

# Sicherheitsbewertung von Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 301

**bast**

# Sicherheitsbewertung von Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung

von

Dirk Kemper  
Andreas Sümmermann

Institut für Straßenwesen  
RWTH Aachen University

Michael M. Baier  
Alexandra Klemps-Kohnen

BSV Büro für Stadt- und Verkehrsplanung  
Dr.-Ing. Reinhold Baier GmbH  
Aachen

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 301

**bast**

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines  
B - Brücken- und Ingenieurbau  
F - Fahrzeugtechnik  
M - Mensch und Sicherheit  
S - Straßenbau  
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Schünemann Verlag GmbH, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)** zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.  
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

## Impressum

**Bericht zum Forschungsprojekt: FE 82.339/2007:**  
Sicherheitsbewertung von Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennungen

**Fachbetreuung:**  
Uwe Ellmers

**Herausgeber**  
Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon: (0 22 04) 43 - 0

**Redaktion**  
Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

**Druck und Verlag**  
Fachverlag NW in der  
Carl Schünemann Verlag GmbH  
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen  
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53  
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48  
[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)

ISSN 0943-9331  
ISBN 978-3-95606-370-1

Bergisch Gladbach, März 2018

## Kurzfassung – Abstract

### Sicherheitsbewertung in Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennungen

Im Bereich von Arbeitsstellen längerer Dauer ist es oft erforderlich, den Verkehr auf die Gegenfahrbahn überzuleiten. Neben vermehrten Verkehrsbehinderungen durch erhöhte Stauanfälligkeiten führt dies auch zu einer deutlich gesteigerten Unfallhäufigkeit.

Ziel des Vorhabens war es, eine vergleichende Bewertung von verschiedenen Verkehrsführungen in Arbeitsstellen längerer Dauer mit Überleitung auf die Gegenfahrbahn vorzunehmen. Hierbei sollten die Auswirkungen von Anschlussstellen und andere Besonderheiten innerhalb der Bereiche mit Gegenverkehrstrennung mit betrachtet werden. Des Weiteren sollte die Relevanz der Zulauf- und vor allem der Überleitungsbereiche im Hinblick auf die Verkehrssicherheit in Arbeitsstellen untersucht und die Übertragbarkeit bzw. Vergleichbarkeit der Ergebnisse im Verhältnis zum Bereich der Gegenverkehrstrennung geprüft werden.

Im Laufe der Bearbeitung hat sich gezeigt, dass Leitschwellen kaum noch zur Gegenverkehrstrennung in Arbeitsstellen eingesetzt werden, sondern überwiegend transportable Schutzeinrichtungen. Daher lag für das ursprüngliche Ziel – eine statistisch tragfähige Bewertung des Sicherheitspotenzials von Leitschwellen in Arbeitsstellen als Gegenverkehrstrennungsmaßnahme im Vergleich zu transportablen Schutzeinrichtungen – ein zu geringes Datenkollektiv vor.

Hinsichtlich der Sicherheitsbewertung lassen sich auf Basis der Ergebnisse u. a. folgende Kernaussagen festhalten:

- Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung sind sicherer als Arbeitsstellen mit 4+0- und 4+2-Verkehrsführung,
- in Arbeitsstellen mit 3+1- Verkehrsführung werden erheblich weniger Fahrzeuginsassen bei Unfällen mit Personenschaden verletzt oder getötet als in 4+0-Arbeitsstellen,
- zudem sind Arbeitsstellen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h geringfügig sicherer als mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h.

Die Ergebnisse der unterschiedlichen Untersuchungen haben gezeigt, dass ein reiner Vergleich von einzelnen Verkehrsführungen – ohne Berücksichtigung von weiteren Parametern wie die Fahrstreifenbreite oder das Vorhandensein von Anschlussstellen – nicht sonderlich aussagekräftig ist. Bei der Planung von Arbeitsstellen und der volkswirtschaftlichen Bewertung dieser müssen daher neben der Einrichtungsdauer alle relevanten Parameter betrachtet werden.

### Safety assessment in work-zones with separations between oncoming traffic

Work-zones of prolonged durations often require a deviation of traffic onto the lane provided for oncoming traffic. In addition to numerous traffic obstructions this also entails significantly increased accident rate.

The goal of this research project is to compare variations of traffic routings in work-zones of prolonged duration including diversions of traffic onto the opposite lane. In this process, the effect of access points and other site-specific features in the segment with traffic in both directions are to be considered. Moreover, the relevance of the segments approaching deviations as well as the deviation itself will be investigated with regard to road safety in work-zones. Transferability and comparability of the results to the segments of bi-directional traffic on oncoming traffic lanes should be proved.

In the course the project it became apparent that guide barriers are rarely used for oncoming traffic separation in highway work-zones. Mobile safety barriers seem to be preferred over guide barriers. Therefore, the data collective is not comprehensive enough to be incorporated as initially planned as it does not allow for a statistically viable assessment of the degree of safety given by guide barriers in highway work-zones as separation elements in comparison to mobile safety barriers.

With regard to the safety assessment based on the results, the main conclusions can be stated as follows:

- Work-zones with a traffic layout 3+1 are safer than work-zones with 4+0 and 4+2,
- passengers are injured considerably less severely and suffer deaths less often (in the case of an accident) in work-zones with a traffic layout 3+1 as opposed to a traffic layout 4+0,
- furthermore, work-zones with a speed limit of 60 km/h are unsubstantially safer than work-zones with a speed limit of 80 km/h.

The results of the different investigations have shown that a plain comparison of simple traffic layouts without the consideration of additional parameters (such as lane width or the availability of access points) is not suitable as a means to obtain results of high significance.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Ausgangslage und Zielsetzung</b> . . . .	7	6.3.2 Weitergehende Differenzierung der Arbeitsstellen . . . . .	28
<b>2</b>	<b>Vorgehensweise</b> . . . . .	8	6.4 Eingesetzte Systeme zur Gegenverkehrstrennung. . . . .	29
<b>3</b>	<b>Grundlagen</b> . . . . .	9	<b>7 Untersuchungen zum Unfallgeschehen.</b> . . . . .	32
3.1	Rechtliche Grundlagen zur Absicherung von Arbeitsstellen . . . . .	9	7.1 Unfallkenngrößen als Grund- lagen für die Sicherheitsbe- wertung. . . . .	33
3.2	Einrichtung und Gestaltung von Arbeitsstellen . . . . .	10	7.2 Datengrundlage . . . . .	37
3.2.1	Gegenverkehrstrennungsbereiche. . . .	12	7.3 Zuordnung der Unfälle . . . . .	38
3.2.2	Zulauf- und Überleitungsbereiche . . . .	12	7.4 Arbeitsstellenkollektive. . . . .	40
3.2.3	Rückleitungs- und Nachlaufbereiche . . . . .	13	7.5 Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen. . . . .	41
<b>4</b>	<b>Vorhandene Erkenntnisse zur Verkehrssicherheit in Arbeits- stellen längerer Dauer</b> . . . . .	14	7.5.1 Analyse der Unfallcharakteristik, Unfall- und Verunglücktenstruktur . . . .	41
4.1	Unfallgeschehen im Bereich mit Gegenverkehrstrennung. . . . .	17	7.5.2 Ermittlung der Unfallkosten . . . . .	48
4.2	Unfallgeschehen in Zulauf- und Überleitungsbereichen . . . . .	19	7.5.3 Bewertung der Verkehrssicherheit . . . .	51
4.3	Unfallgeschehen an Anschlussstellen. . . . .	19	7.6 Arbeitsstellen mit Leitschwellen . . . . .	56
4.4	Schlussfolgerungen für das weitere Vorgehen . . . . .	20	7.7 Zusammenfassung der Unfalluntersuchungen . . . . .	58
<b>5</b>	<b>Durchführung eines Expertenworkshops</b> . . . . .	20	<b>8 Untersuchungen des Verkehrsablaufs</b> . . . . .	59
<b>6</b>	<b>Erfassung der Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung aus den Jahren 2003 bis 2006.</b> . . . .	21	8.1 Arbeitsstellenkollektiv. . . . .	60
6.1	Auswertung der Baubetriebs- meldungen . . . . .	21	8.2 Geschwindigkeitsverhalten. . . . .	63
6.2	Abfrage bei den Straßenbau- verwaltungen der Länder . . . . .	24	8.2.1 Zulaufbereich . . . . .	64
6.3	Aufbereitung der Angaben zu den Arbeitsstellen. . . . .	26	8.2.2 Überleitung/Verschwenkung. . . . .	65
6.3.1	Plausibilitätsprüfung der Angaben . . . .	26	8.2.3 Baustelleninnenbereich . . . . .	66
			8.2.4 Rückleitung/Rückverschwenkung . . . .	69
			8.2.5 Entflechtungs-/Nachlaufbereich . . . . .	69
			8.3 Fahrstreifenwahlverhalten . . . . .	69
			8.4 Überholverhalten . . . . .	71
			8.5 Verkehrsablauf an Anschlussstellen. . .	73
			8.6 Zusammenfassung der Verkehrs- ablaufuntersuchungen . . . . .	75

<b>9 Zusammenfassung und Empfehlungen .....</b>	<b>77</b>
<b>Literatur .....</b>	<b>80</b>
<b>Bilder .....</b>	<b>82</b>
<b>Tabellen .....</b>	<b>84</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>87</b>

## 1 Ausgangslage und Zielsetzung

In den kommenden Jahren wird der Erhaltungsaufwand des deutschen Autobahnnetzes weiter zunehmen. Der größte Anteil der Autobahnen ist zwischen 1965 und 1985 gebaut worden, sodass diese Strecken zunehmend sanierungsbedürftig sind. Die gleichzeitig gestiegenen Verkehrsbelastungen und vor allem der hohe Schwerverkehrsanteil schädigen den Straßenoberbau. Zusätzlich wird der Ausbau von vier auf sechs bzw. von sechs auf acht Fahrstreifen weiter vorangetrieben. Diese Sachverhalte führen zwangsläufig zu einer vermehrten Einrichtung von Arbeitsstellen längerer Dauer. Bei diesen ist es in vielen Fällen erforderlich, den Verkehr auf die Gegenfahrbahn überzuleiten und dort auf verengten Behelfsfahrstreifen zu führen. Neben vermehrten Verkehrsbehinderungen durch erhöhte Stauanfälligkeiten führt dies nach RÜFFER/BRAUN (2001) auch zu einer deutlich gesteigerten Unfallhäufigkeit. Durch die Führung auf verengten Fahrstreifen besteht eine zunehmende Abkommenswahrscheinlichkeit und aufgrund des geringen Sicherheitsabstands zum Gegenverkehr die Gefahr von Unfällen mit hoher bis sehr hoher Unfallschwere. Der Gegenverkehrstrennung in Arbeitsstellen kommt daher eine sehr hohe Relevanz bei der Reduzierung der Unfallfolgen zu.

Die rechtliche Grundlage für alle verkehrslenkenden, -beschränkenden oder -verbotenden Maßnahmen auf öffentlichen Verkehrsflächen aus Anlass von Arbeiten im Straßenraum bildet § 45 StVO.<sup>1</sup> Die Sicherung von Arbeitsstellen erfolgt gemäß der VwV-StVO zu § 43 StVO nach den RSA (1995), ergänzt durch die ZTV-SA (1997).

Zur Trennung des Gegenverkehrs in Autobahnbaustellen werden danach in Deutschland drei verschiedene Maßnahmen ergriffen:

- Markierung (Doppellinie mit Sichtzeichen),
- Leitschwellen sowie
- transportable Schutzeinrichtungen aus Stahl und/oder Beton.

Die Breite des Trennstreifens zwischen den Behelfsfahrstreifen von Richtung und Gegenrichtung ist dabei abhängig von der Breite des zur Verfügung stehenden Fahrbahnquerschnitts und dem verwendeten Trennungselement.

Die Sicherheit der drei genannten Maßnahmen zur Gegenverkehrstrennung wurde erstmalig systematisch von FISCHER/BRANNOLTE (2006) untersucht. Erwartungsgemäß zeigte sich die Trennung durch Markierung als unsicherste Variante. Überraschend hingegen war, dass bei der Sicherheitsbewertung kein Unterschied zwischen Leitschwellen und transportablen Schutzeinrichtungen zu ermitteln war. Bei der Interpretation dieser Ergebnisse im Hinblick auf einen bevorzugten Einsatz von Leitschwellen oder transportablen Schutzeinrichtungen sind jedoch zwei wesentliche Aspekte zu berücksichtigen:

- Die unfallstatistische Grundlage für die Sicherheitsbewertung von Leitschwellen war zu gering (nur 38 der in die Unfallanalysen einbezogenen Arbeitsstellen waren mit Leitschwellen ausgestattet, die Anzahl der betrachteten Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen lag demgegenüber bei 150). Hintergrund ist, dass aufgrund des ARS Nr. 18/1999 Leitschwellen seltener zum Einsatz kommen.<sup>2</sup> FISCHER/BRANNOLTE (2006) versuchen soweit wie möglich das Datenungleichgewicht zu kompensieren, es lässt sich hierdurch jedoch keine Umorientierung weg von transportablen Schutzeinrichtungen begründen.
- Aus- und Einfädelungsbereiche an Anschlussstellen und Rastanlagen bzw. unbewirtschafteten Parkplätzen sowie andere Besonderheiten in den Bereichen mit Gegenverkehrstrennung, beispielsweise Baustellenzufahrten, wurden von FISCHER/BRANNOLTE (2006) nicht betrachtet.

Des Weiteren erscheint es zwingend notwendig, bei einer Sicherheitsbewertung von Arbeitsstellen auch

<sup>1</sup> Nach § 45 Abs. 1 StVO können die Straßenverkehrsbehörden die Benutzung von Streckenabschnitten aus Gründen der Sicherheit und Ordnung des Verkehrs beschränken oder verbieten; das gleiche Recht haben sie für die Durchführung von Arbeiten im Straßenraum. Dabei können nach § 45 Abs. 2 StVO Verkehrsverbote und -beschränkungen angeordnet, der Verkehr umgeleitet und durch Markierungen und Leiteinrichtungen gelenkt werden. Straßenbaubehörde ist in diesem Zusammenhang diejenige Behörde, die Aufgaben des Straßenbaulastträgers nach § 3 FStrG wahrnimmt.

<sup>2</sup> Nach dem ARS Nr. 18/1999 sollen bei Arbeitsstellen längerer Dauer zur Verminderung der Unfallfolgen infolge des Abkommens von Fahrzeugen von der Fahrbahn, insbesondere auch zur Trennung des Gegenverkehrs, grundsätzlich transportable Schutzeinrichtungen vorgesehen werden. Voraussetzung hierfür ist eine ausreichende Gesamtbreite des zur Verfügung stehenden Fahrbahnquerschnitts.

die Zulauf- und Überleitungsbereiche in die Betrachtungen einzubeziehen. Hier sind vor allem nicht angepasste Geschwindigkeiten und ungenügende Sicherheitsabstände die häufigsten Unfallursachen, die zu Auffahrunfällen, insbesondere im Zulaufbereich, und zum Abkommen von der Fahrbahn im Überleitungsbereich führen (siehe hierzu beispielsweise EMDE/HAMESTER (1983) sowie KOCKELKE/ROSSBANDER, 1988). Untersuchungen von BAIER et al. (2006) zum Geschwindigkeitsverhalten im Zulauf- und Überleitungsbereich von Arbeitsstellen haben gezeigt, dass die zulässige Geschwindigkeit häufig überschritten wird, allerdings auch, genauso wie das Spurverhalten, deutlich von der Art der Baustellenabsicherung beeinflusst wird. D. h. die räumlichen und verkehrlichen Gegebenheiten haben einen wesentlichen Einfluss auf Verkehrsablauf und Unfallgeschehen.

Zielsetzung des Forschungsvorhabens war deshalb ursprünglich, eine statistisch tragfähige Bewertung des Sicherheitspotenzials von Leitschwellen in Arbeitsstellen als Gegenverkehrstrennungsmaßnahme im Vergleich zu transportablen Schutzeinrichtungen vorzunehmen. Hierbei sollten die Auswirkungen von Anschlussstellen und anderen Besonderheiten innerhalb der Bereiche mit Gegenverkehrstrennung mit betrachtet werden. Des Weiteren sollte die Relevanz der Zulauf- und vor allem der Überleitungsbereiche im Hinblick auf die Verkehrssicherheit in Arbeitsstellen untersucht und die Übertragbarkeit bzw. Vergleichbarkeit der Ergebnisse im Verhältnis zum Bereich der Gegenverkehrstrennung geprüft werden.

Im Laufe der Bearbeitung hat sich jedoch gezeigt, dass Leitschwellen in Deutschland kaum noch zur Gegenverkehrstrennung in Arbeitsstellen eingesetzt werden, sondern überwiegend transportable Schutzeinrichtungen. Hintergrund ist neben dem ARS Nr. 18/1999 auch die Tatsache, dass die bauliche Breite moderner transportabler Schutzeinrichtungen deutlich abgenommen hat und somit deren Einsatz auch bei geringeren Fahrbahnbreiten erleichtert wird.

Deshalb wurde der Schwerpunkt der Betrachtungen auf eine vergleichende Bewertung von verschiedenen Verkehrsführungen in Arbeitsstellen längerer Dauer mit Überleitung auf die Gegenfahrbahn gelegt. Zu Arbeitsstellen mit Leitschwellen als Gegenverkehrstrennung erfolgte dabei eine gesonderte Betrachtung.

## 2 Vorgehensweise

Zur Sicherheitsbewertung von Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung sollten eine umfangreiche Unfallanalyse und ergänzende Verkehrsablaufanalysen durchgeführt werden. Die methodische Vorgehensweise dazu basierte auf fünf aufeinander aufbauenden Arbeitsschritten (Bild 1).

Zur Ableitung von untersuchungsrelevanten Kriterien erfolgte im Rahmen der Grundlagenanalyse zunächst eine systematische Aufbereitung der vorhandenen Erkenntnisse zur Verkehrssicherheit und zum Verkehrsablauf in Arbeitsstellen längerer Dauer mit Überleitung auf die Gegenfahrbahn. Neben einer Literaturanalyse wurde ein Workshop mit Vertretern der Straßenbauverwaltungen der Länder und Verkehrsabsicherungsunternehmen zur Berücksichtigung von Praxiserfahrungen, z. B. zu Detailfragen bzw. Problemen wie Baustellenzufahrten innerhalb von Arbeitsstellen, durchgeführt.

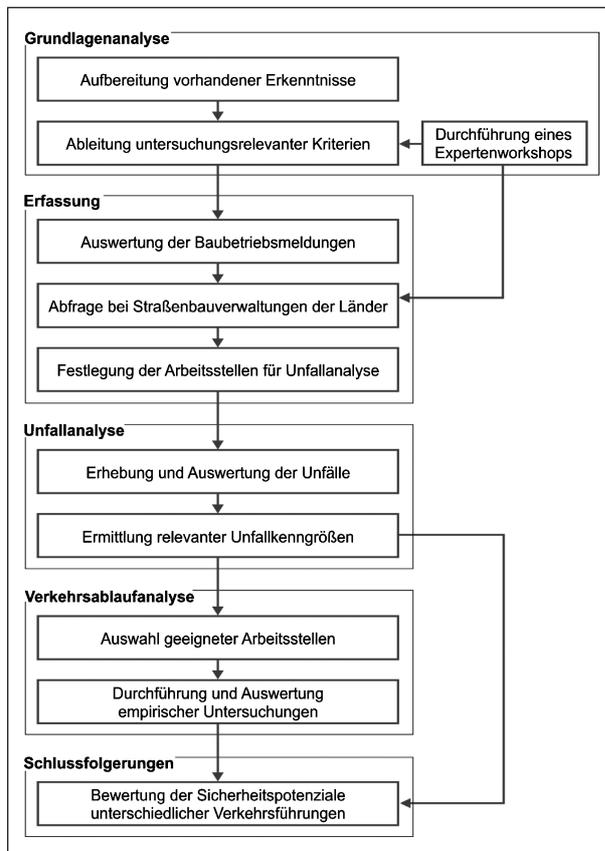
Im Ergebnis sollte ein Katalog von definierten, untersuchungsrelevanten Kriterien erstellt werden. Diese Kriterien sollten zum einen bei der daran anschließenden Erhebung der in den Jahren 2003 bis 2006 realisierten Arbeitsstellen von den zuständigen Straßenbauverwaltungen der Länder abgefragt und zum anderen bei den im Weiteren durchzuführenden Untersuchungen (Unfall- und Verkehrsablaufanalysen) berücksichtigt werden.

Die Unfallanalyse sollte für alle relevanten Arbeitsstellen mit Überleitungen auf die Gegenfahrbahn aus den Jahren 2003 bis 2006 durchgeführt werden. Betrachtet werden sollten

- 4+0-Verkehrsführungen,
- 3+1-Verkehrsführungen und
- 4+2-Verkehrsführungen.<sup>3</sup>

Innerhalb der Arbeitsstellen sollte eine differenzierte Betrachtung der Zulauf- und Überleitungsbereiche sowie der Bereiche mit Gegenverkehrstrennung erfolgen. Innerhalb der Bereiche mit Gegenverkehrstrennung sollten die Auswirkungen von Anschlussstellen auf die Verkehrssicherheit betrachtet werden.

<sup>3</sup> Die Regelpläne gemäß den RSA (1995) für diese Verkehrsführungen sind in Anhang 1 dargestellt.



**Bild 1:** Vorgehensweise zur Sicherheitsbewertung von Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung

Die Untersuchungen zum Verkehrsablauf in den Gegenverkehrstrennungsbereichen sollten die Erkenntnisse von FISCHER/BRANNOLTE (2006) ergänzen bzw. konkretisieren. Zudem sollten die bisherigen Erkenntnisse hinsichtlich des Verkehrsablaufs im Bereich von Anschlussstellen innerhalb der Bereiche mit Gegenverkehrstrennung erweitert werden. Zusätzlich sollte der Verkehrsablauf in den Zu- und Überleitungsbereichen sowie in den Rückleitungs- und Nachlaufbereichen untersucht werden.

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse aus der Unfallanalyse und den Verkehrsablaufanalysen erfolgte abschließend die zusammenfassende Bewertung der Sicherheit der untersuchten Verkehrsführungen.

### 3 Grundlagen

Zunächst sollen die rechtlichen Grundlagen und der Stand der Technik zur Absicherung von Arbeitsstellen längerer Dauer auf Autobahnen vorgestellt werden. Hieraus wurden dann die für die weiteren

Untersuchungen relevanten Kriterien und Kenngrößen definiert.

#### 3.1 Rechtliche Grundlagen zur Absicherung von Arbeitsstellen

Als Arbeitsstellen an Straßen werden nach den RSA (1995) solche Stellen bezeichnet, bei denen Verkehrsflächen vorübergehend für Arbeiten abgesperrt werden. Anlass hierfür können Arbeiten an der Straße selbst, Arbeiten neben oder über der Straße, Arbeiten an Leitungen in oder über der Straße sowie Vermessungsarbeiten sein.

In den RSA (1995) erfolgt die Differenzierung der Arbeitsstellen nach ihrer Durchführungsdauer und der Tageszeit. Es wird unterschieden nach Arbeitsstellen von längerer und kürzerer Dauer sowie Arbeiten bei Dunkelheit.

Der rechtlich verbindliche Status zur Verwendung der RSA (1995) und der in ihr aufgelisteten Absperrgeräte ist in der VwV-StVO zu § 43 StVO geregelt. Die gesetzmäßige Grundlage für sämtliche verkehrslenkenden, -beschränkenden und -verbietenden Maßnahmen auf öffentlichen Verkehrsflächen ist in § 45 StVO festgelegt. Der dortige Absatz 1 erlaubt es den Straßenverkehrsbehörden, die Benutzung von Streckenabschnitten zu beschränken oder zu verbieten. Des Weiteren sieht der Absatz 2 vor, dass der Verkehr durch Markierungen und Leiteinrichtungen geleitet werden kann. Als bauliche Führungselemente dienen Leitschwellen und Leitborde sowie transportable Schutzeinrichtungen. Letztere können in verschiedenen Versionen ausgebildet werden, zum einen als Stahl-schutzwand und zum anderen als Betonschutzwand. Deren Eigenschaften sind in den TL-Transportable Schutzeinrichtungen (1997) festgelegt. Es sind auch Kombinationen davon möglich. Die Mindestbreite aller baulichen Leitelemente beträgt 0,25 m. Die baulichen Varianten können als Ersatz für die Markierung an den linken Fahrbahnrandern der Richtungsfahrbahnen eingesetzt werden. Gelbmarkierung in der Arbeitsstelle hebt die weißen Fahrstreifenbegrenzungen auf, ohne dass diese entfernt oder abgedeckt werden müssen (§ 41 Abs. 4 StVO und VwV-StVO zu § 41 Abs. 4).

In den Regelplänen der RSA (1995) sind Ausführung, Gestaltung und Verkehrsführungen für Arbeitsstellen vorgegeben. Darüber hinaus ist dort geregelt, wie Arbeitsstellen abgesperrt, beschildert,

beleuchtet und markiert werden sollen. Die Regelpläne stellen Standardausführungen dar und sind gegebenenfalls an die spezielle örtliche Gegebenheit anzupassen bzw. zu modifizieren (siehe auch SCHÖNBORN/SCHULTE, 1999).

In den RSA (1995) werden darüber hinaus die Mindestfahrstreifenbreiten in Abhängigkeit der Arbeitsstellenlänge sowie die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten in Arbeitsstellen vorgegeben. Im Zuge einer Arbeitsstelle werden die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten gegenüber der freien Strecke reduziert. Dazu wird in der Regel ein Geschwindigkeitstrichter angeordnet, mit dem die zulässige Höchstgeschwindigkeit mit Zeichen 274 StVO über 100 km/h bis auf 80 km/h, je nach Verkehrsführung auch bis auf 60 km/h, stufenweise verringert wird. Die Geschwindigkeitsbeschränkungen werden in der Regel durch ein Überholverbot mit Zeichen 277 StVO für Kraftfahrzeuge über 3,5 t, Kraftomnibusse und Pkw mit Anhänger ergänzt.

Die zulässige Höchstgeschwindigkeit im Überleitungsbereich wird häufig aufgrund der geometrischen Randbedingungen infolge der Fahrbahnüberleitung auf 60 km/h begrenzt, um dann im Baustelleninnenbereich wieder auf 80 km/h erhöht zu werden. Die RSA (1995) geben diesbezüglich den Hinweis, dass die Befolgungsrate der angeordneten zulässigen Höchstgeschwindigkeit wesentlich von der erkennbaren Notwendigkeit und damit Akzeptanz durch den Verkehrsteilnehmer abhängt.

Zudem sind bei der Einrichtung, dem Betrieb und dem Abbau von Arbeitsstellen an und auf Straßen die ZTV-SA (1997) anzuwenden. Die ZTV-SA (1997) wurden durch das ARS Nr. 34/1997 für den Bereich der Bundesfernstraßen eingeführt. Die Ausführungen und Gestaltungen von Leitelementen und Schutzeinrichtungen sind Gegenstand der Kapitel 2.2.1 und 2.2.3.

### 3.2 Einrichtung und Gestaltung von Arbeitsstellen

In der Regel werden die Fahrstreifenbreiten in Arbeitsstellen längerer Dauer auf Autobahnen gegenüber der freien Strecke verringert. Die Definition der anrechenbaren Querschnittsbreiten unterscheidet sich dabei zwischen den RAS-Q (1996) bzw. RAA (2008) und den RSA (1995). Während in den RAS-Q (1996) die Fahrstreifenbreiten ohne markierte Fahrstreifenbegrenzung angerechnet

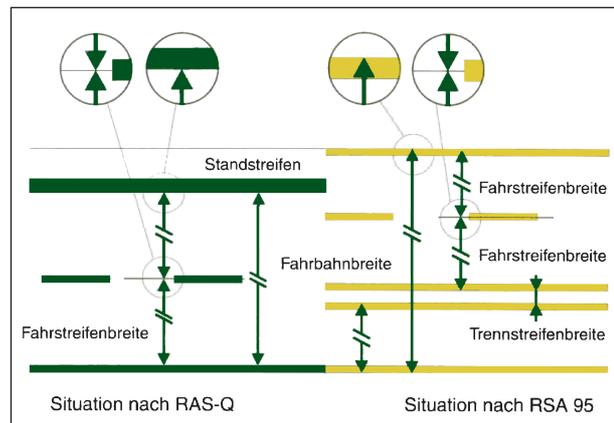


Bild 2: Schema zur Definition von Fahrstreifen und Trennstreifen (SCHÖNBORN/SCHULTE, 1999)

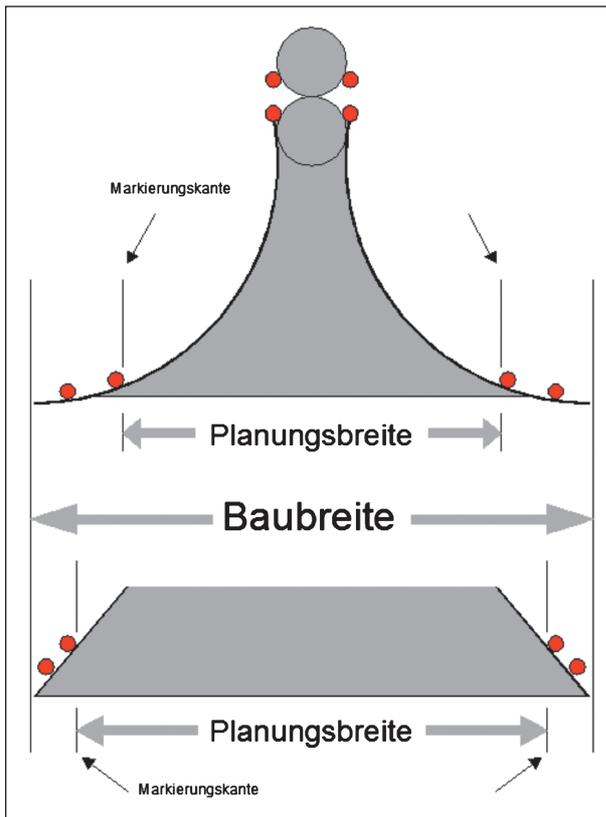
werden, schließt die RSA (1995) die seitliche Begrenzung ein. Das bedeutet, dass der Verkehrsraum in der Arbeitsstelle geringer ist als im Normalfall ohne Arbeitsstelle (Bild 2).

Der Trennstreifen separiert die Behelfsverkehrsführungen im Gegenverkehr. Als Breite wird hierfür 0,20 m angesetzt. Diese Breite wird um die beidseits angebrachte Markierung von jeweils 0,15 m ergänzt, sodass sich eine erforderliche Gesamtbreite zwischen den zu trennenden Richtungsfahrbahnen von 0,50 m ergibt. Die Aufstellung von transportablen Schutzeinrichtungen kann in diesem Kontext zu Schwierigkeiten führen, da diese systembedingt eine bestimmte spezifische Breite erfordern. Bei der Angabe der Breite der Schutzeinrichtungen ist zu unterscheiden, ob es sich um die Baubreite oder die planungsrelevante Breite handelt. Letztere wird auch Planungsbreite genannt und entspricht der erforderlichen Trennstreifenbreite (Bild 3). Daran setzt beidseits die Markierungskante an. Ist der Fußbereich der transportablen Schutzeinrichtung befahrbar und/oder lässt sich auf der transportablen Schutzeinrichtung eine 0,15 m breite Fahrstreifenbegrenzungslinie oder entsprechende retroreflektierende Elemente aufbringen, verringert sich die erforderliche Trennstreifenbreite. Die maximale Anrampungsneigung für die Befahrbarkeit des Fußbereichs der Schutzeinrichtung liegt bei  $\leq 5$  Grad.

Die nach RSA (1995) vorgegebenen Mindestfahrstreifenbreiten sind abhängig von der Länge der Arbeitsstelle. Dabei wird unterschieden zwischen zwei Varianten von Fahrstreifenausbildungen. Zum einen mit einer Beschränkung auf eine maximale Fahrzeugbreite von 2 m (Zeichen 264 StVO) und zum anderen als unbeschränkter Fahrstreifen (Tabelle 1).

Aktuelle Entwicklungen bezüglich der erforderlichen Behelfsfahrstreifenbreite – aufgrund der gestiegenen Fahrzeugbreiten werden die Mindestmaße für einige Verkehrsführungen im Bereich von Arbeitsstellen längerer Dauer von derzeit 2,50 m auf 2,60 m erhöht – führen zu einem erhöhten Platzbedarf im Bereich von Arbeitsstellen. In Nordrhein-

Westfalen wird diese aktuelle Entwicklung schon bei der Gestaltung von Arbeitsstellen berücksichtigt. Durch die Anpassung von Zeichen 264 StVO werden die Überholfahrstreifen für Fahrzeuge zugelassen, die die Mindestbreite von 2,10 m nicht überschreiten. Demzufolge sind die Überholfahrstreifen mit einer Breite von 2,60 m auszubilden. Auch im Entwurf der neuen RSA wurde diese Entwicklung bereits berücksichtigt.



**Bild 3:** Zusammenhang zwischen Baubreite und Planungsbreite (SCHÖNBORN/SCHULTE, 1999)

Stehen Mehrbreiten zur Verfügung, so priorisieren die RSA (1995) deren Verteilung wie folgt:

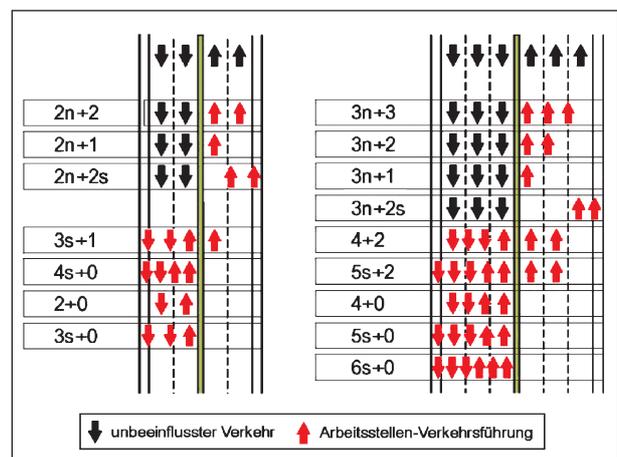
1. Verbreiterung des Trennstreifens auf 0,50 m,
2. Wahl eines 2,75 m breiten Behelfsfahrstreifens für Fahrzeuge bis 2 m Breite,
3. Anordnung von ein oder zwei Behelfsstandstreifen (Mindestbreite 1,75 m),
4. Wahl eines 3,50 m breiten, rechten Behelfsfahrstreifens für Fahrzeuge unter Beibehaltung des Behelfsfahrstreifens für Fahrzeuge bis 2 m Breite,
5. Wahl eines 3,00 m breiten Behelfsfahrstreifens für Fahrzeuge bis 2 m Breite.

In den RSA (1995) sind verschiedene Verkehrsführungen geregelt (Bild 4). An Arbeitsstellen längerer Dauer auf Autobahnen kann der Verkehr vollständig oder teilweise auf die Gegenfahrbahn überführt werden (z. B. 4+0- bzw. 3+1-Verkehrsführung). Alternativ dazu ist eine Richtungsfahrbahn von der Baumaßnahme nicht betroffen und in der Gegenrichtung wird der Verkehr über verringerte Fahrstreifenbreiten oder reduzierte Fahrstreifenanzahl geführt (z. B. 2n+2-Verkehrsführung).

Fahrzeugbreite	Länge der Arbeitsstelle [km]		
	≤ 6	6 – 9	> 9
beschränkt auf bis zu 2 m (Zeichen 264 StVO)	2,50 m (3,25 m) <sup>1</sup>	3,00 m (3,25 m) <sup>1</sup>	3,25 m
unbeschränkt	3,25 m (3,00 m) <sup>2, 3</sup>		

<sup>1</sup> Bei Verkehrsführung mit nur einem Behelfsfahrstreifen für eine Fahrtrichtung auf der Gegenfahrbahn; gegebenenfalls muss vorher ausgebaut oder verbreitert werden.  
<sup>2</sup> Durch einen vorherigen Fahrbahnanbau bzw. Verbreiterung ist eine Behelfsfahrstreifenbreite von 3,25 m, d. h. beispielsweise bei einer 4+0-Verkehrsführung eine Mindestfahrbahnbreite von 11,50 m, anzustreben.  
<sup>3</sup> Im Bereich, z. B. von Fertigern darf die Fahrstreifenbreite zur Erhöhung der Sicherheit der in der Arbeitsstelle Tätigen vorübergehend und auf eine geringere Streckenlänge auf dieses Maß eingeengt werden.

**Tab. 1:** Mindestbreite von Behelfsfahrstreifen in Abhängigkeit der Arbeitsstellenlänge (RSA, 1995)



**Bild 4:** Verkehrsführungen in Arbeitsstellen auf Autobahnen

Anschlussstellen innerhalb von Arbeitsstellen sind möglichst aufrecht zu erhalten. Der Verkehr ist über verkürzte Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen zu führen. Ist diese Form der provisorischen Ausbildung der Anschlussstellen nicht durchführbar, ist eine Sperrung vor der sogenannten stumpfen Lösung mit Zeichen 206 StVO vorzuziehen.

### 3.2.1 Gegenverkehrstrennungsbereiche

Die Ausführung der Gegenverkehrstrennung kann über Markierungen, bauliche Leitelemente und transportable Schutzeinrichtungen erfolgen. Im Folgenden werden die Mindestanforderungen an Breite, Höhe und Gestaltung dargestellt.

Es gibt verschiedene Formen der vorübergehenden Fahrbahnmarkierungen. Markierungsfolien und -farben werden am häufigsten aufgebracht gefolgt von Markierungsknöpfen. Es sind aber auch Kombinationen dieser Elemente im Einsatz. Aufgesetzte Sichtzeichen erhöhen die Erkennbarkeit insbesondere bei Dunkelheit und dienen der zusätzlichen Trennwirkung zum Gegenverkehr. Markierungsköpfe haben einen Durchmesser von 0,12 m, Folien und Farben werden mit 0,15 m Breite auf die Fahrbahn gewalzt bzw. gesprüht.

Unter die baulichen Leitelemente fallen Leitschwellen und Leitborde. Leitwände kommen auf Autobahnen nicht zum Einsatz. Die Leitelemente werden durch retroreflektierende Folien ergänzt. Leitelemente dienen einer verbesserten Führung gegenüber den Markierungen. Das Mindestmaß für die Breite beträgt 0,25 m. Leitborde sind bis zu 0,25 m hoch, Leitschwellen bis zu 0,12 m. Aufgesetzte kleine Leitbaken erhöhen die Sichtbarkeit von Schwellen und Borden, da diese nicht retroreflektierend ausgeführt sind.

Stahl- und Betonschutzwände gehören zur Gruppe der transportablen Schutzeinrichtungen. Bei deren Einsatz sind u. a. die ZTV-SA (1997) zu beachten. Die minimale Höhe von transportablen Schutzeinrichtungen beträgt 0,50 m, bei einer erforderlichen Breite von nicht mehr als 0,70 m. An den Seitenwänden sollen retroreflektierende Elemente angebracht werden.

### 3.2.2 Zulauf- und Überleitungsbereiche

Dem Zulauf- und Überleitungsbereich von Arbeitsstellen auf Autobahnen kommt aufgrund der hohen

Unfallgefährdung und des Einflusses auf den Verkehrsablauf eine wesentliche Bedeutung im Rahmen der nachfolgenden Untersuchungen zu. Die eindeutige Richtungsweisung im Bereich von Fahrbahn- bzw. Fahrstreifenverschwenkungen in Arbeitsstellen und die optimale Wahrnehmbarkeit und Erkennbarkeit der Verkehrsführung sind wesentliche Voraussetzungen für eine situationsangepasste und sichere Durchfahrt der Verkehrsteilnehmer. Die visuelle Führung in Arbeitsstellen, als Grundvoraussetzung für einen sicheren und homogenen Verkehrsablauf (MESEBERG, 1997), erfolgt durch horizontale und vertikale Leiteinrichtungen, wobei die Sichtbarkeit und Erkennbarkeit der verwendeten Leiteinrichtungen bei Tag und Nacht gewährleistet sein müssen (BAIER et al., 2006). Die Erkennbarkeit und Übersichtlichkeit einer Überleitung wird dabei nach AULBACH (1994) u. a. durch die Größe der Leitbaken und deren Aufstellung bestimmt. Letzteres bezieht sich beispielsweise auf die Anordnung der Baken zueinander, indem deren Abstand variiert wird und der Kraftfahrer die Folge von Baken als leitende Reihe wahrnimmt.

MESEBERG (1997) hat verschiedene Gestaltungen von Baken untersucht und festgestellt, dass der Schraffenbake keine richtungsweisende Funktion zugeschrieben werden kann. Er empfiehlt stattdessen die Verwendung von Pfeilbaken, die sich auch laut AULBACH (1994) positiv auf das Fahrerverhalten auswirken und zu homogenen Lenkbewegungen in Überleitungen führen. Die Untersuchungen von BAIER et al. (2006) zeigen ebenfalls, dass durch die Änderung des Bakenbilds (Pfeil- anstatt Schraffenbake) eine verbesserte Auswirkung auf das Fahrerverhalten festzustellen ist. Da auch das Lenk- und Spurverhalten durch den Einsatz von Pfeilbaken positiv beeinflusst wird, ist deren Wirkung insgesamt mit gut zu bewerten und konventionell ausgeführten Schraffenbaken vorzuziehen (BAIER et al., 2006). Beim Einsatz der Pfeilbaken ist aber eine Vermischung von Schraffen- und Pfeilbaken, gerade innerhalb einer spitzwinkligen Querabsperzung, auf jeden Fall zu vermeiden. Die visuelle Führung einer Überleitung mit Pfeilbaken würde durch einzelne, dazwischen aufgestellte Schraffenbaken nachhaltig gestört, was zu vermeiden ist (siehe hierzu auch BAIER/MESEBERG/KEMPER, 2007).

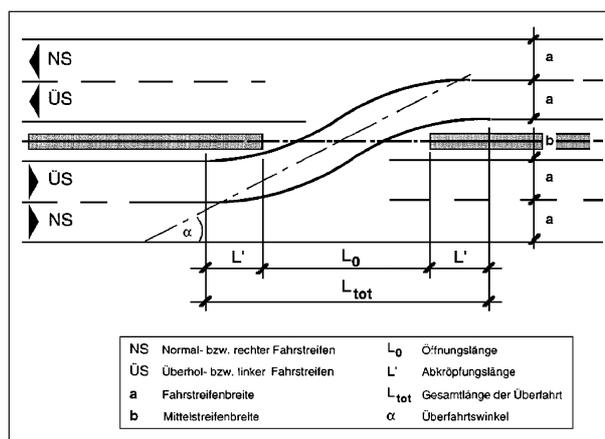
Eine weitere Möglichkeit zur Erhöhung der Sicherheit bietet der Einsatz von fluoreszierender Beschil-

derung, die insbesondere bei Dämmerung die Erkennbarkeit deutlich erhöht. In den von BAIER et al. (2006) durchgeführten Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass ein dosierter Einsatz von fluoreszierenden, retroreflektierenden Materialien die Erkennbarkeit von Leiteinrichtungen und Verkehrszeichen in Arbeitsstellen verbessert und damit ein situationsangepasstes Verhalten der Verkehrsteilnehmer ermöglicht. Diese Verbesserungen wurden bei Tageslicht und, den speziellen Eigenschaften fluoreszierender Materialien folgend, besonders bei Dämmerung nachgewiesen.

Von SPACEK (1995) wird im Hinblick einer verbesserten Erkennbarkeit bei Nacht für den Bereich von Überleitungen und Fahrstreifenverschwenkungen der Einsatz von Leitschwellen mit niedrigen Leitbaken empfohlen. In der Schweiz werden durch die SN 640135 (1996) und die SN 640885c (1995) Vorgaben für die Gestaltung von Arbeitsstellen sowie von Überleitungen gegeben. Zur Trennung des Gegenverkehrs werden Leitkörper (in Deutschland als transportable Schutzeinrichtungen, Leitborde oder Leitschwellen bezeichnet) empfohlen, bei 4+0-Verkehrsführungen sogar vorgeschrieben. Die Schutzeinrichtungen zum Gegenverkehr sind jedoch so auszubilden, dass sie im Notfall schnell entfernt werden können. Die Fahrstreifenbreiten in den Arbeitsstellen entsprechen den deutschen Größenordnungen. Als minimale zur Verfügung stehende Breite für die Einrichtung einer 4+0-Verkehrsführung auf einer Richtungsfahrbahn ist 11,50 m erforderlich (Breiten der Überholfahrstreifen von 2,50 m und der Hauptfahrstreifen von 3,00 m bei einer anzusetzenden Breite des Trennungselements von 0,50 m).

Pfeilbaken zur visuellen Führung der Fahrer vor der Überleitung sind in den schweizerischen Regelwerken nicht vorgesehen. Dort werden ausschließlich Schraffenbaken als Leitelement für die Verkehrsteilnehmer ausgeführt.

In der Schweiz gibt es mit den SN 640135 (1996) auch zusätzliche Regelungen zur Gestaltung von Überleitungen und Mittelstreifenüberfahrten bei Arbeitsstellen längerer Dauer. Die Empfehlungen zur Gestaltung von Mittelstreifenüberfahrten beruhen auf Untersuchungen von SPACEK (1995) sowie auf hierauf aufbauenden theoretischen Betrachtungen. Die Mittelstreifenüberfahrten sind mit einer festen und standsicheren Deckschicht zu versehen. Dabei wird zugrunde gelegt, dass das Fahrerverhalten primär durch die Öffnungslänge (überfahrbarer



**Bild 5:** Prinzipskizze zur Ausbildung von Mittelstreifenüberfahrten (SPACEK, 1995)

Bereich des Mittelstreifens ohne passive Schutzeinrichtungen) und den Überfahrtswinkel beeinflusst wird (Bild 5). Für das dort angestrebte Geschwindigkeitsniveau ist in der Regel eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h angeordnet. Als sinnvolle Öffnungslängen haben sich Werte von rund 70 m bis 100 m und Überfahrtswinkel von etwa 8 gon bis 10 gon als geeignet erwiesen. Eine geringe Beeinflussung der gefahrenen Geschwindigkeiten konnte auch den Radien der Einleitungsbögen der Überfahrt zugewiesen werden.

Ein homogenes Geschwindigkeitsverhalten hat sich hier bei Radien von mehr als 250 m ergeben. Die Fahrstreifenbreiten bleiben im Zulauf auf die Überleitung unverändert. Sind Bauausführungen mit einer Querneigung von 4,0 % oder mehr im Bereich der Mittelstreifenüberfahrt nicht zu vermeiden, so sehen die SN 640135 (1996) vor, den Abstand der Leitbaken zum Fahrbahnrand um 30 cm bis 50 cm zu erhöhen. Bei zweistreifigen Mittelstreifenüberfahrten soll gemäß den SN 640135 (1996) ein 1 m breiter räumlicher Trennungstreifen angeordnet werden.

In Deutschland werden die Mittelstreifenüberfahrten bei vierstreifigen Arbeitsstellenquerschnitten wie z. B. einer 4+0-Verkehrsführung, nach den ZTV-SA (1997) mit einer Länge von 135 m ausgeführt.

### 3.2.3 Rückleitungs- und Nachlaufbereiche

Der Nachlauf- und insbesondere der Rückleitungs- bereich einer Arbeitsstelle sind für den Verkehrsteilnehmer erkennbar und verkehrssicher auszuführen. Auch hier geben die Regelpläne der RSA (1995) Vorgaben für die Position der Leitbaken und

die Ausgestaltung der Fahrstreifenrückleitung. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit wird laut Regelplan 20 m und das angeordnete Überholverbot für Lkw größer 3,5 t, Kraftomnibusse und Pkw mit Anhänger 500 m hinter der letzten Leitbake in Fahrtrichtung aufgehoben (durch Zeichen 278 StVO und Zeichen 280 StVO mit Zusatzzeichen 1049 StVO). Die versetzt angeordnete Beschilderung und Aufhebung der Streckengebote soll der Verkehrssicherheit dienen. Im unmittelbaren Entflechtungsbereich hinter der Baustelle beschleunigen Pkw stärker als Lkw. Zudem sind im Nachlauf der Arbeitsstelle verstärkt Fahrstreifenwechsel von rechts nach links und Überholvorgänge zu verzeichnen. Um den Verkehrsablauf und die Verkehrssicherheit nicht durch unmittelbar hinter der Baustelle ausscherende Lkw zu behindern bzw. zu gefährden, endet das Überholverbot erst verspätet.

#### 4 Vorhandene Erkenntnisse zur Verkehrssicherheit in Arbeitsstellen längerer Dauer

Die Verkehrssicherheit in Arbeitsstellen längerer Dauer wurde in der Vergangenheit bereits in verschiedenen Untersuchungen analysiert. In den älteren Untersuchungen der 1980er und 1990er Jahren von beispielsweise EMDE/HAMESTER (1983) und KOCKELKE/ROSSBANDER (1988) wurde dabei hauptsächlich die Sicherheit verschiedener Arbeitsstellenbereiche miteinander verglichen, ohne dabei eine Unterscheidung hinsichtlich der eingesetzten Gegenverkehrstrennung vorzunehmen. Betrachtungen zum Einfluss von Art und Ausführung der Gegenverkehrstrennungen erfolgten in Deutschland bislang nur ansatzweise von u. a. RÜFFER/BRAUN (2001) sowie in umfangreicherem Maß von FISCHER/BRANNOLTE (2006). Zudem sind diesbezüglich noch entsprechende Untersuchungen aus der Schweiz (LAUBE, 2001, und SPACEK/LAUBE/SANTEL, 2005) und aus Österreich von NADLER/HANKO/SCHREFEL (1988) sowie HANKO (1995) zu nennen.

HOFFMANN et al. (1981) untersuchten das Unfallaufkommen auf dem Berliner Autobahnring. Sie verglichen dazu die Unfallzahlen eines identischen Streckenabschnitts im Vorherzeitraum ohne Arbeitsstelle mit dem Nachherzeitraum mit einer Arbeitsstelle unter einer 3+1-Verkehrsführung. Ihre Ergebnisse zeigen, dass die Unfallrate sich wäh-

rend der Bauphase im Mittel um 55,6 % auf 2,10 U/(10<sup>6</sup> Kfz · km) erhöht. Dabei stellen sie besonders hohe Steigerungen im Annäherungsbereich auf die Arbeitsstelle fest. In der einen Fahrtrichtung nimmt die Unfallrate um 75,4 % und in der Gegenrichtung sogar um 264,8 % zu. Im eigentlichen Baustellenbereich liegen die Unfallraten bei 2,79 U/(10<sup>6</sup> Kfz · km) bzw. bei 3,17 U/(10<sup>6</sup> Kfz · km) in der Gegenfahrtrichtung. Ausführungen zu Unfallgründen oder Interpretationen des hohen Unfallaufkommens liefern HOFFMANN et al. (1981) nicht.

Von EMDE/HAMESTER (1983) wurde das Unfallgeschehen in Arbeitsstellen längerer Dauer der Jahre 1979 und 1980 analysiert. Der Untersuchungsbereich umfasste dabei die drei Bundesländer Bayern, Hessen und Nordrhein-Westfalen. Neben der Analyse von Unfällen in Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung wurde auch das Unfallverhalten in Arbeitsstellen, in denen eine Richtungsfahrbahn ohne Einschränkungen durch die Baumaßnahme blieb, untersucht. Das Datenkollektiv umfasste zwölf Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung und 69 Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung. Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung wurden nicht erfasst. Dabei wurden für die 3+1- und 4+0-Verkehrsführungen insgesamt 5.265 Unfälle mit schwerem Personenschaden und schwerem Sachschaden berücksichtigt, davon 4.112 Unfälle innerhalb der Arbeitsstellen und 1.153 Unfälle in den Bereichen unmittelbar vor und hinter den Arbeitsstellen. Die Unfälle wurden getrennt für verschiedene Bereiche untersucht und die Unfallrate ermittelt. Ebenfalls wurde hinsichtlich der Lage des Baufelds differenziert.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass in Arbeitsstellen auf Autobahnen ein erhöhtes Unfallrisiko besteht. Gerade im Arbeitsstellenbereich (Überleitung und Baustelleninnenbereich) sind über 78 % der Unfälle zu verzeichnen (Tabelle 2). In den Abschnitten 2 km vor dem Zulaufbereich sowie hinter der Arbeitsstelle liegen die Unfallraten mit etwa 0,42 U/(10<sup>6</sup> Kfz · km) bis 0,70 U/(10<sup>6</sup> Kfz · km) bis zu 70 % unter den Zahlen innerhalb der Arbeitsstelle. Die höchste Unfallrate tritt in Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung und einem Baufeld in Fahrtrichtung auf. Zurückzuführen ist dies laut EMDE/HAMESTER (1983) auf die Trennung der Fahrstreifen der baustellenzugewandten Fahrtrichtung. Die Unfallrate beträgt dort im Bereich der Überleitung 2,011 U/(10<sup>6</sup> Kfz · km). Grund dafür ist die starke Verschwenkung der Fahrstreifen auf die Gegenfahrbahn und die damit hohen Anforderungen an die Verkehrsteilnehmer.

Innerhalb der einzelnen Arbeitsstellenbereiche liegen die Unfallraten im Vergleich von 3+1-Verkehrsführungen auf niedrigerem Niveau als die 4+0-Verkehrsführungen. Der Bereich der Rückleitung weist ebenfalls hohe Unfallraten auf, diese liegen jedoch, abgesehen von der 4+0-Verkehrsführung mit Baufeld in Fahrtrichtung, unter den Unfallraten der Überleitung.

Als deutlich unfallauffälliger im Verhältnis zu den Vor- und Nachlaufbereichen stellt sich nach EMDE/HAMESTER (1983) der separat untersuchte Entflechtungsbereich dar. Auf dem ersten Kilometer nach Beendigung der Arbeitsstelle und Aufhebung der Streckengebote (Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und Überholverbot für Lkw über 3,5 t, Kraftomnibusse und Pkw mit Anhänger) liegt die Unfallrate mit bis zu 0,960 U/(10<sup>6</sup> Kfz · km) auf einem hohen Niveau. Ausnahme bildete diesbezüglich die 3+1-Verkehrsführung mit Baufeld entgegen der Fahrtrichtung. Hier bestehen kaum Unterschiede zu Vor- und Nachlaufbereichen.

EMDE/HAMESTER (1983) haben neben diesen in Tabelle 2 dargestellten Detailanalysen auch eine zusammenfassende Unfallraten für den von der Arbeitsstellen betroffenen Bereich und den freien unbeeinflussten Bereich ermittelt. Der erstgenannte Bereich beginnt ab der 2-km-Ankündigungstafel vor der Arbeitsstelle und endet nach dem Entflechtungsbereich 1 km hinter der Rückleitung. Als frei werden dabei die beiden jeweils 2 km langen Bereiche vor der Arbeitsstelle (- 4 km bis - 2 km) sowie hinter der Arbeitsstelle (+ 1 km bis + 3 km) definiert. Als Ergebnis stellen EMDE/HAMESTER (1983) fest, dass die 3+1-Verkehrsführung mit 0,807 U/(10<sup>6</sup> Kfz · km) eine niedrigere Unfallrate als die

4+0-Verkehrsführung aufweist, in der die Rate bei 1,310 U/(10<sup>6</sup> Kfz · km) liegt. Die Gefahr eines Unfalls ist demnach in einer 4+0-Verkehrsführung um fast zwei Drittel höher als in einer 3+1-Verkehrsführung. Für die Kontrollgruppe der freien Strecke ergeben sich ähnliche Unfallraten für 3+1- und 4+0-Verkehrsführungen. Die Differenz der Unfallraten beträgt mit 0,584 U/(10<sup>6</sup> Kfz · km) zu 0,645 U/(10<sup>6</sup> Kfz · km) rund 10 %.

Zusätzlich haben EMDE/HAMESTER (1983) die Unfälle hinsichtlich schwerer und leichter Personenschäden analysiert. Die Unfallraten schwerer Personenschäden weisen keine Unterschiede zwischen den Verkehrsführungen auf. Die Unfallraten leichter Personenschäden, also der Unfälle mit Leichtverletzten, dagegen weisen Unterschiede auf. In 3+1-Verkehrsführungen stellt sich mit 0,136 U(LV)/(10<sup>6</sup> Kfz · km) ein geringeres Risiko eines Unfalls mit leichtem Personenschaden ein, für 4+0-Verkehrsführungen ist dieses mit einer Unfallrate von 0,266 U(LV)/(10<sup>6</sup> Kfz · km) höher.

Zu tendenziell vergleichbaren Ergebnissen kamen auch KOCKELKE/ROSSBANDER (1988). In ihren Untersuchungen wurden Unfälle aus 15 Monaten von Januar 1987 bis April 1988 in sieben Arbeitsstellen ausgewertet. Vornehmlich wurden diese Arbeitsstellen mit einer 4+0-Verkehrsführung eingerichtet. Vier Arbeitsstellen wurden dauerhaft mit einer 4+0-Verkehrsführung betrieben, zwei wechselten während der Bauzeit von einer 4+0- in eine 2+2-Verkehrsführung und in einer Arbeitsstelle bestand eine 3+3-Verkehrsführung.

Die von KOCKELKE/ROSSBANDER (1988) für 4+0-Verkehrsführungen ermittelte Unfallrate ist

Arbeitsstellenbereich	Unfallrate [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]			
	3+1-Verkehrsführung		4+0-Verkehrsführung	
	Baufeld in Fahrtrichtung	Baufeld entgegen Fahrtrichtung	Baufeld in Fahrtrichtung	Baufeld entgegen Fahrtrichtung
Abschnitt vor dem Zulaufbereich (2 km)	0,422	0,674	0,703	0,684
Zulaufbereich (2 km)	0,568	0,740	1,190	1,221
Überleitung	1,452	1,180	2,011	1,357
Baustelleninnenbereich	0,801	0,963	1,337	1,549
Rückleitung	1,320	0,924	1,488	1,722
Entflechtungsbereich (1 km)	0,977	0,449	0,960	0,652
Abschnitt hinter dem Entflechtungsbereich (2 km)	0,594	0,502	0,656	0,536

Tab. 2: Gegenüberstellung der Unfallraten für verschiedene Verkehrsführungen aus den Untersuchungen zu Arbeitsstellen längerer Dauer von EMDE/HAMESTER (1983)

Arbeitsstellenbereich	Unfallrate [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	
	Mittelwert aus 7 Arbeitsstellen mit 4 x 4+0-Verkehrsführung 2 x 4+0- und 2+2-Verkehrsführung 1 x 3+3-Verkehrsführung	Mittelwert aus 7 Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung
Abschnitt vor dem Zulaufbereich (2 km)	–	–
Zulaufbereich (2 km)	1,08	0,95
Überleitung	1,31	1,18
Baustelleninnenbereich	1,20	1,09
Rückleitung	0,81	0,66
Entflechtungsbereich	–	–
alle Bereiche	1,15	0,93

**Tab. 3:** Gegenüberstellung der Unfallraten für verschiedene Verkehrsführungen aus den Untersuchungen zu Arbeitsstellen längerer Dauer von KOCKELKE/ROSSBANDER (1988)

niedriger als die mittlere Unfallrate aller sieben Arbeitsstellen längerer Dauer zusammen (Tabelle 3). Auch die Unfallraten der einzelnen Teilabschnitte der Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung sind sämtlich besser zu bewerten als für die aggregierten Unfallraten aus allen sieben Arbeitsstellen zusammen. Die Untersuchungen ergaben im Detail, dass im Baustelleninnenbereich der eine Unfallrate von 1,20 U/(10<sup>6</sup> Kfz · km) vorliegt. Die Unfallrate in der Überleitung liegt mit 1,31 U/10<sup>6</sup> (Kfz · km) noch geringfügig über diesem Wert.

Neben dem Unfallrisiko (ausgedrückt durch die Unfallrate) haben KOCKELKE/ROSSBANDER (1988) auch die Unfallarten untersucht. Der Baustelleninnenbereich ist gekennzeichnet von Zusammenstößen mit einem vorausfahrenden Fahrzeug (28 %) und Zusammenstößen mit einem seitlich in die gleiche Richtung fahrenden Fahrzeug (26 %). Das Abkommen von der Fahrbahn liegt mit einem Viertel aller Unfälle leicht über den Aufprallunfällen auf ein Hindernis (17 %). Im Zulauf auf die Arbeitsstelle ist jeder vierte Unfall als Zusammenstoß mit einem vorausfahrenden Fahrzeug gekennzeichnet.

Nach KOCKELKE/ROSSBANDER (1988) könnten die fast durchgängig deutlichen Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit sowohl bei der Annäherung als auch innerhalb der Arbeitsstelle und der zu geringe Sicherheitsabstand, vor allem im unmittelbaren Bereich vor der Überleitung, ursächlich für die auftretenden Unfallarten sein. Der Höchstwert für das Abkommen von der Fahrbahn ist mit großem Abstand in der Überleitung zu verzeichnen: 41 % der Unfallarten haben dort diese Charakteristik, bei der Rückleitung des Verkehrs

sind es 34 %. Als Unfalltypen ragen die Unfälle im Längsverkehr mit 43 % vor den Fahrnfällen mit 18 % heraus.

Auch PETERSEN (1988) stellt u. a. fest, dass die Unfallrate für Unfälle mit Personenschaden innerhalb von Arbeitsstellen mit Überleitung etwa zweieinhalbmal so hoch ist wie auf Autobahnabschnitten ohne Arbeitsstelle und hierbei Unfälle im Gegenverkehrsbereich besonders schwerwiegend ausfallen. Die Auffahrunfälle machen im Baustelleninnenbereich etwa 50 % bis 60 % aller Unfälle aus, wobei Auffahrunfälle und Streifkollisionen mit den Baustelleneinrichtungen hierbei in der Regel enthalten sind. Aufgrund der besonderen Schwere von Unfällen mit Gegenverkehr gibt er die Empfehlung, die Fahrtrichtungen mit baulichen Abschränkungen zu trennen.

NADLER/HANKO/SCHREFEL (1988) und HANKO (1995) untersuchten das Unfallgeschehen in Autobahnbaustellen in Österreich aus den Jahren 1981 bis 1984 und kamen jeweils zu dem Ergebnis, dass die Unfallraten im Bereich von Arbeitsstellen längerer Dauer in der Überleitung ihr Maximum erreichen. Ausgewertet wurden verschiedene Verkehrsführungen sowohl mit als auch ohne Gegenverkehrstrennungen. Sie stellen fest, dass die Unfallraten in Arbeitsstellen einschließlich des Vorlaufbereichs höher liegen als auf Abschnitten der freien Strecke österreichischer Autobahnen.

NADLER/HANKO/SCHREFEL (1988) konstatieren, dass die Unfallschwere im Vorlaufbereich deutlich über derjenigen im Baustelleninnenbereich liegt. Sie vermuten, dass aufgrund der höheren gefahre-

nen Geschwindigkeiten im Vorlaufbereich die Ursachen für die schwereren Personenschäden zu sehen sind. Im Gegenverkehrsbereich ergaben sich je nach Verkehrsführung Unfallraten mit Personenschaden von bis zu  $0,21 \text{ U(P)}/(10^6 \text{ Kfz} \cdot \text{km})$  und Unfallraten mit Sachschaden von bis zu  $0,89 \text{ U(S)}/(10^6 \text{ Kfz} \cdot \text{km})$ .

Werden die Unfälle im Innenbereich und der Überleitung dieser Arbeitsstellen nach den Folgen unterschieden, so zeigt sich, dass die Hauptunfallursachen bei Unfällen mit Personenschaden die Auffahrunfälle im Längsverkehr (35 %), gefolgt von den Abkommensunfällen (25 %) sind. Die Sachschadenunfälle hingegen sind hauptsächlich durch das Auffahren auf Elemente der Baustellenabsicherung (45 %) zurückzuführen. Dies ist nach HANKO (1995) ein eindeutiges Indiz für Kollisionen im Überleitungsbereich, was er durch Videoanalysen belegen konnte. Im Bereich schmaler Behelfsfahrstreifen haben Pkw-Fahrer oftmals Schwierigkeiten, Lkw zu überholen. Die fehlende Bereitschaft, diese Engstelle hinter einem Lkw zu durchfahren, sondern diesen trotz beengter Verhältnisse überholen zu wollen, führt dann häufig zu Kollisionen mit Einrichtungen der Baustellenabsicherung.

Umfangreiche Unfallanalysen wurden auch durch die bayerische Straßenbauverwaltung durchgeführt (OBB, 2009). Analysiert wurden Arbeitsstellen aus den Jahren 2000 bis 2006 mit einer Länge von mehr als 300 m und einer Einrichtungsdauer von mindestens sechs Monaten sowie Arbeitsstellen ab einer Länge von 1.000 m bei minimaler Dauer von drei Monaten. Zu- und Nachlaufbereiche wurden dabei ausgeklammert. Für die Arbeitsstellen wurden die Unfälle mit Personen- und Sachschaden erfasst und mit den Unfallkenngrößen der Zeiträume ohne Arbeitsstelle gegenübergestellt. Der Vergleich macht deutlich, dass das Unfallgeschehen in den Zeiträumen mit Baustelle erheblich ansteigt. Während der Bauphase nehmen die Personenunfälle um 28 % und die Sachschadenunfälle um 89 % zu. Zudem wird angemerkt, dass in zwei Drittel der betrachteten Arbeitsstellen Ein- und Ausfahrten waren. Diese bedingen eine erhebliche Reduzierung der Verkehrssicherheit. Sind Anschlussstellen vorhanden, verdoppelt sich die Unfallrate gegenüber Arbeitsstellen ohne Ein- und Ausfahrten (vgl. Kapitel 3.1.3). Die Anschlussstellenproblematik wurde aber in der Untersuchung der OBB (2009) nicht weiter vertieft.

#### 4.1 Unfallgeschehen im Bereich mit Gegenverkehrstrennung

Im Innenbereich von Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung besteht eine deutlich höhere Unfallgefährdung als auf der freien Strecke. Deshalb empfiehlt bereits WEINSPACH (1988), dort Leitwände aus Kunststoff oder Stahl einzusetzen, da diese, verglichen mit Markierungen oder Leitbaken, sichtbarer sowie geeigneter sind, Fahrtrichtungen zu trennen. Er schreibt Leitwänden sowohl eine psychologische als auch eine begrenzte physikalische Aufhaltewirkung zu.

Auf Basis von Unfalluntersuchungen in Arbeitsstellen auf Autobahnen in den neuen Bundesländern kommen LAFFONT/SCHMIDT (1995) zu der Erkenntnis, dass durch die bauliche Trennung des Gegenverkehrs in Form von Schutzwänden aus Stahl, Kunststoff oder Beton Gegenverkehrsunfälle weitestgehend vermieden werden können.

RÜFFER/BRAUN (2001) leiten ihre Empfehlungen aus Unfalluntersuchungen im Rahmen einer länger dauernden Maßnahme auf der A 2 ab. Die Bewertungen der Ausführungen stützen sie zum einen auf die betrieblichen Aspekte der Baustelleneinrichtung und -unterhaltung sowie zum anderen auf die Auswertungen der Verkehrssicherheitsstudien. Verglichen wurden hier unterschiedliche Bereiche der gleichen Arbeitsstelle mit und ohne transportable Schutzeinrichtungen. Die Bereiche ohne transportable Schutzeinrichtungen weisen zwar mit  $27,0 \text{ U}/(\text{km} \cdot \text{a})$  gegenüber  $33,2 \text{ U}/(\text{km} \cdot \text{a})$  in den Bereichen mit Schutzeinrichtung geringere Unfalldichten auf, allerdings waren die Unfälle dort wesentlich folgenschwerer. So halten sie in ihrem Fazit fest, dass von fünf Unfällen mit Getöteten drei durch eine Schutzeinrichtung mutmaßlich hätten verhindert werden können. Darüber hinaus konstatieren sie, dass die Unfälle mit Getöteten im Laufe der Einrichtungsdauer (Bauzeit) angestiegen sind, was ihrer Meinung nach dem Gewöhnungseffekt durch die Arbeitsstelle zuzuschreiben ist. Unfallkostenraten wurden von RÜFFER/BRAUN (2001) jedoch nicht ermittelt. Als hauptsächliche Unfallursachen identifizieren sie zu geringen Abstand, überhöhte Geschwindigkeit, seitliche Berührungen beim Nebeneinander fahren und das Abkommen von der Fahrbahn.

