	90	10	0	1,000	0,001	0,998	1,001	1067,31	24	1,000	1,000	63,00	62,93	63,01	
40	90	10	10	1,000	0,000	0,999	1,001	2454,11	24	1,000	1,000	63,00	62,97	63,00	
40	90	10	20	1,000	0,000	0,999	1,000	3061,40	24	1,000	1,000	63,00	62,97	62,99	
40	90	10	30	1,000	0,001	0,999	1,001	1865,87	24	1,000	1,000	63,00	62,96	63,00	
40	90	10	40	1,000	0,000	0,999	1,001	2396,80	24	1,000	1,000	63,00	62,97	63,00	
40	80	20	0	1,000	0,001	0,998	1,001	1701,60	24	1,000	1,000	63,00	62,95	63,00	
40	80	20	10	0,999	0,001	0,997	1,001	1019,88	24	1,000	1,000	63,00	62,92	63,01	
40	80	20	20	1,000	0,001	0,998	1,001	1855,40	24	1,000	1,000	63,00	62,95	63,00	
40	80	20	30	0,999	0,003	0,992	1,005	313,61	24	1,000	1,000	63,00	62,78	63,05	
40	80	20	40	1,000	0,001	0,998	1,001	1764,21	24	1,000	1,000	63,00	62,95	62,99	
40	70	30	0	0,995	0,005	0,984	1,006	192,49	24	1,000	0,999	63,00	62,46	62,89	
40	70	30	10	0,991	0,010	0,971	1,011	103,21	24	0,999	0,998	63,00	62,02	62,82	
40	70	30	20	0,997	0,007	0,981	1,012	134,24	24	0,999	0,999	63,00	62,47	63,09	
40	70	30	30	0,990	0,009	0,972	1,008	111,43	24	0,999	0,998	63,00	62,00	62,74	
40	70	30	40	0,979	0,012	0,954	1,004	81,46	24	0,998	0,997	63,00	61,17	62,17	
40	60	40	0	0,973	0,013	0,947	1,000	74,91	24	0,998	0,996	63,00	60,79	61,87	
40	60	40	10	0,951	0,023	0,903	0,999	41,48	24	0,995	0,989	63,00	58,96	60,87	
40	60	40	20	0,896	0,025	0,845	0,947	36,55	24	0,993	0,986	63,00	55,43	57,47	
40	60	40	30	0,846	0,027	0,791	0,902	31,59	24	0,990	0,980	63,00	52,19	54,42	
40	60	40	40	0,868	0,034	0,798	0,938	25,78	24	0,986	0,973	63,00	53,28	56,09	

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

**Tabelle A1-22: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich Zw für Lv=40%,
Quelle: Eigene Darstellung**

L _V	Verkehrsstärkeanteil		Regressionskoeffizient					Modellzusammenfassung					
	a _{IA}	a _{KA}	b _{AIA}	s _{bAIA}	b _{AIA-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
40	10	0	0,107	0,009	0,088	0,126	11,93	24	0,926	0,858	105,00	10,61	11,86
40	10	10	0,113	0,008	0,097	0,130	14,34	24	0,949	0,901	105,00	11,36	12,46
40	10	20	0,132	0,009	0,113	0,151	14,44	24	0,955	0,913	105,00	13,22	14,49
40	10	30	0,114	0,007	0,099	0,129	15,89	24	0,959	0,919	105,00	11,46	12,46
40	10	40	0,147	0,011	0,124	0,171	12,89	24	0,945	0,894	105,00	14,67	16,26
40	20	0	0,245	0,010	0,224	0,266	24,36	24	0,983	0,966	105,00	24,99	26,39
40	20	10	0,276	0,012	0,250	0,302	22,26	24	0,973	0,947	105,00	28,13	29,85
40	20	20	0,272	0,014	0,244	0,300	19,96	24	0,968	0,936	105,00	27,63	29,53
40	20	30	0,294	0,012	0,269	0,319	24,53	24	0,980	0,961	105,00	30,03	31,70
40	20	40	0,340	0,013	0,312	0,368	25,22	24	0,984	0,969	105,00	34,77	36,64
40	30	0	0,430	0,019	0,391	0,470	22,66	24	0,978	0,956	105,00	43,86	46,50
40	30	10	0,452	0,022	0,406	0,498	20,31	24	0,973	0,946	105,00	45,94	49,04
40	30	20	0,499	0,014	0,469	0,528	34,96	24	0,990	0,980	105,00	51,37	53,36
40	30	30	0,548	0,015	0,517	0,578	37,16	24	0,993	0,986	105,00	56,50	58,55
40	30	40	0,589	0,018	0,551	0,628	31,95	24	0,990	0,980	105,00	60,60	63,17
40	40	0	0,634	0,019	0,596	0,673	33,89	24	0,990	0,980	105,00	65,31	67,91
40	40	10	0,703	0,011	0,680	0,726	63,45	24	0,997	0,995	105,00	73,02	74,56
40	40	20	0,780	0,018	0,743	0,816	44,06	24	0,995	0,989	105,00	80,64	83,10
40	40	30	0,820	0,018	0,783	0,857	45,85	24	0,995	0,990	105,00	84,86	87,35
40	40	40	0,806	0,021	0,763	0,849	38,68	24	0,993	0,986	105,00	83,20	86,10

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

**Tabelle A1-23: Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des langen Aufstellstreifens (IA) für L_V=40%,
Quelle: Eigene Darstellung**

L _V	Verkehrsstärkeanteil		Regressionskoeffizient					Modellzusammenfassung					
	a _{KA}	a _{IA}	b _{AKA}	s _{bAKA}	b _{AKA-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
40	10	0	0,102	0,016	0,067	0,136	6,17	24	0,782	0,611	42,00	3,81	4,73
40	10	10	0,125	0,016	0,092	0,158	7,85	24	0,862	0,742	42,00	4,80	5,69
40	10	20	0,143	0,015	0,111	0,174	9,41	24	0,884	0,781	42,00	5,58	6,42
40	10	30	0,156	0,013	0,130	0,183	12,12	24	0,939	0,881	42,00	6,21	6,92
40	10	40	0,193	0,019	0,153	0,232	10,09	24	0,922	0,850	42,00	7,56	8,62
40	20	0	0,249	0,025	0,197	0,300	10,01	24	0,897	0,804	42,00	9,75	11,14
40	20	10	0,297	0,021	0,255	0,340	14,48	24	0,953	0,908	42,00	11,90	13,05
40	20	20	0,331	0,028	0,273	0,389	11,88	24	0,928	0,862	42,00	13,14	14,69
40	20	30	0,402	0,022	0,355	0,448	17,86	24	0,971	0,942	42,00	16,25	17,50
40	20	40	0,485	0,033	0,415	0,554	14,50	24	0,950	0,902	42,00	19,42	21,28
40	30	0	0,452	0,041	0,366	0,538	10,92	24	0,909	0,827	42,00	17,83	20,14
40	30	10	0,514	0,031	0,450	0,577	16,80	24	0,970	0,941	42,00	20,73	22,43
40	30	20	0,587	0,029	0,528	0,646	20,59	24	0,975	0,951	42,00	23,87	25,46
40	30	30	0,696	0,029	0,635	0,756	23,94	24	0,984	0,969	42,00	28,41	30,03
40	30	40	0,839	0,043	0,749	0,929	19,34	24	0,977	0,954	42,00	34,04	36,46
40	40	0	0,635	0,038	0,556	0,714	16,70	24	0,967	0,936	42,00	25,61	27,73
40	40	10	0,712	0,033	0,643	0,781	21,42	24	0,980	0,961	42,00	28,99	30,84
40	40	20	0,805	0,033	0,737	0,873	24,40	24	0,985	0,971	42,00	32,89	34,73
40	40	30	0,917	0,034	0,847	0,987	27,20	24	0,988	0,977	42,00	37,58	39,46
40	40	40	0,979	0,015	0,948	1,010	64,73	24	0,998	0,995	42,00	40,70	41,54

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

**Tabelle A1-24: Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des kurzen Aufstellstreifens (kA) für L_V=40%,
Quelle: Eigene Darstellung**

Lv	Verkehrsstärkeanteil				Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung					
	a _G	a _{IA}	a _{kA}	b _{AGes}	s _{bAGes}	b _{AGes-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
40	100	0	0	0,416	0,000	0,415	0,417	899,71	24	1,000	1,000	252,00	104,85	105,00
40	90	0	10	0,433	0,003	0,428	0,439	156,28	24	1,000	0,999	252,00	108,75	109,67
40	80	0	20	0,458	0,004	0,449	0,466	111,01	24	0,999	0,998	252,00	114,68	116,06
40	70	0	30	0,490	0,006	0,477	0,502	81,01	24	0,998	0,997	252,00	122,37	124,39
40	60	0	40	0,513	0,007	0,498	0,528	70,18	24	0,998	0,996	252,00	128,12	130,56
40	90	10	0	0,461	0,004	0,453	0,469	120,65	24	0,999	0,998	252,00	115,52	116,79
40	80	10	10	0,485	0,005	0,474	0,495	98,95	24	0,999	0,998	252,00	121,29	122,92
40	70	10	20	0,520	0,005	0,509	0,532	96,03	24	0,999	0,998	252,00	130,21	132,02
40	60	10	30	0,545	0,006	0,532	0,558	85,77	24	0,999	0,997	252,00	136,29	138,41
40	50	10	40	0,583	0,008	0,567	0,600	72,07	24	0,998	0,996	252,00	145,64	148,34
40	80	20	0	0,518	0,004	0,509	0,527	121,04	24	0,999	0,999	252,00	129,90	131,33
40	70	20	10	0,555	0,006	0,543	0,568	93,33	24	0,999	0,997	252,00	138,91	140,90
40	60	20	20	0,584	0,008	0,568	0,600	75,50	24	0,998	0,996	252,00	145,80	148,39
40	50	20	30	0,630	0,008	0,614	0,645	83,09	24	0,998	0,997	252,00	157,41	159,94
40	40	20	40	0,667	0,012	0,643	0,691	57,84	24	0,997	0,994	252,00	166,13	169,98
40	70	30	0	0,595	0,007	0,579	0,610	80,00	24	0,998	0,997	252,00	148,59	151,07
40	60	30	10	0,629	0,010	0,607	0,650	61,80	24	0,997	0,994	252,00	156,69	160,09
40	50	30	20	0,687	0,007	0,673	0,702	98,54	24	0,999	0,998	252,00	172,07	174,40
40	40	30	30	0,744	0,012	0,720	0,768	63,55	24	0,998	0,995	252,00	185,50	189,41
40	30	30	40	0,758	0,015	0,727	0,789	50,89	24	0,996	0,992	252,00	188,63	193,61
40	60	40	0	0,674	0,007	0,659	0,689	92,10	24	0,999	0,997	252,00	168,62	171,07
40	50	40	10	0,728	0,010	0,708	0,749	73,18	24	0,998	0,996	252,00	181,84	185,17
40	40	40	20	0,792	0,012	0,767	0,816	67,19	24	0,998	0,996	252,00	197,59	201,52
40	30	40	30	0,828	0,013	0,800	0,856	61,58	24	0,997	0,995	252,00	206,34	210,83
40	20	40	40	0,803	0,014	0,774	0,832	57,85	24	0,997	0,994	252,00	200,00	204,64

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

Tabelle A1-25: Ergebnisse der Regressionsanalyse für alle Aufstellbereiche (AGes) für Lv=40%, Quelle: Eigene Darstellung

Lv	Verkehrsstärkeanteil				Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung					
	a _G	a _{IA}	a _{kA}	b _{AG}	s _{bAG}	b _{AG-KI} ¹⁾		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI} ²⁾	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
20	100	0	0	0,998	0,003	0,991	1,005	304,07	24	1,000	1,000	21,00	20,92	21,01
20	90	0	10	0,997	0,005	0,986	1,007	192,59	24	1,000	0,999	21,00	20,86	21,00
20	80	0	20	0,995	0,007	0,980	1,009	142,91	24	0,999	0,999	21,00	20,79	20,98
20	70	0	30	0,949	0,020	0,908	0,990	47,84	24	0,995	0,991	21,00	19,66	20,21
20	60	0	40	0,880	0,023	0,832	0,928	38,17	24	0,993	0,986	21,00	18,17	18,81
20	90	10	0	0,998	0,003	0,991	1,005	288,86	24	1,000	1,000	21,00	20,91	21,00
20	80	10	10	0,997	0,004	0,988	1,006	226,46	24	1,000	1,000	21,00	20,88	21,00
20	70	10	20	0,986	0,012	0,961	1,011	82,13	24	0,998	0,997	21,00	20,54	20,88
20	60	10	30	0,941	0,024	0,892	0,991	39,31	24	0,994	0,988	21,00	19,43	20,10
20	50	10	40	0,856	0,028	0,799	0,914	31,02	24	0,990	0,980	21,00	17,60	18,37
20	80	20	0	0,998	0,003	0,991	1,005	295,31	24	1,000	1,000	21,00	20,91	21,00
20	70	20	10	0,996	0,008	0,980	1,011	132,39	24	0,999	0,999	21,00	20,80	21,01
20	60	20	20	0,976	0,015	0,946	1,006	67,26	24	0,998	0,996	21,00	20,29	20,70
20	50	20	30	0,921	0,026	0,866	0,976	34,94	24	0,992	0,984	21,00	18,98	19,71
20	40	20	40	0,787	0,031	0,723	0,852	25,29	24	0,985	0,971	21,00	16,10	16,96
20	70	30	0	0,998	0,003	0,993	1,004	352,73	24	1,000	1,000	21,00	20,93	21,01
20	60	30	10	0,991	0,010	0,972	1,011	103,41	24	0,999	0,998	21,00	20,69	20,95
20	50	30	20	0,965	0,014	0,935	0,994	67,97	24	0,998	0,996	21,00	20,06	20,46
20	40	30	30	0,848	0,029	0,787	0,909	28,83	24	0,988	0,975	21,00	17,40	18,22
20	30	30	40	0,682	0,040	0,599	0,766	16,93	24	0,971	0,942	21,00	13,77	14,89
20	60	40	0	0,997	0,003	0,990	1,005	289,82	24	1,000	1,000	21,00	20,90	20,99
20	50	40	10	0,989	0,007	0,974	1,005	136,10	24	0,999	0,999	21,00	20,68	20,88
20	40	40	20	0,923	0,021	0,881	0,966	45,03	24	0,995	0,990	21,00	19,11	19,68
20	30	40	30	0,752	0,032	0,685	0,819	23,25	24	0,980	0,960	21,00	15,35	16,25
20	20	40	40	0,509	0,033	0,441	0,578	15,39	24	0,954	0,910	21,00	10,23	11,15

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

Tabelle A1-26: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich G für Lv=20%, Quelle: Eigene Darstellung

Lv	Verkehrsstärkeanteil			Regressionskoeffizient					Modellzusammenfassung					
	a _{ZW}	a _{IA}	a _{KA}	b _{AZW}	s _{bAZW}	b _{AZW-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
20	100	0	0	1,000	0,001	0,998	1,002	1021,27	24	1,000	1,000	84,00	83,92	84,03
20	100	0	10	1,000	0,001	0,998	1,001	1556,58	24	1,000	1,000	84,00	83,95	84,02
20	100	0	20	1,000	0,001	0,999	1,001	1737,15	24	1,000	1,000	84,00	83,95	84,02
20	100	0	30	1,000	0,001	0,998	1,001	1548,15	24	1,000	1,000	84,00	83,95	84,02
20	100	0	40	1,000	0,001	0,999	1,001	1959,12	24	1,000	1,000	84,00	83,96	84,01
20	90	10	0	1,000	0,001	0,998	1,001	1422,36	24	1,000	1,000	84,00	83,93	84,01
20	90	10	10	1,000	0,001	0,999	1,001	1670,63	24	1,000	1,000	84,00	83,95	84,02
20	90	10	20	1,000	0,000	0,999	1,001	2288,39	24	1,000	1,000	84,00	83,96	84,01
20	90	10	30	1,000	0,000	0,999	1,001	2652,93	24	1,000	1,000	84,00	83,96	84,00
20	90	10	40	1,000	0,000	0,999	1,001	2318,47	24	1,000	1,000	84,00	83,96	84,01
20	80	20	0	1,000	0,000	0,999	1,001	2267,65	24	1,000	1,000	84,00	83,95	84,00
20	80	20	10	1,000	0,000	0,999	1,000	2996,42	24	1,000	1,000	84,00	83,96	84,00
20	80	20	20	1,000	0,000	0,999	1,000	2951,99	24	1,000	1,000	84,00	83,96	84,00
20	80	20	30	0,999	0,001	0,997	1,002	831,53	24	1,000	1,000	84,00	83,89	84,02
20	80	20	40	1,000	0,000	0,999	1,000	4080,01	24	1,000	1,000	84,00	83,97	84,00
20	70	30	0	0,996	0,004	0,988	1,004	256,92	24	1,000	1,000	84,00	83,46	83,89
20	70	30	10	0,993	0,007	0,979	1,008	142,10	24	0,999	0,999	84,00	83,05	83,83
20	70	30	20	0,998	0,006	0,985	1,010	168,01	24	1,000	0,999	84,00	83,48	84,14
20	70	30	30	0,998	0,004	0,990	1,005	269,60	24	1,000	1,000	84,00	83,59	84,00
20	70	30	40	0,994	0,007	0,980	1,008	148,64	24	1,000	0,999	84,00	83,14	83,89
20	60	40	0	0,979	0,010	0,958	1,001	94,14	24	0,999	0,998	84,00	81,69	82,84
20	60	40	10	0,960	0,018	0,923	0,996	54,44	24	0,997	0,993	84,00	79,64	81,60
20	60	40	20	0,956	0,019	0,917	0,995	50,72	24	0,996	0,992	84,00	79,28	81,38
20	60	40	30	0,936	0,018	0,899	0,972	52,94	24	0,996	0,993	84,00	77,62	79,59
20	60	40	40	0,948	0,016	0,914	0,982	57,88	24	0,997	0,994	84,00	78,72	80,55

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

Tabelle A1-27: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich Zw für Lv=20%,
Quelle: Eigene Darstellung

Lv	Verkehrsstärkeanteil			Regressionskoeffizient					Modellzusammenfassung					
	a _{IA}	a _{KA}		b _{AIA}	s _{bAIA}	b _{AIA-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
20		10	0	0,107	0,009	0,088	0,126	11,93	24	0,926	0,858	105,00	10,61	11,86
20		10	10	0,107	0,008	0,091	0,123	14,14	24	0,937	0,878	105,00	10,71	11,76
20		10	20	0,123	0,009	0,105	0,141	14,31	24	0,950	0,903	105,00	12,34	13,54
20		10	30	0,104	0,008	0,088	0,120	13,77	24	0,941	0,885	105,00	10,41	11,46
20		10	40	0,126	0,008	0,110	0,142	16,51	24	0,963	0,927	105,00	12,70	13,76
20		20	0	0,245	0,010	0,224	0,266	24,36	24	0,983	0,966	105,00	24,99	26,39
20		20	10	0,265	0,015	0,234	0,295	17,92	24	0,958	0,917	105,00	26,75	28,80
20		20	20	0,253	0,012	0,228	0,278	21,17	24	0,968	0,937	105,00	25,71	27,37
20		20	30	0,264	0,016	0,231	0,297	16,74	24	0,958	0,917	105,00	26,61	28,80
20		20	40	0,302	0,011	0,278	0,326	26,31	24	0,983	0,966	105,00	30,91	32,51
20		30	0	0,430	0,019	0,391	0,470	22,66	24	0,978	0,956	105,00	43,86	46,50
20		30	10	0,438	0,018	0,402	0,475	24,97	24	0,982	0,965	105,00	44,82	47,26
20		30	20	0,464	0,014	0,435	0,492	33,63	24	0,990	0,980	105,00	47,73	49,64
20		30	30	0,484	0,022	0,437	0,530	21,59	24	0,977	0,954	105,00	49,24	52,36
20		30	40	0,537	0,017	0,503	0,572	32,23	24	0,989	0,978	105,00	55,27	57,59
20		40	0	0,634	0,019	0,596	0,673	33,89	24	0,990	0,980	105,00	65,31	67,91
20		40	10	0,688	0,017	0,652	0,725	39,35	24	0,993	0,986	105,00	71,06	73,50
20		40	20	0,725	0,021	0,681	0,769	33,97	24	0,991	0,982	105,00	74,62	77,59
20		40	30	0,755	0,019	0,716	0,795	39,71	24	0,993	0,986	105,00	77,99	80,63
20		40	40	0,764	0,014	0,735	0,793	54,86	24	0,997	0,993	105,00	79,29	81,23

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

Tabelle A1-28: Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des langen Aufstellstreifens (IA) für Lv=20%,
Quelle: Eigene Darstellung

Lv	Verkehrsstärkeanteil			Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung						
	a _{kA}	a _{IA}		b _{AKA}	s _{bAKA}	b _{AKA-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
20	10	0		0,113	0,019	0,074	0,152	6,04	24	0,543	0,295	21,00	2,12	2,64
20	10	10		0,134	0,023	0,087	0,181	5,94	24	0,816	0,667	21,00	2,50	3,13
20	10	20		0,137	0,021	0,094	0,180	6,63	24	0,745	0,555	21,00	2,59	3,17
20	10	30		0,185	0,024	0,134	0,235	7,57	24	0,807	0,650	21,00	3,54	4,22
20	10	40		0,209	0,034	0,139	0,279	6,20	24	0,764	0,583	21,00	3,92	4,85
20	20	0		0,226	0,037	0,149	0,303	6,10	24	0,671	0,450	21,00	4,23	5,26
20	20	10		0,281	0,033	0,212	0,350	8,50	24	0,875	0,766	21,00	5,44	6,36
20	20	20		0,321	0,036	0,247	0,395	9,01	24	0,871	0,758	21,00	6,25	7,25
20	20	30		0,408	0,039	0,328	0,488	10,52	24	0,912	0,832	21,00	8,03	9,11
20	20	40		0,511	0,045	0,418	0,603	11,42	24	0,947	0,897	21,00	10,10	11,34
20	30	0		0,401	0,042	0,314	0,485	11,64	24	0,944	0,886	21,00	7,84	9,01
20	30	10		0,464	0,035	0,392	0,537	13,25	24	0,930	0,865	21,00	9,27	10,24
20	30	20		0,564	0,044	0,473	0,656	12,77	24	0,941	0,885	21,00	11,23	12,46
20	30	30		0,666	0,042	0,579	0,752	15,97	24	0,966	0,934	21,00	13,40	14,56
20	30	40		0,754	0,040	0,672	0,837	19,01	24	0,974	0,949	21,00	15,29	16,39
20	40	0		0,595	0,039	0,515	0,675	15,40	24	0,962	0,926	21,00	11,95	13,03
20	40	10		0,675	0,043	0,586	0,764	15,70	24	0,965	0,930	21,00	13,57	14,77
20	40	20		0,736	0,045	0,643	0,829	16,45	24	0,964	0,929	21,00	14,84	16,08
20	40	30		0,825	0,034	0,754	0,897	23,96	24	0,984	0,968	21,00	16,85	17,81
20	40	40		0,925	0,030	0,863	0,987	30,91	24	0,991	0,981	21,00	19,01	19,85

Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

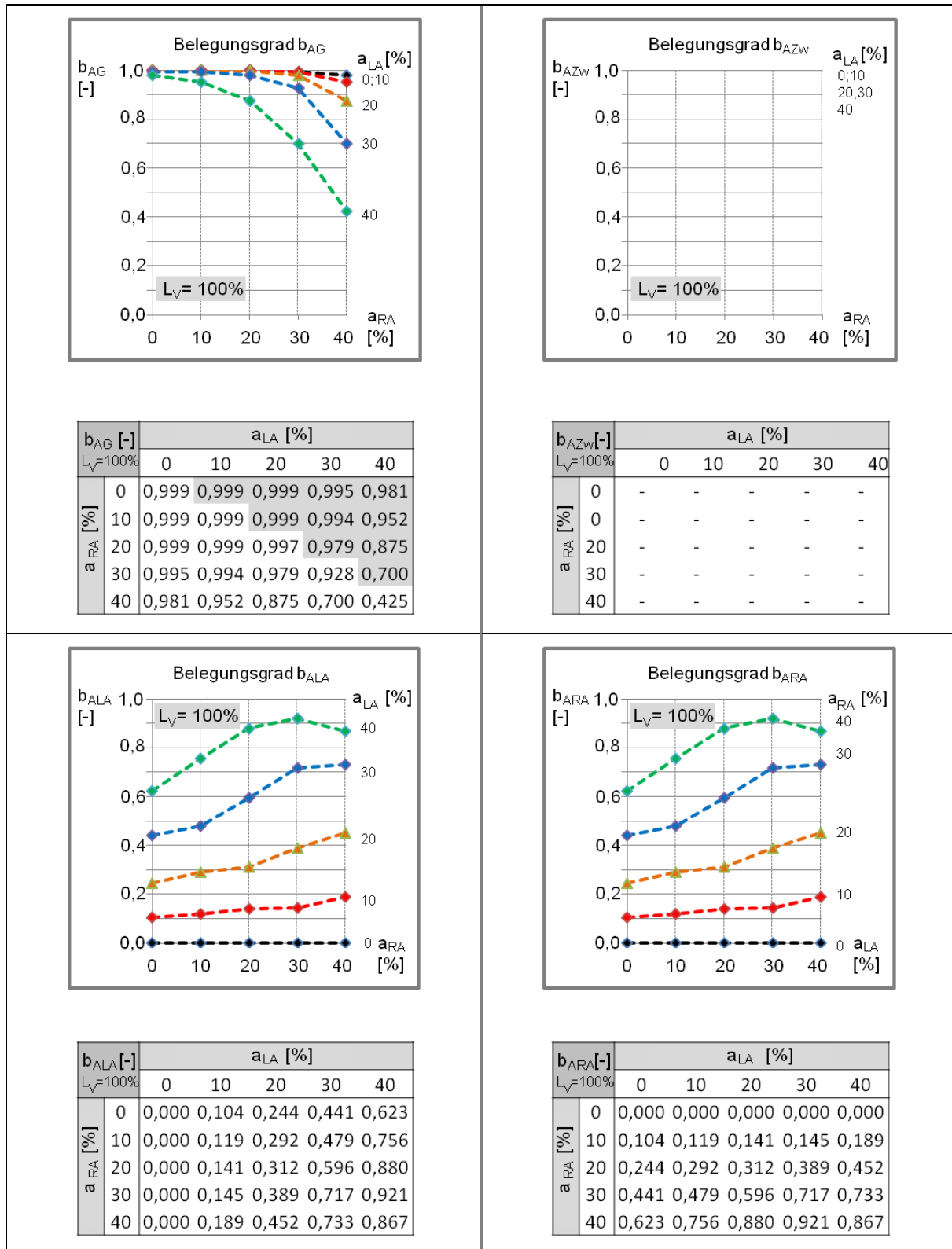
**Tabelle A1-29: Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des kurzen Aufstellstreifens (kA) für Lv=20%,
Quelle: Eigene Darstellung**

Lv	Verkehrsstärkeanteil			Regressionskoeffizient				Modellzusammenfassung						
	a _G	a _{IA}	a _{kA}	b _{AGes}	s _{bAGes}	b _{AGes-KI}		t-Wert	n	R	R ²	x ₀	E(y x ₀) _{KI}	
	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	95%-u	95%-o	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	95%-u	95%-o
20	100	0	0	0,454	0,001	0,453	0,456	735,50	24	1,000	1,000	231,00	104,85	105,04
20	90	0	10	0,464	0,002	0,461	0,468	268,95	24	1,000	1,000	231,00	107,03	107,55
20	80	0	20	0,475	0,003	0,468	0,481	144,42	24	0,999	0,999	231,00	109,11	110,12
20	70	0	30	0,486	0,004	0,479	0,493	138,57	24	0,999	0,999	231,00	113,66	114,75
20	60	0	40	0,498	0,004	0,490	0,505	138,68	24	0,999	0,999	231,00	111,72	112,81
20	90	10	0	0,503	0,004	0,494	0,512	119,72	24	0,999	0,998	231,00	115,52	116,80
20	80	10	10	0,515	0,004	0,507	0,523	133,24	24	0,999	0,999	231,00	118,38	119,56
20	70	10	20	0,535	0,005	0,525	0,545	110,40	24	0,999	0,998	231,00	122,79	124,27
20	60	10	30	0,539	0,005	0,529	0,548	118,62	24	0,999	0,998	231,00	123,74	125,13
20	50	10	40	0,560	0,005	0,549	0,571	102,55	24	0,999	0,998	231,00	128,53	130,20
20	80	20	0	0,565	0,005	0,556	0,575	120,54	24	0,999	0,999	231,00	129,91	131,34
20	70	20	10	0,587	0,008	0,571	0,602	77,83	24	0,998	0,996	231,00	134,39	136,70
20	60	20	20	0,596	0,006	0,583	0,610	91,88	24	0,999	0,997	231,00	136,77	138,76
20	50	20	30	0,618	0,008	0,602	0,635	79,22	24	0,998	0,997	231,00	141,66	144,05
20	40	20	40	0,639	0,007	0,626	0,653	98,15	24	0,999	0,998	231,00	146,69	148,68
20	70	30	0	0,649	0,008	0,632	0,665	80,38	24	0,998	0,997	231,00	148,59	151,06
20	60	30	10	0,667	0,009	0,649	0,686	74,37	24	0,998	0,996	231,00	152,81	155,55
20	50	30	20	0,698	0,007	0,683	0,713	96,17	24	0,999	0,998	231,00	160,21	162,43
20	40	30	30	0,720	0,011	0,698	0,743	65,80	24	0,998	0,995	231,00	164,71	168,06
20	30	30	40	0,743	0,009	0,723	0,763	78,27	24	0,998	0,997	231,00	170,15	173,05
20	60	40	0	0,735	0,008	0,719	0,752	92,09	24	0,999	0,997	231,00	168,60	171,04
20	50	40	10	0,771	0,009	0,751	0,791	81,25	24	0,998	0,997	231,00	176,61	179,51
20	40	40	20	0,808	0,013	0,781	0,835	62,10	24	0,997	0,995	231,00	184,56	188,54
20	30	40	30	0,821	0,009	0,801	0,840	88,37	24	0,999	0,997	231,00	188,13	190,97
20	20	40	40	0,823	0,011	0,801	0,844	78,17	24	0,998	0,997	231,00	188,40	191,62

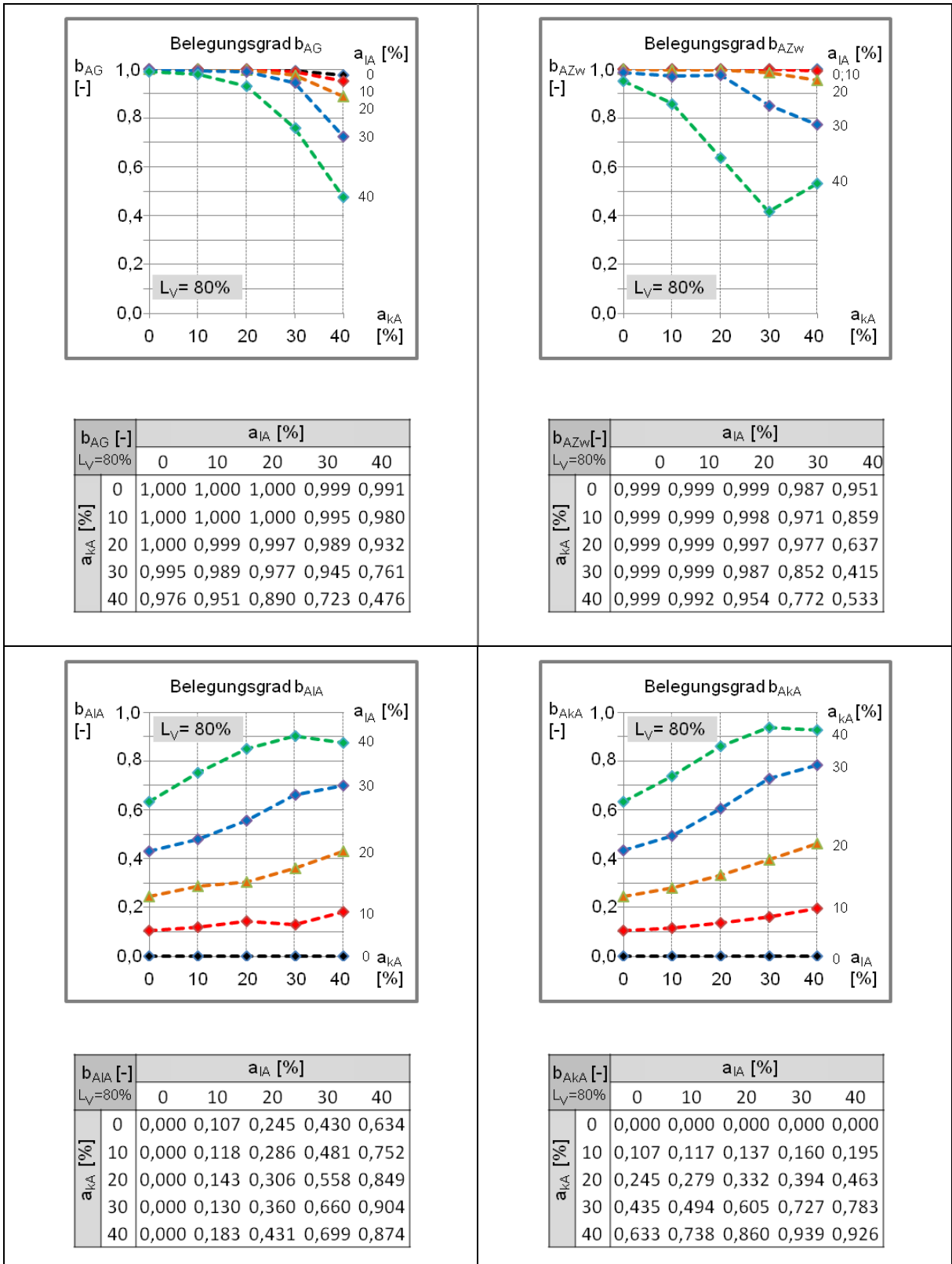
Anmerkungen:
¹⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann b_{Ai} keinen Wert >1 annehmen.
²⁾ Berechnetes 95%-Konfidenzintervall; Hinweis: Im konkreten Anwendungsfall kann E(y|x₀) keinen Wert >x₀ annehmen.

**Tabelle A1-30: Ergebnisse der Regressionsanalyse für alle Aufstellbereiche (AGes) für Lv=20%,
Quelle: Eigene Darstellung**

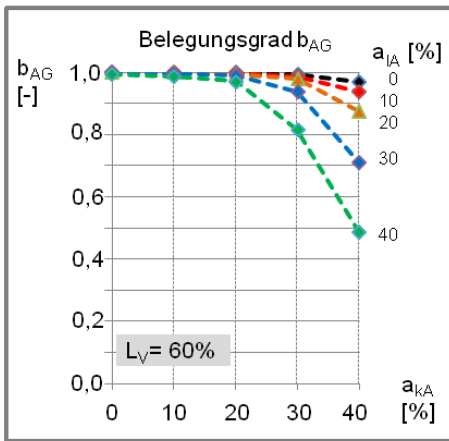
A2. UG-K1+UG-K2: NOMOGRAMME UND WERTETABELLEN DER BELEGUNGSGRAD



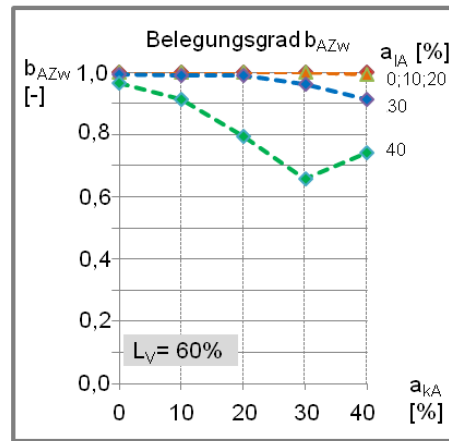
**Bild A2-1: Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Belegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{Ai}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_{ALA}=L_{ARA}$ ($L_V=100\%$),
 Quelle: Eigene Darstellung**



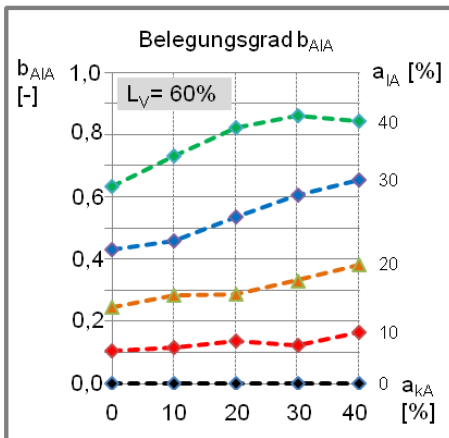
**Bild A2-2: Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Belegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{Ai}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=80%$,
Quelle: Eigene Darstellung**



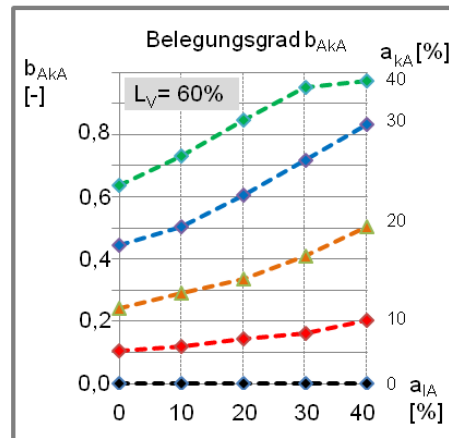
$b_{AG} [-]$		$a_{IA} [%]$				
$L_V=60\%$		0	10	20	30	40
$a_{kA} [%]$	0	0,999	0,999	0,999	0,999	0,995
	10	0,999	0,999	0,999	0,998	0,988
	20	0,999	0,998	0,994	0,989	0,971
	30	0,992	0,987	0,980	0,938	0,816
	40	0,968	0,939	0,874	0,712	0,488



$b_{AZW} [-]$		$a_{IA} [%]$				
$L_V=60\%$		0	10	20	30	40
$a_{kA} [%]$	0	0,999	0,999	0,999	0,992	0,965
	10	1,000	1,000	0,999	0,990	0,913
	20	1,000	1,000	0,999	0,991	0,795
	30	1,000	1,000	0,999	0,961	0,659
	40	1,000	0,999	0,995	0,913	0,743

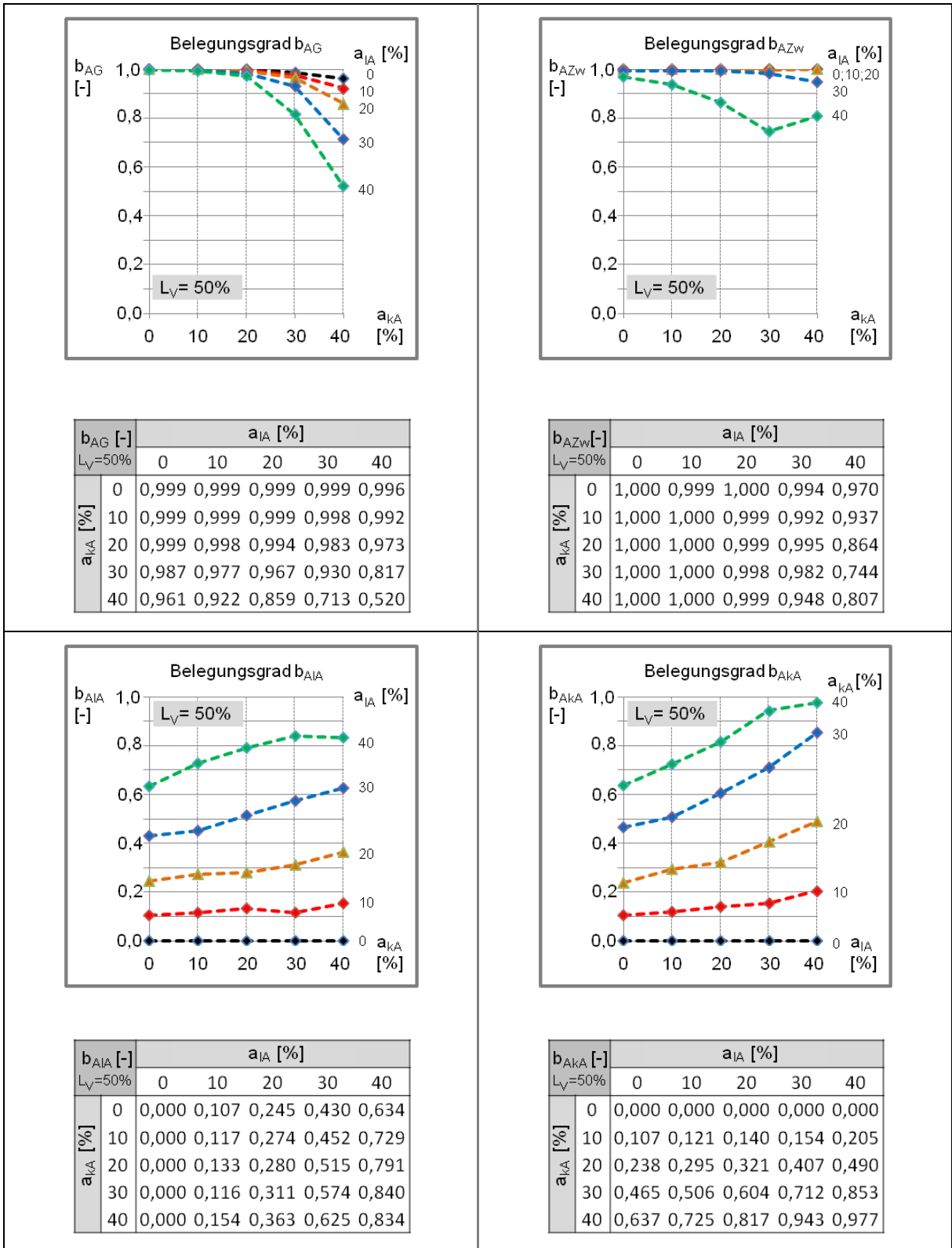


$b_{AIA} [-]$		$a_{IA} [%]$				
$L_V=60\%$		0	10	20	30	40
$a_{kA} [%]$	0	0,000	0,107	0,245	0,430	0,634
	10	0,000	0,116	0,284	0,460	0,730
	20	0,000	0,136	0,288	0,534	0,823
	30	0,000	0,123	0,331	0,604	0,862
	40	0,000	0,165	0,383	0,654	0,843

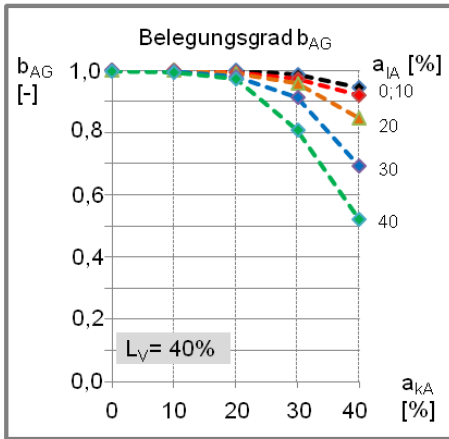


$b_{AkA} [-]$		$a_{IA} [%]$				
$L_V=60\%$		0	10	20	30	40
$a_{kA} [%]$	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	10	0,105	0,118	0,145	0,163	0,202
	20	0,242	0,290	0,336	0,408	0,505
	30	0,446	0,504	0,607	0,719	0,834
	40	0,637	0,732	0,848	0,952	0,973

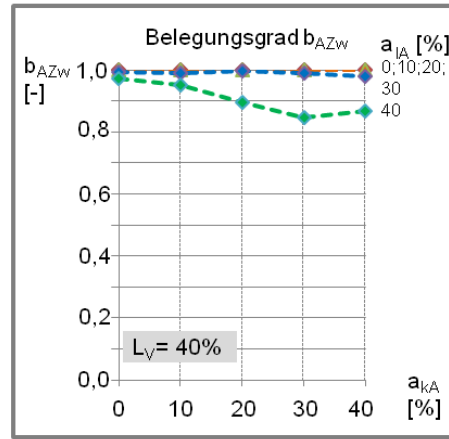
**Bild A2-3: Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Belegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{Ai}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=60\%$,
Quelle: Eigene Darstellung**



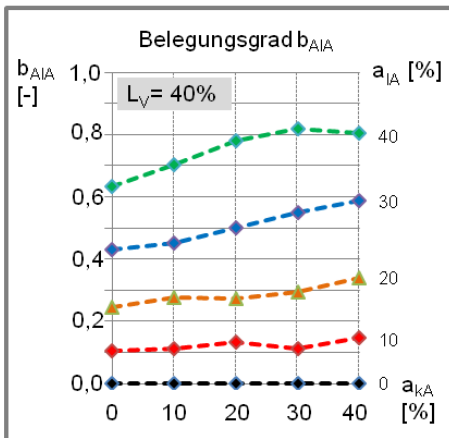
**Bild A2-4: Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Belegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{Ai}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=50\%$,
Quelle: Eigene Darstellung**



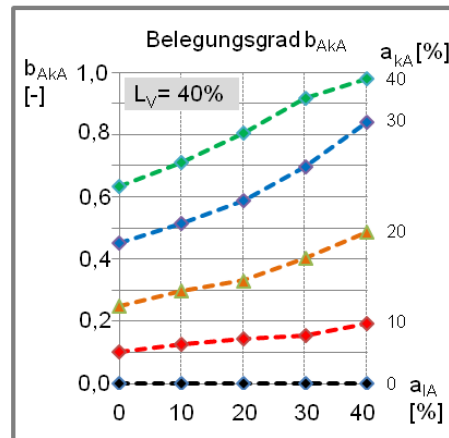
$b_{AG} [-]$		$a_{IA} [%]$				
$L_V=40%$		0	10	20	30	40
$a_{kA} [%]$	0	0,999	0,999	0,999	0,999	0,998
	10	0,999	0,999	0,999	0,998	0,993
	20	0,999	0,995	0,991	0,981	0,973
	30	0,986	0,972	0,958	0,913	0,808
	40	0,945	0,920	0,847	0,692	0,520



$b_{AZW} [-]$		$a_{IA} [%]$				
$L_V=40%$		0	10	20	30	40
$a_{kA} [%]$	0	1,000	1,000	1,000	0,995	0,973
	10	1,000	1,000	0,999	0,991	0,951
	20	1,000	1,000	1,000	0,997	0,896
	30	1,000	1,000	0,999	0,990	0,846
	40	1,000	1,000	1,000	0,979	0,868

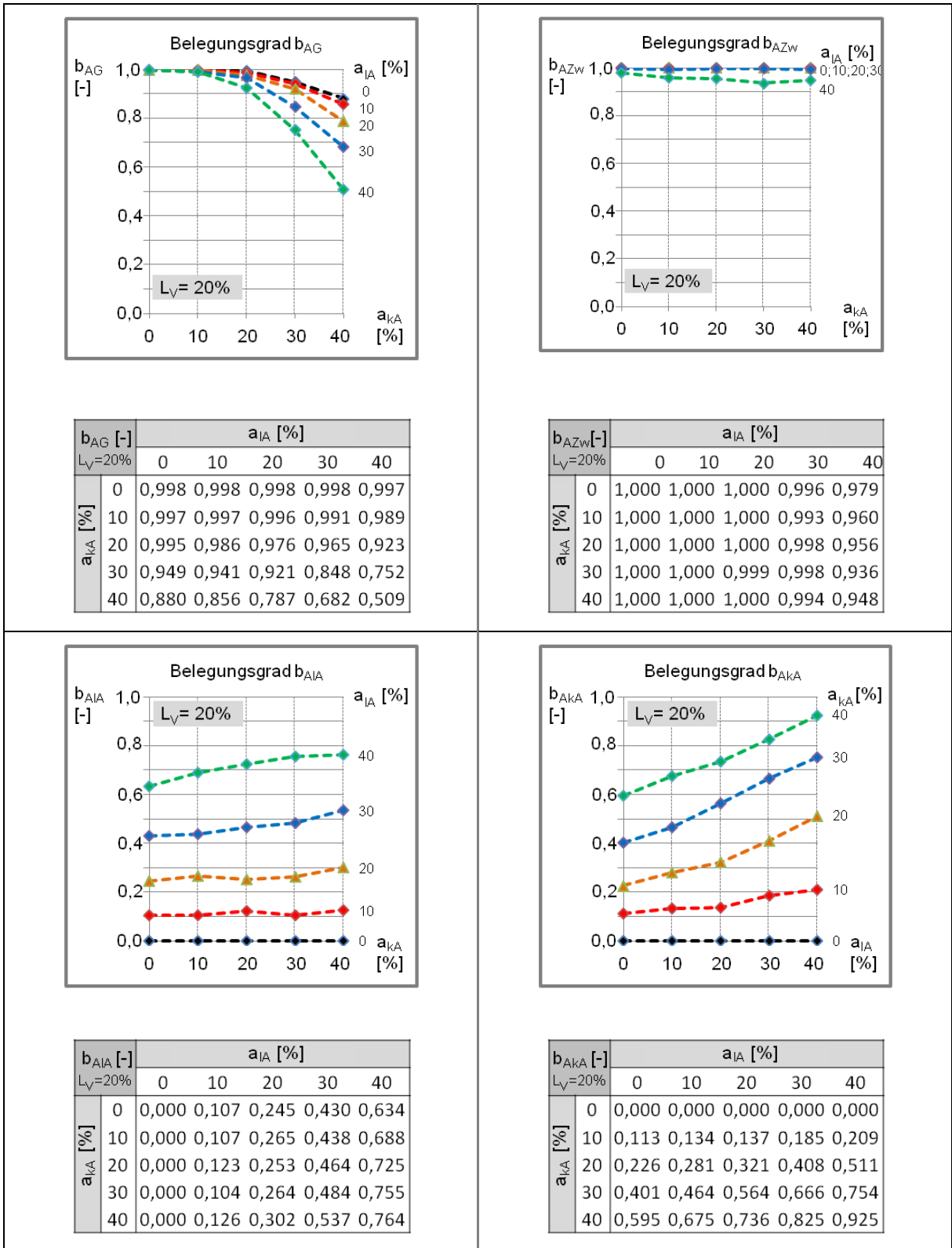


$b_{AIA} [-]$		$a_{IA} [%]$				
$L_V=40%$		0	10	20	30	40
$a_{kA} [%]$	0	0,000	0,107	0,245	0,430	0,634
	10	0,000	0,113	0,276	0,452	0,703
	20	0,000	0,132	0,272	0,499	0,780
	30	0,000	0,114	0,294	0,548	0,820
	40	0,000	0,147	0,340	0,589	0,806



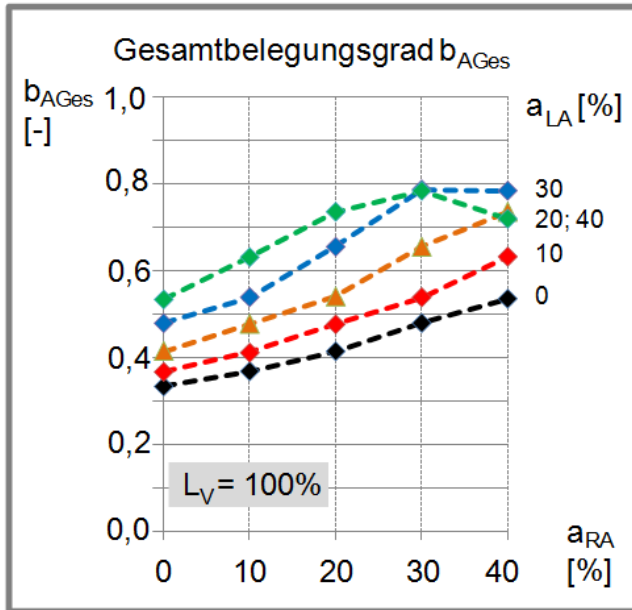
$b_{AkA} [-]$		$a_{IA} [%]$				
$L_V=40%$		0	10	20	30	40
$a_{kA} [%]$	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	10	0,102	0,125	0,143	0,156	0,193
	20	0,249	0,297	0,331	0,402	0,485
	30	0,452	0,514	0,587	0,696	0,839
	40	0,635	0,712	0,805	0,917	0,979

**Bild A2-5: Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Belegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{Ai}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit L_V=40%,
Quelle: Eigene Darstellung**

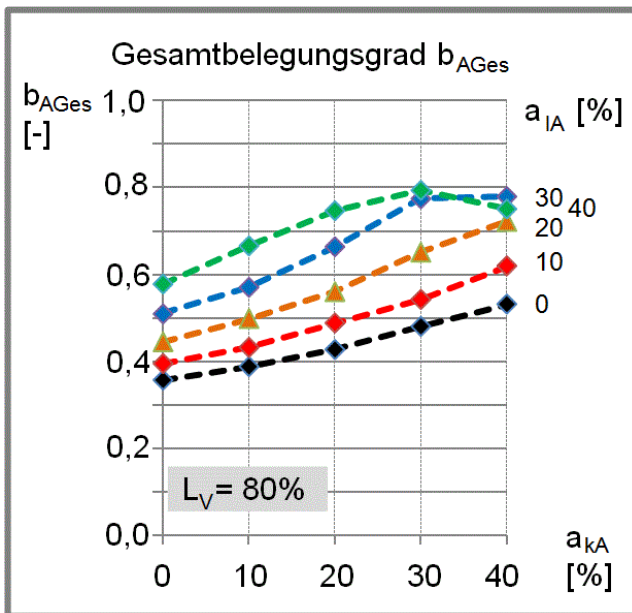


**Bild A2-6: Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Belegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{Ai}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_v=20\%$,
 Quelle: Eigene Darstellung**

A3. UG-K1+UG-K2: NOMOGRAMME UND WERTETABELLEN DES GESAMTBELEGUNGSGRADS

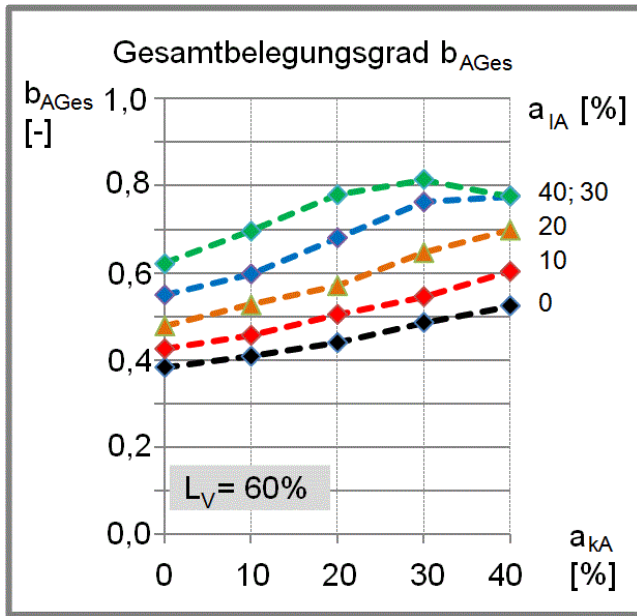


b_{AGes} [-]	a_{LA} [%]				
$L_V=100\%$	0	10	20	30	40
a_{RA} [%]					
0	0,333	0,368	0,414	0,479	0,535
10	0,368	0,412	0,477	0,539	0,632
20	0,414	0,477	0,540	0,655	0,736
30	0,479	0,539	0,655	0,787	0,784
40	0,535	0,632	0,736	0,784	0,720

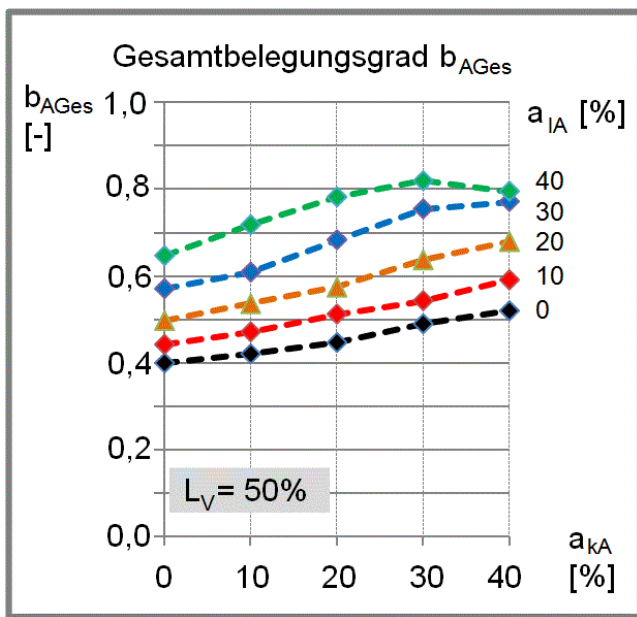


b_{AGes} [-]	a_{iA} [%]				
$L_V=80\%$	0	10	20	30	40
a_{kA} [%]					
0	0,357	0,395	0,444	0,510	0,578
10	0,388	0,432	0,498	0,571	0,666
20	0,427	0,488	0,560	0,664	0,747
30	0,480	0,542	0,651	0,774	0,794
40	0,531	0,619	0,722	0,779	0,751

Bild A3-1: Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Gesamtbelegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{AGes}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=100\%$ und $L_V=80\%$, Quelle: Eigene Darstellung

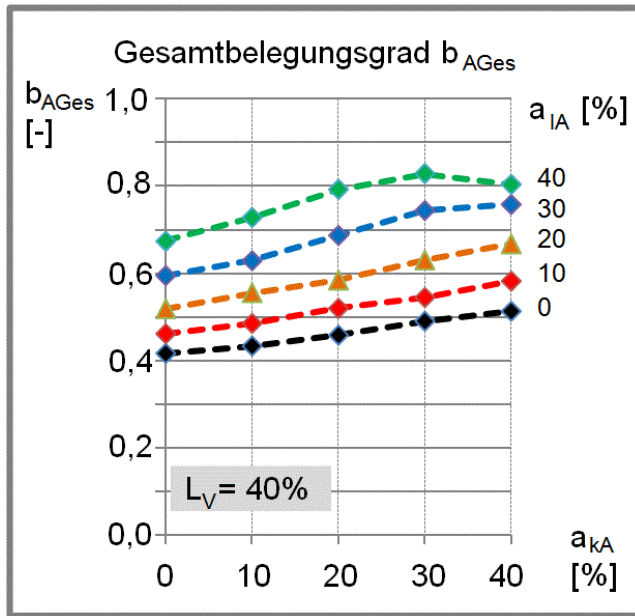


b_{AGes} [-]		a_{IA} [%]				
$L_V=60\%$		0	10	20	30	40
a_{kA} [%]	0	0,384	0,425	0,479	0,549	0,622
	10	0,409	0,456	0,527	0,597	0,696
	20	0,440	0,504	0,571	0,680	0,779
	30	0,486	0,545	0,647	0,762	0,814
	40	0,524	0,603	0,698	0,776	0,776

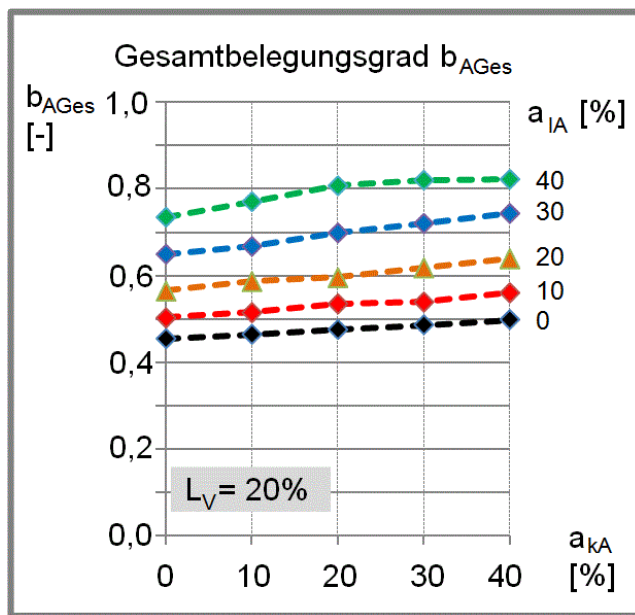


b_{AGes} [-]		a_{IA} [%]				
$L_V=50\%$		0	10	20	30	40
a_{kA} [%]	0	0,400	0,442	0,498	0,571	0,647
	10	0,421	0,471	0,537	0,609	0,718
	20	0,447	0,512	0,575	0,683	0,782
	30	0,490	0,543	0,638	0,754	0,819
	40	0,520	0,591	0,680	0,771	0,795

Bild A3-2: Nomogramme und Wertetabellen der Gesamtbelegungsgrade zur Ermittlung der Aufstellbereiche A_i (b_{AGes}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=60\%$ und $L_V=50\%$, Quelle: Eigene Darstellung



$b_{AGes} [-]$		$a_{IA} [%]$				
$L_V=40\%$		0	10	20	30	40
$a_{kA} [%]$	0	0,416	0,461	0,518	0,595	0,674
	10	0,433	0,485	0,555	0,629	0,728
	20	0,458	0,520	0,584	0,687	0,792
	30	0,490	0,545	0,630	0,744	0,828
	40	0,513	0,583	0,667	0,758	0,803



$b_{AGes} [-]$		$a_{IA} [%]$				
$L_V=20\%$		0	10	20	30	40
$a_{kA} [%]$	0	0,454	0,503	0,565	0,649	0,735
	10	0,464	0,515	0,587	0,667	0,771
	20	0,475	0,535	0,596	0,698	0,808
	30	0,486	0,539	0,618	0,720	0,821
	40	0,498	0,560	0,639	0,743	0,823

