

Temporäre Seitenstreifenfreigabe – Analyse der verkehrlichen Wirkungen

Christina Recker, Slavica Grošanić und Fritz Busch

Die vorhandene Straßeninfrastruktur ist dem aktuellen Verkehrsaufkommen oft nicht mehr gewachsen und Staus sind die Folge. Um eine Lösung für die Übergangszeit bis zu einer vorgesehenen baulichen Erweiterung (Vollausbau) zu schaffen, bietet es sich an, den Seitenstreifen in Spitzenverkehrszeiten für den Verkehr freizugeben. Im Rahmen einer Masterarbeit (Recker, 2012) am Lehrstuhl für Verkehrstechnik der Technischen Universität München wurde die Akzeptanz des Seitenstreifens durch die Verkehrsteilnehmer untersucht. Dafür wurde im Großraum München ein Vergleich zwischen einem regulär achtstreifigen und einem sechsstreifigen Autobahnquerschnitt, bei dem zusätzlich die Möglichkeit der temporären Seitenstreifenfreigabe besteht, gezogen. Die zur Verfügung gestellten Daten wurden vor der Auswertung einer Clusterung nach Fahrtzwecken und Verkehrszusammensetzungen unterzogen. Die Ergebnisse basieren auf einer Intervallschätzung zu einem Konfidenzniveau von 95 % und sind somit statistisch abgesichert. Die entlastende Wirkung, die der Seitenstreifen mit sich bringt, wurde anhand von Verkehrsstärkeanteilen bewertet und denen des Hauptfahrstreifens gegenübergestellt. Auch wurde speziell auf das Fahrverhalten der Pkw-Fahrer bei der Nutzung des ganz rechten Fahrstreifens eingegangen. Resümierend kann festgehalten werden, dass der Seitenstreifen von Pkw-Fahrern eine deutlich schlechtere Akzeptanz erfährt als von Lkw-Fahrern und die Hemmschwelle zur Nutzung hier nachweislich höher liegt als bei dem Hauptfahrstreifen eines Regelquerschnitts.

Verfasseranschriften:

M. Sc. C. Recker,
Züblin Spezialtiefbau GmbH,
Abteilung Arbeitsvorbereitung/Work Preparation,
Albstadtweg 1
70567 Stuttgart;
Dipl.-Ing. S. Grošanić,
slavica.grosanic@tum.de,
Technische Universität
München,
Ingenieur fakultät Bau Geo
Umwelt,
Lehrstuhl für Verkehrstechnik,
Arcisstraße 21,
80333 München;
Univ.-Prof. Dr.-Ing. F. Busch,
fritz.busch@tum.de,
Technische Universität
München,
Ingenieur fakultät Bau Geo
Umwelt,
Lehrstuhl für Verkehrstechnik,
Arcisstraße 21,
80333 München

Often, the existing road infrastructure has not been able to measure up to the current amount of traffic demand and as a result, traffic jams have increased. In order to obtain a short-term solution for the transition time until an extension (or full expansion) of the infrastructure may be completed, it is recommended to open the hard shoulder for traffic during peak hours. The acceptance of the hard shoulder by road users was examined as part of a master's thesis (Recker, 2012) at the Chair of Traffic Engineering and Control of the Technical University in Munich. For this, a comparison in the Greater Munich area between an eight-lane motorway cross section and a six-lane one, which allows the additional possibility of temporarily opening the hard shoulder, was drawn. The provided data was clustered according to the purpose of the journey and to the traffic composition before it was evaluated. The results are based on interval estimations with a fixed confidence level of 95 % and are therefore statistically safeguarded. The disencumbering effect of the hard shoulder is assessed based on traffic quotas and contrasted to those of the main lane. Furthermore, the driving behaviour of using the right lane was specifically taken into account. In summary, it can be said that the hard shoulder is received worse by car drivers than by truck drivers. The inhibition threshold for the usage is demonstrably higher than for the main lane of a standard cross section.

1 Einführung

1.1 Hintergrund

Der stetige Zuwachs des Verkehrsaufkommens hat ein Ausmaß angenommen, welches in dieser Form nicht abzusehen war. Allein von 1970 bis heute verdreifachte sich die Anzahl der Pkw. Während in Deutschland heutzutage knapp 90 % der Beförderungsleistungen im Personenverkehr auf der Straße abgewickelt werden, liegt dieser Wert im Güterverkehr bei 70 %, wobei die Tendenz auch hier nach wie vor steigend ist. Auf diese immense Verkehrsbelastung ist das derzeit vorhandene Straßennetz nicht ausgelegt. Es kommt bei Kapazitätsüberschreitungen somit zu Staus, die die deutsche Volks-

wirtschaft jährlich etwa 100 Milliarden € kosten. Dieser Schaden setzt sich aus den Zeitverlusten, den staubedingten Unfällen, dem erhöhten Kraftstoffverbrauch und den daraus wiederum bedingten Abgasemissionen zusammen. Ein Ausbau, teilweise auch Neubau, mancher Autobahnstrecken ist daher unumgänglich. Um auch für die Zeit bis zur Durchsetzung und letztendlichen Ausführung des Ausbaus Abhilfe zu schaffen, sind kurzfristigere Lösungen gefragt. Hier bietet sich die Freigabe des Seitenstreifens bei Kapazitätsengpässen an (Wüst, 2010).

Die Vorteile davon sind offensichtlich: Der zusätzliche Fahrstreifen entlastet den Querschnitt durch die kapazitätserhöhende Wir-

kung, wodurch sich die Verkehrslage entspannt. Dadurch wird die Stauhäufigkeit reduziert und somit auch der oben beschriebene volkswirtschaftliche Schaden. Der Seitenstreifen erfüllt jedoch verschiedene Aufgaben, die im Falle einer Freigabe dann zum Teil nicht mehr wahrgenommen werden können. Die wohl wichtigste Funktion ist das sichere Abstellen liegengeliebener Fahrzeuge. Daneben dient er als Zugang für den Rettungsdienst und Fahrgasse neben Unfallstellen. Außerdem bietet er Raum für gesonderte Verkehrsführungen bei Baustellen und kann vom Betriebsdienst als von der Fahrbahn isolierter Arbeitsraum genutzt werden. Auch Hindernissen kann bei vorhandenem Seitenstreifen ohne Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer ausgewichen

werden. Daher ist er aus Gründen der Verkehrssicherheit weiterhin ein unverzichtbarer Regelbestandteil von Autobahnen. Eine temporäre Seitenstreifenfreigabe kann demnach nur eine Übergangslösung bis zum Ausbau darstellen (Lemke, 2003).

1.2 Ziel der Untersuchung

Die verkehrlichen Wirkungen, die eine temporäre Seitenstreifenfreigabe dabei mit sich bringen, sind verschiedenster Art und können prinzipiell nach primären und sekundären Wirkungen unterschieden werden. Unter den primären Wirkungen versteht man die Folgen einer Freigabe des Seitenstreifens zum einen auf den Verkehrsablauf, zum anderen auf die Verkehrssicherheit. Die positiven Nebeneffekte einer temporären Seitenstreifenfreigabe im Sinne von beispielsweise einer verkürzten Reisezeit, vermindertem Benzinverbrauch und einer geringeren Umweltbelastung als Folge der Emissionen werden dagegen als sekundäre Wirkungen bezeichnet (Arnold, 2001).

Die Verkehrssicherheit betreffend gab es in der Vergangenheit schon diverse Studien. Einerseits ist zwar davon auszugehen, dass durch die verringerte Stauanfälligkeit des Streckenabschnitts mit temporärer Seitenstreifenfreigabe auch ein Rückgang der Anzahl staubedingter Unfälle einhergeht. Andererseits erfüllt der Seitenstreifen eine Reihe von Sicherheitsfunktionen, die bereits eingangs näher erläutert wurden, welche im Falle einer temporären Freigabe des Seitenstreifens wegfielen. Bislang fällt es schwer, die genauen Auswirkungen der temporären Nutzung des Seitenstreifens als Fahrstreifen auf die Verkehrssicherheit zu quantifizieren, da die Ursachenzuweisung bei Unfällen oft nicht eindeutig ist. Nach Arnold (2001) gleichen sich die beschriebenen Vor- und Nachteile in etwa aus, zumindest, wenn der Streckenabschnitt mit temporärer Seitenstreifenfreigabe innerhalb von Ballungsräumen liegt. Weitere Ausblicke zu dieser Thematik geben Brilon (2007), Mathies (2002) oder Lemke (2007).