FISCHER/BRANNOLTE (2006) stützen ihre Aussagen zur Sicherheitsbewertung von Maßnahmen zur Trennung des Gegenverkehrs sowohl auf Unfallanalysen von insgesamt 219 Arbeitsstellen als auch

auf Untersuchungen des Verkehrsablaufs innerhalb von 15 Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung. Hinsichtlich des Verkehrsablaufs stellen sie fest, dass Strecken mit Trennung des Gegenverkehrs durch Leitschwellen, Stahl- und Betonschutzwände bei gleicher Verkehrsbelastung und gleicher Fahrstreifenbreite auch gleiche mittlere Geschwindigkeiten der Pkw aufweisen. Eine Verbreiterung der Fahrstreifen führt zu einem Anstieg der mittleren Pkw-Geschwindigkeiten um 5 km/h bis 10 km/h. Die Bauhöhe der Schutzwände hat ihrer Ansicht nach hierbei keinen maßgeblichen Einfluss auf die Geschwindigkeitswahl.

Die mittleren Pkw-Geschwindigkeiten liegen in Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung durch Leitschwellen, Stahl- oder Betonschutzwände auf nahezu gleichem Niveau bei etwa 80 km/h bis 85 km/h, bei Gegenverkehrstrennung durch Markierung mit Sichtzeichen tendenziell etwas niedriger, was allerdings auf eine Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 60 km/h zurückzuführen sein kann. Dennoch lässt sich nach FISCHER/BRANNOLTE (2006) festhalten, dass die Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 60 km/h nur einen geringfügigen Rückgang der mittleren Geschwindigkeiten bewirkt.

Als Grundlage dienten FISCHER/BRANNOLTE (2006) polizeilich erfasste Unfälle der Jahre 1999 bis 2002 an Arbeitsstellen mit 3+1-, 4+0- und 4+2-Verkehrsführungen. Hinsichtlich der Verkehrssicherheit kommen sie auf dieser Basis zu dem Schluss, dass die Unfalldichte im Bereich von Arbeitsstellen mit einer Trennung des Gegenverkehrs durch Stahlschutzwände über der Unfalldichte im Bereich mit Leitschwellen oder Markierungen liegt. Die Unfalldichte beim Einsatz letztgenannter Gegenverkehrstrennungen liegt bei 11,5 U/(km · a), die Unfalldichte bei Stahl- und Betonschutzwänden beziffern sie auf 17,3 U/(km · a).

Die mittlere Unfallschwere liegt bei einer baulichen Trennung der Gegenverkehre deutlich niedriger als bei einer Trennung durch Markierung. Daher ist die Unfallkostenrate bei 4+0-Verkehrsführungen in Bereichen mit Markierungen auch deutlich höher als in Bereichen mit Leitschwellen oder Stahlschutzwänden. Für 3+1- und 4+2-Verkehrsführungen ließen sich hierzu aufgrund des geringen Datenumfanges keine Aussagen ableiten.

Hinsichtlich der auftretenden Unfalltypen zeichnen FISCHER/BRANNOLTE (2006) folgendes Bild: Unterschiede in den Trennungssystemen und den verschiedenen Verkehrsführungen sind nicht feststellbar. Es dominieren die Unfalltypen Längsverkehr mit einem Anteil von über 60 % und Fahrnfall mit etwa 20 %. Bei der Ermittlung der Unfallarten stellte sich heraus, dass diese ebenfalls unabhängig von der Verkehrsführung oder dem eingesetzten Trennungssystem gleichgelagert sind. Vornehmlich kommt es zu Zusammenstößen mit Fahrzeugen, die vorausfahren bzw. warten oder zu seitlichen Kollisionen im Längsverkehr. Das Abkommen von der Fahrbahn verzeichnet eine geringere Häufigkeit.

In Tabelle 4 sind die von FISCHER/BRANNOLTE (2006) ermittelten Unfallraten für unterschiedliche Verkehrsführungen und Arten der Gegenverkehrstrennung gegenübergestellt. Die Ergebnisse verwundern dahingehend, dass die Unfallraten im Gegensatz zu denjenigen von EMDE/HAMESTER (1983) und KOCKELKE/ROSSBANDER (1988) teilweise deutlich geringer sind (vgl. Tabelle 2 und Tabelle 3). Dass die Unfallrate für 4+0-Verkehrsführungen mit Stahlschutzwand den Maximalwert der von FISCHER/BRANNOLTE (2006) ermittelten Unfallraten darstellt und zugleich für diese Gruppe das größte Datenkollektiv vorlag, zeigt, dass die übrigen Unfallraten wenig repräsentativ sind und nur Tendenzen wiedergeben können.

Art der Gegenverkehrstrennung	Unfallrate [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]		
	3+1-Verkehrsführung	4+0-Verkehrsführung	4+2-Verkehrsführung
Doppellinie (Markierung)	0,66	0,72	0,39
Leitschwelle	0,61	0,56	0,50
Stahlschutzwand	0,76	1,01	0,58
Betonschutzwand	-	-	0,20
Gesamt	0,73	0,83	0,55

**Tab. 4:** Gegenüberstellung der Unfallraten für die verschiedenen Verkehrsführungen aus den Untersuchungen zu Arbeitsstellen längerer Dauer von FISCHER/BRANNOLTE (2006)

Die Fahrstreifenbreiten wirken sich nach Aussagen von FISCHER/BRANNOLTE (2006) nicht auf die Unfallrate aus. Sie vermuten aber, dass mit zunehmenden Fahrstreifenbreiten mit einem Anstieg der Unfallkostenrate zu rechnen ist. Die Betrachtungen des Unfallaufkommens bezogen auf die Helligkeitsverhältnisse haben ergeben, dass bei Dunkelheit die mittleren Unfallkostenraten höher als bei Tageslicht sind. Ausnahme hierbei stellt die Markierung dar. Diese ist bezogen auf die Unfallkostenrate als Trennungsmittel als schlechteste Lösung zu bewerten. Bei ihren Sensitivitätsuntersuchungen bemerken FISCHER/BRANNOLTE (2006) völlig zu Recht, dass aufgrund der geringen Datenbasis die Ergebnisse nur Tendenzen widerspiegeln können.

#### 4.2 Unfallgeschehen in Zulauf- und Überleitungsbereichen

Besonders kritisch ist der Überleitungsbereich von Arbeitsstellen auf Autobahnen zu sehen. Hier ist die Unfallrate laut EMDE/HAMESTER (1983) und KOCKELKE/ROSSBANDER (1988) sogar höher als im Baustelleninnenbereich selbst (vgl. auch Tabelle 2). Autobahnbaustellen mit Fahrbahnverschwenkungen und Überleitungen verlangen von den Verkehrsteilnehmern aufgrund der veränderten Fahraufgaben eine erhöhte Aufmerksamkeit. Die hier vorherrschenden verkehrlichen und räumlichen Gegebenheiten haben ein wesentliches Gewicht auf das Verhalten des Verkehrsteilnehmers, was wiederum auch Einfluss auf das Unfallgeschehen hat (BAIER et al., 2006). Vor allem im Zulauf- und Überleitungsbereich führen nicht angepasste Geschwindigkeiten und ungenügende Sicherheitsabstände zu Unfällen, häufig zu Auffahrunfällen (vgl. beispielsweise KÜHNEN, 1995) bzw. zum Abkommen von der Fahrbahn im Überleitungsbereich.

Nach WEINSPACH (1988) wird auf Autobahnen die Verzögerung von der freien Geschwindigkeit auf der freien Strecke ohne Arbeitsstelle auf die Geschwindigkeit im Überleitungsbereich – hier ist nach den RSA (1995) die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h oder 60 km/h begrenzt – entweder erst kurz vor der Überleitung oder stufenweise an mehreren Stellen vollzogen. Eine konstante Verringerung der gefahrenen Geschwindigkeiten innerhalb dieses Geschwindigkeitstrichters vor der Überleitung erfolgt in der Regel jedoch nicht bzw. nur vereinzelt. Die zulässige Höchstgeschwin-

digkeit wird hierbei sowohl bei der Annäherung als auch innerhalb der Arbeitsstelle fast durchgängig deutlich überschritten, wobei in den Überleitungsbereichen die Geschwindigkeiten und auch die Variationsbreite im Geschwindigkeitsverhalten am geringsten sind. Im unmittelbaren Bereich vor der Überleitung wird jedoch in vielen Fällen der nötige Sicherheitsabstand unterschritten. Des Weiteren werden vor der Überleitung auffallend viele Fahrstreifenwechsel von links nach rechts durchgeführt; hierdurch erhöht sich nach Aussage von MÜLLER/SELIGER (1990) u. a. das Risiko von Auffahrunfällen.

#### 4.3 Unfallgeschehen an Anschlussstellen

Der Einfluss von Anschlussstellen im Bereich von Arbeitsstellen auf den Verkehrsablauf oder das Unfallgeschehen war in Deutschland bis jetzt noch nicht Gegenstand einer Untersuchung. Hier geben die RSA (1995) mit den Regelplänen DII/9 und DII/10 differenzierte Vorgaben zur Absicherung dieser Bereiche. So kann die Einfahrt der Anschlussstelle je nach Art und Länge der Einfädelungsstreifen mit Zeichen 205 StVO oder Zeichen 206 StVO geregelt werden.

LAUBE (2001) stellte im Rahmen von Untersuchungen in der Schweiz fest, dass sich die Unfallrate für je eine 3+1- und eine 4+0-Verkehrsführung durch eine im Baustelleninnenbereich befindliche Anschlussstelle verdoppelt haben. Seine Ergebnisse liefern, dass die Unfallrate in der 3+1-Verkehrsführung mit  $1,08 \text{ U}/(10^6 \text{ Kfz} \cdot \text{km})$  erheblich über derjenigen in der 4+0-Verkehrsführung von  $0,66 \text{ U}/(10^6 \text{ Kfz} \cdot \text{km})$  liegt. Seine Analysen ergeben weiter, dass der Einfluss von Anschlussstellen die Unfallraten deutlich ansteigen lässt. Arbeitsstellen ohne Anschlussstellen haben mit  $0,42 \text{ U}/(10^6 \text{ Kfz} \cdot \text{km})$  und  $0,35 \text{ U}/(10^6 \text{ Kfz} \cdot \text{km})$  offensichtlich geringere Unfallraten aufzuweisen.

Im Gegensatz zu den deutschen RSA (1995) werden in den schweizerischen Regelwerken keine exakten Vorgaben zur Absicherung von Ein- und Ausfahrten im Bereich von Arbeitsstellen gemacht. SPACEK et al. (2005) sehen daher für diesen Bereich einen erhöhten Handlungsbedarf. Aus ihren Untersuchungen leiten sie ab, dass die Gestaltung der Ein- und Ausfahrten im Vergleich zu den Überleitungen oftmals mit einer geringeren Sorgfalt vorgenommen wird und somit eine höhere Unfall-

gefährdung resultiert. Um die Verkehrssicherheit und die Sicherheit der Arbeiter in der Baustelle zu erhöhen empfehlen die schweizerischen Richtlinien SN 640885c Leitprofile oder Leitborde aufzustellen, womit eine Ablenkung der Verkehrsteilnehmer verhindert werden soll.

Bei den Unfalluntersuchungen auf bayerischen Autobahnen (OBB, 2009) ist festgestellt worden, dass die Ausführung von Zufahrten mit den Zeichen 206 StVO „Halt! Vorfahrt gewähren!“ sich negativ auf das Unfallgeschehen auswirkt. Fehlt an dieser Zufahrt der Einfädelsstreifen und ist gleichzeitig auf der durchgehenden Hauptfahrbahn eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h angeordnet, potenziert sich das Unfallrisiko. Konkrete Unfallzahlen an Anschlussstellen werden jedoch nicht dargestellt.

#### 4.4 Schlussfolgerungen für das weitere Vorgehen

Nach Auswertung der nationalen und internationalen Literatur zur Verkehrssicherheit in Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung lässt sich festhalten, dass bereits einige Untersuchungen zum Unfallgeschehen durchgeführt worden sind. Diese stammen jedoch größtenteils aus den 1980er und 1990er Jahren. Analysen bezüglich des Sicherheitspotenzials der verwendeten Trennungselemente (Markierung, Leitschwellen, Stahl- und Betonschutzwand) wurden dabei nicht durchgeführt. Bei der Berücksichtigung der Ergebnisse bleibt dabei zu beachten, dass sich die Verkehrsbelastung und das Schwerverkehrsaufkommen in den vergangenen 30 Jahren fast verdoppelt haben. Veränderungen sind auch im Fahrerverhalten zu vermuten. Diese Randbedingungen müssen für eine Übertragung und Bewertung der Unfallkenngrößen aus heutiger Sicht beachtet werden. Die vorliegenden älteren Erkenntnisse zum Unfallgeschehen in Arbeitsstellen können damit nur Tendenzen darstellen.

FISCHER/BRANNOLTE (2006) haben mit ihren Untersuchungen versucht, eine Sicherheitsbewertung der verschiedenen Trennungselemente durchzuführen. Dass der Einsatz von Leitschwellen und Markierungen im Gegensatz zu Stahlschutzwänden aus Sicht der Unfallrate als besser zu bewerten ist, bleibt fraglich. Die Unfallschwere in Arbeitsstellen mit Leitschwellen oder Markierung liegt dagegen über der mit baulicher Gegenverkehrstrennung.

Sämtliche Unfallauswertungen erlangen dahingehend Einigkeit, dass das Unfallaufkommen in Arbeitsstellen deutlich über dem der freien Strecke liegt. Als vornehmlicher Unfalltyp hat sich der Zusammenstoß mit einem Fahrzeug was vorausfährt oder wartet herausgestellt. Bei diesen Unfällen hat das Trennungselement primär keinen Einfluss. In sämtlichen Untersuchungen zum Unfallgeschehen in Arbeitsstellen längerer Dauer hat sich herausgestellt, dass die Bereiche der Überleitung auf die Gegenfahrbahn hinsichtlich des Unfallaufkommens von großer Bedeutung sind.

In den vergangenen Jahren sind starke Veränderungen hinsichtlich der eingesetzten Trennungselemente sowie deren Einsatzhäufigkeiten zu verzeichnen. Der Einsatz von Leitschwellen ist stark zurückgegangen und wird zunehmend von Stahl- und Betonschutzwänden verdrängt. Markierung wird als Gegenverkehrstrennung auf Autobahnen fast nicht mehr eingesetzt.

Gleichzeitig hat die Literaturanalyse auch zahlreiche Schwachstellen vergangener Unfalluntersuchungen aufgedeckt. Ausschließlich den durchschnittlichen täglichen Verkehr heranzuziehen, um eine Unfallrate zu ermitteln, wird den über das Jahr veränderlichen Verkehrsbelastungen nicht gerecht. Diesbezüglich sind Jahresganglinien zu verwenden. Unschärfen ergeben sich weiterhin, da die Einbeziehung der Arbeitsstellendauer vielfach nicht berücksichtigt wurde. Die Berechnung von angepassten Unfallkostenraten verspricht ein deutlich schärferes Resultat, um letztendlich das tatsächliche Unfallgeschehen beurteilen zu können.

Darüber hinaus scheint unstrittig, dass Anschlussstellen im Arbeitsstellenbereich einen Einflussfaktor für die Verkehrssicherheit darstellen. Dieser Problematik wurde bis dato in keiner Unfalluntersuchung nachgegangen.

## 5 Durchführung eines Expertenworkshops

Um nicht ausschließlich nur nach Richtlinien, Hinweispapieren und gesetzlichen Vorschriften die Einrichtung, Sicherheitsbewertung und Analyse von Arbeitsstellen durchzuführen, wurden schon in einem frühen Stadium des Projektfortschritts Vertreter aus Verwaltung, Bauwirtschaft und Absicherungsunternehmen involviert. Hierzu wurde am 20.

September 2007 ein Experten-Workshop in der Bundesanstalt für Straßenwesen durchgeführt. Die Teilnehmer des Workshops setzten sich aus Vertretern aller Institutionen zusammen, die sich mit der Gegenverkehrstrennung in Arbeitsstellen längerer Dauer befassen. So waren zehn Vertreter von drei Länderverwaltungen (Bayern, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz) und deren Autobahnmeistereien sowie sieben Mitarbeiter von Baustellenabsicherungsunternehmen und Herstellern von Trennungselementen (sowohl Stahl- als auch Betonsysteme) vertreten. Im Rahmen einer Diskussion wurden Themenschwerpunkte erarbeitet, die über die Arbeitsstellenabfrage bei den Straßenbauverwaltungen der Länder berücksichtigt werden sollten. So wurden u. a. folgende Aspekte für die Abfrage zu den gemeldeten Arbeitsstellen ergänzt:

- Vorhandensein der verkehrsrechtlichen Anordnungen, der verwendeten Trennungselemente, der Fahrstreifenbreiten, der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und etwaigen Abweichungen zu den Baubetriebsmeldungen,
- Name und Kontaktdaten des Absicherungsunternehmens und der zuständigen Polizeidienststelle,
- Länge von Verzögerungs-/Beschleunigungsstreifen sowie zugehöriger Beschilderung,
- Einsatz von mobilen Stauwarnanlagen,
- Aufhaltestufen der Trennungselemente (bei Stahl- und Betonschutzwänden) und
- Vorhandensein von Baustellenzufahrten.

Aufbauend auf den Ergebnissen des Experten-Workshops wurde abschließend ein Fragebogen für die länderspezifische Abfrage der Arbeitsstellen erstellt und versandt. Die Ergebnisse dieser Abfrage sind in Kapitel 6 dargestellt.

## 6 Erfassung der Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung aus den Jahren 2003 bis 2006

Zur Erfassung aller in Deutschland eingerichteten Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung aus den Jahren 2003 bis 2006 erfolgte zunächst eine Auswertung der Baubetriebsmeldungen beim Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

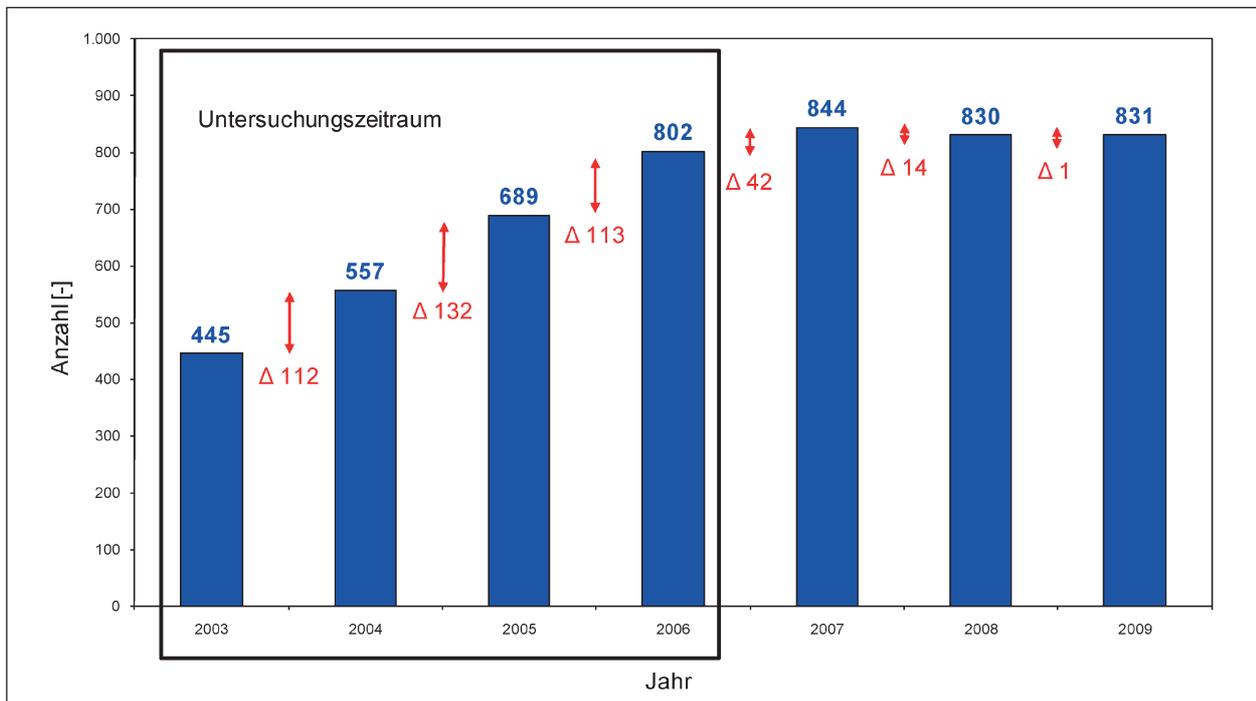
(jetzt: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur), um die Arbeitsstellen längerer Dauer mit Überleitung auf die Gegenfahrbahn herauszufiltern. Hierauf aufbauend wurden für diese Arbeitsstellen über eine Abfrage bei den zuständigen Straßenbauverwaltungen der Länder detailliertere Angaben, vor allem zur Art der eingesetzten Gegenverkehrstrennung, aber auch zum tatsächlichen Einrichtungszeitraum sowie eventuell ungenauen oder fehlerhaften Angaben aus den Baubetriebsmeldungen erhoben.

Hierzu wurde ein Erhebungsbogen in Anlehnung an den von FISCHER/BRANNOLTE (2006) verwendeten Erfassungs-/Fragebogen erstellt, um eine Vergleichbarkeit der neuen Erhebungen mit den vorhandenen Erkenntnissen zu gewährleisten. Erweitert wurde der Erhebungsbogen jedoch um die Erfassung von Angaben zu Überleitungsbereichen, zu Anschlussstellen innerhalb der Arbeitsstelle sowie zu weiteren Aspekten, die in der Grundlagenanalyse als untersuchungsrelevant ermittelt wurden. Des Weiteren wurden die verfügbaren Planunterlagen, z. B. Verkehrszeichenpläne der verkehrsrechtlichen Anordnungen, abgefragt. Ebenso wurden Erfahrungen zu einem möglichen auffälligen Unfallgeschehen sowie weiteren Besonderheiten, beispielsweise eine Häufigkeit von betrieblichen Eingriffen aufgrund von Unfällen oder dergleichen, erfasst. Auf Basis dieser Ermittlungen wurden dann alle relevanten Arbeitsstellen mit Trennung des Gegenverkehrs durch Leitschwellen oder transportable Schutzeinrichtungen bestimmt.

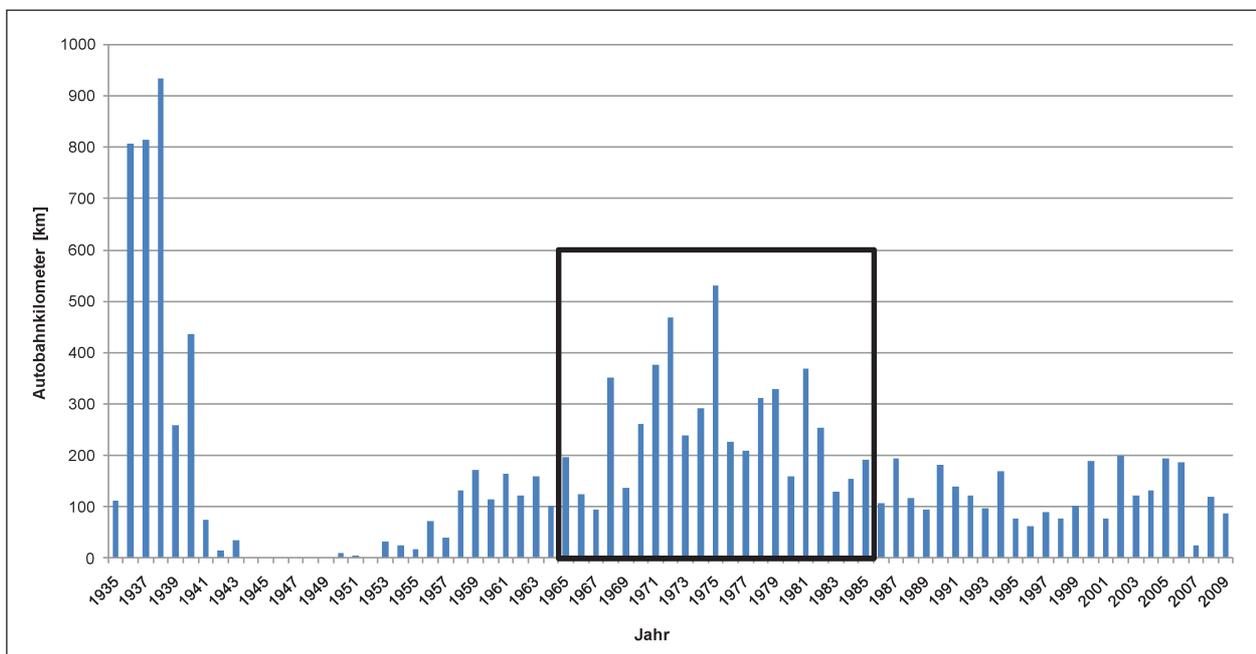
### 6.1 Auswertung der Baubetriebsmeldungen

Für Arbeitsstellen längerer Dauer mit einer Einrichtungsdauer von acht Tagen oder mehr besteht seitens der Länder eine Meldepflicht an das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Bei der in Bild 6 dargestellten Entwicklung der Arbeitsstellenanzahl auf deutschen Autobahnen seit 2003 wurde diese Einschränkung berücksichtigt. Die hierin für den Untersuchungszeitraum von 2003 bis 2006 angegebenen Arbeitsstellenanzahlen basieren auf den Angaben aus den ausgewerteten Baubetriebsmeldungen für diesen Zeitraum, die Angaben für die Jahre 2007 bis 2009 stammen von KRAUSE (2010).

Für die vier untersuchten Jahre von 2003 bis 2006 wurden von den Straßenbauverwaltungen der Län-



**Bild 6:** Anzahl aller gemeldeten Arbeitsstellen längerer Dauer (Dauer  $\geq 8$  Tage) in den Jahren von 2003 bis 2009 (2003-2006: eigene Auswertung der Baubetriebsmeldungen, 2007-2009: KRAUSE, 2010)



**Bild 7:** Neubau von Autobahnen in Deutschland von 1935 bis 2009 (Quelle: [www.autobahn-online.de](http://www.autobahn-online.de), Stand: 17. Dezember 2009)

der insgesamt 2.493 relevante Arbeitsstellen längerer Dauer gemeldet. Das Aufkommen dieser Arbeitsstellen hat sich in Deutschland in den Jahren von 2003 bis 2006 von 445 auf 802 fast verdoppelt. Über die Jahre ist eine kontinuierliche Steigerung des Arbeitsstellenaufkommens festzustellen. Der Grund für die gestiegene Anzahl von Arbeitsstellen

liegt im gestiegenen Ausbau- und Instandsetzungsbedarf. Der größte Teil der deutschen Autobahnstrecken wurde zwischen 1965 und 1985 gebaut (Bild 7), sodass diese Strecken zunehmend sanierungsbedürftig sind. Ab 2006 bleibt die Anzahl der gemeldeten Arbeitsstellen mit jährlich ungefähr 800 bis rund 840 auf hohem Niveau konstant.

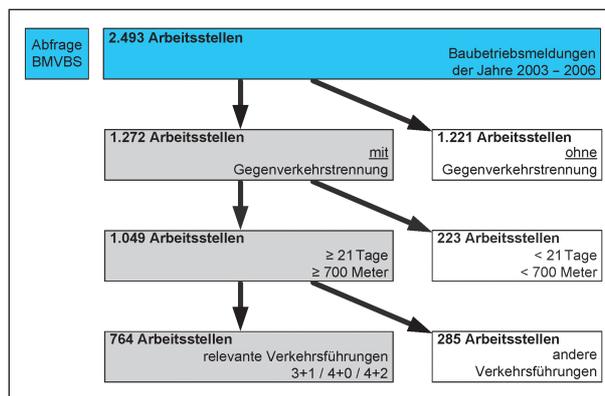
Von den insgesamt gemeldeten 2.493 Arbeitsstellen längerer Dauer der Jahre 2003 bis 2006 sind 1.221 Arbeitsstellen mit Verkehrsführungen ohne Gegenverkehrstrennung, die hier nicht betrachtet werden; 1.272 Arbeitsstellen sind solche mit Gegenverkehrstrennung (Bild 8). Zur Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen von FISCHER/BRANNOLTE (2006) sollen im Weiteren auch nur Arbeitsstellen betrachtet, die länger als 700 m sind und über mindestens drei Wochen (Dauer  $\geq 21$  Tage) betrieben wurden. Dies trifft auf 1.049 Arbeitsstellen zu.

Tabelle 5 zeigt, dass der größte Anteil dieser Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung eine 4+0-Verkehrsführung aufweisen; diese wurde bei knapp 50 % der Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung angewendet. 3+1-Verkehrsführungen dagegen wurden nur bei rund 18 % der Arbeitsstellen eingesetzt.

Die mittlere Dauer der Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung liegt bei 160 Tagen und damit ungefähr zwei Drittel höher als bei den 3+1-Verkehrsführungen (104 Tage). Zu berücksichtigen ist hierbei jedoch, dass z. B. bei einer Oberbauerneuerung und Wahl einer 4+0-Verkehrsführung die Einrichtung von zwei Arbeitsstellen erforderlich ist (jeweils eine für den Ausbau einer Richtungsfahrbahn). Bei einer 3+1-Verkehrsführung muss zusätzlich noch mindestens eine weitere Arbeitsstelle mit 2+2-Verkehrsführung für den Umbau der Verkehrsführung eingerichtet werden. Vor diesem Hintergrund wird oftmals eine 4+0-Verkehrsführung bevorzugt, um den Bauablauf zu beschleunigen.

Große Abweichungen der Länge der einzelnen Verkehrsführungen sind nicht zu verzeichnen. Wird jedoch die Länge der Arbeitsstelle ins Verhältnis zur eingerichteten Dauer gesetzt, ergeben sich bei den eingesetzten Verkehrsführungen durchaus Unterschiede. Die Einrichtungsdauer pro Kilometer im Richtungsquerschnitt beträgt bei einer 4+0-Verkehrsführung rund 41 Tage/km, bei einer 3+1-Verkehrsführung hingegen fast 60 Tage/km.

Eine 4+2-Verkehrsführung, deren Einrichtung nur bei einer ausreichenden Fahrstreifenbreite möglich ist, wurde bei rund 5 % der Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung angewendet. Alle anderen Verkehrsführungen mit Gegenverkehrstrennung werden noch seltener angewendet. Ausgenommen hiervon sind Arbeitsstellen mit einer 2+0-Verkehrsführung, die deutlich häufiger eingerichtet werden (mehr als 11 % der Arbeitsstellen mit Ge-



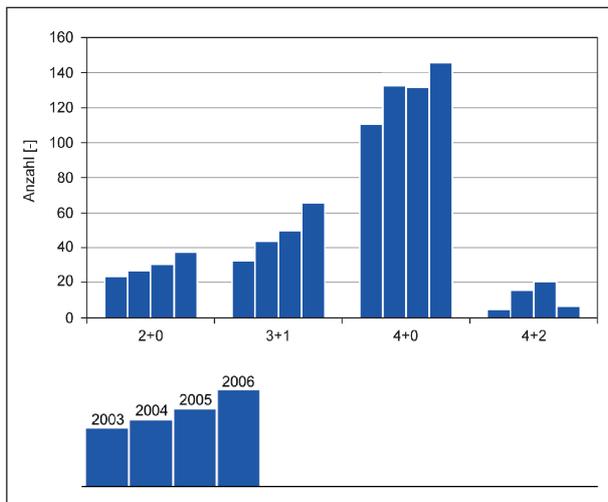
**Bild 8:** Arbeitsstellenkollektiv nach Abfrage beim Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (jetzt: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur)

Verkehrsführung	Anzahl [-]	mittlere Länge [km]	mittlere Dauer [Tage]
2+0	120	3,9	126
3+0	30	4,0	99
3+1	193	3,5	104
3+2	78	3,0	115
4+0	522	3,9	160
4+1	11	2,3	90
4+2	49	3,5	81
5+0	16	3,0	108
5+1	11	2,7	141
5+2	4	4,2	204
5+3	1	3,0	60
6+0	11	3,0	150
6+1	1	2,9	110
6+2	1	1,6	53
7+0	1	1,0	365
Gesamt	Σ 1.049	Ø 3,65	Ø 136

**Tab. 5:** Anzahl, mittlere Länge und mittlere Dauer der Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung (Länge  $\geq 700$  m und Dauer  $\geq 21$  Tage) in den Jahren 2003 bis 2006 differenziert nach Verkehrsführungen

genverkehrstrennung). Diese stellen gegenüber 3+1- und 4+0- sowie 4+2-Verkehrsführungen einen Sonderfall dar, da hierbei eine Reduzierung der Fahrstreifenanzahl erfolgt. 2+0-Verkehrsführungen wurden nicht in die weiteren Untersuchungen einbezogen, zumal diese von FISCHER/BRANNOLTE (2006) ebenfalls nicht betrachtet wurden.

Die Betrachtung der Einsatzhäufigkeit der verschiedenen Verkehrsführungen über die Jahre von 2003 bis 2006 zeigt, dass die Anzahl der ohnehin schon



**Bild 9:** Anzahl von Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung (Länge  $\geq 700$  m und Dauer  $\geq 21$  Tage) ausgewählter Verkehrsführungen in den Jahren von 2003 bis 2006 differenziert nach Jahren

am stärksten vertretenen 4+0- und insbesondere der 3+1-Verkehrsführungen deutlich zugenommen hat (Bild 9). Ebenfalls auffällig ist der kontinuierlicher Anstieg bei Arbeitsstellen mit 2+0-Verkehrsführung.

Die zu betrachtenden 4+0-, 3+1- und 4+2-Verkehrsführungen mit einer Länge  $\geq 700$  m und einer Dauer  $\geq 21$  Tagen wurden insgesamt bei 764 Arbeitsstellen eingesetzt (vgl. Bild 8 und Tabelle 5). Zu diesen

- 522 Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung,
- 193 Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung und
- 49 Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung

erfolgte eine vertiefende Abfrage bei den zuständigen Straßenbauverwaltungen der Länder (siehe Kapitel 6.2).

## 6.2 Abfrage bei den Straßenbauverwaltungen der Länder

Mit der vertiefenden Abfrage zu den 764 Arbeitsstellen mit 4+0-, 3+1- und 4+2-Verkehrsführungen bei den Straßenbauverwaltungen der Länder sollten neben den Angaben aus den Baubetriebsmeldungen zusätzliche Parameter, die einen Einfluss auf die Verkehrssicherheit oder den Verkehrsablauf haben könnten, erfasst werden. Im Einzelnen wurden bei der Länderabfrage neben den eingesetzten Trennungselementen (Stahlschutzwand, Betonschutzwand, Markierung oder Leitschwelle) daher auch

- die vorab gemeldeten Daten zum Beginn und zur Dauer,
- die angewendete Verkehrsführung und deren Veranlassung,
- die Ausbildung und Position der Mittelstreifenüberfahrten (MÜ 1 und MÜ 2),
- die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten in der Überleitung und im Baustelleninnenbereich,
- die Ausbildung der Überleitung,
- die Fahrstreifenbreiten im Baustelleninnenbereich,
- die Ausbildung von Ein- und Ausfädelungsbereichen an Anschlussstellen,
- die Anzahl der vorhandenen Baustellenzufahrten und
- die sonstigen Besonderheiten sowie die Ansprechpartner bei Autobahnmeisterei und Polizei

abgefragt. Somit konnten die vorliegenden Angaben aus den Baubetriebsmeldungen überprüft und um untersuchungsrelevante Aspekte, die sich aus dem Expertenworkshop ergeben haben (vgl. Kapitel 3.2), erweitert werden.

Im Rahmen der Länderabfrage wurden detaillierte Erhebungsbögen für alle 764 Arbeitsstellen mit 3+1-, 4+0- und 4+2-Verkehrsführungen vorbereitet und an sämtliche Straßenbauverwaltungen der Länder verschickt. Ausgenommen war Berlin, wo im Betrachtungszeitraum (2003 bis 2006) keine entsprechenden Arbeitsstellen längerer Dauer eingerichtet bzw. gemeldet wurden. Aus den erfolgten Rückantworten der Länder verblieben 393 Arbeitsstellen (Tabelle 6), zu denen die erforderlichen Angaben gemacht wurden. Einige weitere, vorab als relevant eingestufte Arbeitsstellen wurden von den weiteren Betrachtungen ausgenommen, da hier z. B. Länge und/oder die Dauer verkürzt oder auch die Verkehrsführung geändert wurden, also beispielsweise anstelle einer 4+0- eine 5+0-Verkehrsführung eingesetzt wurde. Für die verbliebenen 393 Arbeitsstellen wurde eine Arbeitsstellendatenbank erstellt, in der alle vorliegenden Angaben aufgenommen wurden.

Diese 393 Arbeitsstellen weisen insgesamt eine mittlere Länge von 3,8 km und eine mittlere Einrichtungsdauer von 134 Tagen auf. Etwa 55 % der Arbeitsstellen wurden in den großen Flächenbundesländern Bayern und Nordrhein-Westfalen eingerichtet. Diese beiden Länder verzeichnen zusam-

Bundesland	Verkehrsführung			Σ
	4+0	3+1	4+2	
Baden-Württemberg	6	15	7	28
Bayern	92	11	2	105
Berlin	-	-	-	0
Brandenburg	12	3	0	15
Bremen	3	0	0	3
Hamburg	1	1	0	2
Hessen	5	7	2	14
Mecklenburg-Vorpommern	1	0	0	1
Niedersachsen	17	1	0	18
Nordrhein-Westfalen	52	46	14	112
Rheinland-Pfalz	21	2	2	25
Saarland	1	3	0	4
Sachsen	14	0	0	14
Sachsen-Anhalt	17	0	0	17
Schleswig-Holstein	9	1	0	10
Thüringen	11	14	0	25
Gesamt	262	104	27	393

Tab. 6: Anzahl der nach der Länderabfrage verbleibenden 393 Arbeitsstellen nach Verkehrsführungen und Bundesländern

men mit etwa 37 % auch den größten Anteil an Autobahnkilometern in Deutschland. Mit 262 Arbeitsstellen wurde in zwei Drittel der Arbeitsstellen eine 4+0-Verkehrsführung eingesetzt. Eine 3+1-Verkehrsführung wurde in 104 Arbeitsstellen, also etwa einem Viertel der Arbeitsstellen eingesetzt. Nur 27 Arbeitsstellen hatten eine 4+2-Verkehrsführung, die somit mit knapp 7 % der Arbeitsstellen eher selten vertreten ist. Die Verteilung auf die drei Verkehrsführungen entspricht in etwa derjenigen der Untersuchungen von FISCHER/BRANNOLTE (2006), die bei 219 Arbeitsstellen insgesamt 128 Arbeitsstellen mit 4+0-, 60 Arbeitsstellen mit 3+1- und 31 Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung betrachtet haben.

Es zeigt sich deutlich, dass die Häufigkeit der drei untersuchten Verkehrsführungen innerhalb der Bundesländer variiert. In einigen Ländern wird die 3+1-Verkehrsführung nicht bzw. nur äußerst selten umgesetzt (z. B. in Bayern oder Brandenburg), in anderen Ländern hingegen kommt diese beinahe so oft wie eine 4+0-Verkehrsführung zum Einsatz (z. B. in Nordrhein-Westfalen oder Hessen). Rückschlüsse für die Wahl der Baustellenverkehrsführungen lassen sich u. a. aus den Netzlängen in Abhängigkeit der befestigten Querschnittsbreite in den Bundesländern ableiten (vgl. Tabelle 6 und Tabelle 7).

Bundesland	Netzlängen der Autobahnen in Abhängigkeit der befestigten Querschnittsbreite [km]						Summe
	< 11 m	11 m bis < 16 m	16 m bis < 20 m	20 m bis < 22 m	22 m bis < 30 m	≥ 30 m	
Baden-Württemberg	18	16	97	145	599	147	1.022
Bayern	10	7	15	326	1.657	361	2.376
Berlin	3	9	0	0	34	27	73
Brandenburg	1	136	447	3	203	1	791
Bremen	0	0	12	0	48	15	74
Hamburg	0	0	0	50	30	1	81
Hessen	6	9	114	107	533	268	1.037
Mecklenburg-Vorpommern	1	171	354	0	1	0	527
Niedersachsen	0	182	195	349	671	1	1.398
Nordrhein-Westfalen	8	28	256	163	1.609	236	2.300
Rheinland-Pfalz	41	23	99	138	548	23	872
Saarland	0	16	53	28	141	20	258
Sachsen	0	2	83	0	392	1	478
Sachsen-Anhalt	15	0	8	6	274	115	419
Schleswig-Holstein	0	4	135	84	257	18	498
Thüringen	0	19	63	66	200	38	385
Gesamt	104	622	1.931	1.464	7.197	1.271	12.590

Tab. 7: Netzlängen in Abhängigkeit der befestigten Querschnittsbreite in den Bundesländern (ELSNER, 2010)

Die befestigten Breiten der Regelquerschnitte weisen große Unterschiede zwischen den Bundesländern auf. In den neuen Bundesländern sind aufgrund der Bauprojekte im Zuge der deutschen Einheit eher breitere Querschnitte zu finden.

Die Netzstruktur in den alten Bundesländern weist dagegen ein breites Spektrum an Querschnittsbreiten auf. Viele Strecken sind bereits sechsstreifig ausgebaut, andere indessen, wie z. B. die A 40 im Ruhrgebiet, lassen sich wegen der örtlichen Gegebenheiten nicht oder nur schwer verbreitern. Eine 4+0-Verkehrsführung kann ohne vorherige Querschnittsertüchtigung erst ab einem RQ 29,5 eingerichtet werden. Die Statistik zeigt, dass mindestens 10 % der gesamten Netzlänge eine befestigte Breite von über 30 m besitzt. In Bayern werden aufgrund der vorhandenen geringen Querschnittsbreiten zunächst vielfach die Seitenstreifen befestigt und gleichzeitig verbreitert, um dann anschließend die 4+0-Verkehrsführung realisieren zu können. Diese Seitenstreifenertüchtigungen sind durchführbar, sofern keine Bauwerke wie Brücken auf der Strecke liegen. Ist dies der Fall, bleibt im Zuge von grundhaften Deckenerneuerungen in der Regel nur die Einrichtung einer 3+1-Arbeitsstelle.

### 6.3 Aufbereitung der Angaben zu den Arbeitsstellen

Zunächst wurden die bei den Straßenbauverwaltungen der Länder abgefragten Angaben zu den Arbeitsstellen hinsichtlich ihrer Vollständigkeit und Richtigkeit plausibilisiert (Kapitel 6.3.1). Darüber hinaus wurde abgeglichen, ob für den tatsächlichen Zeitraum der Arbeitsstelle die angeforderten Unfalldaten vollständig zur Verfügung stehen. Daran anschließend wurden die verbleibenden Arbeitsstellen bezüglich ihrer Eignung auf eine detaillierte Anschlussstellenanalyse betrachtet (Kapitel 6.3.2).

#### 6.3.1 Plausibilitätsprüfung der Angaben

Nach Sichtung der Angaben zu den 393 Arbeitsstellen seitens der Straßenbauverwaltungen der Länder wurden diese einer Plausibilisierung unterzogen. Dabei wurde jede Arbeitsstelle hinsichtlich der Angaben zu Kilometrierung, Einrichtungszeitraum und -dauer, Verkehrsführung, Mittelstreifenüberfahrten, Anschlussstellen, Tank- und Rastanlagen sowie Parkplätzen überprüft.

Obwohl nur Angaben für Arbeitsstellen aus dem Zeitraum von 2003 bis 2006 angefordert wurden, lagen auch Angaben zu Arbeitsstellen aus den Jahren 2002 und 2007 vor. Diese wurden von den weiteren Betrachtungen ausgenommen, da der zeitliche Rahmen für die vorgesehenen Analysen auf den Zeitraum zwischen dem 1. Januar 2003 und dem 31. Dezember 2006 festgelegt war.

In den Baubetriebsmeldungen wurden einige Arbeitsstellen, die über das Kalenderjahr hinaus eingerichtet sind, als neue Arbeitsstelle gemeldet, beispielsweise vom 31. Dezember 2003 auf den 1. Januar 2004. Mehrfach gemeldete Arbeitsstellen wurden zusammengefasst.

Anhand der verkehrsrechtlichen Anordnungen und der Baustelleneinrichtungspläne wurde die tatsächliche Dauer mit Beginn und Ende der Baumaßnahme mit dem gemeldeten Zeitraum abgeglichen. Die Arbeitsstellen wurden zudem hinsichtlich der örtlichen Lage mit Hilfe der verkehrsrechtlichen Anordnungen und der Baustelleneinrichtungspläne überprüft. In diesem Zusammenhang wurden die angegebenen Anschlussstellenkilometrierungen im Baustelleninnenbereich mit den Kilometrierungsangaben des Autobahnverzeichnisses (KÜHNEN, 2007) abgeglichen. Vorhandene bewirtschaftete Tank- und Rastanlagen sowie unbewirtschaftete Parkplätze wurden auf Zugänglichkeit und Anbindung an die Autobahn während der Bauphase überprüft. Arbeitsstellen ohne eindeutige Angaben zur Ausbildung von Zu- und Abfahrten wurden von den weiteren Betrachtungen ausgenommen.

Arbeitsstellen können bundeslandübergreifend eingerichtet werden. So verläuft beispielsweise die A 7 zwischen Memmingen und Ulm abwechselnd in Bayern und Baden-Württemberg (Bild 10). Damit kann keine Vollständigkeit Unfalldaten gewährleistet werden. Deshalb wurden entsprechenden Arbeitsstellen notwendigerweise von den weiteren Betrachtungen ausgenommen.

Im deutschen Autobahnnetz treten auf einzelnen Autobahnen teilweise Stationierungskilometrierungen mehrfach auf. Liegen in einem Bundesland identische Stationierungskilometrierungen vor, ist die Unfallzuordnung der Arbeitsstellen nicht mehr ausschließlich über die Kilometrierungen möglich. Die Zusammenführung und Zuordnung der Unfälle aus der Unfalldatenbank (siehe Kapitel 7.3) mit der Arbeitsstellendatenbank erfolgte u. a. über das Kriterium Bundesland. Dieses Kriterium ist im Zuge

der mehrfach auftretenden Kilometrierungen durch die zugehörigen Streckenabschnittsnummern der Autobahnen ergänzt worden, um die einwandfreie Zuordnung sicher zu stellen.

Die in der Arbeitsstellendatenbank abgefragten Verkehrsstärken (DTV) wurden für die Unfallanalyse aufbereitet und überprüft. Dabei stellte sich heraus, dass Verkehrsbelastungen für einige Arbeitsstellen nicht querschnittsbezogen, sondern fahrtrichtungsbezogen gemeldet waren. Diese Angaben wurden korrigiert. Darüber hinaus wurden die in den Baubetriebsmeldungen angegebenen Verkehrsbelastungen mit den Belastungsangaben vorhandener Dauerzählstellen sowie Angaben aus der Straßenverkehrszählung (SVZ 2005) überprüft und gegebenenfalls angepasst.

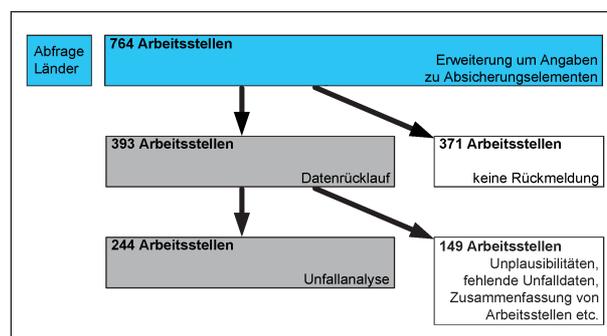
Das Forschungsdatenzentrum, die statistischen Landesämter und die Straßenbauverwaltungen der Länder konnten nicht für alle angeforderten Arbeitsstellen die Unfalldaten zur Verfügung stellen. Diese Arbeitsstellen mussten ebenfalls zwangsläufig von den weiteren Betrachtungen ausgenommen werden.



**Bild 10:** Verlauf der A7 zwischen Memmingen und Ulm; Quelle: OpenStreetMap und Mitwirkende (C-BY-SA)

Nach der Pausibilisierung der vorliegenden Angaben und dem Abgleich mit verfügbaren Unfalldaten verbleiben von den ursprünglichen 393 Arbeitsstellen aus dem Rücklauf der Bundesländer noch 244 Arbeitsstellen (Bild 11), denen die Unfalldaten sowohl lokal als auch zeitlich eindeutig zugeordnet werden konnten (siehe hierzu auch Kapitel 7.3).

In Tabelle 8 ist die Verteilung der nach der Plausibilitätsprüfung verbleibenden 244 Arbeitsstellen nach Verkehrsführung und Bundesländern angegeben. Insgesamt verbleiben 153 Arbeitsstellen mit



**Bild 11:** Arbeitsstellenkollektiv nach Abfrage bei den Straßenbauverwaltungen der Länder und Überlagerung mit vorhandenen Unfalldaten

Bundesland	Verkehrsführung			Σ
	4+0	3+1	4+2	
Baden-Württemberg	2	14	6	22
Bayern	65	9	2	76
Berlin	-	-	-	0
Brandenburg	12	0	0	12
Bremen	0	0	0	0
Hamburg	0	0	0	0
Hessen	5	4	2	11
Mecklenburg-Vorpommern	0	0	0	0
Niedersachsen	2	1	0	3
Nordrhein-Westfalen	41	32	11	84
Rheinland-Pfalz	14	0	2	16
Saarland	0	1	0	1
Sachsen	5	0	0	5
Sachsen-Anhalt	2	0	0	2
Schleswig-Holstein	3	1	0	4
Thüringen	2	6	0	8
<b>Gesamt</b>	<b>153</b>	<b>68</b>	<b>23</b>	<b>244</b>

**Tab. 8:** Verteilung der nach der Plausibilitätsprüfung verbleibenden 244 Arbeitsstellen nach Verkehrsführungen und Bundesländern

4+0-Verkehrsführung (rund 63 %), 68 Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung (knapp 28 %) und 23 Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung (etwa 9 %). Mit 76 bzw. 84 Arbeitsstellen liegen die meisten Arbeitsstellen in Bayern und Nordrhein-Westfalen, zusammen machen diese knapp zwei Drittel der verbleibenden 244 Arbeitsstellen aus.

### 6.3.2 Weitergehende Differenzierung der Arbeitsstellen

Die 244 Arbeitsstellen wurden im Hinblick auf die Verkehrsstärke (DTV), die Länge und die Einrichtungsdauer analysiert (Bild 12). Es zeigt sich, dass die Bandbreite der Verkehrsbelastungen der 3+1- und 4+0-Verkehrsführung ähnlich ist. Der mittlere DTV liegt bei etwa 55.000 Kfz/24h. Die Untergrenze des DTV liegt bei rund 18.000 Kfz/24h, die Obergrenze des DTV einer vierstreifigen Verkehrsführung bei 105.000 Kfz/24h. Erwartungsgemäß sind die Verkehrsbelastungen der 4+2-Verkehrsführungen höher. Der mittlere DTV beträgt hier annähernd 100.000 Kfz/24h. Die Streuung unterhalb des Mittelwerts ist gering, da 4+2-Verkehrsführungen nur bei mindestens sechsstreifigen und damit hochbelasteten Querschnitten Anwendung finden.

Der Mittelwert der Baustellenlängen liegt bei allen drei Verkehrsführungen in ähnlicher Größenordnung (zwischen 3,0 km und 4,0 km). Die maximale Länge einer 4+0-Verkehrsführung liegt bei 14 km und damit erheblich über den Höchstwerten der anderen beiden Verkehrsführungen.

Die Einrichtungsdauern der verschiedenen Verkehrsführungen variieren teilweise deutlich. Dabei ist aber zu bedenken, dass nur bei der 4+0-Verkehrsführung ein gesamter Richtungsquerschnitt in einer Bauphase fertiggestellt werden kann.

In einem weiteren Schritt wurden die Arbeitsstellen hinsichtlich des Vorhandenseins und der Lage von Anschlussstellen sowie Ein- und Ausfahrbereichen von Tank- und Rastanlagen und unbewirtschafteten Parkplätzen differenziert.<sup>4</sup> Hintergrund ist, dass durch die baustellenbedingt häufig modifizierten Anschlussstellen mit verkürzten Aus- und Einfädungsstreifen oder stumpfen Lösungen Beeinträch-

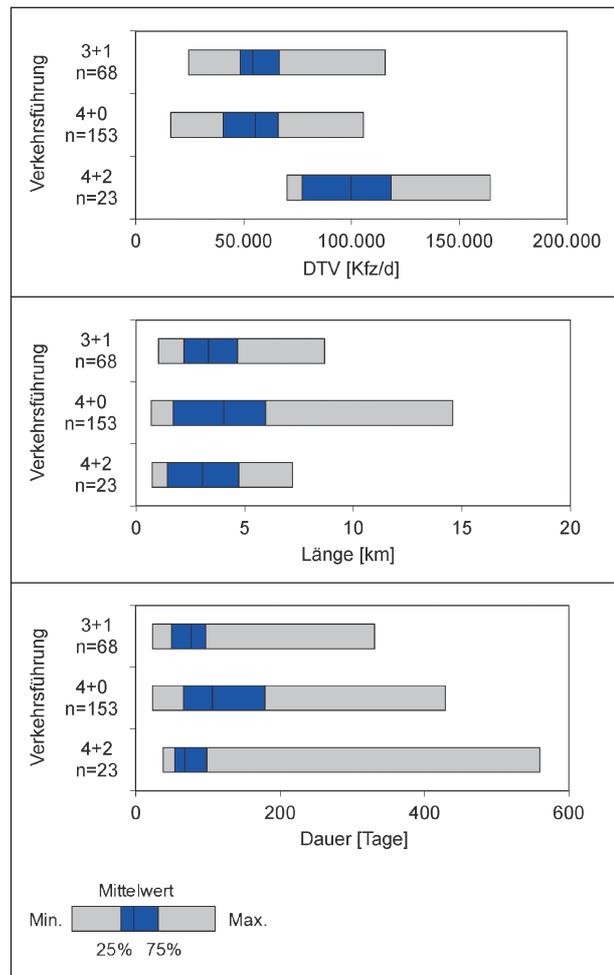
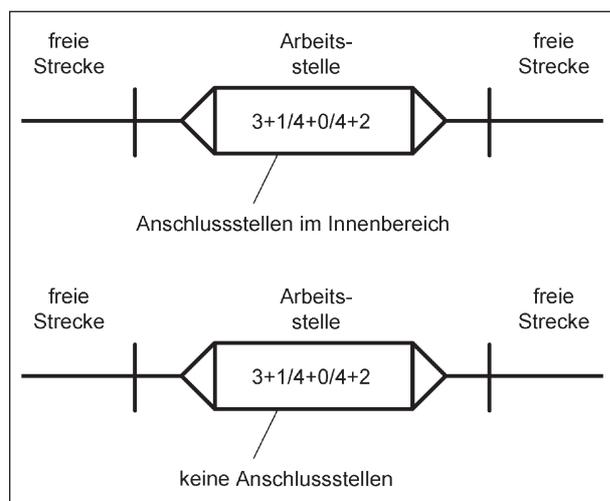


Bild 12: DTV, Länge und Dauer der 244 Arbeitsstellen nach Verkehrsführung

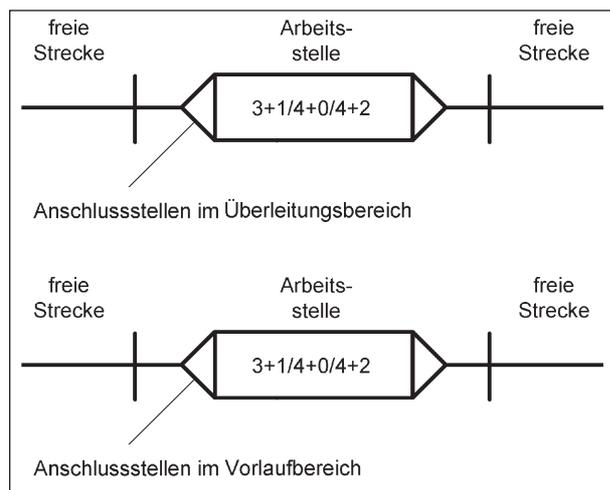
tigungen im Verkehrsablauf auftreten können, welche infolge der beengten Baustellenverhältnisse auch die Verkehrssicherheit negativ beeinträchtigen können. Um das von Ein- und Ausfahrten in Arbeitsstellen ausgehende mögliche Gefahrenpotenzial gegebenenfalls quantifizieren zu können, erfolgte eine diesbezügliche gesonderte Betrachtung der Arbeitsstellen. Unterschieden werden dabei sogenannte Standardfälle und Sonderfälle. Standardfälle liegen vor, wenn keine Anschlussstellen vorhanden sind oder diese ausschließlich innerhalb des Bereichs der Gegenverkehrstrennung (Baustelleninnenbereich) liegen (Bild 13). Als Sonderfälle gelten Arbeitsstellen, wenn Anschlussstellen in unmittelbarer Nähe zu Mittelstreifenüberfahrten oder im 2 km langen Zu- oder Nachlauf liegen (Bild 14).

In Tabelle 9 ist die Aufteilung der Arbeitsstellen nach Standard- und Sonderfällen angegeben. Für eine Unfallanalyse zu Anschlussstellen sind 38 Arbeitsstellen geeignet. In 24 Arbeitsstellen sind keine

<sup>4</sup> Im Folgenden wird für die Ein- und Ausfahrbereiche an bewirtschafteten Tank- und Rastanlagen sowie unbewirtschafteten Parkplätzen synonym ebenfalls der Begriff „Anschlussstelle“ verwendet.



**Bild 13:** Standardfälle von Arbeitsstellen hinsichtlich dem Vorhandensein und der Lage von Anschlussstellen



**Bild 14:** Sonderfälle von Arbeitsstellen hinsichtlich dem Vorhandensein und der Lage von Anschlussstellen

Verkehrsführung	Standardfälle		Sonderfälle ungeeignet für Unfallanalysen zu Anschlussstellen
	geeignet für Unfallanalysen zu Anschlussstellen	keine Anschlussstellen vorhanden	
3+1	6	6	56
4+0	29	14	110
4+2	3	4	16
Gesamt	38	24	182

**Tab. 9:** Standard- und Sonderfälle der 244 Arbeitsstellen

Anschlussstellen zu verzeichnen. Die übrigen 182 Arbeitsstellen, also fast drei Viertel der zu betrachtenden Arbeitsstellen, sind Sonderfälle und somit ungeeignet für Unfallanalysen zu Anschlussstellen.

Im Hinblick auf die Unfallanalyse zu Anschlussstellen innerhalb von Arbeitsstellen wurden alle Anschlussstellen und Ein- und Ausfahrbereiche von Tank- und Rastanlagen sowie unbewirtschafteten Parkplätzen einer visuellen Prüfung anhand von Luftbildern unterzogen, um die Länge des Einflussbereichs sowohl stromauf- als auch stromabwärts quantifizieren zu können.

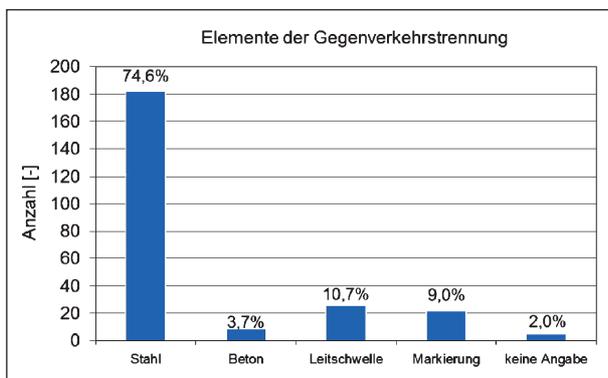
Neben der Auswertung von Luftbildern wurden parallel, sofern vorhanden, die Baustelleneinrichtungspläne auf Informationen bezüglich der Längen von Aus- und Einfädungsstreifen hin untersucht. Es wurden Wirkungsbereiche definiert, die sich als beeinflusster Bereich durch die Ein- und Ausfahrten anzusehen sind. Die Ankündigungstafel auf die Ausfahrt (Zeichen 450 StVO) befindet sich 300 m vor dem Ausfädungsstreifen oder dem Ausfahrkeil. Eigene Verkehrsbeobachtungen haben gezeigt, dass ab dieser Beschilderung eine beginnende stetige Reduzierung der Geschwindigkeiten ausfahrender Fahrzeuge erfolgt. An Einfahrten wurde beobachtet, dass nach etwa 300 m der Einfahrvorgang eines Fahrzeugs und daraus resultierende Fahrstreifenwechsel von Fahrzeugen auf der durchgehenden Hauptfahrbahn größtenteils abgeschlossen sind.

Weitergehende Betrachtungen zeigten jedoch, dass die Wirkungsbereiche bei einer Vielzahl von Anschlussstellen eine größere Streubreite als jeweils 300 m aufweisen. Grund dafür sind die nicht immer symmetrisch ausgebildeten Anschlussstellen. So sind teilweise Einflusslängen infolge der geometrischen Knotenpunktbildung bis zu 500 m stromaufwärts in einer Fahrtrichtung festzustellen. Andererseits liegt ein hohes Datenkollektiv mit einer Einflusslänge bis zu 300 m in beide Fahrtrichtungen, gemessen vom Mittelpunkt der Anschlussstelle, vor. Im Ergebnis wurde der als sinnvoller Kompromiss festgelegt, dass zunächst ein Einflussbereich für die Anschlussstellen von pauschal 300 m angesetzt wird.

## 6.4 Eingesetzte Systeme zur Gegenverkehrstrennung

Wie bereits FISCHER/BRANNOLTE (2006) festgestellt haben, werden Leitschwellen nur noch selten zur Gegenverkehrstrennung eingesetzt, wobei die Einsatzhäufigkeit zudem noch zurückgegangen ist (Bild 15). Im Zeitraum von 2003 bis 2006 wurden nur in etwa 11 % der betrachteten 244 Arbeitsstellen Leitschwellen eingesetzt. Bei den 219 Arbeitsstellen aus dem Zeitraum von 1999 bis 2002, die von

FISCHER/BRANNOLTE (2006) betrachtet wurden, lag der Anteil noch bei über 17 %. Es werden überwiegend transportable Schutzeinrichtungen, vor allem Stahlschutzwände, eingesetzt. Letztgenannte überwiegen mit einem Anteil von 75 % deutlich. Da auch der Einsatz von Betonschutzwänden angestiegen ist, machen die transportablen Schutzeinrichtungen einen Anteil von insgesamt knapp 79 % aus. Der Einsatz von Markierung als Gegenverkehrstrennung ist gegenüber dem von FISCHER/BRANNOLTE (2006) betrachteten Zeitraum von 1999 bis 2002 um etwa ein Drittel auf 9 % zurückgegangen.



**Bild 15:** Gegenverkehrstrennungselemente im Baustelleninnenbereich der 244 Arbeitsstellen

In Arbeitsstellen mit Markierung oder Leitschwellen als Gegenverkehrstrennung im Baustelleninnenbereich werden jedoch transportable Schutzeinrichtungen teilweise im Bereich der Überleitung eingesetzt. Hier steht in der Regel genügend Raum zur Verfügung, um Stahl- oder Betonschutzwände zu installieren.

Die Verteilung der eingesetzten Gegenverkehrstrennungselemente in den 244 Arbeitsstellen nach den Bundesländern ist in Tabelle 10 angegeben. Es zeigt sich, dass deren Einsatz in den einzelnen Ländern durchaus unterschiedlich ist. Lediglich in Baden-Württemberg, Bayern, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein wurden, bezogen auf die hier betrachteten Arbeitsstellen, Leitschwellen eingesetzt, in Baden-Württemberg sogar bei der Hälfte der betrachteten Arbeitsstellen. In den übrigen Bundesländern wurden in den Baustelleninnenbereichen der betrachteten Arbeitsstellen aus den Jahren von 2003 bis 2006 keine Leitschwellen eingesetzt.

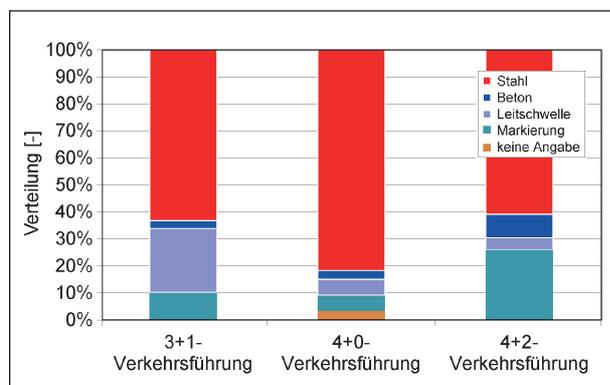
Die Auswahl der Elemente zur Gegenverkehrstrennung wird zum einen von der jeweiligen Verkehrsführung bzw. den vorhandenen Querschnitts- bzw. Richtungsfahrbahnbreiten und zum anderen von gesetzlichen Regelungen bzw. länderspezifischen

Bundesland	Markierung	Stahl	Beton	Leitschwelle	keine Angabe	Summe
Baden-Württemberg	4	4	3	11	0	22
Bayern	3	60	6	4	3	76
Berlin	-	-	-	-	-	0
Brandenburg	0	10	0	0	2	12
Bremen	0	0	0	0	0	0
Hamburg	0	0	0	0	0	0
Hessen	0	11	0	0	0	11
Mecklenburg-Vorpommern	0	0	0	0	0	0
Niedersachsen	0	3	0	0	0	3
Nordrhein-Westfalen	2	75	0	7	0	84
Rheinland-Pfalz	4	11	0	1	0	16
Saarland	0	1	0	0	0	1
Sachsen	1	4	0	0	0	5
Sachsen-Anhalt	2	0	0	0	0	2
Schleswig-Holstein	0	1	0	3	0	4
Thüringen	6	2	0	0	0	8
Gesamt	22	182	9	26	5	244

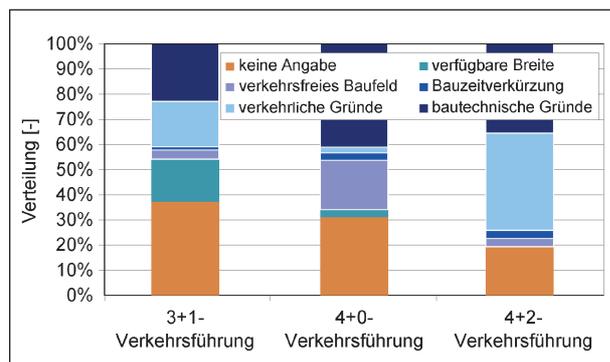
**Tab. 10:** Verteilung der verwendeten Gegenverkehrstrennungselemente im Baustelleninnenbereich der 244 Arbeitsstellen nach Bundesländern

schen Vorgaben bestimmt. Leitschwellen werden vornehmlich bei 3+1-Verkehrsführungen eingesetzt (Bild 16). So ist beispielsweise auch der hohe Anteil von Leitschwellen in Baden-Württemberg zu erklären. Dort sind über 60 % der betrachteten Arbeitsstellen mit einer 3+1-Verkehrsführung eingerichtet worden und somit sind auch vermehrt die Leitschwellen zum Einsatz gekommen. Insgesamt beträgt der Anteil von Leitschwellen im Baustelleninnenbereich von Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführungen etwa 25 %. Aus Bild 16 geht weiter hervor, dass Stahlschutzwände unabhängig von der Verkehrsführung als häufigstes Trennungselement eingesetzt werden. Darüber hinaus gibt es verschiedene Stahlschutzsysteme mit unterschiedlichen Wirkungsbereichen und Aufhaltestufen. Der Einsatz von Markierung als Trennungselement erfolgt in erster Linie bei 4+2-Verkehrsführungen. Betonschutzwände werden bei allen drei Verkehrsführungen seltener eingesetzt als Markierung.