Bild A3-3: Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Gesamtbelegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{AGes}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=40\%$ und $L_V=20\%$, Quelle: Eigene Darstellung

A4. UG-V1 : SOLL-IST VERGLEICH IM RAHMEN DER VALIDIERUNG

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{ALA}	a _{ARA}	a _g	a _{zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
101	13	13	0	13	5	13	5	82	-	gFI	0,158	0,999	-	0,063	4,79	5,77	0,98
102	13	13	0	13	10	13	5	82	-	gFI	0,158	0,999	-	0,063	7,90	7,67	-0,23
103	13	13	0	13	15	13	5	82	-	gFI	0,158	0,999	-	0,063	11,00	10,87	-0,14
104	13	13	0	13	20	13	5	82	-	gFI	0,158	0,999	-	0,063	14,11	14,67	0,56
105	13	13	0	13	25	13	5	82	-	gFI	0,158	0,999	-	0,063	17,21	17,87	0,65
106	13	13	0	13	30	13	5	82	-	gFI	0,158	0,999	-	0,063	20,32	20,37	0,05
107	13	13	0	13	5	34	5	61	-	gFI	0,552	0,983	-	0,081	5,59	6,77	1,17
108	13	13	0	13	10	34	5	61	-	gFI	0,552	0,983	-	0,081	8,70	8,20	-0,50
109	13	13	0	13	15	34	5	61	-	gFI	0,552	0,983	-	0,081	11,80	11,90	0,10
110	13	13	0	13	20	34	5	61	-	gFI	0,552	0,983	-	0,081	14,91	15,60	0,69
111	13	13	0	13	25	34	5	61	-	gFI	0,552	0,983	-	0,081	18,02	18,03	0,02
112	13	13	0	13	30	34	5	61	-	gFI	0,552	0,983	-	0,081	21,12	20,87	-0,25
113	13	13	0	13	5	13	28	59	-	gFI	0,213	0,991	-	0,471	5,71	7,13	1,42
114	13	13	0	13	10	13	28	59	-	gFI	0,213	0,991	-	0,471	8,82	8,60	-0,22
115	13	13	0	13	15	13	28	59	-	gFI	0,213	0,991	-	0,471	11,92	11,93	0,01
116	13	13	0	13	20	13	28	59	-	gFI	0,213	0,991	-	0,471	15,03	15,77	0,74
117	13	13	0	13	25	13	28	59	-	gFI	0,213	0,991	-	0,471	18,13	18,73	0,60
118	13	13	0	13	30	13	28	59	-	gFI	0,213	0,991	-	0,471	21,24	21,40	0,16
119	13	13	0	13	5	34	28	38	-	gFI	0,781	0,857	-	0,662	6,98	7,60	0,62
120	13	13	0	13	10	34	28	38	-	gFI	0,781	0,857	-	0,662	10,08	9,20	-0,88
121	13	13	0	13	15	34	28	38	-	gFI	0,781	0,857	-	0,662	13,19	12,67	-0,52
122	13	13	0	13	20	34	28	38	-	gFI	0,781	0,857	-	0,662	16,29	15,70	-0,59
123	13	13	0	13	25	34	28	38	-	gFI	0,781	0,857	-	0,662	19,40	19,03	-0,37
124	13	13	0	13	30	34	28	38	-	gFI	0,781	0,857	-	0,662	22,50	21,63	-0,87
201	14	14	0	14	5	17	11	72	-	gFI	0,242	0,999	-	0,152	5,20	6,67	1,47
202	14	14	0	14	10	17	11	72	-	gFI	0,242	0,999	-	0,152	8,31	8,23	-0,07
203	14	14	0	14	15	17	11	72	-	gFI	0,242	0,999	-	0,152	11,41	11,77	0,35
204	14	14	0	14	20	17	11	72	-	gFI	0,242	0,999	-	0,152	14,52	15,27	0,75
205	14	14	0	14	25	17	11	72	-	gFI	0,242	0,999	-	0,152	17,62	18,33	0,71
206	14	14	0	14	30	17	11	72	-	gFI	0,242	0,999	-	0,152	20,73	20,63	-0,10
207	14	14	0	14	5	23	11	66	-	gFI	0,353	0,997	-	0,161	5,46	6,97	1,51
208	14	14	0	14	10	23	11	66	-	gFI	0,353	0,997	-	0,161	8,57	8,47	-0,10
209	14	14	0	14	15	23	11	66	-	gFI	0,353	0,997	-	0,161	11,67	11,83	0,16
210	14	14	0	14	20	23	11	66	-	gFI	0,353	0,997	-	0,161	14,78	15,50	0,72
211	14	14	0	14	25	23	11	66	-	gFI	0,353	0,997	-	0,161	17,88	18,10	0,22
212	14	14	0	14	30	23	11	66	-	gFI	0,353	0,997	-	0,161	20,99	21,43	0,44

Tabelle A4-1: SOLL-IST Vergleich UG-V1, Wertetabelle, Teil 1,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
213	14	14	0	14	5	17	27	56	-	gFI	0,299	0,988	-	0,484	6,03	7,30	1,27
214	14	14	0	14	10	17	27	56	-	gFI	0,299	0,988	-	0,484	9,13	8,67	-0,47
215	14	14	0	14	15	17	27	56	-	gFI	0,299	0,988	-	0,484	12,24	12,50	0,26
216	14	14	0	14	20	17	27	56	-	gFI	0,299	0,988	-	0,484	15,34	15,77	0,42
217	14	14	0	14	25	17	27	56	-	gFI	0,299	0,988	-	0,484	18,45	18,40	-0,05
218	14	14	0	14	30	17	27	56	-	gFI	0,299	0,988	-	0,484	21,56	21,37	-0,19
219	14	14	0	14	5	23	27	50	-	gFI	0,460	0,972	-	0,543	6,47	7,37	0,89
220	14	14	0	14	10	23	27	50	-	gFI	0,460	0,972	-	0,543	9,58	9,07	-0,51
221	14	14	0	14	15	23	27	50	-	gFI	0,460	0,972	-	0,543	12,68	12,47	-0,22
222	14	14	0	14	20	23	27	50	-	gFI	0,460	0,972	-	0,543	15,79	15,87	0,08
223	14	14	0	14	25	23	27	50	-	gFI	0,460	0,972	-	0,543	18,90	19,00	0,10
224	14	14	0	14	30	23	27	50	-	gFI	0,460	0,972	-	0,543	22,00	21,43	-0,57
301	26	26	0	26	5	26	21	53	-	gFI	0,493	0,982	-	0,389	7,85	9,33	1,49
302	26	26	0	26	10	26	21	53	-	gFI	0,493	0,982	-	0,389	10,95	10,90	-0,05
303	26	26	0	26	15	26	21	53	-	gFI	0,493	0,982	-	0,389	14,06	14,43	0,38
304	26	26	0	26	20	26	21	53	-	gFI	0,493	0,982	-	0,389	17,16	18,13	0,97
305	26	26	0	26	25	26	21	53	-	gFI	0,493	0,982	-	0,389	20,27	20,73	0,46
306	26	26	0	26	30	26	21	53	-	gFI	0,493	0,982	-	0,389	23,37	23,20	-0,17
307	26	26	0	26	5	39	21	40	-	gFI	0,857	0,869	-	0,474	9,21	10,20	0,99
308	26	26	0	26	10	39	21	40	-	gFI	0,857	0,869	-	0,474	12,31	11,30	-1,01
309	26	26	0	26	15	39	21	40	-	gFI	0,857	0,869	-	0,474	15,42	14,63	-0,78
310	26	26	0	26	20	39	21	40	-	gFI	0,857	0,869	-	0,474	18,52	18,57	0,04
311	26	26	0	26	25	39	21	40	-	gFI	0,857	0,869	-	0,474	21,63	21,00	-0,63
312	26	26	0	26	30	39	21	40	-	gFI	0,857	0,869	-	0,474	24,73	23,67	-1,07
313	26	26	0	26	5	26	33	41	-	gFI	0,596	0,895	-	0,739	9,33	10,20	0,87
314	26	26	0	26	10	26	33	41	-	gFI	0,596	0,895	-	0,739	12,43	11,27	-1,17
315	26	26	0	26	15	26	33	41	-	gFI	0,596	0,895	-	0,739	15,54	15,17	-0,37
316	26	26	0	26	20	26	33	41	-	gFI	0,596	0,895	-	0,739	18,65	17,97	-0,68
317	26	26	0	26	25	26	33	41	-	gFI	0,596	0,895	-	0,739	21,75	21,67	-0,08
318	26	26	0	26	30	26	33	41	-	gFI	0,596	0,895	-	0,739	24,86	24,33	-0,52
319	26	26	0	26	5	39	33	28	-	gFI	0,887	0,642	-	0,774	9,62	10,33	0,72
320	26	26	0	26	10	39	33	28	-	gFI	0,887	0,642	-	0,774	12,72	11,77	-0,96
321	26	26	0	26	15	39	33	28	-	gFI	0,887	0,642	-	0,774	15,83	15,43	-0,40
322	26	26	0	26	20	39	33	28	-	gFI	0,887	0,642	-	0,774	18,93	18,00	-0,93
323	26	26	0	26	25	39	33	28	-	gFI	0,887	0,642	-	0,774	22,04	21,53	-0,51
324	26	26	0	26	30	39	33	28	-	gFI	0,887	0,642	-	0,774	25,15	24,47	-0,68

Tabelle A4-2: SOLL-IST Vergleich UG-V1, Wertetabelle, Teil 2,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
401	28	28	0	28	5	10	6	84	-	gFIII	0,113	0,999	-	0,071	5,14	5,97	0,82
402	28	28	0	28	10	10	6	84	-	gFI	0,113	0,999	-	0,071	8,25	8,20	-0,05
403	28	28	0	28	15	10	6	84	-	gFI	0,113	0,999	-	0,071	11,36	11,43	0,08
404	28	28	0	28	20	10	6	84	-	gFI	0,113	0,999	-	0,071	14,46	14,73	0,27
405	28	28	0	28	25	10	6	84	-	gFI	0,113	0,999	-	0,071	17,57	17,87	0,30
406	28	28	0	28	30	10	6	84	-	gFI	0,113	0,999	-	0,071	20,67	20,43	-0,24
407	28	28	0	28	5	14	6	80	-	gFIII	0,177	0,999	-	0,077	5,44	6,50	1,06
408	28	28	0	28	10	14	6	80	-	gFI	0,177	0,999	-	0,077	8,55	8,33	-0,22
409	28	28	0	28	15	14	6	80	-	gFI	0,177	0,999	-	0,077	11,66	11,90	0,24
410	28	28	0	28	20	14	6	80	-	gFI	0,177	0,999	-	0,077	14,76	15,03	0,27
411	28	28	0	28	25	14	6	80	-	gFI	0,177	0,999	-	0,077	17,87	18,23	0,36
412	28	28	0	28	30	14	6	80	-	gFI	0,177	0,999	-	0,077	20,98	20,90	-0,08
413	28	28	0	28	5	10	18	72	-	gFIII	0,137	0,999	-	0,257	6,05	6,87	0,81
414	28	28	0	28	10	10	18	72	-	gFI	0,137	0,999	-	0,257	9,17	9,23	0,07
415	28	28	0	28	15	10	18	72	-	gFI	0,137	0,999	-	0,257	12,27	12,43	0,16
416	28	28	0	28	20	10	18	72	-	gFI	0,137	0,999	-	0,257	15,38	16,20	0,82
417	28	28	0	28	25	10	18	72	-	gFI	0,137	0,999	-	0,257	18,48	18,80	0,32
418	28	28	0	28	30	10	18	72	-	gFI	0,137	0,999	-	0,257	21,59	21,50	-0,09
419	28	28	0	28	5	14	18	68	-	gFIII	0,205	0,998	-	0,266	6,38	7,60	1,22
420	28	28	0	28	10	14	18	68	-	gFI	0,205	0,998	-	0,266	9,50	9,47	-0,03
421	28	28	0	28	15	14	18	68	-	gFI	0,205	0,998	-	0,266	12,60	12,83	0,23
422	28	28	0	28	20	14	18	68	-	gFI	0,205	0,998	-	0,266	15,71	16,27	0,56
423	28	28	0	28	25	14	18	68	-	gFI	0,205	0,998	-	0,266	18,81	19,23	0,42
424	28	28	0	28	30	14	18	68	-	gFI	0,205	0,998	-	0,266	21,92	22,17	0,25
501	33	33	0	33	5	8	12	80	-	gFIII	0,099	0,999	-	0,149	5,42	6,50	1,08
502	33	33	0	33	10	8	12	80	-	gFI	0,099	0,999	-	0,149	8,72	8,80	0,08
503	33	33	0	33	15	8	12	80	-	gFI	0,099	0,999	-	0,149	11,83	12,27	0,44
504	33	33	0	33	20	8	12	80	-	gFI	0,099	0,999	-	0,149	14,93	15,03	0,10
505	33	33	0	33	25	8	12	80	-	gFI	0,099	0,999	-	0,149	18,04	18,37	0,33
506	33	33	0	33	30	8	12	80	-	gFI	0,099	0,999	-	0,149	21,14	20,93	-0,21
507	33	33	0	33	5	18	12	70	-	gFIII	0,261	0,999	-	0,171	6,22	7,23	1,01
508	33	33	0	33	10	18	12	70	-	gFI	0,261	0,999	-	0,171	9,67	9,77	0,10
509	33	33	0	33	15	18	12	70	-	gFI	0,261	0,999	-	0,171	12,77	13,07	0,29
510	33	33	0	33	20	18	12	70	-	gFI	0,261	0,999	-	0,171	15,88	16,27	0,39
511	33	33	0	33	25	18	12	70	-	gFI	0,261	0,999	-	0,171	18,98	19,87	0,88
512	33	33	0	33	30	18	12	70	-	gFI	0,261	0,999	-	0,171	22,09	22,07	-0,02

Tabelle A4-3: SOLL-IST Vergleich UG-V1, Wertetabelle, Teil 3,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
513	33	33	0	33	5	8	25	67	-	qFIII	0,114	0,997	-	0,377	6,47	7,77	1,30
514	33	33	0	33	10	8	25	67	-	gFI	0,114	0,997	-	0,377	9,96	9,80	-0,16
515	33	33	0	33	15	8	25	67	-	gFI	0,114	0,997	-	0,377	13,06	13,70	0,64
516	33	33	0	33	20	8	25	67	-	gFI	0,114	0,997	-	0,377	16,17	17,20	1,03
517	33	33	0	33	25	8	25	67	-	gFI	0,114	0,997	-	0,377	19,28	19,87	0,59
518	33	33	0	33	30	8	25	67	-	gFI	0,114	0,997	-	0,377	22,38	22,37	-0,01
519	33	33	0	33	5	18	25	57	-	qFIII	0,309	0,990	-	0,440	7,56	9,03	1,48
520	33	33	0	33	10	18	25	57	-	gFI	0,309	0,990	-	0,440	11,25	10,97	-0,28
521	33	33	0	33	15	18	25	57	-	gFI	0,309	0,990	-	0,440	14,36	15,20	0,84
522	33	33	0	33	20	18	25	57	-	gFI	0,309	0,990	-	0,440	17,46	18,23	0,77
523	33	33	0	33	25	18	25	57	-	gFI	0,309	0,990	-	0,440	20,57	21,17	0,60
524	33	33	0	33	30	18	25	57	-	gFI	0,309	0,990	-	0,440	23,67	23,90	0,23
601	45	45	0	45	5	17	11	72	-	qFIII	0,242	0,999	-	0,152	6,05	7,00	0,95
602	45	45	0	45	10	17	11	72	-	gFI	0,242	0,999	-	0,152	10,20	9,93	-0,27
603	45	45	0	45	15	17	11	72	-	gFI	0,242	0,999	-	0,152	13,31	13,97	0,66
604	45	45	0	45	20	17	11	72	-	gFI	0,242	0,999	-	0,152	16,41	16,67	0,25
605	45	45	0	45	25	17	11	72	-	gFI	0,242	0,999	-	0,152	19,52	20,13	0,61
606	45	45	0	45	30	17	11	72	-	gFI	0,242	0,999	-	0,152	22,63	22,93	0,31
607	45	45	0	45	5	23	11	66	-	qFIII	0,353	0,997	-	0,161	6,57	7,83	1,27
608	45	45	0	45	10	23	11	66	-	gFI	0,353	0,997	-	0,161	11,04	10,70	-0,34
609	45	45	0	45	15	23	11	66	-	gFI	0,353	0,997	-	0,161	14,14	14,40	0,26
610	45	45	0	45	20	23	11	66	-	gFI	0,353	0,997	-	0,161	17,25	17,90	0,65
611	45	45	0	45	25	23	11	66	-	gFI	0,353	0,997	-	0,161	20,35	21,10	0,75
612	45	45	0	45	30	23	11	66	-	gFI	0,353	0,997	-	0,161	23,46	24,10	0,64
613	45	45	0	45	5	17	27	56	-	qFIII	0,299	0,988	-	0,484	7,70	8,93	1,24
614	45	45	0	45	10	17	27	56	-	gFI	0,299	0,988	-	0,484	12,86	12,50	-0,36
615	45	45	0	45	15	17	27	56	-	gFI	0,299	0,988	-	0,484	15,96	16,47	0,50
616	45	45	0	45	20	17	27	56	-	gFI	0,299	0,988	-	0,484	19,07	20,20	1,13
617	45	45	0	45	25	17	27	56	-	gFI	0,299	0,988	-	0,484	22,18	23,00	0,82
618	45	45	0	45	30	17	27	56	-	gFI	0,299	0,988	-	0,484	25,28	25,37	0,09
619	45	45	0	45	5	23	27	50	-	qFIII	0,460	0,972	-	0,543	8,58	9,83	1,25
620	45	45	0	45	10	23	27	50	-	gFI	0,460	0,972	-	0,543	14,29	13,30	-0,99
621	45	45	0	45	15	23	27	50	-	gFI	0,460	0,972	-	0,543	17,39	17,23	-0,16
622	45	45	0	45	20	23	27	50	-	gFI	0,460	0,972	-	0,543	20,50	20,57	0,07
623	45	45	0	45	25	23	27	50	-	gFI	0,460	0,972	-	0,543	23,61	24,17	0,56
624	45	45	0	45	30	23	27	50	-	gFI	0,460	0,972	-	0,543	26,71	26,63	-0,08

Tabelle A4-4: SOLL-IST Vergleich UG-V1, Wertetabelle, Teil 4,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
701	63	63	0	63	5	13	5	82	-	gFIII	0,158	0,999	-	0,063	5,30	6,03	0,73
702	63	63	0	63	10	13	5	82	-	gFIII	0,158	0,999	-	0,063	9,09	8,50	-0,59
703	63	63	0	63	15	13	5	82	-	gFI	0,158	0,999	-	0,063	12,72	12,57	-0,15
704	63	63	0	63	20	13	5	82	-	gFI	0,158	0,999	-	0,063	15,82	16,10	0,28
705	63	63	0	63	25	13	5	82	-	gFI	0,158	0,999	-	0,063	18,93	19,13	0,20
706	63	63	0	63	30	13	5	82	-	gFI	0,158	0,999	-	0,063	22,03	21,40	-0,63
707	63	63	0	63	5	34	5	61	-	gFIII	0,552	0,983	-	0,081	7,02	8,07	1,04
708	63	63	0	63	10	34	5	61	-	gFIII	0,552	0,983	-	0,081	12,04	11,43	-0,61
709	63	63	0	63	15	34	5	61	-	gFI	0,552	0,983	-	0,081	16,61	16,43	-0,17
710	63	63	0	63	20	34	5	61	-	gFI	0,552	0,983	-	0,081	19,71	20,50	0,79
711	63	63	0	63	25	34	5	61	-	gFI	0,552	0,983	-	0,081	22,82	23,50	0,68
712	63	63	0	63	30	34	5	61	-	gFI	0,552	0,983	-	0,081	25,92	25,57	-0,36
713	63	63	0	63	5	13	28	59	-	gFIII	0,213	0,991	-	0,471	7,28	8,63	1,35
714	63	63	0	63	10	13	28	59	-	gFIII	0,213	0,991	-	0,471	12,48	11,87	-0,62
715	63	63	0	63	15	13	28	59	-	gFI	0,213	0,991	-	0,471	17,18	17,70	0,52
716	63	63	0	63	20	13	28	59	-	gFI	0,213	0,991	-	0,471	20,29	20,77	0,48
717	63	63	0	63	25	13	28	59	-	gFI	0,213	0,991	-	0,471	23,39	24,30	0,91
718	63	63	0	63	30	13	28	59	-	gFI	0,213	0,991	-	0,471	26,50	26,40	-0,10
719	63	63	0	63	5	34	28	38	-	gFIII	0,781	0,857	-	0,662	9,99	13,00	3,01
720	63	63	0	63	10	34	28	38	-	gFIII	0,781	0,857	-	0,662	17,13	17,70	0,57
721	63	63	0	63	15	34	28	38	-	gFI	0,781	0,857	-	0,662	23,31	22,83	-0,47
722	63	63	0	63	20	34	28	38	-	gFI	0,781	0,857	-	0,662	26,41	26,10	-0,31
723	63	63	0	63	25	34	28	38	-	gFI	0,781	0,857	-	0,662	29,52	28,57	-0,95
724	63	63	0	63	30	34	28	38	-	gFI	0,781	0,857	-	0,662	32,62	32,20	-0,42
801	63	63	0	63	5	10	6	84	-	gFIII	0,113	0,999	-	0,071	5,14	6,00	0,86
802	63	63	0	63	10	10	6	84	-	gFIII	0,113	0,999	-	0,071	8,82	8,47	-0,35
803	63	63	0	63	15	10	6	84	-	gFI	0,113	0,999	-	0,071	12,36	12,10	-0,26
804	63	63	0	63	20	10	6	84	-	gFI	0,113	0,999	-	0,071	15,46	16,10	0,64
805	63	63	0	63	25	10	6	84	-	gFI	0,113	0,999	-	0,071	18,57	19,03	0,47
806	63	63	0	63	30	10	6	84	-	gFI	0,113	0,999	-	0,071	21,67	21,33	-0,34
807	63	63	0	63	5	14	6	80	-	gFIII	0,177	0,999	-	0,077	5,44	6,50	1,06
808	63	63	0	63	10	14	6	80	-	gFIII	0,177	0,999	-	0,077	9,33	9,13	-0,20
809	63	63	0	63	15	14	6	80	-	gFI	0,177	0,999	-	0,077	13,04	13,17	0,13
810	63	63	0	63	20	14	6	80	-	gFI	0,177	0,999	-	0,077	16,14	16,53	0,39
811	63	63	0	63	25	14	6	80	-	gFI	0,177	0,999	-	0,077	19,25	19,80	0,55
812	63	63	0	63	30	14	6	80	-	gFI	0,177	0,999	-	0,077	22,35	21,47	-0,89

Tabelle A4-5: SOLL-IST Vergleich UG-V1, Wertetabelle, Teil 5,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
813	63	63	0	63	5	10	18	72	-	gFIII	0,137	0,999	-	0,257	6,05	6,87	0,81
814	63	63	0	63	10	10	18	72	-	gFIII	0,137	0,999	-	0,257	10,38	9,90	-0,48
815	63	63	0	63	15	10	18	72	-	gFI	0,137	0,999	-	0,257	14,41	14,50	0,09
816	63	63	0	63	20	10	18	72	-	gFI	0,137	0,999	-	0,257	17,52	18,00	0,48
817	63	63	0	63	25	10	18	72	-	gFI	0,137	0,999	-	0,257	20,62	21,33	0,71
818	63	63	0	63	30	10	18	72	-	gFI	0,137	0,999	-	0,257	23,73	23,60	-0,13
819	63	63	0	63	5	14	18	68	-	gFIII	0,205	0,998	-	0,266	6,38	7,60	1,22
820	63	63	0	63	10	14	18	68	-	gFIII	0,205	0,998	-	0,266	10,95	10,40	-0,55
821	63	63	0	63	15	14	18	68	-	gFI	0,205	0,998	-	0,266	15,16	15,80	0,64
822	63	63	0	63	20	14	18	68	-	gFI	0,205	0,998	-	0,266	18,27	19,00	0,73
823	63	63	0	63	25	14	18	68	-	gFI	0,205	0,998	-	0,266	21,37	22,13	0,76
824	63	63	0	63	30	14	18	68	-	gFI	0,205	0,998	-	0,266	24,48	24,30	-0,18
901	79	79	0	79	5	8	12	80	-	gFIII	0,099	0,999	-	0,149	5,42	6,47	1,05
902	79	79	0	79	10	8	12	80	-	gFIII	0,099	0,999	-	0,149	9,29	9,13	-0,16
903	79	79	0	79	15	8	12	80	-	gFIII	0,099	0,999	-	0,149	13,16	13,17	0,00
904	79	79	0	79	20	8	12	80	-	gFI	0,099	0,999	-	0,149	16,70	16,90	0,20
905	79	79	0	79	25	8	12	80	-	gFI	0,099	0,999	-	0,149	19,81	20,03	0,23
906	79	79	0	79	30	8	12	80	-	gFI	0,099	0,999	-	0,149	22,91	22,80	-0,11
907	79	79	0	79	5	18	12	70	-	gFIII	0,261	0,999	-	0,171	6,22	7,40	1,18
908	79	79	0	79	10	18	12	70	-	gFIII	0,261	0,999	-	0,171	10,66	10,17	-0,50
909	79	79	0	79	15	18	12	70	-	gFIII	0,261	0,999	-	0,171	15,11	15,47	0,36
910	79	79	0	79	20	18	12	70	-	gFI	0,261	0,999	-	0,171	18,97	19,90	0,93
911	79	79	0	79	25	18	12	70	-	gFI	0,261	0,999	-	0,171	22,07	22,80	0,73
912	79	79	0	79	30	18	12	70	-	gFI	0,261	0,999	-	0,171	25,18	25,17	-0,01
913	79	79	0	79	5	8	25	67	-	gFIII	0,114	0,997	-	0,377	6,47	7,73	1,27
914	79	79	0	79	10	8	25	67	-	gFIII	0,114	0,997	-	0,377	11,09	10,63	-0,45
915	79	79	0	79	15	8	25	67	-	gFIII	0,114	0,997	-	0,377	15,71	16,07	0,36
916	79	79	0	79	20	8	25	67	-	gFI	0,114	0,997	-	0,377	19,67	20,57	0,90
917	79	79	0	79	25	8	25	67	-	gFI	0,114	0,997	-	0,377	22,77	23,53	0,76
918	79	79	0	79	30	8	25	67	-	gFI	0,114	0,997	-	0,377	25,88	25,80	-0,08
919	79	79	0	79	5	18	25	57	-	gFIII	0,309	0,990	-	0,440	7,56	9,03	1,48
920	79	79	0	79	10	18	25	57	-	gFIII	0,309	0,990	-	0,440	12,96	12,33	-0,62
921	79	79	0	79	15	18	25	57	-	gFIII	0,309	0,990	-	0,440	18,36	18,37	0,01
922	79	79	0	79	20	18	25	57	-	gFI	0,309	0,990	-	0,440	22,76	23,37	0,61
923	79	79	0	79	25	18	25	57	-	gFI	0,309	0,990	-	0,440	25,86	25,87	0,01
924	79	79	0	79	30	18	25	57	-	gFI	0,309	0,990	-	0,440	28,97	29,07	0,10

Tabelle A4-6: SOLL-IST Vergleich UG-V1, Wertetabelle, Teil 6,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1001	87	87	0	87	5	26	21	53	-	gFIII	0,493	0,982	-	0,389	8,10	9,70	1,60
1002	87	87	0	87	10	26	21	53	-	gFIII	0,493	0,982	-	0,389	13,89	13,93	0,04
1003	87	87	0	87	15	26	21	53	-	gFIII	0,493	0,982	-	0,389	19,68	20,37	0,68
1004	87	87	0	87	20	26	21	53	-	gFI	0,493	0,982	-	0,389	25,38	24,90	-0,48
1005	87	87	0	87	25	26	21	53	-	gFI	0,493	0,982	-	0,389	28,48	28,23	-0,25
1006	87	87	0	87	30	26	21	53	-	gFI	0,493	0,982	-	0,389	31,59	30,43	-1,15
1007	87	87	0	87	5	39	21	40	-	gFIII	0,857	0,869	-	0,474	9,56	11,67	2,11
1008	87	87	0	87	10	39	21	40	-	gFIII	0,857	0,869	-	0,474	16,39	17,47	1,07
1009	87	87	0	87	15	39	21	40	-	gFIII	0,857	0,869	-	0,474	23,22	24,77	1,54
1010	87	87	0	87	20	39	21	40	-	gFI	0,857	0,869	-	0,474	29,92	29,80	-0,12
1011	87	87	0	87	25	39	21	40	-	gFI	0,857	0,869	-	0,474	33,03	32,00	-1,03
1012	87	87	0	87	30	39	21	40	-	gFI	0,857	0,869	-	0,474	36,13	35,17	-0,97
1013	87	87	0	87	5	26	33	41	-	gFIII	0,596	0,895	-	0,739	9,69	11,83	2,14
1014	87	87	0	87	10	26	33	41	-	gFIII	0,596	0,895	-	0,739	16,62	17,43	0,81
1015	87	87	0	87	15	26	33	41	-	gFIII	0,596	0,895	-	0,739	23,55	25,00	1,45
1016	87	87	0	87	20	26	33	41	-	gFI	0,596	0,895	-	0,739	30,34	30,90	0,56
1017	87	87	0	87	25	26	33	41	-	gFI	0,596	0,895	-	0,739	33,44	33,33	-0,11
1018	87	87	0	87	30	26	33	41	-	gFI	0,596	0,895	-	0,739	36,55	36,63	0,08
1019	87	87	0	87	5	39	33	28	-	gFIII	0,887	0,642	-	0,774	10,00	12,90	2,90
1020	87	87	0	87	10	39	33	28	-	gFIII	0,887	0,642	-	0,774	17,15	17,23	0,08
1021	87	87	0	87	15	39	33	28	-	gFIII	0,887	0,642	-	0,774	24,30	25,60	1,30
1022	87	87	0	87	20	39	33	28	-	gFI	0,887	0,642	-	0,774	31,31	32,40	1,09
1023	87	87	0	87	25	39	33	28	-	gFI	0,887	0,642	-	0,774	34,41	34,33	-0,08
1024	87	87	0	87	30	39	33	28	-	gFI	0,887	0,642	-	0,774	37,52	36,10	-1,42
1101	95	95	0	95	5	8	12	80	-	gFIII	0,099	0,999	-	0,149	5,42	6,43	1,01
1102	95	95	0	95	10	8	12	80	-	gFIII	0,099	0,999	-	0,149	9,29	9,13	-0,16
1103	95	95	0	95	15	8	12	80	-	gFIII	0,099	0,999	-	0,149	13,16	13,23	0,07
1104	95	95	0	95	20	8	12	80	-	gFIII	0,099	0,999	-	0,149	17,04	17,17	0,13
1105	95	95	0	95	25	8	12	80	-	gFI	0,099	0,999	-	0,149	20,42	20,50	0,08
1106	95	95	0	95	30	8	12	80	-	gFI	0,099	0,999	-	0,149	23,53	22,97	-0,56
1107	95	95	0	95	35	8	12	80	-	gFI	0,099	0,999	-	0,149	26,63	25,47	-1,17
1108	95	95	0	95	40	8	12	80	-	gFI	0,099	0,999	-	0,149	29,74	28,77	-0,97
1109	95	95	0	95	5	8	25	67	-	gFIII	0,114	0,997	-	0,377	6,47	7,80	1,33
1110	95	95	0	95	10	8	25	67	-	gFIII	0,114	0,997	-	0,377	11,09	10,53	-0,55
1111	95	95	0	95	15	8	25	67	-	gFIII	0,114	0,997	-	0,377	15,71	15,97	0,26
1112	95	95	0	95	20	8	25	67	-	gFIII	0,114	0,997	-	0,377	20,33	21,03	0,71

Tabelle A4-7: SOLL-IST Vergleich UG-V1, Wertetabelle, Teil 7,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	LALA	LAG	LAZW	LARA	t _{gr}	aLA	aRA	aG	azw	Fall	bALA	bAG	bAZW	bARA	CIST	CSOLL	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1113	95	95	0	95	25	8	25	67	-	gFI	0,114	0,997	-	0,377	23,99	24,70	0,71
1114	95	95	0	95	30	8	25	67	-	gFI	0,114	0,997	-	0,377	27,09	26,80	-0,29
1115	95	95	0	95	35	8	25	67	-	gFI	0,114	0,997	-	0,377	30,20	29,43	-0,77
1116	95	95	0	95	40	8	25	67	-	gFI	0,114	0,997	-	0,377	33,30	32,17	-1,14
1117	95	95	0	95	5	18	12	70	-	gFIII	0,261	0,999	-	0,171	6,22	7,33	1,11
1118	95	95	0	95	10	18	12	70	-	gFIII	0,261	0,999	-	0,171	10,66	10,20	-0,46
1119	95	95	0	95	15	18	12	70	-	gFIII	0,261	0,999	-	0,171	15,11	15,37	0,26
1120	95	95	0	95	20	18	12	70	-	gFIII	0,261	0,999	-	0,171	19,55	20,27	0,72
1121	95	95	0	95	25	18	12	70	-	gFI	0,261	0,999	-	0,171	23,15	23,57	0,42
1122	95	95	0	95	30	18	12	70	-	gFI	0,261	0,999	-	0,171	26,25	25,70	-0,55
1123	95	95	0	95	35	18	12	70	-	gFI	0,261	0,999	-	0,171	29,36	28,60	-0,76
1124	95	95	0	95	40	18	12	70	-	gFI	0,261	0,999	-	0,171	32,46	31,53	-0,93
1125	95	95	0	95	5	18	25	57	-	gFIII	0,309	0,990	-	0,440	7,56	9,17	1,61
1126	95	95	0	95	10	18	25	57	-	gFIII	0,309	0,990	-	0,440	12,96	12,53	-0,42
1127	95	95	0	95	15	18	25	57	-	gFIII	0,309	0,990	-	0,440	18,36	18,33	-0,02
1128	95	95	0	95	20	18	25	57	-	gFIII	0,309	0,990	-	0,440	23,76	24,07	0,31
1129	95	95	0	95	25	18	25	57	-	gFI	0,309	0,990	-	0,440	27,70	27,90	0,20
1130	95	95	0	95	30	18	25	57	-	gFI	0,309	0,990	-	0,440	30,81	29,33	-1,48
1131	95	95	0	95	35	18	25	57	-	gFI	0,309	0,990	-	0,440	33,91	32,57	-1,35
1132	95	95	0	95	40	18	25	57	-	gFI	0,309	0,990	-	0,440	37,02	35,20	-1,82
1201	104	104	0	104	5	26	21	53	-	gFIII	0,493	0,982	-	0,389	8,10	9,80	1,70
1202	104	104	0	104	10	26	21	53	-	gFIII	0,493	0,982	-	0,389	13,89	14,00	0,11
1203	104	104	0	104	15	26	21	53	-	gFIII	0,493	0,982	-	0,389	19,68	20,30	0,62
1204	104	104	0	104	20	26	21	53	-	gFIII	0,493	0,982	-	0,389	25,47	25,43	-0,04
1205	104	104	0	104	25	26	21	53	-	gFI	0,493	0,982	-	0,389	30,77	30,37	-0,40
1206	104	104	0	104	30	26	21	53	-	gFI	0,493	0,982	-	0,389	33,88	33,53	-0,34
1207	104	104	0	104	35	26	21	53	-	gFI	0,493	0,982	-	0,389	36,98	36,17	-0,82
1208	104	104	0	104	40	26	21	53	-	gFI	0,493	0,982	-	0,389	40,09	39,67	-0,42
1209	104	104	0	104	5	39	21	40	-	gFIII	0,857	0,869	-	0,474	9,56	11,70	2,14
1210	104	104	0	104	10	39	21	40	-	gFIII	0,857	0,869	-	0,474	16,39	17,63	1,24
1211	104	104	0	104	15	39	21	40	-	gFIII	0,857	0,869	-	0,474	23,22	25,40	2,18
1212	104	104	0	104	20	39	21	40	-	gFIII	0,857	0,869	-	0,474	30,06	31,67	1,61
1213	104	104	0	104	25	39	21	40	-	gFI	0,857	0,869	-	0,474	36,21	36,10	-0,11
1214	104	104	0	104	30	39	21	40	-	gFI	0,857	0,869	-	0,474	39,31	39,33	0,02
1215	104	104	0	104	35	39	21	40	-	gFI	0,857	0,869	-	0,474	42,42	42,33	-0,08
1216	104	104	0	104	40	39	21	40	-	gFI	0,857	0,869	-	0,474	45,52	45,10	-0,42

Tabelle A4-8: SOLL-IST Vergleich UG-V1, Wertetabelle, Teil 8,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1217	104	104	0	104	5	26	33	41	-	gFIII	0,596	0,895	-	0,739	9,69	11,97	2,27
1218	104	104	0	104	10	26	33	41	-	gFIII	0,596	0,895	-	0,739	16,62	17,53	0,91
1219	104	104	0	104	15	26	33	41	-	gFIII	0,596	0,895	-	0,739	23,55	25,50	1,95
1220	104	104	0	104	20	26	33	41	-	gFIII	0,596	0,895	-	0,739	30,47	32,10	1,63
1221	104	104	0	104	25	26	33	41	-	gFI	0,596	0,895	-	0,739	36,70	38,00	1,30
1222	104	104	0	104	30	26	33	41	-	gFI	0,596	0,895	-	0,739	39,81	40,57	0,76
1223	104	104	0	104	35	26	33	41	-	gFI	0,596	0,895	-	0,739	42,91	43,27	0,35
1224	104	104	0	104	40	26	33	41	-	gFI	0,596	0,895	-	0,739	46,02	46,57	0,55
1225	104	104	0	104	5	39	33	28	-	gFIII	0,887	0,642	-	0,774	10,00	12,93	2,93
1226	104	104	0	104	10	39	33	28	-	gFIII	0,887	0,642	-	0,774	17,15	17,40	0,25
1227	104	104	0	104	15	39	33	28	-	gFIII	0,887	0,642	-	0,774	24,30	25,87	1,57
1228	104	104	0	104	20	39	33	28	-	gFIII	0,887	0,642	-	0,774	31,45	33,53	2,08
1229	104	104	0	104	25	39	33	28	-	gFI	0,887	0,642	-	0,774	37,86	37,37	-0,49
1230	104	104	0	104	30	39	33	28	-	gFI	0,887	0,642	-	0,774	40,96	41,67	0,70
1231	104	104	0	104	35	39	33	28	-	gFI	0,887	0,642	-	0,774	44,07	43,83	-0,24
1232	104	104	0	104	40	39	33	28	-	gFI	0,887	0,642	-	0,774	47,17	46,93	-0,24
1301	112	112	0	112	5	10	6	84	-	gFIII	0,113	0,999	-	0,071	5,14	5,97	0,82
1302	112	112	0	112	10	10	6	84	-	gFIII	0,113	0,999	-	0,071	8,82	8,70	-0,12
1303	112	112	0	112	15	10	6	84	-	gFIII	0,113	0,999	-	0,071	12,49	12,40	-0,09
1304	112	112	0	112	20	10	6	84	-	gFIII	0,113	0,999	-	0,071	16,17	16,40	0,23
1305	112	112	0	112	25	10	6	84	-	gFIII	0,113	0,999	-	0,071	19,84	19,70	-0,14
1306	112	112	0	112	30	10	6	84	-	gFI	0,113	0,999	-	0,071	23,07	22,70	-0,37
1307	112	112	0	112	35	10	6	84	-	gFI	0,113	0,999	-	0,071	26,18	25,17	-1,01
1308	112	112	0	112	40	10	6	84	-	gFI	0,113	0,999	-	0,071	29,28	28,37	-0,92
1309	112	112	0	112	5	14	6	80	-	gFIII	0,177	0,999	-	0,077	5,44	6,50	1,06
1310	112	112	0	112	10	14	6	80	-	gFIII	0,177	0,999	-	0,077	9,33	9,17	-0,17
1311	112	112	0	112	15	14	6	80	-	gFIII	0,177	0,999	-	0,077	13,22	13,27	0,04
1312	112	112	0	112	20	14	6	80	-	gFIII	0,177	0,999	-	0,077	17,11	17,17	0,05
1313	112	112	0	112	25	14	6	80	-	gFIII	0,177	0,999	-	0,077	21,00	21,07	0,06
1314	112	112	0	112	30	14	6	80	-	gFI	0,177	0,999	-	0,077	24,28	23,63	-0,65
1315	112	112	0	112	35	14	6	80	-	gFI	0,177	0,999	-	0,077	27,39	26,57	-0,82
1316	112	112	0	112	40	14	6	80	-	gFI	0,177	0,999	-	0,077	30,49	28,77	-1,72
1317	112	112	0	112	5	10	18	72	-	gFIII	0,137	0,999	-	0,257	6,05	7,17	1,11
1318	112	112	0	112	10	10	18	72	-	gFIII	0,137	0,999	-	0,257	10,38	9,73	-0,65
1319	112	112	0	112	15	10	18	72	-	gFIII	0,137	0,999	-	0,257	14,71	14,73	0,03
1320	112	112	0	112	20	10	18	72	-	gFIII	0,137	0,999	-	0,257	19,03	19,47	0,43

Tabelle A4-9: SOLL-IST Vergleich UG-V1, Wertetabelle, Teil 9,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	LALA	LAG	LAZw	LARA	t _{gr}	aLA	aRA	aG	azw	Fall	bALA	bAG	bAZw	bARA	CIST	CSOLL	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1321	112	112	0	112	25	10	18	72	-	gFIII	0,137	0,999	-	0,257	23,36	23,50	0,14
1322	112	112	0	112	30	10	18	72	-	gFI	0,137	0,999	-	0,257	26,73	25,93	-0,80
1323	112	112	0	112	35	10	18	72	-	gFI	0,137	0,999	-	0,257	29,84	28,43	-1,40
1324	112	112	0	112	40	10	18	72	-	gFI	0,137	0,999	-	0,257	32,94	31,63	-1,31
1325	112	112	0	112	5	14	18	68	-	gFIII	0,205	0,998	-	0,266	6,38	7,83	1,45
1326	112	112	0	112	10	14	18	68	-	gFIII	0,205	0,998	-	0,266	10,95	10,47	-0,48
1327	112	112	0	112	15	14	18	68	-	gFIII	0,205	0,998	-	0,266	15,51	15,83	0,32
1328	112	112	0	112	20	14	18	68	-	gFIII	0,205	0,998	-	0,266	20,07	20,57	0,50
1329	112	112	0	112	25	14	18	68	-	gFIII	0,205	0,998	-	0,266	24,63	24,67	0,03
1330	112	112	0	112	30	14	18	68	-	gFI	0,205	0,998	-	0,266	28,06	28,10	0,04
1331	112	112	0	112	35	14	18	68	-	gFI	0,205	0,998	-	0,266	31,16	30,53	-0,63
1332	112	112	0	112	40	14	18	68	-	gFI	0,205	0,998	-	0,266	34,27	33,57	-0,70
1401	113	113	0	113	5	17	11	72	-	gFIII	0,242	0,999	-	0,152	6,05	6,93	0,88
1402	113	113	0	113	10	17	11	72	-	gFIII	0,242	0,999	-	0,152	10,38	9,73	-0,64
1403	113	113	0	113	15	17	11	72	-	gFIII	0,242	0,999	-	0,152	14,70	14,90	0,20
1404	113	113	0	113	20	17	11	72	-	gFIII	0,242	0,999	-	0,152	19,03	19,43	0,41
1405	113	113	0	113	25	17	11	72	-	gFIII	0,242	0,999	-	0,152	23,35	23,50	0,15
1406	113	113	0	113	30	17	11	72	-	gFI	0,242	0,999	-	0,152	26,78	25,93	-0,85
1407	113	113	0	113	35	17	11	72	-	gFI	0,242	0,999	-	0,152	29,89	28,43	-1,46
1408	113	113	0	113	40	17	11	72	-	gFI	0,242	0,999	-	0,152	32,99	31,63	-1,36
1409	113	113	0	113	5	23	11	66	-	gFIII	0,353	0,997	-	0,161	6,57	7,83	1,27
1410	113	113	0	113	10	23	11	66	-	gFIII	0,353	0,997	-	0,161	11,26	10,40	-0,86
1411	113	113	0	113	15	23	11	66	-	gFIII	0,353	0,997	-	0,161	15,96	16,27	0,31
1412	113	113	0	113	20	23	11	66	-	gFIII	0,353	0,997	-	0,161	20,65	21,23	0,58
1413	113	113	0	113	25	23	11	66	-	gFIII	0,353	0,997	-	0,161	25,34	25,20	-0,14
1414	113	113	0	113	30	23	11	66	-	gFI	0,353	0,997	-	0,161	28,87	28,77	-0,11
1415	113	113	0	113	35	23	11	66	-	gFI	0,353	0,997	-	0,161	31,98	31,67	-0,31
1416	113	113	0	113	40	23	11	66	-	gFI	0,353	0,997	-	0,161	35,09	34,40	-0,69
1417	113	113	0	113	5	17	27	56	-	gFIII	0,299	0,988	-	0,484	7,70	9,23	1,54
1418	113	113	0	113	10	17	27	56	-	gFIII	0,299	0,988	-	0,484	13,20	12,57	-0,63
1419	113	113	0	113	15	17	27	56	-	gFIII	0,299	0,988	-	0,484	18,70	18,70	0,00
1420	113	113	0	113	20	17	27	56	-	gFIII	0,299	0,988	-	0,484	24,20	24,47	0,26
1421	113	113	0	113	25	17	27	56	-	gFIII	0,299	0,988	-	0,484	29,70	28,73	-0,97
1422	113	113	0	113	30	17	27	56	-	gFI	0,299	0,988	-	0,484	33,45	32,63	-0,82
1423	113	113	0	113	35	17	27	56	-	gFI	0,299	0,988	-	0,484	36,56	34,97	-1,59
1424	113	113	0	113	40	17	27	56	-	gFI	0,299	0,988	-	0,484	39,66	37,40	-2,26

Tabelle A4-10: SOLL-IST Vergleich UG-V1, Wertetabelle, Teil 10,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1425	113	113	0	113	5	23	27	50	-	gFIII	0,460	0,972	-	0,543	8,58	9,80	1,22
1426	113	113	0	113	10	23	27	50	-	gFIII	0,460	0,972	-	0,543	14,72	14,20	-0,52
1427	113	113	0	113	15	23	27	50	-	gFIII	0,460	0,972	-	0,543	20,86	21,00	0,14
1428	113	113	0	113	20	23	27	50	-	gFIII	0,460	0,972	-	0,543	26,99	26,90	-0,09
1429	113	113	0	113	25	23	27	50	-	gFIII	0,460	0,972	-	0,543	33,13	31,90	-1,23
1430	113	113	0	113	30	23	27	50	-	gFI	0,460	0,972	-	0,543	37,04	36,13	-0,91
1431	113	113	0	113	35	23	27	50	-	gFI	0,460	0,972	-	0,543	40,15	39,43	-0,72
1432	113	113	0	113	40	23	27	50	-	gFI	0,460	0,972	-	0,543	43,26	41,53	-1,72
1501	118	118	0	118	5	13	5	82	-	gFIII	0,158	0,999	-	0,063	5,30	6,03	0,73
1502	118	118	0	118	10	13	5	82	-	gFIII	0,158	0,999	-	0,063	9,09	8,77	-0,33
1503	118	118	0	118	15	13	5	82	-	gFIII	0,158	0,999	-	0,063	12,88	12,63	-0,25
1504	118	118	0	118	20	13	5	82	-	gFIII	0,158	0,999	-	0,063	16,67	16,90	0,23
1505	118	118	0	118	25	13	5	82	-	gFIII	0,158	0,999	-	0,063	20,46	20,47	0,01
1506	118	118	0	118	30	13	5	82	-	gFI	0,158	0,999	-	0,063	23,92	23,23	-0,69
1507	118	118	0	118	35	13	5	82	-	gFI	0,158	0,999	-	0,063	27,03	25,57	-1,46
1508	118	118	0	118	40	13	5	82	-	gFI	0,158	0,999	-	0,063	30,13	28,90	-1,23
1509	118	118	0	118	5	34	5	61	-	gFIII	0,552	0,983	-	0,081	7,02	8,20	1,18
1510	118	118	0	118	10	34	5	61	-	gFIII	0,552	0,983	-	0,081	12,04	11,27	-0,78
1511	118	118	0	118	15	34	5	61	-	gFIII	0,552	0,983	-	0,081	17,06	17,53	0,47
1512	118	118	0	118	20	34	5	61	-	gFIII	0,552	0,983	-	0,081	22,08	22,90	0,82
1513	118	118	0	118	25	34	5	61	-	gFIII	0,552	0,983	-	0,081	27,10	27,13	0,03
1514	118	118	0	118	30	34	5	61	-	gFI	0,552	0,983	-	0,081	31,20	30,90	-0,30
1515	118	118	0	118	35	34	5	61	-	gFI	0,552	0,983	-	0,081	34,31	33,80	-0,51
1516	118	118	0	118	40	34	5	61	-	gFI	0,552	0,983	-	0,081	37,41	36,30	-1,11
1517	118	118	0	118	5	13	28	59	-	gFIII	0,213	0,991	-	0,471	7,28	8,70	1,42
1518	118	118	0	118	10	13	28	59	-	gFIII	0,213	0,991	-	0,471	12,48	11,90	-0,58
1519	118	118	0	118	15	13	28	59	-	gFIII	0,213	0,991	-	0,471	17,68	18,03	0,35
1520	118	118	0	118	20	13	28	59	-	gFIII	0,213	0,991	-	0,471	22,89	23,70	0,81
1521	118	118	0	118	25	13	28	59	-	gFIII	0,213	0,991	-	0,471	28,09	28,07	-0,02
1522	118	118	0	118	30	13	28	59	-	gFI	0,213	0,991	-	0,471	32,28	31,73	-0,55
1523	118	118	0	118	35	13	28	59	-	gFI	0,213	0,991	-	0,471	35,39	34,90	-0,49
1524	118	118	0	118	40	13	28	59	-	gFI	0,213	0,991	-	0,471	38,49	37,00	-1,49
1525	118	118	0	118	5	34	28	38	-	gFIII	0,781	0,857	-	0,662	9,99	13,10	3,11
1526	118	118	0	118	10	34	28	38	-	gFIII	0,781	0,857	-	0,662	17,13	18,80	1,67
1527	118	118	0	118	15	34	28	38	-	gFIII	0,781	0,857	-	0,662	24,27	26,63	2,36
1528	118	118	0	118	20	34	28	38	-	gFIII	0,781	0,857	-	0,662	31,41	34,53	3,12

Tabelle A4-11: SOLL-IST Vergleich UG-V1, Wertetabelle, Teil 11,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	LALA	LAG	LAZW	LARA	t _{gr}	aLA	aRA	aG	azw	Fall	bALA	bAG	bAZW	bARA	CIST	CSOLL	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1529	118	118	0	118	25	34	28	38	-	gFIII	0,781	0,857	-	0,662	38,55	41,23	2,68
1530	118	118	0	118	30	34	28	38	-	gFI	0,781	0,857	-	0,662	43,75	45,00	1,25
1531	118	118	0	118	35	34	28	38	-	gFI	0,781	0,857	-	0,662	46,86	47,97	1,11
1532	118	118	0	118	40	34	28	38	-	gFI	0,781	0,857	-	0,662	49,97	49,13	-0,83
1601	119	119	0	119	5	10	6	84	-	gFIII	0,113	0,999	-	0,071	5,14	5,97	0,82
1602	119	119	0	119	10	10	6	84	-	gFIII	0,113	0,999	-	0,071	8,82	8,70	-0,12
1603	119	119	0	119	15	10	6	84	-	gFIII	0,113	0,999	-	0,071	12,49	12,43	-0,06
1604	119	119	0	119	20	10	6	84	-	gFIII	0,113	0,999	-	0,071	16,17	16,30	0,13
1605	119	119	0	119	25	10	6	84	-	gFIII	0,113	0,999	-	0,071	19,84	19,70	-0,14
1606	119	119	0	119	30	10	6	84	-	gFI	0,113	0,999	-	0,071	23,27	22,77	-0,51
1607	119	119	0	119	35	10	6	84	-	gFI	0,113	0,999	-	0,071	26,38	25,23	-1,15
1608	119	119	0	119	40	10	6	84	-	gFI	0,113	0,999	-	0,071	29,48	28,47	-1,02
1609	119	119	0	119	5	14	6	80	-	gFIII	0,177	0,999	-	0,077	5,44	6,53	1,09
1610	119	119	0	119	10	14	6	80	-	gFIII	0,177	0,999	-	0,077	9,33	9,17	-0,17
1611	119	119	0	119	15	14	6	80	-	gFIII	0,177	0,999	-	0,077	13,22	13,27	0,04
1612	119	119	0	119	20	14	6	80	-	gFIII	0,177	0,999	-	0,077	17,11	17,17	0,05
1613	119	119	0	119	25	14	6	80	-	gFIII	0,177	0,999	-	0,077	21,00	21,03	0,03
1614	119	119	0	119	30	14	6	80	-	gFI	0,177	0,999	-	0,077	24,56	23,87	-0,69
1615	119	119	0	119	35	14	6	80	-	gFI	0,177	0,999	-	0,077	27,66	26,53	-1,13
1616	119	119	0	119	40	14	6	80	-	gFI	0,177	0,999	-	0,077	30,77	28,80	-1,97
1617	119	119	0	119	5	10	18	72	-	gFIII	0,137	0,999	-	0,257	6,05	6,93	0,88
1618	119	119	0	119	10	10	18	72	-	gFIII	0,137	0,999	-	0,257	10,38	9,73	-0,65
1619	119	119	0	119	15	10	18	72	-	gFIII	0,137	0,999	-	0,257	14,71	14,87	0,16
1620	119	119	0	119	20	10	18	72	-	gFIII	0,137	0,999	-	0,257	19,03	19,47	0,44
1621	119	119	0	119	25	10	18	72	-	gFIII	0,137	0,999	-	0,257	23,36	23,47	0,11
1622	119	119	0	119	30	10	18	72	-	gFI	0,137	0,999	-	0,257	27,16	26,23	-0,92
1623	119	119	0	119	35	10	18	72	-	gFI	0,137	0,999	-	0,257	30,26	28,83	-1,43
1624	119	119	0	119	40	10	18	72	-	gFI	0,137	0,999	-	0,257	33,37	31,87	-1,50
1625	119	119	0	119	5	14	18	68	-	gFIII	0,205	0,998	-	0,266	6,38	7,83	1,45
1626	119	119	0	119	10	14	18	68	-	gFIII	0,205	0,998	-	0,266	10,95	10,37	-0,58
1627	119	119	0	119	15	14	18	68	-	gFIII	0,205	0,998	-	0,266	15,51	15,70	0,19
1628	119	119	0	119	20	14	18	68	-	gFIII	0,205	0,998	-	0,266	20,07	20,60	0,53
1629	119	119	0	119	25	14	18	68	-	gFIII	0,205	0,998	-	0,266	24,63	24,67	0,03
1630	119	119	0	119	30	14	18	68	-	gFI	0,205	0,998	-	0,266	28,57	28,10	-0,47
1631	119	119	0	119	35	14	18	68	-	gFI	0,205	0,998	-	0,266	31,67	30,83	-0,84
1632	119	119	0	119	40	14	18	68	-	gFI	0,205	0,998	-	0,266	34,78	33,53	-1,25

Tabelle A4-12: SOLL-IST Vergleich UG-V1, Wertetabelle, Teil 12,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1701	137	137	0	137	5	13	5	82	-	gFIII	0,158	0,999	-	0,063	5,30	5,97	0,66
1702	137	137	0	137	10	13	5	82	-	gFIII	0,158	0,999	-	0,063	9,09	8,57	-0,53
1703	137	137	0	137	15	13	5	82	-	gFIII	0,158	0,999	-	0,063	12,88	12,60	-0,28
1704	137	137	0	137	20	13	5	82	-	gFIII	0,158	0,999	-	0,063	16,67	16,90	0,23
1705	137	137	0	137	25	13	5	82	-	gFIII	0,158	0,999	-	0,063	20,46	20,10	-0,36
1706	137	137	0	137	30	13	5	82	-	gFIII	0,158	0,999	-	0,063	24,25	23,67	-0,58
1707	137	137	0	137	35	13	5	82	-	gFI	0,158	0,999	-	0,063	27,68	26,50	-1,18
1708	137	137	0	137	40	13	5	82	-	gFI	0,158	0,999	-	0,063	30,78	29,07	-1,72
1709	137	137	0	137	5	34	5	61	-	gFIII	0,552	0,983	-	0,081	7,02	8,23	1,21
1710	137	137	0	137	10	34	5	61	-	gFIII	0,552	0,983	-	0,081	12,04	11,27	-0,78
1711	137	137	0	137	15	34	5	61	-	gFIII	0,552	0,983	-	0,081	17,06	17,70	0,64
1712	137	137	0	137	20	34	5	61	-	gFIII	0,552	0,983	-	0,081	22,08	23,00	0,92
1713	137	137	0	137	25	34	5	61	-	gFIII	0,552	0,983	-	0,081	27,10	27,07	-0,04
1714	137	137	0	137	30	34	5	61	-	gFIII	0,552	0,983	-	0,081	32,12	31,20	-0,92
1715	137	137	0	137	35	34	5	61	-	gFI	0,552	0,983	-	0,081	36,13	35,00	-1,13
1716	137	137	0	137	40	34	5	61	-	gFI	0,552	0,983	-	0,081	39,24	37,97	-1,27
1717	137	137	0	137	5	13	28	59	-	gFIII	0,213	0,991	-	0,471	7,28	8,73	1,45
1718	137	137	0	137	10	13	28	59	-	gFIII	0,213	0,991	-	0,471	12,48	12,03	-0,45
1719	137	137	0	137	15	13	28	59	-	gFIII	0,213	0,991	-	0,471	17,68	18,10	0,42
1720	137	137	0	137	20	13	28	59	-	gFIII	0,213	0,991	-	0,471	22,89	23,73	0,85
1721	137	137	0	137	25	13	28	59	-	gFIII	0,213	0,991	-	0,471	28,09	28,07	-0,02
1722	137	137	0	137	30	13	28	59	-	gFIII	0,213	0,991	-	0,471	33,29	32,43	-0,86
1723	137	137	0	137	35	13	28	59	-	gFI	0,213	0,991	-	0,471	37,39	36,00	-1,39
1724	137	137	0	137	40	13	28	59	-	gFI	0,213	0,991	-	0,471	40,49	39,00	-1,49
1725	137	137	0	137	5	34	28	38	-	gFIII	0,781	0,857	-	0,662	9,99	13,13	3,14
1726	137	137	0	137	10	34	28	38	-	gFIII	0,781	0,857	-	0,662	17,13	18,60	1,47
1727	137	137	0	137	15	34	28	38	-	gFIII	0,781	0,857	-	0,662	24,27	26,70	2,43
1728	137	137	0	137	20	34	28	38	-	gFIII	0,781	0,857	-	0,662	31,41	34,42	3,00
1729	137	137	0	137	25	34	28	38	-	gFIII	0,781	0,857	-	0,662	38,55	43,10	4,55
1730	137	137	0	137	30	34	28	38	-	gFIII	0,781	0,857	-	0,662	45,69	48,20	2,51
1731	137	137	0	137	35	34	28	38	-	gFI	0,781	0,857	-	0,662	50,71	51,30	0,59
1732	137	137	0	137	40	34	28	38	-	gFI	0,781	0,857	-	0,662	53,81	55,50	1,69
1801	141	141	0	141	5	17	11	72	-	gFIII	0,242	0,999	-	0,152	6,05	7,23	1,18
1802	141	141	0	141	10	17	11	72	-	gFIII	0,242	0,999	-	0,152	10,38	9,70	-0,68
1803	141	141	0	141	15	17	11	72	-	gFIII	0,242	0,999	-	0,152	14,70	14,90	0,20
1804	141	141	0	141	20	17	11	72	-	gFIII	0,242	0,999	-	0,152	19,03	19,33	0,31

