

Sicherheitswirkung eingefräster Rüttelstreifen entlang der BAB A 24

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 177

bast

Sicherheitswirkung eingefräster Rüttelstreifen entlang der BAB A 24

von

Markus Lerner
Andreas Hegewald

unter Mitarbeit von

Ulrich Löhe
Helmut Velling

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 177

bast

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

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

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

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

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BAST-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt AP 03610 des Arbeitsprogramms der Bundesanstalt für Straßenwesen:
Sicherheitswirkung eingefräster Rüttelstreifen entlang der BAB A 24

Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

ISSN 0943-9307
ISBN 978-3-86509-896-3

Bergisch Gladbach, April 2009

Kurzfassung – Abstract

Sicherheitswirkung eingefräster Rüttelstreifen entlang der BAB A 24

Im Rahmen eines Pilotversuches wurden auf der A 24 (Hamburg–Berlin) zwischen den Anschlussstellen Herzsprung und Fehrbellin Rüttelstreifen in den Seitenstreifen eingefräst. Hintergrund der Maßnahme war die Erprobung von Rüttelstreifen zur Senkung der Unfallzahlen auf diesem 35,9 km langen Streckenabschnitt, insbesondere der ermüdungsbedingten Unfälle mit Abkommen von der Fahrbahn.

Die durchgeführte Unfallanalyse konnte zeigen, dass die Unfallzahlen innerhalb des Untersuchungszeitraumes (2000-2006) deutlich zurückgegangen sind. Aufgrund der Tatsache, dass während des Untersuchungszeitraumes mehrere Maßnahmen umgesetzt wurden, konnte die Reduktion jedoch nicht eindeutig den Rüttelstreifen zugeordnet werden. Um dennoch die Wirksamkeit der Rüttelstreifen zu beurteilen, wurde ein Vorher-Nachher-Vergleich mit Kontrollstrecke (86,7 km) durchgeführt. Im Ergebnis konnte nachgewiesen werden, dass Rüttelstreifen die Schwere der Unfälle positiv beeinflussen, jedoch nur einen kleinen Einfluss auf die Unfallzahlen haben.

Statistisch gesicherte Ergebnisse konnten nur für zwei Unfallmerkmale ermittelt werden. Danach nahmen die Anzahl der Unfälle der Unfallart „Abkommen von der Fahrbahn nach rechts“ um 43 % sowie die Anzahl von Unfällen infolge der Unfallursache „Andere Fehler“ (i. d. R. Unaufmerksamkeit) um 34 % ab.

Bei der Bestimmung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses (NKV) konnte festgestellt werden, dass die Kosten der Maßnahme relativ gering sind, der Nutzen dagegen vor allem durch die eingesparten Unfallkosten sehr hoch ist. Für einen Abschreibungszeitraum von 12,5 Jahren (Asphaltdeckschicht) und unter der Annahme eines konstanten Nutzenverlaufes ergab sich ein NKV von 46. Aufgrund des hohen NKV wird der Einsatz von eingefrästen Rüttelstreifen auf Seitenstreifen von Autobahnen empfohlen, insbesondere auf Streckenabschnitten, an denen die beiden oben genannten Unfallmerkmale überdurchschnittlich häufig vorkommen.

Safety effects of milled shoulder rumble strips along motorway A24

In the framework of a pilot trial rumble strips have been milled into the shoulders of the motorway A24 (Hamburg-Berlin) between the exits Herzsprung and Fehrbellin. The target behind this measure was to test the effects of rumble strips on the accident figures on this 35.9 km long route section, especially of accidents caused by fatigue.

The accident analysis proved that the accident figures substantially declined within the investigation period (2000-2006). Because of the fact that several measures had been implemented within the investigation time frame, the reduction could, however, not be positively assigned to the rumble strips. In order to nevertheless determine the effectiveness of the rumble strips, a before-and-after investigation with control section (86.7 km) was carried out. The result showed that rumble strips positively affect the severity of the accidents but have only little influence on the accident count.

Statistically significant results could only be determined for two accident criteria. The number of the kind of accident "leaving the carriageway to the right" was reduced by 43% and the number of accidents caused by "other mistakes made by driver" (usually inattentiveness) was reduced by 34%.

When calculating the cost-benefit ratio (CBR) it was found that the costs of the measure were relatively small while the benefit on the other hand was very high in terms of the saved accident costs. For a depreciation period of 12.5 years (bituminous pavement) and with the assumption of a constant course of benefit a CBR of 46 was received. Due to this high CBR, the application of milled rumble strips on motorway shoulders is recommended, especially on route sections which show a disproportionately high number of the two aforementioned accident characteristics.

Inhalt

1	Einleitung	7	5.2.4 Hypothese 4: Reduktion von Unfällen infolge von Übermüdung oder Unaufmerk- samkeit	29
2	Nationale und internationale Erfahrungen mit Rüttelstreifen	7	5.2.5 Hypothese 5: Reduktion von Alleinunfällen	30
3	Pilotversuch auf der BAB A 24	8	5.2.6 Hypothese 6: Reduktion von Lkw-Alleinunfällen	30
3.1	Streckencharakteristik	9		
3.2	Maßnahmenübersicht	10		
3.3	Untersuchungsdesign	10		
4	Unfallanalyse	10	6	Nutzen-Kosten-Analyse
4.1	Unfallgeschehen auf Autobahnen	10	6.1	Nutzen
4.2	Unfallgeschehen auf der Unter- suchungsstrecke	11	6.2	Kosten
4.2.1	Unfallentwicklung	12	6.3	Nutzen-Kosten-Verhältnis
4.2.2	Verunglückte	13	7	Ergebnis
4.2.3	Unfälle nach Unfallzeit	14	7.1	Zusammenfassung
4.2.4	Straßenzustand	15	7.2	Ausblick
4.2.5	Zahl und Art der Unfallbeteiligten	16	8	Streckendokumentation
4.2.6	Unfalltyp	17	9	Literatur
4.2.7	Unfallart	18		
4.2.8	Unfallursache	19		
4.2.9	Beeinflussbare Unfälle	20		
4.3	Unfallkenngrößen	22		
4.3.1	Unfallkosten	22		
4.3.2	Dichten	23		
4.3.3	Raten	23		
5	Vorher-Nachher-Vergleich mit Kontrollstrecke	24		
5.1	Grundlagen	24		
5.1.1	Methodik	24		
5.1.2	Festlegung Kontrollstrecke	25		
5.2	Hypothesen zum Einfluss der Rüttelstreifen	26		
5.2.1	Hypothese 1: Reduktion der Unfall- zahlen und der Unfallschwere	26		
5.2.2	Hypothese 2: Reduktion von Sonstigen Unfällen	27		
5.2.3	Hypothese 3: Reduktion von Unfällen mit Abkommen von der Fahrbahn nach rechts	28		

Abkürzungsverzeichnis

Institutionen

FHWA	Federal Highway Administration
TCA	Transportation Association of Canada
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

Unfallkategorie

U(P,S)	Unfall mit Person- und Sachschaden (Unfallkategorie: 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)
U(P)	Unfall mit Personenschaden (Unfallkategorie: 1 + 2 + 3)
U(SP)	Unfall mit schwerem Personenschaden (Unfallkategorie: 1 + 2)
U(LV)	Unfall mit leichtem Personenschaden (Unfallkategorie: 3)
U(S)	Unfall mit Sachschaden (Unfallkategorie: 4 + 5 + 6)
U(SS)	Schwerwiegenden Unfall mit Sachschaden (Unfallkategorie: 4 + 6)
U(LS)	Sonstiger Unfall mit Sachschaden (Unfallkategorie: 5)

Kostensätze

WUa(SP)	angepasster Kostensatz für Unfälle mit schwerem Personenschaden
WUa(LV)	angepasster Kostensatz für Unfälle mit leichtem Personenschaden
WV(GT)	Kostensatz für Verunglückte (Getötete)
WV(SV)	Kostensatz für Verunglückte (Schwerverletzte)
WV(LV)	Kostensatz für Verunglückte (Leichtverletzte)
WUS(SP)	Kostensatz für Sachschaden bei Unfällen mit schwerem Personenschaden
WUS(LV)	Kostensatz für Sachschaden bei Unfällen mit leichtem Personenschaden
WU(SP)	pauschaler Kostensatz für Unfälle mit schwerwiegendem Personenschaden
WU(LV)	pauschaler Kostensatz für Unfälle mit leichtem Personenschaden
WU(SS)	pauschaler Kostensatz für schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden
WU(LS)	pauschaler Kostensatz für sonstige Unfälle mit Sachschaden

Unfallkosten

UK(P,S)	Unfallkosten von Unfällen mit Personen- und Sachschaden
UKa(P)	angepasste Unfallkosten für Unfälle mit Personenschaden
UKa(SP)	angepasste Unfallkosten für Unfälle mit schwerem Personenschaden
UKa(LV)	angepasste Unfallkosten für Unfälle mit leichtem Personenschaden
UK(S)	Unfallkosten von Unfällen mit Sachschaden
UK(SS)	Unfallkosten von schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden
UK(LS)	Unfallkosten von sonstigen Unfällen mit Sachschaden
UKD	Unfallkostendichte
UKR	Unfallkostenrate

Vorher-Nachher-Vergleich

m	Maßnahmefaktor
m_u	untere Grenze des Konfidenzintervalls
m_o	obere Grenze des Konfidenzintervalls

Sonstige

NKV	Nutzen-Kosten-Verhältnis
BAB	Bundesautobahn
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
SRS	Shoulder rumble strips
CRS	Centreline rumble strips
SV	Schwerverkehr
UR	Unfallrate
UD	Unfalldichte
SVZ	Straßenverkehrszählung
AS	Anschlussstelle
AD	Autobahndreieck

1 Einleitung

In Deutschland ereignen sich jährlich knapp 50.000 Unfälle mit Personenschaden U(P) mit Abkommen von der Fahrbahn, etwa 60 % davon mit Abkommen von der Fahrbahn nach rechts. Neben dem Kontrollverlust über das Fahrzeug infolge nicht angepasster Geschwindigkeit oder infolge eines Konfliktes mit einem anderen Fahrzeug wird ein großer Teil dieser Unfälle durch Unaufmerksamkeit, Ablenkung oder Müdigkeit verursacht.

Der tatsächliche Anteil ermüdungsbedingter Verkehrsunfälle kann nur abgeschätzt werden, da der Rückschluss auf Ermüdung als Unfallursache nach einem Unfall bei der Unfallaufnahme nur unter Ausschluss anderer Ursachen und aufgrund meist nur schwacher Indizien erfolgen kann. Obwohl die Unfallursache Übermüdung nur sehr schwer bis gar nicht zu ermitteln ist, wird in der Straßenverkehrsunfallstatistik die Unfallursache Übermüdung immerhin bei 1.750 Unfällen mit Personenschaden angegeben, das sind 0,5 % aller Unfälle mit Personenschaden. Untersuchungen gehen jedoch davon aus, dass Einschlafen am Steuer die häufigste Ursache (24 %) für tödliche Unfälle auf Bundesautobahnen darstellt (ANSELM und HELL, 2002). Auch ROTHE (1995) geht davon aus, dass 33 % aller tödlichen Unfälle auf deutschen Autobahnen auf Übermüdung und Unaufmerksamkeit zurückzuführen sind. Als besonders gefährdet werden dabei Berufskraftfahrer angesehen. In der Studie von ANSELM und HELL (2002) waren in 22 % der Einschlafunfälle Berufskraftfahrer verwickelt. Ebenso scheint bei Alleinunfällen Fahrerermüdung häufig ein mit verursachender Faktor zu sein. GELAU (2003) und BRAUN (1994) schätzen den Anteil ermüdungsbedingter Unfälle hier auf etwa ein Viertel. EVERS et al. (2005) ermittelten, dass etwa ein Drittel aller schweren Lkw-Unfälle im Zusammenhang mit Müdigkeit bzw. Unaufmerksamkeit am Steuer steht.

Typische Einschlafunfälle sind das Abkommen von der Fahrbahn ohne Bremsspur oder das verkehrsbedingt nicht erklärbare Auffahren auf ein anderes Fahrzeug oder Hindernis (z. B. HORNE & REYNER, 1995; SCHLANSTEIN, 2004). Darüber hinaus gibt es deutliche Hinweise, dass mit der Schwere eines Unfalls Müdigkeit als Unfallursache zunimmt (HARGUTT et al., 1997; ÅKERSTEDT und KECKLUND, 2000). Nach einer US-amerikanischen Studie ist Einschlafen beim Fahren bei 3 % aller Unfälle mit Sachschaden, bei 20 % aller Unfälle mit Personen-

schaden und bei 50 % aller Unfälle mit Todesfolge ein ursächlicher Faktor (HOAG und PACK, 1994).

Neben Maßnahmen zur passiven Sicherheit im Falle eines Verkehrsunfalls werden in der letzten Zeit auch vermehrt aktive Verkehrssicherheitsmaßnahmen im Bereich der Straßeninfrastruktur diskutiert. Bislang werden in Deutschland nur an einzelnen Autobahnabschnitten profilierte Randmarkierungen zur Vermeidung von Abkommensunfällen eingesetzt. Im Gegensatz zum Personenkraftwagen sind profilierte Randmarkierungen in Lastkraftwagen kaum wahrnehmbar. Des Weiteren ist deren Lebensdauer stark begrenzt, da sich die profilierte Randmarkierung z. B. durch den Winterdienst schnell abnutzt. Eine langfristiger haltbare und über alle Fahrzeugarten wirksame Maßnahme stellen eingefräste Rüttelstreifen dar. Von der Fahrbahn abkommende Fahrer erhalten durch den Rüttelstreifen ein haptisches und akustisches Signal, wodurch Abkommensunfälle vermieden werden sollen. Welche Auswirkungen Rüttelstreifen auf die Verkehrssicherheit haben, soll im Rahmen dieser Untersuchung für einen Streckenabschnitt der A 24 analysiert werden.

2 Nationale und internationale Erfahrungen mit Rüttelstreifen

Im nordamerikanischen Raum gehören Rüttelstreifen (engl. „rumble strips“) sowohl entlang des Seitenstreifens (engl. „shoulder rumble strips“, SRS) als auch in der Mitte einbahniger Landstraßen (engl. „centreline rumble strips“, CRS) schon seit einigen Jahren zum Standard zur Vermeidung von Abkommensunfällen sowie von Kollisionen mit dem Gegenverkehr (FHWA, 2001; TCA, 2001). Zahlreiche Studien belegen eine Verbesserung der Verkehrssicherheit (CHENG et al., 1994; HICKEY, 1997; GRIFFITH, 1999) und ein hohes Nutzen-Kosten-Verhältnis (PERRILLO, 1998). Die FHWA empfiehlt den Einsatz von Rüttelstreifen entlang des Seitenstreifens für alle Autobahnen des nationalen Netzes und zusätzlich an weiteren Landstraßen auf der Basis von Einzelfallbetrachtungen.

In Bezug auf die Herstellung der Rüttelstreifen unterscheidet man zwischen

- eingefrästen,
- in heißen Asphalt gerollten,
- in frischen Beton eingedrückten und

- erhöht profilierten Rüttelstreifen.

Bei den zahlreichen Versuchen in Nordamerika haben sich die eingefrästen Rüttelstreifen als besonders empfehlenswert erwiesen. Ihre Vorteile sind die besonders gute Wahrnehmung, insbesondere auch im Lkw, ohne deutliche Abnutzungerscheinungen über den Zeitraum der Nutzung, die Möglichkeit, sie auf bereits vorhandene Deckschichten nachträglich aufzubringen und die Tatsache, dass sie keine Behinderung für den Winterdienst darstellen. Nachteil der eingefrästen Rüttelstreifen sind die höheren Herstellungskosten im Vergleich zu profilierten Randmarkierungen (jedoch bessere Kosteneffizienz) und die Schwächung der

Empfohlene Maße	Kanada [mm]	USA [mm]
A Abstand vom Rand der Fahrbahnbegrenzungslinie	0-200	100-300
G Streifenbreite (quer zur Fahrbahn)	300-500 (SV)	400
H Abstand zwischen den Streifen	40-150	120
I Streifentiefe	2-8	13
J Streifenlänge (längs zur Fahrbahn)	25-150	180

Tab. 1: In Nordamerika verwendete Abmessungen (FHWA, 2001; TCA, 2001)

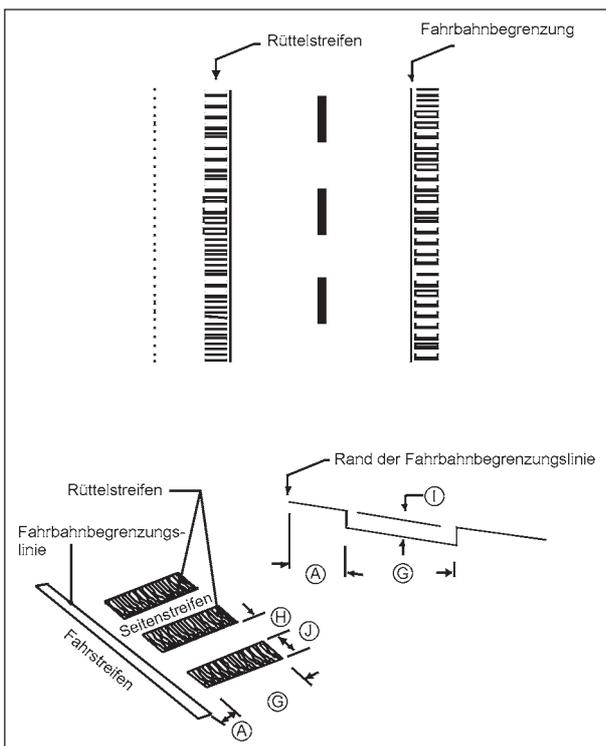


Bild 1: Prinzipskizze Rüttelstreifen (TCA, 2001)

Asphaltdeckschicht (Gefahr der Frostsprengung bei Wasseransammlung und Frostwechsel), allerdings außerhalb der Fahrbahn. Problematisch sind Rüttelstreifen aller Herstellungsverfahren für Fahrzeuge der Betriebs- und Rettungsdienste sowie bei Arbeitsstellenverkehrsführungen. In letzterem Fall werden die Einfürasungen üblicherweise vorübergehend aufgefüllt.

In Deutschland steht man den eingefrästen Rüttelstreifen insbesondere wegen der Schwächung der Fahrbahndecke bislang kritisch gegenüber. Alternativen Maßnahmen, wie profilierten Randmarkierungen, wird zwar insgesamt auch ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis bescheinigt, ein großflächiger Einsatz ist aufgrund von begrenzten finanziellen Ressourcen bislang jedoch nicht realisiert worden. Außerdem wirken sich profilierte Randmarkierungen aufgrund ihrer deutlich geringeren Profilierung nicht auf das Unfallgeschehen von Lkw aus.