In Bild 17 sind die von den Straßenbauverwaltungen der Länder genannten Begründungen für die Wahl der Verkehrsführung angegeben. Als Hauptargument für die Wahl einer 3+1-Verkehrsführung



**Bild 16:** Eingesetzte Gegenverkehrstrennungselemente im Baustelleninnenbereich der 244 Arbeitsstellen nach Verkehrsführungen



**Bild 17:** Gründe für die Wahl der Verkehrsführung

gegenüber der 4+0-Verkehrsführung liegt in der zur Verfügung stehenden (für letztgenannte zu geringen) Querschnitts- bzw. Richtungsfahrbahnbreite im. Sofern es die baulichen und geometrischen Bedingungen zulassen und die vorhandenen Breiten mit den Regelplänen nach den RSA (1995) in Einklang zu bringen sind, wird in den überwiegenden Fällen ein 4+0-Verkehrsführung gegenüber einer 3+1-Verkehrsführung bevorzugt. Dies ist vor allem in dem Vorteil von 4+0-Verkehrsführungen gegenüber den anderen Verkehrsführungen begründet, dass das Baufeld verkehrsfrei gehalten werden kann, womit in der Regel bei sonst identischen Randbedingungen kürzere Bauzeiten möglich sind. Ein weiterer Vorteil der 4+0-Verkehrsführung liegt darin, dass das Personal in der Arbeitsstelle nicht unmittelbar am fließenden Verkehr tätig ist, womit die Gefährdung des Personals, aber auch der Verkehrsteilnehmer, reduziert wird.

Nach Angaben aus der Baupraxis haben 4+0-Verkehrsführungen auch deutliche Vorteile bei der erreichbaren Einbauqualität. Deckenerneuerungen lassen sich beispielsweise qualitativ hochwertiger durchführen, wenn keine Fahrstreifen auf der Bauseite geführt werden. Im Zuge von 3+1-Verkehrsführungen entstehen zwangsläufig Arbeitsfugen angrenzend an den alten Fahrbahnoberbau. Diese Randbereiche lassen sich auch mit modernsten bautechnischen Verfahren nicht in dem Maße herstellen und verdichten, wie es bei einer durchgehenden 4+0-Verkehrsführung möglich ist. Die Fugenausbildung stellt immer eine Schwachstelle im Verbund dar, an der sich Ebenheits- und Entwässerungsprobleme ergeben können, wodurch die Qualität und Langlebigkeit zwangsläufig eingeschränkt sind. Der Einbau der Fahrbahndecke im Heiß-an-Heiß-Verfahren ist aus Qualitätsgründen dem Verfahren heiß an kalt, welches baubedingt in Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung angewendet wird, vorzuziehen. Die Bezeichnung „heiß an heiß“ bedeutet, dass mehrere nebeneinander liegende Einbaubahnen nahezu gleichzeitig eingebaut werden. Die Fertiger fahren in einem geringen Abstand längs versetzt nebeneinander. Damit wird die Deckschicht im gesamten Querschnitt einer Richtungsfahrbahn gleichzeitig aufgebracht. Kann eine Richtungsfahrbahn nicht voll gesperrt werden, wie bei einer 3+1-Verkehrsführung, müssen die einzelnen Bahnen nacheinander eingebaut werden, also „heiß an kalt“.

Aus bautechnischen Gründen ist somit eine 4+0-Verkehrsführung gegenüber einer 3+1-Ver-

kehrsführung vorzuziehen. Bei über 40 % der Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung sind bautechnische Gründe ursächlich für die Verkehrsführung.

Neben den bereits erläuterten bautechnischen Gründen spielt auch die zur Verfügung stehende Breite des Querschnitts eine entscheidende Rolle. In ungefähr 15 % der Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung lag die Begründung für deren Einrichtung in den zu geringen verfügbaren Breiten. Unterschreiten diese eine befestigte Breite der Richtungsfahrbahn von 11,5 m (entsprechend einem RQ 29,5), kann eine 4+0-Verkehrsführung nicht eingerichtet werden.

Verkehrliche Gründe werden bei 3+1-Verkehrsführungen in annähernd 20 % der Fälle genannt, bei 4+0-Verkehrsführungen dagegen nur in 4 % der Fälle. Dazu gehört z. B. die Begründung, dass Anschlussstellen innerhalb des Baustelleninnenbereichs liegen. Anschlussstellen sind aus verkehrstechnischer Sicht einfacher an die durchgehende Hauptfahrbahn anzubinden, sofern die erforderlichen Platzverhältnisse für Aus- und Einfädungsstreifen vorhanden sind und sogenannte Regellösungen realisiert werden können. Regellösungen sind bei Verkehrsführungen, mit denen der Verkehr auf beiden Richtungsfahrbahnen abgewickelt wird, einfacher auszuführen als in häufig beengten 4+0-Verkehrsführungen, in denen die erforderlichen Behelfsfahrestreifenbreiten gerade eingehalten werden können. Auch für 4+2-Verkehrsführungen werden zu einem großen Teil verkehrliche Gründe angeführt.

Die Begründungen für die Auswahl der jeweiligen Trennungselemente sind in Bild 18 dargestellt (hier waren Mehrfachnennungen möglich). Zu einem nicht unerheblichen Anteil der betrachteten 244 Arbeitsstellen wurde keine Begründung für die Wahl des Trennungselements angegeben.

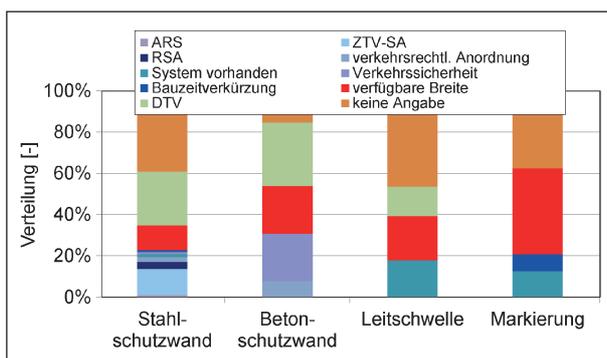


Bild 18: Gründe für die Wahl der Trennungselemente

Transportable Schutzeinrichtungen werden vornehmlich bei sehr hohen Verkehrsbelastungen eingesetzt. Zudem werden Stahl-schutzwände oftmals aufgrund der vorhandenen Querschnitts- bzw. Richtungsfahrbahnbreiten (in etwa 12 % der Fälle) bzw. der Vorgaben der ZTV-SA (1997) (in etwa 14 % der Fälle) verwendet. Für den Einsatz von Beton-schutzwänden wurde häufig zusätzlich noch eine höhere Verkehrssicherheit genannt. Die Empfehlungen des ARS Nr. 18/1999 spielen bei der Auswahl der Trennungselemente anscheinend nur eine untergeordnete Rolle. Für die Verwendung von Leitschwellen und Markierung als Trennungselemente werden in erster Linie die nur geringen vorhandenen Breiten angeführt. Bei der Hälfte der Arbeitsstellen mit Leitschwellen wird Platzmangel angegeben, weshalb kein anderes Trennungselement eingesetzt werden konnte. Niedrige Verkehrsstärken spielen als Begründung für den Einsatz von Leitschwellen dagegen nur eine untergeordnete Rolle. Im Gegensatz dazu stehen die sonstigen Gründe, die ähnlich hohe Nennungen wie die vorhandene Breite aufweisen. Als sonstige Begründung könnte u. U. auch die fehlende Verfügbarkeit von transportablen Schutzeinrichtungen gelten. In der Vergangenheit ist es laut Aussagen aus der Baupraxis vermehrt vorgekommen, dass die Absicherungsunternehmen nicht mehr ausreichende Bestände vor allem an Stahl-schutzwänden vorhalten konnten. In diesem Kontext ist wiederum der starke Anstieg an Arbeitsstellen auf dem deutschen Autobahnnetz in den letzten Jahren zu sehen, der eine vermeintliche Materialknappheit nach sich zieht.

## 7 Untersuchungen zum Unfallgeschehen

Die vorgesehene Sicherheitsbewertung von Arbeitsstellen längerer Dauer mit Gegenverkehrstrennungen erfolgt auf Basis polizeilich registrierter Unfälle im Zeitraum der jeweiligen Arbeitsstelle. Dabei wird auf verfügbare Unfalldatenbanken zurückgegriffen, die von den zuständigen Straßenbauverwaltungen der Länder bzw. den statistischen Landesämtern zur Verfügung gestellt wurden. Als problematisch stellte sich im Zuge der Datenbeschaffung heraus, dass die Bundesländer aufgrund des Datenschutzes unterschiedliche Auflagen und damit verbunden unterschiedliche zeitliche Bearbeitungsfenster haben. Aus Mecklenburg-Vorpommern konnten deshalb keine Daten für die Unfallauswertung bereit-

gestellt werden. Damit waren für drei der zuvor betrachteten 244 relevanten Arbeitsstellen die Unfalldaten nicht verfügbar und es wurden im Weiteren nur 241 Arbeitsstellen betrachtet.

In den verfügbaren Unfalldatenbanken sind überwiegend nur die Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) und die schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden i. e. S. (Kategorie 4)<sup>5</sup> mit allen relevanten Merkmalen – neben Unfalldatum (Tag und Uhrzeit) sowie Unfallort (auf Autobahnen über den Betriebs-km und die Fahrtrichtung) vor allem die Unfallkategorie, die Anzahl der Verunglückten nach Verletzungsschwere (bei Unfällen mit Personenschaden) und der Unfalltyp, aber auch die Unfallart und die Unfallursachen – erfasst. Die Unfälle mit leichtem Sachschaden sind oftmals gar nicht enthalten oder es ist nur deren Anzahl angegeben. Somit bezieht sich die Untersuchung des Unfallgeschehens im Wesentlichen auf die Unfallkategorien 1-4, teilweise sogar aufgrund der Datenverfügbarkeit nur auf die Unfälle mit Personenschaden, also die Kategorien 1-3.

Soweit möglich erfolgt auch eine Betrachtung des Gesamtunfallgeschehens. Die Daten aller Unfälle (Kategorien 1-6) liegen jedoch nur für die 26 Arbeitsstellen in Hessen und Rheinland-Pfalz sowie für 48 Arbeitsstellen in Nordrhein-Westfalen – konkret aus den Regierungsbezirken Düsseldorf und Köln – vor. Somit kann für insgesamt 74 Arbeitsstellen eine Analyse des Gesamtunfallgeschehens erfolgen.

Um das Unfallgeschehen in Arbeitsstellen längerer Dauer beschreiben und miteinander vergleichen zu können, müssen Anzahl und Schwere der Unfälle betrachtet werden. Deshalb sind die Unfallkosten zu ermitteln, welche die volkswirtschaftlichen Verluste (u. a. Reparaturkosten, medizinische Rehabilitation, Ausfall der Erwerbstätigkeit, Verwaltungskosten) durch Straßenverkehrsunfälle beziffern und Unfallanzahl und -schwere zusammenfassen. Zunächst werden in Kapitel 7.1 die wesentlichen Unfallkenngrößen erläutert und die relevanten Kenngrößen für die Sicherheitsbewertung festgelegt.

## 7.1 Unfallkenngrößen als Grundlagen für die Sicherheitsbewertung

Unfallkenngrößen werden zur Beschreibung, Analyse und Bewertung der Verkehrssicherheit von Straßenverkehrsanlagen benötigt. Dabei sind sogenannte Basiswerte, Anteilswerte und Verhältniswerte zu unterscheiden (vgl. BARK et al., 2008).

Die Basiswerte beschreiben sowohl das Unfallgeschehen als auch infrastrukturelle und verkehrliche Bedingungen. Basiswerte zum Unfallgeschehen sind beispielsweise die Anzahl der Unfälle, differenziert nach Kategorie, Typ, Ortslage usw., die Anzahl der Beteiligten und Verunglückten differenziert nach Alter, Art der Verkehrsbeteiligung usw. sowie die Unfallkosten. Auf die Infrastruktur und den Verkehr bezogene Basiswerte sind z. B. die Länge der betrachteten Strecke – bzw. hier der betrachteten Arbeitsstelle – oder die Verkehrsstärke (in der Regel der DTV).

Mit Anteilswerten, die sich aus dem Verhältnis einer Teilmenge zur Gesamtmenge eines Basiswerts ergeben, wird die Charakteristik und die Struktur des Unfallgeschehens analysiert. Anteilswerte sind beispielsweise der Anteil eines bestimmten Unfalltyps an allen Unfalltypen oder der Anteil der Unfälle mit schwerem Personenschaden (Kategorien 1+2) an allen Unfällen mit Personenschaden (Kategorien 1-3). Die Verteilung der Unfalltypen beschreibt die Unfallcharakteristik, die Verteilung der Kategorien die Unfallstruktur.

Mit Verhältniswerten wird das Unfallgeschehen bewertet, indem ein Basiswert des Unfallgeschehens zu einem anderen Basiswert des Unfallgeschehens oder zu einem infrastrukturellen bzw. verkehrlichen Basiswert ins Verhältnis gesetzt wird. Solche Verhältniswerte sind z. B. die jeweilige Anzahl der Getöteten, Schwer- und Leichtverletzten pro 100 Unfälle mit schwerem Personenschaden, welche die Verunglücktenstruktur beschreiben. Weitere Verhältniswerte sind die Kosten pro Unfall, z. B. auch die Unfallkostensätze, oder auch Unfalldichten und Unfallkostendichten sowie Unfallraten und Unfallkostenraten.

Da Unfalldichten und Unfallkostendichten neben den Dauern der Arbeitsstellen lediglich deren unterschiedlichen Längen, jedoch nicht die Fahrleistung berücksichtigen und somit ausschließlich häufigkeitsbezogenen sind, werden im Weiteren die jeweiligen Verkehrsbelastungen im Betrachtungszeitraum einbezogen und zur Analyse die Unfall-

<sup>5</sup> In der Regel einschließlich der übrigen Unfälle mit Alkoholeinwirkung (Kategorie 6).

raten und Unfallkostenraten herangezogen. Diese werden im Allgemeinen aus dem Unfallgeschehen ganzer Kalenderjahre ermittelt. Da Arbeitsstellen längerer Dauer teilweise auch nur wenige Tage (hier 21 Tage und mehr) bis einige Wochen bzw. Monate dauern, sind die Berechnungen auf diese Betrachtungszeiträume anzupassen.

Die  $UR_{A,i}$  beschreibt die durchschnittliche Anzahl der Unfälle, die bezogen auf eine Fahrleistung von 1 Mio. Kfz-km in einer Arbeitsstelle während des jeweiligen Betrachtungszeitraums entfallen.<sup>6</sup> Die  $UKR_{A,i}$  beziffert die durchschnittlichen volkswirtschaftlichen Kosten durch Unfälle in einer Arbeitsstelle, bezogen auf 1.000 Kfz-km. Sie sind somit ein Maß für das fahrleistungsbezogene Risiko, in einen Unfall verwickelt zu werden oder dabei zu verunglücken.

Die  $UR_{A,i}$  wurde in bisherigen Untersuchungen zum Unfallgeschehen in Arbeitsstellen längerer Dauer, so beispielsweise von EMDE/HAMESTER (1983) und von FISCHER/BRANNOLTE (2006), verwendet. Sie wird nach Gleichung 1 berechnet:

$$UR_{A,i} = \frac{10^6 \cdot n_{U,A,i}}{DTV_{A,i} \cdot L_{A,i} \cdot t_{A,i}} \quad \text{Gl. 1}$$

mit

$UR_{A,i}$  Unfallrate der Arbeitsstelle i  
[U/(10<sup>6</sup> Kfz · km)]

$n_{U,A,i}$  Anzahl der Unfälle in der Arbeitsstelle i im Betrachtungszeitraum  $t_{A,i}$  [U]

$DTV_{A,i}$  durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in der Arbeitsstelle i im Kalenderjahr der Arbeitsstelleneinrichtung [Kfz/24h]

$L_{A,i}$  Länge der Arbeitsstelle i [km]

$t_{A,i}$  Betrachtungszeitraum = Dauer der Arbeitsstelle in Tagen [d]

Analog hierzu wurde die  $UKR_{A,i}$  bisher, auch von FISCHER/BRANNOLTE (2006), nach Gleichung 2 berechnet:

$$UKR_{A,i} = \frac{1.000 \cdot UK_{A,i}}{DTV_{A,i} \cdot L_{A,i} \cdot t_{A,i}} \quad \text{Gl. 2}$$

mit

$UKR_{A,i}$  Unfallkostenrate der Arbeitsstelle i [€/ (1.000 Kfz · km)]

$UK_{A,i}$  Unfallkosten der Arbeitsstelle i im Betrachtungszeitraum  $t_{A,i}$  [€]

$DTV_{A,i}$  durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in der Arbeitsstelle i im Kalenderjahr der Arbeitsstelleneinrichtung [Kfz/24h]

$L_{A,i}$  Länge der Arbeitsstelle i [km]

$t_{A,i}$  Betrachtungszeitraum = Dauer der Arbeitsstelle in Tagen [d]

Durch den Bezug auf die Fahrleistung, die sich aus dem  $DTV_{A,i}$  eines Jahres und der Dauer der Arbeitsstelle (in Tagen) ergibt, werden bei den nach Gleichung 1 bzw. 2 berechneten  $UR_{A,i}$  und  $UKR_{A,i}$  jahreszeitliche Schwankungen im Verkehrsaufkommen nicht berücksichtigt.<sup>7</sup> Dies erscheint für den Vergleich von Arbeitsstellen verschiedener Verkehrsführungen nicht ausreichend, da die tatsächliche Verkehrsbelastung und damit die tatsächliche Fahrleistung im Betrachtungszeitraum (Einrichtungsdauer der Arbeitsstelle) unberücksichtigt bleiben.

Zur Berücksichtigung der tatsächlichen Verkehrsbelastungen und Fahrleistungen wird deshalb der Jahresganglinientyp des Kfz-Verkehrs (Bild 19) für den Autobahnabschnitt, in dem die betrachtete Arbeitsstelle liegt, sowie die jahreszeitliche Lage der Arbeitsstelle (Bild 20) einbezogen. Hierzu wird aus dem tagesgenauen Beginn und der Dauer (in Tagen) der Arbeitsstelle und dem zugeordneten Jahresganglinientyp sowie den betroffenen Anteilswerten des Wochenverkehrs am Kfz-Jahresverkehr mit Gleichung 3 der Faktor  $f_{KW,A,i}$  berechnet:

$$f_{KW,A,i} = \frac{\frac{n_{t,KW,k}}{7} \cdot p_{KW,k} + \sum_{j=k+1}^{m-1} p_{KW,j} + \frac{n_{t,KW,m}}{7} \cdot p_{KW,m}}{100} \quad \text{Gl. 3}$$

mit

$f_{KW,A,i}$  Faktor zur Berücksichtigung der Anteilswerte des Wochenverkehrs am Kfz-Jahresverkehr in der Arbeitsstelle i [-]

<sup>6</sup> Als Bezugsgröße können je nach Zielsetzung entweder Kfz-Verkehrsfahrleistungen oder auch Personen- oder Güterverkehrsleistungen in die Berechnung eingehen. In der Regel wird Bezug auf die Fahrleistung des Kfz-Verkehrs genommen.

<sup>7</sup> Letztendlich entspricht die Berechnung der  $UR_{A,i}$  und  $UKR_{A,i}$  nach den Gleichungen 1 und 2 einer einfachen Hochrechnung auf Jahreswerte über die jeweilige Dauer der Arbeitsstelle in Tagen, indem diese auf die 365 Tage pro Jahr bezogen wird (Beispiel: Bei einer Dauer der Arbeitsstelle von 50 Tagen erfolgt die Hochrechnung der in diesem Zeitraum verzeichneten Unfälle bzw. Unfallkosten mit dem Faktor  $365/50 = 7,3$ ).

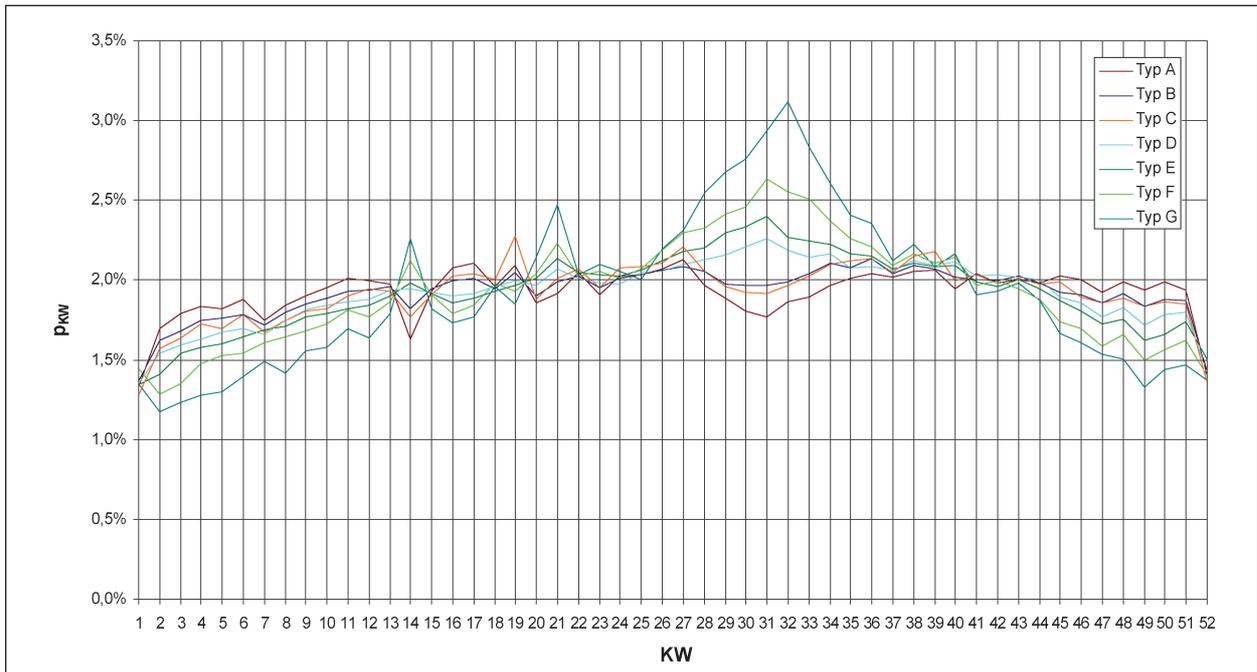


Bild 19: Jahresganglinientypen des Kfz-Verkehrs (FITSCHEN/KOßMANN, 2005/2006/2007/2008)

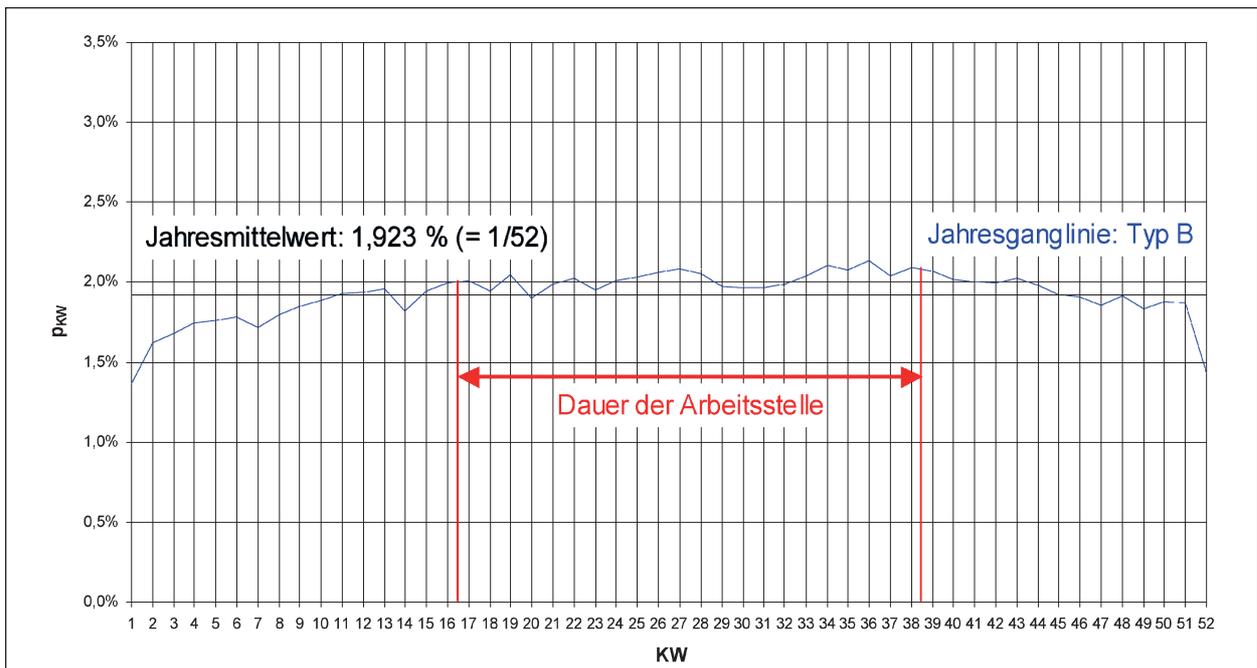


Bild 20: Berücksichtigung der Jahresganglinie des Kfz-Verkehrs und der zeitlichen Lage der Arbeitsstelle

$n_{t,KW,k}$  Anzahl der Tage in der ersten Kalenderwoche des Einrichtungszeitraums der Arbeitsstelle  $i$  [-]

$p_{KW,j}$  Anteile der zweiten bis vorletzten Kalenderwoche des Einrichtungszeitraums der Arbeitsstelle  $i$  am Kfz-Jahresverkehr [%]

$p_{KW,k}$  Anteil der ersten Kalenderwoche des Einrichtungszeitraums der Arbeitsstelle  $i$  am Kfz-Jahresverkehr [%]

$n_{t,KW,m}$  Anzahl der Tage in der letzten Kalenderwoche des Einrichtungszeitraums der Arbeitsstelle  $i$  [-]

$p_{KW,m}$  Anteil der letzten Kalenderwoche des Einrichtungszeitraums der Arbeitsstelle  $i$  am Kfz-Jahresverkehr [%]

Unter Berücksichtigung der Jahresganglinie des Kfz-Verkehrs bzw. des nach Gleichung 3 ermittelten Faktors  $f_{KW,A,i}$  ergibt sich dann die  $UR_{A,i,JG}$  mit Gleichung 4 zu:

$$UR_{A,i,JG} = \frac{10^6 \cdot n_{U,A,i}}{f_{KW,A,i} \cdot 365 \cdot DTV_{A,i} \cdot L_{A,i} \cdot t_{DTV,A,i}} \quad \text{Gl. 4}$$

mit

$UR_{A,i,JG}$  Unfallrate der Arbeitsstelle  $i$  mit Berücksichtigung der Jahresganglinie des Kfz-Verkehrs [ $U/(10^6 \text{ Kfz} \cdot \text{km})$ ]

$n_{U,A,i}$  Anzahl der Unfälle in der Arbeitsstelle  $i$  im Betrachtungszeitraum  $t_{A,i}$  [U]

$f_{KW,A,i}$  Faktor zur Berücksichtigung der Anteilswerte des Wochenverkehrs am Kfz-Jahresverkehr in der Arbeitsstelle  $i$  [-]

365 Tage pro Jahr [d/a]

$DTV_{A,i}$  durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in der Arbeitsstelle  $i$  im Kalenderjahr der Arbeitsstelleneinrichtung [Kfz/24h]

$L_{A,i}$  Länge der Arbeitsstelle  $i$  [km]

$t_{DTV,A,i}$  Bezugszeitraum der zugrunde gelegten  $DTV_{A,i}$  in der Arbeitsstelle  $i$  [a]; hier:  $t_{DTV,A,i} = 1 \text{ a}$

Analog ergibt sich die  $UKR_{A,i,JG}$  mit Gleichung 5 zu:

$$UKR_{A,i,JG} = \frac{1.000 \cdot UK_{A,i}}{f_{KW,A,i} \cdot 365 \cdot DTV_{A,i} \cdot L_{A,i} \cdot t_{DTV,A,i}} \quad \text{Gl. 5}$$

mit

$UKR_{A,i,JG}$  Unfallkostenrate der Arbeitsstelle  $i$  mit Berücksichtigung der Jahresganglinie des Kfz-Verkehrs [€/ (1.000 Kfz · km)]

$UK_{A,i}$  Unfallkosten der Arbeitsstelle  $i$  im Betrachtungszeitraum  $t_{A,i}$  [€]

$f_{KW,A,i}$  Faktor zur Berücksichtigung der Anteilswerte des Wochenverkehrs am Kfz-Jahresverkehr in der Arbeitsstelle  $i$  [-]

365 Tage pro Jahr [d/a]

$DTV_{A,i}$  durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in der Arbeitsstelle  $i$  im Kalenderjahr der Arbeitsstelleneinrichtung [Kfz/24h]

$L_{A,i}$  Länge der Arbeitsstelle  $i$  [km]

$t_{DTV,A,i}$  Bezugszeitraum der zugrunde gelegten  $DTV_{A,i}$  in der Arbeitsstelle  $i$  [a]; hier:  $t_{DTV,A,i} = 1 \text{ a}$

Die  $UR_{A,i,JG}$  und die  $UKR_{A,i,JG}$  berücksichtigen zwar jahreszeitliche Schwankungen im Verkehrsaufkommen, nicht jedoch jahreszeitliche Schwankungen im Unfallgeschehen z. B. aufgrund der Witterung. So ist selbst bei gleichem Verkehrsaufkommen bei ein und derselben Arbeitsstelle im Herbst witterungsbedingt ein anderes Unfallaufkommen zu erwarten als im Frühsommer.

Deshalb erfolgen die weiteren Betrachtungen auf Basis der  $UR_{A,i,JG}$  und  $UKR_{A,i,JG}$  nach Gleichung 4 und 5. Mit diesen können grundsätzlich differenzierte Verteilungen wie Summenhäufigkeiten ermittelt werden. Kennwerte dieser Verteilungen sind beispielsweise der Medianwert ( $UR_{A,JG,50}$  und  $UKR_{A,JG,50}$ ) oder auch andere Quantile.

Für Unfall- oder Verunglücktenverteilungen bzw. deren Verhältniswerte können darüber hinaus auch weitere statistische Tests durchgeführt werden. Somit können hier z. B. für die Verteilungen der  $UR_{A,i,JG}$  grundsätzlich die jeweiligen Standardabweichungen berechnet werden.<sup>8</sup>

Für auf Unfallkosten basierenden Kenngrößen, also hier die  $UKR_{A,i,JG}$ , dagegen können keine statistischen Tests durchgeführt werden, da es sich bei Unfallkosten nicht um Ereignishäufigkeiten handelt (vgl. BRÜHNING/VÖLKER, 1982, und die Hinweise zur Methodik der Untersuchung von Straßenverkehrsunfällen, Ausgabe 1991).

Als maßgebende Kenngrößen zur Bewertung der Verkehrssicherheit eignen sich die mittlere  $UR_{A,M,JG}$  und vor allem die mittlere  $UKR_{A,M}$  bzw. mittlere  $UKR_{A,M,JG}$  aller Arbeitsstellen bzw. eines Teilkollektivs ausgewählter Arbeitsstellen. Letztere sind geeigneter und aussagekräftiger, da sie nicht nur die Anzahl, sondern auch die Schwere der Unfälle berücksichtigen.

Die mittlere  $UR_{A,M,JG}$  ergibt sich direkt aus den  $UR_{A,i,JG}$  der einzelnen Arbeitsstellen (Gleichung 4):

<sup>8</sup> So haben beispielsweise auch FISCHER/BRANNOLTE (2006) für verschiedenen Teilkollektive die jeweilige Standardabweichung der  $UR_{A,i}$  berechnet.

$$UR_{A,M,JG} = \frac{\sum (UR_{A,i,JG} \cdot f_{KW,A,i} \cdot DTV_{A,i} \cdot L_{A,i})}{\sum (f_{KW,A,i} \cdot DTV_{A,i} \cdot L_{A,i})} \quad \text{Gl. 6}$$

mit

$UR_{A,M,JG}$  mittlere Unfallrate eines Kollektivs von Arbeitsstellen mit Berücksichtigung der Jahresganglinie des Kfz-Verkehrs und der unterschiedlichen Einrichtungszeiträume der Arbeitsstellen [U/(10<sup>6</sup> Kfz · km)]

$UR_{A,i,JG}$  Unfallrate der Arbeitsstelle i mit Berücksichtigung der Jahresganglinie des Kfz-Verkehrs [U/(10<sup>6</sup> Kfz · km)]

$f_{KW,A,i}$  Faktor zur Berücksichtigung der Anteilswerte des Wochenverkehrs am Kfz-Jahresverkehr in der Arbeitsstelle i [-]

$DTV_{A,i}$  durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in der Arbeitsstelle i im Kalenderjahr der Arbeitsstelleneinrichtung [Kfz/24h]

$L_{A,i}$  Länge der Arbeitsstelle i [km]

Analog hierzu ergibt sich die mittlere  $UKR_{A,M,JG}$  direkt aus den  $UKR_{A,i,JG}$  der einzelnen Arbeitsstellen (Gleichung 5) mit Gleichung 7 zu:

$$UKR_{A,M,JG} = \frac{\sum (UKR_{A,i,JG} \cdot f_{KW,A,i} \cdot DTV_{A,i} \cdot L_{A,i})}{\sum (f_{KW,A,i} \cdot DTV_{A,i} \cdot L_{A,i})} \quad \text{Gl. 7}$$

mit

$UKR_{A,M,JG}$  mittlere Unfallkostenrate eines Kollektivs von Arbeitsstellen mit Berücksichtigung der Jahresganglinie des Kfz-Verkehrs und der unterschiedlichen Einrichtungszeiträume der Arbeitsstellen [U/(10<sup>6</sup> Kfz · km)]

$UKR_{A,i,JG}$  Unfallkostenrate der Arbeitsstelle i mit Berücksichtigung der Jahresganglinie des Kfz-Verkehrs [U/(10<sup>6</sup> Kfz · km)]

$f_{KW,A,i}$  Faktor zur Berücksichtigung der Anteilswerte des Wochenverkehrs am Kfz-Jahresverkehr in der Arbeitsstelle i [-]

$DTV_{A,i}$  durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in der Arbeitsstelle i im Kalenderjahr der Arbeitsstelleneinrichtung [Kfz/24h]

$L_{A,i}$  Länge der Arbeitsstelle i [km]

Bei den nachfolgenden Unfallanalysen wird die mittlere  $UKR_{A,M,JG}$  als die maßgebende Kenngröße zugrunde gelegt.

## 7.2 Datengrundlage

Grundlage für die Bewertung der Verkehrssicherheit ist das Unfallgeschehen in den Arbeitsstellen der Jahre 2003 bis 2006 mit 4+0-, 3+1- und 4+2-Verkehrsführungen. Letztendlich betrachtet wurden 241 Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung aus diesen vier Jahren, da drei weitere der 244 Arbeitsstellen (vgl. Kapitel 6.3) von den Betrachtungen ausgenommen werden mussten.

Es wurden zu allen 241 Arbeitsstellen die entsprechenden Unfalldaten angefordert. Wegen des dabei zu erwartenden großen Unfallkollektivs wurde auf die bei den Ländern vorliegenden elektronischen Unfalldaten zurückgegriffen. Die inzwischen verfügbare Datengenauigkeit und -qualität ermöglichen eine ausreichend detaillierte Auswertung der Unfälle. So sind u. a. die dreistelligen Unfalltypen, welche den Verkehrsvorgang, der zum Unfall geführt hat (Konfliktsituation), genau beschreiben, in der Regel in den Unfalldatenbanken enthalten. Anhand der plausibilisierten Angaben aus den Baubetriebsmeldungen zu Lage und Einrichtungszeitraum der betrachteten Arbeitsstellen erfolgte eine Zusammenstellung der relevanten Autobahnabschnitte und Zeiträume, welche an die statistischen Landesämter bzw. die Straßenbauverwaltungen der Länder übermittelt wurden.

Von den statistischen Landesämtern und Straßenbauverwaltungen der Länder wurden die Unfalldaten mit folgenden Angaben übermittelt:

- ID (Aktenzeichen),
- Datum (Tag und Uhrzeit),
- Autobahn-Nr.,
- Bundesland,
- Kilometrierung,
- Fahrtrichtung,
- Unfallkategorie,
- Unfalltyp (teilweise dreistellig),
- Unfallart,

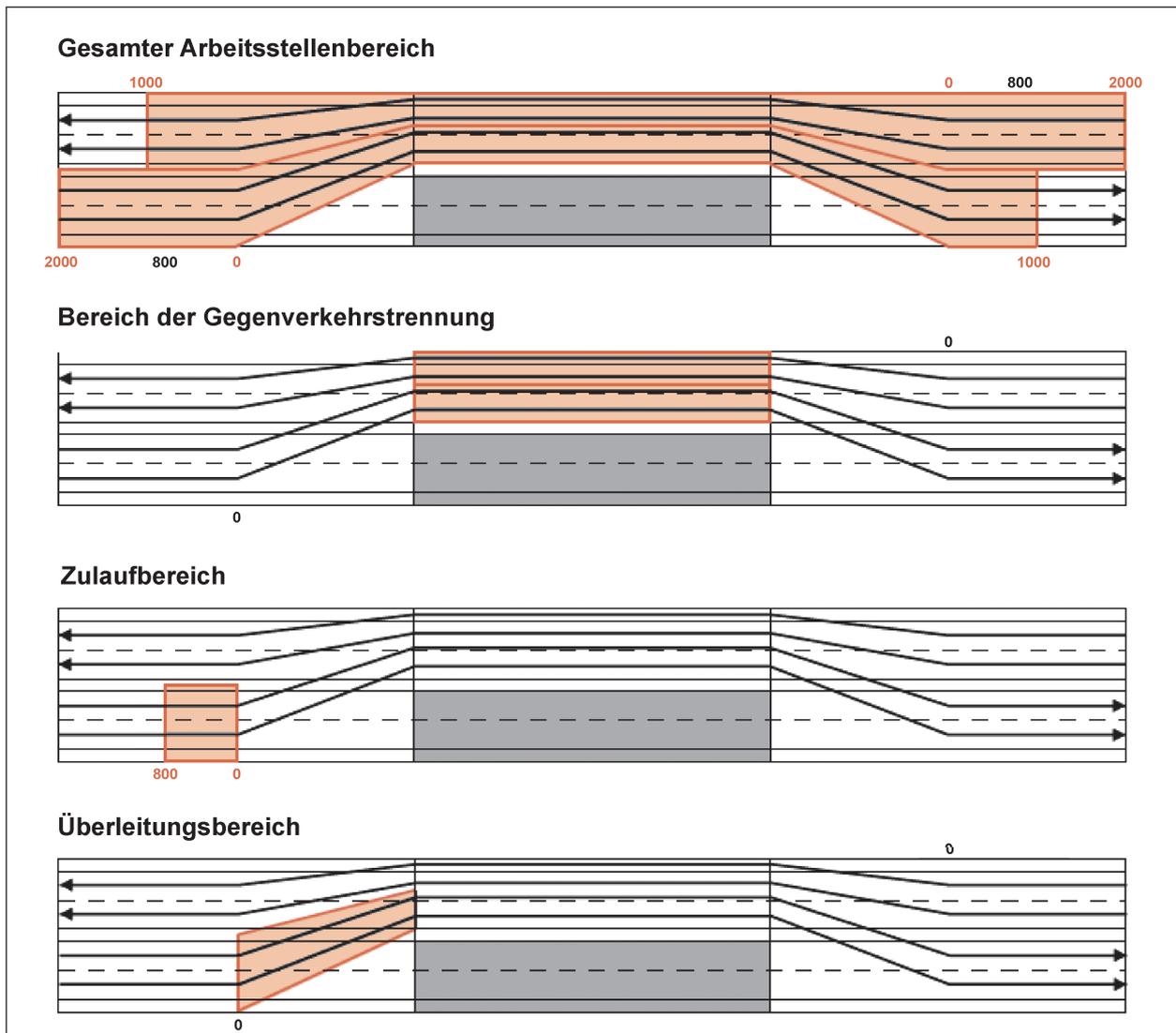


Bild 21: Betrachtungsbereiche der Unfallanalysen

- Anzahl der Verunglückten (differenziert nach Getöteten, Schwer- und Leichtverletzten).

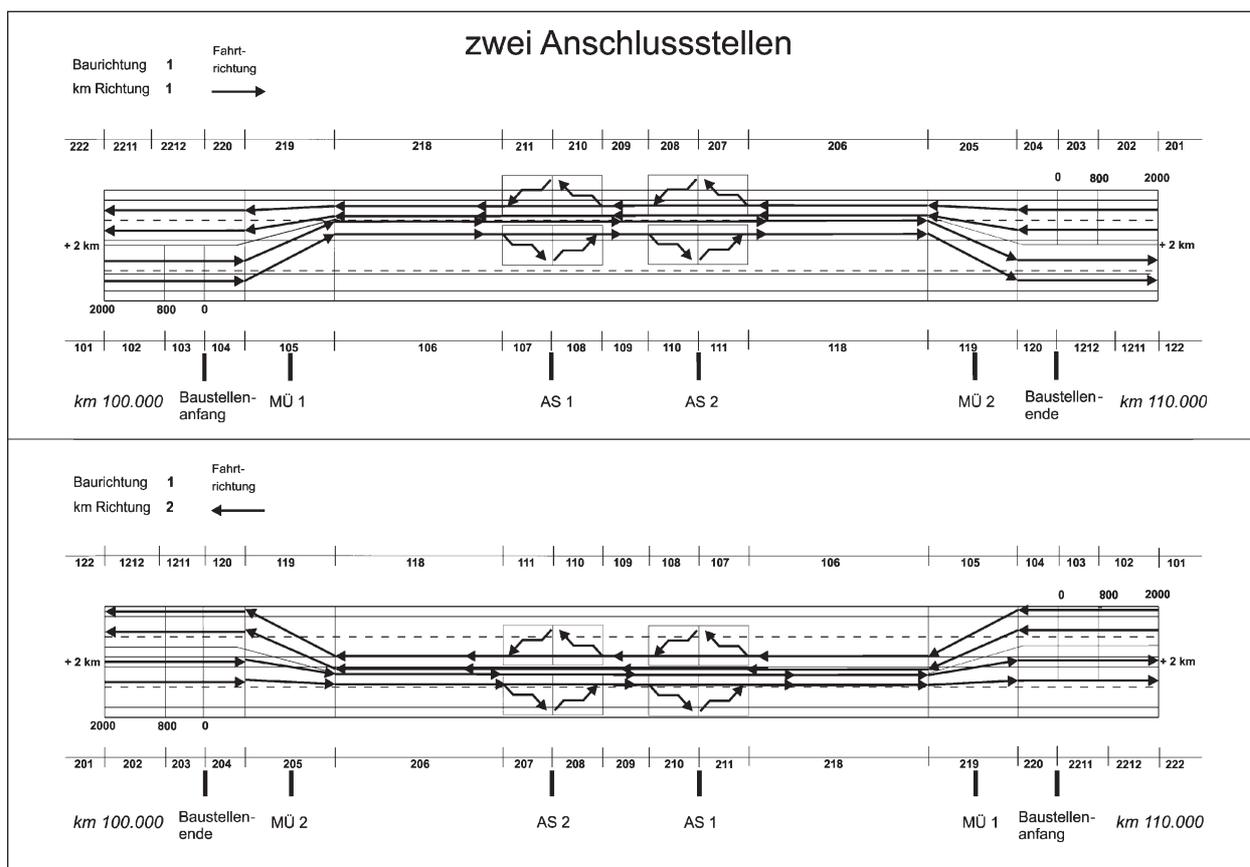
Die Unfalldaten aus Bremen, Hamburg, Niedersachsen, Saarland, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Thüringen wurden vom Forschungsdatenzentrum der statistischen Landesämter zur Verfügung gestellt, die Unfalldaten für Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz von den jeweiligen Straßenbauverwaltungen.

### 7.3 Zuordnung der Unfälle

Innerhalb der zu untersuchenden Arbeitsstellen eine sollte, wie sie bereits von EMDE/HAMESTER (1983), eine bereichsbezogene Unfallanalyse durchgeführt werden. Neben den Bereichen mit

Gegenverkehrstrennung (Baustelleninnenbereich) sollten auch die Zulauf- und Überleitungsbereiche betrachtet werden (Bild 22). Im Bereich der Gegenverkehrstrennungen sollte dabei eine gesonderte Betrachtung der Auswirkungen von Anschlussstellen erfolgen.

Die Zulauf- und Überleitungsbereiche wurden in drei Teilbereiche untergliedert: In den Bereich von 2.000 m (hier erfolgt in der Regel die 1. Ankündigung der Arbeitsstelle durch Zeichen 123 StVO) bis 800 m (hier erfolgt in der Regel die 2. Ankündigung durch Zeichen 123 StVO mit nachfolgendem Geschwindigkeitstrichter und der weiteren Beschilderung mit Verkehrslenkungstafeln), in den Bereich von 800 m bis 0 m (Beginn der Überleitung) und den Bereich der Überleitung selbst. Für die beiden letztgenannten Bereiche sollte zunächst eine differenzierte Analyse des Unfallgeschehens durchge-



**Bild 22:** Sektionen für die Unfallanalyse innerhalb von Arbeitsstellen mit Überleitung

führt werden. Darauf aufbauend sollte dann auch untersucht werden, ob einzelne Teilbereiche zusammengefasst werden können oder ob sogar eine weitere Unterteilung erforderlich ist.

Um die einzelnen Bereiche mit den entsprechenden Unfällen aus den verschiedenen Arbeitsstellen miteinander vergleichen zu können, wurden die Unfälle innerhalb einer Arbeitsstelle einzelnen Bereichen, die wiederum aus Teilbereichen (im Weiteren als Sektionen bezeichnet) bestehen, zugeordnet (Bild 22). Das Beispiel in Bild 22 zeigt eine Arbeitsstelle mit zwei Anschlussstellen innerhalb der Gegenverkehrstrennung. Die Sektionen werden durch dreistellige Nummern gebildet, die sich wie folgt zusammensetzen:

- 1. Stelle: Nummer 1 oder 2; diese Ziffern beschreiben, ob der Verkehr die eigene Richtungsfahrbahn verlassen muss (1) oder ob der Verkehr auf der eigenen Richtungsfahrbahn auf verengten Behelfsfahrestreifen geführt wird (2).
- 2. und 3. Stelle: Nummern 01 bis 22; die durchgehende Nummerierung verläuft für die beiden Richtungsfahrbahnen in Fahrtrichtung aufsteigend.

Beginn ist der Bereich ab der Stationierung 4 km vor der Arbeitsstelle bis zum Zeichen 123 StVO (2 km-Ankündigung der Arbeitsstelle). Als Anfangs- und Nullpunkt der Arbeitsstelle wird der Standort der ersten Warnbake definiert. Bis zu diesem Nullpunkt sind die Längen der Sektionen aufgrund der Beschilderung nach RSA (1995) fest abgegrenzt. Die Länge des sich anschließenden Bereichs (Kennziffer 04) ermittelt sich aus der bekannten Kilometrierung der Mittelstreifenüberfahrt (MÜ) abzüglich deren halber Streckenlänge von gesetzten 135 m zur Nullpunktstationierung der Arbeitsstelle. Die Mittelstreifenüberfahrten haben in der Regel eine Länge von 135 m.

Die Sektionen innerhalb der Arbeitsstelle haben, abgesehen von den Bereichen mit Anschlussstellen, eine flexible Länge. Unabhängig von der Anzahl der Anschlussstellen innerhalb der Arbeitsstelle hat die Sektion unmittelbar vor der Rückleitung durchgehend die Endziffer 18.

Das Ende der Arbeitsstelle wurde mit der letzten Warnbake gleichgesetzt. Hieran schließt sich die Sektion mit der Endziffern 21 an; diese Sektion wurde in zwei Teilbereiche unterteilt, die Endziffer 21 ist

deshalb um eine zusätzliche Kennzahl ergänzt worden (1 oder 2). Der Abschnitt zwischen 2 km bzw. 4 km hinter der Arbeitsstelle erhält die Sektionsnummer 22.

Zu differenzieren ist darüber hinaus die Richtung der Kilometrierung, also auf- oder absteigend, und die Notation der Baurichtung (beispielsweise 4+0 oder 0+4). Anhand dieser Festlegungen können die Unfälle eindeutig der entsprechenden Fahrtrichtung zuzüglich Kilometrierung den zugehörigen Sektionen zugeordnet werden.

## 7.4 Arbeitsstellenkollektive

Das gesamte Kollektiv beinhaltet 241 Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung aus den betrachteten Jahren von 2003 bis 2006 (vgl. Kapitel 7.2). Das Arbeitsstellenkollektiv ist somit um etwa 10 % höher als die von FISCHER/BRANNOLTE (2006) betrachteten 219 Arbeitsstellen. Eine Aufteilung nach Art der Gegenverkehrstrennung zeigt Bild 23.

In 190 Arbeitsstellen (rund 79 %) waren im Gegenverkehrstrennungsbereich transportable Schutzeinrichtungen eingesetzt. Der Anteil der Arbeitsstellen mit Leitschwellen im Gegenverkehrstrennungsbereich liegt mit 26 Arbeitsstellen lediglich bei knapp 11 %. Aufgrund der Fallzahlen, die bei weiterer Dif-

ferenzierung einzelner Merkmale immer geringer werden (vgl. Bild 23), wurden im Wesentlichen nur die 190 Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen detaillierter analysiert, da hier aussagekräftige Kollektivgrößen gebildet werden konnten (siehe Kapitel 7.5). Zu den 26 Arbeitsstellen mit Leitschwellen erfolgte eine Sonderbetrachtung (siehe Kapitel 7.6); diese ist jedoch beschränkt auf die Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3).

Für alle Arbeitsstellen liegen die Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) vor. Für die Arbeitsstellen aus Bayern, Hessen und Rheinland-Pfalz sowie aus den Regierungsbezirken Düsseldorf und Köln in Nordrhein-Westfalen liegen ebenfalls die Unfälle mit Sachschaden (Kategorien 4-6) vor. Da für die Arbeitsstellen in Bayern in der zur Verfügung gestellten Unfalldatenbank keine Differenzierung der Unfälle mit Sachschaden (Kategorien 4-6) angegeben ist, war es erforderlich, unterschiedliche Unfallkollektive zu bilden und zugrunde zu legen (Bild 24).

Für alle 190 Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen konnten nur die Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3), d. h. Unfälle mit schwerem Personenschaden und Unfälle mit Leichtverletzten, betrachtet werden (Kollektiv 1). Für 124 Arbeitsstellen davon (d. h. für alle Arbeitsstellen außerhalb von Bayern) konnten zusätzlich

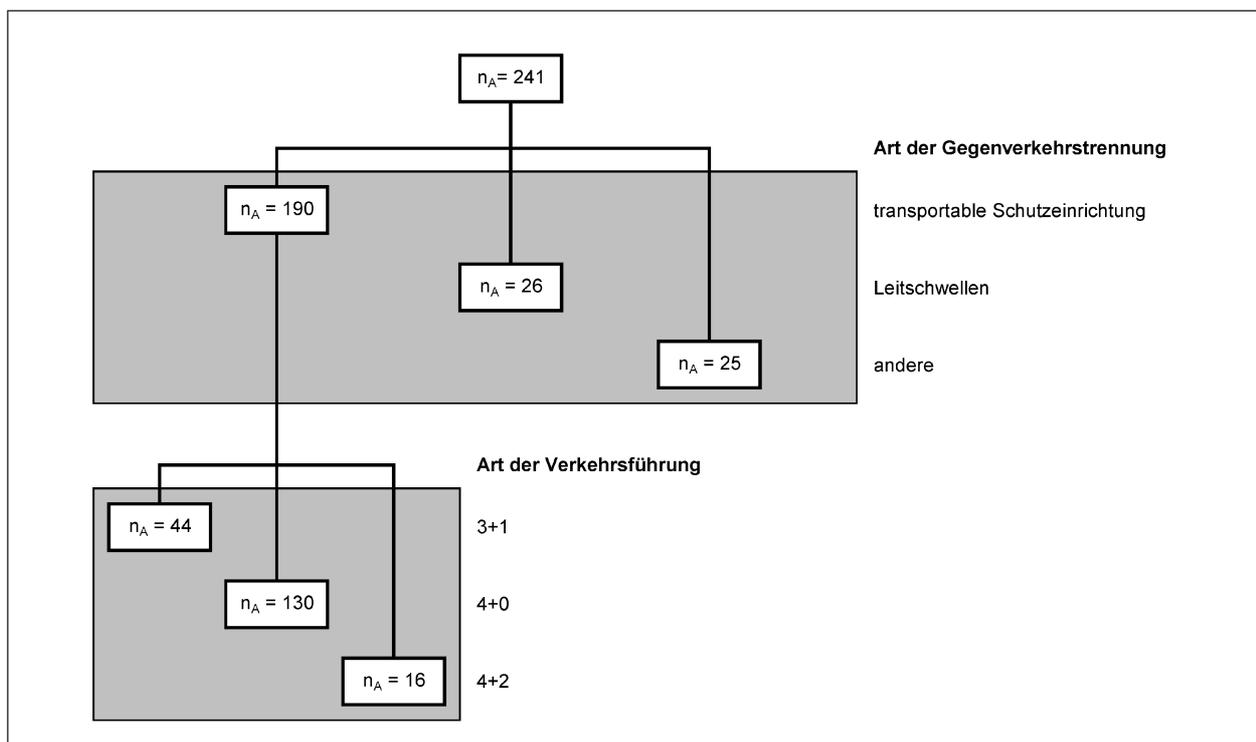
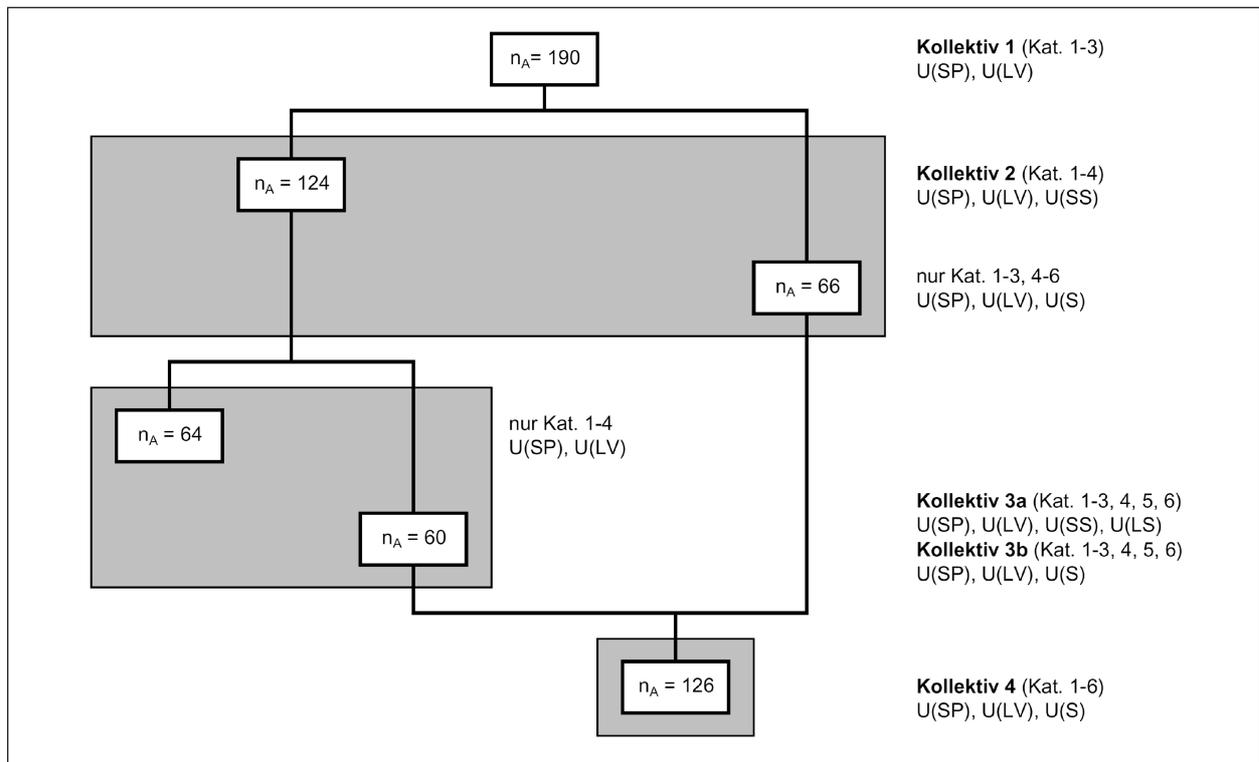


Bild 23: Untersuchungskollektiv insgesamt



**Bild 24:** Kollektivbildung bei Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen

VF	Kollektiv 1	Kollektiv 2	Kollektiv 3a/3b	Kollektiv 4
4+0	130	74	32	88
3+1	44	36	16	24
4+2	16	14	12	14
Gesamt	190	124	60	126

**Tab. 11:** Anzahl der Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen nach Verkehrsführung für jedes gebildete Untersuchungskollektiv

die Unfälle mit schwerwiegendem Sachschaden (Kategorie 4 und 6) hinzugezogen werden (Kollektiv 2). Für die 60 Arbeitsstellen aus Hessen und Rheinland-Pfalz sowie aus den Regierungsbezirken Düsseldorf und Köln in Nordrhein-Westfalen konnten zudem die Unfälle mit leichtem Sachschaden (Kategorie 5) einbezogen werden (Kollektiv 3a). Für dieses Kollektiv konnten aber zusätzlich auch alle Unfälle mit Sachschaden insgesamt (Kategorien 4-6) betrachtet werden (Kollektiv 3b). Das Kollektiv 3b konnte wiederum mit den Unfalldaten aus Bayern zu Kollektiv 4 mit 126 Arbeitsstellen zusammengefasst werden; für dieses Kollektiv konnten Unfälle mit schwerem Personenschaden und Unfälle mit Leichtverletzten (Kategorien 1-3) sowie Unfälle mit Sachschaden insgesamt (Kategorien 4-6) betrachtet werden. Eine Verteilung der Arbeitsstellen mit

transportablen Schutzeinrichtungen auf die einzelnen Kollektive nach der Verkehrsführung zeigt Tabelle 11.

## 7.5 Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen

Für die 190 Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen im Gegenverkehrstrennungsbereich erfolgte zunächst eine Analyse der Unfallcharakteristik, Unfall- und Verunglücktenstruktur (Kapitel 7.5.1) und die Ermittlung der Unfallkosten (Kapitel 7.5.2). Darauf aufbauend wurden die Unfallkenngrößen zur Bewertung der Verkehrssicherheit in den verschiedenen Bereichen der Arbeitsstellen ermittelt (Kapitel 7.5.3).

### 7.5.1 Analyse der Unfallcharakteristik, Unfall- und Verunglücktenstruktur

Die Analyse der Unfallcharakteristik, Unfall- und Verunglücktenstruktur erfolgt differenziert für die verschiedenen Betrachtungsbereiche. Neben dem gesamten Arbeitsstellenbereich sind dies der Bereich der Gegenverkehrstrennung und die Zulauf- und Überleitungsbereiche.

Die Analyse der Unfallcharakteristik erfolgt über die Unfalltypen, mit denen die Konfliktsituation, aus der der Unfall entstanden ist, beschrieben wird:

- Typ 1: Fahrnfall, der gekennzeichnet ist durch den Verlust der Kontrolle eines Fahrzeugführers über sein Fahrzeug ohne dass andere Verkehrsteilnehmer dazu beitragen,
- Typ 2: Abbiege-Unfall, der durch einen Konflikt zwischen einem Abbieger und einem aus gleicher oder entgegengesetzter Richtung kommenden Verkehrsteilnehmer gekennzeichnet ist,
- Typ 3: Einbiegen-/Kreuzen-Unfall, der durch einen Konflikt zwischen einem einbiegenden oder kreuzenden Wartepflichtigen und einem Vorfahrtsberechtigten gekennzeichnet ist,
- Typ 4: Überschreiten-Unfall, der gekennzeichnet ist durch einen Konflikt zwischen einem die Fahrbahn querenden Fußgänger und einem Fahrzeug, sofern es sich nicht um einen Abbiege-Unfall handelt,
- Typ 5: Unfall durch ruhenden Verkehr, der gekennzeichnet ist durch einen Konflikt zwischen fließendem und ruhendem Verkehr einschließlich des Ein- und Ausparkens,
- Typ 6: Unfall im Längsverkehr, der gekennzeichnet ist durch einen Konflikt zwischen Verkehrsteilnehmern aus gleicher oder entgegengesetzter Richtung, sofern es sich nicht um einen anderen definierten Unfalltyp handelt,
- Typ 7: sonstiger Unfall, der sich keinem anderen definierten Unfalltyp zuordnen lässt.

Die Analyse der Unfallstruktur erfolgt über die Unfallkategorien, die die Unfallschwere beschreiben. Die Zuordnung eines Unfalls mit Personenschaden erfolgt aufgrund der schwersten Folge. Bei Unfällen mit nur Sachschaden erfolgt die Zuordnung eines Unfalls aufgrund des vorliegenden Straftatbestands:

- Unfallkategorie 1: Unfall mit Getöteten, d. h. mindestens ein getöteter Verkehrsteilnehmer,
- Unfallkategorie 2: Unfall mit Schwerverletzten, d. h. mindestens ein schwerverletzter Verkehrsteilnehmer, aber keine Getöteten,
- Unfallkategorie 3: Unfall mit Leichtverletzten, d. h. mindestens ein leichtverletzter Verkehrsteilnehmer, aber keine Getöteten und keine Schwerverletzten,

- Unfallkategorie 4: schwerwiegender Unfall mit Sachschaden i. e. S., bei dem mindestens ein Kfz aufgrund eines Unfallschadens nicht mehr fahrbereit ist,
- Unfallkategorie 5: sonstiger Sachschadensunfall,
- Unfallkategorie 6: sonstiger Sachschadensunfall unter Alkoholeinwirkung.

Bei einem schwerwiegenden Unfall mit Sachschaden i. e. S. der Kategorie 4 ist die Unfallursache ein Straftatbestand (auch Alkoholeinwirkung) oder eine Ordnungswidrigkeit, für welche die Ahndung mit einem Bußgeld vorgesehen ist. Zur Unfallkategorie 5 gehören alle sonstigen Sachschadensunfälle, die im Verwarngeldverfahren abgeschlossen werden können, unabhängig von der Fahrbereitschaft beteiligter Kfz, alle sonstigen Sachschadensunfälle mit Straftatbestand (ohne Alkoholeinwirkung), bei denen alle beteiligten Kfz fahrbereit waren sowie alle sonstigen Sachschadensunfälle mit Ordnungswidrigkeiten, für welche die Ahndung mit einem Bußgeld vorgesehen ist und bei denen alle beteiligten Kfz fahrbereit waren. Bei Unfällen der Kategorie 6 stand mindestens ein Unfallbeteiligter unter Alkoholeinwirkung und falls Kfz beteiligt waren, waren diese alle noch fahrbereit.

Übliche Zusammenfassungen von Unfallkategorien sind (neben der Betrachtung aller Unfälle zusammen):

- Unfälle mit Personenschaden, d. h. Unfälle mit Getöteten, Unfälle mit Schwerverletzten und Unfälle mit Leichtverletzten,
- Unfälle mit schwerem Personenschaden, d. h. Unfälle mit Getöteten und Unfälle mit Schwerverletzten,
- Unfälle mit Sachschaden, d. h. schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden i. e. S. und sonstiger Sachschadensunfall, auch unter Alkoholeinwirkung.

Die Analyse der Verunglücktenstruktur erfolgt über die Anzahl der Verunglückten, also die Anzahl der Getöteten, Schwerverletzten und Leichtverletzten.

### Unfallstruktur

Die einzelnen Unfallkollektive der betrachteten Bereiche in den jeweiligen Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen sind in Tabelle 12 bis Tabelle 31 angegeben. Tabelle 12 bis Tabelle 15

enthalten die Angaben zum Unfallkollektiv 1, Tabelle 16 bis Tabelle 19 die Angaben zum Unfallkollektiv 2, Tabelle 20 bis Tabelle 23 die Angaben zum Unfallkollektiv 3a und Tabelle 24 bis Tabelle 27 zum Unfallkollektiv 3b sowie Tabelle 28 bis Tabelle 31 die Angaben zum Unfallkollektiv 4.

Es zeigt sich, dass bezogen auf alle 190 betrachteten Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen (Kollektiv 1, vgl. Tabelle 12 bis Tabelle 15) bei solchen mit 4+0-Verkehrsführung etwa 42 % der Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) im Bereich der Gegenverkehrstrennung passieren, bei

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]
4+0	130	670	140	530
3+1	44	120	18	102
4+2	16	142	14	128
Summe	190	932	172	760

Tab. 12: Unfallkollektiv 1 für den gesamten Arbeitsstellenbereich der 190 Arbeitsstellen (Kategorien 1-3)

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]
4+0	130	278	56	222
3+1	44	47	9	38
4+2	16	74	7	67
Summe	190	399	72	327

Tab. 13: Unfallkollektiv 1 für den Bereich der Gegenverkehrstrennung der 190 Arbeitsstellen (Kategorien 1-3)

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]
4+0	130	94	21	73
3+1	44	9	0	9
4+2	16	15	2	13
Summe	190	118	23	95

Tab. 14: Unfallkollektiv 1 für den Zulaufbereich der 190 Arbeitsstellen (Kategorien 1-3)

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]
4+0	130	15	2	13
3+1	44	6	0	6
4+2	16	2	0	2
Summe	190	23	2	21

Tab. 15: Unfallkollektiv 1 für den Überleitungsbereich der 190 Arbeitsstellen (Kategorien 1-3)

Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung sind es 39 %, bei Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung passieren 52 % dieser Unfälle im Bereich der Gegenverkehrstrennung. Im Zulaufbereich beträgt der Anteil der Unfälle mit Personenschaden bei Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung etwa 14 % und im Überleitungsbereich 2 %, bei Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung passieren knapp 8 % der Unfälle mit Personenschaden im Zulaufbereich und 5 % im Überleitungsbereich und bei Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung liegt der Anteil der Unfälle mit Personenschaden im Zulaufbereich bei etwa 11 % und im Überleitungsbereich bei gut 1 %.

Bei den 124 Arbeitsstellen aus dem Kollektiv 2 (ohne Arbeitsstellen in Bayern, vgl. Tabelle 16 bis Tabelle 19) sind diese Größenordnungen ähnlich. In Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung passieren 45 % der Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) im Bereich der Gegenverkehrstrennung, bei solchen mit 3+1- und 4+2-Verkehrsführung sind es 41 % bzw. 52 %. Im Zulaufbereich beträgt der Anteil der Unfälle mit Personenschaden bei Arbeitsstellen

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]	n <sub>U,Kat4+6</sub> [U(SS)]
4+0	74	391	93	298	366
3+1	36	102	14	88	70
4+2	14	132	13	119	66
Summe	124	625	120	505	502

Tab. 16: Unfallkollektiv 2 für gesamten den Arbeitsstellenbereich der 124 Arbeitsstellen (Kategorien 1-4)

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]	n <sub>U,Kat4+6</sub> [U(SS)]
4+0	74	175	41	134	138
3+1	36	42	6	36	24
4+2	14	68	7	61	29
Summe	124	285	54	231	191

Tab. 17: Unfallkollektiv 2 für den Bereich der Gegenverkehrstrennung der 124 Arbeitsstellen (Kategorien 1-4)

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]	n <sub>U,Kat4+6</sub> [U(SS)]
4+0	74	48	13	35	43
3+1	36	8	0	8	7
4+2	14	13	1	12	9
Summe	124	69	14	55	59

Tab. 18: Unfallkollektiv 2 für den Zulaufbereich der 124 Arbeitsstellen (Kategorien 1-4)

mit 4+0-Verkehrsführung etwa 12 %, im Überleitungsbereich 2 %, bei Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung im Zulaufbereich 8 %, im Überleitungsbereich 4 % und bei Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung im Zulaufbereich etwa 10 % und im Überleitungsbereich knapp 2 %.