Der Fokus der folgenden Analyse liegt ausschließlich auf den Auswirkungen einer temporären Seitenstreifenfreigabe auf den Verkehrsablauf, da dessen Optimierung das wesentliche Ziel darstellt. Bei einer Freigabe übernimmt der Seitenstreifen die Funktion des Hauptfahrstreifens. Stjepanovic konnte 2011 bereits nachweisen, dass der Seitenstreifen von den Lkw unmittelbar nach der Freigabe befahren wird. Es wurde daher nun untersucht, ob der Seitenstreifen

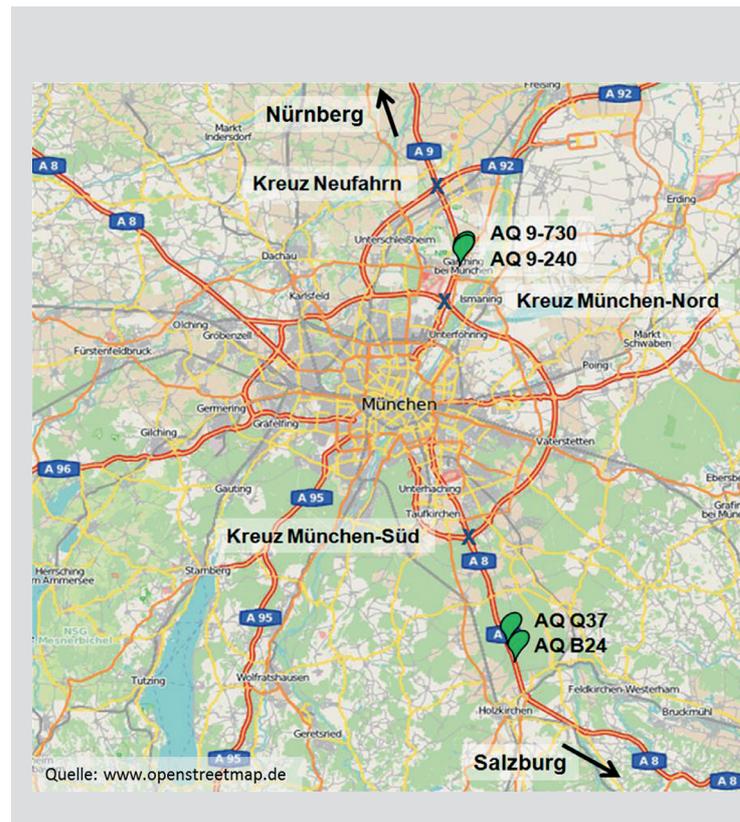


Bild 1: Untersuchungsgebiet (Kartengrundlage aus www.openstreetmap.de)

auch von den Pkw-Fahrern eine ähnliche Akzeptanz erfährt. Schließlich wird die temporäre Seitenstreifenfreigabe nur dann wirklich effizient sein, wenn der Seitenstreifen tatsächlich auch angenommen wird. Dafür wird im Rahmen einer Datenauswertung ein sechsstreifiger Regelquerschnitt, bei dem zusätzlich noch die Möglichkeit der temporären Nutzung des Seitenstreifens besteht, mit einem regulären achtstreifigen verglichen.

2 Datenaufbereitung

2.1 Untersuchungsgebiet

Für die durchgeführten Untersuchungen wurden von der Autobahndirektion Südbayern Verkehrsdaten aus dem Großraum München zur Verfügung gestellt. Die hierfür herangezogenen Querschnitte befinden sich auf der A 9 und auf der A 8-Ost. Im Einzelnen sind dies (Bild 1):

- Anzeigequerschnitt (AQ) 9-730 auf der A 9 in Fahrtrichtung (FR) München bei km 519,350
- AQ 9-240 auf der A 9 in FR Nürnberg bei km 519,615
- AQ Q37 auf der A 8-Ost in FR Salzburg bei km 20,165
- AQ B24 auf der A 8-Ost in FR München bei km 21,910.

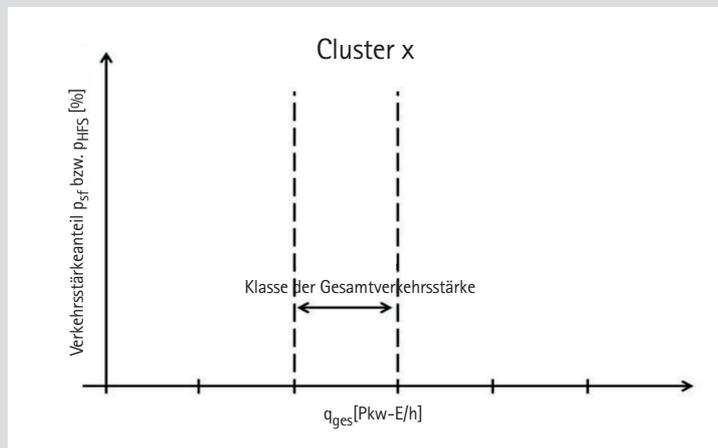
Der mit einer Streckenbeeinflussungsanlage (SBA) ausgestattete Streckenabschnitt, in welchem die beiden Querschnitte der A 9 liegen, ist mit einem durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV) von 126.500 Kfz/24 h bei einem Lkw-Anteil von 8,7 % (Stand: 12/2014, Dauerzählstelle Garching-Nord (S)) in beiden Fahrtrichtungen sehr stark belastet und wurde erst 2006 achtstreifig ausgebaut, sodass nun pro Richtungsfahrbahn vier Fahrstreifen sowie ein Seitenstreifen vorhanden ist. Ein Großteil der Verkehrsbelastung besteht aus Berufspendlern und dem Transitverkehr, da die A 9 zu den bedeutendsten Nord-Süd-Achsen Deutschlands gehört.

Die Querschnitte der A 8-Ost fallen in einen Streckenabschnitt, in welchem im Dezember 2014 ein DTV von 92.000 Kfz/24 h bei einem durchschnittlichen Lkw-Anteil von 9,7 % (Dauerzählstelle Holzkirchen (W)) gemessen wurde. Diese Belastung überschreitet häufig die Kapazität der bislang sechsstreifig ausgebauten Autobahn. Um in solchen Fällen schnell und effektiv Kapazitätsreserven schaffen zu können, wurde die nötige Infrastruktur eingerichtet, um den Seitenstreifen bei Bedarf für den Verkehr freigegeben zu können. Da dies aber keine dauerhafte Lösung darstellen kann, ist der achtstreifige Ausbau der A 8-Ost zwischen dem Autobahnkreuz München-Süd und dem Dreieck Inntal bei Rosenheim in einer Länge von insgesamt 47 km als „Weiterer Bedarf mit Planungsrecht“ im Bundesverkehrswe-

Tabelle 1: Datenumfang (Anzahl aggregierter 5-Minuten-Intervalle)

Querschnitt	Cluster				
	Mo-Do	Fr	Sa	So/Feiertag	Reisewelle
A 9 Fahrtrichtung Nürnberg	2.687	958	960	1.536	2.111
A 9 Fahrtrichtung München	2.687	960	576	1.536	1.344
A 8-Ost Fahrtrichtung München	146	-	-	554	458
A 8-Ost Fahrtrichtung Salzburg	216	258	355	220	674

Bild 2: Prinzipieller Diagrammaufbau



geplan 2003 aufgenommen. Als notwendige Voraussetzung für die Realisierung einer temporären Seitenstreifenfreigabe ist auch auf diesem Streckenabschnitt eine SBA eingerichtet, welche die mit einer Freigabe des Seitenstreifens in der Regel einhergehende Geschwindigkeitsbeschränkung umsetzt. Die A 8-Ost wurde ursprünglich konzipiert, um die Großstadt München an Naherholungsgebiete wie den Tegernsee oder den Chiemsee anzubinden. Bis heute ist ein großer Teil des Verkehrsaufkommens daher auf den Freizeitverkehr zurückzuführen. So wurde beispielsweise der Tagesspitzenwert von 123.000 Kfz/24 h am Freitag, 19.12.2014, erfasst (Busch, 2006, www.abdsb.bayern.de, www.muenchen.ihk.de, www.baysis.bayern.de).

Die Untersuchungsquerschnitte wurden so gewählt, dass die Aufteilung der Verkehrsstärkeanteile auf die Fahrstreifen nicht von Verflechtungsvorgängen an Ein- bzw. Ausfahrten beeinflusst wird.

2.2 Clustering und Datenumfang

Sämtliche Daten, die für die Auswertung herangezogen wurden, sind mithilfe der Software LOTRAN-DQ 2 auf deren Plausibilität geprüft. Zusätzlich wurden noch weitere Plausibilitätsprüfungen nach dem Merkblatt zur Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen

(MARZ, 1999) und dem Hinweispapier „Hinweise zur Qualitätsanforderung und Qualitätssicherung der lokalen Verkehrsdatenerfassung für Verkehrsbeeinflussungsanlagen“ (FGSV, 2006) in Excel manuell durchgeführt. Bei einem Anzeichen von Fehlerhaftigkeit wurden die betroffenen Daten ausnahmslos aussortiert, sodass keine Ersatzwerte in die Analyse einfließen. Anschließend wurden die Daten bestimmten Clustern zugeordnet. Da die Akzeptanz des Seitenstreifens ausschließlich in Abhängigkeit von der Gesamtverkehrsstärke untersucht wurde, konnte dieser Einflussfaktor zuvor bei der Festlegung der Cluster eliminiert werden. Die Cluster wurden daher nur unter Berücksichtigung der Kriterien Fahrzeugzwecke (insbesondere Berufsverkehr, Freizeitverkehr und Reiseverkehr) und Verkehrszusammensetzungen (Lkw-Anteil) gebildet. Damit die Ergebnisse der Analyse auch auf andere Streckenabschnitte übertragbar sind, wurde die Einteilung auf folgende fünf Cluster beschränkt:

1. Cluster Mo-Do:

Alle Werktage von Montag bis Donnerstag, die vorwiegend von Berufsverkehr und hohen Lkw-Belastungen gekennzeichnet sind.

