



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Verkehrssystemtechnik

Abschlussbericht

KONZEPT ZUR ERHÖHUNG DER VERKEHRSSICHERHEIT UND LEISTUNGSFÄHIGKEIT AUF DER A2

05.03.2010

Projektteam:

DLR:

Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer, Dr. Caroline Schießl, Dipl.-Psych. Maria Staubach

TU Braunschweig:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernhard Friedrich, Dr.-Ing. Stephan Hoffmann, Dipl.-Ing. Ralf Kutzner

TU Dresden:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Lippold, Dipl.-Ing. Ralph Schulz

MH Hannover:

Prof. Dipl.-Ing. Dietmar Otte, Dipl.-Ing. Michael Jänsch

Copyright nach DIN 34 beachten.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhaltes sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmustereintragung vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation und Zielstellung	5
2	Unfallprofil – Analyse der Verkehrsunfälle der A2.....	6
2.1	Unfallanalyse anhand polizeilicher Unfallprotokolle	6
2.1.1	Datensatz und Analysen	6
2.1.2	Beschreibung des Unfallgeschehens auf der A2	10
2.1.3	Vergleich der Unfallzahlen auf der niedersächsischen A2 mit anderen Bundesautobahnen	15
2.1.4	Unfallverteilung und Unfallschwerpunkte	19
2.2	Unfallanalyse anhand von GIDAS Daten	45
2.2.1	Beschreibung des Unfallgeschehens im Raum Hannover	46
2.2.2	Analyse der Unfalleinflussfaktoren	53
2.3	Unfallursachenanalyse mittels ACASS	62
2.3.1	Das ACASS Modell	62
2.3.2	Vereinfachtes Modell mit 5 Kategorien bei den menschlichen Ursachenfaktoren ..	64
2.3.3	Gerichtsakten der Staatsanwaltschaften	64
2.3.4	Analyse der Unfälle mit Todesfolge.....	65
2.3.5	Lkw als Unfallverursacher der Unfälle mit Todesfolge.....	72
2.4	Zusammenfassung wesentlicher Ergebnisse	75
3	Belastungsprofil – entwurfstechnische und verkehrliche Aspekte	77
3.1	Kapazitätsengpassanalyse A2 und B65	77
3.1.1	Methodik	77
3.1.2	Ergebnisse A2	90
3.1.3	Ergebnisse B65.....	94
3.2	Entwurfstechnische und infrastrukturelle Aspekte	97
3.2.1	Entwurfsparameter und Linienführung	97
3.2.2	Straßenzustand	98
3.2.3	Methodisches Vorgehen.....	99
3.2.4	Datenanalyse	101
3.2.5	Ergebnisse.....	104
3.2.6	Zusammenfassung der Ergebnisse	115
4	Reales Fahrerverhalten – Fahrerleistung und Beanspruchung	117
4.1	Versuchsdesign – Probanden – Versuchsstrecke	118
4.2	Erfasste Fahrer- und Umweltdaten	119
4.3	Reales Fahrerverhalten	120
4.3.1	Fahrerleistung und Beanspruchung in Abhängigkeit der Knotenpunkte	121
4.3.2	Fahrerbeanspruchung.....	123
4.3.3	Spurwechselverhalten.....	124

4.3.4	Einfluss der Verkehrsdichte auf das Fahrerverhalten	126
4.3.5	Einfluss von offenporigem Asphalt (OPA) auf das Geschwindigkeitsverhalten	127
4.3.6	Einfädelungsverhalten der Versuchsfahrer	128
5	Gefährdungsprofil.....	130
5.1	Ausgangslagen	130
5.1.1	Fahrerverhalten: Akzeptanz der Strecken- bzw. VBA, Qualität VBA-Detektoren / VBA-Schaltungen	130
5.1.2	Fahrerverhalten: Akzeptanz der Strecken- bzw. VBA, schnelles Fahren.....	133
5.1.3	Fahrerverhalten: Nicht angepasste Sicherheitsabstände.....	136
5.1.4	Fahrerverhalten: Unfälle infolge von Ermüdung/Unaufmerksamkeit/fehlende Parkstände	136
5.1.5	Fahrerverhalten: Unfälle und Störungen des Verkehrsablaufs durch Fahrstreifenwechselfehler	138
5.1.6	Fahrerverhalten: Unfälle unter Einfluss von Alkohol	138
5.1.7	Infrastruktur: Trassierung im Grenzbereich	139
5.1.8	Infrastruktur: Abkommensunfälle in Verbindungsrampen	141
5.1.9	Allgemeines: Baustellen – Unfallschwerpunkte	142
5.1.10	Allgemeines: Umgang mit Störfällen.....	142
5.1.11	Allgemeines: Lkw-Unfälle – schwere Auffahrunfälle vs. Sachschäden aufgrund technischer Mängel	142
5.1.12	Verkehrliche Engpässe: Störungen durch einfahrende Pulks bei hohen Verkehrsstärken	142
5.1.13	Verkehrliche Engpässe: Ergebnisse der Engpassanalyse für die A2.....	143
6	Maßnahmen	144
6.1	Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit	147
6.1.1	Maßnahme E/S/1: „Fahrstreifenwechselverbote“ nach rechts an Knotenpunkten	147
6.1.2	Maßnahme E/P/1: Verlängerung von Ein- und Ausfahrten.....	147
6.1.3	Maßnahme E/P/2: Bau einer durchlaufenden Verteilerfahrbahn	148
6.1.4	Maßnahme E/P/3: Bau von Lkw-Parkständen / Mischnutzung	149
6.1.5	Maßnahme Bau/S/1: Profilierte Randmarkierungen.....	150
6.1.6	Maßnahme B/S/1: Qualitätsanalyse und Qualitätsmanagement VBA	150
6.1.7	Maßnahme B/S/2: Automatisierte Geschwindigkeitskontrollen / Enforcement	151
6.1.8	Maßnahme B/S/3: Section Control.....	152
6.1.9	Maßnahme B/S/4: Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit bei Nässe (VBA)	153
6.1.10	Maßnahme B/S/5: Anordnung von Lkw-Überholverbotten	154
6.1.11	Maßnahme B/S/6: Geschwindigkeitsbeschränkung in Ausfahrbereichen / Verbindungsrampen.....	154
6.1.12	Maßnahme B/S/7: Ausstattung kritischer Punkte mit Videokameras zum Verkehrs- und Störfallmanagement.....	155
6.1.13	Maßnahme Z/S/1: Öffentlichkeitsarbeit/Verkehrserziehung/Infos bzgl. VBA.....	155
6.1.14	Maßnahme Z/S/2: Baustellenmanagement.....	156

6.1.15	Maßnahme Z/S/3: Reißverschlussverfahren vor Baustellen „erzwingen“	156
6.1.16	Maßnahme Z/S/4: Mobile Stauwarnanlagen	157
6.1.17	Maßnahme Z/S/5: Lkw-Kontrollen	158
6.1.18	Maßnahme Z/S/6: Störfallmanagement.....	158
6.1.19	Maßnahme Z/S/7: Alkoholkontrollen	159
6.1.20	Maßnahme Z/S/8: Kurventafeln, Auffahrunfallwarnung	159
6.1.21	Maßnahme Z/S/9: Abstandskontrollen durch die Polizei	159
6.1.22	Maßnahme Z/S/10: Unterstützung der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen und Fahrzeugtechnik.....	160
6.2	Maßnahmen zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit	162
6.2.1	Maßnahme E/S/2“: Achtstreifiger Ausbau der A2	162
6.2.2	Maßnahme E/P/4: Um- bzw. Ausbau von Knotenpunktelementen	163
6.2.3	Maßnahme E/P/5: Umbau von Knotenpunktsystemen.....	168
6.2.4	Maßnahme B/S/8: Dynamische Seitenstreifenfreigabe	172
6.2.5	Maßnahme B/P/1: Zuflusssteuerung.....	174
7	Zusammenfassung	175
8	Weiterer Forschungsbedarf	179
9	Literatur	181
10	Anhang	185
10.1	Anhang A: Ergebnisse der Unfallanalysen polizeilicher Unfallprotokolle	185
10.1.1	Ergebnisse getrennt nach Fahrtrichtungen und Maßnahmen an einzelnen Streckenpunkten	185
10.1.2	Objektivierung des Wirkfeldes	187
10.1.3	Vergleich der Wirkfelder.....	188
10.2	Anhang B: Engpassanalyse A2, 2005	188
10.3	Anhang C: Engpassanalyse A2, 2025	189
10.4	Anhang D: Engpassanalyse + Streckenband B65 – Zusammenfassung.....	189
10.5	Anhang E1 Optische Unfalldichte und E2 SIPO	189
10.6	Anhang F: ZEB Band	189
10.7	Anhang G: Maßnahmen tabellarisch	189
10.8	Anhang H: Maßnahmen Streckenband.....	189

1 Motivation und Zielstellung

Die Bundesautobahn BAB A2 führt von der Landesgrenze Sachsen-Anhalt (Helmstedt) bis zur Landesgrenze Nordrhein-Westfalen (Rinteln) über eine Länge von ca. 155 km durch Niedersachsen. Auf diesem Streckenabschnitt wurde die A2 in den neunziger Jahren bis zum Jahr 2000 vollständig auf sechs Fahrstreifen ausgebaut und modernisiert.

Das Verkehrsaufkommen liegt in Abhängigkeit vom betrachteten Streckenabschnitt zwischen ca. 65.000 bis ca. 120.000 Kfz/24h, im Raum Hannover sogar bis zu ca. 140.000 Kfz/24h (Verkehrsmengenkarte Niedersachsen 2005). Die begleitende Ausstattung mit einer modernen Verkehrsbeeinflussungsanlage zur Steuerung und Regelung dieses Verkehrsaufkommens erfolgt bisher auf einer Länge von ca. 107 Kilometer, weitere Ausbauten zur Erweiterung und zum Lückenschluss sind vorgesehen.

In den vergangenen Jahren haben schwere Verkehrsunfälle auf der A2 (häufig mit Beteiligung des Schwerverkehrs, häufige Todesfolge oder Schwerverletzte) in der Öffentlichkeit und in der Politik zu einer Diskussion um das Sicherheitsniveau der Autobahn geführt. Das Land Niedersachsen hat dementsprechend angemessen reagiert und beabsichtigt, anhand der Entwicklung neuartiger Analyseverfahren die Verkehrssituation auf der A2 umfassend zu beschreiben und darauf aufbauend weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit durchzuführen.

Die Ursachen für die Entstehung von Unfällen und für die Auswirkungen auf die Schwere der Unfallfolgen sind meist auf mehrere, unterschiedliche Aspekte zurückzuführen. Diese können sowohl auf der Fahrzeug-, der Umweltebene als auch auf der Ebene des Fahrers liegen. So können z.B. bestimmte Umweltfaktoren, wie ein erhöhtes Verkehrsaufkommen oder ein hoher Schwerverkehrsanteil, Fehlhandlungen von Fahrern begünstigen oder die Folgen von Fehlern verschärfen. Beispiele dafür sind unangepasste Geschwindigkeiten, zu geringe Sicherheitsabstände oder Schwierigkeiten beim Aus- und Einfädeln an Anschlussstellen, was nachfolgend zu einer Zunahme von Unfällen führen kann.

Die Verkehrssituation auf der A2 und das damit einher gehende Unfallgeschehen sind somit durch eine hohe Komplexität und Diversität hinsichtlich der wirkenden Belastungsfaktoren gekennzeichnet. Diese Umstände erfordern eine umfassende Untersuchung aller am Unfallgeschehen beteiligten Elemente und damit einen neuen, interdisziplinären Ansatz aus straßenbaulicher, -betrieblicher und verkehrspsychologischer Sicht, welcher die maßgebenden Einflussfaktoren Fahrer, Fahrzeug und Straße berücksichtigt. Die integrierte Beschreibung aller wirkenden Belastungsfaktoren bildet den Ausgangspunkt zur Erarbeitung von Hinweisen für die Durchführung von Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit auf der A2.

Dafür werden alle denkbaren Maßnahmen von fahrerpsychologischen Ansätzen über die Verkehrsregelung bis hin zum Ausbau und der Erweiterung von Teilabschnitten oder Elementen berücksichtigt, in ihrer Wirksamkeit abgeschätzt und unter Berücksichtigung möglicher Überlagerungen in ein Gesamtkonzept integriert. Neben dem aktuellen Zustand ist darin auch die Verkehrsprognose 2025 berücksichtigt, um weitere mögliche negative Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit auf Grund der zu erwartenden Verkehrszunahme abschätzen zu können. Das Konzept enthält zeitlich gestaffelte Maßnahmen bzw. Einzelbausteine zur kurzfristigen, mittelfristigen und langfristigen Realisierung, die modular strukturiert und nach Bedarf umgesetzt werden können.

Zur Beschreibung des Ist-Zustandes der niedersächsischen A2 werden in Kapitel 2 und 3 zunächst das Unfallprofil sowie das Belastungsprofil dargestellt, gefolgt von der Analyse des realen Fahrverhaltens in Kapitel 4. In Kapitel 5 schließt die Darstellung des abgeleiteten Gefährdungs- bzw. Sicherheitsprofils an, auf welchem die in Kapitel 6 beschriebenen Maßnahmen basieren. Das Kapitel 7 fasst die wesentlichen Ergebnisse zusammen. Kapitel 8 gibt einen Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf.

2 Unfallprofil – Analyse der Verkehrsunfälle der A2

Die Unfallanalyse fand auf der Grundlage eines Datensatzes der polizeilichen Unfalldaten von März 2005 bis Dezember 2008 statt. Im Rahmen des Projektes wurden einerseits Daten aus polizeilichen Unfallprotokollen analysiert, andererseits Daten aus Unfallerhebungen im Rahmen von GIDAS (German In-Depth Accident Study). Die vorliegenden Daten der polizeilichen Unfallprotokolle umfassen Unfalldaten der gesamten niedersächsischen A2 und insgesamt 8949 Unfälle. Ergebnisse der Analyse werden in Abschnitt 2.1 dargestellt. Daten der GIDAS Analyse umfassen insgesamt 134 Unfälle mit Verletzten, die im Raum Hannover auf einem 54 Kilometer langen Teilstück der A2 erhoben wurden. Ergebnisse der In-Depth Analyse werden in Abschnitt 2.2 dargestellt.

2.1 Unfallanalyse anhand polizeilicher Unfallprotokolle

2.1.1 Datensatz und Analysen

Die statistische Auswertung erfolgte unter Verwendung des Programms SPSS 16. Der in der vorliegenden Studie analysierte Datensatz wurde durch die Zusammenfassung von zwei ursprünglichen Datensätzen erstellt, welche von der Polizeidirektion Braunschweig zur Verfügung gestellt wurden. Der erste Datensatz umfasste 14674 Unfälle (Unfallebene), welche sich von Februar 2005 bis Dezember 2008 auf dem gesamten niedersächsischen A2-Gebiet ereignet haben. Der zweite Datensatz enthielt Informationen über die an diesen Unfällen beteiligten Personen (Personenebene, N = 27431). Durch die Verknüpfung der Datensätze wurde erreicht, dass sowohl Informationen über den Unfall als auch Informationen über die verunfallten Fahrer verknüpft analysiert werden können. Um zu vermeiden, dass dabei Informationen doppelt in die Analyse eingehen, wurden Unfälle, bei denen Informationen zu mehreren Fahrern bzw. Mitfahrern vorlagen nur einmal, nämlich in Kombination mit den Daten des Hauptverursachers, verwendet. Informationen zu den nicht schuldhaft beteiligten Fahrern wurden später bei Bedarf, z. B. bei der Auswertung der Art der Verkehrsbeteiligung der nicht schuldhaft beteiligten Fahrer, zu den Daten hinzugefügt. Am Ende dieses ersten Bearbeitungsschrittes blieben 10928 Datensätze übrig.

In weiteren Schritten wurden Variablenlabels (Stichwörter für die im Datensatz enthaltenen Variablen) und Wertelabels (Variablenausprägungen) anhand der vorliegenden Datensatzbeschreibungen generiert. Die Variablennamen und Messniveaus wurden entsprechend den Fragestellungen und den geplanten Auswertungen angepasst. So wurden oft kategoriale Variablen erstellt oder vorhandene Kategorien in neuen Variablen zusammengefasst. So entstand zum Beispiel aus dem Geburtsjahr und dem Unfalljahr eine Variable Alter zum Unfallzeitpunkt und eine Variable, in der verschiedene Altersstufen zu Kategorien zusammengefasst wurden. Im Freitext vorliegende Informationen, z. B. zum Fahrzeugkennzeichen wurden in Kategorien zusammengefasst. So entstand eine Variable Nation mit den Kategorien „Deutschland“, „Osteuropa“, „Südeuropa“, „Westeuropa“ und „Nordeuropa“. Auch die Freitextfelder für die Variablen mussten zur Ermöglichung statistischer Analysen in numerische Felder umgewandelt werden. Darüber hinaus wurden neue Variablen berechnet, welche für die Auswertung interessant schienen. So wurden beispielsweise aus Datum und Uhrzeit, Informationen zu den Lichtverhältnissen und Wochentagen berechnet. Aus dem Textfeld zur Sachverhaltsschilderung wurden per Inhaltsanalyse u. a. Informationen über Spurwechselunfälle, Unfälle infolge von Übermüdung, Wildunfälle, Probleme bei der Ladungssicherung und technische Defekte generiert. Auf diese Art und Weise wurde auch eine Variable Raststätte erstellt, die Informationen darüber enthält, ob der jeweilige Unfall auf einer Raststätte oder der A2 direkt passiert ist. Die Raststättenunfälle wurden später vom Datensatz ausgeschlossen. Weitere Unfälle mussten von der Analyse ausgeschlossen werden, weil nicht klar war auf welcher Richtungsfahrbahn sie passiert sind oder bei welchem Streckenkilometer. Nach allen Ausschlüssen standen 8949 Unfälle für die Analysen zur Verfügung.

Im weiteren Vorgehen wurden Unfalloffhäufungspunkte ermittelt. Dazu wurde die Anzahl der Unfälle pro Unfallstelle und pro Streckenkilometer betrachtet. Im Ergebnis zeigte sich, dass sich in beiden Fahrtrichtungen Unfallschwerpunkte primär an Ein- und Ausfahrbereichen, d.h. im Bereich von Knotenpunkten befanden. Unfallschwerpunkte auf freier Strecke waren meist mit dem Vorhandensein von Arbeitsstellen verknüpft. Im nächsten Schritt wurden die Unfallschwerpunkte hinsichtlich der im Unfalldatensatz vorliegenden Unfallmerkmale untersucht, welche in Tabelle 2-1 wiedergegeben sind.

Tabelle 2-1: Analytierte Unfallmerkmale und Kategorien der Merkmale.

Unfallmerkmal	Kategorien des Unfallmerkmals
Unfallart (zusammengefasst)	Auffahrnrfälle
	Unfälle durch Abkommen von der Fahrbahn
	Seitliche Kollisionen
	Unfälle durch Aufprall auf Hindernisse
	Unfälle anderer Art
Unfallkategorie	Unfälle mit Getöteten
	Unfälle mit schwerem Personenschaden
	Unfälle mit leichtem Personenschaden
	Unfälle mit Sachschaden
	Unfälle ohne oder mit geringem Sachschaden
Unfalleinflussfaktoren bzw. Fahrfehler	Unfälle infolge Alkoholgenusses
	Unfälle infolge BTM/Medikamentengenusses
	Unfälle infolge unangepasster Geschwindigkeit
	Unfälle infolge mangelndem Sicherheitsabstand
	Unfälle infolge von Abbiege- bzw. Vorfahrtsfehlern
	Unfälle infolge von Müdigkeit bzw. Sekundenschlaf
	Unfälle infolge von Ablenkung
	Wildunfälle
	Unfälle infolge technischer Defekte
	Unfälle infolge mangelnder Ladungssicherung
	Unfälle infolge von Spurwechselfehlern
Art der Verkehrsbeteiligung	PKW
	Lkw

Unfallmerkmal	Kategorien des Unfallmerkmals
	Andere (Bus, Motorrad, ...)
Fahrerfaktoren	Alter
	Geschlecht
	Nationalität (anhand des KFZ-Kennzeichens)
Umweltfaktoren zeitlich	Uhrzeit des Unfalls
	Wochentag
	Unfallmonat
	Unfalljahr
Licht- und Witterungsverhältnisse	Lichtverhältnisse (Helligkeit vs. Dunkelheit)
	Straßenverhältnisse (Nässe, Glätte, ...)
Aspekte des Straßenverkehrs	Verkehrsstufe
	Geschwindigkeitsbegrenzungen
	Vorhandensein VBA
	Charakteristik der Unfallstelle
	Besonderheiten der Unfallstelle (Arbeitsstellen)

Insgesamt wurden 58 Unfallschwerpunkte identifiziert (33 auf der Strecke Richtung Berlin und 25 Richtung Dortmund) und auf das Vorhandensein der oben genannten Merkmale hin analysiert.

Auf der Grundlage statistischer Chi-Quadrat-Tests (Chi²-Test, Bühl und Zöfel, 2002) wurde eine Aussage getroffen, inwiefern einzelne Merkmalsausprägungen an den jeweiligen Unfallstellen im Vergleich zu allen anderen Unfallstellen in dieser Richtung, überproportional häufiger oder seltener vorhanden sind. Verglichen wird also die Verteilung der Faktoren am Unfallschwerpunkt mit der Verteilung der Faktoren auf der gesamten Strecke. Dazu wurden für die jeweiligen Faktoren Kreuztabellen erstellt. In Tabelle 2-2 ist ein Beispiel wiedergegeben. In den Spalten befinden sich die Ausprägungen zum Straßenzustand, zusammengefasst in den Kategorien „trocken“ vs. „nass/feucht/schlüpfrig“. In den Zeilen finden sich die Verteilungen für die aktuell betrachtete Unfallstelle, in diesem Beispiel das Autobahnkreuz Braunschweig-Nord und alle anderen Unfälle in Richtung Berlin. Dabei wird deutlich, dass im Mittel 67% aller Unfälle auf trockener Fahrbahn stattfanden. Am Kreuz Braunschweig-Nord waren es nur 57%. Dass dieser Unterschied statistisch bedeutsam ist, kann nun anhand des Chi²-Parameters nachvollzogen werden. Im vorliegenden Beispiel beträgt Chi² = 7.988 mit einem Signifikanzwert p = .005. Desto höher der Wert, desto sicherer unterscheiden sich die Werte. Der Signifikanzwert, der kleiner als p = 0.05 ist, unterstreicht dies. Das bedeutet, dass sich die beiden Teilstichproben mit mehr als 95%iger Wahrscheinlichkeit tatsächlich und nicht nur zufällig unterscheiden. Bei der Testung auf Signifikanz gilt nach allgemein gültiger Konvention ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0.05$. Hoch signifikante Ergebnisse werden bei $\alpha < 0.01$ beschrieben, Tendenzen bei einem α zwischen 0.05 und 0.10 (Bortz, 2005).

Chi²-Analysen wurden für alle 58 Unfallschwerpunkte (inklusive Teilbereiche, z. B. Ein- oder Ausfahrbereich) in Bezug auf alle o. g. Unfallmerkmale durchgeführt. Neben einigen signifikanten Ergebnissen, welche unter anderem zur Ableitung konkreter Maßnahmen geführt haben, ergaben sich ebenfalls nicht-signifikante Ergebnisse, auf die aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht näher eingegangen wird.

Tabelle 2-2: Beispiel für eine Kreuztabelle.

Straßenzustand		trocken	nass/feucht/schlüpfrig/ winterglatt	Gesamt
alle anderen Unfälle	Anzahl	2958	1456	4414
	% von disk	67.0%	33.0%	100.0%
	% von Straßenzustand	96.6%	94.9%	96.1%
	Standardisierte Residuen	.3	-.5	
aktuelle Unfallstelle AK Braunschweig- Nord Richtung Berlin	Anzahl	103	78	181
	% von disk	56.9%	43.1%	100.0%
	% von Straßenzustand	3.4%	5.1%	3.9%
	Standardisierte Residuen	-1.6	2.3	
Gesamt	Anzahl	3061	1534	4595
	% von disk	66.6%	33.4%	100.0%
	% von Straßenzustand	100.0%	100.0%	100.0%

Resultieren signifikante Ergebnisse in der Ableitung konkreter Maßnahmen an bestimmten Streckenabschnitten, so wurden für diese Streckenabschnitte zusätzlich das relative Risiko (RR) sowie die relative Risikoreduktion (RRR) berechnet. Das relative Risiko drückt aus, um welchen Faktor sich ein Risiko, z.B. aufgrund einer vorhandenen Ursache zu verunfallen, zwischen zwei Gruppen unterscheidet. Durch das Verhältnis der Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten eines Ereignisses wird das relative Risiko ausgedrückt. Der Wertebereich des RR liegt zwischen 0 und Unendlich. Ein Wert von 1 bedeutet, dass das Risiko in beiden Gruppen gleich groß ist. Tabelle 2-3 stellt eine schematische Kreuztabelle dar. Das relative Risiko berechnet sich wie folgt:

$$\text{Relatives Risiko} = b / (a+b) / d / (c+d)$$

Tabelle 2-3: schematische Darstellung einer Kreuztabelle.

	Ursache vorhanden	Ursache nicht vorhanden	Gesamt
Alle anderen Unfälle	a	b	a+b
Aktuelle Unfallstelle	c	d	c+d
Gesamt	a+c	b+d	a+b+c+d

Die relative Risikoreduktion ist ein Maß, welches die Wirksamkeit der Maßnahme beschreibt, welche sich auf die Änderung des relativen Risikos bezieht. Die relative Risikoreduktion beschreibt, um wie viel Prozent das Risiko durch eine Maßnahme verringert wird. Berechnet wird die RRR aus der Differenz von Risiko gleich 100% und relativen Risiko.

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse, sowie relevanter zugrundeliegender Daten befindet sich im separaten Dokument *AnhangA_Ergebnisse_Unfallanalyse.xls*. Die entsprechende Dokumentation ist in *PJ_TS_Dokumentation_Anhang_100120.doc* sowie im Anhang (vgl. Kapitel 10.1) zu finden.

2.1.2 Beschreibung des Unfallgeschehens auf der A2

Die folgenden Tabelle 2-4 bis Tabelle 2-13 zeigen einen deskriptiven Überblick über die Verteilung der Unfälle hinsichtlich der primär analysierten Unfallparameter. Dabei wurden jeweils alle Unfälle der untersuchten Stichprobe betrachtet (N = 8949).

In Tabelle 2-4 ist dargestellt, wie groß die Anteile von Unfällen mit Getöteten, Schwerverletzten, Leichtverletzten sowie Unfällen mit und ohne Sachschaden sind. Dabei zeigt sich, dass relativ wenige Unfälle einen tödlichen Ausgang hatten (0.7%). Häufiger gab es Unfälle mit verletzten Personen (3.4% bzw. 17.5%). Am häufigsten waren Unfälle mit Sachschaden zu verzeichnen (41.8%). Bei über einem Drittel der untersuchten Fälle gab es keine oder nur geringe Sachschäden.

Tabelle 2-4: Verteilung der Unfallkategorie.

Unfallkategorie	Häufigkeit	Prozent
Unfall mit Getöteten	64	0.7
Unfall mit Schwerverletzten	307	3.4
Unfall mit Leichtverletzten	1562	17.5
Unfall mit Sachschaden	3739	41.8
Unfall ohne oder mit geringem Sachschaden	3273	36.6
Unbekannt	4	0.0
Gesamt	8949	100.0

Bei der Betrachtung der Unfallarten (Tabelle 2-5) wird deutlich, dass auf der A2 besonders viele Auffahrunfälle (31.4%) und seitliche Kollisionen (24.8%) passierten. Auch Abkommensunfälle von der Fahrbahn nach links (12.3%) oder rechts (11.6%) sind häufig vorgekommen. Aufprall auf Hindernisse (8.4%) sowie Unfälle anderer Art (9.9%) waren seltener von Bedeutung. Insbesondere im Bereich von Knotenpunkten waren auch einige Abbiegeunfälle (1.4%) zu verzeichnen. Kaum bis gar nicht gab es Zusammenstöße mit entgegen kommenden Fahrzeugen und Fußgängern.

Tabelle 2-5: Verteilung der Unfallart.

Unfallart	Häufigkeit	Prozent
Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das anfährt, anhält oder im ruhenden Verkehr steht	173	1.9
Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet	2638	29.5
Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das seitlich in gleicher Richtung fährt	2215	24.8
Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das entgegenkommt	10	0.1
Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt	127	1.4
Zusammenstoß zwischen Fahrzeug und Fußgänger	4	0.0
Aufprall auf Hindernis auf der Fahrbahn	752	8.4
Abkommen von der Fahrbahn nach rechts	1039	11.6
Abkommen von der Fahrbahn nach links	1102	12.3
Unfall anderer Art	885	9.9
Unbekannt	4	0.0
Gesamt	8949	100.0

Bezüglich der Unfalleinflussgrößen (Tabelle 2-6) spielten Spurwechselfehler (23.2%) die wichtigste Rolle. Auch überhöhte Geschwindigkeiten trugen in 23.1% der Fälle zur Unfallverursachung bei. Bei 16.1% der Unfälle gingen ungenügende Sicherheitsabstände voraus. Technische Defekte lagen in 6.7% und mangelnde Ladungssicherung in 4.5% der Fälle vor. Alkohol (1.6%), Müdigkeit (1.3%), Wild (0.9%), Unaufmerksamkeit (0.5%) und Drogen (0.2%) waren weniger häufig vorkommende Unfalleinflussgrößen.

Tabelle 2-6: Unfalleinflussgrößen / Fehler (aufgrund teilweise fehlender Angaben N = 7343).

<i>Einflussgröße / Fehler</i>	<i>Häufigkeit</i>	<i>Prozent</i>
Spurwechsel	2072	23.2
Überhöhte Geschwindigkeit	2064	23.1
Abstand	1442	16.1
Technische Defekte	598	6.7
Mangelnde Ladungssicherung	407	4.5
Abbiegen / Vorfahrt	355	4.0
Alkohol	142	1.6
Müdigkeit	118	1.3
Wild	85	0.9
Unaufmerksamkeit	43	0.5
BTM / Medikamente	17	0.2
Gesamt	7343	82.1

In Tabelle 2-7 sind die Verkehrsbeteiligungsarten der Unfallverursacher dargestellt. So waren fast zwei Drittel aller Unfallverursacher mit dem PKW unterwegs. Ein knappes weiteres Drittel der Unfallverursacher waren Lkw-Fahrer, so dass für andere Verkehrsbeteiligungsarten wie Motorrad (0.8%) oder Bus (0.4%) nur sehr kleine Anteile blieben.

Tabelle 2-7: Verteilung der Verkehrsbeteiligungsarten der Unfallverursacher.

<i>Verkehrsbeteiligungsart der Unfallverursacher</i>	<i>Häufigkeit</i>	<i>Prozent</i>
PKW	5896	65.9
Lkw	2789	31.2
Motorrad	68	0.8
Bus	37	0.4
Sonstige Fahrzeuge	74	0.8
Fußgänger	4	0.0
Unbekannt	81	0.9
Gesamt	8949	100.0

Bei der Verteilung der Unfalljahre (Tabelle 2-8) wird deutlich, dass die meisten Unfälle in den Jahren 2006 (27.3%) und 2007 (31.1%) passierten. Dabei ist zu beachten, dass im Jahr 2005 (19.2%) die Monate Januar und Februar nicht in die Stichprobe eingegangen sind. Würde man diese Zahl mit dem Monatsmittel korrigieren, kann man davon auszugehen, dass sich 2008 (22.2%) anteilmäßig die wenigsten Unfälle ereignet haben. Das gilt auch, wenn nur die Unfälle betrachtet werden, die nicht an Baustellen passiert sind, obgleich es dann zu einer Annäherung der Zahlen kommt. Die entsprechenden Werte sind in Klammern dargestellt.

Tabelle 2-8: Verteilung der Unfalljahre.

Unfalljahr	Häufigkeit	Prozent
2005	1719	19.2 (19.4)
2006	2445	27.3 (28.3)
2007	2799	31.3 (29.1)
2008	1986	22.2 (23.2)
Gesamt	8949	100.0

Bei der Betrachtung der Verteilung der Wochentage (vgl. Tabelle 2-9) lässt sich erkennen, dass die meisten Unfälle montags (16.2%) und freitags (19.6%) passiert sind. Am Wochenende gab es dagegen die wenigsten Unfälle (10.1% bzw. 11.7%).

Tabelle 2-9: Verteilung der Wochentage.

Wochentag	Häufigkeit	Prozent
Montag	1453	16.2
Dienstag	1261	14.1
Mittwoch	1171	13.1
Donnerstag	1357	15.2
Freitag	1755	19.6
Samstag	1049	11.7
Sonntag	903	10.1
Gesamt	8949	100.0

Tabelle 2-10 zeigt die Verteilung der Unfälle für die unterschiedlichen Unfallzeiträume. Dabei wird deutlich, dass sich die meisten Unfälle zwischen 14 und 18 Uhr (26.2%) ereigneten. Morgens zwischen 6 und 10 Uhr passierten 19.5% der Unfälle und zwischen 10 und 14 Uhr 19.1%. Die wenigsten Unfälle gab es am Abend (17.7%) und in der Nacht (17.5%).

Tabelle 2-10: Verteilung der Unfallzeiten.

Unfallzeit	Häufigkeit	Prozent
06:00 – 09:59	1743	19.5
10:00 – 13:59	1707	19.1
14:00 – 17:59	2346	26.2
18:00 – 21:59	1586	17.7
22:00 – 05:59	1567	17.5
Gesamt	8949	100.0

Bezüglich der Verkehrsstufe (Tabelle 2-11) zeigt sich, dass über ein Viertel der Unfälle bei störungsfreiem, lebhaftem Verkehr (26.2%) passierten. Ebenfalls viele Unfälle ereigneten sich bei störungsfreiem dichtem (23.6%) sowie schwachem (17.3%) Verkehr. Bei Stau (11.5%) und zähflüssigem Verkehr (12.9%) kamen dagegen weniger Unfälle vor.

Tabelle 2-11: Verteilung der Verkehrsstufe.

Verkehrsstufe	Häufigkeit	Prozent
Störungsfrei, schwach	1544	17.3
Störungsfrei, lebhaft	2841	31.7
Störungsfrei, dicht	2109	23.6
Zähflüssig	1157	12.9
Stau	1025	11.5
Unbekannt	273	3.1
Gesamt	8949	100.0

Die Tabelle 2-12 und Tabelle 2-13 zeigen Alter und Geschlecht der Unfallverursacher. Aus ihnen gehen zwei wichtige Erkenntnisse hervor: Erstens spielen im Vergleich zu anderen Unfallstatistiken sowohl der Anteil besonders junger Fahrer (7.8%) als auch der Anteil der älteren Fahrer (6.5%) keine überproportional große Rolle. Im Vergleich waren bei allen Unfällen in Deutschland 2008 fast ein Viertel der Beteiligten unter 25 Jahren sowie 13% der Beteiligten mindestens 65 Jahre alt. Dabei müssen die unterschiedlichen Expositionen der einzelnen Altersgruppen beachtet werden. So ist die Anzahl der Wege jüngerer und mittelalter Fahrer größer als die Anzahl der Wege älterer Fahrzeugführer (Vollrath, 2007). Der relativ hohe Prozentsatz Unbekannter ergibt sich aus der Quote nicht erfasster Unfallflüchtiger. Zweitens zeigt sich in Tabelle 2-13 ein im Vergleich zur sonstigen Unfallstatistik relativ hoher Anteil männlicher Beteiligter (74.7%). So gab die amtliche Unfallstatistik für alle Unfälle 2008 ein Verhältnis von Männern und Frauen von

67% zu 33% heraus. Eine mögliche Erklärung für diese unterschiedlichen Verhältnisse könnte in einem recht hohen Anteil von Berufskraftfahrern bzw. Kraftfahrern, die beruflich unterwegs sind, liegen.

Tabelle 2-12: Verteilung des Alters der Unfallverursacher.

Alter	Häufigkeit	Prozent
Bis 24 Jahre	698	7.8
25 – 64 Jahre	6298	70.4
Ab 65 Jahre	586	6.5
Unbekannt	1367	15.3
Gesamt	8949	100.0

Tabelle 2-13: Verteilung des Geschlechts der Unfallverursacher.

Geschlecht	Häufigkeit	Prozent
Männlich	6687	74.7
Weiblich	1093	12.2
Unbekannt	1169	13.1
Gesamt	8949	100.0

2.1.3 Vergleich der Unfallzahlen auf der niedersächsischen A2 mit anderen Bundesautobahnen

In diesem Kapitel werden die Unfalldaten der niedersächsischen A2 mit den Daten des Statistischen Bundesamtes (Statistisches Bundesamt, 2006-2009) deskriptiv verglichen. Dafür wurden jeweils nur die für diese Studie vorliegenden Jahre verwendet. Insgesamt handelt es sich dabei um 627728 Unfälle, welche zusammen auf allen deutschen Autobahnen passiert sind sowie 8949 Fälle, welche auf der niedersächsischen A2 vorkamen.

Die Abbildung 2-1 stellt Unfälle mit verletzten und getöteten Personen gegenüber. Es ist zu erkennen, dass es in diesem Zeitraum einen leicht erhöhten Anteil von Unfällen mit tödlichem Ausgang und einen deutlich erhöhten Anteil von Unfällen mit Verletzten gegeben hat.

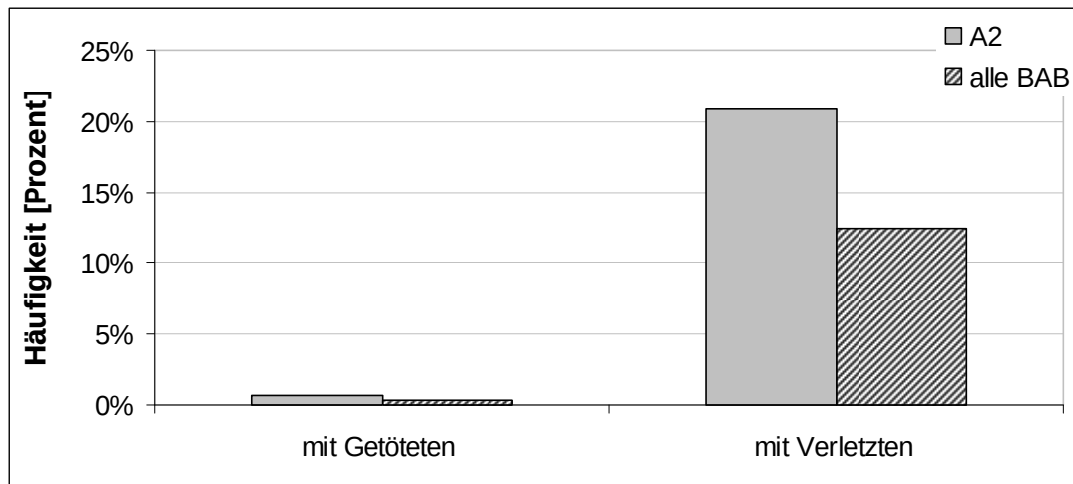


Abbildung 2-1: Vergleich der A2 mit allen anderen Autobahnen in Bezug auf die Unfallkategorie.

Die in den Abbildung 2-2 bis Abbildung 2-5 gezeigten Vergleiche beziehen sich jeweils auf alle Unfälle mit Personenschaden der Jahre 2005 bis 2008. Dabei handelte es sich um 1933 Unfälle, welche auf der niedersächsischen A2 passiert sind, sowie 80112 Unfälle auf allen Autobahnen zusammen. In Bezug auf den Unfalltyp ist ersichtlich, dass sich sowohl auf der A2 als auch auf allen anderen Autobahnen besonders viele Unfälle im Längsverkehr ereigneten, wobei jedoch auf der A2 erhöhte Häufigkeiten gegenüber allen anderen Autobahnen anzutreffen sind. Den größten Teil dieses Unfalltyps machten dabei Auffahrunfälle und seitliche Kollisionen aus. Fahr-unfälle spielten dagegen eine untergeordnete Rolle. Unter den sonstigen Unfalltypen verbergen sich viele Unfälle infolge technischer Mängel und mangelnder Ladungssicherung. Weiter gab es auch einige Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle, welche durch Schwierigkeiten beim Einfädeln auf die A2 resultieren. Alle anderen Unfalltypen waren sowohl auf der A2 als auch auf anderen Autobahnen von sehr geringer Bedeutung.

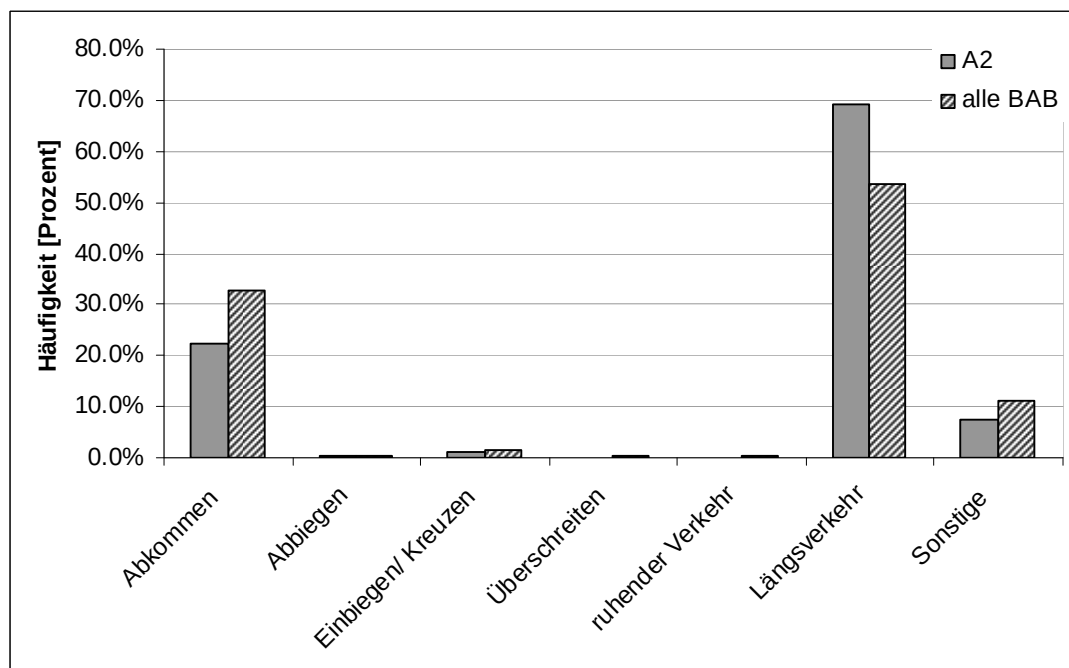


Abbildung 2-2: Vergleich der A2 mit allen anderen Autobahnen in Bezug auf den Unfalltyp.

Die Abbildung 2-3 zeigt deskriptiv, dass auf der A2 im Vergleich zu allen Autobahnen mehr Unfälle an den Werktagen als am Wochenende passierten. In Bezug auf die Uhrzeiten, zu denen sich die Unfälle mit Personenschaden ereignet haben (Abbildung 2-4) unterscheiden sich die A2-

Unfälle insofern vom bundesdeutschen Durchschnitt, als dass auf der A2 mehr Unfälle zwischen 6 und 10 Uhr am Morgen sowie in den Nachtstunden passierten. Von mittags bis abends ereigneten sich weniger Unfälle im Untersuchungszeitraum auf der A2 als auf allen deutschen Autobahnen zusammen.

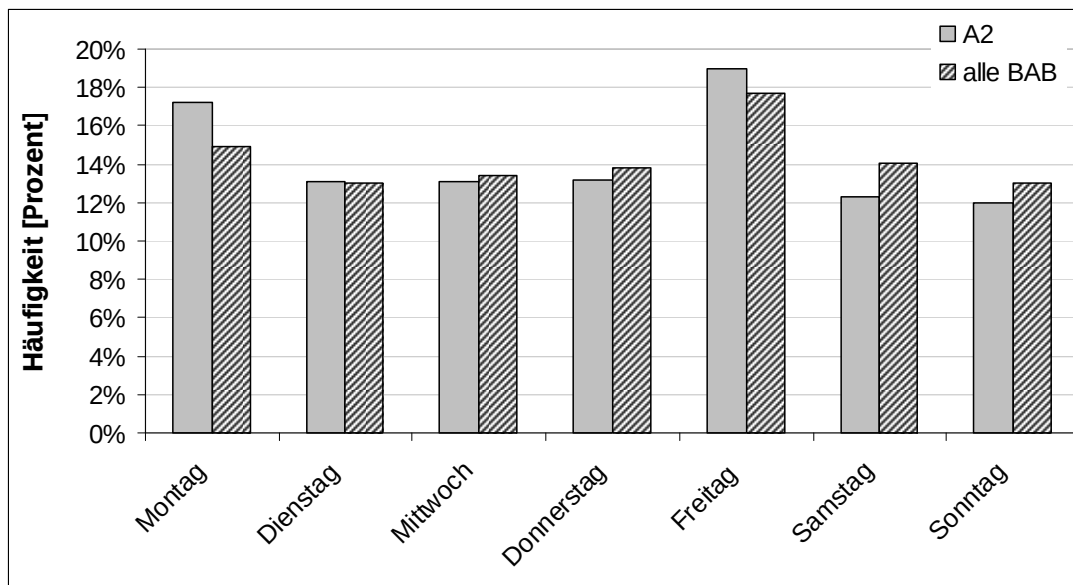


Abbildung 2-3: Vergleich der A2 mit allen anderen Autobahnen in Bezug auf den Wochentag.

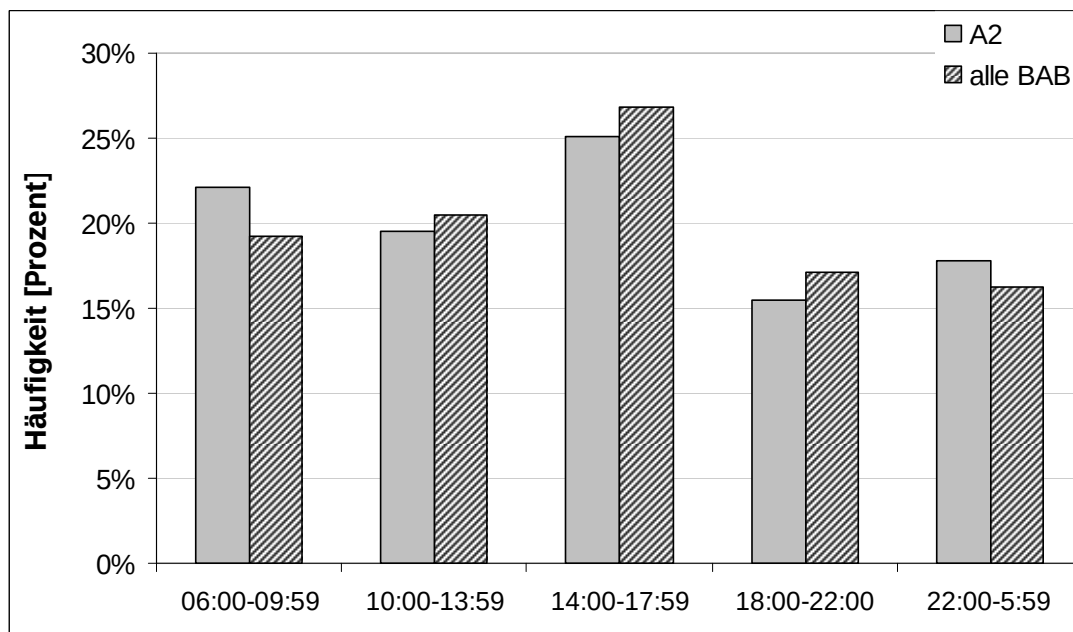


Abbildung 2-4: Vergleich der A2 mit allen anderen Autobahnen in Bezug auf die Unfalluhrzeit.

Der Vergleich der A2 Unfälle mit allen anderen Autobahnunfällen (Abbildung 2-5) zeigt weiterhin, dass sich auf der niedersächsischen A2 mehr Unfälle bei Nässe bzw. feuchtem oder schlüpfrigen Straßenverhältnissen ereignet haben. Dafür gab es weniger Unfälle bei Glätte als im bundesdeutschen Durchschnitt.

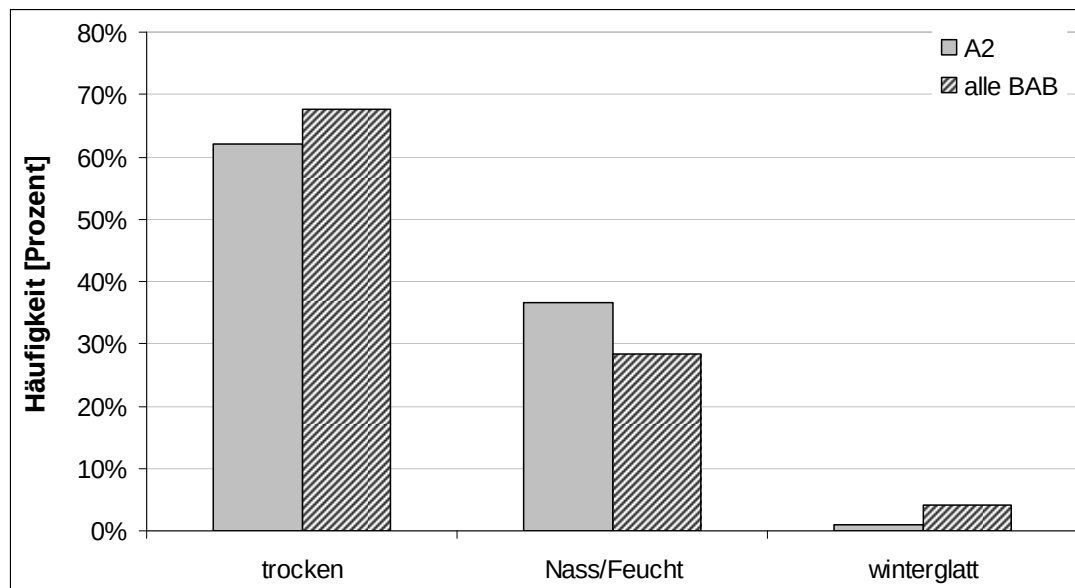


Abbildung 2-5: Vergleich der A2 mit allen anderen Autobahnen in Bezug auf den Sträßenzustand.

Hinsichtlich der Verkehrsbeteiligung der Unfallverursacher (Abbildung 2-6) wird deutlich, dass sich im Vergleich zu allen anderen Autobahnen auf der A2 seltener durch PKW-Fahrer verursachte Unfälle ereigneten. Dafür passierten auf der niedersächsischen A2 häufiger durch Lkw-Fahrer verursachte Unfälle.

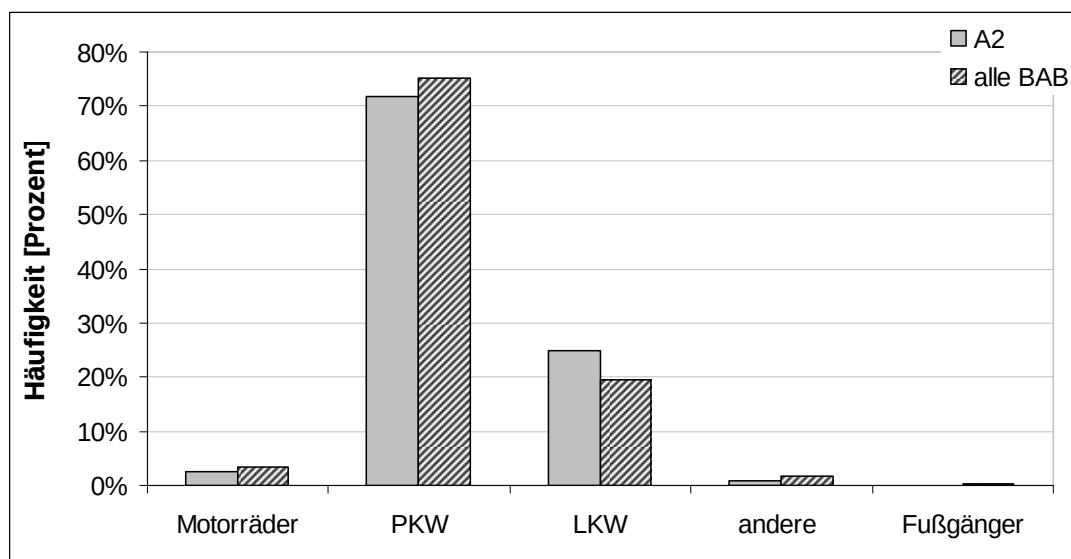


Abbildung 2-6: Vergleich der A2 mit allen anderen Autobahnen in Bezug auf die Verkehrsbeteiligung der Verursacher.

Insgesamt zeigt sich, dass die Unfälle auf der A2 der untersuchten Jahre häufiger durch Personenschäden gekennzeichnet waren als der Durchschnitt aller deutschen Autobahnunfälle. Zudem passierten häufiger Unfälle im Längsverkehr, sowie mehr Unfälle an Werktagen und im morgendlichen Berufsverkehr. Dabei war die Straße öfter nass, feucht oder schlüpfrig. Im Vergleich zum Durchschnitt aller Autobahnunfälle waren Lkw-Fahrer häufiger beteiligt.

Insgesamt betrachtet ereigneten sich auf dem vorliegenden Untersuchungsabschnitt der niedersächsischen A2 von 2005 bis 2008 734 Unfälle (8.2%) an Arbeitsstellen. Darunter befanden sich 118 Unfälle mit Personenschäden (6.1% aller Fälle mit Personenschäden). Allerdings waren die Unfälle an Arbeitsstellen über die Jahre sehr unterschiedlich verteilt. So passierten 2008 nur 4.1% aller Unfälle an Baustellen (6.0% der Unfälle mit Personenschäden), 2007 waren es dage-

gen 14.6% (8.0% der Unfälle mit Personenschaden). Dabei liegen beide Werte mit Personenschäden über dem bundesdeutschen Mittel. In den beiden Jahren 2005 und 2006 war die Bilanz besser. So gab es mit 5.8% bzw. 4.3% jeweils weniger Unfälle mit Personenschaden in Zusammenhang mit Baustellen als im Durchschnitt aller deutschen Autobahnen. Nähere Erläuterungen zu häufig vorgekommenen Unfallarten sowie den näheren Umständen von Unfällen in Baustellen finden sich im Kapitel 2.1.4.

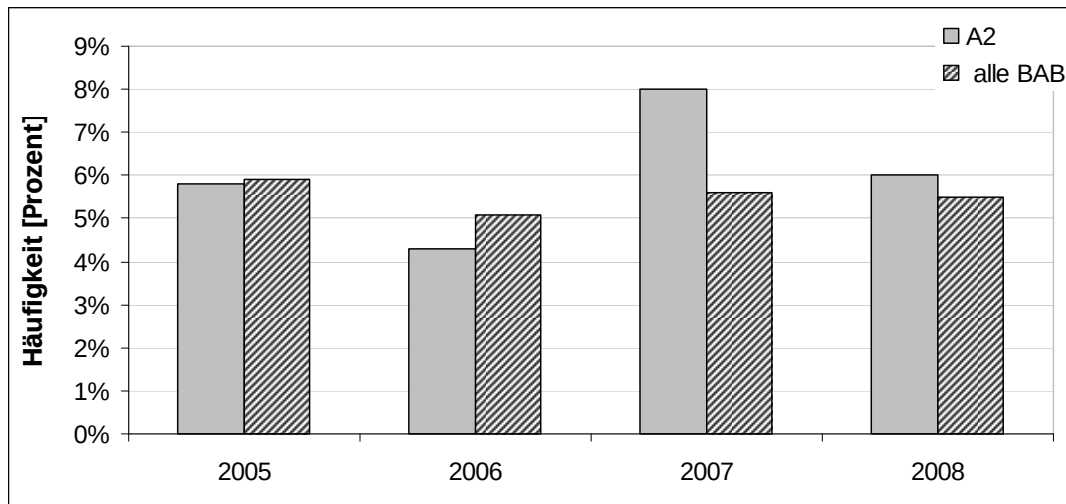


Abbildung 2-7: Vergleich der A2-Unfälle mit allen anderen Autobahnen in Bezug auf die Häufigkeit von Arbeitsstellen.

2.1.4 Unfallverteilung und Unfallschwerpunkte

Ziel dieses Kapitels ist es einerseits einen Überblick über die Verteilung der Unfälle und mitwirkender Unfalleinflussfaktoren über die Gesamtstrecke der A2 zu gewinnen sowie Unfallschwerpunkte zu identifizieren. Andererseits werden aus den Ergebnissen der Analyse Abhängigkeiten zwischen dem Unfallgeschehen und den Belastungsfaktoren identifiziert, sowie auf deren Basis Maßnahmen abgeleitet, die zu einer Verbesserung der Unfallsituation und damit einer Erhöhung der Sicherheit auf der A2 beitragen.

Die Abbildung 2-8 und Abbildung 2-9 stellen getrennt für die beiden Fahrtrichtungen die Unfalldichte in Relation zur Verkehrsdichte (angegeben in DTVw; durchschnittlicher werktäglicher Verkehr) dar. Augenscheinlich sind dabei die Unterschiede zwischen den beiden Richtungen nicht sehr groß: Unfallschwerpunkte finden sich im Raum Braunschweig, Hannover und im Westen der Strecke um Bad Eilsen. Auch der DTVw ist im Raum Braunschweig und Hannover am höchsten, wobei ersichtlich ist, dass die Unfallschwerpunkte nicht unbedingt in den Bereichen mit den höchsten DTVw-Werten liegen.

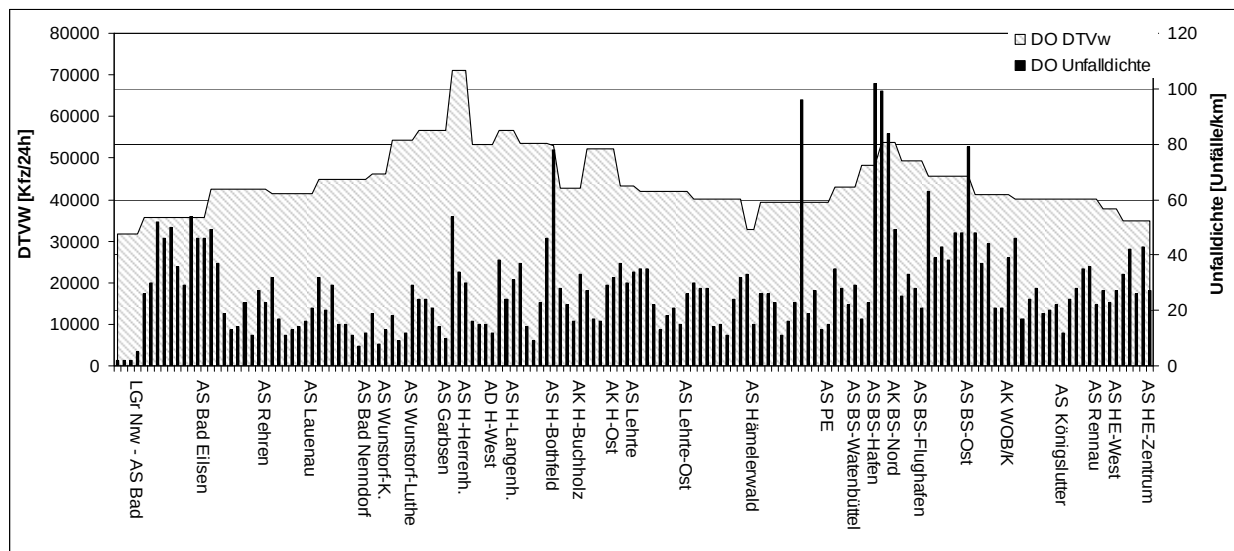


Abbildung 2-8: Unfallprofile und Verkehrsdichte auf der A2 in Richtung Dortmund.

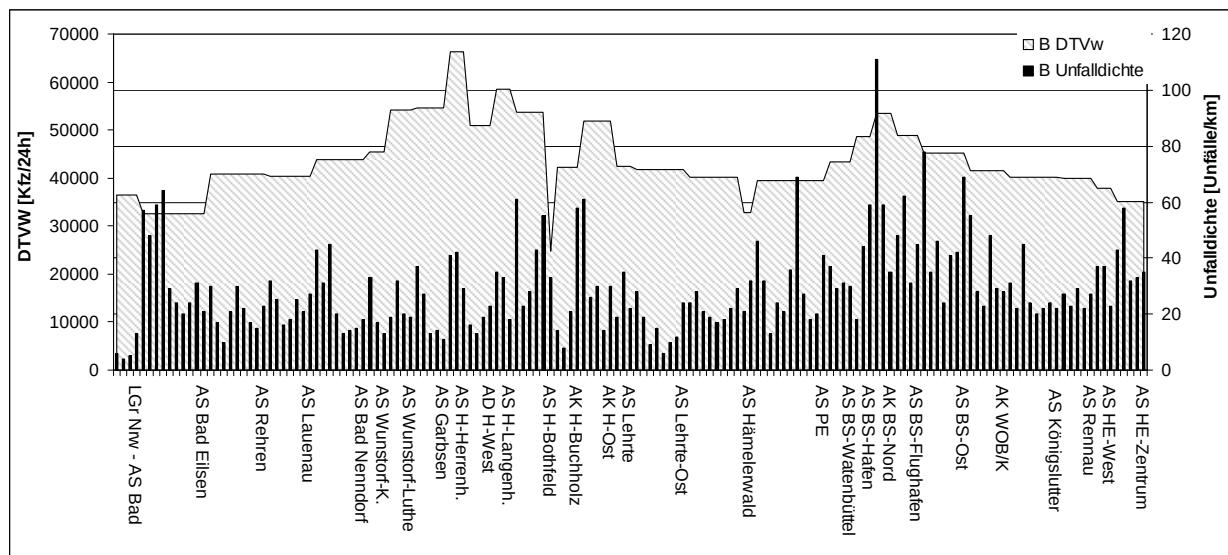


Abbildung 2-9: Unfallprofile und Verkehrsdichte auf der A2 in Richtung Berlin.

Im Folgenden wird dargestellt, welche Einflussfaktoren an welchen Unfallschwerpunkten eine bedeutende Rolle spielten, also signifikant anhand der in Abschnitt 2.1.1 beschriebenen Vorgehensweise mit der Unfallverursachung assoziiert waren. Signifikante Ergebnisse ergaben sich dabei in Abhängigkeit der Unfallart, der Unfallkategorie, der Unfalleinflussgrößen bzw. Fahrfehler (z.B. unangepasste Geschwindigkeit, mangelnder Sicherheitsabstand, Fehler bei Spurwechseln, Müdigkeit), der Verkehrsbeteiligung (Fokus vor allem Lkw Unfälle) sowie weiterer Fahrermerkmale (Alter, Geschlecht). Ergebnisse, welche nicht signifikant wurden, sind nicht Gegenstand der unten stehenden Ausführungen. Deshalb wird im Rahmen der Tabellen auf die Darstellung von Chi²-Werten und Signifikanzniveaus verzichtet.

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse, sowie relevanter zugrundeliegender Daten befindet sich im separaten Dokument *AnhangA_Ergebnisse_Unfallanalyse.xls*. Die entsprechende Dokumentation ist in *PJ_TS_Dokumentation_Anhang_100120.doc* sowie im Anhang (vgl. Kapitel 10.1) zu finden.

2.1.4.1 Unfallart

2.1.4.1.1. Auffahrunfälle

In Tabelle 2-14 sind die Unfallschwerpunkte dargestellt, an denen Auffahrunfälle bzw. Unfälle aufgrund mangelnder Sicherheitsabstände im Vergleich zum sonstigen Unfallgeschehen überproportional häufig auftraten. Dabei wird deutlich, dass alle Schwerpunkte im Braunschweiger Raum liegen. Auffahrunfälle passierten häufig bei hohen Verkehrsdichten oder in Bereichen kleinerer Kuppen. Naturgemäß wurden von der Polizei oft mangelnde Sicherheitsabstände als Unfallursache notiert ($\chi^2 = 271.5$; $p < .001$). In zwei Bereichen gab es im Jahr 2005 signifikant überdurchschnittlich viele Auffahrunfälle. Allerdings konnte kein direkter Zusammenhang mit Baustellen gefunden werden. Möglicherweise spielten Baustellen eher eine indirekte Rolle, indem sie auch nach einigen Kilometern noch plötzliche Aufstauungen verursachten, welche das Risiko für Auffahrunfälle erhöhen (vgl. Spacek, 2005). Diese Vermutung kann allerdings nicht abschließend überprüft werden.

Tabelle 2-14: Unfallschwerpunkte mit Auffahrunfällen bzw. nicht angepasstem Sicherheitsabstand.

Richtung	Unfallschwerpunkt	Bereich / Umstände	% der Unfälle am Unfallschwerpunkt
Dortmund	AK WOB/Königslutter	insbesondere Kuppenbereich, Ausfahrbereich	37% (67 Fälle; davon 18 im Kuppenbereich)
	AS BS-Flughafen	insbesondere Einfahrbereich	50% (51 Fälle)
	AK BS-Nord	insbesondere Ausfahrbereich	34% (58 Fälle)
	AS H-Herrenhausen	über den gesamten Bereich	42% (31 Fälle)
Berlin	AS HE Ost	vor allem 2005	35% (26 Fälle)
	PWC Uhry	insbesondere Kuppenbereich	48% (26 Fälle, davon 17 im Kuppenbereich)
	km 150-152	insbesondere Kuppenbereich	44% (37 Fälle, davon 8 im Kuppenbereich)
	AK WOB/Königslutter und PWC Essehof	insbesondere Einfahrbereich/Kuppenbereich, insbesondere bei hohen Verkehrsdichten	41% (83 Fälle, davon 29 im Kuppenbereich)
	AS BS-Ost	vor allem 2005, sehr häufig in Verbindung mit nicht angepassten Sicherheitsabständen	39% (40 Fälle)
	km 163,5-164,5	insbesondere bei hohen Verkehrsdichten	61% (40 Fälle)
	BS-Nord	insbesondere Ausfahrbereich, häufig nicht angepasste Sicherheitsabstände bei hohen Verkehrsdichten	27% (48 Fälle)

2.1.4.1.2. Unfälle durch Abkommen von der Fahrbahn

Folgende Unfallschwerpunkte auf der A2 sind durch Abkommen von der Fahrbahn bzw. Alleinunfälle sowie unangepasster Geschwindigkeit gekennzeichnet (Tabelle 2-15). Demnach passierten besonders viele Abkommensunfälle an Autobahnkreuzen unabhängig von der Richtungs-

fahrbahn. Häufig in Verbindung mit Abkommensunfällen standen unangepasste Geschwindigkeiten und widrige Straßenbedingungen wie Nässe. Genauere Analysen der Unfallprotokolle zeigten zudem, dass sich zahlreiche Unfälle gar nicht auf der Hauptfahrbahn der A2 ereigneten, sondern in den Auf- und Ausfahrbereichen der Knotenpunkte. In der letzten Tabellenspalte sind die genauen Zahlen dazu dargestellt.

Tabelle 2-15: Unfallschwerpunkte mit Abkommensunfällen bzw. überhöhter Geschwindigkeit.

Richtung	Unfallschwerpunkt	Bereich / Umstände	% der Unfälle am Unfallschwerpunkt
Dortmund	AS Königsutter	Alleinunfälle / überhöhte Geschwindigkeit	37% (18 Fälle, davon 3 in Aus- oder Einfahrt)
	AK WOB/Königsutter	Abkommensunfälle insbesondere im Zwischenbereich inkl. Parallelfahrbahn; unangepasste Geschwindigkeit, häufig bei Nässe	46% (55 Fälle, davon 16 Fälle im Bereich der Parallelfahrbahn)
	AK BS-Nord	Abkommensunfälle im Ausfahrbereich, häufig bei Nässe	30% (51 Fälle, davon 25 im Bereich der Parallelfahrbahn)
	TuR Zweidorfer Holz	Abkommensunfälle bei unangepasster Geschwindigkeit; häufig bei Nässe	55% (58 Fälle, davon 30 Fälle in der Ausfahrt)
	AK H-Ost	Abkommensunfälle insbesondere im Zwischenbereich sowie Parallelfahrbahn; unangepasste Geschwindigkeit	30% (29 Fälle, davon 10 im Bereich der Parallelfahrbahn)
	AS H-Bothfeld	Unangepasste Geschwindigkeit insbes. im Einfahrbereich bzw. Parallelfahrbahn	33% (19 Fälle, davon 8 im Zufahrtsbereich)
Berlin	TuR Auetal Nord	Unangepasste Geschwindigkeit	34% (27 Fälle)
	AS HE Ost	Besonders im Einfahrbereich; häufig bei Nässe	31% (23 Fälle)
	Km 150-152	Nicht in Verbindung mit unangepasster Geschwindigkeit	31% (26 Fälle)
	AK WOB/Königsutter	insbesondere im Zwischenbereich sowie Parallelfahrbahn; unangepasste Geschwindigkeit; häufig bei Nässe	22% (39 Fälle, davon 9 im Bereich der Parallelfahrbahn)
	AK BS-Nord	insbesondere im Zwischenbereich sowie Parallelfahrbahn; unangepasste Geschwindigkeit; häufig bei Nässe	27% (49 Fälle, davon 19 im Bereich der Parallelfahrbahn)
	TuR Zweidorfer Holz	Insbesondere im Ausfahrbereich	25% (30 Fälle, 8 davon im Ausfahrbereich)
	AS Peine	Ausfahrbereich	39% (15 Fälle)
	AK H-Ost	Insbesondere im Zwischenbereich sowie Parallelfahrbahn; unangepasste Geschwindigkeit; häufig bei Nässe	28% (33 Fälle, davon 10 im Bereich der Parallelfahrbahn)

Bei globaler Betrachtung der Abkommensunfälle über die einzelnen Unfallabschnitte (Abbildung 2-10) zeigen sich zusätzlich Häufungen von Abkommensunfällen zwischen AS Watenbüttel und AS Peine sowie zwischen AS Rehren und AS Bad Eilsen, insbesondere in Richtung Dortmund. Dabei spielt womöglich auch das bergige Gelände eine wichtige Rolle als Unfalleinflussfaktor.

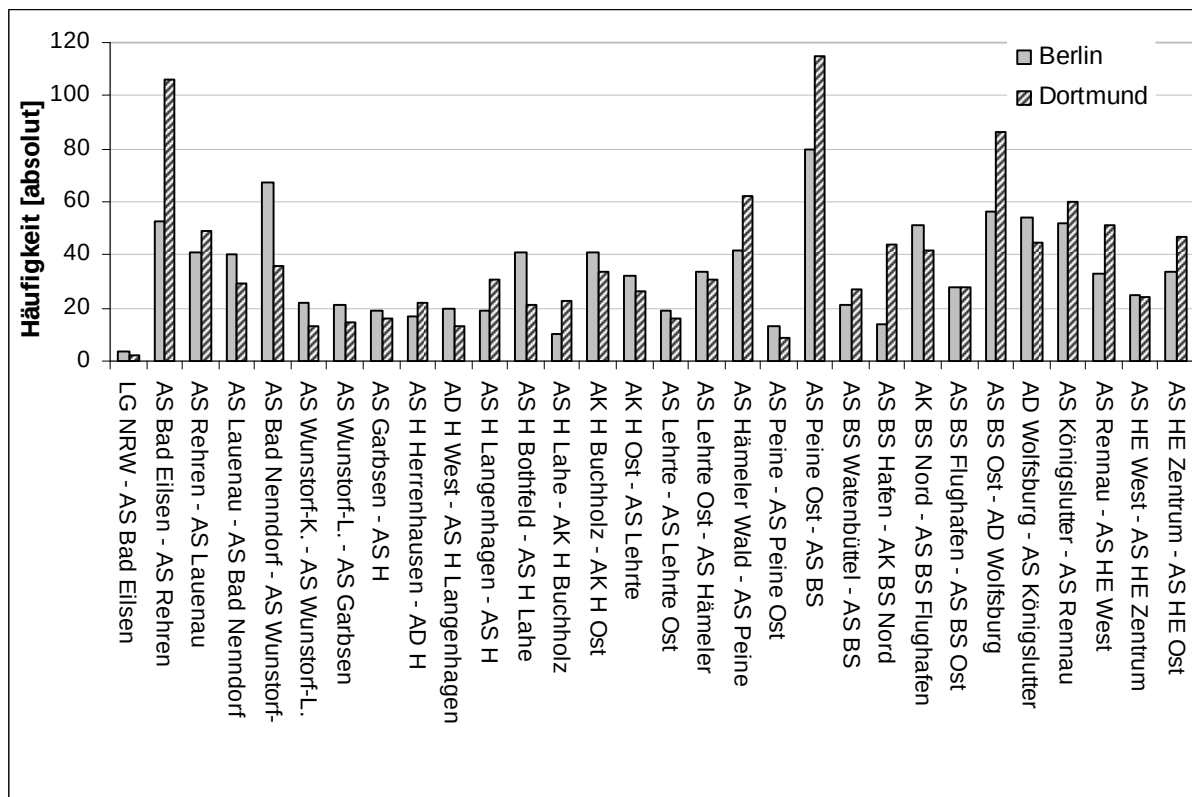


Abbildung 2-10: Abkommensunfälle in Abhängigkeit einzelner Streckenabschnitte.

2.1.4.1.3. Seitliche Kollisionen

Tabelle 2-16 fasst die Unfallschwerpunkte zusammen, an denen überzufällig häufig seitliche Kollisionen infolge von Spurwechselfehlern vorkamen. Dabei zeigt sich, dass die Schwerpunkte besonders im Hannoveraner Raum lagen. An drei Unfallschwerpunkten ist auch die Bedeutung von Abbiegefehlern ersichtlich. Naturgemäß passierten diese fast ausschließlich in Einfädelbereichen. Insgesamt war deren Zahl jedoch sehr gering.

Spurwechselfehler passierten signifikant häufiger unter Beteiligung von Lkw. So ereigneten sich zusammen für die gesamte Stichprobe 27.1% aller Lkw-Unfälle bei Spurwechseln. Wurden nur die Knotenpunkte betrachtet, waren es 33.7%. In den Ballungsräumen Braunschweig (km 150-175) und Hannover (km 210-240) waren die Werte sogar noch höher (34.7% bzw. 40.9%).

Tabelle 2-16: Unfallschwerpunkte mit seitlichen Kollisionen infolge von Spurwechselfehlern.

Richtung	Unfallschwerpunkt	Bereich / Umstände	% der Unfälle am Unfallschwerpunkt
Dortmund	AK H-Buchholz	Spurwechselfehler im gesamten KP	39% (36 Fälle)
	AS H-Lahe (inkl. P Varrelheide)	Spurwechselfehler im gesamten KP	42% (22 Fälle)
	PWC Godshorn	Spurwechselfehler im gesamten KP	41% (11 Fälle)
	AD H-West	Spurwechselfehler im gesamten KP	49% (31 Fälle)
	TuR Garbsen	Spurwechselfehler im gesamten KP	38% (28 Fälle)
	Km 266-267		54% (14 Fälle)
	AS Rehren	Spurwechselfehler im gesamten KP	32% (21 Fälle)
Berlin	AK BS-Nord	insbesondere Einfahrbereich	24% (44 Fälle)
	TuR Zweidorfer Holz	insbesondere Abfahrbereich	28% (25 Fälle)
	AS Peine	insbesondere Abbiegefehler im Einfahrbereich	21% (29 Fälle)
	AK H-Ost	Spurwechselfehler vor allem im Zwischen- und Einfahrbereich	38% (45 Fälle)
	AK H-Buchholz/AS Lahe	insbesondere Abbiegefehler	27% (31 Fälle)
	AD H-West und AS H-Herrenhausen	insbesondere Verflechtungsbereich	38% (46 Fälle)
	AS Garbsen	Spurwechselfehler im gesamten KP	39% (20 Fälle)
	AS Wunstorf Kolenfeld	Spurwechselfehler im gesamten KP	38% (15 Fälle)
	P Bad Nenndorf	Spurwechselfehler im gesamten KP	38% (20 Fälle)
	AS Lauenau	Spurwechselfehler im gesamten KP	42% (17 Fälle)
	TuR Auetal Süd	Spurwechselfehler im gesamten KP	31% (15 Fälle)
	AS Bad Eilsen	Abbiege- und Spurwechselfehler	41% (26 Fälle)

2.1.4.2 Unfallkategorie

Die untersuchten Verkehrsunfälle waren von unterschiedlicher Schwere. In der vorliegenden Untersuchung wurden die in Tabelle 2-1 dargestellten Unfallkategorien verwendet. Insbesondere im Hinblick auf eine spätere Maßnahmenpriorisierung ist es von Vorteil, die Unfallschwere an den entsprechenden Unfallstellen zu betrachten. Aufgrund der verhältnismäßig kleinen Anzahl von Unfällen mit schweren sowie tödlichen Verletzungen konnten diesbezüglich kaum statistisch überzufällige Häufungen in den Abschnitten gefunden werden. Deshalb werden in Abbildung 2-11 und Abbildung 2-12 die prozentualen Anteile der Unfallkategorien Unfälle mit Getöteten,

Unfälle mit Schwerverletzten und Unfälle mit Leichtverletzten pro Autobahnabschnitt dargestellt. Dabei wird deutlich, dass die Schwerpunkte insgesamt in beiden Richtungen eher im Raum Hannover und im Weser Bergland liegen. So gab es in beiden Richtungen zwischen Wunstorf-Kolenfeld und AS Rehren die meisten tödlichen Unfälle (insgesamt 19, d. h. 30% aller tödlichen Unfälle in der Stichprobe). Im Braunschweiger Raum passierten dagegen zwar absolut die meisten Unfälle (vgl. Abbildung 2-8 und Abbildung 2-9), der Anteil von Unfällen mit Verletzungen war dagegen geringer als in den anderen Bereichen.

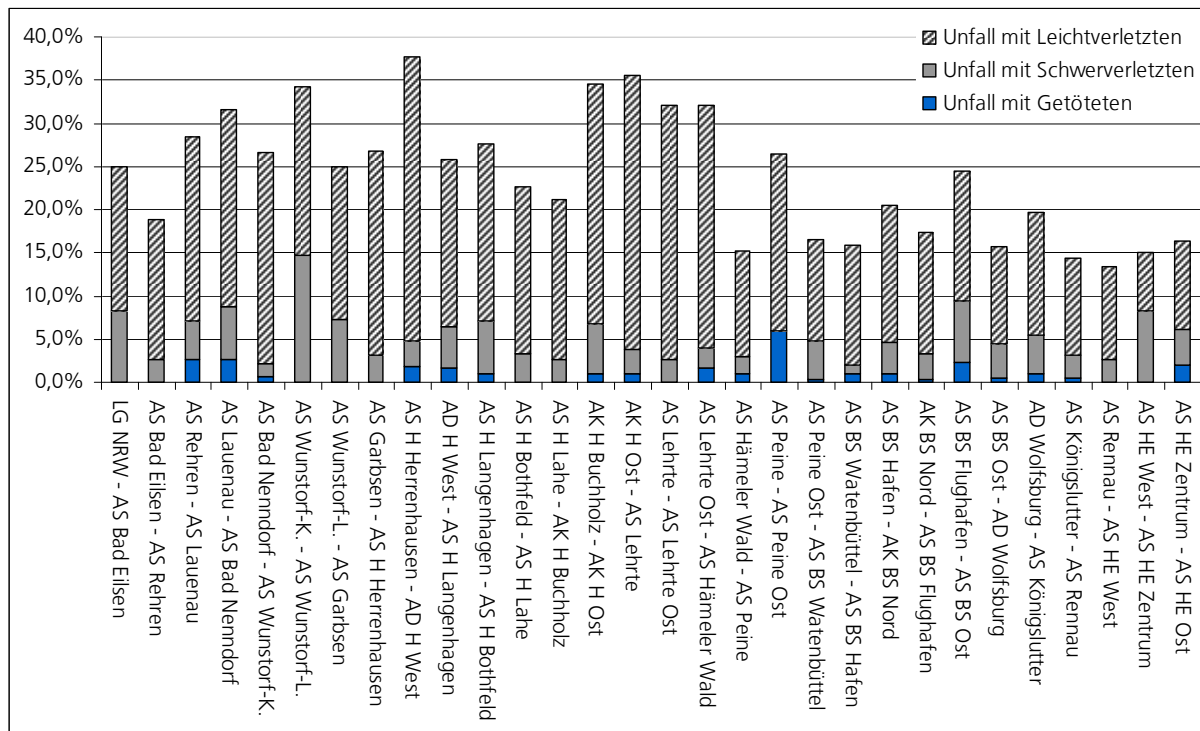


Abbildung 2-11: Verteilung der Unfallkategorien in Richtung Berlin.

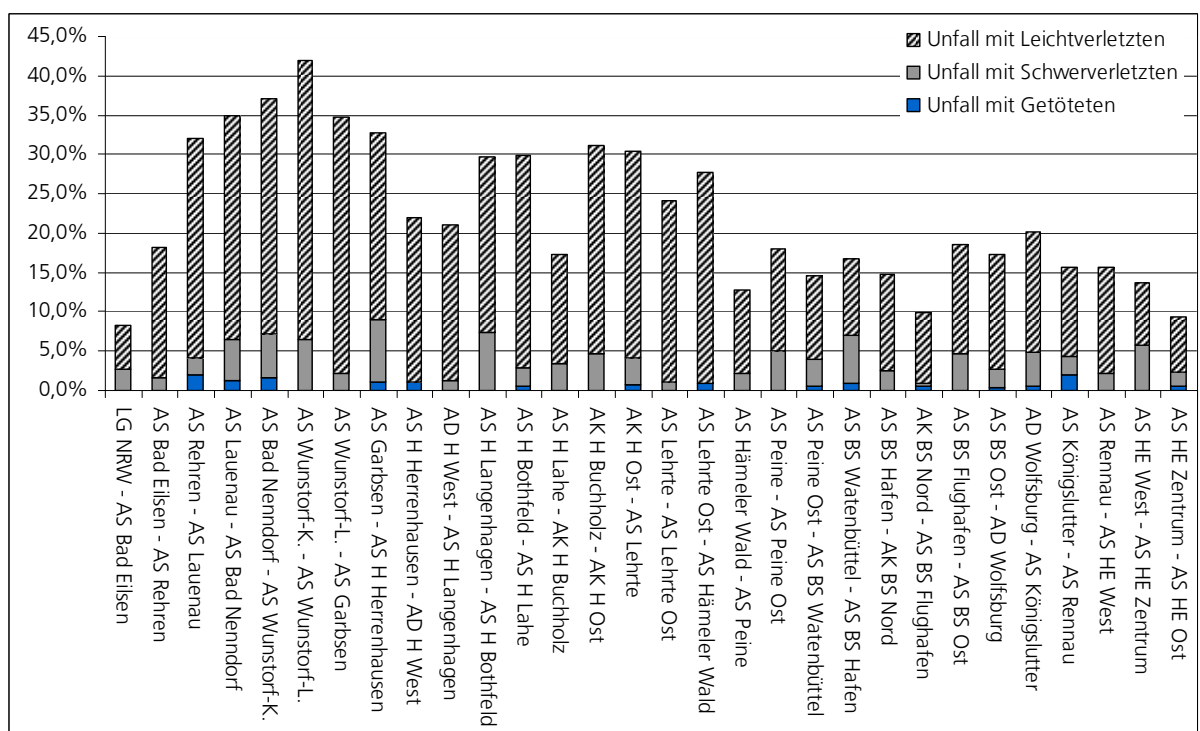


Abbildung 2-12: Verteilung der Unfallkategorien in Richtung Dortmund.

In Tabelle 2-17 ist der Zusammenhang zwischen Unfallkategorie und Unfallart dargestellt. Es zeigt sich, dass bei Unfällen durch Auffahrunfälle und Unfällen durch Abkommen von der Fahrbahn jeweils ca. $\frac{3}{4}$ der Unfälle mit leichten, schweren oder tödlichen Verletzungen ausgingen.

Tabelle 2-17: Verteilung der Unfallkategorien in Abhängigkeit der Unfallart.

Unfallart Unfall mit...	Unfallkategorie					
	Getöteten	Schwerver- letzten	Leichtver- letzten	Sachschaden hoch	Sachschaden gering	Gesamt
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
Auffahrunfall	28 (44%)	129 (42%)	760 (49%)	941 (25%)	951 (29%)	2809 (31%)
Abkommen von der Fahrbahn	20 (31%)	99 (32%)	385 (25%)	1513 (40%)	125 (4%)	2142 (24%)
Seitliche Zusam- menstöße	8 (13%)	46 (15%)	279 (18%)	478 (13%)	1403 (43%)	2214 (25%)
andere Unfälle	7 (11%)	29 (9%)	121 (8%)	382 (10%)	486 (15%)	1025 (12%)
Aufprall auf Hin- dernis	1 (2%)	4 (1%)	16 (1%)	423 (11%)	307 (9%)	751 (8%)
Gesamt	64 (100%)	307 (100%)	1561 (100%)	3737 (100%)	3272 (100%)	8941 (100%)

Da insbesondere Unfälle mit schweren und tödlichen Verletzungen mit hohen menschlichen und volkswirtschaftlichen Kosten einhergehen (Baum et al, 1999), werden bei diesen die Zusammenhänge zwischen Unfallkategorie und Verkehrsbeteiligung bzw. Verkehrsstufe noch einmal betrachtet (Tabelle 2-18). Während schwere Auffahrunfälle vor allem bei hohen Verkehrsstufen und unter Beteiligung von Lkw (sowohl als Verursacher als auch als Nicht-Verursacher) passierten, ereigneten sich schwere Unfälle durch Abkommen von der Fahrbahn eher bei niedrigen Verkehrsstufen und eher ohne Lkw-Beteiligung (vgl. Abbildung 2-13).