Bezogen auf die 60 Arbeitsstellen aus Kollektiv 3a und 3b (vgl. Tabelle 20 bis Tabelle 27) liegt der Anteil der Unfälle mit Personenschaden sowohl für Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung mit 47 % als auch für Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung mit 43 % höher, bei den Arbeitsstellen mit 4+2-Ver-

kehrsführung liegt der Anteil der Unfälle mit Personenschaden im Gegenverkehrstrennungsbereich

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]	n <sub>U,Kat4+6</sub> [U(SS)]
4+0	74	9	2	7	16
3+1	36	4	0	4	7
4+2	14	2	0	2	1
Summe	124	15	2	13	24

Tab. 19: Unfallkollektiv 2 für den Überleitungsbereich der 124 Arbeitsstellen (Kategorien 1-4)

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]	n <sub>U,Kat4+6</sub> [U(SS)]	n <sub>U,Kat5</sub> [U(LS)]
4+0	32	154	28	126	148	2.077
3+1	16	51	6	45	29	422
4+2	12	34	5	29	21	387
Summe	60	239	39	200	198	2.886

Tab. 20: Unfallkollektiv 3a für den gesamten Arbeitsstellenbereich der 60 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]	n <sub>U,Kat4+6</sub> [U(SS)]	n <sub>U,Kat5</sub> [U(LS)]
4+0	32	72	14	58	56	1.043
3+1	16	22	3	19	14	199
4+2	12	16	3	13	11	223
Summe	60	110	20	90	81	1.465

Tab. 21: Unfallkollektiv 3a für den Bereich der Gegenverkehrstrennung der 60 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]	n <sub>U,Kat4+6</sub> [U(SS)]	n <sub>U,Kat5</sub> [U(LS)]
4+0	32	21	4	17	20	256
3+1	16	4	0	4	5	43
4+2	12	2	0	2	4	52
Summe	60	27	4	23	29	351

Tab. 22: Unfallkollektiv 3a für den Zulaufbereich der 60 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]	n <sub>U,Kat4+6</sub> [U(SS)]	n <sub>U,Kat5</sub> [U(LS)]
4+0	32	3	1	2	8	68
3+1	16	4	0	4	4	27
4+2	12	0	0	0	0	18
Summe	60	7	1	6	12	113

Tab. 23: Unfallkollektiv 3a für den Überleitungsbereich der 60 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]	n <sub>U,Kat4+6</sub> [U(S)]
4+0	32	154	28	126	2.225
3+1	16	51	6	45	451
4+2	12	34	5	29	408
Summe	60	239	39	200	3.084

Tab. 24: Unfallkollektiv 3b für den gesamten Arbeitsstellenbereich der 60 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]	n <sub>U,Kat4+6</sub> [U(S)]
4+0	32	72	14	58	1.099
3+1	16	22	3	19	213
4+2	12	16	3	13	234
Summe	60	110	20	90	1.546

Tab. 25: Unfallkollektiv 3b für den Bereich der Gegenverkehrstrennung der 60 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]	n <sub>U,Kat4+6</sub> [U(S)]
4+0	32	21	4	17	276
3+1	16	4	0	4	48
4+2	12	2	0	2	56
Summe	60	27	4	23	380

Tab. 26: Unfallkollektiv 3b für den Zulaufbereich der 60 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]	n <sub>U,Kat4+6</sub> [U(S)]
4+0	32	3	1	2	76
3+1	16	4	0	4	31
4+2	12	0	0	0	18
Summe	60	7	1	6	125

Tab. 27: Unfallkollektiv 3b für den Überleitungsbereich der 60 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)

mit 47 % niedriger. Im Zulaufbereich beträgt der Anteil der Unfälle mit Personenschaden bei Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung etwa 14 %, im Überleitungsbereich 2 %, bei Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung im Zulauf- und Überleitungsbereich 8 % und bei Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung im Zulaufbereich etwa 6 % und im Überleitungsbereich passieren keine Unfälle mit Personenschaden.

Bei den 126 Arbeitsstellen aus Kollektiv 4 (vgl. Tabelle 28 bis Tabelle 31) sind diese Größenordnungen wieder ähnlich dem Kollektiv 1. In Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung passieren 40 % der Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) im Bereich der Gegenverkehrstrennung, bei Arbeitsstellen mit 3+1- und 4+2-Verkehrsführung sind es 39 % bzw. 50 %. Im Zulaufbereich beträgt der Anteil der Unfälle mit Personenschaden bei Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung etwa 16 %, im Überleitungsbereich 2 %, bei Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung im Zulaufbereich 7 %, im Überleitungsbereich sogar 9 % und bei Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung im Zulaufbereich etwa 9 % und im Überleitungsbereich passieren keine Unfälle mit Personenschaden.

Bei den Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung sind, bezogen auf alle 190 Arbeitsstellen (Kollektiv 1), gut 20 % der Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) schwerwiegende Unfälle der Kategorien 1+2; bei den Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung sind es 15 %, bei den Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung fast 10 % (vgl. Tabelle 12). Im Bereich der Gegenverkehrstrennung ist der Anteil der schwerwiegenden Unfälle (Kategorien 1+2) an den Unfällen mit Personenschaden bei den Arbeitsstellen mit 4+0- und 4+2-Verkehrsführung mit 20 % bzw. gut 9 % jeweils annähernd genauso hoch, bei den Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung mit knapp 20 % ein Drittel höher (vgl. Tabelle 13). Bei den 124 Arbeitsstellen aus Kollektiv 2 (vgl. Tabelle 16 und Tabelle 17) liegt dieser Anteil für Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung bei 24 % (gesamter Arbeitsstellenbereich) bzw. 23 % (Bereich der Gegenverkehrstrennung), bei den Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung bei jeweils 10 % und bei Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung liegt der Anteil der schwerwiegenden Unfälle der Kategorien 1+2 an den Unfällen mit Personenschaden bei jeweils 14 %. Bei den 60 Arbeitsstellen aus den Kollektiven 3a und 3b (vgl. Tabelle 20 bis Tabelle 25) liegt dieser Anteil für Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung bei 18 % (gesamter Arbeitsstellen-

bereich) bzw. 19 % (Bereich der Gegenverkehrstrennung), bei den Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung bei 12 % (gesamter Arbeitsstellenbereich) bzw. 14 % (Bereich der Gegenverkehrstrennung) und bei Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung bei 15 % (gesamter Arbeitsstellenbereich) bzw. 19 % (Bereich der Gegenverkehrstrennung). Bei den 126 Arbeitsstellen aus Kollektiv 4 (vgl. Tabelle 28 und Tabelle 29) beträgt der Anteil der schwerwiegenden Unfälle (Kategorien 1+2) an den Unfällen mit Personenschaden (Kategorien 1-3) bei den Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]	n <sub>U,Kat4+6</sub> [U(S)]
4+0	88	433	75	358	3.030
3+1	24	69	10	59	499
4+2	14	44	6	38	455
Summe	126	546	91	455	3.984

Tab. 28: Unfallkollektiv 4 für den gesamten Arbeitsstellenbereich der 126 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]	n <sub>U,Kat4+6</sub> [U(S)]
4+0	88	175	29	146	1.570
3+1	24	27	6	21	229
4+2	14	22	3	19	264
Summe	126	224	38	186	2.063

Tab. 29: Unfallkollektiv 4 für den Bereich der Gegenverkehrstrennung der 126 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]	n <sub>U,Kat4+6</sub> [U(S)]
4+0	88	67	12	55	353
3+1	24	5	0	5	53
4+2	14	4	1	3	61
Summe	126	76	13	63	467

Tab. 30: Unfallkollektiv 4 für den Zulaufbereich der 126 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)

VF	n <sub>A</sub> [-]	n <sub>U,Kat1-3</sub> [U(P)]	n <sub>U,Kat1-2</sub> [U(SP)]	n <sub>U,Kat3</sub> [U(LP)]	n <sub>U,Kat4+6</sub> [U(S)]
4+0	88	9	1	8	84
3+1	24	6	0	6	33
4+2	14	0	0	0	18
Summe	126	15	1	14	135

Tab. 31: Unfallkollektiv 4 für den Überleitungsbereich der 126 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)

sowohl für den gesamten Arbeitsstellenbereich als auch für den Bereich der Gegenverkehrstrennung 17 %. Bei den Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung liegt dieser Anteil bei 15 % (gesamter Arbeitsstellenbereich) bzw. 22 % (Bereich der Gegenverkehrstrennung) und bei Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung jeweils bei 14 %.

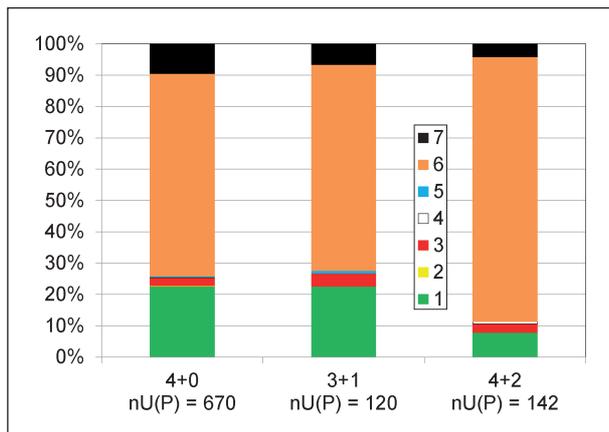
**Unfallcharakteristik**

In Bild 25 ist für die 190 Arbeitsstellen (Kollektiv 1) differenziert nach den Verkehrsführungen die Verteilung der Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) im gesamten Arbeitsstellenbereich auf die Unfalltypen dargestellt. Bild 26 zeigt die entsprechende Verteilung für den Bereich der Gegenverkehrstrennung.

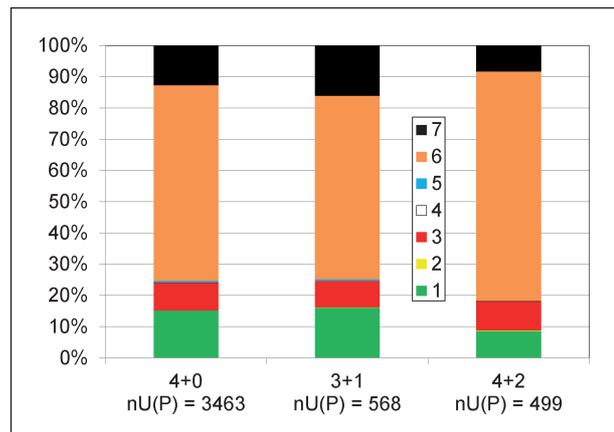
Bild 27 zeigt die Verteilung aller Unfälle (Kategorien 1-6) im Arbeitsstellenbereich der 126 Arbeitsstellen

aus Kollektiv 4 auf die Unfalltypen differenziert nach den verschiedenen Verkehrsführungen und Bild 28 die entsprechende Verteilung im Bereich der Gegenverkehrstrennung. Die Kollektive für den Zulauf- und den Überleitungsbereich sind zu gering, um gesonderte aussagekräftige Auswertungen über die Unfalltypen machen zu können.

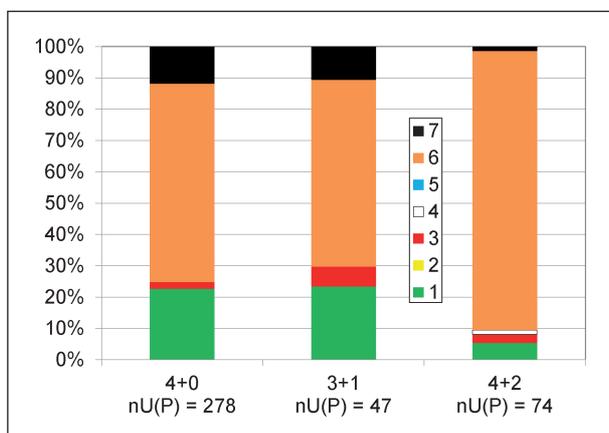
Es zeigt sich, dass der Anteil der Längsverkehrsunfälle (Unfalltyp 6) jeweils deutlich am höchsten ist. Fahrnfälle (Unfalltyp 1) haben, bezogen auf Unfälle mit Personenschaden, jeweils den zweithöchsten, sonstige Unfälle (Unfalltyp 7) den dritthöchsten Anteil. Insgesamt liegt der Anteil dieser Unfalltypen bei 90 % und mehr. Unter Berücksichtigung aller Unfallkategorien ist der Anteil der sonstigen Unfälle (Unfalltyp 7) etwas größer und der Anteil der Fahrnfälle (Unfalltyp 1) etwas geringer als bei den Unfällen mit Personenschaden. Insgesamt liegt der Anteil dieser drei Unfalltypen für alle



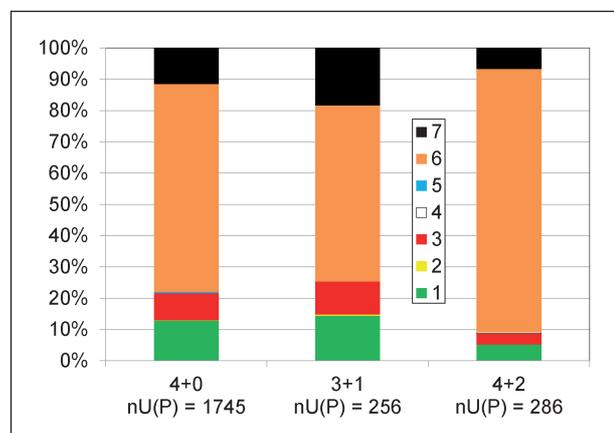
**Bild 25:** Verteilung der Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) im Arbeitsstellenbereich der 190 Arbeitsstellen (Kollektiv 1) auf die Unfalltypen



**Bild 27:** Verteilung aller Unfälle (Kategorien 1-6) im Arbeitsstellenbereich der 126 Arbeitsstellen (Kollektiv 4) auf die Unfalltypen



**Bild 26:** Verteilung der Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) im Bereich der Gegenverkehrstrennung der 190 Arbeitsstellen (Kollektiv 1) auf die 7 Unfalltypen



**Bild 28:** Verteilung aller Unfälle (Kategorien 1-6) im Bereich der Gegenverkehrstrennung der 126 Arbeitsstellen (Kollektiv 4) auf die Unfalltypen

Unfallkategorien jedoch auch noch bei knapp 90 % und mehr.

Bei Betrachtung der Unfälle mit Personenschäden ist der Anteil der Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle (Unfalltyp 3) trotz der Einbeziehung von Arbeitsstellen mit Anschlussstellen innerhalb der Gegenverkehrstrennungsbereiche insgesamt sehr gering (2 % bis 6 %). Bei Berücksichtigung der Unfälle mit Personenschäden und Sachschäden ist dieser Anteil etwas größer (3 % bis 11 %).

Die Längsverkehrsunfälle (Unfalltyp 6) in den Gegenverkehrstrennungsbereichen von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung sind überwiegend Auffahrunfälle der Unfallart 2, bei denen es zum Zusammenstoß mit einem anderen Fahrzeug kommt, das vorausfährt (70 %). Insgesamt machen diese Auffahrunfälle dort mit 44 % fast die Hälfte aller Unfälle mit Personenschaden aus. Die Fahr-Unfälle (Unfalltyp 1) mit Personenschaden führen hier mit knapp 40 % größtenteils zum Abkommen von der Fahrbahn nach rechts (Unfallart 8), ein Abkommen nach links (Unfallart 9), also in den Gegenverkehr, erfolgt in etwa 17 % der Unfälle mit Personenschaden. Insgesamt kommt es in den Gegenverkehrstrennungsbereichen von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung bei 7 % aller Unfälle mit Personenschaden zu einem Abkommen in den Gegenverkehr (Unfallart 9).

Bei Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung sind die Längsverkehrsunfälle (Unfalltyp 6) in den Gegenverkehrstrennungsbereichen mit 68 % ebenfalls überwiegend Auffahrunfälle der Unfallart 2 (Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das vorausfährt), insgesamt machen diese Auffahrunfälle dort 40 % aller Unfälle mit Personenschaden aus. Der Anteil der Unfälle mit Personenschaden, bei dem es zu einem Abkommen von der Fahrbahn nach links (Unfallart 9), also in den Gegenverkehr kommt, liegt hier bei knapp 9 %.

In den Gegenverkehrstrennungsbereichen von Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung überwiegen Auffahrunfälle der Unfallart 2 (Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das vorausfährt), die dort rund 77 % aller Unfälle mit Personenschaden ausmachen. Bei jeweils 3 % der Unfälle mit Personenschaden kommt es im Bereich der Gegenverkehrstrennung zu einem Abkommen von der Fahrbahn nach rechts (Unfallart 8) und bei gut 1 % aller Unfälle mit Personenschaden in den Gegenverkehr (Unfallart 9).

## Verunglücktenstruktur

Die Verunglücktenstruktur der Unfälle mit schwerem Personenschaden (Kategorien 1+2) in den Arbeitsstellen längerer Dauer ist je nach Verkehrsführung durchaus unterschiedlich und unterscheidet sich zudem teilweise erheblich von der durchschnittlichen Verunglücktenstruktur auf Autobahnen insgesamt (Tabelle 32). So zeigt sich beispielsweise, dass die Anzahl von Getöteten, aber auch Leichtverletzten je 100 Unfälle mit schwerem Personenschaden (Kategorien 1+2) in den 44 Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung deutlich geringer ist als in den 130 Arbeitsstellen mit 4+0- oder den 16 Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung. In den 44 Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung gab es keinen Unfall mit Getöteten.

Bei der Betrachtung der Verunglücktenstruktur der Unfälle mit schwerem Personenschaden (Kategorien 1+2) im Bereich der Gegenverkehrstrennung (Tabelle 33) zeigt sich, dass bei den 130 bzw. 16 Arbeitsstellen mit 4+0- und 4+2-Verkehrsführung die Anzahl der Verunglückten insgesamt je 100 Unfälle mit schwerem Personenschaden teilweise deutlich geringer ist als im gesamten Arbeitsstellen-

Verunglückte	n' <sub>V/U(S)</sub> [V/100 U(SP)]			
	Autobahnen gesamt	Arbeitsstellen längerer Dauer		
		4+0	3+1	4+2
Getötete	12	15	0	104
Schwerverletzte	120	114	106	100
Leichtverletzte	63	74	11	71

**Tab. 32:** Verunglücktenstruktur der Unfälle mit schwerem Personenschaden (Kategorien 1+2, alle Unfalltypen) auf Autobahnen insgesamt und in den betrachteten 190 Arbeitsstellen (Kollektiv 1, gesamter Arbeitsstellenbereich)

Verunglückte	n' <sub>V/U(S)</sub> [V/100 U(SP)]			
	Autobahnen gesamt	Arbeitsstellen längerer Dauer		
		4+0	3+1	4+2
Getötete	12	7	0	14
Schwerverletzte	120	120	111	86
Leichtverletzte	63	63	0	43

**Tab. 33:** Verunglücktenstruktur der Unfälle mit schwerem Personenschaden (Kategorien 1+2, alle Unfalltypen) auf Autobahnen insgesamt und im Bereich der Gegenverkehrstrennung der betrachteten 190 Arbeitsstellen (Kollektiv 1)

bereich (vgl. Tabelle 32), wobei in den 130 Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung hier die Anzahl von Getöteten je 100 Unfälle mit schwerem Personenschaden (Kategorien 1+2) deutlich geringer ist, bei den 16 Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung die Anzahl der Schwer- und Leichtverletzten. Bei den 44 Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung liegt zwar die Gesamtanzahl der Verunglückten je 100 Unfälle mit schwerem Personenschaden (Kategorien 1+2) im Bereich der Gegenverkehrstrennung nur geringfügig unter derjenigen im gesamten Arbeitsstellenbereich, es zeigt sich jedoch eine Verschiebung zu den Schwerverletzten je 100 Unfälle mit schwerem Personenschaden (Kategorien 1+2), da es keine Getöteten und keine Leichtverletzten gibt.

Im Umkehrschluss bedeuten diese im Gegenverkehrstrennungsbereich gegenüber der gesamten Arbeitsstelle geringeren bzw. veränderten Anzahlen der Verunglückten je 100 Unfälle mit schwerem Personenschaden (Kategorien 1+2), dass sich die Verunglücktenstruktur dieser Unfälle im Zulauf- und Überleitungsbereich von derjenigen im Gegenverkehrstrennungsbereich unterscheidet. In den Zulauf- und Überleitungsbereichen fallen die Unfälle mit schwerem Personenschaden (Kategorien 1+2) tendenziell schwerwiegender aus. Eine belastbare Aussage zur Verunglücktenstruktur dieser Bereiche ist jedoch aufgrund der geringen Unfallzahlen (vgl. Tabelle 14 und Tabelle 15) nicht möglich, die Kollektive sind zu gering, um gesonderte aussagekräftige Auswertungen über die Verunglücktenstruktur machen zu können.

### 7.5.2 Ermittlung der Unfallkosten

Bei der Ermittlung von Unfallkosten sind unterschiedliche Berechnungsarten möglich.<sup>9</sup> Für Unfälle mit Personenschaden können pauschale Unfallkostensätze verwendet werden oder es erfolgt eine direkte oder indirekte Anpassung der Kostensätze (siehe auch Bild 29):

- Die Verwendung von pauschalen (durchschnittlichen), auf Basis des Gesamtunfallgeschehens in Deutschland ermittelte Kostensätze nach Straßen- und Unfallkategorien bzw. zusätzlich nach Unfalltypen kann zu Ungenauigkeiten in der Bewertung führen, da zeitliche Veränderungen und örtliche Abweichungen der Verunglücktenstruktur nicht ausreichend berücksichtigt werden,
- die direkte Anpassung der Unfallkostensätze erfolgt über die Verunglücktenstruktur des untersuchten Unfallkollektivs und erfordert auf Autobahnen mindestens 100 Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3), zusätzlich kann dabei nach dem Unfalltyp differenziert werden, sofern die jeweiligen Kollektive ausreichend groß sind,
- die indirekte Anpassung der Unfallkostensätze erfolgt über die Verunglücktenstruktur größerer Unfallkollektive, die das eigentliche Untersuchungskollektiv enthalten, wenn das untersuchte Unfallkollektiv für die direkte Anpassung die vorgegebene Mindestgröße nicht erreicht.

Für ausreichende Kollektive von Unfällen mit Personenschaden sollte eine direkte Anpassung der Unfallkostensätze vorgenommen werden, da hiermit die spezifische Verunglücktenstruktur am besten berücksichtigt wird. Erfüllt das Unfallkollektiv an den betrachteten Straßenverkehrsanlagen innerhalb eines Untersuchungsgebiets nicht die Mindestanforderungen, so ist eine indirekte Anpassung in der Regel angemessen und immer noch besser als die Verwendung pauschaler Unfallkostensätze.

Grundsätzlich könnten auch für Unfälle mit Sachschaden (Kategorien 4-6) angepasste Unfallkostensätze ermittelt werden. Hierzu müssten aber die tatsächlichen Sachschadenskosten aller Unfälle bekannt sein. Die genauen Sachschadenskosten sind aber nur mit einem sehr hohen Aufwand zu erfassen, beispielsweise aus Gutachten von Kraftfahrzeugsachverständigen oder den Daten der Versicherungen (die in den Verkehrsunfallanzeigen angegebenen, von der Polizei abgeschätzten Sachschadenskosten sind zu ungenau). Deshalb ist es im Allgemeinen ausreichend, die pauschalen, auf Basis des Gesamtunfallgeschehens in Deutschland ermittelten Kostensätze zugrunde zu legen.

Die Berechnung der arbeitsstellenbezogenen Unfallkosten  $UK_{A,i}$  und der daraus abgeleiteten Kenngrößen (vgl. Kapitel 7.5.3) sollte auf einer

<sup>9</sup> Im Zusammenhang mit der Erarbeitung des neuen HVS (siehe auch BARK et al., 2008) ist beabsichtigt, die Methodik zur Unfallkostenberechnung systematisch darzustellen und zu erläutern. Hierbei ist eine z. T. neue Terminologie vorgesehen. Im Weiteren werden im Wesentlichen die bisherigen Begriffe des Merkblatts für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen (Ausgabe 2003) beibehalten, jedoch davon abweichende Bezeichnungen, vor allem Abkürzungen verwendet.

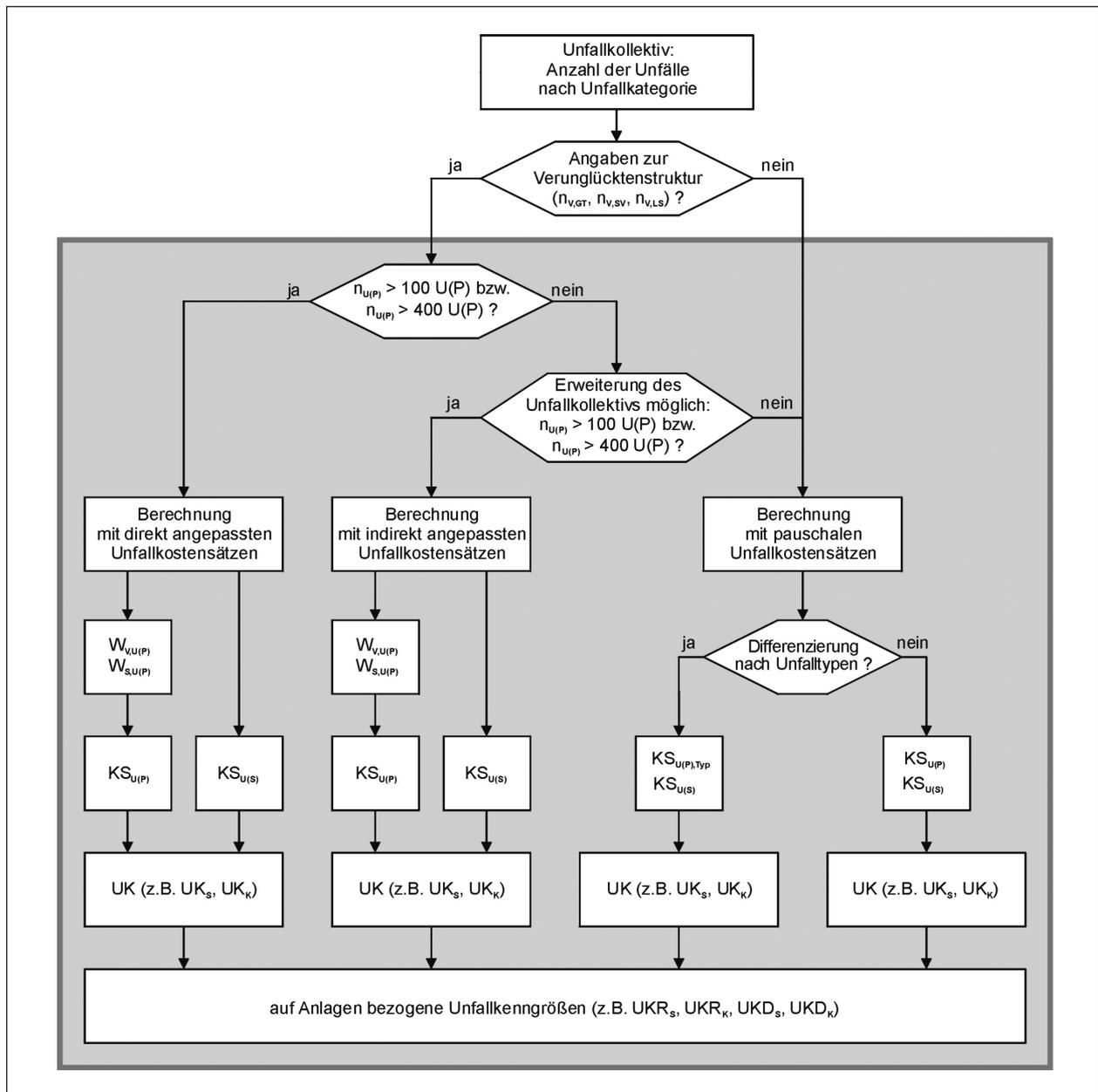


Bild 29: Berechnung der Unfallkosten

einheitlichen Grundlage erfolgen. Hier bieten sich die aktuellen Kostensätze zum Preisstand 2010 an.

Aufgrund der einerseits ähnlichen Unfallcharakteristik (Unfalltypenverteilung) und der andererseits unterschiedlichen Verunglücktenstruktur der verschiedenen Verkehrsführungen (vgl. Kapitel 7.5.1) erfolgt eine Berechnung der Unfallkosten mit an die jeweilige Verunglücktenstruktur angepassten Kostensätzen. Zugrunde gelegt werden dabei je-

weils die Unfälle im gesamten Arbeitsstellenbereich. Die Unfallkollektive sind hierfür mit Anzahlen von jeweils deutlich mehr als 100 Unfällen mit Personenschaden der Kategorien 1-3 (vgl. Tabelle 12 in Kapitel 7.5.1) ausreichend groß. Zur Ermittlung der Unfallkostensätze werden die Kostensätze für Verunglückte aus Tabelle 34 und die Kostensätze für Sachschaden aus Tabelle 35 zugrunde gelegt.

Die Berechnung der Unfallkostensätze erfolgt mit Gleichung 8

$$KS_{U(SP)} = \frac{n_{V,GT,U(SP)} \cdot W_{V,GT} + n_{V,SV,U(SP)} \cdot W_{V,SV} + n_{V,LV,U(SP)} \cdot W_{V,LV} + n_{U(SP)} \cdot W_{S,U(SP)}}{n_{U(SP)}}$$

- mit
- $KS_{U(SP)}$  (angepasster) Unfallkostensatz für U(SP) [€/U(SP)]
- $n_{V_{GT},U(SP)}$  Anzahl der Getöteten bei U(SP) [ $V_{GT}$ ]
- $W_{V_{GT}}$  Kostensatz für einen Getöteten nach Tabelle 34 [€/V<sub>GT</sub>]
- $n_{V_{SV},U(SP)}$  Anzahl der Schwerverletzten bei U(SP) [ $V_{SV}$ ]
- $W_{V_{SV}}$  Kostensatz für einen Schwerverletzten nach Tabelle 34 [€/V<sub>SV</sub>]
- $n_{V_{LV},U(SP)}$  Anzahl der Leichtverletzten bei U(SP) [ $V_{LV}$ ]
- $W_{V_{LV}}$  Kostensatz für einen Leichtverletzten nach Tabelle 34 [€/V<sub>LV</sub>]
- $n_{U(SP)}$  Anzahl der Unfälle mit Getöteten oder Schwerverletzten (= schwerer Personenschaden) [U(SP)]
- $W_{S,U(SP)}$  Kostensatz für Sachschaden bei U(SP) nach Tabelle 35 [€/U(SP)]

und

$$KS_{U(LP)} = \frac{n_{V_{LV},U(LP)} \cdot W_{V_{LV}} + n_{U(LP)} \cdot W_{S,U(LP)}}{n_{U(LP)}} \quad \text{Gl. 9}$$

- mit
- $KS_{U(LP)}$  (angepasster) Unfallkostensatz für U(LP) [€/U(LP)]
- $n_{V_{LV},U(LP)}$  Anzahl der Leichtverletzten bei U(LP) [ $V_{LV}$ ]

- $W_{V_{LV}}$  Kostensatz für einen Leichtverletzten nach Tabelle 34 [€/V<sub>LV</sub>]
- $n_{U(LP)}$  Anzahl der Unfälle mit Leichtverletzten [U(LP)]
- $W_{S,U(LP)}$  Kostensatz für Sachschaden bei U(LP) nach Tabelle 35 [€/U(LP)]

In Tabelle 36 sind die Unfallkostensätze für Arbeitsstellen längerer Dauer mit verschiedenen Verkehrsführungen zum Preisstand 2010 für die Unfälle mit Personenschaden, differenziert nach solchen mit schwerem Personenschaden (Kategorien 1+2) und leichtem Personenschaden (Kategorie 3), angegeben. Ebenfalls angegeben sind die pauschalen Unfallkostensätze für schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden i. e. S. (Kategorie 4) sowie – zum Vergleich – die durchschnittlichen Kostensätze für Unfälle auf Autobahnen insgesamt.

Verunglückter	W <sub>V</sub> [€/V]
Getöteter	1.044.808
Schwerverletzter	112.366
Leichtverletzter	4.433

Tab. 34: Kostensätze für Verunglückte Preisstand (2010)

Unfallkategorie	W <sub>S,U</sub> [€/U]
Kategorie 1+2: U(SP)	78.214
Kategorie 3: U(LP)	37.151
Kategorie 1-3: U(P)	46.534
Kategorie 4+6: U(SS)	24.130
Kategorie 5: U(LS)	4.950
Kategorie 4-6: U(S)	7.129

Tab. 35: Kostensätze für Sachschaden (Preisstand 2010)

Unfallkategorie	KS <sub>U</sub> [€/U]			
	Autobahnen (pauschal)	Arbeitsstellen längerer Dauer		
		4+0	3+1	4+2
Kategorie 1+2: U(SP)	340.878	366.615	197.315	343.004
Kategorie 3: U(LP)	43.592	43.992	44.973	43.523
Kategorie 1-3: U(P)	111.523	112.209	71.048	78.384
Kategorie 4+6: U(SS)	24.130	24.130	24.130	24.130
Kategorie 5: U(LS)	4.950	4.950	4.950	4.950
Kategorie 4-6: U(S)	7.129	7.129	7.129	7.129

Tab. 36: Unfallkostensätze (Preisstand 2010)

### 7.5.3 Bewertung der Verkehrssicherheit

Die  $UR_{A,M,JG}$  für die jeweiligen Teilkollektive wurden anhand der  $UR_{A,i,JG}$  jeder Arbeitsstelle mit transportablen Schutzeinrichtungen ermittelt. Dabei erfolgt eine differenzierte Betrachtung des gesamten Arbeitsstellenbereichs und des Bereichs der Gegenverkehrstrennung sowie auch für die Zulauf- und Überleitungsbereiche.

Mit den ermittelten angepassten Unfallkostensätzen  $KS_{U(SP)}$  und  $KS_{U(LP)}$  für Unfälle mit Personenschaden der Kategorien 1+2 bzw. der Kategorie 3 und den pauschalen Unfallkostensätzen  $KS_{U(SS)}$  und  $KS_{U(LS)}$  für schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden i. e. S. der Kategorie 4 und 6 und der sonstigen Sachschadensunfälle der Kategorie 5 bzw. den pauschalen Unfallkostensätzen  $KS_{U(S)}$  für Unfälle mit Sachschaden insgesamt der Kategorien 4-6 (vgl. Tabelle 35) wurden die  $UK_{A,i,JG}$  jeder Arbeitsstelle berechnet und damit die  $UKR_{A,i,JG}$  bestimmt. Mit den  $UKR_{A,i,JG}$  wurden dann für die jeweiligen Teilkollektive die  $UKR_{A,M,JG}$  ermittelt.

#### Arbeitsstellen insgesamt

In Tabelle 37 sind die  $UR_{A,M,JG}$  der Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) auf Basis aller betrachteten 190 Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen (Kollektiv 1) sowie die entsprechenden  $UR_{A,M,JG}$  auf Basis der 124 Arbeitsstellen ohne die bayerischen Arbeitsstellen (Kollektiv 2) und für letztere auch die  $UR_{A,M,JG}$  der Kategorien 1-4 (Unfälle mit Personenschaden und schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden i. e. S.) angegeben. Tabelle 38 zeigt die  $UR_{A,M,JG}$  der Unfälle mit Personenschaden auf Basis aller betrachteten 190 Arbeitsstellen (Kollektiv 1) sowie die entsprechenden  $UR_{A,M,JG}$  auf Basis der 126 Arbeitsstellen aus Kollektiv 4 und für letztere auch die  $UR_{A,M,JG}$  der

VF	Kollektiv 1 190 Arbeitsstellen		Kollektiv 2 124 Arbeitsstellen		
	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-4) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]
4+0	130	0,08	74	0,06	0,11
3+1	44	0,08	36	0,07	0,11
4+2	16	0,13	14	0,14	0,19

Tab. 37:  $UR_{A,M,JG}$  für gesamten Arbeitsstellenbereich (Kollektiv 1 und Kollektiv 2 im Vergleich)

Unfallkategorien 1-6 (alle Unfälle mit Personen- und Sachschaden).

Es zeigt sich, dass die  $UR_{A,M,JG}$  von Arbeitsstellen mit 4+0- und 3+1-Verkehrsführung geringer sind als die  $UR_{A,M,JG}$  von Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung. In Tabelle 39 und Tabelle 40 sind für die Kollektive 1 und 2 die entsprechenden  $UKR_{A,M,JG}$  angegeben. Die  $UKR_{A,M,JG}$  von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung sind höher als für Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung. Am höchsten sind die  $UKR_{A,M,JG}$  von Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung.

Der Beitrag der schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden i. e. S. (Kategorie 4) alleine an der  $UKR_{A,M,JG}$  ist relativ gering (Bild 30). So resultieren

VF	Kollektiv 1 190 Arbeitsstellen		Kollektiv 4 126 Arbeitsstellen		
	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-6) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]
4+0	130	0,08	88	0,10	0,74
3+1	44	0,08	24	0,08	0,64
4+2	16	0,13	14	0,15	0,75

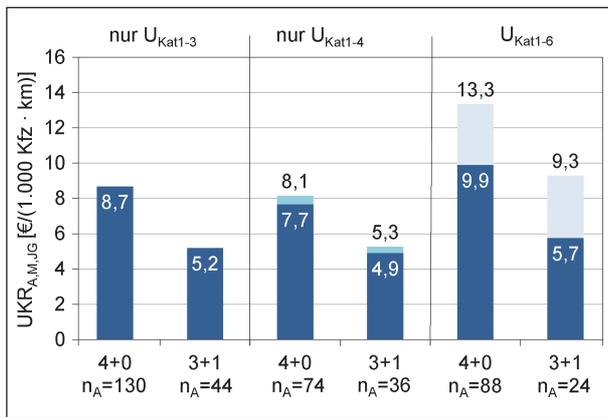
Tab. 38:  $UR_{A,M,JG}$  für gesamten Arbeitsstellenbereich (Kollektiv 1 und Kollektiv 4 im Vergleich)

VF	Kollektiv 1 190 Arbeitsstellen		Kollektiv 2 124 Arbeitsstellen		
	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-4) [€/(1.000 Kfz · km)]
4+0	130	8,7	74	7,7	8,1
3+1	44	5,2	36	4,9	5,3
4+2	16	9,4	14	9,8	11,0

Tab. 39:  $UKR_{A,M,JG}$  für gesamten Arbeitsstellenbereich (Kollektiv 1 und Kollektiv 2 im Vergleich)

VF	Kollektiv 1 190 Arbeitsstellen		Kollektiv 4 126 Arbeitsstellen		
	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-6) [€/(1.000 Kfz · km)]
4+0	130	8,7	88	9,9	13,3
3+1	44	5,2	24	5,7	9,3
4+2	16	9,4	14	11,2	15,2

Tab. 40:  $UKR_{A,M,JG}$  für gesamten Arbeitsstellenbereich (Kollektiv 1 und Kollektiv 4 im Vergleich)



**Bild 30:** UKR<sub>A,M,JG</sub> für Arbeitsstellen mit 4+0- und 3+1-Verkehrsführungen in Abhängigkeit der Unfallkollektive

bei Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung etwa 93 % und bei Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung etwa 95 % der UKR<sub>A,M,JG</sub> aus Unfällen mit Personenschaden (Kategorien 1-3). Der Beitrag der Unfälle mit Sachschaden (Kategorie 4-6) an der UKR<sub>A,M,JG</sub> dagegen ist größer. So resultieren bei Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung nur 61 % und bei Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung 74 % der UKR<sub>A,M,JG</sub> aus Unfällen mit Personenschaden (Kategorien 1-3). Der Anteil aller Unfälle mit Sachschaden zusammen (Kategorien 4-6) an der UKR<sub>A,M,JG</sub> liegt mit knapp 40 % bzw. 25 % in einer nicht zu vernachlässigenden Größenordnung.

**Bereich der Gegenverkehrstrennung**

Für den Gegenverkehrstrennungsbereich sind in Tabelle 41 und Tabelle 42 die UR<sub>A,M,JG</sub> der Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) auf Basis aller betrachteten 190 Arbeitsstellen aus Kollektiv 1, die entsprechenden UR<sub>A,M,JG</sub> auf Basis der 124 Arbeitsstellen ohne die bayerischen Arbeitsstellen (Kollektiv 2) und für letztere auch die UR<sub>A,M,JG</sub> der Unfälle mit Personenschaden und der schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden i. e. S. (Kategorien 1-4) angegeben. Tabelle 42 zeigt die UR<sub>A,M,JG</sub> der Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) auf Basis aller betrachteten 190 Arbeitsstellen (Kollektiv 1) sowie die entsprechenden UR<sub>A,M,JG</sub> auf Basis der 126 Arbeitsstellen aus Kollektiv 4 und für letztere auch die UR<sub>A,M,JG</sub> aller Unfälle (Kategorien 1-6) für den Gegenverkehrstrennungsbereich.

Die entsprechenden UKR<sub>A,M,JG</sub> für den Bereich der Gegenverkehrstrennung sind in Tabelle 43 und Tabelle 44 angegeben. Die UKR<sub>A,M,JG</sub> von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung sind im Gegenverkehrstrennungsbereich höher als für solche mit

VF	Kollektiv 1 190 Arbeitsstellen		Kollektiv 2 124 Arbeitsstellen		
	n <sub>A</sub> [-]	UR <sub>A,M,JG</sub> (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	n <sub>A</sub> [-]	UR <sub>A,M,JG</sub> (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	UR <sub>A,M,JG</sub> (Kat. 1-4) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]
4+0	130	0,06	74	0,05	0,09
3+1	44	0,07	36	0,07	0,11
4+2	16	0,15	14	0,17	0,23

**Tab. 41:** UR<sub>A,M,JG</sub> für Bereich der Gegenverkehrstrennung (Kollektiv 1 und Kollektiv 2 im Vergleich)

VF	Kollektiv 1 190 Arbeitsstellen		Kollektiv 4 126 Arbeitsstellen		
	n <sub>A</sub> [-]	UR <sub>A,M,JG</sub> (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	n <sub>A</sub> [-]	UR <sub>A,M,JG</sub> (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	UR <sub>A,M,JG</sub> (Kat. 1-6) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]
4+0	130	0,06	88	0,09	0,86
3+1	44	0,07	24	0,07	0,65
4+2	16	0,15	14	0,19	0,96

**Tab. 42:** UR<sub>A,M,JG</sub> für Bereich der Gegenverkehrstrennung (Kollektiv 1 und Kollektiv 2 im Vergleich)

VF	Kollektiv 1 190 Arbeitsstellen		Kollektiv 2 124 Arbeitsstellen		
	n <sub>A</sub> [-]	UKR <sub>A,M,JG</sub> (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]	n <sub>A</sub> [-]	UKR <sub>A,M,JG</sub> (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]	UKR <sub>A,M,JG</sub> (Kat. 1-4) [€/(1.000 Kfz · km)]
4+0	130	6,8	74	6,5	7,3
3+1	44	5,3	36	4,8	5,6
4+2	16	11,0	14	12,5	14,0

**Tab. 43:** UKR<sub>A,M,JG</sub> für Bereich der Gegenverkehrstrennung (Kollektiv 1 und Kollektiv 4 im Vergleich)

VF	Kollektiv 1 190 Arbeitsstellen		Kollektiv 4 126 Arbeitsstellen		
	n <sub>A</sub> [-]	UKR <sub>A,M,JG</sub> (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]	n <sub>A</sub> [-]	UKR <sub>A,M,JG</sub> (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]	UKR <sub>A,M,JG</sub> (Kat. 1-6) [€/(1.000 Kfz · km)]
4+0	130	6,8	88	8,4	14,0
3+1	44	5,3	24	5,9	10,0
4+2	16	11,0	14	14,0	19,4

**Tab. 44:** UKR<sub>A,M,JG</sub> für Bereich der Gegenverkehrstrennung (Kollektiv 1 und Kollektiv 4 im Vergleich)

3+1-Verkehrsführung. Die UKR<sub>A,M,JG</sub> von Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung sind im Bereich der Gegenverkehrstrennung am höchsten. Die UKR<sub>A,M,JG</sub> sind, wie auch die UR<sub>A,M,JG</sub>, bei Arbeits-

stellen mit 4+0-Verkehrsführung im Bereich der Gegenverkehrstrennung geringer als im gesamten Arbeitsstellenbereich, bei Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung dagegen tendenziell höher und bei Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung deutlich höher (zu den  $UKR_{A,M,JG}$  im gesamten Arbeitsstellenbereich vgl. Tabelle 39 und Tabelle 40 in Kapitel 7.5.3).

Die  $UR_{A,M,JG}$  von Arbeitsstellen mit 4+0- und 3+1-Verkehrsführung sind, wie in auch den Arbeitsstellen insgesamt (vgl. Kapitel 7.5.3), im Bereich der Gegenverkehrstrennung geringer als die  $UR_{A,M,JG}$  von Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung. Tendenziell sind  $UR_{A,M,JG}$  bei Arbeitsstellen mit 4+0- und 3+1-Verkehrsführung im Bereich der Gegenverkehrstrennung bezogen auf die Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) etwas geringer als im gesamten Arbeitsstellenbereich, bezogen auf alle Unfälle (Kategorien 1-6) sowie bei Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung ist es eher umgekehrt (zu den  $UR_{A,M,JG}$  im gesamten Arbeitsstellenbereich vgl. Kapitel 7.5.3, dort Tabelle 37 und Tabelle 38).

Auch im Gegenverkehrstrennungsbereich ist der Beitrag der schwerwiegenden Unfälle mit Sachschaden i. e. S. der Kategorie 4 an der  $UKR_{A,M,JG}$  alleine relativ gering (Bild 31). Bei Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung resultieren 86 %, bei Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung sogar 88 % der  $UKR_{A,M,JG}$  aus Unfällen mit Personenschaden (Kategorien 1-3). Der Beitrag aller Unfälle mit Sachschaden zusammen (Kategorien 4-6) an der  $UKR_{A,M,JG}$  ist wesentlich größer. So resultieren bei Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung, bezogen auf alle Unfälle (Kategorien 1-6), nur 59 % und bei Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung nur 60 % der  $UKR_{A,M,JG}$  aus Unfällen mit Personenschaden (Kategorien 1-3). Der Anteil der Unfälle mit Sachschaden (Kategorien 4-6) an der  $UKR_{A,M,JG}$  ist liegt mit rund 40 % in einer Größenordnung, die nicht außer Acht gelassen werden sollte. Aus diesem Grund wurde bei den weiteren vertieften Analysen das Kollektiv 4 mit allen Unfällen (Kategorien 1-6) als Basis verwendet.

Für die 126 Arbeitsstellen (Kollektiv 4) wurde zusätzlich eine Analyse hinsichtlich der Auswirkungen von Anschlussstellen im Gegenverkehrsbereich durchgeführt. Die  $UR_{A,M,JG}$  aller Unfälle (Kategorien 1-6) für den Gegenverkehrstrennungsbereich sind in Tabelle 45 dargestellt. Die entsprechenden  $UKR_{A,M,JG}$  für den Überleitungsbereich sind in Tabelle 46 angegeben.

Gegenverkehrstrennungsbereiche mit Anschlussstellen (einschließlich Ein-/Ausfahrten von Tank- und Rastanlagen und unbewirtschafteten Parkplätzen) von Arbeitsstellen mit 4+0- und 4+2-Verkehrsführung weisen eine erheblich geringere  $UR_{A,M,JG}$  und  $UKR_{A,M,JG}$  auf als solche Arbeitsstellen ohne Anschlussstellen im Bereich der Gegenverkehrstrennung. Die  $UR_{A,M,JG}$  und die  $UKR_{A,M,JG}$  sind vor allem bei Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung deutlich niedriger. Bei Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung ist dem nicht so: Hier liegen die  $UR_{A,M,JG}$  bei Gegenverkehrstrennungsbereichen mit Anschlussstellen höher, die  $UKR_{A,M,JG}$  ist in Bereichen mit Anschlussstellen jedoch niedriger, d. h. in den Gegenverkehrstrennungsbereichen

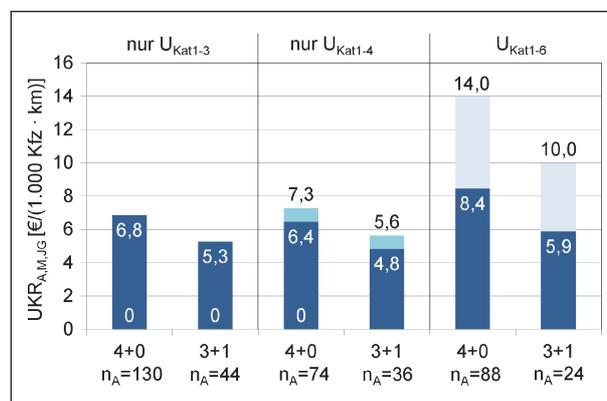


Bild 31:  $UKR_{A,M,JG}$  für Gegenverkehrstrennungsbereich in Arbeitsstellen mit 4+0- und 3+1-Verkehrsführungen

VF	ohne AS		mit AS	
	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-6) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-6) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]
4+0	28	1,13	60	0,81
3+1	6	0,26	18	0,69
4+2	6	3,28	8	0,49

Tab. 45:  $UR_{A,M,JG}$  für Bereich der Gegenverkehrstrennung mit und ohne Anschlussstellen (Kollektiv 4)

VF	ohne AS		mit AS	
	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-6) [€/1.000 Kfz · km]	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-6) [€/1.000 Kfz · km]
4+0	28	16,9	60	13,4
3+1	6	17,5	18	9,2
4+2	6	27,0	8	17,9

Tab. 46:  $UKR_{A,M,JG}$  für Bereich der Gegenverkehrstrennung mit und ohne Anschlussstellen (Kollektiv 4)

VF	ohne AS		mit AS	
	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]
4+0	37	0,07	93	0,06
3+1	18	0,05	26	0,08
4+2	7	0,09	9	0,16

Tab. 47:  $UR_{A,M,JG}$  für Bereich der Gegenverkehrstrennung mit und ohne Anschlussstellen (Kollektiv 1)

VF	ohne AS		mit AS	
	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]
4+0	37	7,9	93	6,9
3+1	18	6,0	26	5,0
4+2	7	4,0	9	12,2

Tab. 48:  $UKR_{A,M,JG}$  für Bereich der Gegenverkehrstrennung mit und ohne Anschlussstellen (Kollektiv 1)

mit Anschlussstellen passieren zwar mehr, aber weniger schwere Unfälle als in den Gegenverkehrstrennungsbereichen ohne Anschlussstellen. Insgesamt ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Kollektivgrößen für die Arbeitsstellen mit 3+1- und 4+2-Verkehrsführung gering sind.

Werden lediglich die Unfälle mit Personenschaden der Kategorien 1-3 (Kollektiv 1) berücksichtigt, sind die Anzahlen etwas größer. Für dieses Kollektiv 1 weisen Gegenverkehrstrennungsbereiche mit Anschlussstellen in Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung eine geringere  $UR_{A,M,JG}$  und die  $UKR_{A,M,JG}$  auf als solche ohne Anschlussstellen im Bereich der Gegenverkehrstrennung. Bei Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung ist dem dagegen nicht so: Hier sind sowohl die  $UR_{A,M,JG}$  als auch die  $UKR_{A,M,JG}$  bei Gegenverkehrstrennungsbereichen mit Anschlussstellen höher. Bei Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung liegen die  $UR_{A,M,JG}$  bei Gegenverkehrstrennungsbereichen mit Anschlussstellen höher, die  $UKR_{A,M,JG}$  ist in Bereichen mit Anschlussstellen jedoch niedriger. Das bestätigt noch einmal, dass in den Gegenverkehrstrennungsbereichen mit Anschlussstellen mehr Unfälle aber weniger schwer passieren als in den Gegenverkehrstrennungsbereichen ohne Anschlussstellen.

Bei differenzierter Betrachtung der Arbeitsstellen nach der Verkehrsführung, der Fahrstreifenbreite und der zulässigen Höchstgeschwindigkeit (Diffe-

Fahrstreifenbreite	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-6) [€/(1.000 Kfz · km)]
mind. 3,25 m/2,50 m/2,50 m/3,25 m	35	14,7
< 3,25 m/2,50 m/2,50 m/< 3,25 m	47	13,2

Tab. 49:  $UKR_{A,M,JG}$  für Bereich der Gegenverkehrstrennung in Abhängigkeit der Fahrstreifenbreite (relevante Arbeitsstellen aus Kollektiv 4 gemäß Bild 33)

zul. Höchstgeschwindigkeit	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-6) [€/(1.000 Kfz · km)]
60 km/h	26	13,0
80 km/h	20	13,5

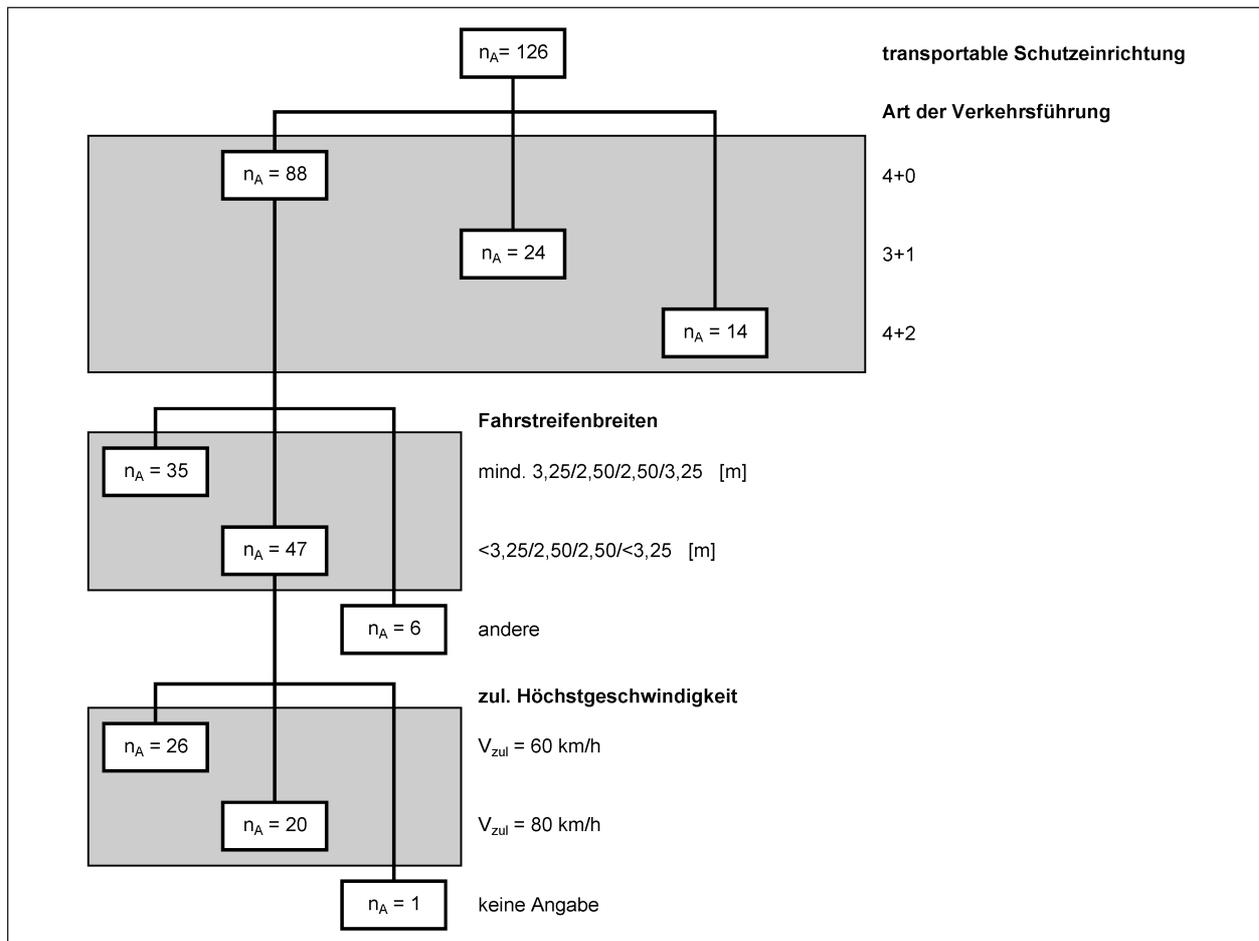
Tab. 50:  $UKR_{A,M,JG}$  für Bereich der Gegenverkehrstrennung und schmalen Fahrstreifenbreiten in Abhängigkeit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit (relevante Arbeitsstellen aus Kollektiv 4 gemäß Bild 32)

renzierung und jeweilige Anzahl der Arbeitsstellen nach Bild 32) zeigt sich bezogen auf alle Unfälle der Kategorien 1-6 (Kollektiv 4), dass Gegenverkehrstrennungsbereiche bei schmalen Fahrstreifenbreiten etwas sicherer sind, die  $UKR_{A,M,JG}$  ist leicht geringer (Tabelle 49). Bei differenzierter Betrachtung der schmalen Gegenverkehrstrennungsbereiche von Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen und 4+0-Verkehrsführungen in Abhängigkeit der dort zulässigen Höchstgeschwindigkeit zeigt sich, dass diese bei 60 km/h etwas sicherer sind als bei 80 km/h, die  $UKR_{A,M,JG}$  ist leicht geringer (Tabelle 50).

### Zulaufbereich

In Tabelle 51 sind die  $UR_{A,M,JG}$  der Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) auf Basis aller betrachteten 190 Arbeitsstellen (Kollektiv 1) sowie die entsprechenden  $UR_{A,M,JG}$  der Unfälle mit Personenschaden und schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden i. e. S. (Kategorien 1-4) auf Basis der 124 Arbeitsstellen ohne die bayerischen Arbeitsstellen (Kollektiv 2) sowie die  $UR_{A,M,JG}$  der aller Unfälle (Kategorien 1-6) auf Basis der 126 Arbeitsstellen aus Kollektiv 4 für den Zulaufbereich dargestellt. Die entsprechenden  $UKR_{A,M,JG}$  für den Zulaufbereich sind in Tabelle 52 angegeben.

Der Zulaufbereich von Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung weist deutlich geringere  $UKR_{A,M,JG}$  auf als der Zulaufbereich von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung. Liegen die  $UR_{A,M,JG}$  noch auf



**Bild 32:** Anzahl der Arbeitsstellen aus Kollektiv 4 bei Differenzierung nach Art der Verkehrsführung, Fahrstreifenbreite und zulässiger Höchstgeschwindigkeit

VF	Kollektiv 1 190 Arbeitsstellen		Kollektiv 2 124 Arbeitsstellen		Kollektiv 4 126 Arbeitsstellen	
	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-4) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-6) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]
4+0	130	0,09	74	0,11	88	0,65
3+1	44	0,04	36	0,07	24	0,51
4+2	16	0,10	14	0,15	14	0,69

**Tab. 51:**  $UR_{A,M,JG}$  für Zulaufbereich (Kollektive 1, 2 und 4 im Vergleich)

VF	Kollektiv 1 190 Arbeitsstellen		Kollektiv 2 124 Arbeitsstellen		Kollektiv 4 126 Arbeitsstellen	
	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-4) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-6) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]
4+0	130	9,9	74	9,4	88	14,5
3+1	44	1,7	36	2,4	24	5,3
4+2	16	8,0	14	7,4	14	13,7

**Tab. 52:**  $UKR_{A,M,JG}$  für Zulaufbereich Kollektive 1, 2 und 4 im Vergleich)

einem Niveau, ist die  $UKR_{A,M,JG}$  bei Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung deutlich höher, d. h., die Unfälle im Zulaufbereich von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung sind schwerer als diejenigen im Zulaufbereich von Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung.

Bei Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung liegen die  $UR_{A,M,JG}$  und die  $UKR_{A,M,JG}$  des Zulaufbereichs

ähnlich unsicher wie bei Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung. Die  $UR_{A,M,JG}$  ist leicht höher; die  $UKR_{A,M,JG}$  ist dagegen geringer. D. h., die Unfälle im Zulaufbereich von Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung fallen weniger schwer aus als die Unfälle im Zulaufbereich von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung.

## Überleitungsbereich

Die  $UR_{A,M,JG}$  der Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) aller betrachteten 190 Arbeitsstellen (Kollektiv 1), die entsprechenden  $UR_{A,M,JG}$  der Unfälle mit Personenschaden und schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden i. e. S. (Kategorien 1-4) der 124 Arbeitsstellen aus Kollektiv 2 sowie die  $UR_{A,M,JG}$  aller Unfälle (Kategorien 1-6) der 126 Arbeitsstellen aus Kollektiv 4 jeweils für den Überleitungsbereich sind in Tabelle 53 dargestellt. Die entsprechenden  $UKR_{A,M,JG}$  für den Überleitungsbereich sind in Tabelle 54 angegeben.

Der Überleitungsbereich von Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung weist für alle Kollektive deutlich höhere  $UR_{A,M,JG}$  als auch  $UKR_{A,M,JG}$  für das Kollektiv 4 auf als der Überleitungsbereich von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung. Die  $UR_{A,M,JG}$  der Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) liegt um 80 % und die  $UR_{A,M,JG}$  der Unfälle mit Personenschaden und schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden i. e. S. (Kategorien 1-4) um 52 % höher. Dagegen liegen die entsprechenden  $UKR_{A,M,JG}$  von Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung um 6 % bzw. um 18 % unter den  $UKR_{A,M,JG}$  von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung. D. h., die Unfälle im Überleitungsbereich von Arbeitsstellen mit 3+1-Ver-

kehrsführung sind häufiger, aber nicht so schwer wie diejenigen im Überleitungsbereich von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung.

In Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung ist die  $UKR_{A,M,JG}$  im Überleitungsbereich deutlich geringer, bezogen auf die Unfälle mit Personenschaden Kategorien 1-3) sogar weniger als halb so hoch wie in Arbeitsstellen mit 4+0- oder 3+1-Verkehrsführung. Die  $UR_{A,M,JG}$  ist ebenfalls geringer, jedoch nicht ganz so deutlich. D. h., die Unfälle im Überleitungsbereich von Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung sind seltener und fallen weniger schwer aus als die Unfälle im Überleitungsbereich von Arbeitsstellen mit 4+0- oder 3+1-Verkehrsführung.

## 7.6 Arbeitsstellen mit Leitschwellen

Für Arbeitsstellen mit Leitschwellen sind die jeweiligen Unfallkollektive für den gesamten Arbeitsstellenbereich und den Bereich der Gegenverkehrstrennung in Tabelle 55 und 56 angegeben. Hier zeigt sich bereits, dass eine Differenzierung nach der Verkehrsführung die Arbeitsstellenkollektive sehr klein werden lässt und Aussagen zu Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung nicht mehr möglich sind.

Es zeigt sich, dass bezogen auf alle 26 betrachteten Arbeitsstellen mit Leitschwellen bei solchen mit 4+0-Verkehrsführung etwa 54 % der Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) im Bereich der Gegenverkehrstrennung passieren, bei Arbeitsstel-

VF	Kollektiv 1 190 Arbeitsstellen		Kollektiv 2 124 Arbeitsstellen		Kollektiv 4 126 Arbeitsstellen	
	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-4) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-6) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]
4+0	130	0,10	74	0,23	88	1,00
3+1	44	0,18	36	0,35	24	2,34
4+2	16	0,08	14	0,13	14	1,20

Tab. 53:  $UR_{A,M,JG}$  für Überleitungsbereich (Kollektive 1, 2 und 4 im Vergleich)

VF	Kollektiv 1 190 Arbeitsstellen		Kollektiv 2 124 Arbeitsstellen		Kollektiv 4 126 Arbeitsstellen	
	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [€/1.000 Kfz · km]	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-4) [€/1.000 Kfz · km]	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-6) [€/1.000 Kfz · km]
4+0	130	8,5	74	13,7	88	14,2
3+1	44	8,0	36	11,2	24	29,6
4+2	16	3,4	14	4,7	14	12,7

Tab. 54:  $UKR_{A,M,JG}$  für Überleitungsbereich (Kollektive 1, 2 und 4 im Vergleich)

VF	$n_A$ [-]	$n_{U,Kat1-3}$ [U(P)]	$n_{U,Kat1-2}$ [U(SP)]	$n_{U,Kat3}$ [U(LP)]
4+0	9	35	8	27
3+1	16	69	14	55
4+2	1	8	2	6
Summe	26	112	24	88

Tab. 55: Unfallkollektiv aller 26 Arbeitsstellen mit Leitschwellen für gesamten Arbeitsstellenbereich (Kategorien 1-3)

VF	$n_A$ [-]	$n_{U,Kat1-3}$ [U(P)]	$n_{U,Kat1-2}$ [U(SP)]	$n_{U,Kat3}$ [U(LP)]
4+0	9	19	4	15
3+1	16	29	3	26
4+2	1	5	1	4
Summe	26	53	8	45

Tab. 56: Unfallkollektiv aller 26 Arbeitsstellen mit Leitschwellen für Bereich der Gegenverkehrstrennung (Kategorien 1-3)

len mit 3+1-Verkehrsführung sind es 42 %. Bei den Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung sind, bezogen auf alle 26 Arbeitsstellen, 23 % der Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) schwerwiegende Unfälle der Kategorien 1+2; bei den Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung sind es 20 %. Im Bereich der Gegenverkehrstrennung ist der Anteil der schwerwiegenden Unfälle (Kategorien 1+2) an allen Unfällen mit Personenschaden (Kategorien 1-3) bei den Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung mit 21 % etwas niedriger, bei den Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung mit gut 10 % halb so hoch.

Um einen Vergleich der Arbeitsstellen mit Leitschwellen zu den Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen zu ermöglichen, wurden die Unfallkosten für beide Arten der Gegenverkehrstrennung mit den pauschalen durchschnittlichen Kostensätzen von Unfällen auf Autobahnen aus Tabelle 36 (vgl. Kapitel 7.5.2) für Unfälle mit Personenschaden der Kategorien 1+2 bzw. der Kategorie 3 berechnet.

Die  $UR_{A,M,JG}$  und die  $UKR_{A,M,JG}$  für Arbeitsstellen mit Leitschwellen und Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen auf Basis der pauschalen Kostensätze für den gesamten Arbeitsstellenbereich sind in Tabelle 57 und Tabelle 58 gegen-

übergestellt. Es zeigt sich für den gesamten Arbeitsstellenbereich, dass Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung und Leitschwellen eine etwas geringere  $UR_{A,M,JG}$  und  $UKR_{A,M,JG}$  aufweisen als entsprechende Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen. Bei einer 3+1-Verkehrsführung mit Leitschwellen ist die  $UR_{A,M,JG}$  etwas höher als bei entsprechenden Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen, die  $UKR_{A,M,JG}$  ist deutlich höher (fast doppelt so hoch).

