

Autor:
Felix Gärtner
 VIW 2006
 Dresden im
 März 2013

DIPLOMARBEIT

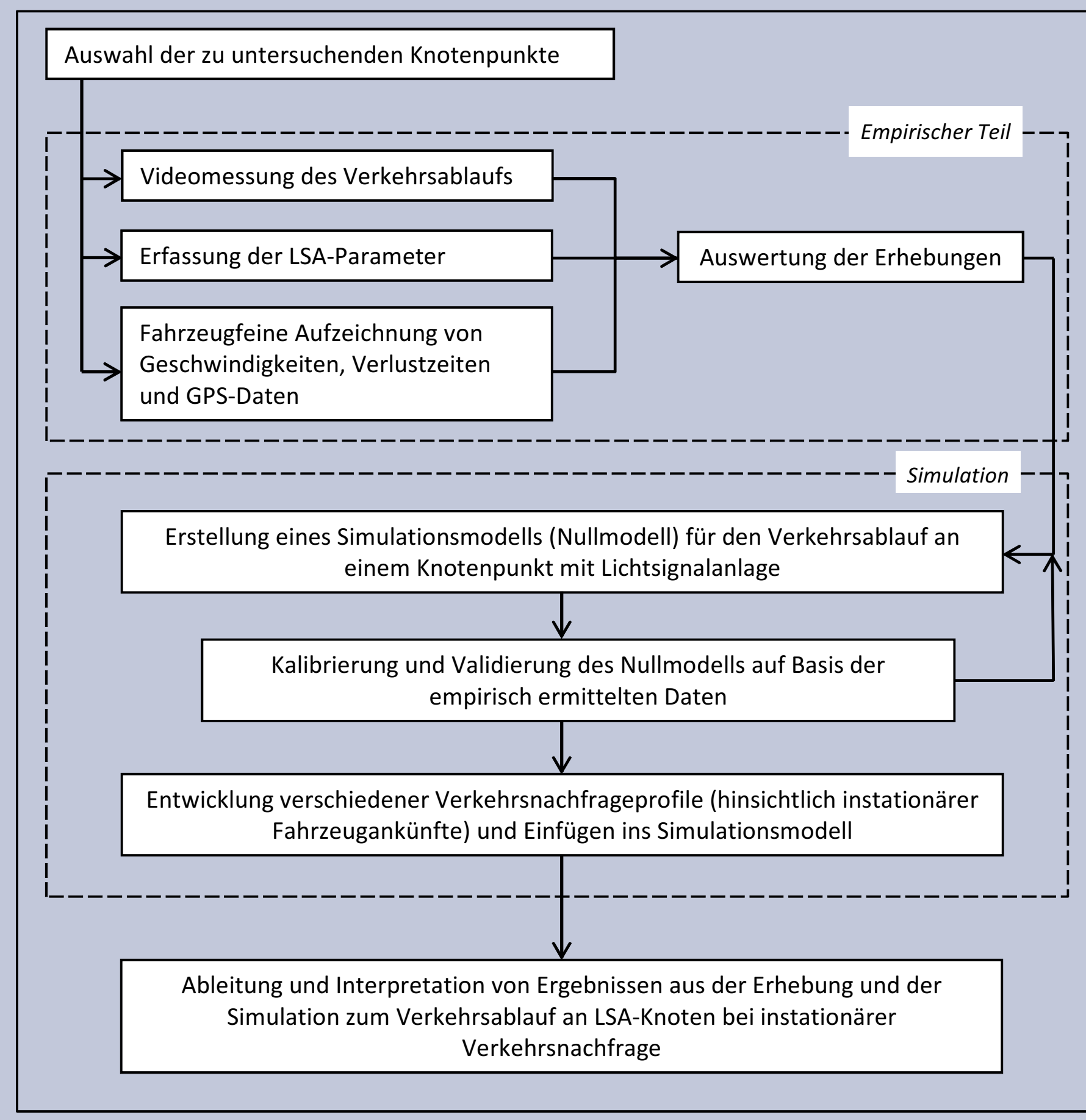
Verkehrsablauf an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage unter Berücksichtigung verschiedener Verkehrsverhältnisse

1. Motivation und Ziele

Derzeit befindet sich das Handbuch zur Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) in der Überarbeitung. Die aktuell gültige Ausgabe von 2001 bietet ein Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Qualität des Verkehrsablaufs an LSA-Knotenpunkten an. Maßgebendes Kriterium zur Bewertung dieser stellt dabei die mittlere Wartezeit [s/Fz] dar. Ausgangsgrößen sind neben den Parametern der Signalsteuerung und der Geometrie des Knotens auch die Verkehrsstärken der einzelnen Ströme in der Spitzen- bzw. Bemessungsstunde. Aus verschiedenen Studien ist allerdings erkennbar, dass auch Schwankungen der Fahrzeugankünfte innerhalb der Spitzenstunde einen großen Einfluss auf die Rückstaulängen vor dem Knotenpunkt und damit auch auf die mittlere Wartezeit haben können. In einem vorliegenden Entwurf des modifizierten HBS 201X werden dazu im Rahmen der Berechnung der Rückstaulängen erstmalig diese Schwankungen bzw. so genannte Instationaritäten berücksichtigt, damit die Wartezeit genauer und ggf. realitätsnäher ermittelt werden kann.

Die vorliegende Diplomarbeit greift in ein aktuelles Forschungsprojekt verschiedener Auftragnehmer unter Beteiligung der TU Dresden unterstützend ein und hat anhand von Erhebungen an zwei Knotenpunkten sowie einer mikroskopischen Verkehrsflusssimulation zum Ziel das im HBS-Entwurf beschriebene Berechnungsverfahren für die mittlere Wartezeit an LSA-Knotenpunkten unter Berücksichtigung von Instationaritäten auf seine Plausibilität zu überprüfen bzw. zu beurteilen. Des Weiteren werden bislang nicht alle am Knotenpunkt auftretenden Zeitverluste betrachtet. Insbesondere für den Vergleich verschiedener Bau- bzw. Steuerungsformen ist bei ähnlichen Dimensionen der Wartezeiten unabdingbar, Verluste durch Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgänge valide zu beschreiben. Im Rahmen der Auswertung der Erhebungen werden Möglichkeiten zur Quantifizierung dieser aufgezeigt.