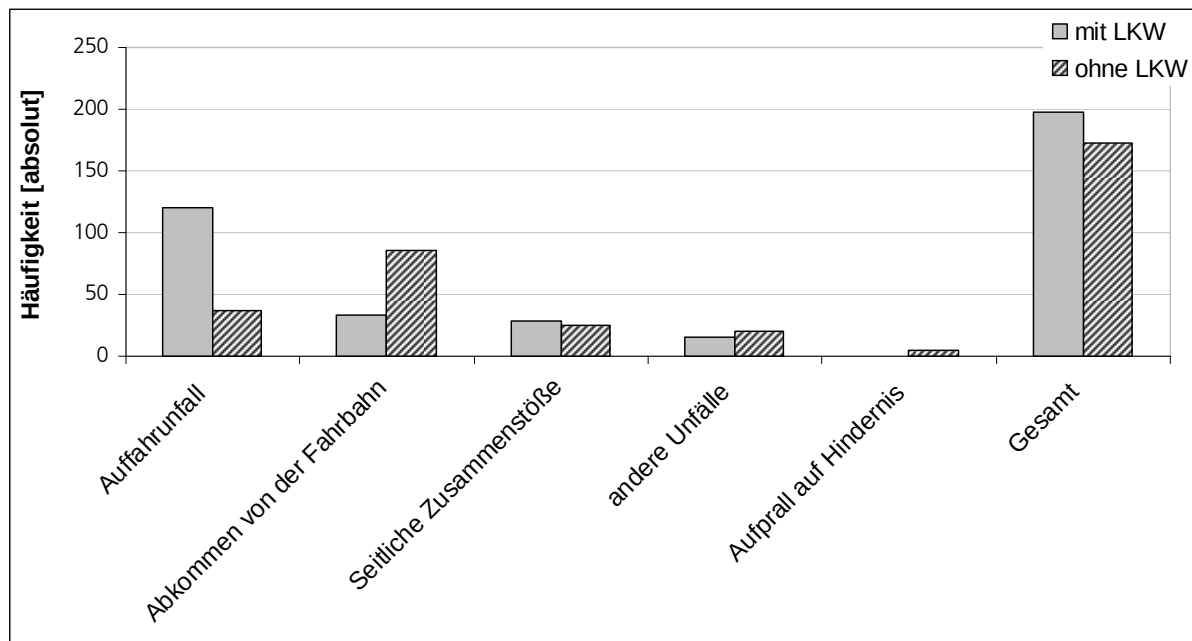


Abbildung 2-13: Unfälle mit Getöteten und Schwerverletzten auf der A2 (2005-2008).

Tabelle 2-18: Unfälle mit Schwerverletzten und Getöteten in Abhängigkeit der Verkehrsstufe und Verkehrsbeteiligung.

Verkehrsstufe	Auffahrunfälle mit Lkw			Abkommen v. Fahrbahn mit Lkw		
	ja	nein	Gesamt	ja	nein	Gesamt
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
störungsfrei, schwach	11 (9%)	6 (16%)	17 (11%)	9 (27%)	30 (36%)	39 (34%)
störungsfrei, lebhaft	23 (19%)	7 (19%)	30 (19%)	15 (45%)	40 (48%)	55 (47%)
störungsfrei, dicht	23 (19%)	5 (14%)	28 (18%)	7 (21%)	12 (14%)	19 (16%)
Zähflüssig	19 (16%)	5 (14%)	24 (15%)	1 (3%)	1 (1%)	2 (2%)
Stau	42 (36%)	14 (38%)	56 (36%)	1 (3%)	0 (0%)	1 (1%)
Gesamt	118 (100%)	37 (100%)	155 (100%)	33 (100%)	83 (100%)	116 (100%)

2.1.4.3 Unfalleinflussfaktoren bzw. Fahrfehler

Ein Überblick über die Verteilung der betrachteten Unfalleinflussgrößen findet sich in Abbildung 2-14. Die Einflussgrößen wurden entweder direkt aus den Unfallanzeigen übernommen (Alkohol/Drogen, Geschwindigkeit, Abstand, Abbiege- und Vorfahrtsfehler) oder aus den Anzeigetexten mittels Inhaltsanalyse erschlossen (Übermüdung, Spurwechselfehler, Ladungssicherung, technische Mängel, Ablenkung, Wildunfälle). Die am häufigsten notierte Unfallursache war nicht angepasste Geschwindigkeit. Auch Abstands- und Spurwechselfehler kommen in der Statistik sehr häufig vor, wobei Spurwechselfehler bei Unfällen mit Sachschaden eine noch größere Rolle spielen. Auch technische Mängel, Fehler bei der Ladungssicherung, Abbiege- bzw. Vorfahrtsfehler und Wildunfälle waren seltener bei Unfällen mit Personenschäden zu finden als bei allen Unfällen insgesamt. Alkoholkonsum, Übermüdung und Ablenkung waren dagegen häufiger bei

Unfällen mit Personenschaden zu finden, wenn diese Faktoren auch insgesamt bei einer relativ geringen Zahl von Unfällen von Bedeutung waren. Gerade bei den Aspekten Ablenkung und Müdigkeit ist allerdings mit einer hohen Dunkelziffer zu rechnen. Es ist also anzunehmen, dass von der Polizei vor Ort viele Müdigkeits- bzw. Ablenkungsunfälle gar nicht als solche zu erkennen waren.

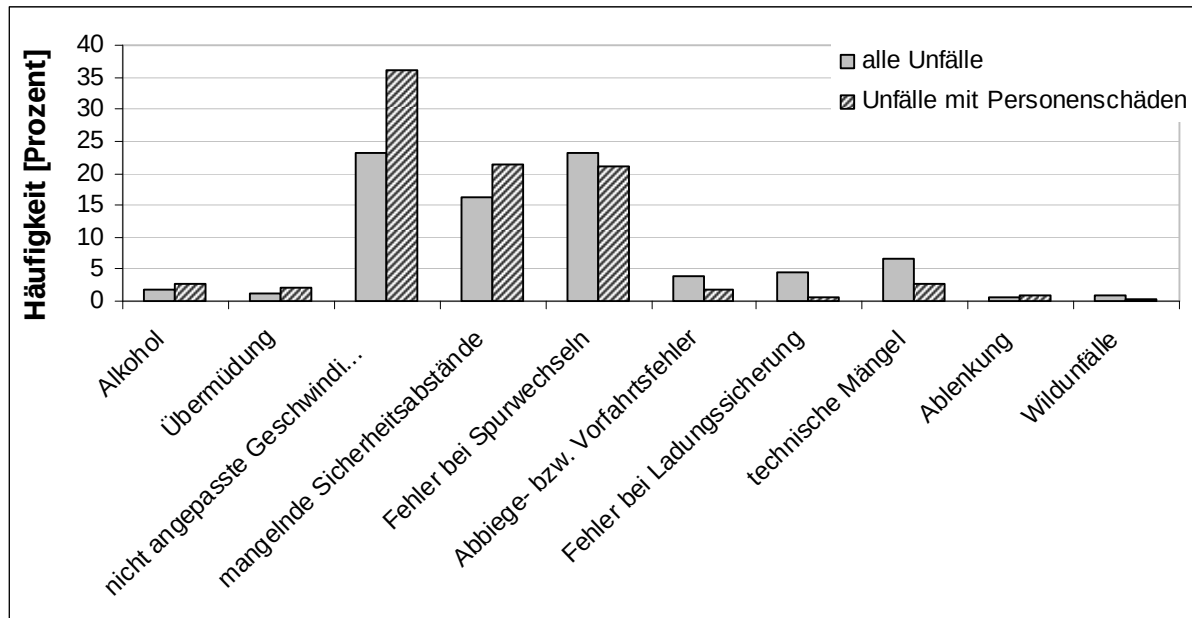


Abbildung 2-14: Verteilung der Unfalleinflussgrößen.

An welchen Unfallschwerpunkten die einzelnen Ursachenfaktoren eine besonders hervorzuhebende Rolle spielten, wurde in Bezug auf die Faktoren „Nicht angepasste Geschwindigkeit“, „mangelnde Sicherheitsabstände“ und „Spurwechselfehler“ bereits in Kapitel 2.1.4.1 in Verbindung mit den Unfallarten geschildert.

Alkoholunfälle traten in beiden Richtungen tendenziell etwas häufiger in den Ballungsräumen Braunschweig und Hannover (37% der Alkoholunfälle auf 40 Streckenkilometer) auf. Fälle, die laut Polizeiprotokoll auf Übermüdung zurückzuführen waren, passierten besonders häufig in beiden Richtungen im Bereich westlich von Hannover (vgl. Abbildung 2-15). Ähnlich wie bei den Unfällen durch Abkommen von der Fahrbahn scheint hier die bewegte Trassierung eine Rolle zu spielen. Die Annahme, dass vor allem Lkw-Fahrer aus den osteuropäischen Ländern, Müdigkeitsunfälle verursachen, konnte anhand dieses Datensatzes nicht bestätigt werden. So waren weder Lkw- noch osteuropäische Fahrer signifikant häufiger in Müdigkeitsunfälle verwickelt.

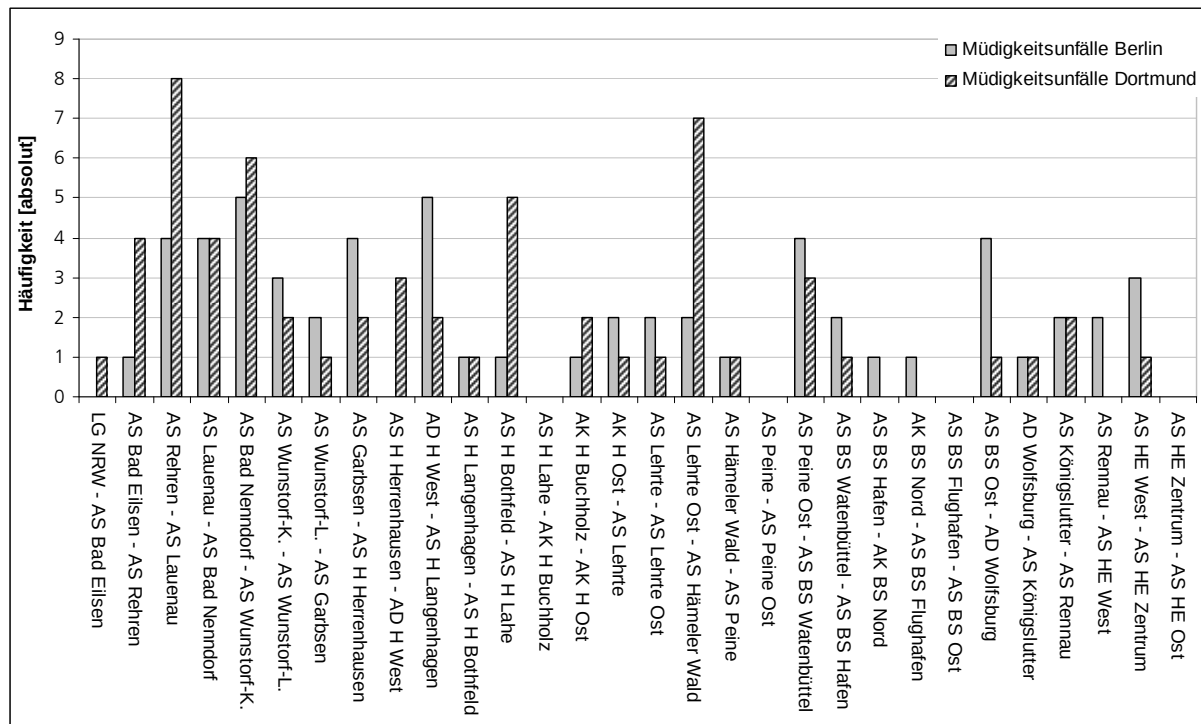


Abbildung 2-15: Verteilung der Müdigkeitsunfälle über die Streckenabschnitte.

2.1.4.4 Art der Verkehrsbeteiligung

In Abschnitt 2.1.4.2. wurde bereits dargestellt, dass sich vor allem schwere Verkehrsunfälle unter Beteiligung von Lkw ereigneten. In Tabelle 2-19 wird darüber hinaus noch gezeigt, an welchen Unfallschwerpunkten überproportional viele Lkw verursachte Unfälle passierten. Dabei wird deutlich, dass vor allem in Richtung Berlin im Einfahrbereich von Raststätten mehr Lkw verunfallten als auf den übrigen Streckenabschnitten. Eine mögliche Erklärung dafür könnte in den höheren Verkehrsdichten Richtung Berlin liegen (vgl. Ergebnisse Abschnitt 4.3.4).

Eine detaillierte Analyse zeigt darüber hinaus, dass es sich bei den Häufungen an unten genannten Schwerpunkten nicht um die gleichen Stellen handelt, an denen die schweren Auffahrunfälle unter Beteiligung von Lkw passiert sind. Bei den Unfällen in den Einfahrbereichen handelte es sich dagegen häufig um Auffahr- und Spurwechselunfälle mit Sachschäden.

Tabelle 2-19: Unfallschwerpunkte mit Lkw als Verursacher.

Richtung	Unfallschwerpunkt	Bereich / Umstände	% der Unfälle (N)
Dortmund	AK H-Ost	im Abfahrbereich	57% (21)
	AS Bad Eilsen	im gesamten Bereich	50% (29)
	TuR Zweidorfer Holz	v. a. im Einfahrbereich	41% (37)
Berlin	R Lehrter See	v. a. im Einfahrbereich	48% (12)
	PWC Varrelheide	v. a. im Einfahrbereich	39% (22)
	AD H-West	im Verflechtungsbereich	48% (14)
	AS H-Herrenhausen	v. a. im Zwischenbereich	41% (35)
	TuR Auetal Süd	v. a. im Einfahrbereich	52% (14)

2.1.4.5 Fahrermerkmale

Bezüglich der Fahrermerkmale konnten bezogen auf die Unfallschwerpunkte kaum Effekte gefunden werden. So gab es an den Knotenpunkten Hannover-Buchholz Richtung Dortmund, Braunschweig-Nord und Hannover-Bothfeld (beide in Richtung Berlin) signifikant mehr durch weibliche Personen verursachte Unfälle als auf anderen Autobahnbereichen. Eine Begründung dafür könnte die Lage dieser Unfallschwerpunkte im städtischen Umfeld sein. So pendeln Frauen im Schnitt etwas seltener und oft kürzer als Männer (Statistisches Bundesamt, 2004; Soyka, 2006).

Im Bereich Braunschweig Richtung Berlin gibt es zwei weitere Unfallschwerpunkte (km 163,5-164,5; AK BS-Nord - Ausfahrbereich), an denen junge Fahrer (18-24 Jahre) überzufällig häufig Unfälle verursacht haben. Allerdings kann auch hier davon ausgegangen werden, dass im städtischen Bereich die Exposition junger Fahrer im Autobahnbereich gegenüber anderen Autobahnbereichen ebenfalls erhöht ist. Über alle Unfälle der A2-Stichprobe zeigt sich zudem, dass jüngere Fahrer signifikant häufiger Auffahrunfälle sowie Unfälle durch Abkommen von der Fahrbahn verursachten. Zudem wurde von der Polizei als Unfallursache bei jungen Fahrern signifikant häufiger nicht angepasste Geschwindigkeit angegeben. Diese Ergebnisse entsprechen der Annahme junger Fahrer als spezielle Risikogruppe, obwohl der Anteil an Unfällen mit jungen Fahrern auf Autobahnen insgesamt - und der A2 im Besonderen - niedriger als der über alle Straßenarten aggregierte Mittelwert ist (vgl. Tabelle 2-12).

Bei der Analyse fielen keine Schwerpunkte auf, an denen Fahrzeuge mit ausländischen Kennzeichen einen besonders hohen Unfallanteil hatten. Über alle A2-Unfälle zusammen fiel auf, dass es bei Fahrzeugen mit osteuropäischen Kennzeichen (Polen, Tschechien, Russland, Ukraine, u. a.) signifikant häufiger Unfälle infolge technischer Defekte gab als bei anderen Nationalitätengruppen (Nordeuropa, Südeuropa, Westeuropa). Dies traf vor allem auf Lkw zu (131 von insgesamt 163 Fällen mit technischen Defekten und osteuropäischen Kennzeichen).

2.1.4.6 Zeitliche Umweltfaktoren

2.1.4.6.1. Uhrzeit

Aus Tabelle 2-20 wird bereits ersichtlich, dass sich über ein Viertel aller Unfälle im Erhebungsgebiet im nachmittäglichen Berufsverkehr zwischen 14 und 18 Uhr ereigneten. Am Morgen (6 bis 10 Uhr sowie über die Mittagszeit (10 bis 14 Uhr) passierten jeweils über 19% der Unfälle. Am Abend (18 bis 22 Uhr) und nachts (22 bis 6 Uhr) waren insgesamt die wenigsten Unfälle zu verzeichnen (jeweils über 17%). Für den Vergleich der A2 mit allen anderen Autobahnen lagen nur die Daten von Unfällen mit Personenschäden vor (vgl. Abbildung 2-4). Bei deren Betrachtung zeigt sich, dass sich das Verhältnis von Unfällen am Morgen zu Unfällen am Nachmittag nahezu umdreht. Morgens ereigneten sich also besonders häufig Unfälle mit Personenschäden, nachmittags eher viele Unfälle ohne Personenschäden. Tabelle 2-20 gibt wieder, an welchen Unfallschwerpunkten es in Bezug auf die Uhrzeiten überproportional viele Verkehrsunfälle gab. Dabei wird ersichtlich, dass es Richtung Berlin an verschiedenen Unfallschwerpunkten besonders häufig zu Unfällen im nachmittäglichen Berufsverkehr kam (km 150-152, AS BS Flughafen, AK BS-Nord, AS Peine, AK H-Ost). Von Unfällen am Morgen waren besonders die AS H-Langenhagen und der Bereich zwischen Kilometer 264 und 265,5 betroffen. Weiter gab es an vier Raststätten (P Waldkater, TuR Garbsen, P Bad Nenndorf, TuR Auetal Süd) nachts zwischen 22 und 6 Uhr eine erhöhte Unfallrate. Richtung Dortmund passierten an drei verschiedenen Unfallstellen besonders viele Unfälle zwischen 18 und 22 Uhr (AK WOB Königslutter, AS BS-Ost, km 272-276). Morgens zwischen 6 und 10 Uhr kam es insbesondere an der AS BS-Flughafen zu besonders vielen Unfällen. An den Raststätten gab es in Richtung Dortmund zweimal Besonderheiten. So passierten an der TuR Zweidorfer Holz über Mittag besonders viele Unfälle. An der Rastanlage in Garbsen ereigneten sich überproportional viele Unfälle am Nachmittag.

Tabelle 2-20: Unfallschwerpunkte in Bezug auf Uhrzeiten.

Richtung	Unfallschwerpunkt	Uhrzeit (gruppiert)	% der Unfälle (N)
Dortmund	AD WOB Königslutter	18 bis 22 Uhr	23.5 (42)
	AS BS-Ost	18 bis 22 Uhr	28.2 (20)
	AS BS-Flughafen	6 bis 10 Uhr	41.7 (43)
	TuR Zweidorfer Holz	10 bis 14 Uhr	31.2 (30)
	AS Garbsen (inkl. TuR Garbsen)	14 bis 18 Uhr	36.5 (27)
	Km 272-276	18 bis 22 Uhr	23.4 (44)
Berlin	AS HE Ost/Waldkater	22 bis 6 Uhr	29.3 (22)
	Km 150-152	14 bis 18 Uhr	44.0 (37)
	AS BS-Flughafen	14 bis 18 Uhr	43.8 (21)
	AK BS-Nord	14 bis 18 Uhr	39.8 (72)
		18 bis 22 Uhr	25.4 (46)
	AS Peine	14 bis 18 Uhr (im Einfahrbereich)	48.3 (14)
	AK H-Ost	14 bis 18 Uhr	39.0 (46)
	PWC Varrelheide	10 bis 14 Uhr	28.1 (16)
	AS H-Langenhagen	6 bis 10 Uhr	25.8 (16)
		18 bis 22 Uhr	29.0 (18)
	AS Garbsen (inkl. TuR Garbsen)	22 bis 6 Uhr	32.7 (17)
	P Bad Nenndorf	22 bis 6 Uhr	34.0 (18)
	Km 264-265,5	6 bis 10 Uhr	26.1 (12)
	TuR Auetal Süd	22 bis 6 Uhr	34.7 (17)
	AS Bad Eilsen	10 bis 14 Uhr	48.3 (14)

2.1.4.6.2. Wochentage

Wie aus der Tabelle 2-21 hervorgeht, kam es am häufigsten freitags zu Verkehrsunfällen. Dabei ereigneten sich auf der A2 auch im Vergleich zu den anderen bundesdeutschen Autobahnen besonders viele Unfälle (vgl. Abbildung 2-3). Aus Tabelle 2-21 geht weiter hervor, dass es verschiedene Wochentage gab, an welchen überproportional häufig Unfälle an den verschiedenen Schwerpunkten passierten. Werden die Unfälle hingegen in Abhängigkeit der Richtungen verglichen, so zeigt sich, dass sich in Richtung Berlin signifikant mehr Unfälle freitags und in Richtung Dortmund signifikant mehr Unfälle montags ereigneten ($\chi^2 = 407.5$; $p < .001$).

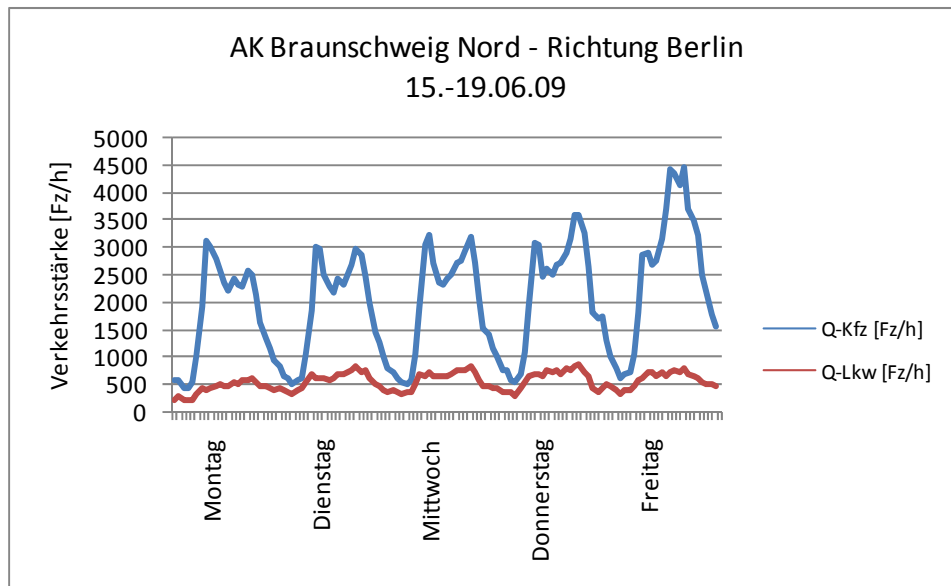


Abbildung 2-16: Exemplarische Pendlerströme Richtung Berlin.

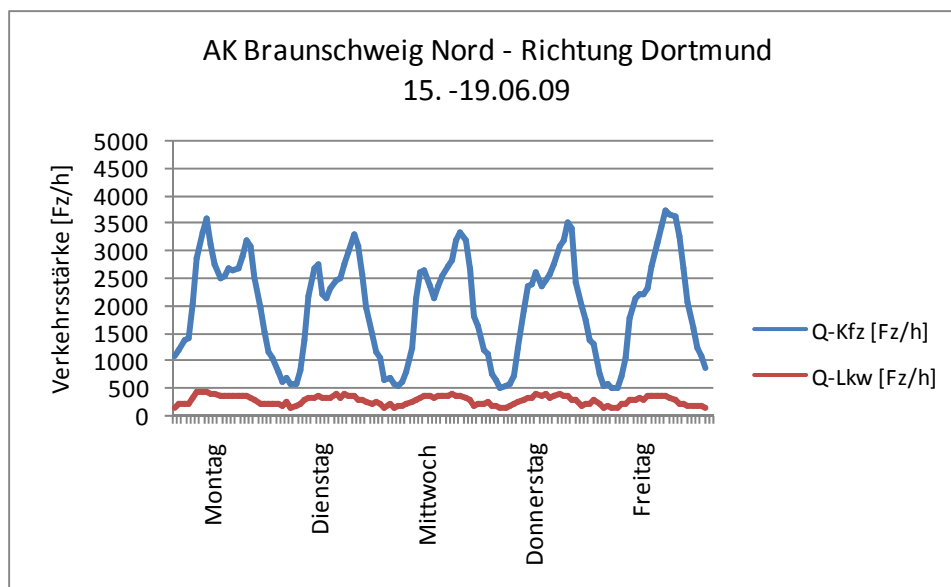


Abbildung 2-17: Exemplarische Pendlerströme Richtung Dortmund.

Die Abbildung 2-16 bzw. Abbildung 2-17 wurden im Rahmen der Engpassanalyse erstellt. Sie zeigen exemplarisch, dass die oben genannten Unfallmuster mit den Pendlerströmen in die entsprechenden Richtungen korrelieren. So wird deutlich, dass Richtung Berlin am Freitag, dem 19.06.2009 nachmittags eine höhere Verkehrsstärke vorlag als an den anderen Wochentagen. Umgekehrt war die Verkehrsstärke Richtung Dortmund morgens am Montag, dem 15.06.2009 im Vergleich zu den anderen Wochentagen erhöht. Darüber hinaus zeigen beide Abbildungen noch einmal, dass in der betrachteten Woche Richtung Berlin generell höhere Verkehrsstärken vorlagen als in Richtung Dortmund.

Tabelle 2-21: Unfallschwerpunkte in Bezug auf Wochentage.

Richtung	Unfallschwerpunkt	Wochentage	% der Unfälle (N)
Dortmund	AD WOB Königslutter	sonntags	19.0 (34)
		montags (im Ausfahrbereich)	34.0 (16)
	AS BS-Flughafen	montags	35.9 (37)
	TuR Zweidorfer Holz	sonntags	27.1 (26)
	AK H-Buchholz	donnerstags	21.5 (20)
	AD H-West	donnerstags	31.7 (20)
	AS H-Herrenhausen	freitags	21.6 (16)
	AS Lauenau	freitags	25.0 (10)
Berlin	TuR Helmstedt	mittwochs	20.9 (14)
		samstags	20.9 (14)
	AD WOB Königslutter	dienstags	18.0 (29)
	Km 163,5-164,5	freitags	42.4 (28)
	AK BS-Nord	freitags	33.7 (61)
		sonntags (zwischen Aus- und Einfahrt))	16.4 (12)
	PWC Varrelheide	mittwochs	21.1 (12)
	AS H-Bothfeld	sonntags	13.4 (9)
		montags	22.4 (15)
	AS H-Langenhagen	dienstags	21.0 (13)
	AD H-West	montags	18.2 (8)
		dienstags	25.0 (11)
	AS H-Herrenhausen	dienstags	19.5 (17)
		mittwochs	24.1 (21)
	Km 264-265,5	samstags	30.4 (14)

2.1.4.6.3. Unfallmonate bzw. Jahreszeiten

Auch bezüglich der häufigsten Unfallmonate bzw. –Jahreszeiten¹ wurden die Unfallschwerpunkte untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2-22 wiedergegeben. Darin zeigt sich, dass an einzelnen Unfallstellen überproportional häufig Unfälle insbesondere in Herbstmonaten auftraten. Eine mögliche Erklärung für dieses Phänomen liegt wahrscheinlich in der Umstellung von sehr guten Straßen- und Lichtverhältnissen im Sommer zu widrigeren Verhältnissen im Herbst (Nässe, Dunkelheit). In der unten stehenden Tabelle gibt es zwar auch einige Schwerpunkte, an denen im Winter überproportional viele Unfälle passiert sind. Bezogen auf alle Unfälle (N = 8949) waren aber in den Monaten Januar und Februar die wenigsten Unfälle zu verzeichnen (5.8% bzw. 5.0%). An einigen Unfallschwerpunkten als auch auf alle Unfälle bezogen, ereigneten sich überproportional viele Unfälle in den Sommermonaten, v. a. im Juli und August. Hintergrund könnten z. B. hohe Verkehrsstärken durch Urlaubsreisewellen in den Ferien sein.

Tabelle 2-22: Unfallschwerpunkte in Bezug auf Unfallmonate und –Jahreszeiten.

Richtung	Unfallschwerpunkt	Unfallmonate, -Jahreszeiten	% der Unfälle (N)
Dortmund	AD WOB Königslutter	August	15.6 (23)
		Oktober	19.6 (35)
	AK BS-Nord	Dezember	13.0 (27)
		Herbst (Ausfahrbereich)	33.0 (59)
	TuR Zweidorfer Holz	Sommer	36.5 (35)
	AK H-Buchholz	Juni -> Arbeitsstelle	15.1 (14)
	AS H-Herrenhausen	Frühling (zwischen Aus- und Einfahrt)	42.9 (12)
	AS Bad Nenndorf	November	25.0 (27)
	AS Rehren	August	13.8 (9)
	TuR Auetal Nord	Dezember	15.2 (12)
Berlin	Km 272-276	Sommer -> Arbeitsstelle	42.6 (80)
	TuR Helmstedt	Winter	32.8 (22)
	AS Helmstedt Zentrum	Sommer	40.3 (25)
	AD WOB Königslutter	Winter	28.0 (45)
	Km 163,5-164,5	Herbst	45.5 (30)
	AK BS-Nord	Herbst (Einfahrbereich)	41.9 (18)
	AS BS-Watenbüttel	Herbst (Einfahrbereich)	60.9 (14)
	AK H-Ost	Herbst -> Arbeitsstelle	42.4 (50)
	AK H-Buchholz, AS H-Lahe	Herbst (Einfahrt und Zwischenbereich) -> Arbeitsstelle	37.6 (44)

¹ Jahreszeiten bestehen aus der Zusammenfassung von jeweils 3 Monaten angefangen mit März bis Mai, usw.

Richtung	Unfallschwerpunkt	Unfallmonate, -Jahreszeiten	% der Unfälle (N)
P Bad Nenndorf		Herbst	37.7 (20)
		Frühling	30.2 (16)
AS Bad Nenndorf		Winter	36.0 (18)
Km 272-277,5		Frühling -> Arbeitsstelle	29.9 (70)
		Sommer -> Arbeitsstelle	36.8 (86)
AS Bad Eilsen		Sommer -> Arbeitsstelle	49.2 (31)

Weiter befinden sich unter den dargestellten Unfallschwerpunkten einige, bei denen in der jeweiligen Zeit auch insbesondere Unfälle an Arbeitsstellen passiert sind. Bei diesen besteht die Möglichkeit, dass die überzufällige Häufung der Unfallzeiten eher auf das Vorhandensein von Arbeitsstellen als auf schlechte Licht- und Straßenverhältnisse zurückzuführen ist. Die entsprechenden Schwerpunkte sind in Tabelle 2-22 markiert.

2.1.4.6.4. Unfalljahre

Wie bereits in Tabelle 2-8 dargestellt ereigneten sich die meisten Unfälle in den Jahren 2006 und 2007. In Tabelle 2-23 sind diejenigen Unfallschwerpunkte dargestellt, an denen in den betrachteten Jahren besonders viele Unfälle passiert sind. Geschehen diese bei gleichzeitigem Vorhandensein von Arbeitsstellen, so wurde dies in der entsprechenden Zeile markiert. Dies war besonders bei Unfallschwerpunkten der Fall, an denen sich 2007 überproportional viele Unfälle ereigneten. Auch im Jahr 2005 gab es an einigen Unfallschwerpunkten überproportional viele Unfälle, die nur teilweise durch das Vorhandensein von Arbeitsstellen gekennzeichnet waren. Es ließen sich nur wenige Unfallschwerpunkte identifizieren, an denen 2006 bzw. 2008 überproportional viele Unfälle vorkamen.

Tabelle 2-23: Unfallschwerpunkte in Bezug auf das Unfalljahr.

Richtung	Unfallschwerpunkt	Unfalljahr	% der Unfälle (N)
Dortmund	TuR Lappwald	2005	42.9 (21)
	AD WOB Königslutter	2006	35.8 (64)
	TuR Zweidorfer Holz	2005 (im Ausfahrbereich)	34.0 (17)
	AK H-Buchholz	2005 -> Arbeitsstelle	53.8 (50)
	AS H-Herrenhausen	2006 (im Ausfahrbereich)	46.2 (12)
	Km 272-276	2007 -> Arbeitsstelle	66.5 (125)
	AS Bad Eilsen	2007	30.0 (9)
Berlin	AS Helmstedt Zentrum	2005	34.1 (14)
	AK BS-Nord	2005	27.1 (49)
	AS BS-Watenbüttel	2005	32.7 (18)
	TuR Zweidorfer Holz	2007 (Einfahrbereich)	48.0 (24)
	AS Peine	2008 (insbesondere Zwischenbereich)	27.0 (37)
	R Lehrter See	2005 (Einfahrbereich) -> Arbeitsstelle	46.2 (12)
	AK H-Ost	2007 -> Arbeitsstelle	41.5 (49)
	AK H-Buchholz, AS H-Lahe	2005 -> Arbeitsstelle	47.5 (75)
	AS H-Bothfeld	2005	31.3 (21)
	AS H-Langenhagen	2006 (im Zwischenbereich)	52.0 (13)
	AS Garbsen	2005	36.5 (19)
	Km 272-277,5	2007 -> Arbeitsstelle	62.8 (147)
	AS Bad Eilsen	2007 -> Arbeitsstelle	71.4 (45)

2.1.4.7 Licht- und Witterungsverhältnisse

2.1.4.7.1. Lichtverhältnisse

Zusammen ereigneten sich 65.4% der Unfälle bei Tageslicht sowie 34.5% der Fälle bei Dunkelheit. Tabelle 2-24 zeigt einen Überblick an welchen Unfallschwerpunkten Dunkelheit bzw. Tageslicht eine überproportional große Rolle spielten. So konnten in beide Fahrtrichtungen insgesamt sechs Schwerpunkte identifiziert werden, an denen es bei Dunkelheit besonders häufig zu Unfällen kam. Bei vier dieser Unfallschwerpunkte handelt es sich um Raststätten bzw. Parkplätze. Eine weitere Analyse zeigte, dass dabei am PWC Uhry signifikant häufiger Lkw beteiligt waren. Bei näherer Betrachtung der Sachverhaltstexte konnten jedoch keine Anhaltspunkte für einen Zusammenhang dieser Lkw-Unfälle bei Dunkelheit mit einer Überlastung der Parkanlage gefunden werden. Für die anderen Parkplätze konnten keine signifikanten Unterschiede hin-

sichtlich der Lkw-Beteiligung in Abhängigkeit der Tageszeit/Lichtverhältnisse gefunden werden, so dass auch hier nicht auf einen Zusammenhang der Unfälle an Raststätten bei Dunkelheit mit Überlastung der Parkanlagen geschlossen werden kann. Diejenigen Schwerpunkte, an denen überzufällig viele Unfälle bei Tageslicht geschahen, waren gleichzeitig auch häufig durch besonders viele Unfälle an Arbeitsstellen (vgl. Markierung in der Tabelle) gekennzeichnet. Chi²-Analysen zeigten an den entsprechenden Schwerpunkten jeweils signifikante Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von Unfällen an Arbeitsstellen und bei Tageslicht.

Tabelle 2-24: Unfallschwerpunkte in Bezug auf Lichtverhältnisse.

Richtung	Unfallschwerpunkt	Lichtverhältnisse	% der Unfälle (N)
Dortmund	AS H-Langenhagen	Dunkelheit	46.3 (19)
	AS Wunstorf-Kolenfeld	Dunkelheit	54.5 (12)
	AS Bad Nenndorf (inkl PWC)	Dunkelheit	46.7 (50)
	Km 272 – 276	Tageslicht -> Arbeitsstelle	76.1 (143)
Berlin	AS Helmstedt Zentrum	Dunkelheit	46.8 (29)
	PWC Uhry	Dunkelheit	49.1 (26)
	Km 150-152	Tageslicht	75.0 (63)
	TuR Zweidorfer Holz	Dunkelheit (Einfahrbereich)	48.0 (24)
	AK H-Ost	Tageslicht (Zwischenbereich) -> Arbeitsstelle	77.2 (44)
	PWC Varrelheide	Tageslicht (Ausfahrbereich) > Arbeitsstelle	- 78.3 (18)
	Km 272-277,5	Tageslicht -> Arbeitsstelle	72.2 (169)

2.1.4.7.2. Straßenzustand/Nässe

Wie in Abbildung 2-5 bereits dargestellt, ereigneten sich in der vorliegenden A2-Stichprobe im Untersuchungszeitraum über 30% der Unfälle bei nassem, feuchtem oder schlüpfrigem Straßenzustand (im Folgenden kurz Nässe genannt). Damit gab es auf der A2 im Erhebungszeitraum mehr Unfälle als durchschnittlich auf allen Autobahnen zusammen. Somit scheint Nässe für die Unfälle auf der A2 ein besonderes Problem darzustellen. War keine Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit angegeben, passierten sogar 35% aller Unfälle bei Nässe (N = 1936). Besonders In Bezug auf die Unfallkategorie resultierten viele Nässeunfälle in leichte Verletzungen und Sachschäden (vgl. Tabelle 2-25). Aber auch tödliche Unfälle passierten häufiger bei Nässe als alle Unfälle im Durchschnitt. In Tabelle 2-26 ist ein Überblick dargestellt, an welchen Unfallpunkten Nässe überproportional häufig eine Rolle spielte.

Dabei fällt auf, dass die Kreuze Braunschweig-Nord und Hannover-Ost in beide Richtungen vertreten sind. In Klammern befindet sich der Zusatz „insbesondere im Zwischenbereich“. Dies ist ein Hinweis darauf, dass Nässe besonders bei Unfällen beim Ab- und Auffahren von der bzw. auf die A2 passieren. Eine Analyse der Sachverhaltsschilderungen der Verkehrsunfallanzeigen bestätigte diese Annahme. In Tabelle 2-27 ist wiedergegeben, wie hoch der Anteil der Unfälle durch Abkommen von der Fahrbahn an den entsprechenden Schwerpunkten war. Neben den

genannten Kreuzen wurde auch das damalige Autobahndreieck Wolfsburg / Königslutter, ebenfalls in beiden Richtungen, sowie die Anschlussstelle Hannover Bothfeld (nicht in Tabelle 2-27 aufgrund der geringen Fallzahlen) analysiert. Unter den dargestellten Unfällen befindet sich auch ein großer Teil der bereits in Tabelle 2-15 dargestellten Unfälle. Abkommensunfälle haben also ein deutlich erhöhtes Risiko bei Nässe.

Tabelle 2-25: Unfallkategorie in Abhängigkeit vom Straßenzustand.

		Unfall mit Getö- teten	Unfall mit Schwer- verletz- ten	Unfall mit Leicht- verletz- ten	Unfall mit Sach- schaden	Unfall ohne Sach- schaden	Gesamt
trocken	Anzahl	37	197	966	2191	2407	5798
	% von Straßenzu- stand	.6%	3.4%	16.7%	37.8%	41.5%	100.0%
	% von Unfallka- tegorie	57.8%	64.6%	61.9%	59.0%	74.5%	65.3%
nass/feucht/ schlüpf- rig/wintergl att	Anzahl	27	108	595	1524	823	3077
	% von Straßenzu- stand	.9%	3.5%	19.3%	49.5%	26.7%	100.0%
	% von Unfallka- tegorie	42.2%	35.4%	38.1%	41.0%	25.5%	34.7%
Gesamt	Anzahl	64	305	1561	3715	3230	8875
	% von Straßenzu- stand	.7%	3.4%	17.6%	41.9%	36.4%	100.0%
	% von Unfallka- tegorie	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Tabelle 2-26: Unfallschwerpunkte in Bezug auf Straßenverhältnisse (Nässe).

Richtung	Unfallschwerpunkt	Straßenverhältnisse	% der Unfälle (N)
Dortmund	AD WOB-Königslutter	Nässe (v. a. im Zwischenbereich)	43.6 (78)
	AK BS-Nord	Nässe	45.0 (77)
	TuR Zweidorfer Holz	Nässe	63.2 (60)
	AK H-Ost	Nässe	54.2 (52)
	Km 266-267	Nässe (v. a. im Zwischenbereich)	50.0 (13)
	AS Rehren	Nässe	49.26 (32)
	TuR Auetal Nord	Nässe	51.9 (41)
Berlin	AS HE Ost/Waldkater	Nässe	44.0 (33)
	AS BS-Ost	Nässe (Einfahrbereich)	50.0 (14)
	AK BS-Nord	Nässe (v. a. im Zwischenbereich)	43.1 (78)
	AK H-Ost	Nässe (v. a. im Zwischenbereich)	45.8 (54)
	Km 264-265,5	Nässe	56.5 (26)

Tabelle 2-27: Unfallschwerpunkte mit Abkommensunfällen bei Nässe.

Richtung	Unfallschwerpunkt	% der Abkommensunfälle bei Nässe (N)
Dortmund	AD WOB-Königslutter	80.0 (44)
	AK BS-Nord	78.4 (40)
	TuR Zweidorfer Holz	81.0 (47)
	AK H-Ost	72.4 (21)
	AS H-Bothfeld	68.4 (13)
Berlin	AD WOB/Königslutter	58.3 (21)
	AK BS-Nord	85.7 (42)
	AK H-Ost	63.3 (21)

Drei der vier restlichen Schwerpunkte, an denen sich überzufällig häufig Nässeunfälle ereigneten, liegen im Bereich Weser Bergland. Eine Erklärung dafür könnte in der anspruchsvolleren Streckencharakteristik liegen. Inwiefern unterschiedliche Straßenbelege mit zur Entstehung von Nässeunfällen bzw. Unfällen allgemein beitragen, kann anhand der Unfalldaten nicht beurteilt werden. Im Rahmen der realen Fahrdatenanalyse wird auf diese Frage nochmals eingegangen (vgl. Abschnitt 4.3.5.)

2.1.4.8 Aspekte des Straßenverkehrs

2.1.4.8.1. Verkehrsstufe

In Tabelle 2-18 wurde bereits dargestellt, welcher Zusammenhang zwischen der Unfallschwere und der Verkehrsstufe zum Unfallzeitpunkt bei Unfällen liegt. Dabei wurde deutlich, dass sich insbesondere schwere Auffahrunfälle häufig bei hohen Verkehrsstufen ereigneten. Schwere Fahrtenfälle passierten dagegen erwartungsgemäß eher bei niedrigen Verkehrsstufen. In Tabelle 2-28 erfolgt ein Überblick, welche Unfallschwerpunkte durch überzufälliges Vorhandensein bestimmter Verkehrsstufen zum Unfallzeitpunkt gekennzeichnet sind. Bei der Betrachtung der Schwerpunkte fällt auf, dass es gerade Richtung Dortmund auch einige Bereiche gibt, bei denen hohe Verkehrsstufen nicht überzufällig häufig zum Unfallgeschehen beitragen. Richtung Berlin überwiegen allerdings die Unfallschwerpunkte, bei denen der Verkehrsfluss dicht oder zäh war bzw. an denen es Stau gab. Dies trifft insbesondere auf die aufgeführten Schwerpunkte im Raum Braunschweig und Hannover zu. Richtung Dortmund gibt es zwar auch einzelne Schwerpunkte im Ballungsbereich, welche durch häufige Unfälle bei zähem Verkehr gekennzeichnet sind. Diese sind aber seltener vertreten als Richtung Berlin. In beiden Richtungen gab es auch wieder Besonderheiten im Weser Bergland. So passierten zwischen km 272 bis zur AS Bad Eilsen jeweils überzufällig viele Unfälle bei zähflüssigem Verkehr. Diese sind zu einem guten Teil auf die Baustellensituation im Jahr 2007 zurückführbar. Bei eingehender Betrachtung der Verkehrsdichte im Baustellenbereich zeigte sich, dass es jeweils nach dem Baustellenbereich störungsfreien lebhaften bzw. dichten Verkehr gab sowie vor dem Baustellenbereich überzufällig häufig Unfälle in Stausituationen. Diese Ergebnisse deuten auf eine Rückstauproblematik im Zusammenhang mit Baustellen hin, wobei wie in Tabelle 2-18 dargestellt, das Risiko für schwere Unfälle in Stausituationen erhöht ist. Daher werden im späteren Verlauf der Arbeit Maßnahmen zur optimalen Planung und Durchführung von Arbeitsstellen vorgestellt (vgl. Kapitel 6.1.14, 6.1.15 und 6.1.16)

Tabelle 2-28: Unfallschwerpunkte in Bezug auf die Verkehrsstufe.

Richtung	Unfallschwerpunkt	Verkehrsstufe	% der Unfälle (N)
Dortmund	TuR Lappwald	störungsfrei	77.4 (33)
		Stau (Ausfahrbereich)	27.7 (13)
	AD WOB/Königsutter	störungsfrei (Zwischenbereich)	71.6 (48)
		dicht (Einfahrbereich)	35.9 (23)
	AS BS-Flughafen	zähflüssig	23.3 (24)
	TuR Zweidorfer Holz	störungsfrei	72.9 (70)
	AK H-Ost	störungsfrei (Zwischenbereich)	82.1 (32)
	AK H-Buchholz	zähflüssig	19.4 (18)
	AK H-Lahe/ PWC Varrelheide	störungsfrei, dicht	38.5 (20)
	AD H-West	störungsfrei, dicht	39.7 (25)
	AS H-Herrenhausen	störungsfrei, schwach	31.1 (23)
	AS Lauenau	störungsfrei, schwach	32.5 (13)
	AS Rehren	Stau	23.1 (15)

Richtung	Unfallschwerpunkt	Verkehrsstufe	% der Unfälle (N)
Berlin	Km 272-276	zähflüssig-> Arbeitsstelle	18.1 (34)
	AS Bad Eilsen	störungsfrei, lebhaft-> Arbeitsstelle	43.3 (26)
	TuR Helmstedt	störungsfrei, lebhaft	41.8 (28)
		störungsfrei, schwach (Zwischenbereich)	34.8 (16)
	AD WOB/Königslutter	störungsfrei, lebhaft (Zwischenbereich)	44.3 (35)
	Km 163,5-164,5	zähflüssig	36.4 (24)
	AS BS-Flughafen	zähflüssig	25.0 (12)
		Stau	25.0 (12)
	AK BS-Nord	zähflüssig	19.9 (36)
		Stau	19.3 (35)
	AS Peine	störungsfrei, lebhaft	40.9 (56)
	AK H-Ost	störungsfrei, dicht (Einfahrbereich)	41.0 (16)
	AS H-Herrenhausen	störungsfrei, dicht	35.6 (31)
	P Bad Nenndorf	störungsfrei, lebhaft	49.1 (26)
	TuR Auetal Süd	störungsfrei, dicht	22.4 (11)
	Km 272-277,5	zähflüssig -> Arbeitsstelle	29.9 (70)
	AS Bad Eilsen	Stau -> Arbeitsstelle	28.6 (18)

2.1.4.8.2. Geschwindigkeitsbegrenzungen, VBA

Bezüglich der Geschwindigkeitsbegrenzungen konnten für die einzelnen Unfallschwerpunkte keine Chi²-Analysen durchgeführt werden, da die Anzahl der möglichen Geschwindigkeitsbeschränkungen zu einer Verletzung der für den Test zu beachtenden Voraussetzungen führte. So gab es jeweils mehrere nicht oder kaum besetzte Kategorien. Deshalb soll an dieser Stelle auf eine Schwerpunktdarstellung verzichtet werden und stattdessen Analysen über das gesamte Erhebungsgebiet dargestellt werden.

Tabelle 2-29 zeigt, wie die Geschwindigkeitsbegrenzungen über die Unfälle verteilt waren. So passierte der größte Anteil von Unfällen, wenn es keine Geschwindigkeitsbegrenzungen gab. Der zweitgrößte Anteil passierte bei einer Begrenzung auf 120 km/h. Insgesamt ereigneten sich 5538 Unfälle ohne bekannte Geschwindigkeitsbegrenzung. Bei Geschwindigkeitsbegrenzungen bis 120 km/h waren es 3349 Unfälle. Die Aussage, dass Abschnitte mit Geschwindigkeitsbegrenzungen sicherer sind, ist aufgrund dieses Ergebnisses so nicht zulässig, da in der vorliegenden Untersuchung leider keine Informationen zur Häufigkeit von Geschwindigkeitsbegrenzungen vorlagen. In den folgenden Analysen soll dieser Frage dennoch auf den Grund gegangen werden.

Tabelle 2-29: Verteilung von Geschwindigkeitsbegrenzungen bei Verkehrsunfällen.

Geschwindigkeitsbegrenzung	Häufigkeit	%
Unbekannt/keine	5538	61.9
50	2	0.0
60	725	8.1
70	5	0.1
80	409	4.6
100	204	2.3
120	2004	22.4
130	55	0.6
140	7	0.1
Gesamt	8949	100.0

Tabelle 2-30 zeigt die Verteilung der Unfallarten in Abhängigkeit von Geschwindigkeitsbegrenzungen. Dabei wurden alle Begrenzungen bis 120 km/h zusammengefasst und den Unfällen ohne Begrenzungen gegenübergestellt. Darin zeigt sich, dass Auffahrunfälle sowie seitliche Kollisionen signifikant häufiger bei Geschwindigkeitsbegrenzungen bis 120 km/h passierten. Abkommensunfälle ereigneten sich dagegen eher, wenn keine Höchstgeschwindigkeit vorgegeben war ($\chi^2 = 78.89$, $p < .001$). So könnten Geschwindigkeitsbegrenzungen vor allem Fahrnfällen vorbeugen helfen.

Tabelle 2-30: Verteilung der Unfallarten in Abhängigkeit von Geschwindigkeitsbegrenzungen.

		Auffahr- unfall	Unfall durch Abkom- men	seitliche Zusam- menstöße	andere Unfälle	Unfall durch Aufprall	Gesamt
Höchstge- schwindig- keit bis 120 km/h	Anzahl	1176	697	904	342	227	3346
	% von Höchst- geschwindigkeit	35.1%	20.8%	27.0%	10.2%	6.8%	100.0%
	% von Unfallart	42.1%	32.7%	41.0%	33.7%	30.6%	37.7%
keine Höchstge- schwindig- keit	Anzahl	1616	1432	1299	673	515	5535
	% von Höchst- geschwindigkeit	29.2%	25.9%	23.5%	12.2%	9.3%	100.0%
	% von Unfallart zusammenge- fasst	57.9%	67.3%	59.0%	66.3%	69.4%	62.3%
Gesamt	Anzahl	2792	2129	2203	1015	742	8881
	% von Höchst- geschwindigkeit	31.4%	24.0%	24.8%	11.4%	8.4%	100.0%
	% von Unfallart	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Dieses Ergebnis wird von der Verteilung der Verkehrsstufen in Abhängigkeit von Geschwindigkeitsbegrenzung gestützt (Tabelle 2-31). So passierten bei Höchstgeschwindigkeiten bis 120 km/h signifikant häufiger Unfälle bei zähflüssigem Verkehr und Stau. Bei niedrigen Verkehrsstufen kamen signifikant häufiger Unfälle vor, wenn es keine Begrenzung der Höchstgeschwindigkeiten gab.

Tabelle 2-31: Verteilung der Verkehrsstufen in Abhängigkeit von Geschwindigkeitsbegrenzungen.

		störungs- frei, schwach	störungs- frei, leb- haft	störungs- frei, dicht	zähflüssig	Stau	Gesamt
Höchstge- schwindig- keit bis 120 km/h	Anzahl	446	927	804	605	503	3285
	% von Höchst- geschwindigkeit	13.6%	28.2%	24.5%	18.4%	15.3%	100.0%
	% von Verkehrs- stufe	29.2%	32.9%	38.3%	52.4%	49.4%	38.1%
keine Höchstge- schwindig- keit	Anzahl	1082	1890	1293	549	516	5330
	% von Höchst- geschwindigkeit	20.3%	35.5%	24.3%	10.3%	9.7%	100.0%
	% von Verkehrs- stufe	70.8%	67.1%	61.7%	47.6%	50.6%	61.9%
Gesamt	Anzahl	1528	2817	2097	1154	1019	8615
	% von Höchst- geschwindigkeit	17.7%	32.7%	24.3%	13.4%	11.8%	100.0%
	% von Verkehrs- stufe	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Bezüglich der Unfallkategorie gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen Bereichen mit und ohne Geschwindigkeitsbegrenzung ($\chi^2 = 7.165$, $p = .127$). Das heißt, dass sich der Anteil von getöteten und verletzten Personen ungefähr gleich auf die Bereiche mit und ohne Geschwindigkeitsbegrenzung verteilt. Die Vergleiche sind in Tabelle 2-32 dargestellt.

Tabelle 2-32: Verteilung der Unfallkategorie in Abhängigkeit von Geschwindigkeitsbegrenzungen.

		Getötete	Schwer- verletzte	Leichtver- letzte	mit Sach- schaden	ohne Sach- schaden	Gesamt
Höchstge- schwindig- keit bis 120 km/h	Anzahl	28	105	585	1359	1269	3346
	% von Höchst- geschwindigkeit	.8%	3.1%	17.5%	40.6%	37.9%	100.0%
	% von Unfallka- tegorie	45.2%	34.4%	37.7%	36.6%	39.0%	37.7%
keine Höchstge- schwindig- keit	Anzahl	34	200	967	2352	1982	5535
	% von Höchst- geschwindigkeit	.6%	3.6%	17.5%	42.5%	35.8%	100.0%
	% von Unfallka- tegorie	54.8%	65.6%	62.3%	63.4%	61.0%	62.3%
Gesamt	Anzahl	62	305	1552	3711	3251	8881
	% von Höchst- geschwindigkeit	.7%	3.4%	17.5%	41.8%	36.6%	100.0%
	% von Unfallka- tegorie	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Insbesondere die in Tabelle 2-31 dargestellten Ergebnisse lassen vermuten, dass ihr Muster vor allem durch die Funktionalität der Verkehrsbeeinflussungsanlage (VBA) erklärt werden kann. So werden bei sehr dichtem Verkehr Höchstgeschwindigkeiten angezeigt. Gleichzeitig verringern viele Fahrer ihre Abstände zum Vordermann, so dass es besonders häufig zu Auffahrunfällen kommt. In Tabelle 2-33 werden Geschwindigkeitsbegrenzungen in VBA- und Nicht-VBA-Bereichen deshalb noch einmal gegenübergestellt. In VBA-geregelten Bereichen passierten ca. 73% der Unfälle, wenn die VBA aus war; dagegen stehen etwa 38% der Fälle in Bereichen ohne Geschwindigkeitsbegrenzung. Das spiegelt jedoch nur wieder, dass es nur kleine Streckenabschnitte gibt, auf denen überhaupt keine Geschwindigkeitsbegrenzungen, also weder über VBA noch über Schilder, existieren. Die Verteilung ändert sich nicht, wenn nur Unfälle mit Personenschaden betrachtet werden. Wurden nur Fahrunfälle bei Nässe betrachtet, lag der Anteil von Unfällen in VBA-Bereichen ohne vorgegebene Geschwindigkeitsbegrenzung bei 80%, mit Geschwindigkeitsbegrenzungen bis 120 km/h passierten nur 20% der Fahrunfälle bei Nässe.

Die Unfallanalyse zeigt weiter, dass bei eingeschalteter VBA mit Geschwindigkeitsbegrenzungen bis zu 120 km/h nur etwa 27% der Unfälle passierten. Dagegen waren ca. 62% der Unfälle auf Strecken mit statischen Geschwindigkeitsreglungen bis 120 km/h im Vergleich zu unregulierten Strecken zu verzeichnen. Dieser Unterschied ist signifikant ($\chi^2=958.7$; $p<0.001$). Wenn nur Unfälle mit Personenschaden betrachtet werden, waren es 26% in VBA-Bereichen bzw. 65% in statisch begrenzten Bereichen. Damit ist das Risiko für einen Verkehrsunfall bei vorhandener Geschwindigkeitsbeschränkung durch den Einsatz von Verkehrsbeeinflussungsanlagen um ca. drei Viertel reduziert ($RR = 0.23$). Für Fahrunfälle bei Nässe lagen die entsprechenden Verteilungen in der gleichen Größenordnung. Diese Ergebnisse sprechen generell für eine gute Wirksamkeit der VBA.

Tabelle 2-33: Häufigkeiten von Geschwindigkeitsbegrenzungen in VBA-Bereichen.

		VBA vorhanden	VBA n. vorhanden	Gesamt
Höchstgeschwindigkeit bis 120 km/h	Anzahl	2173	1174	3347
	% von Höchstgeschwindigkeit	50.0%	50.0%	100.0%
	% von VBA	27.1%	61.7%	37.7%
keine Höchstgeschwindigkeit	Anzahl	4974	564	5538
	% von Höchstgeschwindigkeit	81.3%	18.7%	100.0%
	% von VBA	72.9%	38.3%	62.3%
Gesamt	Anzahl	3624	5261	8885
	% von Höchstgeschwindigkeit	40.8%	59.2%	100.0%
	% von VBA	100.0%	100.0%	100.0%

2.1.4.8.3. Besonderheiten der Unfallstelle (Arbeitsstellen)

In den vorangegangenen Kapiteln wurde bereits mehrmals auf Unfallschwerpunkte eingegangen, an denen es überzufällig häufig Unfälle an Arbeitsstellen gegeben hat (z. B. Abbildung 2-7). Bei der Analyse, ob es Unfallfallschwerpunkte gibt, an denen überzufällig viele Unfälle an Arbeitsstellen passiert sind, konnten nur zwei Punkte identifiziert werden. Dabei handelte es sich in beiden Richtungen jeweils um den Bereich von km 272 bis ca. zur Anschlussstelle Bad Eilsen. Dort gab es insbesondere 2007 sehr viele Unfälle im Rahmen einer Arbeitsstelle. So ereigneten sich in diesem Jahr 75% aller Unfälle in diesem Bereich. Zwar konnten auch an anderen Unfallschwerpunkten Zusammenhänge von Unfällen mit Arbeitsstellen gefunden werden (siehe Tabellen 2-23 bis 2-25 und Tabelle 2-28), insgesamt war die Auftretenswahrscheinlichkeiten an diesen Stellen jedoch so gering, dass die Voraussetzungen eines statistischen Vergleichs mittels Chi²-Test zu der Höhe der Erwartungswerte nicht gewährleistet werden konnten.

2.2 Unfallanalyse anhand von GIDAS Daten

Die German In-Depth Accident Study (GIDAS) als Gemeinschaftsprojekt zwischen Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und der Forschungsvereinigung für Automobiltechnik (FAT) zählt zu den weltweit führenden Unfallerhebungen. GIDAS wurde im Jahr 1999, basierend auf der langjährigen erfolgreichen Arbeit von Erhebungsteams der Medizinischen Hochschule Hannover in Kooperation mit einem neuen Erhebungsteam an der Technischen Universität Dresden (heute VUFO), initiiert.

Die Unfallerhebungen der Medizinischen Hochschule Hannover im Rahmen von GIDAS liefern detaillierte Informationen zu statistisch repräsentativ aufgenommen Verkehrsunfällen in den Regionen Hannover. Durch ein interdisziplinäres Erhebungsteam, welches durch die Rettungsleitstelle alarmiert wird, werden am Unfallort alle relevanten Informationen beginnend mit der Rettungskette, über die Gegebenheiten der Unfallstelle bis hin zur Fahrzeugausstattung und -beschädigung dokumentiert und zur Erstellung einer digitalen Fallakte fotografiert. Eine individuelle Befragung der Beteiligten und eine detaillierte Vermessung der Unfallstelle mit den vorhandenen Fahrstreifen werden ebenfalls durchgeführt. Zusätzlich zur Dokumentation an der Unfallstelle werden alle nachträglich verfügbaren Informationen in enger Zusammenarbeit mit Polizei, Krankenhäusern und Rettungskräften erhoben. In einer umfassenden technischen Rekonstruktion des Unfallgeschehens können Fahr- und Kollisionsgeschwindigkeiten errechnet und damit Unfallursachen verifiziert werden. Damit liegen detaillierte Informationen zu einem sogenannten Subsample aller Unfälle mit Personenschaden für die Region Hannover vor, diese sind entsprechend der Aufnahmemethodik repräsentativ und können somit tieferen Einblick in die

aufgetretenen Unfallszenarien geben. In Zusammenhang mit der Nutzung aller polizeilich dokumentierten Unfälle erlauben die Erhebungen am Unfallort somit die Unfallumstände und örtlichen Gegebenheiten optimal zu analysieren (Otte, Krettek, Brunner & Zwipp 2003; Brühning, Otte & Pastor, 2005)

Für die vorliegende Studie wurden vor allem die Daten ausgewertet, die die Randbedingungen des Unfalls wie Zeit, Ort, Gegebenheiten durch die Infrastruktur aber auch Daten zu den Beteiligten und deren Verhalten widerspiegeln. Das Erhebungsgebiet der Unfallforschung umfasst die Region Hannover und überspannt somit auch das 54 km lange Teilstück der Autobahn A2 zwischen den Anschlussstellen Hämelerwald östlich von Hannover und Bad Nenndorf im Westen der Region. Für eine Darstellung der Unfallsituation auf der A2 in der Region Hannover wurden die in GIDAS erfassten Unfälle auf der A2 der Jahrgänge 2005 bis 2008 analysiert. In dieser Zeit wurden 134 Unfälle mit Verletzten durch das Erhebungsteam aufgenommen. Tabelle 2-34 zeigt die Verteilung der Unfallschwere (maximale Verletzungsschwere der Unfallbeteiligten) dieser Unfälle. 66% der Unfälle mit Verletzten hatten maximal Leichtverletzte Beteiligte zur Folge. Immerhin führten 31% der Unfälle zu schweren Verletzungen und 3% der erfassten Unfälle mit Verletzten waren Unfälle mit Todesfolge.

Tabelle 2-34: Verteilung der Unfallschwere auf der A2 in der Region Hannover (N = 134 Unfälle).

Unfallkategorie	Prozent
Unfälle mit Leichtverletzten	66%
Unfälle mit Schwerverletzten (mindestens ein Beteiligter über 24h im Krankenhaus)	31%
Unfälle mit Getöteten	3%

An den 134 Unfällen waren 294 Verkehrsteilnehmer beteiligt, was einem Durchschnitt von 2,2 beteiligten Verkehrsteilnehmern pro Unfall entspricht. Von diesen 294 Beteiligten waren:

- 65% Pkw
- 33% Lkw
- 2% Motorisierte Zweiräder

Damit liegt die Verteilung von Verkehrsteilnehmern bei den in GIDAS erfassten Unfällen auf der A2 auf dem Niveau der Verkehrsunfälle auf der gesamten A2 (vgl. Abbildung 2-6).

Betrachtet man die Hauptverursacher der Unfälle, so zeigt sich, dass hier eine leichte Verschiebung hin zu den Pkw mit 69% stattfindet, während Lkw bei einer Beteiligung von 33% an den Unfällen nur zu 26% als Hauptverursacher der Unfälle gelten. Hinsichtlich der motorisierten Zweiräder galten 5% als Hauptverursacher.

Bei den folgenden Analysen kann es zu Abweichungen der Anzahl der zur Verfügung stehenden Fälle kommen, da je nach ausgewertetem Merkmal der Fälle die Anzahl von Unbekannten variiert.

2.2.1 Beschreibung des Unfallgeschehens im Raum Hannover

2.2.1.1 Unfallorte der GIDAS Unfälle im Raum Hannover

Aus der Datenbasis von 134 Unfällen mit Verletzten sind von 128 Unfällen die Richtungsfahrbahn und die Position auf der A2 bekannt. Betrachtet man zunächst die Häufigkeiten von Unfällen auf den beiden Richtungsfahrbahnen zeigt sich, dass auf der A2 in der Region Hannover mit 62 Unfällen auf der Richtungsfahrbahn Berlin und mit 66 Unfällen auf der Richtungsfahrbahn Dortmund keine signifikanten Unterschiede zu erkennen sind.

Die A2 lässt sich in der Region Hannover in die folgenden vier verschiedenen Streckenabschnitte aufteilen: Barsinghausen (AS Bad Nenndorf bis AS Kohlenfeld), Wunstorf / Garbsen (AS Kohlenfeld bis AS Herrenhausen), Hannover (AS Herrenhausen bis Kreuz H-Ost), Lehrte (Kreuz H-Ost bis AS Hämelerwald). Die Unfallhäufigkeit auf diesen Streckenabschnitten zeigt allerdings eine Abhängigkeit von der Richtungsfahrbahn (Abbildung 2-18). Im westlichen Abschnitt der A2 in der Region Hannover, sowohl in Barsinghausen als auch in Wunstorf / Garbsen passierten jeweils mehr Unfälle in Richtung Berlin (Barsinghausen: 11 Unfälle, Wunstorf: 15 Unfälle) als in Richtung Dortmund. (Barsinghausen: 3 Unfälle, Wunstorf: 10 Unfälle). Das umgekehrte Bild ist in den eher östlichen Abschnitten zu erkennen. Sowohl im Streckenabschnitt Hannover (Richtung Berlin: 21 Unfälle, Richtung Dortmund: 30 Unfälle) als auch im Streckenabschnitt Lehrte (Richtung Berlin: 16 Unfälle, Richtung Dortmund: 22 Unfälle) ereigneten sich mehr Unfälle in Richtung Dortmund. Es lässt sich daher sagen, dass die Unfallwahrscheinlichkeit beim Einfahren in die Region Hannover höher ist als beim Ausfahren an gleicher Stelle aus der Region Hannover.

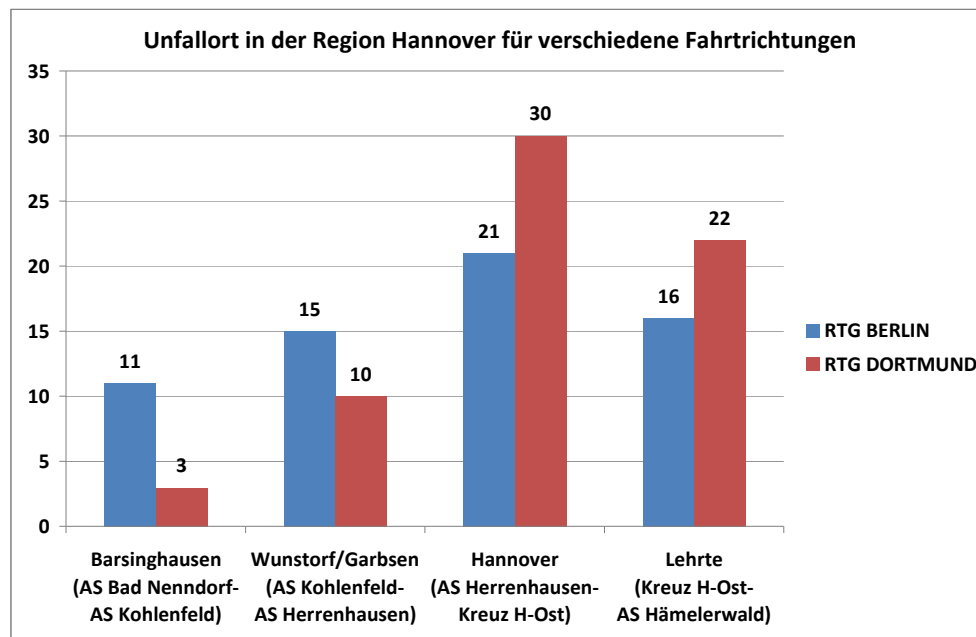


Abbildung 2-18: Unfallhäufigkeiten auf den Streckenabschnitten der Region Hannover, getrennt nach Richtungsfahrbahnen (N = 128).

Die Verteilung der 128 Unfälle auf das Streckenband ist für beide Fahrtrichtungen in Abbildung 2-19 dargestellt. Hier zeigen sich für beide Fahrtrichtungen Unfallhäufungen zwischen den Kilometern 205 und 220. Ferner ist für die Richtungsfahrbahn Berlin ein Unfallhäufungspunkt zwischen den Kilometern 242 und 252 zu erkennen.

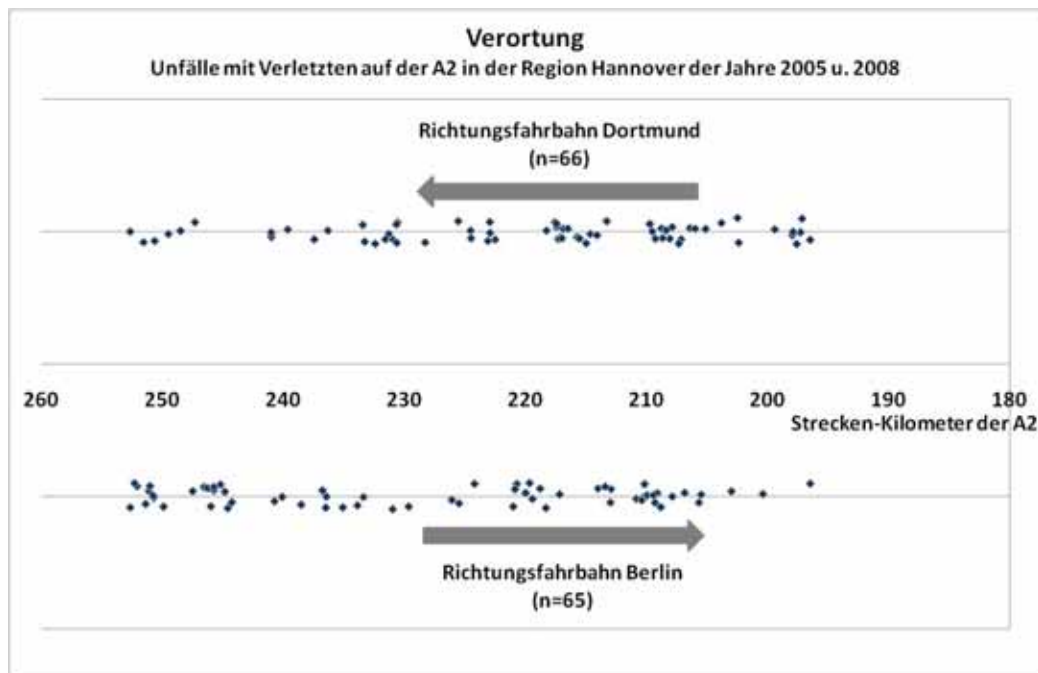


Abbildung 2-19: Verteilung der GIDAS Unfälle auf das Streckenband der A2 im Raum Hannover (N = 128 Unfälle).

2.2.1.2 Unfallzeit der GIDAS Unfälle im Raum Hannover

Die Verteilung der Unfallhäufigkeit in Abhängigkeit von der Unfallstunde der in GIDAS erfassten Unfälle ist in Abbildung 2-20 dargestellt. Hier ist zu erkennen, dass die Unfallhäufigkeit mit dem Berufsverkehr und dem steigendem Verkehrsaufkommen ab 7 Uhr morgens stark ansteigt und bis zur Mittagszeit um ca. 13 Uhr auf einem hohen Niveau bleibt. Zu späterer Stunde fällt die Unfallhäufigkeit während des Nachmittags und Abend erkennbar ab, um in der Nacht zwischen 0 und 7 Uhr erwartungsgemäß aufgrund des geringen Verkehrsaufkommens auf ein Minimum abzufallen.

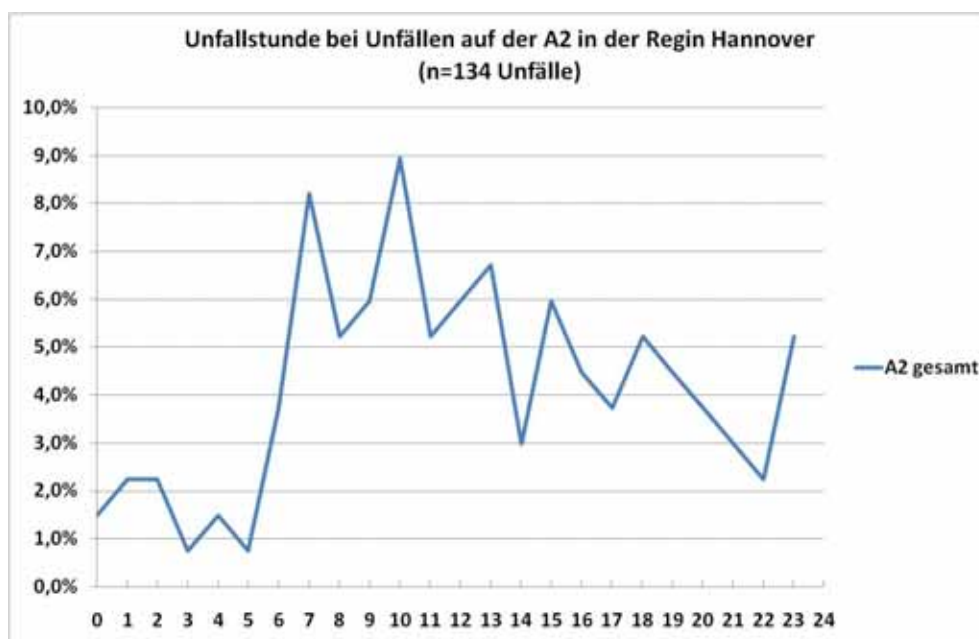


Abbildung 2-20: Unfallstunde der Unfälle in Raum Hannover (N = 128 Unfälle).

Aufgrund der geringen Datenmenge von nur 134 Unfällen ist eine detailliertere Auswertung als das Aufzeigen einer Tendenz nicht möglich. Dennoch ist der höhere Anteil von Unfällen in den

Morgenstunden als am Nachmittag zu erkennen. Dieses Ergebnis steht allerdings im Widerspruch zu der Erwartung, dass Unfälle häufiger am Nachmittag passieren (vgl. Tabelle 2.10). So ist zum Vergleich die Verteilung der Unfallhäufigkeit in Abhängigkeit von der Unfallstunde bei Unfällen auf allen Straßen in der Region Hannover in Abbildung 2-21 dargestellt. Hier ist deutlich zu erkennen, dass Unfälle morgens seltener sind (mit ca. 5,5% der Unfälle pro Unfallstunde) als am Nachmittag (mit ungefähr 7%). Aber auch die Auswertung aller Unfälle auf der gesamten A2 (Abbildung 2-4) zeigte eine besondere Unfallrelevanz in den frühen Morgenstunden im Vergleich zu allen Autobahnen in Deutschland.

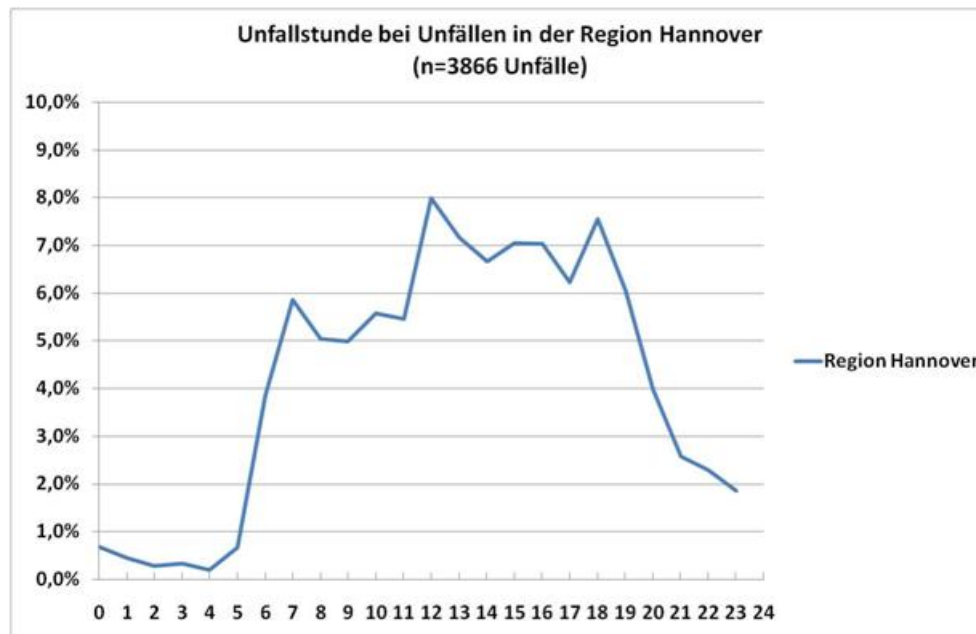


Abbildung 2-21: Verteilung der Unfallhäufigkeit in Abhängigkeit der Unfallstunde auf allen Straßen in der Region Hannover (N = 3866 Unfälle).

Neben der Unfallstunde ist auch die Charakteristik der Verteilung der Unfallhäufigkeit von Unfällen mit Verletzten auf der A2 in der Region Hannover in Abhängigkeit des Wochentags (Abbildung 2-22) außergewöhnlich.

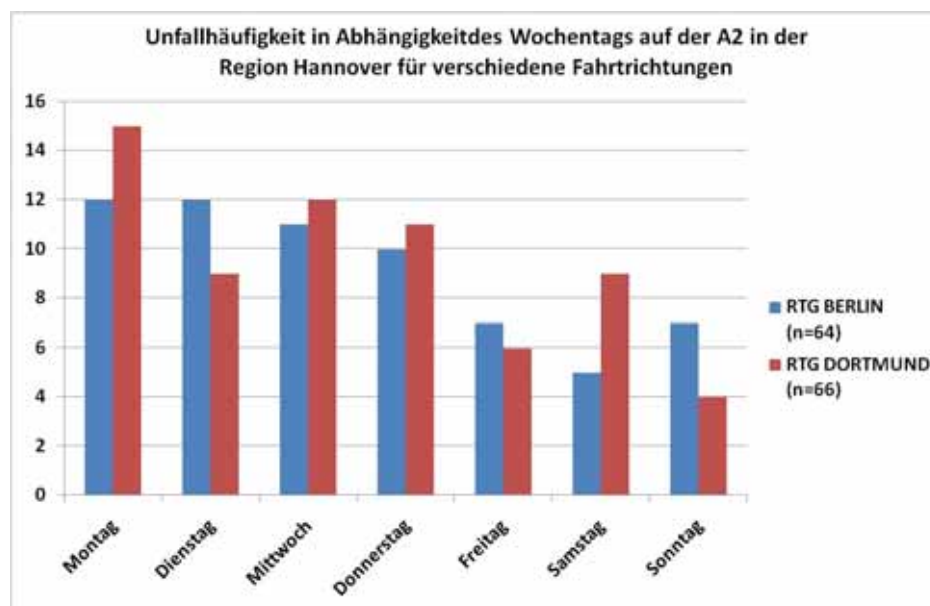


Abbildung 2-22: Unfallhäufigkeit in Abhängigkeit der Wochentage im Raum Hannover (N = 128 Unfälle).

Während für beide Fahrtrichtungen die Unfallhäufigkeit am Anfang der Woche am höchsten ist, nimmt diese zum Ende der Woche hin scheinbar ab. So liegt die Unfallhäufigkeit am Freitag ungefähr auf gleichem Niveau wie die Unfallhäufigkeit an Samstagen und Sonntagen. Dabei ist dieser Trend für beide Richtungsfahrbahnen zu erkennen. Zu erwarten war auch hier ein gegensätzlicher Verlauf, wie es bei allen Unfällen auf der A2 in Niedersachsen der Fall ist (Abbildung 2-3), bei dem die Unfälle zum Ende der Woche eher zu nehmen. Und auch ein Vergleich mit den Unfällen mit Verletzten auf allen Straßen in der Region Hannover bestätigt die zu erwartende Verteilung der Unfallhäufigkeit (Abbildung 2-23).

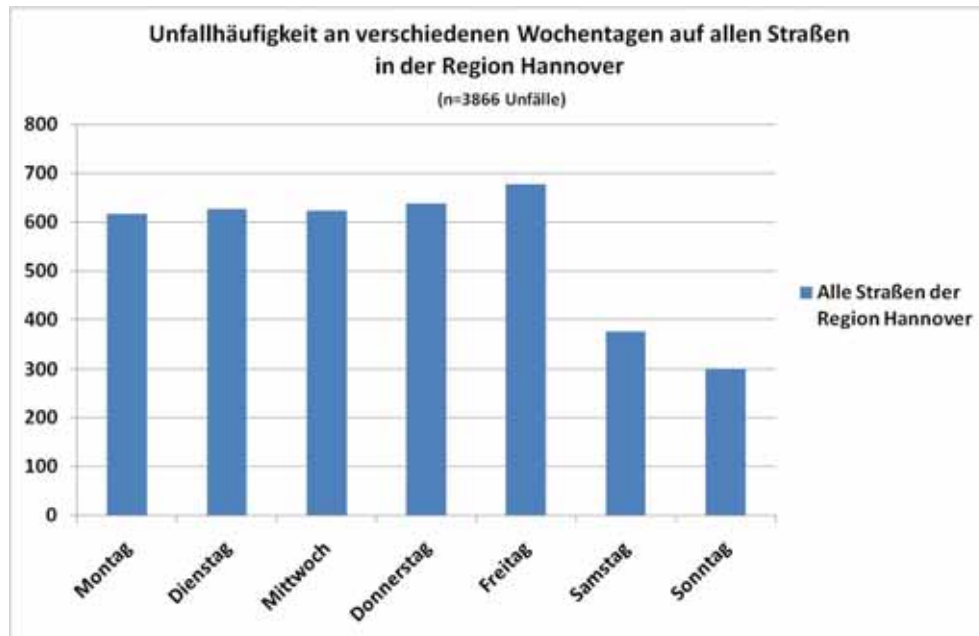


Abbildung 2-23: Unfallhäufigkeit in Abhängigkeit der Wochentage auf allen Straßen der Region Hannover (N = 3866 Unfälle).

Hier ist die Unfallhäufigkeit von Montag bis Mittwoch gleich, und steigt am Donnerstag und Freitag leicht an. Deutlich geringer fällt die Unfallhäufigkeit am Wochenende auf allen Straßen in der Region Hannover aus.

2.2.1.3 Unfalltypen der GIDAS Unfälle im Raum Hannover

Der Unfalltyp wird nach dem erweiterten Unfalltypenkatalog des HUK-Verbandes (Ausgabe Januar 1977) verschlüsselt. Der Unfalltyp bezeichnet den Verkehrsvorgang bzw. die Konfliktsituation, woraus der Unfall entstanden ist. Hierbei gibt es 7 Kategorien von Unfalltypen:

- Fahr Unfall
- Abbiegeunfall
- Unfall beim Einbiegen / Kreuzen
- Unfall beim Überschreiten (Fußgängerunfall)
- Unfall mit ruhendem Verkehr (mit haltenden / parkenden Fahrzeugen)
- Unfall im Längsverkehr
- Sonstiger Unfall

Die Angabe des Unfalltyps erfolgt in einer 3-stelligen Schlüsselzahl, wobei die erste Stelle der Schlüsselzahl die Kategorie des Unfalltyps darstellt. Die Weiteren beiden Schlüsselzahlen geben detaillierte Ausprägungen des Unfalltyps an. Für die Bestimmung des Unfalltyps entscheidend ist allein die Konfliktsituation, die zu dem Unfall führte. Ob und wie Verkehrsteilnehmer kollidiert sind, also die Unfallart, ist für die Bestimmung des Unfalltyps nicht von Bedeutung. Das Fehlver-

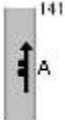
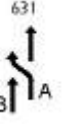
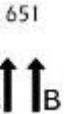
halten der Verkehrsteilnehmer, also die Unfallursache spielt für die Bestimmung des Unfalltyps grundsätzlich keine Rolle.

Tabelle 2-35: Unfalltypen der GIDAS Unfälle im Raum Hannover (N = 133).

Unfalltyp	Häufigkeit	Prozent
Fahrerunfall	35	26
Abbiegeunfall	0	0
Unfall beim Einbiegen/Kreuzen	1	1
Überschreitenunfall	0	0
Unfall mit ruhendem Verkehr	0	0
Unfall im Längsverkehr	87	65
Sonstiger Unfall	10	8

Tabelle 2-35 zeigt die Verteilung von Unfalltypen bei Unfällen auf der A2 in der Region Hannover. Erkennbar ist hier, dass ungefähr 2/3 der Unfälle des Typs „Unfälle im Längsverkehr“ sind. Es handelt sich hierbei also um Unfälle die durch einen Konflikt zwischen Verkehrsteilnehmern ausgelöst wurden, die sich in gleicher (oder entgegen gesetzter) Richtung bewegten. Mit 26% tritt der „Fahrerunfall“ ebenfalls recht häufig in Erscheinung. Hierbei handelt es sich um Unfälle, bei denen der Fahrer die Kontrolle über das Fahrzeug verliert, weil er z.B. die Geschwindigkeit nicht entsprechend dem Verlauf, dem Querschnitt, der Neigung oder dem Zustand der Straße gewählt hat, oder weil er deren Verlauf oder die Querschnittsänderung zu spät erkannt hat. Hierzu gehören allerdings nicht solche Unfälle, bei denen der Fahrer die Gewalt über das Fahrzeug infolge eines Konflikts mit einem anderen Verkehrsteilnehmer verloren hat. Weitere 8% der Unfalltypen fallen in die Kategorie „Sonstiger Unfall“ (Körperliches Unvermögen, Schaden am Fahrzeug, liegengebliebenes Fahrzeug etc.). Der in (Abbildung 2-2) dargestellte typische hohe Anteil von Unfällen im Längsverkehr (ca. 60%) und entsprechend geringe Anteil von Fahrerunfällen (unter 20%) bei allen Unfällen auf der A2 in Niedersachsen, spiegelt sich demnach auch bei den Unfällen mit Verletzten in der Region Hannover wider.

Tabelle 2-36: 10 häufigste Unfalltypen (detailliert) im Raum Hannover.