Für die ausschließliche Betrachtung des Gegenverkehrstrennungsbereichs sind die  $UR_{A,M,JG}$  und  $UKR_{A,M,JG}$  für Arbeitsstellen mit Leitschwellen und mit transportablen Schutzeinrichtungen auf Basis der pauschalen Kostensätze in Tabelle 59 und Tabelle 60 gegenübergestellt. Es zeigt sich für den Gegenverkehrstrennungsbereich, dass Arbeitsstellen mit Leitschwellen und 4+0-Verkehrsführung eine etwas geringere  $UR_{A,M,JG}$  und  $UKR_{A,M,JG}$  aufweisen als Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen. Bei einer 3+1-Verkehrsführung mit Leitschwellen ist die  $UR_{A,M,JG}$  etwas höher als bei Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen, die  $UKR_{A,M,JG}$  ist deutlich höher.

Im Gegensatz zu dem gesamten Arbeitsstellenbereich zeigt sich, dass im Gegenverkehrstren-

VF	mit transportablen Schutzeinrichtungen		mit Leitschwellen	
	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]
4+0	130	0,08	9	0,07
3+1	44	0,08	16	0,12
4+2	6	27,0	8	17,9

Tab. 57:  $UR_{A,M,JG}$  für gesamten Arbeitsstellenbereich mit transportablen Schutzeinrichtungen und mit Leitschwellen (Kategorien 1-3)

VF	mit transportablen Schutzeinrichtungen		mit Leitschwellen	
	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]
4+0	130	0,06	9	0,06
3+1	44	0,07	16	0,11
4+2	6	27,0	8	17,9

Tab. 59:  $UR_{A,M,JG}$  für den Gegenverkehrstrennungsbereich mit transportablen Schutzeinrichtungen und mit Leitschwellen (Kategorien 1-3)

VF	mit transportablen Schutzeinrichtungen		mit Leitschwellen	
	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]
4+0	130	8,2	9	7,9
3+1	44	6,8	16	12,3
4+2	6	27,0	8	17,9

Tab. 58:  $UKR_{A,M,JG}$  für gesamten Arbeitsstellenbereich mit transportablen Schutzeinrichtungen und mit Leitschwellen (Kategorien 1-3)

VF	mit transportablen Schutzeinrichtungen		mit Leitschwellen	
	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]
4+0	130	6,5	9	6,6
3+1	44	7,1	16	7,9
4+2	6	27,0	8	17,9

Tab. 60:  $UKR_{A,M,JG}$  für den Gegenverkehrstrennungsbereich mit transportablen Schutzeinrichtungen und mit Leitschwellen (Kategorien 1-3)

VF	mit transportablen Schutzeinrichtungen		mit Leitschwellen	
	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]
4+0	130	0,09	9	0,00
3+1	44	0,04	16	0,12
4+2	6	27,0	8	17,9

Tab. 61:  $UR_{A,M,JG}$  für den Zulaufbereich mit transportablen Schutzeinrichtungen und mit Leitschwellen (Kategorien 1-3)

VF	mit transportablen Schutzeinrichtungen		mit Leitschwellen	
	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]
4+0	130	9,4	9	0,0
3+1	44	1,7	16	12,4
4+2	6	27,0	8	17,9

Tab. 62:  $UKR_{A,M,JG}$  für den Zulaufbereich mit transportablen Schutzeinrichtungen und mit Leitschwellen (Kategorien 1-3)

nungsbereich die  $UKR_{A,M,JG}$  für Arbeitsstellen mit Leitschwellen und 4+0-Verkehrsführung nur leicht höher ist als für Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen. Bei einer 3+1-Verkehrsführung ist die  $UKR_{A,M,JG}$  für Arbeitsstellen mit Leitschwellen schon deutlich höher.

In Tabelle 61 und Tabelle 62 sind die  $UR_{A,M,JG}$  und  $UKR_{A,M,JG}$  für den Zulaufbereich in Arbeitsstellen mit Leitschwellen und in Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen auf Basis der pauschalen Kostensätze gegenübergestellt. Im Zulaufbereich weisen Arbeitsstellen mit Leitschwellen und 4+0-Verkehrsführung eine deutlich geringere  $UKR_{A,M,JG}$  auf als Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen. In den neun Zulaufbereichen der Arbeitsstellen mit Leitschwellen geschah kein Unfall. Bei einer 3+1-Verkehrsführung sind die  $UKR_{A,M,JG}$  deutlich geringer.

Die  $UR_{A,M,JG}$  und  $UKR_{A,M,JG}$  für Arbeitsstellen mit Leitschwellen und mit transportablen Schutzeinrichtungen auf Basis der pauschalen Kostensätze für den Überleitungsbereich sind in Tabelle 63 und Tabelle 64 gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass Arbeitsstellen mit Leitschwellen und 4+0-Verkehrsführung eine höhere  $UR_{A,M,JG}$  als Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen haben,

VF	mit transportablen Schutzeinrichtungen		mit Leitschwellen	
	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [U/(10 <sup>6</sup> Kfz · km)]
4+0	130	0,10	9	0,14
3+1	44	0,18	16	0,08
4+2	6	27,0	8	17,9

Tab. 63:  $UR_{A,M,JG}$  für den Überleitungsbereich mit transportablen Schutzeinrichtungen und mit Leitschwellen (Kategorien 1-3)

VF	mit transportablen Schutzeinrichtungen		mit Leitschwellen	
	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]	$n_A$ [-]	$UKR_{A,M,JG}$ (Kat. 1-3) [€/(1.000 Kfz · km)]
4+0	130	8,2	9	6,1
3+1	44	7,8	16	28,7
4+2	6	27,0	8	17,9

Tab. 64:  $UKR_{A,M,JG}$  für den Überleitungsbereich mit transportablen Schutzeinrichtungen und mit Leitschwellen (Kategorien 1-3)

jedoch eine niedrigere  $UKR_{A,M,JG}$ . D. h., die Unfälle im Überleitungsbereich von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung und Leitschwellen sind häufiger, aber fallen weniger schwer aus als die Unfälle im Überleitungsbereich von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung und transportablen Schutzeinrichtungen. Bei einer 3+1-Verkehrsführung ist dies umgekehrt. Hier sind die Unfälle im Überleitungsbereich von Arbeitsstellen mit Leitschwellen seltener, aber fallen deutlich schwerer aus als die Unfälle im Überleitungsbereich von Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen.

## 7.7 Zusammenfassung der Unfalluntersuchungen

Die Zusammenfassung der Erkenntnisse bezüglich der Bewertung der Verkehrssicherheit der verschiedenen Verkehrsführungen bezieht sich im Wesentlichen auf das gesamte Unfallgeschehen (Kollektiv 4) in 126 Arbeitsstellen. Die auf dieser Basis ermittelten  $UKR_{A,M,JG}$  sind in Tabelle 65 vergleichend gegenübergestellt.

Die  $UR_{A,M,JG}$  von Arbeitsstellen mit 4+0- und 3+1-Verkehrsführung liegen sowohl für die Arbeits-

Bereiche	UKR <sub>A,M,JG</sub> [€/ (1.000 Kfz · km)] bei Verkehrsführung		
	4+0	3+1	4+2
Arbeitsstelle gesamt	13,3	9,3	15,2
Zulaufbereich	14,5	5,3	13,7
Überleitung	14,2	29,6	12,7
Gegenverkehrstrennung	14	10	19,4

**Tab. 65:** Vergleich der UKR<sub>A,M,JG</sub> für die verschiedenen Verkehrsführungen auf Basis von Kollektiv 4 (126 Arbeitsstellen)

stellen insgesamt als auch im Bereich der Gegenverkehrstrennung in einer vergleichbaren Größenordnung. Die UR<sub>A,M,JG</sub> der dritten betrachteten t Verkehrsführung (4+2) sind hingegen etwas höher. Tendenziell sind UR<sub>A,M,JG</sub> bei Arbeitsstellen mit 4+0- und 3+1-Verkehrsführung im Bereich der Gegenverkehrstrennung bezogen auf die Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) etwas geringer als im gesamten Arbeitsstellenbereich, was auf eine erhöhte Unfallrate in Bereich der Überleitung hindeutet. Auf Basis aller Unfälle (Kategorien 1-6) sowie bei Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung ist es eher umgekehrt.

Die UKR<sub>A,M,JG</sub> von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung sind im Gegenverkehrstrennungsbereich höher als bei solchen mit 3+1-Verkehrsführung. Die UKR<sub>A,M,JG</sub> von Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung sind im Bereich der Gegenverkehrstrennung am höchsten. Die UKR<sub>A,M,JG</sub> sind, wie auch die UR<sub>A,M,JG</sub>, bei Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung im Bereich der Gegenverkehrstrennung geringer als im gesamten Arbeitsstellenbereich, bei Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung dagegen tendenziell höher und bei Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung deutlich höher.

Die Analyse der Verunglücktenstruktur hat gezeigt, dass die Anzahl von Getöteten, aber auch Leichtverletzten je 100 Unfälle mit schwerem Personenschaden (Kategorien 1+2) in den 44 Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung deutlich geringer ist als in den 130 Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung oder den 16 Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung. In den 44 Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung gab es keinen Unfall mit Getöteten.

Die Detailanalysen für Arbeitsstellen mit einer 4+0-Verkehrsführung (die auch das größte Kollektiv darstellen) haben ergeben, dass schmale Fahrstreifen sicherer sind als breite Fahrstreifen und zudem

die Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 60 km/h eine weitere Erhöhung der Sicherheit bewirken kann.

## 8 Untersuchungen des Verkehrsablaufs

Die Untersuchungen zum Verkehrsablauf in Arbeitsstellen längerer Dauer sollten im Hinblick auf die Bereiche mit Gegenverkehrstrennung die Erkenntnisse von FISCHER/BRANNOLTE (2006) ergänzen bzw. konkretisieren sowie hinsichtlich des Ablaufs im Bereich von Anschlussstellen innerhalb von Arbeitsstellen erweitern. Deshalb sollten die Erhebungen in Anlehnung an die Vorgehensweise von FISCHER/BRANNOLTE (2006) erfolgen. Zusätzlich sollte der Verkehrsablauf in den Zulauf- und Überleitungsbereichen betrachtet werden.

Für die Analyse des Verkehrsablaufs wurden an ausgewählten Arbeitsstellen (s. Kapitel 8.1) sowohl lokale Kenngrößen (Geschwindigkeiten, Zeitlücken usw.) erfasst als auch teilbereichsbezogene Betrachtungen durchgeführt. Letzteres betrifft vor allem die Ein- und Ausfädelungsbereiche an Anschlussstellen im Bereich von Gegenverkehrstrennungen, in denen die verkehrlichen Auswirkungen der zu- und abfließenden Verkehre auf den Verkehrsablauf auf der durchgehenden Behelfsfahrbahn in der Arbeitsstelle untersucht wurden. Zudem wurden auch die Zulauf- und Überleitungsbereiche betrachtet, in denen die Fahrstreifenwechsel- und Überholvorgänge erfasst wurden. Um Erkenntnisse zu den Geschwindigkeiten im Verlauf einer gesamten Arbeitsstelle zu erhalten, erfolgten des Weiteren streckenbezogene Aufnahmen von Geschwindigkeitsprofilen.

Die lokale Erfassung erfolgte an mehreren Querschnitten innerhalb der Arbeitsstelle mittels seitlich und/oder über den Fahrstreifen angebrachter Radarsensoren (Bild 33). Mit diesen können alle relevanten Verkehrsdaten als Einzelfahrzeugdaten aufgenommen werden. Neben der Verkehrsstärke und -zusammensetzung lassen sich weitere verkehrliche Kenngrößen wie lokale Geschwindigkeiten, Zeit- und Weglücken oder Belegung und damit Auslastungsgrade der einzelnen Fahrstreifen erfassen. Durch die Erfassung an mehreren Querschnitten der Arbeitssteile (im Zulauf und im Baustelleninnenbereich) kann beispielsweise analysiert werden, ob mit zunehmender Länge der Arbeitsstelle ein vermehrtes Rechtsfahren erfolgt.



Bild 33: Radarsensoren über der Fahrbahn



Bild 34: Videoaufnahme eines Überleitungsbereichs

Zusätzlich erfolgten Videoaufzeichnungen in mehreren Bereichen innerhalb des Gegenverkehrstrennungsbereichs sowie in ausgewählten Ein- und Ausfädelungs- und/oder Zulauf- und Überleitungsbereichen (Bild 34). Dazu wurden Videokameras seitlich der Fahrbahn und/oder auf Brückenbauwerken positioniert, um Fahrmanöver wie Fahrstreifenwechsel und Überholvorgänge sowie gegebenenfalls kritische Situationen zu erfassen.

Die Auswertung der Videodaten erfolgte u. a. mit einer vom Institut für Straßenwesen der RWTH Aachen entwickelten Softwareumgebung (digitale Video-Analyse). Hiermit ist es möglich, die relevanten Kenngrößen (Zeit- und Weglücken, Überhol- und Fahrstreifenwechsellvorgänge) aus dem Videobild zu erfassen und auszuwerten.

Zur Erfassung der streckenbezogenen Geschwindigkeiten wurden sogenannte Nachfolgefahrten im Verkehrsfluss mit messtechnisch entsprechend ausgerüsteten Fahrzeugen durchgeführt. Zum Einsatz kamen dabei Fahrzeuge, die mit GPS-Geräten



Bild 35: Messapparatur am Messfahrzeug

und korrelations-optischen Sensoren ausgestattet waren (Bild 35).

Bei Nachfolgefahrten schwimmt das Messfahrzeug im Prinzip im Verkehr mit und passt sich der Fahrweise eines willkürlich ausgewählten vorausfahrenden Pkw derart an, dass das Fahrverhalten des anderen Verkehrsteilnehmers widerspiegelt wird. Damit kann das Geschwindigkeits- sowie das Brems- und Beschleunigungsverhalten von verschiedenen Verkehrsteilnehmern erfasst werden.<sup>10</sup> Einige ausgewählte Fahrten wurden zusätzlich per Videokamera aus dem Fahrzeug heraus aufgenommen.

## 8.1 Arbeitsstellenkollektiv

Die Auswahl der insgesamt zwölf Arbeitsstellen für die Verkehrsablaufuntersuchungen orientierte sich an der Verkehrsführung, dem eingesetzten Trennungselement, den Fahrstreifenbreiten im Baustelleninnenbereich und dem Vorhandensein von Anschlussstellen innerhalb der Arbeitsstelle. In Tabelle 66 sind die ausgewählten Arbeitsstellen angegeben, Bild 36 zeigt deren Lage im Bundesgebiet.

Sechs Arbeitsstellen liegen in Nordrhein-Westfalen, drei in Niedersachsen und jeweils eine in Baden-Württemberg, Bayern und Schleswig-Holstein.

<sup>10</sup> In Arbeitsstellen mit einer 3+1-Verkehrsführung besteht in der Fahrtrichtung mit baulicher Mittelstreifentrennung keine Wahlmöglichkeit des zu verfolgenden Fahrzeugs. Die Geschwindigkeit hängt hier im Wesentlichen vom Pulkführer ab.

Nr.	Bezeichnung	Lage	Verkehrsführung
1	A 1 Westhofen	AK Westhofen – AS Hagen-Nord	4+0
2	A 4 Eschweiler	AS Eschweiler-West – AS Düren	4+0
3	A 44 Unna	AK Dortmund/Unna – AS Werl	4+0
4	A 45 Meinerzhagen	AS Meinerzhagen – AS Lüdenscheid-Süd	4+0
5	A 8 Pforzheim	AS Pforzheim-West – AS Pforzheim-Süd	3+1
6	A 61 Kerpen	AD Erfttal – AS Tünnich	3+1
7	A 30 Melle	AS Melle-Ost – AS Bruchmühlen	4+0
8	A 8 Augsburg	AS Neusäß – AS Dasing	4+0
9	A 1 Osnabrück	AS Neuenkirchen-Vörden – AS Osnabrück-Hafen	4+0
10	A 2 Hamm	AS Hamm-Uentrop – AS Hamm-Bergkamen	4+0
11	A 24 Hamburg	AS Reinbek – AS Talkau	4+0
12	A 1 Hamburg/Bremen	AS Hittfeld – AS Hollenstedt	4+0

Tab. 66: Geografische und gestalterische Kenngrößen der Arbeitsstellen

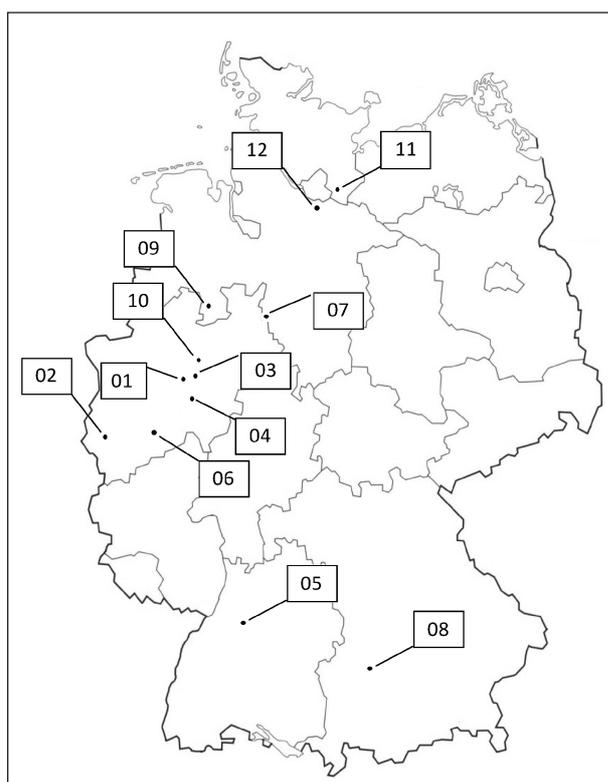


Bild 36: Lage der untersuchten Arbeitsstellen

Zehn Baustellen hatten eine 4+0-Verkehrsführung und zwei Arbeitsstellen eine 3+1-Verkehrsführung eingerichtet. In Anhang 2 sind die betrachteten Arbeitsstellen detailliert beschrieben.

In Tabelle 67 sind die infrastrukturellen Merkmale der betrachteten Arbeitsstellen (Länge, maximale Längsneigung, Querschnittsbreite, Fahrstreifenbreite) sowie die zulässige Höchstgeschwindigkeit im Baustelleninnenbereich angegeben. Die Arbeitsstel-

lenlängen variieren zwischen 2,4 km und 12,0 km. Die größte maximale Längsneigung beträgt 7 %. Die Fahrstreifenbreiten variieren für den Überholfahrstreifen zwischen 2,50 m und 3,00 m und für den Hauptfahrstreifen zwischen 3,00 m und 3,50 m. Die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten im Baustelleninnenbereich liegen bei 60 km/h bzw. 80 km/h.

In Tabelle 68 sind die verkehrlichen Merkmale der betrachteten Arbeitsstellen (DTV und Schwerververkehrsanteil) angegeben. Der DTV liegt zwischen 38.100 Kfz/24h und rund 90.000 Kfz/24h. Der geringste Schwerververkehrsanteil beträgt 18,4 %, in den meisten Arbeitsstellen lag der Schwerververkehrsanteil über 20 %, der maximale Schwerververkehrsanteil lag bei fast 34 %.

In Tabelle 69 sind die eingesetzten Gegenverkehrstrennungen der betrachteten Arbeitsstellen (Art, System, tatsächliche und der planungsrelevante Breite) angegeben. Als Trennungselement kam sechs Mal eine transportable Stahlschutzwand, fünf Mal eine Kombination aus Stahl- und Betonschutzwand zum Einsatz. In einer Arbeitsstelle wurde eine Leitschwelle als Gegenverkehrstrennung eingesetzt.

An den zwölf Arbeitsstellen wurden im Zeitraum von April bis August 2009 und von März bis Juni 2010 die Erhebungen zum Verkehrsablauf durchgeführt. Mit Ausnahme der Arbeitsstelle Nr. 9 (A 1 Osnabrück) lagen jeweils gute Witterungsbedingungen vor. Beeinträchtigungen oder Sichtbehinderungen infolge von Regen, Nebel oder Schnee bestanden somit nicht.

Nr.	Bezeichnung	Verkehrsführung	Länge [km]	maximale Längsneigung $s_{max}$ [%]	Querschnittsbreite [m]	Fahstreifenbreiten [m]	zulässige Höchstgeschwindigkeit $V_{zul}$ [km/h]
1	A 1 Westhofen	4+0	5,0	< 3,0	11,60	3,00   2,50 II 2,50   3,00	60
2	A 4 Eschweiler	4+0	5,9	< 1,0	12,40	3,25   2,75 II 2,75/3,25	80/60
3	A 44 Unna	4+0	5,2	< 1,0	11,50	3,00   2,50 II 2,50   3,00	60
4	A 45 Meinerzhagen	4+0	2,4	< 3,0	11,50	3,00   2,50 II 2,50   3,00	60
5	A 8 Pforzheim	3+1	8,2	< 7,0	12,60	3,25   2,60 II 3,00 III 3,25	80/60
6	A 61 Kerpen	3+1	5,6	< 1,0	13,00	3,25 III 3,20 II 2,60   3,25	80/60
7	A 30 Melle	4+0	6,8	< 1,0	11,50	3,00   2,50 II 2,50   3,00	80
8	A 8 Augsburg	4+0	7,3	< 2,0	13,00	3,25   3,00 II 3,00   3,25	80
9	A 1 Osnabrück	4+0	11,9	< 1,0	13,10	3,25   2,75 II 3,05   3,55	80
10	A 2 Hamm	4+0	12,0	< 2,0	12,40	3,25   2,75 II 2,75   3,25	80/60
11	A 24 Hamburg	4+0	12,2	< 1,0	11,30	3,00   2,50 II 2,50   3,00	60
12	A 1 Hamburg/Bremen	4+0	7,0	< 2,0	13,00	3,25   2,75 II 3,00   3,50	80/60

Fahstreifenbreiten: I = Fahstreifenbegrenzung, II = Gegenverkehrstrennung, III = Mittelstreifen

Tab. 67: Infrastrukturelle Merkmale der Arbeitsstellen

Nr.	Bezeichnung	Verkehrsführung	DTV [Kfz/24h]	SV-Anteil [%]
1	A 1 Westhofen	4+0	88.700	24,9
2	A 4 Eschweiler	4+0	66.200	25,0
3	A 44 Unna	4+0	70.700	22,7
4	A 45 Meinerzhagen	4+0	66.800	18,6
5	A 8 Pforzheim	3+1	70.000	22,2
6	A 61 Kerpen	3+1	47.000	26,0
7	A 30 Melle	4+0	38.100	23,3
8	A 8 Augsburg	4+0	80.700	18,4
9	A 1 Osnabrück	4+0	64.200	25,1
10	A 2 Hamm	4+0	81.800	26,4
11	A 24 Hamburg	4+0	41.400	20,1
12	A 1 Hamburg/Bremen	4+0	60.400	33,9

Tab. 68: Verkehrliche Merkmale der Arbeitsstellen

Die Erhebungen wurden an Werktagen jeweils über zwölf Stunden (teilweise bei Tageshelligkeit, teilweise bei Dunkelheit) durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Verkehrszustände mit unterschiedlichen Verkehrsstärken und -zusammensetzungen abgedeckt.

Die Auswertungen der Radardaten und Nachfolgefahrten erfolgten über den gesamten Messzeitraum von zwölf Stunden. Die Detailanalyse der Videoerfassungen von Überhol- und Fahstreifenwechselfvorgängen wurde für ausgewählte Zeiträume von bis zu sechs Stunden durchgeführt. Die Auswahl der Zeiträume erfolgte anhand verkehrlicher Parameter wie z. B. dem Schwerverkehrsanteil.

Nr.	Bezeichnung	Verkehrsführung	Art der Gegenverkehrstrennung	Trennungssystem	Breite des Trennungssystems [m]	
					tatsächlich	planungsrelevant
1	A 1 Westhofen	4+0	BSW/SSW	STGW 4200/Delta Bloc 80	0,38/0,60	0,28/0,60
2	A 4 Eschweiler	4+0	SSW	STGW Quadro	0,40	0,40
3	A 44 Unna	4+0	SSW	STGW Trio	0,50	0,50
4	A 45 Meinerzhagen	4+0	SSW	Limeswand Berlin	0,50	0,50
5	A 8 Pforzheim	3+1	BSW/SSW	Mini Guard/ProTec 120	0,50/0,30	0,20/0,14
6	A 61 Kerpen	3+1	BSW/SSW	STGW 4200	0,38	0,28
7	A 30 Melle	4+0	SSW	STGW Trio	0,50	0,50
8	A 8 Augsburg	4+0	BSW/SSW	Mini Guard/Delta Bloc 80	0,50/0,60	0,20/0,60
9	A 1 Osnabrück	4+0	SSW	STGW Trio	0,50	0,50
10	A 2 Hamm	4+0	BSW/SSW	Guard VOX/Delta Bloc 65S	0,34/0,39	0,14/0,39
11	A 24 Hamburg	4+0	LSW	Leitschwelle LN60	0,27	0,27
12	A 1 Hamburg/Bremen	4+0	SSW	STGW Trio	0,50	0,50

Gegenverkehrstrennung: BSW = transportable Betonschutzwand, SSW = transportable Stahlschutzwand, LSW = Leitschwelle

Tab. 69: Gegenverkehrstrennung in den Arbeitsstellen (Baustelleninnenbereich)

## 8.2 Geschwindigkeitsverhalten

Die Analyse des Geschwindigkeitsverhaltens basiert zum einen auf den lokal erfassten Geschwindigkeiten an jeweils mehreren Querschnitten innerhalb der Arbeitsstellen, zum anderen auf den mittels der Nachfolgefahrten ermittelten Geschwindigkeitsverläufen.

Anhand der lokal erfassten Geschwindigkeiten können neben Geschwindigkeitskenngrößen wie der  $V_{50}$  und der  $V_{85}$  auch – differenziert nach Fahrstreifen – die Anzahl bzw. der Anteil der Fahrzeuge, welche die zulässige Höchstgeschwindigkeit überschreiten, bestimmt werden. In Bild 37 sind beispielhaft für einen Messquerschnitt in der Arbeitsstelle Nr. 7 (A 1 Osnabrück) die Geschwindigkeitsverteilungen auf Grundlage der Einzelfahrzeugdaten für den Überhol- und den Hauptfahrstreifen dargestellt. Die Geschwindigkeitsverteilungen der übrigen Arbeitsstellen enthält Anhang 3.

Die grafische Darstellung der Nachfolgefahrten über die Strecke zeigt das Geschwindigkeitsprofil im Verlauf der betrachteten Arbeitsstellen. Hierin sind auch Einflüsse in Folge von aus- und einfahrenden Verkehren an Anschlussstellen erkennbar.

In Bild 38 ist exemplarisch das Geschwindigkeitsprofil für die Arbeitsstelle Nr. 12 (A 1 Hamburg/Bremen) in Fahrtrichtung Hamburg dargestellt. Die

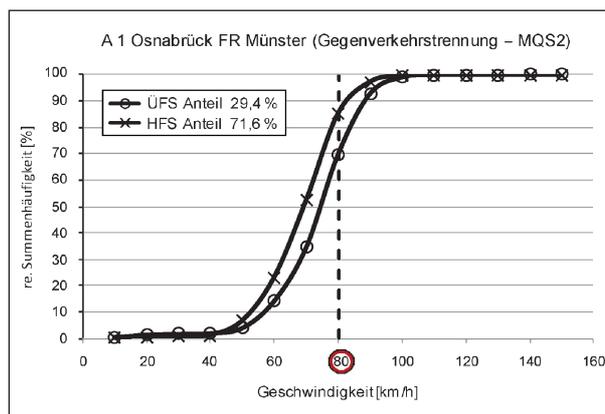


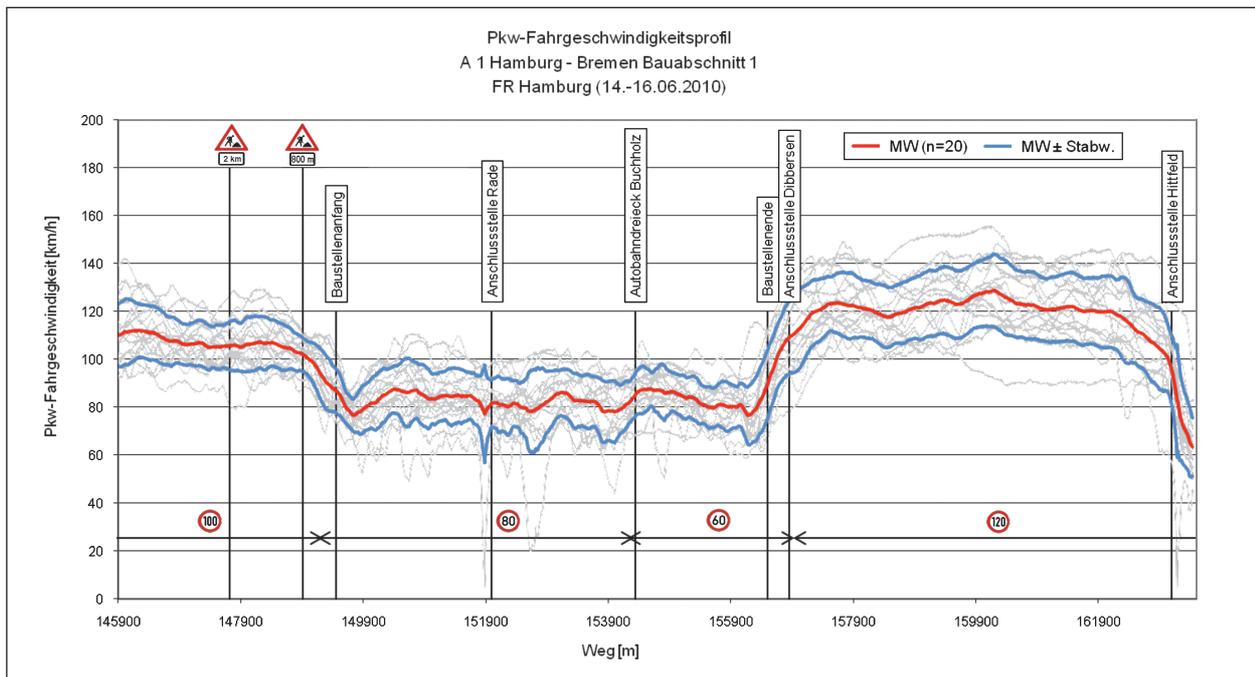
Bild 37: Geschwindigkeitsverteilungen an einem Messquerschnitt für Haupt- und Überholfahrstreifen

Geschwindigkeitsprofile der übrigen Arbeitsstellen enthält Anhang 4.

Neben allen einzelnen Fahrten sind die mittlere Geschwindigkeit sowie die Standardabweichungen nach oben und unten dargestellt. Die mittlere Geschwindigkeit entspricht in etwa der  $V_{50}$ , die obere Standardabweichung in etwa der  $V_{85}$ , die untere Standardabweichung in etwa der  $V_{15}$ .

Die Ergebnisse zum Geschwindigkeitsverhalten in den betrachteten Arbeitsstellen sind nachfolgend differenziert nach den einzelnen Bereichen von Arbeitsstellen zusammengefasst:

- Zulaufbereich (Kapitel 8.3.1),



**Bild 38:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 12 (A 1 Hamburg/Bremen) für die Fahrtrichtung Hamburg

- Überleitung/Verschwenkung (Kapitel 8.3.2),
- Baustelleninnenbereich (Kapitel 8.3.3),
- Rückleitung/Rückverschwenkung (Kapitel 8.3.4),
- Entflechtungs-/Nachlaufbereich (Kapitel 8.3.5).

Grundsätzlich ist zunächst festzustellen, dass das Geschwindigkeitsniveau in hohem Maße von der vorhandenen Verkehrsstärke und -zusammensetzung und den hieraus resultierenden Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern abhängt. So kann das Geschwindigkeitsverhalten von einem hohen Anteil an ortskundigen Verkehrsteilnehmern oder Berufspendlern maßgeblich beeinflusst werden.

### 8.2.1 Zulaufbereich

In Tabelle 70 sind die gemessenen lokalen Geschwindigkeiten ( $V_{50}$  und  $V_{85}$ ) in betrachteten Zulaufbereichen angegeben. Zudem ist der Anteil der Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit angegeben sowie die anteilige Fahrstreifenbelegung (siehe hierzu auch Kapitel 8.3). Bei den betrachteten Zulaufbereichen handelt es sich ausschließlich um solche von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung, davon zwei mit drei Fahrstreifen im Zulauf (mit anschließender Fahrstreifenreduktion vor der Überleitung bzw. Verschwenkung).

Es zeigt sich, dass bei Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h die  $V_{50}$  zwischen 76 km/h und 87 km/h und die  $V_{85}$  zwischen 88 km/h und 125 km/h liegt. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h wird von rund 32 % bis zu 70 % der Fahrzeugführer überschritten. In dem betrachteten Zulaufbereich mit Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 100 km/h sind die  $V_{50}$  und  $V_{85}$  sowie der Anteil der Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit zumindest auf den beiden Überholfahrstreifen höher. In dem betrachteten Zulaufbereich mit Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 60 km/h ist der Anteil der Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit höher als in den Zulaufbereichen mit Beschränkung auf 80 km/h, obwohl sich in diesem Bereich eine Anschlussstelle befindet. Die  $V_{85}$  liegt hier bei 87 km/h bzw. 96 km/h.

Die Nachfolgefahrten zeigen, dass Auswirkungen auf das Geschwindigkeitsniveau nach der ersten Ankündigung von Arbeitsstellen mit Zeichen 123 StVO und Zusatzzeichen 1004 StVO gemäß den Regelplänen der RSA (1995) unterschiedlich sind. An einigen Arbeitsstellen sind z. T. Geschwindigkeitsreduzierungen ab 2 km vor der Arbeitsstelle zu verzeichnen, an anderen Arbeitsstellen finden hingegen keine Reduzierungen statt. Ursachen dafür können an dieser Stelle nicht festgemacht werden. Auswirkungen auf den Geschwindigkeitsverlauf hat

Fahrstreifenanzahl	V <sub>zul</sub> [km/h]	Arbeitsstelle			Fahrstreifen	Fahrstreifenbreite [m]	V <sub>50</sub> [km/h]	V <sub>85</sub> [km/h]	Überschreitung V <sub>zul</sub> [%]	Fahrstreifenbelegung [%]
		Nr.	Bezeichnung	Fahrt-richtung						
3	100	4	A 45 Meinerzhagen	Dortmund	ÜFS 2	3,75	115	139	70,7	5,2
					ÜFS 1	3,75	121	138	86,3	36,5
					HFS	3,75	85	107	23,0	58,3
	80	1	A 1 Westhofen	Köln	ÜFS 2	3,50	82	101	31,5	13,9
					ÜFS 1	3,50	87	101	62,5	40,1
					HFS	3,75	83	98	54,7	46,0
2	100	3	A 44 Unna	Dortmund	ÜFS	3,75	109	125	70,4	49,4
					HFS	3,75	86	118	34,3	50,6
	80	7	A 30 Melle	Hannover	ÜFS	3,50	87	101	69,9	23,5
					HFS	3,50	76	88	32,0	76,5
	80	9	A 1 Osnabrück	Münster	ÜFS	3,55	87	104	62,2	40,5
					HFS	3,75	87	103	63,9	59,5
	60	4	A 45 Meinerzhagen	Dortmund	ÜFS	2,75	78	96	80,5	40,0
					HFS	3,00	70	87	74,5	60,0

Fahrstreifen: HFS = Hauptfahrstreifen, ÜFS = Überholfahrstreifen

Tab. 70: Lokale Geschwindigkeiten in betrachteten Zulaufbereichen

dagegen die zweite Ankündigung 800 m vor der Arbeitsstelle in Verbindung mit dem beschilderten Geschwindigkeitstrichter vor Beginn der Arbeitsstelle. Die Geschwindigkeit nimmt bei allen betrachteten Arbeitsstellen kontinuierlich ab. Es ist in der Regel eine Art Ausrollen in die Arbeitsstelle zu beobachten. Direkte Bremsvorgänge sind in den seltensten Fällen auszumachen. Die Verminderung der Geschwindigkeit erfolgt in erster Linie über die Rollwiderstände auf das Fahrzeug. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit von zunächst 100 km/h und dann 80 km/h wird jedoch nur in geringem Maße eingehalten.<sup>11</sup> Überschreitungen von bis zu 20 km/h sind in diesem Bereich keine Seltenheit.

### 8.2.2 Überleitung/Verschwenkung

In Tabelle 71 sind die gemessenen lokalen Geschwindigkeiten (V<sub>50</sub> und V<sub>85</sub>) und der Anteil der Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in betrachteten Überleitungen bzw. Verschwenkungen angegeben. Zudem ist die anteilige

Fahrstreifenbelegung angegeben (siehe hierzu auch Kapitel 8.3). Bei den beiden betrachteten Überleitungen handelt es sich um solche in Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung, die betrachtete Verschwenkung ist in einer Arbeitsstelle mit 3+1-Verkehrsführung.

In der betrachteten Überleitung mit Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h liegt die V<sub>50</sub> bei 62 km/h bzw. 76 km/h, die V<sub>85</sub> bei 75 km/h und 89 km/h. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit wird auf dem linken Fahrstreifen (Überholfahrstreifen) von 34 % der Fahrzeugführer überschritten. In der betrachteten Überleitung mit Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 60 km/h sind sowohl die V<sub>50</sub> als auch die V<sub>85</sub> nur geringfügig niedriger als in der Überleitung mit Beschränkung auf 80 km/h. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h wird auf dem linken Fahrstreifen (Überholfahrstreifen) demzufolge häufiger überschritten (von rund 74 % der Fahrzeugführer). In der betrachteten Verschwenkung mit Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h ist auffällig, dass die V<sub>50</sub> und die V<sub>85</sub> – anders als bei den beiden betrachteten Überleitungen – auf beiden Fahrstreifen nahezu gleich hoch sind. Der Anteil der Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit liegt in der betrachteten Verschwenkung bei knapp 20 % bzw. 14 %.

<sup>11</sup> Diese Geschwindigkeitsverteilung im Zulaufbereich von Arbeitsstellen längerer Dauer konnte auch schon von BAIER et al. (2006) nachgewiesen werden.

Bereich	V <sub>zul</sub> [km/h]	Arbeitsstelle			Fahrstreifen	Fahrstreifenbreite [m]	V <sub>50</sub> [km/h]	V <sub>85</sub> [km/h]	Überschreitung V <sub>zul</sub> [%]	Fahrstreifenbelegung [%]
		Nr.	Bezeichnung	Fahrt- richtung						
Ü	80	2	Eschweiler	Aachen	ÜFS	3,60	76	89	34,0	46,9
					HFS	3,75	62	75	6,9	53,1
	60	3	Unna	Dortmund	ÜFS	3,40	69	84	74,3	42,3
					HFS	3,65	59	72	44,2	57,7
V	80	6	Kerpen	Venlo	ÜFS	2,60	66	80	13,8	29,1
					HFS	3,25	68	83	19,8	70,9

Bereich: Ü = Überleitung, V = Verschwenkung  
Fahrstreifen: HFS = Hauptfahrstreifen, ÜFS = Überholfahrstreifen

Tab. 71: Lokale Geschwindigkeiten in betrachteten Überleitungen bzw. Verschwenkungen

Die Nachfolgefahrten zeigen, dass vor der Überleitung bzw. Verschwenkung z. T. erhebliche Bremsvorgänge stattfinden, da die Geschwindigkeit nur in Folge des Ausrollens vielen Verkehrsteilnehmern für die Fahraufgabe in diesem Bereich zu hoch ist. Zu differenzieren ist bei der Analyse der Geschwindigkeiten dabei zwischen Verschwenkungen und Überleitungen.

Bei Verschwenkungen verbleibt der Verkehr auf der eigenen Richtungsfahrbahn und wird lediglich nach rechts oder links verschwenkt, oftmals verbunden mit einer vorherigen Reduktion der Fahrstreifenbreite. Bei Überleitungen wird der Verkehr entweder vollständig (bei 4+0-Verkehrsführung) oder teilweise (bei 3+1-Verkehrsführung) auf die Gegenfahrbahn übergeleitet. Die Überleitung auf die Gegenfahrbahn ist von der geometrischen Ausbildung und den resultierenden fahrdynamischen Gründen als kritischer zu betrachten als die Verschwenkung, da bei einer Überleitung mit Mittelstreifenüberfahrt starke Richtungsänderungen und Lenkbewegungen vom Verkehrsteilnehmer zu vollziehen sind.

Diese anspruchsvollere Fahraufgabe spiegelt sich auch in den Geschwindigkeiten wieder. Aus den Auswertungen der Geschwindigkeitsprofile geht hervor, dass die gefahrenen Geschwindigkeiten aus dem Zulaufbereich heraus deutlich verspätet reduziert werden und sich kaum an der zulässigen Höchstgeschwindigkeit orientieren. Die Geschwindigkeiten werden zunächst nur langsam, unmittelbar vor der Überleitung dann stark vermindert. Der Bremspunkt der Fahrer liegt erst kurz vor der Mittelstreifenüberfahrt. Im Bereich der Mittelstreifenüberfahrt wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit daher häufig überschritten.

Der Geschwindigkeitsverlauf im Bereich von Verschwenkungen dagegen ist harmonischer. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit wird aber auch dort oftmals in ähnlicher Größenordnung überschritten.

### 8.2.3 Baustelleninnenbereich

In Tabelle 72 sind die gemessenen lokalen Geschwindigkeiten ( $V_{50}$  und  $V_{85}$ ) und der Anteil der Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit sowie die anteilige Fahrstreifenbelegung angegeben (siehe hierzu auch Kapitel 8.3) in betrachteten Baustelleninnenbereichen außerhalb von Anschlussstellen angegeben. In Tabelle 73 sind die entsprechenden Angaben für die betrachteten Baustelleninnenbereiche mit 4+0-Verkehrsführung und Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h (im Bereich von Anschlussstellen) enthalten.

In den betrachteten Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung liegt die  $V_{50}$  in den Baustelleninnenbereichen außerhalb von Anschlussstellen mit Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h zwischen 60 km/h und 81 km/h, die  $V_{85}$  liegt zwischen 72 km/h und 94 km/h. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h wird in nahezu allen betrachteten Baustelleninnenbereichen mindestens auf einem Fahrstreifen von 20 % oder mehr der Fahrzeugführer überschritten. In den betrachteten Baustelleninnenbereichen mit Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 60 km/h liegt die  $V_{50}$  zwischen 53 km/h und 78 km/h, die  $V_{85}$  zwischen 63 km/h und 88 km/h. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h wird in den betrachteten Baustelleninnenbereichen jeweils auf beiden Fahrstreifen mindestens von

Verkehrsführung	V <sub>zul</sub> [km/h]	Arbeitsstelle			Fahrstreifen	Fahrstreifenbreite [m]	V <sub>50</sub> [km/h]	V <sub>85</sub> [km/h]	Überschreitung V <sub>zul</sub> [%]	Fahrstreifenbelegung [%]	
		Nr.	Bezeichnung	Fahrtrichtung							
4+0	80	2	A 4 Eschweiler	Aachen	ÜFS	2,75	80	91	47,3	37,5	
					HFS	3,25	72	83	21,3	62,5	
		7	A 30 Melle	Osnabrück	ÜFS	2,50	69	83	18,7	14,1	
					HFS	3,00	81	94	52,4	85,9	
		8	A 8 Augsburg	München	ÜFS	3,00	70	85	24,3	39,6	
					HFS	3,25	63	77	8,0	60,4	
					ÜFS	3,00	71	83	20,5	36,2	
					HFS	3,25	66	80	13,3	63,8	
		10	A 2 Hamm	Hannover	ÜFS	2,75	64	77	8,0	24,4	
					HFS	3,25	60	72	4,5	75,6	
					ÜFS	2,75	68	80	13,7	19,5	
				Dortmund	HFS	3,25	69	81	16,5	80,5	
	ÜFS				2,75	78	89	38,1	26,4		
	HFS				3,25	62	74	4,9	73,6		
	60	2	A 4 Eschweiler	Köln	ÜFS	2,75	76	87	30,7	41,4	
					HFS	3,25	72	87	25,3	58,6	
		3	A 44 Unna	Kassel	ÜFS	2,50	60	77	48,7	40,0	
					HFS	3,00	61	73	51,4	60,0	
		11	A 24 Hamburg	Hamburg	ÜFS	2,50	53	66	29,4	26,9	
					HFS	3,00	56	63	26,3	73,1	
				Berlin	ÜFS	2,50	62	73	58,7	22,0	
					HFS	3,00	55	64	26,8	78,0	
		12	A 1 Hamburg/Bremen	Hamburg	ÜFS	2,50	62	77	57,5	29,1	
					HFS	3,00	70	80	90,2	70,9	
3+1		80	6	A 61 Kerpen	Koblenz	FS(ü)	3,25	72	81	17,4	40,6
		60	6	A 61 Kerpen	Koblenz	FS(v)	3,25	61	70	50,9	59,4
	60	5	A 8 Pforzheim	Stuttgart	ÜFS	2,85	67	79	70,5	41,0	
					HFS	3,25	61	73	51,3	59,0	

Fahrstreifen:

HFS = Hauptfahrstreifen, ÜFS = Überholfahrstreifen, FS(ü) = übergeleiteter Fahrstreifen, FS(v) = verbleibender Fahrstreifen

**Tab. 72:** Lokale Geschwindigkeiten in betrachteten Baustelleninnenbereichen (außerhalb von Anschlussstellen)

25 % der Fahrzeugführer überschritten, in einzelnen Fällen sogar von bis zu 90 % der Fahrzeugführer.

Bei den Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung ist die Arbeitsstelle Nr. 6 (A 61 Kerpen), in der die Geschwindigkeiten auf dem übergeleiteten Fahr-

streifen und auf dem verbleibenden Fahrstreifen ermittelt wurden, gesondert zu betrachten. Auf dem übergeleiteten Fahrstreifen ist die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h beschränkt, auf dem verbleibenden Fahrstreifen, auf dem der Schwerverkehr fährt, beträgt die zulässige Höchstgeschwindigkeit nur 60 km/h. Die V<sub>50</sub> und die V<sub>85</sub> lie-

Arbeitsstelle			Fahrstreifen	Fahrstreifenbreite [m]	V <sub>50</sub> [km/h]	V <sub>85</sub> [km/h]	Überschreitung V <sub>zul</sub> [%]	Fahrstreifenbelegung [%]
Nr.	Bezeichnung	Fahrtrichtung						
8	A 8 Augsburg	Stuttgart	ÜFS	3,00	77	89	37,8	43,3
			HFS	3,25	64	79	13,0	56,7
9	A 1 Osnabrück	Münster	ÜFS	3,05	76	86	30,2	29,4
			HFS	3,55	70	80	14,8	70,6
		Bremen	ÜFS	2,75	78	90	42,1	28,5
			HFS	3,25	79	93	44,1	71,5
12	A 1 Hamburg/Bremen	Hamburg	ÜFS	3,00	79	90	22,6	38,9
			HFS	3,50	70	81	6,0	61,1
		Bremen	ÜFS	2,75	79	90	43,4	32,3
			HFS	3,25	70	81	10,5	67,7

Fahrstreifen: HFS = Hauptfahrstreifen, ÜFS = Überholfahrstreifen

**Tab. 73:** Lokale Geschwindigkeiten in betrachteten Baustelleninnenbereichen mit 4+0-Verkehrsführung und Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h (im Bereich von Anschlussstellen)

gen bei 72 km/h und 81 km/h (übergeleiteter Fahrstreifen) bzw. bei 61 km/h und 70 km/h (verbleibender Fahrstreifen). Der Anteil der Überschreitungen der jeweiligen zulässigen Höchstgeschwindigkeit beträgt rund 17 % (übergeleiteter Fahrstreifen) bzw. fast 51 % (verbleibender Fahrstreifen). Im Baustelleninnenbereich der anderen betrachteten Arbeitsstelle mit 3+1-Verkehrsführung und einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h liegen die V<sub>50</sub> mit 61 km/h bzw. 67 km/h und die V<sub>85</sub> mit 73 km/h bzw. 79 km/h in ähnlicher Höhe wie die V<sub>50</sub> und V<sub>85</sub> in den Baustelleninnenbereichen der Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung und Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 60 km/h. Dies gilt auch für den Anteil der Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit.

Im Bereich von Anschlussstellen innerhalb von Baustelleninnenbereichen bei Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung und Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h liegt die V<sub>50</sub> zwischen 64 km/h und 79 km/h, die V<sub>85</sub> liegt zwischen 79 km/h und 93 km/h. Die gefahrenen Geschwindigkeiten sind somit nicht geringer als in den Baustelleninnenbereichen außerhalb von Anschlussstellen.

Die Nachfolgefahrten zeigen, dass in den Baustelleninnenbereichen die gefahrenen Geschwindigkeiten weitestgehend unter 90 km/h liegen. In keiner Arbeitsstelle liegt die V<sub>50</sub> über 100 km/h. Bei Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit

auf 60 km/h liegt die V<sub>50</sub> zwischen 70 km/h und 75 km/h und damit um etwa 10 km/h niedriger als die V<sub>50</sub> bei Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h.

Die Akzeptanz der zulässigen Höchstgeschwindigkeit hängt in großem Maße von der vorhandenen Verkehrsstärke und der Verkehrszusammensetzung sowie der örtlichen Situation ab. Reduzierungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h auf 60 km/h im Bereich von Anschlussstellen im Baustelleninnenbereich werden durch die Verkehrsteilnehmer nicht direkt akzeptiert, ausgedrückt durch die kontinuierlich verlaufende V<sub>50</sub>. Bei hoch frequentierten Einfahrten hingegen, wie die AS Hamm in der Arbeitsstelle Nr. 10 (A 2 Hamm) in Fahrtrichtung Dortmund oder die AS Rade in der Arbeitsstelle Nr. 12 (A 1 Hamburg/Bremen) in Fahrtrichtung Hamburg, sind deutliche Veränderungen im Geschwindigkeitsverlauf auszumachen (siehe hierzu Anhang 4).

Im Geschwindigkeitsverhalten sind weiterhin Beeinflussungen aus der Streckengeometrie zu erkennen. Große Längsneigungen in Verbindung mit einem hohen Schwerverkehrsanteil führen zu einem un stetigen Geschwindigkeitsverlauf und zu teilweise erheblichen Verkehrsstörungen. Besonders ausgeprägt waren diese Effekte in der Arbeitsstelle Nr. 5 (A 8 Pforzheim) festzustellen. Der Schwerverkehr ist zunächst gezwungen aufgrund des starken Gefälles die Geschwindigkeiten zu reduzieren, in der folgenden Steigung (bis zu 7 %)

kann der Schwerverkehr nicht wieder auf die zulässige Höchstgeschwindigkeit beschleunigen (siehe hierzu auch Anhang 4).

Ein Einfluss der Fahrstreifenbreiten oder auch der Trennungselemente zum Gegenverkehr auf die Geschwindigkeiten konnte anhand der Nachfolgefahrten nicht festgestellt werden. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h in der mit Leitwellen ausgeführten Arbeitsstelle Nr. 11 (A 24 Hamburg) wird in gleichem Maße überschritten wie die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h in Arbeitsstellen mit Stahlschutzwand, beispielsweise in der Arbeitsstelle Nr. 3 (A 44 Unna). Allerdings ist zu bedenken, dass der DTV auf der A 24 deutlich unter dem auf der A 44 liegt.

### 8.2.4 Rückleitung/Rückverschwenkung

Die Nachfolgefahrten zeigen, dass der Beschleunigungsvorgang aus der Arbeitsstelle heraus bereits zwischen 200 m und 300 m vor der letzten Leitbake eingeleitet wird, also vor dem Baustellenende, das durch die Position der letzten Bake definiert ist. Das Baustellenende wird zudem für die Verkehrsteilnehmer unmittelbar durch die Aufhebung der Geschwindigkeitsbeschränkung (Zeichen 282 StVO) verdeutlicht. Die festgestellten Geschwindigkeitszunahmen sind vom Betrag vergleichbar mit der Verzögerung vor der Überleitung. Unterschiede im Beschleunigungsverhalten zwischen Rückleitungen und Rückverschwenkungen sind dabei nicht festzustellen.

### 8.2.5 Entflechtungs-/Nachlaufbereich

Die Nachfolgefahrten zeigen, dass das Geschwindigkeitsniveau im Entflechtungs- und Nachlaufbereich von stetiger Beschleunigung gekennzeichnet ist. Die  $V_{50}$  liegt in Abhängigkeit von Streckengeometrie, Verkehrsaufkommen und -zusammensetzung sowie Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit zwischen 110 km/h und 130 km/h. Die absolute Differenz der mittleren Geschwindigkeit zur  $V_{15}$  und  $V_{85}$  ist geringer als im Baustelleninnenbereich einzustufen.

## 8.3 Fahrstreifenwahlverhalten

Die Analyse des Fahrstreifenwahlverhaltens beinhaltet die Betrachtung der Fahrstreifenbelegung, d. h. die Aufteilung der Verkehrsstärken auf die Fahrstreifen innerhalb der einzelnen Bereiche der

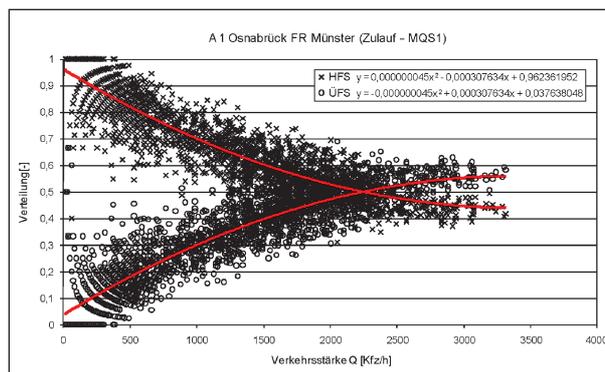


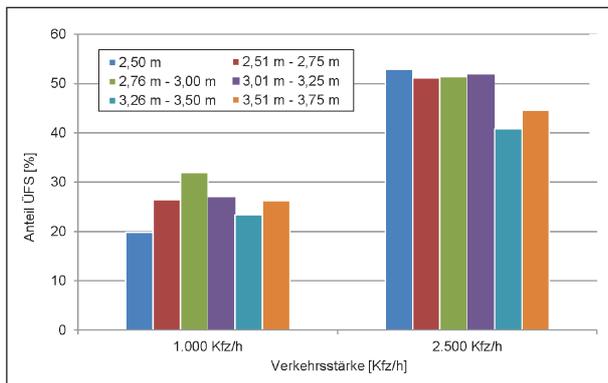
Bild 39: Fahrstreifenbelegung in Abhängigkeit der Verkehrsstärke

Arbeitsstellen, in Abhängigkeit infrastruktureller und verkehrlicher Randbedingungen. Dabei hat sich gezeigt, dass die Fahrstreifenbelegung im Wesentlichen abhängig von der fahrtrichtungsbezogenen Gesamtverkehrsstärke ist. In Bild 39 ist die Fahrstreifenbelegung von Hauptfahrstreifen und Überholfahrstreifen exemplarisch für die Arbeitsstelle Nr. 9 (A 1 Osnabrück) dargestellt. Es zeigt sich, dass bei niedrigen Verkehrsstärken aufgrund des Rechtsfahrgebots die Belegung des Überholfahrstreifens eher gering ist, diese aber bei höheren Verkehrsstärken zunimmt.

Zur Bewertung des Einflusses der Fahrstreifenbreiten, der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und der Art der Gegenverkehrstrennung auf die Fahrstreifenbelegung wurden die Messwerte mit einer Regression (Polynom 2. Grades) angenähert. Auf dieser Grundlage wurde Belegung des Überholfahrstreifens (Anteile an der fahrtrichtungsbezogenen Gesamtverkehrsstärke) für die Verkehrsstärken von 1.000 Kfz/h und 2.500 Kfz/h ermittelt. Da auf allen Messstrecken ein ähnlich hoher Schwerverkehrsanteil zu verzeichnen ist, sind die so ermittelten Anteile der Verkehrsstärke auf dem Überholfahrstreifen an der fahrtrichtungsbezogenen Gesamtverkehrsstärke miteinander vergleichbar.

In Bild 40 ist der Anteil der Verkehrsstärke auf dem Überholfahrstreifen an der fahrtrichtungsbezogenen Gesamtverkehrsstärke in Abhängigkeit der Fahrstreifenbreite angegeben. Überholfahrstreifen mit einer Breite über 3,00 m liegen in den Zulaufbereichen, in den Baustelleninnenbereichen der betrachteten Arbeitsstellen weisen die Überholfahrstreifen Breiten zwischen 2,50 m und 3,00 m auf.

Es zeigt sich, dass die Belegung schmaler Überholfahrstreifen (mit 2,50 m Breite) bei einer Gesamtverkehrsstärke von 1.000 Kfz/h deutlich geringer ist

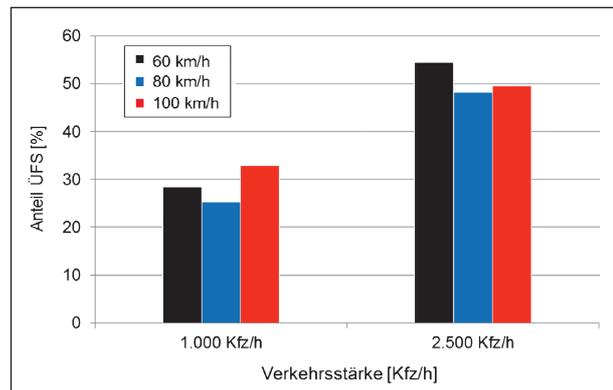


**Bild 40:** Anteil der Verkehrsstärke auf dem Überholfahrstreifen (Mittelwerte) an der fahrtrichtungsbezogenen Gesamtverkehrsstärke in Abhängigkeit der Fahrstreifenbreite

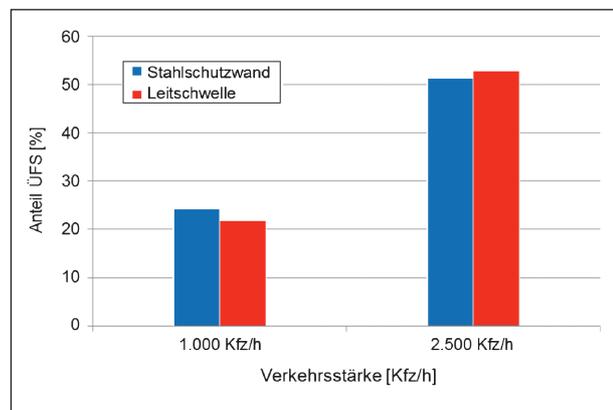
als bei mittelbreiten (über 2,50 m bis 3,00 m) und breiten (über 3,00 m) Überholfahrstreifen. Bei einer fahrtrichtungsbezogenen Gesamtverkehrsstärke von 2.500 Kfz/h treten keine wesentlichen Unterschiede mehr in der Belegung schmaler und mittelbreiter Überholfahrstreifen auf. Bei diesen beträgt die Verkehrsstärke auf dem Überholfahrstreifen in etwa derjenigen auf dem Hauptfahrstreifen, der Anteil an der fahrtrichtungsbezogenen Gesamtverkehrsstärke beträgt etwa 50 %. In den Zulaufbereichen mit breiten Überholfahrstreifen über 3,00 m ist der Anteil der Verkehrsstärke auf dem Überholfahrstreifen mit rund 40 % geringer, d. h. hier wird der Hauptfahrstreifen stärker genutzt.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Belegung des Überholfahrstreifens haben die Streckengeometrie und die Verkehrsführung. In der Arbeitsstelle Nr. 5 (A 8 Pforzheim) kommt es aufgrund von Längsneigungen bis zu 7 % bereits ab einer Gesamtverkehrsstärke von 1.180 Kfz/h zu einer Belegung des Überholfahrstreifens von 50 %. Ursächlich dafür ist in erster Linie der Schwerverkehrsanteil von über 22 %. Auch bei der zweiten betrachteten Arbeitsstelle mit 3+1-Verkehrsführung, der Arbeitsstelle Nr. 6 (A 61 Kerpen), wird der Überholfahrstreifen bereits bei einer geringeren Verkehrsstärke von 1.840 Kfz/h zu 50 % genutzt.

Eine besondere Abhängigkeit der Fahrstreifenbelegung von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit ist nicht erkennbar (Bild 41). Zu vermuten ist aber, dass bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h bei einer fahrtrichtungsbezogenen Gesamtverkehrsstärke von 2.500 Kfz/h auf dem Hauptfahrstreifen langsamer gefahren wird als bei zulässigen Höchstgeschwindigkeiten von 80 km/h oder 100 km/h (letztere ist nur in Zulaufbereichen abgeordnet) und deshalb der Anteil der



**Bild 41:** Anteil der Verkehrsstärke auf dem Überholfahrstreifen (Mittelwerte) an der fahrtrichtungsbezogenen Gesamtverkehrsstärke in Abhängigkeit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit



**Bild 42:** Anteil der Verkehrsstärke auf dem Überholfahrstreifen (Mittelwerte) an der fahrtrichtungsbezogenen Gesamtverkehrsstärke in Abhängigkeit der Art der Gegenverkehrstrennung

Verkehrsstärke auf dem Überholfahrstreifen hier höher ist.

Zwar war nur in der Arbeitsstelle Nr. 11 (A 24 Hamburg) eine Leitschwelle als Gegenverkehrstrennung im Baustelleneinnenbereich eingesetzt, dennoch ist in Bild 42 der Anteil der Verkehrsstärke auf dem Überholfahrstreifen an der fahrtrichtungsbezogenen Gesamtverkehrsstärke in Abhängigkeit der Art der Gegenverkehrstrennung angegeben. Es zeigt sich, dass keine besondere Abhängigkeit der Fahrstreifenbelegung von der Art der Gegenverkehrstrennung erkennbar ist.

Zusätzlich wurde untersucht, ob sich die Fahrstreifenbelegung im Zuge einer Arbeitsstelle verändert. Dabei zeigt sich, dass es eine eindeutige Tendenz zu einer stärkeren Nutzung des Hauptfahrstreifens im Zuge der Arbeitsstelle besteht. Beispielsweise wurde in der Arbeitsstelle Nr. 9 (A 1 Osnabrück) festgestellt, dass im Zulaufbereich bei einer

Gesamtverkehrsstärke von 1.000 Kfz/h noch 30 % der Verkehrsteilnehmer auf dem Überholfahrstreifen fahren, im Baustelleninnenbereich sind es dann nur noch knapp 18 %. Abhängigkeiten zu Fahrstreifenbreiten oder Art der Gegenverkehrstrennung konnten diesbezüglich jedoch nicht nachgewiesen werden.

## 8.4 Überholverhalten

Die Analyse des Überholverhaltens beinhaltet zum einen die Ermittlung der Anzahl der Überholvorgänge bzw. daraus des Anteils der Kraftfahrzeuge an allen Kraftfahrzeugen auf dem Überholfahrstreifen, die ein Überholmanöver vornehmen. Zum anderen erfolgte die Analyse des Spurverhaltens bei Überholvorgängen innerhalb von Baustelleninnenbereichen. Maßgeblich von Interesse sind hierbei die seitlichen Abstände der überholenden Kraftfahrzeuge zum Gegenverkehrstrennungselement auf der linken und dem parallel fahrenden Kraftfahrzeugen auf der rechten Seite.

Zur Ermittlung der Überholvorgänge und Beurteilung des dabei gewählten Spurverhaltens innerhalb des Überholfahrstreifens in Bezug auf die seitlichen Abstände wurden innerhalb der betrachteten Arbeitsstellen jeweils etwa 300 m lange Bereiche festgelegt (Bild 43), sodass aus den Videoaufzeichnungen das Spurverhalten über den gesamten Bereich ausgewertet werden konnte.

Die Anzahl von Überholvorgängen bzw. der sich daraus ergebende Anteil der überholenden Verkehrsteilnehmer in Bezug zur Anzahl der Kraftfahrzeuge auf dem Überholfahrstreifen gibt Hinweise darauf, ob die vorhandene Fahrstreifenbreite als ausreichend empfunden wird, um andere Verkehrsteilnehmer zu überholen. Werden langsame Kraftfahrzeuge auf dem Hauptfahrstreifen nicht überholt, kann dies einen deutlichen Einfluss auf die Qualität des Verkehrsablaufs haben.

Für die Analyse des Spurverhaltens bei Überholvorgängen hinsichtlich der seitlichen Abstände erfolgte lediglich qualitativ, indem für jedes überholende Kraftfahrzeug eine Zuordnung erfolgte, ob es tendenziell links, mittig oder rechts innerhalb des Fahrstreifens gefahren ist (Bild 44).

Hierdurch kann zwar nur eine Tendenz aufgezeigt werden, allerdings ist so das Spurverhalten auch bei unterschiedlichen Randbedingungen (z. B. hinsichtlich der Fahrstreifenbreite) für verschiedene



Bild 43: Darstellung des Auswertebereichs (Beispiel)

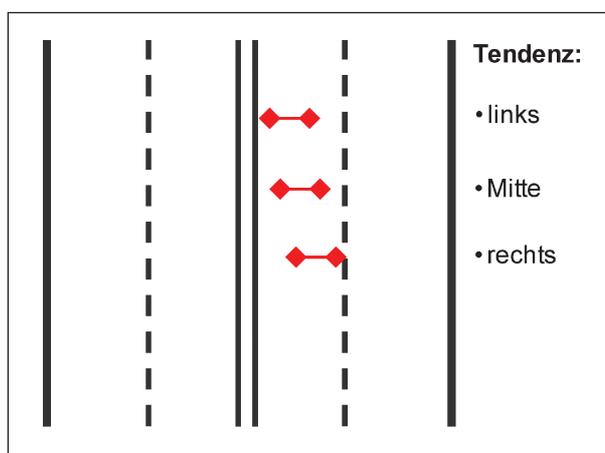


Bild 44: Zuordnung des Spurverhaltens innerhalb des Überholfahrstreifens

Arbeitsstellen vergleichbar. Zudem kann so eine Abschätzung über den gesamten Untersuchungsbereich vorgenommen werden, im Gegensatz zu einer punktuellen Messung der seitlichen Abstände.<sup>12</sup>

Insgesamt wurden zehn fahrtrichtungsbezogene Bereiche in acht Arbeitsstellen betrachtet. In sieben war als Trennungselement eine Stahlschutzwand, in zwei eine Betonschutzwand und in einem Leitschwellen vorhanden. Tabelle 74 enthält eine Übersicht der betrachteten Bereiche mit Angaben zu Fahrstreifenbreiten, Art des Trennungselements und (mittlerer) Verkehrsstärke. Zudem sind die absoluten und anteiligen Fahrstreifenbelegungen sowie der Anteil der überholenden Kraftfahrzeuge in Bezug zur Anzahl der insgesamt auf dem Überholfahrstreifen erfassten Fahrzeuge angegeben. In Tabelle 75 sind die Ergebnisse zum Spurverhalten

<sup>12</sup> Da die Fahrzeuge innerhalb des 300 m langen Bereichs nicht mit konstanten seitlichen Abständen gefahren sind, konnte hier nur eine Abschätzung des mittleren Spurverhaltens vorgenommen werden.