2. Vorgehen



3. Grundlagen

Die mittlere Wartezeit nach HBS berechnet sich aus der Grundwartezeit (beeinflusst durch die Verkehrsstärke, die LSA sowie die Knotengeometrie) und der Reststauwartezeit (relevant bei höherer Auslastung). Das HBS 2001 geht bis dato von konstanten Verkehrsbedingungen während der gesamten Spitzenstunde aus ohne eventuelle Auswirkungen auf die Wartezeit durch verschiedene Verkehrsverhältnisse zu betrachten. Im Entwurf zum neuen HBS wird ein konsistenter Ansatz zur Berechnung des mittleren Reststaus am Ende der Freigabezeit vorgestellt. Dabei werden Schwankungen in den Fahrzeugankünften am Knotenpunkt durch den Instationaritätenfaktor, welcher die Verkehrsstärke des höchst belasteten 15-Min.-Intervalls ins Verhältnis zur stündlichen Belastung setzt, in direkter Abhängigkeit zum Auslastungsgrad berücksichtigt.

$$f_{in,j} = 1 + \frac{(4 \cdot q_{15,j} - 1)}{1,5}$$

$$N_{GE,j} = \frac{0,58T \cdot C_{0,j}}{4} \left[(f_{in,j} \cdot x_j - 1) + \sqrt{(f_{in,j} \cdot x_j - 1)^2 + \frac{4f_{in,j} \cdot x_j}{0,58T \cdot C_{0,j}}} \right]$$

4. Empirie und Analyse der Wartezeitbestandteile

Basierend auf den Grundlagen zum Verkehrsablauf und der in der Diplomarbeit angefertigten Literatursammlung, wurden praktische Untersuchungen bzw. Erhebungen an ausgewählten LSA-Knotenpunkten durchgeführt. Ziel derer war:

- 1) Gewinnung von Erkenntnissen hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen wechselnden Verkehrsverhältnissen innerhalb der Spitzenzeit und deren Einfluss auf die Verlustzeiten bzw. die entsprechenden Rückstaulängen vor der Haltelinie
- 2) Quantifizierung bislang im HBS-Verfahren nicht berücksichtigter Zeitverluste insbesondere durch Verzögerungs- und Beschleunigungsvorgänge sowie Ableitung von Empfehlungen

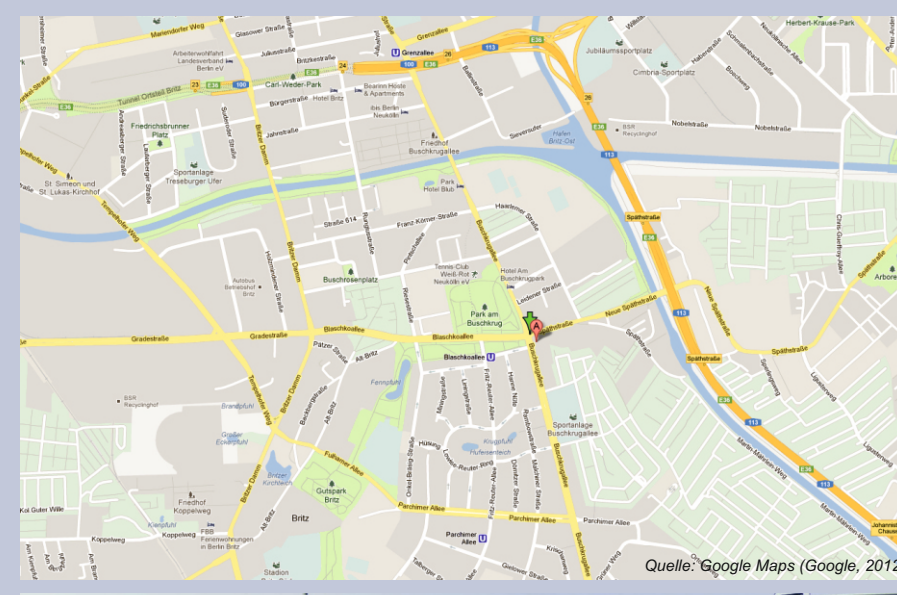


Abb. 4-1 (o.): Lage des Knotenpunktes Buschkrug
 Abb. 4-2 (u.): Fahrersicht im Strom 2 Rl. Norden

An die Auswahl der Knotenpunkte wurden verschiedene Bedingungen geknüpft. Neben einer vorhandenen Festzeitsteuerung und einer möglichst hohen Be- und Auslastung aller Zufahrten, sollte der Knoten nicht zu groß zu sein, möglichst isoliert liegen und jeder Strom einen eigenen Fahrstreifen besitzen. Anhand von Satellitenbildern sowie durch Rückmeldungen angeschriebener Verwaltungen wurden nach einer subjektiv gewählten Gewichtung der Kriterien eine Kreuzung (siehe Abb. 4-1, 4-2) und eine Einmündung in Berlin ausgewählt. Bei der anschließenden Erhebung wurden zwei Messverfahren eingesetzt:

- Stationäre Videomessung: Kameras filmen Verkehrsablauf jeder Zufahrt über Zeitraum von 3 h während Spitzenzeit
- Floating Car (FC)-Daten: Abfahren der Knotenströme mit einem Messfahrzeug zur Aufzeichnung relevanter Daten