Unfalltyp		Häufigkeit (%)
141		22 (17%)
601		11 (8%)
611		10 (8%)
603		9 (7%)
631		8 (6%)
613		7 (5%)
602		6 (5%)
651		6 (5%)
102		5 (4%)
612		5 (4%)

Betrachtet man allerdings die Zehn häufigsten Unfalltypen (Tabelle 2-36) zeigt sich, dass mit 17% der Verlust der Fahrzeugkontrolle auf gerader Strecke am häufigsten ist, wenn man die Unfälle im Längsverkehr getrennt nach Fahrstreifen betrachtet. Die Unfalltypen mit einem Konflikt eines Nachfolgenden mit einem Vorfahrer (Auffahrunfall) traten je nach Fahrstreifen

in 8% der Unfälle auf dem Hauptfahrstreifen (Typ 601), in 7% der der Unfälle auf dem 2. Überholfahrstreifen (Typ 603) und in 5% der Unfälle auf dem 1. Überholfahrstreifen (Typ 602) in Erscheinung. Ähnlich häufig passierten Unfälle im Längsverkehr aufgrund eines Konflikts eines Nachfolgenden und eines Vorausfahrenden, im Stau befindlichen Verkehrsteilnehmers. Hier passierten ebenfalls 8% dieser Unfälle auf dem Hauptfahrstreifen (Typ 611), 7% der Unfälle dieses Typs passierten auf dem 2. Überholfahrstreifen (Typ 613) und 4% dieser Unfälle passierten auf dem 1. Überholfahrstreifen (Typ 612). Unfälle aufgrund eines Konflikts mit einem nachfolgenden Verkehrsteilnehmer beim Spurwechsel nach links (Typ 631) passierten in 6% der Fälle und nahezu ebenso häufig mit 5% passierten Unfälle aufgrund eines Konflikts von zwei nebeneinander fahrenden Fahrzeugen (Typ 651).

Hier zeigt sich, dass aufgrund des hohen Anteils von Auffahrunfällen auf vorausfahrende Fahrzeuge, Fahrerassistenzsysteme wie selbst bremsende und abstandsregelnde Tempomaten gerade auf Autobahnen ein großes Potenzial zur Unfallvermeidung bieten.

2.2.2 Analyse der Unfalleinflussfaktoren

Nach der allgemeinen Beschreibung des Unfallgeschehenes mittels GIDAS Daten im Raum Hannover stehen im Folgenden detailliertere Analysen der Unfallursachen im Mittelpunkt. Ziel ist einerseits der Überblick über mitwirkende Unfalleinflussfaktoren, andererseits das Identifizieren von Abhängigkeiten zwischen dem Unfallgeschehen und Belastungsfaktoren, auf deren Basis Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit auf der A2 abgeleitet werden.

2.2.2.1 Umweltbedingungen als Einflussfaktoren

2.2.2.1.1. Verkehrsstufe

Die Einschätzung der Verkehrsstufe zum Zeitpunkt der Unfallentstehung ist ein weiteres Merkmal der Unfallrandbedingungen, die in GIDAS erfasst werden. Dabei handelt es sich um eine subjektive Einschätzung des Erhebungsteams mittels der Gegebenheiten am Unfallort und während der Anfahrt zum Unfallort. Die Verkehrsdichte wird durch die folgenden fünf Kategorien charakterisiert:

- Vereinzelt fahrende Fahrzeuge
- Leichter Verkehr (deutliche Lücken erkennbar)
- Dichter Verkehr (zulässige Höchstgeschwindigkeit kann erreicht werden)
- Zählflüssiger Verkehr (zulässige Höchstgeschwindigkeit wird nicht erreicht)
- Stau, Staubildung

Die Auswertung der Verkehrsstufe bei Unfällen mit Verletzten auf der A2 in der Region Hannover (Abbildung 2-24) zeigt ein eindeutiges Bild: Über die Hälfte aller Unfälle mit Verletzten, sowohl auf der Richtungsfahrbahn Berlin als auch auf der Richtungsfahrbahn Dortmund passierten bei dichtem Verkehr. Unfälle bei den verbliebenen vier Verkehrsstufen kamen jeweils ungefähr um den Faktor 4 seltener vor. Hier ist die starke Auslastung der A2 in der Region Hannover deutlich zu erkennen.

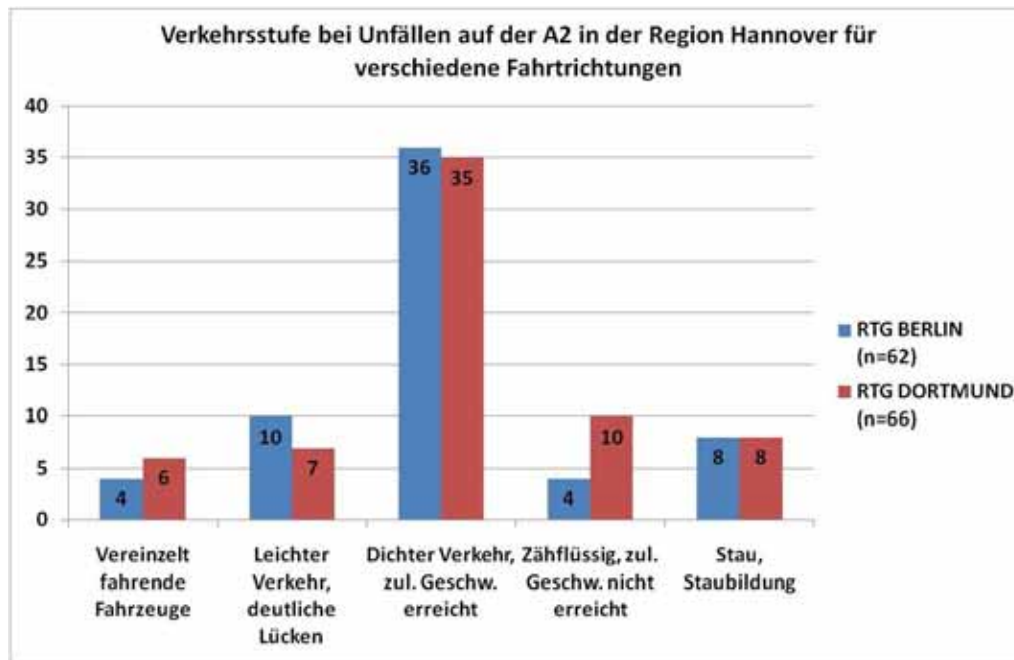


Abbildung 2-24: Verkehrsstufen bei Unfällen im Raum Hannover (N = 128 Unfälle).

2.2.2.1.2. Nässe

Betrachtet man die Unfallhäufigkeit auf der A2 in der Region Hannover in Abhängigkeit von dem Zustand der Fahrbahnoberfläche hinsichtlich Nässe, so fällt hier der hohe Anteil von Unfällen bei nasser oder feuchter Fahrbahnoberfläche auf (siehe Abbildung 2-25 und Tabelle 2-37).

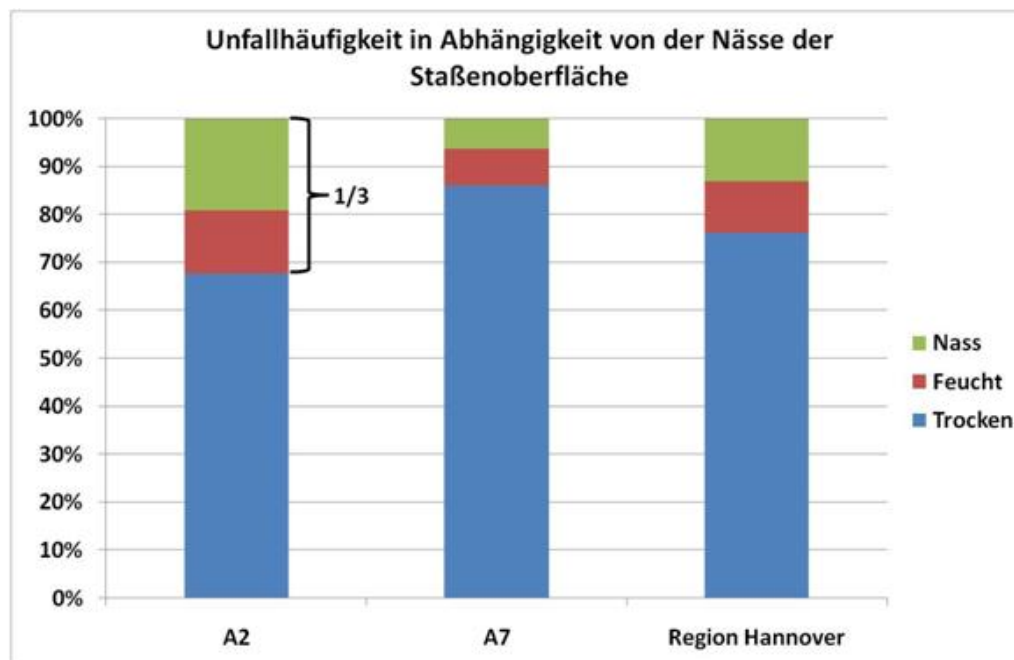


Abbildung 2-25: Anteile von Nässe-Unfällen: Vergleich A2, A7 und alle Straßen der Region Hannover.

Tabelle 2-37: Anteile von Nässe-Unfällen: Vergleich A2, A7 und alle Straßen der Region Hannover.

	Anteil A2		Anteil A7		Relativer Anteil Region H	
	N	%	N	%	N	%
Straßenoberfläche						
Trocken	92	67	68	86	2844	76
Feucht	17	13	6	8	409	11
Nass	25	19	5	6	496	13
Gesamt	134	100	79	100	3789	100

Ungefähr ein Drittel der Unfälle auf der A2 in der Region Hannover passieren bei Nässe bzw. Feuchtigkeit. Damit ist dieser Anteil doppelt so hoch wie auf dem Teilstück der A7 in der Region Hannover (13,9% Unfälle bei Nässe, Feuchtigkeit), wo vergleichbare Witterungsbedingungen vorherrschen. Betrachtet man die Unfälle auf allen Straßen in der Region Hannover so ist bei gleichen Witterungsbedingungen hier ebenfalls der Anteil mit nur 24% von Unfällen bei Nässe oder Feuchtigkeit sichtlich geringer.

Ein Vergleich der Unfalltypen von Unfällen bei Nässe (Tabelle 2-38) mit allen Unfällen auf der A2 (Tabelle 2-35) ergab keine charakteristischen Abweichungen. In beiden Fällen ist der Unfalltyp aus der Kategorie 6 (Unfall im Längsverkehr) mit über 60% dominant vertreten. Am zweit häufigsten zeigten sich Unfälle der Kategorie Fahr Unfall mit 26% bei allen Unfällen und 31% bei Nässe-Unfällen. Aufgrund der geringen Fallzahlen ist diese Abweichung nicht signifikant.

Tabelle 2-38: Unfalltypen bei Nässe / Feuchtigkeit im Raum Hannover.

Unfalltyp	Häufigkeit	Prozent
Fahr Unfall	13	31
Abbiegeunfall	0	0
Unfall beim Einbiegen/Kreuzen	1	2
Überschreitenunfall	0	0
Unfall mit ruhendem Verkehr	0	0
Unfall im Längsverkehr	26	62
Sonstiger Unfall	2	5

In Abbildung 2-26 ist die Auswertung der zu den Unfallzeitpunkten vorgegebenen zulässigen Höchstgeschwindigkeiten für Unfälle bei Nässe im Vergleich zu Unfällen bei Trockenheit dargestellt. Bei 74% der Unfälle bei Nässe auf der A2 in der Region Hannover war keine zulässige Höchstgeschwindigkeit vorgegeben. Dieser Anteil liegt sogar erkennbar über dem entsprechenden Anteil bei Unfällen auf trockener Fahrbahn mit 61%. Nur etwa 12% der Nässe-Unfälle ereigneten sich bei einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 120 km/h und die verbliebenen 14% der Unfälle bei Nässe ereigneten sich während andere Begrenzungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit vorgegeben waren.

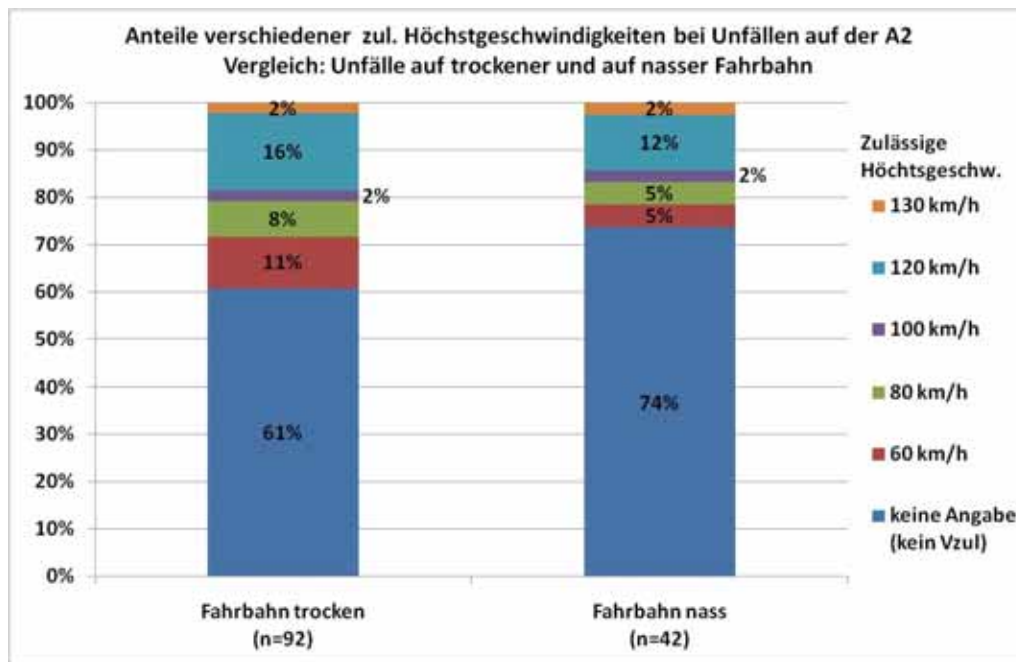


Abbildung 2-26: Vorgabe zulässiger Höchstgeschwindigkeit bei Nässeunfällen und bei Unfällen auf trockener Fahrbahnoberfläche.

Da in dem Bereich des Erhebungsgebietes von GIDAS der Verkehr auf der A2 auf großen Streckenanteilen durch die Verkehrsbeeinflussungsanlage (VBA) geregelt wird, lässt sich nicht bestimmen, ob zu häufig bei Nässe keine Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit vorgegeben war, oder ob zu Zeitpunkten ohne Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit überproportional viele Unfälle passierten. In jedem Fall ist aber erkennbar, dass das Vorgeben einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit bei nasser Fahrbahnoberfläche nicht unerhebliches Potenzial bietet, den hohen Anteil von Nässeunfällen auf der A2 zu verringern.

2.2.2.2 Fahrerverhalten und Fahrermerkmale

Im Folgenden Abschnitt steht die Analyse von Fahrermerkmalen und Aspekten des Fahrerverhaltens, die aus den GIDAS Daten extrahiert werden können, im Mittelpunkt der Analyse.

2.2.2.2.1 Lenkdauer des Unfallverursachers bis zum Unfallzeitpunkt

Um die Belastung bzw. die Aufmerksamkeit von Fahrern vor einem Unfall einschätzen zu können, wird von den Unfallbeteiligten die Lenkdauer erfragt. Dabei wird die Zeit in Stunden angegeben, die vor Antritt der Fahrt bis zum Unfall vergangen ist. Kurze Pausen z.B. durch Einkaufen oder kurzes Rasten auf einem Autobahn Rast- oder Parkplatz werden nicht berücksichtigt. Wurde allerdings eine gesetzlich vorgeschriebene Pause eingelegt, so ist die Zeit ab Beendigung der letzten Pause angegeben.

Definierte Ausprägungen sind hier:

- 0 – 30 Minuten
- Mehr als 30 min bis 1,5h
- Mehr als 1,5h bis 2,5h
- Mehr als 2,5h bis 3,5h
- Mehr als 3,5h bis 4,5h
- Mehr als 4,5h

Ausgewertet wurde die Lenkdauer bei den Unfallverursachern von 66 Unfällen mit Verletzten auf der A2 in der Region Hannover. 25 der ausgewerteten Unfälle passierten auf der Richtungs-

fahrbahn Berlin und 41 Unfälle passierten auf der Richtungsfahrbahn Dortmund. In Abbildung 2-27 sind die Anteile von Unfällen, bei denen der Verursacher länger als 4,5h ohne größere Pause am Steuer saß für die verschiedenen Richtungsfahrbahnen und im Vergleich zur Autobahn A7 in der Region Hannover dargestellt.

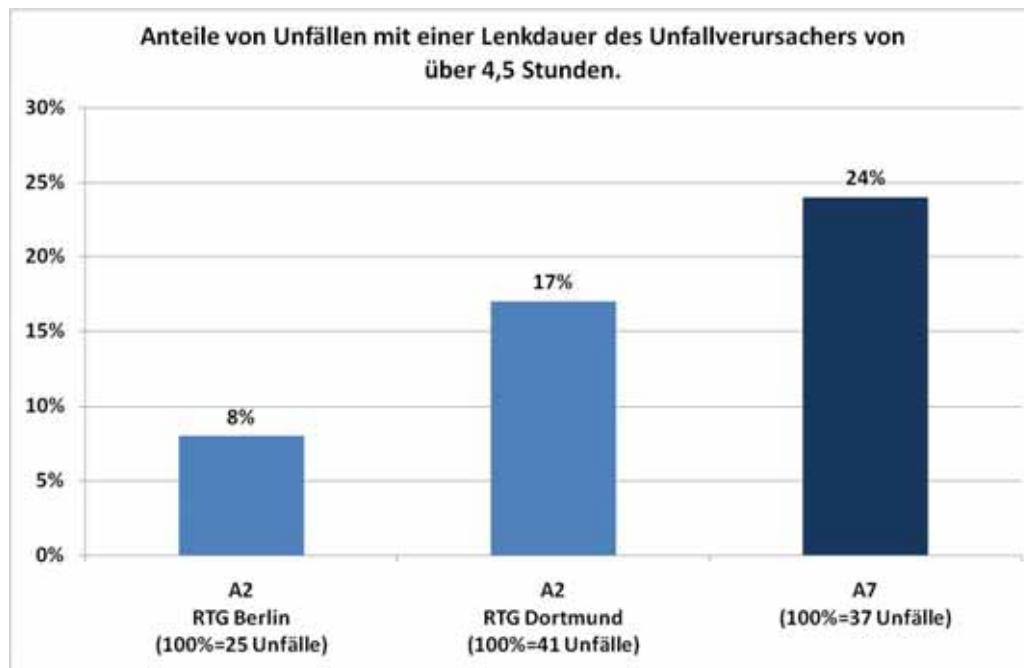


Abbildung 2-27: Lenkdauer von Unfallverursachern auf der A2 in der Region Hannover (N = 66 Unfälle) im Vergleich zur A7 (N = 37 Unfälle).

Erkennbar ist, dass offensichtlich der Anteil von Fahrern mit langen Lenkzeiten (über 4,5h) im Verkehr aus Osten wenn sie in die Region Hannover einfahren höher ist als im Verkehr, der aus Westen in die Region Hannover einfährt: Während 8% der Unfallverursacher bei Unfällen auf der Richtungsfahrbahn Berlin bereits länger als 4,5 Stunden ohne größere bzw. gesetzliche Pause am Steuer saßen, ist dieser Anteil bei Unfällen auf der Richtungsfahrbahn Dortmund mit 17% erkennbar höher. Der Vergleich mit Unfällen auf der Autobahn A7 zeigt allerdings, dass auf der A7 mit 24% ein nochmals höherer Anteil von Unfallverursachern über 4,5 Stunden am Steuer waren.

2.2.2.2.2. Stressgrad vor dem Unfall

Eine weitere Größe, die in Rahmen der Befragung der Unfallbeteiligten ermittelt wird, ist der Stressgrad (z.B. Zeitdruck oder emotionaler Stress) des Beteiligten vom dem Unfallereignis. Es handelt sich hierbei allerdings um eine sehr subjektive Einschätzung des Unfallbeteiligten. Der Stressgrad kann die folgenden Ausprägungen haben:

- Sehr gestresst
- Gestresst
- Neutral
- Entspannt
- Sehr entspannt

In Abbildung 2-28 ist der Vergleich der Verteilung des Stressgrades von Unfallbeteiligten auf der A2, auf der A7 und auf allen Straßen in der Region Hannover dargestellt. Aufgrund zu geringer Fallzahlen können quantitative Aussagen über unterschiedliche Verteilungen des Stressgrades der drei verschiedenen Fallkollektive (A2, A7, Alle Straßen) nicht getroffen werden. Erkennbar ist allerdings dass Unfallbeteiligte auf der A2 hinsichtlich des Stressgrades vor dem Unfall eine ähn-

liche Verteilung hatten wie Unfallbeteiligte auf allen Straßen in der Region Hannover. Unfallbeteiligte auf der A7 hingegen waren häufiger sehr entspannt und seltener gestresst.

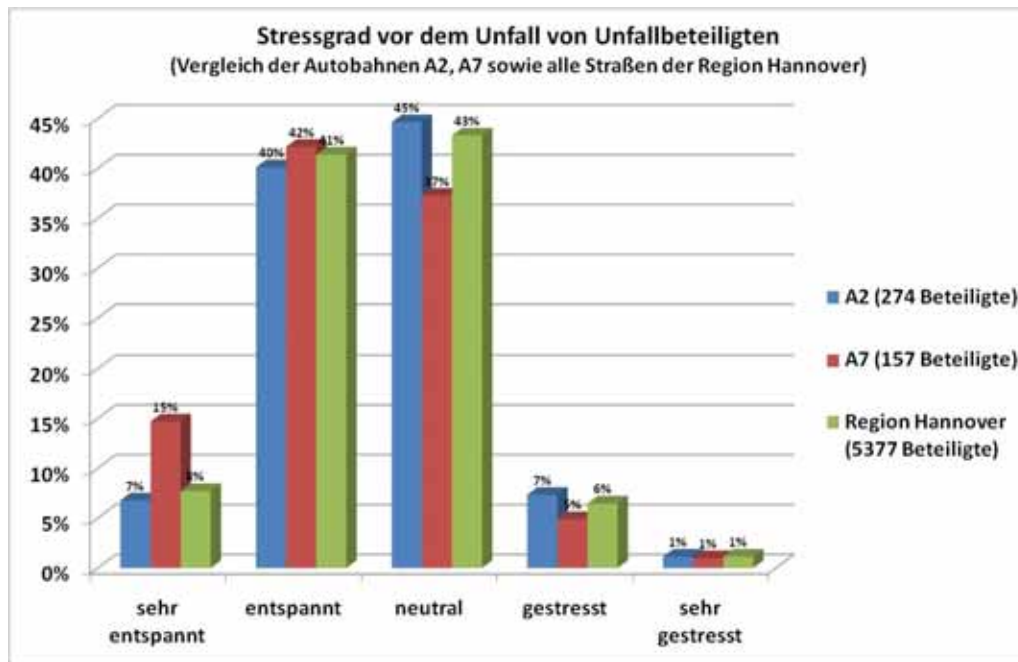


Abbildung 2-28: Stressgrad von Unfallbeteiligten, Vergleich A2, A7 und alle Straßen im Raum Hannover.

2.2.2.2.3. Empfundene Monotonie

Die empfundene Monotonie einer Strecke auf der Autobahn steht in direktem Zusammenhang mit dem Vermögen längere Strecken Aufmerksam fahren zu können. Nimmt die Monotonie einer Strecke zu, sinkt die Aktivierung des Menschen und die Aufmerksamkeit ist herabgesetzt.

Die Befragung von 161 Unfallbeteiligten auf der A2 ergab, dass knapp die Hälfte (48%) der Meinung waren, dass ihre Fahrt auf der A2 auf dem Abschnitt den sie befahren hatten mittelmäßig monoton gewesen sei. Gleichwohl 19% behaupteten die Fahrt sei sehr monoton gewesen. Allerdings gab ein Drittel der Unfallbeteiligten an, dass sie die Monotonie der Strecke als niedrig empfunden hätten. Ein Vergleich mit den Aussagen von Unfallbeteiligten auf der A7 in der Region Hannover (Abbildung 2-29) zeigt allerdings, dass die subjektiv empfundene Monotonie der A7 noch höher ist als auf der A2. Nur 28% der Befragten waren hier der Meinung, dass die Monotonie der Strecke auf der A7 gering sei, während immerhin 29% das Fahren auf der A7 als hoch monoton empfanden. Eine Auswertung auf der A2 getrennt für die Richtungsfahrbahnen ergab keine erkennbaren Unterschiede.

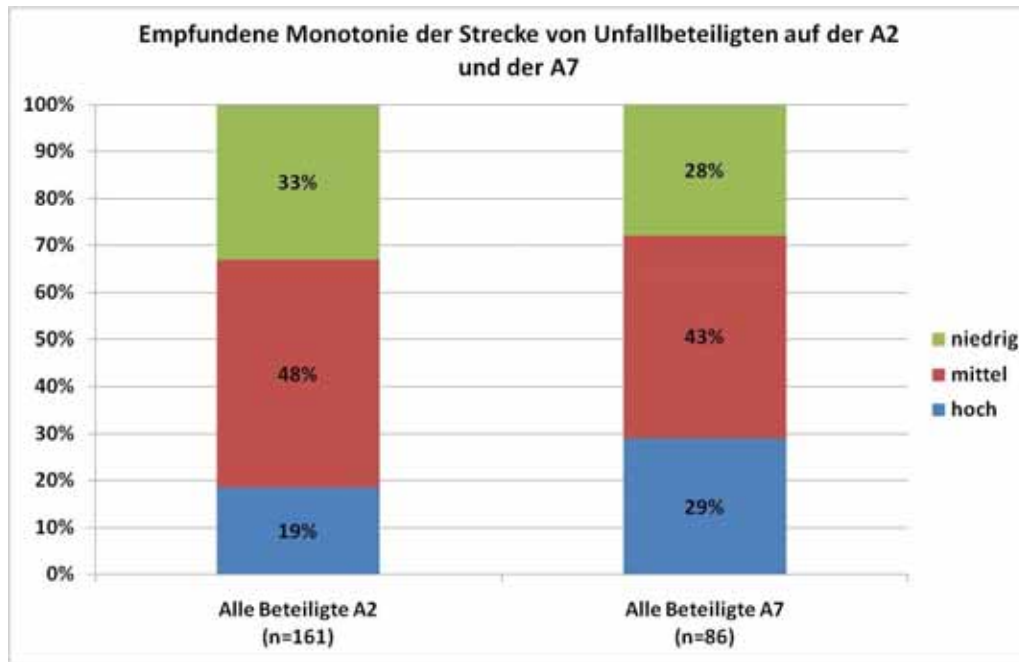


Abbildung 2-29: Empfundene Monotonie der Strecke von Unfallbeteiligten auf Autobahnen in der Region Hannover.

2.2.2.2.4. Einschätzung der Risikobereitschaft von Unfallverursachern

Im Anschluss an ein Gespräch mit einem Unfallbeteiligten wird durch das Erhebungsteam die Risikobereitschaft des Beteiligten vorgenommen. Hierbei handelt es sich um eine subjektive Einschätzung bezüglich des Beteiligten auf Basis der im Gespräch getroffenen Aussagen und des Unfallhergangs. Die Risikobereitschaft wird in die folgenden drei Kategorien eingeteilt und erfasst:

- Defensiv
- Neutral
- Risikogeneigt

Die Auswertung von Unfallverursachern ergab, dass auf der A2 in der Region Hannover 16% der Verursacher als defensive Fahrer eingeschätzt wurden, während 63% als neutrale Fahrer im Sinne der Risikobereitschaft eingeschätzt wurden (Abbildung 2-30). 21% wurden hingegen durch die Befragung als eher Risikogeneigt erkannt. Damit liegt auf der A2 die Verteilung der Risikobereitschaft von Unfallverursachern auf dem Niveau von Unfallverursachern auf allen Straßen in der Region Hannover. Im Kontrast dazu, scheinen die Unfallverursacher bei Unfällen auf der A7 mit immerhin 37% risikogeneigten Fahrern eine erkennbar höhere Risikobereitschaft gezeigt zu haben.

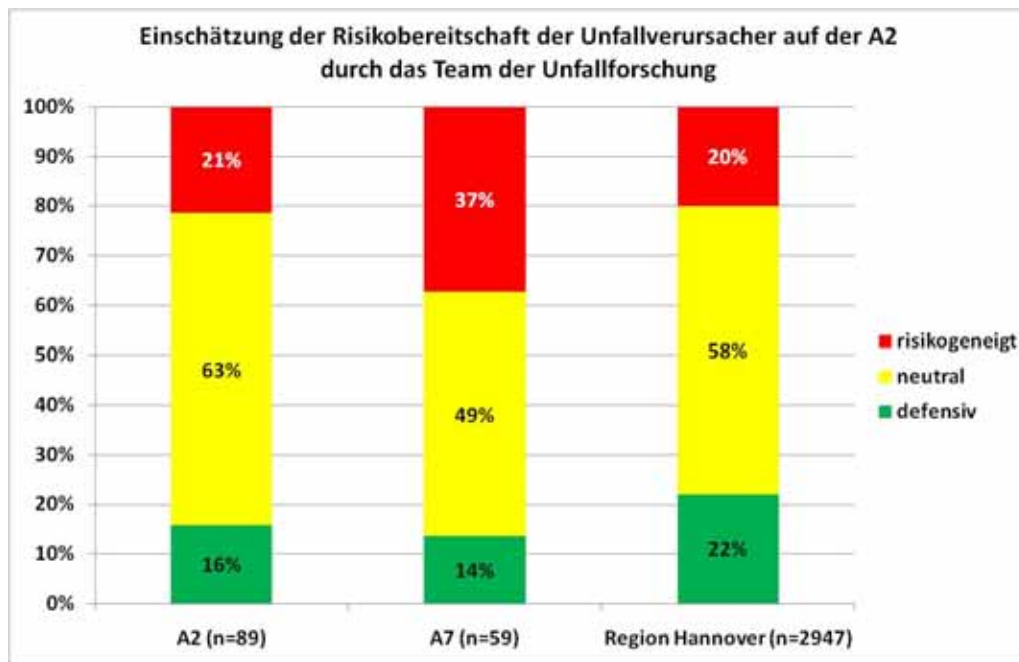


Abbildung 2-30: Risikobereitschaft von Unfallverursachern.

2.2.2.2.5. Fahrgeschwindigkeit von Unfallbeteiligten

Durch eine technische Rekonstruktion der Verkehrsunfälle lassen sich der Unfallablauf sowie die Belastungen des Fahrzeugs und der Innensassen ermitteln. Eine der hier berechneten Kenngrößen ist die Fahrgeschwindigkeit von Unfallbeteiligten bei Unfallauslösung (Ausgangsgeschwindigkeit v_0). Aus früheren Studien ist bekannt, dass mit einer höheren Fahrgeschwindigkeit nicht nur die Verletzungsschwere der Beteiligten im Falle eines Unfalls ansteigt, sondern auch die Wahrscheinlichkeit, in einen Unfall verwickelt zu werden. Als Faustformel gilt: Im Durchschnitt führt eine Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit um 1 % zu einer Reduzierung von Unfällen mit Verletzten um 2 %, einer Reduzierung von Unfällen mit Schwerverletzten um 3 % und zu einer Reduzierung von Unfällen mit Getöteten um 4 % (Aarts & van Schagen 2006).

Von den 294 Unfallbeteiligten des Datenkollektivs ist bei 97 Unfallbeteiligten die Fahrgeschwindigkeit durch die Unfallrekonstruktion bekannt. Bei 26 dieser 97 Unfallbeteiligten lag eine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Unfalls vor.

- 54 % (14 Unfallbeteiligte) hielten sich an die zulässige Höchstgeschwindigkeit (+ 5km/h) oder fuhren langsamer.
- 19 % (5 Unfallbeteiligte) fuhren zwischen 5 und 20 km/h schneller als erlaubt.
- 27 % (7 Unfallbeteiligte) fuhren über 20 km/h schneller als die zulässige Höchstgeschwindigkeit

Es zeigt sich also, dass durch das Verringern des Geschwindigkeitsniveaus bzw. das Einhalten von zulässigen Höchstgeschwindigkeiten Unfälle auf der A2 vermieden werden können.

2.2.2.3 Weitere Auswertungen hinsichtlich Fahrzeugbesitz und Fahrtzweck

Die Auswertungen der Befragung der Unfallverursacher ergaben ferner, dass die Mehrheit (59%) in ihrem eigenen Auto unterwegs war und ungefähr ein Drittel (34%) benutzte ein Firmenfahrzeug (Tabelle 2-39). Geliehene Fahrzeuge spielten mit jeweils nicht mehr als 4% keine große Rolle. Damit liegt der Anteil von Firmenfahrzeugen auf der A2 deutlich über dem Anteil von Firmenfahrzeugen von Unfallverursachern auf allen Straßen in der Region Hannover mit 17%.

Tabelle 2-39: Fahrzeugbesitz von Unfallverursachern.

Fahrzeugbesitz	Häufigkeit	Prozent
Eigenes Fahrzeug	67	59
Eltern	3	3
Firmenfahrzeug	38	34
Geliehen (Bekannte)	5	4
Gesamt	113	100

Wie Tabelle 2-40 zeigt, war der Zweck der Fahrt von Unfallverursachern auf der A2 in nahezu gleichem Maße ein Dienstweg (37) wie eine Fahrt während der Freizeit (39%). Auf dem Weg von der Arbeit oder zur Arbeit waren 12% der Unfallverursacher und 7% waren auf dem Weg zu Besorgungen bzw. zum Einkauf.

Tabelle 2-40: Zweck der Fahrt bei Unfallverursachern.

Zweck der Fahrt	Häufigkeit	Prozent
Arbeitsweg o.n.A.	5	5
Besorgung / Einkauf	7	7
Dienstweg	37	37
Freizeit	39	39
von / zur Arbeit	12	12
Gesamt	100	100

Ein mögliches Attribut, welches zu erhöhten Unfallzahlen der A2 führen könnte wäre gehäuftes Auftreten von Blendung von Verkehrsteilnehmern (z.B. durch die tiefstehende Sonne oder durch Reflektionen auf der Fahrbahnoberfläche). Hier wurden bei 108 Beteiligten Angaben zur möglichen Blendung gemacht und nur drei dieser Beteiligten gaben an, geblendet worden zu sein. Dies zeigt, dass Blendung bei Unfällen auf der A2 in der Region Hannover eine untergeordnete Rolle spielt.

Da die A2 aufgrund der Ost-West-Verbindung innerhalb Europas einen hohen Ausländeranteil bei der Verkehrsbeteiligung vermuten lässt, wurde die Nationalität der Unfallbeteiligten und der Unfallverursacher untersucht (Tabelle 2-41).

Tabelle 2-41: Anteile von Ausländern bei Unfallbeteiligten und bei den Unfallverursachern.

Nationalität	Anteile (alle Unfallbeteiligten)	Anteile (Unfallverursacher)
Deutsche	88%	89%
Polen	5%	5%
Andere	7%	6%
Gesamt	100% (n=286)	100% (n=129)

Es zeigt sich, dass bei allen Unfallbeteiligten der Anteil von Ausländern bei 12% lag. Den größten Anteil von ausländischen Unfallbeteiligten haben die Polen mit 5%. Der Vergleich mit den entsprechenden Anteilen bei den Verursachern von Unfällen auf der A2 in der Region Hannover zeigt keine signifikante Abweichung des Ausländeranteils, sodass hier offensichtlich kein Einfluss besteht.

2.3 Unfallursachenanalyse mittels ACASS

Die Kenntnis der Ursachenfaktoren von Verkehrsunfällen erlaubt es Unfälle in ihrer Ganzheit, von der Einleitungsphase, über die Kollisionsphase bis hin zur Auslaufphase zu beschreiben. Für die Entwicklung von Strategien zur Vermeidung von Verkehrsunfällen sind detaillierte Informationen zur Unfallentstehung und den Gründen von großer Wichtigkeit. Da der amtliche deutsche Unfallursachenkatalog der steigenden Nachfrage nach detaillierten, psychologisch relevanten Daten zu Unfallursachen nur noch unzureichend gerecht wird, wurde mit ACASS (Accident Causation Analysis with Seven Steps) ein System zur Analyse und Erfassung von Ursachenfaktoren bei Verkehrsunfällen im Rahmen von GIDAS entwickelt.

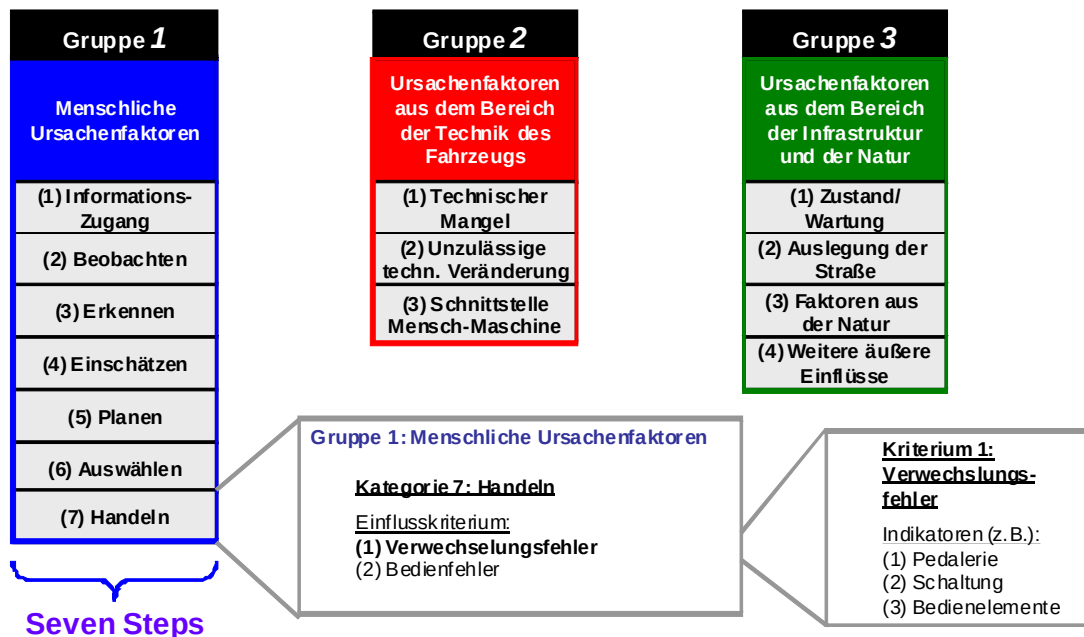
2.3.1 Das ACASS Modell

Neben der Erhebung von technischen und infrastrukturellen Merkmalen trägt primär die Analyse des menschlichen „Varianzanteils“ bei der Unfallentstehung zur Ursachenerklärung bei (Pund & Otte, 2005). Hierbei wird der Einfluss des situativ wirksamen Verhaltens des Menschen im Rahmen einer Beteiligtenanalyse erfasst. Die im Rahmen der GIDAS-Unfallanalysen entwickelte Systematik (ACASS) beinhaltet eine explorative Typisierung von unfallbeeinflussenden Merkmalen. Diese Ursachenfaktoren sind relevante Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen, die für die Entstehung eines Verkehrsunfalls ursächlich waren oder die zu der Entstehung des Unfalls beigetragen haben. Diese Faktoren sind bei Unfällen im Straßenverkehr in den Bereichen Mensch, Maschine und Umwelt zu erwarten.

- Mensch: Gruppe 1, menschliche Ursachenfaktoren (Seven Steps)
- Maschine: Gruppe 2, Faktoren aus dem Bereich der Technik des Fahrzeuges
- Umwelt: Gruppe 3, Faktoren aus dem Bereich der Infrastruktur und der Natur

Mit dem System ACASS können nicht nur Ursacheninformationen von Verkehrsunfällen erkannt und beschrieben werden, sondern auch in einer Datenbank erfasst werden, indem sie durch ein System von Zahlencodes kategorisiert werden. Für jeden Unfallbeteiligten wird eine Reihe von Codes erfasst, die Aufschluss über die Unfallursachen geben. In Abbildung 2-31 ist zu erkennen, dass die Ursachenfaktoren der drei Hauptgruppen (1. Ziffer des Ursachencodes) jeweils in bis zu sieben Sub-Kategorien innerhalb der Gruppen unterteilt werden.

Darstellung der Struktur eines Ursachencodes am Beispiel der Gruppe 1 (menschliche Ursachenfaktoren)



- Jede Gruppe beinhaltet spezifische Kategorien (2. Zahl des Codes).
- Jede Kategorie wird durch die Einflusskriterien gebildet (3. Zahl des Codes).
- Bei den menschlichen Faktoren enthält jedes Einflusskriterium spezifische Indikatoren (4. Zahl des Codes).

Abbildung 2-31: Aufbau des ACASS-Ursachencodes.

Die jeweiligen Kategorien der Gruppen beschreiben die zweite Ziffer des Ursachencodes. Die dritte Zahl des Ursachencodes wird durch die konkreten Ursachen bzw. durch die Einflusskriterien innerhalb der jeweiligen Kategorien bestimmt. Dies ist hier als Beispiel in der Sub-Kategorie (7) „Handeln“ innerhalb der Gruppe 1 (menschliche Ursachenfaktoren) dargestellt. Bei den menschlichen Ursachenfaktoren kommt allerdings zusätzlich eine vierte Ziffer (Indikator) zum Einsatz. So hat jedes Einflusskriterium eine Reihe von Indikatoren, die häufige Ausprägungen dieser Einflusskriterien angeben. Am Beispiel des (1) „Verwechslungsfehlers“ aus der Gruppe 1, Kategorie 7 wären die häufigsten Ausprägungen (1) Pedalerie; (2) Schaltung; (3) Bedienelemente. Der hier zutreffende Indikator kann mit Hilfe der vierten Stelle des Codes angegeben werden. Wäre zum Beispiel die Verwechslung von Gas mit Bremse eine Ursache für einen Verkehrsunfall so wäre 1-7-01-1 der entsprechende zu codierende Ursachencode.

Auf Grund der hohen Relevanz von menschlichen Ursachenfaktoren wurde hier das Seven Steps- System entwickelt, bei dem die menschlichen Faktoren in 7 Kategorien innerhalb der Gruppe 1 eingeteilt werden (Pund, Otte & Jänsch, 2007). Diese bilden den Kern dieses Systems zur Erfassung von auf menschliches Verhalten rückführbare Unfallursachen. Es handelt sich hierbei um ein Analyse- und Ordnungsschema, das die möglichen menschlichen Ursachenfaktoren im Moment der Unfallentstehung in zeitlicher Abfolge (von der Wahrnehmbarkeit bis zu Handlungsfehlern) beschreibt. Dabei basieren diese sieben Schritte zunächst auf der Fehlersuche bei der vorangestellten Kategorie des „Informationszugangs“ und im Anschluss auf den 6 menschlichen Grundfunktionen (vom Beobachten über Erkennen, Einschätzen, Planen, Auswählen bis zum Ausführen), die in zeitlicher Abfolge vom Erkennen der Gefahr bis hin zur Handlung als Reaktion auf einen Anlass, z.B. eine als kritisch bewertete Situation im Straßenverkehr, ablaufen. Durch diese Einteilung lassen sich die menschlichen Ursachenfaktoren nicht nur in sinnvolle Kategorien einteilen, sondern sind durch die Möglichkeit einer strukturierten Untersuchung entlang dieser Kategorien leichter zu erkennen und zu erfassen. Als Prozessmodell trägt Seven

Steps den dynamischen Abläufen Rechnung, die entstehen, wenn ein Mensch mit seinen Eigenschaften, Fähigkeiten und Einschränkungen in ein System eingreift (Jänsch, Otte, Pund, Chiellino & Hoppe, 2008).

2.3.2 Vereinfachtes Modell mit 5 Kategorien bei den menschlichen Ursachenfaktoren

Bei der on-scene Unfallaufnahme des GIDAS-Erhebungsteams kommt es nicht selten vor, dass gerade auch bei Unfällen auf Autobahnen sehr zeiteffizient und unter Stress gearbeitet werden muss. Da die in der Theorie sehr detaillierte Einteilung der menschlichen Ursachenfaktoren in 7 Schritte (Informationsaufnahme + 6 menschliche Grundfunktionen) nicht immer dem Anspruch an einfache, schnelle und unter Stress zu bewältigende Arbeitsschritte gerecht werden kann, wurden die Kategorien der menschlichen Ursachen für die Anwendung in GIDAS von 7 Schritten auf 5 Schritte vereinfacht. Dabei wurden die Kategorien „(2) Beobachten“ und „(3) Erkennen“ zu einer Kategorie „Informationsaufnahme“ zusammengefasst. Ferner wurden die Kategorien „(6) Auswählen“ und „(7) Handeln“ zu der Kategorie „Handlung“ zusammengefasst.

Dieses so entstandene Modell mit 5 menschlichen Kategorien kam auch für die vorstehende Studie zum Einsatz. Eine detaillierte Beschreibung der möglichen Ursachencodes befindet sich im Anhang dieses Dokumentes.

2.3.3 Gerichtsakten der Staatsanwaltschaften

Da für die Bewertung von Unfallursachen nach dem ACASS-System detailliertere Informationen notwendig sind, als sie in den Verkehrsunfallanzeigen der Polizei enthalten sind, musste für die vorstehende Studie eine andere Datenquelle herangezogen werden. Hierzu eigneten sich die in den Ermittlungsakten der Staatsanwaltschaften gesammelten Dokumente insbesondere bei schweren Unfällen. (Jänsch, Otte & Krettek 2006 - ESAR).

Die Daten, die in den Ermittlungsakten zu finden sind, lassen sich in die folgenden vier Kategorien aufteilen: Umweltspezifische Daten, fahrzeugspezifische Daten, Daten bezüglich der Personen und Verletzungsdaten. Die umweltspezifischen Daten beinhalten Informationen bezüglich des Unfallortes, der Witterungsbedingungen, der Unfallursache etc. Dies wird normalerweise auch durch Fotos von der Unfallstelle ergänzt. In einigen Fällen ist ein Unfallrekonstruktionsgutachten vorhanden, das weitere spezifische Informationen liefert. Bei den fahrzeugspezifischen Daten der Ermittlungsakten handelt es sich um grundlegende Informationen zu den Fahrzeugen, dem technischen Zustand der Fahrzeuge und zu den Beschädigungen an den Fahrzeugen. Dies schließt meistens auch Fotos von den Fahrzeugen ein. In einigen Fällen ist auch ein Schadensgutachten vorhanden. Die personenbezogenen Daten aus den Ermittlungsakten liefern spezifische Daten wie das Alter, Geschlecht, Beruf, Führerschein etc. Eher grundlegende Informationen zu Verletzungen werden in den Polizeiberichten oder in Todesbescheinigungen gefunden. Diese Informationen liegen in fast allen Ermittlungsakten vor. Zusätzlich befinden sich in einigen Akten Obduktionsberichte, Verletzungsgutachten und/oder Fotos von Verletzungen sowie von Fahrzeugdeformationen. Als sehr umfangreiche Quelle insbesondere für die Bewertung der Unfallursache gelten schriftliche Zeugenaussagen oder niedergeschriebene Aussagen, die während eines Gerichtsverfahrens getätigt wurden. Aber auch die Einschätzungen aus Gutachten, Polizeiberichten oder Fotos vom Fahrzeuginnern bieten hier reichliche Informationen.

Für die Ursachenanalyse war es außerordentlich wichtig, Ermittlungsakten zur Verfügung zu haben, bei denen umfangreiche Informationen zu den Unfällen zusammengetragen wurden. Aus diesem Grund war es sinnvoll, schwere Unfälle auf der A2 zu untersuchen. Aufgrund des recht hohen Arbeitsaufwandes bei der Analyse der häufig mehrere hundert Seiten umfassenden Staatsanwaltsakten wurde im Rahmen dieser Studie die Anzahl der zu analysierenden Unfälle auf maximal 50 Unfälle begrenzt. Hiermit bot es sich an, die Analyse der Ermittlungsakten der Staatsanwaltschaften auf Unfälle mit Todesfolge auf der A2 in Niedersachsen zu beschränken. Vorteilhaft bei dieser Auswahl ist die Tatsache, dass die hieraus gewonnenen Erkenntnisse zu Unfallursachen somit auch das Potenzial bieten, die schweren Unfälle auf der A2 zu vermindern.

Als Unfall mit Todesfolge gilt hier derjenige Unfall, bei dem mindestens ein Unfallbeteiligter innerhalb von 30 Tagen nach dem Unfall an den Verletzungen durch den Unfall verstorben ist.

Zur Auswahl und Erlangung der Ermittlungsakten der vier für den Bereich der A2 in Niedersachsen zuständigen Staatsanwaltschaften (Braunschweig, Hildesheim, Hannover und Bückeburg) wurden in einem ersten Schritt die Unfalldaten der Unfälle mit Todesfolge mit Hilfe des Datensatzes des LSKN (Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen) ermittelt. Hierbei wurden die Jahrgänge 2006 und 2007 sowie der Jahrgang 2003, um mögliche Änderungen über eine längere Zeitspanne hinweg beobachten zu können, ausgewählt. Es passierten auf der A2 in Niedersachsen:

- 14 Unfälle mit Todesfolge im Jahr 2003
- 16 Unfälle mit Todesfolge im Jahr 2006
- 20 Unfälle mit Todesfolge im Jahr 2007

In einem weiteren Schritt wurden die aus der LSKN-Statistik ermittelten Unfalldaten der tödlichen Unfälle wie Unfallzeit, Unfallort sowie Informationen zu den Beteiligten an die zuständigen Polizeidienststellen weitergeleitet, um die jeweiligen Aktenzeichen der Ermittlungsakten der Staatsanwaltschaften bereitzustellen. Hierbei konnten die Aktenzeichen der Unfälle aus dem Jahrgang 2003 aus EDV-technischen Gründen durch die Polizei jedoch nicht mehr ermittelt werden, sodass lediglich die Ermittlungsakten der 36 tödlichen Unfälle aus den Jahren 2006 und 2007 bei den Staatsanwaltschaften angefordert werden konnten. Von 35 dieser Unfälle standen die Akten der Staatsanwaltschaften zur Verfügung und konnten analysiert werden.

2.3.4 Analyse der Unfälle mit Todesfolge

Um ein ganzheitliches Bild der Unfälle mit Todesfolge auf der A2 darzustellen, wird der Analyse der Unfallursachen zunächst ein allgemeiner Überblick über das Unfallgeschehen vorangestellt. Als Datenbasis für die Analyse dienten die Dokumente aus den Akten der Staatsanwaltschaften zu den oben genannten 35 Unfällen mit Todesfolge auf der Autobahn A2 im Bereich Niedersachsen.

An den 35 tödlichen Unfällen waren 117 Verkehrsteilnehmer beteiligt, was einem Durchschnitt von 3,3 beteiligten Verkehrsteilnehmern pro Unfall mit Todesfolge entspricht. Von diesen 117 Beteiligten waren:

- 69 Pkw (59%)
- 46 Lkw (39%)
- 1 Bus (1%)
- 1 Fußgänger (1%)

Betrachtet man die 35 Hauptverursacher der Unfälle so sieht die Verteilung wie folgt aus:

- 23 Pkw (66%)
- 11 Lkw (31%)
- 1 Fußgänger

Es zeigt sich, dass hier tendenziell eine leichte Verschiebung hin zu den Pkw mit 66% stattfindet, während Lkw bei einer Beteiligung von 39% an Unfällen mit Todesfolge nur zu 31% als Hauptverursacher der Unfälle gelten. Aufgrund der geringen Fallzahlen, sind die Aussagen allerdings nicht signifikant und können nicht quantitativ gewertet werden.

Außergewöhnlich hoch ist der Ausländeranteil bei den Unfällen mit Todesfolge. 43 der 117 Unfallbeteiligten und 16 der 35 Hauptverursacher der Unfälle waren ausländische Verkehrsteilnehmer.

2.3.4.1 Unfallorte der tödlichen Unfälle auf der A2

In Abbildung 2-32 ist die Verteilung der Unfälle mit Todesfolge auf das Streckenband der A2 in Niedersachsen dargestellt. Mit 25 Unfällen auf der Richtungsfahrbahn Dortmund und mit nur 10 Unfällen auf der Richtungsfahrbahn Berlin ist zu erkennen, dass in Niedersachsen auf der A2 mehr schwere Unfälle im aus Osten kommenden Verkehr zu verzeichnen waren. Zu Häufungen von tödlichen Unfällen kam es scheinbar für beide Richtungsfahrbahnen in dem Bereich zwischen den Kilometern 250 und 270. Eher selten passierten tödliche Unfälle in Richtung Berlin hinter dem Kilometer 210.

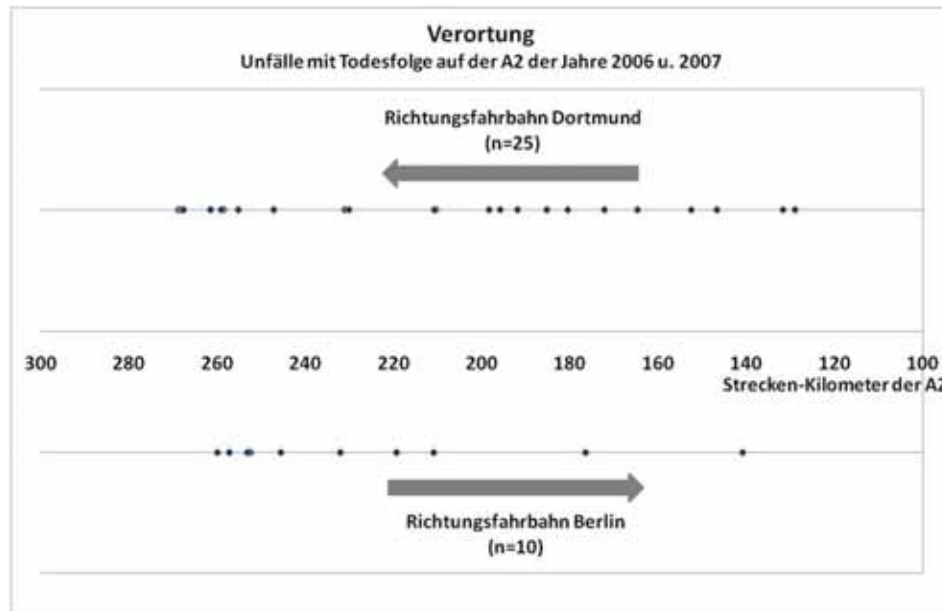


Abbildung 2-32: Verteilung der Unfälle mit Todesfolge auf das Streckenband der A2 in Niedersachsen.

2.3.4.2 Unfallmonat und Unfallstunde der tödlichen Unfälle auf der A2

Betrachtet man die Verteilung der tödlichen Unfälle auf den Unfallmonat (Abbildung 2-33) zeigt sich eine recht gleichmäßige Verteilung über die Jahre 2006 und 2007 mit insgesamt ca. 2 bis 3 Unfällen in jedem Monat. Ein kleines Maximum dieser Verteilung scheint sich allerdings in den Monaten April, Mai und Juni manifestiert zu haben. Jeweils vier beziehungsweise fünf Unfälle passierten in diesen Monaten wenn man die Jahre 2006 und 2007 zusammenaddiert.

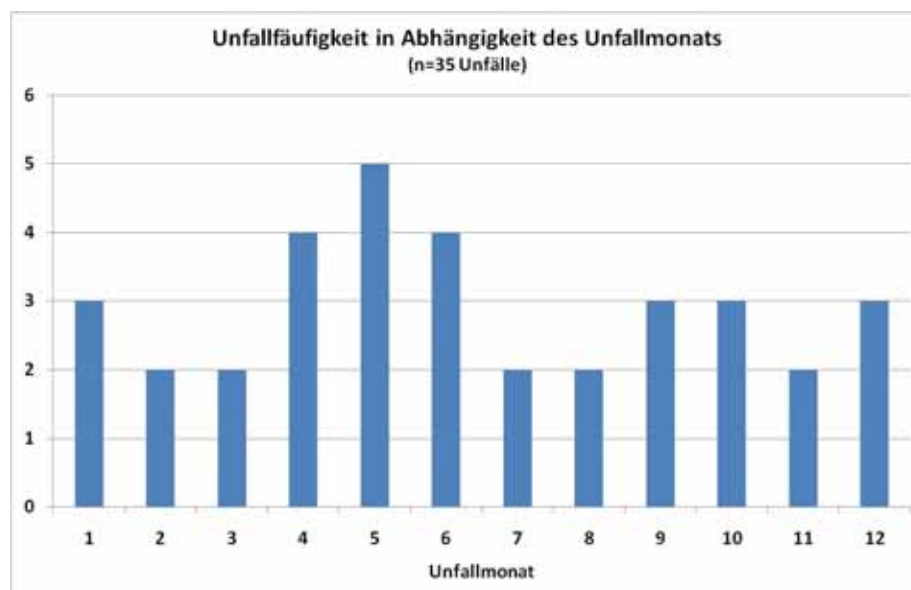


Abbildung 2-33: Unfallmonate von Unfällen mit Todesfolge.

Die Verteilung von tödlichen Unfällen auf der A2 in Niedersachsen auf die Unfallstunde (Abbildung 2-34) zeigt, dass hier nachts und in den frühen Morgenstunden (zwischen 0 Uhr und 6 Uhr) mehr Unfälle mit Todesfolge passierten, als zu anderen Zeiten. Außerhalb dieser Zeit verteilten sich die Unfälle recht gleichmäßig auf die verbliebenen Stunden des Tages. Hier begünstigt offensichtlich nicht das hohe Verkehrsaufkommen die tödlichen Unfälle auf der A2 sondern weitere äußere Einflüsse, die in der Zeitspanne zwischen 0 Uhr und 6 Uhr wirksam sind wie z.B. Müdigkeit, Dunkelheit oder hohe Fahrgeschwindigkeiten.

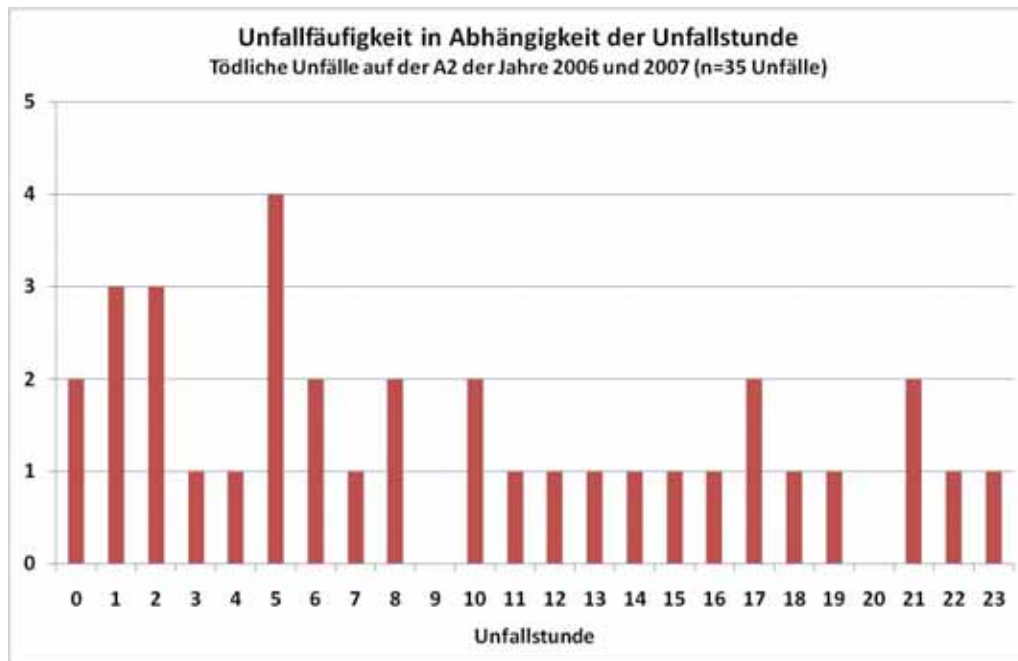


Abbildung 2-34: Unfallstunde bei Unfällen mit Todesfolge auf der A2.

2.3.4.3 Unfalltypen der tödlichen Unfälle auf der A2

Die Verteilung der Häufigkeit der tödlichen Unfälle auf die Kategorien des Unfalltyps ist in Tabelle 2-42 dargestellt.

Tabelle 2-42: Kategorien der Unfalltypen bei Unfällen mit Todesfolge auf der A2.

Unfalltyp	Häufigkeit	Prozent
Fahrunfall	11	31
Abbiegeunfall	0	0
Unfall beim Einbiegen/Kreuzen	0	0
Überschreitenunfall	1	3
Unfall mit ruhendem Verkehr	0	0
Unfall im Längsverkehr	20	57
Sonstiger Unfall	2	6

Am häufigsten mit 57% tritt auch bei den Unfällen mit Todesfolge auf der A2 der Unfall im Längsverkehr auf. Es handelt sich hierbei also um Unfälle, die durch einen Konflikt zwischen Verkehrsteilnehmern ausgelöst wurden, die sich in gleicher (oder entgegen gesetzter) Richtung bewegten. Bei knapp unter einem Drittel (31%) der 35 untersuchten Unfälle handelte es sich

um einen Fahrnunfall, d.h. um einen Unfall bei dem der Fahrer die Kontrolle über das Fahrzeug verliert, weil er z.B. die Geschwindigkeit nicht entsprechend dem Verlauf, dem Querschnitt, der Neigung oder dem Zustand der Straße gewählt hat, oder weil er deren Verlauf oder die Querschnittsänderung zu spät erkannt hat. Andere Unfalltypen traten nur in Ausnahmen in Erscheinung.

Die detaillierte Auswertung der Unfalltypen mittels des 3-stelligen Codes in Tabelle 2-43 ergab innerhalb der Fahrnunfälle einen Fahrnunfall in einer Rechtskurve (Unfalltyp 102) und zehn Fahrnunfälle auf gerader Straße (Typ 141). Bei den Unfällen im Längsverkehr ereigneten sich 7 durch einen Konflikt eines Vorfahrenden mit einem Nachfolgenden auf den verschiedenen Fahrstreifen (Unfalltypen 601, 602 sowie 603), 8 Unfälle waren des Typs Unfall mit Nachfolgendem bei Stau (Unfalltypen 611 und 613) und 4 Unfälle passierten aufgrund eines Spurwechsels nach links mit Nachfolgendem Verkehr (Unfalltypen 631 und 633). Ein weiterer tödlicher Unfall aus der Kategorie Unfälle im Längsverkehr ging auf einen Konflikt zweier nebeneinander fahrende Fahrzeuge zurück (Typ 651). Innerhalb der weiteren Kategorien der Unfalltypen zeigten sich jeweils einmal der Typ 401 (Fußgänger von links), der Typ 741 (Liegegebliebenes Fahrzeug quer zur Fahrbahn) sowie der Typ 760 (Plötzliches körperliches Unvermögen).

Tabelle 2-43: Unfalltypen bei Unfällen mit Todesfolge auf der A2.

Unfalltyp	Anzahl der Unfälle
102	1
141	10
401	1
601	4
602	1
603	2
611	6
613	2
631	3
633	1
651	1
741	1
760	1

2.3.4.4 Weitere Randbedingungen der tödlichen Unfällen auf der A2

Die Auswertung der Unfallhäufigkeit in Abhängigkeit des Zustands der Fahrbahnoberfläche hinsichtlich Nässe ergab, dass nur 16 von 35 Unfällen mit Getöteten (46%) bei trockener Straße passierten, während mit 19 von 35 Unfällen mit Getöteten (54%) mehr als die Hälfte bei Nässe bzw. Feuchtigkeit passierten. Hier kann Nässe eindeutig als Einflussfaktor für das Entstehen von Unfällen mit Todesfolge auf der A2 gelten (vgl. Abbildung 2-5, Verteilung der Nässeunfälle insgesamt: ca. 30% Nässeunfälle zu 70% Unfälle auf trockener Straße).

Wie die Analyse der Unfallstunde bei tödlichen Unfällen (Abbildung 2-34) bereits vermuten lässt, passierten mit 18 von 35 Unfällen mit Getöteten mehr Unfälle bei Dunkelheit als bei Tageslicht (16 von 35 Unfällen). Nur ein Unfall mit Getöteten passierte während der Dämmerung.

2.3.4.5 ACASS Unfallursachenanalyse der Unfälle mit Todesfolge

Die Analyse der Unfallursachen der 35 Unfälle mit Todesfolge auf der A2 in Niedersachsen mittels ACASS zeigte, dass von den 177 Beteiligten 43 Beteiligte (37% der Beteiligten; 1,2 Beteiligte pro Unfall) ursächlich zur Unfallentstehung beigetragen haben und mindestens einen Ursachencode erhielten. Insgesamt wurden 46 Unfallursachen kodiert: 44 aus dem Bereich Mensch und 2 aus dem Bereich Umwelt.

Für die erste Auswertung der 46 Unfallursachen wurde die Verteilung der Ursachencodes auf die drei Gruppen Mensch, Maschine und Umwelt analysiert. Abbildung 2-35 zeigt, dass bei allen 43 Beteiligten, die zur Unfallentstehung auf der A2 beigetragen haben, mindestens ein Ursachenfaktor aus dem Bereich Mensch erkannt wurde. Bei 5% dieser Beteiligten war außerdem eine Ursache aus dem Bereich der Umwelt/Infrastruktur vorhanden. Damit liegt die Verteilung ungefähr auf gleichem Niveau wie die ebenfalls in der Abbildung dargestellte Verteilung der Ursachen auf die drei Gruppen bei allen in GIDAS erfassten Unfällen (Pkw und Lkw). Hier sind die menschlichen Ursachen ebenfalls mit über 96% bei den Unfallverursachern dominant vertreten. Unfallursachen, die auf die Umwelt (Infrastruktur und Natur) zurückgehen zeigten sich hier bei nur 7% bzw. 4% der Unfallverursacher. Noch seltener wurden bei den GIDAS Daten Unfallursachen kodiert, die auf Probleme mit der Technik des Fahrzeugs (Gruppe 2: Maschine) zurückgehen. Bei den tödlichen Unfällen auf der A2 in Niedersachsen waren diese Probleme mit der Technik des Fahrzeugs in keinem Fall vorhanden.

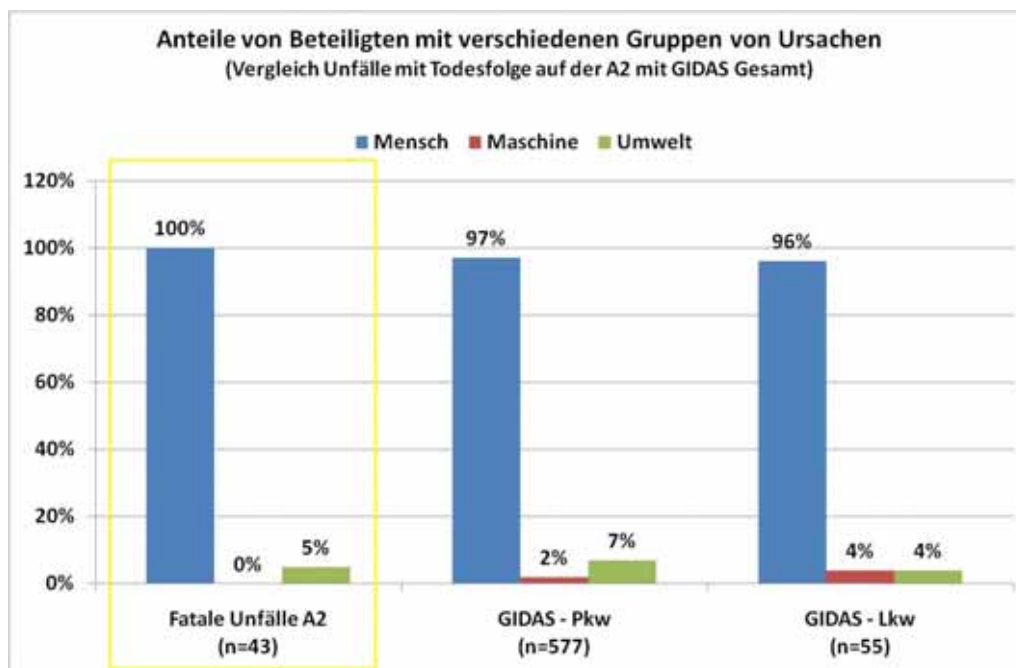


Abbildung 2-35: ACASS - Anteile von Verursachern mit verschiedenen Gruppen von Ursachen bei Unfällen mit Getöteten auf der A2.

Aufgrund der Relevanz von menschlichen Unfallursachen wird in einem zweiten Schritt die Verteilung der 44 menschlichen Unfallursachenfaktoren auf die entsprechenden fünf Kategorien (zweite Zahl des Ursachencodes) vom Informationszugang bis zur Handlung analysiert (Abbildung 2-36). Dabei konnte in einem Fall eine menschliche Unfallursache aufgrund nicht vorhandener Informationen keiner Kategorie eindeutig zugeordnet werden. Hier ist nur bekannt, dass es sich um menschliches Versagen handelt (Code 1-0-00-0). 43 menschliche Ursachen konnten durch Einteilung in die Kategorien weiter spezifiziert werden. Fast zwei Drittel (64 %) dieser menschlichen Unfallursachen wurden der Kategorie „Informationsaufnahme“ zuge-

schrieben. Damit spielten Unfallursachen aus dem Bereich des Informationszugangs mit 9%, aus dem Bereich der Informationsverarbeitung mit 11%, aus dem Bereich der Zielsetzung mit 13% sowie Ursachen aus dem Bereich der Handlung mit nur 4% eine untergeordnete Rolle.

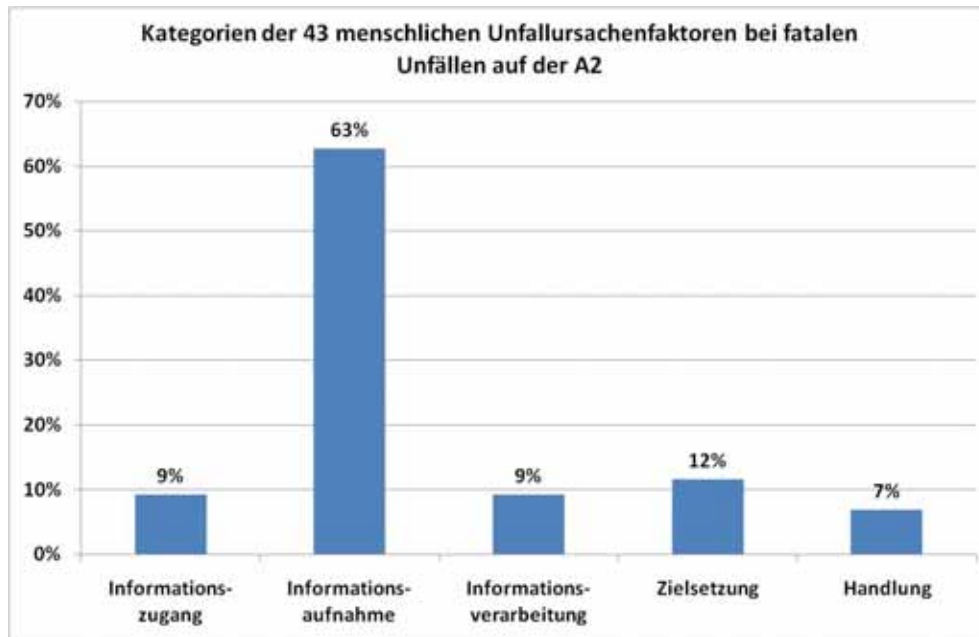


Abbildung 2-36: ACASS - Verteilung der menschlichen Ursachenfaktoren bei tödlichen Unfällen auf die Kategorien der Gruppe 1.

- Kategorie 1: Informationszugang (9% der menschlichen Ursachen)

Der Kategorie Informationszugang (1-1-xx-x) beschreibt Ursachen, bei denen einem Beteiligten eine wichtige Information nicht zugegangen ist, da sie durch fahrzeuginterne oder –externe Objekte verdeckt war, oder da sie aus körperlichen oder gesundheitlichen Gründen nicht erfasst werden konnte. Hier wurden 4 Ursachencodes kodiert:

- o 1 x Code 1-1-02-4: Information verdeckt durch fahrzeugexterne Objekte – durch stehende oder fahrende Fahrzeuge
- o 1 x Code 1-1-03-5: Information verdeckt durch fahrzeuginterne Objekte – durch Fahrzeugsäulen und andere Baugruppen
- o 2 x Code 1-1-04-1: Informationsmaskierung – Dunkelheit

- Kategorie 2: Informationsaufnahme (63% der menschlichen Ursachen)

Probleme mit der Informationsaufnahme werden dann kodiert, wenn die Information von einem Beteiligten hätte erfasst werden können, allerdings zu spät oder gar nicht wahrgenommen wurde. Der Beteiligte wäre also aufgrund ausreichend vorhandener Wahrnehmungsbedingungen in der Lage gewesen, die Informationen aufzunehmen, hat sie aber nicht wahrgenommen. In dieser Kategorie wurden 27 Ursachencodes kodiert. 15 mal wurde dabei der Code 1-2-00-0 vergeben. Dieser steht für Probleme bei der Informationsaufnahme ohne nähere Angabe. Hier wurde demnach erkannt, dass es ein Problem mit der Informationsaufnahme gab, aufgrund mangelnder Detailinformationen aber nicht klar ist, welchem Einflusskriterium innerhalb der Kategorie Informationsaufnahme die Ursache zuzuordnen ist. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn ein Beteiligter aus unbekanntem Grund ungebremsst auf ein vorausfahrendes Fahrzeug auffuhr. Hier kann davon ausgegangen werden, dass der Beteiligte entweder abgelenkt war (Codes 1-2-01-x, 1-2-02-x, 1-2-03-x), dass er z.B. übermüdet war (1-2-04-1), oder dass er einen Blackout hatte (Code 1-2-04-5). 12 mal konnte ein vollständiger Code in dieser Kategorie vergeben werden, da ausreichend Detailinformationen vorhanden waren:

- o 1 x Code 1-2-01-1: Ablenkung im Fahrzeug durch Bedienung von Geräten
- o 1 x Code 1-2-02-8: Ablenkung im Verkehrsraum – Andere
- o 3 x Code 1-2-04-0: Aktivierung zu niedrig – ohne nähere Angabe
- o 3 x Code 1-2-04-1: Aktivierung zu niedrig – Müdigkeit
- o 2 x Code 1-2-04-2: Aktivierung zu niedrig – Alkohol
- o 1 x Code 1-2-04-3: Aktivierung zu niedrig – Drogen
- o 1 x Code 1-2-06-0: Falscher Aufmerksamkeitsfokus - ohne nähere Angabe

Es zeigt sich also, dass die meisten Ursachen innerhalb der Kategorie Informationsaufnahme (9 Codes) auf eine zu niedrige Aktivierung eines Beteiligten zurückzuführen sind.

- Kategorie 3: Informationsverarbeitung (9% der menschlichen Ursachen)

Hat der Beteiligte die handlungsrelevanten Informationen aufgenommen, hat diese aber falsch bewertet oder eingeschätzt, so handelt es sich um einen Fehler bei der Informationsverarbeitung. Ursachenfaktoren aus diesem Bereich waren:

- o 1 x Code 1-3-01-8: Falsche Erwartung bezüglich des Unfallortes oder des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer aufgrund fehlerhafter Annahmen – ohne nähere Angabe
- o 1 x Code 1-3-02-0: Fehleinschätzung der Geschwindigkeit oder Distanz anderer Verkehrsteilnehmer – ohne nähere Angabe
- o 1 x Code 1-3-03-1: Fehleinschätzung bezüglich des eigenen Fahrzeugs – Unterschätzung der eigenen Geschwindigkeit
- o 1 x Code 1-3-03-2: Fehleinschätzung bezüglich des eigenen Fahrzeugs – Fahrzeugverhalten hinsichtlich Dynamik oder Stabilität

- Kategorie 4: Zielsetzung (12% der menschlichen Ursachen)

Ein Zielsetzungsfehler wird codiert, wenn die Information richtig aufgenommen und bewertet wurde, aber daraus die falschen Schlüsse für die Handlung gezogen wurden. Dies betrifft keine reflexhaften Handlungen. Voraussetzung ist, dass der Beteiligte Zeit zum Planen hatte. Eine weitere Form ist die bewusste Handlung gegen bekannte Verkehrsregeln. Ursachenfaktoren aus diesem Bereich waren:

- o 1 x Code 1-4-01-2: Entscheidungsfehler – Falsche Annahme über die Entwicklung der Situation
- o 4 x Code 1-4-02-2: Bewusste Regelverstöße – überhöhte Geschwindigkeit

- Kategorie 5: Handlung (7% der menschlichen Ursachen)

Nur 7% der menschlichen Ursachen waren Handlungsfehler, bei denen bei der Umsetzung der geplanten Handlung Fehler oder Schwierigkeiten auftraten. Dies kann zu späte, falsche, unterlassene oder reflexhafte Handlungen umfassen. Die drei Ursachenfaktoren aus diesem Bereich waren:

- o 2 x Code 1-5-02-45: Reaktionsfehler – Überreaktion beim Lenken
- o 1 x Code 1-5-02-0: Reaktionsfehler – ohne nähere Angabe

Als Fazit der Auswertung der Akten der Staatsanwaltschaften zu 35 Unfällen mit Todesfolge auf der A2 kann Folgendes festgehalten werden: Die Unfälle fanden häufig nachts oder in den frühen Morgenstunden statt (19 der 35 Unfälle passierten zwischen 0 und 8 Uhr) und über zwei Drittel der tödlichen Unfälle ereigneten sich auf der Richtungsfahrbahn Dortmund. Ferner zeigte sich, dass mit 57% die meisten Unfälle des Typs Unfälle im Längsverkehr waren und 31% der

Unfälle waren Fahrtenfälle. Weitere Unfalltypen spielten eine untergeordnete Rolle. Da über die Hälfte der tödlichen Unfälle bei Nässe statt fanden, ist hier der Einfluss nasser Fahrbahnoberflächen deutlich erkennbar. Die Auswertung der Unfallursachen zeigte, dass die Beteiligten sehr häufig relevante Informationen (z.B. das Stauende) nicht oder zu spät wahrgenommen haben. Eine Ablenkung oder zu geringe Aktivierung (Müdigkeit) scheinen hier plausible Gründe zu sein.

2.3.5 Lkw als Unfallverursacher der Unfälle mit Todesfolge

Im Rahmen der Auswertung der 35 Unfälle mit Todesfolge kristallisierte sich eine Teilmenge von Unfällen heraus, die besondere Eigenschaften aufwiesen: Tödliche Unfälle mit Lkw als Verursacher. Von den 35 Unfällen mit Todesfolge auf der A2 in Niedersachsen in den Jahren 2006 und 2007 wurden 11 Unfälle durch die Fahrer von Lkw verursacht.

2.3.5.1 Unfallorte der tödlichen Unfälle auf der A2 mit Lkw als Verursacher

Die Auswertung aller 35 analysierten Unfälle mit Todesfolge auf der A2 (unabhängig von der Verkehrsteilnahme des Unfallverursachers) zeigte bei der Verortung der Unfälle, dass die meisten Unfälle auf der Richtungsfahrbahn Dortmund passierten (Abbildung 2-32). Betrachtet man nur die Unfälle, bei denen Lkw den Unfallverursacht haben, so ist diese Situation noch stärker ausgeprägt. Abbildung 2-37 zeigt, dass alle tödlichen Unfälle, mit Ausnahme eines Einzigen, die von Lkw verursacht wurden, auf der Richtungsfahrbahn Dortmund passierten, also im Verkehr Richtung Westen.

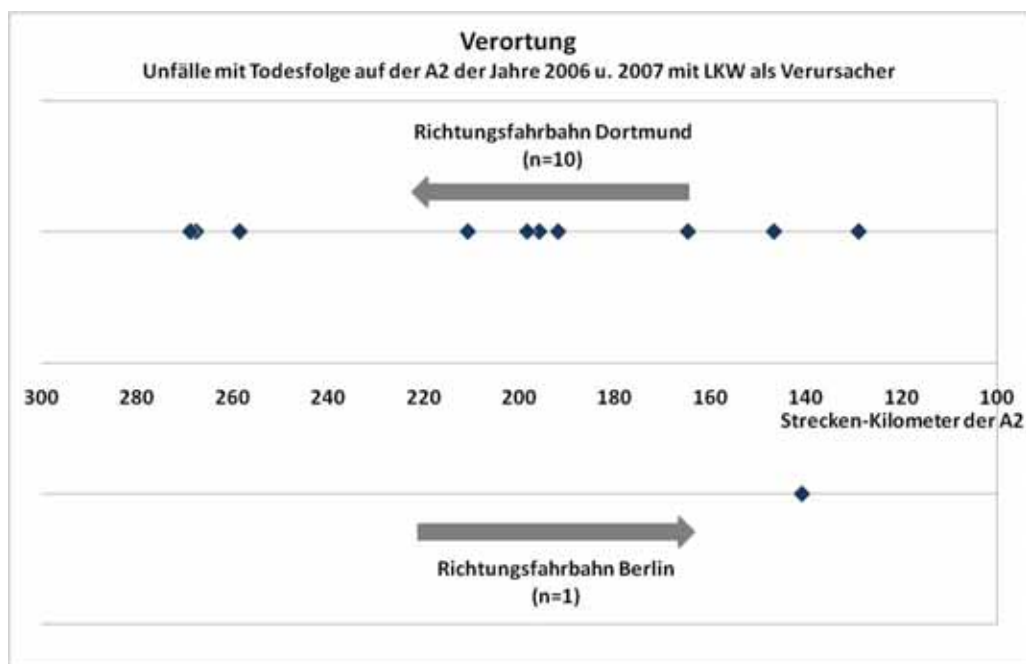


Abbildung 2-37: Verteilung der tödlichen Unfälle mit Lkw als Verursacher auf das Streckenband der A2 in Niedersachsen.

Häufungspunkte von Unfällen lassen sich aufgrund der geringen Anzahl von nur 11 Fällen nicht erkennen.

2.3.5.2 Unfallzeit der tödlichen Unfälle auf der A2 mit Lkw als Verursacher

In Abbildung 2-38 ist die Verteilung der 11 tödlichen Unfälle auf der Autobahn A2 in Niedersachsen in 2006 und 2007, bei der Lkw als Verursacher gelten, in Abhängigkeit von der Unfallstunde dargestellt. Man erkennt hier, dass über die Hälfte der von Lkw verursachten Unfälle (6 von 11) in den frühen Morgenstunden zwischen 5 und 9 Uhr passierten, sodass hier durchaus von einem Zeitraum mit Unfallhäufung gesprochen werden kann. Damit unterscheidet sich die

Situation der von Lkw verursachten tödlichen Unfälle auf der A2 nicht charakteristisch von der aller tödlichen Unfälle auf der A2.

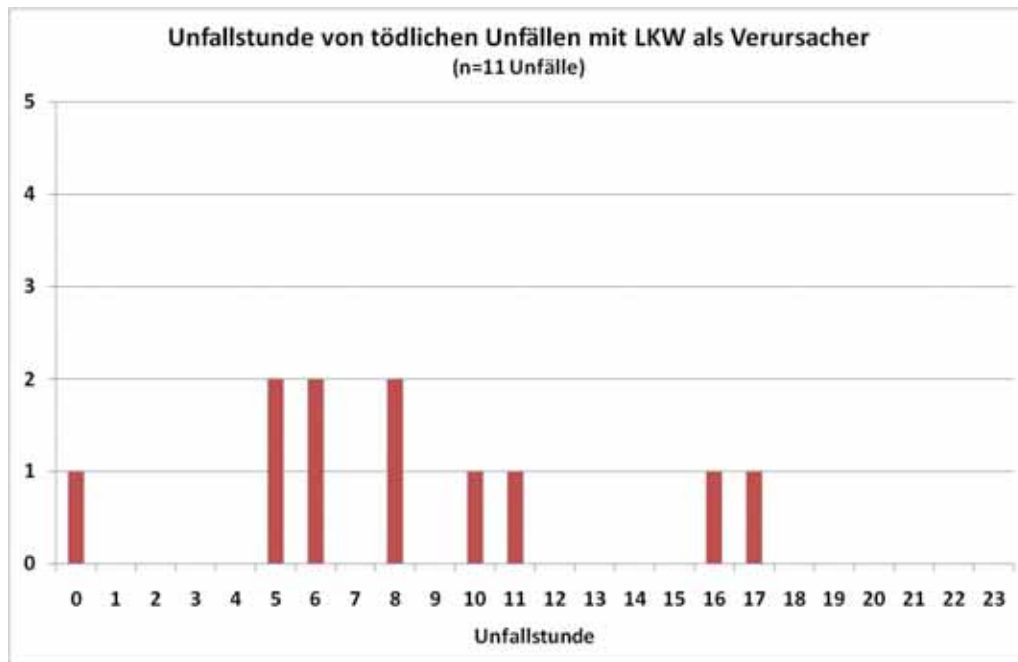


Abbildung 2-38: Unfallstunde von tödlichen Unfällen auf der A2 mit Lkw als Verursacher.

2.3.5.3 Unfalltypen der tödlichen Unfälle auf der A2 mit Lkw als Verursacher

Die Auswertung der Kategorie des Unfalltyps bei tödlichen Unfällen auf der A2, bei denen Lkw den Unfall verursacht haben ergab, dass alle Unfälle dem Unfalltyp 6 „Unfall im Längsverkehr“ zugeordnet wurden. Fahrnunfälle, wie sie nicht selten auch bei Unfällen mit Verursachung durch Pkw vorkommen, traten bei den Lkw-Unfällen nicht auf. Die detaillierte Analyse des Unfalltyps mit den Subkategorien (3-stelliger Code) ergab folgende Verteilung:

- 1 Unfall des Typs 601 (Mit Vorfahrendem auf Hauptfahrbahnstreifen)
- 6 Unfälle des Typs 611 (Stau – Unfall mit Nachfolgendem auf Hauptfahrbahnstreifen)
- 2 Unfälle des Typs 613 (Stau – Unfall mit Nachfolgendem auf 2. Überholfahrbahnstreifen)
- 2 Unfälle des Typs 631 (Spurwechsler nach links – Unfall mit Nachfolgendem).