3 Pilotversuch auf der BAB A 24

Im Rahmen eines Pilotversuches wendet das Land Brandenburg auf der BAB A 24 in Fahrtrichtung Berlin zwischen den Anschlussstellen Herzsprung und Fehrbellin eingefräste Rüttelstreifen an. Der mit Rüttelstreifen ausgestattete Streckenabschnitt hat eine Länge von 35,9 km (vgl. Bild 2 sowie detaillierte Streckendokumentation in Kapi-

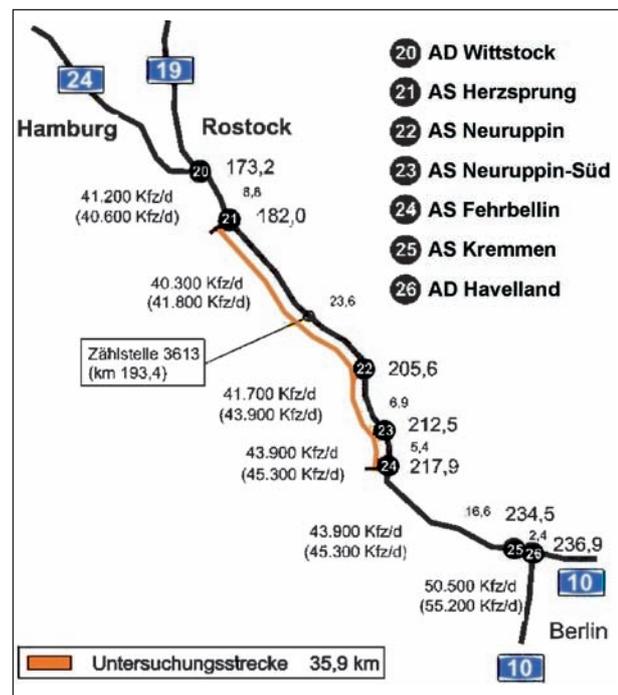


Bild 2: Darstellung der Untersuchungsstrecke

tel 8). Auf diesen Streckenabschnitt ereigneten sich im Zeitraum von 2000 bis 2002 pro Jahr etwa 240 Unfälle mit Personenschaden und Sachschaden, davon etwa 50 Unfälle mit Personenschaden und etwa 20 Unfälle mit schwerem Personenschaden. Von der Maßnahme wird eine Reduzierung der Unfallzahlen auf der A 24 erwartet, insbesondere der ermüdungsbedingten Abkommensunfälle.

Im September 2003 wurde der Rüttelstreifen mit einer Asphaltfräse in den Seitenstreifen eingefräst (siehe Bild 3). Die Rüttelstreifen sind durchgehend und nicht unterbrochen angeordnet, mit Ausnahme der Aus- und Einfädelungsstreifen. Der Rüttelstreifen hat eine Breite von 400 mm und eine Tiefe von maximal 13 mm. Der Abstand zwischen zwei Fräsungsmitteln beträgt 305 mm. Der seitliche Abstand zum äußeren Rand des befestigten Seitenstreifens beträgt 1,20 m und der Abstand zur Fahrbahnbegrenzungslinie (Z 295) beträgt 0,90 m.

Die Lage des Rüttelstreifens wurde so gewählt, dass der Rüttelstreifen möglichst dicht an die Fahrbahnbegrenzung heranreicht, aber im Fall der Nutzung des Seitenstreifens durch den Betriebsdienst oder Notfallfahrzeuge nicht systematisch in der Spur der Fahrzeuge liegt. Im Gegensatz zur gängigen amerikanischen Praxis, wo der Rüttelstreifen dicht neben der Fahrbahnbegrenzungslinie angeordnet wird, soll die Anordnung hier die Befahrbarkeit insbesondere für Einsatzfahrzeuge und den Betriebsdienst gewährleisten sowie im Baustellenverkehr die 4+0-Verkehrsführung ermöglichen. Als Ergebnis wurde eine Position möglichst weit links zwischen den Rädern der Fahrzeuge gewählt, die sich als generelle Lösung verallgemeinern ließe. In Bild 5 sind die Position des Rüttelstreifens in einem besonders schmalen Querschnitt von 10,80 m und mögliche Spurlagen für einen schmalen Pkw und einen breiten Lkw dargestellt. Der Nachteil dieser Anordnung liegt darin, dass abkommende Fahrzeuge bereits einen Großteil des Seitenstreifens überquert haben, bevor sie durch das Überfahren des Rüttelstreifens gewarnt werden können, wodurch entsprechend wenig Strecke bzw. Zeit als Reaktionszeit verbleibt.

Aufgrund der amerikanischen Erfahrungen konnte davon ausgegangen werden, dass Brems- und Lenkmanöver auf den Rüttelstreifen sowohl für mehrspurige als auch einspurige Kraftfahrzeuge ohne Gefährdung möglich sind.

3.1 Streckencharakteristik

Im Rahmen des Projektes wurden der Vorher- und Nachherzustand der Untersuchungsstrecke einschließlich der angrenzenden Vorlauf- und Nachlaufstrecken (zwischen den Autobahndreiecken Wittstock/Dosse und Havelland) mit den jeweils gültigen Verkehrsregelungen dokumentiert (siehe Kapitel 8).

Die Breite der Fahrbahnen der Untersuchungsstrecke entspricht in etwa der des RQ 29 mit einer befestigten Breite von je 11,00 m, variiert aber in der Seitenstreifenbreite über die Strecke. Die Entwässerung erfolgt auf der gesamten Strecke zur Außenseite der Fahrbahn.

Die Linienführung der Untersuchungsstrecke kann als gestreckt bezeichnet werden. Aufgrund der Lage im Flachland ist die Strecke nur durch minimale Längsneigungen gekennzeichnet.



Bild 3: Asphaltfräse



Bild 4: Lage des Rüttelstreifens auf dem Seitenstreifen

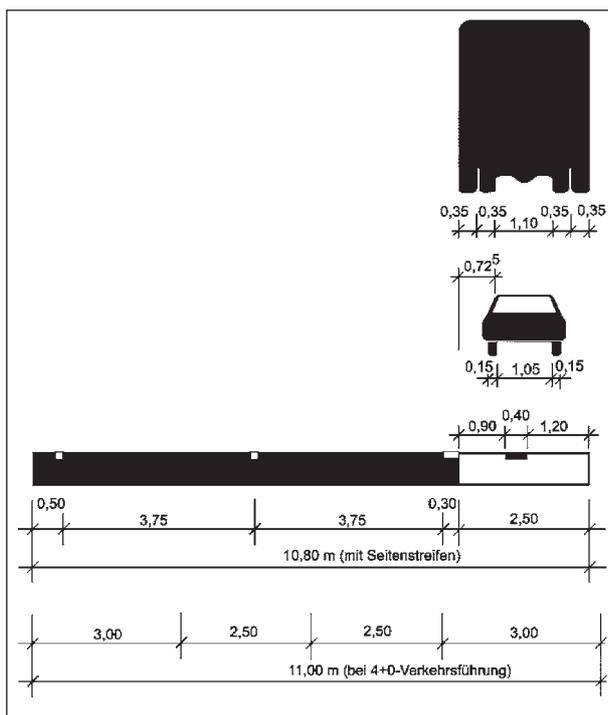


Bild 5: Lage des Rüttelstreifens im Querschnitt

3.2 Maßnahmenübersicht

Im Rahmen der Untersuchung soll der Zeitraum zwischen 2000 bis 2006 untersucht werden. Die in diesen Zeitraum vorgenommenen Maßnahmen, welche Einfluss auf das Unfallgeschehen gehabt haben könnten, sollen nachfolgend beschrieben werden.

Wegen der generell hohen Unfallzahlen auf der A 24 wurde im Dezember 2002 u. a. auch entlang des Streckenabschnittes der Untersuchungsstrecke eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf 130 km/h angeordnet. Zeitgleich mit der Einführung der Geschwindigkeitsbeschränkung wurde das bereits vorhandene Lkw-Überholverbot zwischen den Anschlussstellen Neuruppin-Süd und Fehrbellin auf den angrenzenden Streckenabschnitt zwischen den Anschlussstellen Neuruppin und Neuruppin-Süd ausgedehnt. Zudem wurde die bis dato geltende zeitliche Beschränkung des Lkw-Überholverbotes von 6 bis 21 Uhr um eine Stunde verlängert.

Im September 2003 erfolgte als letzte Maßnahme das Einfräsen der Rüttelstreifen über den gesamten Abschnitt der Untersuchungsstrecke.

3.3 Untersuchungsdesign

Im ersten Teil der Untersuchung wird zunächst das Unfallgeschehen auf der Untersuchungsstrecke für die Jahre von 2000 bis 2002 beschrieben, da in diesem Zeitraum keine Maßnahmen umgesetzt worden sind und sich das Unfallgeschehen somit frei von maßnahmenbedingten Veränderungen beschreiben lässt. Zeitreihenbetrachtungen für den Zeitraum von 2000 bis 2006 werden nur für einige Merkmale durchgeführt, welche direkt in Verbindung mit Rüttelstreifen gebracht werden können (bspw. Abkommen von der Fahrbahn nach rechts). Für alle anderen Unfallmerkmale kommt eine derartige Betrachtungsweise nicht in Frage, da die auftretenden Effekte aufgrund der Maßnahmenüberlagerung nicht eindeutig der Maßnahme Rüttelstreifen zugeordnet werden können.

Es wird davon ausgegangen, dass die Einführung der Geschwindigkeitsbegrenzung einen wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung der Verkehrssicherheit auf der Untersuchungsstrecke hatte. Daher wird Bestandteil des zweiten Teils der Unfallanalyse ein Vorher-Nachher-Vergleich mit Kontrollstrecke sein. Die Kontrollstrecke muss dabei dadurch gekennzeichnet sein, dass bis auf die Maßnahme der Rüttelstreifen die Strecken vergleichbar sind, d. h. alle weiteren Maßnahmen (Geschwindigkeitsbeschränkung, Lkw-Überholverbot) im selben Zeitraum und in vergleichbarem Umfang angeordnet wurden. Nur dadurch ist es möglich, den alleinigen Effekt der Rüttelstreifen auf die Verkehrssicherheit zu quantifizieren.

Abschließend wird der Nutzen der Rüttelstreifen, welcher sich durch die Reduktion der Unfallkosten festlegen lässt, den Kosten der Maßnahme gegenübergestellt.

4 Unfallanalyse

4.1 Unfallgeschehen auf Autobahnen

Um zunächst einen generellen Überblick über das Unfallgeschehen auf Autobahnen zu erhalten, werden die wichtigsten Unfallmerkmale aus den Unfalldaten des Statistischen Bundesamtes kurz dargestellt und interpretiert. Laut Statistischem Bundesamt (DESTATIS, 2007) ereigneten sich im Jahr 2006 insgesamt 327.984 Unfälle mit Personenschaden, davon 20.434 auf Autobahnen, was einem Anteil von 6,2 % entspricht. Jedoch wurden

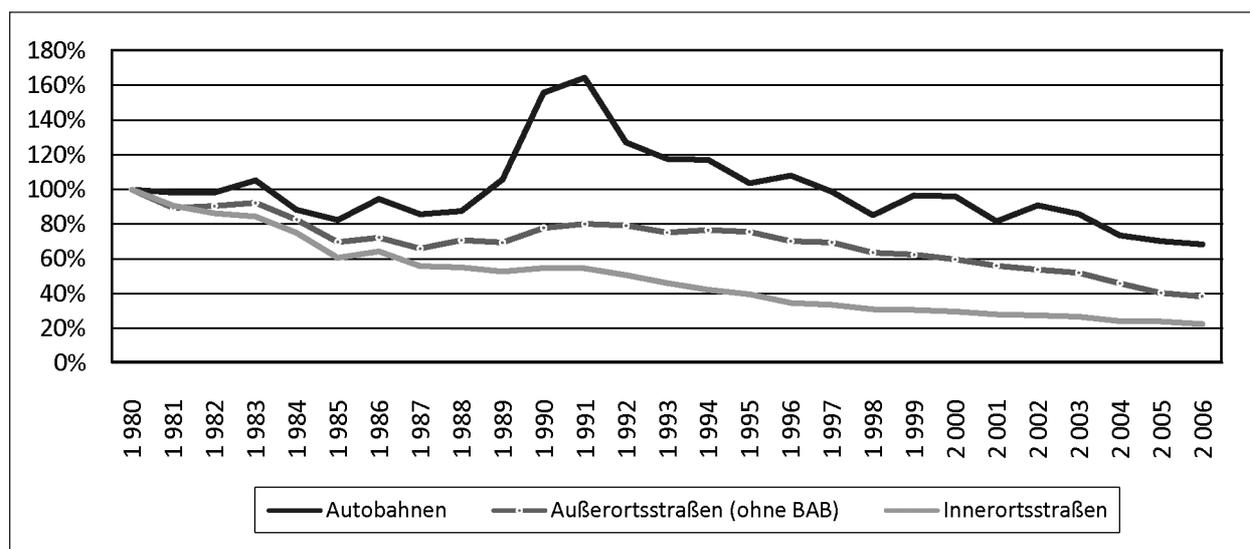


Bild 6: Entwicklung der Anzahl bei Verkehrsunfällen Getöteter in Deutschland 1980-2006

auf Autobahnen 13 % der bei Verkehrsunfällen Getöteten registriert. Dies bedeutet, dass sich auf Autobahnen relativ wenige Unfälle ereignen, diese wenigen jedoch durch eine relativ hohe Unfallschwere gekennzeichnet sind.

Bei der Interpretation der Unfalldaten ist ferner zu berücksichtigen, dass der Längenanteil der Autobahnen am gesamten klassifizierten Straßennetz mit 5,3 % (2006) zwar gering ist, jedoch der Fahrleistungsanteil an der Gesamtfahrleistung 31,5 % (2006) beträgt (DESTATIS, 2007). Aufgrund des hohen Anteils an der Gesamtfahrleistung sind Autobahnen daher besonders im Vergleich zu Landstraßen als vergleichsweise sicher einzustufen.

Die Entwicklung der Anzahl der bei Verkehrsunfällen Getöteten seit 1980 zeigt, dass auf Autobahnen im Vergleich zu Außerortsstraßen und Innerortsstraßen der Rückgang deutlich geringer ausgefallen ist. Demnach nahm von 1980 bis 2006 die Anzahl der getöteten Verkehrsteilnehmer auf Autobahnen um 30 % ab, wohingegen die Anzahl der Getöteten auf Außerortsstraßen um 60 % und auf Innerortsstraßen um 80 % zurückging (vgl. Bild 6). Ein Grund dafür ist sicherlich die Wiedervereinigung Deutschlands 1989, nach der die Anzahl der Getöteten auf Autobahnen drastisch anstieg. Seit dem Jahr 1994 bis zum Jahr 2006 ist die Anzahl von Getöteten jedoch auch auf Autobahnen deutlich zurückgegangen.

4.2 Unfallgeschehen auf der Untersuchungsstrecke

Im Rahmen der Unfallanalyse werden die Unfälle analysiert und die Unfallmerkmale nach deren Entwicklung, Verteilung dargestellt und ggf. wird die Unfallschwere bestimmt. Falls Unfalldaten und -merkmale zu Autobahnunfällen in der amtlichen Verkehrsunfallstatistik für Gegenüberstellungen geeignet sind, werden diese vergleichend bei den Unfallauswertungen über die Entwicklung des Unfallgeschehens und bei einzelnen Unfallmerkmalen hinzugezogen.

Zur Beschreibung der Ausgangssituation werden zunächst nur die Unfalldaten vor der Umsetzung der Maßnahmen betrachtet, also nur die Unfalldaten der Jahre 2000 bis 2002. Die Auswirkungen der Geschwindigkeitsbeschränkung, welche im Dezember des Jahres 2002 eingeführt wurde, werden aufgrund des kurzen Zeitraumes, in dem die Maßnahme ggf. das Unfallgeschehen beeinflusst hat, vernachlässigt. Ergänzt werden die Untersuchungen um die Darstellung der mittleren Unfallkosten, um so auch die Unfallschwere der Unfälle nach verschiedenen Unfallmerkmalen vergleichen zu können. Die mittleren Unfallkosten lassen sich nach Formel 1 und mit den in Tabelle 2 angegebenen pauschalen Kostensätzen berechnen.

$$UK = [U(SP) \cdot WU(SP) + U(LV) \cdot WU(LV) + U(SS) \cdot WU(SS) + U(LS) \cdot WU(LS)]/U$$

Formel 1 : Mittlere Unfallkosten

WU nach Unfallkategorie	Kostensatz [€/U]
WU(SP)	320.000
WU(LV)	31.000
WU(SS)	18.500
WU(LS)	8.000

Tab. 2: Pauschale Kostensätze (FGSV, 2003a; Preisstand: 2000)

Um Veränderungen im Unfallgeschehen einer Maßnahme zuzuordnen, werden ausgewählte Unfallmerkmale nach deren zeitlicher Entwicklung zwischen 2000 und 2006 betrachtet. Im Vordergrund stehen dabei Unfallmerkmale, welche in Verbindung mit Unfällen stehen, die ggf. durch Rüttelstreifen vermieden werden können.

Unterscheiden lässt sich die Wirksamkeit der Rüttelstreifen nur eingeschränkt dadurch, dass die Umsetzung der Geschwindigkeitsbeschränkung und der Rüttelstreifen in einem zeitlichen Abstand von rund 9 Monaten erfolgt ist. Die Geschwindigkeitsbeschränkung wurde im Dezember 2002 eingeführt. Dies bedeutet, dass sich die Maßnahmenwirksamkeit der Geschwindigkeitsbeschränkung bei der Betrachtung der Unfalldaten im Jahre 2003 widerspiegeln wird. Die Rüttelstreifen wurden dagegen erst im September des Jahres 2003 in den Seitenstreifen gefräst. Deren Wirksamkeit wird sich deshalb kaum in den Unfalldaten des Jahres 2003, sondern erst in den Unfalldaten des Jahres 2004 zeigen. Die Auswirkungen des im Dezember 2002 eingeführten Lkw-Überholverbotes zwischen den Anschlussstellen Neuruppin-Süd und Neuruppin werden aufgrund des relativ kurzen Abschnitts (6,9 km) in Relation zur Gesamtlänge der Untersuchungsstrecke vernachlässigt.

4.2.1 Unfallentwicklung

In den Bildern 7 und 8 sind die Unfallentwicklung auf der Untersuchungsstrecke und zum Vergleich die Unfallentwicklung auf Autobahnen in Deutschland dargestellt. Es wird deutlich, dass die Anzahl der Unfälle U(P,S) auf Autobahnen über den Untersuchungszeitraum annähernd konstant geblieben ist. Im Gegensatz dazu ist die Anzahl der Unfälle U(P,S) auf der Untersuchungsstrecke kontinuierlich gesunken.