2. Cluster Fr:

Freitage, bei denen zusätzlich zu Berufsverkehr und hohen Lkw-Belastungen

noch der Freizeitverkehr durch den Einfluss des nahenden Wochenendes hinzukommt.

3. Cluster Sa:

Samstage, an denen der Einkaufs- und Freizeitverkehr überwiegt und der Berufsverkehr dagegen nur noch eine untergeordnete Rolle spielt. Auch der Lkw-Anteil erreicht nicht mehr das Ausmaß wie an den anderen Werktagen. Dieses Cluster gilt nicht für die im Juli und August vom Lkw-Fahrverbot betroffenen Samstage (www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht).

4. Cluster So/Feiertag:

Sonn- und Feiertage, an denen der Einfluss des Freizeitverkehrs dominiert. Die gering vorhandene Lkw-Belastung setzt sich aufgrund des Lkw-Fahrverbots von 00:00 Uhr bis 22:00 Uhr aus Pkw mit Anhängern, Wohnmobilen und Bussen zusammen (www.schnelle-online.info).

5. Cluster Reisewelle:

Mit diesem Cluster wird gezielt das Fahrverhalten von Urlaubsreiseverkehr betrachtet. Dies kann sowohl den Beginn oder das Ende von Schulferien betreffen als auch beispielsweise den letzten Werktag vor einem verlängerten Wochenende (Brückentag). Damit ist das Cluster unabhängig von Wochentag und Lkw-Belastung.

Schließlich wurden die Verkehrsstärken noch in Pkw-Einheiten pro Stunde [Pkw-E/h] umgerechnet. Gerade im Cluster Reisewelle werden viele Pkw mit Anhänger als Lkw klassifiziert. Diese gängige Umrechnung ist erforderlich, um eine Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Querschnitten herzustellen. Dafür muss aber in Kauf genommen werden, dass es zu einem Genauigkeitsverlust bei der Abbildung der Verkehrsstärke kommt. Während die Messung in Anzahl an Kraftfahrzeugen pro Stunde [Kfz/h] erfolgt und die Verkehrsstärke damit realitätsgetreu wiedergegeben wird, kommt es bei Verwendung der fiktiven Einheit Pkw-Einheiten pro Stunde [Pkw-E/h] zu einer Verwischung und Verallgemeinerung der Daten. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss daher immer der Lkw-Anteil einbezogen werden. Da die Daten pro Minute vorlagen, wurden diese für die Auswertung zu 5-Minuten-Intervallen aggregiert. Damit sollen kurzzeitige (minutenweise) Ausreißer geglättet werden und Verkehrszustände können besser abgebildet werden. Die Anzahl an 5-Minuten-Intervallen und damit der Datenumfang, der der

Auswertung zugrunde lag, ist je Querschnitt und Cluster in Tabelle 1 dargestellt. Es wurden ausgewählte Daten aus dem Zeitraum April–Juli 2011 verwendet (Brilon, 2007, Mattheis, 2002).

3 Statistische Grundlagen der Datenauswertung

Damit für die verschiedenen Verkehrsbelastungen eine statistisch abgesicherte Aussage getroffen werden konnte, wurden die Ergebnisse mithilfe der Intervallschätzung abgebildet. Dieses Verfahren baut auf dem der Punktschätzung auf.

3.1 Punktschätzung

Die Ergebnisse wurden anhand von Diagrammen veranschaulicht, die dem Muster in Bild 2 folgen.

Im ersten Teil der Auswertung wurde für jedes Cluster die Abhängigkeit des Verkehrsstärkeanteils auf dem Seitenstreifen (p_{SF}) bei den Querschnitten der A 8-Ost bzw. Hauptfahrstreifen (p_{HFS}) im Falle der A 9 von der Gesamtverkehrsstärke (q_{ges}) untersucht, wobei sich der Anteil wie folgt berechnet:

$$p_i = \frac{q_i}{p_{ges}} \cdot 100 \quad [\%]$$

mit:

$i = SF$ bzw. HFS .

Dieser Zusammenhang wurde 2011 bereits von Imhof analysiert, wenngleich er nicht nach Clustern unterschied. Er teilte die Spanne der Gesamtverkehrsstärke in Bereiche definierter Breite ein. Sortiert man nun die Daten entsprechend dieser Gesamtverkehrsstärkeklassen, ergeben sich Stichproben unterschiedlichen Datenumfangs. Für jede dieser Stichproben wurden der Mittelwert und die Streuung des Verkehrsstärkeanteils ermittelt, sodass im Diagramm dann pro Klasse zwei Punkte eingetragen sind. Diese Methode wird auch Punktschätzung genannt.

Bei dieser wird versucht, mithilfe des arithmetischen Mittels \bar{X} einer Stichprobe den Erwartungswert μ einer Grundgesamtheit abzuschätzen. Während letzterer ein fester, aber unbekannter Wert bleibt, ist der Schätzwert \bar{X} von der Realisierung der Stichprobe abhängig. Er ist folglich eine Funktion der Stichprobe und unterliegt ebenfalls einer bestimmten Verteilung. Damit ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Punktschätzer genau dem unbekanntem Parameter entspricht, gleich Null. Die Vertrauenswürdigkeit dieses Schätzers wird üblicherweise mit der Streu-

ung s der Stichprobe beschrieben (Fahrmeir, 2010, Mosler, 2011). Auch in der hier vorgestellten Masterarbeit wurden Klassen der Gesamtverkehrsstärke gebildet. Für die vorliegenden Daten erwies sich eine Breite von 700 Pkw-E/h als zweckmäßig. Es ergaben sich die Klassen 100–799 Pkw-E/h, 800–1.499 Pkw-E/h usw. Die weitere Auswertung erfolgte dagegen mit dem Verfahren der Intervallschätzung, da sich hiermit die Repräsentativität der Ergebnisse ziemlich genau einschätzen lässt.

3.2 Intervallschätzung

Im Gegensatz zur Punktschätzung hat man hier nicht nur einen einzelnen Wert, sondern ein Intervall, das Konfidenzintervall, zum Ergebnis. Sowohl die Länge als auch die Lage dieses Intervalls hängen von der Stichprobe ab. Folglich ergibt sich für jede konkrete Realisierung ein anderes Intervall. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Methode auch ein Intervall hervorbringt, welches den gesuchten Parameter enthält, kann über das Vertrauens- oder auch Konfidenzniveau γ beschrieben werden. Dieses kann je nach Anwendungsfall frei gewählt werden. Um

eine hohe Aussagekraft der Ergebnisse zu erzielen, sind γ -Werte im Bereich von 0,90, 0,95 oder 0,99 empfehlenswert. Von entscheidender Bedeutung ist hierbei die richtige Interpretation von γ . Dies ist nicht die Wahrscheinlichkeit, mit der sich der unbekannte Parameter im ermittelten Intervall befindet. Tatsächlich wird es so sein, dass der Parameter entweder in dem ermittelten Intervall liegt oder nicht. Das Konfidenzniveau γ ist vielmehr als eine Eigenschaft zu sehen, die dem Schätzverfahren anhängt. Wendet man die Methode der Intervallschätzung auf beliebig viele verschiedene Stichproben an, so wird mit wachsender Anzahl an Stichproben die relative Häufigkeit der Intervalle, die den Parameter überdecken, gegen γ konvergieren (Degen 2011, Fahrmeir, 2010).

Für die gegebene Aufgabenstellung, die Schätzung des Erwartungswerts μ für die Verkehrsstärkeanteile p_{SF} bzw. p_{HFS} , wurde das Konfidenzniveau zu $\gamma = 0,95$ festgesetzt. Zur Berechnung der Intervallgrenzen konnte folgende Formel hergeleitet werden:

$$\left[\bar{x} - 1,96 \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}, \bar{x} + 1,96 \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \right] \quad \text{für } n \geq 40.$$