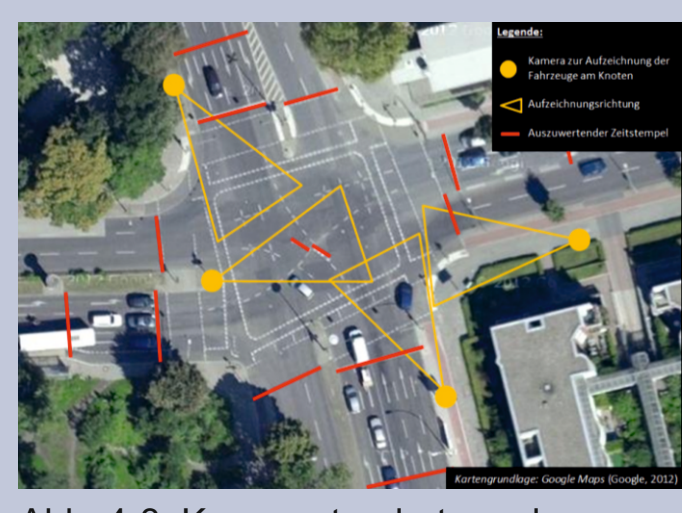


Abb. 4-3: Kamerastandorte und auszuwertende Zeitstempel (KP Buschkrug)

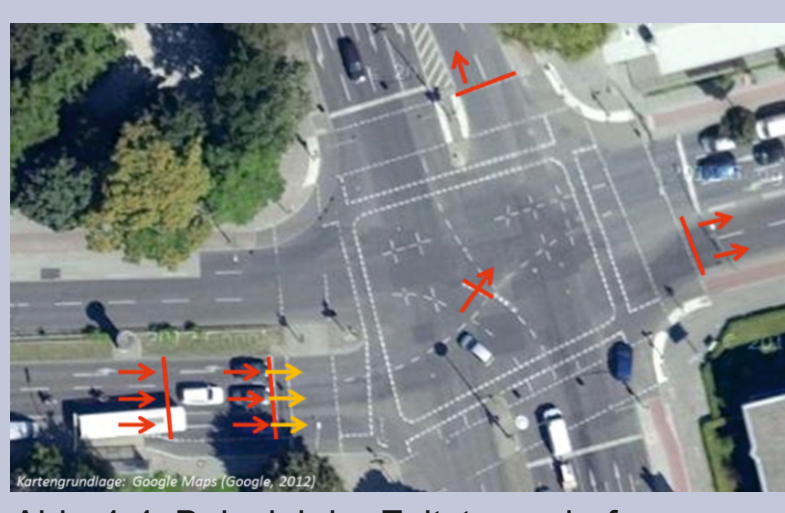


Abb. 4-4: Beispiel der Zeitstempelerfassung für Fahrzeuge in der westlichen Zufahrt

Ziel dieser Methodik ist die Bildung von Reise- und Verlustzeiten. Dafür wurden die Kameras so aufgestellt, dass für jedes Fahrzeug mind. drei Zeitstempel aufgezeichnet wurden (siehe Abb. 4-3, 4-4). Somit konnten die durchschnittliche Verweildauer in der Warteschlange und die Bedienzeit ermittelt werden.

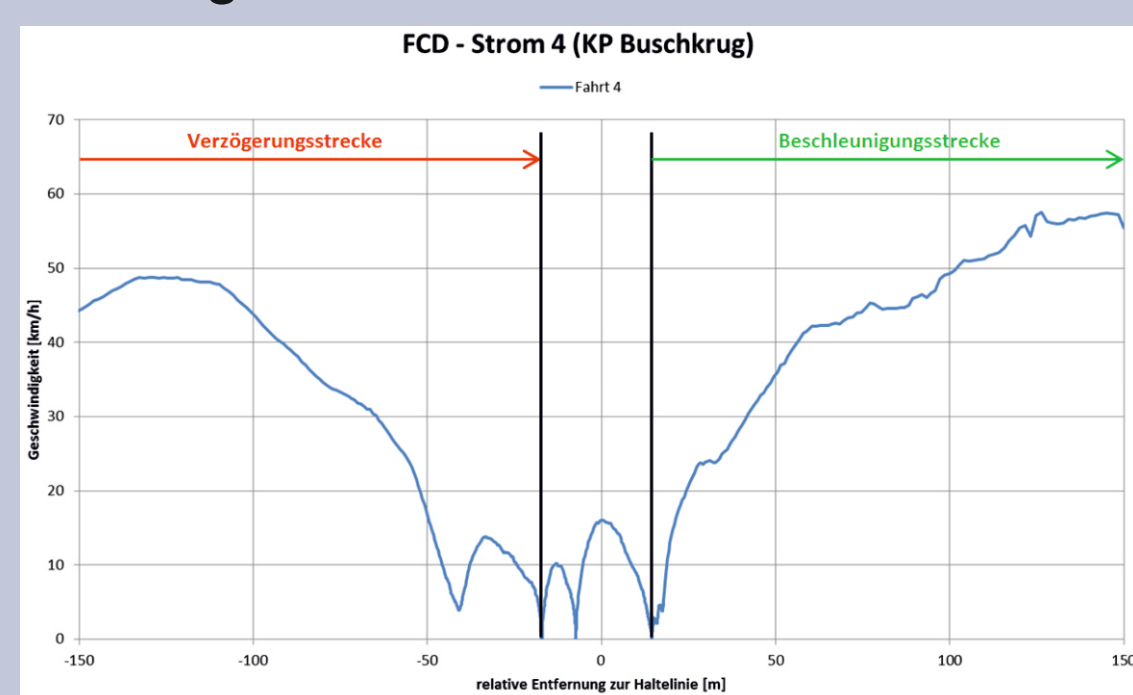


Abb. 4-5: Bestimmung der Verluststrecken anhand der FC-Daten

Die Beschleunigungs- und Verzögerungszeiten wurden anschließend aus den FC-Daten erhoben. Dazu wurden für jede Fahrt v-s-Diagramme erstellt und alle Verluste durch Abbremsen und Anfahren innerhalb einer festgelegten Entfernung zur Haltelinie ermittelt. Aus den Einzelzeiten konnten somit komplexe Reisezeiten bestimmt werden. Durch die Bildung von mittleren Wunschgeschwindigkeiten aus den FC-Daten wurden ideale Reisezeiten errechnet und durch Subtraktion dieser von den komplexen Reisezeiten letztlich Verlustzeiten bestimmt.