Bei der Betrachtung der Unfallentwicklung auf der Untersuchungsstrecke lässt sich im Jahr 2003 sowie im Jahr 2004 eine leichte Verbesserung hin-

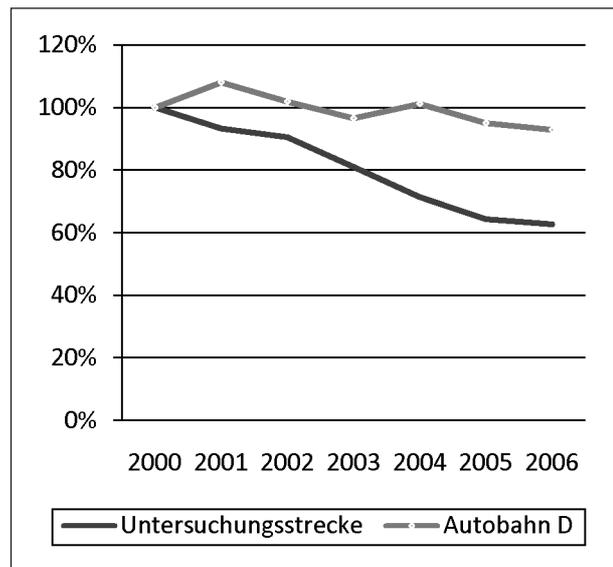


Bild 7: Unfallentwicklung U(P,S) – 2000 = 100 %

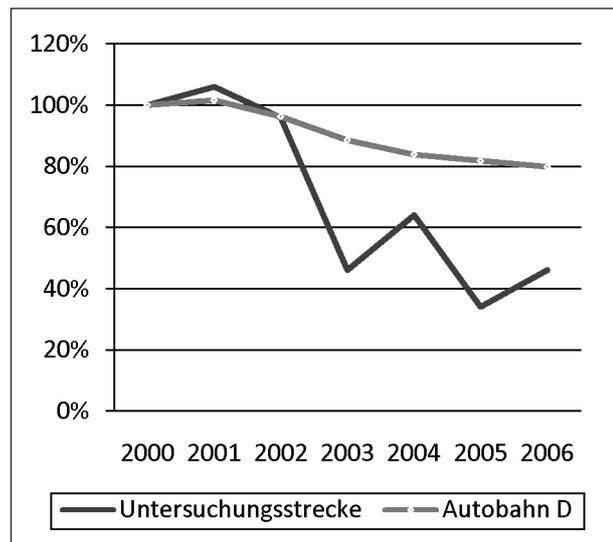


Bild 8: Unfallentwicklung U(P) – 2000 = 100 %

sichtlich der durchgeführten Maßnahmen feststellen. Dies deutet darauf hin, dass die Geschwindigkeitsbeschränkung sowie der Rüttelstreifen die Anzahl der Unfälle U(P,S) positiv beeinflusst haben.

Ein deutlicheres Bild zeigt sich bei der Betrachtung der Unfälle mit Personenschaden U(P). Bei den U(P) ist ein deutlicher Rückgang zwischen 2002 und 2003 von ungefähr 50 % erkennbar, der aufgrund der Tatsache, dass die Rüttelstreifen erst im September 2003 eingefräst worden sind, vermutlich vorrangig auf die Geschwindigkeitsbeschränkung zurückzuführen ist. Im Jahr 2004 stieg die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden U(P), obwohl in diesem Jahr eigentlich die Wirkung der Rüttelstreifen erkennbar sein müsste, wieder leicht an. Die in

	U(P,S)		U(P)	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Untersuchungsstrecke				
2000	252	100	50	100
2001	235	93	53	106
2002	228	90	48	96
2003	204	81	23	46
2004	180	71	32	64
2005	162	64	17	34
2006	158	63	23	46
Autobahn Deutschland				
2000	165.254	100	25.578	100
2001	178.543	108	25.990	102
2002	168.470	102	24.625	96
2003	159.598	97	22.646	89
2004	167.255	101	21.458	84
2005	157.128	95	20.943	82
2006	153.538	93	20.434	80

Tab. 3: Vergleich Unfallzahlen Untersuchungsstrecke und Bundesstatistik

den folgenden Jahren auftretenden Schwankungen sind vorrangig auf die geringen Unfallzahlen zurückzuführen.

Im Vergleich zwischen Untersuchungsstrecke und den Autobahnen generell wird deutlich, dass im Untersuchungszeitraum zwischen 2000 und 2006 sowohl die Anzahl der Unfälle U(P,S) als auch die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden U(P) deutlich stärker auf der Untersuchungsstrecke zurückgegangen sind. Bei Unfällen mit Personenschaden U(P) betrug der Rückgang zwischen 2000 und 2006 auf der Untersuchungsstrecke 54 % und auf allen Autobahnen in Deutschland 20 %.

4.2.2 Verunglückte

Nach Definition der amtlichen Unfallstatistik sind Verunglückte Personen, welche bei einem Unfall verletzt oder getötet wurden (DESTATIS, 2007). Die im Zeitraum zwischen 2000 und 2006 auf der Untersuchungsstrecke verunglückten Verkehrsteilnehmer sind differenziert nach Getöteten, Schwerverletzten und Leichtverletzten in Tabelle 4 dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass ab dem Jahr 2003 die Anzahl der Getöteten, Schwerverletzten und Leichtverletzten deutlich zurückgegangen ist und dieses Niveau bis 2006 annähernd konstant bleibt.

	Getötete	Schwerverletzte	Leichtverletzte
2000	2	16	59
2001	5	29	62
2002	1	20	51
2003	0	13	20
2004	1	12	33
2005	0	13	21
2006	0	12	27

Tab. 4: Verunglückte

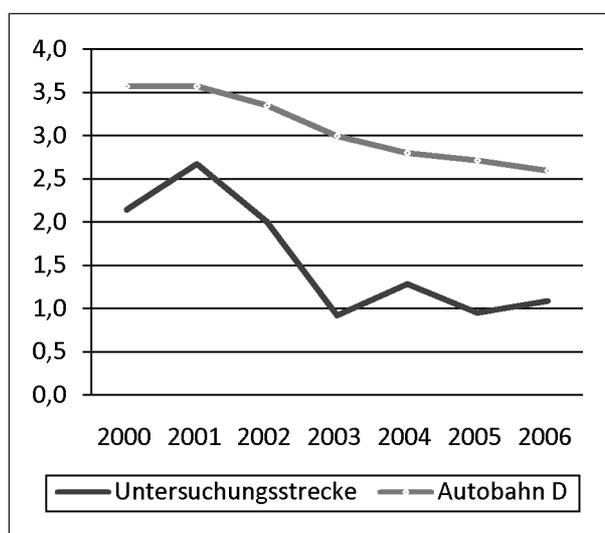


Bild 9: Verunglückte je km Straßenlänge

Die Tatsache, dass der starke Rückgang bereits im Jahr 2003 deutlich wird, obwohl die Rüttelstreifen erst im September 2003 eingefräst wurden, lässt vermuten, dass der Rückgang vorrangig auf die Geschwindigkeitsbeschränkung zurückzuführen ist.

In Bild 9 ist die Anzahl der Verunglückten je km Straßenlänge sowohl für die Untersuchungsstrecke als auch für das gesamte Autobahnnetz in Deutschland dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Anzahl der Verunglückten je km Straßenlänge auf der Untersuchungsstrecke im Vergleich zu allen Autobahnen deutlich geringer ist.

Bei der Entwicklung der Anzahl der Verunglückten je km Straßenlänge unterscheidet sich die Untersuchungsstrecke geringfügig vom Bundesdurchschnitt. Im Bundesdurchschnitt ging die Anzahl der Verunglückten je km Straßenlänge um 28 % von 3,6 im Jahr 2000 auf 2,6 im Jahr 2006 zurück. Auf der Untersuchungsstrecke konnte ein Rückgang um 48 % von 2,1 auf 1,1 Verunglückte je km Straßenlänge verzeichnet werden.

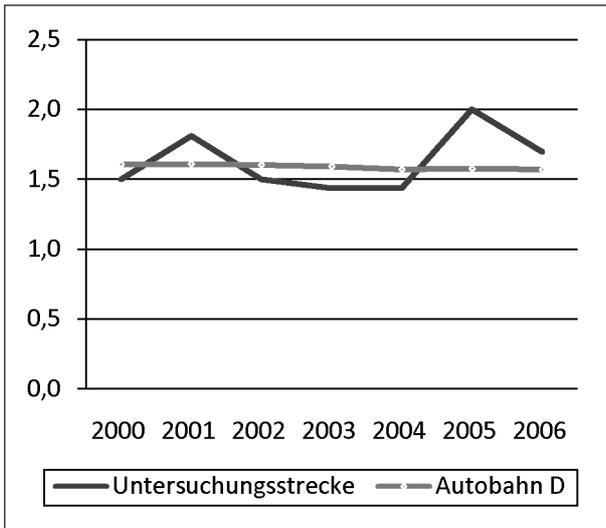


Bild 10: Verunglückte je Unfall mit Personenschaden

Die Anzahl der Verunglückten je Unfall mit Personenschaden ist von mehreren Faktoren abhängig. Maßgeblich wird die Anzahl von Verunglückten je Unfall mit Personenschaden von der Unfallschwere, aber auch vom Besetzungsgrad sowie von der Anzahl der an einem Unfall Beteiligten bestimmt. Im Durchschnitt verunglücken auf Autobahnen bei einem Unfall mit Personenschaden 1,6 Personen (Bild 10). Ein annähernd gleiches Bild zeigt sich auf der Untersuchungsstrecke. Abgesehen von kleineren Abweichungen in den Jahren 2001 und 2005, die auf die geringen Fallzahlen zurückzuführen sind, entspricht die Anzahl der Verunglückten je Unfall mit Personenschaden annähernd den Bundesdurchschnitt.

4.2.3 Unfälle nach Unfallzeit

Die Verteilung der Unfälle U(P,S) nach Monaten verdeutlicht Bild 11. Im Vergleich zur relativ konstant verlaufenden Verteilungskurve auf allen deutschen Autobahnen ist auf der Untersuchungsstrecke eine deutliche Tendenz zu einer höheren Unfallzahl in den Sommermonaten, speziell im Juli, festzustellen. Diese Verteilung der Unfälle über die Monate lässt darauf schließen, dass die Anzahl der Unfälle im Zusammenhang mit der Ferienzeit steht. In den Wintermonaten liegen die Anteile von Unfällen unterhalb des Bundesdurchschnittes.

Differenziert nach Wochentagen zeigt sich die in Bild 12 dargestellte Verteilung der Unfälle U(P). Die Kurve der Anteile von Unfällen auf der Untersuchungsstrecke hat eine ausgeprägte Spitze am Freitag, Samstag, Sonntag und Montag und erreicht am Donnerstag ihren Tiefpunkt. Im Bundes-

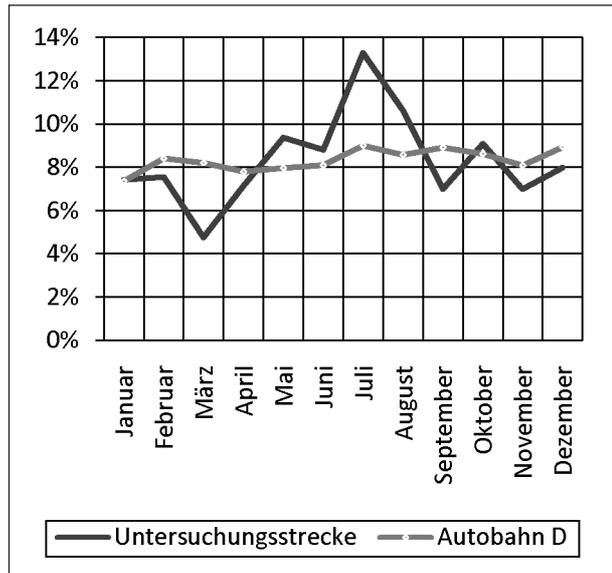


Bild 11: Verteilung der Unfälle U(P,S) nach Monaten (2000-2002)

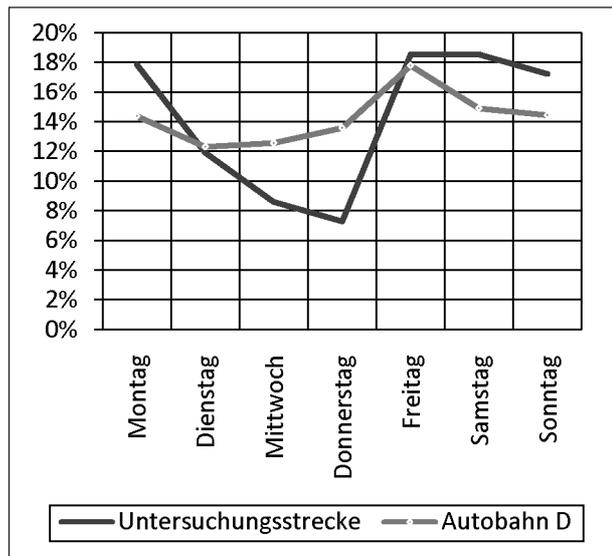


Bild 12: Verteilung U(P) nach Wochentagen (2000-2002)

durchschnitt ist nur eine ausgeprägte Spitze am Freitag zu erkennen. Vor allem die Anteile der Unfälle am Sonnabend und Sonntag sind deutlich geringer im Vergleich zur Untersuchungsstrecke. Dies bestätigt die Erkenntnisse aus der Betrachtung zum Unfallgeschehen nach Monaten, da der Ferienverkehr vorwiegend am Sonnabend und Sonntag abgewickelt wird.

Im Vergleich zwischen Bundesdurchschnitt und der Untersuchungsstrecke weicht die Verteilung der Unfälle U(P) differenziert nach der Uhrzeit nur geringfügig voneinander ab (s. Bild 13). Während auf der Untersuchungsstrecke der maximale Anteil zwischen 12 und 16 Uhr erreicht wird, bewegt sich die

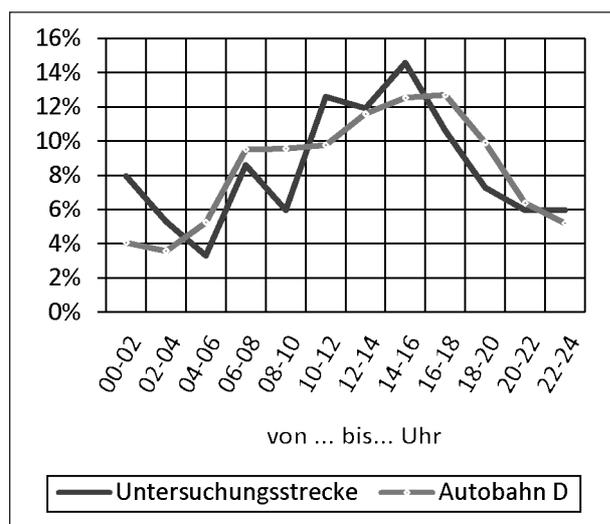


Bild 13: Verteilung U(P) nach Uhrzeit (2000-2002)

Spitze im Bundesdurchschnitt im Zeitraum zwischen 14 und 18 Uhr. Gleichzeitig ist diese nicht so stark wie auf der Untersuchungsstrecke ausgeprägt.

Der geringe Anteil von Unfällen zwischen 8 und 10 Uhr sowie der hohe Anteil von Unfällen zwischen 0 und 2 Uhr auf der Untersuchungsstrecke lassen sich am ehesten mit den geringen Unfallzahlen erklären.

4.2.4 Straßenzustand

Im Zeitraum zwischen 2000 und 2002 ereigneten sich auf der Untersuchungsstrecke 68 % der Unfälle U(P,S) bei Trockenheit, 26 % bei Nässe und 6 % bei Glätte. Die Untersuchung der Unfallschwere (mittlere Unfallkosten in 1.000 €/Unfall) von Unfällen U(P,S) in Abhängigkeit des Straßenzustandes macht deutlich, dass die Unfallschwere relativ unabhängig vom Straßenzustand ist (vgl. Bild 14). Für die Berechnung der mittleren Unfallkosten wurden aufgrund des geringen Stichprobenumfangs pauschale Unfallkostensätze verwendet.

Die Entwicklung der Anzahl von Unfällen bei trockenem und nassem Fahrbahnzustand von 2000 bis 2006 zeigt, dass die Anzahl der Unfälle bei trockener Fahrbahn stärker zurückgegangen ist als bei nasser Fahrbahn. Bei der Beurteilung der Entwicklung der Anzahl von Unfällen bei unterschiedlichen Fahrbahnzuständen wurde jedoch nicht berücksichtigt, welchen Anteil diese Fahrbahnzustände über das Jahr hatten.

In Bild 15 ist deutlich erkennbar, dass Unfälle bei Nässe am deutlichsten im Jahr 2003 zurückgegan-

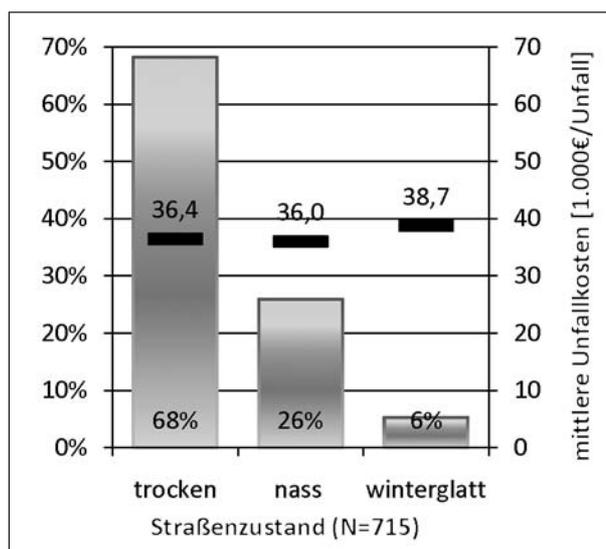


Bild 14: Straßenzustand und mittlere Unfallkosten (2000-2002)

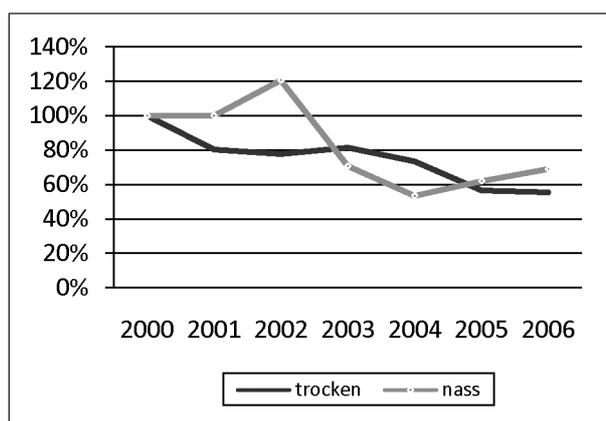


Bild 15: Entwicklung der U(P,S) bei Trockenheit/Nässe

	Trocken		Nass	
	Anzahl	%	Anzahl	%
2000	189	100	58	100
2001	152	80	58	100
2002	147	78	70	121
2003	154	81	41	71
2004	139	74	31	53
2005	107	57	36	62
2006	105	56	40	69

Tab. 5: Unfälle bei Trockenheit und Nässe

gen sind, also in dem Jahr, in dem auch die Geschwindigkeitsbeschränkung wirksam wurde. Unfälle bei trockenem Straßenzustand zeigen im Vergleich zwischen 2002 und 2003 keine Änderung. Im Jahr 2004 nahm die Anzahl von Unfällen sowohl bei nassem als auch trockenem Straßenzustand ab,

wobei der Rückgang bei nassem Straßenzustand stärker ausgeprägt war.