Tabelle A4-13: SOLL-IST Vergleich UG-V1, Wertetabelle, Teil 13,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	LALA	LAG	LAZW	LARA	t _{gr}	aLA	aRA	aG	azw	Fall	bALA	bAG	baZW	bARA	CIST	CSOLL	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1805	141	141	0	141	25	17	11	72	-	gFIII	0,242	0,999	-	0,152	23,35	23,40	0,05
1806	141	141	0	141	30	17	11	72	-	gFIII	0,242	0,999	-	0,152	27,68	26,40	-1,28
1807	141	141	0	141	35	17	11	72	-	gFI	0,242	0,999	-	0,152	31,60	30,33	-1,27
1808	141	141	0	141	40	17	11	72	-	gFI	0,242	0,999	-	0,152	34,71	33,23	-1,47
1809	141	141	0	141	5	23	11	66	-	gFIII	0,353	0,997	-	0,161	6,57	7,80	1,23
1810	141	141	0	141	10	23	11	66	-	gFIII	0,353	0,997	-	0,161	11,26	10,47	-0,80
1811	141	141	0	141	15	23	11	66	-	gFIII	0,353	0,997	-	0,161	15,96	16,33	0,38
1812	141	141	0	141	20	23	11	66	-	gFIII	0,353	0,997	-	0,161	20,65	21,33	0,68
1813	141	141	0	141	25	23	11	66	-	gFIII	0,353	0,997	-	0,161	25,34	25,37	0,02
1814	141	141	0	141	30	23	11	66	-	gFIII	0,353	0,997	-	0,161	30,04	29,03	-1,00
1815	141	141	0	141	35	23	11	66	-	gFI	0,353	0,997	-	0,161	34,21	33,53	-0,68
1816	141	141	0	141	40	23	11	66	-	gFI	0,353	0,997	-	0,161	37,32	36,23	-1,08
1817	141	141	0	141	5	17	27	56	-	gFIII	0,299	0,988	-	0,484	7,70	9,10	1,40
1818	141	141	0	141	10	17	27	56	-	gFIII	0,299	0,988	-	0,484	13,20	12,57	-0,63
1819	141	141	0	141	15	17	27	56	-	gFIII	0,299	0,988	-	0,484	18,70	19,17	0,47
1820	141	141	0	141	20	17	27	56	-	gFIII	0,299	0,988	-	0,484	24,20	24,37	0,16
1821	141	141	0	141	25	17	27	56	-	gFIII	0,299	0,988	-	0,484	29,70	28,63	-1,07
1822	141	141	0	141	30	17	27	56	-	gFIII	0,299	0,988	-	0,484	35,20	33,43	-1,77
1823	141	141	0	141	35	17	27	56	-	gFI	0,299	0,988	-	0,484	39,92	37,87	-2,06
1824	141	141	0	141	40	17	27	56	-	gFI	0,299	0,988	-	0,484	43,03	41,37	-1,66
1825	141	141	0	141	5	23	27	50	-	gFIII	0,460	0,972	-	0,543	8,58	9,77	1,18
1826	141	141	0	141	10	23	27	50	-	gFIII	0,460	0,972	-	0,543	14,72	14,20	-0,52
1827	141	141	0	141	15	23	27	50	-	gFIII	0,460	0,972	-	0,543	20,86	21,07	0,21
1828	141	141	0	141	20	23	27	50	-	gFIII	0,460	0,972	-	0,543	26,99	26,70	-0,29
1829	141	141	0	141	25	23	27	50	-	gFIII	0,460	0,972	-	0,543	33,13	32,27	-0,86
1830	141	141	0	141	30	23	27	50	-	gFIII	0,460	0,972	-	0,543	39,26	37,60	-1,66
1831	141	141	0	141	35	23	27	50	-	gFI	0,460	0,972	-	0,543	44,40	42,93	-1,47
1832	141	141	0	141	40	23	27	50	-	gFI	0,460	0,972	-	0,543	47,51	45,63	-1,88
1901	146	146	0	146	5	8	12	80	-	gFIII	0,099	0,999	-	0,149	5,42	6,47	1,05
1902	146	146	0	146	10	8	12	80	-	gFIII	0,099	0,999	-	0,149	9,29	8,97	-0,32
1903	146	146	0	146	15	8	12	80	-	gFIII	0,099	0,999	-	0,149	13,16	13,33	0,17
1904	146	146	0	146	20	8	12	80	-	gFIII	0,099	0,999	-	0,149	17,04	17,50	0,46
1905	146	146	0	146	25	8	12	80	-	gFIII	0,099	0,999	-	0,149	20,91	21,00	0,09
1906	146	146	0	146	30	8	12	80	-	gFIII	0,099	0,999	-	0,149	24,78	24,03	-0,75
1907	146	146	0	146	35	8	12	80	-	gFI	0,099	0,999	-	0,149	28,60	27,23	-1,36
1908	146	146	0	146	40	8	12	80	-	gFI	0,099	0,999	-	0,149	31,70	30,37	-1,34

Tabelle A4-14: SOLL-IST Vergleich UG-V1, Wertetabelle, Teil 14,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1909	146	146	0	146	5	18	12	70	-	gFIII	0,261	0,999	-	0,171	6,22	7,43	1,21
1910	146	146	0	146	10	18	12	70	-	gFIII	0,261	0,999	-	0,171	10,66	10,17	-0,50
1911	146	146	0	146	15	18	12	70	-	gFIII	0,261	0,999	-	0,171	15,11	15,63	0,53
1912	146	146	0	146	20	18	12	70	-	gFIII	0,261	0,999	-	0,171	19,55	20,33	0,78
1913	146	146	0	146	25	18	12	70	-	gFIII	0,261	0,999	-	0,171	24,00	23,93	-0,06
1914	146	146	0	146	30	18	12	70	-	gFIII	0,261	0,999	-	0,171	28,44	27,60	-0,84
1915	146	146	0	146	35	18	12	70	-	gFI	0,261	0,999	-	0,171	32,78	31,40	-1,38
1916	146	146	0	146	40	18	12	70	-	gFI	0,261	0,999	-	0,171	35,89	34,47	-1,42
1917	146	146	0	146	5	8	25	67	-	gFIII	0,114	0,997	-	0,377	6,47	7,90	1,43
1918	146	146	0	146	10	8	25	67	-	gFIII	0,114	0,997	-	0,377	11,09	10,50	-0,59
1919	146	146	0	146	15	8	25	67	-	gFIII	0,114	0,997	-	0,377	15,71	16,33	0,63
1920	146	146	0	146	20	8	25	67	-	gFIII	0,114	0,997	-	0,377	20,33	21,30	0,97
1921	146	146	0	146	25	8	25	67	-	gFIII	0,114	0,997	-	0,377	24,95	25,10	0,15
1922	146	146	0	146	30	8	25	67	-	gFIII	0,114	0,997	-	0,377	29,57	28,90	-0,67
1923	146	146	0	146	35	8	25	67	-	gFI	0,114	0,997	-	0,377	34,07	32,87	-1,21
1924	146	146	0	146	40	8	25	67	-	gFI	0,114	0,997	-	0,377	37,18	36,03	-1,15
1925	146	146	0	146	5	18	25	57	-	gFIII	0,309	0,990	-	0,440	7,56	9,03	1,48
1926	146	146	0	146	10	18	25	57	-	gFIII	0,309	0,990	-	0,440	12,96	12,57	-0,39
1927	146	146	0	146	15	18	25	57	-	gFIII	0,309	0,990	-	0,440	18,36	18,40	0,04
1928	146	146	0	146	20	18	25	57	-	gFIII	0,309	0,990	-	0,440	23,76	24,23	0,47
1929	146	146	0	146	25	18	25	57	-	gFIII	0,309	0,990	-	0,440	29,16	28,23	-0,93
1930	146	146	0	146	30	18	25	57	-	gFIII	0,309	0,990	-	0,440	34,56	33,47	-1,09
1931	146	146	0	146	35	18	25	57	-	gFI	0,309	0,990	-	0,440	39,79	37,40	-2,39
1932	146	146	0	146	40	18	25	57	-	gFI	0,309	0,990	-	0,440	42,89	41,33	-1,56
2001	149	149	0	149	5	26	21	53	-	gFIII	0,493	0,982	-	0,389	8,10	9,50	1,40
2002	149	149	0	149	10	26	21	53	-	gFIII	0,493	0,982	-	0,389	13,89	13,97	0,07
2003	149	149	0	149	15	26	21	53	-	gFIII	0,493	0,982	-	0,389	19,68	20,13	0,45
2004	149	149	0	149	20	26	21	53	-	gFIII	0,493	0,982	-	0,389	25,47	25,33	-0,14
2005	149	149	0	149	25	26	21	53	-	gFIII	0,493	0,982	-	0,389	31,26	30,30	-0,96
2006	149	149	0	149	30	26	21	53	-	gFIII	0,493	0,982	-	0,389	37,05	35,57	-1,49
2007	149	149	0	149	35	26	21	53	-	gFIII	0,493	0,982	-	0,389	42,84	41,20	-1,64
2008	149	149	0	149	40	26	21	53	-	gFI	0,493	0,982	-	0,389	46,15	44,73	-1,41
2009	149	149	0	149	5	39	21	40	-	gFIII	0,857	0,869	-	0,474	9,56	12,03	2,47
2010	149	149	0	149	10	39	21	40	-	gFIII	0,857	0,869	-	0,474	16,39	17,77	1,37
2011	149	149	0	149	15	39	21	40	-	gFIII	0,857	0,869	-	0,474	23,22	26,07	2,84
2012	149	149	0	149	20	39	21	40	-	gFIII	0,857	0,869	-	0,474	30,06	33,73	3,68

Tabelle A4-15: SOLL-IST Vergleich UG-V1, Wertetabelle, Teil 15,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
2013	149	149	0	149	25	39	21	40	-	gFIII	0,857	0,869	-	0,474	36,89	41,13	4,25
2014	149	149	0	149	30	39	21	40	-	gFIII	0,857	0,869	-	0,474	43,72	46,77	3,05
2015	149	149	0	149	35	39	21	40	-	gFIII	0,857	0,869	-	0,474	50,55	49,73	-0,82
2016	149	149	0	149	40	39	21	40	-	gFI	0,857	0,869	-	0,474	53,93	53,73	-0,20
2017	149	149	0	149	5	26	33	41	-	gFIII	0,596	0,895	-	0,739	9,69	11,97	2,27
2018	149	149	0	149	10	26	33	41	-	gFIII	0,596	0,895	-	0,739	16,62	17,70	1,08
2019	149	149	0	149	15	26	33	41	-	gFIII	0,596	0,895	-	0,739	23,55	25,40	1,85
2020	149	149	0	149	20	26	33	41	-	gFIII	0,596	0,895	-	0,739	30,47	32,63	2,16
2021	149	149	0	149	25	26	33	41	-	gFIII	0,596	0,895	-	0,739	37,40	40,30	2,90
2022	149	149	0	149	30	26	33	41	-	gFIII	0,596	0,895	-	0,739	44,33	46,40	2,07
2023	149	149	0	149	35	26	33	41	-	gFIII	0,596	0,895	-	0,739	51,26	52,50	1,24
2024	149	149	0	149	40	26	33	41	-	gFI	0,596	0,895	-	0,739	54,64	56,70	2,06
2025	149	149	0	149	5	39	33	28	-	gFIII	0,887	0,642	-	0,774	10,00	13,30	3,30
2026	149	149	0	149	10	39	33	28	-	gFIII	0,887	0,642	-	0,774	17,15	17,13	-0,02
2027	149	149	0	149	15	39	33	28	-	gFIII	0,887	0,642	-	0,774	24,30	27,07	2,77
2028	149	149	0	149	20	39	33	28	-	gFIII	0,887	0,642	-	0,774	31,45	34,17	2,72
2029	149	149	0	149	25	39	33	28	-	gFIII	0,887	0,642	-	0,774	38,60	41,73	3,13
2030	149	149	0	149	30	39	33	28	-	gFIII	0,887	0,642	-	0,774	45,75	48,00	2,25
2031	149	149	0	149	35	39	33	28	-	gFIII	0,887	0,642	-	0,774	52,90	52,60	-0,30
2032	149	149	0	149	40	39	33	28	-	gFI	0,887	0,642	-	0,774	56,30	55,90	-0,40

Tabelle A4-16: SOLL-IST Vergleich UG-V1, Wertetabelle, Teil 16,
Quelle: Eigene Darstellung

A5. UG-V2: SOLL-IST VERGLEICH IM RAHMEN DER VALIDIERUNG

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{ALA}	a _{ARA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
101	12	12	108	120	5	5	13	82	87	qFII	0,150	0,997	1,000	0,069	5,12	5,90	0,78
102	12	12	108	120	10	5	13	82	87	gFII	0,150	0,997	1,000	0,069	8,69	8,20	-0,49
103	12	12	108	120	15	5	13	82	87	qFII	0,150	0,997	1,000	0,069	12,26	12,10	-0,16
104	12	12	108	120	20	5	13	82	87	gFII	0,150	0,997	1,000	0,069	15,83	15,87	0,04
105	12	12	108	120	25	5	13	82	87	gFII	0,150	0,997	1,000	0,069	19,40	19,40	0,00
106	12	12	108	120	30	5	13	82	87	qFI	0,150	0,997	1,000	0,069	22,79	22,37	-0,42
107	12	12	108	120	35	5	13	82	87	gFI	0,150	0,997	1,000	0,069	25,90	24,90	-1,00
108	12	12	108	120	40	5	13	82	87	qFI	0,150	0,997	1,000	0,069	29,00	27,50	-1,50
109	12	12	108	120	5	11	13	76	87	gFII	0,151	0,994	1,000	0,152	5,28	6,40	1,12
110	12	12	108	120	10	11	13	76	87	gFII	0,151	0,994	1,000	0,152	8,85	8,70	-0,15
111	12	12	108	120	15	11	13	76	87	qFII	0,151	0,994	1,000	0,152	12,43	12,30	-0,13
112	12	12	108	120	20	11	13	76	87	gFII	0,151	0,994	1,000	0,152	16,00	16,47	0,47
113	12	12	108	120	25	11	13	76	87	gFII	0,151	0,994	1,000	0,152	19,58	19,47	-0,11
114	12	12	108	120	30	11	13	76	87	qFI	0,151	0,994	1,000	0,152	22,97	22,60	-0,37
115	12	12	108	120	35	11	13	76	87	gFI	0,151	0,994	1,000	0,152	26,08	25,10	-0,98
116	12	12	108	120	40	11	13	76	87	gFI	0,151	0,994	1,000	0,152	29,18	28,13	-1,05
117	12	12	108	120	5	5	37	58	63	gFII	0,589	0,992	0,980	0,106	7,04	8,77	1,73
118	12	12	108	120	10	5	37	58	63	gFII	0,589	0,992	0,980	0,106	11,91	11,57	-0,35
119	12	12	108	120	15	5	37	58	63	qFII	0,589	0,992	0,980	0,106	16,78	17,40	0,62
120	12	12	108	120	20	5	37	58	63	gFII	0,589	0,992	0,980	0,106	21,66	22,60	0,94
121	12	12	108	120	25	5	37	58	63	gFII	0,589	0,992	0,980	0,106	26,53	26,57	0,04
122	12	12	108	120	30	5	37	58	63	qFI	0,589	0,992	0,980	0,106	30,73	30,30	-0,43
123	12	12	108	120	35	5	37	58	63	gFI	0,589	0,992	0,980	0,106	33,84	33,33	-0,50
124	12	12	108	120	40	5	37	58	63	qFI	0,589	0,992	0,980	0,106	36,94	36,00	-0,94
125	12	12	108	120	5	11	37	52	63	gFII	0,607	0,980	0,975	0,240	7,33	9,23	1,90
126	12	12	108	120	10	11	37	52	63	gFII	0,607	0,980	0,975	0,240	12,25	11,93	-0,31
127	12	12	108	120	15	11	37	52	63	qFII	0,607	0,980	0,975	0,240	17,16	17,40	0,24
128	12	12	108	120	20	11	37	52	63	gFII	0,607	0,980	0,975	0,240	22,08	23,07	0,99
129	12	12	108	120	25	11	37	52	63	gFII	0,607	0,980	0,975	0,240	26,99	26,80	-0,19
130	12	12	108	120	30	11	37	52	63	qFI	0,607	0,980	0,975	0,240	31,21	31,20	-0,01
131	12	12	108	120	35	11	37	52	63	gFI	0,607	0,980	0,975	0,240	34,32	33,70	-0,62
132	12	12	108	120	40	11	37	52	63	qFI	0,607	0,980	0,975	0,240	37,43	36,13	-1,29
201	12	12	72	84	5	24	19	57	81	gFII	0,237	0,949	1,000	0,407	6,04	7,83	1,79
202	12	12	72	84	10	24	19	57	81	gFII	0,237	0,949	1,000	0,407	9,88	9,53	-0,35
203	12	12	72	84	15	24	19	57	81	qFII	0,237	0,949	1,000	0,407	13,72	14,17	0,45
204	12	12	72	84	20	24	19	57	81	qFI	0,237	0,949	1,000	0,407	17,42	18,30	0,88

Tabelle A5-1: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 1,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	LALA	LAG	LAZw	LARA	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
205	12	12	72	84	25	24	19	57	81	gFI	0,237	0,949	1,000	0,407	20,53	20,93	0,40
206	12	12	72	84	30	24	19	57	81	gFI	0,237	0,949	1,000	0,407	23,63	23,33	-0,30
207	12	12	72	84	35	24	19	57	81	gFI	0,237	0,949	1,000	0,407	26,74	26,03	-0,71
208	12	12	72	84	40	24	19	57	81	gFI	0,237	0,949	1,000	0,407	29,85	28,90	-0,95
209	12	12	72	84	5	36	19	45	81	gFII	0,260	0,831	1,000	0,645	6,37	8,03	1,67
210	12	12	72	84	10	36	19	45	81	gFII	0,260	0,831	1,000	0,645	10,28	10,03	-0,25
211	12	12	72	84	15	36	19	45	81	gFII	0,260	0,831	1,000	0,645	14,19	13,90	-0,29
212	12	12	72	84	20	36	19	45	81	gFI	0,260	0,831	1,000	0,645	17,96	18,13	0,18
213	12	12	72	84	25	36	19	45	81	gFI	0,260	0,831	1,000	0,645	21,06	20,73	-0,33
214	12	12	72	84	30	36	19	45	81	gFI	0,260	0,831	1,000	0,645	24,17	23,90	-0,27
215	12	12	72	84	35	36	19	45	81	gFI	0,260	0,831	1,000	0,645	27,27	26,30	-0,97
216	12	12	72	84	40	36	19	45	81	gFI	0,260	0,831	1,000	0,645	30,38	28,77	-1,61
217	12	12	72	84	5	24	28	48	72	gFII	0,417	0,916	0,999	0,490	6,91	8,80	1,89
218	12	12	72	84	10	24	28	48	72	gFII	0,417	0,916	0,999	0,490	11,31	11,07	-0,24
219	12	12	72	84	15	24	28	48	72	gFII	0,417	0,916	0,999	0,490	15,71	15,93	0,23
220	12	12	72	84	20	24	28	48	72	gFI	0,417	0,916	0,999	0,490	19,86	19,90	0,04
221	12	12	72	84	25	24	28	48	72	gFI	0,417	0,916	0,999	0,490	22,97	23,53	0,56
222	12	12	72	84	30	24	28	48	72	gFI	0,417	0,916	0,999	0,490	26,08	25,60	-0,48
223	12	12	72	84	35	24	28	48	72	gFI	0,417	0,916	0,999	0,490	29,18	28,53	-0,65
224	12	12	72	84	40	24	28	48	72	gFI	0,417	0,916	0,999	0,490	32,29	30,50	-1,79
225	12	12	72	84	5	36	28	36	72	gFII	0,455	0,757	0,998	0,724	7,22	9,37	2,15
226	12	12	72	84	10	36	28	36	72	gFII	0,455	0,757	0,998	0,724	11,73	10,97	-0,77
227	12	12	72	84	15	36	28	36	72	gFII	0,455	0,757	0,998	0,724	16,25	16,40	0,15
228	12	12	72	84	20	36	28	36	72	gFI	0,455	0,757	0,998	0,724	20,50	20,27	-0,23
229	12	12	72	84	25	36	28	36	72	gFI	0,455	0,757	0,998	0,724	23,60	23,20	-0,40
230	12	12	72	84	30	36	28	36	72	gFI	0,455	0,757	0,998	0,724	26,71	25,80	-0,91
231	12	12	72	84	35	36	28	36	72	gFI	0,455	0,757	0,998	0,724	29,81	28,63	-1,18
232	12	12	72	84	40	36	28	36	72	gFI	0,455	0,757	0,998	0,724	32,92	30,50	-2,42
301	13	13	17	30	5	7	8	85	92	gFII	0,090	0,999	1,000	0,084	4,90	5,80	0,90
302	13	13	17	30	10	7	8	85	92	gFI	0,090	0,999	1,000	0,084	8,04	7,63	-0,40
303	13	13	17	30	15	7	8	85	92	gFI	0,090	0,999	1,000	0,084	11,14	11,10	-0,04
304	13	13	17	30	20	7	8	85	92	gFI	0,090	0,999	1,000	0,084	14,25	14,73	0,48
305	13	13	17	30	25	7	8	85	92	gFI	0,090	0,999	1,000	0,084	17,35	17,77	0,41
306	13	13	17	30	30	7	8	85	92	gFI	0,090	0,999	1,000	0,084	20,46	19,97	-0,49
307	13	13	17	30	35	7	8	85	92	gFI	0,090	0,999	1,000	0,084	23,57	22,80	-0,77
308	13	13	17	30	40	7	8	85	92	gFI	0,090	0,999	1,000	0,084	26,67	25,57	-1,10

Tabelle A5-2: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 2,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
309	13	13	17	30	5	27	8	65	92	gFII	0,096	0,982	1,000	0,436	5,61	6,77	1,16
310	13	13	17	30	10	27	8	65	92	gFI	0,096	0,982	1,000	0,436	8,75	8,57	-0,18
311	13	13	17	30	15	27	8	65	92	gFI	0,096	0,982	1,000	0,436	11,85	11,80	-0,05
312	13	13	17	30	20	27	8	65	92	gFI	0,096	0,982	1,000	0,436	14,96	15,37	0,41
313	13	13	17	30	25	27	8	65	92	gFI	0,096	0,982	1,000	0,436	18,06	18,80	0,74
314	13	13	17	30	30	27	8	65	92	gFI	0,096	0,982	1,000	0,436	21,17	21,13	-0,04
315	13	13	17	30	35	27	8	65	92	gFI	0,096	0,982	1,000	0,436	24,27	23,70	-0,57
316	13	13	17	30	40	27	8	65	92	gFI	0,096	0,982	1,000	0,436	27,38	26,43	-0,95
317	13	13	17	30	5	7	25	68	75	gFII	0,356	0,999	0,996	0,104	6,09	7,53	1,44
318	13	13	17	30	10	7	25	68	75	gFI	0,356	0,999	0,996	0,104	9,31	9,43	0,12
319	13	13	17	30	15	7	25	68	75	gFI	0,356	0,999	0,996	0,104	12,42	12,83	0,42
320	13	13	17	30	20	7	25	68	75	gFI	0,356	0,999	0,996	0,104	15,52	15,43	-0,09
321	13	13	17	30	25	7	25	68	75	gFI	0,356	0,999	0,996	0,104	18,63	19,00	0,37
322	13	13	17	30	30	7	25	68	75	gFI	0,356	0,999	0,996	0,104	21,73	21,90	0,17
323	13	13	17	30	35	7	25	68	75	gFI	0,356	0,999	0,996	0,104	24,84	24,57	-0,27
324	13	13	17	30	40	7	25	68	75	gFI	0,356	0,999	0,996	0,104	27,94	26,63	-1,31
325	13	13	17	30	5	27	25	48	75	gFII	0,417	0,954	0,995	0,563	7,19	8,37	1,18
326	13	13	17	30	10	27	25	48	75	gFI	0,417	0,954	0,995	0,563	10,43	9,63	-0,80
327	13	13	17	30	15	27	25	48	75	gFI	0,417	0,954	0,995	0,563	13,53	14,07	0,53
328	13	13	17	30	20	27	25	48	75	gFI	0,417	0,954	0,995	0,563	16,64	16,90	0,26
329	13	13	17	30	25	27	25	48	75	gFI	0,417	0,954	0,995	0,563	19,75	20,13	0,39
330	13	13	17	30	30	27	25	48	75	gFI	0,417	0,954	0,995	0,563	22,85	22,37	-0,48
331	13	13	17	30	35	27	25	48	75	gFI	0,417	0,954	0,995	0,563	25,96	24,87	-1,09
332	13	13	17	30	40	27	25	48	75	gFI	0,417	0,954	0,995	0,563	29,06	28,10	-0,96
401	16	16	81	97	5	25	6	69	94	gFII	0,067	0,963	1,000	0,343	5,40	6,50	1,10
402	16	16	81	97	10	25	6	69	94	gFII	0,067	0,963	1,000	0,343	8,71	8,47	-0,25
403	16	16	81	97	15	25	6	69	94	gFII	0,067	0,963	1,000	0,343	12,03	11,80	-0,23
404	16	16	81	97	20	25	6	69	94	gFII	0,067	0,963	1,000	0,343	15,34	15,47	0,12
405	16	16	81	97	25	25	6	69	94	gFI	0,067	0,963	1,000	0,343	18,54	18,23	-0,31
406	16	16	81	97	30	25	6	69	94	gFI	0,067	0,963	1,000	0,343	21,65	21,23	-0,42
407	16	16	81	97	35	25	6	69	94	gFI	0,067	0,963	1,000	0,343	24,76	23,93	-0,82
408	16	16	81	97	40	25	6	69	94	gFI	0,067	0,963	1,000	0,343	27,86	26,73	-1,13
409	16	16	81	97	5	31	6	63	94	gFII	0,063	0,930	1,000	0,451	5,57	6,83	1,27
410	16	16	81	97	10	31	6	63	94	gFII	0,063	0,930	1,000	0,451	8,87	8,60	-0,27
411	16	16	81	97	15	31	6	63	94	gFII	0,063	0,930	1,000	0,451	12,17	11,80	-0,37
412	16	16	81	97	20	31	6	63	94	gFII	0,063	0,930	1,000	0,451	15,47	15,63	0,17

Tabelle A5-3: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 3,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
413	16	16	81	97	25	31	6	63	94	gFI	0,063	0,930	1,000	0,451	18,66	18,83	0,17
414	16	16	81	97	30	31	6	63	94	gFI	0,063	0,930	1,000	0,451	21,77	21,23	-0,53
415	16	16	81	97	35	31	6	63	94	gFI	0,063	0,930	1,000	0,451	24,87	24,03	-0,84
416	16	16	81	97	40	31	6	63	94	gFI	0,063	0,930	1,000	0,451	27,98	26,70	-1,28
417	16	16	81	97	5	25	10	65	90	gFII	0,112	0,960	1,000	0,367	5,65	7,07	1,42
418	16	16	81	97	10	25	10	65	90	gFII	0,112	0,960	1,000	0,367	9,10	8,73	-0,37
419	16	16	81	97	15	25	10	65	90	gFII	0,112	0,960	1,000	0,367	12,55	12,37	-0,19
420	16	16	81	97	20	25	10	65	90	gFII	0,112	0,960	1,000	0,367	16,00	16,27	0,26
421	16	16	81	97	25	25	10	65	90	gFI	0,112	0,960	1,000	0,367	19,27	19,27	-0,01
422	16	16	81	97	30	25	10	65	90	gFI	0,112	0,960	1,000	0,367	22,38	22,20	-0,18
423	16	16	81	97	35	25	10	65	90	gFI	0,112	0,960	1,000	0,367	25,48	24,60	-0,88
424	16	16	81	97	40	25	10	65	90	gFI	0,112	0,960	1,000	0,367	28,59	27,53	-1,06
425	16	16	81	97	5	31	10	59	90	gFII	0,104	0,926	1,000	0,477	5,80	7,30	1,50
426	16	16	81	97	10	31	10	59	90	gFII	0,104	0,926	1,000	0,477	9,23	8,93	-0,30
427	16	16	81	97	15	31	10	59	90	gFII	0,104	0,926	1,000	0,477	12,66	12,37	-0,30
428	16	16	81	97	20	31	10	59	90	gFII	0,104	0,926	1,000	0,477	16,09	16,43	0,34
429	16	16	81	97	25	31	10	59	90	gFI	0,104	0,926	1,000	0,477	19,35	19,90	0,55
430	16	16	81	97	30	31	10	59	90	gFI	0,104	0,926	1,000	0,477	22,45	22,23	-0,22
431	16	16	81	97	35	31	10	59	90	gFI	0,104	0,926	1,000	0,477	25,56	24,77	-0,79
432	16	16	81	97	40	31	10	59	90	gFI	0,104	0,926	1,000	0,477	28,66	27,50	-1,16
501	18	18	27	45	5	18	14	68	86	gFII	0,186	0,995	1,000	0,275	5,91	7,40	1,49
502	18	18	27	45	10	18	14	68	86	gFI	0,186	0,995	1,000	0,275	9,51	9,20	-0,31
503	18	18	27	45	15	18	14	68	86	gFI	0,186	0,995	1,000	0,275	12,62	12,77	0,15
504	18	18	27	45	20	18	14	68	86	gFI	0,186	0,995	1,000	0,275	15,72	16,33	0,61
505	18	18	27	45	25	18	14	68	86	gFI	0,186	0,995	1,000	0,275	18,83	19,33	0,51
506	18	18	27	45	30	18	14	68	86	gFI	0,186	0,995	1,000	0,275	21,93	22,20	0,27
507	18	18	27	45	35	18	14	68	86	gFI	0,186	0,995	1,000	0,275	25,04	24,53	-0,50
508	18	18	27	45	40	18	14	68	86	gFI	0,186	0,995	1,000	0,275	28,14	26,53	-1,61
509	18	18	27	45	5	23	14	63	86	gFII	0,187	0,985	1,000	0,380	6,19	7,77	1,58
510	18	18	27	45	10	23	14	63	86	gFI	0,187	0,985	1,000	0,380	9,79	9,63	-0,16
511	18	18	27	45	15	23	14	63	86	gFI	0,187	0,985	1,000	0,380	12,90	13,07	0,17
512	18	18	27	45	20	23	14	63	86	gFI	0,187	0,985	1,000	0,380	16,00	16,33	0,33
513	18	18	27	45	25	23	14	63	86	gFI	0,187	0,985	1,000	0,380	19,11	19,73	0,63
514	18	18	27	45	30	23	14	63	86	gFI	0,187	0,985	1,000	0,380	22,21	22,20	-0,01
515	18	18	27	45	35	23	14	63	86	gFI	0,187	0,985	1,000	0,380	25,32	24,63	-0,68
516	18	18	27	45	40	23	14	63	86	gFI	0,187	0,985	1,000	0,380	28,42	27,53	-0,89

Tabelle A5-4: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 4,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{ALA}	a _{ARA}	a _{AG}	a _{AZw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
517	18	18	27	45	5	18	32	50	68	gFII	0,545	0,983	0,978	0,368	7,66	9,43	1,77
518	18	18	27	45	10	18	32	50	68	gFI	0,545	0,983	0,978	0,368	12,16	11,13	-1,03
519	18	18	27	45	15	18	32	50	68	gFI	0,545	0,983	0,978	0,368	15,26	15,20	-0,06
520	18	18	27	45	20	18	32	50	68	gFI	0,545	0,983	0,978	0,368	18,37	18,53	0,16
521	18	18	27	45	25	18	32	50	68	gFI	0,545	0,983	0,978	0,368	21,48	21,70	0,22
522	18	18	27	45	30	18	32	50	68	gFI	0,545	0,983	0,978	0,368	24,58	25,10	0,52
523	18	18	27	45	35	18	32	50	68	gFI	0,545	0,983	0,978	0,368	27,69	26,77	-0,92
524	18	18	27	45	40	18	32	50	68	gFI	0,545	0,983	0,978	0,368	30,79	29,20	-1,59
525	18	18	27	45	5	23	32	45	68	gFII	0,569	0,953	0,972	0,510	8,08	9,77	1,69
526	18	18	27	45	10	23	32	45	68	gFI	0,569	0,953	0,972	0,510	12,62	11,43	-1,19
527	18	18	27	45	15	23	32	45	68	gFI	0,569	0,953	0,972	0,510	15,73	15,63	-0,10
528	18	18	27	45	20	23	32	45	68	gFI	0,569	0,953	0,972	0,510	18,84	19,17	0,33
529	18	18	27	45	25	23	32	45	68	gFI	0,569	0,953	0,972	0,510	21,94	21,63	-0,31
530	18	18	27	45	30	23	32	45	68	gFI	0,569	0,953	0,972	0,510	25,05	25,10	0,05
531	18	18	27	45	35	23	32	45	68	gFI	0,569	0,953	0,972	0,510	28,15	26,83	-1,32
532	18	18	27	45	40	23	32	45	68	gFI	0,569	0,953	0,972	0,510	31,26	29,77	-1,49
601	25	25	99	124	5	19	14	67	86	gFII	0,175	0,984	1,000	0,281	6,13	7,80	1,67
602	25	25	99	124	10	19	14	67	86	gFII	0,175	0,984	1,000	0,281	9,78	9,77	-0,02
603	25	25	99	124	15	19	14	67	86	gFII	0,175	0,984	1,000	0,281	13,43	13,50	0,07
604	25	25	99	124	20	19	14	67	86	gFII	0,175	0,984	1,000	0,281	17,08	17,33	0,26
605	25	25	99	124	25	19	14	67	86	gFII	0,175	0,984	1,000	0,281	20,73	21,07	0,34
606	25	25	99	124	30	19	14	67	86	gFI	0,175	0,984	1,000	0,281	24,28	23,87	-0,41
607	25	25	99	124	35	19	14	67	86	gFI	0,175	0,984	1,000	0,281	27,38	26,60	-0,78
608	25	25	99	124	40	19	14	67	86	gFI	0,175	0,984	1,000	0,281	30,49	29,23	-1,25
609	25	25	99	124	5	30	14	56	86	gFII	0,168	0,933	1,000	0,504	6,78	8,97	2,19
610	25	25	99	124	10	30	14	56	86	gFII	0,168	0,933	1,000	0,504	10,41	10,47	0,06
611	25	25	99	124	15	30	14	56	86	gFII	0,168	0,933	1,000	0,504	14,03	14,77	0,73
612	25	25	99	124	20	30	14	56	86	gFII	0,168	0,933	1,000	0,504	17,66	18,27	0,61
613	25	25	99	124	25	30	14	56	86	gFII	0,168	0,933	1,000	0,504	21,29	22,07	0,78
614	25	25	99	124	30	30	14	56	86	gFI	0,168	0,933	1,000	0,504	24,82	24,60	-0,22
615	25	25	99	124	35	30	14	56	86	gFI	0,168	0,933	1,000	0,504	27,92	27,30	-0,62
616	25	25	99	124	40	30	14	56	86	gFI	0,168	0,933	1,000	0,504	31,03	30,23	-0,80
617	25	25	99	124	5	19	35	46	65	gFII	0,592	0,949	0,977	0,433	8,39	10,53	2,14
618	25	25	99	124	10	19	35	46	65	gFII	0,592	0,949	0,977	0,433	13,26	13,17	-0,10
619	25	25	99	124	15	19	35	46	65	gFII	0,592	0,949	0,977	0,433	18,14	19,57	1,43
620	25	25	99	124	20	19	35	46	65	gFII	0,592	0,949	0,977	0,433	23,01	23,90	0,89

Tabelle A5-5: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 5',
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
621	25	25	99	124	25	19	35	46	65	gFII	0,592	0,949	0,977	0,433	27,88	28,07	0,19
622	25	25	99	124	30	19	35	46	65	gFI	0,592	0,949	0,977	0,433	32,43	33,07	0,64
623	25	25	99	124	35	19	35	46	65	gFI	0,592	0,949	0,977	0,433	35,54	35,03	-0,50
624	25	25	99	124	40	19	35	46	65	gFI	0,592	0,949	0,977	0,433	38,64	38,10	-0,54
625	25	25	99	124	5	30	35	35	65	gFII	0,620	0,800	0,967	0,710	9,01	11,97	2,95
626	25	25	99	124	10	30	35	35	65	gFII	0,620	0,800	0,967	0,710	13,94	14,60	0,66
627	25	25	99	124	15	30	35	35	65	gFII	0,620	0,800	0,967	0,710	18,87	20,40	1,53
628	25	25	99	124	20	30	35	35	65	gFII	0,620	0,800	0,967	0,710	23,80	25,33	1,54
629	25	25	99	124	25	30	35	35	65	gFII	0,620	0,800	0,967	0,710	28,72	29,50	0,78
630	25	25	99	124	30	30	35	35	65	gFI	0,620	0,800	0,967	0,710	33,32	33,00	-0,32
631	25	25	99	124	35	30	35	35	65	gFI	0,620	0,800	0,967	0,710	36,43	36,60	0,17
632	25	25	99	124	40	30	35	35	65	gFI	0,620	0,800	0,967	0,710	39,53	39,37	-0,17
701	28	28	10	38	5	12	3	85	97	gFIII	0,037	1,000	0,999	0,139	5,11	5,97	0,86
702	28	28	10	38	10	12	3	85	97	gFI	0,037	1,000	0,999	0,139	8,27	8,17	-0,10
703	28	28	10	38	15	12	3	85	97	gFI	0,037	1,000	0,999	0,139	11,38	11,43	0,06
704	28	28	10	38	20	12	3	85	97	gFI	0,037	1,000	0,999	0,139	14,48	14,73	0,25
705	28	28	10	38	25	12	3	85	97	gFI	0,037	1,000	0,999	0,139	17,59	17,90	0,31
706	28	28	10	38	30	12	3	85	97	gFI	0,037	1,000	0,999	0,139	20,69	20,43	-0,26
707	28	28	10	38	35	12	3	85	97	gFI	0,037	1,000	0,999	0,139	23,80	22,87	-0,93
708	28	28	10	38	40	12	3	85	97	gFI	0,037	1,000	0,999	0,139	26,90	25,53	-1,37
709	28	28	10	38	5	18	3	79	97	gFIII	0,041	0,999	0,999	0,226	5,50	6,53	1,03
710	28	28	10	38	10	18	3	79	97	gFI	0,041	0,999	0,999	0,226	8,68	8,40	-0,28
711	28	28	10	38	15	18	3	79	97	gFI	0,041	0,999	0,999	0,226	11,78	11,67	-0,12
712	28	28	10	38	20	18	3	79	97	gFI	0,041	0,999	0,999	0,226	14,89	15,10	0,21
713	28	28	10	38	25	18	3	79	97	gFI	0,041	0,999	0,999	0,226	17,99	18,60	0,61
714	28	28	10	38	30	18	3	79	97	gFI	0,041	0,999	0,999	0,226	21,10	20,80	-0,30
715	28	28	10	38	35	18	3	79	97	gFI	0,041	0,999	0,999	0,226	24,20	23,57	-0,64
716	28	28	10	38	40	18	3	79	97	gFI	0,041	0,999	0,999	0,226	27,31	26,10	-1,21
717	28	28	10	38	5	12	21	67	79	gFIII	0,308	0,999	0,998	0,181	6,47	7,87	1,40
718	28	28	10	38	10	12	21	67	79	gFI	0,308	0,999	0,998	0,181	10,06	10,20	0,14
719	28	28	10	38	15	12	21	67	79	gFI	0,308	0,999	0,998	0,181	13,16	13,70	0,54
720	28	28	10	38	20	12	21	67	79	gFI	0,308	0,999	0,998	0,181	16,27	17,03	0,76
721	28	28	10	38	25	12	21	67	79	gFI	0,308	0,999	0,998	0,181	19,37	19,93	0,56
722	28	28	10	38	30	12	21	67	79	gFI	0,308	0,999	0,998	0,181	22,48	22,20	-0,28
723	28	28	10	38	35	12	21	67	79	gFI	0,308	0,999	0,998	0,181	25,59	25,13	-0,45
724	28	28	10	38	40	12	21	67	79	gFI	0,308	0,999	0,998	0,181	28,69	27,40	-1,29

**Tabelle A5-6: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 6,
Quelle: Eigene Darstellung**

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
725	28	28	10	38	5	18	21	61	79	gFIII	0,321	0,996	0,998	0,300	7,03	8,10	1,07
726	28	28	10	38	10	18	21	61	79	gFI	0,321	0,996	0,998	0,300	10,64	10,57	-0,07
727	28	28	10	38	15	18	21	61	79	gFI	0,321	0,996	0,998	0,300	13,75	14,23	0,49
728	28	28	10	38	20	18	21	61	79	gFI	0,321	0,996	0,998	0,300	16,85	17,73	0,88
729	28	28	10	38	25	18	21	61	79	gFI	0,321	0,996	0,998	0,300	19,96	20,87	0,91
730	28	28	10	38	30	18	21	61	79	gFI	0,321	0,996	0,998	0,300	23,06	22,97	-0,10
731	28	28	10	38	35	18	21	61	79	gFI	0,321	0,996	0,998	0,300	26,17	25,60	-0,57
732	28	28	10	38	40	18	21	61	79	gFI	0,321	0,996	0,998	0,300	29,27	28,37	-0,91
801	33	13	20	13	5	14	18	68	86	gFII	0,186	0,994	1,000	0,275	5,70	6,97	1,27
802	33	13	20	13	10	14	18	68	86	gFI	0,186	0,994	1,000	0,275	8,95	9,10	0,15
803	33	13	20	13	15	14	18	68	86	gFI	0,186	0,994	1,000	0,275	12,06	12,97	0,91
804	33	13	20	13	20	14	18	68	86	gFI	0,186	0,994	1,000	0,275	15,16	16,30	1,14
805	33	13	20	13	25	14	18	68	86	gFI	0,186	0,994	1,000	0,275	18,27	18,80	0,53
806	33	13	20	13	30	14	18	68	86	gFI	0,186	0,994	1,000	0,275	21,37	21,60	0,23
807	33	13	20	13	35	14	18	68	86	gFI	0,186	0,994	1,000	0,275	24,48	24,50	0,02
808	33	13	20	13	40	14	18	68	86	gFI	0,186	0,994	1,000	0,275	27,58	26,67	-0,92
809	33	13	20	13	5	19	18	63	81	gFII	0,258	0,993	1,000	0,290	6,04	7,73	1,70
810	33	13	20	13	10	19	18	63	81	gFI	0,258	0,993	1,000	0,290	9,35	9,77	0,42
811	33	13	20	13	15	19	18	63	81	gFI	0,258	0,993	1,000	0,290	12,45	12,97	0,51
812	33	13	20	13	20	19	18	63	81	gFI	0,258	0,993	1,000	0,290	15,56	16,30	0,74
813	33	13	20	13	25	19	18	63	81	gFI	0,258	0,993	1,000	0,290	18,66	19,47	0,80
814	33	13	20	13	30	19	18	63	81	gFI	0,258	0,993	1,000	0,290	21,77	22,17	0,40
815	33	13	20	13	35	19	18	63	81	gFI	0,258	0,993	1,000	0,290	24,88	24,80	-0,08
816	33	13	20	13	40	19	18	63	81	gFI	0,258	0,993	1,000	0,290	27,98	27,40	-0,58
817	33	13	20	13	5	14	22	64	86	gFII	0,187	0,988	1,000	0,357	5,86	7,10	1,24
818	33	13	20	13	10	14	22	64	86	gFI	0,187	0,988	1,000	0,357	9,11	9,17	0,06
819	33	13	20	13	15	14	22	64	86	gFI	0,187	0,988	1,000	0,357	12,22	12,97	0,75
820	33	13	20	13	20	14	22	64	86	gFI	0,187	0,988	1,000	0,357	15,32	16,23	0,91
821	33	13	20	13	25	14	22	64	86	gFI	0,187	0,988	1,000	0,357	18,43	19,13	0,71
822	33	13	20	13	30	14	22	64	86	gFI	0,187	0,988	1,000	0,357	21,53	21,80	0,27
823	33	13	20	13	35	14	22	64	86	gFI	0,187	0,988	1,000	0,357	24,64	24,67	0,03
824	33	13	20	13	40	14	22	64	86	gFI	0,187	0,988	1,000	0,357	27,74	27,23	-0,51
825	33	13	20	13	5	19	22	59	81	gFII	0,261	0,984	1,000	0,378	6,21	7,50	1,29
826	33	13	20	13	10	19	22	59	81	gFI	0,261	0,984	1,000	0,378	9,53	9,57	0,04
827	33	13	20	13	15	19	22	59	81	gFI	0,261	0,984	1,000	0,378	12,63	13,20	0,57
828	33	13	20	13	20	19	22	59	81	gFI	0,261	0,984	1,000	0,378	15,74	16,70	0,96

Tabelle A5-7: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 7,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
829	33	13	20	13	25	19	22	59	81	gFI	0,261	0,984	1,000	0,378	18,84	19,50	0,66
830	33	13	20	13	30	19	22	59	81	gFI	0,261	0,984	1,000	0,378	21,95	22,40	0,45
831	33	13	20	13	35	19	22	59	81	gFI	0,261	0,984	1,000	0,378	25,05	24,60	-0,45
832	33	13	20	13	40	19	22	59	81	gFI	0,261	0,984	1,000	0,378	28,16	27,40	-0,76
901	36	36	12	48	5	4	6	90	94	gFIII	0,067	1,000	0,999	0,045	4,83	5,67	0,84
902	36	36	12	48	10	4	6	90	94	gFII	0,067	1,000	0,999	0,045	8,20	7,90	-0,30
903	36	36	12	48	15	4	6	90	94	gFI	0,067	1,000	0,999	0,045	11,31	11,07	-0,24
904	36	36	12	48	20	4	6	90	94	gFI	0,067	1,000	0,999	0,045	14,41	14,60	0,19
905	36	36	12	48	25	4	6	90	94	gFI	0,067	1,000	0,999	0,045	17,52	17,63	0,12
906	36	36	12	48	30	4	6	90	94	gFI	0,067	1,000	0,999	0,045	20,62	20,33	-0,29
907	36	36	12	48	35	4	6	90	94	gFI	0,067	1,000	0,999	0,045	23,73	22,93	-0,79
908	36	36	12	48	40	4	6	90	94	gFI	0,067	1,000	0,999	0,045	26,83	25,47	-1,37
909	36	36	12	48	5	15	6	79	94	gFIII	0,078	0,999	0,999	0,190	5,51	6,53	1,03
910	36	36	12	48	10	15	6	79	94	gFII	0,078	0,999	0,999	0,190	9,09	8,67	-0,42
911	36	36	12	48	15	15	6	79	94	gFI	0,078	0,999	0,999	0,190	12,20	12,33	0,14
912	36	36	12	48	20	15	6	79	94	gFI	0,078	0,999	0,999	0,190	15,30	15,53	0,23
913	36	36	12	48	25	15	6	79	94	gFI	0,078	0,999	0,999	0,190	18,41	18,63	0,22
914	36	36	12	48	30	15	6	79	94	gFI	0,078	0,999	0,999	0,190	21,51	21,57	0,05
915	36	36	12	48	35	15	6	79	94	gFI	0,078	0,999	0,999	0,190	24,62	23,67	-0,95
916	36	36	12	48	40	15	6	79	94	gFI	0,078	0,999	0,999	0,190	27,72	26,53	-1,19
917	36	36	12	48	5	4	13	83	87	gFIII	0,156	1,000	0,999	0,050	5,24	5,97	0,73
918	36	36	12	48	10	4	13	83	87	gFII	0,156	1,000	0,999	0,050	8,89	8,37	-0,52
919	36	36	12	48	15	4	13	83	87	gFI	0,156	1,000	0,999	0,050	12,00	11,83	-0,17
920	36	36	12	48	20	4	13	83	87	gFI	0,156	1,000	0,999	0,050	15,10	15,53	0,43
921	36	36	12	48	25	4	13	83	87	gFI	0,156	1,000	0,999	0,050	18,21	18,37	0,16
922	36	36	12	48	30	4	13	83	87	gFI	0,156	1,000	0,999	0,050	21,32	20,83	-0,48
923	36	36	12	48	35	4	13	83	87	gFI	0,156	1,000	0,999	0,050	24,42	23,40	-1,02
924	36	36	12	48	40	4	13	83	87	gFI	0,156	1,000	0,999	0,050	27,53	26,17	-1,36
925	36	36	12	48	5	15	13	72	87	gFIII	0,179	0,999	0,999	0,210	6,03	6,87	0,84
926	36	36	12	48	10	15	13	72	87	gFII	0,179	0,999	0,999	0,210	9,95	9,73	-0,22
927	36	36	12	48	15	15	13	72	87	gFI	0,179	0,999	0,999	0,210	13,06	12,93	-0,13
928	36	36	12	48	20	15	13	72	87	gFI	0,179	0,999	0,999	0,210	16,17	16,27	0,10
929	36	36	12	48	25	15	13	72	87	gFI	0,179	0,999	0,999	0,210	19,28	19,63	0,36
930	36	36	12	48	30	15	13	72	87	gFI	0,179	0,999	0,999	0,210	22,38	22,00	-0,38
931	36	36	12	48	35	15	13	72	87	gFI	0,179	0,999	0,999	0,210	25,49	24,67	-0,82
932	36	36	12	48	40	15	13	72	87	gFI	0,179	0,999	0,999	0,210	28,59	27,17	-1,43

Tabelle A5-8: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 8,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1001	40	40	48	88	5	18	14	68	86	gFIII	0,188	0,996	1,000	0,272	6,33	7,50	1,17
1002	40	40	48	88	10	18	14	68	86	gFII	0,188	0,996	1,000	0,272	10,52	10,27	-0,25
1003	40	40	48	88	15	18	14	68	86	gFII	0,188	0,996	1,000	0,272	14,21	14,53	0,32
1004	40	40	48	88	20	18	14	68	86	gFII	0,188	0,996	1,000	0,272	17,90	18,33	0,44
1005	40	40	48	88	25	18	14	68	86	gFI	0,188	0,996	1,000	0,272	21,01	21,93	0,92
1006	40	40	48	88	30	18	14	68	86	gFI	0,188	0,996	1,000	0,272	24,12	23,67	-0,45
1007	40	40	48	88	35	18	14	68	86	gFI	0,188	0,996	1,000	0,272	27,22	26,83	-0,39
1008	40	40	48	88	40	18	14	68	86	gFI	0,188	0,996	1,000	0,272	30,33	28,70	-1,63
1009	40	40	48	88	5	23	14	63	86	gFIII	0,190	0,988	1,000	0,379	6,76	7,93	1,17
1010	40	40	48	88	10	23	14	63	86	gFII	0,190	0,988	1,000	0,379	11,15	10,93	-0,22
1011	40	40	48	88	15	23	14	63	86	gFII	0,190	0,988	1,000	0,379	14,84	14,80	-0,04
1012	40	40	48	88	20	23	14	63	86	gFII	0,190	0,988	1,000	0,379	18,54	18,80	0,26
1013	40	40	48	88	25	23	14	63	86	gFI	0,190	0,988	1,000	0,379	21,65	22,17	0,51
1014	40	40	48	88	30	23	14	63	86	gFI	0,190	0,988	1,000	0,379	24,76	24,60	-0,16
1015	40	40	48	88	35	23	14	63	86	gFI	0,190	0,988	1,000	0,379	27,86	26,97	-0,90
1016	40	40	48	88	40	23	14	63	86	gFI	0,190	0,988	1,000	0,379	30,97	29,67	-1,30
1017	40	40	48	88	5	18	32	50	68	gFIII	0,552	0,984	0,974	0,370	8,28	9,80	1,52
1018	40	40	48	88	10	18	32	50	68	gFII	0,552	0,984	0,974	0,370	13,73	13,77	0,03
1019	40	40	48	88	15	18	32	50	68	gFII	0,552	0,984	0,974	0,370	18,47	18,40	-0,07
1020	40	40	48	88	20	18	32	50	68	gFII	0,552	0,984	0,974	0,370	23,21	23,73	0,52
1021	40	40	48	88	25	18	32	50	68	gFI	0,552	0,984	0,974	0,370	26,34	26,13	-0,21
1022	40	40	48	88	30	18	32	50	68	gFI	0,552	0,984	0,974	0,370	29,45	29,07	-0,38
1023	40	40	48	88	35	18	32	50	68	gFI	0,552	0,984	0,974	0,370	32,55	31,43	-1,12
1024	40	40	48	88	40	18	32	50	68	gFI	0,552	0,984	0,974	0,370	35,66	34,70	-0,96
1025	40	40	48	88	5	23	32	45	68	gFIII	0,579	0,956	0,965	0,515	8,91	11,00	2,09
1026	40	40	48	88	10	23	32	45	68	gFII	0,579	0,956	0,965	0,515	14,66	14,77	0,11
1027	40	40	48	88	15	23	32	45	68	gFII	0,579	0,956	0,965	0,515	19,45	20,57	1,11
1028	40	40	48	88	20	23	32	45	68	gFII	0,579	0,956	0,965	0,515	24,25	24,70	0,45
1029	40	40	48	88	25	23	32	45	68	gFI	0,579	0,956	0,965	0,515	27,38	28,43	1,06
1030	40	40	48	88	30	23	32	45	68	gFI	0,579	0,956	0,965	0,515	30,48	30,77	0,28
1031	40	40	48	88	35	23	32	45	68	gFI	0,579	0,956	0,965	0,515	33,59	33,03	-0,56
1032	40	40	48	88	40	23	32	45	68	gFI	0,579	0,956	0,965	0,515	36,69	35,40	-1,29
1101	43	43	49	92	5	7	8	85	92	gFIII	0,090	0,999	1,000	0,083	5,10	5,93	0,84
1102	43	43	49	92	10	7	8	85	92	gFII	0,090	0,999	1,000	0,083	8,68	8,33	-0,34
1103	43	43	49	92	15	7	8	85	92	gFII	0,090	0,999	1,000	0,083	12,06	11,77	-0,30
1104	43	43	49	92	20	7	8	85	92	gFII	0,090	0,999	1,000	0,083	15,45	15,60	0,15

Tabelle A5-9: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 9,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZW}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{ZW}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZW}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1105	43	43	49	92	25	7	8	85	92	gFI	0,090	0,999	1,000	0,083	18,61	18,47	-0,15
1106	43	43	49	92	30	7	8	85	92	gFI	0,090	0,999	1,000	0,083	21,72	21,27	-0,45
1107	43	43	49	92	35	7	8	85	92	gFI	0,090	0,999	1,000	0,083	24,83	23,93	-0,89
1108	43	43	49	92	40	7	8	85	92	gFI	0,090	0,999	1,000	0,083	27,93	26,40	-1,53
1109	43	43	49	92	5	27	8	65	92	gFIII	0,096	0,984	1,000	0,435	6,58	7,97	1,38
1110	43	43	49	92	10	27	8	65	92	gFII	0,096	0,984	1,000	0,435	10,97	10,70	-0,27
1111	43	43	49	92	15	27	8	65	92	gFII	0,096	0,984	1,000	0,435	14,38	14,77	0,39
1112	43	43	49	92	20	27	8	65	92	gFII	0,096	0,984	1,000	0,435	17,78	18,23	0,45
1113	43	43	49	92	25	27	8	65	92	gFI	0,096	0,984	1,000	0,435	20,95	21,43	0,48
1114	43	43	49	92	30	27	8	65	92	gFI	0,096	0,984	1,000	0,435	24,06	23,83	-0,22
1115	43	43	49	92	35	27	8	65	92	gFI	0,096	0,984	1,000	0,435	27,16	26,97	-0,20
1116	43	43	49	92	40	27	8	65	92	gFI	0,096	0,984	1,000	0,435	30,27	28,87	-1,40
1117	43	43	49	92	5	7	25	68	75	gFIII	0,356	0,999	0,996	0,103	6,33	7,77	1,43
1118	43	43	49	92	10	7	25	68	75	gFII	0,356	0,999	0,996	0,103	10,78	10,47	-0,31
1119	43	43	49	92	15	7	25	68	75	gFII	0,356	0,999	0,996	0,103	14,98	15,07	0,09
1120	43	43	49	92	20	7	25	68	75	gFII	0,356	0,999	0,996	0,103	19,18	19,73	0,56
1121	43	43	49	92	25	7	25	68	75	gFI	0,356	0,999	0,996	0,103	22,52	22,80	0,28
1122	43	43	49	92	30	7	25	68	75	gFI	0,356	0,999	0,996	0,103	25,62	25,17	-0,45
1123	43	43	49	92	35	7	25	68	75	gFI	0,356	0,999	0,996	0,103	28,73	27,93	-0,79
1124	43	43	49	92	40	7	25	68	75	gFI	0,356	0,999	0,996	0,103	31,83	30,47	-1,37
1125	43	43	49	92	5	27	25	48	75	gFIII	0,423	0,957	0,993	0,566	8,46	10,37	1,91
1126	43	43	49	92	10	27	25	48	75	gFII	0,423	0,957	0,993	0,566	14,10	14,10	0,00
1127	43	43	49	92	15	27	25	48	75	gFII	0,423	0,957	0,993	0,566	18,50	18,80	0,30
1128	43	43	49	92	20	27	25	48	75	gFII	0,423	0,957	0,993	0,566	22,90	22,87	-0,03
1129	43	43	49	92	25	27	25	48	75	gFI	0,423	0,957	0,993	0,566	26,28	26,90	0,62
1130	43	43	49	92	30	27	25	48	75	gFI	0,423	0,957	0,993	0,566	29,39	29,57	0,18
1131	43	43	49	92	35	27	25	48	75	gFI	0,423	0,957	0,993	0,566	32,49	31,70	-0,79
1132	43	43	49	92	40	27	25	48	75	gFI	0,423	0,957	0,993	0,566	35,60	34,00	-1,60
1201	46	40	6	40	5	14	18	68	86	gFIII	0,204	0,998	0,999	0,265	6,38	7,80	1,42
1202	46	40	6	40	10	14	18	68	86	gFI	0,204	0,998	0,999	0,265	10,56	10,37	-0,19
1203	46	40	6	40	15	14	18	68	86	gFI	0,204	0,998	0,999	0,265	13,66	14,17	0,50
1204	46	40	6	40	20	14	18	68	86	gFI	0,204	0,998	0,999	0,265	16,77	17,57	0,80
1205	46	40	6	40	25	14	18	68	86	gFI	0,204	0,998	0,999	0,265	19,87	20,93	1,06
1206	46	40	6	40	30	14	18	68	86	gFI	0,204	0,998	0,999	0,265	22,98	23,23	0,25
1207	46	40	6	40	35	14	18	68	86	gFI	0,204	0,998	0,999	0,265	26,08	25,50	-0,58
1208	46	40	6	40	40	14	18	68	86	gFI	0,204	0,998	0,999	0,265	29,19	28,80	-0,39

Tabelle A5-10: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 10,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1209	46	40	6	40	5	19	18	63	81	gFIII	0,287	0,998	0,999	0,284	6,82	7,97	1,15
1210	46	40	6	40	10	19	18	63	81	gFI	0,287	0,998	0,999	0,284	11,26	11,03	-0,23
1211	46	40	6	40	15	19	18	63	81	gFI	0,287	0,998	0,999	0,284	14,37	15,00	0,63
1212	46	40	6	40	20	19	18	63	81	gFI	0,287	0,998	0,999	0,284	17,48	18,23	0,76
1213	46	40	6	40	25	19	18	63	81	gFI	0,287	0,998	0,999	0,284	20,58	21,07	0,49
1214	46	40	6	40	30	19	18	63	81	gFI	0,287	0,998	0,999	0,284	23,69	23,97	0,28
1215	46	40	6	40	35	19	18	63	81	gFI	0,287	0,998	0,999	0,284	26,79	26,77	-0,03
1216	46	40	6	40	40	19	18	63	81	gFI	0,287	0,998	0,999	0,284	29,90	28,87	-1,03
1217	46	40	6	40	5	14	22	64	86	gFIII	0,213	0,996	0,999	0,347	6,76	7,97	1,21
1218	46	40	6	40	10	14	22	64	86	gFI	0,213	0,996	0,999	0,347	11,11	10,77	-0,34
1219	46	40	6	40	15	14	22	64	86	gFI	0,213	0,996	0,999	0,347	14,21	14,67	0,45
1220	46	40	6	40	20	14	22	64	86	gFI	0,213	0,996	0,999	0,347	17,32	18,20	0,88
1221	46	40	6	40	25	14	22	64	86	gFI	0,213	0,996	0,999	0,347	20,43	21,03	0,61
1222	46	40	6	40	30	14	22	64	86	gFI	0,213	0,996	0,999	0,347	23,53	23,13	-0,40
1223	46	40	6	40	35	14	22	64	86	gFI	0,213	0,996	0,999	0,347	26,64	26,13	-0,50
1224	46	40	6	40	40	14	22	64	86	gFI	0,213	0,996	0,999	0,347	29,74	29,07	-0,68
1225	46	40	6	40	5	19	22	59	81	gFIII	0,303	0,994	0,999	0,375	7,26	8,70	1,44
1226	46	40	6	40	10	19	22	59	81	gFI	0,303	0,994	0,999	0,375	11,91	11,83	-0,08
1227	46	40	6	40	15	19	22	59	81	gFI	0,303	0,994	0,999	0,375	15,02	15,90	0,88
1228	46	40	6	40	20	19	22	59	81	gFI	0,303	0,994	0,999	0,375	18,12	18,87	0,74
1229	46	40	6	40	25	19	22	59	81	gFI	0,303	0,994	0,999	0,375	21,23	22,30	1,07
1230	46	40	6	40	30	19	22	59	81	gFI	0,303	0,994	0,999	0,375	24,34	25,17	0,83
1231	46	40	6	40	35	19	22	59	81	gFI	0,303	0,994	0,999	0,375	27,44	27,87	0,43
1232	46	40	6	40	40	19	22	59	81	gFI	0,303	0,994	0,999	0,375	30,55	29,03	-1,51
1301	47	37	10	37	5	25	6	69	75	gFIII	0,365	0,998	0,999	0,089	6,31	7,50	1,19
1302	47	37	10	37	10	25	6	69	75	gFI	0,365	0,998	0,999	0,089	10,62	10,27	-0,36
1303	47	37	10	37	15	25	6	69	75	gFI	0,365	0,998	0,999	0,089	13,73	14,13	0,40
1304	47	37	10	37	20	25	6	69	75	gFI	0,365	0,998	0,999	0,089	16,84	17,23	0,40
1305	47	37	10	37	25	25	6	69	75	gFI	0,365	0,998	0,999	0,089	19,94	20,97	1,03
1306	47	37	10	37	30	25	6	69	75	gFI	0,365	0,998	0,999	0,089	23,05	23,03	-0,01
1307	47	37	10	37	35	25	6	69	75	gFI	0,365	0,998	0,999	0,089	26,15	25,33	-0,82
1308	47	37	10	37	40	25	6	69	75	gFI	0,365	0,998	0,999	0,089	29,26	28,77	-0,49
1309	47	37	10	37	5	31	6	63	69	gFIII	0,484	0,996	0,987	0,098	6,86	7,97	1,11
1310	47	37	10	37	10	31	6	63	69	gFI	0,484	0,996	0,987	0,098	11,52	11,00	-0,52
1311	47	37	10	37	15	31	6	63	69	gFI	0,484	0,996	0,987	0,098	14,62	14,77	0,15
1312	47	37	10	37	20	31	6	63	69	gFI	0,484	0,996	0,987	0,098	17,73	18,23	0,51