Frühbucherrabatt bis zum 31. Januar 2016

ITS Germany

C2X 2016

1. Deutscher Kongress am 1. / 2. März 2016 im House of Logistics and Mobility in Frankfurt am Main

Programm und Anmeldung: www.c2x-congress.de

ITS Germany e.V.
Deutsche Gesellschaft für intelligente Transportsysteme

Bild 3: Konfidenzintervall für den Erwartungswert μ

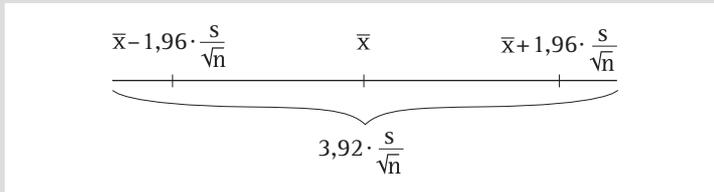


Bild 4: Lkw-Anteile am Gesamtquerschnitt

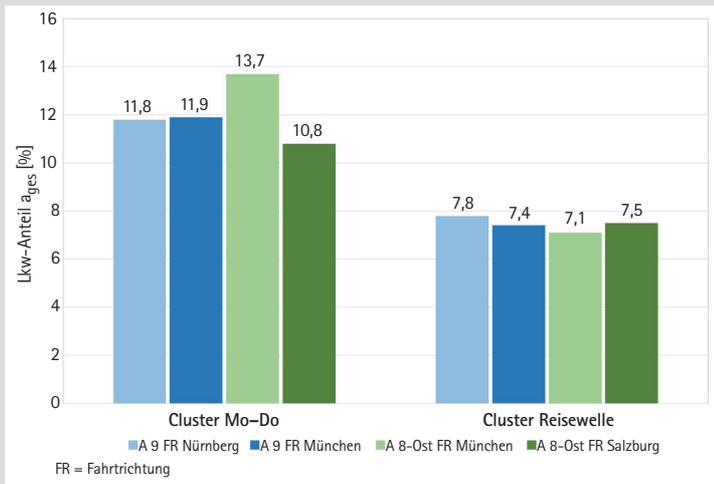
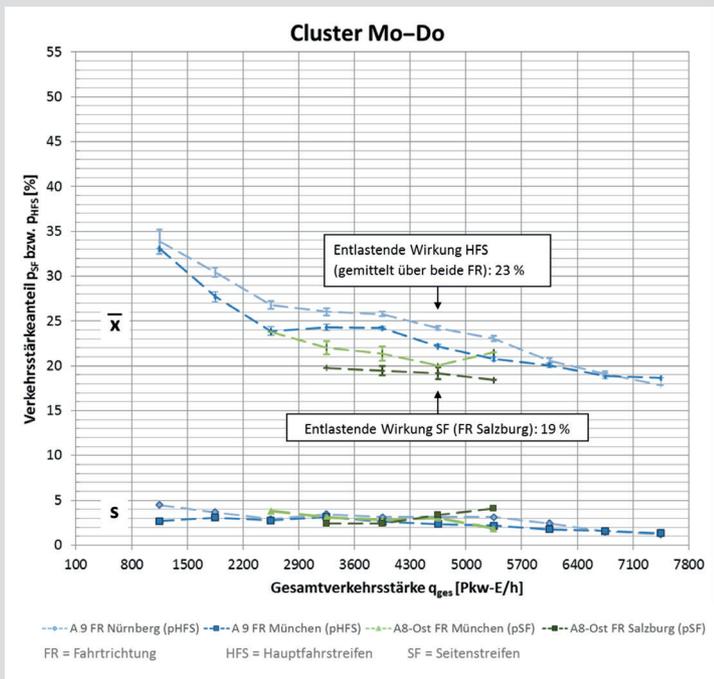


Bild 5: Verkehrsstärkeanteil (Cluster Mo-Do)



Demnach kann das Intervall nur für Stichproben mit einem Umfang $n \geq 40$ ermittelt werden, sonst hat die Formel keine Gültigkeit.

Anschaulich ist das Konfidenzintervall in Bild 3 dargestellt. Es wird nochmal deutlich, dass auch für die Intervallschätzung ein Punktschätzwert in Form des arithmetischen Mittels \bar{X} benötigt wird. Damit basiert die Methode der Intervallschätzung auf der Punktschätzung. Das arithmetische Mittel \bar{X} liegt dabei stets in der Mitte des symmetrischen Intervalls.

Somit gestaltet sich der Aufbau der nachfolgenden Ergebnis-Diagramme wie folgt: (Bilder 5 bis 10)

Der Verkehrsstärkeanteil pro Klasse der Gesamtverkehrsstärke wird mithilfe von jeweils zwei Punkten je Querschnitt beschrieben. Der obere Punkt ist der Mittelwert der Daten, die der entsprechenden Klasse zugeordnet werden konnten. Dabei wurden nur Stichprobenmengen mit $n \geq 3$ berücksichtigt. Falls $n \geq 40$ zutrifft, kann das Konfidenzintervall, das symmetrisch zum Mittelwert liegt, mit angezeigt werden. Es

überdeckt den tatsächlichen Erwartungswert μ mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 %. Ergänzend ist die Streuung s der Stichprobe über den unteren Punkt angegeben. Zwischen der Länge des Konfidenzintervalls und der Streuung besteht eine lineare Abhängigkeit. Die Punkte, die zu einem Querschnitt gehören, werden jeweils über eine gestrichelte Linie miteinander verbunden, um Trends besser zu verdeutlichen.

4 Ergebnisse der Analyse

Die Akzeptanz des Seitenstreifens durch die Verkehrsteilnehmer wird im Folgenden daran gemessen, wie groß der Verkehrsstärkeanteil p_{SF} auf den Seitenstreifen der A 8-Ost insbesondere bei hohen Gesamtverkehrsstärken im Vergleich zum Verkehrsstärkeanteil p_{HFS} auf den Hauptfahrstreifen der A 9 ist. Im Anschluss daran wird speziell das Fahrverhalten der unterschiedlichen Fahrzeugkategorien hinsichtlich der Nutzung des rechten Fahrstreifens untersucht.

4.1 Quantifizierung der entlastenden Wirkung einer temporären Seitenstreifenfreigabe

Durch die Umnutzung des Seitenstreifens als Fahrstreifen ist der Querschnitt in der Lage, auch höhere Gesamtverkehrsstärken stabil abzuführen. Die temporäre Seitenstreifenfreigabe wirkt demnach entlastend auf den Verkehrszustand. Für die Quantifizierung der entlastenden Wirkung werden nachfolgend die Ergebnisse der Auswertung in Verkehrsstärkeanteil-Diagrammen beispielhaft für die Cluster Mo-Do und Reisewelle dargestellt. Vorab zeigt Bild 4 für jedes dieser beiden Cluster eine Übersicht über den Lkw-Anteil am Gesamtquerschnitt a_{ges} , welcher für eine richtige Interpretation der nachfolgenden Diagramme wichtig ist.

Allgemein gestaltet sich die Aufteilung des Verkehrs auf die vorhandenen Fahrstreifen sehr unterschiedlich. Während sich bei niedrigen Gesamtverkehrsstärken aufgrund des Rechtsfahrgebots nach § 2 der StVO der Großteil der Fahrzeuge auf dem rechten Fahrstreifen befindet, sollte mit zunehmender Gesamtverkehrsstärke eine Vergleichmäßigung erfolgen. Bei dichtem bis zähfließendem Verkehr würde demnach im Fall von vier Fahrstreifen eine Aufteilung von 25 % auf jeden Fahrstreifen den Idealfall darstellen. Da aber die Verkehrsteilnehmer dazu neigen, auf dem linken Fahrstreifen kleinere Abstände in Kauf zu nehmen, sieht die Verteilung in der Realität anders aus (Brilon, 2007).

Verschiedene Studien zeigen, dass sich die Gesamtverkehrsstärke bei hohem Verkehrsaufkommen nicht gleichmäßig über den Querschnitt verteilt. Bereits 1984 ermittelte Busch empirisch die Verkehrsstärkeanteile für dreistreifige Richtungsfahrbahnen. Für den Hauptfahrstreifen ergab sich dabei ein Anteil von 18 %. Dagegen wird der linke Fahrstreifen mit exakt der Hälfte der Verkehrsbelastung am stärksten beansprucht. Ursache dieser ungleichförmigen Verteilung ist, dass von den Verkehrsteilnehmern bei einem Fahrstreifenwechsel nach links auch kleinere Zeitlücken genutzt werden als bei einem Fahrstreifenwechsel nach rechts, (Sparmann, 1978). Aufgrund der anwachsenden Verkehrsbelastung sind in der heutigen Zeit immer mehr vier- bis teilweise auch fünfstreifige Autobahnen im Streckennetz vertreten. Daher geben aktuelle Untersuchungen wie die von Geistefeldt (2007) Aufschlüsse über das Fahrverhalten und den Verkehrsablauf auf Autobahnen mit vierstreifigen Richtungsfahrbahnen. Für Querschnitte auf freier Strecke und mit ausreichender Entfernung zu Knotenpunkten erhielt er für den Hauptfahrstreifen Anteile von 10 bis 12 %, im Vergleich dazu für den ganz linken Fahrstreifen Anteile von 36 %. Darüber hinaus untersuchte er einen Querschnitt auf der A 8-Ost, welcher sich im Bereich einer Verkehrsbeeinflussungsanlage befindet. Durch Anzeige von Geschwindigkeitsbeschränkungen wird bei hohen Verkehrsstärken versucht, den Verkehrsfluss zu harmonisieren und somit einen Verkehrszusammenbruch zu umgehen bzw. zeitlich hinauszuzögern. Die Wirkung der Verkehrsbeeinflussungsanlage zeigt sich auch bei der Aufteilung der Verkehrsbelastung auf die Fahrstreifen. Es wurde auf dem Hauptfahrstreifen ein Anteil von 18 % gemessen, dagegen auf dem ganz linken Fahrstreifen ein Anteil von 32 %. Vermutlich erhoffen sich die Verkehrsteilnehmer von einem Wechsel auf die linken Fahrstreifen weniger Reisezeitvorteile, wenn die Geschwindigkeit ohnehin begrenzt wird. Weitere Ausblicke gibt Schöpplein (2013) in „Integration fahrstreifenbezogener Kenngrößen und seitlicher Detektionsdaten in ein makroskopisches Verkehrsflussmodell für dreistreifige Richtungsfahrbahnen“.