Mit den Unfalltypen 601, 611 und 613 passierten 9 der 11 Unfälle durch einen Auffahrunfall auf ein vorfahrendes Fahrzeug, welches sich bereits länger auf diesem Fahrbahnstreifen befand. Nur zwei Unfälle (Typ 631) ereigneten sich als Folge eines Spurwechsels mit dem nachfolgenden Verkehr. Durch das Einhalten des Sicherheitsabstandes und durch aufmerksames Fahren hätten hier demnach die meisten tödlichen Unfälle verhindert werden können.

2.3.5.4 Weitere Auswertungen der tödlichen Unfälle auf der A2 mit Lkw als Verursacher

Der Zustand der Fahrbahnoberfläche hinsichtlich Nässe hatte bei der Teilmenge der von Lkw verursachten tödlichen Unfälle auf der A2 keinen so dominanten Einfluss wie bei allen tödlichen Unfällen auf der A2. Nur 27% (3 von 11) der Unfälle mit Verursachung durch Lkw ereigneten sich bei Nässe. Vermindert man nun die Gesamtheit der 35 tödlichen Unfälle auf der A2, bei denen 54% bei Nässe passierten, um die Teilmenge der 11 von Lkw verursachten Unfälle (27% bei Nässe), zeigt sich folgendes Bild: 16 der 24 verbliebenen tödlichen Unfälle, die fast ausschließlich von Pkw verursacht worden, ereigneten sich bei Nässe. Hier ist die Relevanz von Nässe gerade bei schweren PKW-Unfällen mit einer Inzidenz von 67% deutlich zu erkennen.

Betrachtet man den Anteil von fremden Nationalitäten bei den Unfallverursachenden Lkw-Fahrern, zeigt sich, dass unter den 11 Unfallverursachern nur 4 Deutsche waren, sodass knapp zwei Drittel Ausländer (überwiegend osteuropäischer Nationalitäten) waren:

- 1 mal Weißrussland
- 2 mal Tschechische Republik
- 4 mal Deutschland
- 1 mal Großbritannien
- 1 mal Litauen
- 2 mal Polen

2.3.5.5 ACASS Unfallursachenanalyse der Unfälle mit Todesfolge mit Lkw als Verursacher

Im Folgenden werden nur die mittels ACASS analysierten Ursachencodes der Teilmenge von Unfällen, die von Lkw-Fahrern verursacht wurden, ausgewertet. Bei den 11 Unfällen der Teilmenge, haben 11 Beteiligte zur Unfallentstehung beigetragen, so dass hier bei jedem Unfall ein eindeutiger Unfallverursacher vorhanden war. Bei den 11 Unfallverursachern (hier Lkw-Fahrer) wurden insgesamt 12 Unfallursachenfaktoren erkannt, die zu den Unfällen führten. Bei diesen Ursachenfaktoren handelte es sich ausschließlich um menschliche Ursachen, also um Ursachen aus der Gruppe 1. In Abbildung 2-39 ist die Verteilung der 12 Ursachenfaktoren auf die fünf Kategorien der Gruppe 1 dargestellt.

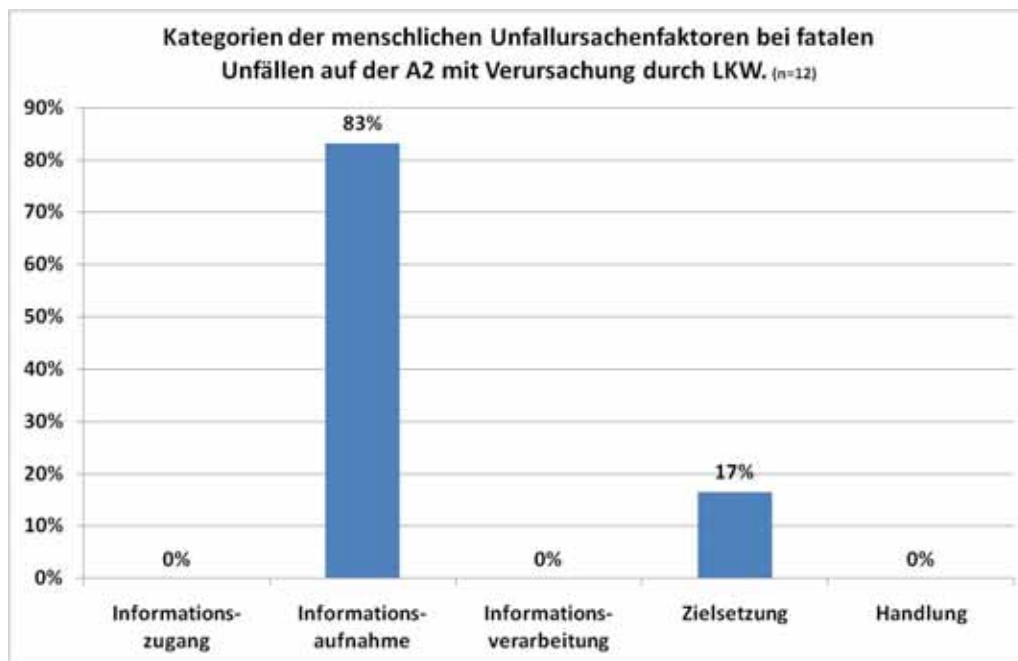


Abbildung 2-39: ACASS - Verteilung der menschlichen Ursachenfaktoren bei tödlichen Unfällen verursacht durch Lkw auf die Kategorien der Gruppe 1.

Analog zu der Auswertung bei allen Unfällen mit Todesfolge (Abbildung 2-36) ist hier die absolute Mehrheit (83%) der 12 Ursachenfaktoren in dem Bereich Informationsaufnahme zu finden. Nur 2 Ursachenfaktoren (17%) waren der Kategorie Zielsetzung zuzuschreiben. Im Folgenden ist eine detaillierte Auswertung mit Erläuterung der kodierten Faktoren dargestellt:

- Kategorie 2: Informationsaufnahme (83% der menschlichen Ursachen)

In dieser Kategorie wurden bei den von Lkw verursachten Unfällen 10 Ursachencodes kodiert. 8 mal wurde dabei der Code 1-2-00-0 vergeben. Wie bereits erwähnt, steht dieser für Probleme

bei der Informationsaufnahme ohne nähere Angabe und ist beispielsweise der Fall, wenn ein Beteiligter aus unbekanntem Grund ungebremst auf ein vorausfahrendes Fahrzeug auffuhr. Hier kann davon ausgegangen werden, dass der Beteiligte entweder abgelenkt war (Codes 1-2-01-x, 1-2-02-x, 1-2-03-x), dass er z.B. übermüdet war (1-2-04-1), oder dass er einen Blackout hatte (Code 1-2-04-5). Da die Lkw-Fahrer, die einen tödlichen Unfall verursachten, häufig verstarben, war die exakte Ursache nur schwer zu ermitteln. Nur in 2 Fällen waren ausreichend Detailinformationen vorhanden, dass ein vollständiger Code in dieser Kategorie vergeben wurde:

- o 2 x Code 1-2-04-0: Aktivierung zu niedrig – ohne nähere Angabe
- Kategorie 4: Zielsetzung (17% der menschlichen Ursachen)

Ursachenfaktoren aus diesem Bereich waren:

- o 1 x Code 1-4-01-2: Entscheidungsfehler – Falsche Annahme über die Entwicklung der Situation
- o 1 x Code 1-4-02-2: Bewusste Regelverstöße – überhöhte Geschwindigkeit

Die Auswertung der Teilmenge der tödlichen Unfälle auf der A2 mit Verursachung durch Lkw-Fahrer zeigte, dass es sich hier ausschließlich um Unfälle des Typs „Unfall im Längsverkehr“ handelte. Dabei waren die meisten Unfälle Auffahrunfälle auf ein vorausfahrendes oder im Stau stehendes Fahrzeug. Die Analyse der Unfallursachen brachte zum Vorschein, dass die tödlichen Lkw-Unfälle häufig darauf zurückzuführen sind, dass der Fahrer das Stauende nicht oder viel zu spät wahrgenommen hat. Ablenkung oder zu geringe Aktivierung (Müdigkeit) sind hier die plausibelsten Faktoren, da auch die meisten tödlichen Lkw-Unfälle in den frühen Morgenstunden passierten. Im Gegensatz zu allen Unfällen mit Todesfolge auf der A2 spielt bei den von Lkw verursachten Unfällen Fahrbahnnässe keine Rolle. Dadurch erhöht sich die Relevanz der Nässe bei den Unfällen die überwiegend von Pkw verursacht wurden. Es zeigte sich ferner, dass die meisten Verursacher von Lkw-Unfällen aus den osteuropäischen Ländern kamen. Dies begründet sicherlich zum Teil die Tatsache, dass mit einer Ausnahme alle tödlichen Unfälle, die durch Lkw verursacht wurden auf der Richtungsfahrbahn Dortmund stattfanden.

2.4 Zusammenfassung wesentlicher Ergebnisse

Dieses Kapitel soll noch einmal die wichtigsten Zusammenhänge in komprimierter Form darstellen. Diese Zusammenhänge bilden eine erste Basis für die Ableitung von Maßnahmen aus unfallanalytischer Sicht, die im Rahmen der folgenden Untersuchungen weiter evaluiert werden.

1. Die A2 ist eine Geschäftsautobahn, d. h. es passierten überdurchschnittlich viele Unfälle über die Werktage und überdurchschnittlich viele Unfälle unter Beteiligung von Lkw (sowohl als Hauptverursacher als auch als nicht schuldhaft Beteiligte). Zudem wurde von vielen Fahrern ein höherer Stressgrad beim Befahren der A2 angegeben als beim Befahren anderer Autobahnen (A2 vs. A7 im Bereich Hannover)

2. Besonders hohe Unfalldichten gab es im Bereich von Ballungsräumen und im Weserbergland. Dabei war die Unfalldichte im Raum Braunschweig höher als im Raum Hannover. So passierten an den Knotenpunkten und Kuppen im Raum Braunschweig häufig überdurchschnittlich viele Auffahrunfälle. Besonders oft kollidierten die Fahrzeuge dort nachmittags im Berufsverkehr. Der Auswertung der GIDAS-Daten (Unfälle mit Verletzten in Hannover) zufolge, passierten auch in Hannover am häufigsten Auffahrunfälle, allerdings häufiger im morgendlichen Berufsverkehr.

3. Auf der A2 ereigneten sich überdurchschnittlich viele Unfälle mit Personenschäden, d. h. Getötete und Verletzte. Dabei lag der Schwerpunkt bei Auffahrunfällen und Unfällen durch Abkommen von der Fahrbahn. Bei diesen Unfalltypen ereigneten sich zusammen ca. $\frac{3}{4}$ der Unfälle mit schweren oder tödlichen Verletzungen. Schwere Unfälle erfolgten etwas häufiger im Raum Hannover sowie westlich von Hannover als im Raum Braunschweig. Betrachtet man die detaillierten Unfalltypen (N = 89 GIDAS Unfälle) unabhängig von der Fahrstreifen bei Unfällen mit Verletzten im Raum Hannover, so gingen ca. 20% der Unfälle auf einen Konflikt eines Voraus-

fahrenden und eines Nachfolgenden Verkehrsteilnehmers zurück (Längsverkehr), 17% gingen auf einen Konflikt eines Nachfolgenden und eines im Stau befindlichen Verkehrsteilnehmers zurück (Längsverkehr) und weitere 17% gingen auf einen Fahr Unfall auf gerader Strecke (z.B. Verlust der Fahrzeugkontrolle) zurück. Hier wird das Potenzial von Fahrerassistenzsystemen wie z.B. selbst bremsende bzw. abstandsregelnde Tempomaten aufgrund des hohen Anteils von Auffahrunfällen auf vorausfahrende Fahrzeuge deutlich.

4. Schwere Auffahrunfälle entstanden vor allem bei dichtem Verkehr und häufig unter Beteiligung von Lkw (sowohl als Hauptverursacher als auch als nicht schuldhaft Beteiligte).

5. Abkommensunfälle erfolgten überdurchschnittlich häufig bei Nässe und in Aus- und Einfahrbereichen der Knotenpunkte. So wurden insbesondere im Bereich von Autobahnkreuzen (Wolfsburg / Königslutter, Braunschweig-Nord, Hannover-Ost) überdurchschnittlich viele Abkommensunfälle notiert. Diese fanden auch häufig im Bereich der Verteilerfahrbahnen statt. Im Gegensatz zu Auffahrunfällen passierten Abkommensunfälle meist bei niedrigen Verkehrsstufen und ohne Beteiligung von Lkw. Im Bereich Hannover konnten im Zusammenhang mit Abkommensunfällen auch häufig Übertretungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit als Einflussfaktor identifiziert werden. Die Auswertung der Unfallrekonstruktion von Unfällen mit Verletzten in der Region Hannover zeigte, dass nur 55% der Unfallbeteiligten sich zum Zeitpunkt des Unfalls an die zulässige Höchstgeschwindigkeit (+ 5km/h Toleranz) gehalten hatten. Der hohe Anteil von Unfällen bei Nässe (ca. ein Drittel) spielt auf der A2 eine besondere Rolle (A2 vs. A7 im Raum Hannover). Besonders viele Nässe-Unfälle ereigneten sich zudem, wenn keine Geschwindigkeitsbegrenzung vorgegeben war (74% im Raum Hannover). Hier ist erkennbar, dass das Vorgeben der zulässigen Höchstgeschwindigkeit bei Nässe ein hohes Potenzial zur Verringerung von Nässeunfällen hat.

6. Seitliche Kollisionen und Spurwechselunfälle kamen am häufigsten in den Knotenpunkt- bzw. Einfahrbereichen, insbesondere in den Ballungsräumen vor.

7. Im Bereich von Tank- und Rastanlagen ereigneten sich besonders bei Nacht viele Lkw-Unfälle. Diese gehörten jedoch seltener zu den schweren Unfällen. Häufig ereigneten diese sich z. B. beim Einfahren auf die Hauptfahrbahn.

8. Als häufigste Unfalleinflussfaktoren für Unfälle mit Personenschaden wurden durch die Polizei nicht angepasste Geschwindigkeit bzw. Sicherheitsabstände sowie Spurwechselfehler kodiert. Etwas seltener wurden in den Unfallprotokollen Alkohol (häufig im Bereich von Braunschweig und Hannover) und Müdigkeit (insbesondere westlich von Hannover; vermutlich häufig infolge zu langer Lenkzeiten) genannt. Auch technische Mängel (überzufällig häufig bei Lkw aus osteuropäischen Ländern), unzureichende Ladungssicherung und Vorfahrtsfehler trugen zur Entstehung einiger Unfälle mit Personenschäden bei. Die eingehende ACASS-Analyse der Unfälle mit Todesfolge mittels der Staatsanwaltschaftsakten (N = 35) hinsichtlich der Unfallursachen zeigte, dass fast ausschließlich menschliche Faktoren zu den Unfällen führten und dass die Beteiligten sehr häufig relevante Informationen (z.B. das Stauende) nicht oder zu spät wahrgenommen hatten. Eine Ablenkung oder zu geringe Aktivierung (Müdigkeit) sind hier plausible Gründe, da über die Hälfte der tödlichen Unfälle in den frühen Morgenstunden passierten.

9. Bei eingeschalteter VBA passierten prozentual sowohl weniger Unfälle als bei „einfachen Geschwindigkeitsbegrenzungen“ als auch weniger Unfälle als bei ausgeschalteter VBA. Dies weist insbesondere bei widrigen Witterungsbedingungen auf ein hohes Potenzial der VBA zur Vermeidung von Verkehrsunfällen hin (vgl. Abschnitt 2.1.4.8.2 und Pkt. 5).

3 Belastungsprofil – entwurfstechnische und verkehrliche Aspekte

Im Folgenden Abschnitt werden die Ansätze, Analysen und Ergebnisse hinsichtlich der Belastungsfaktoren aus entwurfstechnischer sowie verkehrstechnischer und betrieblicher Sicht dargestellt.

3.1 Kapazitätsengpassanalyse A2 und B65

Auf Basis der Verkehrsprognose 2025 soll für die A2 in einer Kapazitätsengpassanalyse abgeschätzt werden, auf welchen Streckenabschnitten der A2 und welchen Knotenpunkten (Autobahnknotenpunkte, Anschlussstellen) mit Kapazitätsengpässen gerechnet werden muss. Die Kapazitätsengpassanalyse erfolgt auf Basis der gängigen Berechnungsverfahren des Handbuchs für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS, 2001). Aufbauend auf dieser Analyse werden anschließend geeignete Lösungsansätze bzw. Strategien definiert, die zu einer Verbesserung der Qualität des Verkehrsablaufs führen können (getrennt für Streckenabschnitte und Knotenpunkte). Vor dem Hintergrund der B65 als wichtige Umleitungs- und Ausweichstrecke der A2 zur A7 (Streckenabschnitt AS Bad Nenndorf (A2) bis AS Hannover-Anderten (A7)), sollen die verkehrlichen Auswirkungen durch die prognostizierten Verkehrsbelastungen auch für diesen Streckenabschnitt ermittelt werden. Auch für die B65 ist anschließend zu erarbeiten, in welcher Form planerisch auf die Entwicklungen reagiert werden kann. Das Ziel der Kapazitätsengpassanalyse für die B65 ist es, eine Rangfolge von Teilmaßnahmen unter Berücksichtigung des größtmöglichen Nutzens zu erarbeiten. Vor dem Hintergrund einer Fortschreibung des Bedarfsplans für die Bundesfernstraßen sind dabei die im Weiteren Bedarf vorgesehenen Maßnahmen zu berücksichtigen (A2 und B65).

3.1.1 Methodik

Das HBS 2001 beschreibt Standardverfahren, mit denen die Qualität des Verkehrsablaufs einer Straßenverkehrsanlage in Abhängigkeit von baulichen und verkehrstechnischen Randbedingungen ermittelt werden kann. Die Qualität des Verkehrsablaufs beschreibt den Verkehrsfluss aus der Sicht des Verkehrsteilnehmers. Dabei sind für verschiedene Verkehrsanlagen unterschiedliche Kriterien für die Beurteilung der Verkehrsqualität maßgebend. Es werden sechs verschiedene Stufen der Verkehrsqualität (QSV) bezüglich der Bewegungsfreiheit der Verkehrsteilnehmer festgelegt und mit den Buchstaben A bis F gekennzeichnet. Der Verkehrszustand lässt sich in den einzelnen Qualitätsstufen wie folgt beschreiben:

- **Stufe A:** Die Verkehrsteilnehmer werden selten von anderen beeinflusst. Die gewünschte Bewegungsfreiheit ist gegeben und der Verkehrsfluss ist frei.
- **Stufe B:** Die Anwesenheit anderer Verkehrsteilnehmer macht sich bemerkbar. Die Beeinträchtigung dadurch ist jedoch gering. Der Verkehrsfluss ist nahezu frei.
- **Stufe C:** Die Bewegungsfreiheit eines Verkehrsteilnehmers hängt vom Verhalten der restlichen ab und ist dadurch eingeschränkt. Der Verkehrszustand ist stabil.
- **Stufe D:** Hohe Belastungen kennzeichnen den Verkehrsablauf. Die Bewegungsfreiheit ist deutlich beeinträchtigt. Die Verkehrsteilnehmer beeinflussen sich gegenseitig. Der Verkehrszustand ist noch stabil.
- **Stufe E:** Die Verkehrsteilnehmer behindern sich gegenseitig. Die Bewegungsfreiheit ist mäßig. Der Verkehr bewegt sich im Bereich zwischen Stabilität und Instabilität. Die Kapazität ist erreicht.
- **Stufe F:** Die Nachfrage ist größer als die Kapazität. Die Verkehrsanlage ist überlastet.

3.1.1.1 Autobahnen

Für die Anwendung der Berechnungsverfahren des HBS muss zunächst eine Einteilung in freie Autobahnabschnitte und Knotenpunkte stattfinden. Dabei werden die Strecken zwischen zwei planfreien Knotenpunkten, in den eine Beeinflussung durch Einfahrten, Ausfahrten oder Verflechtungsstrecken nicht wirksam wird, als solche bezeichnet (Abbildung 3-1). Die Länge der Einflussbereiche der Knotenpunkte ist von den Ein- und Ausfahrttypen abhängig. Für Einfahrten vom Typ E1, E2 und Ausfahrten vom Typ A1, A2 beträgt die Länge des Einflussbereichs 250 m.

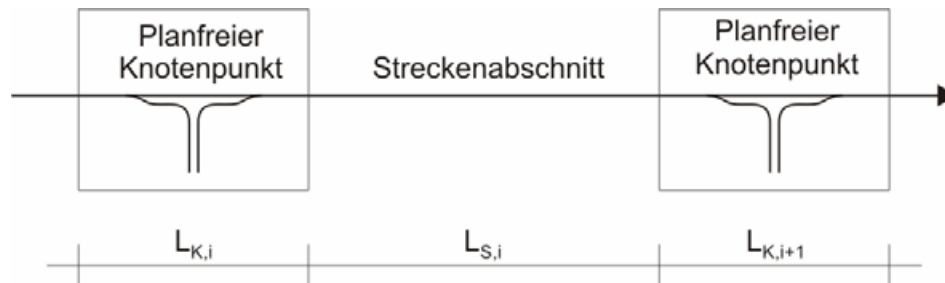


Abbildung 3-1: Bildung freie Autobahnabschnitte.

Die Analyse der Verkehrsqualität findet anschließend für jeden Streckenabschnitt und jeden Knotenpunkt getrennt mit den jeweils geeigneten Methoden statt.

3.1.1.1.1 Freie Streckenabschnitte

Für die Beurteilung der Qualität des Verkehrsablaufs wird der Auslastungsgrad herangezogen. Der Grund dafür liegt in der Tatsache, dass auf freien Autobahnstrecken mit Geschwindigkeitsbeschränkung unabhängig von der Verkehrsstärke nur geringe Fahrgeschwindigkeiten erreicht werden. Daher wird der Auslastungsgrad vorgezogen, weil damit die Bewegungsfreiheit der Verkehrsteilnehmer im Verkehrsfluss beschrieben wird. Der Auslastungsgrad wird nach der folgenden Formel definiert:

$$a = \frac{q_B}{C}$$

mit a: Auslastungsgrad [-]

q_B : Bemessungsverkehrsstärke [Kfz/h]

C: Kapazität [Kfz/h]

Mit Hilfe der berechneten Auslastungsgrade eines Autobahnabschnitts kann die folgende Tabelle herangezogen werden, um die Qualitätsstufen (Level of Service) zu ermitteln.

Tabelle 3-1: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs in Abhängigkeit vom Auslastungsgrad.

QSV	Auslastungsgrad a [-]
A	≤ 0.30
B	≤ 0.55
C	≤ 0.75
D	≤ 0.90
E	≤ 1.00
F	> 1.00

Die Bemessungsverkehrsstärke repräsentiert dabei die abzufertigende Belastung auf dem Abschnitt. Bezogen auf Kraftfahrzeuge bezeichnet die Belastung die Anzahl der Fahrzeuge, die in einem bekannten Zeitraum eine Stelle der Straße durchfahren oder eine Kreuzung passieren. Für die Kapazitätsengpassanalyse wird die Bemessungsverkehrsstärke in der Einheit Kraftfahrzeuge pro Stunde benötigt. Zur Ermittlung der Bemessungsverkehrsstärke wird üblicherweise die Belastung in der Stunde mit der 30.-höchsten Belastung eines Jahres herangezogen.

Datengrundlage für die Engpassanalyse ist das Verkehrsmodell Niedersachsen mit Datensätzen zu den Jahren 2005 und 2025. Diese Daten enthalten lediglich die durchschnittlichen wochentäglichen Verkehrsstärken (DTV_w) und keine Angaben über die Verkehrsstärken in der Spitzenstunde. Aus diesem Grund werden zunächst aus den DTV_w -Werten die entsprechenden DTV-Werte ermittelt. Hierzu bietet das HBS folgende Berechnungsvorschrift.

$$DTV_w = k_w \cdot DTV$$

mit

DTV = durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke aller Tage des Jahres [Kfz/24h]

DTV_w = durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke an Werktagen [Kfz/24h]

k_w = Umrechnungsfaktor nach Tabelle 3-2

Tabelle 3-2: Faktoren k_w zur Berechnung des DTV aus dem DTV_w in Abhängigkeit des Sonntagsfaktors nach HBS.

Sonntagsfaktor	Pkw	Lkw
0,5	1,117	1,230
0,7	1,069	1,230
0,9	1,022	1,230

Als Sonntagsfaktor kann ein Wert von 0,9 angenommen werden, wie er laut HBS für Stadtrandstraßen mit Verbindungsfunktion gilt. Aus dem so ermittelten DTV-Werten kann dann die Verkehrsstärke der 30. Spitzenstunde als Äquivalent zur Bemessungsverkehrsstärke nach der folgenden Größenordnung berechnet werden.

Tabelle 3-3: Anteil der Bemessungsstärke am DTV.

Straßenart	6-streifige Autobahn	4-streifige Autobahn	2-streifige Außerortsstraßen
q_B	0,09 bis 0,11 · DTV	0,10 bis 0,12 · DTV	0,10 bis 0,13 · DTV

Die Kapazität als zweite relevante Kenngröße zur Bestimmung des Auslastungsgrads eines freien Autobahnabschnitts repräsentiert die größte Verkehrsstärke, die bei richtliniengerechtem Ausbau und unter günstigen Randbedingungen von der Verkehrsanlage abgefertigt werden kann. Die Kapazität eines freien Autobahnabschnitts ist stark von verschiedenen Einflussgrößen abhängig. Aus diesem Grund werden Abschnitte mit unterschiedlichen Eigenschaften in Teilabschnitte aufgeteilt. Dabei ist zu beachten, dass die Länge eines Teilabschnitts nicht kleiner als 500 m sein soll. Folgend wird näher auf die Einflussgrößen eingegangen, die die Kapazität von freien Autobahnabschnitten beeinflussen.

- Linienführung

Die Linienführung zeichnet sich durch zwei wesentliche Eigenschaften aus. Dabei sind die Krümmungen der Strecke im Lageplan und die Längsneigungen im Höhenplan für die Wahl der Geschwindigkeit durch die Verkehrsteilnehmer entscheidend.

Da die Beeinträchtigung durch Krümmungen auf Autobahnen sich jedoch in der Regel aufgrund der Trassierungsrichtlinien von Autobahnen als sehr gering darstellt, wird diese im Berechnungsverfahren vernachlässigt. Dagegen führen große Längsneigungen zur Reduzierung der Fahrgeschwindigkeiten des Schwerverkehrs, was eine Störung des Pkw-Verkehrs nach sich zieht. Dies gilt jedoch nicht für Gefällestrrecken und für Steigungsstrecken $< 2\%$. Diese werden als ebene Strecken behandelt, da die Fahrgeschwindigkeit durch sie in der Regel nicht beeinflusst wird.

- Querschnitt

Regelquerschnitte für Autobahnen sind in den RAS-Q (Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Querschnitte) festgelegt. Der Einfluss kleiner Abweichungen vom Regelwerk auf den Verkehrsablauf wird für die Bestimmung der Verkehrsqualität nicht berücksichtigt. Dagegen sind die Kapazität und damit die Qualität des Verkehrsablaufs sehr stark von der Anzahl der Fahrstreifen der Richtungsfahrbahn abhängig. Deshalb ist die Anzahl der Fahrstreifen, $n = 2$, $n = 3$ oder $n = 4$ im Berechnungsverfahren von großer Bedeutung.

- Funktion und Lage des Autobahnabschnittes

Für die Berechnung ist der Anteil der Berufspendler wesentlich, da diese mit der örtlichen Situation vertraut sind und somit die Reisegeschwindigkeiten besser einschätzen können. Der größte Anteil der Berufspendler bewegt sich in der Regel innerhalb von Ballungsräumen. Daher geht dieses durch die Unterscheidung von Autobahnabschnitten innerhalb und Außerhalb von Ballungsräumen in die Berechnung mit ein.

- Schwerververkehrsanteil

Der Schwerverkehr beeinflusst in erster Linie die Fahrgeschwindigkeit auf der Autobahn und somit den Verkehrsfluss. Er geht über den prozentualen Anteil an der Bemessungsverkehrsstärke in die Berechnungen ein.

- Steuerungsbedingungen

Durch Verkehrszeichen 274 StVO oder Verkehrsbeeinflussungsanlagen kann der Verkehrsablauf beeinflusst werden. Es werden vor allem die Fahrgeschwindigkeiten so gesteuert, dass auf dem jeweiligen Streckenabschnitt höhere Kapazitäten erzielt werden. Dagegen hat ein Lkw-Überholverbot nur bei zweistreifigen Richtungsfahrbahnen einen Einfluss auf die Qualität des Verkehrsablaufs.

Das HBS stellt zur Bestimmung der Qualität des Verkehrsablaufs an freien Autobahnabschnitten ein Formblatt (Tabelle 3-4) zur Verfügung, in dem alle relevanten Einflussgrößen eingetragen werden und auf die entsprechenden Berechnungsvorschriften der Richtlinie verwiesen wird. Im Zuge der Engpassanalyse für die A2 wurden nun für alle freien Autobahnabschnitte jeweils für die auf Grundlage der Daten des Verkehrsmodells für die Jahre 2005 und 2025 diese Formblätter ausgefüllt und so die Qualitätsstufen ermittelt.

Tabelle 3-4: HBS-Formblatt Autobahnabschnitt mit Berechnungsbeispiel.

Formblatt 1: Erreichbare Qualität des Verkehrsablaufs eines Autobahnabschnitts					
Autobahnabschnitt:		A nach B			
Teilabschnitt Nr. i		1	2	3	4
1	Straßenkategorie (RAS-N)	AI			
2	angestrebte Reisegeschwindigkeit (RAS-N) V_B [km/h]	100			
3	Bemessungsverkehrsstärke q_B [Kfz/h]	2500			
4	SV-Anteil b_{SV} [%]	10			
5	Querschnitt (RAS-Q)	RQ 29,5			
6	Fahrstreifenanzahl je Richtung n [-]	2			
7	Lage	außerhalb eines Ballungsraums			
8	angestrebte Qualitätsstufe (Tab. 3-1) QSV [-]	C			
9	Länge L_i [m]	2000	1000	1800	1000
10	Längsneigung (Höhenplan) s_i [%]	1,0	2,5	3,5	1,0
11	Geschwindigkeitsbeschränkung [km/h]	-	-	-	-
12	Zusatzlänge der Strecke i (Bild 3-7) ZL_i [m]	-	0	350	1800
13	äquiv. Länge der Strecke i (Bild 3-7) $L_{\Delta Q,i}$ [m]	2000	1000	2150	2800
14	äquiv. Steigung der Strecke i (Bild 3-7) $s_{\Delta Q,i}$ [%]	1,0	2,2	3,1	2,3
15	resultierende äquiv. Steigung (Gl. (3-2)) $s^*_{\Delta Q,i}$ [%]	1,0	2,2	3,3	1,0
16	erreichbare Kapazität (Tab. 3-2 bis 3-4 mit Zeile 10) C_i [Fz/h]	3500 ($s \leq 2\%$)	3375 (Interpolation $2\% < s < 3\%$)	3050 (Interpolation $3\% < s < 4\%$)	3500 ($s \leq 2\%$)
17	Auslastungsgrad (Gl. 3-1) a_i [-]	0,71	0,74	0,82	0,71
18	erreichbare Geschwindigkeit (Bilder 3-1 bis 3-6 mit Zeile 15) $V_{R,i}$ [km/h]	116 ($s \leq 2\%$)	114 (Interpolation $2\% < s < 3\%$)	104 (Interpolation $3\% < s < 4\%$)	116 ($s \leq 2\%$)
19	erreichbare Qualitätsstufe (Tab. 3-1) QSV _i [-]	C	C	D	C
20	Bewertung der QSV (Tab. 3-9) B_i [-]	3	3	2	3
21	Pkw-Reisegeschwindigkeit (Gl. (3-3)) $V_{R,Ges}$ [km/h]	112			
22	Bewertung der QSV (Gl. (3-4)) B_{Ges} [-]	2,6			
23	QSV nach B_{Ges} (Tab. 3-9) QSV _{Ges} [-]	C			

3.1.1.1.2. Knotenpunkte

Planfreie Knotenpunkte ergeben sich aus Verkehrswegen, die sich nicht in einer Ebene kreuzen. Die Berechnung der Qualität des Verkehrsablaufs erfolgt durch die drei Teilknotenpunkte:

- Ausfahrt
- Verflechtungsstrecken
- Einfahrt

Bei der Beurteilung der Qualität des Verkehrsablaufs eines planfreien Knotenpunktes werden die Teilknotenpunkte in der Regel zunächst einzeln betrachtet. Im HBS werden für jeden Teilknotenpunkt kritische Bereiche definiert. Für jeden dieser Bereiche wird eine Qualitätsstufe ermittelt, wobei die schlechteste für den Teilknotenpunkt maßgebend wird. Abschließend wird eine Qualitätsstufe für den gesamten Knotenpunkt in einer Richtung aus den Qualitätsstufen der Teilknotenpunkte ermittelt.

- Ausfahrten

Die Bemessungsverkehrsstärke ist eine Voraussetzung, um die Qualität des Verkehrsablaufs in Ausfahrten beurteilen zu können. Dabei werden im Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen drei kritische Bereiche für Ausfahrten definiert. Die angestrebte Qualität des Verkehrsablaufs gilt dann als erreicht, wenn in allen nachfolgend genannten Bereichen die erforderliche Qualitätsstufe erzielt wird:

- o Maximale Ausfädelungsverkehrsstärke
- o Kapazität der Ausfahrrampe
- o Kapazität der Hauptfahrbahn unterhalb der Ausfahrt

Die Kapazität der Ausfahrrampe und die maximale Ausfädelungsverkehrsstärke werden in der Regel zusammen betrachtet, während die Kapazität der Hauptfahrbahn unterhalb der Ausfahrt nur bei einer Fahrstreifensubtraktion entscheidend wirkt.

Die Kapazität der Ausfahrten unterscheidet sich je nach Ausfahrtstyp. Dieser wird in sechs Typen A 1 bis A 6 aufgeteilt. An durchgehenden Fahrbahnen werden in der Regel die Ausfahrtstypen A 1, A 2, A 3 und A 4 vorgesehen. Daher werden im HBS 2001 lediglich die Kapazitäten der letztgenannten vier Typen angegeben. Die Geometrie und die Fahrzeugströme werden wie folgt abgebildet:

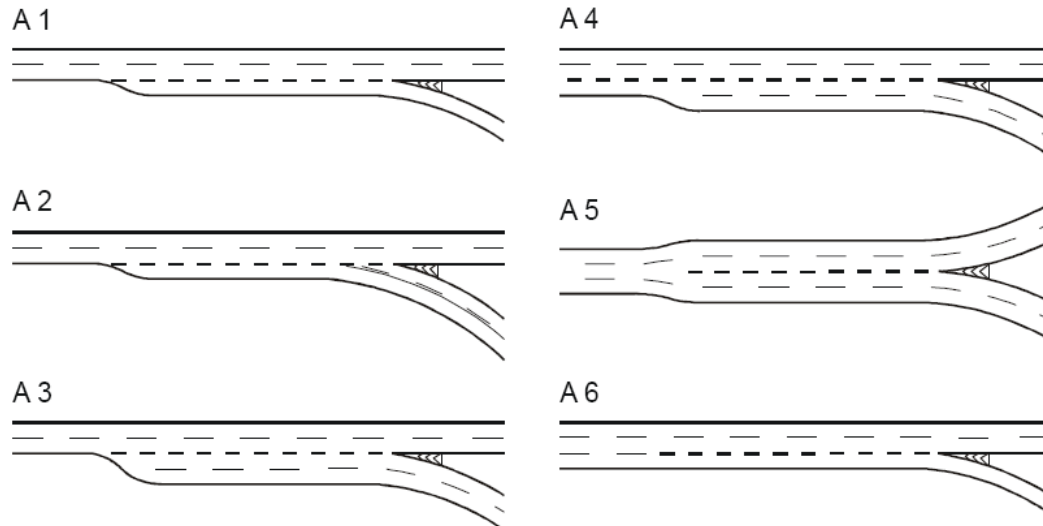


Abbildung 3-2: Ausfahrtstypen nach HBS.

Für jeden der genannten Ausfahrtstypen lassen sich die Qualitätsstufen anhand der zulässigen Verkehrsstärke in der Ausfahrt nach folgender Tabelle ermitteln.

Tabelle 3-5: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufes für Ausfahrten nach HBS.

QSV	Zulässige Verkehrsstärke in der Ausfahrt [Kfz/h]		
	Typ A 1	Typ A 2	Typ A 3, Typ A 4
A	≤ 450	≤ 770	≤ 900
B	≤ 830	≤ 1400	≤ 1650
C	≤ 1130	≤ 1910	≤ 2250
D	≤ 1350	≤ 2300	≤ 2700
E	≤ 1500	≤ 2550	≤ 3000
F	> 1500	> 2550	> 3000

- Verflechtungsstrecken

Bei der Beurteilung der Verkehrsqualität an Verflechtungsstrecken werden drei kritische Bereiche festgelegt. Die Kapazität der Verflechtungsstrecke lässt sich daher aus den Kapazitäten der folgenden Bereiche bestimmen:

- o Maximale Verflechtungsverkehrsstärke
- o Kapazität der Ausfahrrampe
- o Kapazität der Verteilerfahrbahn bzw. Hauptfahrbahn unterhalb der Verflechtungsstrecke.

Die zulässige Verflechtungsverkehrsstärke unterscheidet sich nach dem Typ der Verflechtungsstrecke. Dabei sind die Typen VR 1 und V1 bekannt (siehe Abbildung 3-3). Beim ersten Typ VR 1 handelt es sich um Strecken an Verteilerfahrbahnen und beim zweiten Typ V1 sind die Verflechtungsstrecken direkt an der Hauptfahrbahn angeordnet.

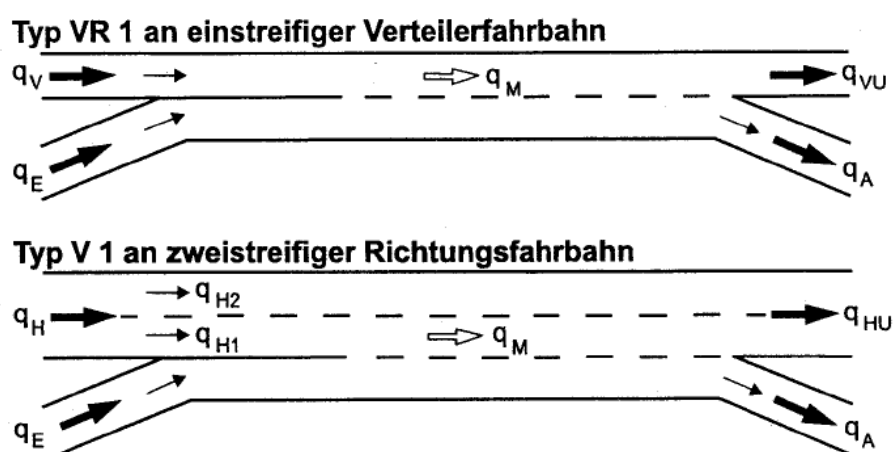


Abbildung 3-3: Typen von Verflechtungsstreifen nach HBS.

Die maximale Verflechtungsverkehrsstärke setzt sich für Typ VR1 aus der Verkehrsstärke der Verteilerfahrbahn oberhalb der Strecke sowie der Verkehrsstärke der einfahrenden Fahrzeuge zusammen. Beim Typ V1 ergibt sich die Verflechtungsverkehrsstärke aus der Verkehrsstärke des rechten Fahrstreifens oberhalb der Verflechtungsstrecke und der Verkehrsstärke der einfahren-

den Fahrzeuge. In Tabelle 3-6 sind die Grenzwerte für Kapazitäten angegeben, nach denen die Ermittlung der Qualitätsstufen im Verflechtungsbereich erfolgt.

Tabelle 3-6: Zulässige Verflechtungsverkehrsstärken nach dem HBS.

QSV	Zulässige Verflechtungsverkehrsstärke [Pkw-E/h]	
	Typ VR 1	Typ V 1
A	≤ 690	≤ 660
B	≤ 1270	≤ 1210
C	≤ 1730	≤ 1650
D	≤ 2070	≤ 1980
E	≤ 2300	≤ 2200
F	> 2300	> 2200

- Einfahrten

Die Qualität des Verkehrsablaufs in den Einfahrten wird anhand der Qualitätsstufen in zwei kritischen Bereichen beschrieben. In Einfahrten werden folgende Größen als kritisch betrachtet:

- o maximale Einfädelungsverkehrsstärke
- o Kapazität der Hauptfahrbahn unterhalb der Einfahrt

Die Einfädelungsverkehrsstärke ist maßgebend für den Verkehrsablauf beim Einfädelungsvorgang. Sie wird für die Einfahrtstypen E 1 und E 2 durch die Addition der Verkehrsstärke auf dem rechten Fahrstreifen der durchgehenden Fahrbahn zur Verkehrsstärke des einfahrenden Fahrzeugstroms bestimmt. Bei den Einfahrtstypen E 3 und E 5 ist der Nachweis wegen der Fahrstreifenaddition nicht notwendig (Abbildung 3-4).

Die Qualität des Verkehrsablaufs beim Einfädelungsvorgang wird durch den Vergleich der ermittelten Einfädelungsverkehrsstärken mit den zulässigen Einfädelungsverkehrsstärken festgelegt. Der Nachweis der Verkehrsqualität auf der Fahrbahn unterhalb der Einfahrten erfolgt nach der Methodik, die auch für freie Autobahnabschnitte verwendet wird. Die Bemessungsverkehrsstärke ergibt sich nach der folgenden Formel:

$$q_{HU} = q_H + q_E$$

wobei:

q_{HU} : Verkehrsstärke auf der Fahrbahn unterhalb der Einfahrt [Kfz/h]

q_H : Verkehrsstärke der durchgehenden Hauptfahrbahn oberhalb der Einfahrt [Kfz/h]

q_E : Verkehrsstärke des einfahrenden Fahrzeugstroms [Kfz/h]

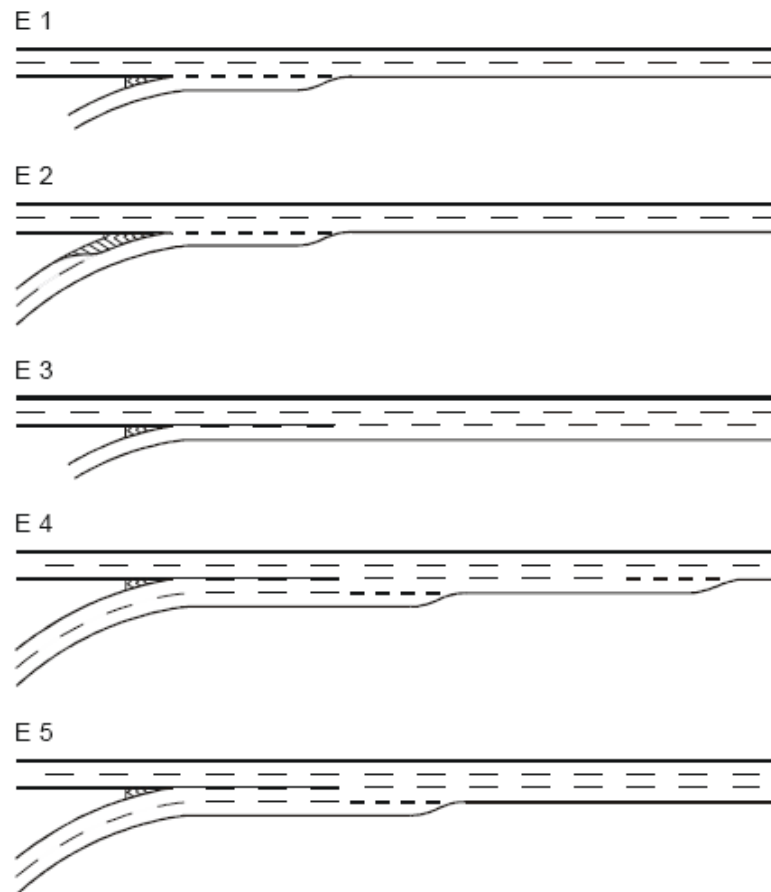


Abbildung 3-4: Einfahrtstypen nach HBS.

Das HBS stellt zur Bestimmung der Qualität des Verkehrsablaufs an planfreien Autobahnknotenpunkten ein Formblatt (Tabelle 3-7) zur Verfügung, in dem alle relevanten Einflussgrößen eingetragen werden und auf die entsprechenden Berechnungsvorschriften der Richtlinie Verwiesen wird. Im Zuge der Engpassanalyse für die A2 wurden nun für alle planfreien Autobahnknotenpunkte jeweils für die auf Grundlage der Daten des Verkehrsmodells für die Jahre 2005 und 2025 die Formblätter ausgefüllt und so die Qualitätsstufen ermittelt.

Tabelle 3-7: HBS-Formblatt für planfreie Knotenpunkte mit Beispielrechnung.

Formblatt 1: Erreichbare Qualität des Verkehrsablaufs an planfreien Knotenpunkten						
Planfreier Knotenpunkt:		Richtungsfahrbahn von W nach M				
Teilknotenpunkt Nr. j		1	2	3	4	5
1	Teilknotenpunktart (z. B. Ausfahrt)	Ausfahrt	Ausfahrt	Verflech.	Einfahrt	Einfahrt
2	Typ (z.B. A 1)	A1	A1	VR1	E1	E1
3	angestrebte Qualitätsstufe (Tabelle 4-1) $QSV_j [-]$	D	D	D	D	D
Haupt-/Verteilerfahrbahn oberhalb des Teilknotenpunkts						
4	Bemessungsverkehrsstärke $q_H, q_V [Kfz/h]$	3000	1000	500	900	2000
5	SV-Anteil (oberhalb) $b_{SV} [\%]$	10	10	10	10	10
6	maßgebende Verkehrsstärke $q_H, q_V [Pkw-E/h]$	3300	1100	550	990	2200
ausfahrende Verkehrsströme						
7	Bemessungsverkehrsstärke $q_A [Kfz/h]$	1000	500	500		
einfahrende Verkehrsströme						
8	Bemessungsverkehrsstärke $q_E [Kfz/h]$			900	200	1100
9	SV-Anteil (Einfahrt) $b_{SV} [\%]$			10	10	10
10	maßgebende Verkehrsstärke $q_E [Pkw-E/h]$			990	220	1210
Ausfahrt						
11	erreichbare Qualitätsstufe (Tabelle 4-2 mit Zeile 7) $QSV_{Aj} [-]$	C	B	B		
Verflechtungsstrecke						
12	maßgebende Verflechtungsverkehrsstärke (Gl. 4-2 mit Zeilen 6, 10 ¹) $q_M [Pkw-E/h]$			1540		
13	erreichbare Qualitätsstufe (Bild 4-5/4-6 mit Zeilen 6, 10 oder Tabelle 4-3 mit Zeile 12) $QSV_{Vj} [-]$			C		
Einfahrt						
14	maßgebende Einfädelungsverkehrsstärke (Gl. 4-4 mit Zeilen 6, 10 ¹) $q_M [Pkw-E/h]$				1210	-
15	erreichbare Qualitätsstufe (Bild 4-9 bis 4-11 mit Zeilen 6, 10 oder Tabelle 4-6 mit Zeile 14) $QSV_{Ej} [-]$				B	E
Qualität des Verkehrsablaufs der Haupt-/Verteilerfahrbahn unterhalb des Teilknotenpunkts						
16	Bemessungsverkehrsstärke (Zeile 4 – Zeile 7 + Zeile 8) $q_{HU}, q_{VU} [Kfz/h]$			900	1100	3100
17	SV-Anteil (unterhalb) $b_{SV} [\%]$			10	10	10
18	Anzahl der Fahrstreifen $n [-]$			1	1	2
19	Funktion und Lage			-	-	im BR
20	Geschwindigkeitsbeschränkung [km/h]			-	-	-
21	erreichbare Qualitätsstufe (Tabelle 4-7 bis 4-10) $QSV_{Hu,j} [-]$			B	C	D
22	erreichbare Qualitätsstufe des Teilknotenpunkts $QSV_j [-]$	C	B	C	C	E
23	erreichbare Qualitätsstufe $QSV_{Ges} [-]$	E				

3.1.1.2 Landstraßen

Für die Beurteilung der Verkehrsqualität auf Landstraßen nach Kapitel 5 des HBS wird vorausgesetzt, dass die Bemessungsverkehrsstärke in der Einheit Kraftfahrzeuge pro Stunde bekannt ist. Allerdings geht hier die Bemessungsverkehrsstärke für beide Fahrtrichtungen in die Berechnung ein.

Das Berechnungsverfahren sieht für Landstraßenabschnitte auch vor, dass Streckenabschnitte gebildet werden müssen. Die können aufgrund wechselnder Eigenschaften in Teilabschnitte aufgeteilt werden. Nachfolgend werden die Einflussgrößen näher erläutert.

3.1.1.2.1. Längsneigung

Die Fahrgeschwindigkeiten aller Fahrzeuge verringern sich in der Regel an Steigungsstrecken. Aus diesem Grund gehen Neigungen von größer als 2 % mit der Streckenlänge in die Berechnung ein. Bei Gefällestrassen wird für gewöhnlich nicht langsamer gefahren. Deswegen werden diese wie ebene Strecken behandelt.

Teilabschnitte mit einer Steigung > 2 % werden in verschiedene Steigungsklassen eingestuft. Dies erfolgt anhand der Beharrungsgeschwindigkeit. Dies meint die Geschwindigkeit, die auf der Strecke im Mittel erreicht wird.

3.1.1.2.2. Kurvigkeit und Überholverbote

Die Kurvigkeit hat einen großen Einfluss auf die Qualität des Verkehrsablaufs, da die gewählten Fahrgeschwindigkeiten sowie die Überholmöglichkeiten bei kleinen Radien aufgrund der schlechteren Sichtverhältnisse vermindert werden. Diese beiden Aspekte werden mit der folgenden Formel beschrieben:

$$KU_i = \frac{\sum_{j=1}^n |\gamma_j|}{L_i}$$

mit:

KU_i = Kurvigkeit [gon/ km]

γ_j = Winkeländerung im Lageplan [gon]

L_i = Länge des Abschnitts [km]

n = Anzahl der Fahrstreifen [-]

wobei:

Für Kreisbogen $\gamma_j = \frac{L}{2R}$ [25]

Für Klothoiden $\gamma_j = \frac{L^2}{2A^2}$ [25]

Bei Streckenabschnitten mit Überholverbot durch Verkehrszeichen 276 oder 295 StVO wird ein Zuschlag zur Kurvigkeit berechnet. Zu den weiteren Einflussgrößen gehört außerdem der Schwerverkehrsanteil, der über einen prozentualen Wert in das Berechnungsverfahren eingeht.

Die Qualitätsstufe eines Landstraßenabschnitts wird anhand der Verkehrsdichte ermittelt. Die ist das Verhältnis der Verkehrsstärke zur mittleren Pkw- Reisegeschwindigkeit. Die Einteilung der Qualitätsstufen in Abhängigkeit der Verkehrsdichte erfolgt nach Tabelle 3-8.

Tabelle 3-8: Grenzwerte der Verkehrsdichte für die Qualitätsstufen.

QSV	Verkehrsdichte [Kfz/h]
A	≤ 5
B	≤ 12
C	≤ 20
D	≤ 30
E	≤ 40
F	> 40

Das HBS stellt zur Bestimmung der Qualität des Verkehrsablaufs an Landstraßenabschnitten ein Formblatt (Tabelle 3-9) zur Verfügung, in dem alle relevanten Einflussgrößen eingetragen werden und auf die entsprechenden Berechnungsvorschriften der Richtlinie verwiesen wird. Im Zuge der Engpassanalyse für die B65 wurden nun für alle Abschnitte jeweils für die auf Grundlage der Daten des Verkehrsmodells für die Jahre 2005 und 2025 diese Formblätter ausgefüllt und so die Qualitätsstufen ermittelt.

Tabelle 3-9: HBS-Formblatt für Landstraßenabschnitte mit Berechnungsbeispiel.

Formblatt 1: Erreichbare Qualität des Verkehrsablaufs eines Landstraßenabschnitts					
Landstraßenabschnitt zwischen:		A und B			
Teilabschnitt Nr.		1	2	3	4
1	Straßenkategorie (RAS-N)	A II			
2	angestrebte Reisegeschwindigkeit V_B [km/h]	60			
3	Bemessungsverkehrsstärke q_B [Kfz/h]	1050			
4	Schwerverkehrsanteil b_{SV} [%]	5			
5	Querschnitt (RAS-Q)	RQ 10,5			
6	angestrebte Qualitätsstufe (Tab. 5-3) QSV_i [-]	C			
7	Länge eines Landstraßenabschnitts L_i [m]	3600	1000	3000	1000
8	Längsneigung (Höhenplan) s_i [%]	+ 1,0	+ 2,5	+ 3,5	- 1,0
9	geringste mittlere Geschwindigkeit des BSFz V [km/h]	80	73	47	80
10	Steigungsklasse (Tab. 5-1) [-]	1	1	3	1
11	Kurvigkeit (Gl. 5-1) KU [gon/km]	75	30	50	0
12	Streckenanteil mit Überholverbot [%]	15	20	10	0
13	Zuschlag zur Kurvigkeit (Tab. 5-2) [gon/km]	75	100	50	0
14	Kurvigkeit (Summe Lageplan + Zuschlag) [gon/km]	150	130	100	0
15	erreichbare Pkw-Reisegeschwindigkeit (Bilder 5-2 bis 5-6) $V_{R,i}$ [km/h]	62	62	59	78
16	Verkehrsdichte (= $q_{B,i}/V_{R,i}$) (Gl. 5-2) k_i [Kfz/km]	16,9	16,9	17,8	13,5
17	Qualitätsstufe des Teilabschnitts (Tab. 5-3 oder Bilder 5-2 bis 5-6) QSV_i [-]	C	C	C	C
18	mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit (Gl. 5-4) V_R [km/h]	62,3			
19	mittlere Verkehrsdichte (Gl. 5-5) k [Kfz/km]	16,8			
20	Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (Tab. 5-3) QSV_{Ges} [-]	C			

3.1.1.3 Datengrundlage

3.1.1.3.1. Verkehrsmodell Niedersachsen

Aus dem der NLStBV vorliegenden Verkehrsmodell Niedersachsen, dass auf dem Analysestand der Straßenverkehrszählung 2005 aufbaut und einen Prognosefall 2025 enthält, können Quell-/Zielmatrizen bzw. „Verkehrsspinnen“, die Aussagen über die Verkehrsstruktur im Zuge der BAB A2 erlauben, abgegriffen werden.

3.1.1.3.2. Prognose 2025

Das Verkehrsmodell Niedersachsen berücksichtigt die Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtung 2025 des BMVBS. Das Prognosenetz 2025 des Verkehrsmodells Niedersachsen beinhaltet alle Vorhaben des Vordringlichen Bedarfs (z.B. A 39 zwischen Wolfsburg und Lüneburg) und z. T. Vorhaben des Weiteren Bedarfs mit Planungsrecht nach dem aktuellen Bedarfsplan für die Bundesfernstraßen.

Die Verkehrsprognose 2025 wurde im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums von einem Forschungskonsortium unter der Führung von Intraplan Consult München durchgeführt. Bei dieser Verflechtungsprognose wurden Änderungen der Rahmenbedingungen wie die EU-Erweiterung berücksichtigt. Über die Änderungen der Infrastruktur wurden basierend auf dem Bundesverkehrswegeplan 2003 Annahmen über den Streckenausbau deutschlandweit bis zum Jahr 2025 getroffen. Die Prognose weist die Verflechtungsmatrizen für Personenfahrten auf Kreisebene für die Bezugshorizonte 2004 und 2025 aus. Für beide Horizonte wurden Personenfahrten je Fahrtzweck und Modus angegeben. Die Verflechtungsmatrizen der beiden Horizonte unterscheiden dabei verschiedene Fahrtzwecke, wie Beruf, Ausbildung, Einkauf oder Urlaub. Aus den Verflechtungsmatrizen wurden die notwendigen Eckwerte zum Verkehrsaufkommen und zur Verkehrsleistung für die einzelnen Fahrzeugsegmente Leichtverkehr LV (Pkw und Lieferwagen bis 3,5 t zGG), Schwerverkehr SV1 (zwischen 3,5 und 12 t zGG) und - Schwerverkehr SV2 (ab 12 t zGG) abgeleitet.

Zusätzlich wird die Strukturdatenprognose für 2025 für die Fortschreibung des Verkehrsmodells Niedersachsen mit herangezogen. Zu den zentralen sozioökonomischen Leitdaten gehören unter anderem Einwohneranzahl nach Altersklassen, Anzahl der Schüler, Studenten und Auszubildenden, Anzahl der Erwerbstätigen (am Arbeitsort) und Pkw-Bestand und Pkw-Dichte.

3.1.2 Ergebnisse A2

Mithilfe der HBS-Verfahren wurde die Qualität des Verkehrsablaufs auf der A2 bewertet. Die ermittelten Qualitätsstufen geben eine Aussage darüber, ob oder wie gut die vorhandenen Verkehrsstärken unter Berücksichtigung der geometrischen bzw. betrieblichen Einflussgrößen abgefertigt werden können. Die A2 im Bereich Niedersachsen wurde in 30 Streckenabschnitte unterteilt. Für jeden dieser Abschnitte wurde eine Qualitätsstufe in Fahrtrichtung Berlin und eine in Fahrtrichtung Dortmund ermittelt.

Auf der Bundesautobahn A 2 im Bereich Niedersachsen existieren 29 Knotenpunkte bzw. Anschlussstellen. Bei den meisten dieser Knotenpunkte handelt es sich um einfache Anschlussstellen mit einer Ausfahrt und einer Einfahrt in jeder Richtung. Für die Bewertung aller vorhandenen Knotenpunkte wurden Qualitätsstufen ermittelt. Dabei wird ein Knotenpunkt in Teilknotenpunkte (Einfahrt, Ausfahrt, Verflechtungsstrecke sofern vorhanden) unterteilt, für die ein „Level of Service“ separat ermittelt wird. Die schlechteste Qualitätsstufe eines Teilknotenpunktes ist für den gesamten Knotenpunkt bzw. die gesamte Anschlussstelle in einer Fahrtrichtung maßgebend.

3.1.2.1 Ist-Zustand 2005

Bei Betrachtung der ermittelten Qualitätsstufen wird deutlich, dass B die beste Qualitätsstufe ist, die auf der A2 erreicht wurde. Die Qualitätsstufe D überwiegt jedoch in den meisten Abschnitten. Die Qualitätsstufen A bis D wurden als Grün markiert, da dabei der Verkehrszustand bei kleinen Störungen stabil ist. Die Qualitätsstufen E und F sind demzufolge rot gekennzeichnet. Im Ballungsraum Hannover (zwischen der Anschlussstelle Wunstorf-Luthe und der Anschlussstelle Lehrte) sowie im Bereich Braunschweig (Anschlussstelle Braunschweig-Hafen bis Anschlussstelle Braunschweig-Ost) wurden Qualitätsstufen von E bzw. F erreicht. Beim Erreichen dieser beiden Stufen ist der Verkehrszustand instabil und eine gute Qualität des Verkehrsablaufs ist nicht vorhanden. Aus diesem Grund sind in diesen Bereichen schon zum jetzigen Zeitpunkt Maßnahmen zwingend erforderlich, um die Verkehrsqualität zu verbessern.

Bei der Ermittlung der Qualitätsstufen wurde bei den meisten Knotenpunkten festgestellt, dass die Kapazität der Hauptfahrbahn unterhalb des Knotenpunktes maßgebend für den Gesamtknotenpunkt ist.

Tabelle 3-10: QSV auf der A2 im Jahr 2005 – freie Streckenabschnitte.

2005	Richtung Berlin		Richtung Dortmund	
	Auslastung	QSV	Auslastung	QSV
Nordrhein- Westfalen - Bad Eilsen	0,68	C	0,71	C
AS Bad Eilsen - AS Rehren	0,62	C	0,64	C
AS Rehren- AS Lauenau	0,72	C	0,79	D
AS Lauenau- AS Bad Nenndorf	0,72	C	0,76	D
AS Bad Nenndorf - AS Wunstorf-Kolenfeld	0,77	D	0,82	D
AS Wunstorf Kolenfeld - AS Wunstorf-Luthe	0,80	D	0,84	D
AS Wunstorf-Luthe - AS Garbsen	0,95	E	1,00	E
AS Garbsen- AS H-Herrenhausen	0,96	E	0,99	E
AS H-Herrenhausen- Dreieck H-West	1,16	F	1,24	F
AD H-West - AS H/Langenhagen	0,90	D	0,93	E
AS H/Langenhagen - AS H-Bothfeld	1,02	F	0,99	E
AS H-Bothfeld - AS H-Lahe	0,93	E	0,93	E
AS H-Lahe - AK H-Buchholz	0,46	B	0,92	E
AK H-Buchholz - AK H-Ost	0,74	C	0,75	C
AK H-Ost- AS Lehrte	0,92	E	0,93	E
AS Lehrte - AS Lehrte Ost	0,76	D	0,78	D
AS Lehrte Ost - AS Hämeler Wald	0,76	D	0,82	D
AS Hämeler Wald - AS Peine	0,71	C	0,71	C
AS Peine-AS Peine -Ost	0,62	C	0,62	C
AS Peine-Ost- AS BS- Watenbüttel	0,74	C	0,74	C
AS BS-Watenbüttel - AS BS-Hafen	0,80	D	0,80	D
AS BS-Hafen - AK BS-Nord	0,90	D	0,89	D
AK BS-Nord - AS BS-Flughafen	0,96	E	0,96	E
AS BS-Flughafen - AS BS-Ost	0,88	D	0,89	D
AS BS-Ost- AK WOB/Königslutter	0,82	D	0,83	D
AK WOB/ Königslutter- AS Königslutter	0,75	C	0,75	C
AS Königslutter- AS Rennau	0,73	C	0,73	C
AS Rennau - AS Helmstedt West	0,73	C	0,73	C
AS Helmstedt West - AS Helmstedt Zentrum	0,70	C	0,70	C
AS Helmstedt Zentrum - Sachsen-Anhalt	0,64	C	0,64	C

Tabelle 3-11: QSV auf der A2 im Jahr 2005 – planfreie Knotenpunkte.

2005	Richtung Berlin	Richtung Dortmund
AS Bad Eilsen	C	C
AS Rehren	C	C
AS Lauenau	C	C
AS Bad Nenndorf	D	C
AS Wunstorf Kolenfeld	D	C
AS Wunstorf-Luthe	F	D
AS Garbsen	E	E
AS H-Herrenhausen	F	F
AD H-West	D	F
AS H/Langenhagen	F	F
AS H-Bothfeld	E	F
AS H-Lahe	F	D
AK H-Buchholz	F	F
AK H-Ost	F	D
AS Lehrte	E	F
AS Lehrte Ost	C	C
AS Hämeler Wald	C	C
AS Peine	B	C
AS Peine-Ost	C	B
AS BS-Watenbüttel	C	C
AS BS-Hafen	D	C
AK BS-Nord	F	F
AS BS-Flughafen	D	D
AS BS-Ost	D	D
AK WOB/ Königslutter	D	E
AS Königslutter	C	C
AS Rennau	C	C
AS Helmstedt West	C	C
AS Helmstedt Zentrum	C	C

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse des Ist-Zustandes 2005 für alle freien Streckenabschnitte und planfreien Knotenpunkte befindet sich im separaten Dokument *AnhangB_Engpassanalyse A2 2005.xlsx*. Die entsprechende Dokumentation ist in *PJ_TS_DokumentationAnhang-100120.doc* und im Anhang (vgl. Kapitel 10.2) zu finden.

3.1.2.2 Prognose 2025

Folgend sind die ermittelten Qualitätsstufen der Streckenabschnitte im Jahr 2025 dargestellt. Als Grundlage zur Bestimmung der Qualitätsstufen im Prognosejahr dienen Informationen der Niedersächsischen Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr bezüglich des Infrastrukturausbaus der A2. Diese besagen, dass bis 2025 von gleich bleibenden baulichen und betrieblichen Ausbau und Ausstattungsmerkmalen ausgegangen werden kann. In Folge wurde bei der Berechnung der Qualitätsstufen von konstanten Einflussgrößen (Anzahl der Fahrstreifen, Streckenbeeinflussungsanlagen, Geschwindigkeitsbeschränkungen. etc.) im Jahr 2025 ausgegangen.

Die Qualität des Verkehrsablaufs und die Leistungsfähigkeit der Knotenpunkte bzw. Anschlussstellen auf der Autobahn sind sehr stark von der Kapazität der Hauptfahrbahn unterhalb der Einfahrten abhängig. Aufgrund der im vorigen Abschnitt festgestellten Verschlechterung des Verkehrsablaufs auf den freien Abschnitten ist mit einer erheblichen Verschlechterung der Qualität des Verkehrsablaufs in den Knotenpunkten auf der Bundesautobahn A2 zu rechnen. Die Bewertung erfolgte wie für den Ist-Zustand auch für das Prognosejahr 2025 in beiden Fahrtrichtungen getrennt.

Bei Betrachtung der aufgelisteten Ergebnisse wird deutlich, dass sich der Verkehrsablauf auf der Bundesautobahn A2 im Jahr 2025 unter den gegebenen Umständen erheblich verschlechtern

wird. Die Steigerung der Verkehrsbelastung bis zum Jahr 2025 ist dabei als der Hauptgrund für diese Verschlechterung anzusehen.

Die Berechnungen zeigen, dass im Raum Hannover von einer starken Überlastung der Strecke in beiden Fahrtrichtungen ausgegangen werden muss. Für viele Streckenabschnitte wurde die Qualitätsstufe F ermittelt. Dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass die Autobahn in dem Bereich zwischen Wunstorf-Luthe und Hannover/Langenhagen bereits im heutigen Zustand überlastet ist (Qualitätsstufe E bzw. F).

Ab der Anschlussstelle Wunstorf-Luthe bis zur Landesgrenze Nordrhein-Westfalen wird sich der Verkehrszustand drastischer verschlechtern als auf allen anderen Streckenabschnitten. Hier fallen die Qualitätsstufen C/D (stabiler Verkehrszustand) auf E/F (Strecke ist überlastet und nicht leistungsfähig) ab.

Tabelle 3-12: QSV auf der A2 im Jahr 2025 – freie Streckenabschnitte.

2025	Richtung Berlin		Richtung Dortmund	
	Auslastung	QSV	Auslastung	QSV
Nordrhein- Westfalen - Bad Eilsen	0,97	E	1,03	F
AS Bad Eilsen - AS Rehren	0,97	E	0,96	E
AS Rehren- AS Lauenau	0,95	E	1,02	F
AS Lauenau- AS Bad Nenndorf	0,92	D	0,97	E
AS Bad Nenndorf - AS Wunstorf-Kolenfeld	0,93	E	1,00	E
AS Wunstorf Kolenfeld - AS Wunstorf-Luthe	0,93	E	0,99	E
AS Wunstorf-Luthe - AS Garbsen	1,07	F	1,14	F
AS Garbsen- AS H-Herrenhausen	1,04	F	1,09	F
AS H-Herrenhausen- Dreieck H-West	1,30	F	1,40	F
AD H-West - AS H/Langenhagen	0,99	E	1,01	F
AS H/Langenhagen - AS H-Bothfeld	1,07	F	1,08	F
AS H-Bothfeld - AS H-Lahe	1,00	E	1,00	E
AS H-Lahe - AK H-Buchholz	0,56	C	0,99	E
AK H-Buchholz - AK H-Ost	0,81	D	0,81	D
AK H-Ost- AS Lehrte	1,02	F	1,03	F
AS Lehrte - AS Lehrte Ost	0,91	E	0,92	E
AS Lehrte Ost - AS Hämeler Wald	0,94	E	1,01	F
AS Hämeler Wald - AS Peine	0,86	D	0,87	D
AS Peine-AS Peine -Ost	0,75	C	0,76	D
AS Peine-Ost- AS BS- Watenbüttel	0,90	D	0,85	D
AS BS-Watenbüttel - AS BS-Hafen	0,95	E	0,97	E
AS BS-Hafen - AK BS-Nord	1,02	F	1,02	F
AK BS-Nord - AS BS-Flughafen	1,01	F	1,01	F
AS BS-Flughafen - AS BS-Ost	0,95	E	0,96	E
AS BS-Ost- AK WOB/Königslutter	0,79	D	0,81	D
AK WOB/ Königslutter- AS Königslutter	0,98	E	1,00	F
AS Königslutter- AS Rennau	0,96	E	0,97	E
AS Rennau - AS Helmstedt West	0,94	E	0,95	E
AS Helmstedt West - AS Helmstedt Zentrum	0,97	E	0,98	E
AS Helmstedt Zentrum - Sachsen-Anhalt	0,92	E	0,93	E

Tabelle 3-13: QSV auf der A2 im Jahr 2025 – planfreie Knotenpunkte.

2025	Richtung Berlin	Richtung Dortmund
AS Bad Eilsen	D	D
AS Rehren	D	D
AS Lauenau	D	E
AS Bad Nenndorf	D	D
AS Wunstorf Kolenfeld	D	E
AS Wunstorf-Luthe	F	E
AS Garbsen	E	F
AS H-Herrenhausen	F	F
AD H-West	E	F
AS H/Langenhagen	F	F
AS H-Bothfeld	E	F
AS H-Lahe	F	E
AK H-Buchholz	F	F
AK H-Ost	F	D
AS Lehrte	D	F
AS Lehrte Ost	D	D
AS Hämeler Wald	D	D
AS Peine	C	D
AS Peine-Ost	D	B
AS BS-Watenbüttel	D	D
AS BS-Hafen	E	D
AK BS-Nord	F	F
AS BS-Flughafen	E	E
AS BS-Ost	D	D
AK WOB/ Königslutter	F	F
AS Königslutter	D	E
AS Rennau	D	D
AS Helmstedt West	D	D
AS Helmstedt Zentrum	D	D

Es ist anhand der ermittelten Qualitätsstufen festzustellen, dass sich die Verschlechterung der Qualität des Verkehrsablaufs auf den freien Autobahnabschnitten auch auf die Knotenpunkte negativ auswirkt. Bei Betrachtung der Formblätter ist festzustellen, dass die Ausfahrten in Anschlussstellen im Prognosejahr ähnlich wie im Ist-Zustand leistungsfähig sind und meist eine gute Qualität des Verkehrsablaufs erzielt wird. Allerdings führt die Überlastung der Hauptfahrbahnen unterhalb der Einfahrten oft zu schlechteren Qualitätsstufen des Einfädelungsvorgangs. Bei manchen Anschlussstellen wie beispielsweise der Anschlussstelle Lauenau (Richtung Dortmund) wurde trotz eines stabilen Einfädelungsvorgangs (D) Qualitätsstufen E für den Gesamtknotenpunkt erreicht. In diesem Fall ist dies auf die Qualitätsstufe der Hauptfahrbahn unterhalb der Einfahrt zurückzuführen.

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse der Prognose 2025 für alle freien Streckenabschnitte und planfreien Knotenpunkte befindet sich im separaten Dokument *AnhangC_Engpassanalyse A2 2025.xlsx*. Die entsprechende Dokumentation ist in *PJ_TS_Dokumentation_Anhang-100120.doc* und im Anhang (vgl. Kapitel 10.3) zu finden.

3.1.3 Ergebnisse B65

Der erste Abschnitt zwischen der Anschlussstelle Bad Nenndorf und der Lichtsignalanlage Ronnenberg wird nach dem Verfahren für Landstraßenabschnitte bewertet. Der zweite Abschnitt ab dem Knotenpunkt Nenndorfer Straße bis zur Anschlussstelle Anderten wird nach dem Verfahren für Autobahnabschnitte bewertet.

Der erste Abschnitt der B65 wurde in 11 Streckenabschnitte unterteilt, für die jeweils eine Qualitätsstufe ermittelt wurde. Der zweite Abschnitt der B65 mit Autobahncharakteristik ist in 12 Abschnitte unterteilt.

Da als Datengrundlage für die Untersuchungsstrecke nur Daten des Verkehrsmodells Niedersachsen zur Verfügung standen und dieses für die Knotenströme der entlang der B65 befindlichen Knotenpunkte nur unzureichend genaue Werte liefert, beschränkt sich die Analyse auf die freien Streckenabschnitte. Eine Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Knotenpunkte ist auf Basis der vorliegenden Daten nicht möglich.

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse, sowohl bzgl. des Ist-Zustandes 2005 als auch der Prognose 2025 für alle Abschnitte der B65, sowie ein Streckenband zur Visualisierung und eine Zusammenfassung befinden sich im separaten Dokument *AnhangD_Engpassanalyse+Streckenband B65+Zusammenfassung.xlsx*. Die entsprechende Dokumentation ist in *PJ_TS_Dokumentation_Anhang_100120.doc* und im Anhang (vgl. Kapitel 10.4) zu finden.

3.1.3.1 Ist-Zustand 2005

Die Bewertung des Landstraßenabschnitts der B65 hinterlässt einen insgesamt positiven Eindruck für den Ist- Zustand. In jedem der Teilabschnitte wurde die Qualitätsstufe C bzw. D erreicht. Der autobahnähnliche Abschnitt der Bundesstraße 65 ist im heutigen Zustand geringfügig belastet, was sich in einer guten Qualität des Verkehrsablaufs widerspiegelt. Auf allen Abschnitten herrscht ein freier bzw. stabiler Verkehrszustand. Diese Bewertung gilt sowohl für die freien Abschnitte in Fahrtrichtung Hannover bzw. Lehrte als auch für die Abschnitte in Fahrtrichtung Bad Nenndorf, da auf beiden Richtungsfahrbahnen die gleichen Einflussgrößen und die gleichen Verkehrsstärken herrschen. Nur im Bereich des Übergangs vom zwei- zum vierstreifig ausgebauten Streckenabschnitt ist ein kurzer Abschnitt zu verzeichnen, der nur eine Qualitätsstufe E aufweist.

Tabelle 3-14: QSV auf der B65 im Jahr 2005 – freie Streckenabschnitte.

Zusammenfassung Engpassanalyse B65		2005		
Streckenabschnitt		DTV	Schwer- verkehr DTV	QSV
von	bis	[Kfz/24h]	[Fz/24h]	
A2	L391	11543	976	C
L391	Heerstraße	10011	813	C
Heerstraße	L392	10973	894	C
L392	K241	10109	813	C
K241	K245	13810	894	C
K245	L390	12815	976	C
L390	L401	11853	894	C
L401	K230	14381	976	D
K230	K232	17169	1220	D
K232	K233	19403	1301	E
K233	Nenndorfer Str.	18392	976	D
Nenndorfer Str.	In der Beschen	16911	976	A
In der Beschen	K235	15723	1220	A
K235	Bornumer Str.	25317	1951	B
Bornumer Str.	Tönniesbergkreisel	22184	1951	A
Tönniesbergkreisel	Ricklinger Kreisel	23616	1951	A
Ricklinger Kreisel	Landwehrkreisel	44042	4472	C
Landwehrkreisel	L393	33250	4065	B
L393	Messeschnellweg	54207	4878	C
Messeschnellweg	L389	36759	3008	B
L389	K62	32658	2846	B
K62	L382	27156	2358	B
L382	A7	27881	2276	B

3.1.3.2 Prognose 2025

Der Verkehrszustand in den bewerteten Abschnitten wird auch im Prognosejahr stabil und nahezu frei sein. Die Qualitätsstufen haben sich im Vergleich zum Ist-Zustand zwar nicht verschlechtert, aber bei genauer Betrachtung der Formblätter wird deutlich, dass größere Verkehrsdichten in den Bereichen herrschen. In der folgenden Tabelle werden die Qualitätsstufen für die freien Abschnitte im Jahr 2025 dargestellt.

Tabelle 3-15: QSV auf der B65 im Jahr 2025 – freie Streckenabschnitte.

Zusammenfassung Engpassanalyse B65		2025		
Streckenabschnitt		DTV	Schwer- verkehr DTV	QSV
von	bis	[Kfz/24h]	[Fz/24h]	
A2	L391	11901	1138	C
L391	Heerstraße	11135	1057	C
Heerstraße	L392	11445	976	C
L392	K241	10662	976	C
K241	K245	14951	1057	D
K245	L390	13369	1138	C
L390	L401	12114	1057	C
L401	K230	14658	1057	D
K230	K232	17658	1220	D
K232	K233	19500	1301	E
K233	Nenndorfer Str.	18409	894	D
Nenndorfer Str.	In der Beschen	16919	894	A
In der Beschen	K235	15283	1138	A
K235	Bornumer Str.	24439	1789	B
Bornumer Str.	Tönniesbergkreisel	21297	1870	A
Tönniesbergkreisel	Ricklinger Kreisel	22371	1870	A
Ricklinger Kreisel	Landwehrkreisel	41348	4553	B
Landwehrkreisel	L393	29442	3659	B
L393	Messeschnellweg	50162	5041	C
Messeschnellweg	L389	36564	3171	B
L389	K62	32210	2846	B
K62	L382	26700	2439	B
L382	A7	27881	2276	B

3.2 Entwurfstechnische und infrastrukturelle Aspekte

3.2.1 Entwurfparameter und Linienführung

Die Dimensionierung der Entwurfselemente für die Linienführung von Autobahnen erfolgt nach den Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA, FGSV 2008) auf der Grundlage von Sicherheitserwägungen und fahrdynamischen Berechnungen. Die RAA unterteilen Autobahnen in 4 Entwurfsklassen, von denen die Untersuchungsstrecke der höchsten Klasse EKA1A (Fernautobahnen) zuzuordnen ist. Den Entwurfselementen für die (knotenpunkt-) freie Strecke solcher Autobahnen liegt die Forderung nach sicherer Fahrt bei nasser Fahrbahn mit einer Geschwindigkeit von 130 km/h zugrunde. Aus dieser Forderung leiten sich die fahrdynamisch begründeten Mindesttrassierungsparameter ab.

Die Untersuchungsstrecke in ihrer heutigen Form wurde vor der Herausgabe der aktuellen RAA (FGSV 2008) fertig gestellt. Es wurde daher überprüft, ob die Trassierungsparameter in Lage- und Höhenplan den Forderungen der RAA entsprechen. Dabei ist neben der Einhaltung der Mindestwerte nach aktuellem Stand auch zu berücksichtigen, dass die Strecke in weiten Teilen mit höheren Geschwindigkeiten als 130 km/h befahren wird.

Über die Einhaltung fahrdynamischer Grenzwerte hinaus beschreiben die RAA auch fahrpsychologisch begründete Höchstwerte sowie Elementkonstellationen, die die Wahrnehmung der Strecke durch den Fahrer negativ beeinträchtigen können und daher zu vermeiden sind. Als sicherheitsrelevante Beispiele wurden lange Geraden angesehen - diese erschweren das Abschätzen von Geschwindigkeit und Abstand vorausfahrender oder nachfolgender Fahrzeuge und verleiten zu hohen Geschwindigkeiten. Defizite in der räumlichen Linienführung wirken sich hingegen vor allem optisch unbefriedigend aus, werden jedoch auf Autobahnen nicht als sicherheitsrelevant angesehen. Gravierende Defizite, die zu einer falschen Wahrnehmung der Strecke führen können, wurden anhand der Vermessungsdaten nicht festgestellt.

Konkret wurden aus den Vorgaben der RAA die folgenden Überprüfungskriterien für die Linienführung festgelegt:

- Linienführung im Lageplan
 - Einhaltung des Mindestradius von Kreisbögen ($\min R = 900 \text{ m}$) bzw.
 - Einhaltung des Mindestradius von Kreisbögen im Anschluss an lange Geraden ($\min R = 1.300 \text{ m}$ bei Geradenlänge $L \geq 500 \text{ m}$) in Abschnitten ohne Geschwindigkeitsbeschränkung,
 - Einhaltung der empfohlenen Höchstlänge von Geraden ($L = 2.000 \text{ m}$)
- Linienführung im Höhenplan
 - Einhaltung der empfohlenen Höchstlängsneigung ($\max s = 4.0 \text{ \%}$)
 - Einhaltung von Mindestkuppenhalbmessern ($\min H_K = 13.000 \text{ m}$)
- Knotenpunkte
 - ausreichende Länge der Verzögerungs- und Beschleunigungstreifen (Länge des effektiven Verflechtungsbereichs $\geq 250 \text{ m}$)

Weitere sicherheitsrelevante Faktoren sind vorhandene Sichtweiten, die in Beziehung zur erforderlichen Haltesichtweite analysiert werden können, sowie Querschnittsmaße (ausreichende Fahrstreifenbreiten, Vorhandensein und Breite von Standstreifen). Da Planung und Ausbau der Strecke in jüngerer Vergangenheit erfolgten und auch in der Fortschreibung des Regelwerks seitdem keine wesentlichen Änderungen bezüglich dieser Parameter stattgefunden haben, ist hier von weitgehender Regelwerkskonformität auszugehen. Die Ansicht der Befahrungsbilder und Vermessungen in Bereichen geringer Kuppenhalbmesser bestätigen diese Annahme. Es wurden weder Bereiche unzureichender Sichtweiten noch zu schmale Querschnitte festgestellt. Aus der Analyse des Unfallgeschehens oder anderen Untersuchungsteilen sind keine Hinweise auf einen Zusammenhang mit mangelnder Sicht oder unzureichende Querschnittsabmessungen erkennbar.

3.2.2 Straßenzustand

Zur Beurteilung des Straßenzustands stehen die Messdaten der routinemäßig durchgeführten „Zustandserfassung und Bewertung von Straßen“ (ZEB-Daten) von 2005 sowie von 2009 (linker und rechter Fahrstreifen) zur Verfügung. Die Daten liegen jeweils als gemittelte Werte über 100m-Bereiche vor. Aus der Menge der daraus zur Verfügung stehenden Messwerte kann für die folgenden Parameter ein möglicher Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen abgeleitet werden:

- allgemeine Unebenheit,
- mittlere Spurrinnentiefe,
- mittlere fiktive Wassertiefe sowie
- Griffbarkeit.

Ungünstige Werte der allgemeinen Unebenheit können sich generell negativ auf die Fahrdynamik schnell fahrender Fahrzeuge auswirken. Aus theoretischer Sicht erscheint deshalb ein Zusammenhang insbesondere mit Fahrunfällen möglich. Ähnlich gilt dies für tiefe Spurrinnen, in denen sich zudem Niederschlagswasser sammeln kann. Darüber gibt die aus den Messdaten errechnete fiktive Wassertiefe Aufschluss. Hier erscheint deshalb zusätzlich eine Überlagerung mit Nässe- bzw. Glätteunfällen zielführend, ebenso wie bei schlechten Zustandswerten der Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche.

Neben den Zustandsdaten liegen die Bauweisen der Deckschichten sowie die Einbauzeiträume der offenporigen Asphaltdeckschichten bis einschließlich 2006 vor. Spätere Erneuerungsmaßnahmen können demzufolge hier nicht berücksichtigt werden. Die Untersuchungsstrecke weist die Bauweisen Splittmastixasphalt (SMA), offenporiger Asphalt (OPA) sowie Beton auf. Tabelle 3-16 zeigt die Streckenanteile der einzelnen Bauweisen nach dieser Datenlage.

Tabelle 3-16: Streckenanteile der unterschiedlichen Bauweisen.

Deckschicht	Länge [m]	Anteil an Gesamtlänge [%]
SMA	~ 60.000	37.50
OPA	~ 94.000	58.75
Beton	~ 6.000	3.75
alle	~ 160.000	100.00

3.2.3 Methodisches Vorgehen

3.2.3.1 Streckengeometrie und fotografische Dokumentation

Die Grundlage für die Bewertung der in Abschnitt 0 aufgeführten Belastungsfaktoren bildet eine kinematische Vermessung der Gesamtstrecke. Sie erfolgte mit dem schnell fahrenden Messsystem UNO der TU Dresden. Kernsystem des Fahrzeugs ist das hochgenaue Applanix POS-LV420-System, das aus zwei GPS-Receivern, einem Inertialsystem und einem Wegstreckensensor besteht (Abbildung 3-5). Unter optimalen Bedingungen, wie sie im Falle der A2 bestehen, beträgt die Genauigkeit der Positionsbestimmung absolut 1 dm. Neben dem Positionierungssystem sind auf dem Dach des Trägerfahrzeugs zwei digitale Stereokameras installiert, die wegbezogen und synchron Bilder des voraus liegenden Fahrraums aufnehmen. Beide Kameras sind kalibriert und stehen damit für spätere Vermessungsaufgaben von Einzelobjekten, Breiten oder Entfernungen und zur visuellen Bewertung der Straßenräume zur Verfügung. So können beispielsweise die Standorte der Beschilderung und der seitliche Abstand vorhandener Schutzeinrichtungen aus den Bildern gemessen werden.



Abbildung 3-5: Messfahrzeug UNO.