4.2.5 Zahl und Art der Unfallbeteiligten

Alle Fahrzeugführer und Fußgänger, die selbst oder deren Fahrzeug Schäden erlitten oder hervorgerufen haben, werden als Unfallbeteiligte bezeichnet (FGSV, 1991). Aufgrund der geringen Anzahl von Unfällen mit mehr als 3 Beteiligten werden diese zusammengefasst zu Unfällen mit 3 und mehr Beteiligten.

Wie in Bild 16 dargestellt, haben Unfälle mit einem Beteiligten (Alleinunfall) und Unfälle mit zwei Beteiligten jeweils einen Anteil von 44 %. Im direkten Vergleich ist die Unfallschwere des Alleinunfalls höher als bei Unfällen mit zwei Beteiligten. Am höchsten ist die Unfallschwere bei Unfällen mit 3 und mehr Beteiligten. Derartige Unfälle kommen jedoch relativ selten vor.

Im Vergleich zu Unfällen mit zwei Beteiligten sowie mit 3 und mehr Beteiligten ist die Anzahl der Alleinunfälle im Untersuchungszeitraum von 2000 bis 2006 nur leicht um 14 % zurückgegangen. Dagegen nahm die Anzahl von Unfällen mit zwei Beteiligten um 47 % ab.

Bei den Betrachtungen zur Art der Verkehrsbeteiligung wurden nur Alleinunfälle berücksichtigt. Bedingt durch die geringen Anteile der unterschiedlichen Fahrzeugarten am Unfallgeschehen wurde nur zwischen Pkw und Lkw unterschieden.

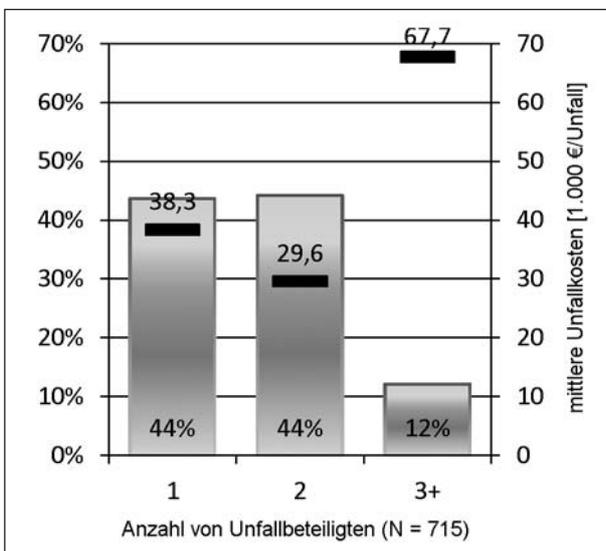


Bild 16: Anzahl von Unfallbeteiligten und mittlere Unfallkosten (2000-2002)

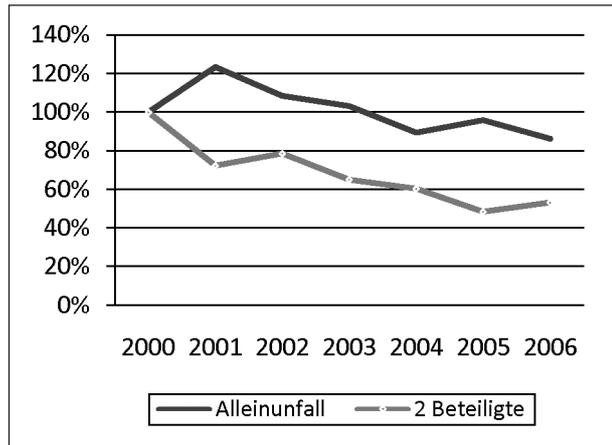


Bild 17: Entwicklung der Alleinunfälle und Unfälle mit zwei Beteiligten

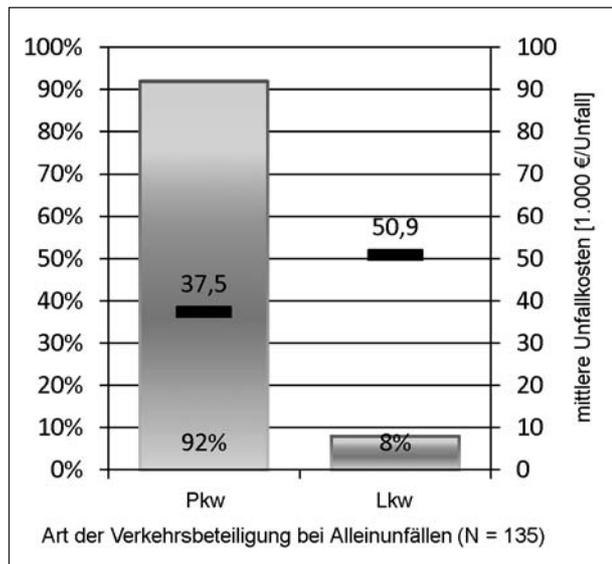


Bild 18: Art der Unfallbeteiligten und mittlere Unfallkosten (2000-2002)

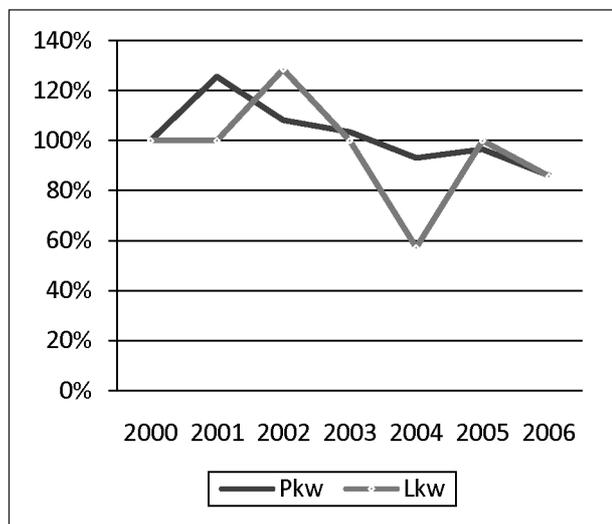


Bild 19: Entwicklung von Pkw- und Lkw-Alleinunfällen

	Alleinunfall		2 Beteiligte	
	Anzahl	%	Anzahl	%
2000	94	100	126	100
2001	116	123	91	72
2002	102	109	99	79
2003	97	103	82	65
2004	84	89	76	60
2005	90	96	61	48
2006	81	86	67	53
	Pkw-Alleinunfall		Lkw-Alleinunfall	
	Anzahl	%	Anzahl	%
2000	86	100	7	100
2001	108	126	7	100
2002	93	108	9	129
2003	89	103	7	100
2004	80	93	4	57
2005	83	97	7	100
2006	74	86	6	86

Tab. 6: Unfälle nach Anzahl und Art der Verkehrsbeteiligten

Das Unfallgeschehen auf der Untersuchungsstrecke ist überwiegend durch Pkw-Alleinunfälle gekennzeichnet. Lkw-Alleinunfälle haben nur einen kleinen Anteil am Unfallgeschehen, sind im Mittel jedoch schwerer als Pkw-Alleinunfälle. Andere Unfallbeteiligte wie Motorradfahrer sind die Ausnahme (Anteil kleiner 1 % am Unfallgeschehen).

Die Veränderung der Anzahl von Pkw- und Lkw-Alleinunfällen zwischen 2000 bis 2006 ist vernachlässigbar gering. Aufgrund der geringen Anzahl von Lkw-Unfällen lässt sich keine gesicherte Aussage hinsichtlich des Einflusses der Rüttelstreifen auf die Unfallzahl treffen.

4.2.6 Unfalltyp

Der Unfalltyp beschreibt die Konfliktsituation, die zum Unfall führte, d. h. die Phase des Verkehrsgeschehens, in der ein Fehlverhalten oder eine sonstige Ursache den weiteren Ablauf nicht mehr kontrollierbar machte (FGSV, 2003b).

Der am häufigsten auf der Untersuchungsstrecke auftretende Unfalltyp ist der Unfall im Längsverkehr (Unfalltyp 6). Dieser ist gekennzeichnet durch einen Konflikt zwischen Verkehrsteilnehmern, die sich in gleicher oder entgegengesetzter Richtung bewegen. Bei Autobahnen handelt es sich durch die bau-

	Fahrnfall		Sonstiger Unfall	
	Anzahl	%	Anzahl	%
2000	55	100	57	100
2001	74	135	51	89
2002	58	105	63	111
2003	40	73	76	133
2004	36	65	62	109
2005	45	82	57	100
2006	42	76	58	102

Tab. 7: Unfälle nach Unfalltyp

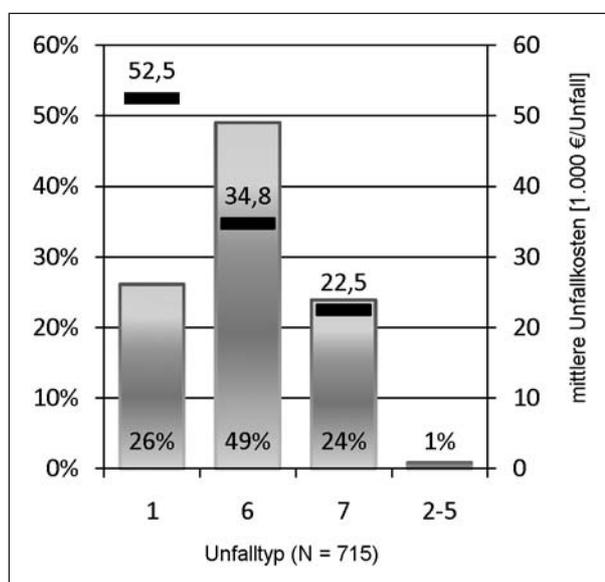


Bild 20: Unfalltyp und mittlere Unfallkosten (2000-2002)

liche Fahrtrichtungstrennung in aller Regel um Fahrzeuge, die sich in gleicher Richtung bewegen. Etwa 1/4 der Unfälle entspricht dem Fahrnfall (Unfalltyp 1), welcher durch den Verlust der Kontrolle des Fahrzeugführers über das Fahrzeug ausgelöst wurde. Sonstige Unfälle (Unfalltyp 7) sind Unfälle, die keinem anderen Unfalltyp zugeordnet werden können. Sie machen 1/4 aller Unfälle auf der Untersuchungsstrecke aus. Die Unfallschwere betreffend, ist der Fahrnfall im Vergleich zum Unfall im Längsverkehr und zum Sonstigen Unfall durch die höchsten mittleren Unfallkosten gekennzeichnet. Sonstige Unfälle weisen, wie Bild 21 zeigt, niedrige mittlere Unfallkosten auf.

Zur vertiefenden Analyse der Unfalltypen wurden in einem weiteren Schritt die zweistelligen Unfalltypen betrachtet, was die zuvor beschriebene Konfliktsituation detaillierter aufschlüsselt. Danach ereignen sich die meisten Fahrnfälle auf gerader Strecke. Dies ist vermutlich auf die gestreckte Trassierung

Unfalltyp	 61	 14	 75	 60	 63	 65	 77	 73
Anzahl	174	167	78	68	52	36	32	31
Anteil	24,3 %	23,4 %	10,9 %	9,5 %	7,3 %	5,0 %	4,5 %	4,3 %

Tab. 8: Zweistelliger Unfalltyp (2000-2002)

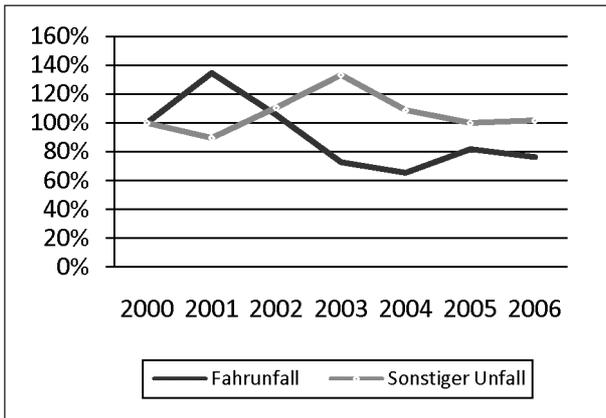


Bild 21: Entwicklung von Unfällen der Unfalltypen Fahrerunfall und Sonstiger Unfall

der Untersuchungsstrecke zurückzuführen sowie auf die Tatsache, dass die bei der Trassierung von Autobahnen häufig verwendeten großen Radien nicht eindeutig erkennen lassen, ob es sich um eine Kurve handelt.

Die meisten Unfälle im Längsverkehr ereignen sich infolge eines Staus gefolgt von Unfällen durch Auffahren auf einen Vorausfahrenden. Unfälle mit Tieren, vorwiegend Wildunfälle, sind der häufigste Sonstige Unfall. Derartige Unfälle haben einen Anteil von 11 % am Gesamtunfallgeschehen auf der Untersuchungsstrecke.

Da davon ausgegangen wird, dass Fahrerunfälle sowie Sonstige Unfälle, zu welchen u. a. auch Unfälle infolge von Unachtsamkeit zählen, durch Rüttelstreifen ggf. reduziert werden können, wird nachfolgend die zeitliche Entwicklung dieser beiden Unfalltypen betrachtet. Dabei zeigt die Entwicklung von Unfällen des Unfalltyps „Sonstiger Unfall“ keinen besonderen Rückgang. Der Anteil der Fahrerunfälle ist dagegen von 2000 bis 2006 um 20 % zurückgegangen. Ein deutlicher Rückgang der Anzahl der Fahrerunfälle ist im Jahr 2003, also dem Jahr nach Einführung der Geschwindigkeitsbeschränkung, zu erkennen.

4.2.7 Unfallart

Die Bewegungsrichtung der beteiligten Fahrzeuge zueinander beim ersten Zusammenstoß auf der Fahrbahn oder, wenn es nicht zum Zusammenstoß gekommen ist, die erste mechanische Einwirkung auf einen Verkehrsteilnehmer wird durch die Unfallart beschrieben (FGSV, 2003b). Es wird zwischen 9 Unfallarten unterschieden.

Der Zusammenstoß mit einem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet (Unfallart 2) ist vor dem Abkommen von der Fahrbahn nach rechts (Unfallart 8) bzw. nach links (Unfallart 9) die dominierende Unfallart. Werden die beiden Unfallarten 8 und 9 betrachtet, haben diese zusammen einen ähnlich hohen Anteil wie die Unfallart 2.

Die höchsten mittleren Unfallkosten hat mit 57.000 € je Unfall U(P,S) im Untersuchungszeitraum von 2000 bis 2002 jedoch die Unfallart Abkommen von der Fahrbahn nach rechts. Die niedrigsten mittleren Unfallkosten verursachen Unfälle der Unfallart Aufprall auf Hindernis auf der Fahrbahn (Unfallart 7). Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um Wildunfälle.

Es kann davon ausgegangen werden, dass durch Rüttelstreifen überwiegend Unfälle mit Abkommen von der Fahrbahn nach rechts vermieden werden können. Aufgrund dieser Vermutung wurde die Entwicklung von 2000 bis 2006 von beiden Arten von Unfällen mit Abkommen von der Fahrbahn (nach rechts und links) analysiert.

Besonders deutlich ging die Anzahl der Unfälle mit Abkommen nach rechts bei der Betrachtung der Veränderung zwischen 2003 und 2004 zurück. Der Rückgang um fast 60 % ist dabei vermutlich im Wesentlichen auf den Rüttelstreifen zurückzuführen. Dass die Anzahl der Unfälle mit Abkommen von der Fahrbahn nach rechts im Folgejahr 2005 wieder deutlich zunahm, ist vermutlich auf Schwankungen zurückzuführen, die aufgrund der geringen Fallzahlen so deutlich ausgeprägt sind.

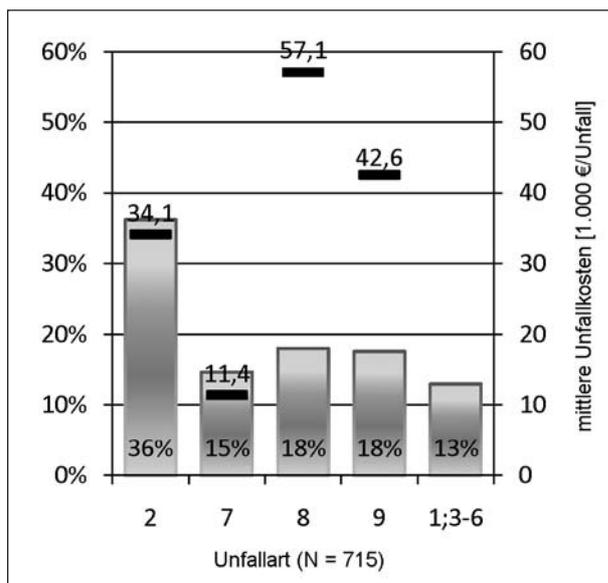


Bild 22: Unfallart und mittlere Unfallkosten (2000-2002)

	Abkommen nach rechts		Abkommen nach links	
	Anzahl	%	Anzahl	%
2000	33	100	41	100
2001	52	158	45	110
2002	44	133	40	98
2003	33	100	36	88
2004	13	39	32	78
2005	24	73	34	83
2006	20	61	35	85

Tab. 9: Unfälle nach Unfallart

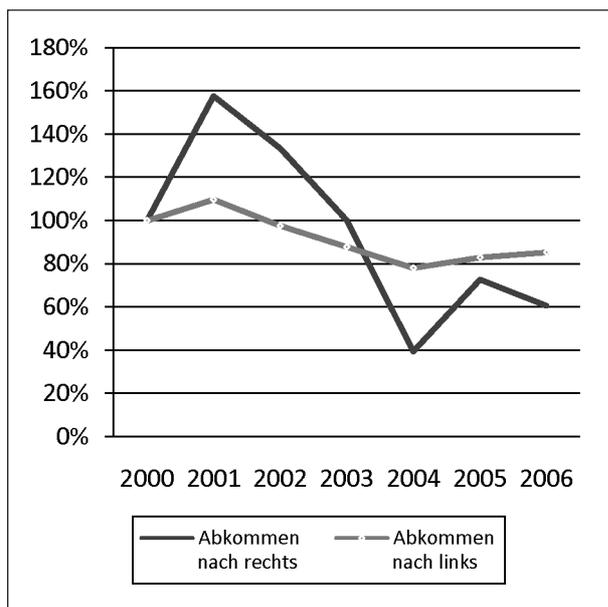


Bild 23: Entwicklung von Unfällen nach Unfallart

4.2.8 Unfallursache

Hauptunfallursache auf der Untersuchungsstrecke sind mit 78 % Fehler der Fahrzeugführer, wobei am häufigsten zu geringer Abstand (29 %) und nicht angepasste Geschwindigkeit (20 %) als Hauptunfallursache genannt wurde. Andere Fehler (i. d. R. Unachtsamkeit) haben einen Anteil von 13 %.