Cluster Mo-Do

Im Vergleich zu den anderen Clustern können im Cluster Mo-Do (Bild 5) die höchsten Verkehrsstärken verzeichnet werden. Diese treten auf der A 9 in beiden Fahrrichtungen auf und fallen in die Gesamtverkehrsstärke-

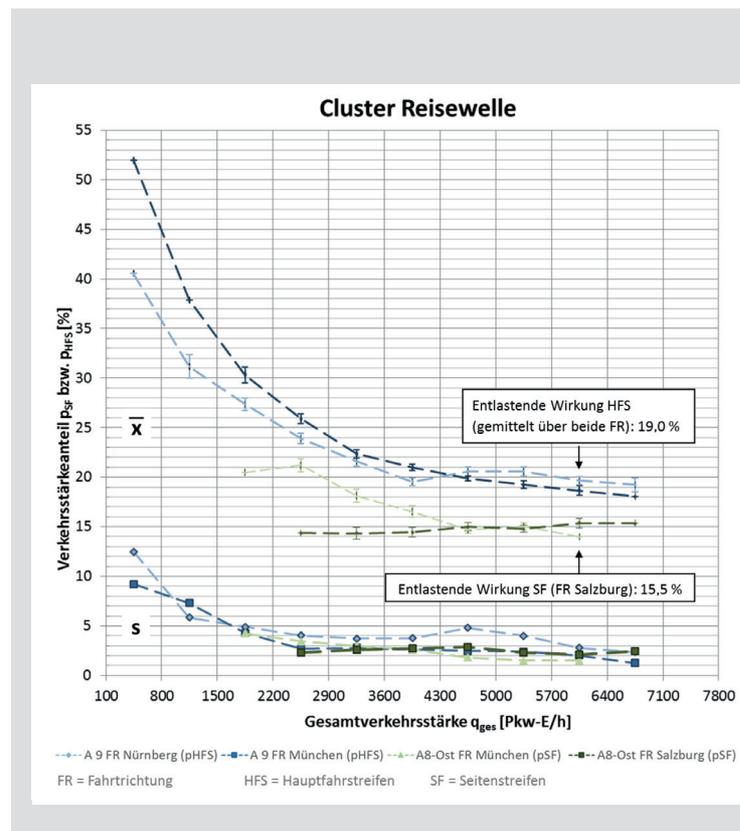


Bild 6: Verkehrsstärkeanteil (Cluster Reisewelle)

klasse 7.100–7.799 Pkw-E/h. Dagegen werden auf der A 8-Ost nur bis zu ca. 5.700 Pkw-E/h erreicht. Da der Seitenstreifen bei geringem Verkehrsaufkommen nicht freigegeben wird, liegen in diesem Bereich für die A 8-Ost auch keine Daten vor.

Die oberen beiden Kurven der A 9, die den Mittelwert darstellen, verlaufen über weite Bereiche nahezu parallel. Auffallend ist die fast horizontale Stufe zwischen ca. 2.500 Pkw-E/h und 4.000 Pkw-E/h, bei der sich der Verkehr zunächst auf einen mittleren Anteil von etwa 25 % auf dem Hauptfahrstreifen einpendelt. Bei weiter zunehmender Verkehrsstärke sinkt dieser wieder. Bei hoher Verkehrsbelastung kann schließlich ein mittlerer Anteil der Verkehrsstärke von etwa 18,5 % festgestellt werden. Obwohl an beiden Querschnitten der A 9 etwa gleiche Lkw-Anteile vorliegen (Bild 4), ist der Verkehrsstärkeanteil in Fahrtrichtung München fast immer niedriger als in der Gegenrichtung. Diese Beobachtung wird sich später in Abschnitt 4.2 nochmal bestätigen und anhand des Fahrverhaltens der Pkw-Fahrer begründet.

Im Vergleich zur A 9 liegen die Kurven der A 8-Ost deutlich unterhalb, vor allem in den statistisch durch Intervallschätzung abgesicherten Bereichen. In der Klasse von 3.600–4.299 Pkw-E/h sind die Anteile im Mittel um 4,5 % geringer als die der A 9. Der markant hohe Lkw-Anteil auf der A 8-Ost Fahrtrichtung München an den Tagen Mo-Do (Bild

4) erklärt den zur Gegenrichtung stets größeren Anteil an der Gesamtverkehrsstärke. Dennoch befindet sich die Kurve immer noch weit unter denen der A 9. Daraus lässt sich ableiten, dass weniger Pkw den Seitenstreifen befahren als den Hauptfahrstreifen eines regulären Querschnitts. Eventuell wirkt gerade dieser hohe Lkw-Anteil auf dem Seitenstreifen für die Pkw-Fahrer abschreckend. Die entlastende Wirkung bei hohen Gesamtverkehrsstärken kann für die A 8-Ost Fahrtrichtung Salzburg mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % zu ca. 19 %, für die A 9 für beide Fahrrichtungen im Schnitt zu ca. 23 %, festgelegt werden.

Bei den Streuungen sind keine größeren Auffälligkeiten zu bemerken. Sie unterliegen den üblichen statistischen Schwankungen und zeigen zumindest bei der A 9 und der A 8-Ost Fahrtrichtung München den zu erwartenden Trend, mit größeren Gesamtverkehrsstärken abzunehmen. Dies liegt daran, dass geringe Verkehrsstärken im Allgemeinen sowohl dem stabilen als auch dem instabilen Verkehrszustand zugeordnet werden können. Bei ersterem ist mit hohen Verkehrsstärkeanteilen auf dem rechten Fahrstreifen zu rechnen, bei letzterem dagegen mit niedrigen. Dieser Umstand wird durch die höheren Streuungen wiedergegeben.

Cluster Reisewelle

Im Cluster Reisewelle (Bild 6) werden auf allen Querschnitten ausgenommen der

Bild 7: Lkw-Anteil auf dem Seitenstreifen bzw. Hauptfahrstreifen (Cluster Mo-Do)

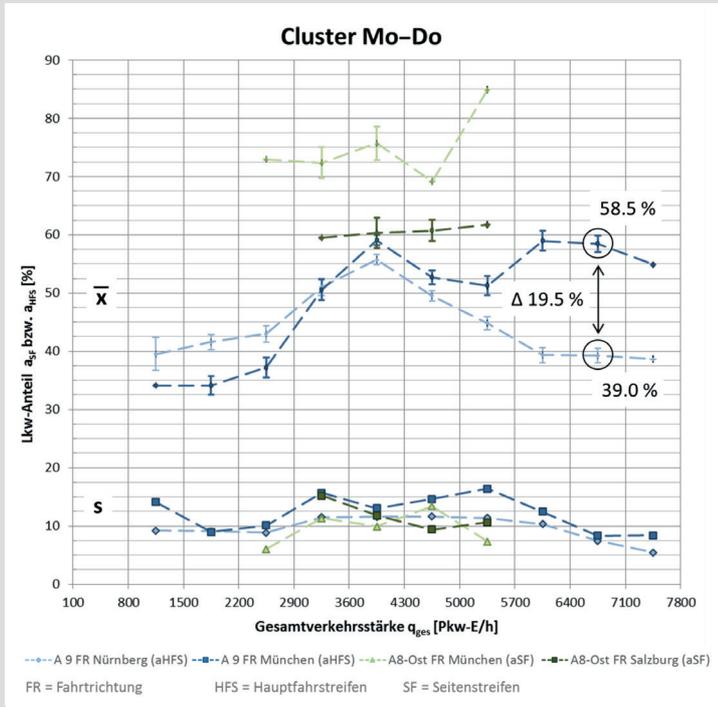
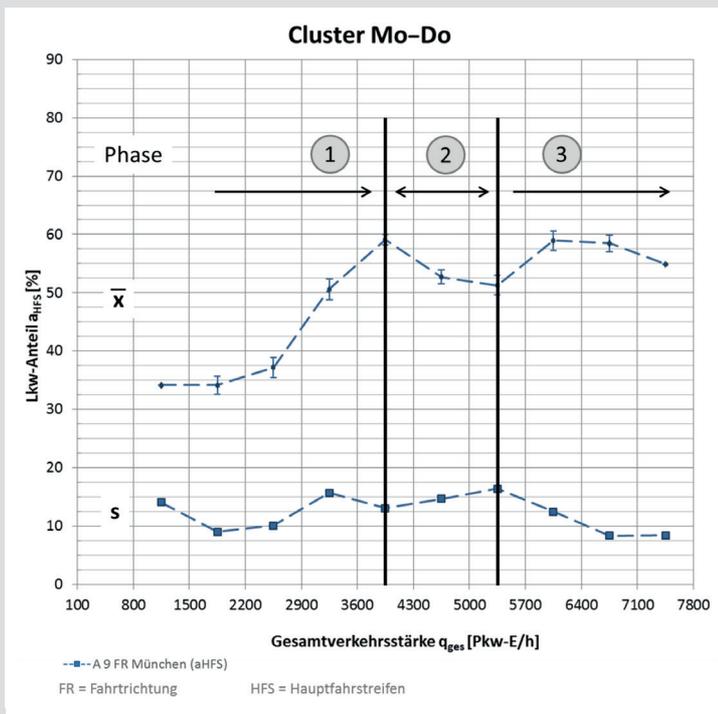


Bild 8: Phaseinteilung am Beispiel der A 9 Fahrtrichtung München



A 8-Ost Fahrtrichtung München (hier bis etwa 6.400 Pkw-E/h) sehr hohe Verkehrsstärken von bis zu ca. 7.100 Pkw-E/h beobachtet.