Tabelle A5-11: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 11,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	LALA	LAG	LAZW	LARA	t _{gr}	aLA	aRA	aG	azw	Fall	bALA	bAG	bAZW	bARA	CIST	CSOLL	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1313	47	37	10	37	25	31	6	63	69	gFI	0,484	0,996	0,987	0,098	20,83	21,03	0,20
1314	47	37	10	37	30	31	6	63	69	gFI	0,484	0,996	0,987	0,098	23,94	23,60	-0,34
1315	47	37	10	37	35	31	6	63	69	gFI	0,484	0,996	0,987	0,098	27,04	26,33	-0,71
1316	47	37	10	37	40	31	6	63	69	gFI	0,484	0,996	0,987	0,098	30,15	28,77	-1,38
1317	47	37	10	37	5	25	10	65	75	gFIII	0,383	0,998	0,998	0,149	6,65	7,97	1,32
1318	47	37	10	37	10	25	10	65	75	gFI	0,383	0,998	0,998	0,149	11,09	11,00	-0,09
1319	47	37	10	37	15	25	10	65	75	gFI	0,383	0,998	0,998	0,149	14,20	14,73	0,53
1320	47	37	10	37	20	25	10	65	75	gFI	0,383	0,998	0,998	0,149	17,30	18,20	0,90
1321	47	37	10	37	25	25	10	65	75	gFI	0,383	0,998	0,998	0,149	20,41	20,93	0,52
1322	47	37	10	37	30	25	10	65	75	gFI	0,383	0,998	0,998	0,149	23,52	23,87	0,35
1323	47	37	10	37	35	25	10	65	75	gFI	0,383	0,998	0,998	0,149	26,62	26,13	-0,49
1324	47	37	10	37	40	25	10	65	75	gFI	0,383	0,998	0,998	0,149	29,73	28,67	-1,06
1325	47	37	10	37	5	31	10	59	69	gFIII	0,507	0,994	0,972	0,164	7,23	8,70	1,47
1326	47	37	10	37	10	31	10	59	69	gFI	0,507	0,994	0,972	0,164	12,02	11,77	-0,26
1327	47	37	10	37	15	31	10	59	69	gFI	0,507	0,994	0,972	0,164	15,13	15,60	0,47
1328	47	37	10	37	20	31	10	59	69	gFI	0,507	0,994	0,972	0,164	18,24	18,73	0,50
1329	47	37	10	37	25	31	10	59	69	gFI	0,507	0,994	0,972	0,164	21,34	22,30	0,96
1330	47	37	10	37	30	31	10	59	69	gFI	0,507	0,994	0,972	0,164	24,45	24,57	0,12
1331	47	37	10	37	35	31	10	59	69	gFI	0,507	0,994	0,972	0,164	27,55	27,03	-0,52
1332	47	37	10	37	40	31	10	59	69	gFI	0,507	0,994	0,972	0,164	30,66	29,57	-1,09
1401	55	13	42	13	5	12	3	85	88	gFII	0,136	0,998	1,000	0,040	5,01	5,83	0,82
1402	55	13	42	13	10	12	3	85	88	gFII	0,136	0,998	1,000	0,040	8,54	8,23	-0,31
1403	55	13	42	13	15	12	3	85	88	gFI	0,136	0,998	1,000	0,040	11,80	11,63	-0,17
1404	55	13	42	13	20	12	3	85	88	gFI	0,136	0,998	1,000	0,040	14,91	15,60	0,69
1405	55	13	42	13	25	12	3	85	88	gFI	0,136	0,998	1,000	0,040	18,01	18,43	0,42
1406	55	13	42	13	30	12	3	85	88	gFI	0,136	0,998	1,000	0,040	21,12	21,30	0,18
1407	55	13	42	13	35	12	3	85	88	gFI	0,136	0,998	1,000	0,040	24,22	23,53	-0,69
1408	55	13	42	13	40	12	3	85	88	gFI	0,136	0,998	1,000	0,040	27,33	25,93	-1,39
1409	55	13	42	13	5	18	3	79	82	gFII	0,223	0,998	1,000	0,041	5,39	6,57	1,17
1410	55	13	42	13	10	18	3	79	82	gFII	0,223	0,998	1,000	0,041	9,19	8,90	-0,29
1411	55	13	42	13	15	18	3	79	82	gFI	0,223	0,998	1,000	0,041	12,54	12,73	0,19
1412	55	13	42	13	20	18	3	79	82	gFI	0,223	0,998	1,000	0,041	15,65	16,23	0,58
1413	55	13	42	13	25	18	3	79	82	gFI	0,223	0,998	1,000	0,041	18,75	19,27	0,51
1414	55	13	42	13	30	18	3	79	82	gFI	0,223	0,998	1,000	0,041	21,86	21,47	-0,39
1415	55	13	42	13	35	18	3	79	82	gFI	0,223	0,998	1,000	0,041	24,97	24,03	-0,93
1416	55	13	42	13	40	18	3	79	82	gFI	0,223	0,998	1,000	0,041	28,07	26,67	-1,40

Tabelle A5-12: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 12,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1417	55	13	42	13	5	12	21	67	88	gFII	0,150	0,982	1,000	0,312	5,59	6,83	1,24
1418	55	13	42	13	10	12	21	67	88	gFII	0,150	0,982	1,000	0,312	9,16	9,00	-0,16
1419	55	13	42	13	15	12	21	67	88	gFI	0,150	0,982	1,000	0,312	12,43	12,80	0,37
1420	55	13	42	13	20	12	21	67	88	gFI	0,150	0,982	1,000	0,312	15,54	16,33	0,79
1421	55	13	42	13	25	12	21	67	88	gFI	0,150	0,982	1,000	0,312	18,64	19,17	0,52
1422	55	13	42	13	30	12	21	67	88	gFI	0,150	0,982	1,000	0,312	21,75	22,23	0,48
1423	55	13	42	13	35	12	21	67	88	gFI	0,150	0,982	1,000	0,312	24,86	24,57	-0,29
1424	55	13	42	13	40	12	21	67	88	gFI	0,150	0,982	1,000	0,312	27,96	27,40	-0,56
1425	55	13	42	13	5	18	21	61	82	gFII	0,231	0,976	1,000	0,338	5,98	7,13	1,15
1426	55	13	42	13	10	18	21	61	82	gFII	0,231	0,976	1,000	0,338	9,81	9,57	-0,24
1427	55	13	42	13	15	18	21	61	82	gFI	0,231	0,976	1,000	0,338	13,17	13,10	-0,07
1428	55	13	42	13	20	18	21	61	82	gFI	0,231	0,976	1,000	0,338	16,27	17,23	0,96
1429	55	13	42	13	25	18	21	61	82	gFI	0,231	0,976	1,000	0,338	19,38	20,23	0,85
1430	55	13	42	13	30	18	21	61	82	gFI	0,231	0,976	1,000	0,338	22,49	22,77	0,28
1431	55	13	42	13	35	18	21	61	82	gFI	0,231	0,976	1,000	0,338	25,59	25,13	-0,46
1432	55	13	42	13	40	18	21	61	82	gFI	0,231	0,976	1,000	0,338	28,70	27,53	-1,16
1501	57	57	88	145	5	18	14	68	86	gFIII	0,186	0,994	1,000	0,275	6,32	7,80	1,48
1502	57	57	88	145	10	18	14	68	86	gFIII	0,186	0,994	1,000	0,275	10,84	10,33	-0,50
1503	57	57	88	145	15	18	14	68	86	gFII	0,186	0,994	1,000	0,275	14,90	15,60	0,70
1504	57	57	88	145	20	18	14	68	86	gFII	0,186	0,994	1,000	0,275	18,58	19,47	0,88
1505	57	57	88	145	25	18	14	68	86	gFII	0,186	0,994	1,000	0,275	22,27	22,33	0,07
1506	57	57	88	145	30	18	14	68	86	gFII	0,186	0,994	1,000	0,275	25,95	25,33	-0,61
1507	57	57	88	145	35	18	14	68	86	gFI	0,186	0,994	1,000	0,275	29,56	28,83	-0,72
1508	57	57	88	145	40	18	14	68	86	gFI	0,186	0,994	1,000	0,275	32,66	31,37	-1,30
1509	57	57	88	145	5	23	14	63	86	gFIII	0,187	0,985	1,000	0,380	6,74	7,93	1,19
1510	57	57	88	145	10	23	14	63	86	gFIII	0,187	0,985	1,000	0,380	11,56	10,97	-0,59
1511	57	57	88	145	15	23	14	63	86	gFII	0,187	0,985	1,000	0,380	15,76	16,07	0,30
1512	57	57	88	145	20	23	14	63	86	gFII	0,187	0,985	1,000	0,380	19,45	19,97	0,52
1513	57	57	88	145	25	23	14	63	86	gFII	0,187	0,985	1,000	0,380	23,14	23,93	0,80
1514	57	57	88	145	30	23	14	63	86	gFII	0,187	0,985	1,000	0,380	26,82	26,47	-0,35
1515	57	57	88	145	35	23	14	63	86	gFI	0,187	0,985	1,000	0,380	30,43	29,80	-0,63
1516	57	57	88	145	40	23	14	63	86	gFI	0,187	0,985	1,000	0,380	33,54	32,27	-1,27
1517	57	57	88	145	5	18	32	50	68	gFIII	0,543	0,982	0,978	0,368	8,23	9,67	1,44
1518	57	57	88	145	10	18	32	50	68	gFIII	0,543	0,982	0,978	0,368	14,11	14,07	-0,04
1519	57	57	88	145	15	18	32	50	68	gFII	0,543	0,982	0,978	0,368	19,37	20,63	1,27
1520	57	57	88	145	20	18	32	50	68	gFII	0,543	0,982	0,978	0,368	24,09	25,37	1,27

Tabelle A5-13: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 13,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1521	57	57	88	145	25	18	32	50	68	gFII	0,543	0,982	0,978	0,368	28,82	28,83	0,01
1522	57	57	88	145	30	18	32	50	68	gFII	0,543	0,982	0,978	0,368	33,55	33,03	-0,51
1523	57	57	88	145	35	18	32	50	68	gFI	0,543	0,982	0,978	0,368	38,07	36,50	-1,57
1524	57	57	88	145	40	18	32	50	68	gFI	0,543	0,982	0,978	0,368	41,17	40,57	-0,61
1525	57	57	88	145	5	23	32	45	68	gFIII	0,568	0,952	0,973	0,510	8,82	10,97	2,15
1526	57	57	88	145	10	23	32	45	68	gFIII	0,568	0,952	0,973	0,510	15,13	15,83	0,71
1527	57	57	88	145	15	23	32	45	68	gFII	0,568	0,952	0,973	0,510	20,61	22,00	1,39
1528	57	57	88	145	20	23	32	45	68	gFII	0,568	0,952	0,973	0,510	25,39	27,17	1,77
1529	57	57	88	145	25	23	32	45	68	gFII	0,568	0,952	0,973	0,510	30,18	31,13	0,96
1530	57	57	88	145	30	23	32	45	68	gFII	0,568	0,952	0,973	0,510	34,96	34,90	-0,06
1531	57	57	88	145	35	23	32	45	68	gFI	0,568	0,952	0,973	0,510	39,53	39,33	-0,20
1532	57	57	88	145	40	23	32	45	68	gFI	0,568	0,952	0,973	0,510	42,64	41,43	-1,20
1601	63	63	48	111	5	5	13	82	87	gFIII	0,157	0,999	0,999	0,063	5,30	6,03	0,74
1602	63	63	48	111	10	5	13	82	87	gFIII	0,157	0,999	0,999	0,063	9,08	8,67	-0,42
1603	63	63	48	111	15	5	13	82	87	gFII	0,157	0,999	0,999	0,063	12,82	12,53	-0,29
1604	63	63	48	111	20	5	13	82	87	gFII	0,157	0,999	0,999	0,063	16,42	16,53	0,12
1605	63	63	48	111	25	5	13	82	87	gFII	0,157	0,999	0,999	0,063	20,01	19,90	-0,11
1606	63	63	48	111	30	5	13	82	87	gFI	0,157	0,999	0,999	0,063	23,19	22,70	-0,49
1607	63	63	48	111	35	5	13	82	87	gFI	0,157	0,999	0,999	0,063	26,30	25,27	-1,03
1608	63	63	48	111	40	5	13	82	87	gFI	0,157	0,999	0,999	0,063	29,40	28,33	-1,07
1609	63	63	48	111	5	11	13	76	87	gFIII	0,167	0,999	1,000	0,144	5,69	6,57	0,87
1610	63	63	48	111	10	11	13	76	87	gFIII	0,167	0,999	1,000	0,144	9,76	9,33	-0,43
1611	63	63	48	111	15	11	13	76	87	gFII	0,167	0,999	1,000	0,144	13,72	14,00	0,28
1612	63	63	48	111	20	11	13	76	87	gFII	0,167	0,999	1,000	0,144	17,35	17,73	0,39
1613	63	63	48	111	25	11	13	76	87	gFII	0,167	0,999	1,000	0,144	20,97	20,67	-0,30
1614	63	63	48	111	30	11	13	76	87	gFI	0,167	0,999	1,000	0,144	24,16	23,67	-0,49
1615	63	63	48	111	35	11	13	76	87	gFI	0,167	0,999	1,000	0,144	27,27	26,20	-1,07
1616	63	63	48	111	40	11	13	76	87	gFI	0,167	0,999	1,000	0,144	30,37	28,73	-1,64
1617	63	63	48	111	5	5	37	58	63	gFIII	0,610	0,994	0,958	0,095	7,39	8,80	1,41
1618	63	63	48	111	10	5	37	58	63	gFIII	0,610	0,994	0,958	0,095	12,66	12,10	-0,56
1619	63	63	48	111	15	5	37	58	63	gFII	0,610	0,994	0,958	0,095	17,84	17,90	0,06
1620	63	63	48	111	20	5	37	58	63	gFII	0,610	0,994	0,958	0,095	22,72	23,23	0,52
1621	63	63	48	111	25	5	37	58	63	gFII	0,610	0,994	0,958	0,095	27,59	27,53	-0,05
1622	63	63	48	111	30	5	37	58	63	gFI	0,610	0,994	0,958	0,095	30,99	30,50	-0,49
1623	63	63	48	111	35	5	37	58	63	gFI	0,610	0,994	0,958	0,095	34,09	33,80	-0,29
1624	63	63	48	111	40	5	37	58	63	gFI	0,610	0,994	0,958	0,095	37,20	36,03	-1,17

Tabelle A5-14: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 14,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1625	63	63	48	111	5	11	37	52	63	gFIII	0,656	0,990	0,935	0,218	8,10	9,57	1,46
1626	63	63	48	111	10	11	37	52	63	gFIII	0,656	0,990	0,935	0,218	13,89	13,90	0,01
1627	63	63	48	111	15	11	37	52	63	gFII	0,656	0,990	0,935	0,218	19,48	20,30	0,82
1628	63	63	48	111	20	11	37	52	63	gFII	0,656	0,990	0,935	0,218	24,42	24,83	0,41
1629	63	63	48	111	25	11	37	52	63	gFII	0,656	0,990	0,935	0,218	29,36	29,40	0,04
1630	63	63	48	111	30	11	37	52	63	gFI	0,656	0,990	0,935	0,218	32,77	32,40	-0,37
1631	63	63	48	111	35	11	37	52	63	gFI	0,656	0,990	0,935	0,218	35,88	34,97	-0,91
1632	63	63	48	111	40	11	37	52	63	gFI	0,656	0,990	0,935	0,218	38,98	37,40	-1,58
1701	64	64	11	75	5	19	14	67	86	gFIII	0,206	0,998	0,999	0,283	6,46	7,83	1,37
1702	64	64	11	75	10	19	14	67	86	gFIII	0,206	0,998	0,999	0,283	11,08	10,57	-0,52
1703	64	64	11	75	15	19	14	67	86	gFII	0,206	0,998	0,999	0,283	15,54	16,03	0,50
1704	64	64	11	75	20	19	14	67	86	gFI	0,206	0,998	0,999	0,283	18,87	19,37	0,50
1705	64	64	11	75	25	19	14	67	86	gFI	0,206	0,998	0,999	0,283	21,98	22,47	0,49
1706	64	64	11	75	30	19	14	67	86	gFI	0,206	0,998	0,999	0,283	25,08	25,20	0,12
1707	64	64	11	75	35	19	14	67	86	gFI	0,206	0,998	0,999	0,283	28,19	27,30	-0,89
1708	64	64	11	75	40	19	14	67	86	gFI	0,206	0,998	0,999	0,283	31,29	30,67	-0,63
1709	64	64	11	75	5	30	14	56	86	gFIII	0,227	0,985	0,999	0,535	7,59	9,07	1,47
1710	64	64	11	75	10	30	14	56	86	gFIII	0,227	0,985	0,999	0,535	13,02	12,40	-0,62
1711	64	64	11	75	15	30	14	56	86	gFII	0,227	0,985	0,999	0,535	18,14	18,33	0,19
1712	64	64	11	75	20	30	14	56	86	gFI	0,227	0,985	0,999	0,535	21,50	21,77	0,26
1713	64	64	11	75	25	30	14	56	86	gFI	0,227	0,985	0,999	0,535	24,61	24,73	0,12
1714	64	64	11	75	30	30	14	56	86	gFI	0,227	0,985	0,999	0,535	27,72	26,93	-0,78
1715	64	64	11	75	35	30	14	56	86	gFI	0,227	0,985	0,999	0,535	30,82	29,57	-1,25
1716	64	64	11	75	40	30	14	56	86	gFI	0,227	0,985	0,999	0,535	33,93	31,67	-2,26
1717	64	64	11	75	5	19	35	46	65	gFIII	0,703	0,955	0,966	0,401	8,95	10,57	1,62
1718	64	64	11	75	10	19	35	46	65	gFIII	0,703	0,955	0,966	0,401	15,34	15,33	-0,01
1719	64	64	11	75	15	19	35	46	65	gFII	0,703	0,955	0,966	0,401	21,51	22,17	0,66
1720	64	64	11	75	20	19	35	46	65	gFI	0,703	0,955	0,966	0,401	25,37	25,87	0,50
1721	64	64	11	75	25	19	35	46	65	gFI	0,703	0,955	0,966	0,401	28,47	28,60	0,13
1722	64	64	11	75	30	19	35	46	65	gFI	0,703	0,955	0,966	0,401	31,58	31,27	-0,31
1723	64	64	11	75	35	19	35	46	65	gFI	0,703	0,955	0,966	0,401	34,68	33,87	-0,82
1724	64	64	11	75	40	19	35	46	65	gFI	0,703	0,955	0,966	0,401	37,79	36,13	-1,66
1725	64	64	11	75	5	30	35	35	65	gFIII	0,792	0,843	0,823	0,747	10,35	14,10	3,75
1726	64	64	11	75	10	30	35	35	65	gFIII	0,792	0,843	0,823	0,747	17,74	19,37	1,62
1727	64	64	11	75	15	30	35	35	65	gFII	0,792	0,843	0,823	0,747	24,69	25,37	0,68
1728	64	64	11	75	20	30	35	35	65	gFI	0,792	0,843	0,823	0,747	28,49	28,73	0,25

Tabelle A5-15: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 15,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	LALA	LAG	LAZW	LARA	t _{gr}	aLA	ARA	aG	azw	Fall	bALA	bAG	BAZW	BARA	CIST	CSOLL	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1729	64	64	11	75	25	30	35	35	65	gFI	0,792	0,843	0,823	0,747	31,59	32,40	0,81
1730	64	64	11	75	30	30	35	35	65	gFI	0,792	0,843	0,823	0,747	34,70	33,90	-0,80
1731	64	64	11	75	35	30	35	35	65	gFI	0,792	0,843	0,823	0,747	37,80	37,33	-0,47
1732	64	64	11	75	40	30	35	35	65	gFI	0,792	0,843	0,823	0,747	40,91	39,30	-1,61
1801	68	40	28	40	5	6	9	85	94	gFIII	0,069	0,999	1,000	0,102	5,08	6,00	0,92
1802	68	40	28	40	10	6	9	85	94	gFII	0,069	0,999	1,000	0,102	8,59	8,33	-0,26
1803	68	40	28	40	15	6	9	85	94	gFII	0,069	0,999	1,000	0,102	11,91	11,80	-0,11
1804	68	40	28	40	20	6	9	85	94	gFI	0,069	0,999	1,000	0,102	15,02	15,50	0,48
1805	68	40	28	40	25	6	9	85	94	gFI	0,069	0,999	1,000	0,102	18,13	18,40	0,27
1806	68	40	28	40	30	6	9	85	94	gFI	0,069	0,999	1,000	0,102	21,23	21,20	-0,03
1807	68	40	28	40	35	6	9	85	94	gFI	0,069	0,999	1,000	0,102	24,34	23,73	-0,61
1808	68	40	28	40	40	6	9	85	94	gFI	0,069	0,999	1,000	0,102	27,44	25,90	-1,54
1809	68	40	28	40	5	14	9	77	86	gFIII	0,181	0,999	1,000	0,116	5,63	6,67	1,04
1810	68	40	28	40	10	14	9	77	86	gFII	0,181	0,999	1,000	0,116	9,51	9,43	-0,08
1811	68	40	28	40	15	14	9	77	86	gFII	0,181	0,999	1,000	0,116	13,18	13,23	0,05
1812	68	40	28	40	20	14	9	77	86	gFI	0,181	0,999	1,000	0,116	16,29	16,83	0,54
1813	68	40	28	40	25	14	9	77	86	gFI	0,181	0,999	1,000	0,116	19,40	19,80	0,40
1814	68	40	28	40	30	14	9	77	86	gFI	0,181	0,999	1,000	0,116	22,50	22,03	-0,47
1815	68	40	28	40	35	14	9	77	86	gFI	0,181	0,999	1,000	0,116	25,61	24,77	-0,84
1816	68	40	28	40	40	14	9	77	86	gFI	0,181	0,999	1,000	0,116	28,71	27,30	-1,41
1817	68	40	28	40	5	6	28	66	94	gFIII	0,075	0,990	1,000	0,440	6,54	7,77	1,23
1818	68	40	28	40	10	6	28	66	94	gFII	0,075	0,990	1,000	0,440	10,69	10,20	-0,49
1819	68	40	28	40	15	6	28	66	94	gFII	0,075	0,990	1,000	0,440	14,03	14,03	0,01
1820	68	40	28	40	20	6	28	66	94	gFI	0,075	0,990	1,000	0,440	17,13	17,60	0,47
1821	68	40	28	40	25	6	28	66	94	gFI	0,075	0,990	1,000	0,440	20,24	20,93	0,69
1822	68	40	28	40	30	6	28	66	94	gFI	0,075	0,990	1,000	0,440	23,34	23,90	0,56
1823	68	40	28	40	35	6	28	66	94	gFI	0,075	0,990	1,000	0,440	26,45	25,97	-0,48
1824	68	40	28	40	40	6	28	66	94	gFI	0,075	0,990	1,000	0,440	29,56	28,97	-0,59
1825	68	40	28	40	5	14	28	58	86	gFIII	0,203	0,986	1,000	0,498	7,33	8,77	1,44
1826	68	40	28	40	10	14	28	58	86	gFII	0,203	0,986	1,000	0,498	11,98	11,80	-0,18
1827	68	40	28	40	15	14	28	58	86	gFII	0,203	0,986	1,000	0,498	15,71	15,97	0,26
1828	68	40	28	40	20	14	28	58	86	gFI	0,203	0,986	1,000	0,498	18,82	19,70	0,88
1829	68	40	28	40	25	14	28	58	86	gFI	0,203	0,986	1,000	0,498	21,93	22,30	0,37
1830	68	40	28	40	30	14	28	58	86	gFI	0,203	0,986	1,000	0,498	25,03	24,93	-0,10
1831	68	40	28	40	35	14	28	58	86	gFI	0,203	0,986	1,000	0,498	28,14	27,00	-1,14
1832	68	40	28	40	40	14	28	58	86	gFI	0,203	0,986	1,000	0,498	31,24	29,77	-1,48

Tabelle A5-16: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 16,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1901	72	72	75	147	5	4	6	90	94	gFIII	0,067	0,999	1,000	0,046	4,83	5,57	0,74
1902	72	72	75	147	10	4	6	90	94	gFIII	0,067	0,999	1,000	0,046	8,28	7,97	-0,32
1903	72	72	75	147	15	4	6	90	94	gFIII	0,067	0,999	1,000	0,046	11,74	11,70	-0,04
1904	72	72	75	147	20	4	6	90	94	gFII	0,067	0,999	1,000	0,046	15,08	15,47	0,39
1905	72	72	75	147	25	4	6	90	94	gFII	0,067	0,999	1,000	0,046	18,39	18,47	0,08
1906	72	72	75	147	30	4	6	90	94	gFII	0,067	0,999	1,000	0,046	21,70	21,03	-0,67
1907	72	72	75	147	35	4	6	90	94	gFI	0,067	0,999	1,000	0,046	25,00	23,87	-1,14
1908	72	72	75	147	40	4	6	90	94	gFI	0,067	0,999	1,000	0,046	28,11	26,57	-1,54
1909	72	72	75	147	5	15	6	79	94	gFIII	0,075	0,999	1,000	0,194	5,51	6,57	1,06
1910	72	72	75	147	10	15	6	79	94	gFIII	0,075	0,999	1,000	0,194	9,44	9,17	-0,28
1911	72	72	75	147	15	15	6	79	94	gFIII	0,075	0,999	1,000	0,194	13,38	13,37	-0,01
1912	72	72	75	147	20	15	6	79	94	gFII	0,075	0,999	1,000	0,194	16,85	17,17	0,32
1913	72	72	75	147	25	15	6	79	94	gFII	0,075	0,999	1,000	0,194	20,18	20,13	-0,05
1914	72	72	75	147	30	15	6	79	94	gFII	0,075	0,999	1,000	0,194	23,52	22,83	-0,69
1915	72	72	75	147	35	15	6	79	94	gFI	0,075	0,999	1,000	0,194	26,85	25,30	-1,55
1916	72	72	75	147	40	15	6	79	94	gFI	0,075	0,999	1,000	0,194	29,96	28,73	-1,23
1917	72	72	75	147	5	4	13	83	87	gFIII	0,155	0,999	1,000	0,051	5,23	5,90	0,67
1918	72	72	75	147	10	4	13	83	87	gFIII	0,155	0,999	1,000	0,051	8,97	8,50	-0,47
1919	72	72	75	147	15	4	13	83	87	gFIII	0,155	0,999	1,000	0,051	12,71	12,57	-0,15
1920	72	72	75	147	20	4	13	83	87	gFII	0,155	0,999	1,000	0,051	16,33	16,40	0,07
1921	72	72	75	147	25	4	13	83	87	gFII	0,155	0,999	1,000	0,051	19,92	19,60	-0,32
1922	72	72	75	147	30	4	13	83	87	gFII	0,155	0,999	1,000	0,051	23,50	22,70	-0,80
1923	72	72	75	147	35	4	13	83	87	gFI	0,155	0,999	1,000	0,051	27,07	25,57	-1,51
1924	72	72	75	147	40	4	13	83	87	gFI	0,155	0,999	1,000	0,051	30,18	29,07	-1,11
1925	72	72	75	147	5	15	13	72	87	gFIII	0,170	0,998	1,000	0,215	6,01	6,93	0,92
1926	72	72	75	147	10	15	13	72	87	gFIII	0,170	0,998	1,000	0,215	10,31	9,70	-0,61
1927	72	72	75	147	15	15	13	72	87	gFIII	0,170	0,998	1,000	0,215	14,60	14,87	0,26
1928	72	72	75	147	20	15	13	72	87	gFII	0,170	0,998	1,000	0,215	18,38	18,63	0,26
1929	72	72	75	147	25	15	13	72	87	gFII	0,170	0,998	1,000	0,215	22,01	22,03	0,02
1930	72	72	75	147	30	15	13	72	87	gFII	0,170	0,998	1,000	0,215	25,64	24,87	-0,78
1931	72	72	75	147	35	15	13	72	87	gFI	0,170	0,998	1,000	0,215	29,26	28,03	-1,23
1932	72	72	75	147	40	15	13	72	87	gFI	0,170	0,998	1,000	0,215	32,37	30,97	-1,40
2001	73	73	10	83	5	24	19	57	81	gFIII	0,314	0,990	0,999	0,428	7,53	9,00	1,47
2002	73	73	10	83	10	24	19	57	81	gFIII	0,314	0,990	0,999	0,428	12,91	12,33	-0,57
2003	73	73	10	83	15	24	19	57	81	gFIII	0,314	0,990	0,999	0,428	18,29	18,33	0,05
2004	73	73	10	83	20	24	19	57	81	gFI	0,314	0,990	0,999	0,428	22,48	23,13	0,66

Tabelle A5-17: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 17,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	LALA	LAG	LAZW	LARA	t _{gr}	aLA	aRA	aG	azw	Fall	bALA	bAG	BAZW	bARA	CIST	CSOLL	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
2005	73	73	10	83	25	24	19	57	81	gFI	0,314	0,990	0,999	0,428	25,58	25,93	0,35
2006	73	73	10	83	30	24	19	57	81	gFI	0,314	0,990	0,999	0,428	28,69	28,30	-0,39
2007	73	73	10	83	35	24	19	57	81	gFI	0,314	0,990	0,999	0,428	31,79	31,80	0,01
2008	73	73	10	83	40	24	19	57	81	gFI	0,314	0,990	0,999	0,428	34,90	33,37	-1,53
2009	73	73	10	83	5	36	19	45	81	gFIII	0,388	0,926	0,999	0,749	8,97	11,10	2,13
2010	73	73	10	83	10	36	19	45	81	gFIII	0,388	0,926	0,999	0,749	15,37	15,77	0,39
2011	73	73	10	83	15	36	19	45	81	gFIII	0,388	0,926	0,999	0,749	21,78	22,03	0,25
2012	73	73	10	83	20	36	19	45	81	gFI	0,388	0,926	0,999	0,749	26,35	25,53	-0,82
2013	73	73	10	83	25	36	19	45	81	gFI	0,388	0,926	0,999	0,749	29,46	30,60	1,14
2014	73	73	10	83	30	36	19	45	81	gFI	0,388	0,926	0,999	0,749	32,56	31,20	-1,36
2015	73	73	10	83	35	36	19	45	81	gFI	0,388	0,926	0,999	0,749	35,67	33,63	-2,04
2016	73	73	10	83	40	36	19	45	81	gFI	0,388	0,926	0,999	0,749	38,77	36,37	-2,41
2017	73	73	10	83	5	24	28	48	72	gFIII	0,560	0,971	0,996	0,507	8,86	10,40	1,54
2018	73	73	10	83	10	24	28	48	72	gFIII	0,560	0,971	0,996	0,507	15,18	14,97	-0,22
2019	73	73	10	83	15	24	28	48	72	gFIII	0,560	0,971	0,996	0,507	21,51	21,97	0,45
2020	73	73	10	83	20	24	28	48	72	gFI	0,560	0,971	0,996	0,507	26,33	26,20	-0,13
2021	73	73	10	83	25	24	28	48	72	gFI	0,560	0,971	0,996	0,507	29,43	29,33	-0,10
2022	73	73	10	83	30	24	28	48	72	gFI	0,560	0,971	0,996	0,507	32,54	32,13	-0,41
2023	73	73	10	83	35	24	28	48	72	gFI	0,560	0,971	0,996	0,507	35,65	35,23	-0,41
2024	73	73	10	83	40	24	28	48	72	gFI	0,560	0,971	0,996	0,507	38,75	38,53	-0,22
2025	73	73	10	83	5	36	28	36	72	gFIII	0,643	0,827	0,982	0,831	10,00	13,80	3,80
2026	73	73	10	83	10	36	28	36	72	gFIII	0,643	0,827	0,982	0,831	17,15	18,83	1,69
2027	73	73	10	83	15	36	28	36	72	gFIII	0,643	0,827	0,982	0,831	24,29	24,63	0,34
2028	73	73	10	83	20	36	28	36	72	gFI	0,643	0,827	0,982	0,831	29,43	30,33	0,90
2029	73	73	10	83	25	36	28	36	72	gFI	0,643	0,827	0,982	0,831	32,54	32,07	-0,47
2030	73	73	10	83	30	36	28	36	72	gFI	0,643	0,827	0,982	0,831	35,64	34,10	-1,54
2031	73	73	10	83	35	36	28	36	72	gFI	0,643	0,827	0,982	0,831	38,75	38,37	-0,38
2032	73	73	10	83	40	36	28	36	72	gFI	0,643	0,827	0,982	0,831	41,85	40,50	-1,35
2101	77	36	41	36	5	25	6	69	75	gFIII	0,353	0,999	0,996	0,089	6,26	7,53	1,27
2102	77	36	41	36	10	25	6	69	75	gFII	0,353	0,999	0,996	0,089	10,56	10,13	-0,43
2103	77	36	41	36	15	25	6	69	75	gFII	0,353	0,999	0,996	0,089	14,75	15,33	0,58
2104	77	36	41	36	20	25	6	69	75	gFI	0,353	0,999	0,996	0,089	18,36	19,00	0,64
2105	77	36	41	36	25	25	6	69	75	gFI	0,353	0,999	0,996	0,089	21,47	22,17	0,70
2106	77	36	41	36	30	25	6	69	75	gFI	0,353	0,999	0,996	0,089	24,57	24,43	-0,14
2107	77	36	41	36	35	25	6	69	75	gFI	0,353	0,999	0,996	0,089	27,68	27,33	-0,34
2108	77	36	41	36	40	25	6	69	75	gFI	0,353	0,999	0,996	0,089	30,78	29,27	-1,52

Tabelle A5-18: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 18,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
2109	77	36	41	36	5	31	6	63	69	gFIII	0,467	0,998	0,989	0,096	6,78	8,00	1,22
2110	77	36	41	36	10	31	6	63	69	gFII	0,467	0,998	0,989	0,096	11,44	10,97	-0,47
2111	77	36	41	36	15	31	6	63	69	gFII	0,467	0,998	0,989	0,096	15,96	16,37	0,41
2112	77	36	41	36	20	31	6	63	69	gFI	0,467	0,998	0,989	0,096	19,72	20,63	0,91
2113	77	36	41	36	25	31	6	63	69	gFI	0,467	0,998	0,989	0,096	22,83	24,00	1,17
2114	77	36	41	36	30	31	6	63	69	gFI	0,467	0,998	0,989	0,096	25,93	25,43	-0,50
2115	77	36	41	36	35	31	6	63	69	gFI	0,467	0,998	0,989	0,096	29,04	29,07	0,03
2116	77	36	41	36	40	31	6	63	69	gFI	0,467	0,998	0,989	0,096	32,14	31,70	-0,44
2117	77	36	41	36	5	25	10	65	75	gFIII	0,363	0,999	0,995	0,148	6,56	8,00	1,44
2118	77	36	41	36	10	25	10	65	75	gFII	0,363	0,999	0,995	0,148	10,97	10,70	-0,27
2119	77	36	41	36	15	25	10	65	75	gFII	0,363	0,999	0,995	0,148	15,19	15,73	0,54
2120	77	36	41	36	20	25	10	65	75	gFI	0,363	0,999	0,995	0,148	18,81	19,80	0,99
2121	77	36	41	36	25	25	10	65	75	gFI	0,363	0,999	0,995	0,148	21,92	22,63	0,72
2122	77	36	41	36	30	25	10	65	75	gFI	0,363	0,999	0,995	0,148	25,02	25,07	0,04
2123	77	36	41	36	35	25	10	65	75	gFI	0,363	0,999	0,995	0,148	28,13	27,33	-0,79
2124	77	36	41	36	40	25	10	65	75	gFI	0,363	0,999	0,995	0,148	31,23	30,53	-0,70
2125	77	36	41	36	5	31	10	59	69	gFIII	0,479	0,997	0,987	0,159	7,11	8,73	1,63
2126	77	36	41	36	10	31	10	59	69	gFII	0,479	0,997	0,987	0,159	11,87	11,73	-0,14
2127	77	36	41	36	15	31	10	59	69	gFII	0,479	0,997	0,987	0,159	16,42	16,70	0,28
2128	77	36	41	36	20	31	10	59	69	gFI	0,479	0,997	0,987	0,159	20,20	21,30	1,10
2129	77	36	41	36	25	31	10	59	69	gFI	0,479	0,997	0,987	0,159	23,30	24,07	0,76
2130	77	36	41	36	30	31	10	59	69	gFI	0,479	0,997	0,987	0,159	26,41	26,37	-0,04
2131	77	36	41	36	35	31	10	59	69	gFI	0,479	0,997	0,987	0,159	29,52	28,93	-0,58
2132	77	36	41	36	40	31	10	59	69	gFI	0,479	0,997	0,987	0,159	32,62	31,57	-1,05
2201	84	84	47	131	5	14	18	68	82	gFIII	0,255	0,998	0,999	0,213	6,37	7,80	1,43
2202	84	84	47	131	10	14	18	68	82	gFIII	0,255	0,998	0,999	0,213	10,92	10,40	-0,52
2203	84	84	47	131	15	14	18	68	82	gFIII	0,255	0,998	0,999	0,213	15,47	15,77	0,29
2204	84	84	47	131	20	14	18	68	82	gFII	0,255	0,998	0,999	0,213	19,90	20,40	0,50
2205	84	84	47	131	25	14	18	68	82	gFII	0,255	0,998	0,999	0,213	23,80	23,90	0,10
2206	84	84	47	131	30	14	18	68	82	gFII	0,255	0,998	0,999	0,213	27,69	27,33	-0,36
2207	84	84	47	131	35	14	18	68	82	gFI	0,255	0,998	0,999	0,213	30,93	29,70	-1,23
2208	84	84	47	131	40	14	18	68	82	gFI	0,255	0,998	0,999	0,213	34,04	32,17	-1,87
2209	84	84	47	131	5	19	18	63	82	gFIII	0,260	0,996	0,999	0,307	6,79	7,97	1,18
2210	84	84	47	131	10	19	18	63	82	gFIII	0,260	0,996	0,999	0,307	11,64	11,00	-0,64
2211	84	84	47	131	15	19	18	63	82	gFIII	0,260	0,996	0,999	0,307	16,50	16,50	0,00
2212	84	84	47	131	20	19	18	63	82	gFII	0,260	0,996	0,999	0,307	21,17	22,13	0,96

Tabelle A5-19: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 19,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	LALA	LAG	LAZw	LARA	t _{gr}	aLA	aRA	aG	azw	Fall	bALA	bAG	bAZw	bARA	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
2213	84	84	47	131	25	19	18	63	82	gFII	0,260	0,996	0,999	0,307	25,08	25,50	0,42
2214	84	84	47	131	30	19	18	63	82	gFII	0,260	0,996	0,999	0,307	28,99	28,37	-0,63
2215	84	84	47	131	35	19	18	63	82	gFI	0,260	0,996	0,999	0,307	32,24	31,90	-0,34
2216	84	84	47	131	40	19	18	63	82	gFI	0,260	0,996	0,999	0,307	35,34	34,30	-1,04
2217	84	84	47	131	5	14	22	64	78	gFIII	0,329	0,997	0,997	0,228	6,75	8,00	1,25
2218	84	84	47	131	10	14	22	64	78	gFIII	0,329	0,997	0,997	0,228	11,57	11,00	-0,57
2219	84	84	47	131	15	14	22	64	78	gFIII	0,329	0,997	0,997	0,228	16,40	16,47	0,07
2220	84	84	47	131	20	14	22	64	78	gFII	0,329	0,997	0,997	0,228	21,09	22,00	0,91
2221	84	84	47	131	25	14	22	64	78	gFII	0,329	0,997	0,997	0,228	25,21	25,20	-0,01
2222	84	84	47	131	30	14	22	64	78	gFII	0,329	0,997	0,997	0,228	29,33	28,73	-0,59
2223	84	84	47	131	35	14	22	64	78	gFI	0,329	0,997	0,997	0,228	32,61	31,67	-0,94
2224	84	84	47	131	40	14	22	64	78	gFI	0,329	0,997	0,997	0,228	35,71	34,33	-1,38
2225	84	84	47	131	5	19	22	59	78	gFIII	0,339	0,994	0,998	0,329	7,22	8,73	1,51
2226	84	84	47	131	10	19	22	59	78	gFIII	0,339	0,994	0,998	0,329	12,38	11,90	-0,48
2227	84	84	47	131	15	19	22	59	78	gFIII	0,339	0,994	0,998	0,329	17,55	18,07	0,52
2228	84	84	47	131	20	19	22	59	78	gFII	0,339	0,994	0,998	0,329	22,52	23,33	0,81
2229	84	84	47	131	25	19	22	59	78	gFII	0,339	0,994	0,998	0,329	26,67	27,00	0,33
2230	84	84	47	131	30	19	22	59	78	gFII	0,339	0,994	0,998	0,329	30,82	30,03	-0,79
2231	84	84	47	131	35	19	22	59	78	gFI	0,339	0,994	0,998	0,329	34,11	32,93	-1,17
2232	84	84	47	131	40	19	22	59	78	gFI	0,339	0,994	0,998	0,329	37,21	36,03	-1,18
2301	85	12	73	12	5	18	14	68	82	gFII	0,227	0,987	1,000	0,205	5,69	7,13	1,44
2302	85	12	73	12	10	18	14	68	82	gFII	0,227	0,987	1,000	0,205	9,50	9,60	0,10
2303	85	12	73	12	15	18	14	68	82	gFII	0,227	0,987	1,000	0,205	13,31	14,13	0,82
2304	85	12	73	12	20	18	14	68	82	gFI	0,227	0,987	1,000	0,205	17,03	18,07	1,04
2305	85	12	73	12	25	18	14	68	82	gFI	0,227	0,987	1,000	0,205	20,13	20,70	0,57
2306	85	12	73	12	30	18	14	68	82	gFI	0,227	0,987	1,000	0,205	23,24	23,27	0,03
2307	85	12	73	12	35	18	14	68	82	gFI	0,227	0,987	1,000	0,205	26,34	26,27	-0,08
2308	85	12	73	12	40	18	14	68	82	gFI	0,227	0,987	1,000	0,205	29,45	28,57	-0,88
2309	85	12	73	12	5	23	14	63	77	gFII	0,312	0,983	0,999	0,230	6,10	7,80	1,70
2310	85	12	73	12	10	23	14	63	77	gFII	0,312	0,983	0,999	0,230	10,16	10,00	-0,16
2311	85	12	73	12	15	23	14	63	77	gFII	0,312	0,983	0,999	0,230	14,23	14,90	0,67
2312	85	12	73	12	20	23	14	63	77	gFI	0,312	0,983	0,999	0,230	18,17	18,87	0,69
2313	85	12	73	12	25	23	14	63	77	gFI	0,312	0,983	0,999	0,230	21,28	22,10	0,82
2314	85	12	73	12	30	23	14	63	77	gFI	0,312	0,983	0,999	0,230	24,38	24,60	0,22
2315	85	12	73	12	35	23	14	63	77	gFI	0,312	0,983	0,999	0,230	27,49	27,50	0,01
2316	85	12	73	12	40	23	14	63	77	gFI	0,312	0,983	0,999	0,230	30,60	30,33	-0,26

Tabelle A5-20: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 20,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
2317	85	12	73	12	5	18	32	50	82	gFII	0,231	0,888	0,999	0,570	6,20	7,17	0,96
2318	85	12	73	12	10	18	32	50	82	gFII	0,231	0,888	0,999	0,570	10,02	9,60	-0,42
2319	85	12	73	12	15	18	32	50	82	gFII	0,231	0,888	0,999	0,570	13,84	13,77	-0,08
2320	85	12	73	12	20	18	32	50	82	gFI	0,231	0,888	0,999	0,570	17,57	18,00	0,43
2321	85	12	73	12	25	18	32	50	82	gFI	0,231	0,888	0,999	0,570	20,67	20,70	0,03
2322	85	12	73	12	30	18	32	50	82	gFI	0,231	0,888	0,999	0,570	23,78	23,87	0,09
2323	85	12	73	12	35	18	32	50	82	gFI	0,231	0,888	0,999	0,570	26,88	26,03	-0,85
2324	85	12	73	12	40	18	32	50	82	gFI	0,231	0,888	0,999	0,570	29,99	28,60	-1,39
2325	85	12	73	12	5	23	32	45	77	gFII	0,327	0,857	0,999	0,618	6,65	7,73	1,08
2326	85	12	73	12	10	23	32	45	77	gFII	0,327	0,857	0,999	0,618	10,77	10,37	-0,40
2327	85	12	73	12	15	23	32	45	77	gFII	0,327	0,857	0,999	0,618	14,88	14,77	-0,12
2328	85	12	73	12	20	23	32	45	77	gFI	0,327	0,857	0,999	0,618	18,86	19,40	0,54
2329	85	12	73	12	25	23	32	45	77	gFI	0,327	0,857	0,999	0,618	21,97	21,83	-0,14
2330	85	12	73	12	30	23	32	45	77	gFI	0,327	0,857	0,999	0,618	25,07	25,03	-0,04
2331	85	12	73	12	35	23	32	45	77	gFI	0,327	0,857	0,999	0,618	28,18	28,20	0,02
2332	85	12	73	12	40	23	32	45	77	gFI	0,327	0,857	0,999	0,618	31,29	30,47	-0,82
2401	88	88	22	110	5	24	19	57	81	gFIII	0,309	0,990	0,999	0,434	7,53	9,07	1,54
2402	88	88	22	110	10	24	19	57	81	gFIII	0,309	0,990	0,999	0,434	12,90	12,60	-0,30
2403	88	88	22	110	15	24	19	57	81	gFIII	0,309	0,990	0,999	0,434	18,28	18,37	0,08
2404	88	88	22	110	20	24	19	57	81	gFIII	0,309	0,990	0,999	0,434	23,66	24,07	0,41
2405	88	88	22	110	25	24	19	57	81	gFII	0,309	0,990	0,999	0,434	27,74	27,00	-0,74
2406	88	88	22	110	30	24	19	57	81	gFI	0,309	0,990	0,999	0,434	30,96	29,70	-1,26
2407	88	88	22	110	35	24	19	57	81	gFI	0,309	0,990	0,999	0,434	34,06	32,77	-1,30
2408	88	88	22	110	40	24	19	57	81	gFI	0,309	0,990	0,999	0,434	37,17	35,80	-1,37
2409	88	88	22	110	5	36	19	45	81	gFIII	0,379	0,929	0,999	0,746	8,92	10,77	1,84
2410	88	88	22	110	10	36	19	45	81	gFIII	0,379	0,929	0,999	0,746	15,30	15,73	0,43
2411	88	88	22	110	15	36	19	45	81	gFIII	0,379	0,929	0,999	0,746	21,68	22,87	1,19
2412	88	88	22	110	20	36	19	45	81	gFIII	0,379	0,929	0,999	0,746	28,06	29,30	1,24
2413	88	88	22	110	25	36	19	45	81	gFII	0,379	0,929	0,999	0,746	32,37	31,10	-1,27
2414	88	88	22	110	30	36	19	45	81	gFI	0,379	0,929	0,999	0,746	35,61	35,03	-0,58
2415	88	88	22	110	35	36	19	45	81	gFI	0,379	0,929	0,999	0,746	38,72	36,80	-1,92
2416	88	88	22	110	40	36	19	45	81	gFI	0,379	0,929	0,999	0,746	41,82	39,73	-2,09
2417	88	88	22	110	5	24	28	48	72	gFIII	0,545	0,975	0,997	0,510	8,82	10,40	1,58
2418	88	88	22	110	10	24	28	48	72	gFIII	0,545	0,975	0,997	0,510	15,12	15,23	0,11
2419	88	88	22	110	15	24	28	48	72	gFIII	0,545	0,975	0,997	0,510	21,42	22,13	0,71
2420	88	88	22	110	20	24	28	48	72	gFIII	0,545	0,975	0,997	0,510	27,73	28,30	0,57

**Tabelle A5-21: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 21,
Quelle: Eigene Darstellung**

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
2421	88	88	22	110	25	24	28	48	72	gFII	0,545	0,975	0,997	0,510	32,54	32,73	0,20
2422	88	88	22	110	30	24	28	48	72	gFI	0,545	0,975	0,997	0,510	35,84	35,93	0,09
2423	88	88	22	110	35	24	28	48	72	gFI	0,545	0,975	0,997	0,510	38,95	38,47	-0,48
2424	88	88	22	110	40	24	28	48	72	gFI	0,545	0,975	0,997	0,510	42,05	40,77	-1,28
2425	88	88	22	110	5	36	28	36	72	gFIII	0,627	0,834	0,987	0,835	9,98	14,20	4,22
2426	88	88	22	110	10	36	28	36	72	gFIII	0,627	0,834	0,987	0,835	17,11	18,50	1,39
2427	88	88	22	110	15	36	28	36	72	gFIII	0,627	0,834	0,987	0,835	24,24	26,40	2,16
2428	88	88	22	110	20	36	28	36	72	gFIII	0,627	0,834	0,987	0,835	31,38	33,13	1,76
2429	88	88	22	110	25	36	28	36	72	gFII	0,627	0,834	0,987	0,835	36,42	36,70	0,28
2430	88	88	22	110	30	36	28	36	72	gFI	0,627	0,834	0,987	0,835	39,75	39,50	-0,25
2431	88	88	22	110	35	36	28	36	72	gFI	0,627	0,834	0,987	0,835	42,86	42,23	-0,62
2432	88	88	22	110	40	36	28	36	72	gFI	0,627	0,834	0,987	0,835	45,96	45,03	-0,93
2501	90	15	75	15	5	6	9	85	94	gFII	0,064	0,997	1,000	0,115	4,88	5,83	0,95
2502	90	15	75	15	10	6	9	85	94	gFII	0,064	0,997	1,000	0,115	8,19	7,83	-0,35
2503	90	15	75	15	15	6	9	85	94	gFII	0,064	0,997	1,000	0,115	11,49	11,37	-0,12
2504	90	15	75	15	20	6	9	85	94	gFII	0,064	0,997	1,000	0,115	14,79	15,23	0,44
2505	90	15	75	15	25	6	9	85	94	gFI	0,064	0,997	1,000	0,115	17,92	18,33	0,41
2506	90	15	75	15	30	6	9	85	94	gFI	0,064	0,997	1,000	0,115	21,03	20,87	-0,16
2507	90	15	75	15	35	6	9	85	94	gFI	0,064	0,997	1,000	0,115	24,13	23,60	-0,53
2508	90	15	75	15	40	6	9	85	94	gFI	0,064	0,997	1,000	0,115	27,24	26,17	-1,07
2509	90	15	75	15	5	14	9	77	86	gFII	0,168	0,996	1,000	0,122	5,35	6,67	1,31
2510	90	15	75	15	10	14	9	77	86	gFII	0,168	0,996	1,000	0,122	8,98	9,00	0,02
2511	90	15	75	15	15	14	9	77	86	gFII	0,168	0,996	1,000	0,122	12,61	12,77	0,16
2512	90	15	75	15	20	14	9	77	86	gFII	0,168	0,996	1,000	0,122	16,24	17,20	0,96
2513	90	15	75	15	25	14	9	77	86	gFI	0,168	0,996	1,000	0,122	19,40	19,83	0,43
2514	90	15	75	15	30	14	9	77	86	gFI	0,168	0,996	1,000	0,122	22,51	22,70	0,19
2515	90	15	75	15	35	14	9	77	86	gFI	0,168	0,996	1,000	0,122	25,61	25,37	-0,25
2516	90	15	75	15	40	14	9	77	86	gFI	0,168	0,996	1,000	0,122	28,72	28,03	-0,69
2517	90	15	75	15	5	6	28	66	94	gFII	0,064	0,949	1,000	0,395	5,43	6,63	1,21
2518	90	15	75	15	10	6	28	66	94	gFII	0,064	0,949	1,000	0,395	8,73	8,43	-0,30
2519	90	15	75	15	15	6	28	66	94	gFII	0,064	0,949	1,000	0,395	12,03	12,13	0,10
2520	90	15	75	15	20	6	28	66	94	gFII	0,064	0,949	1,000	0,395	15,34	15,77	0,43
2521	90	15	75	15	25	6	28	66	94	gFI	0,064	0,949	1,000	0,395	18,46	18,83	0,37
2522	90	15	75	15	30	6	28	66	94	gFI	0,064	0,949	1,000	0,395	21,57	21,83	0,26
2523	90	15	75	15	35	6	28	66	94	gFI	0,064	0,949	1,000	0,395	24,68	24,70	0,02
2524	90	15	75	15	40	6	28	66	94	gFI	0,064	0,949	1,000	0,395	27,78	26,90	-0,88

Tabelle A5-22: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 22,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
2525	90	15	75	15	5	14	28	58	86	gFII	0,167	0,938	1,000	0,457	5,99	7,23	1,24
2526	90	15	75	15	10	14	28	58	86	gFII	0,167	0,938	1,000	0,457	9,61	9,23	-0,38
2527	90	15	75	15	15	14	28	58	86	gFII	0,167	0,938	1,000	0,457	13,24	13,70	0,46
2528	90	15	75	15	20	14	28	58	86	gFII	0,167	0,938	1,000	0,457	16,86	16,97	0,11
2529	90	15	75	15	25	14	28	58	86	gFI	0,167	0,938	1,000	0,457	20,02	21,07	1,04
2530	90	15	75	15	30	14	28	58	86	gFI	0,167	0,938	1,000	0,457	23,13	23,17	0,04
2531	90	15	75	15	35	14	28	58	86	gFI	0,167	0,938	1,000	0,457	26,23	26,07	-0,17
2532	90	15	75	15	40	14	28	58	86	gFI	0,167	0,938	1,000	0,457	29,34	28,53	-0,81
2601	93	39	54	39	5	19	14	67	81	gFIII	0,259	0,996	0,999	0,215	6,39	7,80	1,41
2602	93	39	54	39	10	19	14	67	81	gFII	0,259	0,996	0,999	0,215	10,66	10,80	0,14
2603	93	39	54	39	15	19	14	67	81	gFII	0,259	0,996	0,999	0,215	14,57	15,03	0,46
2604	93	39	54	39	20	19	14	67	81	gFII	0,259	0,996	0,999	0,215	18,48	19,33	0,85
2605	93	39	54	39	25	19	14	67	81	gFI	0,259	0,996	0,999	0,215	21,80	22,30	0,50
2606	93	39	54	39	30	19	14	67	81	gFI	0,259	0,996	0,999	0,215	24,91	25,07	0,16
2607	93	39	54	39	35	19	14	67	81	gFI	0,259	0,996	0,999	0,215	28,01	27,47	-0,55
2608	93	39	54	39	40	19	14	67	81	gFI	0,259	0,996	0,999	0,215	31,12	30,57	-0,55
2609	93	39	54	39	5	30	14	56	70	gFIII	0,472	0,991	0,993	0,255	7,47	9,17	1,70
2610	93	39	54	39	10	30	14	56	70	gFII	0,472	0,991	0,993	0,255	12,45	12,43	-0,02
2611	93	39	54	39	15	30	14	56	70	gFII	0,472	0,991	0,993	0,255	17,00	17,13	0,13
2612	93	39	54	39	20	30	14	56	70	gFII	0,472	0,991	0,993	0,255	21,55	22,40	0,85
2613	93	39	54	39	25	30	14	56	70	gFI	0,472	0,991	0,993	0,255	25,04	25,87	0,82
2614	93	39	54	39	30	30	14	56	70	gFI	0,472	0,991	0,993	0,255	28,15	27,67	-0,48
2615	93	39	54	39	35	30	14	56	70	gFI	0,472	0,991	0,993	0,255	31,25	30,43	-0,82
2616	93	39	54	39	40	30	14	56	70	gFI	0,472	0,991	0,993	0,255	34,36	32,97	-1,39
2617	93	39	54	39	5	19	35	46	81	gFIII	0,302	0,909	0,999	0,690	8,26	10,73	2,47
2618	93	39	54	39	10	19	35	46	81	gFII	0,302	0,909	0,999	0,690	13,34	13,03	-0,31
2619	93	39	54	39	15	19	35	46	81	gFII	0,302	0,909	0,999	0,690	17,38	18,23	0,85
2620	93	39	54	39	20	19	35	46	81	gFII	0,302	0,909	0,999	0,690	21,42	21,57	0,15
2621	93	39	54	39	25	19	35	46	81	gFI	0,302	0,909	0,999	0,690	24,78	25,03	0,26
2622	93	39	54	39	30	19	35	46	81	gFI	0,302	0,909	0,999	0,690	27,88	27,70	-0,18
2623	93	39	54	39	35	19	35	46	81	gFI	0,302	0,909	0,999	0,690	30,99	30,23	-0,75
2624	93	39	54	39	40	19	35	46	81	gFI	0,302	0,909	0,999	0,690	34,09	33,03	-1,06
2625	93	39	54	39	5	30	35	35	70	gFIII	0,575	0,806	0,981	0,811	9,52	13,23	3,71
2626	93	39	54	39	10	30	35	35	70	gFII	0,575	0,806	0,981	0,811	15,45	16,97	1,51
2627	93	39	54	39	15	30	35	35	70	gFII	0,575	0,806	0,981	0,811	20,28	21,00	0,72
2628	93	39	54	39	20	30	35	35	70	gFII	0,575	0,806	0,981	0,811	25,11	25,43	0,32

Tabelle A5-23: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 23,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	LALA	LAG	LAZw	LARA	t _{gr}	aLA	aRA	aG	azw	Fall	bALA	bAG	bAZw	bARA	CIST	CSOLL	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
2629	93	39	54	39	25	30	35	35	70	gFI	0,575	0,806	0,981	0,811	28,67	29,30	0,63
2630	93	39	54	39	30	30	35	35	70	gFI	0,575	0,806	0,981	0,811	31,78	32,23	0,45
2631	93	39	54	39	35	30	35	35	70	gFI	0,575	0,806	0,981	0,811	34,89	34,27	-0,62
2632	93	39	54	39	40	30	35	35	70	gFI	0,575	0,806	0,981	0,811	37,99	36,93	-1,06
2701	97	74	23	74	5	12	3	85	88	gFIII	0,140	1,000	0,999	0,036	5,11	5,97	0,86
2702	97	74	23	74	10	12	3	85	88	gFIII	0,140	1,000	0,999	0,036	8,76	8,47	-0,29
2703	97	74	23	74	15	12	3	85	88	gFIII	0,140	1,000	0,999	0,036	12,41	12,17	-0,25
2704	97	74	23	74	20	12	3	85	88	gFII	0,140	1,000	0,999	0,036	15,99	16,30	0,31
2705	97	74	23	74	25	12	3	85	88	gFI	0,140	1,000	0,999	0,036	19,29	19,33	0,04
2706	97	74	23	74	30	12	3	85	88	gFI	0,140	1,000	0,999	0,036	22,40	22,00	-0,40
2707	97	74	23	74	35	12	3	85	88	gFI	0,140	1,000	0,999	0,036	25,50	24,87	-0,64
2708	97	74	23	74	40	12	3	85	88	gFI	0,140	1,000	0,999	0,036	28,61	27,20	-1,41
2709	97	74	23	74	5	18	3	79	82	gFIII	0,228	1,000	0,999	0,040	5,51	6,53	1,02
2710	97	74	23	74	10	18	3	79	82	gFIII	0,228	1,000	0,999	0,040	9,45	9,17	-0,28
2711	97	74	23	74	15	18	3	79	82	gFIII	0,228	1,000	0,999	0,040	13,38	13,37	-0,02
2712	97	74	23	74	20	18	3	79	82	gFII	0,228	1,000	0,999	0,040	17,23	17,40	0,17
2713	97	74	23	74	25	18	3	79	82	gFI	0,228	1,000	0,999	0,040	20,67	20,80	0,13
2714	97	74	23	74	30	18	3	79	82	gFI	0,228	1,000	0,999	0,040	23,77	23,57	-0,21
2715	97	74	23	74	35	18	3	79	82	gFI	0,228	1,000	0,999	0,040	26,88	25,50	-1,38
2716	97	74	23	74	40	18	3	79	82	gFI	0,228	1,000	0,999	0,040	29,98	28,70	-1,28
2717	97	74	23	74	5	12	21	67	88	gFIII	0,174	0,997	0,999	0,314	6,45	7,73	1,28
2718	97	74	23	74	10	12	21	67	88	gFIII	0,174	0,997	0,999	0,314	11,07	10,57	-0,50
2719	97	74	23	74	15	12	21	67	88	gFIII	0,174	0,997	0,999	0,314	15,68	16,00	0,32
2720	97	74	23	74	20	12	21	67	88	gFII	0,174	0,997	0,999	0,314	19,62	20,73	1,11
2721	97	74	23	74	25	12	21	67	88	gFI	0,174	0,997	0,999	0,314	22,98	23,83	0,85
2722	97	74	23	74	30	12	21	67	88	gFI	0,174	0,997	0,999	0,314	26,08	26,00	-0,08
2723	97	74	23	74	35	12	21	67	88	gFI	0,174	0,997	0,999	0,314	29,19	29,00	-0,19
2724	97	74	23	74	40	12	21	67	88	gFI	0,174	0,997	0,999	0,314	32,30	31,53	-0,76
2725	97	74	23	74	5	18	21	61	82	gFIII	0,274	0,995	0,999	0,349	7,03	8,10	1,07
2726	97	74	23	74	10	18	21	61	82	gFIII	0,274	0,995	0,999	0,349	12,06	11,40	-0,66
2727	97	74	23	74	15	18	21	61	82	gFIII	0,274	0,995	0,999	0,349	17,08	17,03	-0,05
2728	97	74	23	74	20	18	21	61	82	gFII	0,274	0,995	0,999	0,349	21,37	22,17	0,80
2729	97	74	23	74	25	18	21	61	82	gFI	0,274	0,995	0,999	0,349	24,87	25,43	0,56
2730	97	74	23	74	30	18	21	61	82	gFI	0,274	0,995	0,999	0,349	27,98	27,67	-0,31
2731	97	74	23	74	35	18	21	61	82	gFI	0,274	0,995	0,999	0,349	31,08	30,60	-0,48
2732	97	74	23	74	40	18	21	61	82	gFI	0,274	0,995	0,999	0,349	34,19	32,60	-1,59