Nur 4 % der Unfälle auf der Untersuchungsstrecke sind auf mangelnde Verkehrstüchtigkeit zurückzuführen. Von den Unfällen, die auf mangelnde Ver-

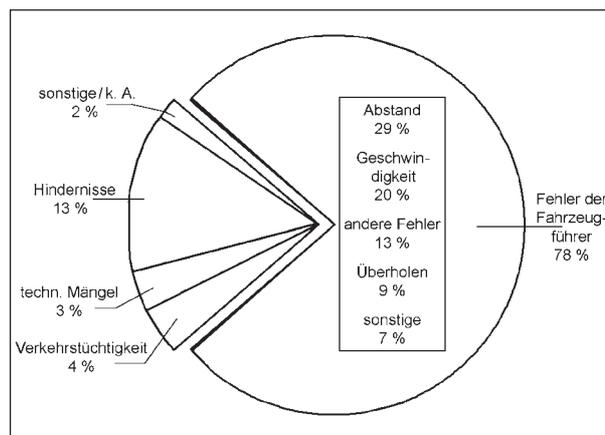


Bild 24: Verteilung der Unfallursachen (2000-2002)

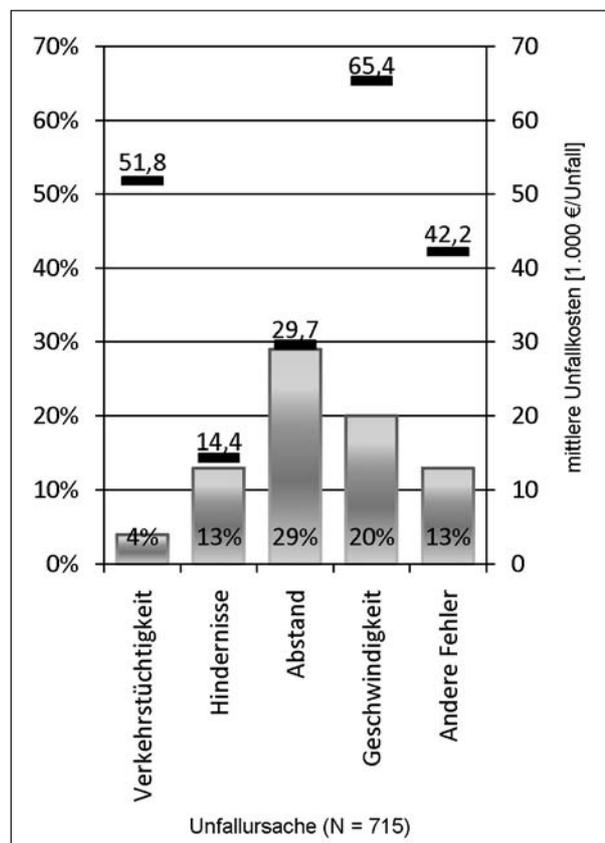


Bild 25: Unfallursachen und mittlere Unfallkosten (2000-2002)

	Verkehrstüchtigkeit		Andere Fehler	
	Anzahl	%	Anzahl	%
2000	10	100	26	100
2001	13	130	32	123
2002	7	70	32	123
2003	5	50	37	142
2004	2	20	4	15
2005	7	70	31	119
2006	3	30	24	92

Tab. 10: Unfälle nach Unfallursache

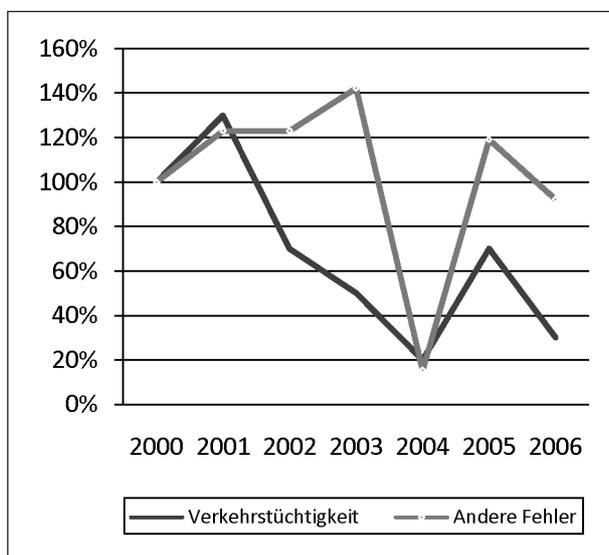


Bild 26: Entwicklung von Unfällen der Unfallursachen Verkehrstüchtigkeit und Andere Fehler

kehrstüchtigkeit zurückzuführen war, waren 1/3 durch Übermüdung verursacht. Dies bedeutet, dass die in der Literatur geschätzten Zahlen der Unfälle, die durch Übermüdung verursacht wurden, sich nicht in Daten der Unfallanzeigen widerspiegeln. Begründet werden kann dies damit, dass es für den unfallaufnehmenden Polizisten i. d. R. nicht nachvollziehbar ist, ob der Verunfallte eingeschlafen ist bzw. unaufmerksam war. Hinzu kommt, dass die wenigsten Verunfallten zugeben, welcher Fehler unfallverursachend war.

Für die am häufigsten auftretenden Unfallursachen wurden die mittleren Unfallkosten berechnet. Unfälle, bei denen mangelnde Verkehrstüchtigkeit oder nicht angepasste Geschwindigkeit angegeben wurden, haben die höchste Unfallschwere. Darunter fallen also auch Unfälle, die durch Übermüdung verursacht wurden. Durch eine vergleichsweise niedrige Unfallschwere sind Unfälle, deren Ursache

Abstand oder ein Hindernis auf der Fahrbahn war, gekennzeichnet.

Unfälle mit Unfallursache „Andere Fehler“ (i. d. R. Unaufmerksamkeit) sind von 2003 auf 2004 deutlich zurückgegangen. Im darauffolgenden Jahr 2005 sind die Zahlen jedoch wiederum deutlich gestiegen. Ein ähnliches, wenngleich ein nicht ganz so extremes Bild zeigt sich bei Unfällen, die auf mangelnde Verkehrstüchtigkeit zurückgeführt werden konnten.

Der starke Rückgang der Unfälle mit den Ursachen „Verkehrstüchtigkeit“ und „Andere Fehler“ in 2004 sowie der nachfolgende Anstieg in 2005 sind nicht erklärbar. Auf einen „Gewöhnungseffekt“ dürfte dies nicht zurückzuführen sein.

4.2.9 Beeinflussbare Unfälle

Rüttelstreifen werden mit dem Ziel eingesetzt, Unfälle, deren Ursache auf Übermüdung und Unaufmerksamkeit des Fahrers zurückzuführen ist, zu reduzieren. An dieser Stelle soll der Frage nachgegangen werden, wie Unfälle, die durch Rüttelstreifen beeinflusst oder sogar vermieden werden, aus den Unfalldaten gefiltert werden können. Dazu dienen die Unfallmerkmale Unfalltyp, Unfallart und Unfallursache.

Bei der Einordnung von Unfällen, die ggf. durch Rüttelstreifen vermieden werden können, ist eine Grundvoraussetzung, dass die Unfälle den Unfallursachen „Übermüdung“ [3] und „Andere Fehler“ [49] zugeordnet sind. Wie die Unfallanalyse nach Unfallursachen gezeigt hat, sind diese beiden Merkmale jedoch nur selten angegeben.

Unfälle, die durch Rüttelstreifen ggf. vermieden werden können, können bei der Einordnung nach dem Unfalltyp nicht einfach dem Fahrnfall zugeordnet werden. Im Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen wird beim Fahrnfall darauf hingewiesen, dass für den Fall, dass der Fahrer die Gewalt über sein Fahrzeug infolge eines Schwächeanfalls oder Übermüdung bzw. weil er stark abgelenkt ist (z. B. durch Lesen eines Stadtplanes oder die Bedienung des Radios/Navigationsgerätes) verliert, es sich nicht um einen Fahrnfall, sondern um einen Sonstigen Unfall handelt. Dies bedeutet, dass durch Rüttelstreifen beeinflussbare Unfälle streng genommen dem Unfalltyp 761 (Sonstiger Unfall infolge plötzlichen körperlichen Unvermögens, Einschlafen) oder 763 (Unfäl-

	2000-2002	2004-2006
Übermüdung [3]	7	8
Andere Fehler [49]	90	59

Tab. 11: Unfälle nach Unfallursache

	2000-2002	2004-2006
Einschlafen [761]	6	6
Unaufmerksamkeit [763]	2	4

Tab. 12: Unfälle nach Unfalltyp

le, die auf Unaufmerksamkeit zurückgeführt werden können) zugeordnet werden müssten.

Wie Tabelle 12 zeigt, sind nur wenige Unfälle den Unfalltypen 761 und 763 zugeordnet. Der überwiegende Teil der Unfälle, die auf Übermüdung und Unaufmerksamkeit zurückzuführen sind, wird wahrscheinlich fälschlicherweise bzw. aus Unkenntnis dem Fahrnfall zugeordnet. Neben dieser Problematik ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass bei der Zuordnung der Unfälle nach Unfalltyp nicht ausgeschlossen werden kann, dass der Fahrzeugführer mit seinem Fahrzeug nach links von der Fahrbahn abgekommen ist. Bei diesem Verlauf des Fahrnfalls hätten im Seitenstreifen eingefräste Rüttelstreifen keinen Einfluss auf den Unfall.

Bei der Einordnung nach der Unfallart kommen zunächst als beeinflussbare Unfälle alle Unfälle mit Abkommen von der Fahrbahn nach rechts (Unfallart 8) in Betracht. Um beispielsweise Unfälle mit Abkommen von der Fahrbahn infolge von Wild auszuschließen, werden nur Unfälle mit Abkommen von der Fahrbahn nach rechts betrachtet, die dem Unfalltyp Fahrnfall entsprechen. Durch die Kombination des Unfalltyps 1 und der Unfallart 8 werden zugleich ausschließlich Alleinunfälle betrachtet. Um Unfälle auszuschließen, welche sich in Bereichen der Einfädelungs- und Ausfädelungstreifen ereignen, müssen die Unfalltypen 12 und 13 (auf Autobahnen nur Typ 123) ausgeschlossen werden.

Das Ergebnis der Anwendung der genannten Filter ist in Tabelle 13 dargestellt. Demnach ging die Anzahl der Unfälle um 46 % von 85 auf 46 zurück. Unberücksichtigt blieb jedoch die Unfallursache. Deshalb müssen bei Unfällen, die durch Rüttelstreifen ggf. vermieden werden können, die folgenden Charakteristiken von Unfällen erfüllt sein:

Unfall mit Abkommen von der Fahrbahn nach rechts durch Kontrollverlust über das Fahrzeug

	2000-2002	2004-2006
Abkommen von der Fahrbahn nach rechts durch Kontrollverlust über das Fahrzeug (nicht im Bereich von Einfädelungs- und Ausfädelungstreifen)	85	46

Tab. 13: Unfälle nach Unfallart und Unfalltyp

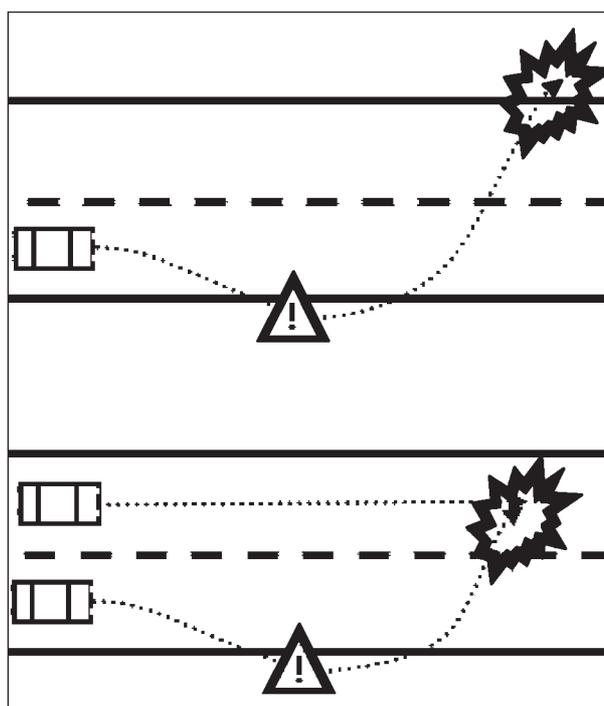


Bild 27: Negative Wirkung von Rüttelstreifen?

(nicht im Bereich von Einfädelungs- und Ausfädelungstreifen) infolge von Unaufmerksamkeit bzw. Übermüdung.

Im Untersuchungszeitraum entsprachen 70 von 1.419 Unfällen dieser Unfallcharakteristik. Dies entspricht einem Anteil von 5 %. Vor Umsetzung der Maßnahme ereigneten sich 38 beeinflussbare Unfälle (2000-2002). Nur noch 22 Unfälle ereigneten sich nach dem Einfräsen der Rüttelstreifen (2004-2006), was einem Rückgang von 42 % entspricht.

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass Rüttelstreifen derartig charakterisierte Unfälle reduzieren, jedoch anders charakterisierte Unfälle ggf. häufiger auftreten. Dazu können u. a. Unfälle mit Abkommen von der Fahrbahn nach links oder Zusammenstöße mit Fahrzeugen, welche sich in gleicher Richtung bewegen, zählen (vgl. Bild 27).

Die Einschätzung, wie viele Unfälle durch Rüttelstreifen vermieden werden können, ist bei Überlagerung von mehreren Maßnahmen anhand der Unfalldaten der Untersuchungsstrecke nur bedingt

möglich. Eine genauere Abschätzung der Auswirkung von Rüttelstreifen auf die Verkehrssicherheit wird von dem in Kapitel 5 dargestellt Vorher-Nachher-Vergleich mit Kontrollstrecke erwartet.

4.3 Unfallkenngrößen

4.3.1 Unfallkosten

Die nachfolgenden Berechnungen dienen der Zusammenfassung der Anzahl und Schwere der Unfälle sowie dem Vergleich der Verkehrssicherheit des Vorher- und Nachher-Zeitraumes und orientieren sich am Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen (FGSV, 2003b).

Da das Unfallkollektiv ausreichend groß ist, kann durch die indirekte Anpassung der Unfallkostensätze für Unfälle mit Personenschaden die Verunglücktenstruktur auf der Untersuchungsstrecke berücksichtigt werden. Die Anpassung der Unfallkostensätze $WUa(SP)$ und $WUa(LV)$ erfolgt dabei mittels Formel 2.

$$WUa(SP) = [V(GT) \cdot WV(GT) + V(SV) \cdot WV(SV) + V(LV_{U(SP)}) \cdot WV(LV) + U(SP) \cdot WUS(SP)] / U(SP)$$

$$WUa(LV) = [V(LV_{U(LV)}) \cdot WV(LV) + U(LV) \cdot WUS(LV)] / U(LV)$$

Formel 2: Angepasste Unfallkostensätze für $U(SP)$ und $U(LV)$

Die angepassten Unfallkosten für Unfälle mit Personenschaden $UKa(P)$ ergeben sich dann wie folgt nach Formel 3.

$$UKa(P) = UKa(SP) + UKa(LV) \text{ mit}$$

$$UKa(SP) = U(SP) \cdot WUa(SP)$$

$$UKa(LV) = U(LV) \cdot WUa(LV)$$

Formel 3: Angepasste Unfallkosten für $U(P)$

Die Unfallkosten von Unfällen mit Sachschaden $UK(S)$ ergeben sich aus der Summe der Unfallkosten von schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden $UK(SS)$ und sonstigen Unfällen mit Sachschaden $UK(LS)$. Für die Berechnung der beiden Unfallkosten kommen pauschale Unfallkostensätze $WU(SS)$ und $WU(LS)$ zum Einsatz.

$$UK(S) = UK(SS) + UK(LS) \text{ mit}$$

$$UK(SS) = WU(SS) \cdot U(SS)$$

$$UK(LS) = WU(LS) \cdot U(LS)$$

Formel 4: Unfallkosten von $U(S)$

Kostensätze	
WV [€/Person]	
WV(GT)	1.250.000
WV(SV)	85.000
WV(LV)	3.750
WUS [€/U]	
WUS(SP)	45.500
WUS(LV)	25.500
WU [€/U]	
WU(SS)	18.500
WU(LS)	8.000

Tab. 14: Kostensätze für Verunglückte und Unfälle (FGSV, 2003b; Preisstand: 2000)

In Tabelle 14 sind die Kostensätze WV für Verunglückte, die Kostensätze WUS für Sachschaden bei Unfällen mit Personenschäden sowie die pauschalen Kostensätze WU für Unfälle mit Sachschaden angegeben.

Die Unfallkosten ergeben sich aus der Summe der Kosten von Unfällen mit Personenschaden und der Kosten von Unfällen mit ausschließlich Sachschaden (Formel 5).

$$UK(P,S) = UKa(P) + UK(S)$$

Formel 5: Unfallkosten

Die Ergebnisse zu den Berechnungen der Unfallkosten sind in Tabelle 15 zusammengefasst. Ein Ergebnis der Berechnung ist, dass die angepassten Unfallkostensätze von Unfällen mit schwerem Personenschaden $WUa(SP)$ und damit die Unfallschwere im Vergleich zwischen Vorher- und Nachher-Zeitraum um 24 % von 325.000 €/U(SP) auf 248.000 €/U(SP) zurückgegangen sind. Der deutliche Rückgang des Unfallkostensatzes $WUa(SP)$ ist dabei besonders auf die Verringerung der Anzahl von Getöteten von 8 auf 1 zurückzuführen. Im Gegensatz dazu ist der Unfallkostensatz von Unfällen mit leichtem Personenschaden $WUa(LV)$ um lediglich 3 % von 31.000 €/U auf 30.000 €/U zurückgegangen.