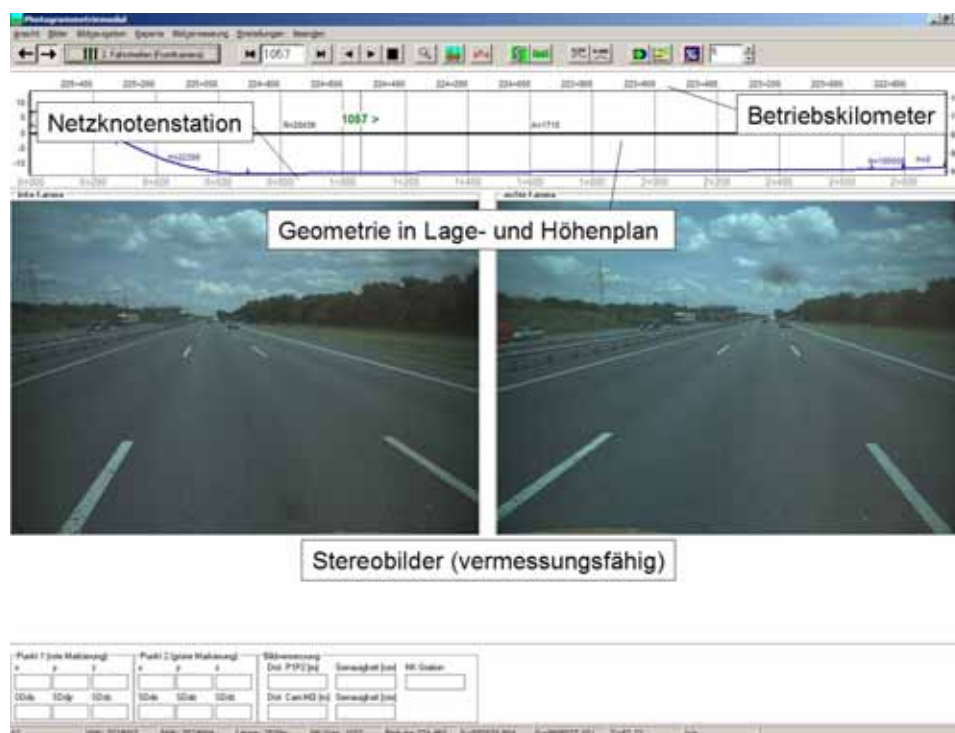


Abbildung 3-6: Visualisierungssoftware RoadView - Darstellung der fotografischen Dokumentation.

Die Strecke wurde in beiden Richtungen 2x befahren, je einmal auf dem rechten und auf dem mittleren Fahrstreifen. Zur Erhöhung der Vermessungsgenauigkeit wurden die aufgezeichneten GPS-Positionen mit Hilfe von SAPOS-Korrekturdaten verbessert. Vermessungsfähige, georeferenzierte Stereobilder wurden jeweils alle 10 m aufgenommen. Aus den Befahrungen in beiden Richtungen wurde rechnerisch die Mittelachse der A2 bestimmt. Damit liegt die Linienführung der Gesamtstrecke als Punktfolge (Punktabstand: 1 m) und fotografisch dokumentiert vor.

Die georeferenzierten Geometriedaten und Bilder wurden in das vorhandene Netzknotensystem überführt und der Betriebskilometrierung zugeordnet. Eine Überlagerung mit Daten aus anderen Erhebungen, wie z.B. Unfall- oder Zustandsdaten sowie Messungen ist damit möglich. Dafür wurde die an der TU Dresden entwickelte Software *RoadView* genutzt. Die Software stellt eine Datenbankstruktur zur Analyse der Geometrie, zur Betrachtung und Vermessung der Strecke anhand der Stereobilder sowie zur Überlagerung mit weiteren Daten bereit. Anhand der Aufteilung in Netzknotenabschnitte ist ein einfaches und schnelles Navigieren innerhalb der Untersuchungsstrecke möglich (Abbildung 3-6). Zur übersichtlicheren Darstellung wurden die Daten zusätzlich in einem GIS-System hinterlegt (siehe Zwischenbericht).

3.2.4 Datenanalyse

3.2.4.1 Unfallkenngrößen

Für die Bewertung des Unfallgeschehens stehen die Unfalldaten der Jahre 2005 bis 2008 zur Verfügung. Diese wurden für die streckenbezogene Analyse um jene Unfälle bereinigt, die sich in Baustellen ereigneten, da dort andere Randbedingungen gelten und Einflussfaktoren wirken. Bei der Berechnung zeit- und längenbezogener Kenngrößen wurden die entsprechenden Abschnitte und Zeiträume von Baustellen ebenfalls nicht berücksichtigt, um Verzerrungen auszuschließen.

Zur Analyse des Unfallgeschehens allgemein und für den Vergleich unterschiedlicher Streckenabschnitte oder Ausprägungsformen stehen aus der Literatur die folgenden, maßgebenden Unfallkenngrößen zur Verfügung:

- Die Unfalldichte beschreibt die durchschnittliche Anzahl der Unfälle, die in einem Betrachtungszeitraum auf 1 km Straßenlänge entfallen und kann somit als Maß für die Unfallhäufigkeit einer Strecke angesehen werden.
- Die Unfallrate bezieht die Anzahl der Unfälle auf eine Fahrleistung von 1 Mio Kfz/km und beschreibt damit das (fahrleistungsbezogene) Risiko des Verkehrsteilnehmers, in einen Unfall verwickelt zu werden.
- Unfallkostendichten beziffern die durchschnittlichen volkswirtschaftlichen Kosten durch Verkehrsunfälle, die auf 1 km der Strecke entstehen.
- Unfallkostenraten geben die entsprechenden volkswirtschaftlichen Kosten fahrleistungsbezogen (pro 1.000 Kfz/km) an.

Es werden also sowohl strecken- als auch fahrleistungsbezogene Größen angegeben. Durch einen Vergleich zwischen den Absolutwerten und den kostenbezogenen Zahlen können Rückschlüsse auf die Unfallfolgen gezogen werden: Eine geringe Unfalldichte bei gleichzeitig hoher Unfallkostendichte weist z.B. auf schwere Unfallfolgen hin.

Zur Erkennung unfallauffälliger Bereiche stehen zwei gebräuchliche und methodisch abgesicherte Verfahren der Verkehrssicherheitsforschung zur Verfügung:

- Sicherheitspotenzial / vermeidbare Unfallkosten nach ESN (FGSV 2003) und
- Bestimmung von Unfallhäufungsstellen und Unfallhäufungslinien nach dem Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 2 (2002).

Das Sicherheitspotenzial eines Straßenabschnitts ist nach ESN (FGSV 2003) definiert als Unterschied zwischen den Unfallkosten (Anzahl und Schwere der Unfälle), die bei richtliniengerechtem Ausbau zu erwarten wären, und den vorhandenen Unfallkosten. Als Vergleichsgrundlage geben die ESN eine Grundunfallkostenrate gUKR für Autobahnen von 11 € / 1.000 Kfz/km an (Unfälle der Kat. 1 bis 4 und 6 stehen zur Verfügung). Zur Berechnung der tatsächlichen Unfallkosten auf der A2 stehen Unfallkostensätze zur Verfügung, die nach Bundesländern und Straßenkategorien gestaffelt sind und deren Verunglücktenstruktur berücksichtigen. Die Unfallkostensätze für Autobahnen in Niedersachsen sind Tabelle 3-17 zu entnehmen.

Tabelle 3-17: Unfallkostensätze für Autobahnen in Niedersachsen (ESN, FGSV 2003).

Unfallkategorie		Unfallkostensätze [€/U] - Preisstand
1+2	Unfall mit schwerem Personenschaden	335.000
3	Unfall mit leichtem Personenschaden	31.000
4+6	Schwerwiegender Unfall mit Sachschaden	18.500
5	Sonstiger Unfall mit Sachschaden	8.000
4+5+6	Unfall mit Sachschaden	10.500

Die tatsächlichen Unfallkostenraten werden auf dieser Basis (und unter Zugrundelegung der DTV-Werte aus den Zählstellen) für jeden Netzknotenabschnitt berechnet. Durch den Vergleich mit der Grundunfallkostenrate ist eine generelle Einordnung der Unfallbelastung der Untersuchungsstrecke möglich; der Vergleich der einzelnen Netzknotenabschnitte untereinander zeigt unfallträchtige Bereiche, die eine vertiefende Analyse erfordern. Betrachtet man die Differenz der tatsächlichen Unfallkosten eines Streckenabschnitts im Vergleich zum statistisch zu erwartenden Mittel bei richtliniengerechtem Ausbau, so erhält man die vermeidbaren Unfallkosten dieses Abschnitts. (Dies entspricht dem Sicherheitspotenzial unter Vernachlässigung des Längenbezugs). Dadurch lässt sich der zu erwartende volkswirtschaftliche Nutzen von Verbesserungsmaßnahmen quantifizieren.

Das zweite Verfahren zur Detektion von Unfallhäufungsstellen und -linien orientiert sich an der optischen Unfalldichte. Diese kann aus den im Rahmen des Projektes angelegten Visualisierungen der Unfalldaten beurteilt werden. Eine Unfallhäufungsstelle liegt demnach vor, wenn (mindestens) einer der in Tabelle 3-18 aufgeführten Grenzwerte erreicht wird.

Tabelle 3-18: Grenzwerte für Unfallhäufungsstellen (GDV / ISK 2003).

Unfalltypen - Steckkarte	Grenzwert Anzahl Unfälle	Betrachtungszeitraum
1-Jahres-Karte	5 gleichartige	12
3-Jahres-Karte (P)	5	36
3-Jahres-Karte (SP)	3	36

Eine Unfallhäufungslinie besteht nach GDV / ISK (2003), wenn sich innerhalb des 3-Jahreszeitraumes auf einer Streckenlänge von 3 km 3 oder mehr Unfälle mit schwerem Personenschaden ereignen. Für die vorliegende Untersuchung wurde diese Methodik dahingehend angepasst, dass eine Unfallhäufungslinie mehr als 4 Unfälle mit schwerem Personenschaden enthält, da ein 4-Jahreszeitraum betrachtet wird.

3.2.4.2 Entwurfparameter

Die Nachtrassierung der Mittelachse in Lage- und Höhenplan bildet die Grundlage für die Bewertung der Belastungsfaktoren der Linienführung. Im Ergebnis der Nachtrassierung liegen die folgenden Geometriedaten vor:

Lageplan:

- Geradenlängen
- Kreisbogenradien
- Übergangsbogenparameter

Höhenplan:

- Längsneigungen
- Ausrundungshalbmesser (Kuppen und Wannen)

Die Parameter wurden im Hinblick auf Übereinstimmung mit (bzw. Abweichung von) den Vorgaben des Entwurfsregelwerks RAA (FGSV 2008) grundsätzlich überprüft (vgl. Abschnitt 3.2.1). Es wurden alle Bereiche gekennzeichnet, in denen Abweichungen auftreten, und hinsichtlich der dort aufgetretenen Unfälle analysiert. Dies erfolgte zunächst anhand des Vergleichs der ermittelten Unfallkenngrößen mit den Mittelwerten der Gesamtstrecke. Zeigten sich dabei Überschreitungen der Mittelwerte, wurden die Unfälle einer Einzelanalyse hinsichtlich ihrer Entstehung und Umstände unterzogen.

Ein weiterer Untersuchungsschwerpunkt betrifft die Knotenpunkte. Aufgrund der hohen Verkehrsstärken auf der Hauptfahrbahn bei gleichzeitig hohem Schwerverkehrsanteil und der ebenfalls starken Verkehrsströme in zahlreichen Aus- und Einfahrten (vgl. Abschnitt 3.2.1) sind teilweise Schwierigkeiten beim Aus- und Einfädeln zu vermuten. Es wurde deshalb überprüft, ob die Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen der Anschlussstellen ausreichende Längen aufweisen. Nach den RAA beträgt die Mindestlänge dieser Streifen 250 m, die als reiner Verflechtungsbereich ausgewiesen werden (gestrichelte Markierung). Teilweise ist es auch üblich, vor dem eigentlichen Verflechtungsbereich eine durchgezogene Markierung anzubringen, um (im Falle von Beschleunigungsstreifen) vor dem eigentlichen Verflechtungsvorgang ein paralleles Fahren sicherzustellen. Damit soll ein zu schnelles Einfahren ohne ausreichende Orientierung und ein mögliches Übersehen des durchfahrenden bzw. einfahrenden Verkehrs vermieden werden. Ebenso wird am Ende des Ausfahrstreifens eine durchgezogene Markierung angeordnet, um in diesem Bereich keine sehr späten Spurwechsel mehr zuzulassen und dem Verzögerungsvorgang mehr Raum zu geben.

Die Verlängerung der durchgezogenen Markierungen wird generell als positiv angesehen. Das Aufbringen dieser sollte jedoch nicht zu Lasten des Verflechtungsbereichs gehen. Zu kurze Verflechtungslängen können insbesondere bei hohen Verkehrsstärken zu abrupten und unerwarteten Brems- oder Ausweichmanövern führen, die eine Gefahr für die Verkehrssicherheit darstellen. Die Längen der Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen sowie die effektiven Längen der Verflechtungsbereiche (= Länge der gestrichelten Markierung) werden deshalb für jeden Knotenpunkt bestimmt und mit den Vorgaben verglichen. Zusätzlich werden die Sicherheitspotenziale der Knotenpunktbereiche (900 m vor dem Beginn des Verzögerungsstreifens bis 600 m nach Ende des Beschleunigungsstreifens) bestimmt. Eine Verlängerung der Streifen wird empfohlen, wenn Sicherheitspotenziale vorliegen und gleichzeitig die effektive Länge der Verflechtungsbereiche den Vorgabewert des Regelwerks unterschritten werden. (Es sei darauf hingewiesen, dass die Regelwerksanforderungen hier formal erfüllt sind, da die Verkürzung der Verflechtungsbereiche nur eine Folge der durchgezogenen Markierung ist)

3.2.4.3 Fahrbahnzustand

Die Daten der ZEB-Messungen wurden als Streckenbänder zur Verfügung gestellt (2005) bzw. visualisiert (2009). Die Auswertung erfolgt getrennt nach Bauweisen, um Vor- und Nachteile bestimmter Fahrbahndecken herausarbeiten zu können. Für jede Bauweise wurden die Streckenanteile ermittelt, in denen unterschiedliche Zustandsnoten vorlagen. Die Zustandsnoten haben nach ZTV ZEB-StB06 (FGSV 2006) folgende Bedeutung:

- 1.00 – 1.49 besser als 1.5-Wert (sehr gut),
- 1.50 – 3.49 zwischen 1.5- und Warnwert (gut),
- 3.50 – 4.49 zwischen Warn- und Schwellenwert (mangelhaft),
- 4.50 – 5,00 Schwellenwert erreicht oder überschritten (schlecht).

Für jeden Zustandsparameter werden Bereiche mit mangelhaften bis schlechten Zustandsnoten identifiziert und mit dem Unfallgeschehen überlagert. Dafür ist eine Mindestlänge dieser Bereiche von 0.5 (besser 1.0 km) notwendig, um eine Unfallstelle ausreichend genau in diesem Streckenabschnitt verorten zu können. Kürzere Bereiche mit abweichenden Zustandsnoten können sich zwar auch unfallfördernd auswirken, ein Nachweis dafür ist jedoch nicht möglich.

Zusätzlich werden Dichte und Anteile der Nässe-Unfälle für die verschiedenen Bauweisen bestimmt, um speziell die Auswirkungen unterschiedlicher Beläge bei Regen bewerten zu können. Dabei wird auch die Entwicklung des Unfallgeschehens über die Zeit berücksichtigt, um die Auswirkungen veränderter Zustandswerte zu untersuchen.

3.2.5 Ergebnisse

3.2.5.1 Unfallkenngrößen und unfallauffällige Bereiche

Tabelle 3-19 zeigt die entstandenen volkswirtschaftlichen Verluste durch Unfälle (Unfallkosten) auf der A2, verglichen mit den Durchschnittswerten für Autobahnen in Niedersachsen und Deutschland. Der Vergleich zeigt, dass die Folgen von Unfällen mit Personenschaden auf der A2 tendenziell etwas weniger schwer ausfallen als im bundesweiten Durchschnitt. Kommt es hingegen zu schweren Personenschäden, so sind diese auf der A2 folgenschwerer als in Niedersachsen oder deutschlandweit. Hinsichtlich der Sachschadenunfälle liegt die Schwere im allgemeinen Durchschnitt.

Tabelle 3-19: Unfallstruktur anhand angepasster Unfallkosten.

	angepasste Unfallkosten	pauschale Unfallkosten	
	BAB A2	BAB Niedersachsen	BAB Deutschland
Unfälle mit Personenschaden	88.418 €	-	105.000 €
Unfälle mit schwerem Personenschaden	343.111 €	335.000 €	300.000 €
Unfälle mit Leichtverletzten	31.963 €	-	31.000 €
Unfälle mit schwerem Sachschaden	18.500 €	-	18.500 €

In Tabelle 3-20 sind für jede Fahrtrichtung die maßgebenden Unfallkenngrößen angegeben, die als Vergleichsgrundlage für die Erkennung und Bewertung unfallauffälliger Bereiche herangezogen wurden. Betrachtet man die Gesamtstrecke, so zeigt sich unter Berücksichtigung der hohen Verkehrsstärken nur eine geringe Unfallauffälligkeit, die vermeidbaren Unfallkosten für die etwa 155 km lange Strecke liegen bei 747.000 € / Jahr (Richtung Berlin) bzw. 983.000 € / Jahr (Richtung Dortmund).

Tabelle 3-20: Unfallkenngrößen und Anteile maßgeblicher Unfalltypen und –umstände.

Richtung	UR U/ (MioKfz·km)	UD U/(km·a)	UK €/Jahr	UKR €/ (1.000 Kfz·km)	UKD 1.000€/ (km·a)	gUKD 1.000€/ (km·a)	SIPO je Richtung 1.000€/ (km·a)	Vermeidbare Unfallkosten 1.000 € / Jahr
alle Unfälle								
Berlin	0,43	6,76	27.168.359	2,83	175,79	170,95	4,83	747
Dortmund	0,40	6,46	28.190.092	2,85	182,40	176,04	6,36	983
	UR	UD	UK	UKR	UKD			Anteil am Gesamt- unfallgeschehen
Fahrunfälle								
Berlin	0,09	1,38	7.924.898	0,82	51,28			20,4%
Dortmund	0,09	1,50	7.650.758	0,77	49,50			23,2%
Unfälle im Längsverkehr								
Berlin	0,25	3,96	15.862.783	1,65	102,64			58,6%
Dortmund	0,23	3,63	17.376.892	1,76	112,43			56,2%
Unfälle bei Nässe / Glätte								
Berlin	0,15	2,36	10.773.391	1,12	69,71			34,9%
Dortmund	0,15	2,45	11.387.693	1,15	73,68			37,9%
Unfälle bei Dunkelheit								
Berlin	0,16	2,51	10.272.573	1,07	66,47			37,2%
Dortmund	0,14	2,18	9.852.872	1,00	63,75			33,8%

Zusätzlich sind die Anteile von Fahr- und Längsverkehrsunfällen sowie Unfällen bei Nässe und Glätte dargestellt. Zwischen beiden Richtungen bestehen nur geringfügige Unterschiede, die Anteile der einzelnen Ausprägungen entsprechen dem Bundesdurchschnitt (35% Nacht-Unfälle) bzw. liegen leicht darunter (40% Nässe/Glätte-Unfälle im bundesweiten Durchschnitt).

Legende für die folgenden Darstellungen:

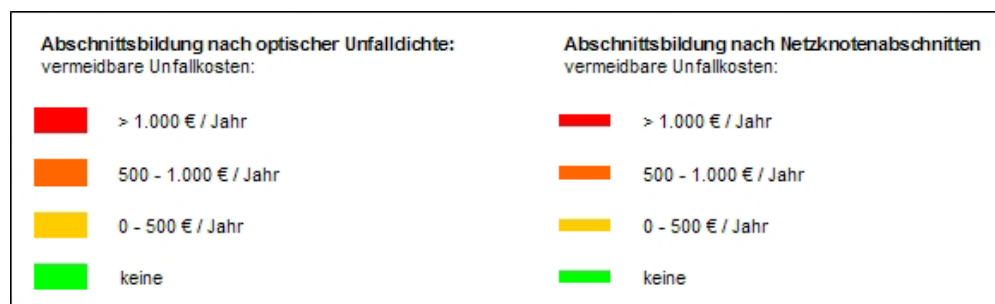


Abbildung 3-7: Übersichtskarte vermeidbare Unfallkosten nach Netzknotenabschnitten (schmale Linien) und Häufungsstellen schwerer Unfälle (breite Linien) – Richtung Berlin.

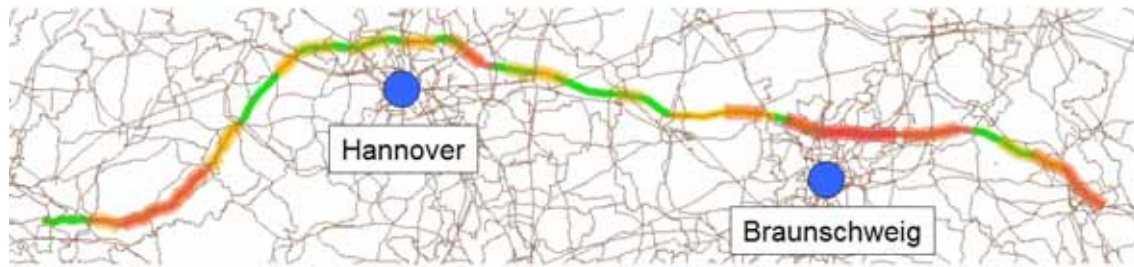


Abbildung 3-8: Übersichtskarte vermeidbare Unfallkosten nach Netzknotenabschnitten (schmale Linien) und Häufungsstellen schwerer Unfälle (breite Linien) – Richtung Dortmund.

Verfeinert man die Bereichseinteilung durch die Berechnung der Sicherheitspotenziale für jeden Netzknotenabschnitt (unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Verkehrsstärken), so zeigt sich ein differenzierteres Bild (Abbildung 3-7 und Abbildung 3-8). Insgesamt weisen 61.56 % der Strecke Sicherheitspotenziale auf, das Unfallgeschehen liegt in diesen Bereichen also über dem zu erwartenden Mittel. In beiden Richtungen sind insbesondere in den Bereichen Landesgrenze Sachsen-Anhalt – AS Rennau, AS Königslutter – AS Braunschweig-Ost und Wunstorf-Kolenfeld – Bad Eilen hohe Sicherheitspotenziale vorhanden (vgl. Definition in Kap. 3.2.4.1).

Häufungsstellen von schweren Unfällen sind hingegen über die gesamte Strecke vorhanden, innerhalb der Ballungsräume in höherer Dichte. Insgesamt wurden 32 Unfallhäufungsstellen gekennzeichnet, 19 in Richtung Dortmund und 13 in Richtung Berlin. Auch hier ist der Ballungsraum Braunschweig der am schwersten belastete Bereich. Angesichts der hohen Dichte und breiten Verteilung der Unfallhäufungsstellen konnte kein gemeinsames entwurfstechnisches, bauliches oder betriebliches Merkmal dieser Streckenbereiche identifiziert werden, für das ein signifikanter Zusammenhang mit der Entstehung der Unfälle besteht. Im Umkehrschluss zeichnete sich auch keine Streckeneigenschaft ab, die mit einer signifikanten Verbesserung der Verkehrssicherheit in Verbindung gebracht werden konnte. Eine genaue Aufschlüsselung der Sicherheitspotenziale und Häufungsstellen schwerer Unfälle sind in den Dokumenten *AnhangE1_Optische Unfalldichte.xls*, *AnhangE2_SIPO_nach_NK-Abschnitten.xls* dargestellt, vgl. Dokumentation in Abschnitt 10.5).

3.2.5.2 Entwurfparameter

3.2.5.2.1. Lageplan – Kurven

Im topographisch bewegten Bereich im Westen weist die A2 eine geländeangepasste Linienführung auf. Dort wurden im Zuge des letzten Ausbaus die damaligen Grenzwerte der Trassierungsrichtlinien ausgeschöpft, um unnötige Eingriffe in die Landschaft zu vermeiden und wirtschaftlicher zu trassieren. Es wurden in diesem Abschnitt 8 Lageplanelemente identifiziert, deren Entwurfparameter den in Abschnitt 3.2.1 aufgestellten Überprüfungskriterien entsprechen. Es handelt sich um Kurven, deren Radius weniger als 1.300 m beträgt und denen eine längere Gerade vorgelagert ist (Tabelle 3-21). Alle Abschnitte befinden sich im Bereich fester Geschwindigkeitsbeschränkungen auf 120 km/h bzw. 100 km/h. Zwei Kurven in Fahrtrichtung Dortmund sind unfallauffällig (farbig hinterlegt), d.h. sie weisen im Vergleich zur Gesamtstrecke erhöhte Unfalldichten und -raten auf.

Tabelle 3-21: Trassierungsparameter im Grenzbereich.

Richtung	von km	bis km	Geradenlänge vor der Kurve [m]	Radius [m]	Länge der Kurve [m]	unfallauffällig
Berlin	269,325	268,944	534	1.018	381	-
Berlin	271,684	271,417	1.234	1.028	267	-
Berlin	275,172	275,007	511	1.013	165	-
Berlin	282,950	282,486	752	837	464	-
Berlin	283,930	283,918	594	809	12	NRW
Berlin	287,065	286,768	1.029	997	297	NRW
Dortmund	269,325	268,944	1.029	1.018	381	ja
Dortmund	271,011	270,361	534	989	650	ja
Dortmund	273,662	273,267	1.234	1.014	395	-
Dortmund	281,809	281,436	1.015	907	373	-
Dortmund	285,108	284,712	594	999	396	NRW

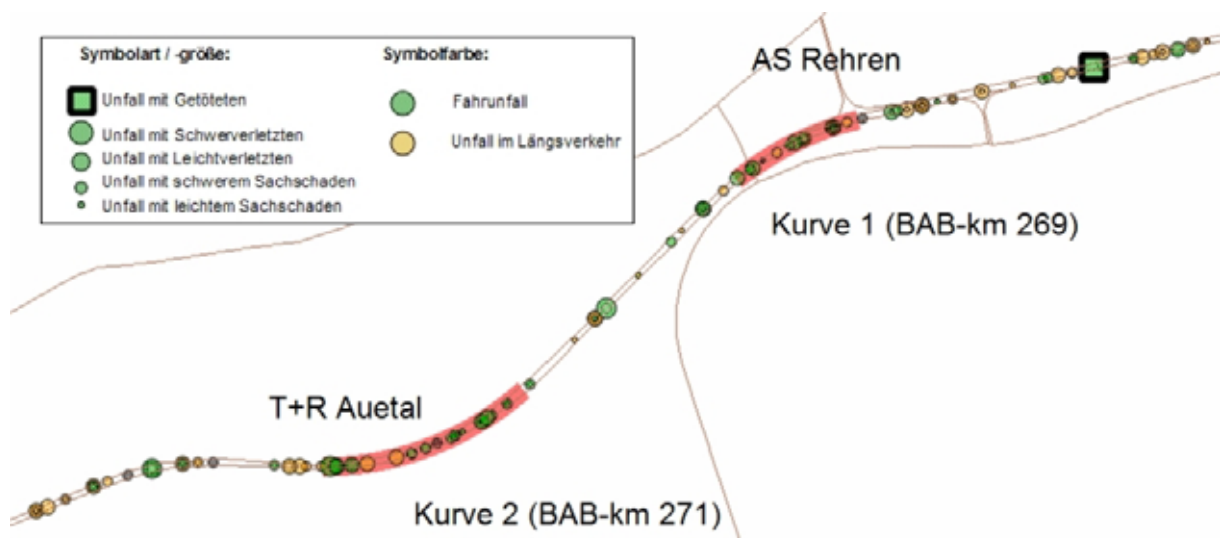


Abbildung 3-9: Unfallgeschehen in den beiden auffälligen Kurven.

Abbildung 3-9 zeigt Lage und Unfallgeschehen dieser Kurven. Kurve 1 liegt direkt hinter dem Beginn der Geschwindigkeitsbeschränkung auf 100 km/h, Kurve 2 folgt als nächstes. Es kann vermutet werden, dass die tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten gerade am Anfang dieses Bereichs noch darüber liegen. Der Vergleich der Unfallumstände (Abbildung 3-10) zeigt, dass beide Kurven einen deutlich höheren Anteil an Fahr- und Nässeunfällen aufweisen als die Gesamtstrecke. In der Überlagerung wird deutlich, dass sich 90% der Fahr- und Nässeunfälle bei Nässe/ Glätte ereignen. Die Fahrbahndecke besteht hier aus offenporigem Asphalt (OPA), die aktuellen Griffigkeitsmessungen lieferten gute Werte. Die vorhandene Querneigung schöpft den Regelwerks-

höchstwert mit 6.5% voll aus. Eine mangelhafte Abführung des Oberflächenwassers als hauptsächliche Unfallursache ist deshalb nicht wahrscheinlich. Eine Einzelbetrachtung der Unfallursachen zeigt, dass Ein- und Ausfahrtvorgänge (AS Rehren bzw. T+R Auetal) nicht im Zusammenhang mit der Unfallentstehung stehen.

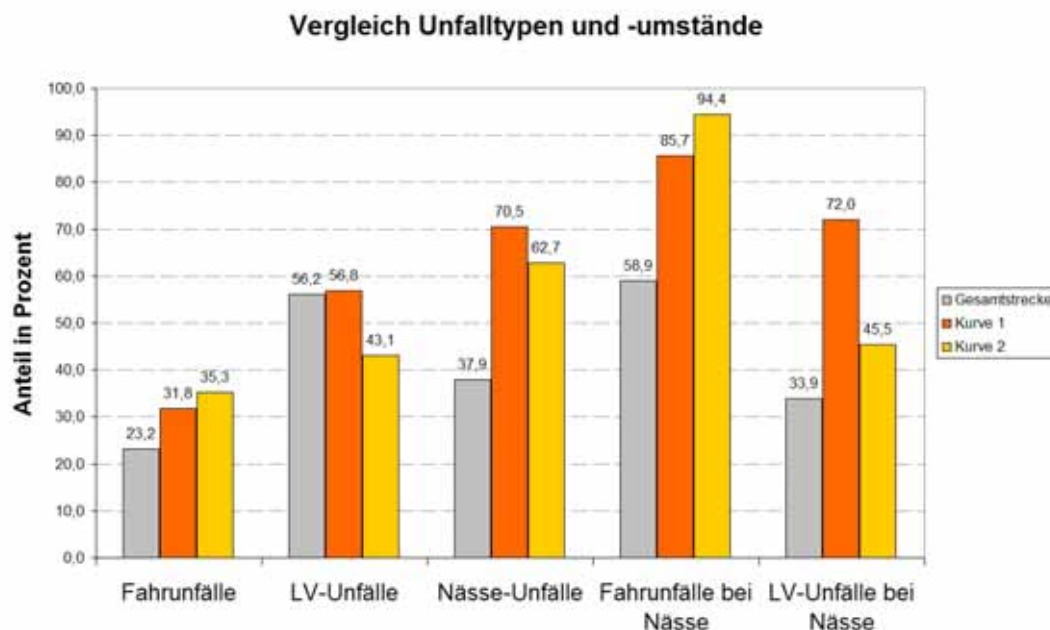


Abbildung 3-10: Unfallumstände in den beiden auffälligen Kurven.

Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit in diesem Streckenabschnitt sollten deshalb darauf zielen, die Aufmerksamkeit der Fahrer zu erhöhen, auf die veränderten Trassierungsparameter hinzuweisen und die bestehende Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit, insbesondere bei Nässe, durchzusetzen.

3.2.5.2.2. Lageplan – Geraden

Auf der gesamten Strecke wurden 9 Geraden identifiziert, deren Länge den empfohlenen Wert von 2.000 m überschreitet. Bei 5 dieser Geraden handelt es sich um eine geringfügige Überschreitung von weniger als 100 m. Von den 18 Untersuchungsabschnitten (9 Geraden x 2 Richtungen) sind 10 leicht unfallauffällig. Diese liegen ausnahmslos in längeren, unfallauffälligen Abschnitten, innerhalb derer sie wiederum geringere Unfallzahlen aufweisen als die angrenzenden Bereiche. Generell ist die Streckenführung in allen diesen Bereichen großzügig und weist keine Unstetigkeiten auf. 6 der 10 Geraden mit erhöhter Unfalldichte befinden sich in Abschnitten mit VBA, 4 in Tempo-120-Abschnitten. Tendenziell geschehen auf den Geraden wie auch in den angrenzenden Bereichen Unfälle eher bei größerem Verkehrsaufkommen als im Streckenmittel. Insgesamt weisen die Lage der Geraden, die Anzahl und Schwere der Unfälle sowie die Unfallursachen in der Einzelbetrachtung nicht auf eine signifikante ursächliche Beteiligung der Geraden am Unfallgeschehen hin. Von Maßnahmenempfehlungen hinsichtlich entwurfstechnischer oder betrieblicher Veränderungen in diesen Bereichen wird deshalb abgesehen, da die möglichen positiven Auswirkungen als sehr gering eingeschätzt werden müssen.

3.2.5.2.3. Höhenplan – Längsneigung

Im westlichen Teil der Untersuchungsstrecke sind aufgrund des bewegten Geländes und der angepassten Trassierung 3 Abschnitte vorhanden, in denen der Empfehlungswert von 4.0% für die maximale Längsneigung erreicht bzw. geringfügig überschritten ist. Die tatsächliche maximale Längsneigung beträgt 4.28%. Die Untersuchung des Unfallgeschehens ergab, dass diese Bereiche als Steigungsstrecken nicht unfallauffällig sind. Dies gilt auch, wenn Beschleunigungsstrei-

fen von Anschlussstellen in diesen Steigungen einmünden. Unfälle im Zusammenhang mit dem Einfahren wurden hier nicht beobachtet.

Tabelle 3-22: Längsneigungen > 4.0%.

von km	bis km	Neigung [%]	Länge [km]	Gefälle Richtung	Gefälle unfallauffällig
275,778	274,816	4,03	0,962	Dortmund	ja
279,885	278,930	-4,28	0,955	Berlin	ja
283,214	282,379	4,02	0,835	Dortmund	nein

In zwei Gefällestrucken wurden hingegen erhöhte Unfalldichten festgestellt. In Fahrtrichtung Dortmund ereigneten sich im Abschnitt zwischen km 274,8 und km 275,8 ($V_{zul} = 100$ km/h) im untersuchten 4-Jahreszeitraum von 2005 bis 2008 11 Unfälle, davon 3 mit Personenschaden. Auffällig sind die Unfallumstände: 8 der 11 Unfälle ereigneten sich bei Nässe, darunter auch 2 Unfälle mit Schwerverletzten. Insgesamt stehen 10 Unfälle in Verbindung mit Schleudern oder Auffahren auf den Vorfahrenden, so dass Zusammenhänge mit einer schlechten Fahrbahngrieffigkeit insbesondere bei Nässe möglich scheinen. Die Untersuchung der Zustandsdaten und Einbauzeiten ergab, dass die Fahrbahndecke in diesem Bereich im Jahr 2008 erneuert wurde (OPA eingebaut). Seitdem traten hier keine Unfälle mehr auf. Eine Maßnahmenempfehlung für diesen Abschnitt erfolgt daher nicht.

In Fahrtrichtung Berlin ereigneten sich auf der Gefällestrecke zwischen km 278,9 und km 279,9 ($V_{zul} = 120$ km/h) 12 Unfälle, davon 2 mit Personenschaden. 3 der Unfälle geschahen bei Nässe, 3 Unfälle stehen im Zusammenhang mit dem Ausfahren an der AS Bad Eilsen, welche sich am Fuße des Gefälles befindet. Die Griffigkeitsmessungen zeigen schlechte Griffigkeitswerte für den rechten Fahrstreifen (Decke: SMA). Nach aktuellen Planunterlagen erfolgte aber die Erneuerung der Fahrbahndecke im Jahr 2009. Insgesamt sind aus der Einzelanalyse der Unfallhergänge keine klaren Zusammenhänge des Unfallgeschehens mit bestimmten Streckenmerkmalen erkennbar. Aus der Kombination der genannten Fakten lassen sich dennoch Maßnahmen ableiten, die zur Verbesserung der Verkehrssicherung geeignet erscheinen. Sie zielen auf die Geschwindigkeitsreduzierung und Aufmerksamkeitserhöhung im Bereich der Ausfahrt Bad Eilsen, um abrupte Bremsvorgänge und Spurwechsel aufgrund von Fehleinschätzungen zu vermeiden.

3.2.5.2.4. Höhenplan – Kuppenhalbmesser

Die Nachtrassierung der Gradienten ergab 3 Kuppenhalbmesser, die geringer als 13.000 m sind. Daraus ergeben sich insgesamt 6 zu untersuchende Abschnitte, von denen 4 aufgrund erhöhter Unfalldichten auffällig sind (Tabelle 3-23).

Tabelle 3-23: Kuppen mit geringem Halbmessern.

Richtung	von km	bis km	Kuppenhalbmesser [m]	unfallauffällig
Berlin	145,459	146,071	11.748	ja
Berlin	151,002	151,617	10.085	ja
Berlin	266,941	267,674	10.518	-
Dortmund	145,459	146,071	11.748	ja
Dortmund	151,002	151,617	10.085	-
Dortmund	266,941	267,674	10.518	ja



Abbildung 3-11: Streckenfotos der Kuppen mit geringen Halbmessern.

Die Betrachtung der Streckenfotos an diesen Stellen zeigt, dass trotz der geringen Halbmesser keine unzureichenden Sichtweiten vorliegen. Die Ursache dafür liegt in den geringen Neigungsänderungen. In keinem Fall ändert sich die Linienführung hinter den Kuppen (im Sinne schlecht erkennbarer Kurven) oder sind Anschlussstellen vorhanden, so dass eine unzureichende Information der Fahrer vorliegen könnte. Die Einzelbetrachtung der Unfälle gibt keinen Hinweis auf eine ursächliche Beteiligung der Entwurfsparameter, verstärkt sind Auffahrunfälle im dichten Verkehr und Unfälle beim Spurwechsel zu verzeichnen. Entwurfstechnische Maßnahmen an diesen Kuppen werden daher nicht empfohlen.

3.2.5.2.5. Knotenpunkte

Die hohen derzeitigen und künftigen Verkehrsstärken auf der A2 und insbesondere der Schwerverkehrsanteil von teilweise mehr als 30% rücken auch die Gestaltung der Knotenpunkte in den Fokus. Die Engpassanalyse (vgl. Abschnitt 3.1.2) zeigt, dass die Kapazitätsgrenzen im Bereich einiger Anschlussstellen bereits erreicht sind. Legt man die Verkehrsprognose 2025 zugrunde, so betrifft dies zukünftig fast alle Knotenpunkte der Untersuchungstrecke. Umgestaltungen an Knotenpunkten, die einer Kapazitätserhöhung dienen wie z.B. zusätzliche Fahrstreifen oder eine veränderte Führung von Teilströmen, können als langfristige Maßnahmen Abhilfe schaffen. Sie sind jedoch mit einem erheblichen Aufwand verbunden. Zudem sind dafür häufig auch begleitende Maßnahmen im untergeordneten Netz notwendig. In der Analyse des Unfallgeschehens im Bereich der Knotenpunkte wurden daher die Sicherheitspotenziale und Entwurfsparameter untersucht, um geeignete Maßnahmen zu finden und nach Dringlichkeitsaspekten im Hinblick auf die Verkehrssicherheit einzuordnen.

Die Sicherheitspotenziale und die vermeidbaren Unfallkosten der Knotenpunkte für beide Fahrtrichtungen sind in Abbildung 3-12 dargestellt. Als Einflussbereich eines Knotenpunktes wurde die Strecke von 900 m vor Beginn des Verzögerungsstreifens bis 600 m nach Ende des Beschleunigungsstreifens angenommen (nach Cindric et al. 2007). Überlagerte sich dieser Bereich mit einem benachbarten Knotenpunkt, so wurde der Bereich als Knotenpunktsystem über beide (oder mehrere) Knotenpunkte definiert. Weiterhin wurden die Gesamtlängen der Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen sowie die effektive Länge der Verflechtungsbereiche bestimmt (vgl. 3.2.3). Liegt die effektive Länge eines Streifens unterhalb des Regelwertes (225 m: Vorgabewert sind 250 m nach RAA, hier abzüglich einer Toleranz von 10%, da die Länge nicht baulich begrenzt ist, sondern durch durchgezogene Markierung, welche grundsätzlich positiv bewertet wird), so wurde das Unfallgeschehen in diesem Bereich einer detaillierten Untersuchung unterzogen. Gibt es vermeidbare Unfallkosten und zeigten sich Hinweise auf Unfälle im Zusammenhang mit der Anschlussstelle (Einbiegen / Kreuzen-Unfälle, Häufungen von Längsverkehrsunfällen im Bereich kurzer Streifen, Unfallursachenbeschreibungen, höhere Dichte von Längsverkehrsunfällen als in benachbarten Streckenbereichen), so wird empfohlen, den effektiven Verflechtungsbereich zu verlängern, durchgehende Verflechtungsstreifen zwischen nahe gelegenen Knotenpunkten zu schaffen oder die Sichtbeziehungen durch verlängerte durchgezogene Markierungen zu verbessern (bei letzterer Maßnahme ist zu beachten, dass die effektive Länge der Verflechtungsbereiche nicht auf Werte unter 250 m reduziert wird).

Insgesamt wurde an 15 Knotenpunkten eine Überlagerung von zu kurzen Streifenlängen und erhöhten Unfallzahlen festgestellt (Abbildung 3-12). In dieser Aufzählung nicht enthalten sind

die Knotenpunkte, an denen bereits im Rahmen der Engpassanalyse Veränderungen empfohlen wurden, da diese Maßnahmen als übergeordnet zu betrachten sind. Für die Priorisierung der Maßnahmen wurden die Knotenpunkte in der Reihenfolge der vermeidbaren Unfallkosten im Knotenpunktbereich geordnet. Die konkreten Vorschläge für jeden Knotenpunkt sind aus Dokument *AnhangG_Maßnahmen_tabellarisch.xls*, der Liste E-P-1 zu entnehmen.

Richtung Berlin

Anschlussstelle oder Bereich mit Verflechtungen	effektive Länge der FS [m]	Länge der FS [m]		SIPO [1.000€/km-a]	Vermeidbare Unfallkosten 1.000 € / Jahr	Rang	Maßnahme empfohlen
		VS	BS				
PwC Bad Nenndorf + AS Bad Nenndorf	188	198	230	238	193,69	796,93	1 ja
AS Braunschweig-Watenbüttel (53)	212	238	237	254	197,57	434,06	2 ja
AK Wolfsburg/Königsutter (56) + PWC Essehof	207	982	207	982 (ba)	73,89	390,75	3 Streifen ausreichend
AK Hannover-Ost (48)	206	150	206	217	122,62	363,70	4 ja
AS Peine-Ost (52) AS Peine (52)	151	264	170	264	78,03	343,41	5 ja
AS Braunschweig-Flughafen (56)	253	161	253	188	113,50	267,74	6 ja
AS Lauenau (37)	206	209	225	250	123,77	266,54	7 Streifen ausreichend
AS Braunschweig-Ost (57)	304	215	234	205	98,01	245,30	8 ja
T+R Helmstedt + AS Helmstedt (62)	203	177	234	226	65,29	240,72	9 ja
AK Hannover-Buchholz (47) + H.-Lahe + PWC Varrelheide	1494	168	1.494	257	38,50	200,34	10 ja
AS Helmstedt-West (61)	180	179	247	232	91,72	197,93	11 ja
T+R Zweidörfer Holz	213	222	237	259	66,04	180,56	12 ja
AK Braunschweig-Nord (55)	169	177	333	332	56,93	178,50	13 ja
AK Hannover-Bothfeld (45) + PWC Vahrenheide + AS H.-Langenhagen (44)	180	201	205	229	24,21	132,68	14 ja
AS Rennau (60)	190	191	247	259	8,91	16,49	15 ja
AS Braunschweig-Hafen (54)	210	185	223	185	1,82	4,12	16 Potenzial zu gering
AS Rehren (36) + TR Auetal Süd	241	201	248	248	0,33	1,31	17 Potenzial zu gering
AS Wunstorf-Kolenfeld (39)	200	197	243	232	-17,64	-37,91	18 kein Potenzial vorhanden
AS Wunstorf-Luthe (40)	245	215	261	251	-25,51	-56,40	19 kein Potenzial vorhanden
R Schafritt	209	200	230	224	-43,70	-97,45	20 kein Potenzial vorhanden
AS Garbsen (41)	197	184	231	215	-42,18	-103,10	21 kein Potenzial vorhanden
AS Hämelenwald (51)	205	241	237	263	-60,06	-127,65	22 kein Potenzial vorhanden
AS Bad Eilsen (35)	209	243	247	272	-63,24	-136,61	23 kein Potenzial vorhanden
PWC Uthg + AS Königsutter (59)	179	198	247	256	-33,97	-147,67	24 kein Potenzial vorhanden
PWC Röhse	172	160	235	221	-83,21	-197,36	25 kein Potenzial vorhanden
AD Hannover-West (43) + AS H.-Herrenhausen (42)	512	Verflechtung	603	Verflechtung	-81,01	-202,38	26 kein Potenzial vorhanden
AS Lehrte-Ost (50) + R Lehrter See	177	220	189	246	-55,05	-217,18	27 kein Potenzial vorhanden
AS Lehrte (49)	218	163	238	233	-91,60	-235,88	28 kein Potenzial vorhanden
P Bernsen	173	170	211	229	-103,29	-237,56	29 kein Potenzial vorhanden
PWC Papenbrink	174	219	183	232	-142,49	-308,50	30 kein Potenzial vorhanden

Richtung Dortmund

Anschlussstelle oder Bereich mit Verflechtungen	effektive Länge der FS [m]	Länge der FS [m]		SIPO [1.000€/km-a]	Vermeidbare Unfallkosten 1.000 € / Jahr	Rang	Maßnahme empfohlen
		VS	BS				
AK Braunschweig-Nord (55) + AS B.-Flughafen (56)	244	1.041	1.210	244	211,83	1109,27	1 ja
AS Braunschweig-Ost (57) + PWC Essehof	199	238	251	231	156,62	639,94	2 ja
AK Wolfsburg/Königsutter (58)	205	258	258	205	124,31	376,40	3 Streifen ausreichend
T+R Zweidörfer Holz	201	192	241	238	129,20	347,54	4 ja
T+R Lappwald	199			199	299,05	325,66	5 keine Unfallhäufungen*
T+R Auetal Süd + AS Rehren (38)	158	149	169	190	76,49	317,06	6 keine Unfallhäufungen*
AS Helmstedt-Zentrum (62)	180	207	236	229	118,03	351,04	7 keine Unfallhäufungen*
AS Lauenau (37)	199	204	235	249	64,34	139,58	8 keine Unfallhäufungen*
PWC Vahrenheide + AS H.-Lahe (46) + H.-Buchholz (47)		251		273	18,50	94,20	9 Streifen ausreichend
AS Lehrte (49) + R Lehrter See + AS Hämelenwald	219	244	244	249	8,73	56,79	10 Streifen ausreichend
AS Braunschweig-Hafen (54)	217	334	359	265	21,40	48,51	11 Streifen ausreichend
AS Hämelenwald (51)	200	206	244	237	6,48	14,68	12 Streifen ausreichend
AS Hannover-Herrenhausen (42) + AD H.-Herrenhausen (43)		198		243	1,09	4,53	13 s. Engpassanalyse
T+R Garbsen Nord AS Garbsen (41)	172	221	269	184	-0,47	-1,90	14 kein Potenzial vorhanden
AS Helmstedt-West (61)	176	158	220	237	-11,79	-25,11	15 kein Potenzial vorhanden
AS Hannover-Bothfeld (45)	240	203	236	271	-29,34	-65,84	16 kein Potenzial vorhanden
AK Hannover-Ost (48)	177	242	242	210	-22,32	-68,45	17 kein Potenzial vorhanden
R Schafritt	190	213	240	231	-29,45	-70,63	18 kein Potenzial vorhanden
PWC Röhse	163	201	252	232	-30,31	-71,97	19 kein Potenzial vorhanden
AS Peine (52) + AS Peine-Ost (52)		200		231	-32,10	-148,13	20 kein Potenzial vorhanden
AS Rennau (60)	155	153	219	215	-71,00	-148,27	21 kein Potenzial vorhanden
AS Bad Eilsen (35) + AS Bad Eilsen	187	198	219	228	-42,58	-149,76	22 kein Potenzial vorhanden
AS Königsutter (59) + PWC Uthg	195	193	231	215	-35,29	-150,26	23 kein Potenzial vorhanden
AS Braunschweig-Watenbüttel (53)	207	516	529	252	-65,58	-158,45	24 kein Potenzial vorhanden
AS Wunstorf-Kolenfeld (39)	247	212	261	247	-83,96	-182,87	25 kein Potenzial vorhanden
PWC Papenbrink	220	197	221	238	-115,34	-248,21	26 kein Potenzial vorhanden
AS Wunstorf-Luthe (40)	220	214	254	265	-113,54	-254,34	27 kein Potenzial vorhanden
AS Bad Nenndorf (38) + PWC Bad Nenndorf (38)	203	246	265	250	-89,72	-267,92	28 kein Potenzial vorhanden
PWC Godshom + AS H.-Langenhagen (44)	177	189	237	218	-80,16	-414,68	29 kein Potenzial vorhanden

* keine Knotenpunktrelevanten Unfälle im Bereich der kurzen Streifen

Abbildung 3-12: Sicherheitspotenziale und vermeidbare Unfallkosten der KP für beide Fahrtrichtungen.

3.2.5.3 Fahrbahnzustand

Die erstellten Streckenbänder der Zustandsnoten der Fahrbahn zeigen, dass eine Überlagerung mit dem Unfallgeschehen nur für den Parameter Griffigkeit erfolgversprechend ist. Die Parameter allgemeine Unebenheit, Spurrinnentiefe und fiktive Wassertiefe weisen fast durchgängig über die Gesamtstrecke gute bis sehr gute Werte auf, nur punktuell sind geringfügige Überschreitungen des jeweiligen Warnwertes vorhanden. Die Bildung ausreichend langer Abschnitte für eine zuverlässige Zuordnung der Unfallorte ist so nicht möglich. Auffällige Unfallhäufungen (insbesondere Schleudern / Abkommen von der Fahrbahn) konnten in keinem dieser kurzen Bereiche festgestellt werden.

Hinsichtlich der Griffigkeit wurden elf Abschnitte mit mangelhaften bis schlechten Zustandsnoten identifiziert, davon einer einseitig, die übrigen jeweils im gleichen Abschnitt auf beiden Richtungsfahrbahnen (s. Dokument *AnhangF_ZEB-Band 2009.pdf*):

- LGr NRW – Bad Eilsen (Richtung Berlin)
- AS Wunstorf-Kolenfeld – AS Garbsen (beidseitig)
- Hannover-Buchholz – Lehrte (beidseitig)
- Peine-Ost – Braunschweig-Watenbüttel (beidseitig)
- Braunschweig-Ost – Kreuz Wolfsburg-Königslutter (beidseitig)
- Königslutter – Rennau (beidseitig)

Die schlechten Griffigkeitsnoten beschränkten sich dabei stets auf den rechten Fahrstreifen. Fünf dieser Abschnitte sind hinsichtlich aller Unfälle geringfügig unfallauffällig. Ein Zusammenhang mit Nässe-Unfällen ist jedoch in keinem Fall zu verzeichnen, generell entspricht die Unfallverteilung der der Gesamtstrecke. Für einzelne Bereiche kann deshalb keine Auswirkung des Fahrbahnzustandes auf das (längerfristige) Unfallgeschehen nachgewiesen werden.

In einem weiteren Schritt wurden die längenbereinigten Unfalldichten und –anteile der Nässe-Unfälle nach Bauweisen und Jahren bestimmt, um eventuelle Verschlechterungen im Laufe der Zeit zu erkennen (Abbildung 3-13 und Abbildung 3-14). Dabei wurde berücksichtigt, dass auf einigen Streckenabschnitten erst zwischen 2002 und 2006 eine Deckenerneuerung mit offenporigem Asphalt durchgeführt wurde. Um mögliche Abnutzungserscheinungen zu beobachten, wurden diese Abschnitte getrennt von den früher eingebauten (1997 – 1999) betrachtet. Es ist zu erkennen, dass die höchsten Dichten und Anteile an Nässe-Unfällen auf offenporigem Asphalt älteren Einbauzeitpunktes zu verzeichnen sind. Generell ist bei allen Asphaltbauweisen eine Tendenz zum Anstieg der Nässe-Unfälle erkennbar. Während dies im Falle der SMA-Bauweisen mit einer Verschlechterung der gemessenen Griffigkeitswerte einhergeht, verändern sich die Werte in OPA-Abschnitten nur geringfügig. Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Fahrbahnzustand kann deshalb nur in SMA-Abschnitten angenommen werden, wie auch die Betrachtung der Unfallraten bei Nässe zeigt (Abbildung 3-16, zum Vergleich die allgemeine Entwicklung der Unfallraten in Abbildung 3-15). Eine gesonderte Maßnahmenempfehlung ergibt sich daraus jedoch nicht, da hier die Vorgaben der einschlägigen Verwaltungsvorschriften bezüglich der Straßenerhaltung greifen.

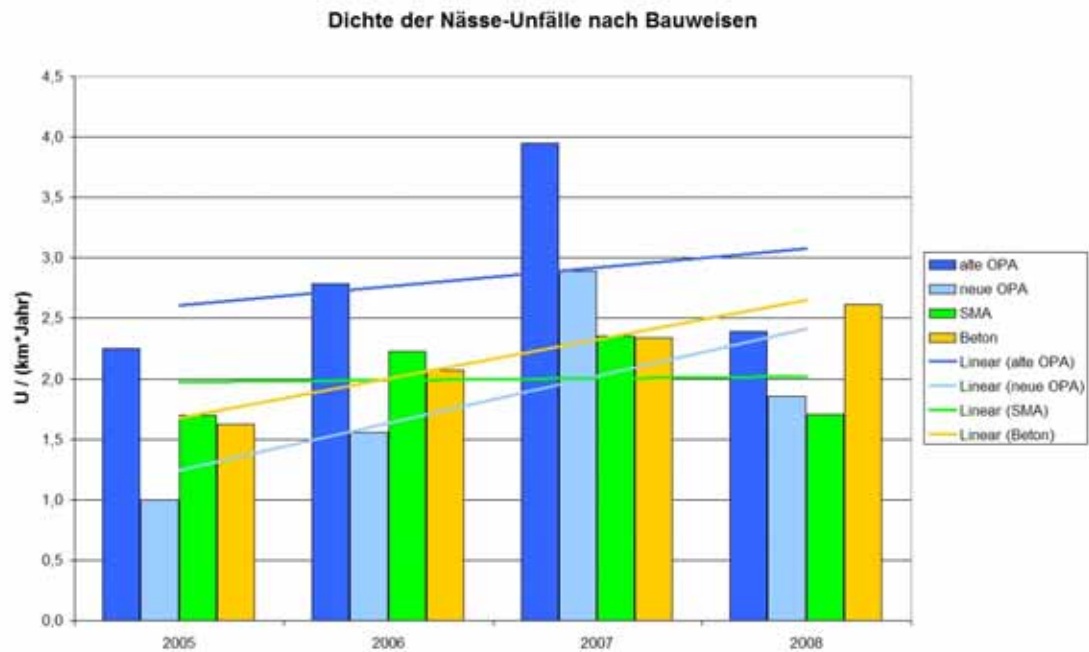


Abbildung 3-13: Dichte der Nässe-Unfälle auf der A2 nach Bauweisen und Jahren.

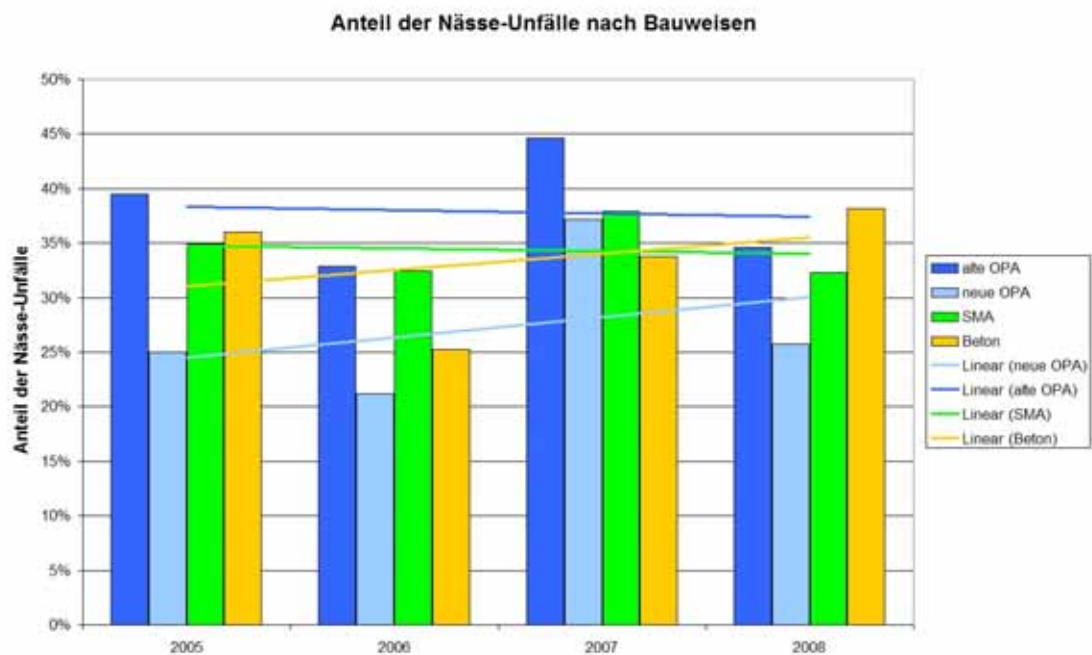


Abbildung 3-14: Anteil der Nässe-Unfälle auf der A2 nach Bauweisen und Jahren.

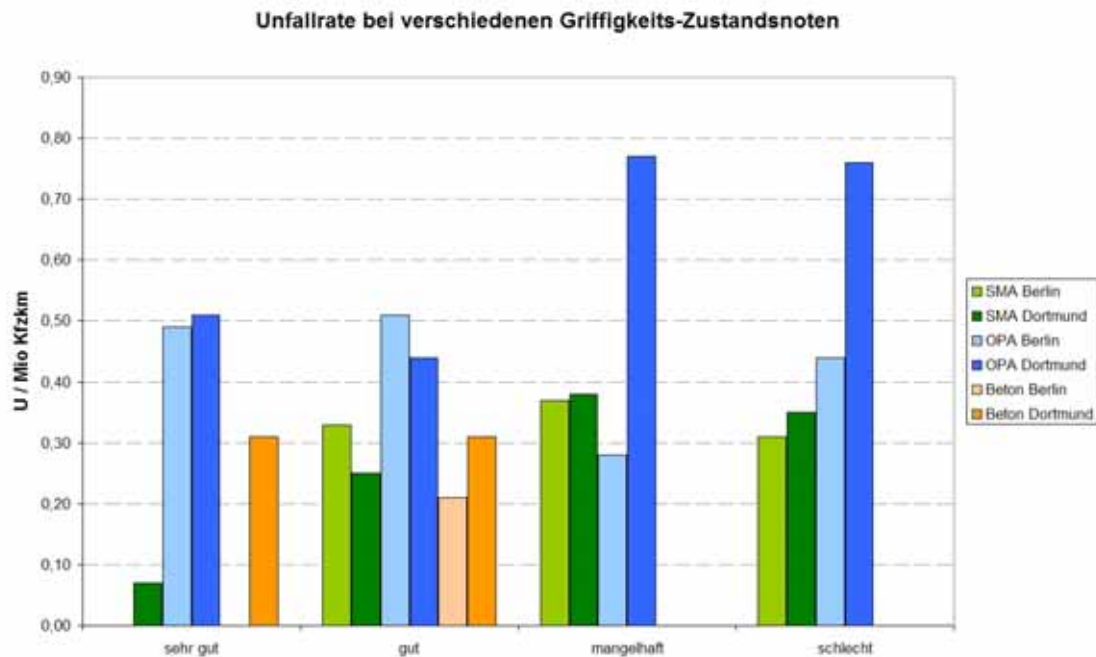


Abbildung 3-15: Unfallraten aller Unfälle auf der A2 nach Bauweisen und Griffigkeitsnoten.

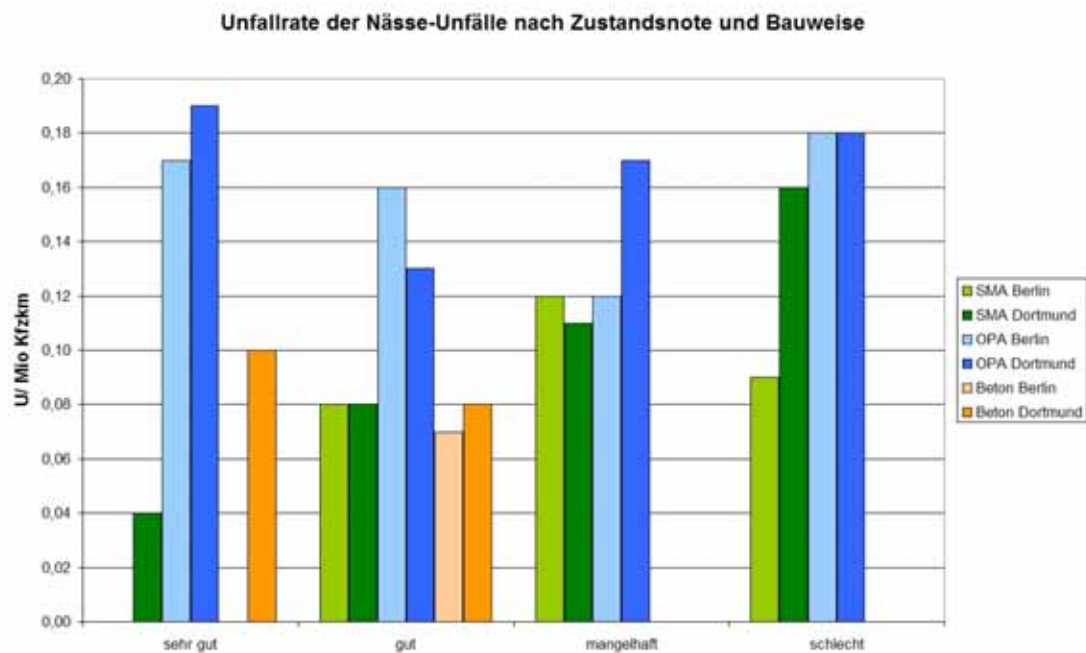


Abbildung 3-16: Unfallraten aller Nässe-Unfälle auf der A2 nach Bauweisen und Griffigkeitsnoten.

Warum in den OPA-Bereichen kein Zusammenhang zwischen Griffigkeitswerten und Unfallgeschehen bei Nässe festzustellen ist, während generell höhere Anteile an Nässe-Unfällen zu verzeichnen sind, bleibt unklar. Die deutlich bessere Wasserabführung der OPA-Beläge ist bekannt, wirkt sich allerdings auch auf das angewandte Messverfahren (SKM) mit konstanter Wassermenge aus. Dies beeinträchtigt die Vergleichbarkeit der Messwerte für unterschiedliche Beläge. Gleichzeitig kann vermutet werden, dass die vermindert auftretenden Sprühhäfen in OPA-Bereichen Kraftfahrer zu höheren Geschwindigkeiten bei Regen verleiten. Insbesondere an Belagswechseln in OPA-Bereichen, z.B. an Brückenbauwerken mit SMA-Deckschicht, kann dies zu Unterschätzungen des Risikos und in der Folge zu Unfällen führen. So verschwand der Effekt der überzufälligen Häufung von Nässeunfällen in OPA-Bereichen ($\chi^2=4.45$, $p<0.035$), wenn nur

die Unfälle betrachtet wurden, welche bei Höchstgeschwindigkeiten bis 120 km/h passiert sind ($\chi^2=0.158$). Ein konkreter Nachweis solcher Verhaltensweisen und eine Abschätzung der Auswirkungen sind aufgrund der hier vorliegenden Daten jedoch nicht möglich. Hier besteht für die Zukunft weiterer Untersuchungsbedarf.

3.2.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Unter Berücksichtigung der hohen Verkehrsstärken liegen die Unfallkosten auf 61.6% der Strecke über dem statistisch zu erwartenden Wert. Es wurden 32 Häufungsstellen von Unfällen mit schwerem Personenschaden identifiziert, die sich über die gesamte Strecke und beide Fahrtrichtungen verteilen. Besonders hohe Unfallzahlen weisen die Bereiche Landesgrenze Sachsen-Anhalt – AS Rennau, AS Königslutter – AS Braunschweig-Ost und AS Wunstorf-Kolenfeld – AS Bad Eilsen auf (beide Richtungen). Die Anteile unterschiedlicher Unfallumstände (Dunkelheit, Nässe) liegen insgesamt im bundesweiten Durchschnitt.

Hinsichtlich der Entwurfsp Parameter in Lage- und Höhenplan sind zwei Bereiche zu unterscheiden: Im östlichen und mittleren Teil zwischen der Landesgrenze Sachsen-Anhalt und dem Großraum Hannover ist die Linienführung großzügig, d.h. durch lange Geraden und große Kurvenradien gekennzeichnet. Es wurden keine Defizite in der Linienführung festgestellt, die sich auf das Unfallgeschehen auswirken. Im Streckenabschnitt westlich von Hannover bis zur Landesgrenze NRW verläuft die A2 dem bewegten Gelände angepasst, es sind größere Längsneigungen und geringere Kurvenradien vorhanden. Die Geschwindigkeit ist hier in weiten Teilen auf 120 km/h, z.T. auf 100 km/h beschränkt. In diesem Bereich wurden vier Streckenabschnitte identifiziert, in denen sich Entwurfsp Parameter im Grenzbereich der heutigen Entwurfsrichtlinien mit Auffälligkeiten im Unfallgeschehen überlagern. In zwei Kurven (Fahrtrichtung Dortmund, hinter AS Rehren) mit engen Radien traten trotz einer V_{zul} von 100 km/h vermehrt Fahr- und Nässe-Unfälle auf. Da keine Hinweise auf einen schlechten Fahrbahnzustand vorliegen, muss von einer Unterschätzung der Kurven und überhöhten Geschwindigkeiten insbesondere bei Nässe ausgegangen werden. Dort werden konkrete Maßnahmen zur Aufmerksamkeitserhöhung und Durchsetzung der Geschwindigkeitsbeschränkung empfohlen.

Zwei weitere Unfallhäufungen wurden im Bereich großer Längsneigungen festgestellt (km 275, Richtung Dortmund sowie km 279, Richtung Berlin). In einem der Fälle lag gleichzeitig eine schlechte Fahrbahngriffigkeit vor. Dieser Mangel wurde 2008 behoben, seitdem sind dort keine Unfälle mehr aufgetreten. Im zweiten Fall konnte kein vorherrschendes Unfallmerkmal identifiziert werden. Drei von zwölf Unfällen ereigneten sich im Zusammenhang mit der am Fuße des Gefälles befindlichen Ausfahrt, so dass hier Maßnahmen zur Verminderung der Ausfahrts- geschwindigkeit empfohlen werden.

Die entwurfstechnische Untersuchung der Knotenpunkte auf der A2 ergab, dass diese in der Regel baulich über ausreichend lange Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen verfügen, der effektive Verflechtungsbereich (Länge der gestrichelten Markierung) durch geänderte Markierungen jedoch häufig zu kurz ist. Dies insbesondere vor dem Hintergrund, dass hohe Schwerverkehrsstärken das Einfädeln und Durchsetzen erschweren. Im Ergebnis wurden (zusätzlich zu den Umbauempfehlungen der Engpassanalyse) 14 Knotenpunkte bzw. -systeme identifiziert, die ein hohes Sicherheitspotenzial und kurze Verflechtungsbereiche aufweisen. Eine Verlängerung der Verflechtungsbereiche auf das Mindestmaß von 250 m (nach RAA) wird für diejenigen Abschnitte empfohlen, in denen aufgrund der Engpassanalyse keine umfangreicheren Maßnahmen (Knotenpunktumbau, vergrößerter Querschnitt der Hauptfahrbahn) vorgesehen sind. Eine durchgezogene Markierung am Beginn von Beschleunigungsstreifen und am Ende von Verzögerungsstreifen zur Beruhigung der Ein- und Ausfädelungsvorgänge wird generell als positiv bewertet, sollte jedoch nicht auf Kosten des eigentlichen Verflechtungsbereiches gehen.

Die Zustandsnoten für die Bewertung des Fahrbahnzustandes weisen größtenteils gute bis sehr gute Werte auf. Hinsichtlich allgemeiner Unebenheit, Spurrinnen und fiktiver Wassertiefe wurden keine Auffälligkeiten festgestellt. Die Griffigkeitsnoten weisen in elf Abschnitten mit SMA-

Deckschicht mangelhafte bis schlechte Werte auf, dies beschränkt sich jedoch stets auf den rechten Fahrstreifen. Die hier erforderlichen Maßnahmen zur Verbesserung der Griffigkeit ergeben sich aus dem „Merkblatt für griffigkeitsverbessernde Maßnahmen an Verkehrsflächen aus Asphalt“ (FGSV, 2002). und den entsprechenden Verwaltungsvorschriften zur Straßenerhaltung.

Für Deckschichten aus offenporigem Asphalt wurde im Gesamtdurchschnitt ein erhöhter Anteil an Nässe-Unfällen festgestellt, ohne dass hier Mängel in der Fahrbahngriffigkeit vorlagen. Die im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführten Fahrverhaltensuntersuchungen lieferten keine Hinweise auf ein risikobereiteres Fahrverhalten. Neuere OPA-Deckschichten wiesen geringere Anteile an Nässe-Unfällen auf, zeigten jedoch eine Tendenz zur Verschlechterung mit zunehmender Liegedauer. Hinsichtlich des Messverfahrens für die Griffigkeit auf OPA-Belägen im Sinne einer besseren Vergleichbarkeit unterschiedlicher Deckschichten besteht weiterer Forschungsbedarf.

4 Reales Fahrerverhalten – Fahrerleistung und Beanspruchung

Zur Beschreibung des Ist-Zustandes aus verkehrspsychologischer Sicht wurden einerseits die in Abschnitt 2 dargestellten Unfallanalysen durchgeführt. Ziel der Unfallanalysen ist dabei vornehmlich Hinweise auf Unfallursachen sowie mitwirkende Belastungsfaktoren zu liefern, sowie eine Beschreibung der Unfallverteilung auf der niedersächsischen A2 zu ermöglichen. Im Rahmen des Projektes wurden ergänzend reale Versuchsfahrten durchgeführt, mit dem Ziel explorativ die Wirkung vorhandener Belastungsfaktoren (z.B. Verkehrsaufkommen, offenporiger Asphalt) auf die Fahrerleistung und Fahrerbeanspruchung zu beschreiben. Der explorative Ansatz wurde gewählt, um mittels des beobachtbaren „normalen“ Fahrens der Probanden Hypothesen über mögliche Zusammenhänge zwischen Belastungsfaktoren und Fahrerverhalten generieren zu können. Konkrete Annahmen, welche Einflussfaktoren primär für die Entstehung kritischer Situationen und Unfälle auf der niedersächsischen A2 sind, waren im Vorfeld der Studie nicht vorhanden. Aufgrund der fehlenden konkreten Hinweise auf mögliche Ursache-Wirkungsbeziehungen, sind die methodischen Voraussetzungen für ein kontrolliertes, experimentelles Versuchsdesign nicht gegeben, weshalb auch statistisch abgesicherte Aussagen nur bedingt möglich sind. Ein wesentlicher Vorteil des explorativen Vorgehens ist allerdings, dass durch die Beobachtung normalen Verhaltens eine breite Sicht auf das Verhalten möglich wird und damit eine sehr gute Basis für die Hypothesengenerierung in unterschiedlichen Bereichen geschaffen werden kann. Der explorative Zugang wurde demnach gewählt, um bei der Hypothesengenerierung keinen Restriktionen vorher ausgewählter und definierter Einflussfaktoren zu unterliegen. Aufgrund der Erfassung des Fahrerverhaltens auf verschiedenen Ebenen (Leistung, Physiologie) sowie der Aufzeichnung diverser Fahrzeug- und Umweltdaten, ist teilweise ein erstes Testen der generierten Hypothesen trotz des explorativen Ansatzes möglich.

Mittels der Beobachtung realen Fahrerverhaltens werden zusätzliche Informationen über die Fahrer und sekundäre Belastungsfaktoren ermittelt. Wesentlich ist dabei vor allem die Betrachtung von Interaktionen zwischen den vorherrschenden Belastungsfaktoren und dem individuellen Umgang des einzelnen Fahrers mit diesen Faktoren. Ziel ist die Beschreibung verhaltens- bzw. leistungsbezogener Aspekte in Abhängigkeit der Belastung. Mittels der Durchführung von Versuchsfahrten mit dem DLR ViewCar wurden reale Daten des Fahrers im Gesamtsystem „Fahrer – Fahrzeug – Umwelt“ erhoben. Das ViewCar ist ein Messfahrzeug, das es ermöglicht sowohl das Fahrverhalten der Versuchspersonen (z.B. Geschwindigkeit, Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug), als auch die vorhandene Fahrumgebung (z.B. Position auf der Strecke, Verkehrsdichte) synchron aufzuzeichnen (Abbildung 4-1).



Abbildung 4-1: Instrumentiertes Versuchsfahrzeug DLR-ViewCar.

Darüber hinaus werden physiologische Daten des Fahrers erfasst. Die Analyse der Herzfrequenz ermöglicht es beispielsweise, auf die aus den Belastungsfaktoren resultierende Beanspruchung beim Fahrer zu schließen.

4.1 Versuchsdesign – Probanden – Versuchsstrecke

Basierend auf den Ergebnissen der Unfallanalysen und des verkehrlichen und entwurfstechnischen Belastungsprofils (vgl. Abschnitt 2 und 3) wurde das Versuchsdesign der ViewCar-Fahrten geplant sowie die Auswertungsmethodik definiert, die zur Analyse der Daten herangezogen wurde. Die vorherigen Analysen legten die Vermutung nahe, dass unter anderem die Verkehrsdichte ein wesentlicher Einflussfaktor bei der Entstehung von kritischen Situationen und Unfällen zu sein scheint. Weiterhin zeigte sich, dass Unfallschwerpunkte vor allem im Bereich von Anschlussstellen liegen und dass Unfälle häufig durch Spurwechselfehler verursacht werden. Da frühere Studien (Schießl, 2008a, 2008b.) zeigten, dass sowohl unterschiedliche Verkehrsdichten als auch unterschiedliche Fahrmanöver sich vor allem auch auf den Fahrerezustand, die Beanspruchung auswirken, wurde neben der Beschreibung der Fahrerleistung vor allem die Beanspruchung in den Mittelpunkt der Analysen gestellt. Im Laufe der Versuchsfahrt wurden Daten bzgl. der genannten Aspekte Verkehrsdichte, Spurwechselverhalten und Fahrerverhalten an Anschlussstellen erhoben. Ziel ist es, mittels der explorativen Analyse aufgestellte Zusammenhänge zwischen den genannten Faktoren zu beschreiben, Hypothesen zu genieren und damit einen Beitrag zu Ableitung der Sicherheitserhöhenden Maßnahmen zu leisten.

Zehn aus der DLR-Testfahrerdatenbank akquirierte Probanden nahmen jeweils an zwei Versuchstagen an der Untersuchung teil. Als Versuchstage wurden ein Mittwoch sowie der darauffolgende Freitag gewählt. Die bisherigen Analysen haben gezeigt, dass dies die Tage sind, an denen einerseits auffallend wenig (mittwochs) bzw. viele Unfälle (freitags) passieren, andererseits ebenfalls unterschiedliche Verkehrsdichten zu erwarten sind (mittwochs gering, freitags hoch). Die Versuchszeiten wurden so gewählt, dass die Probanden an beiden Versuchstagen zur gleichen Tageszeit die Versuchsfahrt absolvierten. Die Stichprobe setzte sich aus 6 Männern und 4 Frauen zusammen. Die Teilnehmer der Studie waren zwischen 25 und 45 Jahre alt (im Mittel 33 Jahre, mit einer Standardabweichung von 6 Jahren) und gaben eine jährliche Fahrleistung zwischen 9000 und 20000 Kilometer an.

Wie oben bereits beschrieben, zeigten erste Ergebnisse der Engpassanalyse (Abschnitt 3.1.2) und Unfallanalyse (Abschnitt 2.1.4), dass der Raum Braunschweig einerseits durch ein sehr hohes Verkehrsaufkommen und somit hohe Verkehrsdichten charakterisiert ist, andererseits die entsprechenden Anschlussstellen als Unfallschwerpunkte identifiziert werden konnten. Um demnach einen möglichen Einfluss der Verkehrsdichte auf das Fahrerverhalten beschreiben zu können, sowie das Verhalten in Abhängigkeit der entsprechenden Knotenpunkte zu analysieren, wurde die Versuchsstrecke im Raum Braunschweig gewählt. Mit Hilfe der auf der Strecke vorhandenen Daten der Messquerschnitte der Verkehrsbeeinflussungsanlage wurden Informationen über das aktuell vorherrschende Verkehrsaufkommen erhoben und mit den Versuchsdaten synchronisiert. Entsprechend der genannten Belastungsdaten wurde die Versuchsstrecke definiert. Diese führte vom DLR ausgehend über die Anschlussstelle Braunschweig-Flughafen auf die A2 bis zur Anschlussstelle Braunschweig-Nord in Richtung Dortmund. Von dort wurde die Fahrt in Richtung Berlin bis zur Anschlussstelle Rennau fortgesetzt, dort gewendet und die Versuchsfahrt in entgegengesetzter Richtung fortgeführt. Zurück über Braunschweig-Nord endete die Versuchsfahrt auf dem Gelände des DLR. Die Versuchsstrecke ist in Abbildung 4-2 dargestellt. Die Versuchsdauer betrug je nach Verkehrsaufkommen und gefahrener Geschwindigkeit zwischen 1.5 und 2 Stunden.



Abbildung 4-2: Versuchsstrecke auf der A2; BS-Flughafen – BS-Nord – Rennau – BS-Nord – BS-Flughafen.

4.2 Erfasste Fahrer- und Umweltdaten

Zur explorativen Beschreibung leistungs- und beanspruchungsbezogener Verhaltensaspekte in Abhängigkeit der auf der A2 vorherrschenden Belastungsfaktoren wurden während der Versuchsfahrt mit dem ViewCar Fahrzeug- und Fahrer-Daten zeitsynchron aufgezeichnet und für die statistische Analyse vorverarbeitet. Die Vorverarbeitung umfasste dabei vor allem das Mappen der Daten mittels Aggregation auf die Streckenabschnitte, die Anschlussstellen und Bereiche innerhalb der Anschlussstellen (Verzögerungstreifen (VS), Zwischenbereich bzw. Verflechtungstreifen (ZB), Beschleunigungstreifen (BS)). Unter anderem wurden folgende Daten aufgezeichnet:

- Fahrzeugdaten, z.B. Positionsdaten, Spurdaten, Beschleunigungen in x-, y- und z-Richtung
- Fahrerleistungsdaten, z.B. Geschwindigkeit, Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug, Spurwechselaktivität
- Physiologische Fahrerdaten, z.B. Herzfrequenz

Um interindividuelle Differenzen der physiologischen Beanspruchung zu kontrollieren, die aufgrund unterschiedlicher individueller Ausgangslagen der Herzfrequenz zustande kommen, wurden die physiologischen Daten z-standardisiert. Durch die z-Standardisierung am individuellen mittleren Beanspruchungsniveau wird sichergestellt, dass mögliche Effekte der Analysen eindeutig auf Unterschiede der Belastung (z.B. Verkehrsdichte, Anschlussstellen) und nicht auf unterschiedliche Ausgangslagen zurückgeführt werden können. In Abbildung 4-3 ist exemplarisch die aufgezeichnete Herzfrequenz einer Versuchsperson dargestellt.

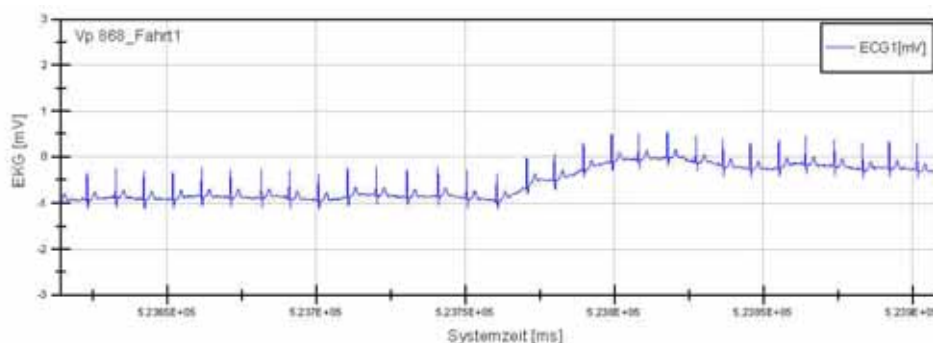


Abbildung 4-3: Exemplarisches Datenbeispiel einer aufgezeichneten Herzfrequenz.

Zusätzlich zu den Fahrzeug- und Fahrerdaten wurden über die auf der Strecke vorhandenen Verkehrsbeeinflussungsanlage Messquerschnittsdaten zur Beschreibung der aktuell vorherrschenden Verkehrsdichte erfasst. Die Integration der VBA- und ViewCar-Daten erfolgte durch die Einteilung in Qualitätsstufen des Verkehrsablaufes (QSV) A bis F (vgl. Abschnitt 3.1.1) sowie die zeitliche und streckenbezogene Synchronisation der bereits vorhandenen Fahrzeug- und Fahrerdaten. In Abbildung 4-4 ist die Integration der Daten exemplarisch für eine Versuchsfahrt dargestellt.

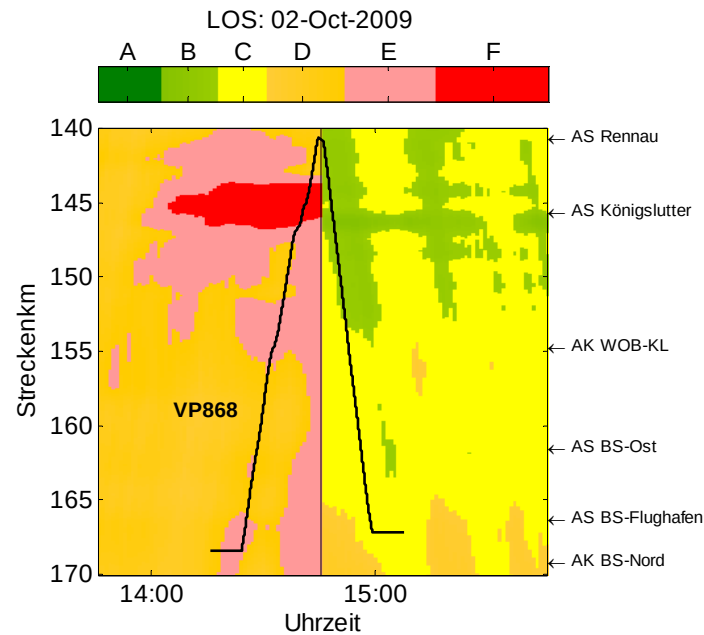


Abbildung 4-4: Schematische Darstellung der Integration von VBA- und ViewCar-Daten.

Das Interaktionsverhalten zwischen den Verkehrsteilnehmern wurde mittels Kameradaten erfasst. Mit Hilfe der im ViewCar aufgezeichneten Videos nach vorne und nach hinten wurde im Rahmen einer Videoanalyse die Spurwechselaktivität sowohl der Versuchspersonen, als auch der umgebenden Fahrzeuge kodiert. Dabei wurde einerseits zwischen dem Egofahrzeug, Personen- und Lastkraftwagen unterschieden, andererseits wurden Spurwechselrichtung sowie Anfangs- und Endfahrstreifen der Spurwechsel kodiert. Um zusätzlich zwischen freiwilligen und durch andere Fahrzeuge erzwungene Spurwechsel unterscheiden zu können, wurde dies ebenfalls in die Kodiervorlage aufgenommen. Die Analyse aller 20 Fahrten zeigte allerdings ausschließlich freiwillige Spurwechsel, weshalb neben der Information über Typ des ausführenden Fahrzeuges folgende Differenzierungen hinsichtlich der Spurwechselaktivität möglich ist:

- Spurwechsel Hauptfahrstreifen – 1. Überholfahrstreifen (HF – 1UF)
- Spurwechsel 1. Überholfahrstreifen – 2. Überholfahrstreifen (1UF – 2UF)
- Spurwechsel 2. Überholfahrstreifen – 1. Überholfahrstreifen (2UF – 1UF)
- Spurwechsel 1. Überholfahrstreifen – Hauptfahrstreifen (1UF – HF)

Nach Kodierung der Spurwechsel wurden die Daten ebenfalls räumlich klassifiziert, so dass eine Aussage hinsichtlich möglicher Unterschiede in Abhängigkeit der Streckenbereiche, Anschlussstellen und Bereiche innerhalb der Anschlussstellen möglich ist.

Weiterhin wurde über die Videoanalyse das Einfädelungsverhalten der Versuchspersonen beim Auffahren auf die A2 erfasst. Von Interesse war hier die Information, an welchem Streckenpunkt die Probanden einfädeln, bzw. ob der Beschleunigungsstreifen gänzlich ausgefahren wird und somit erst nach dem Ende des Streifens eingefahren wird.

4.3 Reales Fahrerverhalten

Aufgrund des gewählten Versuchsdesigns werden die erhobenen Daten mit Hilfe mehrfaktorieller allgemeiner linearer Modelle (ALM) für abhängige Stichproben mit Messwiederholung ausgewertet. Intra- und interindividuelle Unterschiede zwischen den Probanden werden somit kontrolliert, so dass mögliche Unterschiede im Fahrerverhalten auf die untersuchten Belastungsfaktoren zurückgeführt werden können. Beim Test auf Signifikanz gilt nach allgemein gültiger Konventi-

on ein Signifikanzniveau von $\alpha = 5\%$. Hoch signifikante Ergebnisse werden bei α kleiner 1% beschrieben, Tendenzen bei einem α zwischen 5% und 10% (Bortz, 2005).