Die Linien der Mittelwerte über die Verkehrsstärkeklassen der A 9 verlaufen erneut stark parallel, jedoch überraschenderweise mit einem sprunghaften Wechsel dazwischen. Dies könnte unter Umständen mit dem Lkw-Anteil zusammenhängen, der sich mengenmäßig zwischen dem an Werktagen und dem an Feiertagen befindet (Bild 4). Bei

größeren Gesamtverkehrsstärken wird dann offensichtlich von den Pkw-Fahrern wieder der Hauptfahrstreifen bevorzugt, der sich bereits bei hoher Lkw-Belastung wie im Cluster Mo-Do (Bild 5) bewährt hat. Das entspräche folglich dem in Fahrtrichtung Nürnberg.

Dagegen liegen bei der A 8-Ost die Verkehrsstärkeanteile wiederholt allesamt unter denen der A 9. Dabei werden diesmal in Fahrtrichtung München bei geringen Verkehrsstärken Anteile von 21 % erreicht. In

Fahrtrichtung Salzburg dagegen ist der Verlauf konstant bis leicht zunehmend, entspricht aber bei hohen Verkehrsstärken in etwa dem der Gegenrichtung. Zusammen mit dem Ergebnis des Clusters Mo-Do kann man schlussfolgern, dass der Seitenstreifen in Fahrtrichtung München eine bessere Akzeptanz seitens der Verkehrsteilnehmer erfährt als in Fahrtrichtung Salzburg. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt die entlastende Wirkung für die A 9 im Schnitt bei ca. 19 %, für die A 8-Ost Fahrtrichtung Salzburg bei ca. 15,5 %.

4.2 Abbildung des Fahrverhaltens bei der Nutzung des Seitenstreifens

Im Folgenden wird der Zusammenhang zwischen dem Lkw-Anteil auf dem Seitenstreifen bzw. Hauptfahrstreifen und der Gesamtverkehrsstärke untersucht. Im Allgemeinen wächst mit zunehmender Gesamtverkehrsstärke der Anteil an Pkw stärker an als der an Lkw. Von letzteren ist tagsüber für gewöhnlich eine nahezu konstante Grundlast auf den Autobahnen vorhanden. Daher kann man bei einer Änderung des Lkw-Anteils auf dem Seitenstreifen bzw. Hauptfahrstreifen direkt auf das Fahrverhalten der Pkw-Fahrer in Bezug auf die Nutzung des rechten Fahrstreifens schließen. Die nachfolgenden Diagramme zeigen wieder beispielhaft für die Cluster Mo-Do und Reisevulle den Verlauf des Lkw-Anteils auf dem Seitenstreifen (a_{SF}) bzw. Hauptfahrstreifen (a_{HFS}) aufgetragen über den Klassen der Gesamtverkehrsstärke. Der Aufbau der Diagramme ist analog zu dem der Verkehrsstärkeanteil-Diagramme.

Cluster Mo-Do

Für das Cluster Mo-Do (Bild 7) kann mit den Daten der A 9 eine weite Spanne der Gesamtverkehrsstärke, die zum Großteil statistisch abgesichert ist, abgedeckt werden. Es ergibt sich ein zunächst unerwartetes, aber zumindest ähnliches Bild für beide Fahrtrichtungen der A 9. Auch bei der Auswertung der anderen Cluster hat sich gezeigt, dass die Kurven wiederholt diesem Muster folgen.

Dabei kann der Verlauf in drei Phasen eingeteilt werden. Dies wird am Beispiel der A 9 Fahrtrichtung München in Bild 8 veranschaulicht.

In Phase 1 ist ein fast linearer Anstieg des Lkw-Anteils auf dem Hauptfahrstreifen bis zur Klasse 3.600–4.299 Pkw-E/h zu verzeichnen. Es muss demzufolge zu einer Sortierung der Lkw-ähnlichen und Pkw-

ähnlichen Fahrzeuge auf den Fahrstreifen kommen. Während sich die Lkw unverändert auf dem Hauptfahrstreifen fortbewegen, wechseln immer mehr Pkw, die sich dem Rechtsfahrgebot zufolge bei geringen Verkehrsstärken auf dem Hauptfahrstreifen aufhielten, auf den linken Fahrstreifen. Dieser Effekt scheint sich selbst zu verstärken, denn je höher der Lkw-Anteil auf dem Hauptfahrstreifen ist, umso unattraktiver wirkt er wiederum auf die Pkw-Fahrer. Bei einer Gesamtverkehrsstärke von etwa 4.000 Pkw-E/h wird schließlich ein Maximum von 59 % in Fahrtrichtung München bzw. von 55,5 % in Fahrtrichtung Nürnberg (Bild 7) erreicht, bevor die Kurven wieder fallen und die Phase 2 beginnt.

Hier ist das Verkehrsaufkommen offenbar an einem Punkt angekommen, an dem die Pkw-Fahrer nun auch die Lücken zwischen den Lkw auf dem Hauptfahrstreifen vermehrt nutzen. Während der Lkw-Anteil in Fahrtrichtung Nürnberg (Bild 7) kontinuierlich abnimmt, zeigt er in Gegenrichtung ab Verkehrsstärken von etwa 6.000 Pkw-E/h erneut eine ansteigende Tendenz, die 3. Phase.

Eine plausible Erklärung dafür ist, dass sich die Pkw-Fahrer bei der erhöhten Verkehrsdichte zwischen den Lkw schneller eingengt fühlen als zwischen den Pkw auf dem linken Fahrstreifen, wenngleich die Verkehrsdichte dort in der Regel noch größer ist. Auch aus Abschnitt 4.1 ging bereits hervor, dass der Hauptfahrstreifen in Fahrtrichtung Nürnberg unter der Woche von Mo-Do besser angenommen wird als der in Fahrtrichtung München. Dies könnte ebenso der Grund dafür sein, warum sich die Pkw-Fahrer auch bei höheren Verkehrsdichten zwischen den Lkw sicher zu fühlen scheinen und somit eine 3. Phase entfällt.

Bei Verkehrsstärkespitzen von bis zu 7.100 Pkw-E/h ergeben sich mit einer statistischen Sicherheit von 95 % in Fahrtrichtung München Lkw-Anteile auf dem Hauptfahrstreifen von 58,5 %, in Fahrtrichtung Nürnberg dagegen von nur 39 %. Dies entspricht einer nicht unwesentlichen Differenz von 19,5 % (Bild 7).

Für die Querschnitte an der A 8-Ost (Bild 7) mit temporärer Nutzung des Seitenstreifens liegen nur jeweils zwei statistisch abgesicherte Datenpunkte vor. In Fahrtrichtung Salzburg stimmt der Lkw-Anteil in der Klasse 3.600–4.299 Pkw-E/h mit 60,5 % sogar beinahe mit dem der A 9 Fahrtrichtung München überein. Allerdings ist im Gegensatz zur A 9 in der darauffolgenden Klasse kein Abwärtstrend zu beobachten,

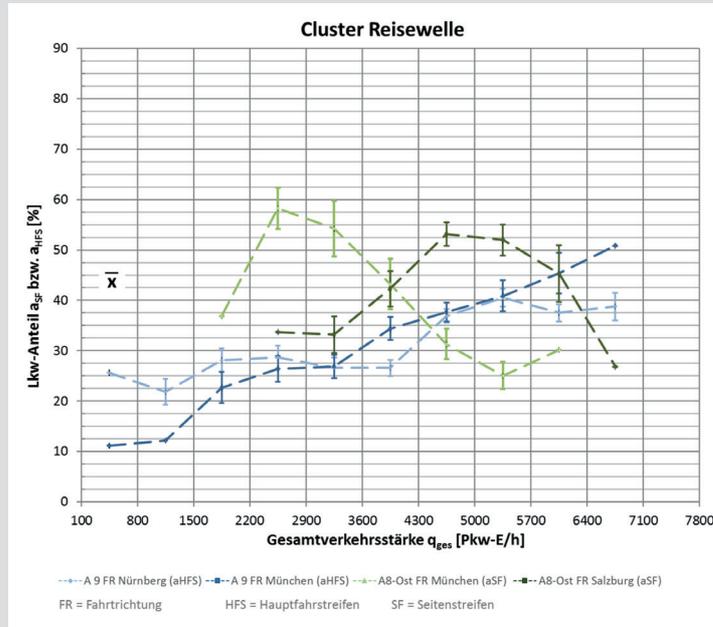


Bild 9: Mittelwerte der Lkw-Anteile auf dem Seitenstreifen bzw. Hauptfahrstreifen (Cluster Reisewelle)