Insgesamt beliefen sich die Unfallkosten $UK(P,S)$ im Vorher-Zeitraum auf rund 26 Mio. €. Im Nachher-Zeitraum betragen die Kosten nur noch rund 11 Mio. €. Dies entspricht einem Rückgang um 58 %. Inwieweit dieser Rückgang auf die beiden Maßnahmen zurückzuführen ist bzw. welche Maßnahme den größten Einfluss auf die Unfallkosten hatte, kann anhand dieser Zahlen jedoch nicht entschieden werden.

		Vorher	Nachher
U(P,S)	[-]	715	500
U(P)	[-]	151	72
U(SP)	[-]	56	22
U(LV)	[-]	95	50
U(S)	[-]	564	428
U(SS)	[-]	57	56
U(LS)	[-]	507	372
GT	[-]	8	1
SV	[-]	65	37
LV	[-]	172	81
LV bei U(SP)	[-]	31	18
LV bei U(LV)	[-]	141	63
WUa(SP)	[1.000 €/U]	325	248
WUa(LV)	[1.000 €/U]	31	30
UKa(SP)	[1.000 €]	18.189	5.464
UKa(LV)	[1.000 €]	2.951	1.511
UKa(P)	[1.000 €]	21.141	6.975
UK(SS)	[1.000 €]	1.055	1.036
UK(LS)	[1.000 €]	4.056	2.976
UK(S)	[1.000 €]	5.111	4.012
UK(P,S)	[1.000 €]	26.251	10.987

Tab. 15: Vorher-Nachher-Vergleich der Unfallkosten

4.3.2 Dichten

Das Maß für die (längenbezogene) Häufigkeit, mit der sich Unfälle während eines bestimmten Zeitraumes auf einem bestimmten Straßenabschnitt ereignet haben, wird durch die Unfalldichte (UD) angegeben (FGSV, 2003a). Durch die Angabe der Unfallkostendichte (UKD) wird zusätzlich die Unfallschwere der Unfälle berücksichtigt.

Nach Formel 6 ergeben sich die in Tabelle 16 dargestellten UD und UKD für den Vorher- und Nachher-Zeitraum.

$$UD = \frac{U}{L \cdot t} [U/(km \cdot a)]$$

$$UKD = \frac{UK}{1000 \cdot L \cdot t} [1000\text{€}/(km \cdot a)]$$

Formel 6: Unfalldichte und Unfallkostendichte (FGSV, 2003a)

Die Unfalldichte im Vorher-Zeitraum beträgt demnach 6,6 U/(km·a) und 4,6·U/(km·a) im Nachher-Zeitraum. Die Unfallkostendichte ging von 243.700 €/km·a im Vorher-Zeitraum auf 102.000 €/km·a

		Vorher	Nachher
UD	[U/(km · a)]	6,6	4,6
UKD	[1.000 €/km · a]	243,7	102,0

Tab. 16: Vorher-Nachher-Vergleich Unfalldichte und Unfallkostendichte

im Nachher-Zeitraum zurück. Somit nahmen sowohl die Unfallanzahl als auch die Unfallschwere auf der Untersuchungsstrecke ab.

4.3.3 Raten

Die Unfallrate beschreibt die durchschnittliche Anzahl der Unfälle, die auf eine Fahrleistung von 1 Mio. Fahrzeugkilometer im untersuchten Streckenabschnitt entfallen. Die Unfallkostenrate berücksichtigt zusätzlich die Unfallschwere, indem die durch die Unfälle verursachten volkswirtschaftlichen Kosten auf die entsprechende Fahrleistung bezogen werden. Unfallrate (UR) und Unfallkostenrate (UKR) berechnen sich nach Formel 7.

$$UR = \frac{10^6 \cdot U}{365 \cdot DTV \cdot L \cdot t} [U/10^6 \text{ Kfz} \cdot \text{km}]$$

$$UKR = \frac{1000 \cdot UK}{365 \cdot DTV \cdot L \cdot t} [€/1.000 \text{ Kfz} \cdot \text{km}]$$

Formel 7: Unfallrate und Unfallkostenrate (FGSV, 2003a)

Der für die Berechnung benötigte Wert für die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) berechnet sich nach FGSV (2003a) bei unterschiedlichen Verkehrsstärken auf Teilabschnitten nach Formel 8.

$$DTV = \frac{\sum DTV_i \cdot L_i}{L} [\text{Kfz}/d]$$

Formel 8: Mittlere Verkehrsstärke DTV (FGSV, 2003a)

Für die Untersuchungsstrecke ergeben sich nach Tabelle 17 eine DTV von 21.365 Kfz/d für das Jahr 2000 und eine DTV von 20.555 Kfz/d für das Jahr 2005.

Die mittlere DTV des Jahres 2000 dient der Berechnung der UR und UKR im Vorher-Zeitraum (2000-2002). Für die Berechnung des Nachher-Zeitraumes (2004-2006) dient der DTV-Wert des Jahres 2005.

Abschnitt	Länge [km]	DTV 2000 [Kfz/d]	DTV 2005 [Kfz/d]
Herzprung–Neuruppin	23,6	20.900	20.150
Neuruppin–Neuruppin–Süd	6,9	21.950	20.850
Neuruppin–Süd–Fehrbellin	5,4	22.650	21.950
Mittlerer DTV		21.365	20.555

Tab. 17: DTV auf der Untersuchungsstrecke

		Vorher	Nachher
UR	[U]/(10 ⁶ Kfz · km)]	0,9	0,6
UKR	[€]/(1.000 Kfz · km)]	31,3	13,6

Tab. 18: Vorher-Nachher-Vergleich der Unfallrate und Unfallkostenrate

Die Entwicklung zeigt, dass die Maßnahmen Rüttelstreifen und Geschwindigkeitsbeschränkung zu einer deutlichen Verbesserung der Verkehrssicherheit auf dem betrachteten Teilabschnitt der A 24 beigetragen haben.

5 Vorher-Nachher-Vergleich mit Kontrollstrecke

5.1 Grundlagen

5.1.1 Methodik

Zur Überprüfung der Maßnahmenwirksamkeit wird analog den Hinweisen zur Methodik der Untersuchung von Straßenverkehrsunfällen (FGSV, 1991) ein Vorher-Nachher-Vergleich mit Kontrollstrecke durchgeführt. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass neben dem Unfallgeschehen auf der Untersuchungsstrecke auch das Unfallgeschehen auf einer Kontrollstrecke untersucht wird. Dadurch ist es möglich, maßnahmenfremde Einflüsse auf die Unfallentwicklung im Untersuchungszeitraum zu berücksichtigen und somit die alleinige Wirkung der untersuchten Maßnahme zu quantifizieren.

Anhand der in Tabelle 19 dargestellten „Vierfeldertafel“ lassen sich der Maßnahmefaktor m sowie das Konfidenzintervall m_u und m_o mit Formel 9 bestimmen.

$$m = e^{-4c}$$

$$m_u = e^{-4(c+1,96s)}$$

$$m_o = e^{-4(c-1,96s)}$$

Formel 9: Maßnahmefaktor und Konfidenzintervall (FGSV, 1991)

	Zeitraum	
	Vorher	Nachher
Untersuchungsstrecke	n_{11} Ohne Maßnahme	n_{12} Mit Maßnahme
Kontrollstrecke	n_{21} Ohne Maßnahme	n_{22} Ohne Maßnahme

Tab. 19: Schema des Vorher-Nachher-Vergleichs mit Kontrollstrecke (FGSV, 1991)

Die beiden Hilfsgrößen c und s lassen sich mit Formel 10 berechnen.

$$c = \frac{1}{4} \cdot (\ln n_{11} - \ln n_{12} - \ln n_{21} + \ln n_{22})$$

$$s = \frac{1}{4} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{n'_{11}} + \frac{1}{n'_{12}} + \frac{1}{n'_{21}} + \frac{1}{n'_{22}}\right)}$$

Formel 10: Hilfsgrößen c und s (FGSV, 1991)

Bei der Berechnung der Hilfsgröße s ist zu berücksichtigen, dass n'_{ij} dem Wert der Vierfeldertafel erhöht um 0,5 entspricht.

Generell ist bei der Ermittlung des Maßnahmefaktors zu beachten, dass für alle vier Felder das Produkt aus Zeilen- und Spaltensumme größer als $5 \cdot n$ ist (Vierfeldertest).

Unter Berücksichtigung der Unfallentwicklung auf der Kontrollstrecke gibt der Maßnahmefaktor die Maßnahmenwirksamkeit an. Beträgt der Maßnahmefaktor 1, so ist die Maßnahme ergebnisneutral. Ein Maßnahmefaktor $m > 1$ gibt eine Verschlechterung der Verkehrssicherheit durch die vorgenommene Maßnahme an. Beträgt der Maßnahmefaktor beispielsweise 1,10, so bedeutet dies, dass die Unfallzahl n_{12} maßnahmebedingt um 10 % über dem sonst zu erwartenden Wert liegt. Ist der Maßnahmefaktor $m < 1$, beispielsweise 0,60, so liegt die Unfallzahl n_{12} maßnahmebedingt um 40 % unter dem sonst zu erwartenden Wert.

Aufgrund dessen, das sich aus den Unfallzahlen nur eine Schätzung von m ergibt, ist neben der Angabe des Maßnahmefaktors die Angabe des Vertrauensbereichs (Konfidenzintervall) notwendig. Die Bestimmung des Konfidenzintervalls dient der Angabe des Bereiches, in den der reale Maßnahmefaktor mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit (95 %) liegt. Die Maßnahmenwirksamkeit liegt mit großer Wahrscheinlichkeit – unter folgenden Annahmen ($m_u = 0,40$ und $m_o = 0,80$) – zwischen 20 % und 60 %. Für den Fall, dass das Konfidenzintervall den Wert 1 einschließt, ist die Wirksamkeit

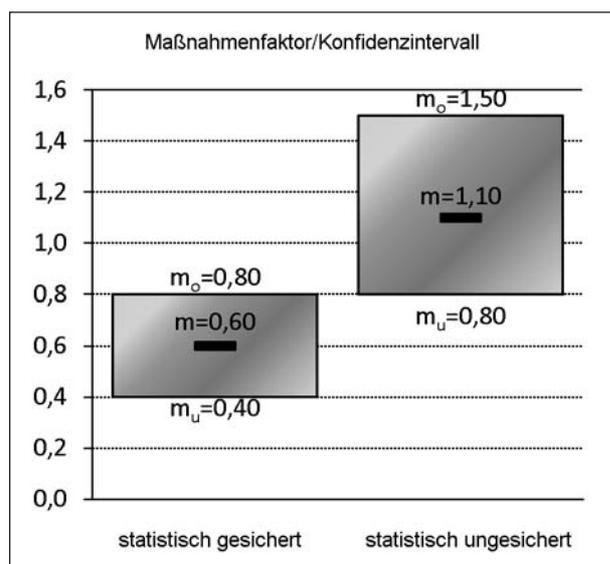


Bild 28: Grafische Darstellung des Maßnahmefaktors und Konfidenzintervalls

der Maßnahme als nicht statistisch gesichert anzunehmen. Jedoch ist je nach Lage des Maßnahmefaktors und der Größe des Konfidenzintervalls eine Tendenz zu erkennen.

In Kapitel 5.2 wird das vorgestellte Verfahren zum Vorher-Nachher-Vergleich mit Kontrollstrecke angewandt.

5.1.2 Festlegung Kontrollstrecke

Bei der Festlegung der Kontrollstrecke muss gewährleistet werden, dass wirksame Einflüsse, soweit diese sich verändern, bei der Untersuchungs- und Kontrollstrecke dies in gleicher Weise tun.

Da während des Untersuchungszeitraumes zwischen 2000 und 2006 zusätzlich zur Umsetzung des Rüttelstreifens eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf 130 km/h eingeführt wurde, kommen als Kontrollstrecke nur Streckenabschnitte in Betracht, auf denen über den Untersuchungszeitraum dieselben Geschwindigkeitsbeschränkungen wie auf der Untersuchungsstrecke galten. Dadurch wirkt der Einfluss der Geschwindigkeitsbeschränkung auf das Unfallgeschehen sowohl für die Untersuchungs- als auch für die Kontrollstrecke. Die Maßnahmenwirksamkeit des Rüttelstreifens kann somit unabhängig von den Auswirkungen der Geschwindigkeitsbeschränkung bestimmt werden. Da auf dem gesamten Abschnitt der A 24 zwischen den Autobahndreiecken Wittstock und Havelland im Dezember 2002 eine Geschwindigkeitsbeschränkung angeordnet wurde, kann als Kontroll-

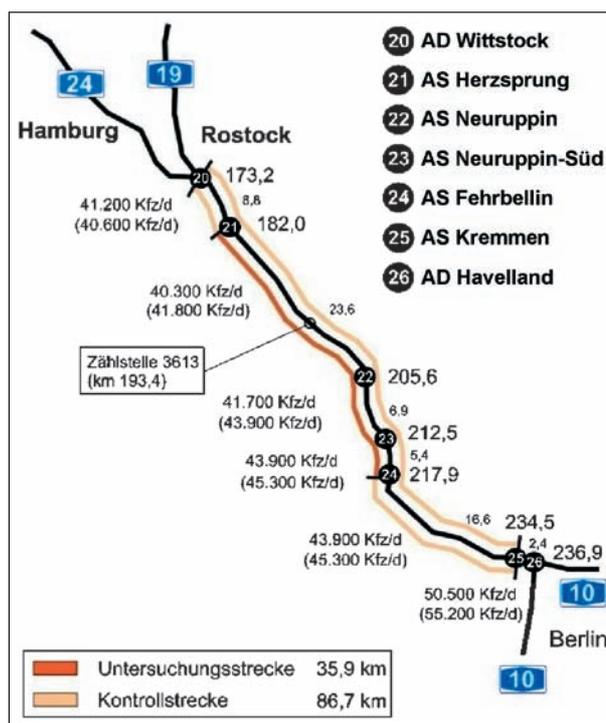


Bild 29: Übersicht Untersuchungs- und Kontrollstrecke sowie DTV für das Jahr 2005 (2000)

strecke der gesamte Streckenabschnitt herangezogen werden.

Da die Untersuchungs- und Kontrollstrecke annähernd identische Verkehrsbelastungen aufweisen sollten, wurden die Zähldaten der Straßenverkehrszählung (SVZ) der Jahre 2000 und 2005 analysiert (LENSING, 2003; KATHMANN et al., 2007).

In Bild 29 sind die DTV-Werte aus der SVZ der Jahre 2000 und 2005 jeweils abschnittsweise angegeben. Für das Jahr 2000 sind die DTV-Werte über den gesamten Streckenverlauf homogen, mit Ausnahme des Streckenabschnittes zwischen AS Kremmen und dem AD Havelland. Abweichend von einer mittleren Verkehrsbelastung von 40.000 und 45.000 Kfz/d liegt die Verkehrsbelastung auf diesem Streckenabschnitt mit 55.000 Kfz/d deutlich höher. Für das Jahr 2005 zeigt sich zwar ein weniger deutlicher Unterschied, trotzdem wird der Streckenabschnitt zwischen AS Kremmen und dem AD Havelland aufgrund der deutlich höheren Verkehrsbelastung auf dem vergleichsweise sehr kurzen Abschnitt nicht zur Kontrollstrecke gezählt.

Weiterhin wurde überprüft, ob die DTV getrennt nach Fahrtrichtungen homogen ist. Zur Überprüfung wurden die Zähldaten der Zählstelle „Netzeband“ (km 193,4) über den gesamten Untersuchungszeitraum differenziert nach Fahrtrichtungen

	DTV [Kfz/d]		
	Gesamt	Richtung Hamburg	Richtung Berlin
2000	41.749	20.779	20.970
2001	40.622	20.275	20.347
2002	41.164	20.455	20.709
2003	41.965	20.977	20.989
2004	42.322	21.207	21.116
2005	40.245	20.187	20.058
2006	39.333	19.803	19.530

Tab. 20: DTV-Werte der Zählstelle Netzeband (Jahresauswertungen automatischer Zählstellen)

betrachtet. Es konnte festgestellt werden, dass die DTV-Werte differenziert nach Fahrtrichtung in beiden Fahrtrichtungen annähernd gleich hoch sind (Tabelle 20). Da keine abschnittsweise richtungsbezogenen DTV-Werte vorlagen, wird davon ausgegangen, dass die Änderungen über den gesamten Streckenabschnitt nahezu konstant sind. Der Streckenabschnitt zwischen AS Kremmen und AD Wittstock in Richtung Hamburg ist somit als Kontrollstrecke betreffend dieser Fragestellung geeignet.

Des Weiteren wurde anhand von Ganglinien überprüft, inwieweit sich das Verkehrsaufkommen getrennt nach Fahrtrichtungen zeitlich verteilt. Die Tages- und Wochenganglinien sollten dabei nahezu identisch sein, da somit davon ausgegangen werden kann, dass die Verkehre (Freizeitverkehr, Urlaubsverkehr,...) in beiden Fahrtrichtungen annähernd identisch sind. Die verschiedenen Ganglinientypen konnten anhand von Zählwerten der Zählstelle ermittelt werden und liegen im Falle der A 24 für die Messstelle „Netzeband“ vor. Für das Jahr 2005 gelten die folgenden Ganglinien:

- Die Wochenganglinie entspricht in beiden Fahrtrichtungen dem Typ D (Maximum Montag, Freitag, Sonntag; Minimum Samstag).
- Die Tagesganglinien am Montag und Dienstag bis Donnerstag entsprechen dem Typ C (relativ ausgeglichene Verkehrsverteilung tagsüber), am Freitag dem Typ E (breites Maximum am Nachmittag).
- Am Samstag und Sonntag unterscheiden sich die Tagesganglinien in Abhängigkeit der Fahrtrichtung minimal. So entspricht die Tagesganglinie am Samstag in Fahrtrichtung Berlin dem Typ

B (nach Vormittagsspitze stetig abfallend) und in Richtung Hamburg dem Typ F (nach ausgeprägter Vormittagsspitze stetig abfallend). Am Sonntag entspricht die Tagesganglinie in Fahrtrichtung Berlin dem Typ D (Abendsspitze) und in Fahrtrichtung Hamburg dem Typ A (relativ ausgeglichene Verkehrsverteilung tagsüber).

Die Tages- und Wochenganglinien in beiden Fahrtrichtungen unterscheiden sich demnach nur unwesentlich und werden bei der Festlegung der Kontrollstrecke somit vernachlässigt.

Nicht berücksichtigt wurde, wie sich das auf Teilen der Untersuchungs- und Kontrollstrecke eingeführte Lkw-Überholverbot auswirkt. Da sich das Lkw-Überholverbot prozentual gleichmäßig auf Untersuchungs- und Kontrollstrecke verteilt, kann davon ausgegangen werden, dass die Effekte annähernd identisch auf der Untersuchungs- und Kontrollstrecke auftreten.