Weiterhin wurde die Qualität des Verkehrsablaufs bzw. die mittleren Wartezeiten nach neuem und altem HBS vergleichend gegenübergestellt (Abb. 4-6). In der Summe ist dabei die Wartezeit nach neuer Richtlinie größer, die Abweichung im Durchschnitt von der realen Verlustzeit allerdings geringer (Abb. 4-7). Durch einen Zuschlag aus dem Mittelwert der Beschleunigungs- und Verzögerungszeiten könnte im konkreten Fall die HBS-Wartezeit die reale Verlustzeit fast identisch abbilden.

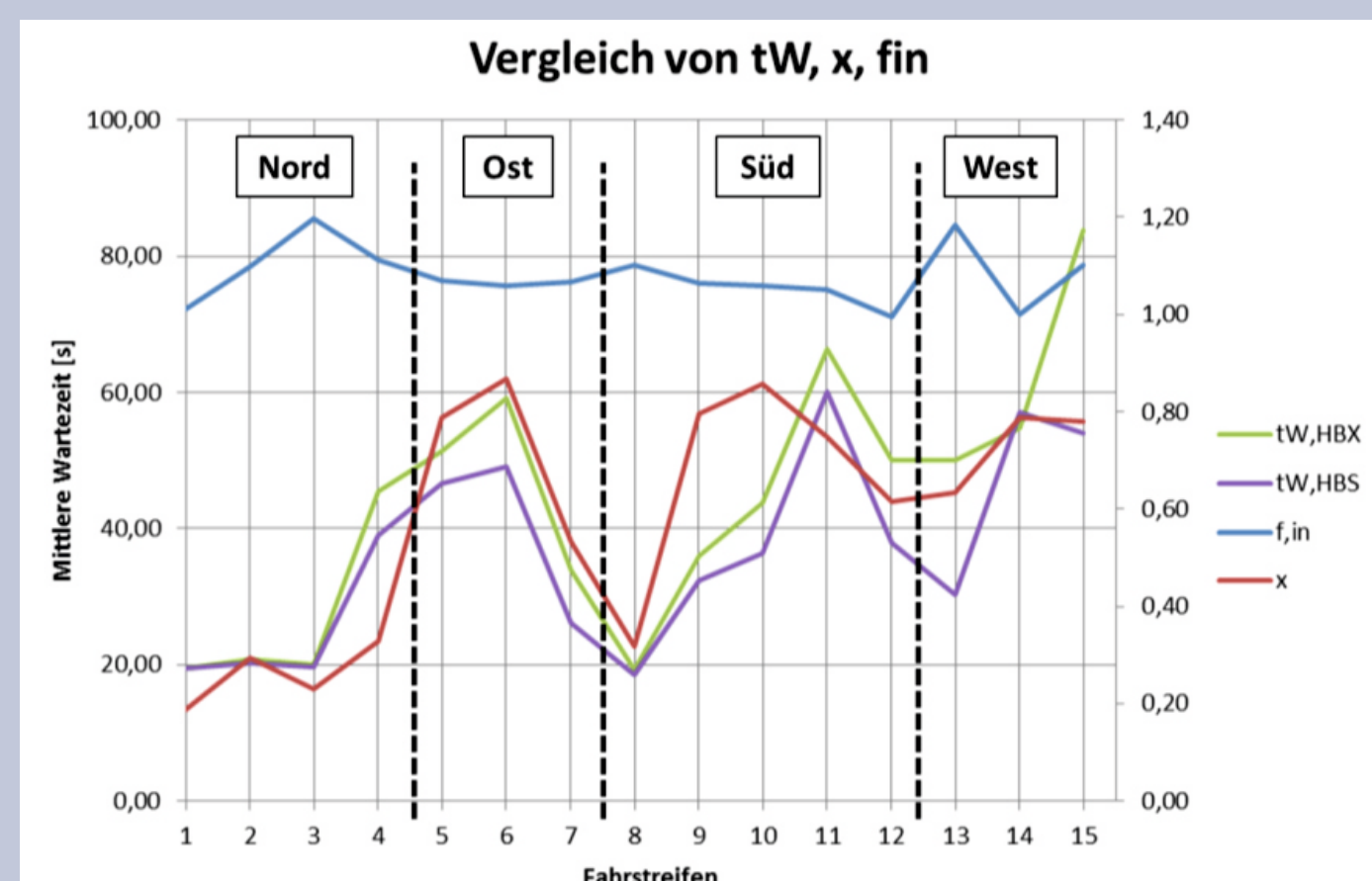


Abb. 4-6: Vergleich der HBS- Wartezeiten, dem Auslastungsgrad und f_{in}

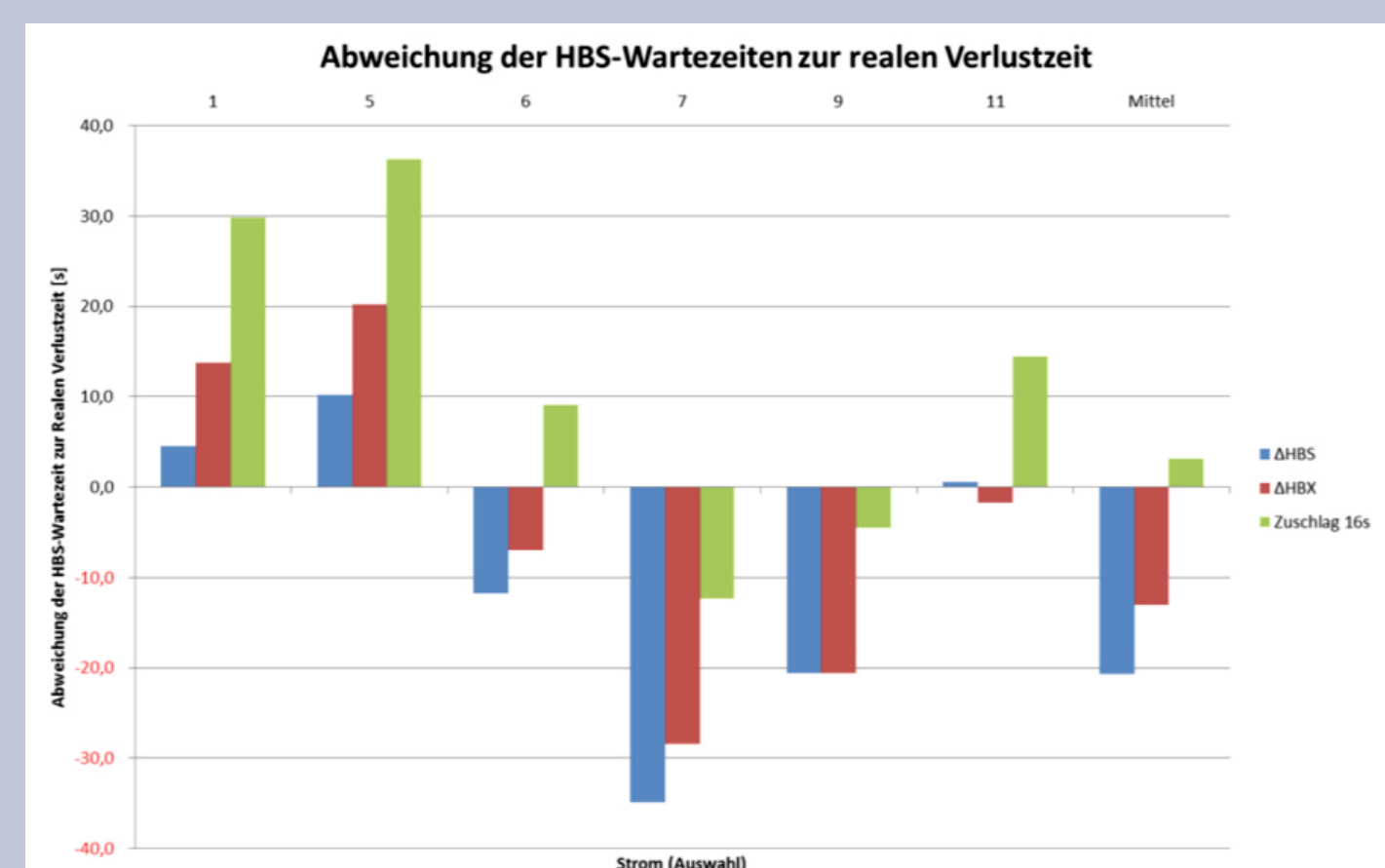


Abb. 4-7: Abweichung der HBS-Wartezeiten inkl. Zuschlag zur realen Verlustzeit

5. Untersuchung schwankender Verkehrsverhältnisse

Um den Verfahrensansatz im neuen HBS auf seine Plausibilität zu überprüfen, wurden im Rahmen der Arbeit mikroskopische Verkehrsflusssimulationen mit VISSIM durchgeführt. Dazu wurden zunächst ein Nullmodell des Knotenpunktes Buschkrug entworfen (Abb. 5-1) und dieses anhand real gemessener Zeitbedarfswerte in den Strömen 2 und 5 kalibriert bzw. validiert. Um den Verkehrsablauf unter dem Hauptgesichtspunkt der Instationarität zu untersuchen, wurden anschließend vier verschiedene Verkehrsnachfrageprofile (Abb. 5-2) entworfen und diese