In Abhängigkeit der jeweiligen Fragestellung werden zur Beschreibung der Fahrerleistung und des Fahrzeugverhaltens, welches aus den Bedieneingaben des Fahrers resultiert, folgende Variablen analysiert:

- Mittelwert der gefahrenen Geschwindigkeit
- Standardabweichung der gefahrenen Geschwindigkeit
- Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug über die Zeitlücke zum vorausfahrenden Fahrzeug (Time-Headway, THW)
- Spurwechselverhalten über die Anzahl der Spurwechselmanöver
- Einfädelverhalten über den Zeitpunkt des Einfädelns
- Standardabweichung der Querablage (Position des Fahrzeuges in der Spur)
- Mittelwert der Querbesehleunigung

Zur Beschreibung der Fahrerbeanspruchung werden folgende Variablen analysiert:

- Mittelwert der Herzrate
- Herzratenvariabilität

Die mittlere Herzrate gilt in der Beanspruchungsforschung als Indikator für physische Beanspruchung, während der Herzratenvariabilität eine höhere allgemeine Sensitivität hinsichtlich der Messung mentaler Beanspruchung zugesprochen wird (O'Donnel & Eggemeier, 1986, De Waard, 1996). Um beide Aspekte abbilden zu können, wurden beide Parameter analysiert.

Fahrerleistung, Beanspruchung und Fahrzeugverhalten (unabhängige Variablen) werden aufgrund der Ergebnisse aus den Unfallanalysen und des gewählten Versuchsdesigns in Abhängigkeit der Faktoren Knotenpunkte, Abschnitt innerhalb der Knotenpunkte (VS, ZB, BS²) und Durchgänge (mittwochs bzw. freitags) analysiert (abhängige Variablen).

Die Analyse des Fahrerverhaltens während des individuellen Einfädelungsprozesses wurde ausschließlich in Abhängigkeit der Faktoren Knotenpunkte und Durchgang durchgeführt. Analysiert wurden die Knotenpunkte Braunschweig-Nord (Richtung Berlin) sowie Rennau (Richtung Dortmund). Da die Probanden zu Beginn der Versuchsfahrt instruiert wurden, die A2 direkt nach der Einfahrt Braunschweig-Flughafen in Braunschweig-Nord wieder zu verlassen, wurde dieses Einfädelmanöver aus der Analyse ausgeschlossen. Grund ist, dass ein möglicher Einfluss der Instruktion beziehungsweise des direkt nachfolgenden Ausfahrens auf das Fahrerverhalten beim Einfädelprozess nicht ausgeschlossen beziehungsweise kontrolliert werden kann.

In den folgenden Abschnitten werden zu den jeweiligen Fragestellungen die Analysen sowie die Ergebnisse dargestellt.

4.3.1 Fahrerleistung und Beanspruchung in Abhängigkeit der Knotenpunkte

Um zu analysieren, inwiefern die Probanden in Abhängigkeit einzelner Knotenpunkte unterschiedliches Verhalten zeigen, beziehungsweise das Durchfahren einzelner Knotenpunkte zu einer höheren Beanspruchung beim Fahrer führt, wurden 3-faktorielle (Knotenpunkt $\times$ Abschnitt $\times$ Durchgang) Allgemeine lineare Modelle für die Parameter Geschwindigkeit (Mittelwert, Standardabweichung) und Herzrate (Mittelwert, Variabilität) berechnet.

² VS = auf Höhe des Verzögerungstreifens, ZB = auf Höhe des Zwischenbereiches, BS = auf Höhe des Beschleunigungstreifens

Die Analyse der mittleren Geschwindigkeit zeigt einen signifikanten Haupteffekt bzgl. des Faktors Knotenpunkt ($p = .046$, $F_{8,64} = 2.129$, $d = .210$)³, sowie signifikante Wechselwirkungen zwischen Knotenpunkt $\times$ Abschnitt ($p = .001$, $F_{16,128} = 2.833$, $d = .261$) und Knotenpunkt $\times$ Durchgang ($p < .001$, $F_{8,64} = 6.791$, $d = .459$). Die Haupteffekte der Faktoren Abschnitt ($p = .128$, $F_{2,16} = 2.339$) und Durchgang ($p = .626$, $F_{1,8} = 0.257$) sowie deren Wechselwirkung ($p = .996$, $F_{2,16} = 0.004$) werden nicht signifikant.

Insgesamt zeigt sich, dass in Richtung Dortmund höhere Geschwindigkeiten gefahren werden, als in Richtung Berlin. Die höchsten Geschwindigkeiten werden am Knotenpunkt Königsutter, Wolfsburg / Königsutter sowie Uhry in Richtung Dortmund gefahren. Diese unterscheiden sich signifikant von den geringeren Geschwindigkeiten an den Knotenpunkten Essehof (Richtung Dortmund), Wolfsburg / Königsutter, Braunschweig-Ost und Königsutter in Richtung Berlin. Die signifikante Wechselwirkung Knotenpunkt $\times$ Durchgang weist auf eine Abhängigkeit von der Verkehrsdichte hin (siehe Abschnitt 4.3.4). An den Knotenpunkten in Fahrtrichtung Berlin wurden mittwochs höhere Geschwindigkeiten gefahren als freitags, was auf das geringere Verkehrsaufkommen am Mittwoch zurückgeführt werden kann.

Die Analyse der Geschwindigkeitsvarianz zeigt sowohl einen hoch signifikanten Haupteffekt des Faktors Knotenpunkt ($p < .001$, $F_{8,64} = 5.558$, $d = .411$) als auch des Faktors Abschnitt ($p < .001$, $F_{2,16} = 26.532$, $d = .768$) sowie der Wechselwirkung zwischen beiden Faktoren ($p < .001$, $F_{16,128} = 4.584$, $d = .364$). Weder der Haupteffekt Durchgang ($p = .946$, $F_{1,8} = 0.005$), noch die Wechselwirkungen Knotenpunkt $\times$ Durchgang ($p = .166$, $F_{8,64} = 1.526$) und Abschnitt $\times$ Durchgang ($p = .803$, $F_{2,16} = 0.222$) werden signifikant.

Die Geschwindigkeitsvarianz ist insgesamt im Zwischenbereich der Knotenpunkte am höchsten und unterscheidet sich signifikant von den geringeren Varianzen auf Höhe des Beschleunigungs- und Verzögerungstreifens (Abbildung 4-5). Das bedeutet, dass die Probanden ihre Geschwindigkeit im Zwischenbereich, also zwischen der Ausfahrt und Einfahrt eines Knotenpunktes, signifikant ändern, d.h. bremsen oder beschleunigen. Eine mögliche Ursache für diesen Effekt könnte in einer erhöhten Spurwechselaktivität in diesem Bereich liegen. Um diese Hypothese zu analysieren, wurde deshalb weitergehend das Spurwechselverhalten genauer analysiert (vgl. Abschnitt 4.3.3).

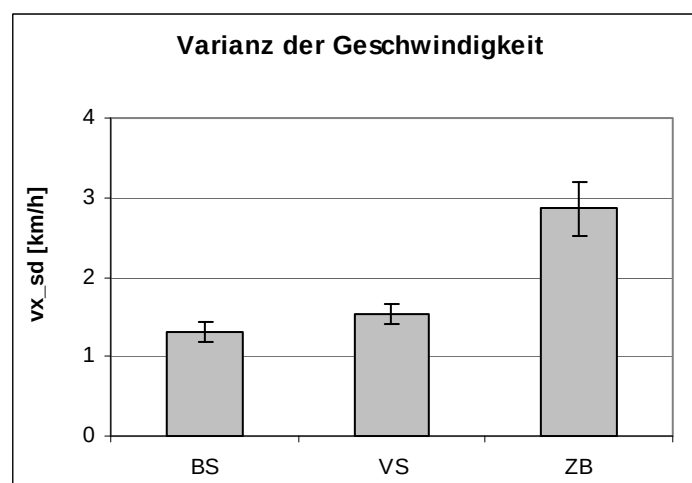


Abbildung 4-5: Varianz der Geschwindigkeit in Abhängigkeit des Beschleunigungs- (BS), Verzögerungstreifens (VS) und des Zwischenbereiches (ZB).

³ Angegeben sind jeweils folgende Werte der Tests:

p = Signifikanz; F = F-Wert der Verteilung, tiefgestellt sind die Freiheitsgrade des Faktors, durch Komma getrennt die Fehlerfreiheitsgrade; d = Partielles Eta-Quadrat, d.h. Effektstärke welche angibt, wie groß der Effekt ist: kleiner Effekt bis $d = 0.2$, mittlerer Effekt bis $d = 0.5$, starker Effekt ab $d = 0.8$ (Cohen, 1988). Die Effektstärke wird bei signifikanten Effekten angegeben.

Da die Varianz der Geschwindigkeit ebenfalls ein Maß zur Beschreibung der physischen Beanspruchung ist, weisen die Ergebnisse auf eine mögliche Zunahme der Beanspruchung im Zwischenbereich von Knotenpunkten hin, was ebenfalls als Hinweis für höhere Aktivität durch vermehrte Spurwechsel gewertet wird.

In Abhängigkeit der Knotenpunkte zeigt sich, dass die Varianz am Knotenpunkt Wolfsburg / Königsutter (in beide Richtungen) am höchsten ist, ebenso am Knotenpunkt Uhry (Richtung Dortmund). Diese unterscheiden sich signifikant von den Knotenpunkten Königsutter und Braunschweig-Ost (Richtung Dortmund), an denen die Geschwindigkeitsvarianz am geringsten ist. Am Knotenpunkt Wolfsburg / Königsutter in Richtung Berlin variieren die Probanden ihre Geschwindigkeit am stärksten (Maximum), was auf die stärkere Dynamik des Verkehrs durch den Verflechtungstreifen zurückgeführt werden kann. Eine weitere Ursache für die starke Variation der Geschwindigkeit am Knotenpunkt Wolfsburg / Königsutter könnte auf die angezeigte Geschwindigkeit der VBA zurückzuführen sein. So zeigte die Durchsicht der Anzeigequerschnitte, dass an allen 4 Versuchstagen die Anzeige am AQ 153.640 durchgängig außer Betrieb war, während an den Querschnitten davor (ab 155.530) und danach (ab 152.100) Geschwindigkeitsbegrenzungen angezeigt wurden. Auf Höhe des Knotenpunktes Uhry (AQ 147.982 und AQ 146.040) kann mittels der Daten zwar kein „Ausfall“ erkannt werden, allerdings ist dies ein Bereich, in dem an den Versuchstagen zwischen Begrenzungen von 100 km/h und 120 km/h gewechselt wurde. Der mögliche Zusammenhang zwischen den Anzeigen und der Varianz kann mit den vorliegenden Daten nicht abschließend geklärt werden, sollte aber einerseits als Hinweis für weiteren Forschungsbedarf hinsichtlich der Akzeptanz und des Begreifens von VBA-Anzeigen gewertet werden, andererseits die Notwendigkeit der Maßnahme einer VBA-Qualitätsanalyse stärken.

4.3.2 Fahrerbeanspruchung

Die Analyse der Beanspruchungsparameter zeigt für den Parameter der mittleren Herzfrequenz keine signifikanten Effekte. Die Werte weisen allerdings darauf hin, dass die physische Beanspruchung im Zwischenbereich leicht erhöht ist. Dies bestärkt den Hinweis auf vermehrte Spurwechselaktivität (siehe oben).

Hinsichtlich der Herzratenvariabilität ergeben sich allerdings signifikanten Haupteffekte der Faktoren Knotenpunkt ($p = .003$, $F_{8,56} = 3.449$, $d = .330$) und Abschnitt ($p < .001$, $F_{2,14} = 29.458$, $d = .808$) sowie eine signifikante Wechselwirkung Knotenpunkt $\times$ Abschnitt ($p < .001$, $F_{16,112} = 3.104$, $d = .307$). Die anderen Effekte werden nicht signifikant (Durchgang: $p = .170$, $F_{1,7} = 2.338$; Knotenpunkt $\times$ Durchgang: $p = .106$, $F_{8,56} = 1.753$; Abschnitt $\times$ Durchgang: $p = .463$, $F_{2,14} = 0.813$).

Die Analyse der mentalen Beanspruchung zeigt, dass die Knotenpunkte, die in der Geschwindigkeitsanalyse geringe Varianzen aufwiesen mit hoher mentaler Beanspruchung verbunden sind, bzw. dass Knotenpunkte, an denen der Fahrer aktiv ist (hohe Geschwindigkeitsvarianzen), mit geringer mentaler Beanspruchung einhergehen. Dies zeigt sich auch bei der Betrachtung des Faktors Abschnitt. Die geringste mentale Beanspruchung zeigt sich im Zwischenbereich, eine hohe mentale Beanspruchung zeigt sich in den Verzögerungs- und Beschleunigungsbereichen.

Eine mögliche Ursache für die unterschiedliche Beanspruchung könnte wie oben bereits angedacht in den unterschiedlichen Anforderungen liegen, die an den Fahrer gestellt werden. Während zu Beginn und Ende des Knotenpunktes eher kognitive Prozesse im Vordergrund stehen, wie beispielsweise Entscheidungs- und Planungsprozesse bzgl. der Geschwindigkeitswahl oder des Zeitpunktes eines Spurwechsels, steht im Zwischenbereich die Ausführung des Verhaltens im Vordergrund. Das bedeutet, dass hier vor allem die motorischen Anforderungen einen Großteil der körperlichen Beanspruchung ausmachen. Dass unterschiedliche Aufgabenanforderungen zu unterschiedlicher Beanspruchung führen können, konnte bereits in früheren eigenen Studien belegt (Vollrath et al. 2007, Schießl, 2008) werden. Neben der Analyse des Zusammenhangs zwischen unterschiedlichen Fahrmanövern (z.B. Folgefahrt, Überholen) und Beanspruchung

wurden bzw. werden in aktuellen Projekten die Fahrmanöver Einfädeln und Spurwechsel fokussiert. Aufgrund der Komplexität der Manöver hinsichtlich ihrer Aufgabenstruktur und der damit verbundenen Anforderungen, konnten einerseits bereits messbare Effekte auf den Fahrerzustand und die Fahrerleistung gemessen werden, was andererseits die Notwendigkeit deutlich macht, Anforderungen an mögliche Unterstützung, z.B. in Form von Assistenzsystemen, abzuleiten. Um einem möglichen Zusammenhang zwischen Spurwechselverhalten und Beanspruchung weiter nachzugehen, wird das Spurwechselverhalten in Abschnitt 4.3.3. nochmals detaillierter betrachtet.

Zusammenfassend betrachtet, geben sowohl die Analyse der Fahrleistung als auch der Beanspruchung Hinweise darauf, dass innerhalb der Knotenpunkte aufgrund der hohen Verkehrsdynamik, erhöhte Anforderungen an die Fahrer gestellt werden, die kompensiert werden müssen. Integriert man die Ergebnisse der Unfallanalyse zu den Betrachtungen, so scheint die Kompensationsmöglichkeit und –Fähigkeit der Fahrer teilweise so stark begrenzt zu sein, dass Fehlverhalten und letztendlich Unfälle resultieren. Durch die Analyse der Fahrerdaten kann somit die Identifikation der Unfallschwerpunkte an Knotenpunkten bestätigt werden, ebenso die vermuteten Hypothesen hinsichtlich der Einflussfaktoren Verkehrsdichte und Spurwechselverhalten gestärkt werden, die in den folgenden Abschnitten nochmals genauer analysiert werden.

Zusätzlich liefern die generierten Hypothesen auch in diesem Fall Hinweise für weiteren Forschungsbedarf hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Anforderungen der Fahraufgabe, der Ableitung damit verbundener möglicher kognitiver Prozesse und der Beschreibung des resultierenden Fahrerverhaltens sowie Fahrerbeanspruchung.

4.3.3 Spurwechselverhalten

Aufgrund oben beschriebener Ergebnisse wurde ein weiterer Fokus auf die Analyse des Spurwechselverhaltens gelegt. Die Analysen weisen darauf hin, dass die höhere Geschwindigkeitsvarianz durch die vermehrte Dynamik an bzw. in Knotenpunkten bedingt ist. Neben der allgemein durch zu- und abfließendem Verkehr bedingten Dynamik wird die Hypothese aufgestellt, dass zusätzlich eine vermehrte Spurwechselaktivität zur Erhöhung der Dynamik beiträgt. Mittels einer Videoanalyse wurden daraufhin die Spurwechsel aller Fahrzeuge kodiert. Insgesamt wurden 364 Spurwechsel beobachtet. 129 (38.2%) der Spurwechsel wurden von den Testfahrern durchgeführt, 188 (61.8%) von anderen Fahrzeugen. Lediglich in einem Fall (0.2%) wurde der Testfahrer von einem anderen Fahrzeug „gezwungen“, den Fahrstreifen zu wechseln. Bezüglich der anderen Fahrzeuge wurde ein Erzwingen der Spurwechsel nicht beobachtet. Auch die Anzahl von Spurwechseln bei Lkw war mit insgesamt 14 (3.9%) sehr gering.

Um für die Analyse des Spurwechselverhaltens in Abhängigkeit der Knotenpunkte und Abschnitte innerhalb der KP eine ausreichende Menge an Daten zur Verfügung zu haben und somit die Voraussetzung der statistischen Tests zu erfüllen, werden die Daten über die genannten Faktoren aggregiert. Neben der Betrachtung der Spurwechselaktivität in Abhängigkeit der Anschlussstellen wird zusätzlich abhängig der Spurwechselrichtung differenziert:

- Spurwechsel Hauptfahrstreifen – 1. Überholfahrstreifen (HF – 1UF)
- Spurwechsel 1. Überholfahrstreifen – 2. Überholfahrstreifen (1UF – 2UF)
- Spurwechsel 2. Überholfahrstreifen – 1. Überholfahrstreifen (2UF – 1UF)
- Spurwechsel 1. Überholfahrstreifen – Hauptfahrstreifen (1UF – HF)

Die beiden zuerst genannten Spurwechsel nach links können im Sinne des „Platz Machens“ zusammengefasst werden, die beiden Spurwechsel nach rechts als „Wiedereinscheren“.

Am häufigsten mit 117 (32.1%) werden Spurwechsel nach rechts vom 2. Überhol- auf den 1. Überholfahrstreifen beobachtet. 102 (28.2%) Spurwechsel werden vom 1. Überhol- zum 2. Überholfahrstreifen, 84 (23.1%) vom Haupt- zum 1. Überholfahrstreifen und 61 (16.8%) vom 1. Überholfahrstreifen auf den Hauptfahrstreifen durchgeführt.

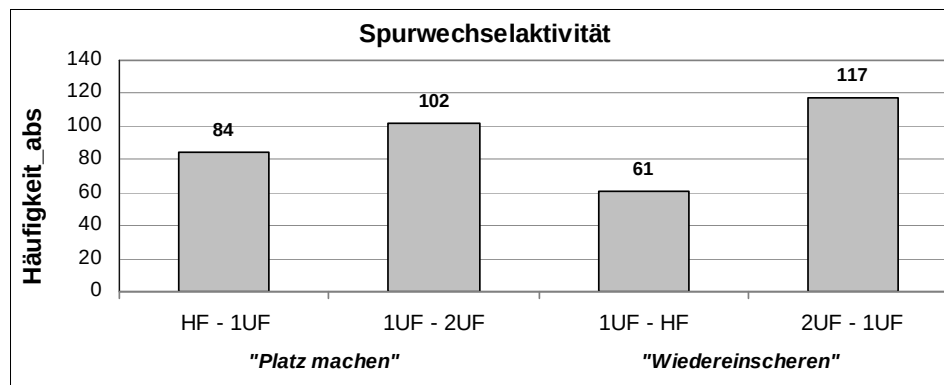


Abbildung 4-6: Spurwechselaktivität in Abhängigkeit der Spurwechselrichtung.

Die Analyse der Spurwechsel in Abhängigkeit der Faktoren Knotenpunkte und Abschnitte (2-faktorielles Allgemeines lineares Modell) zeigt einen signifikanten Abschnittseffekt für die Wechsel nach rechts (MF – HF: $p < .001$, $F_{3,12} = 56.834$, $d = .934$ und UF – MF: $p < .001$, $F_{3,12} = 16.481$, $d = .805$). Demnach werden im Verflechtungs- bzw. Zwischenbereich von Knotenpunkten signifikant mehr Spurwechsel nach rechts (Wiedereinscheren) durchgeführt.

Die Ergebnisse bestärken somit die oben aufgestellte Hypothese, dass die Dynamik innerhalb der Knotenpunkte signifikant durch Spurwechselaktivitäten bedingt ist. Wesentlich für die Ableitung der Maßnahmen (vgl. Abschnitt 6) ist, dass es sich hierbei primär um Spurwechsel nach rechts handelt, also ein Wiedereinscheren der Fahrzeuge, weniger um Spurwechsel nach links, um einfahrenden Fahrzeugen „Platz zu machen“.

Um detaillierte Informationen über das Auftreten der Spurwechsel in den einzelnen Abschnitten innerhalb der Knotenpunkten zu bekommen, werden im Folgenden die Ergebnisse zusätzlich durchgeführter χ^2 -Tests dargestellt. Verglichen wird die Verteilung der Spurwechsel in den speziellen Abschnitten mit der Verteilung der Spurwechsel auf allen anderen Abschnitten. Ein überproportional häufigeres bzw. weniger häufiges Auftreten der Spurwechsel kann somit identifiziert werden.

Der Vergleich der Spurwechsel in den einzelnen Abschnitten mit den Bereichen freier Fahrt zeigt, dass auf Höhe des Beschleunigungsbereiches einerseits signifikant häufiger vom Hauptfahrstreifen auf den 1. Überholfahrstreifen gewechselt wird ($p = .001$, $\chi^2 = 13.209$), andererseits signifikant weniger vom 1. Überholfahrstreifen auf den 2. Überholfahrstreifen ($p = .032$, $\chi^2 = 4.817$) und dem 2. Überholfahrstreifen auf den 1. Überholfahrstreifen ($p = .014$, $\chi^2 = 6.306$). Dies spiegelt das vermutete Verhalten wieder, dass Fahrzeuge im Bereich des Beschleunigungstreifens einfahrenden Fahrzeugen auf dem Hauptfahrstreifen Platz machen.

Bezüglich des Verflechtungstreifens zeigen sich signifikant weniger Spurwechsel vom Hauptauf den 1. Überholfahrstreifen ($p = .004$, $\chi^2 = 7.243$), dafür signifikant mehr Spurwechsel vom 1. Überhol- zurück auf den Hauptfahrstreifen ($p = .007$, $\chi^2 = 8.881$). Das bedeutet, im Verflechtungstreifen wird signifikant häufiger wieder eingeschert.

Weder die Analyse des Zwischenbereiches noch die Analyse des Verzögerungsbereiches zeigte signifikante Effekte. Vergleicht man ausschließlich die Abschnitte miteinander, zeigt sich ein vergleichbares Bild.

Um weiterhin in Bezug auf die später abzuleitenden Maßnahmen Hinweise auf besonders auffällige Knotenpunkte zu erhalten, wurden die einzelnen Knotenpunkte zusätzlich mit allen anderen Knotenpunkten verglichen. Signifikante Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle 4-1 dargestellt.

Tabelle 4-1: Spurwechselaktivität in Abhängigkeit spezieller Knotenpunkte⁴.

Knotenpunkt	Spurwechsel „Platz machen“		Spurwechsel „Wiedereinscheren“	
	HF – 1UF	1UF – 2UF	1UF – HF	2UF – 1UF
BS-Nord (Ri B)	**	--		--
BS-Flughafen (Ri B)		**		
Königsl. / WOB (Ri B)	**		**	
BS-Flughafen (Ri Do)	**			
BS-Nord (Ri Do)			**	

Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem der Bereich Braunschweig-Nord – Braunschweig-Flughafen auffällig ist. In Richtung Berlin zeigt sich, dass die Dynamik im Wesentlichen durch Spurwechsel nach links bedingt ist. Dies lässt vermuten, dass Fahrzeuge, die am Kreuz BS-Nord einfahren, ihre Route über BS-Flughafen hinweg fortsetzen. In Richtung Dortmund hingegen finden im Bereich BS-Flughafen vermehrt Spurwechsel vom Haupt- auf den 1. Überholfahrstreifen statt, am Kreuz BS-Nord hingegen wieder zurück vom 1. Überhol- zum Hauptfahrstreifen. Dies führt zu der Vermutung, dass Fahrzeuge vermehrt am Kreuz BS-Nord die A2 wieder verlassen. Dieses Ergebnis spiegelt sich unter anderen in der Maßnahme E/P/2 (vgl. 6.1) wieder.

Ein weiterer ähnlich auffälliger Bereich ist das Kreuz Wolfsburg / Königslutter, an dem sowohl signifikant mehr Spurwechsel nach links (HF – 1UF) als auch signifikant mehr Spurwechsel nach rechts (1UF – HF) stattfinden.

Die Analyse des Spurwechselverhaltens konnte demnach die Hypothese bestätigen, dass sowohl ein Großteil der verkehrlichen Dynamik als auch der erhöhten Fahrerbeanspruchung an Knotenpunkten durch vermehrte Spurwechselaktivität zustande kommt. Dass es sich dabei allerdings vermehrt um Spurwechsel nach rechts, also das Wiedereinscheren handelt, wurde nicht erwartet. Aufgrund möglicher einfahrender Fahrzeuge würde man erwarten, dass bereits auf der Autobahn fahrende Fahrzeuge „Platz machen“, d.h. vor allem nach links wechseln. Über Ursachen bzw. die Motivation der Fahrer im Bereich der Knotenpunkte wiedereinzuscheren kann zwar keine Aussage getroffen werden, dennoch liefern die Beobachtungen einen wesentlichen Beitrag zur Ableitung von Maßnahmen. Hier weist vor allem die detaillierte Betrachtung des Spurwechselverhaltens an speziellen Knotenpunkten auf Potenzial hin. Die Beobachtung der Spurwechsel an den Knotenpunkten Braunschweig-Flughafen und Braunschweig-Nord deutet bspw. explizit darauf hin, dass in diesem Bereich durch den Bau einer Verteilerfahrbahn, die es dem Fahrer in Richtung Dortmund fahrend erlaubt, die A2 nur kurzfristig zu nutzen und wieder zu verlassen, die Belastung reduziert werden könnte. Die Ergebnisse des Fahrerverhaltens weisen dabei sowohl auf eine Entlastung des Fahrers selbst hin, als auch auf eine Entlastung im Hinblick auf geringere verkehrliche Dynamik. Dies spiegelt sich zudem in den Ergebnissen der Engpassanalyse wieder, d.h. auch hier sind positive Effekte im Sinne einer Reduktion der verkehrlichen Belastung zu erwarten (vgl. 3.1 und 6.1.1).

4.3.4 Einfluss der Verkehrsdichte auf das Fahrerverhalten

Wie bereits angedeutet, lassen die bisherigen Ergebnisse vermuten, dass ein enger Zusammenhang zwischen dem Verkehrsaufkommen und dem Fahrerverhalten besteht. So weisen die Ergebnisse der Geschwindigkeitsanalyse darauf hin, dass die Verkehrsdichte primär dafür verant-

⁴ Die Ergebnisse sind wie folgt markiert:

** signifikant mehr Spurwechsel als an den anderen KP, -- signifikant weniger Spurwechsel als an allen anderen

wortlich ist, dass vor allem in Richtung Berlin und freitags aufgrund höherer Verkehrsstufen langsamere Geschwindigkeiten gefahren wurden. Um diese Hypothese detaillierter zu analysieren, wurde das Fahrerverhalten in Abhängigkeit der Verkehrsdichte untersucht.

Betrachtet man die Häufigkeiten der aufgetretenen Verkehrsstufen abhängig von der Fahrtrichtung und dem Wochentag, so zeigt sich insgesamt, dass die Verkehrsstufe E nur bei 5 Probanden in Fahrtrichtung Berlin und freitags vorherrschte, nur bei einem der 5 Probanden kam die Verkehrsstufe E auch an einem Mittwoch vor. Die höchste Verkehrsstufe F kam hingegen nur bei 2 Probanden vor, ausschließlich freitags in Fahrtrichtung Berlin. Auch die niedrigste Verkehrsstufe (QVS A) kam lediglich bei 5 Probanden vor, 5 mal in Richtung Berlin (davon 3 mittwochs, 2 freitags) und 7 mal in Richtung Dortmund (davon 2 mittwochs und 5 freitags)⁵. Beide Ergebnisse sprechen für die Annahme, dass das Verkehrsaufkommen in Richtung Berlin höher ist, als in Richtung Dortmund.

Aufgrund der geringen Fallzahlen ist keine vollständig abhängige Analyse des Verhaltens in Abhängigkeit der bisher analysierten Faktoren Fahrtrichtung (Berlin und Dortmund), Durchgang (mittwochs und freitags) und spezieller Knotenpunkte möglich. Eine globale Analyse hinsichtlich der Wirkung unterschiedlicher Verkehrsdichte auf das Fahrerverhalten und die Beanspruchung ist allerdings durchführbar und wird im Folgenden dargestellt.

Berechnet wurde eine 1-faktorielle (Faktor Verkehrsstufe) Varianzanalyse (Bortz, 2005). Das Ergebnis zeigt einen signifikanten Effekt hinsichtlich der mittleren Geschwindigkeit ($p < .001$, $F = 16.556$), der Geschwindigkeitsvarianz ($p = .010$, $F = 3.197$), des Abstandes zum vorausfahrenden Fahrzeug (THW: $p < .001$, $F = 5.920$) und der Herzratenvariabilität ($p < .001$, $F = 5.591$).

Wie zu erwarten, nimmt die mittlere Geschwindigkeit bei zunehmender Verkehrsdichte ab. Weiterhin wird deutlich, dass sich vor allem mittlere Verkehrsstufen QSV C und D auf das Fahrerverhalten auswirken. So ist einerseits der akzeptierte Abstand der Fahrer bei mittlerer Verkehrsdichte am geringsten, andererseits die Geschwindigkeitsvarianz am höchsten. Auch hinsichtlich der mentalen Beanspruchung zeigt sich, dass neben einem Anstieg bei niedriger Verkehrsstufe, die Beanspruchung bei mittlerer Verkehrsdichte am höchsten ist.

Aus Sicht der Fahrerverhaltensanalyse lässt sich schlussfolgern, dass die mittleren Verkehrsstufen aufgrund noch vorhandener Freiheitsgrade bzgl. des Verhaltens mit den höchsten Anforderungen an den Fahrer verbunden sind (vgl. Schießl, 2008; Knake-Langhorst & Schießl, 2009). Durch die vorhandenen Freiheitsgrade steht dem Fahrer ausreichend Raum zur Verfügung, sein Verhalten individuell zu gestalten. So sind bspw. Geschwindigkeiten frei wählbar und Spurwechsel durchführbar, wodurch einerseits die Varianz der Geschwindigkeit, andererseits das Akzeptieren geringerer Abstände erklärt werden kann. Die damit verbundenen erhöhten Anforderungen und resultierende Beanspruchung können damit erklärt werden, dass das eigene Verhalten sehr viel mehr auf das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer abgestimmt werden muss. Die Interaktion zwischen den Verkehrsteilnehmern und die damit einhergehenden kognitiven Prozesse (z.B. Abschätzen von Abständen und Geschwindigkeiten, Abgleich mit eigenem Verhalten, Treffen von Entscheidungen) führen dazu, dass sich die Aufgabenanforderungen ändern. Können diese Anforderungen vom Fahrer nicht kompensiert werden, so können kritische Situationen bis hin zu Unfällen resultieren.

4.3.5 Einfluss von offenporigem Asphalt (OPA) auf das Geschwindigkeitsverhalten

Im Rahmen der Unfallanalyse wurde ein tendenzieller Zusammenhang zwischen Nässeunfällen und dem Vorhandensein von offenporigem Asphalt (OPA) gefunden. Die alleinige Rückführung der Unfälle auf die Oberflächenbeschaffenheit des Asphalts wird allerdings kontrovers diskutiert und kann durch die vorhandenen Unfalldaten nicht eindeutig bestätigt werden. Eine mögliche

⁵ Die unterschiedlichen Häufigkeiten ergeben sich dadurch, dass bei einer Versuchsperson auch in beide Richtungen die entsprechende Verkehrsstufe vorliegen kann, so lagen bei 4 Personen die Verkehrsstufe A in beide Fahrtrichtungen am gleichen Versuchstag vor.

Ursache aus verkehrspsychologischer Sicht könnte das Auftreten von Verhaltensanpassung beim Fahrer sein. Ein heuristisches Modell zur Verhaltensanpassung stellen beispielweise Weller & Schlag (2004) vor. Demnach treten Verhaltensanpassungen in Abhängigkeit der objektiven Erweiterung des Handlungsspielraumes, der subjektiven Wahrnehmung davon und des subjektiven Nutzens der Anpassung auf. In Bezug auf das Vorhandensein von OPA würde das bedeuten, dass durch die objektiv reduzierte Gischtbildung bei Regen, der subjektive Eindruck einer geringeren Gefahr beim Fahrer entsteht und dieser, da beispielsweise der Nutzen einer früheren Zielerreichung hoch ist, höhere Geschwindigkeiten fährt.

Um die Hypothese einer möglichen Verhaltensanpassung zu analysieren, wurde das Geschwindigkeitsverhalten der Fahrer auf Streckenabschnitten mit und ohne OPA verglichen. Auf der Versuchsstrecke befinden sich in beide Fahrtrichtungen je zwei Abschnitte mit und ohne OPA. Die Daten wurden entsprechend aggregiert, so dass ein 3-faktorielles Allgemeines lineares Modell (OPA $\times$ Fahrtrichtung $\times$ Durchgang) berechnet werden kann.

Die Analyse der mittleren Geschwindigkeit zeigt für keinen der drei Faktoren einen signifikanten Haupteffekt (Richtung: $p = .147$, $F_{1,8} = 2.576$; OPA: $p = .310$, $F_{1,8} = 1.175$; Durchgang: $p = .410$, $F_{1,8} = 0.755$). Allerdings werden die Wechselwirkungen Richtung $\times$ OPA ($p = .033$, $F_{1,8} = 6.651$, $d = .454$) und Richtung $\times$ Durchgang ($p = .015$, $F_{1,8} = 9.500$, $d = .543$) signifikant. Aufgrund nicht signifikanter Hauptwirkungen dürfen diese allerdings ausschließlich als Tendenz beschrieben werden. Die Ergebnisse zeigen demnach, dass das Vorhandensein von OPA sich nicht eindeutig auf die Wahl der Geschwindigkeit auswirkt, da beispielsweise in Fahrtrichtung Berlin auf OPA Abschnitten etwas schneller gefahren wird als bei Nichtvorhandensein, in Fahrtrichtung Dortmund hingegen wird auf OPA Abschnitten langsamer gefahren. Zusätzlich zur Analyse der mittleren Geschwindigkeit wurde die Geschwindigkeitsvarianz betrachtet. Da auch diese Berechnungen keinerlei signifikante Haupteffekte wie auch Wechselwirkungen zeigen, kann insgesamt eine Verhaltensanpassung aufgrund von OPA nicht beschrieben werden.

Aufgrund der Tatsache, dass es nur bei einer Versuchsfahrt geregnet hat, kann ein möglicher Zusammenhang zwischen Nässe, Geschwindigkeitswahl und OPA im Sinne einer Verhaltensanpassung nicht analysiert werden und die Analysen geben wenig Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang. Auch eine vergleichende Analyse von Nässeunfällen an Stellen mit Fahrbahnbelagswechsel mit voraus liegenden und nachfolgenden Abschnitten ergab keine Hinweise darauf, dass die Belagswechsel Auswirkungen auf das Unfallgeschehen haben. So unterschieden sich die Unfalldichten und Nässeanteile im Bereich der 18 untersuchten Belagswechsel von OPA auf SMA nicht von denen der Gesamtstrecke oder der entsprechenden Vor- und Nachbereiche (vgl. Abschnitt 3.2.5.3).

Bestehen hierzu dennoch konkrete Hypothesen, so sollten etwaige Änderungen der Fahrdynamik in einem weiteren Forschungsvorhaben genauer analysiert werden. Dazu sollte allerdings eine systematische Untersuchung in experimenteller Umgebung durchgeführt werden, in der systematisch und kontrolliert bspw. unterschiedliche Oberflächenbeschaffenheiten (z.B. OPA, Beton) und Umweltbedingungen (z.B. Nässe, Trockenheit) variiert werden und damit ein möglicher Einfluss auf das Fahrerverhalten gemessen werden kann. Auch um den Einfluss einer möglichen Verhaltensanpassung zu untersuchen, bedarf es einer größeren Stichprobe, die über einen längeren Zeitraum untersucht wird, da eine Verhaltensanpassung mit einem gewissen Lernprozess verbunden ist.

4.3.6 Einfädelungsverhalten der Versuchsfahrer

Das Einfädelungsverhalten der Probanden wurde hinsichtlich der beiden Einfahrten Braunschweig-Nord (Richtung Berlin) und Rennau (Richtung Dortmund) verglichen. Aus bereits in Abschnitt 4.3 erläuterten Gründen wird die erste Einfahrt Braunschweig-Flughafen (Richtung Dortmund) aus der Analyse ausgeschlossen.

Um das Fahrerverhalten beim Einfädeln zu beschreiben, wurde ein 2-faktorielles Allgemeines Lineares Modell (Einfahrt × Durchgang) berechnet. Die Analyse des Geschwindigkeitsverhaltens (Mittelwert und Geschwindigkeitsvarianz) ergibt keine signifikanten Effekte. Hinsichtlich der Beanspruchungsparameter zeigt sich allerdings, dass die unterschiedlichen Einfahrten unterschiedlich beanspruchend sind. Die Analyse der mittleren Herzrate zeigt einen tendenziellen Effekt der Einfahrt ($p = .054$, $F_{1,7} = 5.353$, $d = .433$). Der Haupteffekt Durchgang ($p = .804$, $F_{1,7} = 0.067$, $d = .009$) sowie die Wechselwirkung zwischen beiden Faktoren ($p = .430$, $F_{1,7} = 0.703$, $d = .091$) werden nicht signifikant. Die physische Beanspruchung ist demnach während des Einfädelungsprozesses im AK Braunschweig-Nord tendenziell höher als an der Anschlussstelle Rennau.

Um zusätzlich den Einfluss auf die mentale Beanspruchung zu beschreiben, wird ein vergleichbares Modell für den Parameter Herzratenvariabilität berechnet. Hier zeigt sich ein signifikanter Effekt der Einfahrt ($p = .005$, $F_{1,7} = 16.781$, $d = .706$), wiederum allerdings kein signifikanter Effekt des Faktors Durchgang ($p = .529$, $F_{1,7} = 0.439$, $d = .059$) sowie keine Wechselwirkung ($p = .736$, $F_{1,7} = 0.123$, $d = .017$). Die Analyse zeigt, dass im Gegensatz zur physischen, die mentale Beanspruchung an der Anschlussstelle Rennau höher ist, als im AK Braunschweig-Nord. Zusammenfassend zeigt sich demnach hinsichtlich des Einfädelverhaltens, dass die Einfahrt Braunschweig-Nord (Richtung Berlin) tendenziell zu einer erhöhten körperlichen Beanspruchung führt, während die Einfahrt Rennau (Richtung Dortmund) mit erhöhten mentalen Anforderungen an den Fahrer verbunden ist.

Zusätzlich zur inferenzstatistischen Auswertung wurde mittels einer Videoanalyse ausgewertet, ob sich die beiden Einfahrten hinsichtlich des Zeit- bzw. Streckenpunktes, an dem vom Beschleunigungstreifen auf die A2 gewechselt wird, unterscheiden. Jeder Proband fuhr während einer Versuchsfahrt 2 mal im AK Braunschweig-Nord auf, 1 mal in Rennau und absolvierte an je zwei Tagen den Versuch. Da bei einer Versuchsperson die Versuchsfahrt aufgrund von Stau frühzeitig abgebrochen werden musste, ergeben sich insgesamt für Rennau 19 Beobachtungen, für Braunschweig-Nord entsprechend 38.

Die Analyse zeigt, dass der Beschleunigungstreifen in Rennau bei 68.4% der Einfahrten (13 von 19) bis zum Ende befahren wurde. Das Befahren des Beschleunigungstreifens bis zum Ende oder auch darüber hinaus lässt sich dabei nicht mit starkem Verkehrsaufkommen, d.h. dem Vorhandensein von Fahrzeugen oder Lkw begründen. An der Einfahrt Braunschweig-Nord wurde der gesamte Beschleunigungstreifen lediglich bei 5.3% der Einfahrten (2 von 38) ausgenutzt. Hier weisen die Videos zusätzlich eindeutig auf das Vorherrschen hoher Verkehrsdichte als Ursache hin.

Zusammenfassend zeigt die Analyse des Einfädelverhaltens der Fahrer, dass die Einfahrt, die bis zum Ende des Beschleunigungstreifens befahren wird (Rennau), diejenige ist, die mit höheren mentalen Anforderungen an den Fahrer verknüpft ist. Zieht man die Länge der Streifen in die Überlegungen mit ein, so könnte eine mögliche Ursache der kürzere Ausbau des Beschleunigungstreifens in Rennau sein. Weiterhin zeigte die Analyse, dass vor allem nach dem Einfädelungsprozess sehr geringe Abstände akzeptiert werden. Ein Vergleich der Abstandsverhaltens abhängig der Knotenpunkte zeigte, dass im AK Braunschweig-Nord tendenziell geringere Abstände eingegangen wurden, als an den anderen Knotenpunkten (1-faktorielles ALM, $p = .053$). Für den Knotenpunkt Rennau lagen nicht genügend Daten für eine entsprechende Analyse vor, was auf die geringeren Verkehrsdichten und somit auf das Fehlen vorausfahrender Fahrzeuge zurückgeführt werden kann.

5 Gefährdungsprofil

Im Folgenden wird das aus den Analysen hervorgegangene Gefährdungsprofil dargestellt. Durch Integration der Ergebnisse aus den bislang vorgestellten Profilen bzw. Analysen werden für einzelne Schwerpunkte, wie z.B. Fahrerverhalten und Infrastruktur, Ausgangslagen beschrieben. Ziel ist es, auf Grundlage der Ausgangslagen Maßnahmen abzuleiten und diese hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zu bewerten.

5.1 Ausgangslagen

Die Ausgangslagen enthalten Hintergrundinformationen auf deren Basis nachfolgend die Maßnahmen abgeleitet werden. Die Informationen werden aus den Ergebnissen der detaillierten Analysen des Unfallprofils, Belastungsprofils und der Fahrdatenanalyse extrahiert sowie unter den einzelnen Ausgangslagen subsumiert. Neben einer kurzen Beschreibung von Hintergrund, Motivation und Zielsetzung werden vor allem die für die spätere Maßnahmenableitung relevanten statistischen und wissenschaftlichen Hintergründe erläutert. Ausgehend von diesen Ausgangslagen des Gefährdungsprofils, werden in Kapitel 6 die entsprechenden Maßnahmen beschrieben, sowie bzgl. der Aspekte Auswirkung, Verantwortungsbereich und Umsetzung bewertet. Entsprechend der interdisziplinären Herangehensweise werden die Ausgangslagen unter vier Bereichen zusammengefasst:

- Fahrerverhalten
- Infrastruktur
- Allgemeines
- Verkehrliche Leistungsfähigkeit

5.1.1 Fahrerverhalten: Akzeptanz der Strecken- bzw. VBA, Qualität VBA-Detektoren / VBA-Schaltungen

Im Rahmen der Akzeptanzuntersuchungen der Strecken- bzw. VBA konnte ermittelt werden, dass die Anzeigen der VBA häufig wechseln („flattern“) bzw. auf Ereignisse reagieren, die nicht bzw. nur bedingt die realen Verkehrsverhältnisse widerspiegeln („Fehlalarme“). Diese Inkonsistenzen führen in der Folge zu einer geringen Akzeptanz der Anzeigen der VBA. Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2 zeigen beispielhaft die Schaltungen der VBA für einen ausgewählten MQ an verschiedenen Tagen. Am 23.09. zeigen sich deutlich die kurzfristig wechselnden Geschwindigkeitsanzeigen. Am 25.09. zeigen sich bei annähernd gleichen Verkehrsbelastungen im betrachteten Zeitraum vollständig unterschiedliche Anzeigen.

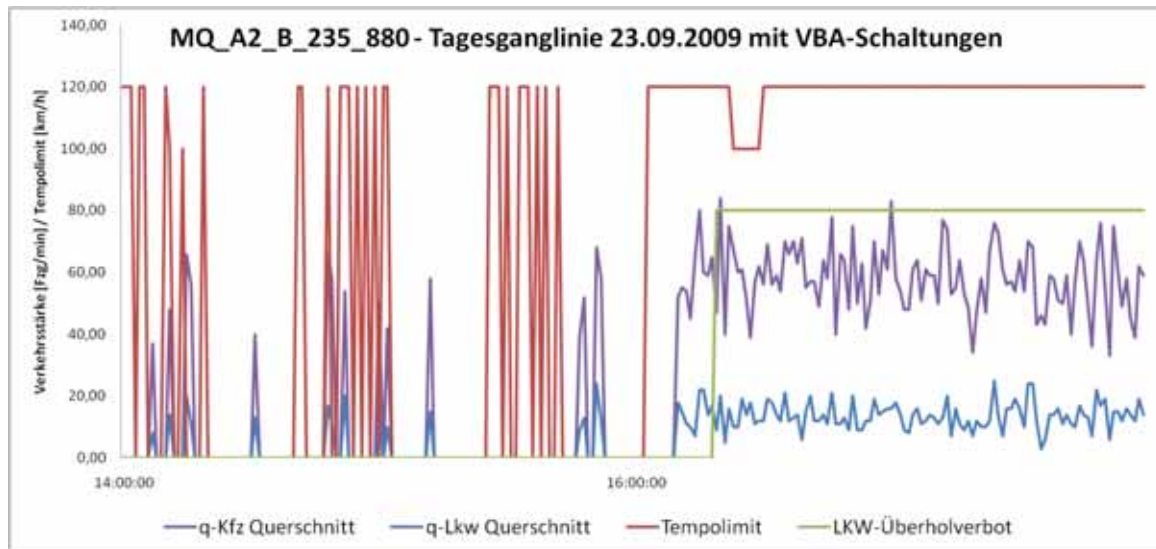


Abbildung 5-1: Verkehrsstärken / VBA-Schaltungen; 23.09.2009, 14 - 18 Uhr (A2, Richtung B, km 235,880, Garbsen).

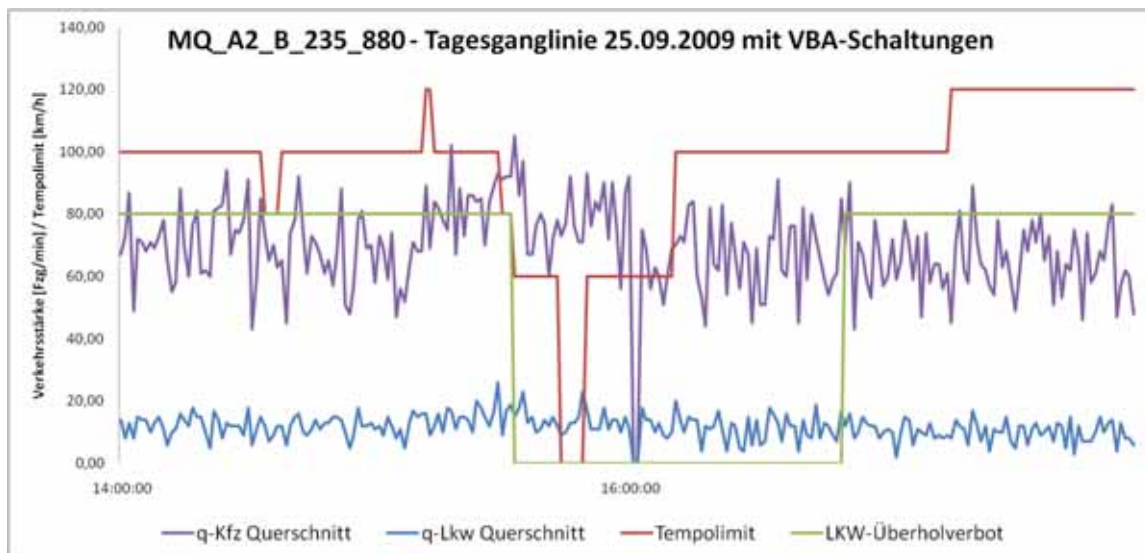


Abbildung 5-2: Verkehrsstärken / VBA-Schaltungen; 25.09.2009, 14 - 18 Uhr (A2, Richtung Berlin, km 235,880, Garbsen).

Grundlage für die Schaltungen der VBA sind die gemessenen Verkehrsstärken und Geschwindigkeiten der angeschlossenen Detektoren. Basierend auf den Messwerten der Detektoren sowie einer Vielzahl von Verknüpfungen auf Basis der MARZ⁶ erfolgt die Schaltung der Anzeigequerschnitte der VBA (vgl. Abbildung 5-3). Liefern die Detektoren falsche, fehlerbehaftete oder auch unvollständige Informationen sind auch die hierauf basierend angezeigten Geschwindigkeitsbeschränkungen oder andere Anzeigen fehlerbehaftet und für den Kraftfahrer nicht nachvollziehbar. Als Folge dessen sinkt die Akzeptanz der Anzeigen der VBA.

⁶ Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen, BMVBS (Hrsg), 1999

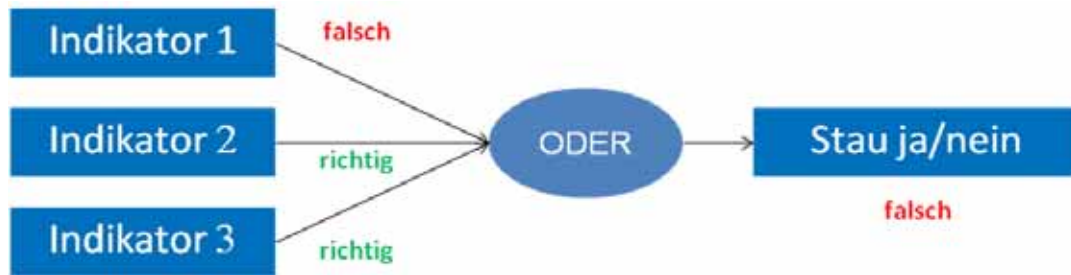


Abbildung 5-3: Verknüpfung von Indikatoren/MQ-Informationen nach MARZ.

Die Analysen der von der Fernmeldemeisterei Hannover zur Verfügung gestellten Daten zeigen deutlich, dass einzelne Messquerschnitte unplausible und fehlerbehaftete Informationen aufweisen. Für die Anzeigequerschnitte der VBA steht an diesen Punkten dann keine verlässliche Information zur Verfügung.

Die Abbildung 5-4 zeigt die an aufeinander folgenden Messquerschnitten erfassten Verkehrsstärken im Bereich Braunschweig. Es wird deutlich, dass ausgewählte Messquerschnitte unplausible Daten liefern, da zwischen einzelnen Messquerschnitten deutliche Differenzen bei den erfassten Kraftfahrzeugen auftreten (bis zu 41 %).

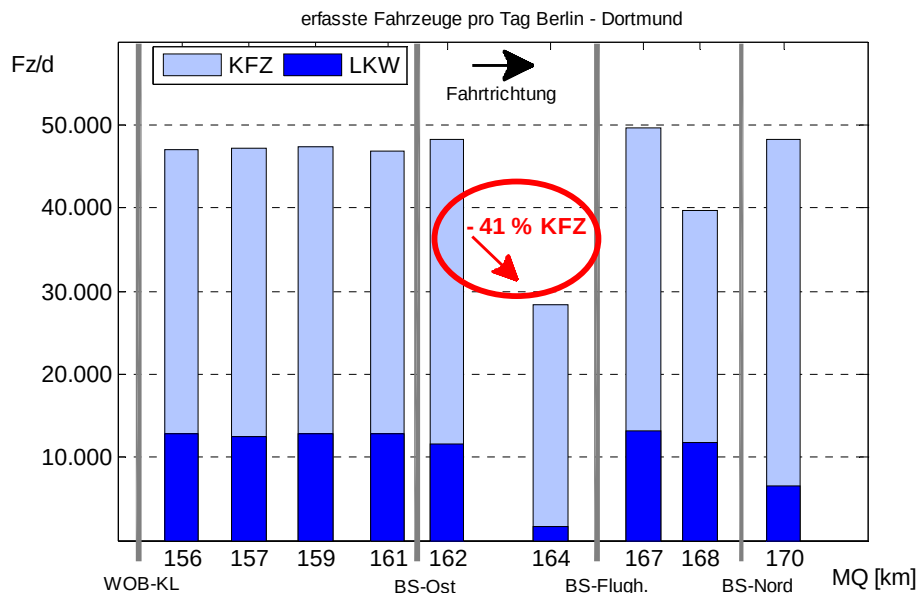


Abbildung 5-4: Verkehrsstärken an ausgewählten Messquerschnitten im Bereich Braunschweig.

Bedingt durch die vereinzelt fehlerbehafteten Detektorinformationen kommt es dann in Verbindung mit den Steuerungsindikatoren der MARZ zu Unstetigkeiten bzw. Fehlalarmen bei der VBA-Steuerung (vgl. Abbildung 5-5). Dargestellt ist hier der lineare, zeitliche Verlauf von VBA-Anzeigen vom 23.09.09 im Bereich AK Braunschweig-Nord bis AS Rennau, Richtung Berlin für den Zeitraum von 12.00 bis 20.00 Uhr. Es zeigen sich folgende Auffälligkeiten:

- Zeitschaltung der ersten beiden Abschnitte (aufgrund verkehrsbehördlicher Anordnung)
- Unstetigkeit bei den Abschnitten AQ_A2_B_152,100 und AQ_A2_B_149,990 am Nachmittag.

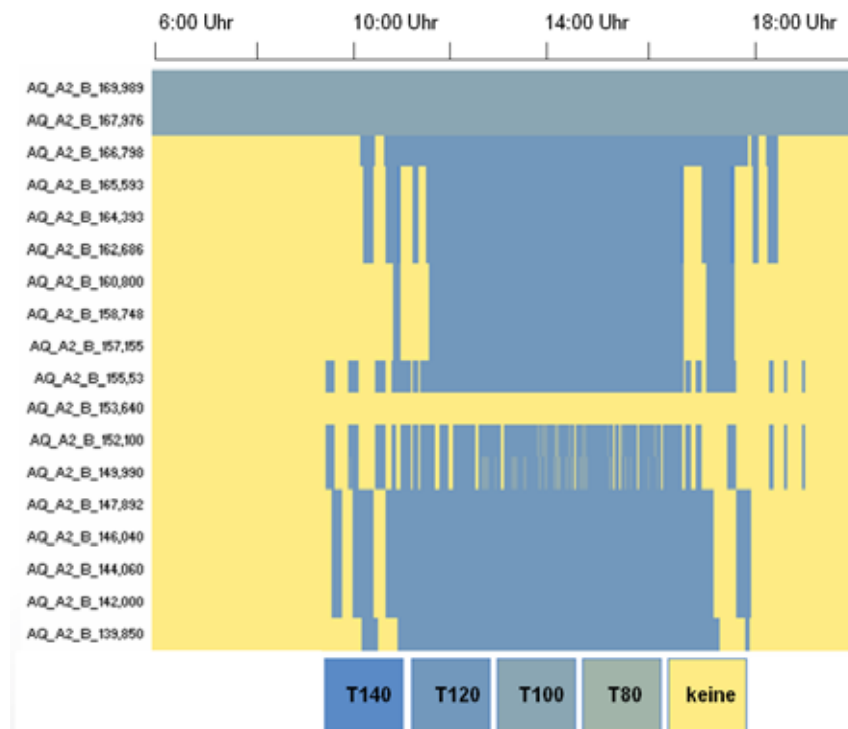


Abbildung 5-5: linearer, zeitlicher Verlauf von VBA-Anzeigen im Raum BS, 23.09.2009.⁷

Handlungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen:

- B/S/1: Qualitätsanalyse und Qualitätsmanagement VBA
- B/S/7: Ausstattung kritischer Punkte mit Videokameras; Verkehrs- und Störfallmanagement

5.1.2 Fahrerverhalten: Akzeptanz der Strecken- bzw. VBA, schnelles Fahren

Für die Untersuchung der Akzeptanz der Anzeigen der Strecken- bzw. Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) wurden umfangreiche Auswertungen und Analysen der angezeigten und gefahrenen Geschwindigkeiten durchgeführt. Die Analysen beziehen sich auf alle drei Fahrstreifen sowie beide Fahrtrichtungen. Die für die Analysen erforderlichen Rohdaten wurden von der Fernmeldemeisterei Hannover zur Verfügung gestellt und entsprechend dem Untersuchungsziel aufbereitet und ausgewertet. Grundlage waren Daten von vier Wochentagen, aus denen die Daten für die einzelnen Schaltzustände entnommen wurden. Die durchgeführten Analysen machen deutlich, dass die Anzeigen der VBA von den Kraftfahrern zum Teil nur bedingt eingehalten werden (vgl. Abbildung 5-6, Abbildung 5-7). Eine Ursache hierfür kann mangelndes Verständnis des Verkehrsteilnehmers für die einzelnen Schaltungen sein. Abbildung 5-7 zeigt etwa einen Messquerschnitt bei dem durch verkehrsbehördliche Anordnung die Geschwindigkeitsbegrenzung tagsüber dauerhaft auf Tempo 100 beschränkt ist. Der Grund für diese Beschränkung wird dem Verkehrsteilnehmer nicht ersichtlich, was in geringen Befolgungsraten resultiert.

⁷ AQ 153.640 planmäßig außer Betrieb.

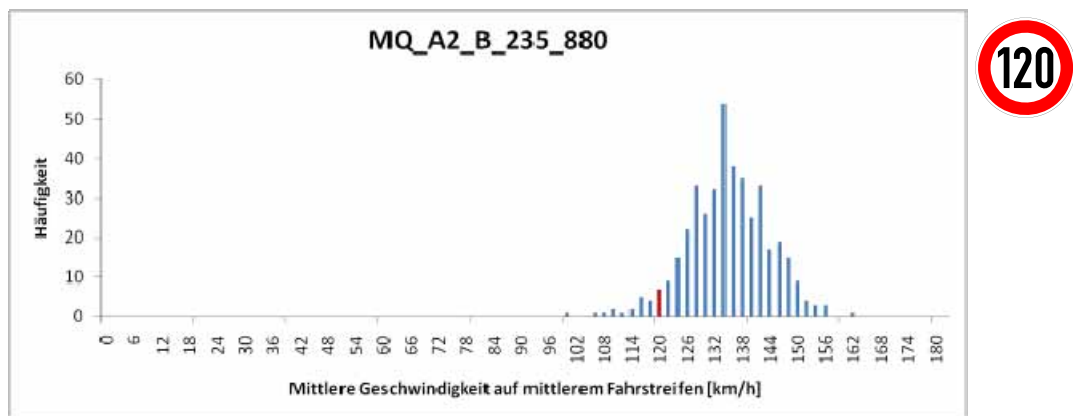


Abbildung 5-6: Geschwindigkeitsverteilung auf dem mittleren Fahrstreifen und einer Geschwindigkeitsbeschränkung auf 120 km/h (A2, Richtung Berlin, km 235,880).

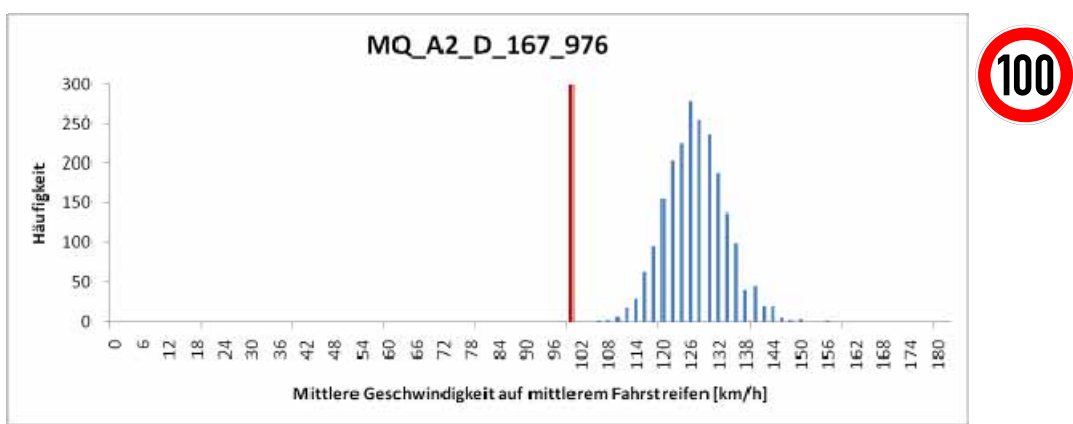


Abbildung 5-7: Geschwindigkeitsverteilung auf dem mittleren Fahrstreifen und einer Geschwindigkeitsbeschränkung auf 100 km/h (A2, Richtung Dortmund, km 167,976).

In den Nachtstunden treten in den Bereichen der VBA bei freien Geschwindigkeiten hohe Fahrgeschwindigkeiten auf. Besonders bei Nässe führt dies zu einer Verschlechterung der Verkehrssicherheit. Die folgenden Bilder zeigen exemplarisch für einen ausgewählten Messquerschnitt die gefahrenen Geschwindigkeiten für trockene (vgl. Abbildung 5-8) und nasse Fahrbahnverhältnisse (vgl. Abbildung 5-9) sowie verschiedene Anzeigen der VBA.

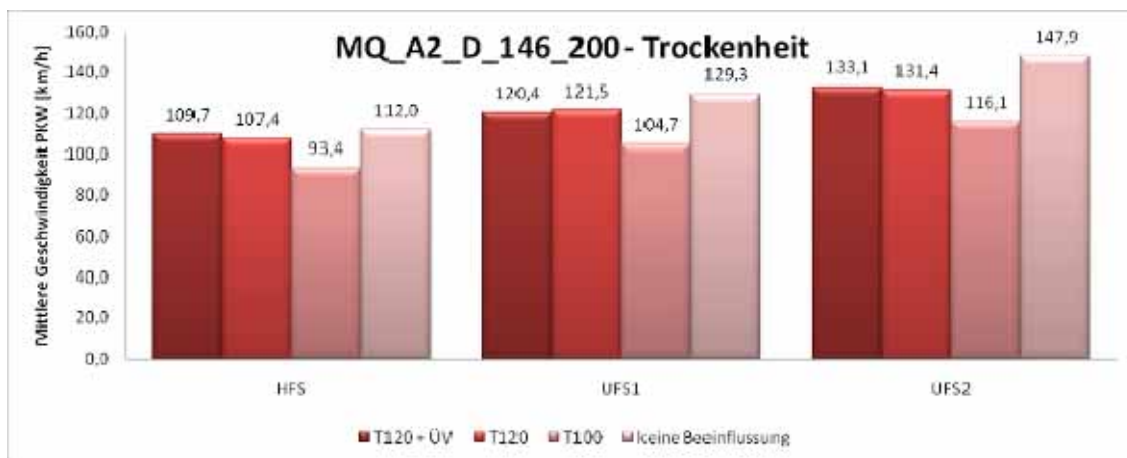


Abbildung 5-8: Mittlere Pkw-Geschwindigkeiten bei Trockenheit (A2, Richtung Dortmund, km 146,200).

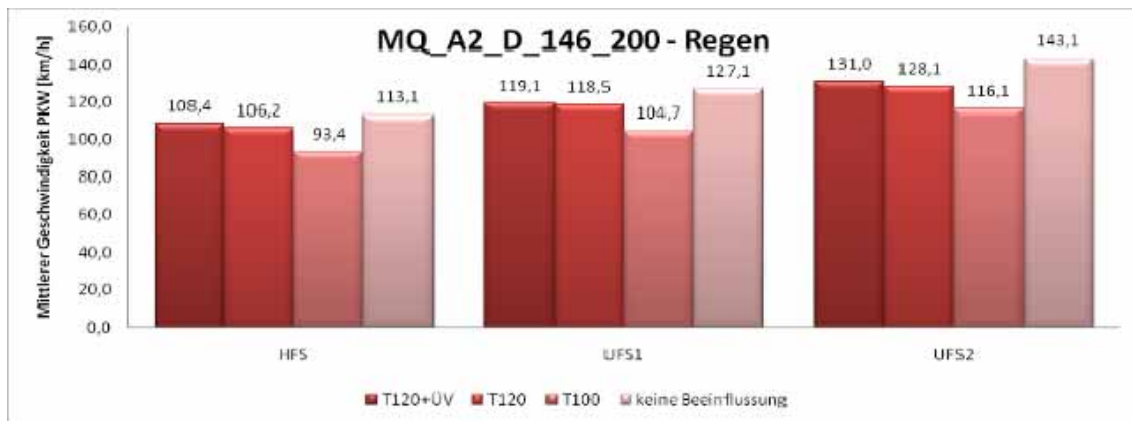


Abbildung 5-9: Mittlere Pkw-Geschwindigkeiten bei Regen (A2, Richtung Dortmund, km 146,200).

Auch die Unfallanalyse zeigte ein hohes Unfallvermeidungspotenzial von Abkommensunfällen insbesondere bei Nässe auf (vgl. Kap.2.1.4.8.2, Kap.2.1.4.7.2). So konnten insgesamt 12 Bereiche identifiziert werden, in denen Nässeunfälle eine besonders große Rolle spielten (vgl. Tabelle 2-26). Davon befinden sich 8 in VBA-Bereichen⁸. Insgesamt führte Nässe v.a. zu Unfällen mit leichten Personen- und Sachschäden, tendenziell auch zu etwas mehr Unfällen mit Todesfolge (vgl. Tabelle 2-25). Wie bereits in der Zusammenfassung der Unfallanalyse (Kapitel 2.1.4.8.2 und 2.4) beschrieben, besteht ein hohes Potenzial der VBA zur Vermeidung von Verkehrsunfällen beispielsweise bei widrigen Witterungsbedingungen. So ereigneten sich prozentual gesehen besonders viele Unfälle, wenn die VBA z. B. bei Nässe keine Geschwindigkeitsbegrenzungen anzeigte. Durch eine für den Verkehrsteilnehmer plausibel und nachvollziehbar geschaltete VBA, insbesondere bei widrigen Witterungsbedingungen könnte das Potenzial der VBA demnach stärker als bisher ausgeschöpft werden.

Ein sehr häufig identifizierter Unfalleinflussfaktor waren darüber hinaus den Verkehrssituationen unangepasste Geschwindigkeiten (vgl. Kap. 2.1.4.3). Auch in Kapitel 2.1.4.7.2 wurde bereits dargestellt, dass 19% der Unfallverursacher die zulässige Höchstgeschwindigkeit um mindestens 5 km/h und weitere 27% sogar um mehr als 20 km/h (N = 26) übertraten.

Weitere Auswertungen zeigten, dass zwischen den einzelnen Fahrstreifen vereinzelt sehr große Differenzgeschwindigkeiten auftreten. Dies kann in der Folge bei Fahrstreifenwechseln zu kritischen Interaktionen führen. Die Abbildung 5-10 zeigt die Differenzgeschwindigkeiten exemplarisch für einen Messquerschnitt in Fahrtrichtung Dortmund bei verschiedenen Schaltzuständen der VBA. Die hohen Differenzen zwischen dem rechten Fahrstreifen (HFS) und dem mittleren Fahrstreifen (UFS1) sind deutlich erkennbar. Die höchsten Differenzen treten bei freien Geschwindigkeiten auf, die niedrigsten Differenzen bei einer Geschwindigkeitsbeschränkung auf 120 km/h und zusätzlichem Lkw-Überholverbot. Ein ähnlicher Zusammenhang zeigt sich auch für die Differenzgeschwindigkeiten zwischen dem mittleren Fahrstreifen (UFS1) und dem linken Fahrstreifen (UFS2). Hier sind die Differenzgeschwindigkeiten jedoch für alle Schaltzustände deutlich kleiner (vgl. Abbildung 5-10 rechts).

⁸ In VBA-Bereichen finden sich Richtung Berlin alle in Tabelle 4-24 genannten Unfallschwerpunkte, in Richtung Dortmund befinden sich die Unfallschwerpunkte AK BS Nord, AK H Ost und km 266-267 im VBA-Bereich

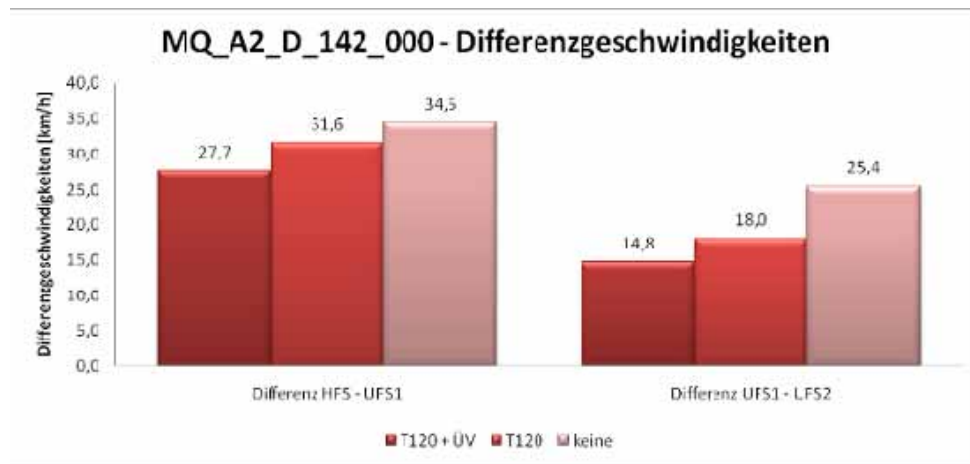


Abbildung 5-10: Differenzgeschwindigkeiten bei verschiedenen Geschwindigkeitsbeschränkungen (A2, Richtung Dortmund, km 142,000).

Handlungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen:

- B/S/2: Automatisierte Geschwindigkeitskontrollen / Enforcement
- B/S/3: Section Control
- B/S/4: Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit bei Nässe (VBA)
- B/S/5: Anordnung von Lkw-Überholverböten
- Z/S/1: Öffentlichkeitsarbeit/Verkehrserziehung/Infos bzgl. VBA

5.1.3 Fahrerverhalten: Nicht angepasste Sicherheitsabstände

Neben zu hohen Geschwindigkeiten spielen vor allem zu geringe Sicherheitsabstände gerade im dichten Verkehr eine wichtige Rolle bei der Entstehung von Verkehrsunfällen. Ca. 1/3 aller Unfälle auf der A2 waren Auffahrunfälle. Bei ca. 16 % der Fälle gab die Polizei mangelnde Sicherheitsabstände als Unfallursache an (vgl. Abbildung 2-14). Neben absichtlichen Verstößen können auch Gewöhnungseffekte und Fehleinschätzungen der bestehenden Sicherheitsabstände für das Fehlverhalten verantwortlich sein.

Besonders viele Auffahrunfälle gab es an den Unfallschwerpunkten im Bereich Braunschweig sowie etwas östlich von Braunschweig (vgl. 2.1.4.1.1). Diese passierten häufig in Zusammenhang mit hohen Verkehrsdichten oder im Bereich kleinerer Kuppen.

Auch die Analyse der Fahrdaten zeigt, dass vor allem nach dem Einfädeln geringe Abstände akzeptiert werden (vgl. 4.3.6). Dies gilt im Besonderen für das AK BS-Nord (B). Weiterhin werden die geringsten Abstände bei LOS 3 / QSV C akzeptiert, d.h. wenn der individuelle Bewegungsspielraum beeinträchtigt ist und Geschwindigkeiten nicht mehr frei wählbar sind.

Handlungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen:

- Z/S/9: Abstandskontrollen (durch Polizei)
- Z/S/10: Unterstützung der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen und Fahrzeugtechnik

5.1.4 Fahrerverhalten: Unfälle infolge von Ermüdung/Unaufmerksamkeit/fehlende Parkstände

Unfälle infolge von Ermüdung und Unaufmerksamkeit spielen besonders bei langen monotonen Autobahnfahrten eine wichtige Rolle. Gerade Müdigkeitsunfälle sind häufig mit schweren Personenschäden verbunden (vgl. Abbildung 5-11). Wie dieser Abbildung und noch besser auf Abbildung 2-15 erkennbar, passierte ein Großteil der laut Polizeianzeigen evidenten Müdigkeits-

fälle im Bereich westlich von Hannover. Es ist allerdings zu erwarten, dass es eine hohe Dunkelziffer nicht erkannter Müdigkeitsunfälle gibt.

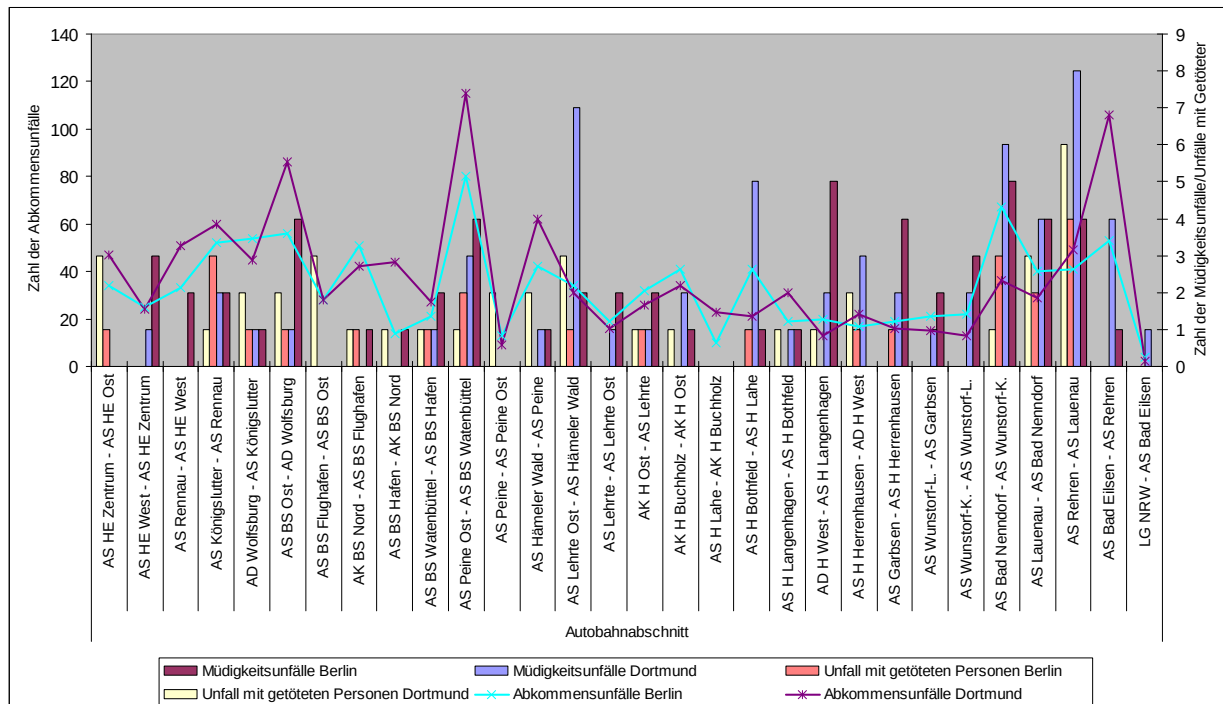


Abbildung 5-11: Unfälle mit Getöteten und Schwerverletzten auf der A2 von 2005 bis 2008 (n=8949).

Um Müdigkeitsunfällen vorzubeugen, müssen entsprechende Abstellmöglichkeiten für Lkw auf den Rastanlagen vorhanden sein, so dass Lkw-Fahrer ihre gesetzlich vorgeschriebenen Ruhezeiten immer einhalten können. Die aktuelle Auslastung von Parkständen ist als sehr hoch zu bezeichnen (vgl. Abbildung 5-12 und Abbildung 5-13).



Abbildung 5-12: fehlende Parkstände auf der A2 (Quelle BMVBS, 2008).



Abbildung 5-13: Auslastung der Rastanlagen der A2: orange Punkte: Auslastung 80 – 200 %, rote Punkte: Auslastung > 200% (Quelle: BMVBS 2008).

Handlungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen:

- E/P/3: Bau von Lkw-Parkständen / Mischnutzung (Nutzung von Pkw-Parkständen durch Lkw in der Nacht)
- Bau/S/1: Profilierte Randmarkierungen

5.1.5 Fahrerverhalten: Unfälle und Störungen des Verkehrsablaufs durch Fahrstreifenwechselfehler

Durch ein- und ausfahrenden Verkehr an Knotenpunkten kommt es zu einer Erhöhung der Dynamik des Verkehrsgeschehens bzw. einer Disharmonie des Verkehrs. Dazu tragen besonders häufige Spurwechsel von PKW und gerade im Einfädelungsbereich auch von Lkw bei. Dies kann zu einer Erhöhung von Abbiege-, Vorfahrts- und Fahrstreifenwechselfehler beim Ein- und Ausfädeln führen. Diese Vermutung konnte mithilfe der Unfallanalyse (vgl. Kap.2.1.4.1.3) bestätigt werden. So erfolgten gerade an Knotenpunkten signifikant mehr Unfälle infolge von Spurwechseln unter Beteiligung von Lkw.

Auch die Fahrdatenanalyse zeigte, dass an einigen KP vermehrt Fahrstreifenwechsel durchgeführt werden, sowohl nach links („Platz machen“) als auch nach rechts („Lücken schließen“). Weiterhin ist die Fahrerbeanspruchung an KP signifikant höher als auf der freien Strecke (vgl. 4.3.3). Durch eine „Kontrolle“ der Fahrstreifenwechsel soll das Ziel der Harmonisierung des Verkehrsablaufs erreicht werden

Handlungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen:

- E/P/2: Durchlaufende Verteilerfahrbahn
- B/S/5: Anordnung von Lkw-Überholverbieten
- E/S/1: „Fahrstreifenwechselverbote“ nach rechts vor Einfahrten

5.1.6 Fahrerverhalten: Unfälle unter Einfluss von Alkohol

Wie in Kapitel 2.1.4.3 beschrieben, spielten Unfälle infolge von Alkohol im Vergleich zu anderen Unfalleinflussfaktoren relativ selten eine Rolle (1.6%). Wurden nur Unfälle mit Personenschäden betrachtet, stieg der Anteil auf 2.8%, bei Unfällen mit schweren Personenschäden lag der Anteil von Alkoholunfällen an allen Unfällen sogar bei 5,9%. Alkoholunfälle passierten in den Ballungsräumen Braunschweig und Hannover tendenziell häufiger als auf anderen A2-Streckenabschnitten. Deshalb ist die Einführung bzw. Aufrechterhaltung von Alkoholkontrollen insbesondere in den Bereichen Braunschweig und Hannover eine wichtige Maßnahme zum Halten der geringen Zahlen bzw. zur weiteren Reduktion alkoholbedingter Unfälle. Diese könnten an Raststätten sowie in städtischen Gebieten in der Nähe von Autobahnauffahrten durchgeführt werden.

Handlungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen:

- Z/S/7: Alkoholkontrollen

5.1.7 Infrastruktur: Trassierung im Grenzbereich

Die in den Regelwerken (RAL-K-2, RAA) der FGSV angegebenen Mindestwerte garantieren einen sicheren und leistungsfähigen Verkehrsablauf unter Berücksichtigung der jeweiligen Einsatzbereiche. Ein Unterschreiten der Mindestwerte sollte daher nicht erfolgen. An ausgewählten Stellen werden die in den RAA definierten Mindestwerte ausgewählter Trassierungsparameter im Lageplan unterschritten.

Folgende Einzelprobleme sind zu verzeichnen:

- Abkommensunfälle bei Nässe durch kleine Kurvenradien
- Geringe Kuppenhalbmesser
- Große Längsneigungen
- Kurze Ausfädelungs-/Einfädelungstreifen

5.1.7.1 Abkommensunfälle bei Nässe durch kleine Kurvenradien

Wie bereits in den Kapiteln 2.1.3, 0 und 2.2.2.1.2 beschrieben, passierten auf der A2 besonders viele Unfälle bei Nässe. Bei einem Großteil dieser handelte es sich um Unfälle infolge von Abkommen von der Fahrbahn. Laut einer Unfallanalyse im Großraum Hannover geschahen im Untersuchungszeitraum 74% der Nässeunfälle in nicht geschwindigkeitsbeschränkten Bereichen.

Im westlichen Bereich der Untersuchungsstrecke folgt die Trassierung der A2 der bewegten Topographie. Dort sind einzelne Trassierungsparameter vorhanden, die den zwischenzeitlich fortgeschriebenen Richtlinien (RAA 2008) nicht mehr entsprechen. Trotz Anordnung von Geschwindigkeitsbeschränkungen sind zwei Kurven unfallauffällig (vgl. detaillierte Darstellung in Kapitel 3.2.5.2.1)

Handlungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen:

- B/S/2: Automatisierte Geschwindigkeitskontrollen / Enforcement
- B/S/4: Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit VBA (Nässe)
- Bau/S/1: Profilierte Randmarkierungen
- Z/S/8: Kurventafeln, Auffahrunfallwarnung

5.1.7.2 Geringe Kuppenhalbmesser

Unfallanalytisch konnten insgesamt 13 Bereiche identifiziert werden, in denen es kurz vor Kuppen vermehrt zu Auffahrunfällen kam (Tabelle 5-1).

Tabelle 5-1: Unfallschwerpunkte mit Auffahrunfällen an Kuppen.

Richtung, km	Unfälle insgesamt	Auffahrunfälle (N)	% Auffahrunfälle von Unfallart
DO, km 145,9-146,3	13	6	46.1
DO, km 151,8-152,4	28	10	35.7
DO, km 153,4-153,7	18	10	55.6
DO, km 156,8-157,2	32	21	65.6
DO, km 266,3-266,7	6	3	50.0
B, km 131,6-132,0	20	7	35.0
B, km 138.5-138.8	13	5	44.4
B, km 146,3-146,7	28	17	58.6
B, km 148,5-149,1	27	9	42.9
B, km 151,1-151,3	19	8	42.0
B, km 152,9-153,3	17	12	70.6
B, km 155,3-155,7	31	17	54.8
B, km 161,5-162,1	36	17	47.2
B, km 267,4-267,7	11	4	36.4

Aus entwurfstechnischer Sicht konnten 3 Kuppenhalbmesser identifiziert werden, die kleiner als 13.000 m sind, von diesen 6 Abschnitten waren 5 unfallauffällig:

- Richtung Berlin km 145,4 – 146,0 (Anzahl)
- Richtung Berlin km 151,0 – 151,6 (Anzahl und Schwere)
- Richtung Berlin km 266,9 – 267,6 (Schwere)
- Richtung Dortmund km 145,4 – 146,0 (Anzahl)
- Richtung Dortmund km 266,9 – 267,6 (Anzahl und Schwere)

Diese sechs Abschnitte decken sich mit den in Tabelle 5-1 gefundenen Unfallschwerpunkten. So passierten in beiden Richtungen jeweils vor der Kuppe bei km 145,4-146 besonders viele Auffahrunfälle. Dies gilt auch für die Kuppe an km 151-151,6. An der Kuppe bei km 266,9-267,7 passierten dagegen weniger Auffahrunfälle. Insgesamt lässt die Einzelanalyse der Unfälle keinen Zusammenhang mit der Geometrie erkennen. Als Unfalleinflussfaktor kommen eher häufiges Auffahren im dichten Verkehr sowie Spurwechsel-Unfälle in Frage. Wenn sich bei Stop&Go-Verkehr höhere Geschwindigkeiten mit geringeren Geschwindigkeiten abwechseln, kann es an diesen Stellen aufgrund daraus resultierender zu geringer Sicherheitsabstände und verminderter Sichtweiten vermehrt zu Auffahrunfällen kommen. Deshalb ist die Korrektur des Höhenplans nicht vorrangig erfolgversprechend.

Handlungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen:

- Z/S/8: Kurventafeln, Auffahrunfallwarnung

5.1.7.3 Große Längsneigungen

Auf der Untersuchungsstrecke der A2 konnten insgesamt 3 Bereiche mit Längsneigungen größer als 4,0% gefunden werden, davon waren 2 Gefällestrecken unfallauffällig (vgl. Abschnitt 3.2.5.2.3):

Gefällestrecke Richtung Dortmund, km 274,8 bis km 275,8, Tempo 100

- 11 Unfälle, 8 bei Nässe, 10 mit Ursache Schleudern oder Auffahren
- Fahrbahndecke wurde 2008 erneuert, seitdem keine Unfälle mehr, derzeit keine weiteren Maßnahmen notwendig

Gefällestrecke Richtung Berlin, km 278,9 bis km 279,9, Tempo 120

- am Ende der Gefällestrecke befindet sich die AS Bad Eilsen
- 12 Unfälle insgesamt, 3 bei Nässe, 3 beim Ausfahren, 2x Befahren des Seitenstreifens
- keine klarer Zusammenhang zwischen Unfallursachen und Streckenmerkmalen
- schlechte Griffigkeitswerte auf dem rechtem Fahrstreifen (Decke: SMA)

Handlungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen:

- B/S/2: Automatisierte Geschwindigkeitskontrollen / Enforcement
- B/S/6: Geschwindigkeitsbeschränkung in Ausfahrbereichen und Verbindungsrampen

5.1.7.4 Kurze Ein- und Ausfädelungstreifen

Die Analyse des Einfädelungsverhaltens (vgl. 4.3.6) zeigt:

5 % der Kraftfahrer fädeln im AK BS-Nord in Richtung Berlin (L = 332 m) am Ende bzw. nach Ende des Einfädelungstreifens ein, davon 100% aufgrund von Lkw auf dem Hauptfahrstreifen und gleichzeitig hoher Verkehrsdichte.

35 % der Kraftfahrer fädeln in der AS BS-Flughafen in Richtung Dortmund (L = 237 m) am Ende bzw. nach Ende des Einfädelungstreifens ein, davon ca. 50 % aufgrund von Lkw auf dem Hauptfahrstreifen.

68 % der Kraftfahrer fädeln in der AS Rennau in Richtung Dortmund (L = 219 m) am bzw. nach Ende des Einfädelungstreifens ein. Die mentale Beanspruchung ist hier signifikant höher als in der Einfahrt im AK BS-Nord in Richtung Berlin.

Handlungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen:

- B/S/2: Automatisierte Geschwindigkeitskontrollen / Enforcement
- E/P/1: Verlängerung von Aus- und Einfahrten

5.1.8 Infrastruktur: Abkommensunfälle in Verbindungsrampen

Im Bereich ausgewählter Autobahnkreuze und Anschlussstellen (AK BS-Nord, AK WOB/Königslutter, AK Hannover-Ost) sowie an der AS Hannover-Bothfeld und der TuR Zweidorfer Holz (Fahrtrichtung Dortmund) kommt es in den Verbindungsrampen (vor allem in den Schleifenrampen) besonders häufig zu Unfällen durch Abkommen von der Fahrbahn. Diese Bereiche sind durch hohe Längsneigungen und sehr enge Radien gekennzeichnet.

Handlungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen:

- B/S/6: Geschwindigkeitsbeschränkungen in Ausfahrbereichen und Verbindungsrampen

5.1.9 Allgemeines: Baustellen – Unfallschwerpunkte

Arbeits- bzw. Baustellen auf Autobahnen beeinträchtigen durch die Veränderungen der Verkehrsführung oder Sperrung von Fahrstreifen die Leistungsfähigkeit der betroffenen Streckenabschnitte. Als Folge treten häufig Störungen des Verkehrsablaufs durch unerwünschte Reisezeitverlängerungen auf. Das Stauende stellt eine überdurchschnittliche Gefährdung für den Kraftfahrer dar. So werden durch zähflüssigen Verkehr und Stau schwere Auffahrunfälle begünstigt (vgl. Kap.2.1.4.2). So zeigten Unfallanalysen der A2 (2005-2008, N = 8949), dass es sich bei 42% aller schweren und sehr schweren Unfälle um Auffahrunfälle handelte (häufig in Zusammenhang mit Lkw).

Handlungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen:

- Z/S/2: Baustellenmanagement
- Z/S/3: Reißverschlussverfahren vor Baustellen „erzwingen“
- Z/S/4: Mobile Stauwarnanlagen

5.1.10 Allgemeines: Umgang mit Störfällen

Insbesondere die mit Fahrstreifensperrungen verbundenen Bergungs- und Abschlepparbeiten nach Verkehrsstörungen können auf hoch belasteten Autobahnstrecken zu lang anhaltenden Staus führen. Ziel eines Störfallmanagements ist es daher, die Auswirkungen von unfall- und pannenbedingten Staus möglichst umfassend zu reduzieren. Dazu sollen die im Rahmen des Störfallmanagements notwendigen Prozesse optimiert werden.

Handlungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen:

- Z/S/6: Störfallmanagement

5.1.11 Allgemeines: Lkw-Unfälle – schwere Auffahrunfälle vs. Sachschäden aufgrund technischer Mängel

Besonders schwere Unfälle unter Beteiligung von Lkw stehen u. a. in Zusammenhang mit Müdigkeits- und Auffahrunfällen. So starben 33% aller Getöteten bei Auffahrunfällen unter Beteiligung von Lkw (vgl. Abbildung 2-13). Um solche Unfälle vermeiden zu können, wurden in den letzten Jahren verschiedene Fahrerassistenzsysteme entwickelt. Viele Lkw-Unfälle passieren weiterhin aufgrund technischer Mängel bzw. Defekte sowie unzureichender Ladungssicherung. Diese gehören meist zu den weniger schweren Unfällen (vgl. Abbildung 2-14). Sie sind aber durch effektivere Kontrollsysteme sicherer vermeidbar, als Unfälle, welche infolge situationaler Wahrnehmungs- oder Handlungsfehler entstehen, da sie die Wartung von Fahrzeugen im Vorfeld des Fahrtantritts betreffen.

Handlungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen:

- Z/S/5: Lkw-Kontrollen
- Z/S/10: Unterstützung der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen und Fahrzeugtechnik

5.1.12 Verkehrliche Engpässe: Störungen durch einfahrende Pulks bei hohen Verkehrsstärken

Bei hohen Verkehrsstärken in der Hauptfahrbahn führen einfahrende Fahrzeugpuls zu Störungen im Verkehrsablauf und zu einem erhöhten Staurisiko. Darüber hinaus besteht ein erhöhtes Risiko zu Fehlern beim Einfädeln, da auch kleinere, kaum ausreichende Lücken akzeptiert werden.

Handlungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen:

- B/P/1: Zuflusssteuerung

5.1.13 Verkehrliche Engpässe: Ergebnisse der Engpassanalyse für die A2

Die Leistungsfähigkeit von Streckenabschnitten sowie Elemente planfreier Knotenpunkten sind nach den Leistungsfähigkeitsberechnungen des HBS überschritten (2005 und 2025). Hierdurch kommt es in den Spitzenverkehrszeiten zu einer Verschlechterung der Qualität des Verkehrsablaufs. Darüber hinaus sind die hohen Unfallzahlen häufig allein nur durch die Verkehrsstärken und Schwerverkehrsanteile erklärbar. Gerade in den Ballungsräumen Hannover und Braunschweig führt die dichte Folge von Anschlussstellen zu Störungen im Verkehrsablauf und Unruhe im Verkehr. Die Belastung und Beanspruchung der Kraftfahrer steigt im Bereich der Knotenpunkte deutlich an.

Handlungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen:

- E/S/2: Achtstreifiger Ausbau der A2
- E/P/4: Um- bzw. Ausbau von Knotenpunktelementen
- E/P/5: Umbau von Knotenpunktsystemen
- B/S/8: Dynamische Seitenstreifenfreigabe

5.1.13.1 Verkehrliche Engpässe: Ergebnisse der Engpassanalyse für die B65

Als Alternativroute zur A2 im Bereich Hannover wurde auch eine Engpassanalyse für die B65 zwischen Bad Nenndorf und Hannover-Anderten durchgeführt. Dabei wurden ebenso die Bewertungsmethoden nach dem HBS 2001 angewandt. Grundlage für die Berechnungen waren Daten aus dem Verkehrsmodell Niedersachsen 2005 und 2025. Da diese für Knotenpunkte nur eine unzureichende Genauigkeit bietet, erfolgte die Bewertung ausschließlich für Streckenabschnitte.

Dabei sind im westlichen Bereich (zweistreifiger Ausbau) nur geringe Verkehrsstärken zu verzeichnen. Die Leistungsfähigkeit ist also weitgehend gegeben. Im östlichen Bereich (vierstreifiger Ausbau) treten teils hohe Verkehrsstärken auf, die aber noch gut abgewickelt werden können. Insgesamt ist nur ein Engpass direkt vorm Übergang von Zwei- auf Vierstreifigkeit (zwischen den KP K232 und K233) zu vermerken. Die Prognosedaten sehen keinen Anstieg der Belastung vor. Ein Ausbau ist für weite Teile der B65 somit nicht erforderlich.

Handlungsmöglichkeiten in Form von Maßnahmen:

- vierstreifiger Ausbau schon ab KP K232 (Sieben Trappen)

6 Maßnahmen

Die folgenden Seiten enthalten die aus den Analysen des Gefährdungsprofils abgeleiteten Maßnahmen für einen sicheren und leistungsfähigen Verkehrsablauf auf der A2 in Niedersachsen.

Ausgehend vom interdisziplinären Vorgehen bei der Projektbearbeitung, sowie der Wirkung möglicher Maßnahmen auf die Straße, das Umfeld und den Fahrer werden die abgeleiteten Maßnahmen nach folgenden Kategorien differenziert:

- Entwurfstechnische Maßnahmen (Entwurf)
- Bauliche Maßnahmen (Bau)
- Betriebliche Maßnahmen (Betrieb)
- Zusätzliche Maßnahmen (Zusätzliche)

Durch die zusätzliche Unterscheidung in punktuelle und streckenbezogene Maßnahmen, wird die Umsetzung der genannten Maßnahmen hinsichtlich ihrer räumlichen Lage auf der A2 konkretisiert. In der Bezeichnung der einzelnen Maßnahmen finden sich die beiden genannten Aspekte wieder. Die Bezeichnung E/S/1 kennzeichnet die erste entwurfstechnische Maßnahme, die sich auf einen Streckenabschnitt der A2 bezieht.

In Abhängigkeit der beiden primären Umsetzungsfelder Verkehrssicherheit und verkehrliche Leistungsfähigkeit werden die Maßnahmen in zwei Hauptkategorien unterteilt. Es werden somit einerseits Maßnahmen beschrieben, die primär auf die Verbesserung der Verkehrssicherheit abzielen, andererseits Maßnahmen, die zur Optimierung des Verkehrsflusses beitragen.

Die Unterteilung macht dabei zusätzlich die Schwerpunkte der zugrundeliegenden Daten und Analysen deutlich. Während die Verkehrssicherheitsmaßnahmen primär auf Ergebnissen der entwurfstechnischen Analysen, Unfallanalysen und Fahrerhaltensanalyse basieren, wurden die Maßnahmen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit ausschließlich auf Grundlage der Engpassanalyse abgeleitet.

Zu jeder Maßnahme werden nochmals die wichtigsten Informationen der Ausgangslage sowie die wichtigsten Details der Analysen und Ergebnisse dokumentiert. Weitergehend werden die Maßnahmen hinsichtlich der räumlichen Umsetzung priorisiert. Wird eine Umsetzung der Maßnahme für spezielle Streckenabschnitte oder Bereiche auf der A2 vorgeschlagen, so sind diese in einer Liste aufgeführt. Es gibt allerdings auch Maßnahmen, für die eine räumliche Priorisierung nicht zielführend bzw. aufgrund der Datenbasis nicht durchführbar ist, wie z.B. Öffentlichkeitsarbeit oder Anpassung der VBA-Anzeigen. Ist dies der Fall, so wird das entsprechend vermerkt. Innerhalb der einzelnen Listen werden die Streckenabschnitte weiter hinsichtlich ihrer Priorität bewertet. Je nach Maßnahme und damit zugrundeliegender Datenbasis erfolgt die Priorisierung beispielsweise anhand vermeidbarer Unfallkosten (vgl. Liste E/P/1) oder anhand von Berechnungen zur Überlastung (vgl. Liste E/P/4).

Weitergehend werden die Maßnahmen hinsichtlich der Aspekte Umsetzung, Aufwand und Wirkungsfeld bewertet. Eine Beschreibung der Aspekte sowie die zugrundeliegende Bewertungsskala werden im Folgenden erläutert:

- **Umsetzung:** Abgeschätzt wird die zeitliche Dimension bzgl. der Umsetzung der Maßnahme:

sehr kurzfristig (< 1 Jahr)	= 4
kurzfristig (1 bis 3 Jahre)	= 3
mittelfristig (3 bis 10 Jahre)	= 2
langfristig (> 10 Jahre)	= 1

- **Aufwand:** Abgeschätzt werden die benötigten Ressourcen. Hierbei handelt es sich allerdings ausschließlich um eine kategoriale Abschätzung. Konkrete Werte beispielsweise hinsichtlich benötigter Personalkosten oder Materialkosten werden nicht angegeben.⁹ Eine kurze Begründung der Einschätzung findet sich jeweils in der Maßnahmenübersicht (vgl. *AnhangG_Maßnahmen_tabellarisch_100209.doc*).

gering = 4

mittel = 3

hoch = 2

sehr hoch = 1

- **Wirkfeld:** Abgeschätzt wird die potenzielle Wirksamkeit der Maßnahme.

gering = 1

mittel = 2

hoch = 3

sehr hoch = 4

Grundlage für die Berechnung der Wirkfelder für einen großen Teil der Maßnahmen waren, soweit vorhanden, die angepassten Unfallkosten (vgl. Kapitel 3.2.5.1 sowie in Tabelle 3-19) der zwischen 2005 und 2008 auf der niedersächsischen A2 entstandenen Unfälle mit den für die jeweilige Maßnahme relevanten Einflussfaktoren. So wurden beispielsweise bzgl. der Fahrstreifenwechself Verbote die Unfälle mit dem Merkmal Spurwechselfehler jeweils an den Unfallschwerpunkten betrachtet, an denen dieses Merkmal überzufällig häufig aufgetreten ist. Weitergehend wurde die Anzahl der betrachteten Unfälle entsprechend der Unfallstruktur nach Unfällen mit Personenschaden und Unfällen mit Sachschaden aufgeteilt und über absolute und prozentuale Häufigkeiten beschrieben. Durch die Multiplikation der Unfallzahlen mit den entsprechenden Unfallkostensätzen sowie einer nachfolgenden Aufsummierung beider Kosten (Personen- und Sachschaden), wurde die Gesamtsumme der Unfallkosten berechnet, welche in dem gesamten Untersuchungszeitraum, also 4 Jahren, angefallen ist. Die für die spezifischen Unfallschwerpunkte angegebene Summe entspricht somit dem Maximum an Kosten, welche an der entsprechenden Unfallstelle durch Einsatz der jeweiligen Maßnahme innerhalb eines vergleichbaren Zeitraums verhindert werden könnten, wenn die Maßnahme zu 100% wirksam wäre. Für Maßnahmen, welche sich auf den gesamten niedersächsischen Abschnitt der A2 beziehen, wurde analog vorgegangen.

Um die einzelnen Wirkfelder zu vergleichen, wurden jeweils die einzusparenden Kosten aller Unfallstellen einer Maßnahme aufaddiert und mit den Kosten, welche mit A2-übergreifenden Maßnahmen einzusparen wären, verglichen. Es bestand die Annahme, dass die Maßnahmen sich in dem Grad ihrer Wirksamkeit zur Verhinderung von Unfällen unterscheiden. Für die meisten Maßnahmen konnten allerdings in der Literatur keine konkreten Wirkgrade gefunden werden, so dass weitgehend auf eine Priorisierung der Maßnahmen nach ihrem Wirkgrad verzichtet wurde (auch wenn sich in den Erläuterungen der Maßnahmetabelle (siehe Dokument *AnhangG_Maßnahmen_tabellarisch.xls*) sowie in den entsprechenden Kapiteln einige theoretische Überlegungen zum erwarteten Wirkgrad finden). Das heißt, für die Bewertung des Wirkfeldes wurde angenommen, dass die verschiedenen Maßnahmen sich hinsichtlich ihres Wirkgrades nicht unterscheiden. Eine Ausnahme von dieser Vorgehensweise wurde bei der Beurteilung von Maßnahmen gemacht, welche eher indirekt auf das Unfallgeschehen einwirken. Dazu zählen alle Maßnahmen, welche sich auf Kontrollen beziehen (Abstandskontrollen, Lkw-Kontrollen, Alkoholkontrollen). Bei diesen Maßnahmen wurde angenommen, dass ihr Wirkungsgrad gerin-

⁹ Konkrete Kosten, z.B. hinsichtlich benötigter Personalressourcen oder Investitionsmittel werden nicht angegeben, da weder Informationen über entsprechende Projektmanagementstrukturen, noch Informationen über bspw. Personal-, Sach- und Investitionskosten der durchzuführenden Organisationseinheiten vorliegen.

ger ausfällt als der von direkteren Maßnahmen, da diese einerseits nicht räumlich verortet sind und andererseits nicht kontinuierlich d.h. permanent umgesetzt werden. Aus diesem Grund wurden die Kontrollmaßnahmen mit dem Faktor 0.5 gewichtet. Die einzelnen Berechnungen und Tabellen befinden sich im Dokument *AnhangA_Ergebnisse_Unfallanalyse.xls*. Im letzten Tabellenblatt *Vergleich_Wirkfelder* dieses Dokumentes sind die gewichteten Kosten für die einzelnen Maßnahmen im Überblick dargestellt.

Die Abschätzung zu vermeidender Unfallkosten nach dem vorgestellten Prinzip hat den großen Vorteil, dass sowohl bisherige Unfallhäufigkeiten als auch die jeweilige Unfallschwere mit in die Überlegungen eingehen. Somit stellen diese eine gute Basis zum Vergleich der einzelnen Maßnahmen dar. Kritisch sind dagegen die absoluten Zahlen im Hinblick auf die Maßnahmeneffektivität zu interpretieren, da sie sich wie oben beschrieben auf die maximal zu vermeidenden Unfallkosten der Jahre 2005 bis 2008 beziehen. Eingespart werden könnten diese Summen dann tatsächlich nur, wenn die vorgestellten Maßnahmen zu 100% (bzw. 50% bei den gewichteten Maßnahmen) wirksam wären. Bisher aus der Literatur bekannte Wirkungsgrade (z. B. Greibe, in Druck) liegen aber darunter, was wahrscheinlich vor allem auf die Multikausalität von Verkehrsunfällen zurückzuführen ist (vgl. Staubach, 2009). Somit muss die Vermeidung einzelner Einflussfaktoren nicht unbedingt zur Vermeidung aller assoziierten Verkehrsunfälle führen. Werden dem Fahrer z. B. Hinweise zur Einhaltung der zulässigen Geschwindigkeit gegeben, werden alle Unfälle vermieden, die ausschließlich auf die Nichteinhaltung von Geschwindigkeiten zurückzuführen waren. Unfälle, welche aber zusätzlich auf Ablenkung, Ermüdung oder Stress zurückzuführen waren, können mit dieser Maßnahme nicht endgültig vermieden werden.

Das monetär ausgedrückte Einsparpotenzial der einzelnen Maßnahmen stellt damit vielmehr einen Richtwert dar, der beim Vergleich der Maßnahmen sehr hilfreich ist, obgleich die Genauigkeit der Rangreihe aufgrund der fehlenden Angaben zum Wirkgrad der einzelnen Maßnahmen nicht unbedingt so hoch sein muss, wie es die Zahlen vorgeben. Bei der absoluten Maßnahmebewertung muss zudem immer beachtet werden, dass dieser Wert nur im Zeitraum von vier Jahren bei einer idealtypisch angenommen Wirksamkeit von 100% erreicht werden könnte und damit ein nicht erreichbares Maximum darstellt. Deshalb wurden die Werte für die Berechnung der Prioritäten nicht absolut betrachtet, sondern analog zur Verarbeitung der Umsetzungs- und Aufwandskosten in die vier Kategorien gering – mittel – hoch – sehr hoch eingeteilt (siehe oben). Die Zuordnungen der gewichteten Kosten sind im *Tabellenblatt Vergleich Wirkfelder* im Dokument *AnhangA_Ergebnisse_Unfallanalyse_100120.xls* im Überblick dargestellt. Sofern dabei das bestimmte Wirkfeld von der Rangreihe abweicht (also beispielsweise trotz geringerer Kosten ein höheres Wirkfeld angegeben wird), finden sich die Begründungen in den entsprechenden Maßnahmekapiteln.

Die Bewertungen der Maßnahmen hinsichtlich *Umsetzung* und *Aufwand* können unter dem Aspekt Kosten subsumiert werden, die Bewertung des *Wirkfeldes* synonym für den Aspekt des Nutzens betrachtet werden. Die Priorisierung der Maßnahme wird durch eine Kombination aus Kosten und Nutzen berechnet:

$$\text{Priorität} = \text{Mittelwert (Umsetzung + Aufwand + 2*Wirkfeld)}$$

Um Kosten und Nutzen gleichermaßen zu gewichten, geht die Wirkfeldabschätzung doppelt in die Prioritätenabschätzung ein. Aufgrund der zugrundeliegenden Kategorien geht der Wertebereich von Minimum = 1 (geringe Priorität) bis Maximum = 4 (sehr hohe Priorität).

Neben den Hinweisen zur Aufwands- bzw. Wirkfeldabschätzung, wird weitergehender Untersuchungsbedarf angegeben. So könnten beispielsweise durch weiterführende Studien zusätzliche Daten erhoben werden, auf deren Grundlage eine detaillierte Bewertung der Maßnahmen möglich wird (vgl. Abschnitt 7).

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Maßnahmen inklusive der Bewertungsaspekte beschrieben. Eine Beschreibung der Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit findet sich in 6.1. Die Maßnahmen zur Optimierung des Verkehrsflusses sind in Kapitel 6.2 dar-

gestellt. Neben der schriftlichen Darstellung der abgeleiteten Maßnahmen sind diese auch nochmals in Form einer tabellarischen Übersicht in Dokument *AnhangG_Maßnahmen_tabelle.xls* (vgl. 10.7, dem AG bereits aus dem Entwurf vom 18.12.2009 bekannt) zusammengetragen. Diese hat zum einen den Vorteil einer direkten Gegenüberstellung und Übersicht der Maßnahmen, zum anderen ermöglicht es der „interaktive“ Aufbau der Tabelle dem Auftraggeber, Bewertungen, z.B. des Aufwandes, anzupassen. Durch eine automatische logische Verknüpfung der Aspekte, wird die Berechnung der Priorität entsprechend aktualisiert.

6.1 Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit

6.1.1 Maßnahme E/S/1: „Fahrstreifenwechselverbote“ nach rechts an Knotenpunkten

Diese Maßnahme zielt auf häufige Unfälle infolge von Spurwechselfehlern gerade im Bereich von Knotenpunkten ab (vgl. Kap. 5.1.5). Durch ein Lkw-Überholverbot (vgl. Kap. 6.1.10) lassen sich insbesondere im Bereich von Knotenpunkten viele Unfälle infolge von Fahrstreifenwechseln vermeiden. Vor Einfahrten könnte darüber hinaus ein einseitiges Fahrstreifenwechselverbot zurück auf den mittleren und den rechten Fahrstreifen (Verbot von Fahrstreifenwechsel nach rechts), sowohl für Lkw als auch für Pkw zur Reduktion von Verkehrsunfällen auf der A2 beitragen.

Die Auswirkungen der Maßnahme lassen sich wie folgt abschätzen: Es käme zu einer Reduktion der Fahrstreifenwechselhäufigkeit in Knotenpunktbereichen und damit zur Reduktion von Spurwechsel- und Abbiegefehlern.

Insbesondere ist diese Maßnahme an den Autobahnkreuzen und im Bereich von Ballungsräumen zu empfehlen, da hier besonders viele Unfälle infolge von Spurwechseln stattfanden. Da dies an den verschiedenen Unfallschwerpunkten 24% bis 49% aller Verkehrsunfälle betraf, kann das maximale Wirkfeld der Maßnahme (vgl. Tabelle 2-16) beschrieben werden. Die Kosten von Spurwechselunfällen an Knotenpunkten an den betrachteten Unfallschwerpunkten beliefen sich im Untersuchungszeitraum auf 12.037.170 €, wobei diese vor allem durch eine hohe Anzahl meist weniger schwerer Unfälle verursacht wurden. Deshalb wurde dieser Maßnahme ein mittleres Wirkfeld zugeordnet.

Die Maßnahme könnte kurzfristig mit geringem bis mittlerem Aufwand ausgeführt werden.

Somit ergibt sich für die Maßnahme eine Priorität von 2.63.

6.1.2 Maßnahme E/P/1: Verlängerung von Ein- und Ausfahrten

Wie im Kapitel 3.2.5.2.5 beschrieben, kann auch durch die Verlängerung von Ein- und Ausfädelungstreifen an Knotenpunkten eine Entlastung des Verkehrs bewirkt werden. So stünde dem aus- und einfahrenden bzw. verflechtenden Verkehr mehr „Raum“ für die Durchführung des Fahrstreifenwechsels sowie den Verzögerungs- bzw. Beschleunigungsvorgängen zur Verfügung. In der Folge könnten Verkehrsunfälle und damit auch z. T. sehr hohe Unfallkosten vermieden, sowie kritische Fahrstreifenwechsel reduziert werden. So zeigte auch die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung durchgeführte Studie zum realen Fahrverhalten auf der A2 (vgl. Kapitel 4.3.6) ein hohes Optimierungspotenzial für die Durchführung von Ein- und Ausfädelungsvorgängen z.B. in Rennau. Dort wurde ein sehr großer Beanspruchungseffekt ($d = .706$) gemessen.

Die Maßnahme könnte mittelfristig umgesetzt werden. Da es sich hier um eine entwurfstechnische Maßnahme handelt, ist der Aufwand als mindestens mittel zu bewerten. Das Wirkfeld ist als relativ gering einzuschätzen, da ein Zusammenhang zwischen längeren Ein- und Ausfädelungstreifen und einer erhöhten Belastung, welche dann zu einer erhöhten Unfallgefahr führen könnte, bisher nur an den zwei untersuchten Knotenpunkten gezeigt werden konnte. Zur Absicherung dieses Effekts wären weitere Studien notwendig. Auch die unter Verwendung der an-

gepassten Unfallkosten (vgl. Tabelle 3-19) erfolgte Berechnung der im Erhebungsgebiet von 2005 bis 2008 entstandenen Kosten von Spurwechselunfällen ergab einen vergleichsweise kleinen Wert von 7.689.146 €.

Somit ergibt sich für die Maßnahme insgesamt eine Priorität von 1.75.

6.1.3 Maßnahme E/P/2: Bau einer durchlaufenden Verteilerfahrbahn

Zur Verminderung von Verkehrsunfällen infolge häufiger Spurwechselfehler insbesondere in Knotenpunktbereichen („Unruhe im Verkehr“) kann der Bau einer durchlaufenden Verteilerfahrbahn zwischen dicht aufeinander folgenden Anschlussstellen in stark befahrenen Autobahnabschnitten beitragen (z. B. zwischen Peine und Peine Ost). Dadurch können vor allem seitliche Kollisionen, aber auch viele Auffahrunfälle verhindert werden, da die Maßnahme zu einer Homogenisierung des Verkehrsflusses beiträgt. Zur Umsetzung eignen sich besonders eng gelegene Anschlussstellen, an denen es häufig sehr hohe Verkehrsdichten gibt. Auf der A2 trifft das auf die Abschnitte AK H-Buchholz – AS H-Lahe (Distanz 1.3 km), AS Hannover-Herrenhausen – AD Hannover-West (Distanz: 2.5 km) und AS Braunschweig-Flughafen – AK Braunschweig-Nord (Distanz: 3.0 km) zu. Während es zwischen AS H-Lahe und AK H-Buchholz und zum Teil auch zwischen der AS H-Herrenhausen und dem AD H-West in Richtung Berlin bereits eine Verteilerfahrbahn gibt, sind diese Abschnitte in Bezug auf die Maßnahme Verteilerfahrbahn besonders interessant. So ereigneten sich im Bereich AK H-Buchholz und AS H-Lahe Richtung Berlin nur 10 Spurwechsel- und/oder Auffahrunfälle. Richtung Dortmund waren es 31 bei ungefähr gleicher Schadensverteilung (40% mit Personenschäden; 60% mit Sachschäden). Mit der Maßnahme könnten also Richtung Berlin möglicherweise schon bis zu zwei Drittel aller Spurwechsel- bzw. Auffahrunfälle vermieden werden. Analog passierten im Bereich H-West bis H-Herrenhausen noch 23 statt 31 Spurwechsel- und/oder Auffahrunfälle. Dort gibt es bereits eine Verteilerfahrbahn bis zur AS Stelinger Straße. Der Unterschied, welcher möglicherweise auf die Verteilerfahrbahn zurückzuführen ist, beträgt hier ein Drittel. Möglicherweise könnte der Bau von Verteilerfahrbahnen zwischen den entsprechenden Knotenpunkten Richtung Dortmund sowie eine Verlängerung der Verteilerfahrbahn zwischen AS H-Herrenhausen und AD H-West Richtung Berlin eine weitere Verringerung der Unfallzahlen in dieser Größenordnung bringen. Um diese Hypothesen zu bestätigen, müssten allerdings jeweils die Unfallzahlen aus Zeiten vor Bau der Verteilerfahrbahn verglichen werden.

Durch die Anbindung mehrerer dicht aufeinander folgender Knotenpunkte über eine durchlaufende Verteilerfahrbahn bzw. einen Transitfahrstreifen könnten die Störungen des Verkehrsablaufs in der durchgehenden Fahrbahn minimiert werden. Für derartige Transitfahrstreifen liegen in Deutschland bislang keine Erfahrungen vor¹⁰. Weiter handelt es sich hier um eine sehr aufwendige Maßnahme, so dass vorgeschlagen wird, zunächst Verteilerfahrbahnen einzuführen und deren Wirksamkeit zur Vermeidung von Verkehrsunfällen zu überprüfen.

Die Auswirkungen der Maßnahme lassen sich wie folgt abschätzen: Durch den Bau einer durchgehenden Verteilerfahrbahn könnte die Anzahl der Fahrstreifenwechsel reduziert werden, weiterhin könnte ebenfalls die Beanspruchung der Fahrer optimiert werden (vgl. Kap. 4.3.2). Im Bereich BS-Flughafen bis BS-Nord passierten zudem 64 % der Spurwechselunfälle vom Hauptfahrstreifen in den 1. Überholfahrstreifen und zurück und beschreiben somit das Potenzial des Wirkfeldes. Zudem könnten im Bereich BS-Flughafen bis BS-Nord Richtung Dortmund zahlreiche Auffahrunfälle aufgrund hoher Verkehrsdichten und eines inhomogenen Verkehrsflusses vermieden werden (vgl. Kap.2.1.4.1.1). Auch der Vergleich der Unfallzahlen auf beiden Fahrtrichtungen im Bereich zwischen AK H-Buchholz und AS H-Lahe ergab ein mögliches Unfallreduktionspotenzial von zwei Dritteln. Insgesamt ergab die Wirksamkeitsbetrachtung an den oben vorgeschlagenen Knotenpunkten im untersuchten Vierjahreszeitraum Kosten von Spurwechsel- und

¹⁰ FE 02.258 der Bundesanstalt für Straßenwesen „Lange Verteilerfahrbahnen an Autobahnen mit dichter Knotenpunktfolge“.

Auffahrunfällen von 10.397.186 €. Bei dieser Maßnahme sind allerdings auch sehr positive Effekte für die Verbesserung des Verkehrsflusses zu erwarten, wie es der tatsächliche und der 2025 erwartete Vergleich der Fahrtrichtungen zwischen AK H-Buchholz und AS H-Lahe zeigen (vgl. Tabelle 3-10 und Tabelle 3-12). Obwohl durch den Bau von Verteilerfahrbahnen auch wieder positive Effekte auf das Unfallgeschehen resultieren können, lassen sich diese nicht konkret in Unfallkosten ausdrücken. Bei der abschließenden Bewertung der Maßnahme sollten solche Effekte dennoch beachtet werden. Deshalb wurde der Maßnahme ein hohes Wirkfeld zugeordnet.

Die Maßnahme könnte mittel- bis langfristig mit hohem bis sehr hohem Aufwand ausgeführt werden.

Somit ergibt sich für die Maßnahme eine Priorität von 2.25.

6.1.4 Maßnahme E/P/3: Bau von Lkw-Parkständen / Mischnutzung

Wie in Kapitel 5.1.4 beschrieben, ist die derzeitige Auslastung von Lkw-Parkständen als sehr hoch einzustufen. Das könnte dazu beitragen, dass Lkw-Fahrer ihre gesetzlichen Ruhezeiten nicht einhalten können, was wiederum das Risiko einen Müdigkeitsunfall zu erleiden anhebt. Deshalb ist ein Neubau von bewirtschafteten und unbewirtschafteten Rastanlagen entlang der A2 in beiden Fahrtrichtungen zu empfehlen. Darüber hinaus ist auch zu prüfen, inwieweit durch eine Mischnutzung (Nutzung von Pkw-Parkständen durch Lkw in der Nacht) zusätzliche zeitlich beschränkte Lkw-Parkstände in der Nacht geschaffen werden könnten. Im Bundesverkehrsministerium werden hierfür zurzeit erste Vorschläge erarbeitet. Auch die in der Überarbeitung befindlichen Richtlinien für Rastanlagen der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen werden hierzu Hinweise geben.

Die Auswirkungen der Maßnahme lassen sich wie folgt abschätzen: Den Lkw-Fahrern steht mehr Parkraum zur Verfügung, Verkehrsunfälle infolge übermüdeter Fahrer, die keinen Parkstand finden, könnten wahrscheinlich reduziert werden. So könnten v. a. viele schwere und sehr schwere Verkehrsunfälle unter Beteiligung von Lkw vermieden werden. Eine monetäre Einschätzung des Wirkfelds orientiert sich an geschätzten Unfallkosten von 1.704.434 €, welche im Untersuchungszeitraum auf der gesamten niedersächsischen A2 entstanden sind. Dabei ist aber zu beachten, dass Müdigkeitsunfälle unfallstatistisch wahrscheinlich häufig stark unterschätzt werden. So enden Müdigkeitsunfälle häufig tödlich, so dass diese Unfallursache nicht nachvollzogen werden kann. Auch verneinen Personen aus versicherungstechnischen Gründen der Polizei gegenüber häufig, dass sie ermüdet waren (vgl. Staubach & Lüken, 2009). In der Vergangenheit durchgeführte In-Depth Unfallanalysen (z. B. Staubach, 2009) zeigten jedoch ein viel häufigeres Vorkommen von Müdigkeit bzw. Ermüdung als Unfalleinflussfaktor. So muss Ermüdung nicht unbedingt in Form von Sekundenschlaf direkt zum Unfall führen, sondern kann auch das Auftreten anderer Einflussfaktoren beeinflussen, z. B. verlängerte Reaktionszeiten in Verbindung mit zu geringen Sicherheitsabständen oder Fehler infolge verminderter Konzentration. So konnten in verschiedenen Studien Zusammenhänge zwischen Ermüdung und Leistung gefunden werden (z. B. Brown, 1994, Philip et al., 2005, Ingre et al., 2006, Connor et al., 2001). Dementsprechend ist es durchaus von Bedeutung, überlastete Rastanlagen an der A2 durch Neu- und Ausbauten zu entlasten.

Im Fazit wurde der Maßnahme ein mittleres Wirkfeld zugeordnet. Diese Maßnahme ist kurzfristig bis mittelfristig umsetzbar und befindet sich vereinzelt schon in Umsetzung durch die NLStBV.

Somit ergibt sich für diese Maßnahme eine Priorität von 2.25.

6.1.5 Maßnahme Bau/S/1: Profilierte Randmarkierungen

Die Risiko und die Auswirkungen von Müdigkeitsunfällen wurden bereits in den Kapiteln 2.1.4.3 und 5.1.4 beschrieben. Abkommensunfälle von der Fahrbahn können zudem durch eine Warnung des Fahrers verhindert werden. Diese kann durch den Einbau von profilierten Randmarkierungen am linken und rechten Fahrbahnrand erreicht werden, so dass Fahrer, die zunächst nur leicht von der Fahrbahn abkommen, sofort in Bereitschaft versetzt werden, ihr Fahrzeug zurückzulenken. Verschiedene Studien haben bereits insbesondere in kurvigen Streckenbereichen die Wirksamkeit profilierter Randmarkierungen zur Vermeidung von Müdigkeits- und Ablenkungsunfällen nachgewiesen (Räsänen, 2005; DVR, 2009).

Die Auswirkungen der Maßnahme lassen sich wie folgt abschätzen: Insgesamt fallen 24 % der Unfälle (Abkommen von der Fahrbahn) in das Wirkfeld der Maßnahme. Darunter befinden sich mindestens 2 % Müdigkeits- und Ablenkungsunfälle auf der gesamten Strecke. Zwischen Hannover und der TuR Auetal sind es 3.3 % aller Unfälle.

Besonders aussichtsreich könnte diese Maßnahme zwischen Bad Nenndorf und Bad Eilsen (Richtung Berlin km 241-279, Richtung Dortmund 244-279) sein, da es dort bisher besonders häufig zu Unfällen durch Abkommen von der Fahrbahn kam. Auch passierten dort in den Jahren 2005 bis 2008 die meisten Müdigkeitsunfälle (vgl. Abbildung 2-15 und Abbildung 5-11).

Diese Maßnahme ist kurzfristig umsetzbar und mit geringem Aufwand durchführbar. Das Wirkfeld der Maßnahme wurde als mittel eingeschätzt, weil die Kostenschätzung aller Abkommensunfälle im Untersuchungszeitraum in den beiden Streckenabschnitten insgesamt einen maximal einzusparenden Betrag von 19.092.372 € ergab.

Somit ergibt sich für diese Maßnahme eine Priorität von 2.75.

6.1.6 Maßnahme B/S/1: Qualitätsanalyse und Qualitätsmanagement VBA

Die Maßnahme B/S/1 sieht die Durchführung einer Qualitätsanalyse der VBA bzw. die Einführung eines kontinuierlichen Qualitätsanalyse- und Qualitätsmanagementsystems mit täglicher automatischer Datenanalyse und Fehleranzeige vor. Somit könnten fehlerhafte Detektoren oder auch Fehlalarme automatisch identifiziert und visualisiert werden. Für die Auswertung und Überwachung eines derartigen Systems muss in der Verkehrsmanagementzentrale ausreichend qualifiziertes Personal zur Verfügung stehen, welches bei entsprechenden Meldungen die erforderlichen Schritte zu Behebung des Problems einleitet.

In diesem Zusammenhang sind die Detektoren auf Einhaltung der von den TLS¹¹ geforderten Anforderungen und Einsatz von Algorithmen zur Plausibilisierung der detektierten Messdaten zu prüfen. Der Einsatz anderer Steuerungsverfahren (vgl. Abbildung 6-1), um die durch die „ODER-Verknüpfungen“ der MARZ resultierenden Probleme bei der Parametrierung der VBA reduzieren zu können, sollte darüber hinaus geprüft werden. Erfahrungen aus Bayern zeigen deutlich, dass durch den Einsatz anderer Steuerungsverfahren eine Reduzierung von Fehlalarmen und eine Steigerung des Nutzens möglich ist. Eine Steigerung der Akzeptanz der angezeigten Geschwindigkeiten konnte in Bayern ebenfalls empirisch nachgewiesen werden.

¹¹ Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS), BMVBS (Hrsg), 2002

Zusammenfassung der Ergebnisse (INCA – MARZ)

- DR-FAR A9:
 - Steigerung der Detektionsrate: + 11 % (auf 82 %)
 - Verringerung der Fehlalarmrate: - 50 % (auf 6 %)
- DR-FAR A3:
 - Steigerung der Detektionsrate: + 15 % (auf 93 %)
 - Verringerung der Fehlalarmrate: - 60 % (auf 9 %)
- Bewertung nach Zielfunktion A9
 - Steigerung des Nutzenbeitrages: + 43 %
 - Warnungs- und Harmonisierungsnutzen höher
 - Weniger Reisezeitverluste

Abbildung 6-1: Vergleich unterschiedlicher Steuerungsverfahren für VBA (Quelle: ABD Südbayern).

Durch die Installation von Videokameras könnte es zudem möglich werden, die durch die Detektoren ermittelten Verkehrszustände und erkannten Störungen durch visuelle Überprüfung zusätzlich zu erfassen und zu beurteilen, um die entsprechenden Maßnahmen zur Störungsbeseitigung einzuleiten.

Die Auswirkungen der Maßnahme B/S/1 lassen sich wie folgt abschätzen:

- Steigerung der Akzeptanz der VBA,
- Schaltung von konsistenten und für den Kraftfahrer nachvollziehbaren Anzeigen,
- Steigerung der Qualität der erhobenen Messdaten, wodurch das aktuelle Verkehrsgeschehen besser erfasst und mithilfe der VBA-Anzeigen zweckmäßiger und nachvollziehbarer beeinflusst werden kann,
- Erzeugung eines „positiven Image der VBA“.

Die Maßnahme könnte kurzfristig mit mittlerem Aufwand umgesetzt werden. Das Wirkfeld wurde als sehr hoch klassifiziert, da das zuverlässige Funktionieren der VBA-Anlage eine wichtige Voraussetzung für die Umsetzung verschiedener anderer Maßnahmen, z. B. Geschwindigkeitsbegrenzungen bei Nässe, Geschwindigkeitskontrollen oder Lkw-Überholverbote, darstellt. Wollte man den Nutzen wie bei anderen Maßnahmen als Menge vermeidbarer Unfallkosten darstellen, müsste man die Werte also addieren. Zudem stellt eine zuverlässig funktionierende VBA eine wichtige Maßnahme für die Verbesserung bzw. Homogenisierung des Verkehrsflusses dar. Auch dadurch kann das Risiko für Unfälle gesenkt werden.

Insgesamt ergibt sich für die Maßnahme B/S/1 damit eine Priorität von 3.50.

6.1.7 Maßnahme B/S/2: Automatisierte Geschwindigkeitskontrollen / Enforcement

Aus verkehrspsychologischer Sicht sind regelmäßige Geschwindigkeitskontrollen ein wichtiges Instrument zur Verhaltenssteuerung. So ist davon auszugehen, dass Fahrer bei der Entscheidung für bestimmte Verhaltensweisen immer betrachten, welches Verhalten im Hinblick auf bestimmte Ziele am effektivsten ist. So besteht neben dem Ziel des sicheren Ankommens, das Ziel des schnellen Ankommens. Jedoch gilt es die mit Ordnungswidrigkeiten verbundenen negativen Konsequenzen zu vermeiden. Nun besteht die Frage, welche Tendenzen überwiegen. Dazu kann die Betrachtung subjektiver Werte und subjektiver Eintretenswahrscheinlichkeiten helfen (zur

Wirkung von Erwartungs*Wert-Theorien im Straßenverkehr vgl. u. a. Wilde, 1982, Schlag, 2004, Fuller 2005). Wird die Eintretenswahrscheinlichkeit bei zu schnellem Fahren „erwischt“ zu werden, als gering eingeschätzt, so steigt die Tendenz, Geschwindigkeitsbegrenzungen nicht einzuhalten. Wird analog die Wahrscheinlichkeit, einen Unfall zu haben gering eingeschätzt, steigt die Tendenz zu schnellerem Fahren, denn schließlich verstärkt diese Verhaltensweise das dritte Ziel des schnellen Ankommens. Für die subjektive Einschätzung von Risiken spielen lerntheoretische Überlegungen eine wichtige Rolle. Wird Fehlverhalten nicht bestraft, z. B. durch kritische Ereignisse, Unfälle oder Ordnungsgelder, so wird dieses auch beibehalten. Deshalb ist es notwendig, nicht nur Geschwindigkeitskontrollen durchzuführen, sondern dies den Fahrzeugführern auch sichtbar zu machen, um den Wert der subjektiven Wahrscheinlichkeit für ein Ordnungs- oder ein Bußgeld zu erhöhen.

In Frankreich kam es nach einer deutlichen Ausweitung von stationären und mobilen Geschwindigkeitskontrollen im Jahr 2002 zu einem deutlichen Rückgang der Verkehrsunfälle. Entsprechend der Unfallstatistik des französischen Verkehrsministeriums sank die Sterberate im französischen Straßenverkehr zwischen 2003 und 2007 um ca. 43 %. Darüber hinaus reduzierte sich die durchschnittliche Geschwindigkeit um 10 km/h.

Die Maßnahme B/S/2 beinhaltet die Durchführung von automatisierten Geschwindigkeitskontrollen / Enforcement durch die Integration geeigneter Messsysteme in die Schilderbrücken der VBA (gerichts feste Messung erforderlich). Somit könnte an ausgewählten Schilderbrücken eine kontinuierliche automatisierte Geschwindigkeitsüberwachung erfolgen. Der Aufwand zur Überwachung für die Polizei könnte somit deutlich reduziert werden. Lediglich die Verfolgung der erfassten Überschreitungen müsste weiterhin durch die Polizei erfolgen. Auf die stationären Geschwindigkeitskontrollen sollte durch Schilder im Vorfeld der Erfassungsquerschnitte hingewiesen werden, um die Akzeptanz zu erhöhen. Voraussetzung für die Umsetzung der Maßnahmen B/S/2 sollte eine „gut eingestellte“ VBA sein. Die automatisierten Geschwindigkeitskontrollen sollten im gesamten Bereich der VBA sowie an einzelnen kritischen Punkten (mit besonderer Geschwindigkeitsbegrenzung) erfolgen.

Die Auswirkungen der Maßnahme lassen sich wie folgt abschätzen:

- Reduzierung der Fahrgeschwindigkeiten,
- Reduzierung von Verkehrsunfällen infolge von überhöhten Geschwindigkeiten,
- Reduzierung der Folgen von Verkehrsunfällen (Verletzungsschwere, Verkehrsbehinderungen) und
- Steigerung der Akzeptanz der angezeigten Geschwindigkeiten.

Die Maßnahme könnte kurz- bis mittelfristig umgesetzt werden. Der Aufwand hierfür ist als gering bis mittel einzustufen. Das Wirkfeld wurde als hoch eingeschätzt, da nicht angepasste Geschwindigkeiten v. a. bei Unfällen mit Personenschäden als Unfalleinflussfaktor sehr häufig vorkamen (vgl. Abbildung 2-14). So beliefen sich die vermeidbaren Unfallkosten von Unfällen mit Geschwindigkeitsverstößen im Untersuchungszeitraum auf bis zu 86.968.264 € (gewichtet: 43.484.132 €).

Als Priorität ergibt sich somit für die Maßnahme B/S/2 ein Wert von 3.00.

6.1.8 Maßnahme B/S/3: Section Control

Von herkömmlichen Radaranlagen wird die Geschwindigkeit eines Fahrzeugs an einer bestimmten Stelle gemessen – bei der Section Control wird dagegen die Durchschnittsgeschwindigkeit auf einer definierten Strecke erfasst. Fahrzeuge werden bei der Einfahrt in die definierte Zone und bei der Ausfahrt aus dieser Zone erfasst. Die Zeit wird elektronisch gemessen, so dass die Durchschnittsgeschwindigkeit ermittelt und mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf diesem Streckenabschnitt verglichen werden kann.

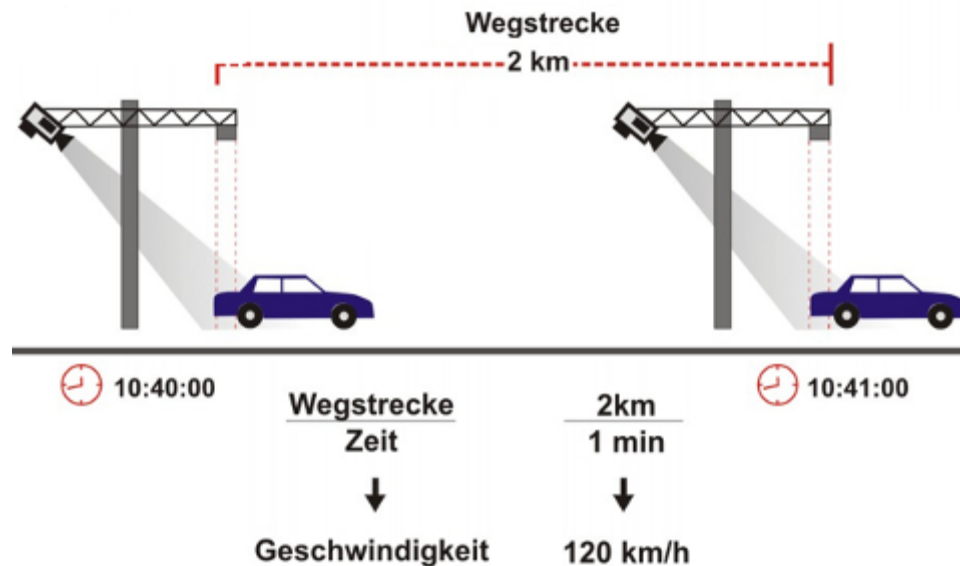


Abbildung 6-2: Prinzipdarstellung Section Control (Quelle: ÖAMTC).

Die Auswirkungen der Maßnahme lassen sich wie folgt abschätzen:

- Reduzierung der Fahrgeschwindigkeiten auf längeren Streckenabschnitten sowie
- Steigerung der Verkehrssicherheit durch niedrigere Fahrgeschwindigkeiten.

In Österreich, den Niederlanden und Großbritannien sind solche „Langstrecken-Kontroll-Anlagen“ bereits im Einsatz – hauptsächlich an Unfallschwerpunkten. So wird unter anderem der Verkehr im Kaisermühlentunnel in Wien (Donauufer Autobahn/A22) seit 2003 via Section Control überwacht. Die Bilanz des österreichischen Verkehrsministeriums ist durchweg positiv.

Aufgrund der zurzeit noch ungeklärten rechtlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz der Maßnahme in Deutschland könnte diese nur langfristig umgesetzt werden. Der Aufwand hierfür ist als hoch einzustufen. Das Wirkfeld ist analog zur Maßnahme B/S/2 als hoch einzustufen.

Als Priorität ergibt sich somit für die Maßnahme B/S/3 ein Wert von 2.25.

6.1.9 Maßnahme B/S/4: Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit bei Nässe (VBA)

Die Maßnahme B/S/4 beinhaltet die Anzeige einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Nässe, z. B. auf 120 km/h bei Nässe bzw. nasser Fahrbahn. Gleichzeitig sollte „Nässe“ in der VBA als Text (falls möglich) angezeigt werden (Akzeptanzsteigerung). Alternativ sollte das Zeichen 114 StVO (Schleudergefahr bei Nässe) angezeigt werden. Nach Schlag et al. (2009) sind Rückmeldungen durch das Verkehrssystem für die Aneignung angepassten Verhaltens im Straßenverkehr von hoher Bedeutung, denn sie helfen adäquate mentale Modelle aufzubauen, welche Verhaltensmuster steuern. So kann es insbesondere bei selten auftretenden Verkehrssituationen dazu kommen, dass fehlende Rückmeldungen über angepasstes Fahrerverhalten zu einer mangelnden Verhaltensanpassung führen. Wichtig ist es demnach, dem Fahrer frühzeitig Informationen insbesondere über die Veränderung von Verkehrssituationen zu geben und damit sein Verhalten proaktiv zu beeinflussen. Dazu bieten Verkehrsbeeinflussungsanlagen ein hohes Potenzial.

Voraussetzung für eine automatische Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in Abhängigkeit von den Umfelddaten sind zuverlässige Sensoren zur Umfelddatenerfassung. Die TU München führt hierzu Untersuchungen in einem Testfeld in der Anschlussstelle Eching-Ost durch (<http://www.vt.bv.tum>). Die Ziele der Untersuchungen sind eine Verbesserung der Sensorik bzw. der Auswertesoftware, so dass eine möglichst genaue Abbildung der tatsächlich vor-

handenen Umfeldsituation möglich ist. Untersuchungskriterien sind u.a. Plausibilität und Reaktionsgeschwindigkeit der Sensoren. Des Weiteren werden Möglichkeiten zur automatischen Plausibilitätskontrolle im laufenden Betrieb abgeleitet.

Die Auswirkungen der Maßnahme lassen sich wie folgt abschätzen:

- Reduzierung der mittleren Fahrgeschwindigkeiten sowie der Maximalgeschwindigkeiten bei Nässe,
- Steigerung der Akzeptanz der VBA durch situationsabhängige und für den Kraftfahrer „nachvollziehbare“ Schaltungen.

Die vorab beschriebenen positiven Auswirkungen sind nur dann erreichbar, wenn Umfelddaten verlässlich erfasst werden. Hier könnten durch den Einsatz von Videokameras zusätzliche Informationen gewonnen werden (Plausibilisierung von Messdaten).

Sofern eine verlässliche Detektion der Umfelddaten erfolgen kann, ist eine kurz- bis mittelfristige Umsetzung möglich. Der Aufwand hierfür ist als gering bis mittel einzustufen. Das Wirkfeld wurde als hoch eingeschätzt. So ereigneten sich im Untersuchungszeitraum auf der niedersächsischen A2 1.936 Unfälle, bei denen schätzungsweise ca. 68.467.706 € Kosten entstanden sind.

Als Priorität ergibt sich somit für die Maßnahme B/S/4 ein Wert von 3.00.

6.1.10 Maßnahme B/S/5: Anordnung von Lkw-Überholverböten

Die Auswirkungen der auf der A2 angeordneten Lkw-Überholverböte (Zeitschaltungen) in Verbindung mit einer Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit wurden vom Institut für Verkehr und Stadtbauwesen der TU Braunschweig im Auftrag der Niedersächsischen Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr umfassend untersucht¹². Die Untersuchungsergebnisse zeigten eine Reduzierung kritischer Zeitlücken und der kritischen Auffahrzeiten (TTC). Darüber hinaus konnte eine Homogenisierung des Verkehrsablaufs durch die Reduzierung der Standardabweichungen statistisch abgesichert nachgewiesen werden.

Aus Sicht der Unfallanalyse sind Überholverböte besonders im Bereich von Knotenpunkten sinnvoll, da sich hier besonders viele seitliche Kollisionen unter Beteiligung von Lkw ereigneten (vgl. Kap.2.1.4.1.3; 33.1%, bzw. 40.9% im Bereich Hannover).

Die Umsetzung der Maßnahme ist z.T. bereits erfolgt bzw. könnte kurzfristig erfolgen. Der Aufwand ist als gering einzustufen. Im Erhebungszeitraum entstanden bei Spurwechselunfällen mit Lkw bei mindestens mittlerer Verkehrsstärke insgesamt Unfallkosten von ca. 23.295.430 €. Damit ist das erwartete Wirkfeld als mittel einzustufen.

Somit ergibt sich für die Maßnahme B/S/5 eine Priorität von 2.75.

6.1.11 Maßnahme B/S/6: Geschwindigkeitsbeschränkung in Ausfahrbereichen / Verbindungsrampen

Nach längeren Autobahnfahrten wird die eigene Geschwindigkeit häufig unterschätzt (Michalik, 1972, zitiert nach Kämpfe et al., 2005) was zu Abkommensunfällen in Ausfahrbereichen führen kann. So kamen insbesondere im Bereich der Autobahnkreuze BS-Nord und Hannover-Ost (u. a.) besonders viele Fahrer im Bereich der Parallelfahrbahn zur A2 von der Fahrbahn ab (vgl. Kap. 2.1.4.1.2). Geschwindigkeitsbegrenzungen könnten in solchen Situationen dazu beitragen, dass sich Fahrer ihrer zu hohen Geschwindigkeit eher bewusst werden und diese anpassen. Alternativ

¹² Wissenschaftliche Begleitung der Neuregelungen zur Anordnung von Lkw-Überholverböten und Geschwindigkeitsbeschränkungen auf den Autobahnen A1, A2 und A7 in Niedersachsen. Gutachten im Auftrag der Niedersächsischen Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr. Institut für Verkehr und Stadtbauwesen der TU Braunschweig / VTCon GmbH, Braunschweig / Hannover 2009

könnten Geschwindigkeitsmessungen und Anzeigen in Form einer LED-Anzeige „aktives Feedback“ die Geschwindigkeit an den Fahrer zurückmelden.

Die Auswirkungen der Maßnahme lassen sich wie folgt abschätzen: Durch Unfälle in Ausfahrbereichen und Verbindungsrampen sind in den Jahren 2005 bis 2008 insgesamt Unfallkosten von schätzungsweise 3.671.688 € entstanden. Die in den betrachteten Knotenpunkten registrierten Unfälle waren häufig Unfälle ohne Personenschäden. Die Wirksamkeit der Maßnahme auf das gesamte Unfallgeschehen auf der niedersächsischen A2 ist somit als gering einzustufen. Die Maßnahme könnte kurzfristig mit geringem Aufwand umgesetzt werden.

Somit ergibt sich für die Maßnahme eine Priorität von 2.25.

6.1.12 Maßnahme B/S/7: Ausstattung kritischer Punkte mit Videokameras zum Verkehrs- und Störfallmanagement

Die Detektion zur Steuerung von VBA ist immer nur punktuell an fest definierten Punkten vorhanden. Außerhalb der VBA ist in der Regel keine Detektion vorhanden. Eine verlässliche Störfallerkennung und Verkehrswarnung ausschließlich mit den Informationen der Detektoren ist darüber hinaus nur bedingt möglich, da nicht immer verlässliche Detektorinformationen vorliegen. Dies gilt vor allem für die Detektion von Witterungseinflüssen. In Bereichen ohne VBA ist eine automatische Störfallerkennung überhaupt nicht möglich.

Durch die Installation von Videokameras könnte es möglich werden, die durch die Detektoren erhobenen Verkehrszustände und ermittelten Störungen durch visuelle Überprüfung zu erfassen und hierauf abgestimmte Maßnahmen einzuleiten. Dies sollte vor allem an kritischen Punkten (Autobahnkreuze und hoch belastete Anschlussstellen) sowie unfallauffälligen bzw. störanfälligen Streckenabschnitten erfolgen. Im Großraum Hannover sollte das Netz der bestehenden Kamerastandorte verdichtet werden (AS Lehrte bis AS Bad Nenndorf). Im Großraum Braunschweig sollten Videokameras zum Verkehrs- und Störfallmanagement zwischen der Anschlussstelle BS-Watenbüttel und dem Autobahnkreuz Wolfsburg / Königslutter installiert werden.

Die Auswirkungen der Maßnahmen können wie folgt abgeschätzt werden:

- Schnelle und zuverlässige Erkennung von Störfällen und Einleitung der entsprechenden verkehrsregelnden und verkehrsbeeinflussenden Maßnahmen.
- Überprüfung von Detektorinformationen.

Positive Wirkungen können nur erreicht werden, wenn die Kamerabilder „live“ von ausreichend qualifiziertem Personal in der Verkehrsmanagementzentrale erfasst und beurteilt werden.

Die Umsetzung der Maßnahme könnte kurzfristig erfolgen. Der Aufwand hierfür kann als mittel eingestuft werden (nur Kameratechnik). Der zusätzlich entstehende Personalaufwand für die Überwachung der Kamerabilder ist zusätzlich zu berücksichtigen. Das Wirkfeld wurde ebenfalls als mittel eingeschätzt. Dabei ist zu beachten, dass sich der Nutzen hier nicht, wie bei vielen anderen Maßnahmen als potentiell einzusparende Unfallkosten darstellen lässt. In Bezug auf die oben dargestellten Wirkungen gerade im Bereich der Validierung der Detektorinformationen stellt diese Maßnahme ein wichtiges Hilfsmittel dar.

Insgesamt ergibt sich für die Maßnahme B/S/7 damit eine Priorität von 2.50.

6.1.13 Maßnahme Z/S/1: Öffentlichkeitsarbeit/Verkehrserziehung/Infos bzgl. VBA

Durch eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit können die Investitionen in Technik und die damit verbundenen Nutzen für die Kraftfahrer/Bürger transparent gemacht werden (Beispiele: Öffentlichkeitsarbeit in anderen Bundesländern (Staufreies Hessen, Straßen NRW)). Durch eine verstärkte Berichterstattung in den Medien über den Nutzen der VBA im Hinblick auf den Verkehrsfluss und die Verkehrssicherheit könnte zudem die Akzeptanz derartiger Anlagen gesteigert werden. Dazu gehören auch Berichte über Geschwindigkeits- oder Abstandskontrollen. Denn auch diese

tragen dazu bei, dass das „Risiko“ bei einer Geschwindigkeitsübertretung „erwischt“ zu werden, bei den Fahrern verstärkt repräsentiert ist und somit einen Einfluss auf das Verhalten von Fahrern hat (vgl. Kapitel 6.1.7).

Darüber hinaus sollten in der Zukunft mehr „Positivmeldungen“ als bisher veröffentlicht werden. Entsprechend dem Leitbild der Niedersächsischen Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr sollte mehr „Agiert“ (mehr Infos) statt „Reagiert“ (Kommentierung bei Ausfall, Störungen einzelner Anlagenkomponenten) werden.

Die Auswirkungen der Maßnahmen lassen sich wie folgt abschätzen:

- Steigerung der Akzeptanz der VBA-Anzeigen durch mehr „Verständnis“ beim Fahrer bzgl. der angezeigten Gefahr- und Vorschriftzeichen. Dies gilt im Wesentlichen für die angezeigten zulässigen Höchstgeschwindigkeiten,
- Reduzierung der Fahrgeschwindigkeiten und
- Reduzierung der Unfallfolgen infolge von überhöhten Geschwindigkeiten.

Die Maßnahme könnte sehr kurzfristig mit geringem Aufwand umgesetzt werden. Das Wirkfeld wurde allerdings nur als gering eingeschätzt, da auch über eine verstärkte Öffentlichkeitsarbeit nur eine geringe Anzahl von Kraftfahrern erreicht werden kann. Darüber hinaus muss berücksichtigt werden, dass allgemeine Appelle zwar eine wichtige Vorbedingung für Verhaltensänderungen darstellen, ohne Verbindung mit Konsequenzen aber häufig wirkungslos bleiben.

Dennoch ergibt sich für die Maßnahme Z/S/1 eine Priorität von 2.50.

6.1.14 Maßnahme Z/S/2: Baustellenmanagement

Wie in Kapitel 5.1.9 beschrieben, beeinträchtigen Baustellen den Verkehrsfluss nicht nur durch eine Reduzierung der Streckenkapazität. Häufig drohen auch Staus infolge von Verkehrsunfällen, z. B. durch das Auffahren auf den Vordermann. Dadurch werden hohe Kosten verursacht. Durch die Einführung eines Baustellenmanagementsystems zur Koordinierung von Baustellen untereinander sowie Abstimmung der Planung von Baustellen könnten diese vermindert werden, indem z. B. keine Baustellen gleichzeitig auf Alternativrouten geplant werden. In diesem Rahmen könnten Berechnungen der Störungen auf Basis von Verkehrsmodellrechnungen zur Abschätzung von Staudauer und Staulänge hinzugezogen werden.

Die Auswirkungen der Maßnahmen lassen sich wie folgt abschätzen:

- Reduzierung von Beeinträchtigungen im Verkehrsablauf bzw. von Störungen/Staus.
- Erhöhung der Verkehrssicherheit.
- Volkswirtschaftlicher Nutzen durch Reduzierung von Verkehrsunfällen und Staudauer sowie geringeren Reisezeiten.
- Bündelung von Baumaßnahmen, wirtschaftlicher Bauablauf.

Die Maßnahme könnte kurz- bis mittelfristig mit einem eher geringen Aufwand ausgeführt werden. Das Wirkfeld wurde als mittel eingeschätzt, da im untersuchten Zeitraum geschätzte Unfallkosten von 21.810.824 € durch Unfälle an Baustellen auf der niedersächsischen A2 entstanden sind.

Somit ergibt sich für die Maßnahme eine Priorität von 2.63.

6.1.15 Maßnahme Z/S/3: Reißverschlussverfahren vor Baustellen „erzwingen“

Diese Maßnahme dient, wie die im vorherigen Kapitel beschriebene Maßnahme, zur Optimierung des Verkehrsflusses an Baustellen. Häufig entstehen Staus vor Baustellen durch zu frühe Fahrstreifenwechsel und einer damit verbunden Inhomogenisierung des Verkehrsflusses (Spacek,

2005). Durch die Markierung eines Fahrstreifenwechselverbotes vor Baustellen mittels durchgezogener Linie wird das Reißverschlussverfahren erst kurz vor der Baustellenzufahrt möglich und der Verkehrsablauf kann länger störungsfrei aufrechterhalten bleiben.

Die Auswirkungen der Maßnahmen lassen sich wie folgt abschätzen:

- Reduzierung von Beeinträchtigungen im Verkehrsablauf bzw. von Störungen/Staus. Erhöhung der Verkehrssicherheit. Volkswirtschaftlicher Nutzen durch Reduzierung von Verkehrsunfällen und Staudauern.

Die Maßnahme könnte kurz- bis mittelfristig mit einem mittleren Aufwand (Planung und Markierung) ausgeführt werden. Das Wirkfeld wurde als mittel eingeschätzt, da im untersuchten Zeitraum geschätzte Unfallkosten von 21.810.824 € durch Unfälle an Baustellen auf der niedersächsischen A2 entstanden sind.

Somit ergibt sich für die Maßnahme eine Priorität von 2.38.

6.1.16 Maßnahme Z/S/4: Mobile Stauwarnanlagen

Die Unfallauswertungen in Abhängigkeit der Verkehrsstufe und Verkehrsbeteiligung haben gezeigt (vgl. Tabelle 2-18), dass Unfälle mit Schwerverletzten und Getöteten besonders häufig bei Staus vorkommen. Das Stauende wird nicht oder zu spät wahrgenommen.

Im Bereich der VBA wird durch entsprechende Schaltungen auf Verkehrsstaus hingewiesen. Außerhalb von VBA könnte eine Stauwarnung durch mobile Stauwarnanlagen erfolgen. Der Einsatz mobiler Stauwarnanlagen sollte dort erfolgen, wo über einen längeren Zeitraum mit Störungen im Verkehrsablauf und Staus zu rechnen ist (z. B. vor länger andauernden Großbaustellen).



Abbildung 6-3: Mobile Stauwarnanlage auf der A7 (Quelle: B.A.S.)

Die Auswirkungen der Maßnahme lassen sich wie folgt abschätzen:

- Reduzierung der schweren Unfälle mit Lkw im Längsverkehr durch ungebremstes Auffahren auf das Stauende

Die Maßnahme könnte kurzfristig mit mittlerem Aufwand umgesetzt werden. Das Wirkfeld wurde als mittel eingeschätzt, da im untersuchten Zeitraum geschätzte Unfallkosten von 35.584.484 € durch Unfälle an Baustellen auf der niedersächsischen A2 entstanden sind.

Somit ergibt sich für die Maßnahme eine Priorität von 2.50.

6.1.17 Maßnahme Z/S/5: Lkw-Kontrollen

Wie in Kapitel 5.1.11 beschrieben, passierten insbesondere bei Lkw-Beteiligung einige Unfälle infolge technischer Mängel (meist in Form geplatzter Reifen) oder unzureichender Ladungssicherung. Verstärkte polizeiliche Kontrollen an Raststätten und entsprechende Bußgelder könnten dazu beitragen, dass Fahrer und vor allem Fuhrunternehmen stärker auf technische Sicherheit achten. Ähnlich wie bei Geschwindigkeitskontrollen ist es dabei für die Verkehrssicherheit von besonderer Bedeutung die Kontrollen sichtbar zu machen. Das heißt, die subjektiv empfundene Entdeckungswahrscheinlichkeit mangelnder Fahrzeugsicherheit muss gesteigert werden, so dass den entsprechenden Unternehmen kein „Gewinn“ durch die Vernachlässigung von Sicherheitsmaßnahmen entsteht (zur Wirkung von Erwartungs*Wert-Theorien im Straßenverkehr vgl. u. a. Wilde, 1982; Schlag, 2004, Fuller 2005).

Die Auswirkungen der Maßnahmen lassen sich wie folgt abschätzen:

- Insgesamt fallen 3.8 % aller Unfälle ins Wirkfeld dieser Maßnahme (technische Defekte) sowie weitere 2.0 % der Unfälle durch mangelnde Ladungssicherung. Darunter befindet sich ein Großteil der Unfälle mit leichten oder größeren Sachschäden.

Die Maßnahme könnte sehr kurzfristig mit einem mittleren Aufwand ausgeführt werden. Das Wirkfeld wurde als gering eingeschätzt, da die zu vermeidenden Unfälle prozentual nicht so stark im Rahmen des gesamten Unfallgeschehens vertreten sind und meist in Sachschadensunfällen resultieren. So entstanden im Untersuchungszeitraum ca. 11.820.114 € Kosten durch Unfälle infolge defekter Lkw oder mangelnder Ladungssicherung. Dabei wird davon ausgegangen, dass durch eine Kontrollmaßnahme höchstens 50% der betrachteten Unfälle vermieden werden könnten. Das Wirkfeld wurde also mit dem Faktor 0.5 gewichtet.

Insgesamt ergibt sich dann für die Maßnahme eine Priorität von 2.25.

6.1.18 Maßnahme Z/S/6: Störfallmanagement

In Hessen wurde auf der Grundlage von Einzelfallstudien relevanter Störfälle auf Autobahnen im Rhein-Main-Gebiet 2008 ein Maßnahmenkonzept zur Optimierung der Störfallabwicklung unter stärkerer Berücksichtigung verkehrlicher Belange zusammengestellt.

Die Schwerpunkte des Konzeptes sind:

- zügiges Abschleppen von verkehrsgefährdenden Pannenfahrzeugen auf regulären Fahrstreifen und auf dem Seitenstreifen sowie schnelle Bergung von Fahrzeugen und Ladung nach Unfällen durch geeignetes Bergegerät,
- schnelle Wiederfreigabe von Fahrstreifen nach der Erstsicherung sowie Unfallaufnahme außerhalb des Verkehrsraums,
- Bergung von Fahrzeugen außerhalb der Spitzenverkehrszeiten, sofern keine akute Gefährdung vom Störobjekt ausgeht.

Das Verhalten der Rettungskräfte vor Ort soll zudem durch die Vermittlung von verkehrlichen Entscheidungskriterien im Hinblick auf die volkswirtschaftlichen Kosten von Störungen unter-

stützt werden. Ein derartiges Konzept könnte auch in Niedersachsen kurzfristig umgesetzt werden. Der Aufwand und das Wirkfeld sind als mittel einzustufen.

Somit ergibt sich für die Maßnahme Z/S/6 eine Priorität von 2.50.

6.1.19 Maßnahme Z/S/7: Alkoholkontrollen

In Kapitel 2.1.4.3 wurde gezeigt, dass sich insgesamt 1.6% aller Unfälle auf der niedersächsischen A2 im Untersuchungszeitraum auf Alkoholintoxikation zurückführen ließen. Wurden nur Unfälle mit Personenschäden betrachtet, waren es sogar 2.8% der Fälle, bei Unfällen mit schweren Verletzungen sogar 5.9%. Dabei traten Alkoholunfälle signifikant häufiger bei Dunkelheit und in beiden Richtungen tendenziell etwas häufiger in den Ballungsräumen Braunschweig und Hannover (37% der Alkoholunfälle auf 40 Streckenkilometer) auf. Verstärkte polizeiliche Kontrollen an Raststätten oder im Stadtbereich in Autobahnnähe könnten helfen, die Anzahl dieser Alkoholfälle zu reduzieren. Alternativ wäre auch ein Verbot des Alkoholausschanks an Tank- und Raststätten in den Abendstunden denkbar, wie es z. B. an Tankstellen im Land Baden-Württemberg diskutiert wird (siehe z. B.

http://www.stuttgarter-zeitung.de/stz/page/2147781_0_4123_-auf-oeffentlichen-plaetzen-rech-will-alkoholverbot.html).

Die Maßnahme könnte sehr kurzfristig mit einem mittleren Aufwand ausgeführt werden. Das Wirkfeld wurde als gering eingeschätzt, da die zu vermeidenden Unfälle prozentual nicht so stark im Rahmen des gesamten Unfallgeschehens vertreten sind. So entstanden zwischen 2005 und 2008 im Erhebungsgebiet Kosten von 5.843.228 €. Es wird erwartet, dass die regelmäßigen Alkoholkontrollen im Bereich von Großstädten maximal die Hälfte von diesen verhindern helfen. Deshalb wurde das Wirkfeld mit einem Faktor von 0.5 gewichtet.

Somit ergibt sich für die Maßnahme eine Priorität von 2.25.

6.1.20 Maßnahme Z/S/8: Kurventafeln, Auffahrunfallwarnung

In einzelnen Bereichen gibt es Unfallhäufungen bzw. erhöhte Unfallrisiken, auf die mit zusätzlichen Warnschildern hingewiesen werden könnte. So könnten z. B. Schilder vor Kuppen aufgestellt werden (vgl. Kapitel 5.1.7.2), welche vor drohenden Auffahrunfällen warnen. Verhältnismäßig enge Kurven könnten mit Kurventafeln ausgestattet werden (vgl. Kapitel 5.1.7.1).

Die Auswirkungen der Maßnahmen lassen sich wie folgt abschätzen: Dem Fahrer werden zu geringe Abstände an Kuppen oder gefährliche Kurven bewusst gemacht, die er häufig aufgrund falscher Erwartungen nicht wahrnimmt. An den entsprechenden Stellen bestehen durch die Maßnahmen entsprechend hohe Unfallvermeidungspotenziale, da dort viele Unfälle auf die gleiche Ursache zurückzuführen sind. So sind im Mittel bis zu 50 % der Auffahrunfälle in den entsprechenden Bereichen durch mangelnde Sicherheitsabstände verursacht (vgl. Tabelle 5-1).

Die Maßnahme könnte kurzfristig mit geringem Aufwand ausgeführt werden. Allerdings wird das Wirkfeld ebenfalls als gering eingeschätzt, da Hinweisschilder weniger verhaltenssteuernd wirken als Gebotsschilder. Zudem waren vor allem die an den Kuppen betrachteten Auffahrunfälle häufig nicht mit Personenschäden verbunden. So beliefen sich die Unfallkosten von 2005 bis 2008 insgesamt an den betrachteten Stellen auf 6.071.220 €. Trotzdem können diese Schilder eine gute Hilfe für den Fahrer z. B. bei Ortsunkennntnis sein.

Insgesamt ergibt sich für die Maßnahme eine Priorität von 2.25.

6.1.21 Maßnahme Z/S/9: Abstandskontrollen durch die Polizei

Wie in Kapitel 2.1.4.1.1 dargestellt, kommt es insbesondere bei hohen Verkehrsdichten immer wieder zu Auffahrunfällen, welche häufig mit Personenschäden einhergehen. Um die Einhaltung von Sicherheitsabständen der Fahrzeuge zu kontrollieren, würde eine Abstandsüberwachung

auf Autobahnen von Autobahnbrücken mit Hilfe von Markierungen auf der Fahrbahn helfen. Im Rahmen eines Gutachtens könnte dann weiter überprüft werden, ob die zum Vorwurf kommende Abstandsunterschreitung unter Berücksichtigung aller Toleranzen tatsächlich vorlag.

Aus unfallanalytischer Sicht besteht das Wirkfeld dieser Maßnahme bei 31 % aller Unfälle (Auf-fahr- und Abstandsunfälle).

Die Maßnahme könnte sehr kurzfristig mit einem geringen Aufwand ausgeführt werden. Da die zu vermeidenden Unfälle prozentual häufig im Rahmen des gesamten Unfallgeschehens vertreten sind, wurde das Wirkpotenzial als hoch eingeschätzt. So entstanden zwischen 2005 und 2008 im Erhebungsgebiet Kosten von ca. 86.968.264 € infolge von Auffahr- und Abstandsunfällen. Selbst wenn diese Kosten noch mal mit 0.5 multipliziert werden, aus der Annahme heraus, dass eine Kontrollmaßnahme maximal 50% der relevanten Fälle vermindern hilft, bleibt noch eine vergleichsweise hohe Summe (vgl. Auflistung in Dokument *AnhangA_Ergebnisse_Unfallanalyse.xls*).

Somit ergibt sich für die Maßnahme eine Priorität von 2.50.

6.1.22 Maßnahme Z/S/10: Unterstützung der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen und Fahrzeugtechnik

Die Analyse der Unfalleinflussfaktoren (vgl. Kap. 2.1.4.3) ergab einige typische Fehlerursachen, zu deren Vermeidung auch der Einsatz moderner Fahrerassistenzsysteme beitragen kann. So befinden sich bereits heute Systeme zur Erkennung von Müdigkeit oder zur automatisierten Abstandsreglung auf dem Markt. Deren Verbreitung sollte auch durch Maßnahmen von Politik und Versicherungen gefördert werden. Dies könnte z. B. durch Öffentlichkeitsarbeit, Subventionen oder Versicherungsmodelle erfolgen. Auch die Unterstützung von Forschungsprojekten zur weiteren Erforschung der Wirkweise, insbesondere der Schnittstelle zwischen Mensch und Technik sowie zu Interaktionen zwischen baulichen, betrieblichen Maßnahmen mit Potenzialen von Fahrerassistenzsystemen, kann dazu beitragen, die Systeme immer weiter zu optimieren und auch deren Kosten zu senken, so dass diese in Zukunft möglichst standardmäßig in neuen Fahrzeugen eingesetzt werden können.

Alternativ zu Systemen zur automatisierten Abstandsreglung sollte auch die Sicherheit von Systemen des Unterfahrschutzes bei Lkw überprüft werden, da sich unter den 22 tödlichen Auffahrunfällen unter Beteiligung von Lkw auch 10 befanden, bei denen der Lkw-Fahrer nicht als Hauptverursacher geführt wurde. Auch die entsprechenden Sachverhaltsschilderungen wiesen darauf hin, dass es sich beim Unterfahren von Lkw um ein großes Problem in Zusammenhang mit schweren Unfällen handelt.

Die Auswirkungen der Maßnahmen lassen sich wie folgt abschätzen:

- Das Fahrzeug bremst selbständig, auch wenn der Fahrer einen drohenden Auffahrunfall (noch) nicht erkannt hat. Schwere Unfälle mit Lkw im Längsverkehr durch ungebremstes Auffahren auf das Stauende könnten so vermieden werden. Das betrifft zum einen das Auffahren von Lkw auf das Stauende selbst als auch das Auffahren von PKW auf Lkw am Stauende. In Bezug auf diese Problematik könnte auch der Einsatz verbesserter Systeme zum Unterfahrschutz geprüft werden. Somit könnten durch eine hohe Verbreitung von Systemen zur Abstandsreglung bis zu 31 % aller Unfälle (Auffahrunfälle) vermieden und die Zahl der Getöteten um 33 % gesenkt werden.
- Systeme zur Fahrerzustandserkennung haben ein Wirkfeld von 2 % aller Unfälle (bei Unfällen mit schwerem Personenschaden sogar bis zu 5.9% aller Unfälle).

Die Maßnahme könnte mittelfristig und mit sehr hohem Aufwand ausgeführt werden (insbesondere bei Subventionen oder Forschungsförderung). Das Wirkfeld wurde ebenfalls als sehr hoch eingeschätzt, da eine hohe Verbreitung von Fahrzeugsicherheitssystemen auch ein sehr hohes Potenzial zur Vermeidung der Entstehung von Verkehrsunfällen sowie deren Folgen ha-

ben sollte (vgl. Studien zur Effizienz von ESC-Systemen zur Vermeidung von Schleuderunfällen, z. B. Zobel, 2007; NHTSA, 2007). Betrachtet man die Kosten aller im Rahmen dieser Studie untersuchten Unfälle, welche sich durch Auffahrunfälle sowie Unfälle mit mangelnden Sicherheitsabständen, Spurwechselunfällen und Müdigkeitsunfällen ergaben, so kommt man auf 177.466.884 €. Diese Einflussfaktoren ließen sich z. B. durch die Fahrerassistenzsysteme Abstandsregelung, Spurwechselassistent, Spurhalteassistent oder Fahrerzustandsüberwachung vermeiden. Das ganze Potenzial wäre nur ausschöpfbar, wenn alle Fahrzeuge mit solchen Assistenzsystemen ausgerüstet wären. Zudem müssen die jeweiligen Systeme in Studien bezüglich ihrer Gebrauchstauglichkeit bewertet und normiert werden.

Insgesamt ergibt sich für die Maßnahme damit eine Priorität von 2.75.

6.2 Maßnahmen zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit

6.2.1 Maßnahme E/S/2“: Achtstreifiger Ausbau der A2

Durch eine Erweiterung der Hauptfahrbahn um je einen weiteren Fahrstreifen je Fahrtrichtung lässt sich die Kapazität erheblich steigern. Dieser achtstreifige Ausbau sollte dabei mit durchgängiger VBA und einem Tempolimit einhergehen. Ziel ist die Homogenisierung des Verkehrsablaufs durch Bereitstellung weiterer Verkehrsflächen auf die sich der Verkehr verteilen kann.

Im Folgenden ist eine Prioritätenreihung dargestellt, welche den Grad der Überlastung gemäß der Prognose für das Jahr 2025 zugrunde legt. Es ist sinnvoll die Streckenabschnitte für die die größte Überlastung zu erwarten ist, beim Ausbau zu bevorzugen. Diese Abschnitte sind auch diejenigen, die heute schon am stärksten ausgelastet bzw. überlastet sind.

Tabelle 6-1: Prioritätenreihung Achtstreifiger Ausbau – Richtung Berlin.

Fahrtrichtung Berlin	2025		8-Streifiger Ausbau	
	Auslastung	QSV	Auslastung	QSV
AS H-Herrenhausen- Dreieck H-West	1,30	F	0,97	E
AS H/Langenhagen - AS H-Bothfeld	1,07	F	0,80	D
AS Wunstorf-Luthe - AS Garbsen	1,07	F	0,79	D
AS Garbsen- AS H-Herrenhausen	1,04	F	0,77	D
AK H-Ost- AS Lehrte	1,02	F	0,76	D
AS BS-Hafen - AK BS-Nord	1,02	F	0,75	C
AK BS-Nord - AS BS-Flughafen	1,01	F	0,75	C
AS H-Bothfeld - AS H-Lahe	1,00	E	0,74	C
AD H-West - AS H/Langenhagen	0,99	E	0,74	C
AK WOB/ Königslutter- AS Königslutter	0,98	E	0,72	C
AS Bad Eilsen - AS Rehren	0,97	E	0,71	C
Nordrhein- Westfalen - Bad Eilsen	0,97	E	0,71	C
AS Helmstedt West - AS Helmstedt Zentrum	0,97	E	0,71	C
AS Königslutter- AS Rennau	0,96	E	0,71	C
AS BS-Watenbüttel - AS BS-Hafen	0,95	E	0,70	C
AS BS-Flughafen - AS BS-Ost	0,95	E	0,70	C
AS Rehren- AS Lauenau	0,95	E	0,70	C
AS Rennau - AS Helmstedt West	0,94	E	0,69	C
AS Lehrte Ost - AS Hämeler Wald	0,94	E	0,69	C
AS Bad Nenndorf - AS Wunstorf-Kolenfeld	0,93	E	0,69	C
AS Wunstorf Kolenfeld - AS Wunstorf-Luthe	0,93	E	0,69	C
AS Helmstedt Zentrum - Sachsen-Anhalt	0,92	E	0,68	C
AS Lauenau- AS Bad Nenndorf	0,92	E	0,68	C
AS Lehrte - AS Lehrte Ost	0,91	E	0,67	C
AS Peine-Ost- AS BS- Watenbüttel	0,90	D	0,65	C
AS Hämeler Wald - AS Peine	0,86	D	0,64	C
AK H-Buchholz - AK H-Ost	0,81	D	0,60	C
AS BS-Ost- AK WOB/Königslutter	0,79	D	0,58	C
AS Peine-AS Peine -Ost	0,75	C	0,54	B
AS H-Lahe - AK H-Buchholz	0,56	C	0,41	B

Tabelle 6-2: Prioritätenreihung Achtstreifiger Ausbau – Richtung Dortmund.

Fahrtrichtung Dortmund	2025		8-Streifiger Ausbau	
	Auslastung	QSV	Auslastung	QSV
AS H-Herrenhausen- Dreieck H-West	1,40	F	1,04	F
AS Wunstorf-Luthe - AS Garbsen	1,14	F	0,84	D
AS Garbsen- AS H-Herrenhausen	1,09	F	0,81	D
AS H/Langenhagen - AS H-Bothfeld	1,08	F	0,80	D
Nordrhein- Westfalen - Bad Eilsen	1,03	F	0,74	C
AK H-Ost- AS Lehrte	1,03	F	0,76	D
AS BS-Hafen - AK BS-Nord	1,02	F	0,75	C
AS Rehren- AS Lauenau	1,02	F	0,75	C
AS Lehrte Ost - AS Hämeler Wald	1,01	F	0,73	C
AK BS-Nord - AS BS-Flughafen	1,01	F	0,75	C
AD H-West - AS H/Langenhagen	1,01	F	0,75	C
AS H-Bothfeld - AS H-Lahe	1,00	E	0,75	C
AK WOB/ Königslutter- AS Königslutter	1,00	F	0,74	C
AS Bad Nenndorf - AS Wunstorf-Kolenfeld	1,00	E	0,73	C
AS H-Lahe - AK H-Buchholz	0,99	E	0,74	C
AS Wunstorf Kolenfeld - AS Wunstorf-Luthe	0,99	E	0,73	C
AS Helmstedt West - AS Helmstedt Zentrum	0,98	E	0,71	C
AS BS-Watenbüttel - AS BS-Hafen	0,97	E	0,71	C
AS Königslutter- AS Rennau	0,97	E	0,71	C
AS Lauenau- AS Bad Nenndorf	0,97	E	0,71	C
AS BS-Flughafen - AS BS-Ost	0,96	E	0,71	C
AS Bad Eilsen - AS Rehren	0,96	E	0,71	C
AS Rennau - AS Helmstedt West	0,95	E	0,70	C
AS Helmstedt Zentrum - Sachsen-Anhalt	0,93	E	0,68	C
AS Lehrte - AS Lehrte Ost	0,92	E	0,68	C
AS Hämeler Wald - AS Peine	0,87	D	0,64	C
AS Peine-Ost- AS BS- Watenbüttel	0,85	D	0,62	C
AK H-Buchholz - AK H-Ost	0,81	D	0,60	C
AS BS-Ost- AK WOB/Königslutter	0,81	D	0,59	C
AS Peine-AS Peine -Ost	0,76	D	0,55	B

Mit einem Ausbau der A2 auf acht Fahrstreifen erreicht man direkt eine Erhöhung der Kapazität und damit eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit. Es ist zu erwarten, dass sich somit auch eine Reduzierung von kapazitätsbedingten Staus und Störungen im Verkehrsablauf einstellt. Zurzeit liegen in Deutschland keine Erfahrungen für den Betrieb von (langen) 8-streifigen Autobahnabschnitten vor. Es können daher keine Aussagen darüber getroffen werden inwieweit hohe Belastungen für den Fahrer bei längeren Fahrten auftreten und ob diese für die Verkehrssicherheit relevant sind.

Verantwortung:

Bund

Umsetzung:

langfristig

6.2.2 Maßnahme E/P/4: Um- bzw. Ausbau von Knotenpunktelementen

Die Engpassanalyse hat ergeben, dass neben einem Ausbau der Hauptfahrbahn auch an einigen Knotenpunkten einzelne Elemente überlastet sind oder laut der Prognose für das Jahr 2025 überlastet sein werden. Die Überlastung einzelner Knotenpunktelemente schlägt sich in der Analyse auf die Qualität des Verkehrsablaufs des gesamten Knotenpunkts nieder. Die schlechteste Einzelbewertung entspricht der Gesamtbewertung des Knotenpunkts. Ein Um- bzw. Ausbau von einzelnen Knotenpunktelementen zur Steigerung der Leistungsfähigkeit ist daher notwendig.