Tabelle A5-24: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 24,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
2801	98	44	54	44	5	7	8	85	93	gFIII	0,079	0,999	1,000	0,094	5,09	5,97	0,87
2802	98	44	54	44	10	7	8	85	93	gFII	0,079	0,999	1,000	0,094	8,68	8,37	-0,31
2803	98	44	54	44	15	7	8	85	93	gFII	0,079	0,999	1,000	0,094	12,03	11,97	-0,06
2804	98	44	54	44	20	7	8	85	93	gFII	0,079	0,999	1,000	0,094	15,38	15,67	0,28
2805	98	44	54	44	25	7	8	85	93	gFI	0,079	0,999	1,000	0,094	18,62	18,93	0,32
2806	98	44	54	44	30	7	8	85	93	gFI	0,079	0,999	1,000	0,094	21,72	21,70	-0,02
2807	98	44	54	44	35	7	8	85	93	gFI	0,079	0,999	1,000	0,094	24,83	23,93	-0,89
2808	98	44	54	44	40	7	8	85	93	gFI	0,079	0,999	1,000	0,094	27,93	26,83	-1,10
2809	98	44	54	44	5	27	8	65	73	gFIII	0,394	0,998	0,994	0,121	6,58	7,97	1,39
2810	98	44	54	44	10	27	8	65	73	gFII	0,394	0,998	0,994	0,121	11,20	10,97	-0,23
2811	98	44	54	44	15	27	8	65	73	gFII	0,394	0,998	0,994	0,121	15,51	16,23	0,72
2812	98	44	54	44	20	27	8	65	73	gFII	0,394	0,998	0,994	0,121	19,82	20,97	1,14
2813	98	44	54	44	25	27	8	65	73	gFI	0,394	0,998	0,994	0,121	23,55	24,47	0,92
2814	98	44	54	44	30	27	8	65	73	gFI	0,394	0,998	0,994	0,121	26,66	27,00	0,34
2815	98	44	54	44	35	27	8	65	73	gFI	0,394	0,998	0,994	0,121	29,76	29,57	-0,20
2816	98	44	54	44	40	27	8	65	73	gFI	0,394	0,998	0,994	0,121	32,87	31,90	-0,97
2817	98	44	54	44	5	7	25	68	93	gFIII	0,087	0,988	1,000	0,387	6,35	7,57	1,21
2818	98	44	54	44	10	7	25	68	93	gFII	0,087	0,988	1,000	0,387	10,67	10,40	-0,27
2819	98	44	54	44	15	7	25	68	93	gFII	0,087	0,988	1,000	0,387	14,04	14,67	0,62
2820	98	44	54	44	20	7	25	68	93	gFII	0,087	0,988	1,000	0,387	17,42	18,30	0,88
2821	98	44	54	44	25	7	25	68	93	gFI	0,087	0,988	1,000	0,387	20,66	20,97	0,31
2822	98	44	54	44	30	7	25	68	93	gFI	0,087	0,988	1,000	0,387	23,77	23,83	0,07
2823	98	44	54	44	35	7	25	68	93	gFI	0,087	0,988	1,000	0,387	26,87	26,23	-0,64
2824	98	44	54	44	40	7	25	68	93	gFI	0,087	0,988	1,000	0,387	29,98	28,93	-1,04
2825	98	44	54	44	5	27	25	48	73	gFIII	0,460	0,959	0,993	0,526	8,46	10,47	2,01
2826	98	44	54	44	10	27	25	48	73	gFII	0,460	0,959	0,993	0,526	14,21	14,40	0,19
2827	98	44	54	44	15	27	25	48	73	gFII	0,460	0,959	0,993	0,526	18,72	19,80	1,08
2828	98	44	54	44	20	27	25	48	73	gFII	0,460	0,959	0,993	0,526	23,24	24,13	0,90
2829	98	44	54	44	25	27	25	48	73	gFI	0,460	0,959	0,993	0,526	27,07	28,10	1,03
2830	98	44	54	44	30	27	25	48	73	gFI	0,460	0,959	0,993	0,526	30,17	30,50	0,33
2831	98	44	54	44	35	27	25	48	73	gFI	0,460	0,959	0,993	0,526	33,28	33,30	0,02
2832	98	44	54	44	40	27	25	48	73	gFI	0,460	0,959	0,993	0,526	36,38	35,53	-0,85
2901	104	20	84	20	5	4	6	90	96	gFII	0,043	0,997	1,000	0,073	4,75	5,63	0,88
2902	104	20	84	20	10	4	6	90	96	gFII	0,043	0,997	1,000	0,073	7,99	7,83	-0,16
2903	104	20	84	20	15	4	6	90	96	gFII	0,043	0,997	1,000	0,073	11,23	11,37	0,14
2904	104	20	84	20	20	4	6	90	96	gFII	0,043	0,997	1,000	0,073	14,47	15,00	0,53

Tabelle A5-25: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 25,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZW}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{ZW}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZW}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
2905	104	20	84	20	25	4	6	90	96	gFI	0,043	0,997	1,000	0,073	17,68	17,87	0,19
2906	104	20	84	20	30	4	6	90	96	gFI	0,043	0,997	1,000	0,073	20,79	20,67	-0,12
2907	104	20	84	20	35	4	6	90	96	gFI	0,043	0,997	1,000	0,073	23,89	23,33	-0,56
2908	104	20	84	20	40	4	6	90	96	gFI	0,043	0,997	1,000	0,073	27,00	25,83	-1,16
2909	104	20	84	20	5	15	6	79	85	gFII	0,182	0,997	1,000	0,081	5,38	6,53	1,15
2910	104	20	84	20	10	15	6	79	85	gFII	0,182	0,997	1,000	0,081	9,05	9,10	0,05
2911	104	20	84	20	15	15	6	79	85	gFII	0,182	0,997	1,000	0,081	12,72	13,20	0,48
2912	104	20	84	20	20	15	6	79	85	gFII	0,182	0,997	1,000	0,081	16,39	17,13	0,74
2913	104	20	84	20	25	15	6	79	85	gFI	0,182	0,997	1,000	0,081	19,96	20,67	0,71
2914	104	20	84	20	30	15	6	79	85	gFI	0,182	0,997	1,000	0,081	23,06	23,47	0,40
2915	104	20	84	20	35	15	6	79	85	gFI	0,182	0,997	1,000	0,081	26,17	25,40	-0,77
2916	104	20	84	20	40	15	6	79	85	gFI	0,182	0,997	1,000	0,081	29,27	27,97	-1,31
2917	104	20	84	20	5	4	13	83	96	gFII	0,045	0,995	1,000	0,159	5,02	6,00	0,98
2918	104	20	84	20	10	4	13	83	96	gFII	0,045	0,995	1,000	0,159	8,27	7,97	-0,30
2919	104	20	84	20	15	4	13	83	96	gFII	0,045	0,995	1,000	0,159	11,51	11,60	0,09
2920	104	20	84	20	20	4	13	83	96	gFII	0,045	0,995	1,000	0,159	14,75	14,97	0,21
2921	104	20	84	20	25	4	13	83	96	gFI	0,045	0,995	1,000	0,159	17,97	18,03	0,06
2922	104	20	84	20	30	4	13	83	96	gFI	0,045	0,995	1,000	0,159	21,08	20,93	-0,14
2923	104	20	84	20	35	4	13	83	96	gFI	0,045	0,995	1,000	0,159	24,18	23,63	-0,55
2924	104	20	84	20	40	4	13	83	96	gFI	0,045	0,995	1,000	0,159	27,29	26,10	-1,19
2925	104	20	84	20	5	15	13	72	85	gFII	0,186	0,992	1,000	0,185	5,71	6,93	1,23
2926	104	20	84	20	10	15	13	72	85	gFII	0,186	0,992	1,000	0,185	9,39	9,63	0,24
2927	104	20	84	20	15	15	13	72	85	gFII	0,186	0,992	1,000	0,185	13,07	13,20	0,13
2928	104	20	84	20	20	15	13	72	85	gFII	0,186	0,992	1,000	0,185	16,76	17,30	0,54
2929	104	20	84	20	25	15	13	72	85	gFI	0,186	0,992	1,000	0,185	20,33	20,83	0,50
2930	104	20	84	20	30	15	13	72	85	gFI	0,186	0,992	1,000	0,185	23,44	23,53	0,09
2931	104	20	84	20	35	15	13	72	85	gFI	0,186	0,992	1,000	0,185	26,55	25,70	-0,85
2932	104	20	84	20	40	15	13	72	85	gFI	0,186	0,992	1,000	0,185	29,65	28,50	-1,15
3001	109	109	16	125	5	5	13	82	87	gFIII	0,158	1,000	0,999	0,062	5,30	6,03	0,73
3002	109	109	16	125	10	5	13	82	87	gFIII	0,158	1,000	0,999	0,062	9,09	8,77	-0,32
3003	109	109	16	125	15	5	13	82	87	gFIII	0,158	1,000	0,999	0,062	12,88	12,70	-0,18
3004	109	109	16	125	20	5	13	82	87	gFIII	0,158	1,000	0,999	0,062	16,67	16,70	0,03
3005	109	109	16	125	25	5	13	82	87	gFIII	0,158	1,000	0,999	0,062	20,46	20,10	-0,36
3006	109	109	16	125	30	5	13	82	87	gFI	0,158	1,000	0,999	0,062	24,00	23,13	-0,87
3007	109	109	16	125	35	5	13	82	87	gFI	0,158	1,000	0,999	0,062	27,11	25,60	-1,51
3008	109	109	16	125	40	5	13	82	87	gFI	0,158	1,000	0,999	0,062	30,21	28,87	-1,35

Tabelle A5-26: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 26,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
3009	109	109	16	125	5	11	13	76	87	gFIII	0,172	1,000	0,999	0,141	5,70	6,60	0,90
3010	109	109	16	125	10	11	13	76	87	gFIII	0,172	1,000	0,999	0,141	9,78	9,20	-0,58
3011	109	109	16	125	15	11	13	76	87	gFIII	0,172	1,000	0,999	0,141	13,85	14,07	0,21
3012	109	109	16	125	20	11	13	76	87	gFIII	0,172	1,000	0,999	0,141	17,93	18,37	0,44
3013	109	109	16	125	25	11	13	76	87	gFIII	0,172	1,000	0,999	0,141	22,00	22,20	0,20
3014	109	109	16	125	30	11	13	76	87	gFI	0,172	1,000	0,999	0,141	25,60	24,87	-0,73
3015	109	109	16	125	35	11	13	76	87	gFI	0,172	1,000	0,999	0,141	28,70	27,93	-0,77
3016	109	109	16	125	40	11	13	76	87	gFI	0,172	1,000	0,999	0,141	31,81	30,30	-1,51
3017	109	109	16	125	5	5	37	58	63	gFIII	0,621	0,984	0,985	0,091	7,37	8,77	1,40
3018	109	109	16	125	10	5	37	58	63	gFIII	0,621	0,984	0,985	0,091	12,64	12,10	-0,54
3019	109	109	16	125	15	5	37	58	63	gFIII	0,621	0,984	0,985	0,091	17,90	18,07	0,16
3020	109	109	16	125	20	5	37	58	63	gFIII	0,621	0,984	0,985	0,091	23,17	23,80	0,63
3021	109	109	16	125	25	5	37	58	63	gFIII	0,621	0,984	0,985	0,091	28,44	28,10	-0,34
3022	109	109	16	125	30	5	37	58	63	gFI	0,621	0,984	0,985	0,091	33,20	32,37	-0,83
3023	109	109	16	125	35	5	37	58	63	gFI	0,621	0,984	0,985	0,091	36,31	35,20	-1,11
3024	109	109	16	125	40	5	37	58	63	gFI	0,621	0,984	0,985	0,091	39,41	37,73	-1,68
3025	109	109	16	125	5	11	37	52	63	gFIII	0,682	0,973	0,964	0,207	8,09	9,60	1,51
3026	109	109	16	125	10	11	37	52	63	gFIII	0,682	0,973	0,964	0,207	13,87	14,03	0,16
3027	109	109	16	125	15	11	37	52	63	gFIII	0,682	0,973	0,964	0,207	19,65	20,73	1,08
3028	109	109	16	125	20	11	37	52	63	gFIII	0,682	0,973	0,964	0,207	25,44	25,47	0,03
3029	109	109	16	125	25	11	37	52	63	gFIII	0,682	0,973	0,964	0,207	31,22	31,20	-0,02
3030	109	109	16	125	30	11	37	52	63	gFI	0,682	0,973	0,964	0,207	36,12	35,80	-0,32
3031	109	109	16	125	35	11	37	52	63	gFI	0,682	0,973	0,964	0,207	39,22	38,90	-0,32
3032	109	109	16	125	40	11	37	52	63	gFI	0,682	0,973	0,964	0,207	42,33	41,53	-0,79
3101	113	96	17	96	5	18	14	68	82	gFIII	0,262	0,999	0,999	0,208	6,38	7,83	1,45
3102	113	96	17	96	10	18	14	68	82	gFIII	0,262	0,999	0,999	0,208	10,94	10,53	-0,41
3103	113	96	17	96	15	18	14	68	82	gFIII	0,262	0,999	0,999	0,208	15,50	15,67	0,17
3104	113	96	17	96	20	18	14	68	82	gFIII	0,262	0,999	0,999	0,208	20,06	20,67	0,61
3105	113	96	17	96	25	18	14	68	82	gFII	0,262	0,999	0,999	0,208	24,24	24,53	0,29
3106	113	96	17	96	30	18	14	68	82	gFI	0,262	0,999	0,999	0,208	27,57	27,07	-0,50
3107	113	96	17	96	35	18	14	68	82	gFI	0,262	0,999	0,999	0,208	30,67	29,37	-1,31
3108	113	96	17	96	40	18	14	68	82	gFI	0,262	0,999	0,999	0,208	33,78	32,23	-1,55
3109	113	96	17	96	5	23	14	63	77	gFIII	0,361	0,996	0,998	0,225	6,88	8,00	1,12
3110	113	96	17	96	10	23	14	63	77	gFIII	0,361	0,996	0,998	0,225	11,79	11,03	-0,76
3111	113	96	17	96	15	23	14	63	77	gFIII	0,361	0,996	0,998	0,225	16,71	16,57	-0,14
3112	113	96	17	96	20	23	14	63	77	gFIII	0,361	0,996	0,998	0,225	21,62	22,10	0,48

Tabelle A5-27: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 27,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	LALA	LAG	LAZw	LARA	t _{gr}	aLA	aRA	aG	azw	Fall	bALA	bAG	bAZw	bARA	CIST	CSOLL	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
3113	113	96	17	96	25	23	14	63	77	gFII	0,361	0,996	0,998	0,225	26,13	25,80	-0,33
3114	113	96	17	96	30	23	14	63	77	gFI	0,361	0,996	0,998	0,225	29,54	28,93	-0,60
3115	113	96	17	96	35	23	14	63	77	gFI	0,361	0,996	0,998	0,225	32,64	31,70	-0,94
3116	113	96	17	96	40	23	14	63	77	gFI	0,361	0,996	0,998	0,225	35,75	33,77	-1,98
3117	113	96	17	96	5	18	32	50	82	gFIII	0,334	0,964	0,999	0,632	8,39	9,83	1,45
3118	113	96	17	96	10	18	32	50	82	gFIII	0,334	0,964	0,999	0,632	14,38	14,17	-0,21
3119	113	96	17	96	15	18	32	50	82	gFIII	0,334	0,964	0,999	0,632	20,37	20,70	0,33
3120	113	96	17	96	20	18	32	50	82	gFIII	0,334	0,964	0,999	0,632	26,37	26,83	0,47
3121	113	96	17	96	25	18	32	50	82	gFII	0,334	0,964	0,999	0,632	31,27	31,80	0,53
3122	113	96	17	96	30	18	32	50	82	gFI	0,334	0,964	0,999	0,632	34,66	34,50	-0,16
3123	113	96	17	96	35	18	32	50	82	gFI	0,334	0,964	0,999	0,632	37,76	36,37	-1,40
3124	113	96	17	96	40	18	32	50	82	gFI	0,334	0,964	0,999	0,632	40,87	40,77	-0,10
3125	113	96	17	96	5	23	32	45	77	gFIII	0,471	0,940	0,984	0,689	9,13	11,17	2,04
3126	113	96	17	96	10	23	32	45	77	gFIII	0,471	0,940	0,984	0,689	15,65	16,20	0,55
3127	113	96	17	96	15	23	32	45	77	gFIII	0,471	0,940	0,984	0,689	22,17	23,10	0,93
3128	113	96	17	96	20	23	32	45	77	gFIII	0,471	0,940	0,984	0,689	28,69	29,60	0,91
3129	113	96	17	96	25	23	32	45	77	gFII	0,471	0,940	0,984	0,689	34,04	34,87	0,83
3130	113	96	17	96	30	23	32	45	77	gFI	0,471	0,940	0,984	0,689	37,52	37,37	-0,16
3131	113	96	17	96	35	23	32	45	77	gFI	0,471	0,940	0,984	0,689	40,63	40,60	-0,03
3132	113	96	17	96	40	23	32	45	77	gFI	0,471	0,940	0,984	0,689	43,74	41,83	-1,90
3201	115	18	97	18	5	7	8	85	93	gFII	0,074	0,997	1,000	0,104	4,95	6,00	1,05
3202	115	18	97	18	10	7	8	85	93	gFII	0,074	0,997	1,000	0,104	8,29	8,03	-0,25
3203	115	18	97	18	15	7	8	85	93	gFII	0,074	0,997	1,000	0,104	11,62	11,60	-0,02
3204	115	18	97	18	20	7	8	85	93	gFII	0,074	0,997	1,000	0,104	14,96	15,67	0,71
3205	115	18	97	18	25	7	8	85	93	gFII	0,074	0,997	1,000	0,104	18,29	18,87	0,57
3206	115	18	97	18	30	7	8	85	93	gFI	0,074	0,997	1,000	0,104	21,48	21,50	0,02
3207	115	18	97	18	35	7	8	85	93	gFI	0,074	0,997	1,000	0,104	24,59	23,93	-0,66
3208	115	18	97	18	40	7	8	85	93	gFI	0,074	0,997	1,000	0,104	27,70	26,67	-1,03
3209	115	18	97	18	5	27	8	65	73	gFII	0,382	0,993	0,996	0,140	6,37	7,97	1,60
3210	115	18	97	18	10	27	8	65	73	gFII	0,382	0,993	0,996	0,140	10,65	10,60	-0,05
3211	115	18	97	18	15	27	8	65	73	gFII	0,382	0,993	0,996	0,140	14,92	15,63	0,71
3212	115	18	97	18	20	27	8	65	73	gFII	0,382	0,993	0,996	0,140	19,20	20,57	1,37
3213	115	18	97	18	25	27	8	65	73	gFII	0,382	0,993	0,996	0,140	23,48	24,63	1,16
3214	115	18	97	18	30	27	8	65	73	gFI	0,382	0,993	0,996	0,140	27,01	27,50	0,49
3215	115	18	97	18	35	27	8	65	73	gFI	0,382	0,993	0,996	0,140	30,12	30,03	-0,09
3216	115	18	97	18	40	27	8	65	73	gFI	0,382	0,993	0,996	0,140	33,23	32,70	-0,53

Tabelle A5-28: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 28,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
3217	115	18	97	18	5	7	25	68	93	gFII	0,078	0,962	1,000	0,347	5,55	6,97	1,42
3218	115	18	97	18	10	7	25	68	93	gFII	0,078	0,962	1,000	0,347	8,90	8,63	-0,27
3219	115	18	97	18	15	7	25	68	93	gFII	0,078	0,962	1,000	0,347	12,25	12,77	0,52
3220	115	18	97	18	20	7	25	68	93	gFII	0,078	0,962	1,000	0,347	15,59	16,30	0,71
3221	115	18	97	18	25	7	25	68	93	gFII	0,078	0,962	1,000	0,347	18,94	19,67	0,72
3222	115	18	97	18	30	7	25	68	93	gFI	0,078	0,962	1,000	0,347	22,14	22,13	0,00
3223	115	18	97	18	35	7	25	68	93	gFI	0,078	0,962	1,000	0,347	25,24	25,43	0,19
3224	115	18	97	18	40	7	25	68	93	gFI	0,078	0,962	1,000	0,347	28,35	27,33	-1,02
3225	115	18	97	18	5	27	25	48	73	gFII	0,400	0,911	0,999	0,506	7,25	8,97	1,71
3226	115	18	97	18	10	27	25	48	73	gFII	0,400	0,911	0,999	0,506	11,60	11,90	0,30
3227	115	18	97	18	15	27	25	48	73	gFII	0,400	0,911	0,999	0,506	15,94	16,43	0,49
3228	115	18	97	18	20	27	25	48	73	gFII	0,400	0,911	0,999	0,506	20,29	21,30	1,01
3229	115	18	97	18	25	27	25	48	73	gFII	0,400	0,911	0,999	0,506	24,63	25,43	0,80
3230	115	18	97	18	30	27	25	48	73	gFI	0,400	0,911	0,999	0,506	28,19	27,87	-0,33
3231	115	18	97	18	35	27	25	48	73	gFI	0,400	0,911	0,999	0,506	31,30	30,77	-0,53
3232	115	18	97	18	40	27	25	48	73	gFI	0,400	0,911	0,999	0,506	34,41	33,17	-1,24
3301	121	66	55	66	5	25	6	69	75	gFIII	0,355	0,999	0,996	0,090	6,28	7,50	1,22
3302	121	66	55	66	10	25	6	69	75	gFIII	0,355	0,999	0,996	0,090	10,76	10,37	-0,39
3303	121	66	55	66	15	25	6	69	75	gFII	0,355	0,999	0,996	0,090	15,22	15,53	0,31
3304	121	66	55	66	20	25	6	69	75	gFII	0,355	0,999	0,996	0,090	19,41	20,33	0,92
3305	121	66	55	66	25	25	6	69	75	gFII	0,355	0,999	0,996	0,090	23,61	23,83	0,22
3306	121	66	55	66	30	25	6	69	75	gFI	0,355	0,999	0,996	0,090	27,44	26,63	-0,81
3307	121	66	55	66	35	25	6	69	75	gFI	0,355	0,999	0,996	0,090	30,55	29,27	-1,28
3308	121	66	55	66	40	25	6	69	75	gFI	0,355	0,999	0,996	0,090	33,66	32,73	-0,92
3309	121	66	55	66	5	31	6	63	69	gFIII	0,470	0,998	0,987	0,098	6,80	8,07	1,26
3310	121	66	55	66	10	31	6	63	69	gFIII	0,470	0,998	0,987	0,098	11,66	11,13	-0,53
3311	121	66	55	66	15	31	6	63	69	gFII	0,470	0,998	0,987	0,098	16,50	16,63	0,14
3312	121	66	55	66	20	31	6	63	69	gFII	0,470	0,998	0,987	0,098	21,02	21,97	0,95
3313	121	66	55	66	25	31	6	63	69	gFII	0,470	0,998	0,987	0,098	25,54	25,70	0,16
3314	121	66	55	66	30	31	6	63	69	gFI	0,470	0,998	0,987	0,098	29,60	29,30	-0,30
3315	121	66	55	66	35	31	6	63	69	gFI	0,470	0,998	0,987	0,098	32,71	32,60	-0,11
3316	121	66	55	66	40	31	6	63	69	gFI	0,470	0,998	0,987	0,098	35,81	35,17	-0,64
3317	121	66	55	66	5	25	10	65	75	gFIII	0,367	0,999	0,995	0,150	6,59	8,07	1,48
3318	121	66	55	66	10	25	10	65	75	gFIII	0,367	0,999	0,995	0,150	11,29	11,07	-0,23
3319	121	66	55	66	15	25	10	65	75	gFII	0,367	0,999	0,995	0,150	15,96	16,63	0,67
3320	121	66	55	66	20	25	10	65	75	gFII	0,367	0,999	0,995	0,150	20,19	21,20	1,01

Tabelle A5-29: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 29,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZW}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{ZW}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZW}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
3321	121	66	55	66	25	25	10	65	75	gFII	0,367	0,999	0,995	0,150	24,42	25,43	1,01
3322	121	66	55	66	30	25	10	65	75	gFI	0,367	0,999	0,995	0,150	28,28	28,40	0,12
3323	121	66	55	66	35	25	10	65	75	gFI	0,367	0,999	0,995	0,150	31,38	31,60	0,22
3324	121	66	55	66	40	25	10	65	75	gFI	0,367	0,999	0,995	0,150	34,49	34,13	-0,36
3325	121	66	55	66	5	31	10	59	69	gFIII	0,483	0,997	0,985	0,163	7,14	8,70	1,56
3326	121	66	55	66	10	31	10	59	69	gFIII	0,483	0,997	0,985	0,163	12,24	12,00	-0,24
3327	121	66	55	66	15	31	10	59	69	gFII	0,483	0,997	0,985	0,163	17,30	18,07	0,77
3328	121	66	55	66	20	31	10	59	69	gFII	0,483	0,997	0,985	0,163	21,85	23,00	1,15
3329	121	66	55	66	25	31	10	59	69	gFII	0,483	0,997	0,985	0,163	26,41	26,83	0,42
3330	121	66	55	66	30	31	10	59	69	gFI	0,483	0,997	0,985	0,163	30,49	29,93	-0,56
3331	121	66	55	66	35	31	10	59	69	gFI	0,483	0,997	0,985	0,163	33,59	34,00	0,41
3332	121	66	55	66	40	31	10	59	69	gFI	0,483	0,997	0,985	0,163	36,70	35,77	-0,93
3401	124	42	82	42	5	5	13	82	95	gFIII	0,058	0,997	1,000	0,162	5,29	6,07	0,78
3402	124	42	82	42	10	5	13	82	95	gFII	0,058	0,997	1,000	0,162	8,93	8,63	-0,29
3403	124	42	82	42	15	5	13	82	95	gFII	0,058	0,997	1,000	0,162	12,21	12,13	-0,08
3404	124	42	82	42	20	5	13	82	95	gFII	0,058	0,997	1,000	0,162	15,50	15,60	0,10
3405	124	42	82	42	25	5	13	82	95	gFII	0,058	0,997	1,000	0,162	18,79	18,80	0,01
3406	124	42	82	42	30	5	13	82	95	gFI	0,058	0,997	1,000	0,162	22,04	21,63	-0,41
3407	124	42	82	42	35	5	13	82	95	gFI	0,058	0,997	1,000	0,162	25,15	24,20	-0,95
3408	124	42	82	42	40	5	13	82	95	gFI	0,058	0,997	1,000	0,162	28,25	26,87	-1,38
3409	124	42	82	42	5	11	13	76	89	gFIII	0,132	0,996	1,000	0,179	5,68	6,67	0,99
3410	124	42	82	42	10	11	13	76	89	gFII	0,132	0,996	1,000	0,179	9,58	9,40	-0,18
3411	124	42	82	42	15	11	13	76	89	gFII	0,132	0,996	1,000	0,179	13,10	13,40	0,30
3412	124	42	82	42	20	11	13	76	89	gFII	0,132	0,996	1,000	0,179	16,61	17,33	0,72
3413	124	42	82	42	25	11	13	76	89	gFII	0,132	0,996	1,000	0,179	20,13	20,57	0,44
3414	124	42	82	42	30	11	13	76	89	gFI	0,132	0,996	1,000	0,179	23,57	23,50	-0,07
3415	124	42	82	42	35	11	13	76	89	gFI	0,132	0,996	1,000	0,179	26,68	25,90	-0,78
3416	124	42	82	42	40	11	13	76	89	gFI	0,132	0,996	1,000	0,179	29,78	28,50	-1,28
3417	124	42	82	42	5	5	37	58	95	gFIII	0,066	0,929	1,000	0,603	6,95	8,77	1,82
3418	124	42	82	42	10	5	37	58	95	gFII	0,066	0,929	1,000	0,603	11,43	11,17	-0,26
3419	124	42	82	42	15	5	37	58	95	gFII	0,066	0,929	1,000	0,603	14,74	15,13	0,39
3420	124	42	82	42	20	5	37	58	95	gFII	0,066	0,929	1,000	0,603	18,05	18,60	0,55
3421	124	42	82	42	25	5	37	58	95	gFII	0,066	0,929	1,000	0,603	21,36	22,30	0,94
3422	124	42	82	42	30	5	37	58	95	gFI	0,066	0,929	1,000	0,603	24,63	24,93	0,30
3423	124	42	82	42	35	5	37	58	95	gFI	0,066	0,929	1,000	0,603	27,74	26,83	-0,90
3424	124	42	82	42	40	5	37	58	95	gFI	0,066	0,929	1,000	0,603	30,84	29,00	-1,84

Tabelle A5-30: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 30,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
3425	124	42	82	42	5	11	37	52	89	gFIII	0,150	0,914	1,000	0,648	7,44	9,67	2,23
3426	124	42	82	42	10	11	37	52	89	gFII	0,150	0,914	1,000	0,648	12,24	12,60	0,36
3427	124	42	82	42	15	11	37	52	89	gFII	0,150	0,914	1,000	0,648	15,82	16,07	0,25
3428	124	42	82	42	20	11	37	52	89	gFII	0,150	0,914	1,000	0,648	19,39	20,23	0,85
3429	124	42	82	42	25	11	37	52	89	gFII	0,150	0,914	1,000	0,648	22,96	23,23	0,27
3430	124	42	82	42	30	11	37	52	89	gFI	0,150	0,914	1,000	0,648	26,45	27,00	0,55
3431	124	42	82	42	35	11	37	52	89	gFI	0,150	0,914	1,000	0,648	29,55	29,13	-0,42
3432	124	42	82	42	40	11	37	52	89	gFI	0,150	0,914	1,000	0,648	32,66	30,97	-1,69
3501	128	37	91	37	5	24	19	57	76	gFIII	0,348	0,980	0,999	0,337	7,24	9,10	1,86
3502	128	37	91	37	10	24	19	57	76	gFII	0,348	0,980	0,999	0,337	11,87	12,07	0,20
3503	128	37	91	37	15	24	19	57	76	gFII	0,348	0,980	0,999	0,337	16,05	16,50	0,45
3504	128	37	91	37	20	24	19	57	76	gFII	0,348	0,980	0,999	0,337	20,23	21,63	1,40
3505	128	37	91	37	25	24	19	57	76	gFII	0,348	0,980	0,999	0,337	24,41	24,90	0,49
3506	128	37	91	37	30	24	19	57	76	gFII	0,348	0,980	0,999	0,337	28,60	27,60	-1,00
3507	128	37	91	37	35	24	19	57	76	gFI	0,348	0,980	0,999	0,337	31,72	30,47	-1,26
3508	128	37	91	37	40	24	19	57	76	gFI	0,348	0,980	0,999	0,337	34,83	33,90	-0,93
3509	128	37	91	37	5	36	19	45	64	gFIII	0,637	0,960	0,958	0,435	8,83	11,23	2,41
3510	128	37	91	37	10	36	19	45	64	gFII	0,637	0,960	0,958	0,435	14,40	15,13	0,74
3511	128	37	91	37	15	36	19	45	64	gFII	0,637	0,960	0,958	0,435	19,35	21,17	1,82
3512	128	37	91	37	20	36	19	45	64	gFII	0,637	0,960	0,958	0,435	24,30	26,37	2,06
3513	128	37	91	37	25	36	19	45	64	gFII	0,637	0,960	0,958	0,435	29,26	29,33	0,08
3514	128	37	91	37	30	36	19	45	64	gFII	0,637	0,960	0,958	0,435	34,21	33,93	-0,28
3515	128	37	91	37	35	36	19	45	64	gFI	0,637	0,960	0,958	0,435	37,35	36,90	-0,45
3516	128	37	91	37	40	36	19	45	64	gFI	0,637	0,960	0,958	0,435	40,46	40,30	-0,16
3517	128	37	91	37	5	24	28	48	76	gFIII	0,367	0,926	0,998	0,565	8,07	10,50	2,43
3518	128	37	91	37	10	24	28	48	76	gFII	0,367	0,926	0,998	0,565	13,01	13,60	0,59
3519	128	37	91	37	15	24	28	48	76	gFII	0,367	0,926	0,998	0,565	17,25	18,20	0,95
3520	128	37	91	37	20	24	28	48	76	gFII	0,367	0,926	0,998	0,565	21,48	22,53	1,05
3521	128	37	91	37	25	24	28	48	76	gFII	0,367	0,926	0,998	0,565	25,72	26,63	0,91
3522	128	37	91	37	30	24	28	48	76	gFII	0,367	0,926	0,998	0,565	29,96	29,57	-0,39
3523	128	37	91	37	35	24	28	48	76	gFI	0,367	0,926	0,998	0,565	33,09	32,70	-0,39
3524	128	37	91	37	40	24	28	48	76	gFI	0,367	0,926	0,998	0,565	36,19	35,60	-0,59
3525	128	37	91	37	5	36	28	36	64	gFIII	0,669	0,845	0,940	0,690	9,57	13,53	3,96
3526	128	37	91	37	10	36	28	36	64	gFII	0,669	0,845	0,940	0,690	15,41	16,93	1,52
3527	128	37	91	37	15	36	28	36	64	gFII	0,669	0,845	0,940	0,690	20,41	22,30	1,89
3528	128	37	91	37	20	36	28	36	64	gFII	0,669	0,845	0,940	0,690	25,40	27,37	1,97

Tabelle A5-31: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 31,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	LALA	LAG	LAZW	LARA	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{ZW}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZW}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
3529	128	37	91	37	25	36	28	36	64	gFII	0,669	0,845	0,940	0,690	30,40	32,37	1,97
3530	128	37	91	37	30	36	28	36	64	gFII	0,669	0,845	0,940	0,690	35,39	36,43	1,04
3531	128	37	91	37	35	36	28	36	64	gFI	0,669	0,845	0,940	0,690	38,53	38,90	0,37
3532	128	37	91	37	40	36	28	36	64	gFI	0,669	0,845	0,940	0,690	41,64	40,73	-0,91
3601	132	101	31	101	5	12	3	85	88	gFIII	0,140	1,000	0,999	0,036	5,11	5,97	0,86
3602	132	101	31	101	10	12	3	85	88	gFIII	0,140	1,000	0,999	0,036	8,76	8,40	-0,36
3603	132	101	31	101	15	12	3	85	88	gFIII	0,140	1,000	0,999	0,036	12,41	12,20	-0,21
3604	132	101	31	101	20	12	3	85	88	gFIII	0,140	1,000	0,999	0,036	16,06	16,37	0,30
3605	132	101	31	101	25	12	3	85	88	gFII	0,140	1,000	0,999	0,036	19,68	19,60	-0,08
3606	132	101	31	101	30	12	3	85	88	gFII	0,140	1,000	0,999	0,036	23,21	22,47	-0,75
3607	132	101	31	101	35	12	3	85	88	gFI	0,140	1,000	0,999	0,036	26,41	25,27	-1,15
3608	132	101	31	101	40	12	3	85	88	gFI	0,140	1,000	0,999	0,036	29,52	28,43	-1,09
3609	132	101	31	101	5	18	3	79	82	gFIII	0,228	1,000	0,999	0,040	5,51	6,57	1,06
3610	132	101	31	101	10	18	3	79	82	gFIII	0,228	1,000	0,999	0,040	9,45	9,20	-0,25
3611	132	101	31	101	15	18	3	79	82	gFIII	0,228	1,000	0,999	0,040	13,38	13,50	0,12
3612	132	101	31	101	20	18	3	79	82	gFIII	0,228	1,000	0,999	0,040	17,32	17,57	0,24
3613	132	101	31	101	25	18	3	79	82	gFII	0,228	1,000	0,999	0,040	21,22	21,23	0,02
3614	132	101	31	101	30	18	3	79	82	gFII	0,228	1,000	0,999	0,040	25,03	24,37	-0,66
3615	132	101	31	101	35	18	3	79	82	gFI	0,228	1,000	0,999	0,040	28,29	27,07	-1,22
3616	132	101	31	101	40	18	3	79	82	gFI	0,228	1,000	0,999	0,040	31,39	29,97	-1,43
3617	132	101	31	101	5	12	21	67	88	gFIII	0,174	0,997	0,999	0,314	6,45	7,80	1,35
3618	132	101	31	101	10	12	21	67	88	gFIII	0,174	0,997	0,999	0,314	11,07	10,53	-0,53
3619	132	101	31	101	15	12	21	67	88	gFIII	0,174	0,997	0,999	0,314	15,68	16,17	0,49
3620	132	101	31	101	20	12	21	67	88	gFIII	0,174	0,997	0,999	0,314	20,29	21,07	0,78
3621	132	101	31	101	25	12	21	67	88	gFII	0,174	0,997	0,999	0,314	24,58	24,90	0,32
3622	132	101	31	101	30	12	21	67	88	gFII	0,174	0,997	0,999	0,314	28,22	27,90	-0,32
3623	132	101	31	101	35	12	21	67	88	gFI	0,174	0,997	0,999	0,314	31,45	31,80	0,35
3624	132	101	31	101	40	12	21	67	88	gFI	0,174	0,997	0,999	0,314	34,55	33,73	-0,82
3625	132	101	31	101	5	18	21	61	82	gFIII	0,275	0,995	0,999	0,348	7,03	8,10	1,07
3626	132	101	31	101	10	18	21	61	82	gFIII	0,275	0,995	0,999	0,348	12,06	11,50	-0,56
3627	132	101	31	101	15	18	21	61	82	gFIII	0,275	0,995	0,999	0,348	17,08	17,13	0,05
3628	132	101	31	101	20	18	21	61	82	gFIII	0,275	0,995	0,999	0,348	22,11	22,63	0,52
3629	132	101	31	101	25	18	21	61	82	gFII	0,275	0,995	0,999	0,348	26,78	26,70	-0,08
3630	132	101	31	101	30	18	21	61	82	gFII	0,275	0,995	0,999	0,348	30,73	29,63	-1,10
3631	132	101	31	101	35	18	21	61	82	gFI	0,275	0,995	0,999	0,348	34,03	32,60	-1,43
3632	132	101	31	101	40	18	21	61	82	gFI	0,275	0,995	0,999	0,348	37,13	35,37	-1,77

Tabelle A5-32: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 32,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
3701	135	135	11	146	5	14	18	68	82	gFIII	0,264	0,999	0,998	0,206	6,38	7,83	1,45
3702	135	135	11	146	10	14	18	68	82	gFIII	0,264	0,999	0,998	0,206	10,94	10,53	-0,41
3703	135	135	11	146	15	14	18	68	82	gFIII	0,264	0,999	0,998	0,206	15,50	15,73	0,23
3704	135	135	11	146	20	14	18	68	82	gFIII	0,264	0,999	0,998	0,206	20,07	20,80	0,73
3705	135	135	11	146	25	14	18	68	82	gFIII	0,264	0,999	0,998	0,206	24,63	24,63	0,01
3706	135	135	11	146	30	14	18	68	82	gFIII	0,264	0,999	0,998	0,206	29,19	28,43	-0,76
3707	135	135	11	146	35	14	18	68	82	gFI	0,264	0,999	0,998	0,206	33,28	32,20	-1,08
3708	135	135	11	146	40	14	18	68	82	gFI	0,264	0,999	0,998	0,206	36,39	35,13	-1,26
3709	135	135	11	146	5	19	18	63	82	gFIII	0,274	0,998	0,998	0,295	6,81	8,10	1,29
3710	135	135	11	146	10	19	18	63	82	gFIII	0,274	0,998	0,998	0,295	11,68	11,00	-0,68
3711	135	135	11	146	15	19	18	63	82	gFIII	0,274	0,998	0,998	0,295	16,54	16,63	0,09
3712	135	135	11	146	20	19	18	63	82	gFIII	0,274	0,998	0,998	0,295	21,41	22,13	0,73
3713	135	135	11	146	25	19	18	63	82	gFIII	0,274	0,998	0,998	0,295	26,27	26,13	-0,14
3714	135	135	11	146	30	19	18	63	82	gFIII	0,274	0,998	0,998	0,295	31,14	30,37	-0,77
3715	135	135	11	146	35	19	18	63	82	gFI	0,274	0,998	0,998	0,295	35,37	34,20	-1,17
3716	135	135	11	146	40	19	18	63	82	gFI	0,274	0,998	0,998	0,295	38,47	36,77	-1,71
3717	135	135	11	146	5	14	22	64	78	gFIII	0,342	0,997	0,997	0,219	6,77	8,07	1,30
3718	135	135	11	146	10	14	22	64	78	gFIII	0,342	0,997	0,997	0,219	11,61	11,10	-0,51
3719	135	135	11	146	15	14	22	64	78	gFIII	0,342	0,997	0,997	0,219	16,44	16,63	0,19
3720	135	135	11	146	20	14	22	64	78	gFIII	0,342	0,997	0,997	0,219	21,28	21,97	0,69
3721	135	135	11	146	25	14	22	64	78	gFIII	0,342	0,997	0,997	0,219	26,12	25,80	-0,32
3722	135	135	11	146	30	14	22	64	78	gFIII	0,342	0,997	0,997	0,219	30,95	30,03	-0,92
3723	135	135	11	146	35	14	22	64	78	gFI	0,342	0,997	0,997	0,219	35,29	34,00	-1,29
3724	135	135	11	146	40	14	22	64	78	gFI	0,342	0,997	0,997	0,219	38,39	36,73	-1,66
3725	135	135	11	146	5	19	22	59	78	gFIII	0,360	0,995	0,997	0,315	7,26	8,70	1,44
3726	135	135	11	146	10	19	22	59	78	gFIII	0,360	0,995	0,997	0,315	12,44	11,93	-0,51
3727	135	135	11	146	15	19	22	59	78	gFIII	0,360	0,995	0,997	0,315	17,63	18,17	0,54
3728	135	135	11	146	20	19	22	59	78	gFIII	0,360	0,995	0,997	0,315	22,81	23,77	0,96
3729	135	135	11	146	25	19	22	59	78	gFIII	0,360	0,995	0,997	0,315	28,00	28,07	0,07
3730	135	135	11	146	30	19	22	59	78	gFIII	0,360	0,995	0,997	0,315	33,18	32,53	-0,65
3731	135	135	11	146	35	19	22	59	78	gFI	0,360	0,995	0,997	0,315	37,67	36,07	-1,61
3732	135	135	11	146	40	19	22	59	78	gFI	0,360	0,995	0,997	0,315	40,78	39,67	-1,11
3801	141	45	96	45	5	4	6	90	96	gFIII	0,044	0,998	1,000	0,069	4,83	5,57	0,74
3802	141	45	96	45	10	4	6	90	96	gFII	0,044	0,998	1,000	0,069	8,25	8,03	-0,22
3803	141	45	96	45	15	4	6	90	96	gFII	0,044	0,998	1,000	0,069	11,49	11,50	0,01
3804	141	45	96	45	20	4	6	90	96	gFII	0,044	0,998	1,000	0,069	14,73	15,30	0,57

Tabelle A5-33: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 33,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	LALA	LAG	LAZW	LARA	t _{gr}	aLA	aRA	aG	azw	Fall	bALA	bAG	bAZW	bARA	CIST	CSOLL	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
3805	141	45	96	45	25	4	6	90	96	gFII	0,044	0,998	1,000	0,069	17,97	18,40	0,43
3806	141	45	96	45	30	4	6	90	96	gFII	0,044	0,998	1,000	0,069	21,21	20,83	-0,38
3807	141	45	96	45	35	4	6	90	96	gFI	0,044	0,998	1,000	0,069	24,41	23,47	-0,94
3808	141	45	96	45	40	4	6	90	96	gFI	0,044	0,998	1,000	0,069	27,52	26,23	-1,28
3809	141	45	96	45	5	15	6	79	85	gFIII	0,185	0,998	1,000	0,081	5,49	6,57	1,07
3810	141	45	96	45	10	15	6	79	85	gFII	0,185	0,998	1,000	0,081	9,38	9,17	-0,22
3811	141	45	96	45	15	15	6	79	85	gFII	0,185	0,998	1,000	0,081	13,06	13,27	0,20
3812	141	45	96	45	20	15	6	79	85	gFII	0,185	0,998	1,000	0,081	16,74	17,33	0,59
3813	141	45	96	45	25	15	6	79	85	gFII	0,185	0,998	1,000	0,081	20,42	20,63	0,21
3814	141	45	96	45	30	15	6	79	85	gFII	0,185	0,998	1,000	0,081	24,10	23,73	-0,37
3815	141	45	96	45	35	15	6	79	85	gFI	0,185	0,998	1,000	0,081	27,59	26,93	-0,66
3816	141	45	96	45	40	15	6	79	85	gFI	0,185	0,998	1,000	0,081	30,70	29,63	-1,07
3817	141	45	96	45	5	4	13	83	96	gFIII	0,046	0,997	1,000	0,159	5,22	6,00	0,78
3818	141	45	96	45	10	4	13	83	96	gFII	0,046	0,997	1,000	0,159	8,89	8,47	-0,42
3819	141	45	96	45	15	4	13	83	96	gFII	0,046	0,997	1,000	0,159	12,14	12,07	-0,07
3820	141	45	96	45	20	4	13	83	96	gFII	0,046	0,997	1,000	0,159	15,39	15,60	0,21
3821	141	45	96	45	25	4	13	83	96	gFII	0,046	0,997	1,000	0,159	18,64	18,67	0,03
3822	141	45	96	45	30	4	13	83	96	gFII	0,046	0,997	1,000	0,159	21,89	21,33	-0,55
3823	141	45	96	45	35	4	13	83	96	gFI	0,046	0,997	1,000	0,159	25,09	24,27	-0,82
3824	141	45	96	45	40	4	13	83	96	gFI	0,046	0,997	1,000	0,159	28,20	26,60	-1,60
3825	141	45	96	45	5	15	13	72	85	gFIII	0,193	0,995	1,000	0,187	5,97	7,10	1,13
3826	141	45	96	45	10	15	13	72	85	gFII	0,193	0,995	1,000	0,187	10,16	9,80	-0,36
3827	141	45	96	45	15	15	13	72	85	gFII	0,193	0,995	1,000	0,187	13,86	13,90	0,04
3828	141	45	96	45	20	15	13	72	85	gFII	0,193	0,995	1,000	0,187	17,57	18,13	0,57
3829	141	45	96	45	25	15	13	72	85	gFII	0,193	0,995	1,000	0,187	21,27	21,73	0,46
3830	141	45	96	45	30	15	13	72	85	gFII	0,193	0,995	1,000	0,187	24,97	24,60	-0,37
3831	141	45	96	45	35	15	13	72	85	gFI	0,193	0,995	1,000	0,187	28,48	27,23	-1,25
3832	141	45	96	45	40	15	13	72	85	gFI	0,193	0,995	1,000	0,187	31,59	29,73	-1,85
3901	144	107	37	107	5	19	14	67	81	gFIII	0,275	0,998	0,999	0,213	6,46	7,87	1,40
3902	144	107	37	107	10	19	14	67	81	gFIII	0,275	0,998	0,999	0,213	11,08	10,43	-0,65
3903	144	107	37	107	15	19	14	67	81	gFIII	0,275	0,998	0,999	0,213	15,70	16,07	0,37
3904	144	107	37	107	20	19	14	67	81	gFIII	0,275	0,998	0,999	0,213	20,32	21,37	1,05
3905	144	107	37	107	25	19	14	67	81	gFII	0,275	0,998	0,999	0,213	24,91	25,07	0,15
3906	144	107	37	107	30	19	14	67	81	gFII	0,275	0,998	0,999	0,213	28,87	28,20	-0,67
3907	144	107	37	107	35	19	14	67	81	gFI	0,275	0,998	0,999	0,213	32,68	32,00	-0,68
3908	144	107	37	107	40	19	14	67	81	gFI	0,275	0,998	0,999	0,213	35,78	34,87	-0,91

Tabelle A5-34: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 34,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{ALA}	a _{ARA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
3909	144	107	37	107	5	30	14	56	70	gFIII	0,505	0,993	0,977	0,256	7,62	9,10	1,48
3910	144	107	37	107	10	30	14	56	70	gFIII	0,505	0,993	0,977	0,256	13,07	12,57	-0,50
3911	144	107	37	107	15	30	14	56	70	gFIII	0,505	0,993	0,977	0,256	18,52	19,10	0,58
3912	144	107	37	107	20	30	14	56	70	gFIII	0,505	0,993	0,977	0,256	23,97	24,40	0,43
3913	144	107	37	107	25	30	14	56	70	gFII	0,505	0,993	0,977	0,256	29,39	28,63	-0,76
3914	144	107	37	107	30	30	14	56	70	gFII	0,505	0,993	0,977	0,256	33,99	32,67	-1,32
3915	144	107	37	107	35	30	14	56	70	gFI	0,505	0,993	0,977	0,256	38,33	36,37	-1,96
3916	144	107	37	107	40	30	14	56	70	gFI	0,505	0,993	0,977	0,256	41,43	39,87	-1,57
3917	144	107	37	107	5	19	35	46	81	gFIII	0,361	0,935	0,999	0,720	8,76	10,70	1,94
3918	144	107	37	107	10	19	35	46	81	gFIII	0,361	0,935	0,999	0,720	15,02	15,80	0,78
3919	144	107	37	107	15	19	35	46	81	gFIII	0,361	0,935	0,999	0,720	21,29	22,83	1,55
3920	144	107	37	107	20	19	35	46	81	gFIII	0,361	0,935	0,999	0,720	27,55	28,97	1,42
3921	144	107	37	107	25	19	35	46	81	gFII	0,361	0,935	0,999	0,720	33,74	35,07	1,32
3922	144	107	37	107	30	19	35	46	81	gFII	0,361	0,935	0,999	0,720	37,97	38,33	0,37
3923	144	107	37	107	35	19	35	46	81	gFI	0,361	0,935	0,999	0,720	41,99	42,00	0,01
3924	144	107	37	107	40	19	35	46	81	gFI	0,361	0,935	0,999	0,720	45,10	44,00	-1,10
3925	144	107	37	107	5	30	35	35	70	gFIII	0,665	0,831	0,876	0,834	10,13	14,23	4,11
3926	144	107	37	107	10	30	35	35	70	gFIII	0,665	0,831	0,876	0,834	17,36	18,87	1,50
3927	144	107	37	107	15	30	35	35	70	gFIII	0,665	0,831	0,876	0,834	24,60	27,00	2,40
3928	144	107	37	107	20	30	35	35	70	gFIII	0,665	0,831	0,876	0,834	31,84	34,00	2,16
3929	144	107	37	107	25	30	35	35	70	gFII	0,665	0,831	0,876	0,834	38,99	42,10	3,11
3930	144	107	37	107	30	30	35	35	70	gFII	0,665	0,831	0,876	0,834	43,78	46,57	2,79
3931	144	107	37	107	35	30	35	35	70	gFI	0,665	0,831	0,876	0,834	48,27	49,77	1,50
3932	144	107	37	107	40	30	35	35	70	gFI	0,665	0,831	0,876	0,834	51,38	53,10	1,72
4001	147	89	58	89	5	6	9	85	94	gFIII	0,069	0,999	1,000	0,102	5,08	5,97	0,88
4002	147	89	58	89	10	6	9	85	94	gFIII	0,069	0,999	1,000	0,102	8,72	8,40	-0,32
4003	147	89	58	89	15	6	9	85	94	gFIII	0,069	0,999	1,000	0,102	12,35	12,20	-0,15
4004	147	89	58	89	20	6	9	85	94	gFIII	0,069	0,999	1,000	0,102	15,98	16,47	0,49
4005	147	89	58	89	25	6	9	85	94	gFII	0,069	0,999	1,000	0,102	19,32	19,40	0,08
4006	147	89	58	89	30	6	9	85	94	gFII	0,069	0,999	1,000	0,102	22,64	21,97	-0,67
4007	147	89	58	89	35	6	9	85	94	gFI	0,069	0,999	1,000	0,102	25,95	25,17	-0,79
4008	147	89	58	89	40	6	9	85	94	gFI	0,069	0,999	1,000	0,102	29,06	28,17	-0,89
4009	147	89	58	89	5	14	9	77	86	gFIII	0,181	0,999	1,000	0,116	5,63	6,70	1,07
4010	147	89	58	89	10	14	9	77	86	gFIII	0,181	0,999	1,000	0,116	9,66	9,40	-0,26
4011	147	89	58	89	15	14	9	77	86	gFIII	0,181	0,999	1,000	0,116	13,68	13,87	0,19
4012	147	89	58	89	20	14	9	77	86	gFIII	0,181	0,999	1,000	0,116	17,71	17,87	0,16

Tabelle A5-35: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 35,
Quelle: Eigene Darstellung

P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
4013	147	89	58	89	25	14	9	77	86	gFII	0,181	0,999	1,000	0,116	21,40	21,83	0,44
4014	147	89	58	89	30	14	9	77	86	gFII	0,181	0,999	1,000	0,116	25,06	24,67	-0,40
4015	147	89	58	89	35	14	9	77	86	gFI	0,181	0,999	1,000	0,116	28,71	27,43	-1,28
4016	147	89	58	89	40	14	9	77	86	gFI	0,181	0,999	1,000	0,116	31,82	30,57	-1,25
4017	147	89	58	89	5	6	28	66	94	gFIII	0,075	0,991	1,000	0,439	6,54	7,73	1,19
4018	147	89	58	89	10	6	28	66	94	gFIII	0,075	0,991	1,000	0,439	11,21	10,57	-0,65
4019	147	89	58	89	15	6	28	66	94	gFIII	0,075	0,991	1,000	0,439	15,89	16,07	0,18
4020	147	89	58	89	20	6	28	66	94	gFIII	0,075	0,991	1,000	0,439	20,56	21,20	0,64
4021	147	89	58	89	25	6	28	66	94	gFII	0,075	0,991	1,000	0,439	23,99	24,87	0,88
4022	147	89	58	89	30	6	28	66	94	gFII	0,075	0,991	1,000	0,439	27,33	27,57	0,24
4023	147	89	58	89	35	6	28	66	94	gFI	0,075	0,991	1,000	0,439	30,66	30,70	0,04
4024	147	89	58	89	40	6	28	66	94	gFI	0,075	0,991	1,000	0,439	33,77	32,47	-1,30
4025	147	89	58	89	5	14	28	58	86	gFIII	0,205	0,987	1,000	0,498	7,34	8,87	1,53
4026	147	89	58	89	10	14	28	58	86	gFIII	0,205	0,987	1,000	0,498	12,59	12,40	-0,19
4027	147	89	58	89	15	14	28	58	86	gFIII	0,205	0,987	1,000	0,498	17,83	18,07	0,24
4028	147	89	58	89	20	14	28	58	86	gFIII	0,205	0,987	1,000	0,498	23,08	23,80	0,72
4029	147	89	58	89	25	14	28	58	86	gFII	0,205	0,987	1,000	0,498	26,91	27,20	0,29
4030	147	89	58	89	30	14	28	58	86	gFII	0,205	0,987	1,000	0,498	30,65	30,20	-0,45
4031	147	89	58	89	35	14	28	58	86	gFI	0,205	0,987	1,000	0,498	34,38	32,60	-1,78
4032	147	89	58	89	40	14	28	58	86	gFI	0,205	0,987	1,000	0,498	37,48	36,10	-1,38

Tabelle A5-36: SOLL-IST Vergleich UG-V2, Wertetabelle, Teil 36,
Quelle: Eigene Darstellung

A6. UG-HBS: SOLL-IST VERGLEICH DER BERECHNUNGSVERFAHREN

Nr.	Eingangsparameter									Hergeleitetes Berechnungsverfahren (BV)					Sim.	Wert				
	P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}			b _{ARA}	C _{IST,BV}	C _{SOLL}	Diff.
	[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]			[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
101	13	13	0	0	10	7	-	93	-	qFI	0,073	0,999	-	-	7,60	7,30	-0,30			
102	13	13	0	0	25	7	-	93	-	gFI	0,073	0,999	-	-	16,91	17,23	0,32			
103	13	13	0	0	10	12	-	88	-	gFI	0,132	0,999	-	-	7,72	7,60	-0,12			
104	13	13	0	0	25	12	-	88	-	qFI	0,132	0,999	-	-	17,03	17,47	0,43			
105	13	13	0	0	10	25	-	75	-	gFI	0,343	0,997	-	-	8,14	8,00	-0,14			
106	13	13	0	0	25	25	-	75	-	gFI	0,343	0,997	-	-	17,46	17,83	0,38			
201	16	16	0	0	15	8	-	92	-	gFIII	0,083	0,999	-	-	10,76	10,80	0,04			
202	16	16	0	0	30	8	-	92	-	gFI	0,083	0,999	-	-	20,08	19,73	-0,34			
203	16	16	0	0	15	10	-	90	-	gFIII	0,104	0,999	-	-	10,81	10,87	0,05			
204	16	16	0	0	30	10	-	90	-	gFI	0,104	0,999	-	-	20,13	19,97	-0,16			
205	16	16	0	0	15	24	-	76	-	gFIII	0,323	0,997	-	-	11,35	11,53	0,18			
206	16	16	0	0	30	24	-	76	-	qFI	0,323	0,997	-	-	20,67	20,57	-0,10			
301	25	25	0	0	20	11	-	89	-	gFIII	0,118	0,999	-	-	14,12	14,60	0,48			
302	25	25	0	0	25	11	-	89	-	gFIII	0,118	0,999	-	-	17,22	17,67	0,44			
303	25	25	0	0	20	18	-	82	-	gFIII	0,216	0,999	-	-	14,50	14,73	0,23			
304	25	25	0	0	25	18	-	82	-	gFIII	0,216	0,999	-	-	17,61	17,83	0,23			
305	25	25	0	0	20	20	-	80	-	gFIII	0,244	0,999	-	-	14,61	15,03	0,42			
306	25	25	0	0	25	20	-	80	-	gFIII	0,244	0,999	-	-	17,71	18,30	0,59			
401	33	13	0	0	10	21	-	79	-	gFI	0,264	0,999	-	-	8,80	8,67	-0,14			
402	33	13	0	0	30	21	-	79	-	qFI	0,264	0,999	-	-	21,23	21,53	0,31			
403	33	13	0	0	10	26	-	74	-	gFI	0,362	0,997	-	-	9,31	9,27	-0,04			
404	33	13	0	0	30	26	-	74	-	gFI	0,362	0,997	-	-	21,73	21,53	-0,19			
405	33	13	0	0	10	28	-	72	-	gFI	0,402	0,996	-	-	9,51	9,47	-0,04			
406	33	13	0	0	30	28	-	72	-	gFI	0,402	0,996	-	-	21,93	21,53	-0,40			
501	36	36	0	0	15	6	-	94	-	qFI	0,062	0,999	-	-	10,90	11,00	0,10			
502	36	36	0	0	40	6	-	94	-	gFI	0,062	0,999	-	-	26,43	25,20	-1,23			
503	36	36	0	0	15	20	-	80	-	gFI	0,244	0,999	-	-	11,92	12,30	0,38			
504	36	36	0	0	40	20	-	80	-	qFI	0,244	0,999	-	-	27,45	26,23	-1,21			
505	36	36	0	0	15	29	-	71	-	gFI	0,421	0,995	-	-	12,89	12,70	-0,19			
506	36	36	0	0	40	29	-	71	-	qFI	0,421	0,995	-	-	28,42	27,37	-1,05			
601	0	28	0	38	0	-	9	91	-	gFI	-	0,999	-	0,094	14,21	14,60	0,39			
602	0	28	0	38	0	-	9	91	-	gFI	-	0,999	-	0,094	17,32	17,63	0,32			
603	0	28	0	38	0	-	21	79	-	qFI	-	0,999	-	0,264	15,22	15,53	0,32			
604	0	28	0	38	0	-	21	79	-	gFI	-	0,999	-	0,264	18,32	18,77	0,44			
605	0	28	0	38	0	-	27	73	-	gFI	-	0,996	-	0,382	15,91	16,23	0,33			
606	0	28	0	38	0	-	27	73	-	qFI	-	0,996	-	0,382	19,01	19,47	0,45			

Tabelle A6-1: UG-HBS – SOLL-IST Vergleich hergeleitetes Berechnungsverfahren, Teil 1a,
Quelle: Eigene Darstellung