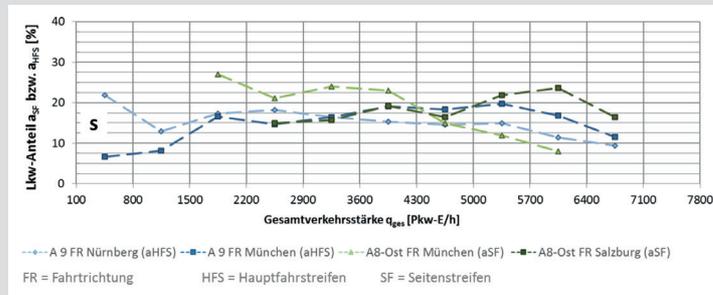


Bild 10: Streuung der Lkw-Anteile auf dem Seitenstreifen bzw. Hauptfahrstreifen (Cluster Reisewelle)

sondern eher noch ein leichter Zuwachs. Das bedeutet, dass der Sortierungseffekt (Phase 1) noch nicht abgeschlossen ist und die Verkehrsteilnehmer die Lücken zwischen den Lkw auf dem Seitenstreifen (noch) nicht nutzen. Eine Änderung dieses Verhaltens zeichnet sich auch nicht ab. Die Kurve der A 8-Ost Fahrtrichtung München weist mit Abstand die größten Lkw-Anteile auf dem Seitenstreifen auf, wobei hier im Cluster Mo-Do der Lkw-Anteil insgesamt mit 13,7 % auch außerordentlich hoch war (Bild 4). Da der letzte Datenpunkt mit ca. 85 % nur auf einem Stichprobenumfang von vier beruht und dem davorliegenden eine verhältnismäßig große Streuung zuzuordnen

ist, kann hier die weitere Entwicklung der Kurve nicht mit Bestimmtheit vorausgesagt werden. Somit kann auch für die Fahrtrichtung München keine Phase 2, bei der es wieder zu einer Vermischung der Fahrzeugkategorien wie im Falle der A 9 kommt, ausgemacht werden.

Cluster Reisewelle

Da es beim Cluster Reisewelle zu Überlappungen der Kurven gekommen wäre, werden die Mittelwerte und die Streuungen in separaten Diagrammen (Bilder 9 und 10) dargestellt. Man kann sofort erkennen, dass die A 8-Ost und die A 9 von zwei grund-



Tabelle 2: Vergleich der Ergebnisse mit bestehender Literatur

Quelle	Verkehrsstärkeanteil in [%] auf dem ...	
	... Hauptfahrstreifen	... Seitenstreifen
Geistefeldt (2007) ohne SBA-Einfluss	10–12	–
Geistefeldt (2007) mit SBA-Einfluss	18	–
Recker (2012) mit SBA-Einfluss	17–23	13,5–19

sätzlich verschiedenen Kurvenverläufen repräsentiert werden. Die Lkw-Anteile auf der A 9 wachsen mit zunehmender Gesamtverkehrsstärke an, wobei sich ein Ende oder ein Maximum nicht abzeichnet. Das bedeutet, dass die Pkw-Fahrer den Hauptfahrstreifen nur bei geringen Verkehrsstärken befahren, um das Rechtsfahrgebot zu befolgen. Bei höherem Verkehrsaufkommen wird dieser jedoch mehr und mehr gemieden und es findet wieder eine Sortierung der Fahrzeugkategorien (Phase 1) statt. Die weiteren Phasen, die im Cluster Mo-Do beobachtet werden konnten, scheint es hier nicht zu geben. Da die Lkw-Anteile insgesamt in diesem Cluster aber nicht besonders groß sind (Bild 4), kann dies nicht der ausschlaggebende Grund dafür sein. Vielmehr scheinen die Urlauber unter einem gewissen zeitlichen Druck zu stehen und versuchen daher, auf den linken Fahrstreifen schneller voranzukommen.

Im Gegensatz zur A 9 ist am Verlauf der Datenpunkte der A 8-Ost auch deutlich die Phase 2 der anschließenden Vermischung zu erkennen. Das Maximum der Sortierung und zugleich die Hemmschwelle zur Nutzung des Seitenstreifens befindet sich in Fahrtrichtung München bereits in der Klasse von 2.200–2.899 Pkw-E/h. Drei Gesamtverkehrs-

stärkeklassen darüber, aber damit immer noch relativ früh, liegt der Phasenwechsel in Fahrtrichtung Salzburg. Wiederum scheint also der Seitenstreifen in Fahrtrichtung München besser angenommen zu werden. Eine mögliche Erklärung für die niedrigen Schwellen könnte der hohe Anteil an ortsunkundigen bzw. ausländischen Verkehrsteilnehmern in diesem Cluster sein, die die Verkehrsschilder der temporären Seitenstreifenfreigabe vermutlich falsch interpretieren. Obwohl zumindest eine Phase 2 ausgemacht werden konnte, liegt der Großteil der Lkw-Anteile immer noch über denen der A 9. Daher muss nach wie vor von einer geringeren Akzeptanz des Seitenstreifens gegenüber dem Hauptfahrstreifen ausgegangen werden.

5 Zusammenfassung und Fazit

Für die Untersuchung der Auswirkungen einer temporären Seitenstreifenfreigabe speziell auf den Verkehrsablauf wurde der sechsstreifige Regelquerschnitt der A 8-Ost, bei welchem zusätzlich der Seitenstreifen bei Bedarf freigegeben werden kann, mit dem achtstreifigen Regelquerschnitt der A 9 bei München verglichen. Die entlastende Wirkung infolge einer temporären Nutzung des Seitenstreifens wurde über den Verkehrsstärkeanteil auf dem Seitenstreifen bei hohen Gesamtverkehrsstärken quantifiziert und dem entsprechenden auf dem Hauptfahrstreifen der A 9 gegenübergestellt. Um verschiedene Verhaltensweisen bei den Verkehrsteilnehmern aufzudecken, wurde diese Untersuchung für diverse Cluster durchgeführt. Diese wurden unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Verkehrszusammensetzungen und Fahrtzwecke gebildet. So ergaben sich die Cluster Mo-Do, Fr, Sa, So/Feiertag und gesondert das Cluster Reise-welle.

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist, stimmen die bereits vorhandenen Erkenntnisse aus der Fachliteratur zur Fahrstreifenaufteilung

auf vierstreifigen Richtungsfahrbahnen gut mit den Ergebnissen der vorgestellten Masterarbeit überein. Hier bewegten sich die Anteile auf dem Hauptfahrstreifen des Regelquerschnitts der A 9 abhängig vom Cluster zwischen 17 und 23 %. Dagegen lag die entlastende Wirkung durch die Freigabe des Seitenstreifens auf der A 8-Ost nur zwischen 13,5 und 19 %. Abhängig vom Cluster lagen hier die Werte 3,5 bis maximal 6,5 % unter denen der A 9. In allen Fällen wurden die höchsten Werte jedoch im Cluster Mo-Do erreicht, in dem meist Pendler auf den Strecken um München unterwegs sind, denen die Freigabe des Seitenstreifens vertrauter ist. Ebenfalls ist in diesem Cluster die Lkw-Belastung hoch und wie sich zeigte, wird der Seitenstreifen als temporärer Fahrstreifen von den Lkw-Fahrern gut angenommen. Bei der Bewertung der Ergebnisse muss zudem berücksichtigt werden, dass auf den beiden Autobahnen unterschiedliche Steuerungsverfahren in den SBA implementiert sind. Der Schaltalgorithmus INCA (Denaes 2009) auf der A 9 greift etwas früher in das Verkehrsgeschehen ein als der Algorithmus nach MARZ auf der A 8-Ost. Dadurch verteilt sich der Verkehr auf der A 9 etwas gleichmäßiger auf die Fahrstreifen und höhere Verkehrsstärkeanteile auf dem rechten Fahrstreifen sind die Folge (Imhof, 2011). Des Weiteren konnte beobachtet werden, dass der Seitenstreifen auf der A 8-Ost in Fahrtrichtung München eine bessere Akzeptanz seitens der Verkehrsteilnehmer erfährt als der in der Gegenrichtung. Auch bei niedrigeren Gesamtverkehrsstärken wurde in Fahrtrichtung München das Rechtsfahrgebot sehr viel besser befolgt. Das zeigt, dass es weiterhin von den Randbedingungen im Einzelfall abhängt, wie gut ein temporär zur Verfügung stehender Seitenstreifen tatsächlich angenommen wird. Explizite Gründe für dieses Verhalten konnten im Rahmen dieser Arbeit nicht festgestellt werden.