Arbeitsstelle			Art der Gegenverkehrstrennung	Fahrstreifenbreite [m]		mittlere Verkehrsstärke [Kfz/h]	Anzahl der erfassten Kraftfahrzeug (Anteil)		Anteil überholender Kfz auf ÜFS [%]
Nr.	Bezeichnung	Fahrt-richtung		ÜFS	HFS		ÜFS	HFS	
3	A 44 Unna	Dortmund	SSW	2,50	3,00	2.211	3.335 (39,3 %)	5.142 (60,7 %)	48,5
4	A 45 Meinerzhagen	Dortmund	SSW	2,50	3,00	2.066	2.910 (36,0 %)	5.181 (64,0 %)	53,1
		Olpe	SSW	2,50	3,00	2.012	2.301 (29,2 %)	5.580 (70,8 %)	51,1
5	A 8 Pforzheim	Stuttgart	BSW	2,60	3,25	2.115	6.123 (45,1 %)	7.448 (54,9 %)	58,2
			BSW	2,85	3,25	2.144	2.432 (41,2 %)	3.465 (58,8 %)	52,1
7	A 30 Melle	Hannover	SSW	2,50	3,00	1.055	808 (13,3 %)	5.261 (86,7 %)	67,7
8	A 8 Augsburg	München	SSW	3,00	3,25	1.709	2.128 (40,4 %)	3.142 (59,6 %)	44,4
9	A 1 Osnabrück	Bremen	SSW	2,75	3,25	1.834	2.256 (30,8 %)	5.081 (69,2 %)	93,2
11	A 2 Hamburg	Berlin	LSW	2,50	3,00	854	562 (15,5 %)	3.067 (84,5 %)	80,6
12	A 1 Hamburg/Bremen	Bremen	SSW	3,00	3,50	1.611	2.194 (34,0 %)	4.251 (66,0 %)	73,1

Gegenverkehrstrennung: BSW = transportable Betonschutzwand, SSW = transportable Stahlschutzwand, LSW = Leitschwelle  
Fahrstreifen: HFS = Hauptfahrstreifen, ÜFS = Überholfahrstreifen

Tab. 74: Merkmale der betrachteten Bereiche und Anteil überholender Kraftfahrzeuge auf Überholfahrstreifen

Breite des Überholfahrstreifens [m]	Stahlschutzwand 9.537 überholende Kfz			Betonschutzwand 4.831 überholende Kfz			Leitschwellen 453 überholende Kfz		
	links	Mitte	rechts	links	Mitte	rechts	links	Mitte	rechts
2,50	3,5 %	74,2 %	22,3 %	–	–	–	9,2	85,2	6,5
2,51 bis 2,75	0,1 %	31,6 %	68,4 %	0,1 %	73,2 %	26,7 %	–	–	–
2,76 bis 3,00	2,8 %	58,0 %	39,2 %	0,1 %	56,3 %	43,6 %	–	–	–
gew. Mittelwert	2,8 %	63,5 %	33,7 %	0,1 %	64,8 %	35,1 %	9,2 %	85,2 %	6,5 %

Tab. 75: Spurverhalten innerhalb des Überholfahrstreifens in Abhängigkeit der Fahrstreifenbreite und der Art der Gegenverkehrstrennung

innerhalb des Überholfahrstreifens in Abhängigkeit dessen Breite und der Art der Gegenverkehrstrennung angegeben.

Unabhängig vom Trennungselement wird der Überholfahrstreifen bei geringen Fahrstreifenbreiten deutlich seltener genutzt als der Hauptfahrstreifen. Bei Breiten von 2,50 m nutzen im Mittel etwa 33 % der Verkehrsteilnehmer den Überholfahrstreifen. Bei Fahrstreifenbreiten von 3,00 m liegt der Anteil hingegen bei rund 40 %.

In Bezug auf die Überholvorgänge zeigt sich, dass in der betrachteten Arbeitsstelle mit Leitschwellen

trotz einer Breite des Überholfahrstreifens von 2,50 m rund 80 % der Kraftfahrzeuge auf dem Überholfahrstreifen auch überholen. Im Gegensatz hierzu liegt der Anteil der überholenden Kraftfahrzeuge auf dem Überholfahrstreifen innerhalb der Arbeitsstellen mit baulicher Gegenverkehrstrennung (Stahl- oder Betonschutzwand) – mit einer Ausnahme, bei der nahezu alle Kraftfahrzeuge (93 %) auf dem Überholfahrstreifen auch überholen – zwischen knapp 44 % und rund 68 %.

In der betrachteten Arbeitsstelle mit Leitschwellen fahren die Fahrzeuge überwiegend mittig im Über-

holfahrstreifen. Allerdings ist in dieser Arbeitsstelle die mittlere Verkehrsstärke im Beobachtungszeitraum mit rund 850 Kfz/h deutlich geringer als in den anderen betrachteten Arbeitsstellen. In Arbeitsstellen mit baulicher Gegenverkehrstrennung halten die Verkehrsteilnehmer oftmals einen deutlichen Abstand zur dieser. Beim Einsatz einer Stahlschutzwand tendieren etwa 34 % der überholenden Kraftfahrzeuge eher nach rechts, beim Einsatz einer Betonschutzwand sind es 35 %.

Zu vermuten ist hier, dass die Verkehrsteilnehmer entweder die Abstände zu den parallel fahrenden Kraftfahrzeugen auf dem Hauptfahrstreifen größer einschätzen als den Abstand zur Gegenverkehrstrennung oder aber die Gefahr durch andere Kraftfahrzeuge geringer bewertet wird (eventuell auch aufgrund kleiner Differenzgeschwindigkeiten) als durch die links stehende Stahl- oder Betonschutzwand. So gut wie keine überholenden Verkehrsteilnehmer tendieren beim Einsatz einer Betonschutzwand nach links, beim Einsatz einer Stahlschutzwand sind es knapp 3 % der Überholenden.

## 8.5 Verkehrsablauf an Anschlussstellen

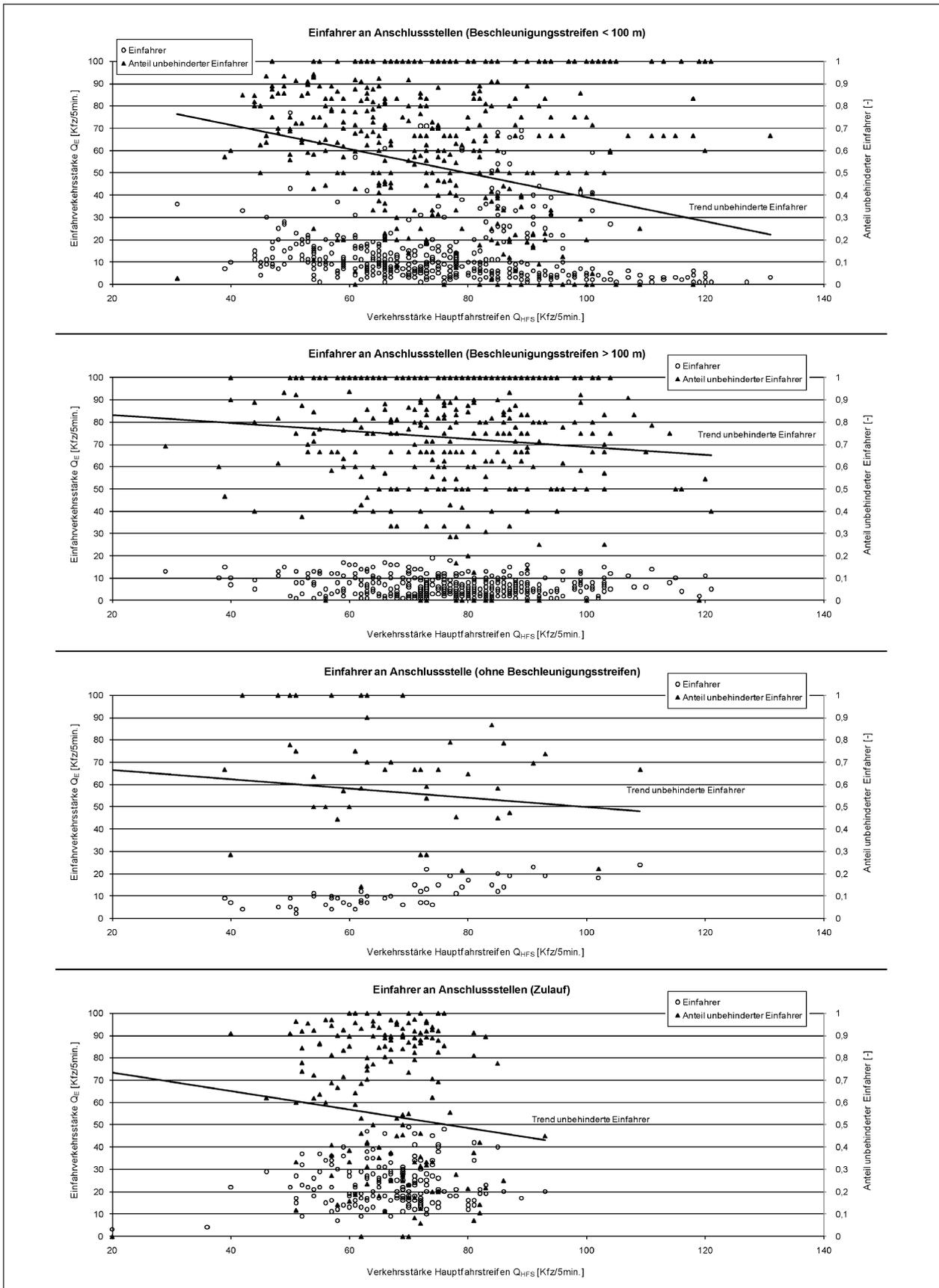
Störungen des Verkehrsablaufs in Arbeitsstellen auf Autobahnen haben ihren Ursprung häufig im Bereich von Anschlussstellen. Der Verkehr auf der durchgehenden Hauptfahrbahn ist laut StVO dem des einfahrenden Verkehrsstroms bevorzugt. Innerhalb von Arbeitsstellen erfordern die beengten Platzverhältnisse in der Regel provisorische Lösungen. Diese werden bei Einfahrten häufig in Form von verkürzten Einfädelungstreifen ausgebildet. Das bedeutet, dass dem einfahrenden Verkehr nicht wie sonst üblich 250 m für die Beschleunigung zur Verfügung stehen, sondern lediglich 50 m bis 150 m, sofern eine Vorfahrtregelung mit Zeichen 205 StVO (Vorfahrt gewähren!). Bei äußerst reduzierten Platzverhältnissen und gleichzeitig geringeren Verkehrsstärken besteht auch die Möglichkeit, die einfahrenden Verkehrsstrom über Zeichen 206 StVO (Halt! Vorfahrt gewähren!) aus dem Stand anfahren zu lassen.

Zur Analyse des Verkehrsablaufs an Anschlussstellen in Arbeitsstellen wurden die Einfahrtvorgänge an 15 Anschlussstellen betrachtet (Tabelle 76). 12 Anschlussstellen lagen im Baustelleninnenbereich, drei Anschlussstellen im Zulauf. Die Länge des Ein-

Arbeitsstelle			Anschlussstelle	Lage	Länge des Einfädelungstreifens
Nr.	Bezeichnung	Fahrtrichtung			
1	A 1 Westhofen	Köln	Rastanlage Lennhof	Baustelleninnenbereich	80 m
4	A 45 Meinerzhagen	Dortmund	Meinerzhagen	Zulaufbereich	200 m
5	A 8 Pforzheim	Karlsruhe	Rastanlage Pforzheim	Baustelleninnenbereich	120 m
6	A 61 Kerpen	Koblenz	Gymnich	Baustelleninnenbereich	50 m
		Venlo	Gymnich	Baustelleninnenbereich	50
7	A 30 Melle	Hannover	Riemsloh	Baustelleninnenbereich	220 m
		Osnabrück	Riemsloh	Baustelleninnenbereich	120 m
8	A 8 Augsburg	Stuttgart	Friedberg	Zulaufbereich	100 m
9	A 1 Osnabrück	Bremen	Bramsche	Baustelleninnenbereich	160 m
11	A 24 Hamburg	Hamburg	Witzhave	Baustelleninnenbereich	– *
			Grande	Baustelleninnenbereich	50 m
		Bremen	Grande	Baustelleninnenbereich	50 m
12	A 1 Hamburg/Bremen	Hamburg	Rade	Baustelleninnenbereich	60 m
		Bremen	Rade	Baustelleninnenbereich	80 m
			Dibbersen	Zulaufbereich	120 m

\* Vorfahrtregelung mit Zeichen 206 StVO

Tab. 76: Lage der Anschlussstellen und Länge der Einfädelungstreifen



**Bild 45:** Anzahl einfahrender Kraftfahrzeuge und Anteil unbeeinflusster Einfahrvorgänge an Anschlussstellen in Abhängigkeit der Verkehrsstärke auf dem Hauptfahrstreifen

fädungsstreifens lag zwischen 50 m und 220 m. An einer Anschlussstelle war kein Einfädungsstreifen vorhanden, hier erfolgte die Vorfahrtregelung mit Zeichen 206 StVO.

Die Einfahrvorgänge wurden bezüglich ihrer Auswirkungen auf den Einfahrenden und auf den Verkehr auf dem Hauptfahrstreifen untersucht. Dabei wurden die Manöver einfahrendes Fahrzeug bleibt auf dem Einfädungsstreifen stehen, Fahrzeug auf vom Hauptfahrstreifen wechselt auf den Überholfahrstreifen und Fahrzeug auf dem Hauptfahrstreifen bremst infolge eines einfahrenden Fahrzeugs erfasst. Ein einfahrendes Fahrzeug kann mehrere Manöver auslösen.

In Bild 45 sind die Anzahl der einfahrenden Kraftfahrzeuge und der Anteil der unbeeinflussten Einfahrvorgänge in Abhängigkeit der Verkehrsstärke auf dem Hauptfahrstreifen. Darin ist differenziert nach

- sieben Anschlussstellen im Baustelleninnenbereich mit einer Einfädungsstreifenlänge unter 100 m,
- vier Anschlussstellen im Baustelleninnenbereich mit einer Einfädungsstreifenlänge über 100 m,
- einer Anschlussstelle im Baustelleninnenbereich ohne Einfädungsstreifen (Vorfahrtregelung mit Zeichen 206 StVO) und
- drei Anschlussstellen im Zulauf (ohne Differenzierung nach der Länge des Einfädungsstreifens).

An den betrachteten Anschlussstellen im Baustelleninnenbereich ist trotz der stark streuenden Einzelwerte die Tendenz zu erkennen, dass bei ähnlichen Einfädungsverkehrsstärken längere Einfädungsstreifen mit zunehmender Verkehrsstärke auf dem Hauptfahrstreifen zu einem höheren Anteil unbeeinflusster Einfahrvorgänge führen. Der Einfädvorgang und Einfahrdruck eine passende Lücke zu finden ist bei kurzen Beschleunigungsfahrstreifen bis zu 100 m Länge und hohen Verkehrsstärken demnach deutlich erschwert.

An der betrachteten Anschlussstelle ohne Einfädungsstreifen hat sich gezeigt, dass jeder zweite Fahrer das Zeichen 206 StVO missachtet und verkehrswidrig einfährt. Obwohl die einfahrenden Verkehrsteilnehmer auf ausreichend große Lücken auf dem Hauptfahrstreifen hätten warten müssen und auch können, zeigte sich deutlich, dass ein Großteil

der einfahrenden Verkehrsteilnehmer trotz ausreichender Hinweise auf den fehlenden Einfädungsstreifen unachtsam eingefahren ist und somit kritische Manöver provoziert hat.

An den betrachteten Anschlussstellen im Zulaufbereich sind die Einfädungsverkehrsstärken höher als an den betrachteten Anschlussstellen im Baustelleninnenbereich, die Verkehrsstärken auf dem Hauptfahrstreifen sind dagegen geringer. Zu erkennen ist, dass der Anteil unbehinderter Einfahrvorgänge mit zunehmender Verkehrsstärke auf dem Hauptfahrstreifen stark abnimmt. Zudem nimmt die Anzahl an kritischen Manövern deutlich zu.

## 8.6 Zusammenfassung der Verkehrsablaufuntersuchungen

Insgesamt ist das Geschwindigkeitsverhalten im Bereich von Arbeitsstelle differenziert zu bewerten. Hohe Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten konnten im Zulaufbereich sowie im Baustelleninnenbereich bei einer Beschränkung aus 60 km/h beobachtet werden. Ein unstetiges Geschwindigkeitsverhalten konnte insbesondere in der Überleitung, durch vermehrte Bremsvorgänge in diesem Bereich, sowie knapp 300 m vor Beginn der Rückleitung – hier beginnt schon oftmals der Beschleunigungsvorgang auf die anschließende freie Strecke – nachgewiesen werden.

Wesentliche Unterschiede lassen sich im Geschwindigkeitsniveau in Abhängigkeit der Fahrstreifenbreiten ausmachen. Bei schmalen Fahrstreifen bis 2,50 m Breite liegt die  $V_{85}$  unter derjenigen bei mittelbreiten Fahrstreifen von mehr als 2,50 m bis zu 3,00 m Breite. In Arbeitsstellen mit breiteren Fahrstreifen werden die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten häufiger überschritten als in Arbeitsstellen mit schmaleren Fahrstreifen. Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen dem Überholfahrstreifen und dem Hauptfahrstreifen steigen mit der Breite der Fahrstreifen an.

In Tabelle 77 sind der mittlere Anteil an Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und die  $V_{85}$  in Abhängigkeit der Fahrstreifenbreite zusammengefasst.<sup>13</sup> Bei größeren Fahrstreifenbrei-

<sup>13</sup> Die in Tabelle 77 angegebenen Werte wurden in unterschiedlichen Bereichen der Arbeitsstellen erhoben.

Fahrstreifenbreite	Anteil der Überschreitungen der $V_{zul}$	$V_{85}$
2,50 m (n = 5)	42,6 %	75 km/h
2,51 bis 2,75 m (n = 1 2)	35,3 %	83 km/h
2,76 bis 3,00 m (n = 14)	39,3 %	80 km/h
3,01 bis 3,25 m (n = 20)	31,0 %	80 km/h
3,26 bis 3,50 m (n = 6)	46,0 %	93 km/h
> 3,50 m (n = 12)	47,1 %	104 km/h

**Tab. 77:** Anteil der Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und gefahrene mittlere  $V_{85}$  in Abhängigkeit der Fahrstreifenbreite (n = Anzahl der lokalen fahrstreifenbezogenen Messquerschnitte)

ten wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit im Mittel häufiger überschritten als bei schmaleren Fahrstreifen. Der ebenfalls hohe Anteil an Überschreitungen der Höchstgeschwindigkeit bei Fahrstreifenbreiten von 2,50 m resultiert aus der dort häufig angeordneten Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h, was sich auch in der  $V_{85}$  von unter 80 km/h äußert. Unter Berücksichtigung, dass der Schwerverkehr in der Regel auf Fahrstreifen mit Breiten über 3,00 m geführt wird, sind die Geschwindigkeitsübertretungen für diese Breitenklassen als sehr hoch einzustufen. Die  $V_{85}$  liegt insbesondere auf den breiten Fahrstreifen bei über 100 km/h, was vornehmlich dem Zulaufbereich auf die Arbeitsstelle zuzuschreiben ist.

Im Geschwindigkeitsverhalten ist zudem ein starker Einfluss aus der Streckengeometrie und der Verkehrszusammensetzung zu erkennen. Große Längsneigungen in Verbindung mit einem hohen Schwerverkehrsanteil führen zu einem un stetigen Geschwindigkeitsverlauf und z. T. auch zu Verkehrsstörungen.

In Tabelle 78 sind der mittlere Anteil an Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und die  $V_{85}$  in Abhängigkeit der Fahrstreifenbreite zusammengefasst.<sup>14</sup> Die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten werden vornehmlich bei Beschränkungen auf 60 km/h und 100 km/h überschritten.

Der hohe Überschreitungsanteil bei Beschränkung auf 100 km/h entfällt auf den Zulaufbereich der Arbeitsstelle. Hier wird die angeordnete Höchst-

zulässigen Höchstgeschwindigkeit	Anteil der Überschreitungen der $V_{zul}$	$V_{85}$
60 km/h (n = 21)	53,8 %	75 km/h
80 km/h (n = 43)	28,7 %	86 km/h
100 km/h (n = 5)	56,9 %	126 km/h

**Tab. 78:** Anteil der Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und gefahrene mittlere  $V_{85}$  in Abhängigkeit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit (n = Anzahl der lokalen fahrstreifenbezogenen Messquerschnitte)

geschwindigkeit von 100 km/h von fast 60 % aller Verkehrsteilnehmer missachtet. Bedingt durch den Schwerverkehr auf dem Hauptfahrstreifen liegen die Überschreitungen auf dem Überholfahrstreifen auf einem höheren Niveau.

Die Akzeptanz einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h im Baustelleninnenbereich ist ebenfalls als gering einzustufen, vor allem wenn der Grund für die Einschränkung (z. B. Fahrstreifenverengungen) für die Verkehrsteilnehmer nicht ersichtlich ist. Geschwindigkeitsreduzierungen von z. B. 80 km/h auf 60 km/h im Bereich von Anschlussstellen innerhalb der Arbeitsstellen werden seitens der Verkehrsteilnehmer in der Regel auch nicht beachtet.

Insgesamt wird die Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 60 km/h von etwa der Hälfte der Verkehrsteilnehmer nicht akzeptiert, die  $V_{85}$  beträgt hier bei 75 km/h. Eine Beschränkung auf 80 km/h dagegen wird nur halb so häufig überschritten die mittlere  $V_{85}$  beträgt 86 km/h.

Im Zuge der Arbeitsstellen sind Unterschiede in Bezug auf Geschwindigkeitsüberschreitungen festzustellen. In den Zulaufbereichen werden die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten – unabhängig von deren Höhe – von mehr als der Hälfte der Verkehrsteilnehmer missachtet, während im Baustelleninnenbereich noch ein Drittel der Fahrer zu schnell ist. In den Überleitungen überschreiten fast 40 % die zulässige Höchstgeschwindigkeit, was in Verbindung mit der anspruchsvolleren Fahraufgabe in diesem Bereich die Verkehrssicherheit negativ beeinflussen kann. Mit einer mittleren  $V_{85}$  von 80 km/h ist gerade vor dem Hintergrund der dort häufig angeordneten Beschränkung auf 60 km/h ein starkes Maß an Geschwindigkeitsübertretungen sichtbar.

Im Zuge der Arbeitsstellendurchfahrten konnten keine Zunahmen der mittleren Geschwindigkeit (bei

<sup>14</sup> Die in Tabelle 78 angegebenen Werte wurden ebenfalls in unterschiedlichen Bereichen der Arbeitsstellen erhoben.

untersuchte Baustellenlängen bis rund 12 km) festgestellt werden. Der Geschwindigkeitsverlauf stellt sich unabhängig von der Länge der Arbeitsstelle dar. Dagegen zeigt sich bezüglich der Fahrstreifenbelegung eine deutliche Tendenz zum rechten Fahrstreifen im Verlauf einer Arbeitsstelle.

Unabhängig davon ist die Fahrstreifenbelegung von Haupt- und Überholfahrstreifen bei hohen Verkehrsstärken beinahe gleichverteilt. Dies gilt auch unabhängig von den Fahrstreifenbreiten. Eine besondere Abhängigkeit der Fahrstreifenbelegung von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit ist dabei nicht erkennbar.

Im Hinblick auf das Überholverhalten konnte der Verkehrsablauf nur in einer Arbeitsstelle mit Leitschwellen als Gegenverkehrstrennung empirisch erfasst werden. Unterschiede zwischen den Trennungselementen – Stahlschutzwand, Betonschutzwand und Leitschwelle – stellen daher nur Tendenzen dar. In der betrachteten Arbeitsstelle mit Leitschwellen ist der Anteil der überholenden Kraftfahrzeuge auf dem Überholfahrstreifen bei gleicher Fahrstreifenbreite deutlich höher als in Arbeitsstellen mit Stahlschutzwand. Die Analyse der Überholvorgänge für alle Trennsysteme ergibt, dass viele Verkehrsteilnehmer beim Überholvorgang eher rechts innerhalb des Überholfahrstreifens fahren. Eine Tendenz nach links kann trotz der geringen Platzverhältnisse für kein Trennungselement festgestellt werden. Es lässt sich folgern, dass der Respekt vor einer Schutzwand als größer zu bewerten ist als die Nähe zum überholten Fahrzeug, gegebenenfalls auch bedingt durch die geringere Differenzgeschwindigkeit zum Überholten.

Für die Überleitungs- bzw. Verschwenkungsbereiche zeigt sich, dass sich die Verkehrsteilnehmer hier bei geringen Fahrstreifenbreiten (unter 3,00 m) eher zur Mittelmarkierung orientieren. Insbesondere die Fahrzeuge auf dem Hauptfahrstreifen, sowohl Pkw als auch Lkw, fahren bei geringen Fahrstreifenbreiten oder steilen Überleitungen relativ weit links. Durch diese Fahrweise ist es in diesem Bereich oftmals nicht möglich, dass Fahrzeuge nebeneinander in die Baustelle einfahren. Erst ab Breiten von 3,00 m werden die Überleitungen bzw. Verschwenkungen von den Fahrzeugen auf dem Überhol- bzw. Hauptfahrstreifen in Fahrstreifenmitte durchfahren.

An Anschlussstellen innerhalb von Arbeitsstellen sind bei verkürzten Einfädelungstreifen mit einer

Länge bis zu 100 m bei steigender Einfädelungsverkehrsstärke deutlich weniger unbeeinflusst ein-fahrende Fahrzeuge als bei längeren Einfädelungstreifen festzustellen. Zudem hat sich gezeigt, dass im Hinblick auf kritische Fahrmanöver die unmittelbare Nähe von Anschlussstellen im Bereich einer Überleitung oder Verschwenkung ungünstig ist.

## 9 Zusammenfassung und Empfehlungen

Der Ausbaubedarf sowie der Instandsetzungs- und Erneuerungsbedarf des Bundesautobahnnetzes erfordert auch zukünftig die Einrichtung von Arbeitsstellen längerer Dauer. Im Bereich dieser Arbeitsstellen ist es in vielen Fällen erforderlich, den Verkehr auf die Gegenfahrbahn überzuleiten und dort auf verengten Behelfsfahrstreifen zu führen. Neben vermehrten Verkehrsbehinderungen durch erhöhte Stauanfälligkeiten führt dies auch zu einer deutlich erhöhten Unfallhäufigkeit. Durch die Führung auf verengten Fahrstreifen besteht eine erhöhte Abkommenswahrscheinlichkeit und aufgrund des geringen Sicherheitsabstands zum Gegenverkehr die Gefahr von Unfällen mit einer hohen bis sehr hohen Unfallschwere. Der Gegenverkehrstrennung in Arbeitsstellen kommt daher eine sehr hohe Relevanz zu.

Zur Trennung des Gegenverkehrs in Autobahnbaustellen werden in Deutschland drei verschiedene Maßnahmen ergriffen: Markierung (Doppellinie mit Sichtzeichen), Leitschwellen sowie transportable Schutzeinrichtungen. Die Breite des Trennstreifens zwischen den Behelfsfahrstreifen von Richtung und Gegenrichtung ist dabei abhängig von der Breite des zur Verfügung stehenden Fahrbahnquerschnitts.

Die Sicherheit der drei genannten Trennungsarten wurde erstmals von FISCHER/BRANNOLTE (2006) untersucht. Erwartungsgemäß zeigte sich die Trennung durch Markierung als unsicherste Variante. Überraschend hingegen war, dass bei der Sicherheitsbewertung kein Unterschied zwischen Leitschwellen und transportablen Schutzeinrichtungen zu ermitteln war. Bei der Interpretation dieser Ergebnisse im Hinblick auf einen bevorzugten Einsatz von Leitschwellen oder transportablen Schutzeinrichtungen ist jedoch zu berücksichtigen, dass die unfallstatistische Grundlage für die Verkehrssicherheitsbewertung von Leitschwellen gering

war und Einfädungsbereiche an Anschlussstellen sowie andere Besonderheiten in den Arbeitsstellenbereichen mit Gegenverkehrstrennung (z. B. Baustellenzufahrten) nicht betrachtet wurden.

Zielsetzung dieses Forschungsvorhabens war deshalb ursprünglich, eine statistisch tragfähige Bewertung des Sicherheitspotenzials von Leitschwellen in Arbeitsstellen als Gegenverkehrstrennungsmaßnahme im Vergleich zu transportablen Schutzeinrichtungen vorzunehmen. Hierbei sollten die Auswirkungen von Anschlussstellen und andere Besonderheiten innerhalb der Bereiche mit Gegenverkehrstrennung mit betrachtet werden. Des Weiteren sollte die Relevanz der Zulauf- und vor allem der Überleitungsbereiche im Hinblick auf die Verkehrssicherheit in Arbeitsstellen untersucht und die Übertragbarkeit bzw. Vergleichbarkeit der Ergebnisse im Verhältnis zum Bereich der Gegenverkehrstrennung geprüft werden.

Im Laufe der Bearbeitung hat sich jedoch gezeigt, dass Leitschwellen kaum noch zur Gegenverkehrstrennung in Arbeitsstellen eingesetzt werden, sondern überwiegend transportable Schutzeinrichtungen. Hintergrund ist neben dem ARS Nr. 18/1999 auch die Tatsache, dass die bauliche Breite moderner transportabler Schutzeinrichtungen deutlich geringer ist und somit deren Einsatz auch bei geringeren Fahrbahnbreiten erleichtert wird.

Deshalb lag der Schwerpunkt der Betrachtungen auf einer vergleichenden Bewertung von verschiedenen Verkehrsführungen in Arbeitsstellen längerer Dauer mit Überleitung auf die Gegenfahrbahn. Zu Arbeitsstellen mit Leitschwellen als Gegenverkehrstrennung erfolgt jedoch eine gesonderte Betrachtung.

Zur Ableitung von untersuchungsrelevanten Kriterien erfolgte im Rahmen der Grundlagenanalyse zunächst eine systematische Aufbereitung der vorhandenen Erkenntnisse zur Verkehrssicherheit und zum Verkehrsablauf in Arbeitsstellen längerer Dauer mit Überleitung auf die Gegenfahrbahn.

Für die Sicherheitsbewertung von Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung wurden eine umfangreiche Unfallanalyse und ergänzende Verkehrsablaufanalysen durchgeführt.

Die Unfallanalyse wurde für alle relevanten Arbeitsstellen mit Überleitungen auf die Gegenfahrbahn aus den Jahren 2003 bis 2006 durchgeführt. Innerhalb der Arbeitsstellen wurde eine differenzierte

Betrachtung der Zulauf- und Überleitungsbereiche sowie der Bereiche mit Gegenverkehrstrennung vorgenommen. Innerhalb der Bereiche mit Gegenverkehrstrennung konnten auch die Auswirkungen von Anschlussstellen auf die Verkehrssicherheit betrachtet werden.

Im Rahmen der durchgeführten Verkehrssicherheits- und Verkehrsablaufuntersuchungen in Arbeitsstellen längerer Dauer auf Autobahnen in Deutschland konnten Erkenntnisse gewonnen werden, die bei der zukünftigen Planung und Einrichtung von Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennungen Berücksichtigung finden sollten. Die am häufigsten eingesetzten 4+0-, 3+1- und 4+2-Verkehrsführungen wurden dabei unter dem Gesichtspunkt der Verkehrssicherheit bewertet. Dazu wurden sowohl Unfalluntersuchungen als auch Verkehrsablaufuntersuchungen durchgeführt.

Aus den Untersuchungen zum Unfallgeschehen lassen sich folgende Kernaussagen festhalten:

- Die UR liegen für 4+0-Verkehrsführungen in etwa in der gleichen Größenordnung wie für 3+1-Verkehrsführungen, sowohl für den Arbeitsstellenbereich insgesamt als auch für den Baustelleninnenbereich.
- Die UKR von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung sind, wie in den Arbeitsstellen insgesamt, auch im Baustelleninnenbereich mit Gegenverkehrstrennung höher als die UKR von Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung.
- Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung weisen sowohl bei den UR als auch bei den UKR höhere Werte auf als die ebenfalls betrachteten 4+0- und 3+1-Verkehrsführungen. Dies gilt für beide Bereiche, Baustelleninnenbereich und die Arbeitsstelle insgesamt.
- In Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung werden erheblich weniger Fahrzeuginsassen bei Unfällen mit Personenschaden verletzt oder getötet als in Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung.
- Tendenziell sind UR bei Arbeitsstellen mit 4+0- und 3+1-Verkehrsführung im Bereich der Gegenverkehrstrennung bezogen auf die Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) etwas geringer als im gesamten Arbeitsstellenbereich. Bezogen auf alle Unfälle, also Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) und Unfälle mit

Sachschaden (Kategorie 4-6) sowie bei Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung ist es eher umgekehrt.

- Insbesondere der Zulauf und die Überleitung/ Verschwenkung erweisen sich als unsicherer als die übrigen Abschnitte des gesamten Arbeitsstellenbereichs.
- Der Zulaufbereich von Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung weist deutlich geringere UKR auf als der Zulaufbereich von Arbeitsstellen mit 4+0- und 4+2-Verkehrsführungen. Liegen die UR noch auf einem Niveau, ist die UKR bei Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung deutlich höher, d. h., die Unfälle im Zulaufbereich von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung sind schwerer als diejenigen im Zulaufbereich von Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung. Die Unfälle im Zulaufbereich von Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung fallen weniger schwer aus als die Unfälle im Zulaufbereich von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung.
- Die Unfälle im Überleitungsbereich von Arbeitsstellen mit 3+1-Verkehrsführung sind häufiger, aber nicht so schwer wie diejenigen im Überleitungsbereich von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung. Im Überleitungsbereich von Arbeitsstellen mit 4+2-Verkehrsführung sind Unfälle seltener und fallen weniger schwer aus als die Unfälle im Überleitungsbereich von Arbeitsstellen mit 4+0- oder 3+1-Verkehrsführung.
- Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung und schmalen Richtungsfahrbahnen unter 5,75 m Breite sind sicherer als solche mit breiten Richtungsfahrbahnen. Ursächlich dafür ist ausschließlich das geringere Unfallaufkommen mit Personenschaden. Auf schmalen Fahrbahnen kommt es aber zu mehr Unfällen mit leichtem Sachschaden.
- Arbeitsstellen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h im Baustelleninnenbereich sind geringfügig sicherer als solche mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h.
- Anschlussstellen im Baustelleninnenbereich erhöhen die Unfallwahrscheinlichkeit bei allen betrachteten Verkehrsführungen.
- Ein Einfluss der Arbeitsstellenlänge auf das Unfallgeschehen konnte nicht nachgewiesen werden.

Die Untersuchungen des Verkehrsablaufs führen zu folgenden wesentlichen Erkenntnissen:

- Die Längsneigung, die Fahrstreifenbreite und der Schwerverkehrsanteil beeinflussen den Verkehrsablauf, in ihrer Kombination kann dieser sogar maßgeblich sein (hohe Längsneigung, schmale Fahrstreifen, hier Schwerverkehrsanteil).
- Bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h wird zwar im Mittel langsamer gefahren als bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h, die mittleren Geschwindigkeitsübertretungen sind aber höher. Auf schmalen Fahrstreifen wird deutlich langsamer gefahren als auf breiteren Fahrstreifen.
- Bei schmalen Fahrstreifen bis 2,50 m Breite sind die Geschwindigkeiten geringer als bei Fahrstreifen von mehr als 2,50 m bis zu 3,00 m Breite. In Arbeitsstellen mit breiteren Fahrstreifen werden die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten häufiger überschritten als in Arbeitsstellen mit schmaleren Fahrstreifen. Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen dem Überholfahrstreifen und dem Hauptfahrstreifen steigen mit der Breite der Fahrstreifen an.
- In Überleitungen erhöhen aufgebrauchte Trennlinsen den seitlichen Abstand zwischen den Fahrzeugen beim Durchfahren der Überleitung.
- An Anschlussstellen innerhalb von Arbeitsstellen sind bei verkürzten Einfädelungstreifen mit einer Länge bis zu 100 m bei steigender Einfädelungsverkehrsstärke deutlich weniger unbeflügelt einfahrende Fahrzeuge als bei längeren Einfädelungstreifen festzustellen.
- Anschlussstellen im Bereich einer Überleitung oder Verschwenkung sollten im Hinblick auf die dort auftretenden kritischen Fahrmanöver möglichst vermieden werden.
- Im Zuge der Arbeitsstellendurchfahrt ist eine deutliche Tendenz der Verkehrsteilnehmer zum rechten Fahrstreifen festzustellen, welche sich mit zunehmender Baustellenlänge noch weiter verstärkt. Ein Einfluss der Arbeitsstellenlänge auf die Geschwindigkeit konnte jedoch nicht nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen haben gezeigt, dass ein reiner Vergleich von einzelnen Verkehrsführungen – ohne Berücksichtigung von wei-

teren Parametern wie die Fahrstreifenbreite oder das Vorhandensein von Anschlussstellen – nicht sonderlich aussagekräftig ist. Bei der Planung von Arbeitsstellen und der volkswirtschaftlichen Bewertung dieser müssen daher neben der Einrichtungsdauer alle relevanten Parameter betrachtet werden.

Eine Differenzierung hinsichtlich der unterschiedlichen Gegenverkehrstrennungen (transportable Schutzeinrichtungen, Leitschwellen, Markierungen) konnte nicht bzw. nur eingeschränkt im Rahmen einer gesonderten Betrachtung vorgenommen werden, da mittlerweile weder Markierungen noch Leitschwellen noch regelmäßig verwendet werden, sondern nahezu ausschließlich transportable Schutzeinrichtungen. Ein Einfluss der verschiedenen Systeme von transportablen Schutzeinrichtungen (Stahl- oder Betonschutzwand) konnte nicht nachgewiesen werden.

Die Betrachtung der Leitschwellen hat gezeigt, dass Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung und Leitschwellen als Trennungselement etwas geringere UR und UKR aufweisen als entsprechende Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen. Bei einer 3+1-Verkehrsführung mit Leitschwellen ist die UR etwas höher als bei Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen, die UKR ist deutlich höher. Unfälle im Überleitungsbereich von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung und Leitschwellen sind häufiger, aber fallen weniger schwer aus als die Unfälle im Überleitungsbereich von Arbeitsstellen mit 4+0-Verkehrsführung und transportablen Schutzeinrichtungen. Bei einer 3+1-Verkehrsführung ist dies umgekehrt.

Die gewonnenen Erkenntnisse im Hinblick auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf bei Arbeitsstellen mit 4+0-, 3+1- und 4+2-Verkehrsführungen können in den weiteren Prozess zur Planung und Durchführung von möglichst sicheren und leistungsfähigen Arbeitsstellen einbezogen werden.

Arbeitsstellen mit 2+0-Verkehrsführungen sollten aufgrund ihrer Relevanz in der Praxis im Rahmen eines gesonderten Forschungsvorhabens hinsichtlich Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf betrachtet werden.

## Literatur

- ARS Nr. 18/1999: S 28/38.58.10/38 Va 99, Änderungen zu den ZTV-SA vom 17. August 1999
- ARS Nr. 34/1997: Einführungserlass der ZTV-SA 97, Bundesministerium für Verkehr, Bonn
- AULBACH, J. (1994): Lichttechnische Gestaltung von Arbeitsstellen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 679, Bonn-Bad Godesberg
- BAIER, M. M.; KEMPER, D.; BAUR, O.; STEIN-AUER, B.; FRANK, H. (2006): Sicherheitswirkung fluoreszierender Materialien bei Leiteinrichtungen in Arbeitsstellen. Forschung Straßenbau und Verkehrstechnik, Heft 945, Bonn
- BAIER, M. M.; MESEBERG, H.-H.; KEMPER, D.: Empfehlungen zum Einsatz von Pfeilbaken in Arbeitsstellen längerer Dauer auf Autobahnen. In: Straßenverkehrstechnik 51 (2007), Heft 6, S. 289-296
- BARK, A.; KUTSCHERA, R.; BAIER, R.; KLEMP-S-KOHNEN, A. (2008): Handbuch der Verkehrssicherheit von Straßen. FE 03.389/2005/FGB im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Gießen/Aachen (unveröffentlicht)
- BRÜHNING, E.; VÖLKER, R. (1982): Das Unfallrisiko im Straßenverkehr – Kenngrößen und ihre statistische Behandlung. In: Zeitschrift für Verkehrssicherheit 28, Heft 3, S. 106-117
- Bundesanstalt für Straßenwesen (2007): Berichte: Straßenverkehrszählung 2005, Ergebnisse. Verkehrstechnik Heft V 164, Bergisch Gladbach
- Bundesministerium für Verkehr (1995): Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA). Ausgabe 1995, Bonn-Bad Godesberg
- Bundesministerium für Verkehr (1997): Technische Lieferbedingungen für transportable Schutzeinrichtungen. Ausgabe 1997, Bonn
- Bundesministerium für Verkehr (1997): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Sicherungsarbeiten an Arbeitsstellen an Straßen (ZTV-SA). Ausgabe 1997, Bonn-Bad Godesberg
- ELSNER, O. (2010): Handbuch für Straßen- und Verkehrswesen. Otto ELSNER Verlagsgesellschaft, Dieburg

- EMDE, W.; HAMESTER, H. (1983): Unfallgeschehen an Autobahnbaustellen. Informationen Verkehrsplanung und Straßenwesen der Universität der Bundeswehr München, Heft 14, München-Neubiberg
- FISCHER, L.; BRANNOLTE, U. (2006): Sicherheitsbewertung von Maßnahmen zur Trennung des Gegenverkehrs in Arbeitsstellen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Verkehrstechnik, Heft V 142, Bergisch Gladbach
- FITSCHEN, A.; KOßMANN, I. (2005): Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2003. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Verkehrstechnik, Heft V 127, Bergisch Gladbach
- FITSCHEN, A.; KOßMANN, I. (2006): Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2004. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Verkehrstechnik, Heft V 140, Bergisch Gladbach
- FITSCHEN, A.; KOßMANN, I. (2007): Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2005. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Verkehrstechnik, Heft V 160, Bergisch Gladbach
- FITSCHEN, A.; KOßMANN, I. (2008): Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2006. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Verkehrstechnik, Heft V 166, Bergisch Gladbach
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (1996): Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Querschnitte (RAS-Q). Ausgabe 1996, Köln
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2008): Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA). Ausgabe 2008, Köln
- FRIEDRICH, B.; ENGELMANN, F. (2003): Verkehrsablauf an Fahrstreifenreduktionen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 869, Bonn
- HANKO, W. (1995): Wie sicher können Autobahnbaustellen sein? Feste Baustellen von längerer Dauer auf Autobahnen, Tagungsband, Innsbruck
- HOFFMANN, G. et al. (1981): Auswirkungen von Reparatur-Baumaßnahmen auf der Bundesautobahn Stadtring Berlin auf den Verkehrsablauf und das Unfallgeschehen. In: Forschung Straßenbau und Verkehrstechnik, Heft 329, Bonn-Bad Godesberg
- KOCKELKE, W.; ROSSBANDER, E. (1988): Untersuchungen zum Verkehrsverhalten und zur Verkehrssicherheit an Autobahnbaustellen. Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bereich Unfallforschung, Heft 186, Bergisch Gladbach
- KÖHLER, N. (2007): Untersuchung des modifizierten Reißverschlussverfahrens- Studienarbeit am Lehrstuhl für Straßenwesen, Erd- und Tunnelbau der RWTH Aachen, Aachen (unveröffentlicht)
- KRAUSE, S. (2010): Schwerpunkte der Straßenbaufinanzierung. Vortrag im Rahmen der Lehrveranstaltung des BMVBS, der BASt und des Landesbetriebs Straßenbau Nordrhein-Westfalen, Aachen, 25. Januar 2010
- KÜHNEN, M. A. (1995): Verkehrssicherheit in Arbeitsstellen. In: Straßenverkehrstechnik 39 (1995), Heft 7, S. 313-317
- KÜHNEN, M. A. (2007): Autobahnverzeichnis 2006. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Verkehrstechnik, Heft V 154, Bergisch Gladbach
- LAFFONT, S.; SCHMIDT, G. (1995): Empfehlungen und Leitlinien zur Minderung von Stau- und Unfallrisiko bei engen 1-streifigen Verkehrsführungen in Autobahnbaustellen der neuen Bundesländer, 2+0- und 1+1-Führung. Forschung Straßenbau und Verkehrstechnik, Heft 701, Bonn-Bad Godesberg
- LAUBE, M. (2001): Verkehrsverhalten und Unfallgeschehen im Bereich von Autobahnbaustellen. Conference Paper, Zürich
- MESEBERG, H.-H. (1997): Wirksamkeit vertikaler Leitelemente für Straßenarbeitsstellen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Verkehrstechnik, Heft V 49, Bergisch Gladbach
- MÜLLER, F.; SEELIGER, R. (1990): Untersuchungen zur Wirkung unterschiedlicher Leiteinrichtungen als Fahrbahn als Fahrbahnverengung auf das Fahrverhalten vor BAB-Arbeitsstellen. In: Straße und Autobahn, Heft 10
- NADLER, F.; HANKO, W.; SCHREFEL, J. (1988): Verkehrssicherheit im Bereich von Baustellen auf Autobahnen. Straßenforschungsvorhaben Nr. 659 gefördert vom Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Straßenforschung Heft 372, Wien

- Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern (2009): Verkehrs- und Unfallgeschehen auf Straßen des überörtlichen Verkehrs in Bayern (OBB). In: Jahresbericht 2008, München
- PETERSEN, G. (1988): Sicherheitsfragen und Maßnahmen bei der Ausführung von Unterhaltungsarbeiten. Straßen und Verkehr 74, Heft 10
- RÜFFER, G.; BRAUN, W. (2001): Verkehrssicherheit auf der BAB A 2 im Baustellenbereich zwischen Magdeburg-Rothensee und Marienborn. In: Straße + Autobahn 52, Heft 2, S. 66-74
- SCHÖNBORN, H. D.; SCHULTE, W. (1999): RSA-Handbuch, Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen, Band 1: RSA mit Kommentar. 2. Auflage, Kirschbaum Verlag, Bonn
- SN 640135 (1996): Linienführung Mittelstreifenüberfahrten. Vereinigung Schweizer Verkehrsfachleute, VSS-Kommission 173, Zürich
- SN 640885c (1995): Signalisation von Baustellen auf Autobahnen und Autostraßen. Vereinigung Schweizer Verkehrsfachleute, VSS-Kommission 3, Zürich
- SPACEK, P. (1995): Gestaltung von Mittelstreifenüberfahrten an Hochleistungsstrassen. Forschungsarbeit Nr. 5/88 des Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Zürich
- SPACEK, P.; LAUBE, M.; SANTEL, G. (2005): Baustellen an Hochleistungsstraßen – Verkehrstechnische Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Verkehrsflusses. Forschungsauftrag VSS 1999/127, Zürich
- WEINSPACH, K. (1988): Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf im Bereich von Baustellen auf Betriebsstrecken der Bundesautobahnen. In: Straße + Autobahn 39, Heft 7, S. 257-265

## Bilder

- Bild 1: Vorgehensweise zur Sicherheitsbewertung von Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung
- Bild 2: Schema zur Definition von Fahrstreifen und Trennstreifen (SCHÖNBORN/SCHULTE, 1999)
- Bild 3: Zusammenhang zwischen Baubreite und Planungsbreite (SCHÖNBORN/SCHULTE, 1999)
- Bild 4: Verkehrsführungen in Arbeitsstellen auf Autobahnen
- Bild 5: Prinzipskizze zur Ausbildung von Mittelstreifenüberfahrten (SPACEK, 1995)
- Bild 6: Anzahl aller gemeldeten Arbeitsstellen längerer Dauer (Dauer  $\geq 8$  Tage) in den Jahren von 2003 bis 2009 (2003-2006: eigene Auswertung der Baubetriebsmeldungen, 2007-2009: KRAUSE, 2010)
- Bild 7: Neubau von Autobahnen in Deutschland von 1935 bis 2009 (Quelle: [www.autobahn-online.de](http://www.autobahn-online.de), Stand: 17. Dezember 2009)
- Bild 8: Arbeitsstellenkollektiv nach Abfrage beim Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (jetzt: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur)
- Bild 9: Anzahl von Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung (Länge  $\geq 700$  m und Dauer  $\geq 21$  Tage) ausgewählter Verkehrsführungen in den Jahren von 2003 bis 2006 differenziert nach Jahren
- Bild 10: Verlauf der A 7 zwischen Memmingen und Ulm
- Bild 11: Arbeitsstellenkollektiv nach Abfrage bei den Straßenbauverwaltungen der Länder und Überlagerung mit vorhandenen Unfalldaten
- Bild 12: DTV, Länge und Dauer der 244 Arbeitsstellen nach Verkehrsführung
- Bild 13: Standardfälle von Arbeitsstellen hinsichtlich dem Vorhandensein und der Lage von Anschlussstellen
- Bild 14: Sonderfälle von Arbeitsstellen hinsichtlich dem Vorhandensein und der Lage von Anschlussstellen

- Bild 15: Gegenverkehrstrennungselemente im Baustelleninnenbereich der 244 Arbeitsstellen
- Bild 16: Eingesetzte Gegenverkehrstrennungselemente im Baustelleninnenbereich der 244 Arbeitsstellen nach Verkehrsführungen
- Bild 17: Gründe für die Wahl der Verkehrsführung
- Bild 18: Gründe für die Wahl der Trennungselemente
- Bild 19: Jahresganglinientypen des Kfz-Verkehrs (FITSCHE/KOßMANN, 2005/2006/2007/2008)
- Bild 20: Berücksichtigung der Jahresganglinie des Kfz-Verkehrs und der zeitlichen Lage der Arbeitsstelle
- Bild 21: Betrachtungsbereiche der Unfallanalysen
- Bild 22: Sektionen für die Unfallanalyse innerhalb von Arbeitsstellen mit Überleitung
- Bild 23: Untersuchungskollektiv insgesamt
- Bild 24: Kollektivbildung bei Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen
- Bild 25: Verteilung der Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) im Arbeitsstellenbereich der 190 Arbeitsstellen (Kollektiv 1) auf die Unfalltypen
- Bild 26: Verteilung der Unfälle mit Personenschaden (Kategorien 1-3) im Bereich der Gegenverkehrstrennung der 190 Arbeitsstellen (Kollektiv 1) auf die 7 Unfalltypen
- Bild 27: Verteilung aller Unfälle (Kategorien 1-6) im Arbeitsstellenbereich der 126 Arbeitsstellen (Kollektiv 4) auf die Unfalltypen
- Bild 28: Verteilung aller Unfälle (Kategorien 1-6) im Bereich der Gegenverkehrstrennung der 126 Arbeitsstellen (Kollektiv 4) auf die Unfalltypen
- Bild 29: Berechnung der Unfallkosten
- Bild 30:  $UKR_{A,M,JG}$  für Arbeitsstellen mit 4+0- und 3+1-Verkehrsführungen in Abhängigkeit der Unfallkollektive
- Bild 31:  $UKR_{A,M,JG}$  für Gegenverkehrstrennungsbereich in Arbeitsstellen mit 4+0- und 3+1-Verkehrsführungen
- Bild 32: Anzahl der Arbeitsstellen aus Kollektiv 4 bei Differenzierung nach Art der Verkehrsführung, Fahrstreifenbreite und zulässiger Höchstgeschwindigkeit
- Bild 33: Radarsensoren über der Fahrbahn
- Bild 34: Videoaufzeichnung eines Überleitungsbereichs
- Bild 35: Messapparatur am Messfahrzeug
- Bild 36: Lage der untersuchten Arbeitsstellen
- Bild 37: Geschwindigkeitsverteilungen an einem Messquerschnitt für Haupt- und Überholfahrstreifen
- Bild 38: Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 12 (A 1 Hamburg/Bremen) für die Fahrtrichtung Hamburg
- Bild 39: Fahrstreifenbelegung in Abhängigkeit der Verkehrsstärke
- Bild 40: Anteil der Verkehrsstärke auf dem Überholfahrstreifen (Mittelwerte) an der fahrtrichtungsbezogenen Gesamtverkehrsstärke in Abhängigkeit der Fahrstreifenbreite
- Bild 41: Anteil der Verkehrsstärke auf dem Überholfahrstreifen (Mittelwerte) an der fahrtrichtungsbezogenen Gesamtverkehrsstärke in Abhängigkeit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit
- Bild 42: Anteil der Verkehrsstärke auf dem Überholfahrstreifen (Mittelwerte) an der fahrtrichtungsbezogenen Gesamtverkehrsstärke in Abhängigkeit der Art der Gegenverkehrstrennung
- Bild 43: Darstellung des Auswertebereichs (Beispiel)
- Bild 44: Zuordnung des Spurverhaltens innerhalb des Überholfahrstreifens
- Bild 45: Anzahl einfahrender Kraftfahrzeuge und Anteil unbeeinflusster Einfahrvorgänge an Anschlussstellen in Abhängigkeit der Verkehrsstärke auf dem Hauptfahrstreifen

## Tabellen

- Tab. 1: Mindestbreite von Behelfsfahrstreifen in Abhängigkeit der Arbeitsstellenlänge (RSA, 1995)
- Tab. 2: Gegenüberstellung der Unfallraten für verschiedene Verkehrsführungen aus den Untersuchungen zu Arbeitsstellen längerer Dauer von EMDE/HAMESTER (1983)
- Tab. 3: Gegenüberstellung der Unfallraten für verschiedene Verkehrsführungen aus den Untersuchungen zu Arbeitsstellen längerer Dauer von KOCKELKE/ROSSBANDER (1988)
- Tab. 4: Gegenüberstellung der Unfallraten für die verschiedenen Verkehrsführungen aus den Untersuchungen zu Arbeitsstellen längerer Dauer von FISCHER/BRANNOLTE (2006)
- Tab. 5: Anzahl, mittlere Länge und mittlere Dauer der Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung (Länge  $\geq 700$  m und Dauer  $\geq 21$  Tage) in den Jahren 2003 bis 2006 differenziert nach Verkehrsführungen
- Tab. 6: Anzahl der nach der Länderabfrage verbleibenden 393 Arbeitsstellen nach Verkehrsführungen und Bundesländern
- Tab. 7: Netzlängen in Abhängigkeit der befestigten Querschnittsbreite in den Bundesländern (ELSNER, 2010)
- Tab. 8: Verteilung der nach der Plausibilitätsprüfung verbleibenden 244 Arbeitsstellen nach Verkehrsführungen und Bundesländern
- Tab. 9: Standard- und Sonderfälle der 244 Arbeitsstellen
- Tab. 10: Verteilung der verwendeten Gegenverkehrstrennungselemente im Baustelleninnenbereich der 244 Arbeitsstellen nach Bundesländern
- Tab. 11: Anzahl der Arbeitsstellen mit transportablen Schutzeinrichtungen nach Verkehrsführung für jedes gebildete Untersuchungskollektiv
- Tab. 12: Unfallkollektiv 1 für den gesamten Arbeitsstellenbereich der 190 Arbeitsstellen (Kategorien 1-3)
- Tab. 13: Unfallkollektiv 1 für den Bereich der Gegenverkehrstrennung der 190 Arbeitsstellen (Kategorien 1-3)
- Tab. 14: Unfallkollektiv 1 für den Zulaufbereich der 190 Arbeitsstellen (Kategorien 1-3)
- Tab. 15: Unfallkollektiv 1 für den Überleitungsbereich der 190 Arbeitsstellen (Kategorien 1-3)
- Tab. 16: Unfallkollektiv 2 für gesamten den Arbeitsstellenbereich der 124 Arbeitsstellen (Kategorien 1-4)
- Tab. 17: Unfallkollektiv 2 für den Bereich der Gegenverkehrstrennung der 124 Arbeitsstellen (Kategorien 1-4)
- Tab. 18: Unfallkollektiv 2 für den Zulaufbereich der 124 Arbeitsstellen (Kategorien 1-4)
- Tab. 19: Unfallkollektiv 2 für den Überleitungsbereich der 124 Arbeitsstellen (Kategorien 1-4)
- Tab. 20: Unfallkollektiv 3a für den gesamten Arbeitsstellenbereich der 60 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)
- Tab. 21: Unfallkollektiv 3a für den Bereich der Gegenverkehrstrennung der 60 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)
- Tab. 22: Unfallkollektiv 3a für den Zulaufbereich der 60 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)
- Tab. 23: Unfallkollektiv 3a für den Überleitungsbereich der 60 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)
- Tab. 24: Unfallkollektiv 3b für den gesamten Arbeitsstellenbereich der 60 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)
- Tab. 25: Unfallkollektiv 3b für den Bereich der Gegenverkehrstrennung der 60 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)
- Tab. 26: Unfallkollektiv 3b für den Zulaufbereich der 60 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)
- Tab. 27: Unfallkollektiv 3b für den Überleitungsbereich der 60 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)
- Tab. 28: Unfallkollektiv 4 für den gesamten Arbeitsstellenbereich der 126 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)

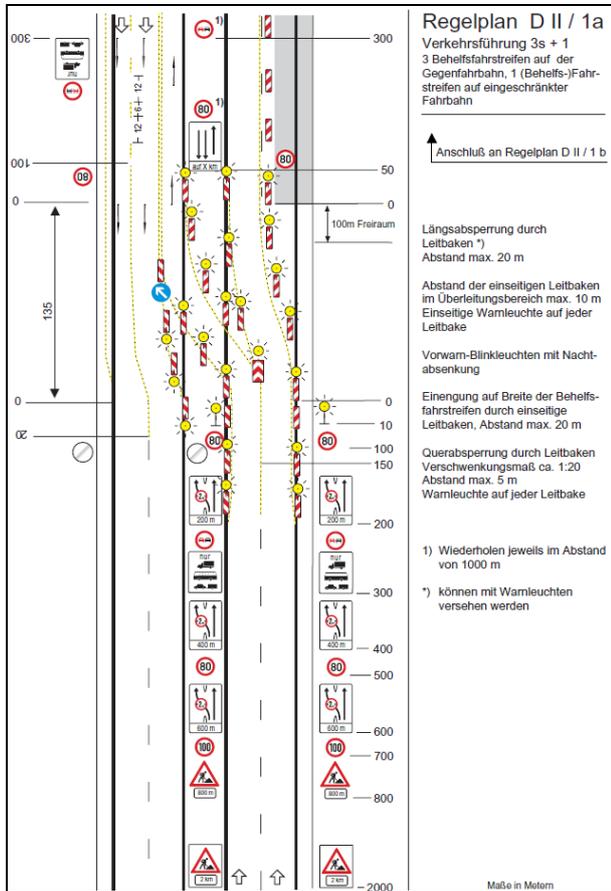
- Tab. 29: Unfallkollektiv 4 für den Bereich der Gegenverkehrstrennung der 126 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)
- Tab. 30: Unfallkollektiv 4 für den Zulaufbereich der 126 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)
- Tab. 31: Unfallkollektiv 4 für den Überleitungsbereich der 126 Arbeitsstellen (Kategorien 1-6)
- Tab. 32: Verunglücktenstruktur der Unfälle mit schwerem Personenschaden (Kategorien 1+2, alle Unfalltypen) auf Autobahnen insgesamt und in den betrachteten 190 Arbeitsstellen (Kollektiv 1, gesamter Arbeitsstellenbereich)
- Tab. 33: Verunglücktenstruktur der Unfälle mit schwerem Personenschaden (Kategorien 1+2, alle Unfalltypen) auf Autobahnen insgesamt und im Bereich der Gegenverkehrstrennung der betrachteten 190 Arbeitsstellen (Kollektiv 1)
- Tab. 34: Kostensätze für Verunglückte Preisstand (2010)
- Tab. 35: Kostensätze für Sachschaden (Preisstand 2010)
- Tab. 36: Unfallkostensätze (Preisstand 2010)
- Tab. 37:  $UR_{A,M,JG}$  für gesamten Arbeitsstellenbereich (Kollektiv 1 und Kollektiv 2 im Vergleich)
- Tab. 38:  $UR_{A,M,JG}$  für gesamten Arbeitsstellenbereich (Kollektiv 1 und Kollektiv 4 im Vergleich)
- Tab. 39:  $UKR_{A,M,JG}$  für gesamten Arbeitsstellenbereich (Kollektiv 1 und Kollektiv 2 im Vergleich)
- Tab. 40:  $UKR_{A,M,JG}$  für gesamten Arbeitsstellenbereich (Kollektiv 1 und Kollektiv 4 im Vergleich)
- Tab. 41:  $UR_{A,M,JG}$  für Bereich der Gegenverkehrstrennung (Kollektiv 1 und Kollektiv 2 im Vergleich)
- Tab. 42:  $UR_{A,M,JG}$  für Bereich der Gegenverkehrstrennung (Kollektiv 1 und Kollektiv 2 im Vergleich)
- Tab. 43:  $UKR_{A,M,JG}$  für Bereich der Gegenverkehrstrennung (Kollektiv 1 und Kollektiv 4 im Vergleich)
- Tab. 44:  $UKR_{A,M,JG}$  für Bereich der Gegenverkehrstrennung (Kollektiv 1 und Kollektiv 4 im Vergleich)
- Tab. 45:  $UR_{A,M,JG}$  für Bereich der Gegenverkehrstrennung mit und ohne Anschlussstellen (Kollektiv 4)
- Tab. 46:  $UKR_{A,M,JG}$  für Bereich der Gegenverkehrstrennung mit und ohne Anschlussstellen (Kollektiv 4)
- Tab. 47:  $UR_{A,M,JG}$  für Bereich der Gegenverkehrstrennung mit und ohne Anschlussstellen (Kollektiv 1)
- Tab. 48:  $UKR_{A,M,JG}$  für Bereich der Gegenverkehrstrennung mit und ohne Anschlussstellen (Kollektiv 1)
- Tab. 49:  $UKR_{A,M,JG}$  für Bereich der Gegenverkehrstrennung in Abhängigkeit der Fahrstreifenbreite (relevante Arbeitsstellen aus Kollektiv 4 gemäß Bild 33)
- Tab. 50:  $UKR_{A,M,JG}$  für Bereich der Gegenverkehrstrennung und schmalen Fahrstreifenbreiten in Abhängigkeit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit (relevante Arbeitsstellen aus Kollektiv 4 gemäß Bild 33)
- Tab. 51:  $UR_{A,M,JG}$  für Zulaufbereich (Kollektive 1, 2 und 4 im Vergleich)
- Tab. 52:  $UKR_{A,M,JG}$  für Zulaufbereich Kollektive 1, 2 und 4 im Vergleich)
- Tab. 53:  $UR_{A,M,JG}$  für Überleitungsbereich (Kollektive 1, 2 und 4 im Vergleich)
- Tab. 54:  $UKR_{A,M,JG}$  für Überleitungsbereich (Kollektive 1, 2 und 4 im Vergleich)
- Tab. 55: Unfallkollektiv aller 26 Arbeitsstellen mit Leitschwellen für gesamten Arbeitsstellenbereich (Kategorien 1-3)
- Tab. 56: Unfallkollektiv aller 26 Arbeitsstellen mit Leitschwellen für Bereich der Gegenverkehrstrennung (Kategorien 1-3)
- Tab. 57:  $UR_{A,M,JG}$  für gesamten Arbeitsstellenbereich mit transportablen Schutzeinrichtungen und mit Leitschwellen (Kategorien 1-3)

- Tab. 58: UKR<sub>A,M,JG</sub> für gesamten Arbeitsstellenbereich mit transportablen Schutzeinrichtungen und mit Leitschwellen (Kategorien 1-3)
- Tab. 59: UR<sub>A,M,JG</sub> für den Gegenverkehrstrennungsbereich mit transportablen Schutzeinrichtungen und mit Leitschwellen (Kategorien 1-3)
- Tab. 60: UKR<sub>A,M,JG</sub> für den Gegenverkehrstrennungsbereich mit transportablen Schutzeinrichtungen und mit Leitschwellen (Kategorien 1-3)
- Tab. 61: UR<sub>A,M,JG</sub> für den Zulaufbereich mit transportablen Schutzeinrichtungen und mit Leitschwellen (Kategorien 1-3)
- Tab. 62: UKR<sub>A,M,JG</sub> für den Zulaufbereich mit transportablen Schutzeinrichtungen und mit Leitschwellen (Kategorien 1-3)
- Tab. 63: UR<sub>A,M,JG</sub> für den Überleitungsbereich mit transportablen Schutzeinrichtungen und mit Leitschwellen (Kategorien 1-3)
- Tab. 64: UKR<sub>A,M,JG</sub> für den Überleitungsbereich mit transportablen Schutzeinrichtungen und mit Leitschwellen (Kategorien 1-3)
- Tab. 65: Vergleich der UKR<sub>A,M,JG</sub> für die verschiedenen Verkehrsführungen auf Basis von Kollektiv 4 (126 Arbeitsstellen)
- Tab. 66: Geografische und gestalterische Kenngrößen der Arbeitsstellen
- Tab. 67: Infrastrukturelle Merkmale der Arbeitsstellen
- Tab. 68: Verkehrliche Merkmale der Arbeitsstellen
- Tab. 69: Gegenverkehrstrennung in den Arbeitsstellen (Baustelleninnenbereich)
- Tab. 70: Lokale Geschwindigkeiten in betrachteten Zulaufbereichen
- Tab. 71: Lokale Geschwindigkeiten in betrachteten Überleitungen bzw. Verschwenkungen
- Tab. 72: Lokale Geschwindigkeiten in betrachteten Baustelleninnenbereichen (außerhalb von Anschlussstellen)
- Tab. 73: Lokale Geschwindigkeiten in betrachteten Baustelleninnenbereichen mit 4+0-Verkehrsführung und Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h (im Bereich von Anschlussstellen)
- Tab. 74: Merkmale der betrachteten Bereiche und Anteil überholender Kraftfahrzeuge auf Überholfahrstreifen
- Tab. 75: Spurverhalten innerhalb des Überholfahrstreifens in Abhängigkeit der Fahrstreifenbreite und der Art der Gegenverkehrstrennung
- Tab. 76: Lage der Anschlussstellen und Länge der Einfädungsstreifen
- Tab. 77: Anteil der Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und gefahrene mittlere  $V_{85}$  in Abhängigkeit der Fahrstreifenbreite ( $n$  = Anzahl der lokalen fahrstreifenbezogenen Messquerschnitte)
- Tab. 78: Anteil der Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und gefahrene mittlere  $V_{85}$  in Abhängigkeit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit ( $n$  = Anzahl der lokalen fahrstreifenbezogenen Messquerschnitte)

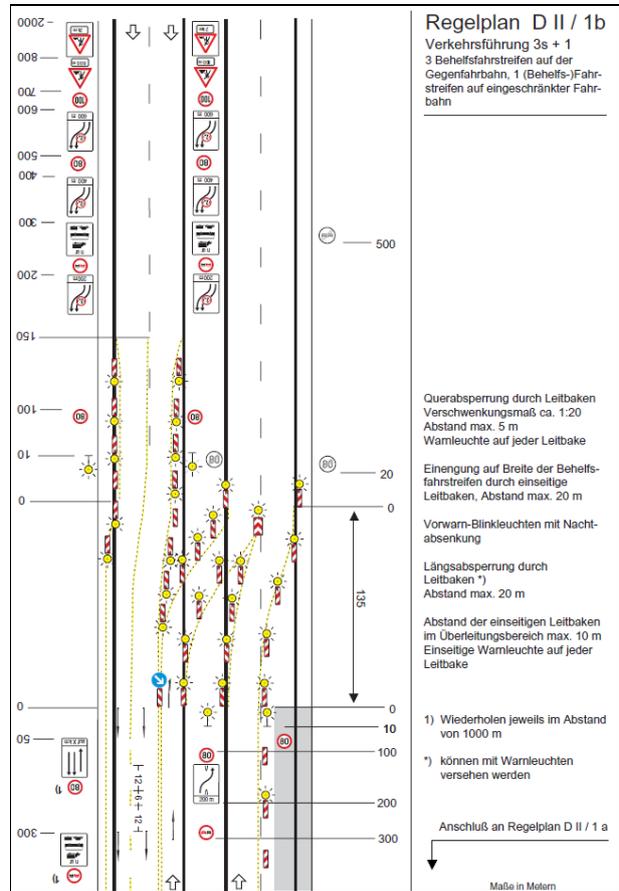
## **Anhang**

- Anhang 1:** Regelpläne nach RSA (1995)
- Anhang 2:** Beschreibung der Arbeitsstellen
- Anhang 3:** Geschwindigkeitsverteilungen
- Anhang 4:** Geschwindigkeitsprofile

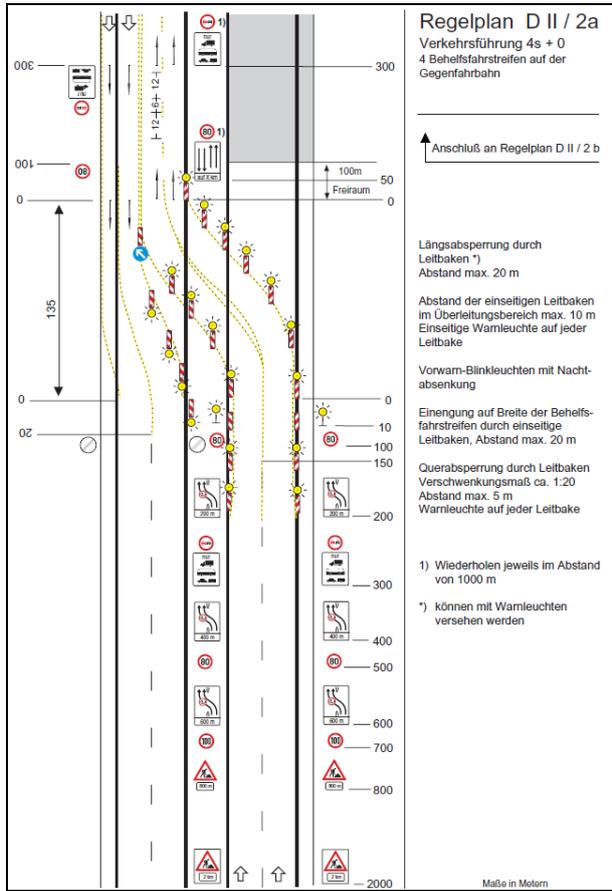
## Anhang 1: Regelpläne nach RSA (1995)



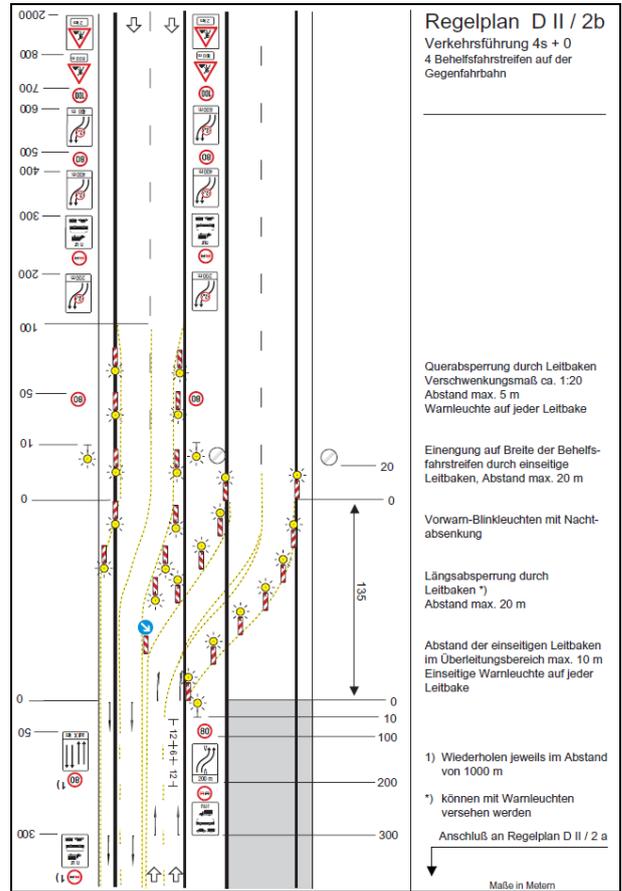
Regelplan D II/1a (3s+1-Verkehrsführung)



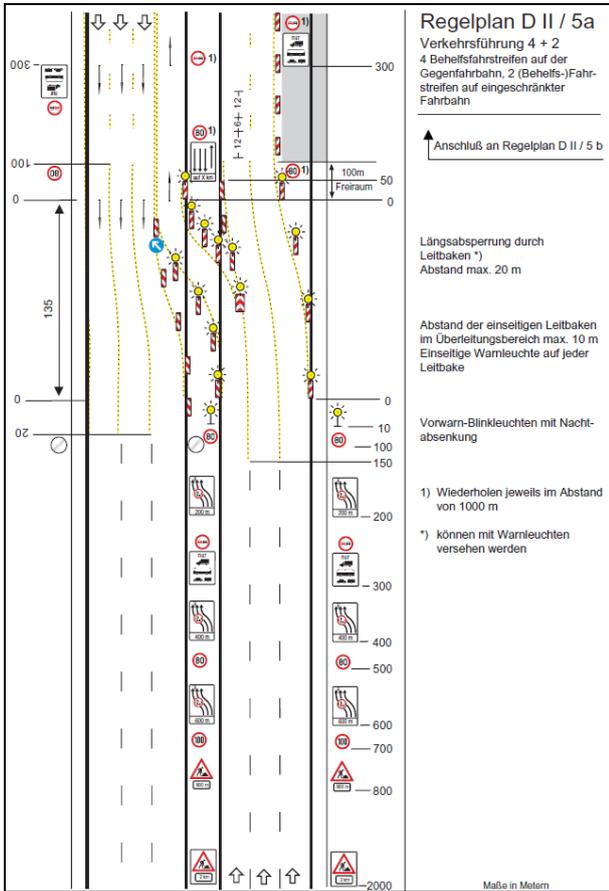
Regelplan D II/1b (3s+1-Verkehrsführung)



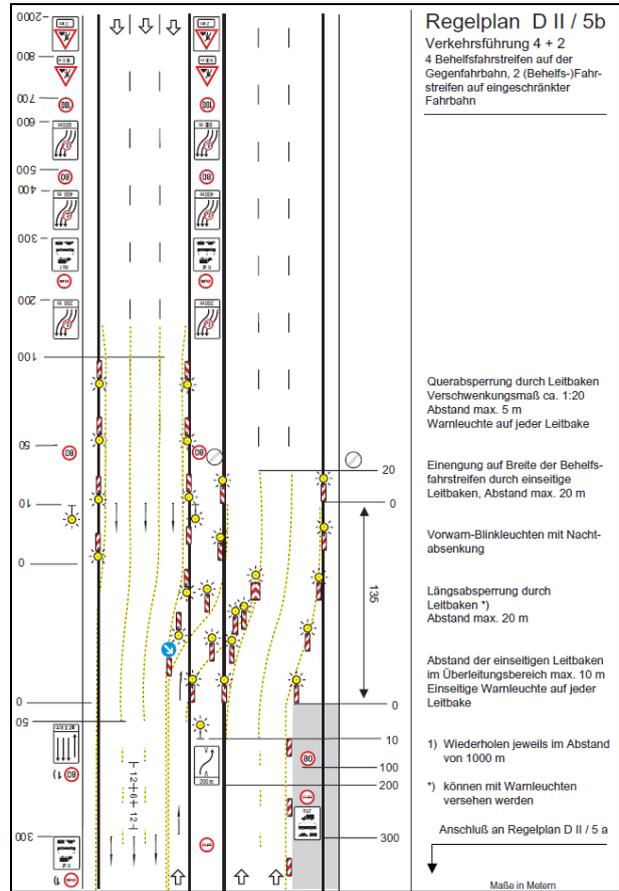
Regelplan D II/2a (4s+0-Verkehrsführung)



Regelplan D II/2b (4s+0-Verkehrsführung)



Regelplan D II/5a (4+2-Verkehrsführung)



Regelplan D II/5b (4+2-Verkehrsführung)

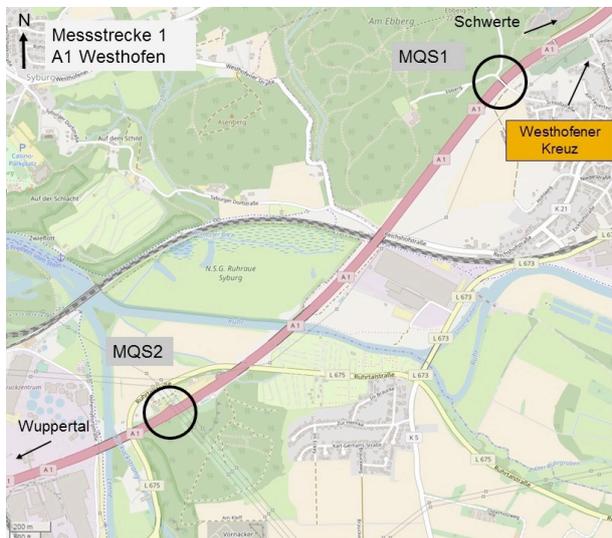
## Anhang 2: Beschreibung der Arbeitsstellen

Im Folgenden sind die örtliche Lage der in den Untersuchungen des Verkehrsablaufs betrachteten Arbeitsstellen und deren infrastrukturellen und verkehrlichen Merkmale angegeben.