Nr.	HBS 2015 + ffeI		HBS 2015 + ffeII		HBS 2015 + ffeIII		HBS 2015 + ffeIV		HBS 2015 + ffeV	
P _k	C _{IST,HBS}	Diff.	C _{IST,HBS}	Diff.	C _{IST,HBS}	Diff.	C _{IST,HBS}	Diff.	C _{IST,HBS}	Diff.
[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
101	6,93	0,37	6,93	0,37	7,54	-0,24	7,31	-0,01	7,95	-0,65
102	16,24	1,00	16,23	1,00	16,85	0,39	16,87	0,36	17,50	-0,26
103	6,98	0,62	6,97	0,63	7,58	0,02	7,64	-0,04	8,30	-0,70
104	16,28	1,19	16,27	1,20	16,88	0,58	17,29	0,18	17,91	-0,44
105	7,06	0,94	7,05	0,95	7,66	0,34	8,46	-0,46	9,13	-1,13
106	16,35	1,48	16,34	1,50	16,95	0,88	18,10	-0,27	18,72	-0,89
201	10,29	0,51	10,27	0,53	10,88	-0,08	10,67	0,13	11,31	-0,51
202	19,60	0,13	19,58	0,15	20,19	-0,46	20,22	-0,49	20,84	-1,11
203	10,35	0,51	10,33	0,53	10,95	-0,08	10,85	0,02	11,49	-0,62
204	19,66	0,30	19,64	0,33	20,25	-0,29	20,42	-0,45	21,04	-1,07
205	10,71	0,83	10,66	0,87	11,27	0,26	11,94	-0,41	12,60	-1,06
206	19,97	0,59	19,93	0,64	20,54	0,03	21,51	-0,95	22,13	-1,57
301	14,09	0,51	14,05	0,55	14,68	-0,08	14,40	0,20	15,05	-0,45
302	17,26	0,41	17,21	0,46	17,83	-0,16	17,67	0,00	18,31	-0,64
303	14,62	0,12	14,55	0,18	15,18	-0,44	15,21	-0,48	15,87	-1,14
304	17,78	0,05	17,71	0,13	18,33	-0,49	18,51	-0,68	19,16	-1,32
305	14,75	0,28	14,68	0,36	15,30	-0,27	15,43	-0,40	16,09	-1,06
306	17,92	0,38	17,83	0,47	18,45	-0,15	18,73	-0,43	19,38	-1,08
401	8,49	0,18	8,46	0,20	9,18	-0,51	8,59	0,07	9,34	-0,68
402	21,88	-0,35	21,76	-0,23	22,39	-0,86	22,58	-1,04	23,23	-1,69
403	8,91	0,35	8,87	0,39	9,59	-0,33	9,10	0,17	9,87	-0,61
404	22,32	-0,79	22,17	-0,64	22,80	-1,27	23,20	-1,67	23,85	-2,31
405	9,08	0,39	9,03	0,44	9,75	-0,29	9,31	0,16	10,09	-0,62
406	22,47	-0,94	22,32	-0,78	22,94	-1,41	23,43	-1,89	24,07	-2,54
501	10,55	0,45	10,54	0,46	11,19	-0,19	10,57	0,43	11,22	-0,22
502	26,54	-1,34	26,50	-1,30	27,12	-1,92	26,73	-1,53	27,36	-2,16
503	12,03	0,27	11,99	0,31	12,67	-0,37	12,23	0,07	12,95	-0,65
504	28,37	-2,14	28,23	-2,00	28,85	-2,62	29,10	-2,87	29,74	-3,51
505	12,92	-0,22	12,83	-0,13	13,52	-0,82	13,34	-0,64	14,08	-1,38
506	29,19	-1,82	29,00	-1,63	29,62	-2,25	30,24	-2,88	30,87	-3,51
601	14,20	0,40	14,17	0,43	14,82	-0,22	14,27	0,33	14,93	-0,33
602	17,47	0,17	17,43	0,20	18,07	-0,44	17,59	0,04	18,25	-0,61
603	15,66	-0,13	15,58	-0,05	16,25	-0,71	15,99	-0,46	16,69	-1,15
604	19,00	-0,24	18,90	-0,13	19,55	-0,78	19,46	-0,70	20,14	-1,37
605	16,31	-0,08	16,20	0,04	16,86	-0,63	16,81	-0,58	17,51	-1,28
606	19,65	-0,18	19,50	-0,04	20,15	-0,68	20,30	-0,83	20,97	-1,51

Tabelle A6-2: UG-HBS - SOLL-IST Vergleich Berechnungsverfahren nach HBS 2015, Teil 1b,
Quelle: Eigene Darstellung

Nr.	Eingangsparameter										Hergeleitetes Berechnungsverfahren (BV)					Sim.	Wert
P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST,BV}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
701	0	18	0	45	0	-	11	89	-	qFI	-	0,999	-	0,118	11,38	11,57	0,19
702	0	18	0	45	0	-	11	89	-	gFI	-	0,999	-	0,118	26,91	25,37	-1,54
703	0	18	0	45	0	-	21	79	-	gFI	-	0,999	-	0,264	12,40	12,87	0,47
704	0	18	0	45	0	-	21	79	-	gFI	-	0,999	-	0,264	27,93	26,53	-1,40
705	0	18	0	45	0	-	30	70	-	qFI	-	0,995	-	0,441	13,63	13,80	0,17
706	0	18	0	45	0	-	30	70	-	gFI	-	0,995	-	0,441	29,16	28,20	-0,96
801	0	66	0	66	0	-	7	93	-	gFIII	-	0,999	-	0,073	7,99	7,57	-0,42
802	0	66	0	66	0	-	7	93	-	gFIII	-	0,999	-	0,073	17,51	17,67	0,16
803	0	66	0	66	0	-	16	84	-	gFIII	-	0,999	-	0,188	8,84	8,67	-0,18
804	0	66	0	66	0	-	16	84	-	gFIII	-	0,999	-	0,188	18,69	19,03	0,34
805	0	66	0	66	0	-	25	75	-	gFIII	-	0,997	-	0,343	9,98	9,73	-0,25
806	0	66	0	66	0	-	25	75	-	gFIII	-	0,997	-	0,343	20,26	20,53	0,28
901	0	74	0	74	0	-	10	90	-	gFIII	-	0,999	-	0,104	8,22	7,93	-0,29
902	0	74	0	74	0	-	10	90	-	gFI	-	0,999	-	0,104	21,06	20,73	-0,33
903	0	74	0	74	0	-	13	87	-	gFIII	-	0,999	-	0,146	8,53	8,10	-0,43
904	0	74	0	74	0	-	13	87	-	gFI	-	0,999	-	0,146	21,54	21,33	-0,21
905	0	74	0	74	0	-	23	77	-	gFIII	-	0,998	-	0,303	9,69	9,43	-0,26
906	0	74	0	74	0	-	23	77	-	qFI	-	0,998	-	0,303	23,34	23,03	-0,31
1001	0	43	0	92	0	-	8	92	-	gFIII	-	0,999	-	0,083	11,43	11,40	-0,03
1002	0	43	0	92	0	-	8	92	-	gFI	-	0,999	-	0,083	21,06	20,50	-0,56
1003	0	43	0	92	0	-	19	81	-	gFIII	-	0,999	-	0,230	12,98	12,93	-0,04
1004	0	43	0	92	0	-	19	81	-	gFI	-	0,999	-	0,230	23,16	23,00	-0,16
1005	0	43	0	92	0	-	24	76	-	gFIII	-	0,997	-	0,323	13,95	13,90	-0,05
1006	0	43	0	92	0	-	24	76	-	qFI	-	0,997	-	0,323	24,48	24,00	-0,48
1101	97	74	0	0	15	11	-	89	-	gFIII	0,118	0,999	-	-	11,79	11,73	-0,06
1102	97	74	0	0	40	11	-	89	-	qFI	0,118	0,999	-	-	27,86	26,87	-0,99
1103	97	74	0	0	15	27	-	73	-	gFIII	0,382	0,996	-	-	14,55	14,57	0,02
1104	97	74	0	0	40	27	-	73	-	gFI	0,382	0,996	-	-	31,81	30,37	-1,44
1105	97	74	0	0	15	31	-	69	-	gFIII	0,459	0,994	-	-	15,34	15,73	0,40
1106	97	74	0	0	40	31	-	69	-	gFI	0,459	0,994	-	-	32,95	31,80	-1,15
1201	104	20	0	0	15	15	-	85	-	gFIII	0,174	0,999	-	-	12,39	12,17	-0,22
1202	104	20	0	0	30	15	-	85	-	gFI	0,174	0,999	-	-	22,69	22,10	-0,59
1203	104	20	0	0	15	19	-	81	-	gFIII	0,230	0,999	-	-	12,98	12,93	-0,05
1204	104	20	0	0	30	19	-	81	-	qFI	0,230	0,999	-	-	23,60	23,17	-0,43
1205	104	20	0	0	15	21	-	79	-	gFIII	0,264	0,999	-	-	13,34	13,43	0,10
1206	104	20	0	0	30	21	-	79	-	qFI	0,264	0,999	-	-	24,14	23,70	-0,44

Tabelle A6-3: UG-HBS - SOLL-IST Vergleich hergeleitetes Berechnungsverfahren, Teil 2a,
Quelle: Eigene Darstellung

Nr.	HBS 2015 + ffEI		HBS 2015 + ffEII		HBS 2015 + ffEIII		HBS 2015 + ffEIV		HBS 2015 + ffEV	
P _k	C _{IST,HBS}	Diff.	C _{IST,HBS}	Diff.	C _{IST,HBS}	Diff.	C _{IST,HBS}	Diff.	C _{IST,HBS}	Diff.
[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
701	11,13	0,44	11,12	0,44	11,80	-0,23	11,15	0,41	11,84	-0,27
702	27,64	-2,27	27,56	-2,19	28,19	-2,82	27,90	-2,53	28,54	-3,17
703	12,35	0,52	12,31	0,56	13,02	-0,15	12,45	0,41	13,19	-0,33
704	29,20	-2,67	29,04	-2,51	29,67	-3,14	29,79	-3,25	30,43	-3,90
705	13,44	0,36	13,35	0,45	14,08	-0,28	13,70	0,10	14,47	-0,67
706	30,28	-2,08	30,05	-1,85	30,68	-2,48	31,14	-2,94	31,79	-3,59
801	7,35	0,22	7,35	0,22	8,01	-0,44	7,35	0,22	8,01	-0,44
802	17,34	0,33	17,33	0,33	17,99	-0,32	17,35	0,32	18,01	-0,34
803	8,13	0,53	8,13	0,53	8,86	-0,20	8,13	0,53	8,86	-0,20
804	19,01	0,03	18,97	0,06	19,66	-0,63	19,07	-0,04	19,78	-0,74
805	9,09	0,64	9,09	0,64	9,90	-0,16	9,10	0,63	9,92	-0,18
806	20,73	-0,19	20,63	-0,09	21,34	-0,81	20,91	-0,37	21,64	-1,11
901	7,59	0,34	7,59	0,34	8,27	-0,34	7,59	0,34	8,27	-0,34
902	21,30	-0,57	21,28	-0,55	21,95	-1,21	21,33	-0,59	22,00	-1,27
903	7,85	0,25	7,85	0,25	8,56	-0,46	7,85	0,25	8,56	-0,46
904	21,95	-0,62	21,92	-0,58	22,59	-1,26	22,00	-0,66	22,68	-1,35
905	8,87	0,56	8,87	0,57	9,66	-0,23	8,87	0,56	9,67	-0,23
906	24,15	-1,12	24,04	-1,01	24,74	-1,71	24,31	-1,28	25,03	-2,00
1001	10,80	0,60	10,80	0,60	11,47	-0,07	10,80	0,60	11,47	-0,07
1002	20,91	-0,41	20,90	-0,40	21,56	-1,06	20,91	-0,41	21,58	-1,08
1003	12,26	0,67	12,26	0,67	13,01	-0,08	12,26	0,67	13,02	-0,09
1004	23,50	-0,50	23,45	-0,45	24,16	-1,16	23,55	-0,55	24,27	-1,27
1005	13,05	0,85	13,05	0,85	13,84	0,06	13,06	0,84	13,86	0,04
1006	24,75	-0,75	24,65	-0,65	25,39	-1,39	24,83	-0,83	25,58	-1,58
1101	11,17	0,57	11,17	0,57	11,86	-0,12	11,17	0,57	11,86	-0,12
1102	28,44	-1,58	28,41	-1,54	29,08	-2,21	28,47	-1,61	29,15	-2,28
1103	13,58	0,99	13,57	1,00	14,39	0,18	13,59	0,98	14,42	0,15
1104	32,99	-2,62	32,79	-2,42	33,49	-3,13	33,17	-2,80	33,89	-3,52
1105	14,31	1,42	14,29	1,44	15,14	0,59	14,33	1,40	15,20	0,54
1106	34,01	-2,21	33,76	-1,96	34,46	-2,66	34,24	-2,44	34,96	-3,16
1201	11,69	0,48	11,69	0,48	12,41	-0,25	11,69	0,48	12,41	-0,25
1202	22,57	-0,47	22,55	-0,45	23,25	-1,15	22,58	-0,48	23,30	-1,20
1203	12,27	0,67	12,26	0,67	13,02	-0,09	12,27	0,67	13,02	-0,09
1204	23,59	-0,42	23,55	-0,38	24,27	-1,11	23,62	-0,45	24,35	-1,18
1205	12,57	0,86	12,57	0,86	13,35	0,09	12,58	0,86	13,35	0,08
1206	24,11	-0,41	24,06	-0,36	24,79	-1,09	24,15	-0,45	24,89	-1,19

Tabelle A6-4: UG-HBS - SOLL-IST Vergleich Berechnungsverfahren nach HBS 2015, Teil 2b,
Quelle: Eigene Darstellung

Nr.	Eingangsparameter										Hergeleitetes Berechnungsverfahren (BV)					Sim.	Wert
P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST,BV}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1301	113	96	0	0	10	10	-	90	-	gFIII	0,104	0,999	-	-	8,22	7,93	-0,29
1302	113	96	0	0	25	10	-	90	-	gFIII	0,104	0,999	-	-	18,50	18,57	0,07
1303	113	96	0	0	10	17	-	83	-	gFIII	0,202	0,999	-	-	8,95	8,63	-0,32
1304	113	96	0	0	25	17	-	83	-	gFIII	0,202	0,999	-	-	20,14	20,00	-0,14
1305	113	96	0	0	10	29	-	71	-	gFIII	0,421	0,995	-	-	10,56	10,10	-0,46
1306	113	96	0	0	25	29	-	71	-	gFIII	0,421	0,995	-	-	23,76	23,60	-0,16
1401	121	66	0	0	20	16	-	84	-	gFIII	0,188	0,999	-	-	16,22	16,30	0,08
1402	121	66	0	0	25	16	-	84	-	gFIII	0,188	0,999	-	-	19,91	19,57	-0,34
1403	121	66	0	0	20	28	-	72	-	gFIII	0,402	0,996	-	-	19,11	19,47	0,36
1404	121	66	0	0	25	28	-	72	-	gFIII	0,402	0,996	-	-	23,46	23,47	0,01
1405	121	66	0	0	20	40	-	60	-	gFIII	0,623	0,981	-	-	21,98	23,37	1,39
1406	121	66	0	0	25	40	-	60	-	gFIII	0,623	0,981	-	-	27,02	27,37	0,35
1501	124	42	0	0	10	6	-	94	-	gFIII	0,062	0,999	-	-	7,91	7,57	-0,34
1502	124	42	0	0	30	6	-	94	-	gFI	0,062	0,999	-	-	21,07	20,50	-0,57
1503	124	42	0	0	10	22	-	78	-	gFIII	0,283	0,998	-	-	9,55	9,10	-0,45
1504	124	42	0	0	30	22	-	78	-	gFI	0,283	0,998	-	-	25,34	24,70	-0,64
1505	124	42	0	0	10	38	-	62	-	gFIII	0,587	0,984	-	-	11,72	11,20	-0,52
1506	124	42	0	0	30	38	-	62	-	gFI	0,587	0,984	-	-	31,10	30,50	-0,60
1601	0	109	0	125	10	-	13	87	-	gFIII	-	0,999	-	0,146	8,53	8,17	-0,36
1602	0	109	0	125	30	-	13	87	-	gFI	-	0,999	-	0,146	22,70	22,07	-0,63
1603	0	109	0	125	10	-	14	86	-	gFIII	-	0,999	-	0,160	8,64	8,47	-0,17
1604	0	109	0	125	30	-	14	86	-	gFI	-	0,999	-	0,160	22,97	22,40	-0,57
1605	0	109	0	125	10	-	28	72	-	gFIII	-	0,996	-	0,402	10,41	9,67	-0,75
1606	0	109	0	125	30	-	28	72	-	gFI	-	0,996	-	0,402	27,62	26,17	-1,45
1701	0	84	0	131	10	-	9	91	-	gFIII	-	0,999	-	0,094	8,14	7,93	-0,21
1702	0	84	0	131	25	-	9	91	-	gFIII	-	0,999	-	0,094	18,32	18,40	0,08
1703	0	84	0	131	10	-	12	88	-	gFIII	-	0,999	-	0,132	8,43	8,03	-0,39
1704	0	84	0	131	25	-	12	88	-	gFIII	-	0,999	-	0,132	18,97	18,90	-0,07
1705	0	84	0	131	10	-	31	69	-	gFIII	-	0,994	-	0,459	10,83	10,37	-0,46
1706	0	84	0	131	25	-	31	69	-	gFIII	-	0,994	-	0,459	24,38	24,40	0,02
1801	0	57	0	145	15	-	8	92	-	gFIII	-	0,999	-	0,083	11,43	11,17	-0,26
1802	0	57	0	145	30	-	8	92	-	gFIII	-	0,999	-	0,083	21,52	20,77	-0,75
1803	0	57	0	145	15	-	19	81	-	gFIII	-	0,999	-	0,230	12,98	13,13	0,16
1804	0	57	0	145	30	-	19	81	-	gFIII	-	0,999	-	0,230	24,44	23,57	-0,87
1805	0	57	0	145	15	-	29	71	-	gFIII	-	0,995	-	0,421	14,96	15,13	0,17
1806	0	57	0	145	30	-	29	71	-	gFIII	-	0,995	-	0,421	28,21	26,97	-1,24

Tabelle A6-5: UG-HBS - SOLL-IST Vergleich hergeleitetes Berechnungsverfahren, Teil 3a,
Quelle: Eigene Darstellung

Nr.	HBS 2015 + ffEI		HBS 2015 + ffEII		HBS 2015 + ffEIII		HBS 2015 + ffEIV		HBS 2015 + ffEV	
P _k	C _{IST,HBS}	Diff.	C _{IST,HBS}	Diff.	C _{IST,HBS}	Diff.	C _{IST,HBS}	Diff.	C _{IST,HBS}	Diff.
[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1301	7,59	0,34	7,59	0,34	8,27	-0,34	7,59	0,34	8,27	-0,34
1302	17,94	0,63	17,94	0,63	18,62	-0,05	17,94	0,63	18,62	-0,06
1303	8,23	0,40	8,23	0,40	8,97	-0,34	8,23	0,40	8,97	-0,34
1304	19,42	0,58	19,41	0,59	20,14	-0,14	19,43	0,57	20,16	-0,16
1305	9,62	0,48	9,62	0,48	10,48	-0,38	9,62	0,48	10,49	-0,39
1306	22,39	1,21	22,32	1,28	23,11	0,49	22,43	1,17	23,24	0,36
1401	15,52	0,78	15,52	0,78	16,25	0,05	15,52	0,78	16,26	0,04
1402	19,21	0,36	19,20	0,37	19,93	-0,36	19,21	0,36	19,94	-0,37
1403	18,03	1,43	18,01	1,46	18,84	0,63	18,04	1,42	18,88	0,59
1404	22,18	1,28	22,13	1,33	22,93	0,53	22,21	1,26	23,02	0,44
1405	20,88	2,49	20,76	2,60	21,64	1,73	20,94	2,43	21,83	1,54
1406	25,25	2,12	25,07	2,30	25,89	1,48	25,34	2,03	26,18	1,18
1501	7,27	0,30	7,27	0,30	7,92	-0,36	7,27	0,30	7,92	-0,36
1502	20,48	0,02	20,48	0,02	21,13	-0,63	20,48	0,02	21,14	-0,64
1503	8,76	0,34	8,76	0,34	9,55	-0,45	8,76	0,34	9,55	-0,45
1504	24,51	0,19	24,47	0,23	25,23	-0,53	24,53	0,17	25,29	-0,59
1505	11,00	0,20	10,99	0,21	11,96	-0,76	11,00	0,20	11,98	-0,78
1506	29,03	1,47	28,82	1,68	29,61	0,89	29,13	1,37	29,94	0,56
1601	7,85	0,31	7,85	0,31	8,56	-0,39	7,85	0,31	8,56	-0,39
1602	22,11	-0,04	22,10	-0,04	22,80	-0,74	22,11	-0,05	22,82	-0,75
1603	7,94	0,52	7,94	0,52	8,66	-0,19	7,94	0,52	8,66	-0,19
1604	22,36	0,04	22,35	0,05	23,06	-0,66	22,36	0,04	23,07	-0,67
1605	9,49	0,18	9,49	0,18	10,34	-0,67	9,49	0,18	10,34	-0,68
1606	26,27	-0,10	26,18	-0,01	26,96	-0,80	26,31	-0,14	27,10	-0,93
1701	7,51	0,43	7,51	0,43	8,18	-0,25	7,51	0,43	8,18	-0,25
1702	17,75	0,65	17,74	0,66	18,42	-0,02	17,75	0,65	18,42	-0,02
1703	7,76	0,27	7,76	0,27	8,46	-0,43	7,76	0,27	8,46	-0,43
1704	18,35	0,55	18,35	0,55	19,04	-0,14	18,35	0,55	19,05	-0,15
1705	9,90	0,47	9,90	0,47	10,79	-0,42	9,90	0,47	10,79	-0,42
1706	23,08	1,32	23,01	1,39	23,84	0,56	23,10	1,30	23,94	0,46
1801	10,80	0,36	10,80	0,36	11,47	-0,30	10,80	0,36	11,47	-0,30
1802	20,93	-0,16	20,93	-0,16	21,59	-0,83	20,93	-0,16	21,60	-0,83
1803	12,27	0,86	12,27	0,86	13,03	0,11	12,27	0,86	13,03	0,11
1804	23,72	-0,15	23,71	-0,14	24,45	-0,89	23,73	-0,16	24,47	-0,91
1805	13,99	1,14	13,99	1,15	14,85	0,29	13,99	1,14	14,85	0,28
1806	26,76	0,21	26,68	0,28	27,49	-0,52	26,77	0,19	27,59	-0,62

**Tabelle A6-6: UG-HBS - SOLL-IST Vergleich Berechnungsverfahren nach HBS 2015, Teil 3b,
Quelle: Eigene Darstellung**

Nr.	Eingangsparameter										Hergeleitetes Berechnungsverfahren (BV)					Sim.	Wert
P _k	L _{ALA}	L _{AG}	L _{AZw}	L _{ARA}	t _{gr}	a _{LA}	a _{RA}	a _G	a _{Zw}	Fall	b _{ALA}	b _{AG}	b _{AZw}	b _{ARA}	C _{IST,BV}	C _{SOLL}	Diff.
[1]	[m]	[m]	[m]	[m]	[s]	[%]	[%]	[%]	[%]	Bez.	[1]	[1]	[1]	[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1901	0	135	0	146	15	-	17	83	-	gFIII	-	0,999	-	0,202	12,68	12,57	-0,11
1902	0	135	0	146	40	-	17	83	-	gFI	-	0,999	-	0,202	30,66	29,03	-1,62
1903	0	135	0	146	15	-	21	79	-	gFIII	-	0,999	-	0,264	13,33	13,53	0,21
1904	0	135	0	146	40	-	21	79	-	gFI	-	0,999	-	0,264	32,05	30,67	-1,39
1905	0	135	0	146	15	-	33	67	-	gFIII	-	0,991	-	0,496	15,69	16,33	0,64
1906	0	135	0	146	40	-	33	67	-	gFI	-	0,991	-	0,496	37,16	36,23	-0,93
2001	0	72	0	147	20	-	10	90	-	gFIII	-	0,999	-	0,104	15,07	15,53	0,46
2002	0	72	0	147	25	-	10	90	-	gFIII	-	0,999	-	0,104	18,50	18,50	0,00
2003	0	72	0	147	20	-	13	87	-	gFIII	-	0,999	-	0,146	15,65	15,87	0,22
2004	0	72	0	147	25	-	13	87	-	gFIII	-	0,999	-	0,146	19,20	19,20	0,00
2005	0	72	0	147	20	-	19	81	-	gFIII	-	0,999	-	0,230	16,79	16,83	0,04
2006	0	72	0	147	25	-	19	81	-	gFIII	-	0,999	-	0,230	20,61	20,47	-0,15

Tabelle A6-7: UG-HBS - SOLL-IST Vergleich hergeleitetes Berechnungsverfahren, Teil 4a,
Quelle: Eigene Darstellung

Nr.	HBS 2015 + ffEI		HBS 2015 + ffEII		HBS 2015 + ffEIII		HBS 2015 + ffEIV		HBS 2015 + ffEV	
P _k	C _{IST,HBS}	Diff.	C _{IST,HBS}	Diff.	C _{IST,HBS}	Diff.	C _{IST,HBS}	Diff.	C _{IST,HBS}	Diff.
[1]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]	[Kfz/U]
1901	11,97	0,59	11,97	0,59	12,71	-0,15	11,97	0,59	12,71	-0,15
1902	30,53	-1,50	30,50	-1,46	31,22	-2,18	30,54	-1,51	31,27	-2,23
1903	12,58	0,95	12,58	0,95	13,36	0,18	12,58	0,95	13,36	0,18
1904	31,92	-1,26	31,86	-1,19	32,59	-1,93	31,94	-1,27	32,68	-2,02
1905	14,81	1,52	14,80	1,53	15,70	0,63	14,81	1,52	15,72	0,62
1906	36,17	0,06	35,95	0,29	36,71	-0,48	36,23	0,01	37,01	-0,77
2001	14,49	1,04	14,49	1,04	15,18	0,36	14,49	1,04	15,18	0,36
2002	17,94	0,56	17,94	0,56	18,62	-0,12	17,94	0,56	18,63	-0,13
2003	14,99	0,87	14,99	0,87	15,70	0,17	14,99	0,87	15,70	0,17
2004	18,56	0,64	18,56	0,64	19,26	-0,06	18,56	0,64	19,27	-0,07
2005	16,10	0,73	16,10	0,73	16,86	-0,02	16,10	0,73	16,86	-0,03
2006	19,92	0,54	19,92	0,55	20,67	-0,20	19,92	0,54	20,68	-0,21

Tabelle A6-8: UG-HBS - SOLL-IST Vergleich Berechnungsverfahren nach HBS 2015, Teil 4b,
Quelle: Eigene Darstellung

A7. C#-PROGRAMMCODE: COM-SCHNITTSTELLE ZU VISSIM

Der C#-Programmcode der entwickelten COM-Schnittstelle zu VISSIM ist im Folgenden auszugsweise angegeben. Der Programmcode umfasst nur den Teil der Programmierung, der über die vorhandene COM-Schnittstelle direkt mit dem mikroskopischen Simulationsprogramm VISSIM kommuniziert:

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.IO;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using VISSIMLIB;
namespace TrafficSimulator {
    public static class SimulatorCycle {
        public static ResultData Run(SimulationCounter counter, DateTime start) {
            /// *****
            /// Vissim starten und INPX / LAYX Datei laden
            /// *****
            string inputFolder = PathManager.InitDataFolder;
            var inpxFileName = Path.Combine(PathManager.InputDataFolder, counter.GetCurrentInpxFileName(false));
            // setzen von *.inpx Dateinamen
            var layxFileName = Path.Combine(PathManager.InputDataFolder, counter.GetCurrentLayxFileName(false));
            // setzen von *.layx Dateinamen
            var vissim = new Vissim();
            vissim.LoadNet(inpxFileName, false); // Laden *.inpx Datei
            vissim.LoadLayout(layxFileName); // Laden *.layx Datei
            /// *****
            /// Vissim Basisdaten für einzelnen Simulationslauf
            /// *****
            /// Variablen die in Vissim von Simulationslauf zu Simulationslauf neu eingestellt werden:
            /// *****
            /// Auf Datensatz des betreffenden Simulationslaufs kann wie folgt zugegriffen werden
            /// auf Gruenzeit: (int)counter.Gruenzeit
            /// auf LA-Anteil: (double)counter.LinksabbiegerAnteil
            /// auf RA-Anteil: (double)counter.RechtsabbiegerAnteil

            /// Variablen, die im Vorfeld der Simulation in inpx/layx Dateien abgelegt werden
            /// *****
            /// - Anzahl der G-Fahrstreifen,
            /// - Länge des LA-Fahrstreifen,
            /// - Länge des RA-Fahrstreifen.
            ///
            /// Aufruf über Namen der *.inpx bzw *.layx der Datei, die systematisch aufgebaut sind
            /// so z.B. G1LA24RA48.inpx (1 Geradeausfahrstreifen; 24m LA-Fs; 48m RA-Fs)

```

```

/// *****
/// * Signalprogramm aktivieren
/// *****
/// * A) Steuergeraet auswählen und setzen:
/// *****
int SC_number = 1;
/// Variable des Steuergeraets (Signal Controller, SC) wird initialisiert,
/// in der Simulation ist nur eine LSA vorhanden, daher nur ein Steuergeraet mit der Nummer 1
/// (entspricht der Nummer in der Vissim Simulation)
ISignalController SignalController = vissim.Net.SignalControllers.get_ItemByKey(SC_number);
/// Steuergeraet 1 wird gesetzt /aktiviert

/// * B) Signalprogramm aktivieren
/// * *****
int New_Signal_Programm_Number = (int)counter.Gruenzeit / 5;
/// Signalprogramme sind in Vissim hinterlegt;
/// SP-Nr 1 mit tgr=5s; SP-Nr 2 mit tgr =10s, ... ==> SP-Nr = tgr/5s

SignalController.set_AttValue("ProgNo", New_Signal_Programm_Number);
/// Das Signalprogramm mit der entsprechenden Gruenzeit wird aktiviert
/// *****

/// *****
/// Abbiegeanteile G / LA / RA auf statischen Routen setzen
/// *****

int SVRD_number = 1;
/// SVRD = Static Vehicle Routing Decision
/// maßgebende statische Fahrzeugroutenentscheidung auswählen;
/// Nummer 1 wurde aus Vissim Simulation entnehmen (nur eine Fahrzeugroutenentscheidung vorhanden)
int SVR_number;
/// SVR = Static Vehicle Route
/// Statische Fahrzeugroute die betrachtet wird;
/// aus Vissim wurden folgende Werte entnommen: G=1; LA=2; RA=3

double new_relative_flow_LA = (double)counter.LinksabbiegerAnteil / 100;
/// Berechnung LA-Abbiegeanteil
double new_relative_flow_RA = (double)counter.RechtsabbiegerAnteil / 100;
/// Berechnung RA-Abbiegeanteil
double new_relative_flow_G = (double)1.00 - new_relative_flow_LA - new_relative_flow_RA;
/// Berechnung G-Anteil

/// LA - Setzen LA-Anteil
SVR_number = 2;

vissim.Net.VehicleRoutingDecisionsStatic.get_ItemByKey(SVRD_number).VehRoutSta.get_ItemByKey(SVR_number).set_Att
Value("RelFlow(1)", new_relative_flow_LA);

```



```

    /// RA - Setzen RA-Anteil
    SVR_number = 3;
    vissim.Net.VehicleRoutingDecisionsStatic.get_ItemByKey(SVRD_number).VehRoutSta.get_ItemByKey(SVR_number).set_AtValue("RelFlow(1)", new_relative_flow_RA);

    /// G - Setzen G-Anteil
    SVR_number = 1;
    vissim.Net.VehicleRoutingDecisionsStatic.get_ItemByKey(SVRD_number).VehRoutSta.get_ItemByKey(SVR_number).set_AtValue("RelFlow(1)", new_relative_flow_G);

    /// *****
    /// Fahrzeugzusammensetzung / Modal Split setzen
    /// *****
    int Veh_composition_number;
    /// Nummer der Fahrzeugzusammensetzung in Vissim;
    /// Auf folgende in Vissim hinterlegte Fahrzeugzusammensetzungen wird zugegriffen:
    /// Nr. 1 mit SV-Anteil=0% und Zweirad-Anteil=0%;
    /// Nr. 2 mit SV-Anteil>0% und Zweirad-Anteil=0%;
    /// Nr. 3 mit SV-Anteil=0% und Zweirad-Anteil>0%;
    /// Nr. 4 mit SV-Anteil>0% und Zweirad-Anteil>0%;
    ///
    /// Die Definition von verschiedenen Fahrzeugzusammensetzungen ist erforderlich da ein Anteilswert
    /// von 0% nicht an Vissim übergeben werden kann (sonst Fehlermeldung).
    /// Bei der Fahrzeugzusammensetzung werden u.a. die Fzg.Typen 100 (Pkw), 200 (Lkw) und 600 (Zweirad) unterschieden

    int Veh_input_number = 1;    /// Nummer des Fahrzeugzuflusses; Einspeisung Fahrzeuge in das Vissim-Netz
    if ((double)counter.Schwerverkehrsanteil == 0 && (double)counter.Zweiradanteil == 0) {
        Veh_composition_number = 1;
        vissim.Net.VehicleInputs.get_ItemByKey(Veh_input_number).set_AtValue("VehComp(1)", Veh_composition_number);
        /// setzt am Fahrzeugzufluss 1 die o.g. Fahrzeugzusammensetzung
        object[] Rel_Flows =
        (object[])vissim.Net.VehicleCompositions.get_ItemByKey(Veh_composition_number).VehCompRelFlows.GetAll();
        double new_relative_flow_Pkw = 1.00;    /// Anteilswert PKW = 1,00 = 100%
        ///
        /// Pkw
        IVehicleCompositionRelativeFlow Rel_Flow0 = (IVehicleCompositionRelativeFlow)Rel_Flows[0];
        Rel_Flow0.set_AtValue("VehType", 100);    /// Fz-Typ setzen (hier 100 = PKW)
        Rel_Flow0.set_AtValue("DesSpeedDistr", 50);    /// Wunschgeschwindigkeit setzen
        Rel_Flow0.set_AtValue("RelFlow", new_relative_flow_Pkw);    /// Relative Verkehrsstärke setzen
    } else if ((double)counter.Schwerverkehrsanteil > 0 && (double)counter.Zweiradanteil == 0) {
        Veh_composition_number = 2;
        vissim.Net.VehicleInputs.get_ItemByKey(Veh_input_number).set_AtValue("VehComp(1)", Veh_composition_number);
        /// setzt am Fahrzeugzufluss 1 die o.g. Fahrzeugzusammensetzung
        object[] Rel_Flows =
        (object[])vissim.Net.VehicleCompositions.get_ItemByKey(Veh_composition_number).VehCompRelFlows.GetAll();
        double new_relative_flow_LKW = (double)counter.Schwerverkehrsanteil / 100;    /// Anteilswert LKW
        double new_relative_flow_Pkw = (double)1.00 - new_relative_flow_LKW;    /// Anteilswert PKW
    }

```

```

/// Pkw
IVehicleCompositionRelativeFlow Rel_Flow0 = (IVehicleCompositionRelativeFlow)Rel_Flows[0];
Rel_Flow0.set_AttValue("VehType", 100); // Fz-Typ setzen (hier 100 = PKW)
Rel_Flow0.set_AttValue("DesSpeedDistr", 50); // Wunschgeschwindigkeit setzen
Rel_Flow0.set_AttValue("RelFlow", new_relative_flow_Pkw); // Relative Verkehrsstärke setzen

/// Lkw
IVehicleCompositionRelativeFlow Rel_Flow1 = (IVehicleCompositionRelativeFlow)Rel_Flows[1];
Rel_Flow1.set_AttValue("VehType", 200); // Fz-Typ setzen (hier 200 = LKW)
Rel_Flow1.set_AttValue("DesSpeedDistr", 50); // Wunschgeschwindigkeit setzen
Rel_Flow1.set_AttValue("RelFlow", new_relative_flow_LKW); // Relative Verkehrsstärke setzen

} else if ((double)counter.Schwerverkehrsanteil == 0 && (double)counter.Zweiradanteil > 0) {
Veh_composition_number = 3;
vissim.Net.VehicleInputs.getItemByKey(Veh_input_number).set_AttValue("VehComp(1)", Veh_composition_number);
// setzt am Fahrzeugzufluss 1 die o.g. Fahrzeugzusammensetzung

object[] Rel_Flows =
(object[])vissim.Net.VehicleCompositions.getItemByKey(Veh_composition_number).VehCompRelFlows.GetAll();
double new_relative_flow_Zweirad = (double)counter.Zweiradanteil / 100; // Anteilswert Zweirad
double new_relative_flow_Pkw = (double)1.00 - new_relative_flow_Zweirad; // Anteilswert PKW

/// Pkw
IVehicleCompositionRelativeFlow Rel_Flow0 = (IVehicleCompositionRelativeFlow)Rel_Flows[0];
Rel_Flow0.set_AttValue("VehType", 100); // Fz-Typ setzen (hier 100 = PKW)
Rel_Flow0.set_AttValue("DesSpeedDistr", 50); // Wunschgeschwindigkeit setzen
Rel_Flow0.set_AttValue("RelFlow", new_relative_flow_Pkw); // Relative Verkehrsstärke setzen

/// Zweirad
IVehicleCompositionRelativeFlow Rel_Flow1 = (IVehicleCompositionRelativeFlow)Rel_Flows[1];
Rel_Flow1.set_AttValue("VehType", 600); // Fz-Typ setzen (hier 600 = Zweirad)
Rel_Flow1.set_AttValue("DesSpeedDistr", 50); // Wunschgeschwindigkeit setzen
Rel_Flow1.set_AttValue("RelFlow", new_relative_flow_Zweirad); // Relative Verkehrsstärke setzen

} else if ((double)counter.Schwerverkehrsanteil > 0 && (double)counter.Zweiradanteil > 0) {
Veh_composition_number = 4;
vissim.Net.VehicleInputs.getItemByKey(Veh_input_number).set_AttValue("VehComp(1)", Veh_composition_number);
// setzt am Fahrzeugzufluss 1 die o.g. Fahrzeugzusammensetzung

object[] Rel_Flows =
(object[])vissim.Net.VehicleCompositions.getItemByKey(Veh_composition_number).VehCompRelFlows.GetAll();
double new_relative_flow_LKW = (double)counter.Schwerverkehrsanteil / 100;
// Anteilswert SV o. LKW
double new_relative_flow_Zweirad = (double)counter.Zweiradanteil / 100;
// Anteilswert Zweirad
double new_relative_flow_Pkw = (double)1.00 - new_relative_flow_LKW - new_relative_flow_Zweirad;
// Anteilswert PKW

```

```

/// Pkw
IVehicleCompositionRelativeFlow Rel_Flow0 = (IVehicleCompositionRelativeFlow)Rel_Flows[0];
Rel_Flow0.set_AttributeValue("VehType", 100);           /// Fz-Typ setzen (hier 100 = PKW)
Rel_Flow0.set_AttributeValue("DesSpeedDistr", 50);     /// Wunschgeschwindigkeit setzen
Rel_Flow0.set_AttributeValue("RelFlow", new_relative_flow_Pkw);   /// Relative Verkehrsstärke setzen

/// Lkw
IVehicleCompositionRelativeFlow Rel_Flow1 = (IVehicleCompositionRelativeFlow)Rel_Flows[1];
Rel_Flow1.set_AttributeValue("VehType", 200);         /// Fz-Typ setzen (hier 200 = LKW)
Rel_Flow1.set_AttributeValue("DesSpeedDistr", 50);    /// Wunschgeschwindigkeit setzen
Rel_Flow1.set_AttributeValue("RelFlow", new_relative_flow_LKW);   /// Relative Verkehrsstärke setzen

/// Zweirad
IVehicleCompositionRelativeFlow Rel_Flow2 = (IVehicleCompositionRelativeFlow)Rel_Flows[2];
Rel_Flow2.set_AttributeValue("VehType", 600);        /// Fz-Typ setzen (hier 600 = Zweirad)
Rel_Flow2.set_AttributeValue("DesSpeedDistr", 50);   /// Wunschgeschwindigkeit setzen
Rel_Flow2.set_AttributeValue("RelFlow", new_relative_flow_Zweirad);   /// Relative Verkehrsstärke setzen
}
/// *****
/// *****
/// Simulation: Starten
/// *****
int RandomSeed = 42;  /// Startzufallszahl
vissim.Simulation.set_AttributeValue("RandSeed", RandomSeed); /// Startzufallszahl in Vissim setzen
vissim.Simulation.RunContinuous();  /// Simulation starten

/// *****
/// Data Collection Messquerschnitte in den Zufahrten ==> Verkehrsbelastungen
/// *****
int DC_Measurement_Detektor_G = 1;  /// Variable für Messquerschnitt 1 (G-Fahrstreifen) initialisieren
int DC_Measurement_Detektor_LA = 2;  /// Variable für Messquerschnitt 2 (LA-Fahrstreifen) initialisieren
int DC_Measurement_Detektor_RA = 3;  /// Variable für Messquerschnitt 3 (RA-Fahrstreifen) initialisieren
int Number_of_Cycles = 30;

/// Variable für Anzahl der Simulationsumläufe setzen - wird für Berechnungen benötigt
double No_vehs_G_Avg;           /// Mittelwert - Anzahl der Fahrzeuge auf G-Fahrstreifen
double No_vehs_G_StdDev;        /// Standardabweichung - Anzahl der Fahrzeuge auf G-Fahrstreifen
int No_vehs_G_Min;              /// Min-Wert - Anzahl der Fahrzeuge auf G-Fahrstreifen
int No_vehs_G_Max;              /// Max-Wert - Anzahl der Fahrzeuge auf G-Fahrstreifen

double No_vehs_G_Avg_Pkw;       /// Mittelwert - Anzahl der Pkw auf G-Fahrstreifen
double No_vehs_G_StdDev_Pkw;    /// Standardabweichung - Anzahl der Pkw auf G-Fahrstreifen
int No_vehs_G_Min_Pkw;          /// Min-Wert der Anzahl - Anzahl der Pkw auf G-Fahrstreifen
int No_vehs_G_Max_Pkw;          /// Max-Wert der Anzahl - Anzahl der Pkw auf G-Fahrstreifen

double No_vehs_G_Avg_Lkw;       /// Mittelwert - Anzahl der Lkw auf G-Fahrstreifen
double No_vehs_G_StdDev_Lkw;    /// Standardabweichung - Anzahl der Lkw auf G-Fahrstreifen

```

```
int No_vehs_G_Min_Lkw;           /// Min-Wert - Anzahl der Lkw auf G-Fahstreifen
int No_vehs_G_Max_Lkw;           /// Max-Wert - Anzahl der Lkw auf G-Fahstreifen

double No_vehs_G_Avg_Zwei;       /// Mittelwert - Anzahl der Zweiraeder auf G-Fahstreifen
double No_vehs_G_StdDev_Zwei;    /// Standardabweichung - Anzahl der Zweiraeder auf G-Fahstreifen
int No_vehs_G_Min_Zwei;         /// Min-Wert - Anzahl der Zweiraeder auf G-Fahstreifen
int No_vehs_G_Max_Zwei;         /// Max-Wert - Anzahl der Zweiraeder auf G-Fahstreifen

double No_vehs_LA_Avg;           /// dto. analog zu Ausführungen zu G-Fahstreifen; aber hier: LA-Fahstreifen
double No_vehs_LA_StdDev;
int No_vehs_LA_Min;
int No_vehs_LA_Max;

double No_vehs_LA_Avg_Pkw;
double No_vehs_LA_StdDev_Pkw;
int No_vehs_LA_Min_Pkw;
int No_vehs_LA_Max_Pkw;

double No_vehs_LA_Avg_Lkw;
double No_vehs_LA_StdDev_Lkw;
int No_vehs_LA_Min_Lkw;
int No_vehs_LA_Max_Lkw;

double No_vehs_LA_Avg_Zwei;
double No_vehs_LA_StdDev_Zwei;
int No_vehs_LA_Min_Zwei;
int No_vehs_LA_Max_Zwei;

double No_vehs_RA_Avg;           /// dto. analog zu Ausführungen zu G-Fahstreifen; aber hier: RA-Fahstreifen
double No_vehs_RA_StdDev;
int No_vehs_RA_Min;
int No_vehs_RA_Max;

double No_vehs_RA_Avg_Pkw;
double No_vehs_RA_StdDev_Pkw;
int No_vehs_RA_Min_Pkw;
int No_vehs_RA_Max_Pkw;

double No_vehs_RA_Avg_Lkw;
double No_vehs_RA_StdDev_Lkw;
int No_vehs_RA_Min_Lkw;
int No_vehs_RA_Max_Lkw;

double No_vehs_RA_Avg_Zwei;
double No_vehs_RA_StdDev_Zwei;
int No_vehs_RA_Min_Zwei;
```

```

int No_vehs_RA_Max_Zwei;

/// Einführende Erläuterung zu Vissim-Abfrage "Vehs(Sub_Attribut_1,Sub_Attribut2,Sub_Attribut_3)"
/// (wird im Folgenden mehrfach benutzt):
/// - Sub_Attribut_1: Simulationslauf (1, 2, 3, ...)
/// - Sub_Attribut_2: Zeitintervall (1, 2, 3 ...) gem. Def. in Vissim unter Auswertung > Konfiguration
/// aggregierte Werte über alle Zeitintervalle mit: Avg, StdDev, Min , Max
/// Auswertungszeitintervall "Zeit von" bis "Zeit bis" wird in Vissim unter Auswertung > Konfiguration eingestellt
/// - Sub_Attribut_3: Fzg Typ (10 = PKW; 20=LKW, 60=Zweirad, All=alle)
/// PKW, LKW, Zweirad müssen zuvor in VISSIM unter Auswertung > Konfiguration aktiviert werden,
/// sonst keine Auswertung vorhanden

/// G-Fahrstreifen:
///*****

IDataCollectionMeasurement DC_measurementG =
vissim.Net.DataCollectionMeasurements.get_ItemByKey(DC_Measurement_Detektor_G);

/// Messquerschnitt 1 wird gesetzt
/// Abfrage des von Vissim ermittelten Mittelwertes mit Befehl:
/// (int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1,Avg,All)") ist möglich
/// Vissim - Abfrage liefert nur ein ganzzahliges Ergebnis vom Typ integer; ,
/// Genauigkeit wäre nicht ausreichend deshalb Berechnung s.u.
/// Erläuterung zu obiger Vissim Abfrage: "1"= für Simulationslauf 1, "Avg" = Mittelwert über alle
/// Zeitintervalle im Auswertungszeitintervall gem. Voreinstellung in "Auswertungskonfiguration" in VISSIM,
/// "All" = alle Fahrzeuge

int SchleifeG;
int Total_Traffic_Flow_G = 0;
int Total_Traffic_Flow_G_Pkw = 0;
int Total_Traffic_Flow_G_Lkw = 0;
int Total_Traffic_Flow_G_Zwei = 0;

double Abweichungsquadrat_G;
double Abweichungsquadrat_G_Pkw;
double Abweichungsquadrat_G_Lkw;
double Abweichungsquadrat_G_Zwei;
double Summe_Abweichungsquadrat_G = 0;
double Summe_Abweichungsquadrat_G_Pkw = 0;
double Summe_Abweichungsquadrat_G_Lkw = 0;
double Summe_Abweichungsquadrat_G_Zwei = 0;

for (SchleifeG = 1; SchleifeG <= Number_of_Cycles; SchleifeG++) {
    Total_Traffic_Flow_G = Total_Traffic_Flow_G + (int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeG + ",All)");
    /// SchleifeG nimmt hier die Werte "1,2,3,..., Anzahl Simulations-Umlauf" an;
    /// Nr. gibt Simulationszeitintervall im Auswertungszeitintervall an, das gerade betrachtet wird
    Total_Traffic_Flow_G_Pkw = Total_Traffic_Flow_G_Pkw + (int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeG
+ ",10)"); //Pkw
    Total_Traffic_Flow_G_Lkw = Total_Traffic_Flow_G_Lkw + (int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeG
+ ",20)"); //Lkw
}

```

```

    Total_Traffic_Flow_G_Zwei = Total_Traffic_Flow_G_Zwei + (int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1," +
SchleifeG + ",60"); //Zweirad
}
No_vehs_G_Avg = (double)Total_Traffic_Flow_G / Number_of_Cycles;
No_vehs_G_Avg_Pkw = (double)Total_Traffic_Flow_G_Pkw / Number_of_Cycles;
No_vehs_G_Avg_Lkw = (double)Total_Traffic_Flow_G_Lkw / Number_of_Cycles;
No_vehs_G_Avg_Zwei = (double)Total_Traffic_Flow_G_Zwei / Number_of_Cycles;

// Abfrage der von Vissim ermittelten Standardabweichung ist mit Befehl:
// No_vehs_G_StdDev = (int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1,StdDev,All)") möglich;
// Vissim - Abfrage liefert nur ein ganzzahliges Ergebnis vom Typ integer; Genauigkeit nicht ausreichend,
// deshalb Berechnung s.u.
// Erläuterung zu obiger Vissim Abfrage: "1"= für Simulationslauf 1, "Avg" = Mittelwert über alle Zeitintervalle
// Auswertungszeitintervall ; gem. Voreinstellung in "Auswertungskonfiguration" in VISSIM, "All" = alle Fahrzeuge

for (SchleifeG = 1; SchleifeG <= Number_of_Cycles; SchleifeG++) {

    Abweichungsquadrat_G = (double)((int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeG + ",All)" -
No_vehs_G_Avg) * ((int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeG + ",All)" - No_vehs_G_Avg);
// SchleifeG nimmt hier die Werte "1,2,3,..., Anzahl SimUmlauf" an;
// Nr. gibt Simulationszeitintervall im Auswertungszeitintervall an, das gerade betrachtet wird
    Summe_Abweichungsquadrat_G = Summe_Abweichungsquadrat_G + Abweichungsquadrat_G;

    Abweichungsquadrat_G_Pkw = (double)((int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeG + ",10)" -
No_vehs_G_Avg_Pkw) * ((int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeG + ",10)" - No_vehs_G_Avg_Pkw);
    Summe_Abweichungsquadrat_G_Pkw = Summe_Abweichungsquadrat_G_Pkw + Abweichungsquadrat_G_Pkw;

    Abweichungsquadrat_G_Lkw = (double)((int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeG + ",20)" -
No_vehs_G_Avg_Lkw) * ((int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeG + ",20)" - No_vehs_G_Avg_Lkw);
    Summe_Abweichungsquadrat_G_Lkw = Summe_Abweichungsquadrat_G_Lkw + Abweichungsquadrat_G_Lkw;

    Abweichungsquadrat_G_Zwei = (double)((int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeG + ",60)" -
No_vehs_G_Avg_Zwei) * ((int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeG + ",60)" - No_vehs_G_Avg_Zwei);
    Summe_Abweichungsquadrat_G_Zwei = Summe_Abweichungsquadrat_G_Zwei + Abweichungsquadrat_G_Zwei;
}

No_vehs_G_StdDev = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_G / (Number_of_Cycles - 1));
// Standardabweichung der Einzelmessung ==> Schätzwert für den Parameter Sigma der normalverteilten Messgröße
No_vehs_G_StdDev_Pkw = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_G_Pkw / (Number_of_Cycles - 1));
// Standardabweichung der Einzelmessung ==> Schätzwert für den Parameter Sigma der normalverteilten Messgröße
No_vehs_G_StdDev_Lkw = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_G_Lkw / (Number_of_Cycles - 1));
// Standardabweichung der Einzelmessung ==> Schätzwert für den Parameter Sigma der normalverteilten Messgröße
No_vehs_G_StdDev_Zwei = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_G_Zwei / (Number_of_Cycles - 1));
// Standardabweichung der Einzelmessung ==> Schätzwert für den Parameter Sigma der normalverteilten Messgröße
No_vehs_G_Min = (int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1,Min,All)");
// "1"= für Simulationslauf 1, "Min" = Min-Wert über alle Zeitintervalle im Auswertungsintervall
// gem. Voreinstellung in "Auswertungs-Konfiguration" in VISSIM, "All" = alle Fahrzeuge
No_vehs_G_Min_Pkw = (int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1,Min,10)");
// "1"= für Simulationslauf 1, "Min" = Min-Wert über alle Zeitintervalle im Auswertungsintervall

```

```

    /// gem. Voreinstellung in "Auswertungs-Konfiguration" in VISSIM, "All" = alle Fahrzeuge
    No_vehs_G_Min_Lkw = (int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1,Min,20)");
    /// "1"= für Simulationslauf 1, "Min" = Min-Wert über alle Zeitintervalle im Auswertungsintervall
    /// gem. Voreinstellung in "Auswertungs-Konfiguration" in VISSIM, "All" = alle Fahrzeuge
    No_vehs_G_Min_Zwei = (int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1,Min,60)");
    /// "1"= für Simulationslauf 1, "Min" = Min-Wert über alle Zeitintervalle im Auswertungsintervall
    /// gem. Voreinstellung in "Auswertungs-Konfiguration" in VISSIM, "All" = alle Fahrzeuge
    No_vehs_G_Max = (int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1,Max,All)");
    /// "1"= für Simulationslauf 1, "Max" = Max-Wert über alle Zeitintervalle im Auswertungsintervall
    /// gem. Voreinstellung in "Auswertungs-Konfiguration" in VISSIM, "All" = alle Fahrzeuge
    No_vehs_G_Max_Pkw = (int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1,Max,10)");
    /// "1"= für Simulationslauf 1, "Max" = Max-Wert über alle Zeitintervalle im Auswertungsintervall
    /// gem. Voreinstellung in "Auswertungs-Konfiguration" in VISSIM, "All" = alle Fahrzeuge
    No_vehs_G_Max_Lkw = (int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1,Max,20)");
    /// "1"= für Simulationslauf 1, "Max" = Max-Wert über alle Zeitintervalle im Auswertungsintervall
    /// gem. Voreinstellung in "Auswertungs-Konfiguration" in VISSIM, "All" = alle Fahrzeuge
    No_vehs_G_Max_Zwei = (int)DC_measurementG.get_AttValue("Vehs(1,Max,60)");
    /// "1"= für Simulationslauf 1, "Max" = Max-Wert über alle Zeitintervalle im Auswertungsintervall
    /// gem. Voreinstellung in "Auswertungs-Konfiguration" in VISSIM, "All" = alle Fahrzeuge

    /// LA-Fahstreifen:
    ///*****

    IDataCollectionMeasurement DC_measurementLA =
    vissim.Net.DataCollectionMeasurements.get_ItemByKey(DC_Measurement_Detektor_LA);

    /// No_vehs_LA_Avg = (int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1,Avg,All)");
    /// Kommentierung analog zu G-Fahstreifen ==> Genauigkeit nicht ausreichend

    int SchleifeLA;
    int Total_Traffic_Flow_LA = 0;
    int Total_Traffic_Flow_LA_Pkw = 0;
    int Total_Traffic_Flow_LA_Lkw = 0;
    int Total_Traffic_Flow_LA_Zwei = 0;

    double Abweichungsquadrat_LA;
    double Abweichungsquadrat_LA_Pkw;
    double Abweichungsquadrat_LA_Lkw;
    double Abweichungsquadrat_LA_Zwei;

    double Summe_Abweichungsquadrat_LA = 0;
    double Summe_Abweichungsquadrat_LA_Pkw = 0;
    double Summe_Abweichungsquadrat_LA_Lkw = 0;
    double Summe_Abweichungsquadrat_LA_Zwei = 0;

    for (SchleifeLA = 1; SchleifeLA <= Number_of_Cycles; SchleifeLA++) {
        Total_Traffic_Flow_LA = Total_Traffic_Flow_LA + (int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeLA +
        ",All)");
    }

```



```

    /// SchleifeLA nimmt hier die Werte "1,2,3,..., Anzahl SimUmlauf" an;
    /// Nr. gibt Nummer des Simulationszeitintervalls im Auswertungszeitintervall an, das gerade betrachtet wird
    Total_Traffic_Flow_LA_Pkw = Total_Traffic_Flow_LA_Pkw + (int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1," +
    SchleifeLA + ",10)");
    Total_Traffic_Flow_LA_Lkw = Total_Traffic_Flow_LA_Lkw + (int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1," +
    SchleifeLA + ",20)");
    Total_Traffic_Flow_LA_Zwei = Total_Traffic_Flow_LA_Zwei + (int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1," +
    SchleifeLA + ",60)");
}

No_vehs_LA_Avg = (double)Total_Traffic_Flow_LA / Number_of_Cycles;
No_vehs_LA_Avg_Pkw = (double)Total_Traffic_Flow_LA_Pkw / Number_of_Cycles;
No_vehs_LA_Avg_Lkw = (double)Total_Traffic_Flow_LA_Lkw / Number_of_Cycles;
No_vehs_LA_Avg_Zwei = (double)Total_Traffic_Flow_LA_Zwei / Number_of_Cycles;

/// No_vehs_LA_StdDev = (int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1,StdDev,All)");
/// Kommentierung analog zu G-Fahstreifen ==> Genauigkeit nicht ausreichend
for (SchleifeLA = 1; SchleifeLA <= Number_of_Cycles; SchleifeLA++) {
    Abweichungsquadrat_LA = (double)((int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeLA + ",All)") -
    No_vehs_LA_Avg) * ((int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeLA + ",All)") - No_vehs_LA_Avg);
    /// SchleifeLA nimmt hier Werte "1,2,3,..., Anzahl SimUmlauf" an;
    /// Nr. gibt die Nummer des Simulationszeitintervalls im Auswertungszeitintervall an, das gerade betrachtet wird
    Summe_Abweichungsquadrat_LA = Summe_Abweichungsquadrat_LA + Abweichungsquadrat_LA;
    Abweichungsquadrat_LA_Pkw = (double)((int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeLA + ",10)") -
    No_vehs_LA_Avg_Pkw) * ((int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeLA + ",10)") - No_vehs_LA_Avg_Pkw);
    Summe_Abweichungsquadrat_LA_Pkw = Summe_Abweichungsquadrat_LA_Pkw + Abweichungsquadrat_LA_Pkw;
    Abweichungsquadrat_LA_Lkw = (double)((int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeLA + ",20)") -
    No_vehs_LA_Avg_Lkw) * ((int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeLA + ",20)") - No_vehs_LA_Avg_Lkw);
    Summe_Abweichungsquadrat_LA_Lkw = Summe_Abweichungsquadrat_LA_Lkw + Abweichungsquadrat_LA_Lkw;
    Abweichungsquadrat_LA_Zwei = (double)((int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeLA + ",60)") -
    No_vehs_LA_Avg_Zwei) * ((int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeLA + ",60)") - No_vehs_LA_Avg_Zwei);
    Summe_Abweichungsquadrat_LA_Zwei = Summe_Abweichungsquadrat_LA_Zwei + Abweichungsquadrat_LA_Zwei;
}
No_vehs_LA_StdDev = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_LA / (Number_of_Cycles - 1));
    /// Standardabweichung der Einzelmessung ==> Schätzwert für den Parameter Sigma der normalverteilten Messgröße
No_vehs_LA_StdDev_Pkw = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_LA_Pkw / (Number_of_Cycles - 1));
    /// Standardabweichung der Einzelmessung ==> Schätzwert für den Parameter Sigma der normalverteilten Messgröße
No_vehs_LA_StdDev_Lkw = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_LA_Lkw / (Number_of_Cycles - 1));
    /// Standardabweichung der Einzelmessung ==> Schätzwert für den Parameter Sigma der normalverteilten Messgröße
No_vehs_LA_StdDev_Zwei = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_LA_Zwei / (Number_of_Cycles - 1));
    /// Standardabweichung der Einzelmessung ==> Schätzwert für den Parameter Sigma der normalverteilten Messgröße

No_vehs_LA_Min = (int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1,Min,All)");
    /// Kommentierung analog zu G-Fahstreifen
No_vehs_LA_Min_Pkw = (int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1,Min,10)");
    /// Kommentierung analog zu G-Fahstreifen
No_vehs_LA_Min_Lkw = (int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1,Min,20)");
    /// Kommentierung analog zu G-Fahstreifen

```

```

No_veh_ LA_Min_Zwei = (int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1,Min,60)");
    /// Kommentierung analog zu G-Fahrstreifen

No_veh_ LA_Max = (int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1,Max,All)");
    /// Kommentierung analog zu G-Fahrstreifen
No_veh_ LA_Max_Pkw = (int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1,Max,10)");
    /// Kommentierung analog zu G-Fahrstreifen
No_veh_ LA_Max_Lkw = (int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1,Max,20)");
    /// Kommentierung analog zu G-Fahrstreifen
No_veh_ LA_Max_Zwei = (int)DC_measurementLA.get_AttValue("Vehs(1,Max,60)");
    /// Kommentierung analog zu G-Fahrstreifen

    /// RA-Fahrstreifen:
    ///*****

IDataCollectionMeasurement DC_measurementRA =
vissim.Net.DataCollectionMeasurements.get_ItemByKey(DC_Measurement_Detektor_RA);

    /// No_veh_ RA_Avg = (int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1,Avg,All)");
    /// Kommentierung analog zu G-Fahrstreifen ==> Genauigkeit nicht ausreichend

int SchleifeRA;
int Total_Traffic_Flow_RA = 0;
int Total_Traffic_Flow_RA_Pkw = 0;
int Total_Traffic_Flow_RA_Lkw = 0;
int Total_Traffic_Flow_RA_Zwei = 0;

double Abweichungsquadrat_RA;
double Abweichungsquadrat_RA_Pkw;
double Abweichungsquadrat_RA_Lkw;
double Abweichungsquadrat_RA_Zwei;

double Summe_Abweichungsquadrat_RA = 0;
double Summe_Abweichungsquadrat_RA_Pkw = 0;
double Summe_Abweichungsquadrat_RA_Lkw = 0;
double Summe_Abweichungsquadrat_RA_Zwei = 0;

for (SchleifeRA = 1; SchleifeRA <= Number_of_Cycles; SchleifeRA++) {
    Total_Traffic_Flow_RA = Total_Traffic_Flow_RA + (int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeRA +
",All)");
    /// SchleifeRA nimmt hier die Werte "1,2,3,..., Anzahl SimUmlauf" an;
    /// Nr. gibt die Nummer des Simulationszeitintervalls im Auswertungszeitintervall an, das gerade betrachtet wird
    Total_Traffic_Flow_RA_Pkw = Total_Traffic_Flow_RA_Pkw + (int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1," +
SchleifeRA + ",10)");
    Total_Traffic_Flow_RA_Lkw = Total_Traffic_Flow_RA_Lkw + (int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1," +
SchleifeRA + ",20)");
    Total_Traffic_Flow_RA_Zwei = Total_Traffic_Flow_RA_Zwei + (int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1," +
SchleifeRA + ",60)");
}

```