5.2 Hypothesen zum Einfluss der Rüttelstreifen

Um einen ergebnisorientierten Vorher-Nachher-Vergleich mit Kontrollstrecke vor dem Hintergrund der Wirkung von Rüttelstreifen auf das Unfallgeschehen durchzuführen, wurden Hypothesen aufgestellt. Bei der Erarbeitung der Hypothesen wurde der Frage nachgegangen, welche Auswirkungen Rüttelstreifen auf spezielle Unfallmerkmale haben.

5.2.1 Hypothese 1: Reduktion der Unfallzahlen und der Unfallschwere

Es wird vermutet, dass sich durch Rüttelstreifen sowohl die Anzahl von Unfällen als auch die Unfallschwere verringern. Hintergrund dieser Hypothese ist, dass zum einen speziell die Anzahl der Unfälle mit Abkommen von der Fahrbahn zurückgeht und zum anderen bei unvermeidbaren Unfällen ggf. durch den Rüttelstreifen mehr Zeit zur Verfügung steht, um die Geschwindigkeit und somit die Unfallschwere zu reduzieren.

Die Unfallzahlen für unterschiedliche Unfallkategorien des Vorher- und Nachher-Zeitraumes sind in Tabelle 21 dargestellt. Diese bilden die Basis für die Berechnung des Maßnahmefaktors sowie des oberen und unteren Konfidenzintervalls.

	2000-2002	2004-2006	Veränderung
U(P,S)			
Untersuchungsstrecke	715	500	-30 %
Kontrollstrecke	1.618	1.142	-29 %
U(P)			
Untersuchungsstrecke	151	72	-52 %
Kontrollstrecke	321	144	-55 %
U(S)			
Untersuchungsstrecke	564	428	-24 %
Kontrollstrecke	1.297	998	-23 %
U(GT)			
Untersuchungsstrecke	7	1	-85 %
Kontrollstrecke	8	4	-50 %
U(SP)			
Untersuchungsstrecke	56	22	-61 %
Kontrollstrecke	92	43	-53 %
U(LV)			
Untersuchungsstrecke	95	50	-47 %
Kontrollstrecke	229	101	-56 %
U(SS)			
Untersuchungsstrecke	57	56	-2 %
Kontrollstrecke	150	122	-19 %
U(LS)			
Untersuchungsstrecke	507	372	-27 %
Kontrollstrecke	1.147	876	-24 %

Tab. 21: Vorher-Nachher-Vergleich U(P,S) nach Unfallschwere

Wie Bild 30 zeigt, sind die Ergebnisse aller 8 betrachteten Unfallkategorien nicht statistisch gesichert, da das Konfidenzintervall den Wert 1 einschließt, bzw. sind wie bei den Unfällen mit Getöteten U(GT) die Anforderungen des Vierfeldertest nicht erfüllt. Dennoch lassen sich tendenzielle Aussagen zur Wirksamkeit der Rüttelstreifen treffen. Danach kann die Wirkung der Rüttelstreifen so charakterisiert werden, dass sich Rüttelstreifen insbesondere auf Unfälle mit Getöteten und Unfälle mit schwerem Personenschaden positiv auswirken.

Jedoch ist die Reduktion aufgrund der geringen Anzahl von schweren Unfällen im Untersuchungszeitraum nur als grobe Tendenz einzustufen. Bei Unfällen mit Leichtverletzten und schwerwiegendem Sachschaden zeigt die Analyse eine negative Maßnahmewirkung.

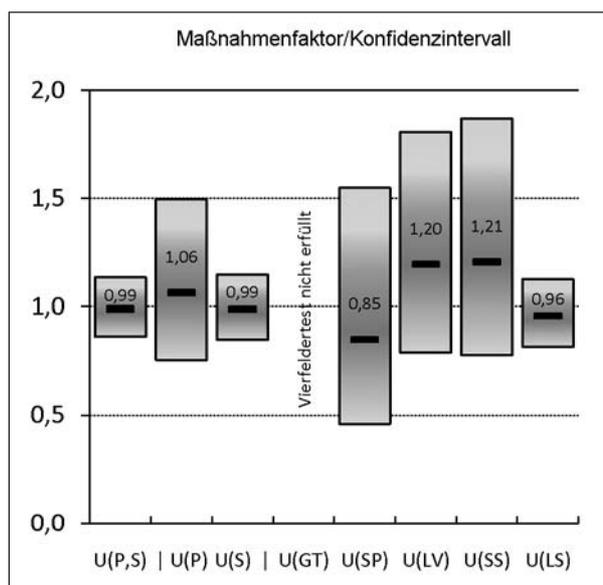


Bild 30: Maßnahmefaktor und Konfidenzintervall für verschiedene Unfallschwerekategorien

In der Summe über alle Unfallkategorien haben Rüttelstreifen dadurch kaum einen Einfluss auf die Anzahl von Unfällen. Das Potenzial der Rüttelstreifen liegt somit insbesondere in der Reduktion der schweren Unfälle.

5.2.2 Hypothese 2: Reduktion von Sonstigen Unfällen

Wie die Analyse zu den beeinflussbaren Unfällen (vgl. Kapitel 4.2.6) gezeigt hat, müssten Unfälle infolge von Übermüdung und Unaufmerksamkeit dem Unfalltyp 7 „Sonstiger Unfall“ zugeordnet werden. Wie jedoch Bild 31 zeigt, hat die Anzahl der „Sonstigen Unfälle“ sowohl bei U(P,S) als auch bei U(P) maßnahmebedingt zugenommen und nicht wie vermutet abgenommen. Dies liegt vor allem daran, dass der überwiegende Anteil von Unfällen infolge von Übermüdung/Unaufmerksamkeit höchstwahrscheinlich dem Unfalltyp „Fahrerfall“ zugeordnet wird. Der Anstieg der Sonstigen Unfälle hängt vermutlich mit Wildunfällen zusammen, deren Entwicklung durch die Rüttelstreifen nicht beeinflusst wird.

Erwartungsgemäß reduziert sich die Anzahl von Fahrerfällen (Unfalltyp 1) um 23 % bei U(P,S) und um 4 % bei U(P). Dies zeigt jedoch nur eine Tendenz, da das Konfidenzintervall den Wert eins einschließt.

Auswirkungen von Rüttelstreifen auf die Anzahl von Unfällen im Längsverkehr konnten nicht nachgewiesen werden. Der Maßnahmefaktor liegt sowohl

	2000-2002	2004-2006	Veränderung
Unfalltyp 1 – „Fahrunfall“			
Untersuchungsstrecke	187	123	-34 %
Kontrollstrecke	358	305	-15 %
Unfalltyp 6 – „Längsverkehr“			
Untersuchungsstrecke	351	192	-45 %
Kontrollstrecke	822	456	-45 %
Unfalltyp 7 – „Sonstiger Unfall“			
Untersuchungsstrecke	171	177	+4 %
Kontrollstrecke	418	362	-13 %

Tab. 22: Vorher-Nachher-Vergleich U(P,S) nach Unfalltyp

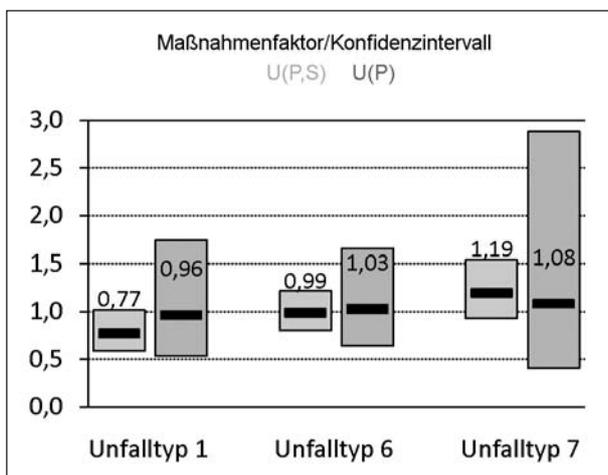


Bild 31: Maßnahmenfaktor und Konfidenzintervall nach Unfalltyp

bei den Unfällen U(P,S) als auch U(P) annähernd im maßnahmeneutralen Bereich.

5.2.3 Hypothese 3: Reduktion von Unfällen mit Abkommen von der Fahrbahn nach rechts

Es wird davon ausgegangen, dass sich durch ein-gefräste Rüttelstreifen ein Teil der Unfälle mit Abkommen von der Fahrbahn nach rechts vermeiden lässt. Im Rahmen des Vorher-Nachher-Vergleiches mit Kontrollstrecke wurden ergänzend die Unfallarten mit den höchsten Anteilen am Unfallgeschehen untersucht. Zu diesen zählen neben der Unfallart 8 (Abkommen von der Fahrbahn nach rechts) die Unfallarten 3, 7 und 9.

Nach Bild 32 nimmt die Anzahl der Unfälle U(P,S) mit Abkommen von der Fahrbahn nach rechts (Unfallart 8) statistisch gesichert um 43 % ab. Dies ist besonders vor dem Hintergrund positiv, dass Unfäl-

	2000-2002	2004-2006	Veränderung
Unfallart 3 – „gleicher Richtung“			
Untersuchungsstrecke	63	44	-30 %
Kontrollstrecke	167	137	-18 %
Unfallart 7 – „Hindernis“			
Untersuchungsstrecke	105	134	+28 %
Kontrollstrecke	254	256	+1 %
Unfallart 8 – „Abkommen rechts“			
Untersuchungsstrecke	129	57	-56 %
Kontrollstrecke	269	209	-22 %
Unfallart 9 – „Abkommen links“			
Untersuchungsstrecke	126	101	-20 %
Kontrollstrecke	283	182	-36 %

Tab. 23: Vorher-Nachher-Vergleich U(P,S) nach Unfallart

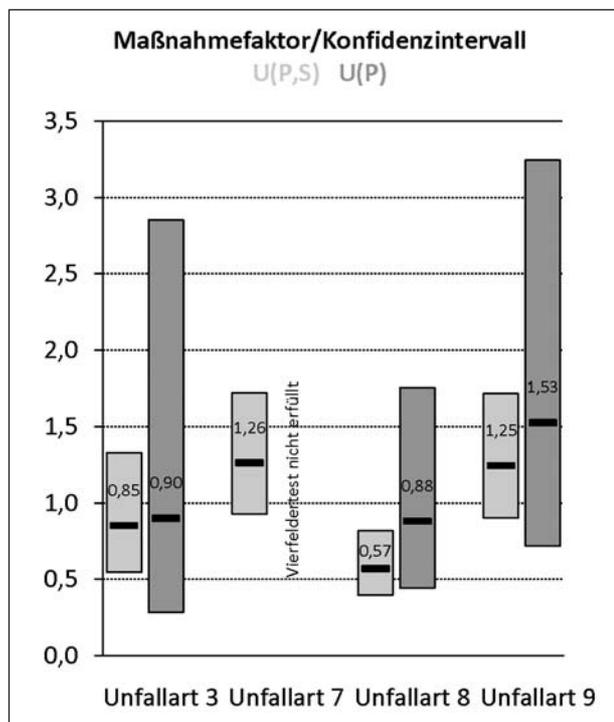


Bild 32: Maßnahmenfaktor und Konfidenzintervall nach Unfallart

le mit Abkommen von der Fahrbahn nach rechts durch relativ hohe mittlere Unfallkosten (vgl. Kapitel 4.2.4) gekennzeichnet sind. Im Gegensatz zu der deutlichen Reduktion von U(P,S) zeigt sich bei Betrachtung nur der U(P) ein geringerer Rückgang, der aufgrund der niedrigen Fallzahlen nicht statistisch gesichert ist.

Das genau umgekehrte Bild zeigt sich bei Unfällen mit Abkommen von der Fahrbahn nach links (Un-

fallart 9). Diese nehmen maßnahmebedingt um 25 % und bei Betrachtung der Unfälle mit Personenschaden U(P) sogar um 53 % zu. Diese Entwicklung hängt möglicherweise damit zusammen, dass es zu einer Verlagerung von der Unfallart 8 zur Unfallart 9 kommt, wenn der Fahrzeugführer mit seinem Fahrzeug zunächst nach rechts von der Fahrbahn abkommt, durch den Rüttelstreifen aufgeschreckt wird, dadurch das Lenkrad verreit und infolgedessen ins Schleudern gerät und nach links von der Fahrbahn abkommt.

Die Vermutung, dass sich infolge der Rüttelstreifen mehr Zusammenstöße mit Fahrzeugen ereignen, die seitlich in gleicher Richtung fahren (Unfallart 3), konnte nicht bestätigt werden (vgl. Kapitel 4.2.6). Die Anzahl von U(P,S) der Unfallart 3 nimmt sogar um 15 % ab.

5.2.4 Hypothese 4: Reduktion von Unfällen infolge von Übermüdung oder Unaufmerksamkeit

Ob Unfälle infolge von Übermüdung oder Unaufmerksamkeit durch Rüttelstreifen vermieden werden können, soll an dieser Stelle überprüft werden.

Besonders bei Unfällen infolge von „Anderen Fehlern“ (i. d. R. Unaufmerksamkeit) zeigen die Rüttelstreifen ihr Potenzial. Statistisch gesichert verringert sich die Anzahl der Unfälle infolge von „Anderen Fehlern“ um 34 %.

Unfallursachen bezüglich der Verkehrstüchtigkeit werden neben der „Übermüdung“ auch nach „Alkoholeinfluss“, Drogen“ und „sonstigen körperlichen oder geistigen Mängel“ differenziert. Im Rahmen der Untersuchung wurden neben der Ursache „Übermüdung“ auch die weiteren Ursachen bezüglich der Verkehrstüchtigkeit einbezogen.

Aussagen über die Entwicklung der Unfälle infolge von Übermüdung sind problematisch, da die Datenbasis zu gering ist. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sich die Anzahl der Unfälle infolge von Übermüdung nicht wie in Bild 33 und Tabelle 24 dargestellt, erhöhen wird.

Bezüglich der Ursache „Alkoholeinfluss“ ergibt die Berechnung des Maßnahmefaktors eine Reduktion der Unfälle um über 50 %. Diese Aussage ist allerdings statistisch nicht gesichert.

Werden alle Unfälle mit der Ursache Verkehrstüchtigkeit (Alkohol, Drogen, Übermüdung, körperliche und geistige Mängel) zusammengefasst betrachtet,

	2000-2002	2004-2006	Veränderung
Verkehrstüchtigkeit			
Untersuchungsstrecke	30	14	-53 %
Kontrollstrecke	65	40	-38 %
Übermüdung			
Untersuchungsstrecke	7	8	+14 %
Kontrollstrecke	27	22	-19 %
Alkohol			
Untersuchungsstrecke	18	3	-83 %
Kontrollstrecke	31	13	-58 %
Geschwindigkeit			
Untersuchungsstrecke	143	97	-32 %
Kontrollstrecke	332	247	-26 %
Andere Fehler			
Untersuchungsstrecke	90	59	-34 %
Kontrollstrecke	153	153	0 %

Tab. 24: Vorher-Nachher-Vergleich U(P,S) nach Unfallursache

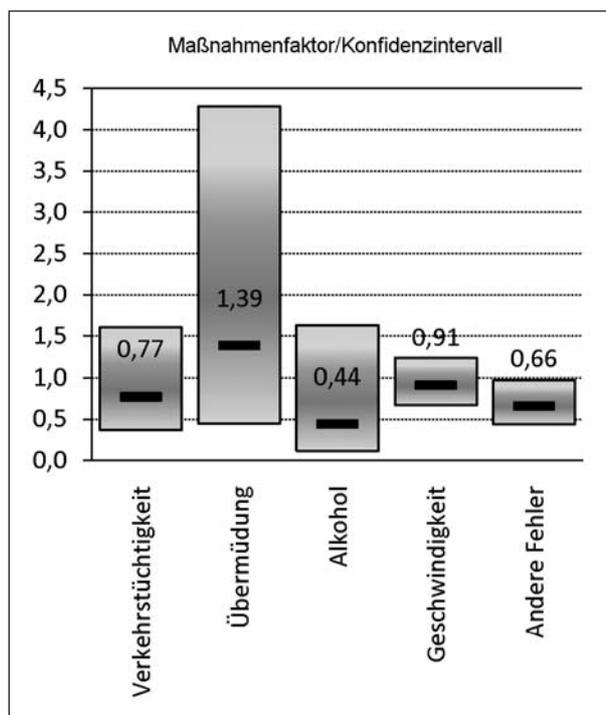


Bild 33: Maßnahmefaktor und Konfidenzintervall nach Unfallursache

kann deren Anzahl durch Rüttelstreifen statistisch gesichert um 23 % reduziert werden.

Rüttelstreifen haben nur einen kleinen positiven Einfluss auf Unfälle, welche sich infolge von nicht angepasster Geschwindigkeit (mit und ohne Über-

werden. Die ermittelte positive Maßnahmenwirkung ist im Wesentlichen auf die Zunahme der Lkw-Unfälle auf der Kontrollstrecke um 30 % zurückzuführen.

Aufgrund der geringen Anzahl von Motorradunfällen wurden nur Pkw- und Lkw-Alleinunfälle betrachtet. Da jedoch vermutet wird, dass Rüttelstreifen ggf. negative Auswirkungen auf die Anzahl von Motorradunfällen haben könnten, wurde überprüft, ob Motorradunfälle möglicherweise durch Rüttelstreifen ausgelöst wurden. Nach Umsetzung der Rüttelstreifen konnte nur ein Motorradunfall festgestellt werden, welcher jedoch nachweislich nicht in Verbindung mit dem Rüttelstreifen stand.

Die Betrachtung aller Pkw-Unfälle ohne weitere Differenzierung zeigt nur eine sehr schwach positive Maßnahmenwirkung.

	2000-2002	2004-2006	Veränderung
Pkw			
Untersuchungsstrecke	287	237	-17 %
Kontrollstrecke	598	508	-15 %
Lkw			
Untersuchungsstrecke	22	17	-23 %
Kontrollstrecke	55	71	+29 %

Tab. 26: Vorher-Nachher-Vergleich U(P,S) nach Art der Verkehrsbeteiligung

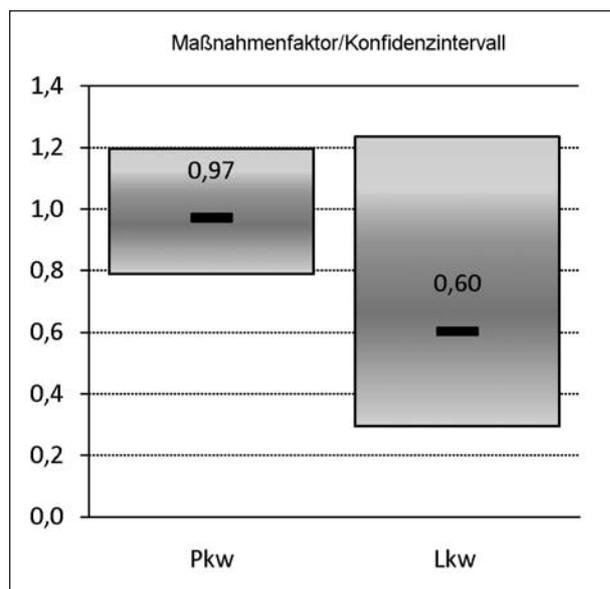


Bild 35: Maßnahmenfaktor und Konfidenzintervall nach Art der Verkehrsbeteiligung

6 Nutzen-Kosten-Analyse

6.1 Nutzen

Da Rüttelstreifen mit dem Ziel eingesetzt werden, die Anzahl von Unfällen zu reduzieren, ist der Nutzen direkt mit der maßnahmebedingten Reduktion der Unfallkosten verbunden.