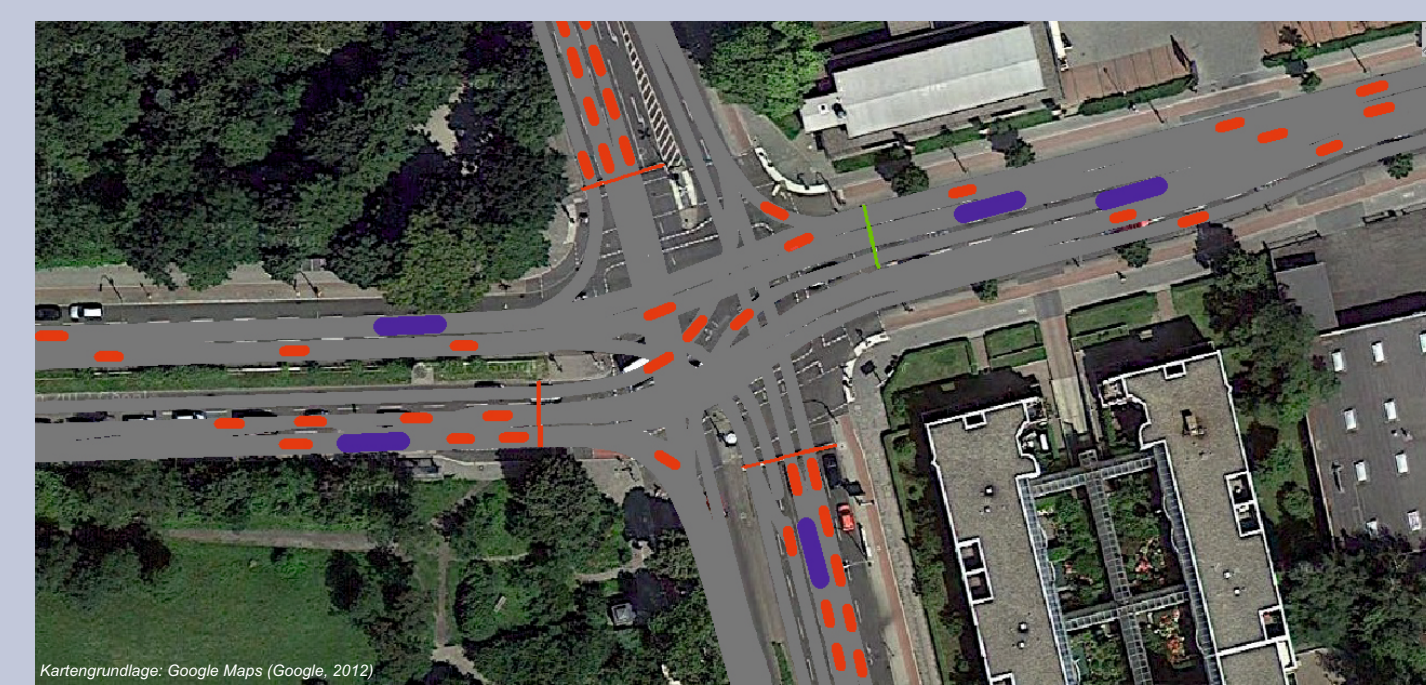


Abb. 5-1: Nullmodell des Knotenpunktes Buschkrug

mit jeweils unterschiedlichen Auslastungsgraden in das Modell eingefügt. Nach zahlreichen Simulationen mit verschiedenen Startzufallszahlen wurden die durch das Programm ausgegebenen Verlustzeiten mit der mittleren Wartezeit nach neuem HBS 201X gegenübergestellt. Treten dabei instationäre Fahrzeugankünfte bei gleichzeitig hoher Auslastung auf, weicht die berechnete mittlere Wartezeit erheblich

von der tatsächlichen Verlustzeit ab (siehe Abb. 5-3). Außerdem ergeben sich veränderte Werte für die Verlustzeit je nach Lage des höchstbelasteten Intervalls innerhalb der Bemessungsstunde. In der HBS-Berechnung wird dazu kein Unterschied gemacht. In der Analyse des Berechnungsverfahrens lässt sich festhalten, dass der starke Anstieg der Wartezeit im Wesentlichen durch den mittleren Reststau am Ende der Freigabezeit entsteht. Um dies zu korrigieren, bestand die Idee, den „Asymmetrie-Faktor“ k variabel statt konstant (= 0,58) zu setzen. Somit können sowohl die Längen als auch die Lage des höchstbelasteten Intervalls in der Spitzenstunde genau bestimmt werden. Im Vergleich beider Fälle (siehe Abb. 5-4) entsteht damit für ein variables k eine wesentlich kleinere Wartezeit und damit eine deutlich geringere Abweichung gegenüber der simulierten Verlustzeit.