Elemente, die davon betroffen sind, können Ausfahrten, Einfahrten, Verflechtungsstrecken oder Verbindungsrampen sein. Im Folgenden ist eine Liste aller überlasteten Einzelelemente mitsamt dem Grad der Überlastung dargestellt. Der Grad der Überlastung entspricht dabei der Anzahl der Fahrzeuge, die nicht mehr abgefertigt werden können, wenn die Qualitätsstufe D erreicht werden soll. Das Element mit der höchsten Überlastung ist bei einem Ausbau demzufolge zu priorisieren.

Tabelle 6-3: Maßnahmenübersicht Um- bzw. Ausbau von Knotenpunktelementen.

Liste E/P/4

Um- / Ausbau von Knotenpunktelementen

Knotenpunkt	Element	Maßnahme	Überlastung (über QSV D 2025) [Kfz/h]
AK Braunschweig-Nord	1. Ausfahrt Richtung Dortmund	Typ A1 zu Typ A2	384
AS Hanno- ver/Langenhagen	1. Ausfahrt Richtung Dortmund	Typ A1 zu Typ A2	322
AK Braunschweig-Nord	1. Ausfahrt Richtung Berlin	Typ A1 zu Typ A2	306
AS Hannover-Lahe	1. Ausfahrt Richtung Berlin	Typ A2 zu Typ A3	257
AS Hannover- Herrenhausen	1. Ausfahrt Richtung Dortmund	Typ A2 zu Typ A4	197
AK Braunschweig-Nord	Verbindungsrampe A391 Süd Richtung Berlin	zweistreifig aus- bauen	156
AK Braunschweig-Nord	2. Ausfahrt Richtung Berlin	Typ A1 zu Typ A2	93
AK Wolfs- burg/Königslutter	2. Einfahrt Richtung Berlin	Typ E1 zu Typ E4	keine genauen Daten
AK Hannover-Ost	2. Einfahrt Richtung Berlin	Typ E1 zu Typ E4	keine genauen Daten

Am Anschluss wird aufgezeigt, welcher Art die empfohlenen Aus- bzw. Umbaumaßnahmen von einzelnen Knotenpunktelementen sind.

AK Braunschweig-Nord: Ausfahrt in Richtung Dortmund als Typ A2 ausführen

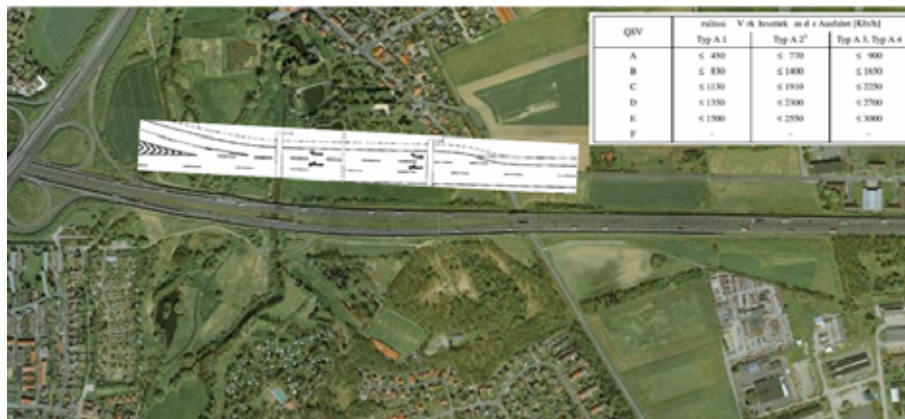


Abbildung 6-4: Maßnahme Ausfahrttyp A2 – AK Braunschweig-Nord.

AS Hannover/Langenhagen: Ausfahrt in Richtung Dortmund als Typ A2 ausführen

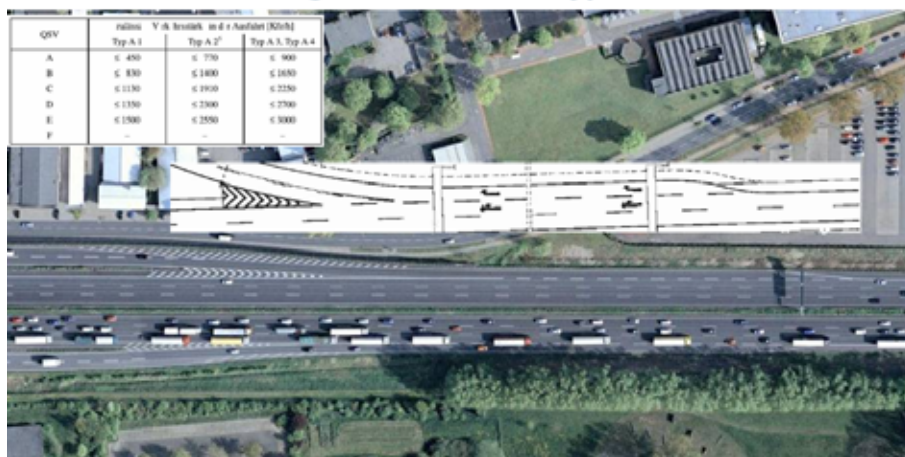


Abbildung 6-5: Maßnahme Ausfahrttyp A2 – AS Hannover / Langenhagen.

AK Braunschweig-Nord: Ausfahrten in Richtung Berlin als Typ A2 ausführen



Abbildung 6-6: Maßnahme Ausfahrttyp A2 – AK Braunschweig-Nord.

AS Hannover-Lahe: Ausfahrt in Richtung Berlin als Typ A3 ausführen

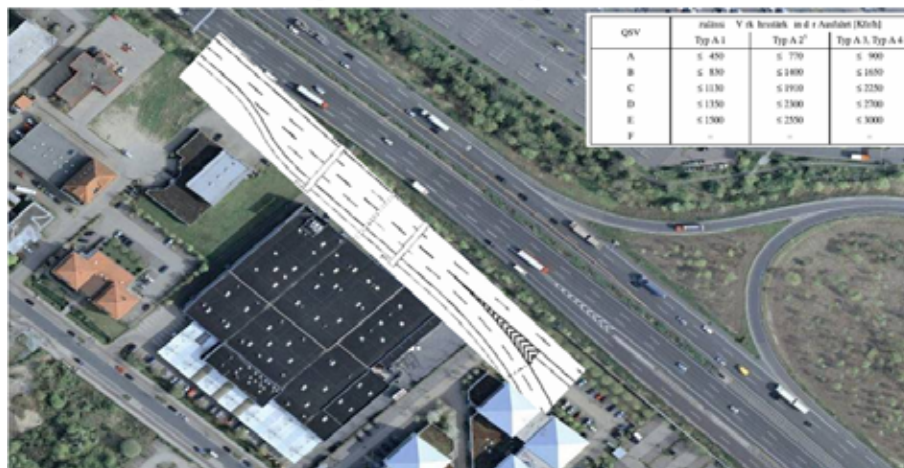


Abbildung 6-7: Maßnahme Ausfahrttyp A3 – AS Hannover-Lahe.

AS Hannover-Herrenhausen: Ausfahrten in Richtung Dortmund als Typ A4 und Typ A2 ausführen

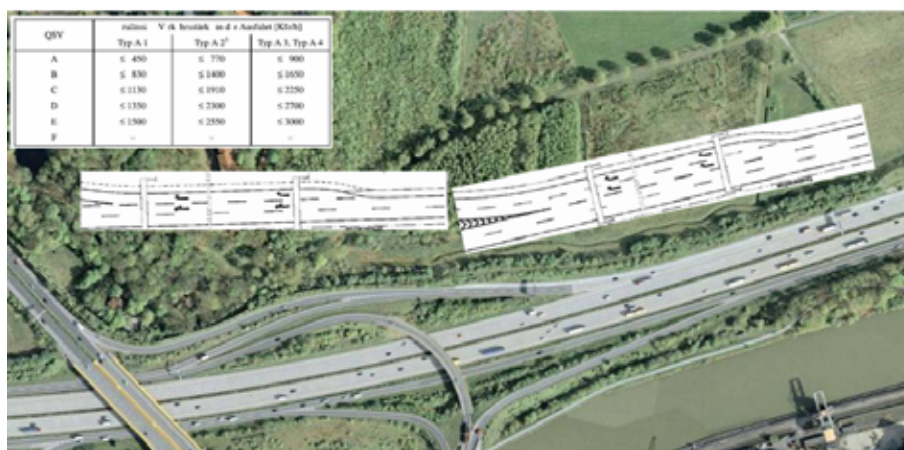


Abbildung 6-8: Maßnahme Ausfahrttypen A4 und A2 – AS Hannover-Herrenhausen.

AK Braunschweig-Nord: Verbindungsrampe A391/A2 in Richtung Berlin erweitern

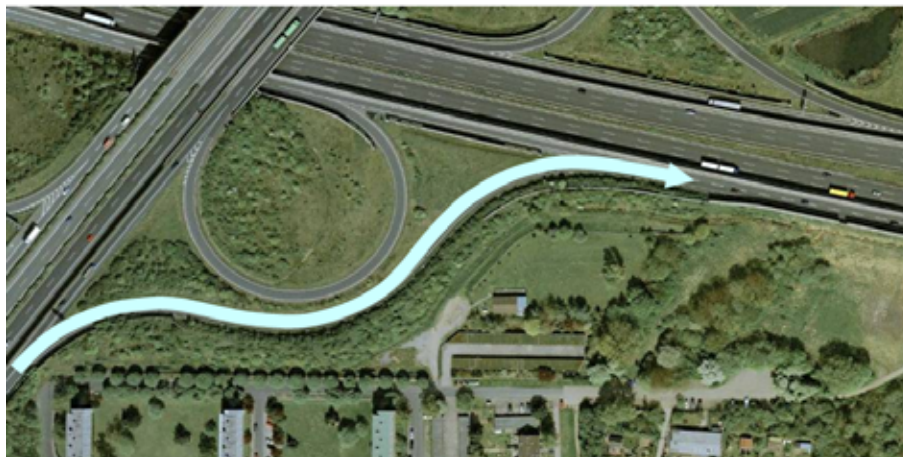


Abbildung 6-9: Maßnahme Verbindungsrampe A391/A2 erweitern – AK Braunschweig-Nord.

AK Braunschweig-Nord: Verteilerfahrbahn und Einfahrt in Richtung Berlin als Typ E4 ausführen

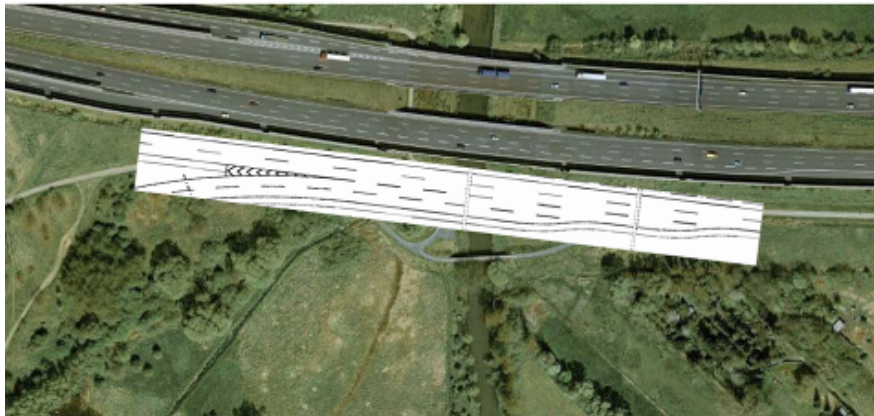


Abbildung 6-10: Maßnahme Einfahrttyp E4 – AK Braunschweig-Nord.

AK Wolfsburg-Königsutter: Einfahrt in Richtung Berlin als Typ E4 Ausführen

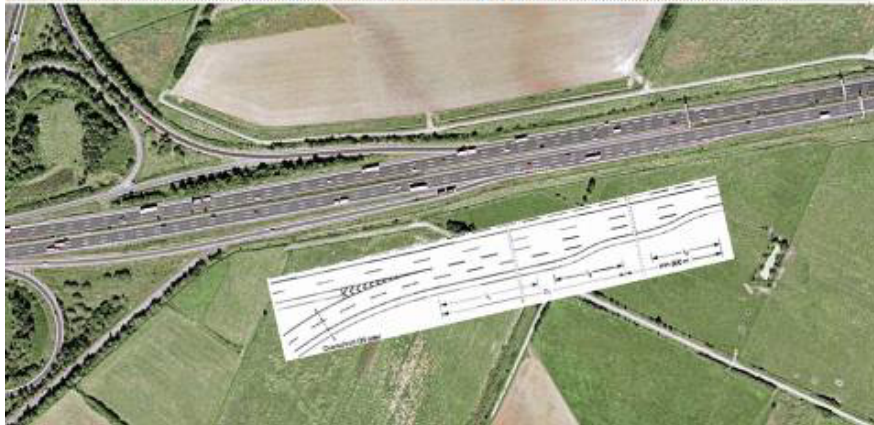


Abbildung 6-11: Maßnahme Einfahrttyp E4 – AK WOB / Königsutter.

AK Hannover-Ost: Einfahrt in Richtung Berlin als Typ E4 Ausführen



Abbildung 6-12: Maßnahme Einfahrttyp E4 – AK Hannover-Ost.

Auswirkung:

Den aus- und einfahrenden sowie den verflechtenden Verkehren stehen mehr Fahrstreifen zur Verfügung. Dies führt zu einer Steigerung der Leistungsfähigkeit und gleichzeitig zu einer Reduzierung der Anzahl kritischer Fahrstreifenwechsel und somit zur Erhöhung der Verkehrssicherheit.

Verantwortung:

Bund

Umsetzung:

mittel- / langfristig

6.2.3 Maßnahme E/P/5: Umbau von Knotenpunktsystemen

Durch örtliche Gegebenheiten oder die Art der Überlastung von Knotenpunkten lassen sich nicht alle Engpässe an Knotenpunkten durch den Um- bzw. Ausbau einzelner Elemente beheben. Der Umbau des gesamten Knotenpunktsystems unter Berücksichtigung der verkehrlichen, betrieblichen, örtlichen und auch wirtschaftlichen Randbedingungen, z.B. durch veränderte Rampenführungen (Aufhebung von Verflechtungsstrecken) sowie Ein- und Ausfahrttypen ist damit notwendig. Damit werden zumeist mehrere Einzelengpässe behoben. Im Folgenden ist eine Liste mit den vorgeschlagenen Maßnahmen und den entsprechenden überlasteten Einzel-elementen zu sehen. Die Prioritätenreihung erfolgt dabei auf Grundlage der Summe aller überlasteten Einzelelemente eines umzubauenden Knotenpunktes. Der Grad der Überlastung orientiert sich an der Anzahl der Fahrzeuge, die nicht mehr abgefertigt werden kann, um Qualitätsstufe D zu erreichen.

Tabelle 6-4: Maßnahmenübersicht Um- / Ausbau von Knotenpunktssystemen.

Liste E/P/5**Umbau von Knotenpunktssystemen**

Knotenpunkt	Maßnahme	Überlastete Elemente	Überlastung (über QSV D 2025) [Kfz/h]	Summe Überlastung [Kfz/h]
AS Hannover-Herrenhausen	Auflösung der Verflechtungsbereiche Richtung Berlin	1. Verflechtungsstrecke Richtung Berlin	411	3015
		2. Verteilerfahrbahn Richtung Berlin	352	
		3. Verteilerfahrbahn Richtung Berlin	875	
		2. Verflechtungsstrecke Richtung Berlin	1377	
AK Braunschweig-Nord	Verflechtungsbereich Richtung Dortmund durch halbdirekte Führung von Ost nach Süd auflösen	1. Verflechtungsstrecke Richtung Dortmund	1227	1227
AK Hannover-Buchholz	Verflechtungsbereich Richtung Dortmund durch halbdirekte Führung von Süd nach West auflösen	1. Verflechtungsstrecke Richtung Dortmund	158	955
		2. Verteilerfahrbahn Richtung Dortmund	523	
		1. Einfahrt Richtung Dortmund	274	

**AS Hannover-Herrenhausen:
Verflechtungsbereiche in Richtung Berlin auflösen**



Abbildung 6-13: Maßnahme Verflechtungsbereiche auflösen – AS Hannover-Herrenhausen.

**AS Hannover-Herrenhausen:
Erweiterung der Verteilerfahrbahn in Richtung Berlin**



Abbildung 6-14: Maßnahme Verteilerfahrbahn erweitern – AS Hannover-Herrenhausen.

**AK Braunschweig-Nord:
Verflechtungsbereich in Richtung Dortmund auflösen**



Abbildung 6-15: Maßnahme Verflechtungsbereich auflösen – AK Braunschweig-Nord.

AK Hannover-Buchholz: Verflechtungsbereich in Richtung Dortmund auflösen



Abbildung 6-16: Maßnahme Verflechtungsbereich auflösen – AK Hannover-Buchholz.

AK Hannover-Buchholz: Verteilerfahrbahn in Richtung Dortmund erweitern und Einfahrt als Typ E4 ausführen



Abbildung 6-17: Maßnahme Verteilerfahrbahn erweitern – AK Hannover-Buchholz.

Auswirkung:

Die Kapazität wird durch großzügiger bemessene Einzelemente und Knotenpunktsysteme gesteigert und damit erfolgt auch eine Steigerung der Leistungsfähigkeit. Diese gewährleistet die Aufrechterhaltung der Gesamtleistungsfähigkeit von Strecken und Knotenpunkten. Durch die Verringerung von Konflikten, z.B. durch das Auflösen von Verflechtungsbereichen, kann auch eine Erhöhung der Verkehrssicherheit erfolgen.

Verantwortung:

Bund

Umsetzung:

langfristig

6.2.4 Maßnahme B/S/8: Dynamische Seitenstreifenfreigabe

Die Maßnahme beschreibt die dynamische, zeitlich befristete Seitenstreifenfreigabe im Bereich der Ballungsräume Hannover und Braunschweig in Hauptverkehrszeiten durch Wechselverkehrszeichen oder durch Anzeigen der VBA. Parallel zur Freigabe des Seitenstreifens ist eine Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 100 km/h vorzusehen. Darüber hinaus sind konstruktive (bauliche) Maßnahmen entlang der Strecke und in den Knotenpunkten erforderlich.

Im Folgenden ist eine Prioritätenreihung dargestellt, welche den Grad der Überlastung gemäß der Prognose für das Jahr 2025 zugrunde legt. Es ist sinnvoll die Streckenabschnitte für die die größte Überlastung zu erwarten ist, beim Ausbau zu bevorzugen. Diese Abschnitte sind auch diejenigen, die heute schon am stärksten ausgelastet- bzw. überlastet sind.

Tabelle 6-5: Prioritätenreihung Dynamische Seitenstreifenfreigabe – Richtung Berlin.

Fahrtrichtung Berlin	2025		Dyn. Seitenstr.freig.	
	Auslastung	QSV	Auslastung	QSV
AS H-Herrenhausen- Dreieck H-West	1,30	F	1,04	F
AS H/Langenhagen - AS H-Bothfeld	1,07	F	0,86	D
AS Wunstorf-Luthe - AS Garbsen	1,07	F	0,85	D
AS Garbsen- AS H-Herrenhausen	1,04	F	0,83	D
AK H-Ost- AS Lehrte	1,02	F	0,82	D
AS BS-Hafen - AK BS-Nord	1,02	F	0,82	D
AK BS-Nord - AS BS-Flughafen	1,01	F	0,81	D
AS H-Bothfeld - AS H-Lahe	1,00	E	0,80	D
AD H-West - AS H/Langenhagen	0,99	E	0,79	D
AK WOB/ Königslutter- AS Königslutter	0,98	E	0,78	D
AS Bad Eilsen - AS Rehren	0,97	E	0,78	D
Nordrhein- Westfalen - Bad Eilsen	0,97	E	0,77	D
AS Helmstedt West - AS Helmstedt Zentrum	0,97	E	0,77	D
AS Königslutter- AS Rennau	0,96	E	0,77	D
AS BS-Watenbüttel - AS BS-Hafen	0,95	E	0,76	D
AS BS-Flughafen - AS BS-Ost	0,95	E	0,76	D
AS Rehren- AS Lauenau	0,95	E	0,76	D
AS Rennau - AS Helmstedt West	0,94	E	0,76	D
AS Lehrte Ost - AS Hämeler Wald	0,94	E	0,75	C
AS Bad Nenndorf - AS Wunstorf-Kolenfeld	0,93	E	0,75	C
AS Wunstorf Kolenfeld - AS Wunstorf-Luthe	0,93	E	0,74	C
AS Helmstedt Zentrum - Sachsen-Anhalt	0,92	E	0,74	C
AS Lauenau- AS Bad Nenndorf	0,92	E	0,74	C
AS Lehrte - AS Lehrte Ost	0,91	E	0,73	C
AS Peine-Ost- AS BS- Watenbüttel	0,90	D	0,72	C
AS Hämeler Wald - AS Peine	0,86	D	0,69	C
AK H-Buchholz - AK H-Ost	0,81	D	0,65	C
AS BS-Ost- AK WOB/Königslutter	0,79	D	0,63	C
AS Peine-AS Peine -Ost	0,75	C	0,60	C
AS H-Lahe - AK H-Buchholz	0,56	C	0,45	B

Tabelle 6-6: Prioritätenreihung Dynamische Seitenstreifenfreigabe – Richtung Dortmund.

Fahrtrichtung Dortmund	2025		Dyn. Seitenstr.freig.	
	Auslastung	QSV	Auslastung	QSV
AS H-Herrenhausen- Dreieck H-West	1,40	F	1,12	F
AS Wunstorf-Luthe - AS Garbsen	1,14	F	0,91	E
AS Garbsen- AS H-Herrenhausen	1,09	F	0,87	D
AS H/Langenhagen - AS H-Bothfeld	1,08	F	0,86	D
Nordrhein- Westfalen - Bad Eilsen	1,03	F	0,82	D
AK H-Ost- AS Lehrte	1,03	F	0,82	D
AS BS-Hafen - AK BS-Nord	1,02	F	0,82	D
AS Rehren- AS Lauenau	1,02	F	0,82	D
AS Lehrte Ost - AS Hämeler Wald	1,01	F	0,81	D
AK BS-Nord - AS BS-Flughafen	1,01	F	0,81	D
AD H-West - AS H/Langenhagen	1,01	F	0,81	D
AS H-Bothfeld - AS H-Lahe	1,00	E	0,80	D
AK WOB/ Königslutter- AS Königslutter	1,00	F	0,80	D
AS Bad Nenndorf - AS Wunstorf-Kolenfeld	1,00	E	0,80	D
AS H-Lahe - AK H-Buchholz	0,99	E	0,80	D
AS Wunstorf Kolenfeld - AS Wunstorf-Luthe	0,99	E	0,79	D
AS Helmstedt West - AS Helmstedt Zentrum	0,98	E	0,78	D
AS BS-Watenbüttel - AS BS-Hafen	0,97	E	0,78	D
AS Königslutter- AS Rennau	0,97	E	0,78	D
AS Lauenau- AS Bad Nenndorf	0,97	E	0,78	C
AS BS-Flughafen - AS BS-Ost	0,96	E	0,77	D
AS Bad Eilsen - AS Rehren	0,96	E	0,76	D
AS Rennau - AS Helmstedt West	0,95	E	0,76	D
AS Helmstedt Zentrum - Sachsen-Anhalt	0,93	E	0,74	C
AS Lehrte - AS Lehrte Ost	0,92	E	0,74	C
AS Hämeler Wald - AS Peine	0,87	D	0,69	C
AS Peine-Ost- AS BS- Watenbüttel	0,85	D	0,68	C
AK H-Buchholz - AK H-Ost	0,81	D	0,65	C
AS BS-Ost- AK WOB/Königslutter	0,81	D	0,65	C
AS Peine-AS Peine -Ost	0,76	D	0,61	C

Auswirkung:

Es ist eine Verbesserung der Verkehrsqualität und eine Homogenisierung des Verkehrsablaufs zu erwarten. Erfahrungen aus Hessen zeigen, dass durch eine dynamische Seitenstreifenfreigabe eine Steigerung der Kapazität um bis zu 25 % realistisch ist. Durch die temporäre Erhöhung der Kapazität der A2 ist dann auch eine Verbesserung der Verkehrssicherheit in den Spitzenstunden zu erwarten.

Verantwortung:

Bund

Umsetzung:

mittel- bis langfristig

6.2.5 Maßnahme B/P/1: Zuflusssteuerung

Eine Zuflusssteuerung erfordert die Installation bzw. den Bau einer LSA am Ende der Einfahrrampe, um so die kontrollierte Steuerung des einfahrenden Verkehrs (z.B. durch ALINEA-Algorithmus) zu ermöglichen. Ein potenzieller Standort für eine solche Anlage könnte in der AS Hannover / Langenhagen (aus Richtung Flughafen nach Osten) liegen. Die Verflechtungsstrecke und die anschließende Verteilerfahrbahn Richtung Berlin sind sehr knapp dimensioniert. Ein Umbau des KP ist aufgrund enger Bebauung nicht möglich. Bei weitergehender Betrachtung einer solchen Maßnahme sollten die Knotenströme jedoch genauer geprüft werden.

AS Hannover/Langenhagen: Entlastung der Verflechtungsstrecke und Verteilerfahrbahn in Richtung Berlin



Abbildung 6-18: Maßnahme Zuflusssteuerung – AS Hannover / Langenhagen.

Auswirkung:

Durch eine Zuflusssteuerung kann eine „Entpulkung“ der einfahrenden Fahrzeuge zur Minimierung der Störungen im Verkehrsablauf auf der Hauptfahrbahn erreicht werden. Es erfolgt eine Auflösung von einfahrenden Pulks in Einzelfahrzeuge, um ein sicheres, leistungsfähiges und möglichst stressfreies Einfädeln in den fließenden Verkehr zu ermöglichen. Damit wird die Leistungsfähigkeit im Bereich der Hauptfahrbahn und der Einfahrt gesteigert. Weiterhin können Bremsverzögerungen auf der Hauptfahrbahn bei hohen Verkehrsstärken verringert werden, die sich unter Umständen wellenartig fortsetzen, bis sie im Stau enden. Die Unfallanalysen ergeben ein Potenzial zur Vermeidung von „Einbiege- und Vorfahrtsfehlern“, welche im Bereich der Anschlussstellen im Mittel ca. 14 % ausmachen.

Verantwortung:

Bund

Umsetzung:

mittelfristig

7 Zusammenfassung

Die Bundesautobahn A2 führt von der Landesgrenze Sachsen-Anhalt (Helmstedt) bis zur Landesgrenze Nordrhein-Westfalen (Rinteln) über eine Länge von ca. 155 Kilometer durch Niedersachsen. Auf diesem Streckenabschnitt wurde die A2 in den neunziger Jahren bis zum Jahr 2000 vollständig auf sechs Fahrstreifen ausgebaut und modernisiert. Das Verkehrsaufkommen auf der A2 liegt zwischen ca. 65.000 und 120.000 Kfz/24h, im Raum Hannover sogar bis zu ca. 140.000 Kfz/24h. Die Ausstattung der A2 mit einer modernen Verkehrsbeeinflussungsanlage zur Steuerung und Regelung dieses Verkehrsaufkommens erfolgt bisher auf einer Länge von ca. 107 km, weitere Verkehrsbeeinflussungsanlagen werden zurzeit realisiert bzw. befinden sich in Planung.

In den vergangenen Jahren hat eine Vielzahl schwerer Verkehrsunfälle auf der A2 (häufig mit Beteiligung des Schwerverkehrs und häufig mit Todesfolge oder Schwerverletzten) in der Öffentlichkeit und in der Politik zu einer Diskussion um das Sicherheitsniveau der A2 geführt. Die Ursachen für die Entstehung von Unfällen und für die Auswirkungen auf die Schwere der Unfallfolgen sind meist auf mehrere, unterschiedliche Aspekte zurückzuführen. Diese können sowohl auf der Fahrzeug-, der Umweltebene als auch auf der Ebene des Fahrers liegen. So können z.B. bestimmte Umweltfaktoren, wie ein erhöhtes Verkehrsaufkommen oder ein hoher Schwerverkehrsanteil, Fehlhandlungen von Fahrern begünstigen oder die Folgen von Fehlern verschärfen. Beispiele dafür sind unangepasste Geschwindigkeiten, zu geringe Sicherheitsabstände oder Schwierigkeiten beim Aus- und Einfädeln an Anschlussstellen, was nachfolgend zu einer Zunahme von Unfällen führen kann.

Das Land Niedersachsen hat auf die vorab beschriebene Problematik angemessen reagiert. Anhand der Entwicklung neuartiger Analyseverfahren soll die Verkehrssituation auf der A2 umfassend beschrieben und darauf aufbauend weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit abgeleitet und umgesetzt werden. In diesem Zusammenhang wurde im Rahmen des Projektes ein innovatives, holistisches Konzept entwickelt, auf dessen Basis konkrete Maßnahmenvorschläge für eine Verbesserung der Verkehrssicherheit auf der A2 erarbeitet wurden.

Die Verkehrssituation auf der A2 und das damit einhergehende Unfallgeschehen sind durch eine hohe Komplexität und Diversität hinsichtlich der wirkenden Belastungsfaktoren gekennzeichnet. Diese Umstände erforderten eine umfassende Untersuchung aller am Unfallgeschehen beteiligten Elemente und damit einen neuen, interdisziplinären Ansatz aus straßenbaulicher, entwurfs-technischer, betrieblicher und verkehrspsychologischer Sicht, welcher die maßgebenden Einflussfaktoren Fahrer, Fahrzeug und Straße berücksichtigt. Die integrierte Beschreibung aller wirkenden Belastungsfaktoren bildete den Ausgangspunkt zur Erarbeitung von Hinweisen für die Ableitung von Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit auf der A2.

Das übergeordnete Ziel der interdisziplinären Untersuchung war es daher einerseits durch eine enge Verzahnung der Ansätze die Ursachen für die Verkehrssicherheitsprobleme auf der A2 zu identifizieren und andererseits auch Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit abzuleiten, die gegenüber den auf klassischen und herkömmlichen Methoden der Verkehrssicherheitsforschung basierenden Erkenntnissen einen deutlich Mehrwert erwarten lassen.

Die Grundlage der Untersuchungen zum Unfallgeschehen (Unfallprofil) waren umfangreiche Informationen von Verkehrsunfällen auf der A2 im Zeitraum von Februar 2005 bis Dezember 2008. Insgesamt wurden in diesem Zeitraum 8949 Unfälle im Rahmen von klassischen Unfallanalysen ausgewertet. Diese Analysen wurden durch In-Depth Unfallanalysen erweitert, mittels derer der Einfluss unterschiedlicher Faktoren des menschlichen Verhaltens, wie z.B. Aspekte der Informationsaufnahme oder Informationsverarbeitung, auf das Unfallgeschehen analysiert werden konnte. Weiterhin wurden durch die Analyse der Daten aus der GIDAS-Datenbank der Medizinischen Hochschule Hannover (N = 134) und die Auswertung von Akten der Staatsanwalt-

schaft (N = 35) aller im Erhebungsbereich erfolgten Unfälle mit Todesfolge (2003, 2006, 2007) weitere Erkenntnisse gewonnen.

Für die Erarbeitung des Belastungsprofils wurden umfangreiche Analysen von verkehrlichen (betrieblichen), entwurfstechnischen und baulichen Aspekten durchgeführt. Im Rahmen der Kapazitätsengpassanalyse für die A2 und die B65 wurde die Leistungsfähigkeit für den Ist-Zustand (2005) und für den Prognosefall für das Jahr 2025 auf der Basis von Verkehrsprognosen, die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden, berechnet, um hierauf aufbauend kapazitätsbedingte Engpässe identifizieren und Abhilfemaßnahmen erarbeiten zu können. Weiterhin wurden Daten von Messquerschnitten im Bereich der vorhandenen Verkehrsbeeinflussungsanlagen ausgewertet. Dies ermöglichte beispielsweise eine fahrstreifenfeine Analyse des Geschwindigkeitsverhaltens für bestimmte verkehrliche und betriebliche Situationen.

Aus straßenbaulicher Sicht wurde der Zustand der Infrastruktur im Hinblick auf Trassierung und Beschaffenheit der einzelnen Elemente erfasst und untersucht. Hierfür wurde die A2 in Niedersachsen durchgehend mit einem speziell ausgerüsteten schnell fahrenden Testfahrzeug befahren und kinematisch vermessen. In diesem Zusammenhang wurden beispielsweise Trassierungsparameter im Lage- und Höhenplan analysiert. Die Analyse des Fahrbahnzustandes erfolgt auf Basis der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Messdaten der aktuell durchgeführten „Zustandserfassung und Bewertung von Straßen“ (ZEB-Daten). Die Auswertung erfolgte getrennt nach den verschiedenen Bauweisen, um beispielsweise auch die Vor- und Nachteile bestimmter Fahrbahndecken herausarbeiten zu können.

Neben den beschriebenen Untersuchungen im Rahmen der Erarbeitung des Belastungsprofils wurden mittels Beobachtungen des realen Fahrerverhaltens zusätzliche Informationen über die Fahrer und sekundäre Belastungsfaktoren ermittelt. Wesentlich war in diesem Zusammenhang vor allem die Betrachtung von Interaktionen zwischen den vorherrschenden Belastungsfaktoren und dem individuellen Umgang des einzelnen Fahrers mit diesen Faktoren. Ziel der explorativen Analyse des Fahrverhaltens war die Beschreibung verhaltens- bzw. leistungsbezogener Aspekte in Abhängigkeit von der Belastung. Die hierfür erforderlichen realen Daten wurden mittels Versuchsfahrten mit dem DLR ViewCar im Gesamtsystem „Fahrer – Fahrzeug – Umwelt“ erhoben. Das ViewCar ermöglichte sowohl das Fahrverhalten der Versuchspersonen (z.B. Geschwindigkeit, Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug, psychische und physische Belastung), als auch die vorhandene Fahrumgebung (z.B. Position auf der Strecke, Verkehrsdichte) synchron aufzuzeichnen.

Durch die Zusammenführung der vorab beschriebenen Analysen wurde anschließend ein Gefährdungsprofil für die A2 in Niedersachsen erstellt. Durch die Integration aller Ergebnisse aus dem Unfall- und Belastungsprofil wurden für einzelne Schwerpunkte Ausgangslagen beschrieben. Aufbauend auf den Ausgangslagen Fahrerverhalten, Infrastruktur, verkehrliche Engpässe und Allgemeines wurden Maßnahmen abgeleitet, die abschließend hinsichtlich ihrer Wirksamkeit bewertet wurden.

Hierbei wurden alle denkbaren Maßnahmen berücksichtigt, die einen Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit bzw. zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit leisten können. Das Spektrum der Maßnahmen reicht somit von fahrerpsychologischen Ansätzen über die Verkehrsregelung bis hin zu Vorschlägen zum Ausbau und der Erweiterung von Streckenabschnitten oder auch Knotenelementen. Die Wirksamkeit aller Maßnahmen wurde abgeschätzt und unter Berücksichtigung möglicher Überlagerungen in ein Gesamtkonzept integriert.

Bedingt durch das sehr hohe Verkehrsaufkommen, verbunden mit einem sehr hohen Schwerverkehrsanteil, ist ein flüssiger und sicherer Verkehrsablauf auf der A2 nur schwer zu gewährleisten. Die große Heterogenität des Verkehrsablaufs führt zu einer hohen Dynamik. Dies ist vor allem in Bereichen, in denen viele Anschlussstellen in kurzen Abständen aufeinander folgen der Fall. Der Kraftfahrer ist hier in besonderem Maße gefordert. Darüber hinaus führt die hohe Verkehrsbelastung häufiger zu Verkehrsstörungen und Staus, was wiederum zu einer Erhöhung von potentiell kritischen Situationen führt. Weiterhin können die wechselnde Streckencharakteristik

oder auch Baustellen dazu beitragen, dass die Kraftfahrer überfordert werden, was in der Folge häufig zu Verkehrsunfällen geführt hat. Vor diesem Hintergrund sollten die Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit auf der A2 vor allem darauf abzielen, den Verkehrsteilnehmer bei der anspruchsvollen Fahraufgabe zu unterstützen oder auch zu entlasten. Dies gilt sowohl für die Fahrer von Lkw als auch von Pkw.

Vor dem Hintergrund der für das Jahr 2025 prognostizierten Verkehrsbelastungen wird sich die Belastung für den einzelnen Kraftfahrer noch deutlich erhöhen. Die auf Basis von Verkehrsmodellrechnungen durchgeführten Kapazitätsberechnungen zeigen deutlich, dass ein Großteil der Streckenabschnitte sowie der planfreien Knotenpunkte der A2 in Niedersachsen im Jahr 2025 nicht mehr leistungsfähig ist. Ein Ausbau einzelner Knotenpunktelemente oder auch ein Umbau ganzer Knotenpunktsysteme sowie die Steigerung der Streckenleistungsfähigkeit sind demnach zwingend erforderlich. In diesem Zusammenhang wurden Maßnahmen, wie beispielsweise eine dynamische Seitenstreifenfreigabe oder auch ein achtstreifiger Ausbau diskutiert.

Neben entwurfstechnischen und baulichen Maßnahmen bieten auch betriebliche Maßnahmen ein großes Potenzial, um künftig mehr als bisher einen sicheren und flüssigen Verkehrsablauf auf der A2 gewährleisten zu können. Durch den Betrieb einer intelligenten und modernen Verkehrsbeeinflussungsanlage sowie die Durchführung automatisierter Qualitätsanalysen und Fehlerprotokollierung müssen verkehrlich notwendige und für den Verkehrsteilnehmer nachvollziehbare Steuerungen geschaltet werden. Dies ist Voraussetzung, um die Akzeptanz der Schaltungen zu erreichen. Nur wenn dies gelingt, kann die Verkehrsbeeinflussungsanlage ihr gesamtes Potenzial ausschöpfen und den Verkehr in gewünschtem Maße etwa durch Lkw-Überholverbote, situationsbedingte Geschwindigkeitsbegrenzungen oder auch Warnungen vor bestimmten Ereignissen wie Stau oder Glätte beeinflussen. Darüber hinaus muss auch durch eine verstärkte Öffentlichkeitsarbeit sowie durch vermehrte automatisierte Geschwindigkeits- und Abstandskontrollen die Einhaltung der angezeigten Tempolimits deutlich erhöht werden.

Neben Maßnahmen, die sich auf einzelne Punkte oder Streckenabschnitten beziehen, wurde im Bericht auch die Wirksamkeit von zusätzlichen bzw. generellen Maßnahmen abgeschätzt, die ebenfalls einen Beitrag zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf der A2 leisten können. Hierzu zählen beispielsweise der verstärkte Einsatz von mobilen Stauwarnanlagen zur Reduzierung von schweren Auffahrunfällen am Stauende, die Umsetzung eines Störfallmanagements zur Optimierung der Störfallabwicklung, die Durchführung von verstärkten Alkoholkontrollen der Polizei oder auch die Unterstützung der Entwicklung von Fahrassistenzsystemen mittels Versicherungsmodellen oder auch Subventionen.

Alle Maßnahmen wurden abschließend hinsichtlich der zeitlichen und räumlichen Umsetzung priorisiert. Je nach Maßnahme und damit zugrundeliegender Datenbasis erfolgt die Priorisierung beispielsweise anhand vermeidbarer Unfallkosten oder auf Basis der Leistungsfähigkeitsberechnungen. Abschließend wurden alle Maßnahmen hinsichtlich der Aspekte Umsetzung, Aufwand und Wirkfeld bewertet.

Die Abschätzung zu vermeidender Unfallkosten nach dem angewendeten Prinzip hat den großen Vorteil, dass sowohl bisherige Unfallhäufigkeiten als auch die jeweilige Unfallschwere mit in die Überlegungen eingehen. Somit stellen diese eine gute Basis zum Vergleich der einzelnen Maßnahmen dar. Kritisch sind dagegen die absoluten Zahlen im Hinblick auf die Maßnahmeneffektivität zu interpretieren, da sie sich auf die maximal zu vermeidenden Unfallkosten der Jahre 2005 bis 2008 beziehen. Eingespart werden könnten diese Summen tatsächlich nur dann, wenn die vorgestellten Maßnahmen zu 100 % (bzw. 50 % bei den gewichteten Maßnahmen) wirksam wären. Das monetär ausgedrückte Einsparpotenzial der einzelnen Maßnahmen stellt damit lediglich einen Richtwert dar, der beim Vergleich der Maßnahmen sehr hilfreich ist, obgleich die Genauigkeit der Rangreihe aufgrund der fehlenden Angaben zum Wirkgrad der einzelnen Maßnahmen nicht unbedingt so hoch sein muss, wie es die berechneten Zahlen vermuten lassen.

Die Priorisierung der einzelnen Maßnahmen für die verschiedenen Ausgangslagen wurde durch eine Kombination aus Kosten und Nutzen berechnet. Um Kosten und Nutzen gleichermaßen zu

gewichten, wurde die Wirkfeldabschätzung doppelt bei der Prioritätenabschätzung berücksichtigt. Aufgrund der zugrundeliegenden Kategorien geht der Wertebereich von Minimum = 1 (geringe Priorität) bis Maximum = 4 (sehr hohe Priorität).

Neben den Hinweisen zur Aufwands- bzw. Wirkfeldabschätzung, wurde am Ende des Berichtes weitergehender Forschungsbedarf formuliert. So könnten beispielsweise durch weiterführende Studien zusätzliche Daten erhoben werden, auf deren Grundlage eine detaillierte Bewertung der Maßnahmen möglich wird.

8 Weiterer Forschungsbedarf

Wie in den vorigen Kapiteln bereits teilweise beschrieben, wurden vom Auftragnehmer im Laufe der Projektbearbeitung Forschungsfragen identifiziert, deren Bearbeitung eine Fortführung des Vorhabens ermöglichen würden. Die Fragen resultieren dabei vor allem aus generierten Hypothesen, die sich durch die Datenanalyse ergaben. Bei den im Folgenden beschriebenen Forschungsfragen handelt es sich vor allem um Aspekte, die eine Untersuchungsmethodik verlangen, welche sich von der im Rahmen des Projektes eingesetzten Methodik unterscheidet. Zur Erklärung wird nochmals kurz auf diese eingegangen.

Mittels der eingesetzten Unfallanalysen können die beigestellten Unfalldaten retrospektiv ausgewertet werden, um den Einfluss der in den Unfallprotokollen erfassten Faktoren auf das Unfallgeschehen zu beschreiben. Durch die Analyse können somit Zusammenhänge zwischen Unfällen und Belastungsfaktoren beschrieben werden, mit dem Ziel Einflussfaktoren zu isolieren, die wesentlich zur Entstehung der Unfälle beitragen haben. Ein Vorteil dieser retrospektiven Vorgehensweise aus methodischer Sicht war die hohe Gültigkeit der Daten, da zur Beschreibung des Unfallgeschehens auf der A2 tatsächliche Unfalldaten herangezogen wurden. Nachteilig ist, dass keine Aussagen über kausale Ursache-Wirkungsbeziehungen getroffen werden konnten, da die dahinterliegenden Ursachen für die zwar eindeutig identifizierten Zusammenhänge sehr vielfältig sein können. So ließ sich zwar bspw. ein eindeutiger Zusammenhang zwischen einem signifikanten Anstieg der Unfälle auf OPA-Bereichen und Nässe feststellen, über die zugrundeliegende Ursache lassen sich aber direkt keine Aussagen treffen. Mögliche Erklärungen könnten sein, dass es an entsprechenden Stellen häufiger geregnet hat, die Personen schneller gefahren sind oder eine schlechtere Sicht hatten. Auf welche Erklärung der Effekt zurückgeführt werden kann, müsste entsprechend in einem kontrollierten, experimentellen Versuch ermittelt werden. Durch dieses methodische Versuchsdesign können Alternativerklärungen systematisch kontrolliert und variiert werden, so dass bspw. eine mögliche Änderung im Verhalten eindeutig auf die variierte Faktorausprägung zurückführbar ist.

Eine ähnliche Argumentation ist hinsichtlich der gewählten Methodik zur Beschreibung des realen Fahrverhaltens zu führen. Aufgrund der Tatsache, dass im Vorfeld der Studie nicht bekannt war, welcher Faktor einen wesentlichen Einfluss auf das Fahrerverhalten hat, wurde zur Analyse des Fahrerverhalten die Realisierung einer explorativen Versuchsfahrt gewählt. Ziel der explorativen Herangehensweise war einerseits das Abbilden normalen und alltäglichen Fahrverhaltens, andererseits das Generieren möglicher Hypothesen und damit das Aufdecken von Einflussfaktoren, die in weiteren Untersuchungen detaillierter analysiert werden können. Aus methodischer Sicht ist die Extraktion weniger Einflussfaktoren im Vorfeld wesentlich, um systematisch und kontrolliert experimentelle Studien durchführen zu können. Sofern es trotz des explorativen Vorgehens mit Hilfe der Daten möglich war, bereits erste Zusammenhänge inferenzstatistisch zu testen, wurde dies entsprechend durchgeführt.

Forschungsfragen, die im Rahmen des aktuellen Projektes nicht beantwortet wurden, deren Bearbeitung aber eine erhebliche Bedeutung für die aktuelle Forschungsproblematik zugesprochen wird, werden im Folgenden skizziert:

- Analyse des Zusammenhangs zwischen der Qualität, der Akzeptanz und der Nachvollziehbarkeit von VBA-Anzeigen und von daraus resultierendem Fahrerverhalten zur Abschätzung der positiven Wirkung auf die Verkehrssicherheit
- Analyse des Zusammenhangs zwischen unterschiedlichen Anforderungen, die z.B. auf Höhe des Beschleunigungs-, des Verzögerungstreifens und im Zwischenbereich von Knotenpunkten an den Fahrer gestellt werden und resultierender Fahrerleistung und Beanspruchung.
- Analyse des Zusammenhangs zwischen unterschiedlichen Maßnahmen, die auf eine Verringerung der verkehrlichen Dynamik an Knotenpunkten abzielen, z.B. Spurwechselverbote,

Bau einer durchgehenden Verteilerfahrbahn, und deren Auswirkung sowohl auf das individuelle Fahrerverhalten als auch auf die gesamte Verkehrsdynamik.

- Analyse des Einflusses unterschiedlicher Verkehrsdichten auf das Fahrerverhalten, z.B. des Abstandsverhaltens in Abhängigkeit spezieller Knotenpunkte bzw. Streckenabschnitte.
- Analyse möglicher Verhaltensanpassung, z.B. aufgrund baulicher und entwurfstechnischer Änderungen, z.B. veränderter Oberflächenbeschaffenheit des Asphalts. Um den Einfluss einer möglichen Verhaltensanpassung zu untersuchen, bedarf es einer systematischen Kontrolle möglicher Einflussfaktoren sowie die experimentelle Analyse über einen längeren Zeitraum, da eine Verhaltensanpassung immer mit einem Lernprozess einhergeht.

Weiter besteht für alle Maßnahmen die Notwendigkeit, diese nach deren Umsetzung hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zu evaluieren. Zwar konnten für nahezu alle Maßnahmen Wirkfelder (z.B. auf Basis von Unfallkosten, Literatur usw.) beschrieben werden, Aussagen über den tatsächlichen Wirkgrad können allerdings nicht getroffen werden. Im Rahmen einer Evaluation müssten der Wirkgrad von Maßnahmen (Effizienz) und das Kosten-Nutzen-Verhältnis aus den letztendlich tatsächlich vermiedenen Unfallkosten sowie den (jährlichen) Kosten der Maßnahme (Effektivität) bestimmt werden. Dazu müssten entweder nach der Einführung von Maßnahmen A2-Unfalldaten (insbesondere zur Unfallhäufigkeit und Unfallschwere) analysiert werden und mit den hier durchgeführten Analysen verglichen werden. Alternativ könnten die entsprechenden Unfallschwerpunkte nach Einführung von Maßnahmen mit anderen gleichartigen Unfallschwerpunkten verglichen werden, an denen keine Maßnahmen angewandt wurden. Gerlach et al. (2009) beschrieben dazu ein modellhaftes Vorgehen zur Bewertung von Straßenverkehrssicherheitsmaßnahmen in innerstädtischen Bereichen und auf Landstraßen, an dem sich Effektivitätsberechnungen orientieren könnten. In Abhängigkeit der spezifischen zu realisierenden Maßnahmen können demnach weitere zukünftige Projektideen im Bereich Evaluation definiert werden.

9 Literatur

Aarts, L. & van Schagen, I.: Driving speed and the risk of road crashes: a review, *Accident Analysis and prevention*, March 2006, vol. 38, issue 2

Baum, H.; Höhnscheid, K.-J.: Volkswirtschaftliche Kosten der Personenschäden im Straßenverkehr, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Mensch und Sicherheit Heft M 102, Bergisch Gladbach 1999

Bortz, J.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler (6. Auflage). Heidelberg: Springer, 2005

Brühning, E., Otte, D. & Pastor, C.: 30 Jahre wissenschaftliche Erhebungen am Unfallort für mehr Verkehrssicherheit, *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 2005, 51, 175-181

Bühl, A., Zöfel, P.: SPSS 11. Einführung in die moderne Datenanalyse. München, Pearson Studium, 2002

Brown, I. D.: Driver fatigue. *Human Factors*, 36(2), 298-314. 1994

Cindric, D., Hess, R. & Zimmermann, M.: Entscheidungshilfen für den Entwurf von planfreien Knotenpunkten in sehr dichter Folge. In: *Straßenverkehrstechnik*, 10, 2007

Cohen, J.: Statistical power analysis for behavioural sciences (2. Auflage). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1988

Connor, J., Whitlock, G., Norton, R. & Jackson, R.: The role of driver sleepiness in car crashes: a systematic review of epidemiological studies. *Accident Analysis and Prevention* 33(1), 31-41. 2001

De Waard, D.: The measurement of drivers' mental workload. Haren, Niederlande: Traffic Research Center VSC, 1996

ESN, Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen, FGSV, Köln 2003

Greibe, P.: Chevron markings on free-ways: effect on speed, gap and safety. In press.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS), Köln 2001

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Merkblatt für griffigkeitsverbessernde Maßnahmen an Verkehrsflächen aus Asphalt, Köln 2002

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA), Köln 2008

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL), Teil: Knotenpunkte (RAL-K), Köln 1976 (ersetzt durch RAA)

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Querschnitte (RAS-Q), Köln 1996 (ersetzt durch RAA)

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Linienführung (RAS-L), Köln 1995 (ersetzt durch RAA)

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Zustandserfassung und Bewertung von Straßen, (ZTV, ZEB-StB06) Köln 2006

Fuller, R.: Towards a general theory of driver behaviour. *Accident Analysis and Prevention*, 37(3), 461-472, 2005.

GDV / ISK 2003, Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 2, GDV / ISK, Köln 2002

Gerlach, J., Kesting, T. & Thiemeyer, E.-M.: Möglichkeiten der schnelleren Umsetzung und Priorisierung straßenbaulicher Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit. Berichte der BAST. Verkehrstechnik Heft V 185. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 2009

Google Maps

Hellier-Symons, R. D., Butler, N. R.: M1 chevron trial --- Accident study. Project Report 118, Transport Research Laboratory, Crowthorne, 1995.

Ingre, M., Torbjörn, A., Peters, B., Anund, A., Kecklund, G. & Pickles, A.: Subjective Sleepiness and Accident Risk Avoiding the Ecological Fallacy. *Journal of Sleep Research* 15(2), p. 142-148. 2006

Jänsch, M., Otte, D. & Krettek, C.: Fatal Accidents In Lower Saxony – A New Approach to Accident Sampling and Analysis of Accident Causes and Configurations. In: Reports on the ESAR-Conference on 1st/2nd September 2006 at Hannover Medical School, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft F 61, 2007

Jänsch, M., Otte, D., Pund, B., Chiellino, U. & Hoppe, M.: Implementation of ACASS – Accident Causation Analysis with Seven Steps – in In-Depth Accident Study GIDAS. In: Reports on the ESAR-Conference 5rd/6th September 2008 at Hannover Medical School, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft F 72, 2009

Kämpfe, B., Schlag, B., & Weller, G.: *Streckencharakteristik und Fahrfehler*. Straßenverkehrstechnik, 49, 11, 564-571. 2005

Knake-Langhorst, S. & Schiebl, C.: Local traffic condition: improvement of a vehicle-based measurement approach. IET Intelligent Transport Systems, 3 (1), 32-41, 2009

NHTSA. FMVSS No. 126 *Electronic Stability Control Systems*. Verfügbar unter: http://www.nhtsa.dot.gov/staticfiles/DOT/NHTSA/Rulemaking/Rules/Associated%20Files/ESC_FRIA_%2003_2007.pdf, 2007

O'Donnell, R.D. & Eggemeier, F.T.: Workload assessment methodology. In Boff, K.R., Kaufmann, L., Thomas, J.P. (Hrsg.): Handbook of perception and human performance: Wiley, 1986, vol. II, pp. 42-1 – 42-49

Otte, D., Krettek, C., Brunner, H. & Zwipp, H.: Scientific Approach and Methodology of a New In-Depth-Investigation Study in Germany so called GIDAS. ESV Conference, Japan, 2003

Philip, P., Sagaspe, P., Moore, N., Taillard, J., Charles, A., Guilleminault, C. & Bioulac, B.: Fatigue, sleep restriction and driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 37(5). 473-478. 2005.

Pund, B. & Otte, D.: Assessment of Accident Causation from the Viewpoint on In-Depth Investigation on Scene- Traffic Psychological Methodology on Examples of In-Depth Cases by GIDAS.

In: Reports on the ESAR-Conference 3rd/4th September 2004 at Hannover Medical School, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft F 55, 2005

Pund, B., Otte, D. & Jänsch, M.: Systematic of Analysis of Human Accident Causation – Seven Steps Methodology. In: Reports on the ESAR-Conference on 1st/2nd September 2006 at Hannover Medical School, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft F 61, 2007

Räsänen, M.: Effects of rumble strip barrier line on keeping in a curve. Accident Analysis and Prevention, 2005, 37, 575-581

Schießl, C.: Continuous subjective strain measurement. IET Intelligent Transport Systems, 2 (2), 161-169, 2008

Schießl, C.: Subjective strain estimation depending on driving manoeuvres and traffic situation. IET Intelligent Transport Systems, 2 (4), 258-265, 2008

Schlag, B.: Risikoverhalten im Straßenverkehr. In: A. Flade (Hrsg.), Mobilitätsverhalten (S. 131-138). Weinheim: Beltz/PVU, 2004.

Schlag, B., Petermann, I., Weller, G. & Schulze, Ch.: Mehr Licht – mehr Sicht – mehr Sicherheit? Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.SSP Consult, Verkehrsmodell Schleswig-Holstein / Hamburg / Niedersachsen, Fortschreibung des Verkehrsmodells unter Berücksichtigung der Verflechtungsprognose 2025 des BMVBS, Schlussbericht, Bergisch Gladbach 2009

Soyka, A.: Arbeit im Kernstadt-Umland-Gefüge. Verflechtungsmuster in den Stadtregionen Hamburg und Berlin/ Potsdam: Beziehungen zwischen Wohn- und Arbeitsort. Ausgewählte Ergebnisse.

<http://www.suburbanisierung.de/downloads/Verpflchtungsmuster.pdf> (Stand: 12.01.2010)

Spacek, P., Laube, M. & Santel, G.: Baustellen an Hochleistungsstraßen – Verkehrstechnische Massnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Verkehrsflusses. Forschungsauftrag VSS 1999/127, IVT ETH Zürich, VTA Kapo ZH, Ingenieurbüro Schüler, Zürich
<http://www.ivt.ethz.ch/iv/research/autobahnbaustellen/VSS1999127.pdf> (Stand: 12.01.2010)

Staubach, M.: Factors correlated with traffic accidents as a basis for evaluating Advanced Driver Assistance Systems. Accident Analysis and Prevention, 41(5), S. 1025-1033. 2009

Staubach, M. & Lüken, P.: Bewertung von Zeugenaussagen verunfallter Fahrzeugführer. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 3, 129-135. 2009.

Statistisches Bundesamt: Leben und Arbeiten in Deutschland. Ergebnisse des Mikrozensus 2004. Wiesbaden: Pressestelle Statistisches Bundesamt 2005 http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pk/2005/Mikrozensus/Pressebrochuere_Mikrozensus2004_property=file.pdf (Stand 12.01.2010)

Statistisches Bundesamt: *Verkehrsunfälle 2005. Fachserie 8, Reihe 7*. Wiesbaden: Pressestelle Statistisches Bundesamt.2006

Statistisches Bundesamt: *Verkehrsunfälle 2006. Fachserie 8, Reihe 7*. Wiesbaden: Pressestelle Statistisches Bundesamt.2007

Statistisches Bundesamt: *Verkehrsunfälle 2007. Fachserie 8, Reihe 7*. Wiesbaden: Pressestelle Statistisches Bundesamt.2008

Statistisches Bundesamt: *Verkehrsunfälle 2008. Fachserie 8, Reihe 7*. Wiesbaden: Pressestelle Statistisches Bundesamt. 2009

Vollrath, M.: Mobil im Alter – und die Sicherheit?. In VDI Wissenforum IWB GmbH: VDI-Berichte 2015 - Der Fahrer im 21. Jahrhundert. Tagung Braunschweig 14./15.11.2007. Düsseldorf: VDI-Verlag, 2007

Vollrath, M., Schießl, C., Knake-Langhorst, S., Totzke, I., Buld, S. & Benmimoun, A.: Adapting ADAS to traffic states – an approach of human-centred automation. 6th European Congress on Intelligent Transportation Systems and Services, Aalborg, 2007

Wilde, G. J. S.: The theory of risk homeostasis: Implications for safety and health. Risk Analysis, 2, 209-225, 1982

Zobel, R., Strutz, T. & Scheef, J.: What Accident Analysis Tells about Safety Evaluations of Passenger Vehicles – Contributions by Primary and Secondary Safety to Overall Safety and Consequences for Safety Ratings. Paper presented at the 20th ESV Conference in Lyon, 2007

10 Anhang

10.1 Anhang A: Ergebnisse der Unfallanalysen polizeilicher Unfallprotokolle

Eine Übersicht über die Ergebnisse der Unfallanalyse polizeilicher Unfallprotokolle ist im Dokument *PJ_TS_Ergebnisse_Unfallanalyse_100120.xls* zusammengetragen. Hierin sind getrennt für alle Unfallschwerpunkte beider Fahrtrichtungen Unfallzahlen, signifikanten Unfalleinflussfaktoren, Berechnungen als Grundlage für die Maßnahmen-Ableitung sowie Berechnungen zur Objektivierung des Wirkfeldes angegeben. Im Folgenden werden die enthaltenen Tabellenblätter des gesamten Dokuments erläutert sowie die zugrundeliegende Methodik erläutert.

Die Tabellenblätter enthalten zusammengefasste Informationen zur Auswertung der betrachteten Verkehrsunfälle im Untersuchungszeitraum 2005 bis 2008 (N = 8949).

10.1.1 Ergebnisse getrennt nach Fahrtrichtungen und Maßnahmen an einzelnen Streckenpunkten

Pro Fahrtrichtung werden die Ergebnisse der Unfallanalyse dargestellt sowie die sich daraus ableitenden Maßnahmen:

\ *Richtung Do/B*

\ *RichtungDo/B_RR*

\ *MaßnahmenDo/B_Prio*

Im Folgenden werden die einzelnen Tabellenblätter erklärt:

\ *Richtung Do/B*

In diesen Tabellenblättern befinden sich jeweils tabellarische Auflistungen der untersuchten Unfallschwerpunkte sowie signifikante Effekte bzgl. der untersuchten Unfallmerkmale (vgl. Kapitel 2.1.1). Auf die Darstellung nicht signifikanter Ergebnisse wurde aufgrund der besseren Übersichtlichkeit verzichtet. Aus dem gleichen Grund erfolgte keine Angabe der Chi²-Werte. Inwieweit Unterschiede der Einflussfaktoren zwischen dem betrachteten Unfallschwerpunkt und allen anderen Unfällen auf der entsprechenden Richtungsfahrbahn signifikant waren, ist am Signifikanzniveau abzulesen. Die Signifikanz ist in den Tabellen mittels Symbolen dargestellt:

- * = tendenziell signifikanter Unterschied, d.h. an der betrachteten Unfallstelle traten die untersuchten Merkmale tendenziell *häufiger* auf als bei allen anderen Unfällen ($p \leq 0.1$)
- ** = signifikanter Unterschied, d.h. an der betrachteten Unfallstelle traten die untersuchten Merkmale signifikant *häufiger* auf als bei allen anderen Unfällen ($p < 0.05$).
- - = tendenziell signifikanter Unterschied, d.h. an der betrachteten Unfallstelle traten die untersuchten Merkmale tendenziell *seltener* auf als bei allen anderen Unfällen ($p \leq 0.1$)
- -- = signifikanter Unterschied, d.h. an der betrachteten Unfallstelle traten die untersuchten Merkmale signifikant *seltener* auf als bei allen anderen Unfällen ($p < 0.05$).

\ *Richtung Do/B_RR*

Die Tabellenblätter enthalten Berechnungen zum Relativen Risiko (RR) und zur relativen Risikoreduktion (RRR) wie in Kapitel 2.1.1 beschrieben. So sind die Merkmale, die an den einzelnen Unfallschwerpunkten überzufällig häufig oder selten aufgetreten sind, nochmals aufgelistet. In einer Kreuztabelle sind dann die entsprechenden Vergleichszahlen dargestellt. Die vier Tafeln beschreiben:

- (d) Anzahl der Unfälle, welche an der entsprechenden Unfallstelle unter Vorhandensein des vorn beschriebenen Merkmals (z.B. Übertretung der zulässigen Geschwindigkeit) passiert sind
- (c) Anzahl der Unfälle, welche an der entsprechenden Unfallstelle nicht unter Vorhandensein des Merkmals passiert sind
- (b) Anzahl der Unfälle, welche an allen anderen Unfallstellen unter Vorhandensein des vorn beschriebenen Merkmals (z.B. Übertretung der zulässigen Geschwindigkeit) passiert sind
- (a) Anzahl der Unfälle, welche an allen anderen Unfallstellen nicht unter Vorhandensein des Merkmals passiert sind

In Zeile vier steht dann für alle Unfälle und die aktuelle Unfallstelle das Verhältnis aus den jeweiligen Häufigkeiten (Unfall ohne Nennung des Merkmals / Unfall mit Nennung des Merkmals). So sind am Unfallschwerpunkt Königslutter Richtung Dortmund 36% der Unfälle bei überhöhter Geschwindigkeit passiert, an allen anderen Unfallstellen zusammen waren es nur 24%.

In Zeile fünf sind das relative Risiko (RR) und die relative Risikoreduktion (RRR) beschrieben. Ein RR von 1 würde bedeuten, dass das relative Risiko an der Unfallstelle nicht erhöht ist. Ist der Wert größer als 1, so ist das Risiko an der untersuchten Unfallstelle aufgrund des untersuchten Merkmals (z.B. aufgrund überhöhter Geschwindigkeit) zu verunfallen erhöht. Ist der Wert kleiner 1, so ist das Risiko entsprechend verringert. Um welchen Prozentsatz sich das Risiko erhöht bzw. verringert wenn eine entsprechende Maßnahme umgesetzt wird, wird durch den RRR-Wert ausgedrückt. Somit können am Unfallschwerpunkt Königslutter Richtung Dortmund bis zu 34% von Unfällen vermieden werden, wenn eine Maßnahme zur Verhinderung überhöhter Geschwindigkeiten umgesetzt wird.

In folgender Tabelle ist nochmals eine exemplarische Kreuztabelle für das Merkmal Geschwindigkeit dargestellt:

Tabelle 10-1: Kreuztabelle der Unfälle bei Königslutter (Richtung Do) bzgl. überhöhter Geschwindigkeit.

Überhöhte Geschwindigkeit	N alle	N akt. Unfallstelle			
Kein Unfall aufgrund überhöhter Geschwindigkeit	3278 (a)	37 (c)			
Unfall aufgrund überhöhter Geschwindigkeit	1026 (b)	21 (d)			
Verhältnis	0.238 $(b/(a+b))$	0.362 $(d/(c+d))$			
RR		1.519 $(d/(c+d)) / (b/(a+b))$	0.658 $(b/(a+b)) / (d/(c+d))$	RRR	0.342 $(1-(b/(a+b))) / (d/(c+d))$

I Maßnahmen_Do/B_Prio

In diesem Tabellenblatt sind die Ergebnisse in Hinblick auf die abzuleitenden Maßnahmen sowie deren Priorisierung für die einzelnen Unfallschwerpunkte zusammengefasst. Dabei wurde der Anteil der untersuchten überzufällig häufig aufgetretenen Merkmale betrachtet, sowie die RRR in % (d.h. um wie viel Prozent der Unfallanteil reduzierbar wäre, um auf ein durchschnittliches Niveau an der Unfallstelle zu kommen) beschrieben.

Es ist zu beachten, dass in Bezug auf einige Maßnahmen teilweise mehrere Merkmale betrachtet wurden, die dann entsprechend auch genannt sind. Häufig schließen sich die beiden Merkmale nicht gegenseitig aus. Bei der Interpretation der Werte ist weiter auf die absolute Anzahl von Fällen sowie den Anteil von Fällen mit dem betrachteten Merkmal an der entsprechenden Stelle zu achten. So passierten am AK Hannover-Ost Richtung Berlin zwar nur 28% Abkommensunfälle (am AK WOB-Königslutter waren es mit 38% vergleichsweise mehr), absolut handelt es sich aber am AK Hannover-Ost um $118 \cdot 28 / 100 = 33$ Unfälle (während es im oben genannten Bereich nur $68 \cdot 38 / 100 = 25$ Unfälle waren). Die RRR ist entsprechend am AK WOB-Königslutter größer, eine entsprechende Maßnahme in AK Hannover-Ost würde aber absolut gesehen mehr Unfälle verhindern. Bei der Bewertung der Maßnahmen sind also jeweils beide Werte in die Betrachtungen mit einzubeziehen.

10.1.2 Objektivierung des Wirkfeldes

Im Folgenden wird auf die Objektivierung des Wirkfeldes der abgeleiteten Maßnahmen eingegangen. Dabei wird unterschieden zwischen Maßnahmen, die sich auf einzelne, spezifische Streckenabschnitte beziehen (*Maßn_Do/B_Wirkfeld_Schwerpunkte*) und Maßnahmen, die sich räumlich nicht auf bestimmte Streckenabschnitte beziehen bzw. auf größere Bereiche der A2 wirken und umgesetzt werden (*Maßn_Wirkfeld_gesamtA2*).

I Maßn_Do/B_Wirkfeld_Schwerpunkte

In diesem Tabellenblatt wird auf Grundlage der bereits identifizierten Unfallschwerpunkte und abgeleiteten Maßnahmen aus Tabellenblatt *Maßnahmen_DO/B_Prio* die Wirkfeldabschätzung berechnet und damit objektiviert.

Grundlage für die Berechnung des Wirkfeldes ist die Unfallstruktur anhand angepasster Unfallkosten, wie sie bereits in Kapitel 3.2.5.1 sowie in Tabelle 3-19 des Abschlussberichtes beschrieben ist. Die nachfolgende Tabelle gibt nochmals einen Überblick über die Unfallstruktur.

Tabelle 10-2: Unfallstruktur anhand angepasster Unfallkosten.

	Angepasste Unfallkosten	Pauschale Unfallkosten	
	BAB A2	BAB NI	BAB D
Unfälle mit Personenschaden	88.418€		105.000€
Unfälle mit schwerem Personenschaden	343.111€	335.000€	300.000€
Unfälle mit Leichtverletzten	31.963€		31.000€
Unfälle mit schwerem Sachschaden	18.500€		18.500€

Für die abgeleiteten Maßnahmen und die zugehörigen Streckenabschnitte, auf denen die Maßnahmen umgesetzt werden sollten, sind zunächst nochmals die Einflussfaktoren genannt, die hinsichtlich der Ableitung betrachtet wurden, z.B. bzgl. der Abstandskontrollen die Merkmale

Abstandsfehler und Auffahrunfälle. Dargestellt ist dann die absolute Anzahl der Unfälle, für die im Beispiel die Bedingung „Auffahrunfälle und/oder Abstandsunfälle“ zutrifft, sowie der prozentuale Anteil dieser Unfälle am Gesamt der Unfallstelle. Die Anzahl der betrachteten Unfälle wird entsprechend der Unfallstruktur nach Unfällen mit Personenschaden und Unfällen mit Sachschaden aufgeteilt und ebenfalls über absolute und prozentuale Häufigkeiten beschrieben. Durch die Multiplikation der Unfallzahlen mit den entsprechenden Unfallkostensätzen sowie eine nachfolgende Aufsummierung der beiden Kosten, wird die Gesamtsumme der Unfallkosten berechnet, welche in dem Untersuchungszeitraum von 2005 bis 2008 angefallen ist. Für die spezifischen Unfallschwerpunkte kann somit die Summe der Unfallkosten objektiv angegeben werden, die durch die betrachteten Einflussfaktoren entstanden ist. Diese Summe entspricht somit dem Maximum an Kosten, welche an der entsprechenden Unfallstelle durch Einsatz der entsprechenden Maßnahme innerhalb eines vergleichbaren Zeitraums verhindert werden könnten. Am Ende jeder Maßnahme ist nochmals die Gesamtsumme der einzelnen Unfallkosten angegeben, so dass die Kosten, die insgesamt auf der gesamten A2 verhindert werden könnten, objektivierbar sind. Dies würde allerdings entsprechend voraussetzen, dass die Maßnahme an allen vorgeschlagenen Streckenpunkten umgesetzt wird.

I Maßn_Wirkfeld_gesamtA2

In dem Tabellenblatt **I Maßn_Wirkfeld_gesamtA2** sind Maßnahmen aufgelistet, die sich nicht räumlich auf einzelne Knotenpunkte oder Streckenabschnitte beziehen, sondern auf dem gesamten niedersächsischen Streckenabschnitt der A2 wirken und auch umgesetzt werden können. Auch hier wurde wie bereits im vorigen Abschnitt erläutert, das Wirkfeld durch Einbezug der Unfallkosten objektiviert. Das Berechnungsschema sowie die Darstellung sind identisch mit den in Tabellenblatt **I Maßn_Do/B_Wirkfeld_Schwerpunkte** dargestellten Wirkfelder.

10.1.3 Vergleich der Wirkfelder

Um die einzelnen Wirkfelder soweit möglich in Beziehung zueinander zu setzen, sind im letzten Tabellenblatt **I Vergleich_Wirkfelder** nochmals alle abgeleiteten Maßnahmen aufgelistet. Zu jeder Maßnahme sind weiterhin die maximal zu vermeidenden Unfallkosten aufgelistet, welche innerhalb eines vergleichbaren Zeitraums vermeidbar wären, wenn die Wirksamkeit zur Vermeidung der Unfälle der jeweiligen Maßnahmen immer bei 100% läge. Ist die Abschätzung getrennt für die beiden Fahrtrichtungen möglich, so sind diese entsprechend aufgeschlüsselt, sowie zusätzlich die Gesamtsumme berechnet.

Da die Annahme besteht, dass die Maßnahmen sich in dem Grad ihrer Wirksamkeit zur Verhinderung von Unfällen unterscheiden, wird weiterhin unterschieden zwischen Maßnahmen, die direkt und indirekt wirken. Direkte Maßnahmen sind dabei Maßnahmen, die auf eine konkrete Änderung von Verhalten an der Unfallstelle abzielen (z.B. direkter Hinweis auf eine Reduzierung der Geschwindigkeit durch eine Geschwindigkeitsbegrenzung in Ausfahrbereichen). Indirekte Maßnahmen sind solche, die zeitweise durchgeführt werden und damit nicht permanent und kontinuierlich auf eine Verhaltensänderung abzielen. Dazu gehören z.B. Geschwindigkeits-, Abstands- oder Lkw-Kontrollen durch die Polizei. Es wird zunächst angenommen, dass das Wirkfeld dieser Maßnahmen sich damit um 50% reduziert. Die gewichteten Kosten sind in einer weiteren Spalte dargestellt. In den letzten beiden Spalten sind dann die Kategorien des Wirkfeldes angegeben, die auch in die Gesamtberechnung der Priorität einfließen sowie teilweise Kommentare, wenn weitere Aspekte bzgl. einzelner Maßnahmen zu beachten sind.

10.2 Anhang B: Engpassanalyse A2, 2005

In dem Dokument **AnhangB_Engpassanalyse A2 2005.xlsx** sind die Ergebnisse der Kapazitätsengpassanalyse der A2 (vgl. Abschnitt 3.1.2.1) für den IST-Zustand des Jahres 2005 zusammengestellt. In den unterschiedlichen Arbeitsblättern sind jeweils die Formblätter und Ergebnisse der Autobahnabschnitte zwischen zwei Knotenpunkten sowie die Formblätter und Ergebnisse der entsprechenden planfreien Knotenpunkte dargestellt. Die Bezeichnung der Arbeitsblätter enthält

den Namen des Streckenabschnittes, bzw. Knotenpunktes, z.B. \AS *Bad Eilsen*, \AS *Bad Eilsen – AS Rehren*, \AS *Rehren* usw.

10.3 Anhang C: Engpassanalyse A2, 2025

In dem Dokument *AnhangC_Engpassanalyse A2 2025.xlsx* sind die Ergebnisse der Kapazitätsengpassanalyse der A2 (vgl. Abschnitt 3.1.2.2) für das Prognosejahr 2025 zusammengestellt. In den unterschiedlichen Arbeitsblättern sind jeweils die Formblätter und Ergebnisse der Autobahnabschnitte zwischen zwei Knotenpunkten sowie die Formblätter und Ergebnisse der entsprechenden planfreien Knotenpunkte dargestellt. Die Bezeichnung der Arbeitsblätter enthält den Namen des Streckenabschnittes, bzw. Knotenpunktes, z.B. \AS *Bad Eilsen*, \AS *Bad Eilsen – AS Rehren*, \AS *Rehren* usw.

10.4 Anhang D: Engpassanalyse + Streckenband B65 – Zusammenfassung

In dem Dokument *AnhangD_Engpassanalyse+Streckenband B65+Zusammenfassung.xlsx* sind die Ergebnisse der Kapazitätsengpassanalyse der B65 (vgl. Abschnitt 3.1.3) sowohl für den IST-Zustand 2005 als auch das Prognosejahr 2025 zusammengestellt.

In dem Arbeitsblatt *lStreckenband_B65* sind die Ergebnisse mittels eines Streckenbandes visualisiert. In den nachfolgenden Arbeitsblättern *la* bis *lw* sind jeweils die Formblätter und Ergebnisse der entsprechenden Abschnitte bzgl. 2005 und 2025 dargestellt. Das Arbeitsblatt *lZusammenfassung* enthält eine tabellarische Auflistung der Prognoseergebnisse 2025 für die entsprechenden Streckenabschnitte (DTV, Schwerverkehr, QSV).

10.5 Anhang E1 Optische Unfalldichte und E2 SIPO

In dem Dokument *AnhangE1_Optische Unfalldichte.xls* sind die Ergebnisse der entwurfstechnischen und infrastrukturellen Analyse, die Zusammenstellung der Unfalhhäufungsstellen, aufgelistet (vgl. Abschnitt 3.2.5.1). Dargestellt sind für 13 Unfalhhäufungsstellen in Fahrtrichtung Berlin und 19 Häufungsstellen in Fahrtrichtung Dortmund Aspekte des Unfallgeschehens, wie Anzahl der Unfallkategorien, Unfallrate ebenso wie eine Berechnung der Unfallkosten. In Anhang *E2_SIPO_nach_NK-Abschnitten.xls* sind die Sicherheitspotenziale und vermeidbare Unfallkosten je Netzknotenabschnitt dargestellt sowie die zugrundeliegenden Daten.

10.6 Anhang F: ZEB Band

Dokument *AnhangF_ZEB-Band.pdf* enthält die erstellten Streckenbänder der Zustandsnoten der Fahrbahn.

10.7 Anhang G: Maßnahmen tabellarisch

In Dokument *AnhangG_Maßnahmen_tabellarisch.xls* sind die Maßnahmen, sowie die Priorisierung und Bewertung der Maßnahmen dargestellt. Wurden die Maßnahmen hinsichtlich ihrer räumlichen Umsetzung priorisiert, sind entsprechende Listen verlinkt.

10.8 Anhang H: Maßnahmen Streckenband

In Dokument *AnhangH_MaßnahmenStreckenband.pdf* sind die abgeleiteten Maßnahmen auf die Strecke der niedersächsischen A2 abgebildet.

Maßnahmen für einen sicheren und leistungsfähigen Verkehrsablauf auf der A2 in Niedersachsen

Sicherheit - Unfälle / Belastungsfaktoren										
		Maßnahmen	Ausgangslage	Priorisierung - Ort	Umsetzung ¹⁾	Aufwand ²⁾	Wirkfeld ³⁾	Priorität ⁴⁾	Aufwand Begründung / Querverweis	Untersuchungsbedarf
	Strecke	E/S/1: „Fahrstreifenwechselseverbote“ nach rechts an KP	Fahrstreifenwechsel/-fehler	Liste E/S/1	kurzfristig	gering / mittel	mittel	2.63	Aufwand gering, Wirkfeld mittel, da die meisten Spurwechselunfälle ohne Personenschäden	
	punktuell	E/P/1: Verlängerung von Ein- und Ausfahrten	Trassierungsparameter im Grenzbereich	Liste E/P/1	mittelfristig	mittel	gering	1.75	bzgl. Umsetzung: mittelfristig, da die Standstreifenmarkierungen eine Markierungsänderung nicht hergeben, es müsste also gebaut werden	
		E/P/2: Bau einer durchlaufenden Verteilerfahrbahn	Fahrstreifenwechsel/-fehler	Liste E/P/2	mittel- / langfristig	hoch / sehr hoch	hoch	2.25	Beinhaltet die Möglichkeit des Ausbaus in Richtung eines Transitfahrstreifen Beurteilung des Wirkfelds schwer, da zwar wenige Müdigkeitsunfälle von LKW-Fahrern. Wahrscheinlich hohe Dunkelziffer und unbekannte Vernetzungen zwischen Einflussfaktoren	
		E/P/3: Bau von Lkw-Parkständen	Ermüdung und Unaufmerksamkeit	keine Priorisierung TuR	kurz- / mittelfristig	mittel / hoch	mittel	2.25		
Bau	Strecke	Bau/S/1: Profilierte Randmarkierungen	Ermüdung und Unaufmerksamkeit	Liste Bau/S/1	kurzfristig	gering	mittel	2.75	Wirkfeld mittel, da insgesamt zwar wenige, dafür aber häufig schwere Unfälle vermieden werden könnten	
Betrieb	Strecke	B/S/1: Qualitätsanalyse und -Management der VBA	Schnelles Fahren, geringer Abstand, Nässe, Akzeptanz		kurzfristig	mittel	sehr hoch	3.50	Personalbedarf hoch, da Prozessentwicklung; allerdings geringe Anschaffungskosten Hinweis: Problematik der Sensorik ist bekannt geringer Aufwand = Umsetzung der Maßnahme durch den AG, aufbauend auf bereits vorhandener Technik; mittlerer Aufwand = Einbezug von Folgekosten, z.B. für das Einbinden der Polizei Voraussetzung generell: B/S/1 und B/S/7 Qualität VBA hoch + Kamera = geringer Aufwand B/S/1 und B/S/11 nicht vorhanden = mittlerer Aufwand enthält Maßnahme E/S/1 Hinweis: automatische Kontrolle, d.h. Fokus auf Wahrnehmungsaspekt und somit Transparenz der Maßnahme	Untersuchungsbedarf ist notwendig, z.B. hinsichtlich der Aspekte Enforcement, Akzeptanz, Verhaltensanpassung
		B/S/2: Geschwindigkeitskontrollen, Enforcement	Schnelles Fahren, geringer Abstand, Nässe, Akzeptanz	VBA-Bereich	kurz- / mittelfristig	gering / mittel	hoch	3.00	Voraussetzung: Klärung rechtlicher Voraussetzungen	
		B/S/3: Section Control	Schnelles Fahren, geringer Abstand, Nässe, Akzeptanz	VBA-Bereich	langfristig	hoch	hoch	2.25	Voraussetzung: Funktionieren von B/S/1	
		B/S/4: Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit VBA (Nässe)	Schnelles Fahren, geringer Abstand, Nässe, Akzeptanz	VBA-Bereich	kurz- / mittelfristig	gering / mittel	hoch	3.00	da Algorithmen bereits vorhanden bzw. in Arbeit, Aufwand eher gering	
		B/S/5: Anordnung von Lkw-Überholverböten							Begründung für "mittleres" Wirkfeld: hohes Potential für PKW und LKW, allerdings nur bei mittleren Verkehrsstärken, ab hoher Verkehrsstärke nimmt das Potential für LKW ab Klärung bereits vorhandener Geschwindigkeitsbegrenzungen	Untersuchungsbedarf hinsichtlich Potentialabschätzung abhängig von Verkehrsbeteiligung, Verkehrsstärke
			Schnelles Fahren, geringer Abstand, Nässe, Akzeptanz	gesamter Bereich	kurzfristig	gering	mittel	2.75	Anmerkung: hier ist E/P/5 enthalten	
		B/S/6: Geschwindigkeitsbeschränkungen in Ausfahrsbereichen / Verbindungsrampen	Abkommens-Unfälle (besonders bei Nässe und überhöhte Geschwindigkeit)	Liste B/S/6	kurzfristig	gering	gering	2.25	Anschaffungskosten, Kosten Prozessentwicklung, Personalbedarf Hinweis: Problematik der Sensorik ist bekannt	
			B/S/7: Ausstattung kritischer Punkte mit Videokameras zum Verkehrs- und Störfallmanagement	Verkehrssicherheit allgemein, Störfallmanagement	Unfalllichte) VBA-Bereich BS bis WOB-Koenigsutter	kurzfristig	mittel	mittel	2.50	
Zusätzliche	Strecke	Z/S/1: Öffentlichkeitsarbeit, Verkehrserziehung, Infos VBA	Schnelles Fahren, geringer Abstand, Nässe, Akzeptanz		sehr kurzfristig	gering	gering	2.50	Querverweise zu allen Maßnahmen "Mehr agieren als reagieren"; Wirkfeld der Maßnahme wird als gering eingeschätzt, da über Pressemitteilungen nicht alle Fahrer erreichbar; zudem bewirken allgemeine Appelle seltener Verhaltensänderungen als direkte Ansprachen und sind weiterhin nicht mit (negativen) Konsequenzen im Gegensatz zu Geldbußen infolge von Geschwindigkeitsübertretungen verbunden; trotzdem sinnvolle Maßnahme, um Informationen zu verbreiten (wichtige Vorbedingung für Verhaltensänderungen)	
		Z/S/2: Baustellenmanagement	Baustellen, Auffahrunfälle Stauende Lkw		kurz- / mittelfristig	gering	mittel	2.63	Wirkfeld mittel, da Potenzial an Baustellen zwar hoch, d. h. es gab sehr viele vermeidbare Unfälle; diese sind jedoch zum großen Teil auf eine bestimmte Baustelle zurückführbar, zudem lassen sich mit Baustellenmanagement auch nicht alle Baustellenunfälle vermeiden	
		Z/S/3: Reißverschlussverfahren vor Baustellen „erzwingen“	Baustellen, Auffahrunfälle Stauende Lkw		kurz- / mittelfristig	mittel	mittel	2.38	Begründung für Wirkfeld wie bei Z/S/2	
		Z/S/4: Mobile Stauwarnanlagen	Baustellen, Auffahrunfälle Stauende Lkw		kurzfristig	mittel	mittel	2.50		
		Z/S/5: LKW-Kontrollen	Verkehrssicherheit allgemein	TuR Anlagen allgemein	sehr kurzfristig	mittel	gering	2.25	Einfluss der Maßnahme auf die Unfallvermeidung gering; da Anteil der betroffenen Unfälle auch recht klein ist, darunter viele Sachschäden	
		Z/S/6: Störfallmanagement	Auffahrunfälle Stauende, Leistungsfähigkeitsbeschränkung		kurzfristig	mittel	mittel	2.50		
		Z/S/7: Alkoholkontrollen	Verkehrssicherheit allgemein	Raum H und Raum BS	sehr kurzfristig	mittel	gering	2.25	Begründung für Wirkfeld wie bei Z/S/5, obgleich die Unfälle häufiger zu den schweren Unfällen mit Personenschäden gehören	
		Z/S/8: Kurventafeln, Auffahrunfallwarnung	Abkommen, Warnung vor Auffahrunfälle vor Kuppe	Liste Z/S/8	kurzfristig	gering	gering	2.25	Wirkfeld wird als gering eingeschätzt, da Hinweisschilder weniger verhaltenssteuernd wirken als Gebotsschilder, trotzdem gute Hilfe für den Fahrer z. B. bei Ortskenntnis	
		Z/S/9: Abstandskontrollen (durch Polizei)	Unangepasste Sicherheitsabstände		kurzfrisitg	gering	hoch	2.50	hohes Wirkfeld, da hoher Anteil an Auffahrunfällen	
									Potential ist schwer abzuschätzen, da es abhängig von der Verbreitung, Wirkfeld betrifft v. a. schwere Unfälle mit PKW-Beteiligung (Abstandstempomaten, Unterfahrschutz)	Untersuchungsbedarf vorhanden, z.B. auch hinsichtlich des Zusammenwirkens baulicher, betrieblicher Maßnahmen mit Potentialen von Fahrerassistenz
		Z/S/10: Unterstützung: Fahrzeugtechnik, Fahrerassistenzsystemen	Auffahrunfälle, Spurwechsel, Ermüdung		mittelfristig	sehr hoch	sehr hoch	2.75		

¹⁾ **Umsetzung**
sehr kurzfristig 4
kurzfristig 3
mittelfristig 2
langfristig 1

²⁾ **Aufwand**
gering 4
mittel 3
hoch 2
sehr hoch 1

³⁾ **Wirkfeld**
gering 1
mittel 2
hoch 3
sehr hoch 4

⁴⁾ **Priorität**
Minimum 1
Maximum 4

Mittelwert = Umsetzung + Aufwand + (2*Wirkfeld)
geringe Priorität
sehr hohe Priorität