```

No_vehs_RA_Avg = (double)Total_Traffic_Flow_RA / Number_of_Cycles;
No_vehs_RA_Avg_Pkw = (double)Total_Traffic_Flow_RA / Number_of_Cycles;
No_vehs_RA_Avg_Lkw = (double)Total_Traffic_Flow_RA / Number_of_Cycles;
No_vehs_RA_Avg_Zwei = (double)Total_Traffic_Flow_RA / Number_of_Cycles;
/// No_vehs_RA_StdDev = (int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1,StdDev,All)");
/// Kommentierung analog zu G-Fahrstreifen ==> Genauigkeit nicht ausreichend

for (SchleifeRA = 1; SchleifeRA <= Number_of_Cycles; SchleifeRA++) {
    Abweichungsquadrat_RA = (double)((int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeRA + ",All)") -
No_vehs_RA_Avg) * ((int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeRA + ",All)") - No_vehs_RA_Avg);
    /// SchleifeRA nimmt hier die Werte "1,2,3,..., Anzahl SimUmlauf" an;
    /// Nr. gibt die Nummer des Simulationszeitintervalls im Auswertungszeitintervall an, das gerade betrachtet wird
    Summe_Abweichungsquadrat_RA = Summe_Abweichungsquadrat_RA + Abweichungsquadrat_RA;

    Abweichungsquadrat_RA_Pkw = (double)((int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeRA + ",10)") -
No_vehs_RA_Avg_Pkw) * ((int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeRA + ",10)") - No_vehs_RA_Avg_Pkw);
    Summe_Abweichungsquadrat_RA_Pkw = Summe_Abweichungsquadrat_RA_Pkw + Abweichungsquadrat_RA_Pkw;

    Abweichungsquadrat_RA_Lkw = (double)((int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeRA + ",20)") -
No_vehs_RA_Avg_Lkw) * ((int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeRA + ",20)") - No_vehs_RA_Avg_Lkw);
    Summe_Abweichungsquadrat_RA_Lkw = Summe_Abweichungsquadrat_RA_Lkw + Abweichungsquadrat_RA_Lkw;

    Abweichungsquadrat_RA_Zwei = (double)((int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeRA + ",60)") -
No_vehs_RA_Avg_Zwei) * ((int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1," + SchleifeRA + ",60)") - No_vehs_RA_Avg_Zwei);
    Summe_Abweichungsquadrat_RA_Zwei = Summe_Abweichungsquadrat_RA_Zwei + Abweichungsquadrat_RA_Zwei;
}
No_vehs_RA_StdDev = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_RA / (Number_of_Cycles - 1));
    /// Standardabweichung der Einzelmessung ==> Schätzwert für den Parameter Sigma der normalverteilten Messgröße
No_vehs_RA_StdDev_Pkw = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_RA / (Number_of_Cycles - 1));
    /// Standardabweichung der Einzelmessung ==> Schätzwert für den Parameter Sigma der normalverteilten Messgröße
No_vehs_RA_StdDev_Lkw = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_RA / (Number_of_Cycles - 1));
    /// Standardabweichung der Einzelmessung ==> Schätzwert für den Parameter Sigma der normalverteilten Messgröße
No_vehs_RA_StdDev_Zwei = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_RA / (Number_of_Cycles - 1));
    /// Standardabweichung der Einzelmessung ==> Schätzwert für den Parameter Sigma der normalverteilten Messgröße
No_vehs_RA_Min = (int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1,Min,All)");
    /// Kommentierung analog zu G-Fahrstreifen
No_vehs_RA_Min_Pkw = (int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1,Min,All)");
    /// Kommentierung analog zu G-Fahrstreifen
No_vehs_RA_Min_Lkw = (int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1,Min,All)");
    /// Kommentierung analog zu G-Fahrstreifen
No_vehs_RA_Min_Zwei = (int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1,Min,All)");
    /// Kommentierung analog zu G-Fahrstreifen
No_vehs_RA_Max = (int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1,Max,All)");
    /// Kommentierung analog zu G-Fahrstreifen
No_vehs_RA_Max_Pkw = (int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1,Max,All)");
    /// Kommentierung analog zu G-Fahrstreifen
No_vehs_RA_Max_Lkw = (int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehs(1,Max,All)");

```

```

    /// Kommentierung analog zu G-Fahstreifen
No_vehes_RA_Max_Zwei = (int)DC_measurementRA.get_AttValue("Vehes(1,Max,All)");
    /// Kommentierung analog zu G-Fahstreifen
    /// *****
    /// *****
    /// Data Collection Stauzaehler ==> Laenge des Rueckstaus bei Freigabezeitbeginn (Queue Length: QL)
    /// *****

int QC_Number_G = 1;           /// entspricht Nummer des Stauzaehlers in Vissim
int QC_Number_LA = 2;         /// dto.
int QC_Number_RA = 3;         /// dto.
int QC_Number_G2 = 4;         /// dto, zweiter Stauzaehler auf G-Fs alternativ auf
                               /// - zweiten G-Fahstreifen wenn Anzahl der G-Fs = 2,
                               /// - Zwischenstueck, wenn Laenge des LA-Fs ungleich der Laenge RA-Fs,

int Anzahl_G = (int)counter.AnzahlFahrstreifenGeradeaus;           /// Anzahl G-Fahstreifen
double Laenge_LA_Fs = (double)counter.LaengeLinksabbiegerspur;    /// Laenge des LA Fahrstreifens
double Laenge_RA_Fs = (double)counter.LaengeRechtsabbiegerspur;   /// Laenge des RA Fahrstreifens

double Laenge_Verziehung_Fahrstreifen = 12;           /// Länge des Verziehungsstrecke
double Abstand_Verzweigungspkt_LA;                   /// Abstand des Verzweigungspunkts bis zur Haltlinie (LA-Fs)
double Abstand_Verzweigungspkt_RA;                   /// Abstand des Verzweigungspunkts bis zur Haltlinie (RA-Fs)
double Laenge_Zwischenstueck;
    /// Laenge des Zwischenstücks zwischen zwei Verzweigungspunkten wenn Laenge LA-Fs ungleich
    /// Länge RA-Fs fuer Anzahl der G-Fs = 1

int SchleifeG2;
int SchleifeG22;
int SchleifeLA2;
int SchleifeRA2;

    /// Rückstaulaengen bei Freigabezeitbeginn (bis Hinterkannte letztes Fahrzeug): direkte Messwerte aus der Simulation
    /// *****
    /// Das Auswertungszeitintervall des Stauzaehlers darf nicht der Umlaufzeit des Signalprogramms entsprechen, da sonst
    /// die ermittelten maximalen Rueckstaulaengen der maximal auftretenden Rueckstaulaenge des Umlaufs entsprechen.
    /// Dies wuerde im vorliegenden Fall dem Wert zu Beginn der Freigabezeit oder am Ende des Umlaufs entsprechen
    /// (jeweils der Maximalwert von beiden Werten).
    /// Somit wuerden z.T. falsche Rueckstaulaengen betrachtet und in die ermittelten Kenngrößen eingehen.
    /// Bei den vorliegenden Betrachtungen ist nur die Rueckstaulaenge bei Freigabezeitbeginn von Interesse.
    /// Aus diesem Grund können direkte Messwerte aus der Simulation nicht verwendet werden
    /// (siehe auskommentierten Programmcode)

    /// Rueckstaulaengen bei Freigabezeitbeginn auf G-Fs (bis Verzweigungspunkt)
    ///*****
    /// Das Zeitintervall zur Ermittlung der Rueckstaulängen wurde auf 0,50 * Umlaufzeit des Signalprogramms (tu) gesetzt,
    /// für tu=250s entspricht dies einem Wert von 125s

```

```

/// die Rueckstaulaengen werden jeweils in der zweiten Haelfte des Umlaufs (126s bis 250s) ermittelt,
/// dabei entspricht i unserem Fall die Rueckstaulaenge bei Freigabezeitbeginn jeweils der Rueckstaulänge bei Ende
/// des vorangegangenen Umlaufs.
/// Das Auswertungszeitintervall zur Ermittlung der Rueckstaulaengen beginnt in Sekunde 126 eines Umlaufs
/// (mit tu=250s):
/// Zeitintervall 1 + 2 (Stauzähler) = Zeitintervall 1 (Querschnittsmessung)

double Queue_Length_G_Avg_Vzp = 1000.0;
/// Mittelwert - Rueckstaulaengen bei Freigabezeitbeginn auf G-Fs; mit Wert 1000 initialisiert sonst Fehlermeldung
double Queue_Length_G_StdDev_Vzp = 1000.0;
/// Standardabw.- Rueckstaulaengen bei Freigabezeitbeginn auf G-Fs; mit Wert 1000 initialisiert sonst Fehlermeldung
/// Standardabweichung entspricht der "Standardabweichung einer Einzelmessung" = Schätzwert für sigma
/// einer normalverteilten Größe
double Queue_Length_G_Min_Vzp = 1000.0;
/// Min-Wert der Staulängen auf Geradeaus Fahrstreifen; mit Wert 1000 initialisiert sonst Fehlermeldung
double Queue_Length_G_Max_Vzp;      /// Max-Wert der Staulängen auf Geradeaus Fahrstreifen

double Queue_Length_LA_Avg_Vzp;      /// Kommentierung analog zu G-Fs
double Queue_Length_LA_StdDev_Vzp;
double Queue_Length_LA_Min_Vzp;
double Queue_Length_LA_Max_Vzp;

double Queue_Length_RA_Avg_Vzp;      /// Kommentierung analog zu G-Fs
double Queue_Length_RA_StdDev_Vzp;
double Queue_Length_RA_Min_Vzp;
double Queue_Length_RA_Max_Vzp;

double Queue_Length_G2_Avg_Vzp = 1000.0;  /// Kommentierung analog zu G-Fs
double Queue_Length_G2_StdDev_Vzp = 1000.0;
double Queue_Length_G2_Min_Vzp = 1000.0;
double Queue_Length_G2_Max_Vzp;

/// G-Fahrstreifen:
///*****

double Summe_QL_G = 0;
double Abweichungsquadrat_QL_G = 0;
double Summe_Abweichungsquadrat_QL_G = 0;
IQueueCounter QL_Measurement_G = vissim.Net.QueueCounters.get_ItemByKey(QC_Number_G);

//Mittelwert
/// Staulänge bis max. zum Verzweigungspunkt
Abstand_Verzweigungspkt_LA = Laenge_LA_Fs + Laenge_Verziehung_Fahrstreifen;
Abstand_Verzweigungspkt_RA = Laenge_RA_Fs + Laenge_Verziehung_Fahrstreifen;
if (Anzahl_G == 1)
/// für G=1 wird hier die Staulänge von der Haltlinie bis zum ersten Verzweigungspunkt betrachtet
{
    if (Abstand_Verzweigungspkt_LA == Abstand_Verzweigungspkt_RA) {

```

```

    for (SchleifeG2 = 1; SchleifeG2 <= Number_of_Cycles; SchleifeG2++) {
        if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") < Abstand_Verzweigungspkt_LA)
        {
            Summe_QL_G = Summe_QL_G + (double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 +
");");
        }
        if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") >=
Abstand_Verzweigungspkt_LA) {
            Summe_QL_G = Summe_QL_G + Abstand_Verzweigungspkt_LA;
        }
    }
    Queue_Length_G_Avg_Vzp = Summe_QL_G / Number_of_Cycles;
}
if (Abstand_Verzweigungspkt_LA > Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
    for (SchleifeG2 = 1; SchleifeG2 <= Number_of_Cycles; SchleifeG2++) {
        if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") <
Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
            Summe_QL_G = Summe_QL_G + (double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 +
");");
        }
        if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") >=
Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
            Summe_QL_G = Summe_QL_G + Abstand_Verzweigungspkt_RA;
        }
    }
    Queue_Length_G_Avg_Vzp = Summe_QL_G / Number_of_Cycles;
}
if (Abstand_Verzweigungspkt_LA < Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
    for (SchleifeG2 = 1; SchleifeG2 <= Number_of_Cycles; SchleifeG2++) {
        if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") < Abstand_Verzweigungspkt_LA)
        {
            Summe_QL_G = Summe_QL_G + (double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 +
");");
        }
        if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") >=
Abstand_Verzweigungspkt_LA) {
            Summe_QL_G = Summe_QL_G + Abstand_Verzweigungspkt_LA;
        }
    }
    Queue_Length_G_Avg_Vzp = Summe_QL_G / Number_of_Cycles;
}
}
if (Anzahl_G == 2)
/// für G=2 wird hier die Staulänge von der Haltlinie bis zum Verzweigungspunkt auf dem rechten G-Fahstreifen betrachtet
{
    for (SchleifeG2 = 1; SchleifeG2 <= Number_of_Cycles; SchleifeG2++) {
        if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") < Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
            Summe_QL_G = Summe_QL_G + (double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")");
        }
    }
}

```

```

        if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") >= Abstand_Verzweigungspkt_RA)
    {
        Summe_QL_G = Summe_QL_G + Abstand_Verzweigungspkt_RA;
    }
}
Queue_Length_G_Avg_Vzp = Summe_QL_G / Number_of_Cycles;
}
/// Standardabweichung
if (Anzahl_G == 1)
    /// für G=1 wird hier die Staulänge von der Haltlinie bis zum ersten Verzweigungspunkt betrachtet
    {
        if (Abstand_Verzweigungspkt_LA == Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
            for (SchleifeG2 = 1; SchleifeG2 <= Number_of_Cycles; SchleifeG2++) {
                if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") < Abstand_Verzweigungspkt_LA)
            {
                Abweichungsquadrat_QL_G = (Queue_Length_G_Avg_Vzp -
(double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")")) * (Queue_Length_G_Avg_Vzp -
(double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")"));
                Summe_Abweichungsquadrat_QL_G = Summe_Abweichungsquadrat_QL_G + Abweichungsquadrat_QL_G;
            }
            if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") >=
Abstand_Verzweigungspkt_LA) {
                Abweichungsquadrat_QL_G = (Queue_Length_G_Avg_Vzp - Abstand_Verzweigungspkt_LA) *
(Queue_Length_G_Avg_Vzp - Abstand_Verzweigungspkt_LA);
                Summe_Abweichungsquadrat_QL_G = Summe_Abweichungsquadrat_QL_G + Abweichungsquadrat_QL_G;
            }
        }
    }
    if (Abstand_Verzweigungspkt_LA > Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
        for (SchleifeG2 = 1; SchleifeG2 <= Number_of_Cycles; SchleifeG2++) {
            if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") <
Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
                Abweichungsquadrat_QL_G = (Queue_Length_G_Avg_Vzp -
(double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")")) * (Queue_Length_G_Avg_Vzp -
(double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")"));
                Summe_Abweichungsquadrat_QL_G = Summe_Abweichungsquadrat_QL_G + Abweichungsquadrat_QL_G;
            }
            if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") >=
Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
                Abweichungsquadrat_QL_G = (Queue_Length_G_Avg_Vzp - Abstand_Verzweigungspkt_RA) *
(Queue_Length_G_Avg_Vzp - Abstand_Verzweigungspkt_RA);
                Summe_Abweichungsquadrat_QL_G = Summe_Abweichungsquadrat_QL_G + Abweichungsquadrat_QL_G;
            }
        }
    }
    if (Abstand_Verzweigungspkt_LA < Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
        for (SchleifeG2 = 1; SchleifeG2 <= Number_of_Cycles; SchleifeG2++) {
            if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") < Abstand_Verzweigungspkt_LA)
            {

```



```

        Abweichungsquadrat_QL_G = (Queue_Length_G_Avg_Vzp -
(double)QL_Measurement_G.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")")) * (Queue_Length_G_Avg_Vzp -
(double)QL_Measurement_G.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")"));
        Summe_Abweichungsquadrat_QL_G = Summe_Abweichungsquadrat_QL_G + Abweichungsquadrat_QL_G;
    }
    if ((double)QL_Measurement_G.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") >=
Abstand_Verzweigungspkt_LA) {
        Abweichungsquadrat_QL_G = (Queue_Length_G_Avg_Vzp - Abstand_Verzweigungspkt_LA) *
(Queue_Length_G_Avg_Vzp - Abstand_Verzweigungspkt_LA);
        Summe_Abweichungsquadrat_QL_G = Summe_Abweichungsquadrat_QL_G + Abweichungsquadrat_QL_G;
    }
}

Queue_Length_G_StdDev_Vzp = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_QL_G / (Number_of_Cycles - 1));
}

if (Anzahl_G == 2) {
    for (SchleifeG2 = 1; SchleifeG2 <= Number_of_Cycles; SchleifeG2++) {
        if ((double)QL_Measurement_G.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") < Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
            Abweichungsquadrat_QL_G = (Queue_Length_G_Avg_Vzp -
(double)QL_Measurement_G.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")")) * (Queue_Length_G_Avg_Vzp -
(double)QL_Measurement_G.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")"));
            Summe_Abweichungsquadrat_QL_G = Summe_Abweichungsquadrat_QL_G + Abweichungsquadrat_QL_G;
        }
        if ((double)QL_Measurement_G.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") >= Abstand_Verzweigungspkt_RA)
{
            Abweichungsquadrat_QL_G = (Queue_Length_G_Avg_Vzp - Abstand_Verzweigungspkt_RA) *
(Queue_Length_G_Avg_Vzp - Abstand_Verzweigungspkt_RA);
            Summe_Abweichungsquadrat_QL_G = Summe_Abweichungsquadrat_QL_G + Abweichungsquadrat_QL_G;
        }
    }
    Queue_Length_G_StdDev_Vzp = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_QL_G / (Number_of_Cycles - 1));
}

/// Max-Wert
Queue_Length_G_Max_Vzp = 0;
if (Anzahl_G == 1) // für G=1 wird hier die Staulänge von der Haltlinie bis zum ersten Verzweigungspunkt betrachtet
{
    if (Abstand_Verzweigungspkt_LA == Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
        for (SchleifeG2 = 1; SchleifeG2 <= Number_of_Cycles; SchleifeG2++) {
            if ((double)QL_Measurement_G.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") > Queue_Length_G_Max_Vzp) {
                if ((double)QL_Measurement_G.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") <=
Abstand_Verzweigungspkt_LA) { Queue_Length_G_Max_Vzp = (double)QL_Measurement_G.get_AtValue("QLenMax(1," +
SchleifeG2*2 + ")"); } else { Queue_Length_G_Max_Vzp = Abstand_Verzweigungspkt_LA; }
            }
        }
    }
}
if (Abstand_Verzweigungspkt_LA > Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
    for (SchleifeG2 = 1; SchleifeG2 <= Number_of_Cycles; SchleifeG2++) {

```

```

        if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") > Queue_Length_G_Max_Vzp) {
            if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") <=
                Abstand_Verzweigungspkt_RA) { Queue_Length_G_Max_Vzp = (double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," +
                SchleifeG2*2 + ")"); } else { Queue_Length_G_Max_Vzp = Abstand_Verzweigungspkt_RA; }
        }
    }
}

if (Abstand_Verzweigungspkt_LA < Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
    for (SchleifeG2 = 1; SchleifeG2 <= Number_of_Cycles; SchleifeG2++) {
        if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") > Queue_Length_G_Max_Vzp) {
            if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") <=
                Abstand_Verzweigungspkt_LA) { Queue_Length_G_Max_Vzp = (double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," +
                SchleifeG2*2 + ")"); } else { Queue_Length_G_Max_Vzp = Abstand_Verzweigungspkt_LA; }
        }
    }
}

if (Anzahl_G == 2)
/// für G=2 wird hier die Staulänge von der Haltlinie bis zum Verzweigungspunkt auf dem rechten G-Fahstreifen betrachtet

{
    for (SchleifeG2 = 1; SchleifeG2 <= Number_of_Cycles; SchleifeG2++) {
        if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") > Queue_Length_G_Max_Vzp) {
            if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") <=
                Abstand_Verzweigungspkt_RA) { Queue_Length_G_Max_Vzp = (double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," +
                SchleifeG2*2 + ")"); } else { Queue_Length_G_Max_Vzp = Abstand_Verzweigungspkt_RA; }
        }
    }
}

/// Min-Wert
/// Staulänge bis Verzweigungspunkt
if (Anzahl_G == 1)
/// für G=1 wird hier die Staulänge von der Haltlinie bis zum ersten Verzweigungspunkt betrachtet
{
    if (Abstand_Verzweigungspkt_LA == Abstand_Verzweigungspkt_RA)
    {
        Queue_Length_G_Min_Vzp = Abstand_Verzweigungspkt_LA;
        /// Variable initialisieren mit maximal Wert

        for (SchleifeG2 = 1; SchleifeG2 <= Number_of_Cycles; SchleifeG2++)
        {
            if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") < Queue_Length_G_Min_Vzp) {
                Queue_Length_G_Min_Vzp = (double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")"); }
        }
    }
}

```

```

if (Abstand_Verzweigungspkt_LA > Abstand_Verzweigungspkt_RA)
{
    Queue_Length_G_Min_Vzp = Abstand_Verzweigungspkt_RA;
    /// Variable initialisieren mit maximal Wert

    for (SchleifeG2 = 1; SchleifeG2 <= Number_of_Cycles; SchleifeG2++)
    {
        if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") < Queue_Length_G_Min_Vzp) {
        Queue_Length_G_Min_Vzp = (double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")"); }
    }
}

if (Abstand_Verzweigungspkt_LA < Abstand_Verzweigungspkt_RA)
{
    Queue_Length_G_Min_Vzp = Abstand_Verzweigungspkt_LA;    ^
    /// Variable initialisieren mit maximal Wert

    for (SchleifeG2 = 1; SchleifeG2 <= Number_of_Cycles; SchleifeG2++)
    {
        if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") < Queue_Length_G_Min_Vzp) {
        Queue_Length_G_Min_Vzp = (double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")"); }
    }
}

if (Anzahl_G == 2)
/// für G=2 wird hier die Staulänge von der Haltlinie bis zum Verzweigungspunkt auf dem rechten G-Fahstreifen betrachtet
{
    Queue_Length_G_Min_Vzp = Abstand_Verzweigungspkt_RA;
    /// Variable initialisieren mit maximal Wert

    for (SchleifeG2 = 1; SchleifeG2 <= Number_of_Cycles; SchleifeG2++)
    {
        if ((double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")") < Queue_Length_G_Min_Vzp) {
        Queue_Length_G_Min_Vzp = (double)QL_Measurement_G.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG2*2 + ")"); }
    }
}

/// G2-Fahstreifen; Fahstreifen wenn Länge LA ungleich Länge RA; Zwischenstück:
///*****

double Summe_QL_G2 = 0;
double Abweichungsquadrat_QL_G2 = 0;
double Summe_Abweichungsquadrat_QL_G2 = 0;
IQueueCounter QL_Measurement_G2 = vissim.Net.QueueCounters.get_ItemByKey(QC_Number_G2);

// Mittelwert
if (Anzahl_G == 1) {
    if (Abstand_Verzweigungspkt_LA == Abstand_Verzweigungspkt_RA) { // kein Zwischenstück vorhanden

```

```

    Queue_Length_G2_Avg_Vzp = 0;
}
if (Abstand_Verzweigungspkt_LA > Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
    Laenge_Zwischenstueck = Abstand_Verzweigungspkt_LA - Abstand_Verzweigungspkt_RA;
    for (SchleifeG22 = 1; SchleifeG22 <= Number_of_Cycles; SchleifeG22++) {
        if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") < Laenge_Zwischenstueck) {
            Summe_QL_G2 = Summe_QL_G2 + (double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2
+ ")");
        }
        if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") >= Laenge_Zwischenstueck) {
            Summe_QL_G2 = Summe_QL_G2 + Laenge_Zwischenstueck;
        }
    }
    Queue_Length_G2_Avg_Vzp = Summe_QL_G2 / Number_of_Cycles;
}
if (Abstand_Verzweigungspkt_LA < Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
    Laenge_Zwischenstueck = Abstand_Verzweigungspkt_RA - Abstand_Verzweigungspkt_LA;

    for (SchleifeG22 = 1; SchleifeG22 <= Number_of_Cycles; SchleifeG22++) {
        if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") < Laenge_Zwischenstueck) {
            Summe_QL_G2 = Summe_QL_G2 + (double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2
+ ")");
        }
        if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") >= Laenge_Zwischenstueck) {
            Summe_QL_G2 = Summe_QL_G2 + Laenge_Zwischenstueck;
        }
    }
    Queue_Length_G2_Avg_Vzp = Summe_QL_G2 / Number_of_Cycles;
}
}

if (Anzahl_G == 2)
    /// G2 ist der linke Fahrstreifen; Staulänge von Haltelinie bis zum Verzweigungspunkt mit LA-Streifen
    {
        for (SchleifeG22 = 1; SchleifeG22 <= Number_of_Cycles; SchleifeG22++) {
            if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") <
Abstand_Verzweigungspkt_LA) {
                Summe_QL_G2 = Summe_QL_G2 + (double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 +
");");
            }
            if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") >=
Abstand_Verzweigungspkt_LA) {
                Summe_QL_G2 = Summe_QL_G2 + Abstand_Verzweigungspkt_LA;
            }
        }
        Queue_Length_G2_Avg_Vzp = Summe_QL_G2 / Number_of_Cycles;
    }
    /// Standardabweichung

```

```

if (Anzahl_G == 1) {
    if (Abstand_Verzweigungspkt_LA == Abstand_Verzweigungspkt_RA) { // kein Zwischenstück vorhanden
        Queue_Length_G2_StdDev_Vzp = 0;
    }
    if (Abstand_Verzweigungspkt_LA > Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
        Laenge_Zwischenstueck = Abstand_Verzweigungspkt_LA - Abstand_Verzweigungspkt_RA;
        for (SchleifeG22 = 1; SchleifeG22 <= Number_of_Cycles; SchleifeG22++) {
            if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttributeValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") < Laenge_Zwischenstueck) {
                Abweichungsquadrat_QL_G2 = (Queue_Length_G2_Avg_Vzp -
                (double)QL_Measurement_G2.get_AttributeValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")")) * (Queue_Length_G2_Avg_Vzp -
                (double)QL_Measurement_G2.get_AttributeValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")"));
                Summe_Abweichungsquadrat_QL_G2 = Summe_Abweichungsquadrat_QL_G2 + Abweichungsquadrat_QL_G2;
            }
            if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttributeValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") >= Laenge_Zwischenstueck) {
                Abweichungsquadrat_QL_G2 = (Queue_Length_G2_Avg_Vzp - Laenge_Zwischenstueck) *
                (Queue_Length_G2_Avg_Vzp - Laenge_Zwischenstueck);
                Summe_Abweichungsquadrat_QL_G2 = Summe_Abweichungsquadrat_QL_G2 + Abweichungsquadrat_QL_G2;
            }
        }
        Queue_Length_G2_StdDev_Vzp = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_QL_G2 / (Number_of_Cycles - 1));
    }
    if (Abstand_Verzweigungspkt_LA < Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
        Laenge_Zwischenstueck = Abstand_Verzweigungspkt_RA - Abstand_Verzweigungspkt_LA;
        for (SchleifeG22 = 1; SchleifeG22 <= Number_of_Cycles; SchleifeG22++) {
            if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttributeValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") < Laenge_Zwischenstueck) {
                Abweichungsquadrat_QL_G2 = (Queue_Length_G2_Avg_Vzp -
                (double)QL_Measurement_G2.get_AttributeValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")")) * (Queue_Length_G2_Avg_Vzp -
                (double)QL_Measurement_G2.get_AttributeValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")"));
                Summe_Abweichungsquadrat_QL_G2 = Summe_Abweichungsquadrat_QL_G2 + Abweichungsquadrat_QL_G2;
            }
            if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttributeValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") >= Laenge_Zwischenstueck) {
                Abweichungsquadrat_QL_G2 = (Queue_Length_G2_Avg_Vzp - Laenge_Zwischenstueck) *
                (Queue_Length_G2_Avg_Vzp - Laenge_Zwischenstueck);
                Summe_Abweichungsquadrat_QL_G2 = Summe_Abweichungsquadrat_QL_G2 + Abweichungsquadrat_QL_G2;
            }
        }
        Queue_Length_G2_StdDev_Vzp = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_QL_G2 / (Number_of_Cycles - 1));
    }
}
if (Anzahl_G == 2) {
    for (SchleifeG22 = 1; SchleifeG22 <= Number_of_Cycles; SchleifeG22++) {
        if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttributeValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") <
        Abstand_Verzweigungspkt_LA) {
            Abweichungsquadrat_QL_G2 = (Queue_Length_G2_Avg_Vzp -
            (double)QL_Measurement_G2.get_AttributeValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")")) * (Queue_Length_G2_Avg_Vzp -
            (double)QL_Measurement_G2.get_AttributeValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")"));
            Summe_Abweichungsquadrat_QL_G2 = Summe_Abweichungsquadrat_QL_G2 + Abweichungsquadrat_QL_G2;
        }
        if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttributeValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") >=
        Abstand_Verzweigungspkt_LA) {

```

```

        Abweichungsquadrat_QL_G2 = (Queue_Length_G2_Avg_Vzp - Abstand_Verzweigungspkt_LA) *
        (Queue_Length_G2_Avg_Vzp - Abstand_Verzweigungspkt_LA);
        Summe_Abweichungsquadrat_QL_G2 = Summe_Abweichungsquadrat_QL_G2 + Abweichungsquadrat_QL_G2;
    }
}
Queue_Length_G2_StdDev_Vzp = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_QL_G2 / (Number_of_Cycles - 1));
}
/// Max-Wert
Queue_Length_G2_Max_Vzp = 0;
if (Anzahl_G == 1) {
    if (Abstand_Verzweigungspkt_LA == Abstand_Verzweigungspkt_RA) { // kein Zwischenstück vorhanden
        Queue_Length_G2_Max_Vzp = 0;
    }
    if (Abstand_Verzweigungspkt_LA > Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
        Laenge_Zwischenstueck = Abstand_Verzweigungspkt_LA - Abstand_Verzweigungspkt_RA;
        for (SchleifeG22 = 1; SchleifeG22 <= Number_of_Cycles; SchleifeG22++) {
            if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") >
                Queue_Length_G2_Max_Vzp) {
                if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") <= Laenge_Zwischenstueck)
                { Queue_Length_G2_Max_Vzp = (double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")"); } else {
                Queue_Length_G2_Max_Vzp = Laenge_Zwischenstueck; }
            }
        }
    }
    if (Abstand_Verzweigungspkt_LA < Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
        Laenge_Zwischenstueck = Abstand_Verzweigungspkt_RA - Abstand_Verzweigungspkt_LA;
        for (SchleifeG22 = 1; SchleifeG22 <= Number_of_Cycles; SchleifeG22++) {
            if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") >
                Queue_Length_G2_Max_Vzp) {
                if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") <= Laenge_Zwischenstueck)
                { Queue_Length_G2_Max_Vzp = (double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")"); } else {
                Queue_Length_G2_Max_Vzp = Laenge_Zwischenstueck; }
            }
        }
    }
}

if (Anzahl_G == 2) {
    for (SchleifeG22 = 1; SchleifeG22 <= Number_of_Cycles; SchleifeG22++) {
        if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") > Queue_Length_G2_Max_Vzp)
        {
            if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") <=
                Abstand_Verzweigungspkt_LA) { Queue_Length_G2_Max_Vzp = (double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," +
                SchleifeG22*2 + ")"); } else { Queue_Length_G2_Max_Vzp = Abstand_Verzweigungspkt_LA; }
        }
    }
}
/// Min-Wert
if (Anzahl_G == 1) {
    if (Abstand_Verzweigungspkt_LA == Abstand_Verzweigungspkt_RA) { // kein Zwischenstück vorhanden

```

```

    Queue_Length_G2_Min_Vzp = 0;
}
if (Abstand_Verzweigungspkt_LA > Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
    Laenge_Zwischenstueck = Abstand_Verzweigungspkt_LA - Abstand_Verzweigungspkt_RA;
    Queue_Length_G2_Min_Vzp = Laenge_Zwischenstueck;    //Initialisierung mit maximal möglichen Wert
    for (SchleifeG22 = 1; SchleifeG22 <= Number_of_Cycles; SchleifeG22++) {
        if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") <
Queue_Length_G2_Min_Vzp) {
            if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") <= Laenge_Zwischenstueck)
{ Queue_Length_G2_Min_Vzp = (double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")"); } else {
Queue_Length_G2_Min_Vzp = Laenge_Zwischenstueck; }
        }
    }
}
if (Abstand_Verzweigungspkt_LA < Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
    Laenge_Zwischenstueck = Abstand_Verzweigungspkt_RA - Abstand_Verzweigungspkt_LA;

    Queue_Length_G2_Min_Vzp = Laenge_Zwischenstueck;    //Initialisierung mit maximal möglichen Wert

    for (SchleifeG22 = 1; SchleifeG22 <= Number_of_Cycles; SchleifeG22++) {
        if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") <
Queue_Length_G2_Min_Vzp) {
            if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") <= Laenge_Zwischenstueck)
{ Queue_Length_G2_Min_Vzp = (double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")"); } else {
Queue_Length_G2_Min_Vzp = Laenge_Zwischenstueck; }
        }
    }
}

if (Anzahl_G == 2) {
    Queue_Length_G2_Min_Vzp = Abstand_Verzweigungspkt_LA; //Initialisierung mit max mögl. Wert

    for (SchleifeG22 = 1; SchleifeG22 <= Number_of_Cycles; SchleifeG22++) {
        if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") < Queue_Length_G2_Min_Vzp)
{
            if ((double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeG22*2 + ")") <=
Abstand_Verzweigungspkt_LA) { Queue_Length_G2_Min_Vzp = (double)QL_Measurement_G2.get_AttValue("QLenMax(1," +
SchleifeG22*2 + ")"); } else { Queue_Length_G2_Min_Vzp = Abstand_Verzweigungspkt_LA; }
        }
    }
}

// LA-Fahstreifen:
//*****
double Summe_QL_LA = 0;
double Abweichungsquadrat_QL_LA = 0;

```



```

double Summe_Abweichungsquadrat_QL_LA = 0;
IQueueCounter QL_Measurement_LA = vissim.Net.QueueCounters.get_ItemByKey(QC_Number_LA);

/// Mittelwert
Abstand_Verzweigungspkt_LA = Laenge_LA_Fs + Laenge_Verziehung_Fahrstreifen;
for (SchleifeLA2 = 1; SchleifeLA2 <= Number_of_Cycles; SchleifeLA2++) {
    if ((double)QL_Measurement_LA.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeLA2*2 + ")") <= Abstand_Verzweigungspkt_LA)
    { Summe_QL_LA = Summe_QL_LA + (double)QL_Measurement_LA.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeLA2*2 + ")"); }

    if ((double)QL_Measurement_LA.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeLA2*2 + ")") > Abstand_Verzweigungspkt_LA) {
    Summe_QL_LA = Summe_QL_LA + Abstand_Verzweigungspkt_LA; }
}

Queue_Length_LA_Avg_Vzp = Summe_QL_LA / Number_of_Cycles;

/// Standardabweichung
for (SchleifeLA2 = 1; SchleifeLA2 <= Number_of_Cycles; SchleifeLA2++) {

    if ((double)QL_Measurement_LA.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeLA2*2 + ")") <= Abstand_Verzweigungspkt_LA)
    { Abweichungsquadrat_QL_LA = (Queue_Length_LA_Avg_Vzp - (double)QL_Measurement_LA.get_AtValue("QLenMax(1," +
    SchleifeLA2*2 + ")")) * (Queue_Length_LA_Avg_Vzp - (double)QL_Measurement_LA.get_AtValue("QLenMax(1," +
    SchleifeLA2*2 + ")")); }

    if ((double)QL_Measurement_LA.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeLA2*2 + ")") > Abstand_Verzweigungspkt_LA) {
    Abweichungsquadrat_QL_LA = (Queue_Length_LA_Avg_Vzp - Abstand_Verzweigungspkt_LA) * (Queue_Length_LA_Avg_Vzp
    - Abstand_Verzweigungspkt_LA); }

    Summe_Abweichungsquadrat_QL_LA = Summe_Abweichungsquadrat_QL_LA + Abweichungsquadrat_QL_LA;
}

Queue_Length_LA_StdDev_Vzp = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_QL_LA / (Number_of_Cycles - 1));

/// Maximal-Wert
Queue_Length_LA_Max_Vzp = 0; // Variable mit Wert null initialisiert, ungünstigster Wert
for (SchleifeLA2 = 1; SchleifeLA2 <= Number_of_Cycles; SchleifeLA2++) {
    if ((double)QL_Measurement_LA.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeLA2*2 + ")") <= Abstand_Verzweigungspkt_LA)
    {

        if ((double)QL_Measurement_LA.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeLA2*2 + ")") > Queue_Length_LA_Max_Vzp) {
        Queue_Length_LA_Max_Vzp = (double)QL_Measurement_LA.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeLA2*2 + ")"); }

        }

    if ((double)QL_Measurement_LA.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeLA2*2 + ")") > Abstand_Verzweigungspkt_LA) {
        if (Abstand_Verzweigungspkt_LA > Queue_Length_LA_Max_Vzp) { Queue_Length_LA_Max_Vzp =
        Abstand_Verzweigungspkt_LA; }
    }
}

/// Minimal-Wert
Queue_Length_LA_Min_Vzp = Abstand_Verzweigungspkt_LA; // Variable mit ungünstigsten Wert initialisiert
for (SchleifeLA2 = 1; SchleifeLA2 <= Number_of_Cycles; SchleifeLA2++){
    if ((double)QL_Measurement_LA.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeLA2 * 2 + ")") <=
    Queue_Length_LA_Min_Vzp)
    {
        Queue_Length_LA_Min_Vzp = (double)QL_Measurement_LA.get_AtValue("QLenMax(1," + SchleifeLA2 * 2 + ")");
    }
}

/// RA-Fahrstreifen:
///*****
double Summe_QL_RA = 0;

```

```

double Abweichungsquadrat_QL_RA = 0;
double Summe_Abweichungsquadrat_QL_RA = 0;
IQueueCounter QL_Measurement_RA = vissim.Net.QueueCounters.get_ItemByKey(QC_Number_RA);
// Mittelwert
Abstand_Verzweigungspkt_RA = Laenge_RA_Fs + Laenge_Verziehung_Fahrstreifen;
for (SchleifeRA2 = 1; SchleifeRA2 <= Number_of_Cycles; SchleifeRA2++) {
    if ((double)QL_Measurement_RA.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeRA2*2 + ")") <=
Abstand_Verzweigungspkt_RA) { Summe_QL_RA = Summe_QL_RA +
(double)QL_Measurement_RA.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeRA2*2 + ")"); }

    if ((double)QL_Measurement_RA.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeRA2*2 + ")") > Abstand_Verzweigungspkt_RA)
{ Summe_QL_RA = Summe_QL_RA + Abstand_Verzweigungspkt_RA; }
}
Queue_Length_RA_Avg_Vzp = Summe_QL_RA / Number_of_Cycles;

/// Standardabweichung
for (SchleifeRA2 = 1; SchleifeRA2 <= Number_of_Cycles; SchleifeRA2++) {
    if ((double)QL_Measurement_RA.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeRA2*2 + ")") <=
Abstand_Verzweigungspkt_RA) { Abweichungsquadrat_QL_RA = (Queue_Length_RA_Avg_Vzp -
(double)QL_Measurement_RA.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeRA2*2 + ")")) * (Queue_Length_RA_Avg_Vzp -
(double)QL_Measurement_RA.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeRA2*2 + ")")); }

    if ((double)QL_Measurement_RA.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeRA2*2 + ")") > Abstand_Verzweigungspkt_RA)
{ Abweichungsquadrat_QL_RA = (Queue_Length_RA_Avg_Vzp - Abstand_Verzweigungspkt_RA) *
(Queue_Length_RA_Avg_Vzp - Abstand_Verzweigungspkt_RA); }

    Summe_Abweichungsquadrat_QL_RA = Summe_Abweichungsquadrat_QL_RA + Abweichungsquadrat_QL_RA;
}
Queue_Length_RA_StdDev_Vzp = Math.Sqrt(Summe_Abweichungsquadrat_QL_RA / (Number_of_Cycles - 1));

/// Maximal-Wert
Queue_Length_RA_Max_Vzp = 0; // Variable mit Wert null initialisieren
for (SchleifeRA2 = 1; SchleifeRA2 <= Number_of_Cycles; SchleifeRA2++) {
    if ((double)QL_Measurement_RA.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeRA2*2 + ")") <=
Abstand_Verzweigungspkt_RA) {
        if ((double)QL_Measurement_RA.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeRA2*2 + ")") > Queue_Length_RA_Max_Vzp)
{ Queue_Length_RA_Max_Vzp = (double)QL_Measurement_RA.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeRA2*2 + ")"); }
    }

    if ((double)QL_Measurement_RA.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeRA2*2 + ")") > Abstand_Verzweigungspkt_RA)
{
        if (Abstand_Verzweigungspkt_RA > Queue_Length_RA_Max_Vzp) { Queue_Length_RA_Max_Vzp =
Abstand_Verzweigungspkt_RA; }
    }
}

/// Minimal-Wert
Queue_Length_RA_Min_Vzp = Abstand_Verzweigungspkt_RA; // Variable mit ungünstigsten Wert initialisiert
for (SchleifeRA2 = 1; SchleifeRA2 <= Number_of_Cycles; SchleifeRA2++) {
    if ((double)QL_Measurement_RA.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeRA2*2 + ")") <=
Queue_Length_RA_Min_Vzp) {
        Queue_Length_RA_Min_Vzp = (double)QL_Measurement_RA.get_AttValue("QLenMax(1," + SchleifeRA2*2 + ")");
    }
}

```

```
/// *****  
/// Speichern Daten  
/// *****  
ResultData resultData = new ResultData();  
  
/// Grunddaten der Simulation  
resultData.AnzahlFahrstreifenGeradeaus = counter.AnzahlFahrstreifenGeradeaus;  
resultData.LaengeLinksabbiegerspur = counter.LaengeLinksabbiegerspur;  
resultData.LaengeRechtsabbiegerspur = counter.LaengeRechtsabbiegerspur;  
resultData.LinksabbiegerAnteil = counter.LinksabbiegerAnteil;  
resultData.RechtsabbiegerAnteil = counter.RechtsabbiegerAnteil;  
resultData.Schwerverkehrsanteil = counter.Schwerverkehrsanteil;  
resultData.Zweiradanteil = counter.Zweiradanteil;  
resultData.Gruenzeit = counter.Gruenzeit;  
  
/// Simulationsergebnisse - Verkehrsmengen (fuer Kurzversion Ergebnisse)  
resultData.No_vehs_G_Avg = No_vehs_G_Avg;  
resultData.No_vehs_G_StdDev = No_vehs_G_StdDev;  
resultData.No_vehs_G_Min = No_vehs_G_Min;  
resultData.No_vehs_G_Max = No_vehs_G_Max;  
  
resultData.No_vehs_LA_Avg = No_vehs_LA_Avg;  
resultData.No_vehs_LA_StdDev = No_vehs_LA_StdDev;  
resultData.No_vehs_LA_Min = No_vehs_LA_Min;  
resultData.No_vehs_LA_Max = No_vehs_LA_Max;  
  
resultData.No_vehs_RA_Avg = No_vehs_RA_Avg;  
resultData.No_vehs_RA_StdDev = No_vehs_RA_StdDev;  
resultData.No_vehs_RA_Min = No_vehs_RA_Min;  
resultData.No_vehs_RA_Max = No_vehs_RA_Max;  
  
/// Simulationsergebnisse - Rueckstaulaengen bei Freigabezeitbeginn (fuer Kurzversion Ergebnisse)  
resultData.Queue_Length_G_Avg_Vzp = Queue_Length_G_Avg_Vzp;  
resultData.Queue_Length_G_StdDev_Vzp = Queue_Length_G_StdDev_Vzp;  
resultData.Queue_Length_G_Min_Vzp = Queue_Length_G_Min_Vzp;  
resultData.Queue_Length_G_Max_Vzp = Queue_Length_G_Max_Vzp;  
  
resultData.Queue_Length_LA_Avg_Vzp = Queue_Length_LA_Avg_Vzp;  
resultData.Queue_Length_LA_StdDev_Vzp = Queue_Length_LA_StdDev_Vzp;  
resultData.Queue_Length_LA_Min_Vzp = Queue_Length_LA_Min_Vzp;  
resultData.Queue_Length_LA_Max_Vzp = Queue_Length_LA_Max_Vzp;  
  
resultData.Queue_Length_RA_Avg_Vzp = Queue_Length_RA_Avg_Vzp;  
resultData.Queue_Length_RA_StdDev_Vzp = Queue_Length_RA_StdDev_Vzp;  
resultData.Queue_Length_RA_Min_Vzp = Queue_Length_RA_Min_Vzp;  
resultData.Queue_Length_RA_Max_Vzp = Queue_Length_RA_Max_Vzp;
```

```
resultData.Queue_Length_G2_Avg_Vzp = Queue_Length_G2_Avg_Vzp;  
resultData.Queue_Length_G2_StdDev_Vzp = Queue_Length_G2_StdDev_Vzp;  
resultData.Queue_Length_G2_Min_Vzp = Queue_Length_G2_Min_Vzp;  
resultData.Queue_Length_G2_Max_Vzp = Queue_Length_G2_Max_Vzp;
```

```
/// Simulationsergebnisse - Verkehrsmengen (fuer Langversion Ergebnisse)
```

```
///G
```

```
resultData.No_vehs_G_Avg_Pkw = No_vehs_G_Avg_Pkw;  
resultData.No_vehs_G_StdDev_Pkw = No_vehs_G_StdDev_Pkw;  
resultData.No_vehs_G_Min_Pkw = No_vehs_G_Min_Pkw;  
resultData.No_vehs_G_Max_Pkw = No_vehs_G_Max_Pkw;
```

```
resultData.No_vehs_G_Avg_Lkw = No_vehs_G_Avg_Lkw;  
resultData.No_vehs_G_StdDev_Lkw = No_vehs_G_StdDev_Lkw;  
resultData.No_vehs_G_Min_Lkw = No_vehs_G_Min_Lkw;  
resultData.No_vehs_G_Max_Lkw = No_vehs_G_Max_Lkw;
```

```
resultData.No_vehs_G_Avg_Zwei = No_vehs_G_Avg_Zwei;  
resultData.No_vehs_G_StdDev_Zwei = No_vehs_G_StdDev_Zwei;  
resultData.No_vehs_G_Min_Zwei = No_vehs_G_Min_Zwei;  
resultData.No_vehs_G_Max_Zwei = No_vehs_G_Max_Zwei;
```

```
///LA
```

```
resultData.No_vehs_LA_Avg_Pkw = No_vehs_LA_Avg_Pkw;  
resultData.No_vehs_LA_StdDev_Pkw = No_vehs_LA_StdDev_Pkw;  
resultData.No_vehs_LA_Min_Pkw = No_vehs_LA_Min_Pkw;  
resultData.No_vehs_LA_Max_Pkw = No_vehs_LA_Max_Pkw;
```

```
resultData.No_vehs_LA_Avg_Lkw = No_vehs_LA_Avg_Lkw;  
resultData.No_vehs_LA_StdDev_Lkw = No_vehs_LA_StdDev_Lkw;  
resultData.No_vehs_LA_Min_Lkw = No_vehs_LA_Min_Lkw;  
resultData.No_vehs_LA_Max_Lkw = No_vehs_LA_Max_Lkw;
```

```
resultData.No_vehs_LA_Avg_Zwei = No_vehs_LA_Avg_Zwei;  
resultData.No_vehs_LA_StdDev_Zwei = No_vehs_LA_StdDev_Zwei;  
resultData.No_vehs_LA_Min_Zwei = No_vehs_LA_Min_Zwei;  
resultData.No_vehs_LA_Max_Zwei = No_vehs_LA_Max_Zwei;
```

```
///RA
```

```
resultData.No_vehs_RA_Avg_Pkw = No_vehs_RA_Avg_Pkw;  
resultData.No_vehs_RA_StdDev_Pkw = No_vehs_RA_StdDev_Pkw;  
resultData.No_vehs_RA_Min_Pkw = No_vehs_RA_Min_Pkw;  
resultData.No_vehs_RA_Max_Pkw = No_vehs_RA_Max_Pkw;  
resultData.No_vehs_RA_Avg_Lkw = No_vehs_RA_Avg_Lkw;  
resultData.No_vehs_RA_StdDev_Lkw = No_vehs_RA_StdDev_Lkw;  
resultData.No_vehs_RA_Min_Lkw = No_vehs_RA_Min_Lkw;
```

```
resultData.No_vehs_RA_Max_Lkw = No_vehs_RA_Max_Lkw;
resultData.No_vehs_RA_Avg_Zwei = No_vehs_RA_Avg_Zwei;
resultData.No_vehs_RA_StdDev_Zwei = No_vehs_RA_StdDev_Zwei;
resultData.No_vehs_RA_Min_Zwei = No_vehs_RA_Min_Zwei;
resultData.No_vehs_RA_Max_Zwei = No_vehs_RA_Max_Zwei;

    string inpxLongFileName = Path.Combine(PathManager.OutputDataFolder, start.ToString("yyyy-MM-dd HH_mm_ss"));
    //Dateiname *.inpx Datei

    string layxLongFileName = Path.Combine(PathManager.OutputDataFolder, start.ToString("yyyy-MM-dd HH_mm_ss"));
    //Dateiname *.layx Datei

    if (!Directory.Exists(inpxLongFileName))
        Directory.CreateDirectory(inpxLongFileName);

    if (!Directory.Exists(layxLongFileName))
        Directory.CreateDirectory(layxLongFileName);

    inpxLongFileName = Path.Combine(inpxLongFileName, counter.GetCurrentInpxFileName(true));
    layxLongFileName = Path.Combine(layxLongFileName, counter.GetCurrentLayxFileName(true));

    vissim.SaveNetAs(inpxLongFileName);    // *.inpx Datei abspeichern
    vissim.SaveLayout(layxLongFileName);   // *.layx Datei abspeichern