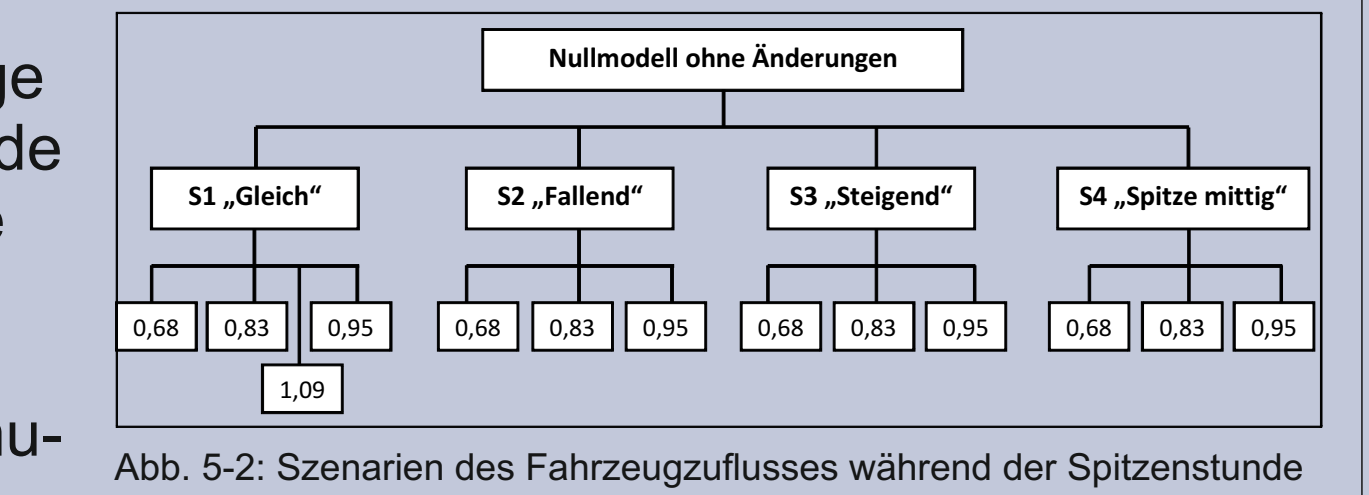
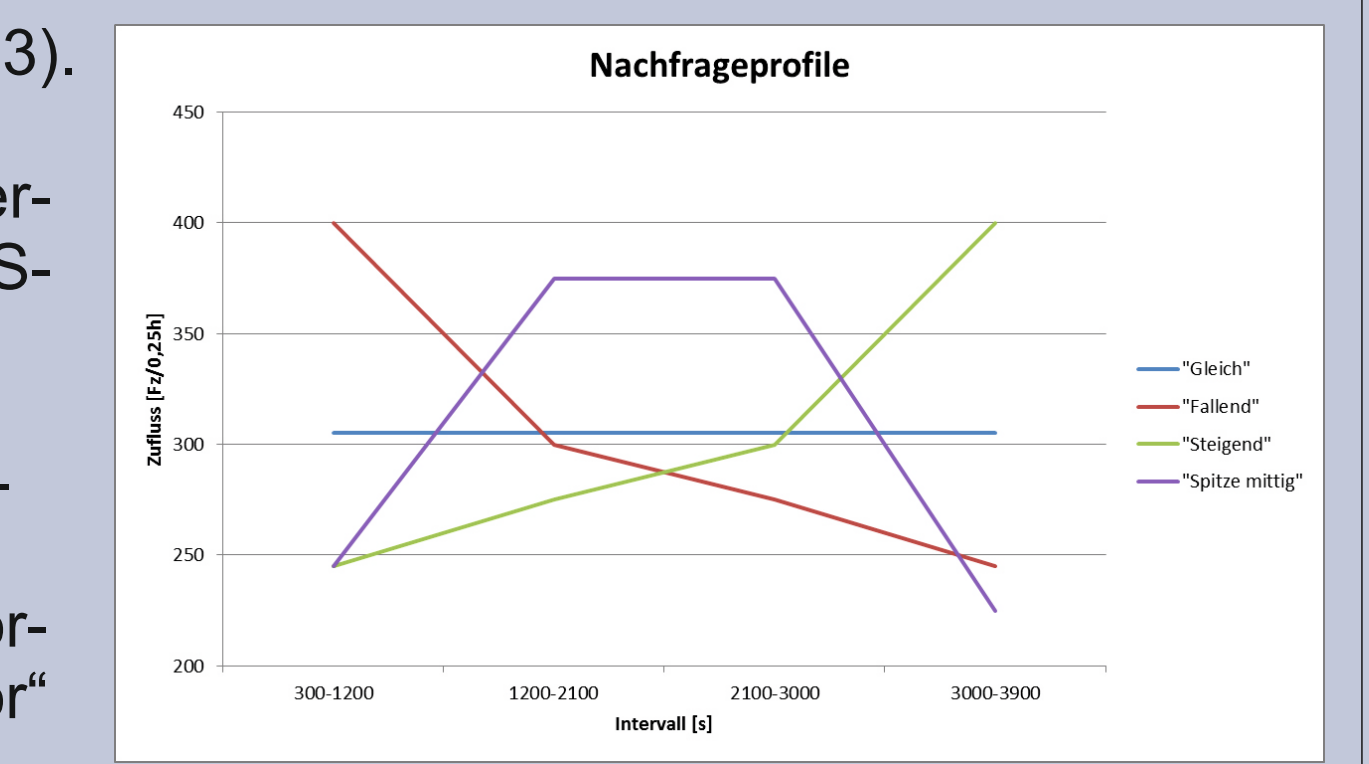