Zusätzlich wurde für die Untersuchung der Akzeptanz des Seitenstreifens das Fahrverhalten der Pkw-Fahrer bei der Nutzung des Seitenstreifens näher beleuchtet. Dafür wurde die Abhängigkeit des Lkw-Anteils auf dem Seitenstreifen von der Gesamtverkehrsstärke getrennt für jedes Cluster analysiert. Die Grundidee dahinter ist, dass infolge einer nahezu konstanten Lkw-Belastung bei einer Änderung des prozentualen Lkw-Anteils auf dem Seitenstreifen unmittelbar auf die Nutzung durch die Pkw-Fahrer geschlossen werden kann. Hier kristallisierte sich vor allem in den Clustern mit hoher Lkw-Grundbelastung (typischerweise Cluster

In dieser Ausgabe finden Sie Beilagen von

Peter Berghaus GmbH,
51515 Kürten

Wir bitten unsere Leser um freundliche Beachtung.

Mo-Do und Fr) eine Art Dreiphasenmodell heraus. Demnach muss erst eine bestimmte Gesamtverkehrsstärke vorliegen, bevor die Pkw-Fahrer auch die Lücken zwischen den Lkw auf dem Hauptfahrstreifen nutzen. Es existiert also eine gewisse Hemmschwelle. Schließlich wird bei noch höherem Verkehrsaufkommen der Punkt erreicht, an dem die Pkw-Fahrer wieder auf die linken Fahrstreifen wechseln. Vermutlich üben die Lkw hier aufgrund der ansteigenden Verkehrsdichte eine zu einengende Wirkung auf die Pkw-Fahrer aus. Überträgt man diese Modellvorstellung auf die A 8-Ost, so zeichnete sich hier bei den gegebenen Gesamtverkehrsstärken oft entweder noch kein Phasenübergang ab oder dieser lag im Vergleich zur A 9 bei größeren Gesamtverkehrsstärken wie auch höheren Lkw-Anteilen auf dem Seitenstreifen. Einzige Ausnahme hiervon bildete das Cluster Reisewelle. Hier wurde der Seitenstreifen von den Pkw-Fahrern schon bei überraschend geringen Verkehrsstärken genutzt. Daraus kann man schließen, dass auch die Streckenkenntnis der Pkw-Fahrer bei der Nutzung des Seitenstreifens eine Rolle spielt. Ebenso hat der Lkw-Anteil am Gesamtquerschnitt einen nicht unwesentlichen Einfluss auf die Fahrstreifenwahl der Pkw-Fahrer. Bei insgesamt geringerer Lkw-Belastung wird der Seitenstreifen besser und schneller angenommen. Schließlich konnte in allen Clustern nachgewiesen werden, dass der Seitenstreifen eine zum Teil deutlich schlechtere Akzeptanz erfährt als der Hauptfahrstreifen einer regulär vierstreifig ausgebauten Richtungsfahrbahn.

Um die Eingangsproblematik der wachsenden Verkehrsbelastung noch einmal aufzugreifen, kann die temporäre Nutzung des Seitenstreifens hier als Übergangslösung bis zum endgültigen Vollausbau dienen. Eine temporäre Seitenstreifenfreigabe ist schnell und kostengünstig zu realisieren und entlastet den Querschnitt bei hohen Verkehrsbelastungen. Wie in dieser Untersuchung aber gezeigt werden konnte, wird der Seitenstreifen von den Verkehrsteilnehmern nicht wie ein vollwertiger Fahrstreifen genutzt. Hinzu kommt, dass die Verkehrssicherheit durch den Wegfall des Seitenstreifens während der Freigabe beeinträchtigt werden kann. Daher sollte auch weiterhin von einer dauerhaften Umnutzung des Seitenstreifens abgesehen werden. Ferner ist anzumerken, dass die Ergebnisse dieser Studie aus Einzeluntersuchungen zu den angegebenen Randbedingungen gewonnen wurden. Für diese sind sie gültig und auch

aufgrund der angewandten Statistik signifikant. Eine Verallgemeinerung oder Übertragbarkeit auf andere Streckenabschnitte, selbst bei gleicher Querschnittsanordnung und ähnlichen Verkehrsbelastungen, ist nicht ohne Weiteres möglich und erfordert weiterführende Untersuchungen.

Literaturverzeichnis

- Arnold, M. (2001): Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsuntersuchung einer befristeten Umnutzung von Standstreifen an BAB für Zwecke des fließenden Verkehrs, in: Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 820
- Brilon, W. et al. (2007): Autobahnen und Autobahnknotenpunkte mit vierstreifigen Richtungsfahrbahnen – Gestaltung und Bemessung, – in: Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 967
- Busch, F. (1984): Spurbelastungen und Häufigkeit von Spurwechseln auf einer dreispurigen BAB-Richtungsfahrbahn, in: Straßenverkehrstechnik, Nr. 6, Kirschbaum Verlag, Bonn
- Busch, F. et al. (2006): Benchmarking für Verkehrsdatenerfassungs- und Verkehrssteuerungssysteme, in: Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 949
- Degen, H.; Lorscheid, P. (2011): Statistik-Lehrbuch, 3. Auflage
- Denaes, S.; Schieferstein, A.; Rieß, S.; Ermer, P. (2009): Neue Methoden zur Steuerung von Streckenbeeinflussungsanlagen – Teil 2: Das neue Steuerungsverfahren INCA, in: Straßenverkehrstechnik, Nr. 4, S. 233–240, Kirschbaum Verlag, Bonn
- Fahrmeir, L.; Künstler, R.; Pigeot, I.; Tutz, G. (2010): Statistik, 7. Auflage
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2006): Hinweise zur Qualitätsanforderung und Qualitätssicherung der lokalen Verkehrsdatenerfassung für Verkehrsbeeinflussungsanlagen, Heft 386, FGSV Verlag, Köln, 2006
- Geistefeldt, J. (2007): Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit auf Autobahnen mit vierstreifigen Richtungsfahrbahnen, Dissertation am Lehrstuhl für Verkehrswesen der Ruhr-Universität Bochum
- Imhof, H. (2011): Einfluss der temporären Seitenstreifenfreigabe auf den Verkehrsfluss, Bachelor's Thesis am Lehrstuhl für Verkehrstechnik der Technischen Universität München
- Lemke, K. (2003): Temporäre Umnutzung von Seitenstreifen an Autobahnen, in: Straßenverkehrstechnik, Nr. 8, S. 409–413, Kirschbaum Verlag, Bonn
- Lemke, K. (2007): Standstreifenfreigabe – Sicherheitswirkung von Umnutzungsmaßnahmen, in: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 153
- Merblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen, BAST, MARZ 1999
- Mattheis, C. (2002): Auswirkungen der Umnutzung von BAB-Standstreifen, in: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 91
- Mosler, K.; Schmid, F. (2011): Wahrscheinlichkeitsrechnung und schließende Statistik, 4. Auflage
- Recker, C. (2012): Temporäre Seitenstreifenfrei-

gabe – Analyse der verkehrlichen Wirkung und Ableitung von Schaltstrategien, Master's Thesis am Lehrstuhl für Verkehrstechnik der Technischen Universität München

Schöpplein, E. (2013): Integration fahrstreifenbezogener Kenngrößen und seitlicher Detektionsdaten in ein makroskopisches Verkehrsflussmodell für dreistreifige Richtungsfahrbahnen, Dissertation am Lehrstuhl für Verkehrstechnik der Technischen Universität München

Sparmann, U. (1978): Spurwechselvorgänge auf zweispurigen BAB-Richtungsfahrbahnen, in: Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 263

Stjepanovic, B. (2011): Analyse der Befolgung der temporären Seitenstreifenfreigabe am Beispiel der A 8-Ost, Bachelor's Thesis am Lehrstuhl für Verkehrstechnik der Technischen Universität München

Wüst, W. (2010): Skriptum der Vorlesung „Straße und Umwelt“ am Lehrstuhl und Prüfam für Verkehrswegebau der Technischen Universität München

Verzeichnis der Internetquellen

- www.abdsb.bayern.de: Autobahndirektion Südbayern: Projektinformationen Autobahn A 8, München – Rosenheim – Salzburg. Vollständige URL: http://www.abdsb.bayern.de/projekte/a8o_projektinfo.php. Stand: 22.2.2012
- www.baysis.bayern.de: Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr: Dauerzählstellen. Vollständige URL: <https://www.baysis.bayern.de/web/content/verkehrsdaten/dauerzaehlstellen.aspx>. Stand: 26.4.2015
- www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht: Verordnung zur Erleichterung des Ferienreiseverkehrs auf der Straße (Ferienreiseverordnung), 1985. Vollständige URL: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/ferreisev_1985/gesamt.pdf. Stand: 18.1.2012
- www.muenchen.ihk.de: Hösch, M. 2009: Temporäre Nutzung des Seitenstreifens als Fahrstreifen. Vollständige URL: http://www.muenchen.ihk.de/mike/ihk_geschaeftsfelder/standortpolitik/Anhaenge/Hoesch-Seitenstreifenfreigabe-auf-Autobahnen.pdf. Stand: 23.02.2012
- www.schnelle-online.info: Schulz H. 2011: Lkw-Fahrverbot 2011 in Deutschland. Vollständige URL: <http://www.schnelle-online.info/LKW-Fahrverbot/>

Die gesamte Funktechnik aus einer Hand



B&E antec
 Saganer Straße 1-5, 90475 Nürnberg
 Tel.: 0911-462690 · Fax: 0911-4626942
 E-mail: info@be-antec.de
 Internet: www.be-antec.de