    vissim.Exit();                        // Vissim Programm schliessen

return resultData;
}
}
}
```

A8. ANWENDUNGSBEISPIEL-BERECHNUNGSVERFAHREN

Das Berechnungsverfahren wird exemplarisch zur Berechnung der Kapazität in dem in Bild A8-1 dargestellten Anwendungsbeispiel einer Zufahrt mit zwei zusätzlichen Aufstellstreifen angewendet.

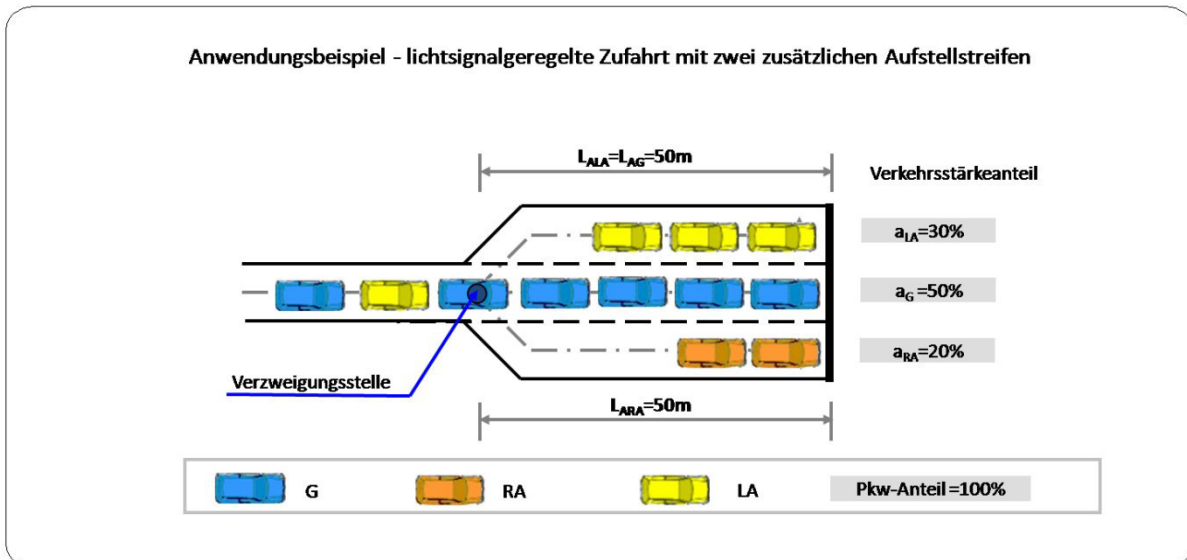


Bild A8-1: Anwendungsbeispiel – lichtsignalgeregelte Zufahrt mit zwei zusätzlichen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung

Für die in Bild A8-1 dargestellte lichtsignalgeregelte Zufahrt soll die Kapazität je Umlauf für die Singalierungsform „gleichzeitige Freigabezeit (gF)“ für zwei verschiedene Freigabezeiten (GRÜN-Zeiten) ermittelt werden:

- Freigabezeit 1: $t_{Gr 1} = 20 \text{ s}$,
- Freigabezeit 2: $t_{Gr 2} = 10 \text{ s}$.

Folgende fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter werden in dem Berechnungsbeispiel angesetzt:

- Zeitbedarfswert: $t_B = 2,0 \text{ s/Kfz}$,
- Mittlere Aufstelllänge Kfz: $l_{A, Kfz} = 6,0 \text{ m/Kfz}$,
- Sättigungsverkehrsstärke am Zuflussquerschnitt: $q_{S, ZU} = 1800 \text{ Kfz/h}$,
- Mittlerer Fahrzeugabfluss während der ROT/GELB-Zeit: $n_{RG} = 0 \text{ Kfz/U}$,
- Mittlerer Fahrzeugabfluss während der GELB-Zeit: $n_{RG} = 1,0 \text{ Kfz/U}$.

Berechnungsschritt 1: Ermittlung von erf. t_{Gr, gF, Räumen Ai}

$$erf. t_{Gr, gF, \text{Räumen Ai}} = \left(\frac{L_{Ai}}{l_{A, Kfz}} - n_{RG} - n_{Ge} \right) * t_B(t)$$

erf. t_{Gr, gF, Räumen Ai} = (50 / 6,0 - 0 - 1) * 2,0 = 14,67 s

Berechnungsschritt 2: Fallunterscheidung Anwendungsfall

Die Kapazität je Umlauf soll für Freigabezeit 1 (t_{Gr1} = 20 s) und Freigabezeit 2 (t_{Gr2} = 10 s) ermittelt werden.

Die Zuordnung zu den Anwendungsfällen kann in Abhängigkeit von der angesetzten Freigabezeit in Anlehnung an Bild 5-1 wie folgt vorgenommen werden:

Freigabezeit 1: t_{Gr1} > erf. t_{Gr, gF, Räumen Ai}
 20 s > 14,67 s

➔ **Anwendungsfall gFI** – Alle Aufstellbereiche räumen vollständig

Freigabezeit 2: t_{Gr2} < erf. t_{Gr, gF, Räumen Ai}
 10 s < 14,67 s

➔ **Anwendungsfall gFIII** – Kein Aufstellbereich räumt vollständig

Berechnungsschritt 3: Ermittlung der Belegungsgrade b_{Ai} und b_{AGes}

Die in Bild A8-2 und in Bild A8-3 dargestellten Nomogramme und Wertetabellen sind dem Anhang A2 und A3 entnommen worden.

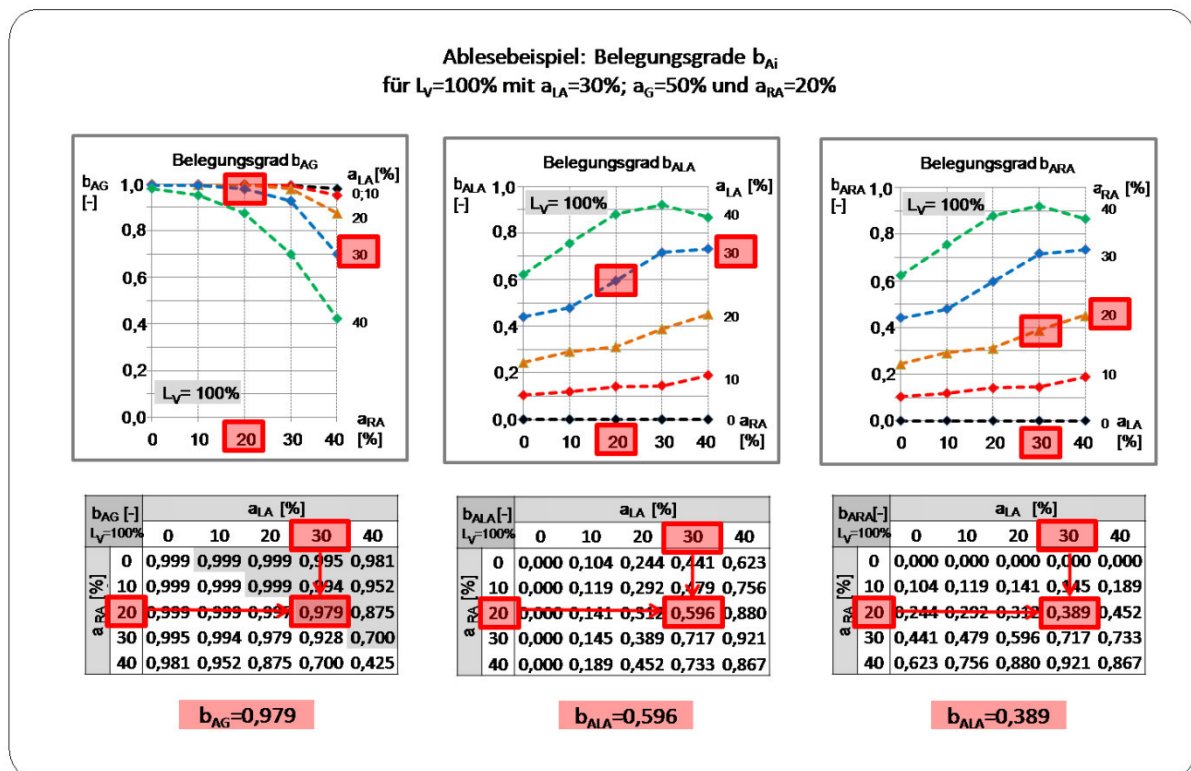


Bild A8-2: Ermittlung der Belegungsgrade b_{Ai},
 Quelle: Eigene Darstellung

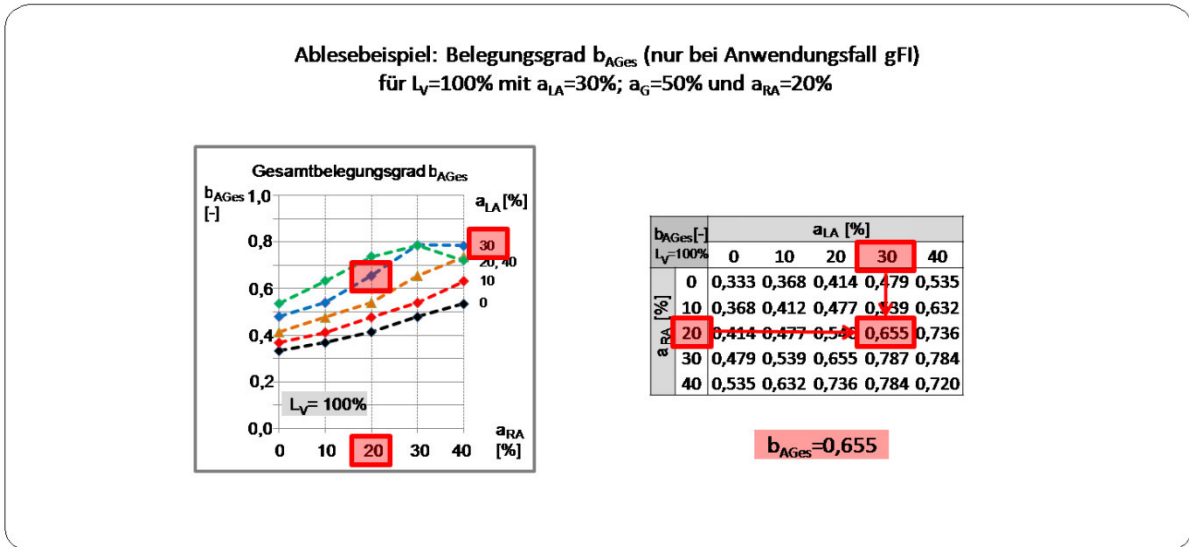


Bild A8-3: Ermittlung des Belegungsgrads b_{AGes} (bei Anwendungsfall gFI),
Quelle: Eigene Darstellung

Berechnungsschritt 4: Ermittlung der Kapazität

a) Freigabezeit 1: **Anwendungsfall gFI** – Alle Aufstellbereiche räumen vollständig
Berechnung der Kapazität nach Gleichung 5-2.

- Gesamtkapazität:

$$C_{AB, gF, Gesamt} = C_{AB, gF, Räumen} + C_{AB, gF, freier Abfluss}$$

$C_{AB, gF, Gesamt} = 16,37 + 2,67 = 19,04 \text{ Kfz/U}$

- Teilkapazität während der Räumzeit – Ansatz der Belegungsgrade b_{Ai} nach Bild A8-2:

$$C_{AB, gF, Räumen} = \sum n_{Ai} = n_{ALA} + n_{AG} + n_{ARA}$$

mit
$$n_{Ai} = \frac{b_{Ai} * L_{Ai}}{l_{A, Kfz}}$$

$$n_{ALA} = 0,596 * 50 / 6,0 = 4,97 \text{ Kfz}$$

$$n_{AG} = 0,979 * 50 / 6,0 = 8,16 \text{ Kfz}$$

$$n_{ARA} = 0,389 * 50 / 6,0 = 3,24 \text{ Kfz}$$

$$C_{AB, gF, Räumen} = 4,97 + 8,16 + 3,24 = 16,37 \text{ Kfz/U}$$

- Teilkapazität während der Räumzeit – Ansatz des Gesamtbelegungsgrads b_{AGes} nach Bild A8-3 (alternativer Berechnungsweg bei Vorliegen des Anwendungsfalls gFI):

$$C_{AB, gF, Räumen} = n_{AGes}$$

$$\text{mit } n_{AGes} = \frac{b_{AGes} * \sum L_{Ai}}{l_{A, Kfz}}$$

$$C_{AB, gF, Räumen} = 0,655 * (50+50+50) / 6,0 = 16,375 \sim 16,37 \text{ Kfz/U}$$

(enstpricht dem vorangegangenen Berechnungswert; bis auf einen kleinen Rundungsfehler)

- Teilkapazität während der freien Abflusszeit:

$$C_{AB, gF, freier Abfluss} = (t_{Gr} - erf t_{Gr, gF, Räumen ARA}) * \frac{q_{S, ZU}}{3600}$$

$$\begin{aligned} C_{AB, gF, freier Abfluss} &= (20 - 14,67) * 1800 / 3600 \\ &= 2,67 \text{ Kfz/U} \end{aligned}$$

b) Freigabezeit 2: **Anwendungsfall gFIII** – Kein Aufstellbereich räumt vollständig
Berechnung der Kapazität nach Gleichung 5-6.

- Gesamtkapazität:

$$C_{AB, gF, Gesamt} = C_{AB, gF, Räumen} + C_{AB, gF, freier Abfluss}$$

$$\mathbf{C_{AB, gF, Gesamt} = 11,79 + 0 = 11,79 \text{ Kfz/U}}$$

- Teilkapazität während der Räumzeit – Ansatz der Belegungsgrade b_{Ai} nach Bild A8-2:

$$C_{AB, gF, Räumen} = n_{ALA} * \frac{L_{WALA}}{L_{ALA}} + n_{AG} * \frac{L_{WAG}}{L_{AG}} + n_{ARA} * \frac{L_{WARA}}{L_{ARA}}$$

$$\text{mit } n_{Ai} = \frac{b_{Ai} * L_{Ai}}{l_{A, Kfz}}$$

$$n_{ALA} = 0,596 * 50 / 6,0 = 4,97 \text{ Kfz}$$

$$n_{AG} = 0,979 * 50 / 6,0 = 8,16 \text{ Kfz}$$

$$n_{ARA} = 0,389 * 50 / 6,0 = 3,24 \text{ Kfz}$$

Ansatz der Hilfsgröße: Wirksame Länge des Aufstellbereichs A_i :

$$L_{WALA} = L_{WAG} = L_{WARA} = \left(\frac{t_{Gr}}{t_B(t)} + n_{RG} + n_{Ge} \right) * l_{A, Kfz}$$

$$L_{WAi} = (10 / 2 + 0 + 1) * 6 = 36 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} C_{AB, gF, R\u00e4umen} &= 4,97 * (36 / 50) + 8,16 * (36 / 50) + 3,24 * 36/50 \\ &= 11,79 \text{ Kfz/U} \end{aligned}$$

- Teilkapazität w\u00e4hrend der freien Abflusszeit:

$$C_{AB, gF, freier Abfluss} = 0 \text{ Kfz/U}$$

LITERATURVERZEICHNIS**A**

Axhausen, K.: [*Axhausen – Ereignisorientierte Simulation von Aktivitätenketten, TH Karlsruhe, 1989*] – Eine ereignisorientierte Simulation von Aktivitätenketten zur Parkstandwahl, Universität Karlsruhe (TH), Institut für Verkehrswesen, Schriftenreihe, Heft 40, 1989.

B

Bortz, J; Schuster: [*Bortz et al. – Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*] – Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler, Springer Verlag, 7. Auflage, 2010.

Boltze, M.; Wolfermann, A.: [*Boltze et al. – Der Einfluss von Zwischenzeiten auf die Kapazität von Lichtsignalanlagen, Tagungsband, Heureka, 2011*] – Der Einfluss von Zwischenzeiten auf die Kapazität von Lichtsignalanlagen, In: Tagungsbericht zur HEUREKA '11 – Optimierung in Verkehr und Transport (Stuttgart, 16./17. März 2011), CD Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 2011.

Boltze, M.; Wolfermann, A.: [*Boltze et al. – Der Einfluss von Zwischenzeiten auf die Kapazität von Lichtsignalanlagen, Fachartikel, SVT, Heft 11, 2011*] – Der Einfluss von Zwischenzeiten auf die Kapazität von Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage, Fachartikel, Straßenverkehrstechnik, Heft 11/2011, S. 711-717, Kirschbaum Verlag, Bonn, 2011.

Boltze, M; Friedrich, B.; Jentsch, H.; Kittler, W.; Lehnhoff, N.; Reusswig, A: [*Boltze et al – Neue Forschungserkenntnisse Lichtsignalsteuerung, BAST, Heft V149, 2006*] – Analyse und Bewertung neuer Forschungserkenntnisse zur Lichtsignalsteuerung, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 149, Bergisch Gladbach, 2006.

Brockhaus: [*Brockhaus – Lexikon, 2004*] – Der Brockhaus in drei Bänden, 3 Bände, F.A. Brockhaus, Leipzig, 2004.

D

Dallmeyer, J.: [*Dallmeyer, J. – Simulation des Straßenverkehrs, Fachbuch, Springer, 2014*] – Simulation des Straßenverkehrs in der Großstadt - Das Mit- und Gegeneinander verschiedener Verkehrsteilnehmertypen, Fachbuch, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014.

Denney, R.W.; Curtis, E.; Head, L.: [*Denney et al. – Long Green Times and Cycles, Fachartikel, TRR, 2009*] – Long Green Times and Cycles at Congested Traffic Signals, Fachartikel, Transportation Research Record: Journal des Transportation Research Board, Nr. 2128, S. 1-10, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C., 2009.

Duller, C.: [*Duller – Einführung in die Statistik mit Excel und SPSS, Lehrbuch, Springer Gabler, 2013*] – Einführung in die Statistik mit Excel und SPSS – Ein anwendungsorientiertes Lehr- und Arbeitsbuch, Springer Gabler Verlag, 3. Auflage, Berlin, 2013.

E

Erlemann, K.: [*Erlemann, K. – Objektorientierte mikroskopische Verkehrsflusssimulation, Dissertation, RU Bochum, 2007*] – Objektorientierte mikroskopische Verkehrsflusssimulation, Dissertation, Ruhr Universität Bochum, Bochum, 2007.

F

- Fischer-Schlemm, N.: [*Fischer-Schlemm – Überschlägige Bemessung Straßenverkehrsanlagen, Buchbeitrag, 2003*] – Entwurf und überschlägige Bemessung innerörtlicher Straßenverkehrsanlagen, in Verkehrswesen in der kommunalen Praxis (Hrsg.: Kolks, W. und Fiedler, J.), Band I, 2. Auflage, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2003.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): [*FGSV – Begriffsbestimmungen, Wissensdokument, 2012*] – Begriffsbestimmungen, Teil: Verkehrsplanung, Straßenentwurf und Straßenbetrieb, FGSV-Verlag, Köln, 2012.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): [*FGSV – RiLSA, Richtlinie, 2015*] – Richtlinien für Lichtsignalanlagen – RiLSA, FGSV-Verlag, Köln, 2015.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): [*FGSV – RiLSA, Richtlinie, 2010*] – Richtlinien für Lichtsignalanlagen – RiLSA, FGSV-Verlag, Köln, 2010.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): [*FGSV – HBS, Teil S, Richtlinie, 2015*] – Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen – HBS, Teil S: Stadtstraßen, FGSV-Verlag, Köln, 2015.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): [*FGSV – HBS, Teil L, Richtlinie, 2015*] – Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen – HBS, Teil L: Landstraßen, FGSV-Verlag, Köln, 2015.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): [*FGSV – HBS, Teil A, Richtlinie, 2015*] – Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen – HBS, Teil A: Autobahnen, FGSV-Verlag, Köln, 2015.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): [*FGSV – HBS, ehem. Richtlinie, Ausgabe 2001, Fassung 2009*] – Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen – HBS, FGSV-Verlag, Köln, Ausgabe 2001, Fassung 2009.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): [*FGSV – HBS, ehem. Richtlinie, Ausgabe 2001, Fassung 2005*] – Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen – HBS, FGSV-Verlag, Köln, Ausgabe 2001, Fassung 2005.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): [*FGSV – HBS, ehem. Richtlinie, 2001*] – Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen – HBS, FGSV-Verlag, Köln, 2001
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): [*FGSV – RiLSA, ehemalige Richtlinie, 1992*] – Richtlinien für Lichtsignalanlagen – RiLSA, FGSV-Verlag, Köln, 1992.
- Friedrich, B.; Hoffmann, S; Kutzner, R.; Pohlmann, T.; Bartels, S.: [*Friedrich et al. – Qualitätsmanagement Lichtsignalanlagen, Leitfaden, LU Hannover, 2008*] – Leitfaden Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen, Leitfaden, Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau, Leibniz Universität Hannover, Hannover, 2008.
- Fritzsche, H.T.: [*Fritzsche – Model for Traffic Simulation, Daimler Benz AG, 1994*] – A Model for Traffic Simulation, Daimler Benz AG, Traffic Engineering Control, Volume 35, Pages 317-321, 1994.

G

- Glißmeyer, H.: [*Glißmeyer – Deutung des Verkehrsablaufs, Die Straße, 1966*] – Deutung des Verkehrsablaufes auf Straßen, Die Straße, Heft 1, 1966.
- Gipps, P.G.: [*Gipps – Model for Lane-Changing Decisions, Transport Research, 1986*] – A Model for the Structure of lane-changing decisions, Transport Research, Part B: Methodological, Volume 20, Issue 5, Pages 403-414, 1986.
- Gipps, P.G.: [*Gipps – Car-Following Model, Transport Research, 1981*] – Behavioral Car-Following Model for Computer Simulation, Transport Research, Part B: Methodological, Volume 15, Issue 2, Pages 105-111, 1981.
- Greenshields, B. D.; Schapio, D.; Ericksen, E.L.: [*Greenshields et al. – Traffic Performance at Urban Street Intersections, Report, 1947*] – Traffic Performance at Urban Street Intersections, Technical Report No. 1, Yale Bureau of Highway Traffic, Yale University, New Haven, 1947.
- Gross, D.; Hauger, W.; Schröder, J.; Wall, W.A.: [*Gross et al. – Technische Mechanik 3 - Kinetik, Lehrbuch, 2015*] – Technische Mechanik 3 – Kinetik, 13. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2015.

H

- Harders, J.; Schmotz, M.: [*Harders et al. – Kommentar zum HBS 2015, Fachartikel, SVT, Heft 11, 2015*] – Verkehrsqualität an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage – Kommentar zum HBS 2015, Fachartikel, Straßenverkehrstechnik, Heft 11/2015, S. 739-747, Kirschbaum Verlag, Bonn, 2015.
- He, D.H.; Peng, Z.R.: [*He et al. – Probabilistic Capacity Model at Signalized Intersection with Left-Turn Short-Lane, TRB, 2014*] – Probabilistic-Based Capacity Model at Signalized Intersection Approach with a Left-Turn Short-Lane, Konferenzbeitrag, Transportation Research Board 93rd Annual Meeting Compendium of Papers, Washington D.C., 2014.
- Holzberger, H.: [*Holzberger – EVL, Empfehlung, 2007*] – Empfehlungen zur Verkehrssicherheit von Lichtsignalanlagen – EVL 2006, Empfehlung Nr. 15, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV), Berlin, 2007.

K

- Khosla, K; Williams, J. C.: [*Khosla et al. – Saturation Flow at Signalized Intersection during Longer Green Time, Fachartikel, TRR, 2006*] – Saturation Flow at Signalized Intersection during Longer Green Time, Fachartikel, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Nr. 1978, S. 61-67, 2006.
- Kroneck, K.: [*Kroneck – Programmieren mit Visual C#, 2014*] – Programmieren mit Visual C# – Das umfassende Training, DVD mit Video Trainingseinheiten, Rheinwerk Verlag, 2014.
-

L

- Lehnhoff, N.: [*Lehnhoff N. – Qualität von automatisch erhobenen Daten an LSA, Dissertation, LU Hannover, 2005*] – Überprüfung und Verbesserung der Qualität von automatisch erhobenen Daten an Lichtsignalanlagen, Dissertation, Leibniz Universität Hannover, Hannover, 2005.
- Lohse, D.; Schneider, R.: [*Lohse et al. – Vergleich aggregierte und disaggregierte Verkehrsplanungsmodelle, TU Dresden, 1997*] – Vergleichende Untersuchungen der aggregierten und disaggregierten Verkehrsplanungsmodelle, Technische Universität Dresden, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Schriftenreihe, Heft 3, 1997.
- Lozan, J. L.; Kausch, H.: [*Lozan et al. – Statistik Fachbuch, 2007*] – Angewandte Statistik für Naturwissenschaftler, 4. Auflage, Verlag: Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg 2007.

M

- Meiqi, L.; Lixiao, S.; Sheng, J.: [*Meiqi et al. – Probabilistic Model of Capacity at Signalized Intersection with a Left-Turn Short Lane, TRB, 2017*] – Probabilistic Model of Capacity at Signalized Intersection with a Left-Turn Short Lane , Konferenzbeitrag, Transportation Research Board 96th Annual Meeting Compendium of Papers, Washington D.C., 2017.
- Moerner von, J.; Leupold, A.; Vesper, A.: [*Moerner et al. – Städtebefragung innerstädtische LSA, Forschungsbericht, 2009*] – Befragung zum Betrieb von Lichtsignalanlagen und deren Steuerung in innerstädtischen Straßennetzen, Forschungsbericht, Fachhochschule Erfurt, Shaker Verlag, Aachen, 2009.
- Mueller-Gronbach, T.; Novak, E.; Ritter, K.: [*Mueller-Gronbach – Monte-Carlo-Algorithmen, Fachbuch, 2012*] – Monte-Carlo-Algorithmen, Fachbuch, Springer Verlag, Heidelberg, 2012.

O

- Osei-Asamoah, A.; Kulshrestha, A.; Washburn, S. S.; Yin, Y.: [*Osei-Asamoah et al. – Impact of Left-Turn Spillover on Through Movement Discharge, TRB, 2010*] – Impact of Left-Turn Spillover on Through Movement Discharge at signalized Intersection, Fachartikel, Transportation Research Record: Journal des Transportation Research Board, Nr. 2173, S. 80-88, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C., 2010.

P

- Papula, L.: [*Papula – Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Band 3, Fachbuch, 1999*] – Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Band 3, 3. Auflage, Vieweg Verlag, Braunschweig, Wiesbaden, 1999.
- PTV AG: [*PTV – PTV VISSIM 7 – Benutzerhandbuch, 2015*] – PTV VISSIM 7– Benutzerhandbuch, Handbuch, PTV Planung Transport Verkehr AG, Karlsruhe, 2015.
-

- PTV AG: *[PTV – PTV VISSIM 7 – Introduction to the COM API, 2015]* – PTV VISSIM 7 – Introduction to the COM API, Handbuch, PTV Planung Transport Verkehr AG, Karlsruhe, 2015.
- PTV AG: *[PTV – PTV VISSIM 7.00-13 – Softwareprogramm-Screenshot, 2014]* – PTV VISSIM 7.00-13 Softwareprogramm, Menü - Screenshot, PTV Planung Transport Verkehr AG, Karlsruhe, 2014.
- PTV AG: *[PTV – Unterrichtsmaterialien, VISSIM Certified Trainer Course, 2013]* – Unterrichtsmaterialien, VISSIM Certified Trainer Course im Oktober 2013 in Bali, Karlsruhe, 2013.
- PTV AG: *[PTV – PTV VISSIM 5.40 – Benutzerhandbuch, 2011]* – PTV VISION, VISSIM 5.40– Benutzerhandbuch, Handbuch, PTV Planung Transport Verkehr AG, Karlsruhe, 2011.

R

- Reynolds, W. L.; Zhou, X.; Roupail, N.M.; Zhou, X.: *[Reynolds et al. – Turn Pocket Blockage and Spillback Models, TRB, 2011]* – Turn Pocket Blockage and Spillback Models, Fachartikel, Transportation Research Record: Journal des Transportation Research Board, Nr. 2259, S. 112-122, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C., 2011.
- Reynolds, W. L.; Roupail, N.M.; Li, X.: *[Reynolds et al. – Estimating Service Rates at Signalized Intersection with Short Left-Turn Pockets, TRB, 2010]* – Estimating Service Rates at Signalized Intersection with Short Left-Turn Pockets, Fachartikel, Transportation Research Record: Journal des Transportation Research Board, Nr. 2173, S. 64-71, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C., 2010.
- Rüger, S.: *[Rüger, S. – Betriebstechnologie städtischer öffentlicher Personennahverkehr, VEB Verlag für Verkehrswesen, 1973]* – Betriebstechnologie städtischer öffentlicher Personenverkehr, VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin, 1973.

S

- Schnabel, W.; Lohse, D.: *[Schnabel et al. – Grundlagen der Strassenverkehrstechnik, Fachbuch, 2011]* – Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung, Fachbuch, 3. Auflage, Band 1, Beuth Verlag, Berlin, 2011.
- Schnabel, W.; Wu, N.: *[Schnabel et al. – Kapazität an Knotenpunkten mit kurzen Aufstellstreifen, Diskussionsbeitrag, SVT, Heft 11, 2008]* – Diskussionsbeitrag von Schnabel zu Fachartikel von Wu: „Gesamtkapazität an signalisierten Knotenpunkten mit kurzen Aufstellstreifen“ mit Stellungnahme von Wu, Diskussionsbeitrag mit Stellungnahme, Straßenverkehrstechnik, Heft 11/2008, S. 713-715, Kirschbaum Verlag, Bonn, 2008.
- Schnabel, W.; Scholz, T.; Pohl, K.: *[Schnabel et al. – Sättigungsverkehrsstärken lichtsignalgesteuerten Knotenpunktzufahrten, Fachartikel, SVT, Heft 10, 2005]* – Sättigungsverkehrsstärken in lichtsignalgesteuerten Knotenpunktzufahrten, Fachartikel, Straßenverkehrstechnik, Heft 10/2005, S. 501-506, Kirschbaum Verlag, Bonn, 2005.
-

- Schnabel, W. [*Schnabel – Theoretische Verteilungsfunktionen, Wiss. Zeitschrift, 1968*] – Theoretische Verteilungsfunktionen zur Beschreibung der Ankunftshäufigkeiten von Fahrzeugen und Zusammenhänge zwischen Verteilungsfunktionen, Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Verkehrswesen Friedrich List, Heft 2, Dresden, 1968.
- Sparmann, U. [*Sparmann – ORIENT- Verhaltensorientiertes Simulationsmodell zur Verkehrsprognose, TH Karlsruhe, 1980*] – ORIENT – Ein verhaltensorientiertes Simulationsmodell zur Verkehrsprognose, Universität Karlsruhe (TH), Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen, Heft 20, 1980.
- Sparmann, U. [*Sparmann – Spurwechselforgänge, Forschungsbericht, 1978*] – Spurwechselforgänge auf zweispurigen BAB-Richtungsfahrbahnen, Bundesminister für Verkehr, Abt. Strassenbau, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 263, 1978.

T

- Teply, S.; Allingham, D.I.; Richardson, D.B.; Stephenson, B.W.: [*Teply et al. – Canadian Capacity Guide, Richtlinie, 2008*] – Canadian Capacity Guide for Signalized Intersections, 3. Auflage, Institute of Transportation Engineers District 7 – Canada, Washington D.C., 2008.
- Teply, S.: [*Teply – Saturation Flow Signalised Intersection, Fachartikel, Proceeding, 1981*] – Saturation Flow at Signalised Intersections Through Magnifying Glass, Proceedings of the Eighth International Symposium on Transportation and Traffic Flow Theory, Toronto University Press, Toronto, S. 145-162, 1981.
- Theis, T.: [*Theis – Einstieg in Visual C#, 2014*] – Einstieg in Visual C# 2013, 3. Auflage, Gallileo Press, Bonn 2014.
- TRB: [*TRB – HCM 2010 - Highway Capacity Manual, Chapter 18-Signalized Intersections, Richtlinie, 2010*] – HCM 2010 – Highway Capacity Manual, Chapter 18: Signalized Intersections, Transportation Research Board, Washington, 2010.
- TRB: [*TRB – HCM 2010 - Highway Capacity Manual, Chapter 16-Signalized Intersections, Richtlinie, 2000*] – HCM 2000 – Highway Capacity Manual, Chapter 16: Signalized Intersections, Transportation Research Board, Washington, 2000.
- TRB: [*TRB – HCM 1985 - Highway Capacity Manual, Richtlinie, 1985*] – HCM 1985 – Highway Capacity: Special Report 209, Washington, 1985.

V

- Vesper, A.; Brannolte, U.; Taneerananon, P.; Moerner, J. v.: [*Vesper et al. – Analysis of traffic flow, Journal, 2010*] – Analysis of traffic flow in coordinated sections of urban roads by application of up-to-date low-cost methods, Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 8, S. 1780-1795, 2010.
-

W

- Wätjen, W.D.: [*Wätjen – Signalisierte Straßenkreuzungen, 1965*] – Signalisierte Straßenkreuzungen, Mitteilung 32, Technische Hochschule Dänemark, Kopenhagen, 1965.
- Wiedemann, R.; Reiter, U.: [*Wiedemann et al. – Traffic Simulation System MISSION, Technical Report, 1992*] – Microscopic Traffic Simulation – The Simulation System MISSION – Background and Actual State, Technical Report, Project ICARUS (V1052), Brüssel, 1992.
- Wiedemann, R.: [*Wiedemann – Simulation des Strassenverkehrsflusses, Habilitation, 1974*] – Simulation des Strassenverkehrsflusses, Habilitation, Universität Karlsruhe, 1974.
- Wolfemann, A.: [*Wolfemann – Intergreen Times Signalised Intersections, Dissertation, TU Darmstadt, 2009*] – Influence of Intergreen Times on the Capacity of Signalised Intersections, Dissertation, Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, Darmstadt, 2009.
- Wu, N.: [*Wu – Capacity of shared/short lanes at unsignalised intersections, Proceeding, 1997*] – Capacity of shared/short lanes at unsignalised intersections, in Kyte (ed.): Proceeding of the Third International Symposium on Intersections without Traffic Signals, Portland, Oregon, USA, 1997.
- Wu, N.: [*Wu – Capacity of shared/short lanes at unsignalised intersections, Elsevier, 1999*] – Capacity of shared/short lanes at unsignalised intersections, Transportation Research, A 33, Issue: 3-4, Elsevier Science Ltd., New York, Tokyo, 1999.
- Wu, N.: [*Wu – Capacity signalised intersections with shared short lanes, TRB, 2007*] – Total approach capacity at signalized intersections with shared-short lanes – A generalized model based on simulation study, Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, No. 2027, Seite 19-26, Washington D.C., 2007.
- Wu, N.: [*Wu – Kapazität kurze Aufstellstreifen, Fachartikel, SVT, Heft 6, 2008*] – Gesamtkapazität an signalisierten Knotenpunkten mit kurzen Aufstellstreifen, Fachartikel, Straßenverkehrstechnik, Heft 06/2008, S. 325-331, Kirschbaum Verlag, Bonn, 2008.

Y

-
- Yin, K.; Zhang, Y.; Wang, B.X.: [*Yin et al. – Protected plus Permitted Left-Turn Capacity at Signalized Intersection, TRB, 2010*] – Analytical Models for Protected plus Permitted Left-Turn Capacity at Signalized Intersection with Heavy Traffic, Fachartikel, Transportation Research Record: Journal des Transportation Research Board, Nr. 2192, S. 177-184, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C., 2010.

Z

-
- Zhang, Y.; Tong, J.: [*Zhang et al. – Capacity at Signalized Intersection with Short Left-Turn Bay, TRB, 2008*] – Modelling Left-Turn Blockage and Capacity at Signalized Intersection with Short Left-Turn Bay, Fachartikel, Transportation Research Record: Journal des Transportation Research Board, Nr. 2071, S. 71-76, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C., 2008.
- Zhao, J.; Meiping, Y., Xiaoguang, Y.: [*Zhao et al – Capacity Model Signalised Intersection – Upstream Short Lane, Elsevier, 2013*] – Capacity Model for Signalized Intersection under the Impact of Upstream Short Lane, Elsevier, Procedia – Social and Behavioral Sciences, Volume 96, Page 1745-1754, 2013.
-

BILDERVERZEICHNIS

Bild 1-1: Zufahrt mit einem durchgehenden Fahrstreifen und zwei zusätzlichen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung.....	1–1
Bild 1-2: Zielerreichungsgrad von Berechnungsverfahren an die Anforderungen des Anwenders am Beispiel von zwei Zielfeldern, Quelle: Eigene Darstellung.....	1–3
Bild 1-3: Zufahrt mit einem durchgehenden Fahrstreifen und einem zusätzlichen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung.....	1–4
Bild 1-4: Angestrebter Zielerreichungsgrad des herzuleitenden analytischen Berechnungsverfahrens an die Anforderungen des Anwenders, Quelle: Eigene Darstellung.....	1–7
Bild 1-5: Aufbau der Dissertation, Quelle: Eigene Darstellung.....	1–10
Bild 2-1: Ausgangswerte für Sättigungsverkehrsstärken in Abhängigkeit von der Freigabezeit nach HBS 2001, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an HBS 2001	2–3
Bild 2-2: Angleichungsfaktoren zur Ermittlung der Sättigungsverkehrsstärke für konkrete Bedingungen nach HBS 2001, Quelle: HBS 2001	2–4
Bild 2-3: Zeitbedarf in Abhängigkeit von der Anzahl aus einer Signalzufahrt abgeflossenen Fahrzeuge, Quelle: Schnabel et al.	2–5
Bild 2-4: Einfluss der Freigabezeit auf die Sättigungsverkehrsstärke, Quelle: Teply et al.	2–10
Bild 2-5: Ausbildungsformen von Fahrstreifen mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen nach HBS 2001, Quelle: HBS 2001	2–11
Bild 2-6: Notwendige Randbedingungen der Zufahrtskapazität und deren Erfüllung durch das Berechnungsverfahren nach HBS 2001, Quelle: Wu, geringfügig modifiziert	2–13
Bild 2-7: Ausbildungsformen von Fahrstreifen mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen nach HBS 2015, Quelle: HBS 2015	2–14
Bild 2-8: Zu berücksichtigende Anwendungsfälle bei Ermittlung der Kapazität eines Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen nach HBS 2015, Quelle: in Anlehnung an HBS 2015	2–15
Bild 2-9: Nomogramme zur Ermittlung der Kapazität pro Umlauf von Fahrstreifen mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen – Beispiel nach HBS 2015, Quelle: HBS 2015	2–19
Bild 2-10: Kurze Aufstellstreifen nach dem Canadian Capacity Guide - Beispiele, Quelle: Teply et al.	2–20
Bild 2-11: Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Überstauung / Blockade in lichtsignalgeregelten Zufahrten in Abhängigkeit der Ankunftsverteilung ankommender Fahrzeuge, Quelle: Zhao et al.	2–22
Bild 2-12: Legende zu Gleichung 2-17 und Gleichung 2-18, Quelle: in Anlehnung an Zhao et al.	2–25
Bild 3-1: Ausbildungsformen von Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung	3–3
Bild 3-2: Signalisierungsformen in Zufahrten mit zusätzlichen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung	3–4
Bild 3-3: Aufteilung zufließender Fahrzeuge auf Fahrstreifen in einer Knotenpunktzufahrt – einführendes Beispiel, Quelle: Eigene Darstellung	3–6
Bild 3-4: Wahrscheinlichkeitsbaum – binomialverteilter Zufluss von Fahrzeugen in einer Zufahrt, Quelle: Eigene Darstellung.....	3–7
Bild 3-5: Blockade in einer Zufahrt bei der Signalisierungsform „gleichzeitige Freigabe (gF)“ – einführendes Beispiel, Quelle: Eigene Darstellung	3–9

Bild 3-6: Überstauung in einer Zufahrt bei der Signalisierungsform „nicht gleichzeitige Freigabe (ngF)“ – einführendes Beispiel, Quelle: Eigene Darstellung	3–10
Bild 3-7: Zu- und Abflussquerschnitte in lichtsignalgeregelten Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit einem durchgehenden Fahrstreifen und zwei zusätzlichen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung	3–11
Bild 3-8: Zu- und Abflussquerschnitte in lichtsignalgeregelten Zufahrten der Ausbildungsform 3 mit zwei durchgehenden Fahrstreifen und zwei zusätzlichen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung	3–12
Bild 3-9: Zufluss- und Aufstellbereiche in lichtsignalgeregelten Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit einem durchgehenden Fahrstreifen und zwei zusätzlichen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung	3–13
Bild 3-10: Zufluss- und Aufstellbereiche in lichtsignalgeregelten Zufahrten der Ausbildungsform 3 mit zwei durchgehenden Fahrstreifen und zwei zusätzlichen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung	3–14
Bild 3-11: Zufluss- und Stauraumbereiche in lichtsignalgeregelten Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit einem durchgehenden Fahrstreifen und zwei gleich langen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung	3–15
Bild 3-12: Zufluss- und Stauraumbereiche in lichtsignalgeregelten Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit einem durchgehenden Fahrstreifen und zwei ungleich langen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung	3–16
Bild 3-13: Abfluss am Abflussquerschnitt einer lichtsignalgeregelten Zufahrt bei gleichzeitiger Freigabe (gF), Quelle: Eigene Darstellung	3–18
Bild 3-14: Legende zu Gleichung 3-10, Quelle: Eigene Darstellung	3–20
Bild 3-15: Abfluss am Abflussquerschnitt einer lichtsignalgeregelten Zufahrt bei nicht gleichzeitiger Freigabe (ngF), Quelle: Eigene Darstellung	3–21
Bild 5-1: Fallunterscheidung analytisches Berechnungsverfahren in Abhängigkeit der vollständig räumenden Aufstellbereiche während eines Umlaufs – Beispiel, Quelle: Eigene Darstellung	5–2
Bild 5-2: Legende zu Gleichung 5-1, Gleichung 5-2 und Gleichung 5-3, Quelle: Eigene Darstellung	5–6
Bild 5-3: Abgrenzung des wirksamen Bereichs einer Zufahrt für den Anwendungsfall gFII durch Ansatz der Hilfsgröße „Wirksame Länge des Aufstellbereichs“, Quelle: Eigene Darstellung	5–9
Bild 5-4: Legende zu Gleichung 5-4 und Gleichung 5-5, Quelle: Eigene Darstellung	5–12
Bild 5-5: Abgrenzung des wirksamen Bereichs einer Zufahrt für den Anwendungsfall gFIII durch Ansatz der Hilfsgröße „Wirksame Länge des Aufstellbereichs“, Quelle: Eigene Darstellung	5–14
Bild 5-6: Legende zu Gleichung 5-6 und Gleichung 5-7, Quelle: Eigene Darstellung	5–17
Bild 5-7: Legende zu Gleichung 5-8, Quelle: Eigene Darstellung	5–20
Bild 6-1: Methodische Umsetzung der Simulationsstudie, Quelle: Eigene Darstellung	6–6
Bild 6-2: Klassifizierung von Simulationsprogrammen in Abhängigkeit des Abstraktionsgrads, Quelle: In Anlehnung an PTV AG	6–8
Bild 6-3: Struktur der entwickelten C#-Schnittstelle zu VISSIM, Quelle: Eigene Darstellung	6–11
Bild 7-1: Teil A der Simulationsstudie – Überblick, Quelle: Eigene Darstellung	7–1
Bild 7-2: Simulierte lichtsignalgeregelte Zufahrten der Ausbildungsform 2, Quelle: Eigene Darstellung	7–4

Bild 7-3:	Regressionsgeraden mit Messgrößen der Simulationsläufe – Beispiel für $L_V=100\%$ Quelle: Eigene Darstellung.....	7–8
Bild 7-4:	Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Belegungsgrade der Aufstell- bereiche A_i (b_{A_i}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=50\%$ – Beispiel, Quelle: Eigene Darstellung.....	7–13
Bild 7-5:	Nomogramm und Wertetabelle zur Ermittlung des Gesamtbelegungsgrads der Aufstellbereiche A_i ($b_{A_{Ges}}$) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=50\%$ – Beispiel, Quelle: Eigene Darstellung.....	7–14
Bild 8-1:	Teil B der Simulationsstudie – Überblick, Quelle: Eigene Darstellung.....	8–1
Bild 8-2:	Psycho-physisches Fahrzeugfolgemodell nach Wiedemann (1974), Quelle: PTV AG in Anlehnung an Wiedemann	8–2
Bild 8-3:	Parameter des Fahrzeugfolgemodells nach Wiedemann (1974) in VISSIM – Beispiel, Quelle: PTV AG	8–3
Bild 8-4:	Messprogramm zur Ermittlung der fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM, Quelle: Eigene Darstellung	8–6
Bild 8-5:	Mittlerer Zeitbedarfswert in VISSIM bei einem Pkw-Anteil von 100%, Quelle: Eigene Darstellung	8–8
Bild 8-6:	Mittlere Aufstelllänge von Kraftfahrzeugen in VISSIM - Pkw-Anteil 100%, Quelle: Eigene Darstellung	8–10
Bild 8-7:	Mittlere Überfahrzeit des ersten Kraftfahrzeugs nach Freigabezeitbeginn in VISSIM (Pkw-Anteil =100%), Quelle: Eigene Darstellung.....	8–11
Bild 8-8:	Mittlere Überfahrzeit des letzten Kraftfahrzeugs nach Beginn der GELB-Zeit in VISSIM Quelle: Eigene Darstellung.....	8–12
Bild 9-1:	Übersicht – Validierung, Teil C der Simulationsstudie, Quelle: Eigene Darstellung	9–1
Bild 9-2:	Ermittelte Wertepaare der Verkehrsstärkeanteile und Länge der Aufstellbereiche für UG-V1 – MC-Simulation (1. und 2. Anwendung), Quelle: Eigene Darstellung.....	9–9
Bild 9-3:	Ermittelte Wertepaare der Verkehrsstärkeanteile und Länge der Aufstellbereiche für UG-V2 – MC-Simulation (1. und 2. Anwendung), Quelle: Eigene Darstellung.....	9–11
Bild 9-4:	SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{Gr} \geq 5s$, UG-V1, gFI + gFIII, Quelle: Eigene Darstellung.....	9–17
Bild 9-5:	SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{Gr} \geq 10s$, UG-V1, gFI + gFIII, Quelle: Eigene Darstellung.....	9–18
Bild 9-6:	SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{Gr} \geq 10s$, UG-V1, gFI, Quelle: Eigene Darstellung.....	9–18
Bild 9-7:	SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{Gr} \geq 10s$, UG-V1, gFIII, Quelle: Eigene Darstellung.....	9–20
Bild 9-8:	SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{Gr} \geq 5s$, UG-V2, gFI + gFII + gFIII, Quelle: Eigene Darstellung.....	9–22
Bild 9-9:	SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{Gr} \geq 10s$, UG-V2, gFI + gFII + gFIII, Quelle: Eigene Darstellung.....	9–23
Bild 9-10:	SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{Gr} \geq 10s$, UG-V2, gFI, Quelle: Eigene Darstellung.....	9–23
Bild 9-11:	SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{Gr} \geq 10s$, UG-V2, gFII, Quelle: Eigene Darstellung.....	9–24
Bild 9-12:	SOLL-IST Vergleich der Kapazität für Freigabezeiten $t_{Gr} \geq 10s$, UG-V2, gFIII, Quelle: Eigene Darstellung.....	9–24

Bild 10-1: Vergleich Berechnungsverfahren für Anwendungsfall gFI + gFIII, Quelle: Eigene Darstellung	10–9
Bild 10-2: Vergleich Berechnungsverfahren für Anwendungsfall gFI, Quelle: Eigene Darstellung	10–10
Bild 10-3: Vergleich Berechnungsverfahren für Anwendungsfall gFIII, Quelle: Eigene Darstellung	10–11
Bild 12-1: Erreichter Zielerreichungsgrad des hergeleiteten analytischen Berechnungsverfahrens an die Anforderungen des Anwenders (beispielhaft für die Zielfelder 1 und 2), Quelle: Eigene Darstellung	12–3
Bild A2-1: Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Belegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{Ai}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_{ALA}=L_{ARA}$ ($L_V=100\%$), Quelle: Eigene Darstellung	A-16
Bild A2-2: Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Belegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{Ai}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=80\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-17
Bild A2-3: Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Belegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{Ai}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=60\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-18
Bild A2-4: Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Belegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{Ai}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=50\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-19
Bild A2-5: Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Belegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{Ai}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=40\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-20
Bild A2-6: Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Belegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{Ai}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=20\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-21
Bild A3-1: Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Gesamtbelegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{AGes}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=100\%$ und $L_V=80\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-22
Bild A3-2: Nomogramme und Wertetabellen der Gesamtbelegungsgrade zur Ermittlung der Aufstellbereiche A_i (b_{AGes}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=60\%$ und $L_V=50\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-23
Bild A3-3: Nomogramme und Wertetabellen zur Ermittlung der Gesamtbelegungsgrade der Aufstellbereiche A_i (b_{AGes}) einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 mit $L_V=40\%$ und $L_V=20\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-24
Bild A8-1: Anwendungsbeispiel – lichtsignalgeregelte Zufahrt mit zwei zusätzlichen Aufstellstreifen, Quelle: Eigene Darstellung	A-112
Bild A8-2: Ermittlung der Belegungsgrade b_{Ai} , Quelle: Eigene Darstellung	A-113
Bild A8-3: Ermittlung des Belegungsgrads b_{AGes} (bei Anwendungsfall gFI), Quelle: Eigene Darstellung	A-114

GLEICHUNGSVERZEICHNIS

Gleichung 1-1: Regressionsfunktion in Form einer gebrochenen Wurzelfunktion, Quelle: Wu.....	1–5
Gleichung 2-1: Fahrzeugabfluss während der Freigabezeit, Quelle: HBS 2001.....	2–2
Gleichung 2-2: Sättigungsverkehrsstärke in Abhängigkeit vom Zeitbedarfswert, Quelle: HBS 2001.....	2–2
Gleichung 2-3: Sättigungsverkehrsstärke unter Berücksichtigung von Angleichungsfaktoren, Quelle: HBS 2001.....	2–4
Gleichung 2-4: Grundfunktion zur Ermittlung der erforderlichen Freigabezeit bzw. des Zeit- bedarfs in Abhängigkeit vom Zeitbedarfswert und dem Anfahrzeitverlust, Quelle: Schnabel et al.	2–6
Gleichung 2-5: Zeitbedarf – Regressionsgleichung unter Ansatz des Zeitbedarfswerts und des Anfahrzeitverlusts, Quelle: Schnabel et al.	2–6
Gleichung 2-6: Zeitbedarf – Regressionsgleichung unter Ansatz des Zeitbedarfswerts und unter Vernachlässigung des Anfahrzeitverlusts, Quelle: Schnabel et al.	2–6
Gleichung 2-7: Zeitbedarfswert unter konkreten Bedingungen, Quelle: HBS 2015.....	2–7
Gleichung 2-8: Abflusszeit, Quelle: HBS 2015.....	2–8
Gleichung 2-9: Angepasste Sättigungsverkehrsstärke, Quelle: Teply et al.	2–8
Gleichung 2-10: Kapazität durchgehender Fahrstreifen mit zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen, Quelle: in Anlehnung an HBS 2001	2–12
Gleichung 2-11: Kapazität eines Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen – bei gleichzeitiger Freigabe, Quelle: HBS 2015, in Anlehnung an Wu.....	2–16
Gleichung 2-12: Kapazität eines Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen – bei nicht gleichzeitiger Freigabe (keine Überlagerung), Quelle: HBS 2015, in Anlehnung an Wu.....	2–17
Gleichung 2-13: Kapazität eines Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen – bei überlappender Freigabe, Quelle: HBS 2015, in Anlehnung an Wu	2–18
Gleichung 2-14: Anpassungsfaktoren zur Berücksichtigung von kurzen Aufstellstreifen bei Berechnung der Sättigungsverkehrsstärke, Quelle: Teply et al.	2–20
Gleichung 2-15: Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung der Verkehrsstärkeanteile der Fahr- streifen einer Zufahrt, Quelle: HCM 2010	2–21
Gleichung 2-16: Ermittlung der Kapazität unter Berücksichtigung der Überstauung/Blockade, Quelle: Zhao et al.	2–22
Gleichung 2-17: Ermittlung der Kapazität c_1 – ohne Berücksichtigung der Überstauung/ Blockade, Quelle: Zhao et al.	2–23
Gleichung 2-18: Ermittlung der Kapazität c_2 – unter Berücksichtigung der Überstauung/ Blockade, Quelle: Zhao et al.	2–24
Gleichung 3-1: Kapazität eines lichtsignalgeregelten Knotenpunktes, Quelle: Eigene Darstellung	3–1
Gleichung 3-2: Kapazität einer lichtsignalgeregelten Zufahrt pro Umlauf, Quelle: Eigene Darstellung.....	3–1
Gleichung 3-3: Kapazität einer lichtsignalgeregelten Zufahrt pro Umlauf, Quelle: Eigene Darstellung	3–1
Gleichung 3-4: Kapazität eines Fahrstreifens in einer lichtsignalgeregelten Zufahrt pro Umlauf, Quelle: Eigene Darstellung	3–2
Gleichung 3-5: Verkehrsstärkeanteil / Abbiegeanteil, Quelle: Eigene Darstellung	3–5

Gleichung 3-6:	Schwerverkehrsanteil, Quelle: Eigene Darstellung	3–5
Gleichung 3-7:	Wahrscheinlichkeitsfunktion und Verteilungsfunktion der Binomialverteilung, Quelle: Papula.....	3–7
Gleichung 3-8:	Maximaler Zufluss auf einem Fahrstreifen am Zuflussquerschnitt Quelle: Eigene Darstellung	3–17
Gleichung 3-9:	Erforderliche Freigabezeit zum vollständigen Räumen der Aufstellbereiche, Quelle: Eigene Darstellung	3–19
Gleichung 3-10:	Abfluss am Abflussquerschnitt bei gleichzeitiger Freigabe (gF), Quelle: Eigene Darstellung	3–19
Gleichung 5-1:	Allgemeine Kapazitätsformel zur Ermittlung der Kapazität am Abfluss- querschnitt für den Anwendungsfall gFI – Alle Aufstellbereiche räumen vollständig, Quelle: Eigene Darstellung	5–3
Gleichung 5-2:	Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 1 und 2 für den Anwendungsfall gFI, Quelle: Eigene Darstellung	5–4
Gleichung 5-3:	Mögliche Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 3 für den Anwendungs- fall gFI, Quelle: Eigene Darstellung.....	5–5
Gleichung 5-4:	Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 für den Anwendungsfall gFII, Quelle: Eigene Darstellung	5–10
Gleichung 5-5:	Mögliche Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 3 für den Anwendungs- fall gFII, Quelle: Eigene Darstellung	5–11
Gleichung 5-6:	Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 2 für den Anwendungsfall gFIII, Quelle: Eigene Darstellung	5–15
Gleichung 5-7:	Kapazität einer Zufahrt der Ausbildungsform 3 für den Anwendungsfall gFIII, Quelle: Eigene Darstellung	5–16
Gleichung 5-8:	Allgemeine Kapazitätsformel des ermittelten analytischen Berechnungs- verfahrens, Quelle: Eigene Darstellung	5–18
Gleichung 7-1:	Angenommene funktionale Abhängigkeit des Belegungsgrad b_{Ai} , Quelle: Eigene Darstellung	7–2
Gleichung 7-2:	Ermittlung der mittleren Aufstelllänge in den Aufstellbereichen A_i am Sperr- zeitende, Quelle: Eigene Darstellung	7–5
Gleichung 7-3:	Annahme – erster Abstraktionsschritt der Regressionsanalyse, Quelle: Eigene Darstellung	7–6
Gleichung 7-4:	Nachweis der linearen Abhängigkeit für $L_v \neq 100\%$ - Hypothese 1 und 2 Quelle: Eigene Darstellung	7–10
Gleichung 8-1:	Ermittlung Wunschsicherheitsabstand nach Wiedemann 1974, Quelle: PTV AG.....	8–4
Gleichung 8-2:	Ermittlung des mittleren Zeitbedarfswertes in VISSIM, Quelle: in Anlehnung an HCM:.....	8–9
Gleichung 8-3:	Ermittlung der Sättigungsverkehrsstärke in VISSIM, Quelle: Eigene Darstellung .	8–10
Gleichung 8-4:	Ermittlung der mittleren Aufstelllänge von Kraftfahrzeugen in VISSIM, Quelle: Eigene Darstellung	8–11
Gleichung 8-5:	Ermittlung des mittleren Fahrzeugabflusses während der ROT/GELB-Zeit in VISSIM, Quelle: Eigene Darstellung	8–12
Gleichung 8-6:	Ermittlung des mittleren Fahrzeugabflusses während der GELB-Zeit in VISSIM, Quelle: Eigene Darstellung	8–13

Gleichung 10-1	Kapazität eines Fahrstreifens mit einem zusätzlichen kurzen Aufstellstreifen – bei gleichzeitiger Freigabe, Quelle: HBS 2015, in Anlehnung an Wu.....	10–1
Gleichung 10-2:	Relative Abweichung der Kapazitätswerte bzw. relativer Fehler (SOLL-IST Vergleich), Quelle: Eigene Darstellung	10–7
Gleichung 11-1:	Berechnungsvarianten zur Ermittlung der Teilkapazität während der Räumzeit für Anwendungsfall gFI, Quelle: Eigene Darstellung	11–1

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 4-1: Abgrenzung Dissertation: Berücksichtigung von Einflussgrößen des Verkehrsablaufs bei Entwicklung des analytischen Berechnungsverfahrens, Quelle: Eigene Darstellung	4-3
Tabelle 5-1: Kategorisierung der Eingangsparameter des analytischen Berechnungsverfahrens in Parametertypen, Quelle: Eigene Darstellung	5-19
Tabelle 6-1: Eigenschaften der empirischen und simulationsbasierten Erhebungsform Quelle: Eigene Darstellung	6-2
Tabelle 6-2: Ausgewählte Anforderungskriterien an die Datenerhebung im Rahmen der Kalibration, Quelle: Eigene Darstellung	6-3
Tabelle 6-3: Ausgewählte Anforderungskriterien an die Datenerhebung im Rahmen der Validierung, Quelle: Eigene Darstellung	6-4
Tabelle 6-4: Gegenüberstellung Aufstelllängen Stauzähler mit und ohne Konfigurationsfehler – einführendes Beispiel, Quelle: Eigene Darstellung	6-14
Tabelle 7-1: Stichprobenumfang der Simulationsstudie Teil A – Fall $L_{ALA}=L_{ARA}$, Untersuchungsgruppe UG-K1, Quelle: Eigene Darstellung	7-3
Tabelle 7-2: Stichprobenumfang der Simulationsstudie Teil A – Fall $L_{ALA}\neq L_{ARA}$, Untersuchungsgruppe UG-K2, Quelle: Eigene Darstellung	7-3
Tabelle 7-3: Auszug aus dem Datensatz eines Simulationslaufs mit 30U/SL, Quelle: Eigene Darstellung	7-5
Tabelle 7-4: Ermittelte Größen eines Regressionslaufs – lineare Einfachregression, Quelle: Eigene Darstellung	7-7
Tabelle 7-5: Ergebnisse der Regressionsläufe für den Aufstellbereich A_G bei $L_V=100$ – Beispiel, Quelle: Eigene Darstellung	7-8
Tabelle 8-1: Zu ermittelnde fahrer-/fahrzeugbezogene Eingangsparameter für VISSIM, Quelle: Eigene Darstellung	8-5
Tabelle 8-2: Datengrundlage zur Ermittlung der fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM, Quelle: Eigene Darstellung	8-7
Tabelle 8-3: Ermittelte fahrer-/fahrzeugbezogenen Eingangsparameter für VISSIM, Quelle: Eigene Darstellung	8-14
Tabelle 9-1: Variablen Eingangsgrößen der Simulation, deren Wertebereich und abgeleitete Anzahl von Kombinationsmöglichkeiten bei einer Totalerhebung, Quelle: Eigene Darstellung	9-6
Tabelle 9-2: Stichprobenumfang der Untersuchungsgruppe UG-V1, Quelle: Eigene Darstellung ...	9-6
Tabelle 9-3: Stichprobenumfang der Untersuchungsgruppe UG-V2, Quelle: Eigene Darstellung ...	9-7
Tabelle 9-4: Ermittelte Wertepaar-Quartette der Verkehrsstärkeanteile der UG-V1 (Verfahrensschritt 1), Quelle: Eigene Darstellung	9-9
Tabelle 9-5: Ermittelte Parametersätze P_k der UG-V1 (Verfahrensschritt 2 bis 6), Quelle: Eigene Darstellung	9-10
Tabelle 9-6: Ermittelte Wertepaare der Verkehrsstärkeanteile der UG-V2 (Verfahrensschritt 1), Quelle: Eigene Darstellung	9-11

Tabelle 9-7: Ermittelte Parametersätze P_k der UG-V2 (Verfahrensschritte 2 bis 6) – Teil 1, Quelle: Eigene Darstellung.....	9–12
Tabelle 9-8: Ermittelte Parametersätze P_k der UG-V2 (Verfahrensschritt 2 bis 6) – Teil 2, Quelle: Eigene Darstellung.....	9–13
Tabelle 9-9: Wertetabelle und statistische Kennwerte des SOLL-IST Vergleichs für Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit gleich langen Aufstellbereichen, UG-V1, Quelle: Eigene Darstellung.....	9–19
Tabelle 9-10: Wertetabelle und statistische Kennwerte des SOLL-IST Vergleichs für Zufahrten der Ausbildungsform 2 mit ungleich langen Aufstellbereichen, UG-V2, Quelle: Eigene Darstellung.....	9–25
Tabelle 9-11: Ergebnisse der Validierung (UG-V1 und UG-V2) – Zusammenfassung, Quelle: Eigene Darstellung.....	9–27
Tabelle 10-1: Stichprobenumfang der Untersuchungsgruppe UG-HBS – Vergleich: Hergeleitetes Berechnungsverfahren mit HBS 2015, Quelle: Eigene Darstellung ...	10–2
Tabelle 10-2: Ermittelte Parametersätze P_k der Untersuchungsgruppe UG-HBS – Vergleich: Hergeleitetes Berechnungsverfahren mit HBS 2015, Quelle: Eigene Darstellung	10–3
Tabelle 10-3: Anwendung des Berechnungsverfahrens nach HBS unter Variation der variablen Eingangsgößen – Berechnungsvariante Var. 1 bis Var. 5, Quelle: Eigene Darstellung	10–5
Tabelle 10-4: SOLL-IST Vergleich hergeleitetes Berechnungsverfahren und Berechnungs- verfahren nach HBS 2015 (IST-Wert) mit Simulationsergebnissen (SOLL-Wert) Quelle: Eigene Darstellung.....	10–8
Tabelle A1-1: Legende, Quelle: Eigene Darstellung	A-1
Tabelle A1-2: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich G für $L_V=100\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-1
Tabelle A1-3: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich LA für $L_V=100\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-2
Tabelle A1-4: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich RA für $L_V=100\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-2
Tabelle A1-5: Ergebnisse der Regressionsanalyse für alle Aufstellbereiche (AGes) für $L_V=100\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-3
Tabelle A1-6: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich G für $L_V=80\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-3
Tabelle A1-7: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich Zw für $L_V=80\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-4
Tabelle A1-8: Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des langen Aufstellstreifens (IA) für $L_V=80\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-4
Tabelle A1-9: Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des kurzen Aufstellstreifens (kA) für $L_V=80\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-5
Tabelle A1-10: Ergebnisse der Regressionsanalyse für alle Aufstellbereiche (AGes) für $L_V=80\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-5
Tabelle A1-11: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich G für $L_V=60\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-6
Tabelle A1-12: Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich Zw für $L_V=60\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-6
Tabelle A1-13: Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des langen Aufstellstreifens (IA) für $L_V=60\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-7

Tabelle A1-14:	Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des kurzen Aufstellstreifens (kA) für $L_V=60\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-7
Tabelle A1-15:	Ergebnisse der Regressionsanalyse für alle Aufstellbereiche (AGes) für $L_V=60\%$ Quelle: Eigene Darstellung	A-8
Tabelle A1-16:	Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich G für $L_V=50\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-8
Tabelle A1-17:	Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich Zw für $L_V=50\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-9
Tabelle A1-18:	Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des langen Aufstellstreifens (IA) für $L_V=50\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-9
Tabelle A1-19:	Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des kurzen Aufstellstreifens (kA) für $L_V=50\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-10
Tabelle A1-20:	Ergebnisse der Regressionsanalyse für alle Aufstellbereiche (AGes) für $L_V=50\%$ Quelle: Eigene Darstellung	A-10
Tabelle A1-21:	Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich G für $L_V=40\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-11
Tabelle A1-22:	Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich Zw für $L_V=40\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-11
Tabelle A1-23:	Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des langen Aufstellstreifens (IA) für $L_V=40\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-12
Tabelle A1-24:	Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des kurzen Aufstellstreifens (kA) für $L_V=40\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-12
Tabelle A1-25:	Ergebnisse der Regressionsanalyse für alle Aufstellbereiche (AGes) für $L_V=40\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-13
Tabelle A1-26:	Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich G für $L_V=20\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-13
Tabelle A1-27:	Ergebnisse der Regressionsanalyse für Aufstellbereich Zw für $L_V=20\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-14
Tabelle A1-28:	Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des langen Aufstellstreifens (IA) für $L_V=20\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-14
Tabelle A1-29:	Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Aufstellbereich des kurzen Aufstellstreifens (kA) für $L_V=20\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-15
Tabelle A1-30:	Ergebnisse der Regressionsanalyse für alle Aufstellbereiche (AGes) für $L_V=20\%$, Quelle: Eigene Darstellung	A-15
Tabelle A4-1:	SOLL-IST Vergleich UG–V1, Wertetabelle, Teil 1, Quelle: Eigene Darstellung	A-25
Tabelle A4-2:	SOLL-IST Vergleich UG–V1, Wertetabelle, Teil 2, Quelle: Eigene Darstellung	A-26
Tabelle A4-3:	SOLL-IST Vergleich UG–V1, Wertetabelle, Teil 3, Quelle: Eigene Darstellung	A-27
Tabelle A4-4:	SOLL-IST Vergleich UG–V1, Wertetabelle, Teil 4, Quelle: Eigene Darstellung	A-28
Tabelle A4-5:	SOLL-IST Vergleich UG–V1, Wertetabelle, Teil 5, Quelle: Eigene Darstellung	A-29
Tabelle A4-6:	SOLL-IST Vergleich UG–V1, Wertetabelle, Teil 6, Quelle: Eigene Darstellung	A-30
Tabelle A4-7:	SOLL-IST Vergleich UG–V1, Wertetabelle, Teil 7, Quelle: Eigene Darstellung	A-31
Tabelle A4-8:	SOLL-IST Vergleich UG–V1, Wertetabelle, Teil 8, Quelle: Eigene Darstellung	A-32

Tabelle A4-9: SOLL-IST Vergleich UG–V1, Wertetabelle, Teil 9, Quelle: Eigene Darstellung	A-33
Tabelle A4-10: SOLL-IST Vergleich UG–V1, Wertetabelle, Teil 10, Quelle: Eigene Darstellung	A-34
Tabelle A4-11: SOLL-IST Vergleich UG–V1, Wertetabelle, Teil 11, Quelle: Eigene Darstellung	A-35
Tabelle A4-12: SOLL-IST Vergleich UG–V1, Wertetabelle, Teil 12, Quelle: Eigene Darstellung	A-36
Tabelle A4-13: SOLL-IST Vergleich UG–V1, Wertetabelle, Teil 13, Quelle: Eigene Darstellung	A-37
Tabelle A4-14: SOLL-IST Vergleich UG–V1, Wertetabelle, Teil 14, Quelle: Eigene Darstellung	A-38
Tabelle A4-15: SOLL-IST Vergleich UG–V1, Wertetabelle, Teil 15, Quelle: Eigene Darstellung	A-39
Tabelle A4-16: SOLL-IST Vergleich UG–V1, Wertetabelle, Teil 16, Quelle: Eigene Darstellung	A-40
Tabelle A5-1: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 1, Quelle: Eigene Darstellung	A-41
Tabelle A5-2: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 2, Quelle: Eigene Darstellung	A-42
Tabelle A5-3: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 3, Quelle: Eigene Darstellung	A-43
Tabelle A5-4: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 4, Quelle: Eigene Darstellung	A-44
Tabelle A5-5: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 5, Quelle: Eigene Darstellung	A-45
Tabelle A5-6: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 6, Quelle: Eigene Darstellung	A-46
Tabelle A5-7: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 7, Quelle: Eigene Darstellung	A-47
Tabelle A5-8: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 8, Quelle: Eigene Darstellung	A-48
Tabelle A5-9: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 9, Quelle: Eigene Darstellung	A-49
Tabelle A5-10: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 10, Quelle: Eigene Darstellung	A-50
Tabelle A5-11: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 11, Quelle: Eigene Darstellung	A-51
Tabelle A5-12: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 12, Quelle: Eigene Darstellung	A-52
Tabelle A5-13: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 13, Quelle: Eigene Darstellung	A-53
Tabelle A5-14: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 14, Quelle: Eigene Darstellung	A-54
Tabelle A5-15: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 15, Quelle: Eigene Darstellung	A-55
Tabelle A5-16: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 16, Quelle: Eigene Darstellung	A-56
Tabelle A5-17: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 17, Quelle: Eigene Darstellung	A-57

Tabelle A5-18: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 18, Quelle: Eigene Darstellung	A-58
Tabelle A5-19: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 19, Quelle: Eigene Darstellung	A-59
Tabelle A5-20: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 20, Quelle: Eigene Darstellung	A-60
Tabelle A5-21: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 21, Quelle: Eigene Darstellung	A-61
Tabelle A5-22: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 22, Quelle: Eigene Darstellung	A-62
Tabelle A5-23: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 23, Quelle: Eigene Darstellung	A-63
Tabelle A5-24: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 24, Quelle: Eigene Darstellung	A-64
Tabelle A5-25: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 25, Quelle: Eigene Darstellung	A-65
Tabelle A5-26: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 26, Quelle: Eigene Darstellung	A-66
Tabelle A5-27: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 27, Quelle: Eigene Darstellung	A-67
Tabelle A5-28: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 28, Quelle: Eigene Darstellung	A-68
Tabelle A5-29: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 29, Quelle: Eigene Darstellung	A-69
Tabelle A5-30: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 30, Quelle: Eigene Darstellung	A-70
Tabelle A5-31: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 31, Quelle: Eigene Darstellung	A-71
Tabelle A5-32: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 32, Quelle: Eigene Darstellung	A-72
Tabelle A5-33: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 33, Quelle: Eigene Darstellung	A-73
Tabelle A5-34: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 34, Quelle: Eigene Darstellung	A-74
Tabelle A5-35: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 35, Quelle: Eigene Darstellung	A-75
Tabelle A5-36: SOLL-IST Vergleich UG–V2, Wertetabelle, Teil 36, Quelle: Eigene Darstellung	A-76
Tabelle A6-1: UG-HBS – SOLL-IST Vergleich hergeleitetes Berechnungsverfahren, Teil 1a, Quelle: Eigene Darstellung	A-77
Tabelle A6-2: UG-HBS - SOLL-IST Vergleich Berechnungsverfahren nach HBS 2015, Teil 1 Quelle: Eigene Darstellung	A-78
Tabelle A6-3: UG-HBS - SOLL-IST Vergleich hergeleitetes Berechnungsverfahren, Teil 2a, Quelle: Eigene Darstellung	A-79
Tabelle A6-4: UG-HBS - SOLL-IST Vergleich Berechnungsverfahren nach HBS 2015, Teil 2b, Quelle: Eigene Darstellung	A-80
Tabelle A6-5: UG-HBS - SOLL-IST Vergleich Berechnungsverfahren nach HBS 2015, Teil 3a, Quelle: Eigene Darstellung	A-81
Tabelle A6-6: UG-HBS - SOLL-IST Vergleich Berechnungsverfahren nach HBS 2015, Teil 3b, Quelle: Eigene Darstellung	A-82

Tabelle A6-7: UG-HBS - SOLL-IST Vergleich Berechnungsverfahren nach HBS 2015, Teil 4a,
Quelle: Eigene Darstellung A-83

Tabelle A6-8: UG-HBS - SOLL-IST Vergleich Berechnungsverfahren nach HBS 2015, Teil 4b,
Quelle: Eigene DarstellungA-83