### Arbeitsstelle Nr. 1: A 1 Westhofen

#### Lage

A 1 zwischen dem AK Westhofen und der AS Hagen-Nord in Nordrhein-Westfalen. Die Länge der Arbeitsstelle beträgt 5,0 km.



**Bild 46:** Lage der Arbeitsstelle Nr. 1 (A 1 Westhofen),  
Quelle: OpenStreetMap

#### Verkehrsführung, zulässige Höchstgeschwindigkeit

##### 4+0-Verkehrsführung

In beiden Fahrrichtungen erfolgt eine Reduzierung von 3 Fahrstreifen vor der Arbeitsstelle auf 2 Fahrstreifen. Der Geschwindigkeitstrichter erfolgt in beiden Fahrrichtungen von  $V_{zul.} = 120$  km/h auf der freien Strecke bis auf 60 km/h vor der Überleitung und im Baustelleninnenbereich.

#### Fahrstreifenbreiten

Die Fahrstreifenbreiten liegen auf den Überholfahrstreifen bei 2,50 m und auf dem Hauptfahrstreifen bei 3,00 m.

#### Verkehrsstärke und -zusammensetzung

DTV von 88.700 Kfz/24h, SV-Anteil: 24,9 %

#### Art der Gegenverkehrstrennung

Als Trennungselement wurde sowohl eine Stahl-schutzwand als auch in einigen Bereichen eine Betonschutzwand eingesetzt.

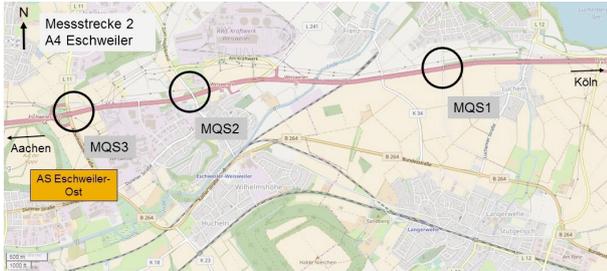
#### Erhebungen

Am Montag, dem 27.04.2009, wurden im Zeitraum von 07:30 Uhr bis 19:30 Uhr an zwei Querschnitten Videoaufzeichnungen, Radarmessungen und in beiden Fahrrichtungen insgesamt 34 Nachfolgefahrten durchgeführt.

## Arbeitsstelle Nr. 2: A 4 Eschweiler

### Lage

A 4 zwischen der AS Eschweiler-West und der AS Düren in Nordrhein-Westfalen. Die Länge der Arbeitsstelle beträgt 5,9 km.



**Bild 47:** Lage der Arbeitsstelle Nr. 2 (A 4 Eschweiler),  
Quelle: OpenStreetMap

### Verkehrsführung, zulässige Höchstgeschwindigkeit

#### 4+0-Verkehrsführung

Aus beiden Fahrrichtungen findet eine Verjüngung des Querschnitts vor der Arbeitsstelle von jeweils 3 Fahrstreifen auf 2 Fahrstreifen pro Richtung statt. Der Geschwindigkeitstrichter verläuft von Köln kommend von freier Geschwindigkeit bis auf 80 km/h vor der Überleitung und im Baustelleninnenbereich. In der Gegenrichtung liegt die  $v_{zul.}$  bei 120 km/h auf der freien Strecke und reduziert sich auf 60 km/h im Arbeitsstellenbereich. Die Verkehrsführung innerhalb der Arbeitsstelle ist als 4+0 ausgeführt. Unmittelbar vor der AS Eschweiler-Ost wechselt die Verkehrsführung auf den letzten 400 m in eine 1+3-Führung aus Fahrrichtung Köln gesehen.

### Fahrstreifenbreiten

Die Fahrstreifenbreiten liegen auf den Überholfahrstreifen bei 2,75 m und auf den Hauptfahrstreifen bei 3,25 m.

### Verkehrsstärke und -zusammensetzung

DTV von 66.200 Kfz/24h, SV-Anteil 25 %

### Art der Gegenverkehrstrennung

Als Trennungselement wurde eine Stahlschutzwand eingesetzt.

### Erhebungen

Am Montag, dem 06.05.2009, wurden im Zeitraum 06:00 Uhr bis 18:00 Uhr an drei Querschnitten Videoaufzeichnungen, Radarmessungen und in beiden Fahrrichtungen insgesamt 30 Nachfolgefahrten durchgeführt.

## Arbeitsstelle 3: A 44 Unna

### Lage

BAB 44 zwischen dem AK Dortmund-Unna und der AS Werl in Nordrhein-Westfalen. Die Länge der Arbeitsstelle beträgt 5,2 km.



**Bild 48:** Messstrecke 3 Unna A 44,  
Quelle: OpenStreetMap

### Verkehrsführung, zulässige Höchstgeschwindigkeit

#### 4+0-Verkehrsführung

Es liegt eine 4+0-Verkehrsführung vor. Der Geschwindigkeitstrichter verläuft von Kassel kommend von freier Geschwindigkeit bis auf 60 km/h vor der Überleitung und im Baustelleninnenbereich. In der Gegenrichtung liegt die  $v_{zul.}$  bei 120 km/h auf der freien Strecke und reduziert sich ebenfalls auf 60 km/h vor der Überleitung und im Arbeitsstellenbereich.

### Fahrstreifenbreiten

Die Fahrstreifenbreiten liegen auf den Überholfahrstreifen bei 2,50 m und auf den Hauptfahrstreifen bei 3,00 m.

### Verkehrsstärke und -zusammensetzung

DTV von 70.700 Kfz/24h, SV-Anteil 22,7 %

### Art der Gegenverkehrstrennung

Als Trennungselement wird eine Stahlschutzwand verbaut.

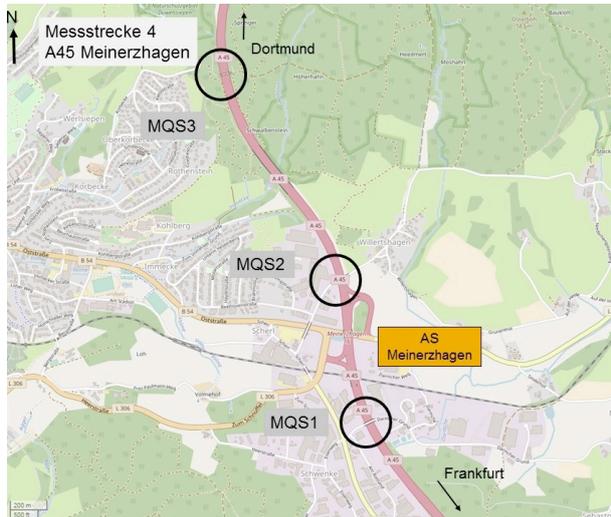
### Erhebungen

Am Montag, dem 27.05.2009, wurden im Zeitraum 06:00 Uhr bis 18:00 Uhr an vier Querschnitten Videoaufzeichnungen, Radarmessungen und in beiden Fahrrichtungen insgesamt 28 Nachfolgefahrten durchgeführt.

## Arbeitsstelle 4: A 45 Meinerzhagen

### Lage

BAB 45 zwischen der AS Meinerzhagen und der AS Lüdenscheid-Süd in Nordrhein-Westfalen. Die Länge der Arbeitsstelle beträgt 2,4 km.



**Bild 49:** Messstrecke 4 Meinerzhagen A 45,  
Quelle: OpenStreetMap

### Verkehrsführung, zulässige Höchstgeschwindigkeit

#### 4+0-Verkehrsführung

Es liegt eine 4+0-Verkehrsführung vor. Der Geschwindigkeitstrichter verläuft von Olpe kommend von  $v_{zul.} = 120 \text{ km/h}$  bis auf  $60 \text{ km/h}$  vor der Überleitung und im Baustelleninnenbereich. In der Gegenrichtung liegt die  $v_{zul.}$  bei  $130 \text{ km/h}$  auf der freien Strecke und reduziert sich ebenfalls auf  $60 \text{ km/h}$  vor der Überleitung und im Arbeitsstellenbereich. Aus Fahrtrichtung Olpe kommend reduzieren sich die Fahrstreifen von 3 auf 2 vor der Arbeitsstelle. In der Gegenrichtung verbleiben die bestehenden 2 Fahrstreifen.

### Fahrstreifenbreiten

Die Fahrstreifenbreiten liegen auf den Überholfahrstreifen bei  $2,50 \text{ m}$  und auf den Hauptfahrstreifen bei  $3,00 \text{ m}$ .

### Verkehrsstärke und -zusammensetzung

DTV von  $66.800 \text{ Kfz/24h}$ , SV-Anteil:  $18,6 \%$

### Art der Gegenverkehrstrennung

Als Trennungselement wird eine Stahlschutzwand verwendet.

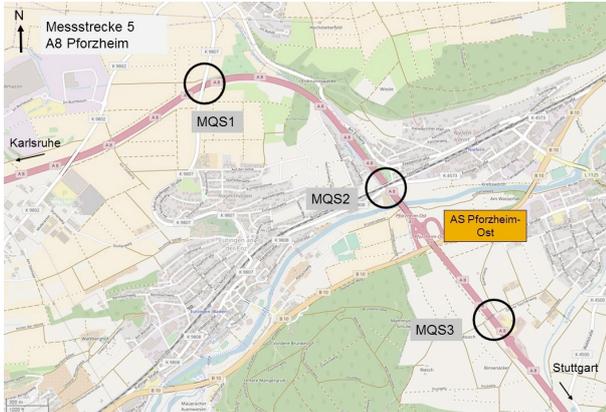
### Erhebungen

Am Freitag, dem 05.06.2009, wurden im Zeitraum 07:30 Uhr bis 19:30 Uhr an drei Querschnitten Videoaufzeichnungen, Radarmessungen und in beiden Fahrtrichtungen insgesamt 23 Nachfolgefahrten durchgeführt.

## Arbeitsstelle 5: A 8 Pforzheim

### Lage

BAB 8 zwischen der AS Pforzheim-West und der AS Pforzheim-Süd in Baden-Württemberg. Die Länge der Arbeitsstelle beträgt 8,2 km.



**Bild 50:** Messstrecke 5 Pforzheim A 8,  
Quelle: OpenStreetMap

### Verkehrsführung, zulässige Höchstgeschwindigkeit

#### 3+1-Verkehrsführung

Es liegt eine 3+1-Verkehrsführung vor. Aus beiden Fahrrichtungen kommend liegt im Vorlauf auf die Arbeitsstelle keine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit  $v_{zul.}$  vor. Der Geschwindigkeitstrichter reduziert sich bis auf  $v_{zul.} = 60$  km/h vor der Überleitung. Im Baustelleninnenbereich wechselt die  $v_{zul.}$  zwischen 60 und 80 km/h. In beiden Fahrrichtungen reduzieren sich die Fahrstreifen von 3 auf 2 vor der Arbeitsstelle.

#### Fahrstreifenbreiten

Die Fahrstreifenbreite variiert auf dem Hauptfahrstreifen in Fahrrichtung Karlsruhe zwischen 3,00 m und 3,60 m. Die Breite des Überholfahrstreifens bleibt konstant bei 3,25 m. In Fahrrichtung Stuttgart liegt die Fahrstreifenbreite des Überholfahrstreifens bei 2,60 m. An der Anschlussstelle Pforzheim-Zentrum verbreitert sich der Überholfahrstreifen auf 3,60 m. Auf dem Hauptfahrstreifen liegt die Breite größtenteils bei konstanten 3,00 m. Im Bereich der Anschlussstelle Pforzheim-Zentrum erfolgt eine Aufweitung bis 3,60 m.

### Verkehrsstärke und -zusammensetzung

DTV von 70.000 Kfz/24h, SV-Anteil 22,2 %

### Art der Gegenverkehrstrennung

Als Trennungselement wurde sowohl eine Stahl-schutzwand als auch in einigen Bereichen eine Betonschutzwand eingesetzt.

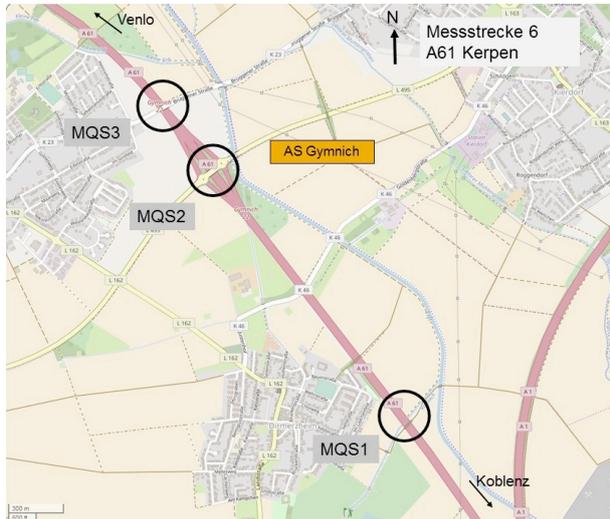
### Erhebungen

Am Montag, dem 08.06.2009, wurden im Zeitraum 11:30 Uhr bis 23:30 Uhr an zwei Querschnitten Videoaufzeichnungen, Radarmessungen und in beiden Fahrrichtungen insgesamt 23 Nachfolgefahrten durchgeführt. Am Dienstag, dem 09.06.2009, wurde in der Zeit von 09:00 Uhr bis 16:00 Uhr ebenfalls an zwei Querschnitten Videoaufzeichnungen, Radarmessungen und in beiden Fahrrichtungen insgesamt 11 Nachfolgefahrten durchgeführt.

## Arbeitsstelle 6: A 61 Kerpen

### Lage

BAB 61 zwischen der AD Erfttal und der AS Türrich in Nordrhein-Westfalen. Die Länge der Arbeitsstelle beträgt 5,6 km.



**Bild 51:** Messstrecke 6 Kerpen A 61,  
Quelle: OpenStreetMap

### Verkehrsführung, zulässige Höchstgeschwindigkeit

#### 3+1-Verkehrsführung

Es liegt eine 3+1-Verkehrsführung vor. Aus beiden Fahrrichtungen kommend liegt im Vorlauf auf die Arbeitsstelle keine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit  $v_{zul.}$  vor. Der Geschwindigkeitstrichter reduziert sich bis auf  $v_{zul.} = 60$  km/h auf dem Hauptfahrstreifen in Fahrrichtung Erftstadt. Auf dem Überholfahrstreifen und in der Gegenrichtung beträgt die  $v_{zul.} = 80$  km/h.

### Fahrstreifenbreiten

Die Fahrstreifenbreiten in Fahrrichtung Koblenz liegen auf dem Überholfahrstreifen bei 3,20 m und auf dem Hauptfahrstreifen bei 3,25 m. In Fahrrichtung Venlo liegt die Fahrstreifenbreite des Überholfahrstreifens bei 2,60 m und auf dem Hauptfahrstreifen bei 3,25 m.

### Verkehrsstärke und -zusammensetzung

DTV von 47.000 Kfz/24h, SV-Anteil 26,0 %

### Art der Gegenverkehrstrennung

Als Trennungselement wurde sowohl eine Stahl-schutzwand als auch in einigen Bereichen eine Betonschutzwand eingesetzt.

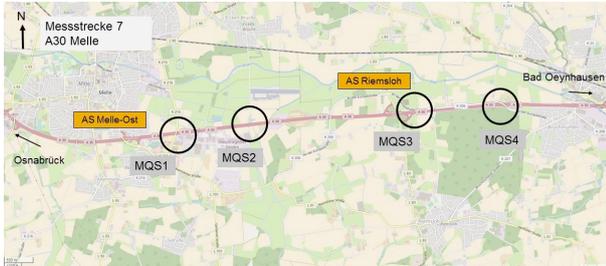
### Erhebungen

Am Freitag, dem 10.07.2009, wurden im Zeitraum 06:00 Uhr bis 19:00 Uhr an drei Querschnitten Videoaufzeichnungen, Radarmessungen und in beiden Fahrrichtungen insgesamt 27 Nachfolgefahrten durchgeführt.

## Arbeitsstelle 7: A 30 Melle

### Lage

BAB 30 zwischen der AS Melle-Ost und der AS Bruchmühlen in Niedersachsen. Die Länge der Arbeitsstelle beträgt 6,8 km.



**Bild 52:** Messstrecke 7 Melle A 30,  
Quelle: OpenStreetMap

### Verkehrsführung, zulässige Höchstgeschwindigkeit

#### 4+0-Verkehrsführung

Es liegt eine 4+0-Verkehrsführung vor. Aus beiden Fahrtrichtungen kommend liegt im Vorlauf auf die Arbeitsstelle keine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit  $v_{zul.}$  vor. Der Geschwindigkeitstrichter reduziert sich bis auf  $v_{zul.} = 80$  km/h vor der Überleitung und im Baustelleninnenbereich.

#### Fahrstreifenbreiten

Die Fahrstreifenbreiten auf den Überholfahrstreifen liegen bei 2,50 m und auf den Hauptfahrstreifen bei 3,00 m.

#### Verkehrsstärke und -zusammensetzung

DTV von 38.100 Kfz/24h, SV-Anteil 23,3 %

#### Art der Gegenverkehrstrennung

Als Trennungselement wird eine Stahlschutzwand verwendet.

#### Erhebungen

Am Dienstag, dem 04.08.2009, wurden im Zeitraum 14:30 Uhr bis 20:00 Uhr an vier Querschnitten Videoaufzeichnungen, Radarmessungen und in beiden Fahrtrichtungen insgesamt 14 Nachfolgefahrten durchgeführt. Am Mittwoch, dem 05.08.2009, wurde in der Zeit von 08:30 Uhr bis 14:00 Uhr ebenfalls an vier Querschnitten Videoaufzeichnungen, Radarmessungen und in beiden Fahrtrichtungen insgesamt 13 Nachfolgefahrten durchgeführt.

## Arbeitsstelle 8: A 8 Augsburg

### Lage

BAB 8 zwischen der AS Neusäß und der AS Dasing in Bayern. Die Länge der Arbeitsstelle beträgt 7,3 km.



**Bild 53:** Messstrecke 8 Augsburg A 8,  
Quelle: OpenStreetMap

### Verkehrsführung, zulässige Höchstgeschwindigkeit

#### 4+0-Verkehrsführung

Es liegt eine 4+0-Verkehrsführung vor. Aus beiden Fahrtrichtungen kommend liegt im Vorlauf auf die Arbeitsstelle eine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit  $v_{zul.} = 120$  km/h vor. Der Geschwindigkeitstrichter reduziert sich bis auf  $v_{zul.} = 80$  km/h vor der Überleitung und im Baustelleninnenbereich.

#### Fahrstreifenbreiten

Die Fahrstreifenbreiten auf den Überholfahrstreifen liegen bei 3,00 m und auf den Hauptfahrstreifen bei 3,25 m.

#### Verkehrsstärke und -zusammensetzung

DTV von 80.700 Kfz/24h, SV-Anteil 18,4 %

#### Art der Gegenverkehrstrennung

Als Trennungselement wurde sowohl eine Stahlschutzwand als auch in einigen Bereichen eine Betonschutzwand eingesetzt.

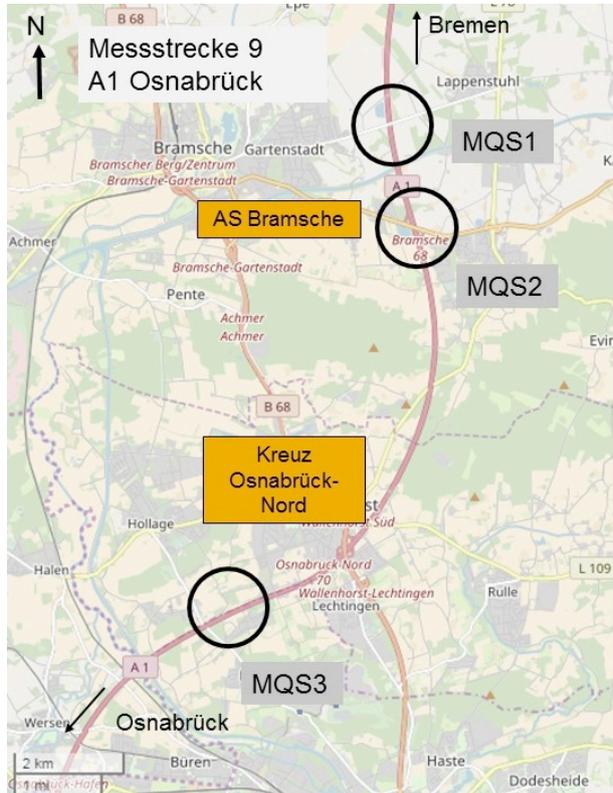
#### Erhebungen

Am Montag, dem 08.03.2010, wurden im Zeitraum 21:30 Uhr bis 22:30 Uhr an drei Querschnitten Videoaufzeichnungen, Radarmessungen und in beiden Fahrtrichtungen insgesamt 3 Nachfolgefahrten durchgeführt. Am Dienstag, dem 09.03.2010, wurde in der Zeit von 07:30 Uhr bis 21:00 Uhr ebenfalls an drei Querschnitten Videoaufzeichnungen, Radarmessungen und in beiden Fahrtrichtungen insgesamt 24 Nachfolgefahrten durchgeführt.

## Arbeitsstelle 9: A 1 Osnabrück

### Lage

BAB 1 zwischen der AS Neuenkirchen/Vörden der AS Osnabrück-Hafen in Niedersachsen. Die Länge der Arbeitsstelle beträgt 11,9 km.



**Bild 54:** Messstrecke 9 Osnabrück A 1,  
Quelle: OpenStreetMap

### Verkehrsführung, zulässige Höchstgeschwindigkeit

#### 4+0-Verkehrsführung

Es liegt eine 4+0-Verkehrsführung vor. Aus beiden Fahrrichtungen kommend liegt im Vorlauf auf die Arbeitsstelle eine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit  $v_{zul.} = 100 \text{ km/h}$  vor. Der Geschwindigkeitstrichter reduziert sich bis auf  $v_{zul.} = 80 \text{ km/h}$  vor der Überleitung und im Baustelleninnenbereich.

### Fahrstreifenbreiten

Die Fahrstreifenbreiten in Fahrtrichtung Bremen liegen auf dem Überholfahrstreifen bei 2,75 m und auf dem Hauptfahrstreifen bei 3,25 m. Die Fahrstreifenbreiten in Fahrtrichtung Osnabrück liegen auf dem Überholfahrstreifen bei 3,05 m und auf dem Hauptfahrstreifen bei 3,55 m.

### Verkehrsstärke und -zusammensetzung

DTV von 64.200 Kfz/24h, SV-Anteil 25,1 %

### Art der Gegenverkehrstrennung

Als Trennungselement wird eine Stahlschutzwand verwendet.

### Erhebungen

Am Donnerstag, dem 08.04.2010, wurden im Zeitraum 11:30 Uhr bis 20:00 Uhr an drei Querschnitten Videoaufzeichnungen, Radarmessungen und in beiden Fahrrichtungen insgesamt 14 Nachfolgefahrten durchgeführt. Am Freitag, dem 09.04.2010, wurde in der Zeit von 08:00 Uhr bis 12:00 Uhr ebenfalls an drei Querschnitten Videoaufzeichnungen, Radarmessungen und in beiden Fahrrichtungen insgesamt 5 Nachfolgefahrten durchgeführt.

## Arbeitsstelle 10: A 2 Hamm

### Lage

BAB 2 zwischen der AS Hamm-Uentrop und der AS Hamm-Bergkamen in Nordrhein-Westfalen. Die Länge der Arbeitsstelle beträgt 12,0 km.



**Bild 55:** Messstrecke 10 Hamm A 2, Quelle: OpenStreetMap

### Verkehrsführung, zulässige Höchstgeschwindigkeit

#### 4+0-Verkehrsführung

Es liegt eine 4+0-Verkehrsführung vor. Aus beiden Fahrrichtungen kommend liegt im Vorlauf auf die Arbeitsstelle eine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit  $v_{zul.} = 120 \text{ km/h}$  vor. Der Geschwindigkeitstrichter reduziert sich in Fahrrichtung Dortmund bis auf  $v_{zul.} = 80 \text{ km/h}$  vor der Überleitung und im Baustelleninnenbereich. In Fahrrichtung Hannover reduziert sich der Geschwindigkeitstrichter bis auf  $v_{zul.} = 60 \text{ km/h}$  vor der Überleitung und im Baustelleninnenbereich, steigt jedoch im Baustelleninnenbereich kurzzeitig auf  $v_{zul.} = 80 \text{ km/h}$  an und wird dann wieder auf  $v_{zul.} = 60 \text{ km/h}$  reduziert.

#### Fahrstreifenbreiten

Die Fahrstreifenbreiten auf den Überholfahrstreifen liegen bei 2,75 m und auf den Hauptfahrstreifen bei 3,25 m.

#### Verkehrsstärke und -zusammensetzung

DTV von 81.800 Kfz/24h, SV-Anteil 26,4 %

#### Art der Gegenverkehrstrennung

Als Trennungselement wurde sowohl eine Stahl-schutzwand als auch in einigen Bereichen eine Betonschutzwand eingesetzt.

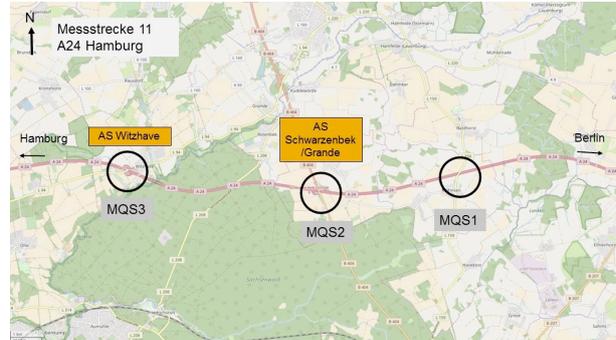
#### Erhebungen

Am Dienstag, dem 20.05.2010, wurden im Zeitraum 8:00 Uhr bis 19:00 Uhr an vier Querschnitten Videoaufzeichnungen, Radarmessungen und in beiden Fahrrichtungen insgesamt 13 Nachfolgefahrten durchgeführt.

## Arbeitsstelle 11: A 24 Hamburg

### Lage

BAB 24 zwischen der AS Reinbek und der AS Talkau in Schleswig-Holstein. Die Länge der Arbeitsstelle beträgt 12,2 km.



**Bild 56:** Messstrecke 11 Hamburg A 24, Quelle: OpenStreetMap

### Verkehrsführung, zulässige Höchstgeschwindigkeit

#### 4+0-Verkehrsführung

Es liegt eine 4+0-Verkehrsführung vor. Aus beiden Fahrrichtungen kommend liegt im Vorlauf auf die Arbeitsstelle eine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit  $v_{zul.} = 120 \text{ km/h}$  vor. Der Geschwindigkeitstrichter reduziert sich bis auf  $v_{zul.} = 60 \text{ km/h}$  vor der Überleitung und im Baustelleninnenbereich.

#### Fahrstreifenbreiten

Die Fahrstreifenbreiten auf den Überholfahrstreifen liegen bei 2,50 m und auf den Hauptfahrstreifen bei 3,00 m.

#### Verkehrsstärke und -zusammensetzung

DTV von 41.400 Kfz/24h, SV-Anteil 20,1 %

#### Art der Gegenverkehrstrennung

Als Trennungselement wird eine Leitschwelle verwendet.

#### Erhebungen

Am Montag, dem 14.06.2010, wurden im Zeitraum 16:00 Uhr bis 20:00 Uhr an drei Querschnitten Videoaufzeichnungen, Radarmessungen und in beiden Fahrrichtungen insgesamt 7 Nachfolgefahrten durchgeführt. Am Dienstag, dem 15.06.2010, wurde in der Zeit von 08:00 Uhr bis 16:00 Uhr ebenfalls an drei Querschnitten Videoaufzeichnungen, Radarmessungen und in beiden Fahrrichtungen insgesamt 12 Nachfolgefahrten durchgeführt.

## Arbeitsstelle 12: A 1 Hamburg/Bremen

### Lage

BAB 1 zwischen der AS Hittfeld und der AS Hollenstedt in Niedersachsen. Die Länge der Arbeitsstelle beträgt 7,0 km. Es handelt sich um den Bauabschnitt 1 des Ausbauprojekts A1 im PPP-Verfahren.



**Bild 57:** Messstrecke 12 Hamburg-Bremen A 1,  
Quelle: OpenStreetMap

### Verkehrsführung, zulässige Höchstgeschwindigkeit

#### 4+0-Verkehrsführung

Es liegt eine 4+0-Verkehrsführung vor. Aus Fahrtrichtung Bremen kommend liegt im Vorlauf auf die Arbeitsstelle eine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit  $v_{zul.} = 120 \text{ km/h}$  vor. Der Geschwindigkeitstrichter reduziert sich bis auf  $v_{zul.} = 80 \text{ km/h}$  vor der Überleitung und bis auf  $v_{zul.} = 60 \text{ km/h}$  in einem Teilbaustelleninnenbereich. In Fahrtrichtung Hamburg liegt im Vorlauf auf die Arbeitsstelle eine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit  $v_{zul.} = 100 \text{ km/h}$  vor. Der Geschwindigkeitstrichter reduziert sich bis auf  $v_{zul.} = 80 \text{ km/h}$  vor der Überleitung und bis auf  $v_{zul.} = 60 \text{ km/h}$  in einem Teilbaustelleninnenbereich.

### Fahrstreifenbreiten

Die Fahrstreifenbreiten auf den Überholfahrstreifen liegen bei 2,75 m und auf den Hauptfahrstreifen bei 3,25 m.

### Verkehrsstärke und -zusammensetzung

DTV von 60.400 Kfz/24h, SV-Anteil 33,9 %

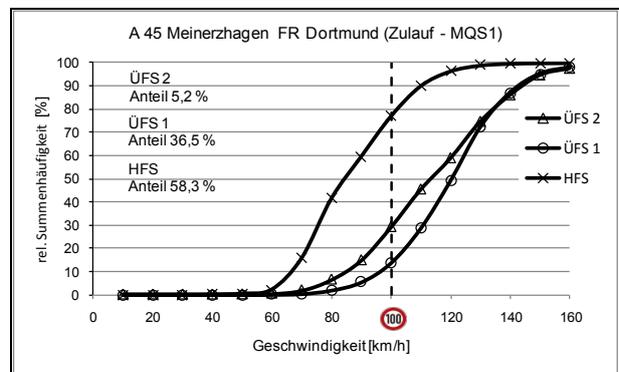
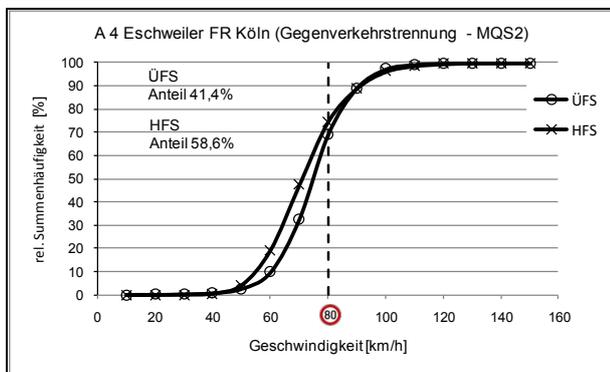
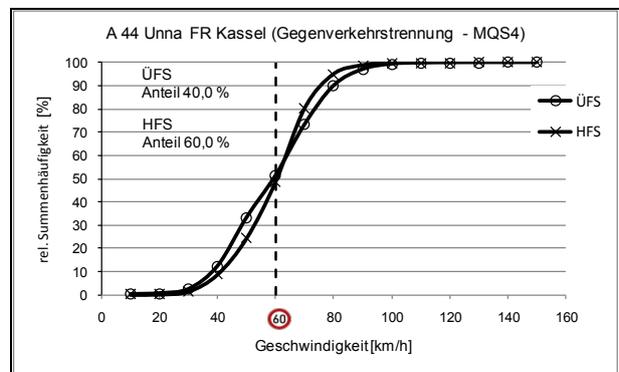
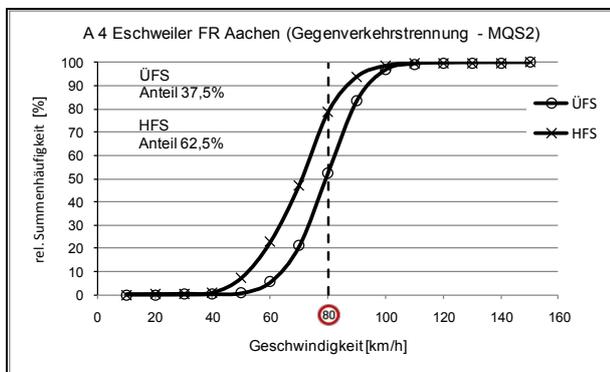
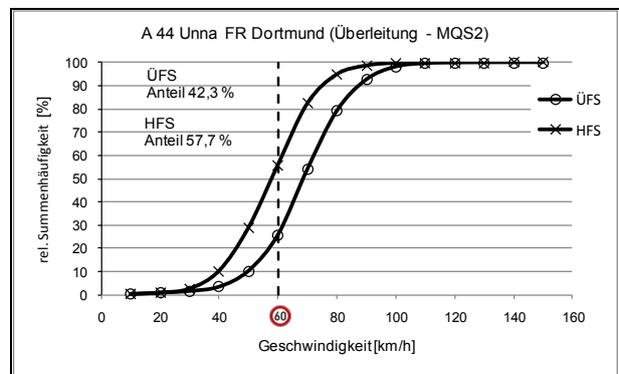
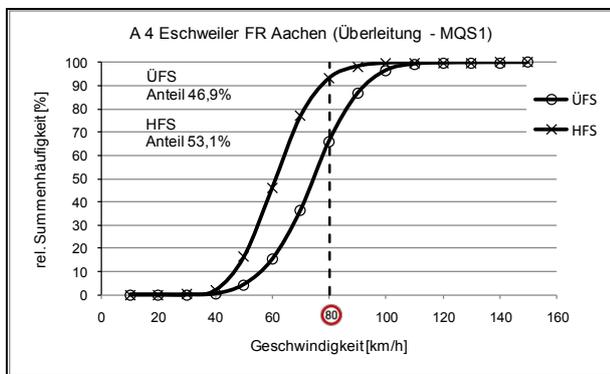
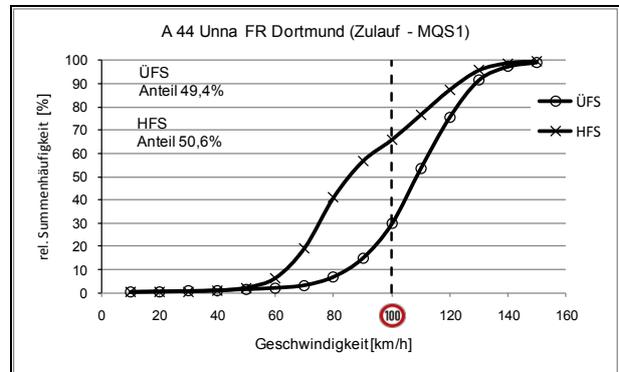
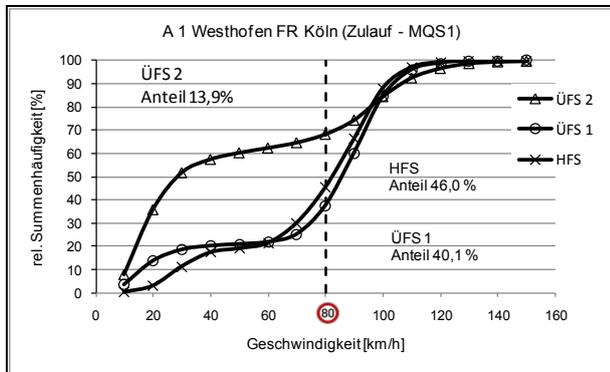
### Art der Gegenverkehrstrennung

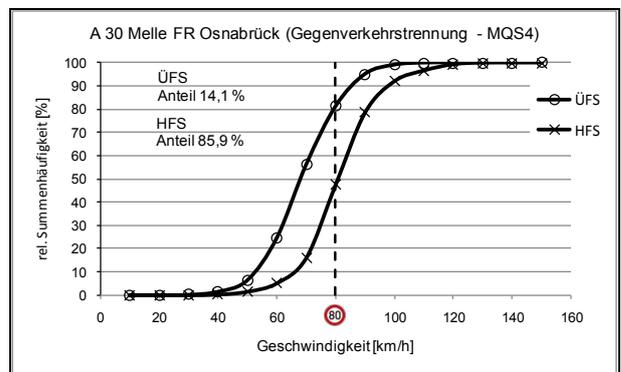
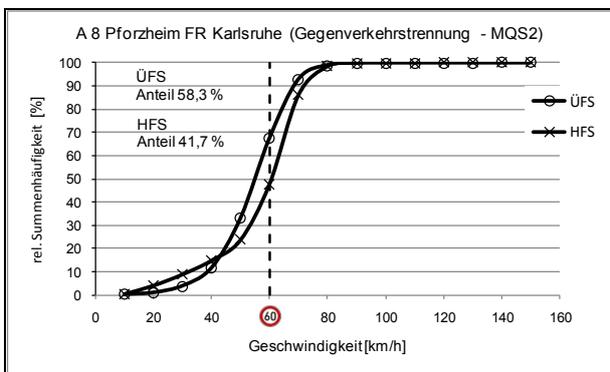
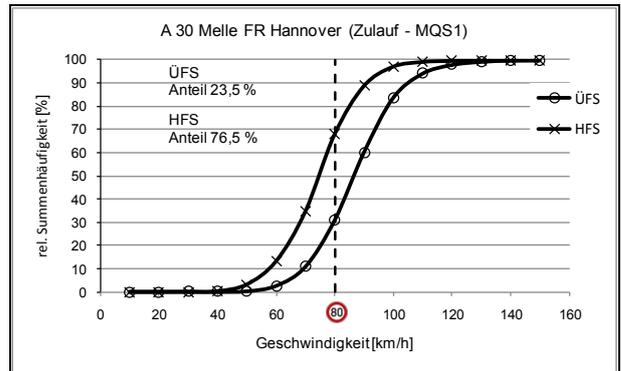
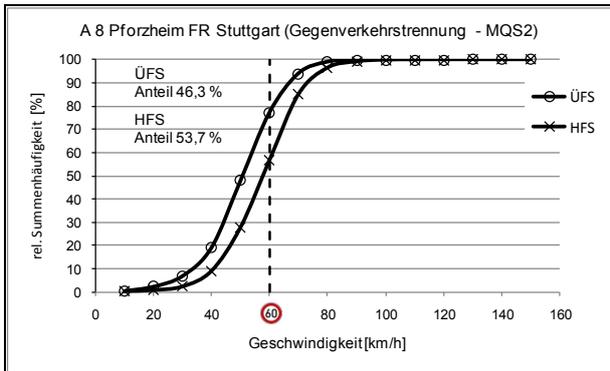
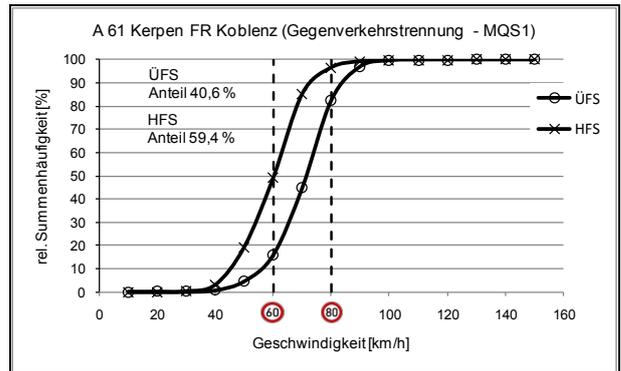
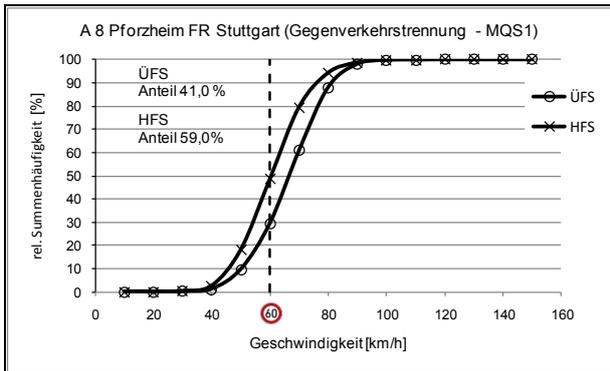
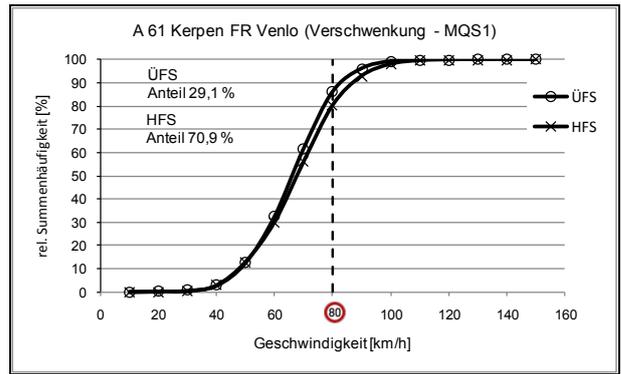
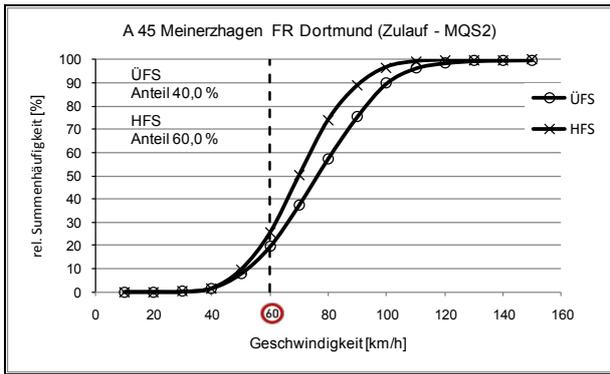
Als Trennungselement wird eine Stahlschutzwand verwendet.

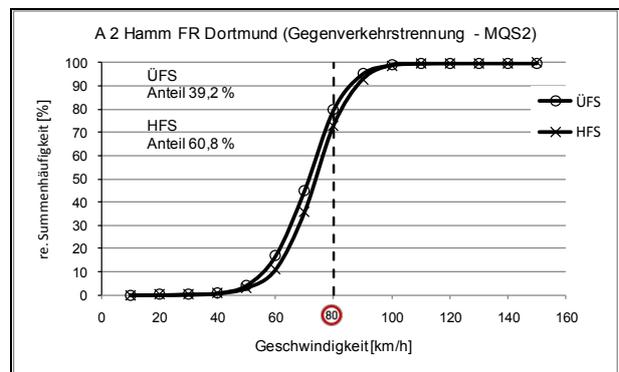
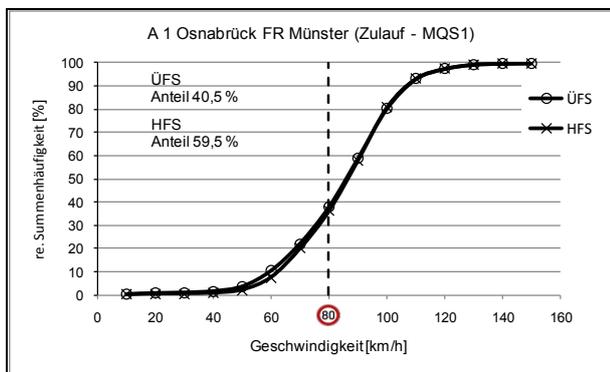
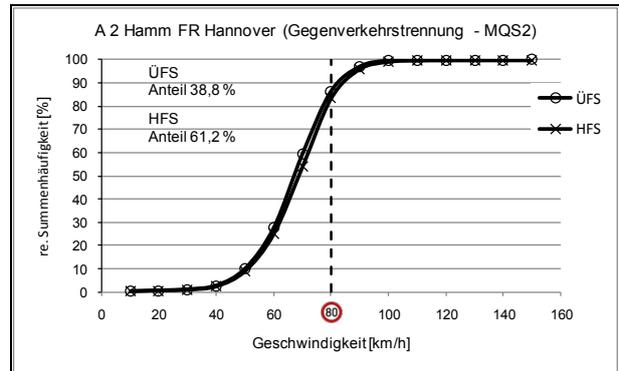
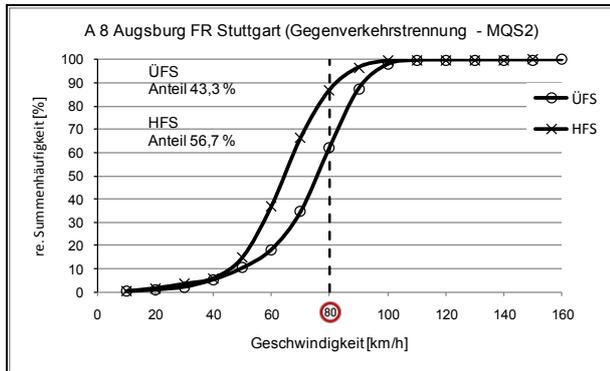
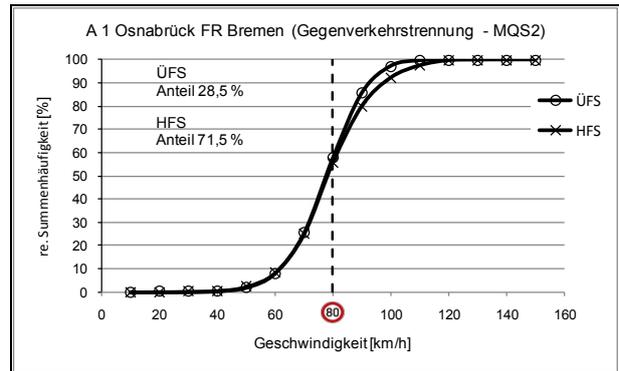
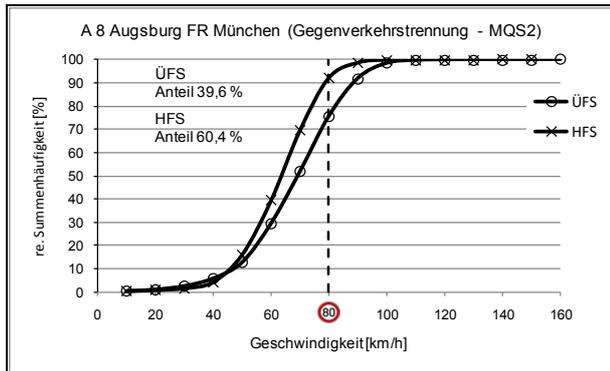
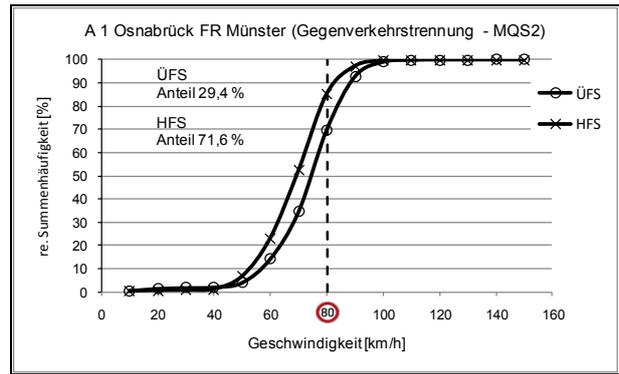
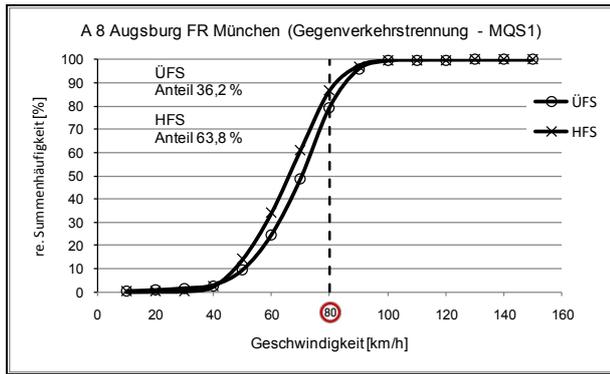
### Erhebungen

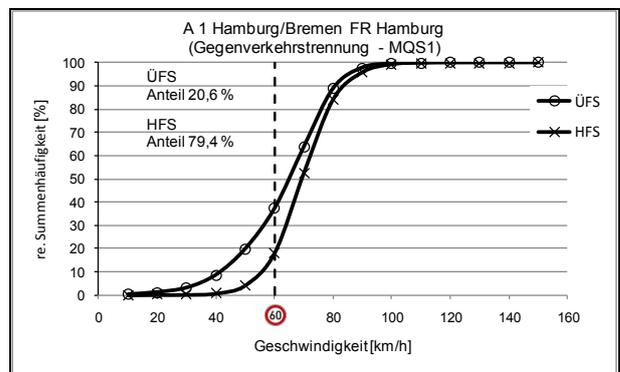
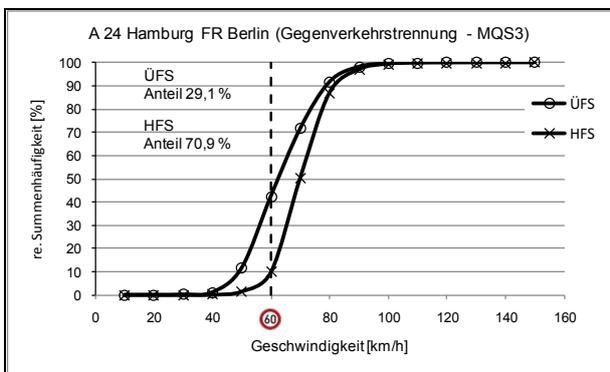
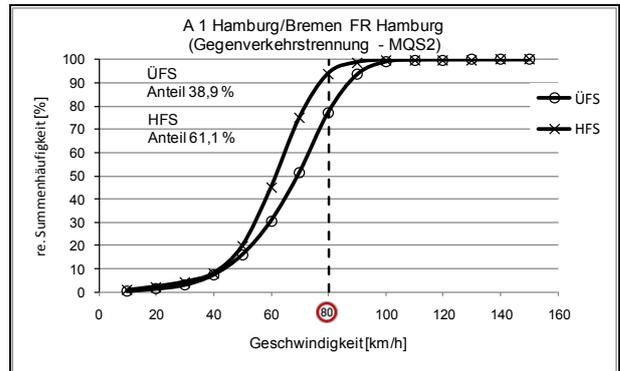
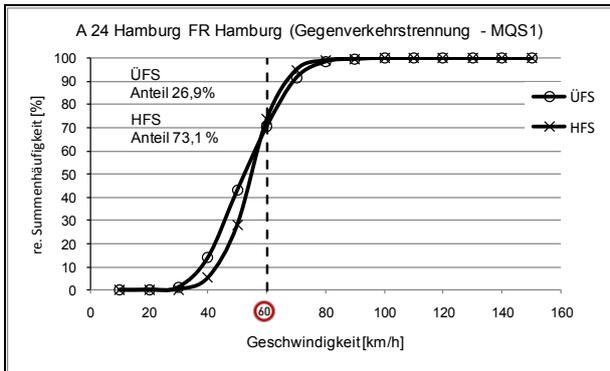
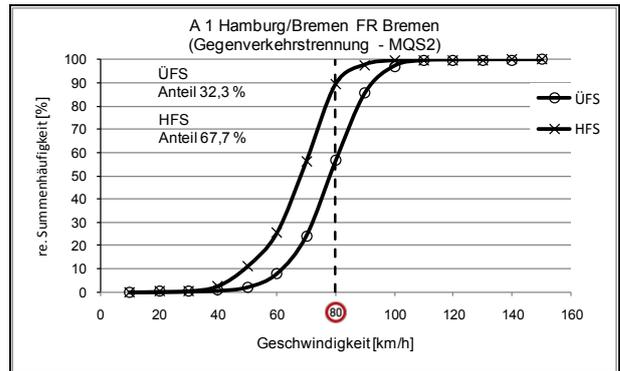
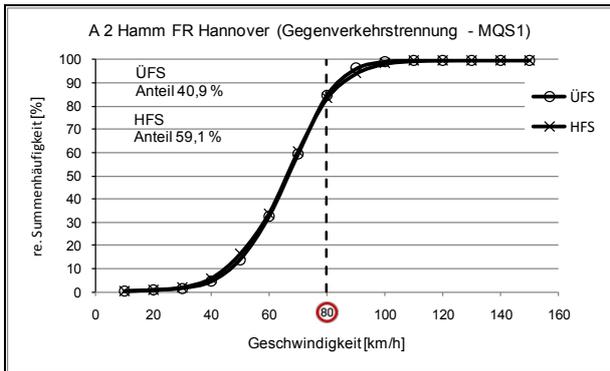
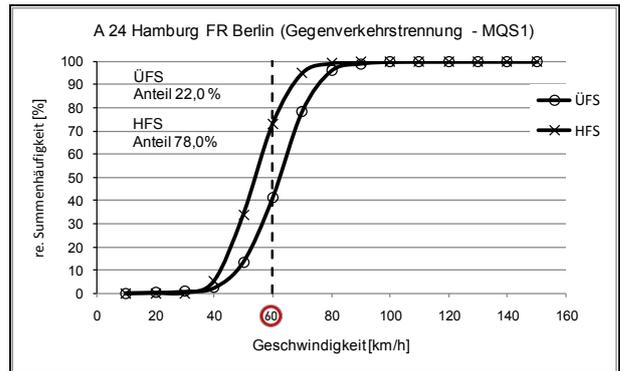
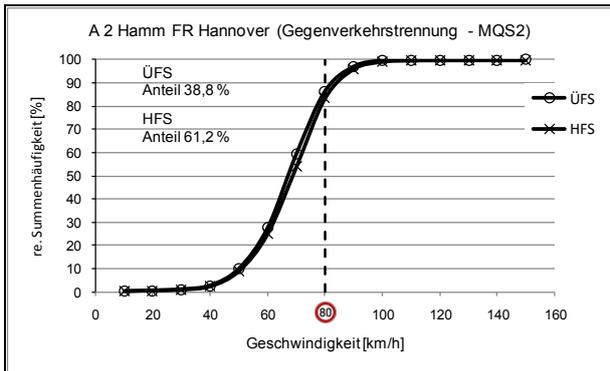
Am Montag, dem 14.06.2010, wurden im Zeitraum 14:00 Uhr bis 19:30 Uhr in beiden Fahrtrichtungen insgesamt 3 Nachfolgefahrten durchgeführt. Am Dienstag, dem 15.06.2010, wurde in der Zeit von 9:00 Uhr bis 20:30 Uhr an drei Querschnitten Radarmessungen und in beiden Fahrtrichtungen insgesamt 6 Nachfolgefahrten durchgeführt. Am Mittwoch, dem 16.06.2010, wurde in der Zeit von 7:30 Uhr bis 20:00 Uhr an drei Messquerschnitten Videoaufzeichnungen, Radarmessungen und in beiden Fahrtrichtungen insgesamt 11 Nachfolgefahrten durchgeführt.