Abb. 5-2: Szenarien des Fahrzeugzuflusses während der Spitzenstunde

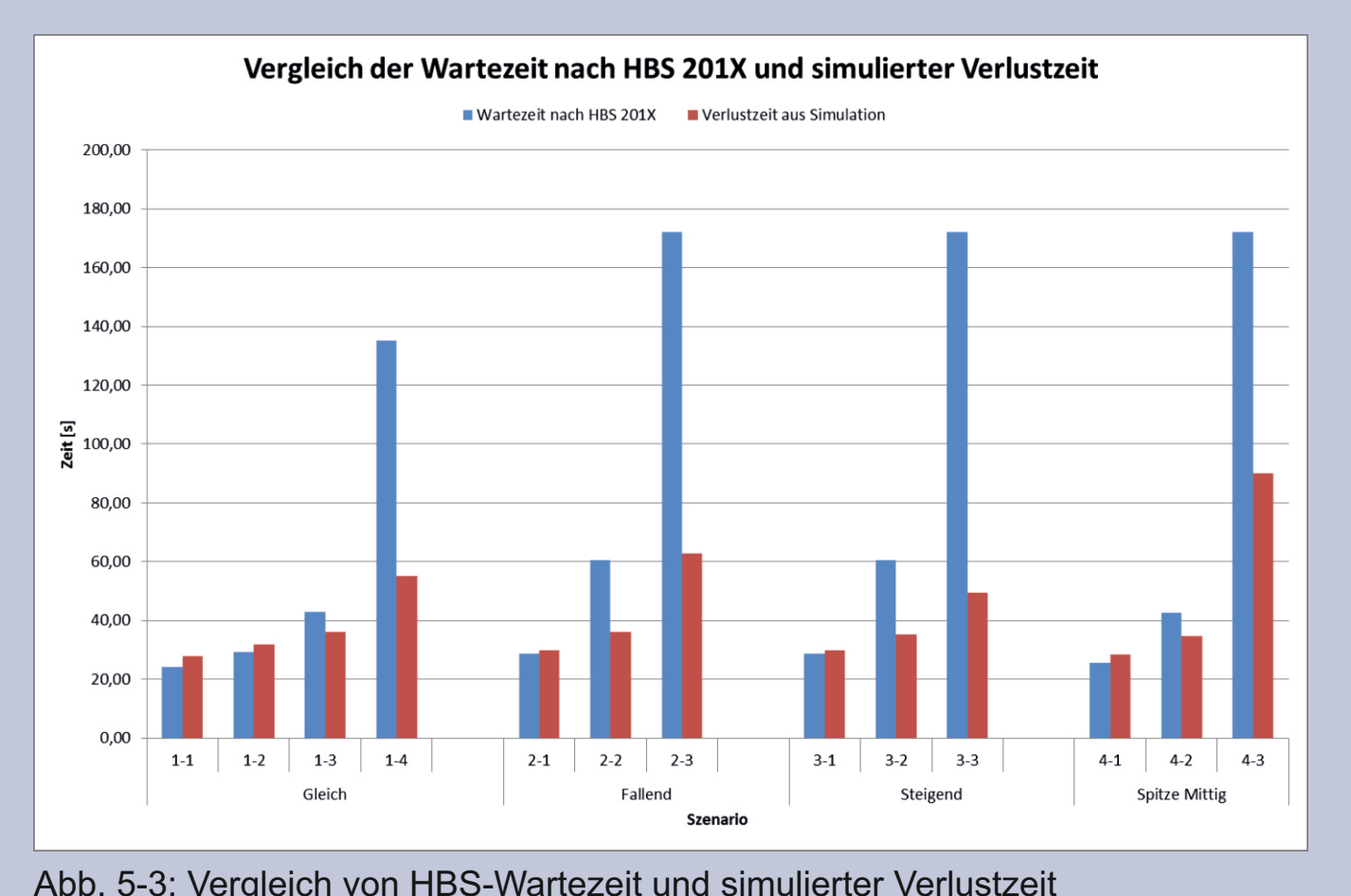


Abb. 5-3: Vergleich von HBS-Wartezeit und simulierter Verlustzeit

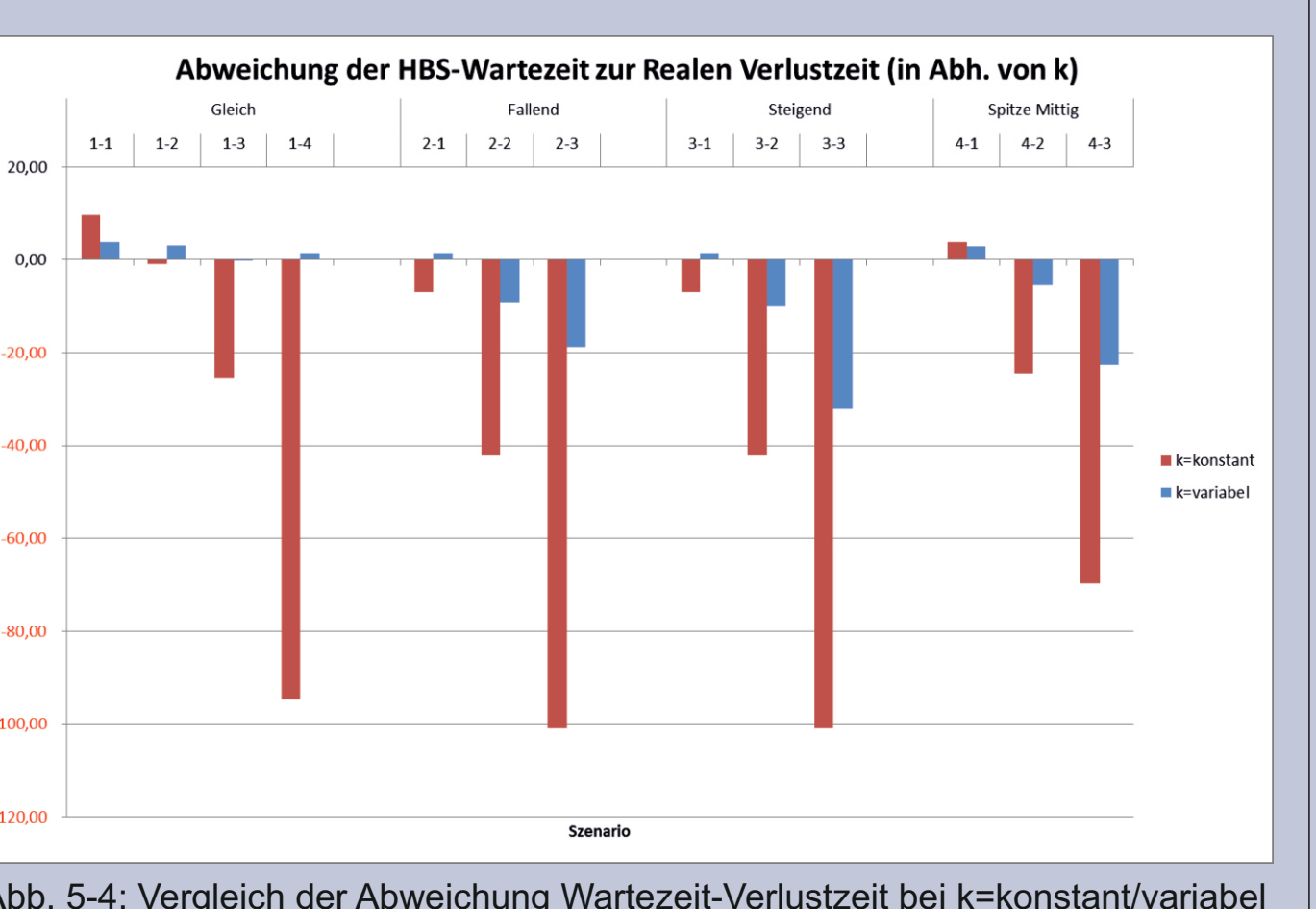


Abb. 5-4: Vergleich der Abweichung Wartezeit-Verlustzeit bei k=konstant/variabel

6. Fazit

- Zusammenfassend sind damit die wesentlichen Ergebnisse der Diplomarbeit:
- 1) An LSA entstehen Verluste durch Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgänge. Durch einen Zuschlag aus dem Mittelwert dieser kann die Wartezeit in eine Verlustzeit überführt werden.
 - 2) Die Berücksichtigung von Instationaritäten im neuen HBS ist als sinnvoll anzusehen.
 - 3) Für hohe Auslastungen und Schwankungen weicht die HBS-Wartezeit teils erheblich von der realen Verlustzeit ab. Durch die Variation des Asymmetrie-Faktors kann die Abweichung deutlich reduziert werden und Wartezeit näher an die reale Verlustzeit geführt werden.