Anhang 3: Geschwindigkeitsverteilungen









Anhang 4: Geschwindigkeitsprofile

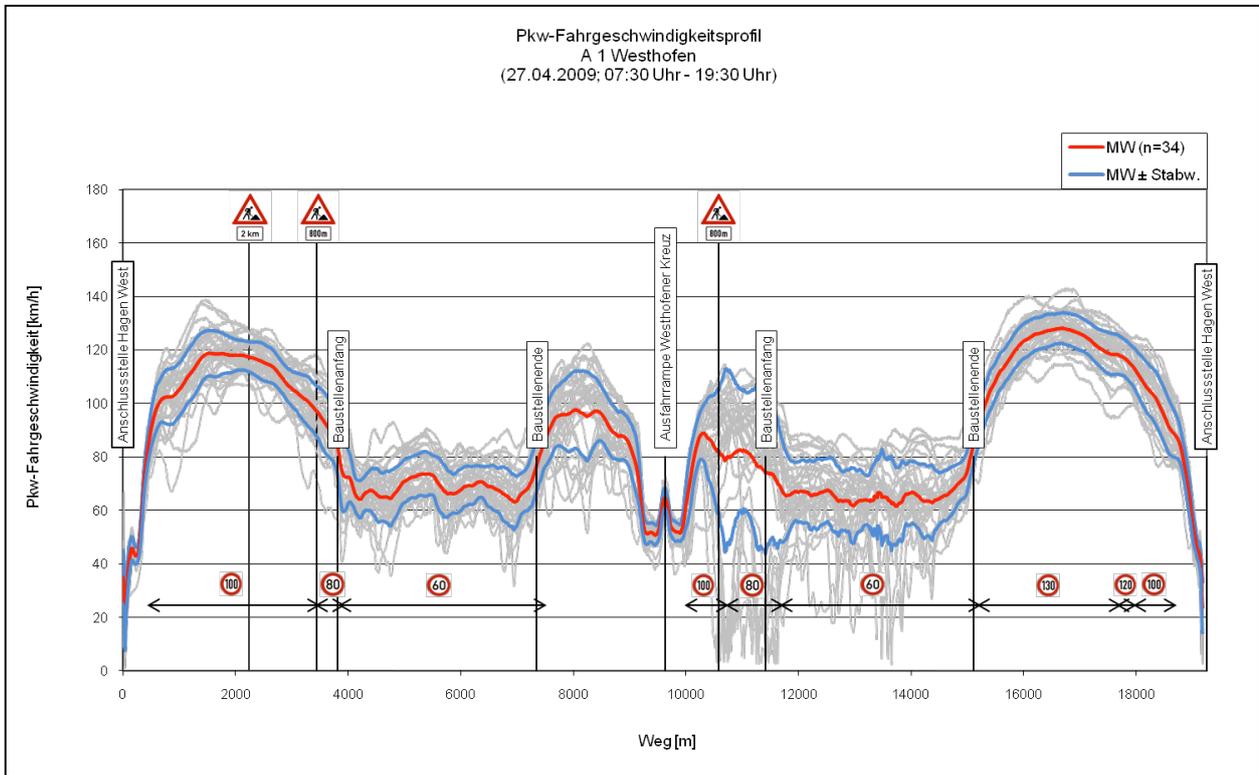


Bild 58: Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 1 (A 1 Westhofen)

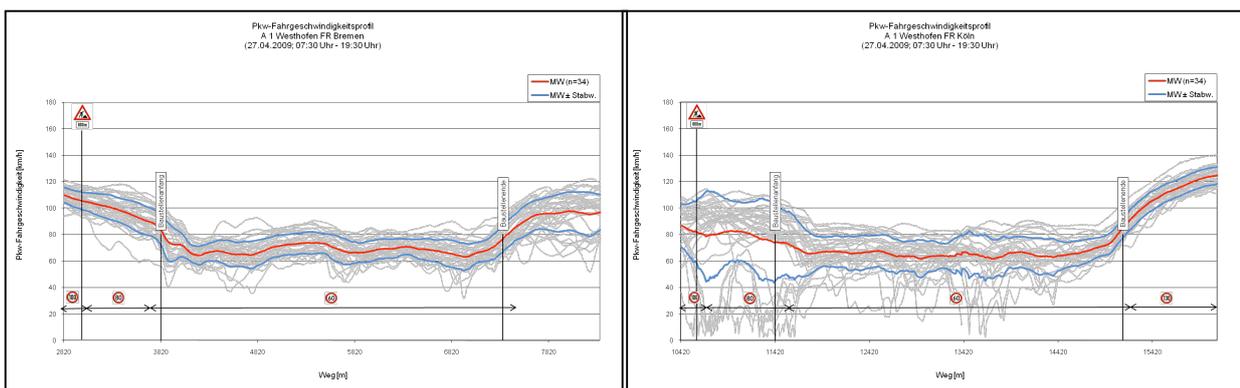
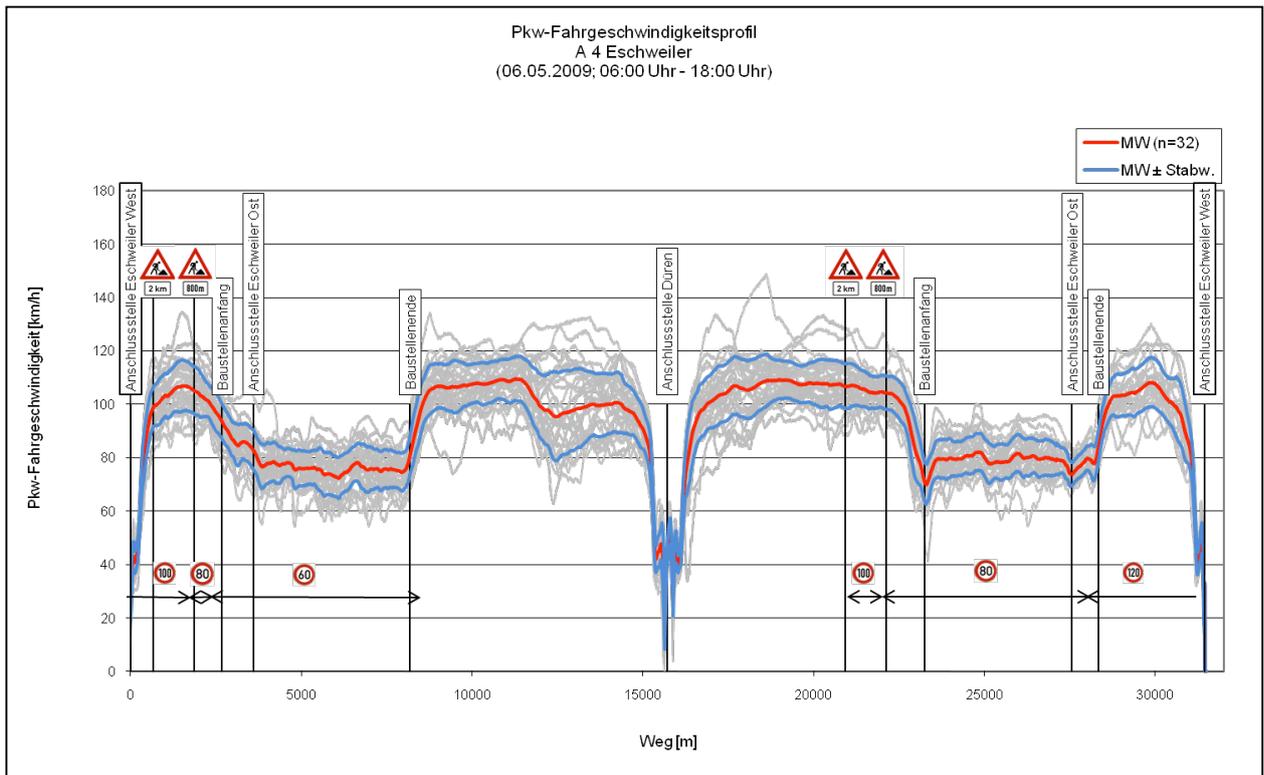
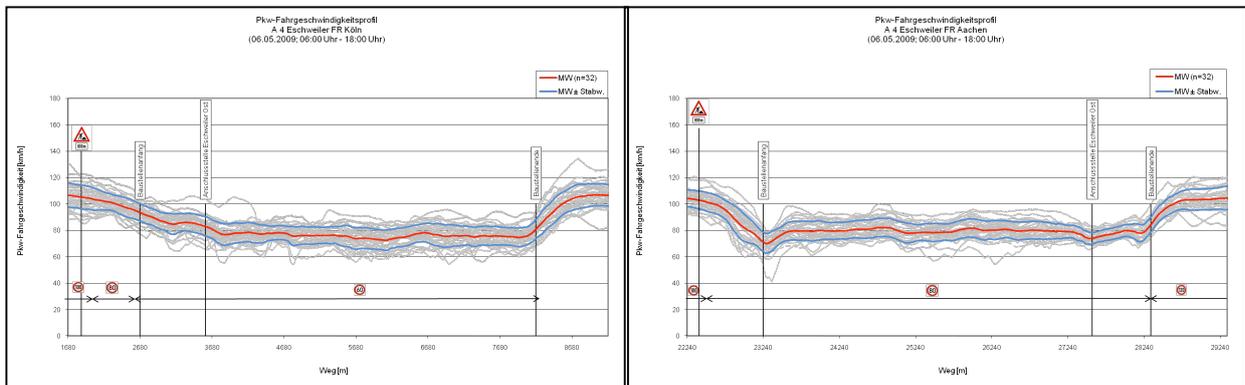


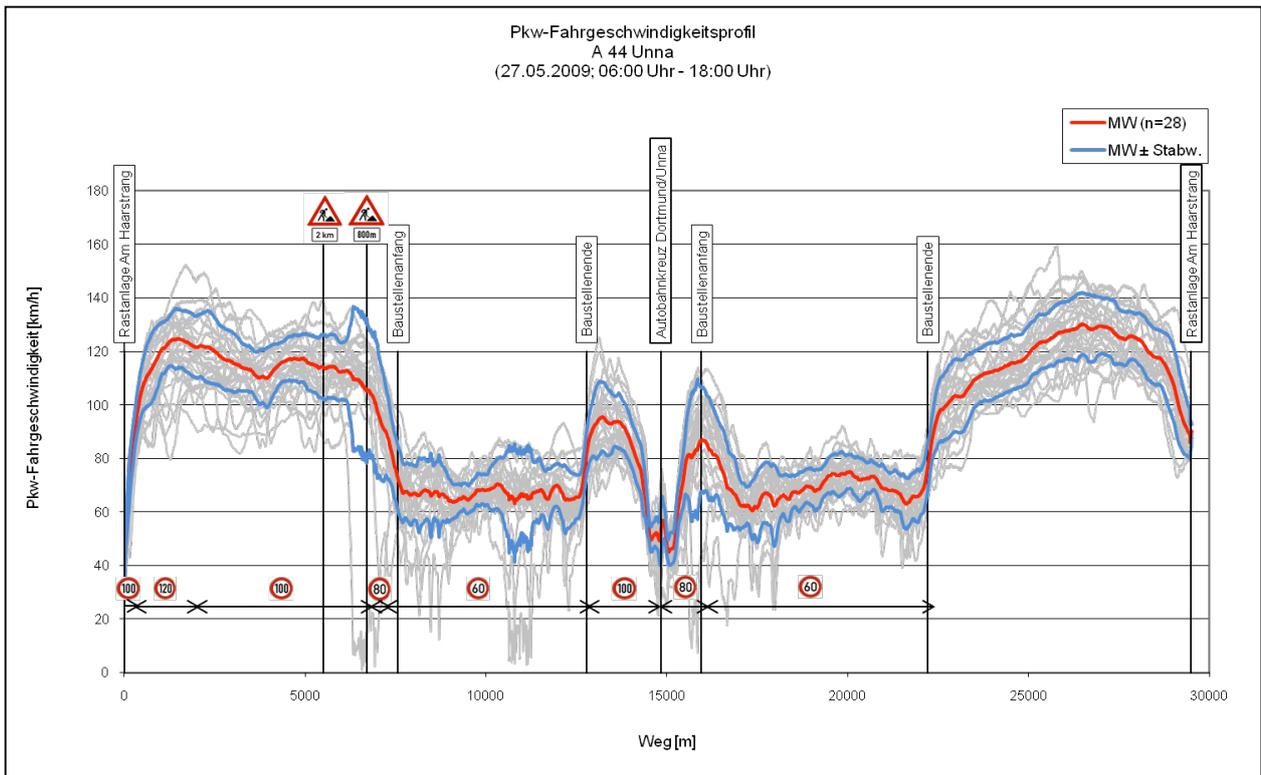
Bild 59: Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 1 (A 1 Westhofen) in Fahrtrichtung Bremen (links) und in Fahrtrichtung Köln (rechts)



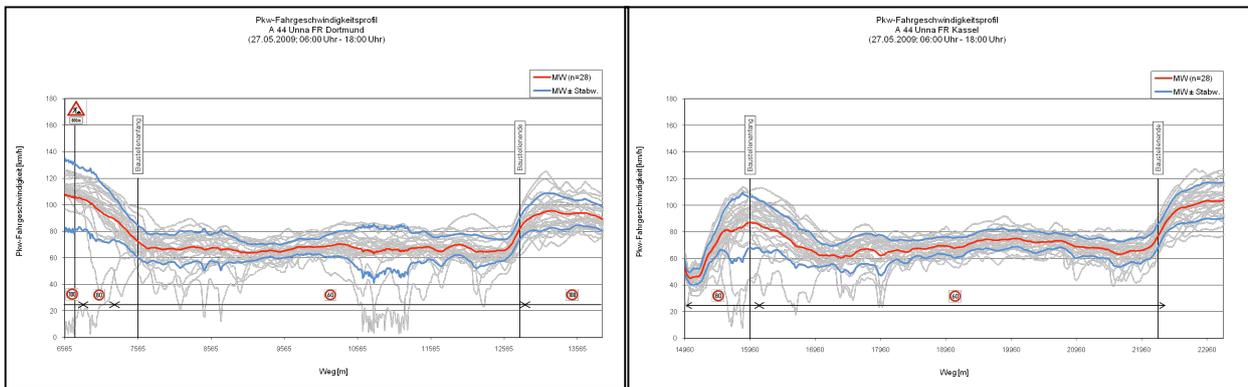
**Bild 60:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 2 (A 4 Eschweiler)



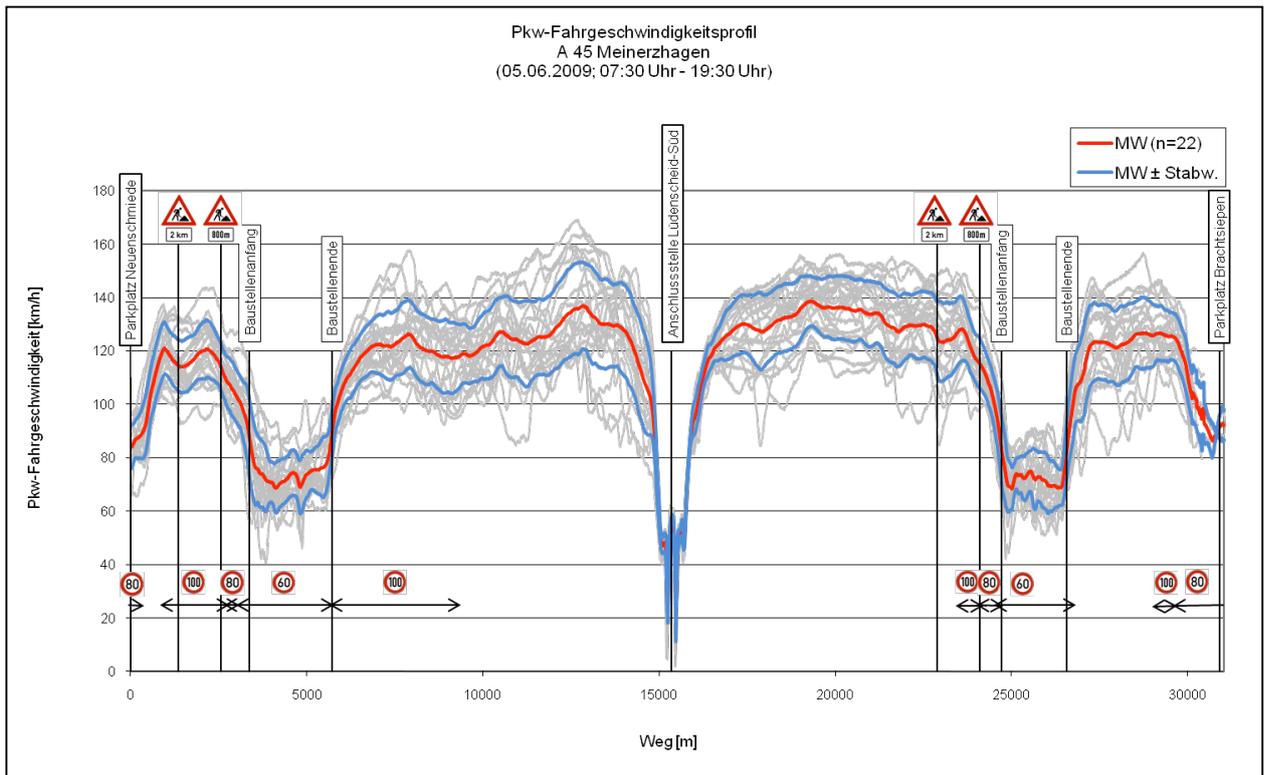
**Bild 61:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 2 (A 4 Eschweiler) in Fahrtrichtung Köln (links) und in Fahrtrichtung Aachen (rechts)



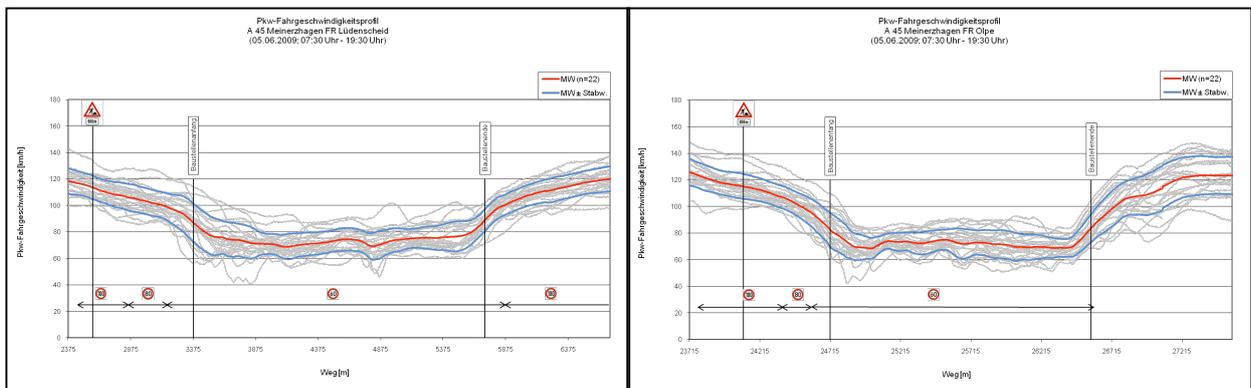
**Bild 62:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 3 (A 44 Unna)



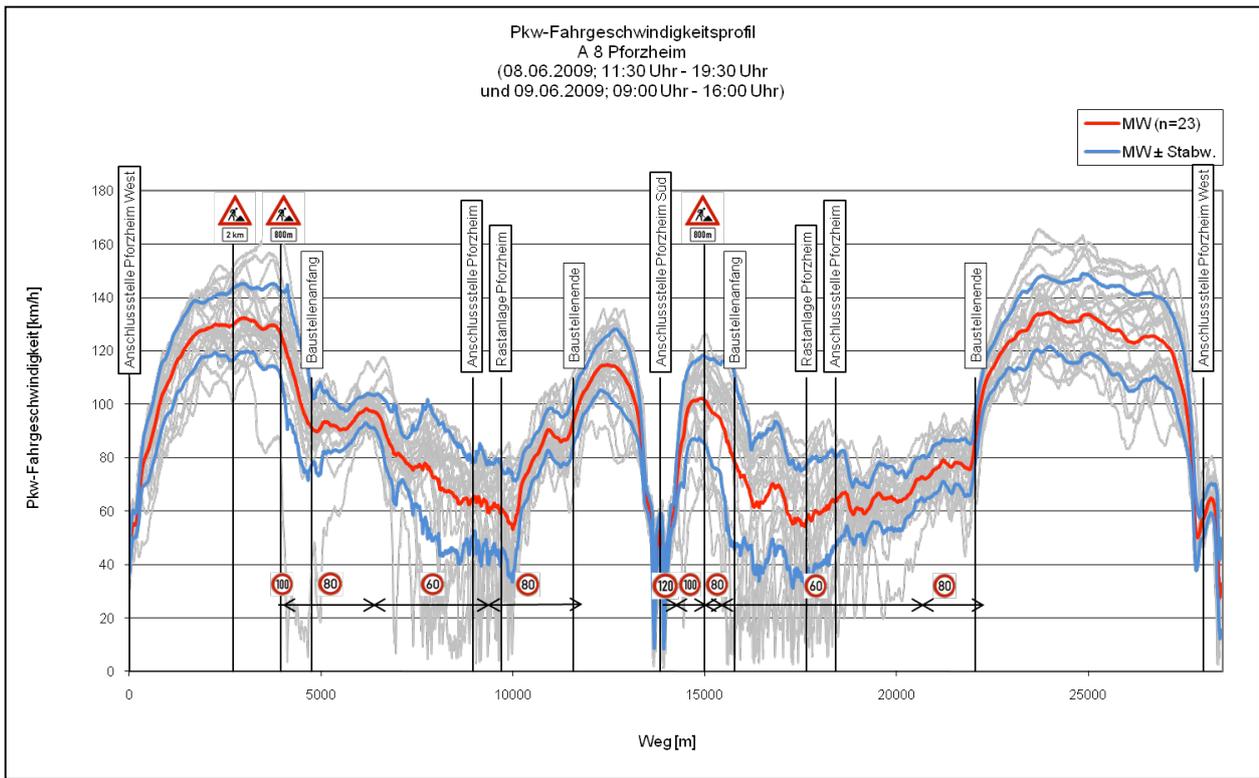
**Bild 63:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 3 (A 1 Unna) in Fahrtrichtung Dortmund (links) und in Fahrtrichtung Kassel (rechts)



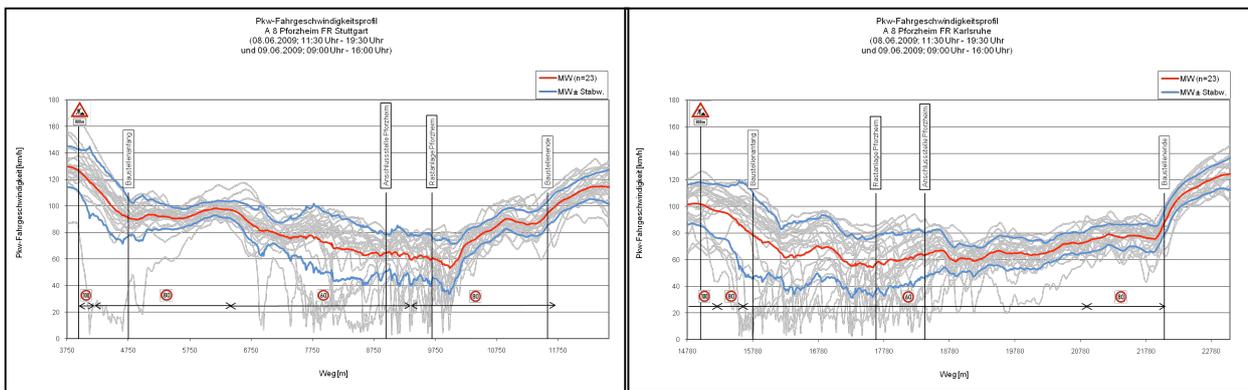
**Bild 64:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 4 (A 45 Meinerzhagen)



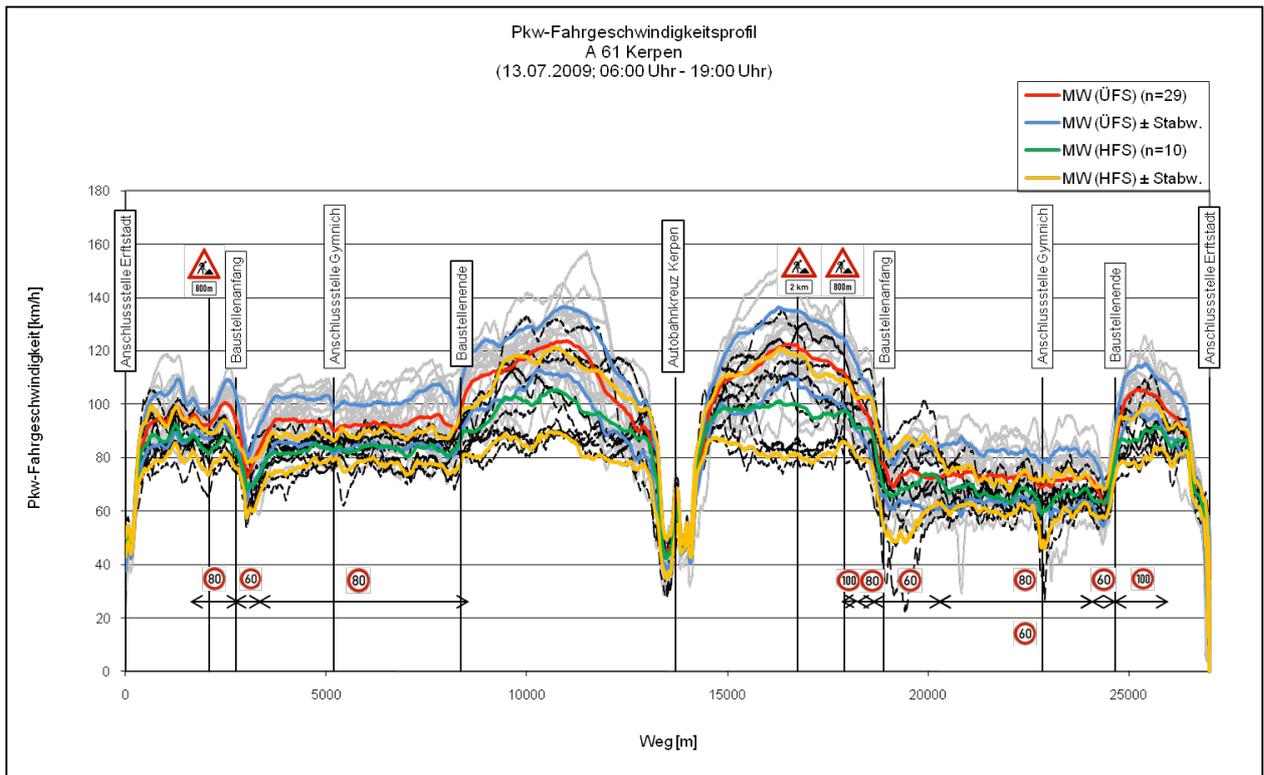
**Bild 65:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 4 (A 1 Meinerzhagen) in Fahrtrichtung Lüdenscheid (links) und in Fahrtrichtung Olpe (rechts)



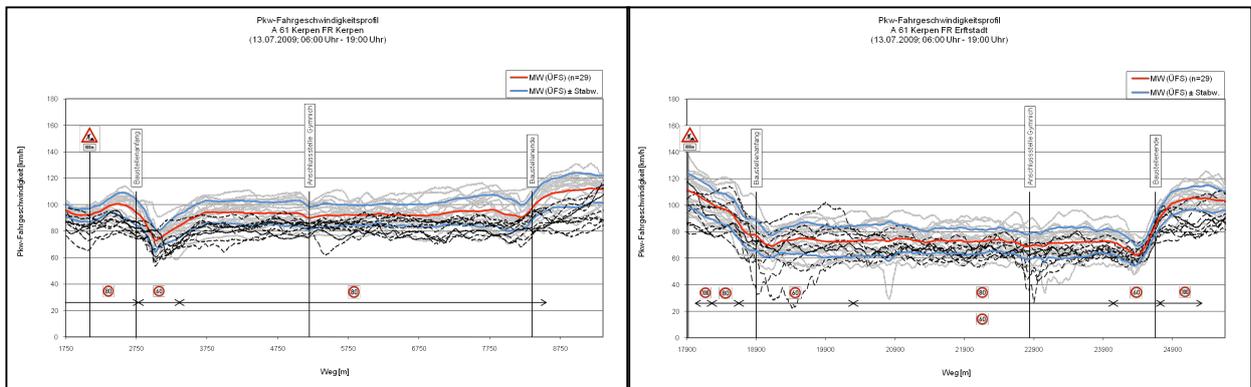
**Bild 66:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 5 (A 8 Pforzheim)



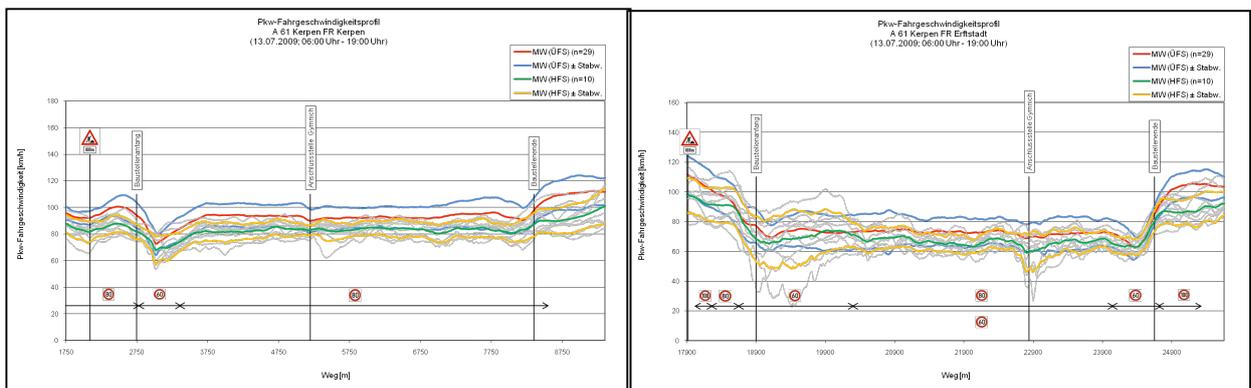
**Bild 67:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 5 (A 8 Pforzheim) in Fahrtrichtung Stuttgart (links) und in Fahrtrichtung Karlsruhe (rechts)



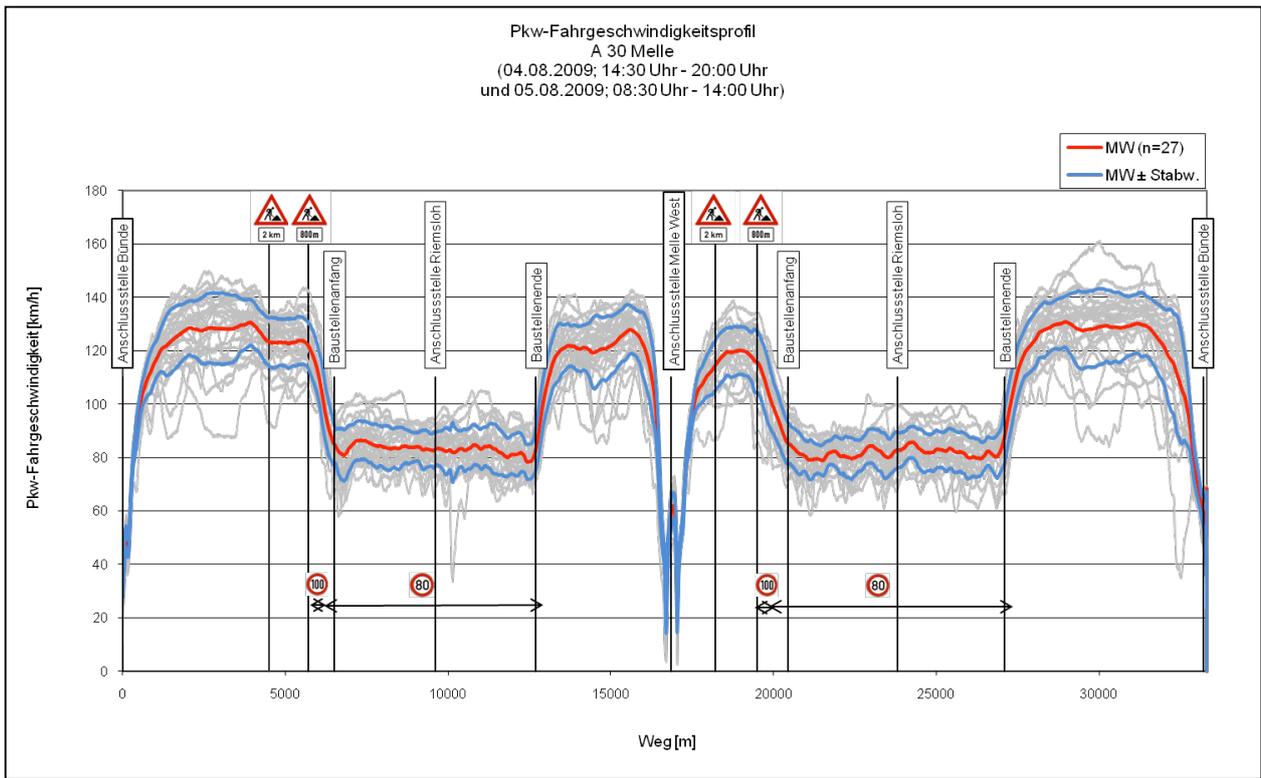
**Bild 68:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 6 (A 61 Kerpen)



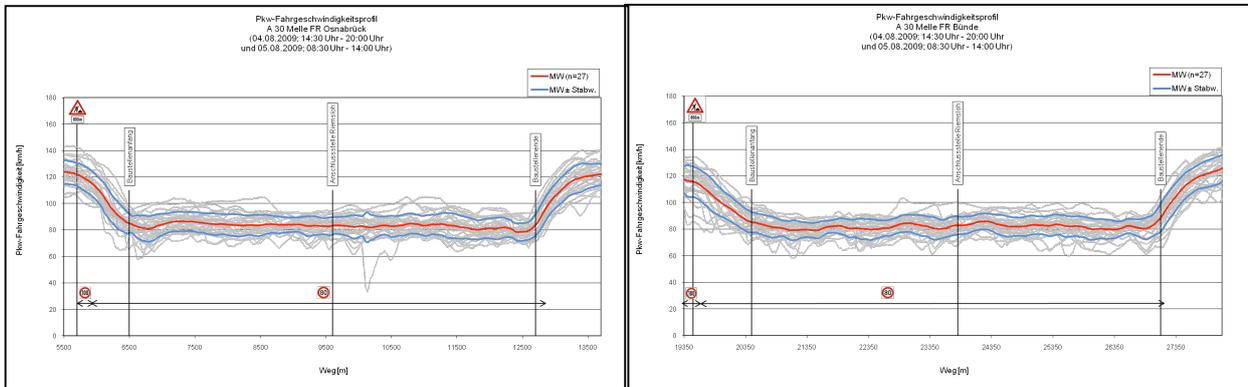
**Bild 69:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 6 (A 1 Kerpen) in Fahrtrichtung Kerpen (links) und in Fahrtrichtung Ertfstadt (rechts)



**Bild 70:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 6 (A 61 Kerpen) in Fahrtrichtung Kerpen (links) und in Fahrtrichtung Ertfstadt (rechts)



**Bild 71:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 7 (A 30 Melle)



**Bild 72:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 7 (A 30 Melle) in Fahrtrichtung Osnabrück (links) und in Fahrtrichtung Bünde (rechts)

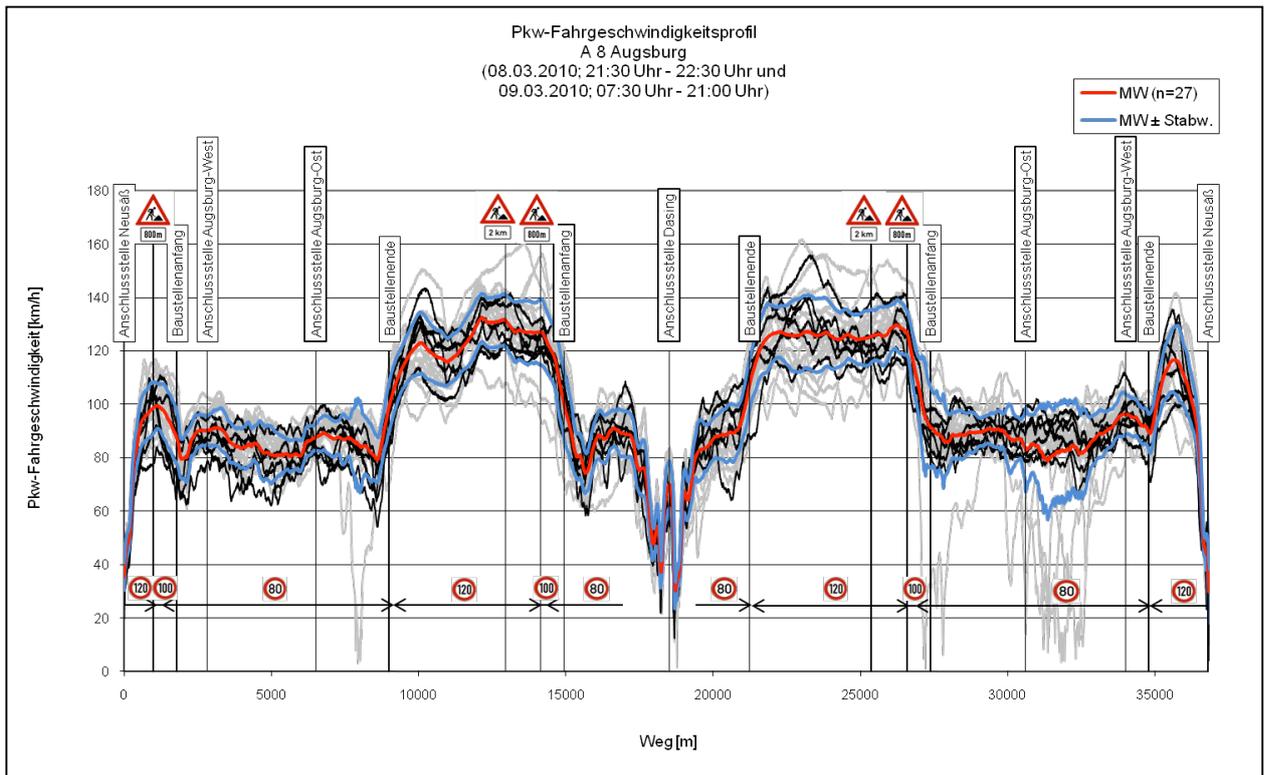


Bild 73: Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 8 (A 8 Augsburg)

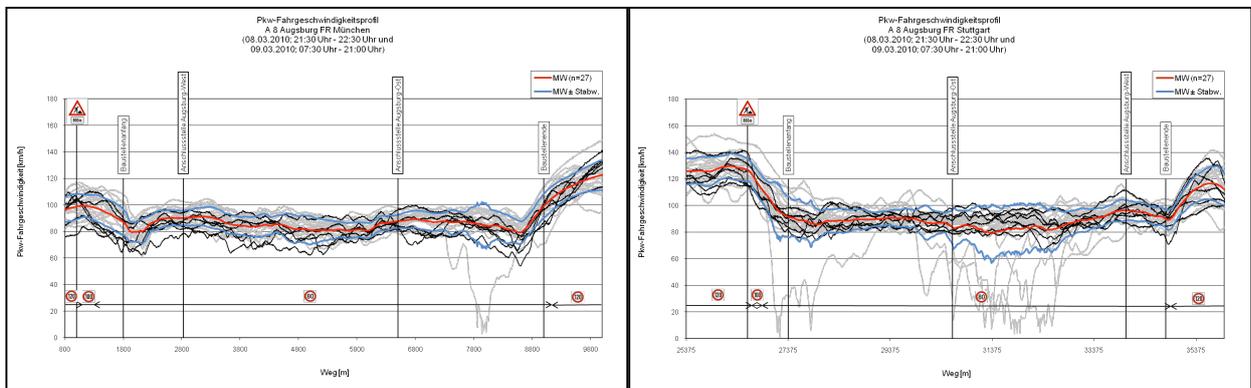
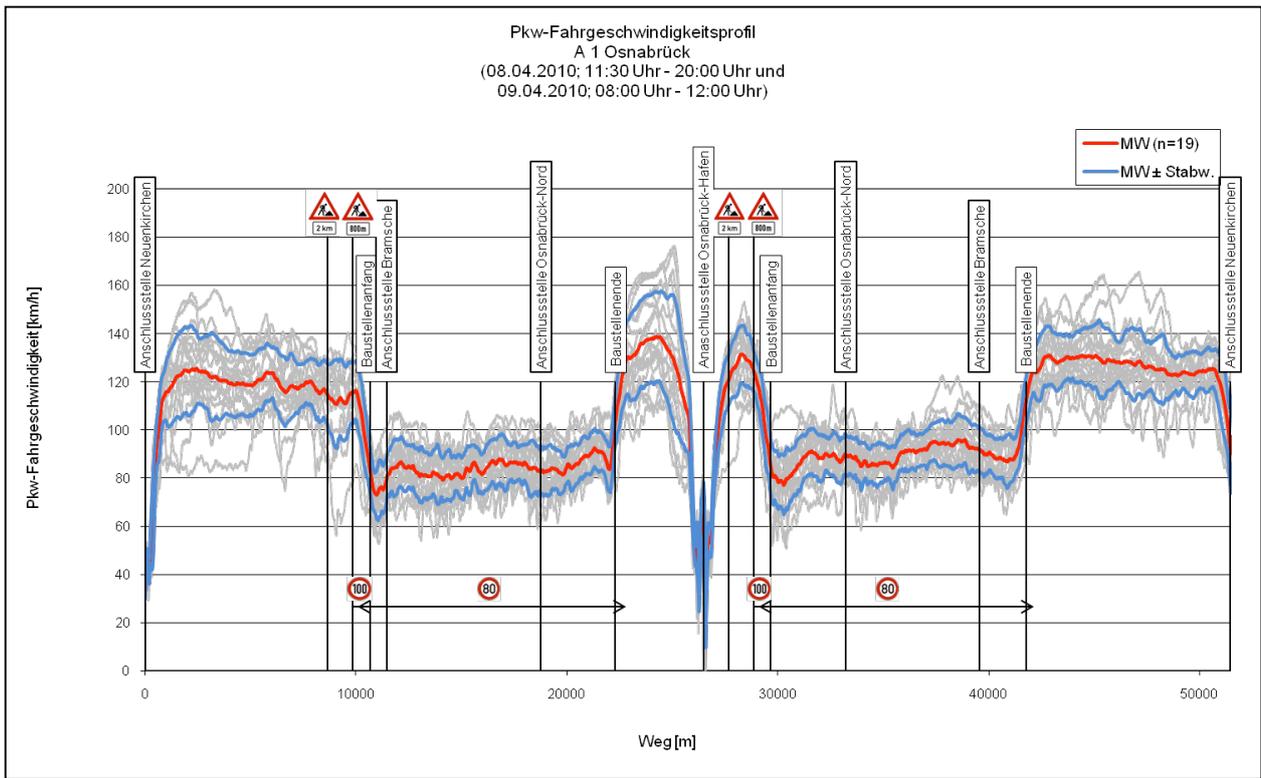
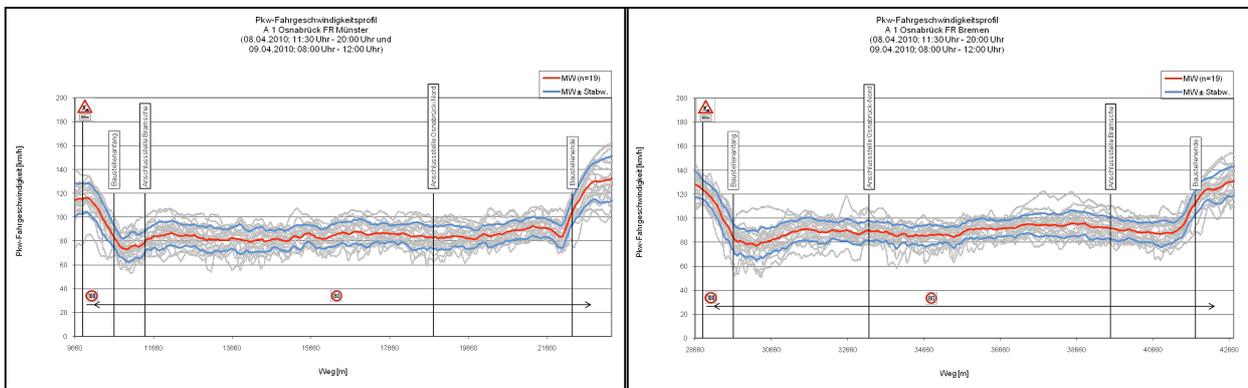


Bild 74: Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 8 (A 8 Augsburg) in Fahrtrichtung München (links) und in Fahrtrichtung Stuttgart (rechts)



**Bild 75:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 9 (A 1 Osnabrück)



**Bild 76:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 9 (A 1 Osnabrück) in Fahrtrichtung Münster (links) und in Fahrtrichtung Bremen (rechts)

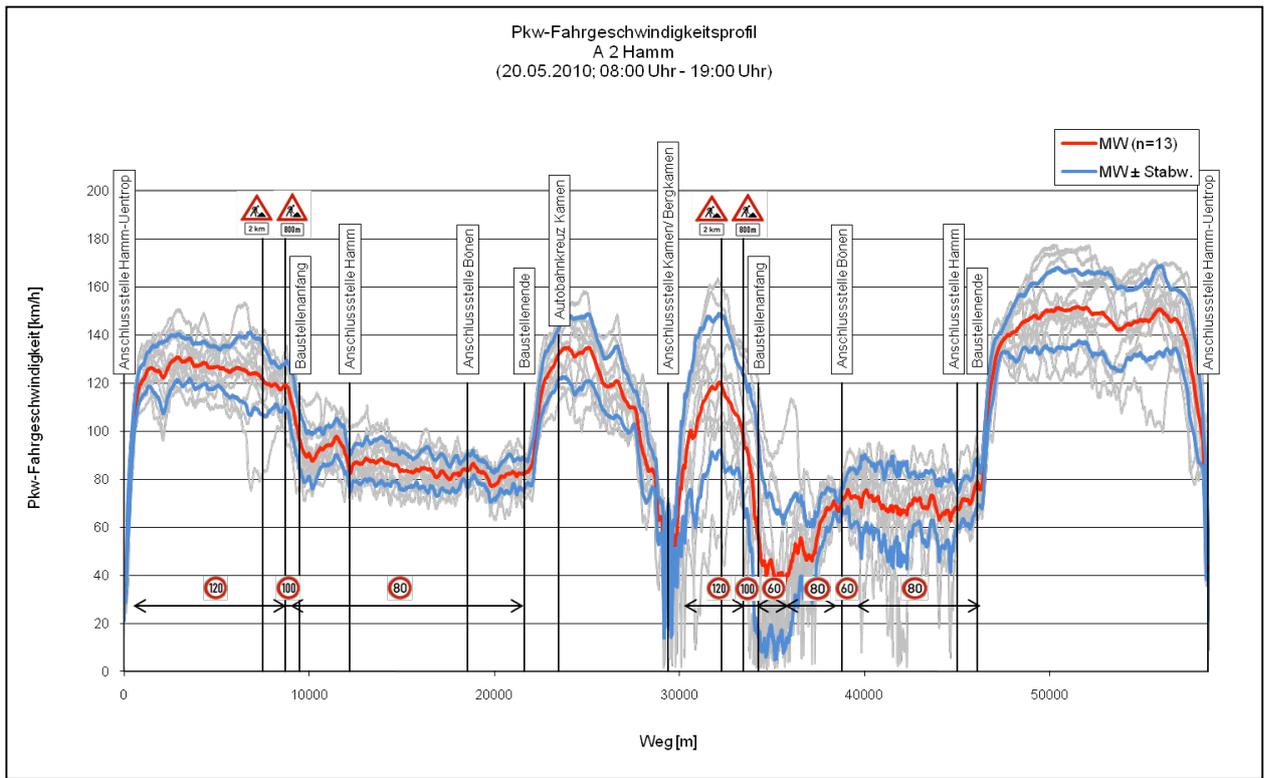


Bild 77: Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 10 (A 2 Hamm)

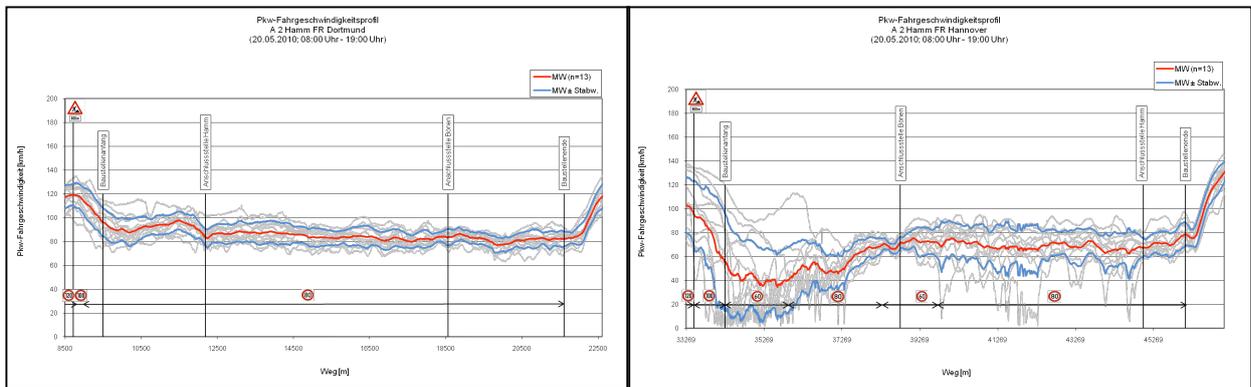
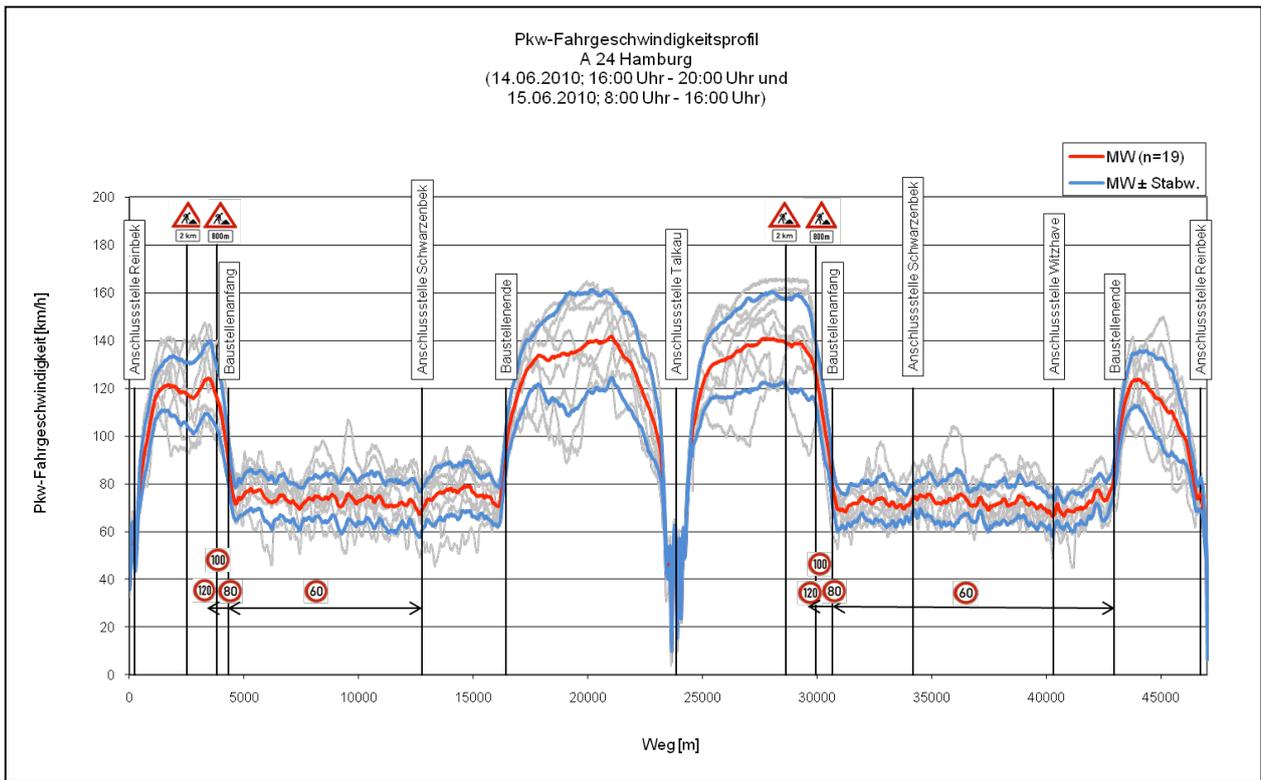
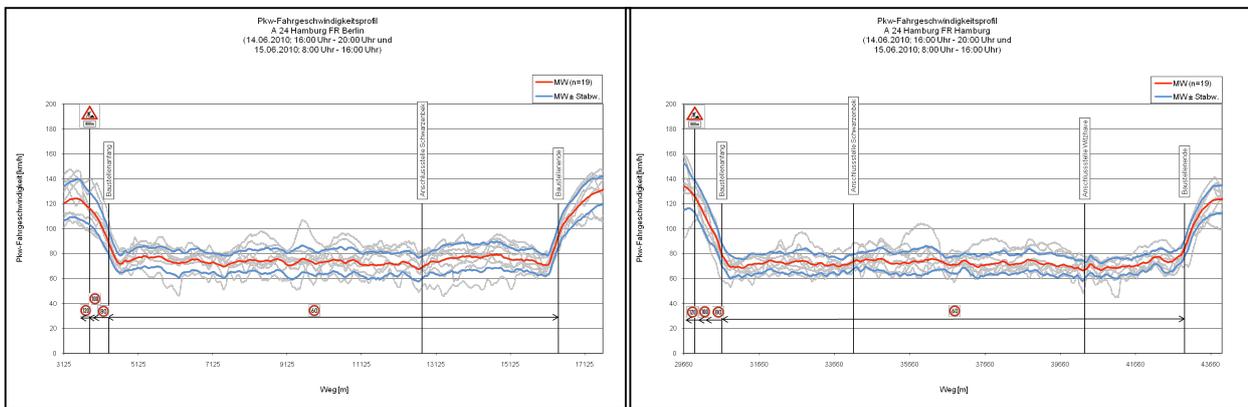


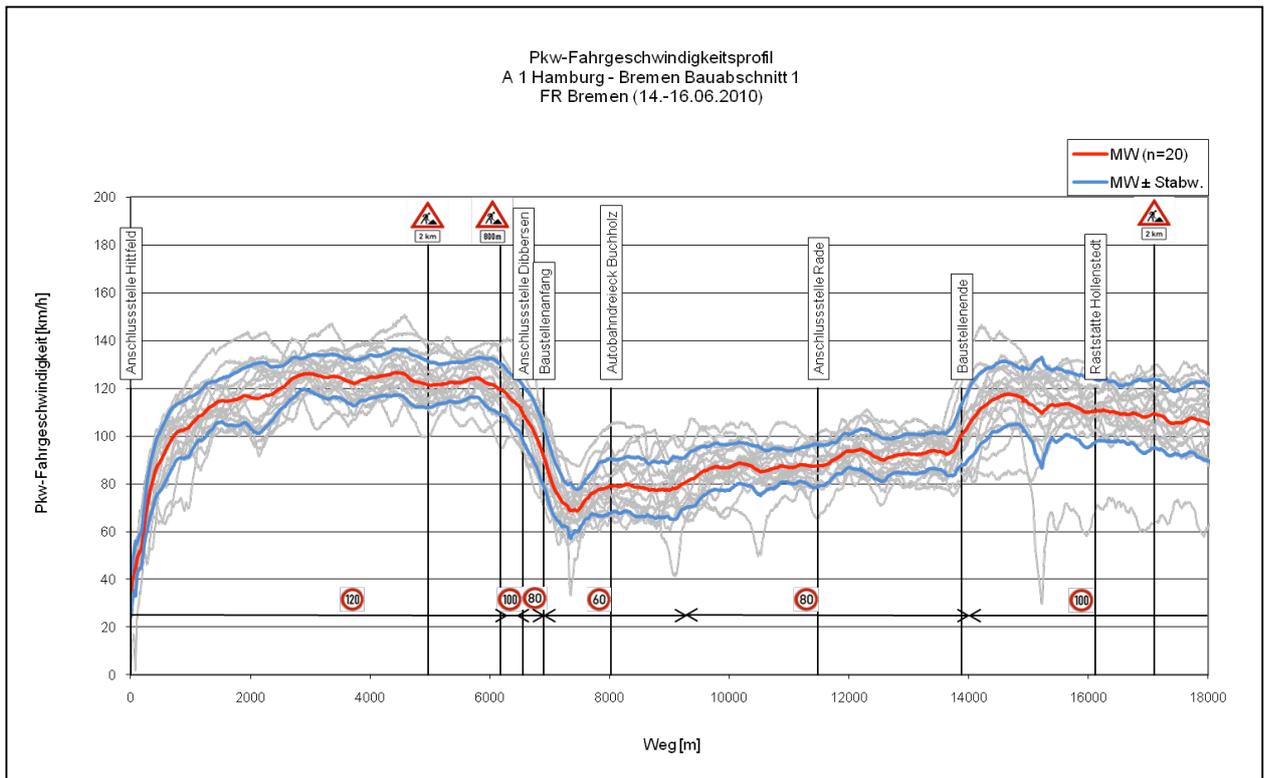
Bild 78: Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 10 (A 2 Hamm) in Fahrtrichtung Dortmund (links) und in Fahrtrichtung Hannover (rechts)



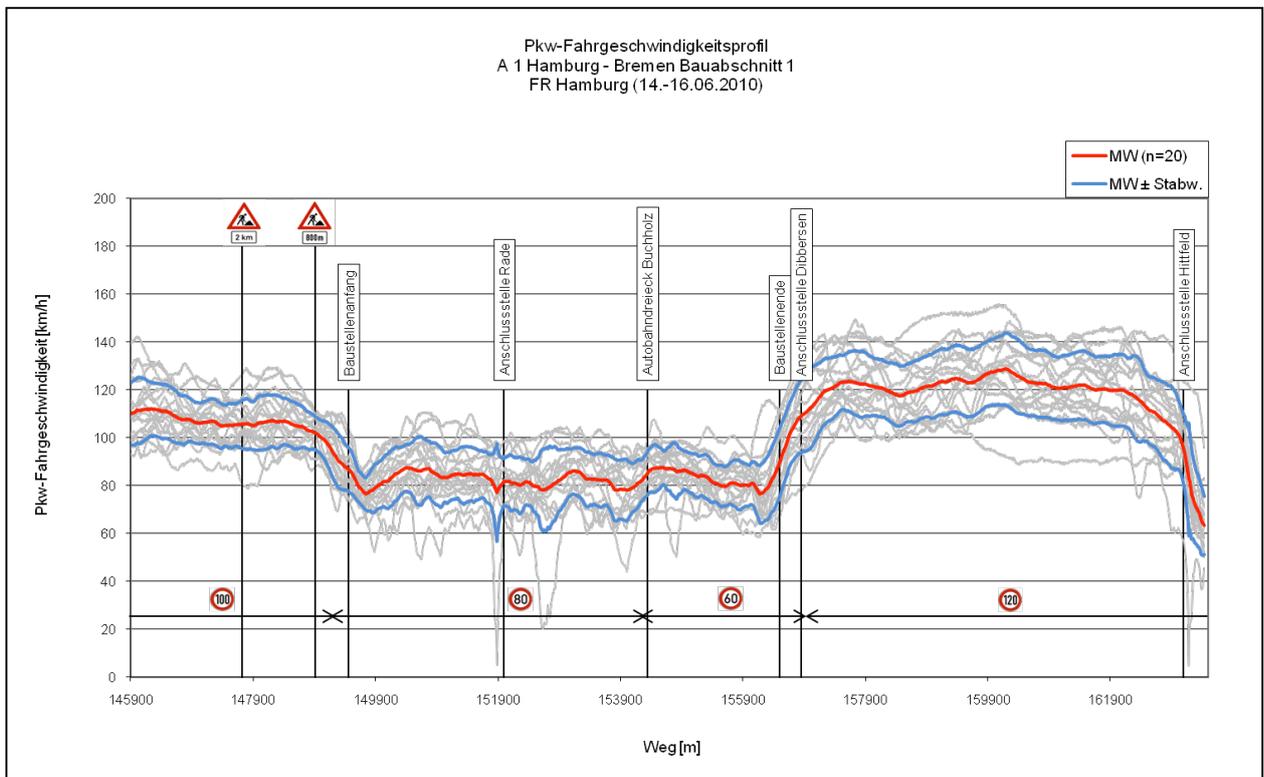
**Bild 79:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 11 (A 24 Hamburg)



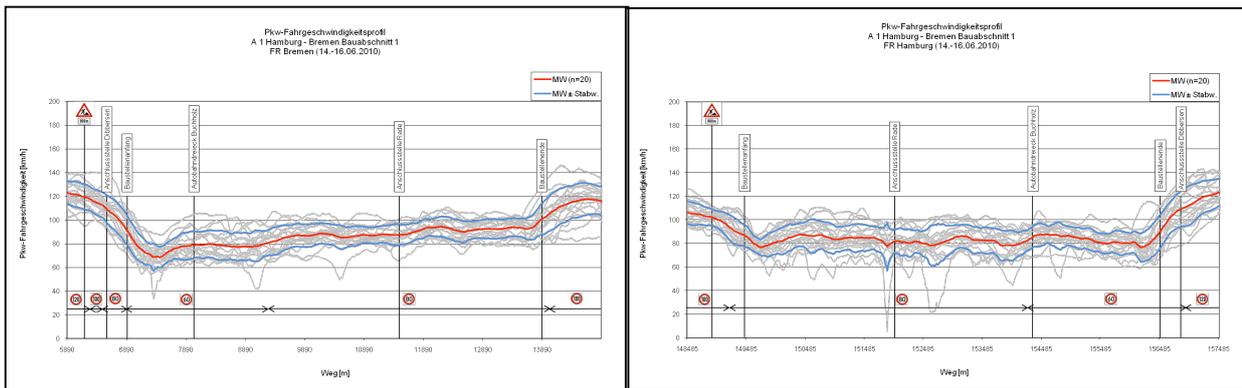
**Bild 80:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 11 (A 24 Hamburg) in Fahrtrichtung Berlin (links) und in Fahrtrichtung Hamburg (rechts)



**Bild 81:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 12 (A 1 Hamburg (Bauabschnitt 1) FR Bremen)



**Bild 82:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 12 (A 1 Hamburg (Bauabschnitt 1) FR Hamburg)



**Bild 83:** Geschwindigkeitsprofil für Arbeitsstelle Nr. 12 (A 1 Hamburg, Bauabschnitt 1) in Fahrtrichtung Bremen (links) und in Fahrtrichtung Hamburg (rechts)

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Verkehrstechnik“

## 2014

V 247: **Befahrbarkeit plangleicher Knotenpunkte mit Lang-Lkw**  
Lippold, Schemmel  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 248: **Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw – Grundlagentermittlung**  
Burg, Röhling  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

## 2015

V 249: **Auswirkungen von Querschnittsgestaltung und längsgerichteten Markierungen auf das Fahrverhalten auf Landstraßen**  
Schlag, Voigt, Lippold, Enzfelder  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 250: **Befahrbarkeit spezieller Verkehrsanlagen auf Autobahnen mit Lang-Lkw**  
Lippold, Schemmel  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 251: **Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen von Straßenumgestaltungen nach dem „Shared Space“-Gedanken**  
Baier, Engelen, Klemps-Kohnen, Reinartz € 18,50

V 252: **Standortkataster für Lärmschutzanlagen mit Ertragsprognose für potenzielle Photovoltaik-Anwendungen**  
Gündra, Barron, Henrichs, Jäger, Höfle, Marx, Peters, Reimer, Zipf € 15,00

V 253: **Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Sicherheit und den Ablauf des Verkehrs in Arbeitsstellen**  
Baier, Kemper  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 254: **Beanspruchung der Straßeninfrastruktur durch Lang-Lkw**  
Wellner, Uhlig  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 255: **Überholen und Räumen – Auswirkungen auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf durch Lang-Lkw**  
Zimmermann, Riffel, Roos  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 256: **Grundlagen für die Einbeziehung der sonstigen Anlagenteile von Straßen in die systematische Straßenerhaltung als Voraussetzung eines umfassenden Asset Managements**  
Zander, Birbaum, Schmidt  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 257: **Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen**  
Ohm, Fiedler, Zimmermann, Kraxenberger, Maier Hantschel, Otto € 18,00

V 258: **Regionalisierte Erfassung von Straßenwetter-Daten**  
Holldorb, Streich, Uhlig, Schäufele € 18,00

V 259: **Berücksichtigung des Schwerverkehrs bei der Modellierung des Verkehrsablaufs an planfreien Knotenpunkten**  
Geistefeldt, Sievers  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 260: **Berechnung der optimalen Streudichte im Straßenwinterdienst**  
Hausmann € 15,50

V 261: **Nutzung von Radwegen in Gegenrichtung – Sicherheitsverbesserungen**  
Alrutz, Bohle, Busek € 16,50

V 262: **Verkehrstechnische Optimierung des Linksabbiegens vom nachgeordneten Straßennetz auf die Autobahn zur Vermeidung von Falschfahrten**  
Maier, Pohle, Schmotz, Nirschl, Erbsmehl € 16,00

V 263: **Verkehrstechnische Bemessung von Landstraßen – Weiterentwicklung der Verfahren**  
Weiser, Jäger, Riedl, Weiser, Lohoff € 16,50

V 264: **Qualitätsstufenkonzepte zur anlagenübergreifenden Bewertung des Verkehrsablaufs auf Außerortsstraßen**  
Weiser, Jäger, Riedl, Weiser, Lohoff € 17,00

V 265: **Entwurfstechnische Empfehlungen für Autobahntunnelstrecken**  
Bark, Kutschera, Resnikow, Baier, Schuckließ  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 266: **Verfahren zur Bewertung der Verkehrs- und Angebotsqualität von Hauptverkehrsstraßen**  
Baier, Hartkopf € 14,50

V 267: **Analyse der Einflüsse von zusätzlichen Textanzeigen im Bereich von Streckenbeeinflussungsanlagen**  
Hartz, Saighani, Eng, Deml, Barby  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 268: **Motorradunfälle – Einflussfaktoren der Verkehrsinfrastruktur**  
Hegewald, Fürneisen, Tautz  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

## 2016

V 269: **Identifikation von unfallauffälligen Stellen motorisierter Zweiradfahrer innerhalb geschlossener Ortschaften**  
Pohle, Maier € 16,50

V 270: **Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf den Straßenbetriebsdienst (KliBet)**  
Holldorb, Rumpel, Biberach, Gerstengarbe, Österle, Hoffmann € 17,50

V 271: **Verfahren zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Ausschreibung von Elementen der Straßeninfrastruktur**  
Offergeld, Funke, Eschenbruch, Fandrey, Röwekamp  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 272: **Einsatzkriterien für Baubetriebsformen**  
Göttgens, Kemper, Volkenhoff, Oeser, Geistefeldt, Hohmann € 16,00

V 273: **Autobahnverzeichnis 2016**  
Kühnen € 25,50

- V 274: **Liegedauer von Tausalzen auf Landstraßen**  
Schulz, Zimmermann, Roos € 18,00
- V 275: **Modellversuch für ein effizientes Störfallmanagement auf Bundesautobahnen**  
Grahl, Skottke  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 276: **Psychologische Wirkung von Arbeitsstellen auf die Verkehrsteilnehmer**  
Petzoldt, Mair, Krems, Roßner, Bullinger € 30,50
- V 277: **Verkehrssicherheit in Einfahrten auf Autobahnen**  
Kathmann, Roggendorf, Scotti  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 278: **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2014**  
Fitschen, Nordmann € 30,50
- V 279: **HBS-konforme Simulation des Verkehrsablaufs auf Autobahnen**  
Geistefeldt, Giuliani, Busch, Schendzielorz, Haug, Vortisch, Leyn, Trapp € 23,00

## 2017

- V 280: **Demografischer Wandel im Straßenbetriebsdienst – Analyse der möglichen Auswirkungen und Entwicklung von Lösungsstrategien**  
Pollack, Schulz-Ruckriegel € 15,50
- V 281: **Entwicklung von Maßnahmen gegen Unfallhäufungsstellen – Weiterentwicklung der Verfahren**  
Maier, Berger, Kollmus € 17,50
- V 282: **Aktualisierung des Überholmodells auf Landstraßen**  
Lippold, Vettors, Steinert € 19,50
- V 283: **Bewertungsmodelle für die Verkehrssicherheit von Autobahnen und von Landstraßenknotenpunkten**  
Bark, Krähling, Kutschera, Baier, Baier, Klemps-Kohnen, Schuckließ, Maier, Berger € 19,50
- V 284: **Berücksichtigung des Schwerverkehrs bei der Modellierung des Verkehrsablaufs an planfreien Knotenpunkten**  
Geistefeldt, Sievers  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 285: **Praxisingerechte Anforderungen an Tausalz**  
Kampfner, Thümmel, Ohmann  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 286: **Telematisch gesteuertes Kompaktparken – Grundlagen und Entwicklung**  
Kleine, Lehmann € 16,50
- V 287: **Werkzeuge zur Durchführung des Bestandsaudits und einer erweiterten Streckenkontrolle**  
Bark, Kutschera, Resnikow, Follmann, Biederbick € 21,50
- V 288: **Überholungen von Lang-Lkw - Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und den Verkehrsablauf**  
Roos, Zimmermann, Köhler  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 289: **Verkehrsqualität an verkehrabhängig gesteuerten und koordinierten Lichtsignalanlagen**  
Geistefeldt, Giuliani, Vieten, Dias Pais € 20,00
- V 290: **Fahrleistungserhebung 2014 – Inländerfahrleistung**  
Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer, Stock, Lenz, Kuhnimhof, Köhler € 19,00

- V 291: **Fahrleistungserhebung 2014 – Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko**  
Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer, Stock, Lenz, Kuhnimhof, Köhler € 18,50
- V 292: **Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw**  
Burg, Schrempp, Röhling, Klaas-Wissing, Schreiner  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 293: **Ermittlung der geeigneten Verkehrsnachfrage als Bemessungsgrundlage von Straßen**  
Geistefeldt, Hohmann, Estel  
Unterauftragnehmer: Manz € 17,50
- V 294: **Wirtschaftlichkeitsbewertung besonderer Parkverfahren zur Lkw-Parkkapazitätserhöhung an BAB**  
Maibach, Tacke, Kießig € 15,50
- V 295: **Konzentrationen und Frachten organischer Schadstoffe im Straßenabfluss**  
Grotehusmann, Lambert, Fuchs, Graf € 16,50
- V 296: **Parken auf Rastanlagen mit Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen mit Übergröße**  
Lippold, Schemmel, Kathmann, Schroeder  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

## 2018

- V 297: **Sicherheitstechnische Überprüfung von Elementen plan gleicher Knotenpunkte an Landstraßen**  
Zimmermann, Beeh, Schulz, Roos  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 298: **Verfahren zur Zusammenführung von Informationen unterschiedlicher Netzanalysesysteme**  
Baick, Schüller, Balmberger, Rossol  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 299: **Einfluss von Fehlern auf die Qualität von Streckenbeeinflussungsanlagen**  
Schwietering, Neumann, Volkenhoff, Fazekas, Jakobs, Oeser  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 300: **Untersuchungen zur Optimierung von Schadstoffrückhalt und Standfestigkeit von Banketten**  
Werkenthin, Kluge, Wessolek  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 301: **Sicherheitsbewertung von Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung**  
Kemper, Sümmermann, Baier, Klemps-Kohnen  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

Fordern Sie auch unser kostenloses Gesamtverzeichnis aller lieferbaren Titel an! Dieses sowie alle Titel der Schriftenreihe können Sie unter der folgenden Adresse bestellen:

**Fachverlag NW in der Carl Schünemann Verlag GmbH**  
Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen  
Tel. + (0)421/3 69 03-53 · Fax + (0)421/3 69 03-63

Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.

[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)