Der Nutzen der Maßnahme ergibt sich somit aus der Differenz der Unfallkosten vor Umsetzung der Maßnahme UK_V und den Unfallkosten nach Umsetzung der Maßnahme UK_N .

$$\text{Nutzen} = UK_V - UK_N$$

Formel 11: Nutzen

Die Unfallkosten vor Umsetzung der Maßnahme (UK_V) lassen sich aus der Summe der Unfallkosten von Unfällen mit schwerem Personenschaden $UK(SP)$, von Unfällen mit Leichtverletzten $UK(LV)$, von Unfällen mit schwerwiegendem Sachschaden $UK(SS)$ und Sonstigen Unfällen mit leichtem Sachschaden $UK(LS)$ berechnen.

$$UK_V = UK_V(SP) + UK_V(LV) + UK_V(SS) + UK_V(LS)$$

Formel 12: Unfallkosten im Vorher-Zeitraum (2000-2002)

Das Produkt aus den Unfallkosten vor Umsetzung der Maßnahme und den in Kapitel 5.2.1 berechneten Maßnahmefaktoren ergibt die Unfallkosten für den Nachher-Zeitraum. Die Unfallkosten, die nach Umsetzung der Maßnahme anfallen, lassen sich nach Formel 13 berechnen:

$$UK_N = UK_V(SP) \cdot m_{U(SP)} + UK_V(LV) \cdot m_{U(LV)} + UK_V(SS) \cdot m_{U(SS)} + UK_V(LS) \cdot m_{U(LS)}$$

Formel 13: Unfallkosten im Nachher-Zeitraum (2000-2002)

Die Ergebnisse der Berechnung der Unfallkosten vor und nach Umsetzung der Maßnahme sind in Tabelle 27 dargestellt. Danach belaufen sich die Unfallkosten vor Umsetzung der Maßnahme auf 26.251.000 €, nach Umsetzung auf 24.174.000 €. Dies entspricht einer Differenz von 2.077.000 €, was bedeutet, dass durch die Maßnahme innerhalb von 3 Jahren 2.077.000 € an Unfallkosten eingespart werden können. Die jährlich vermiedenen Unfallkosten belaufen sich somit auf 692.000 €.

Wie Tabelle 27 zeigt, ergibt sich der hohe Nutzen der Maßnahme vorwiegend aus der Reduktion der schweren Unfälle mit Personenschaden.

werden. Die ermittelte positive Maßnahmenwirkung ist im Wesentlichen auf die Zunahme der Lkw-Unfälle auf der Kontrollstrecke um 30 % zurückzuführen.

Aufgrund der geringen Anzahl von Motorradunfällen wurden nur Pkw- und Lkw-Alleinunfälle betrachtet. Da jedoch vermutet wird, dass Rüttelstreifen ggf. negative Auswirkungen auf die Anzahl von Motorradunfällen haben könnten, wurde überprüft, ob Motorradunfälle möglicherweise durch Rüttelstreifen ausgelöst wurden. Nach Umsetzung der Rüttelstreifen konnte nur ein Motorradunfall festgestellt werden, welcher jedoch nachweislich nicht in Verbindung mit dem Rüttelstreifen stand.

Die Betrachtung aller Pkw-Unfälle ohne weitere Differenzierung zeigt nur eine sehr schwach positive Maßnahmenwirkung.

	2000-2002	2004-2006	Veränderung
Pkw			
Untersuchungsstrecke	287	237	-17 %
Kontrollstrecke	598	508	-15 %
Lkw			
Untersuchungsstrecke	22	17	-23 %
Kontrollstrecke	55	71	+29 %

Tab. 26: Vorher-Nachher-Vergleich U(P,S) nach Art der Verkehrsbeteiligung

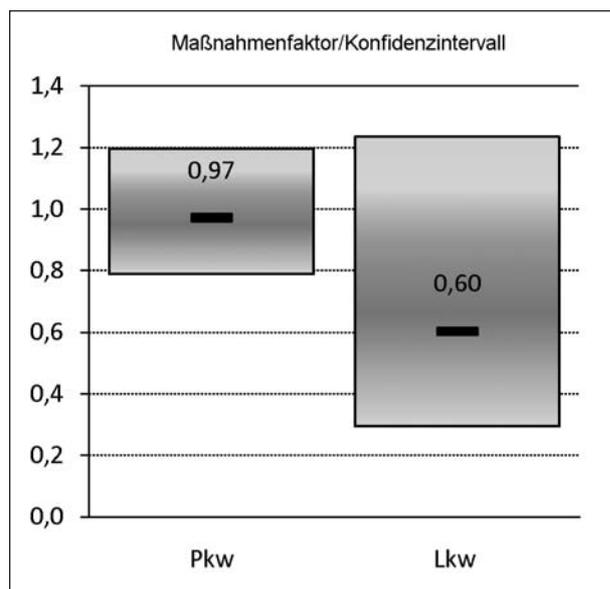


Bild 35: Maßnahmenfaktor und Konfidenzintervall nach Art der Verkehrsbeteiligung

6 Nutzen-Kosten-Analyse

6.1 Nutzen

Da Rüttelstreifen mit dem Ziel eingesetzt werden, die Anzahl von Unfällen zu reduzieren, ist der Nutzen direkt mit der maßnahmebedingten Reduktion der Unfallkosten verbunden.

Der Nutzen der Maßnahme ergibt sich somit aus der Differenz der Unfallkosten vor Umsetzung der Maßnahme UK_V und den Unfallkosten nach Umsetzung der Maßnahme UK_N .

$$\text{Nutzen} = UK_V - UK_N$$

Formel 11: Nutzen

Die Unfallkosten vor Umsetzung der Maßnahme (UK_V) lassen sich aus der Summe der Unfallkosten von Unfällen mit schwerem Personenschaden $UK(SP)$, von Unfällen mit Leichtverletzten $UK(LV)$, von Unfällen mit schwerwiegendem Sachschaden $UK(SS)$ und Sonstigen Unfällen mit leichtem Sachschaden $UK(LS)$ berechnen.

$$UK_V = UK_V(SP) + UK_V(LV) + UK_V(SS) + UK_V(LS)$$

Formel 12: Unfallkosten im Vorher-Zeitraum (2000-2002)

Das Produkt aus den Unfallkosten vor Umsetzung der Maßnahme und den in Kapitel 5.2.1 berechneten Maßnahmefaktoren ergibt die Unfallkosten für den Nachher-Zeitraum. Die Unfallkosten, die nach Umsetzung der Maßnahme anfallen, lassen sich nach Formel 13 berechnen:

$$UK_N = UK_V(SP) \cdot m_{U(SP)} + UK_V(LV) \cdot m_{U(LV)} + UK_V(SS) \cdot m_{U(SS)} + UK_V(LS) \cdot m_{U(LS)}$$

Formel 13: Unfallkosten im Nachher-Zeitraum (2000-2002)

Die Ergebnisse der Berechnung der Unfallkosten vor und nach Umsetzung der Maßnahme sind in Tabelle 27 dargestellt. Danach belaufen sich die Unfallkosten vor Umsetzung der Maßnahme auf 26.251.000 €, nach Umsetzung auf 24.174.000 €. Dies entspricht einer Differenz von 2.077.000 €, was bedeutet, dass durch die Maßnahme innerhalb von 3 Jahren 2.077.000 € an Unfallkosten eingespart werden können. Die jährlich vermiedenen Unfallkosten belaufen sich somit auf 692.000 €.

Wie Tabelle 27 zeigt, ergibt sich der hohe Nutzen der Maßnahme vorwiegend aus der Reduktion der schweren Unfälle mit Personenschaden.

	Vorher	m [-]	Nachher
	UK _V [1.000 €]		UK _N [1.000 €]
SP	18.189	0,85	15.461
LV	2.951	1,20	3.542
SS	1.055	1,21	1.277
LS	4.056	0,96	3.894
Σ	26.251		24.174

Tab. 27: Quantifizierter Nutzen der Rüttelstreifen

6.2 Kosten

Die jährlichen Kosten der Maßnahme ergeben sich aus der Summe der Investitionskosten und der Differenz der Betriebskosten. Die Investitionskosten für das Herstellen der 28,8 km Rüttelstreifen (im Bereich der Ein- und Ausfahrten der Anschlussstellen sind keine Rüttelstreifen eingefräst) betragen 170.000 €, davon entfielen 116.000 € auf Fräsarbeiten. Die übrigen Kosten teilen sich auf Arbeitssicherstellung und Beschilderung auf.

Nach vierjähriger Liegezeit der Rüttelstreifen sind keine zusätzlichen Schäden an der Deckschicht zu verzeichnen, Reparaturkosten fielen somit nicht an. Über diesen Zeitraum hinaus wird davon ausgegangen, dass sich eingefräste Rüttelstreifen im Seitenstreifen von Autobahnen durch eine lange Haltbarkeit auszeichnen und somit keine laufenden Kosten für Erhaltungsmaßnahmen anfallen.

Die jährlichen Kosten sind in diesem Fall nur die Investitionskosten (KI_a), welche sich nach Formel 14 aus dem Produkt der gesamten Investitionskosten im Bezugsjahr 2000 (KB_q) und dem Annuitätenfaktor (af_q) berechnen:

$$KI_a = af_q \cdot KB_q$$

Formel 14: Investitionskosten pro Jahr (FGSV, 1997)

Im Rahmen des Projektes wurden die Rüttelstreifen in die Asphaltdeckschicht, deren Abschreibungszeitraum (d_q) nach EWS (1997) 12,5 Jahre beträgt, eingefräst. Unter der Annahme einer Aktualisierungsrate bzw. eines Zinsfußes (p) von 3 % je Jahr beträgt der Annuitätenfaktor 0,0971.

Die gesamten Investitionskosten im Bezugsjahr 2000 (KB_q) berechnen sich nach Formel 15, wobei A_q den Investitionskosten im Jahr der Umsetzung der Maßnahme und r der Anzahl der Jahre bis zum Bezugsjahr 2000 entsprechen.

$$KB_q = A_q \cdot (1 + 10^{-2} \cdot p)^r$$

Formel 15: Investitionskosten im Bezugsjahr (FGSV, 1997)

Im Ergebnis der Berechnungen belaufen sich die jährlichen Kosten auf 15.100 € pro Jahr.

6.3 Nutzen-Kosten-Verhältnis

Das Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) ergibt sich aus dem Quotient von Nutzen und Kosten. Für in Asphaltdeckschichten eingefräste Rüttelstreifen im Seitenstreifen von Autobahnen ergibt sich nach der Formel 16 ein NKV von 46.

$$NKV = \frac{\text{Nutzen pro Jahr}}{\text{Kosten pro Jahr}}$$

Formel 16: Nutzen-Kosten-Verhältnis

Bei der Berechnung wird ein über den Bewertungszeitraum annähernd konstanter Nutzenverlauf vorausgesetzt. Für die Bewertung einer Einzelmaßnahme ist dies zulässig. Für eine Prognose müsste vor dem Hintergrund anderer Maßnahmen, insbesondere solcher mit ähnlicher Zielrichtung (z. B. Fahrerassistenzsysteme mit lane departure warning), für längerfristige Betrachtungen von einem abnehmenden Nutzenverlauf ausgegangen werden.

7 Ergebnis

7.1 Zusammenfassung

Mit dem Ziel der Verbesserung der Verkehrssicherheit wurde im Rahmen eines Pilotversuches auf der A 24 zwischen den Anschlussstellen Herzsprung und Fehrbellin in einem Abstand von 0,90 m von der Fahrbahnbegrenzungslinie ein Rüttelstreifen in den Seitenstreifen eingefräst. Die Auswirkungen der Rüttelstreifen auf die Verkehrssicherheit auf der 35,9 km langen Untersuchungsstrecke wurden in der vorliegenden Untersuchung quantifiziert. Die über einen Zeitraum von 3 Jahren (2000-2002) durchgeführte Analyse des Unfallgeschehens vor Einfräsen des Rüttelstreifens kam zu den folgenden Ergebnissen:

Unfälle mit einem Beteiligten (Alleinunfälle) sowie Unfälle mit zwei Beteiligten hatten einen Anteil von je 44 %. Unfälle mit 3 und mehr Beteiligten sind eher selten, jedoch durch die höchste mittlere Unfallschwere gekennzeichnet.

92 % der Alleinunfälle sind Pkw-Alleinunfälle, die restlichen 8 % sind Alleinunfälle von Lkw, welche durch eine etwas höhere Unfallschwere gekenn-

zeichnet sind. Unfälle von Motorradfahrern wurden nicht registriert.

Knapp 50 % aller Unfälle können dem Unfalltyp „Unfall im Längsverkehr“ (vorrangig Auffahren auf Stau) zugeordnet werden. Die höchste mittlere Unfallschwere weisen jedoch „Fahrerunfälle“ (überwiegend auf Geraden) auf, deren Anteil 26 % beträgt. „Sons-tige Unfälle“ haben einen Anteil von 24 % (überwiegend Wildunfälle), die Unfallschwere ist jedoch über-wiegend gering.

Unfälle mit Abkommen von der Fahrbahn nach rechts oder links treten mit gleichen Anteilen von je-weils 18 % von allen Unfällen auf, jedoch sind Un-fälle mit Abkommen von der Fahrbahn nach rechts durch eine wesentlich höhere Unfallschwere ge-kennzeichnet. Den höchsten Anteil an allen Unfällen haben Zusammenstöße mit Fahrzeugen, welche vorausfahren oder warten (36 %). Die Unfallschwere dieser Unfälle liegt im Mittel jedoch unter der der Un-fälle mit Abkommen von der Fahrbahn.

Zu den häufigsten Unfallursachen zählen Abstand (29 %), Geschwindigkeit (20 %) und Andere Fehler (13 %). Die höchste mittlere Unfallschwere weisen Unfälle mit der Unfallursache Geschwindigkeit auf. Eine ähnlich hohe Unfallschwere haben Unfälle in-folge mangelnder Verkehrstüchtigkeit. Deren Anteil am Gesamtunfallgeschehen ist jedoch mit 4 % sehr gering.

Im Rahmen der Untersuchung wurde definiert, an-hand welcher Merkmale aus der amtlichen Unfallsta-tistik Unfälle identifiziert werden können, welche durch in den Seitenstreifen von Autobahnen einge-fräste Rüttelstreifen möglicherweise vermieden wer-den könnten. Dazu müssen die folgenden Kriterien erfüllt sein:

Unfall mit Abkommen von der Fahrbahn nach rechts durch Kontrollverlust über das Fahrzeug (nicht im Bereich von Einfädelungs- und Ausfädelungsstrei-fen) infolge von Unaufmerksamkeit bzw. Übermü-dung.

Es zeigte sich jedoch, dass dieser Definition nur we-nige Unfälle genügen. Dies liegt daran, dass es dem Polizeibeamten bei der Unfallaufnahme nur bedingt möglich ist, die Unfallursache „Unaufmerksamkeit“ bzw. „Übermüdung“ festzulegen.

Die Betrachtung des Unfallgeschehens über den gesamten Untersuchungszeitraum von 2000 bis 2006 konnte nur bedingt Aussagen zur untersuch-ten Maßnahme liefern, da kurz vor dem Einfräsen der Rüttelstreifen eine Geschwindigkeitsbeschrän-

kung auf 130 km/h angeordnet wurde. Dadurch war es nicht möglich, die Zunahme oder Abnahme der Unfallzahlen exakt einer Maßnahme zuzuordnen. Aus diesem Grund beinhaltete der zweite Teil der Untersuchung einen Vorher-Nachher-Vergleich mit Kontrollstrecke (86,7 km), welcher es ermöglichte, die Maßnahme Rüttelstreifen isoliert zu betrachten. Danach können statistisch gesichert folgende Aus-sagen getroffen werden:

- Durch Rüttelstreifen im Seitenstreifen reduziert sich die Anzahl von Unfällen mit Abkommen von der Fahrbahn nach rechts um 43 %.
- Durch Rüttelstreifen im Seitenstreifen verringert sich die Anzahl von Unfällen infolge der Unfall-ursache „Andere Fehler“ (i. d. R. Unaufmerk-samkeit) um 34 %.

Es wird daher empfohlen, Rüttelstreifen besonders auf Streckenabschnitten einzusetzen, auf denen die Unfälle zu einem hohen Anteil diese beiden Un-fallmerkmale aufweisen.

Der abschließend durchgeführte Nutzen-Kosten-Vergleich kam zu dem Ergebnis, dass das Nutzen-Kosten-Verhältnis bei einem Abschreibungszeit-raum von 12,5 Jahren (Asphaltdeckschicht) unter der Annahme eines konstanten Nutzenverlaufes 46 beträgt. Dieses hohe NKV ist vor allem auf die ge-ringen Investitionskosten sowie auf das große Ein-sparpotenzial bei den Unfallkosten (Reduktion ins-besondere schwerer Unfälle) zurückzuführen.

7.2 Ausblick

Solange Spurhalteassistenten nicht serienmäßig in Kraftfahrzeuge eingebaut werden sowie deren Aus-fallhäufigkeit (bei Dunkelheit, bei blasser Fahrbahn-markierung, ...) noch hoch ist, bieten eingefräste Rüttelstreifen eine gute Alternative zur Reduktion von schweren Unfällen mit Personenschaden.

Da Landstraßen besonders unfallauffällig und Un-fälle dort in der Regel durch eine hohe Unfall-schwere gekennzeichnet sind, sollte der Einsatz von Rüttelstreifen auf Landstraßen geprüft und ggf. ein Pilotversuch durchgeführt werden.

Es wird vermutet, dass durch eingefräste Rüttel-streifen am Fahrbahnrand, wie für die Autobahnen nachgewiesen, sich Unfälle mit Abkommen von der Fahrbahn auch auf Landstraßen vermeiden lassen. Aufgrund der geringeren Flächenverfügbarkeit (kein Seitenstreifen) ist das Reduktionspotenzial (kein Seitenstreifen) ist das Reduktionspotenzial möglicherweise etwas geringer als auf Autobahnen.

8 Streckendokumentation

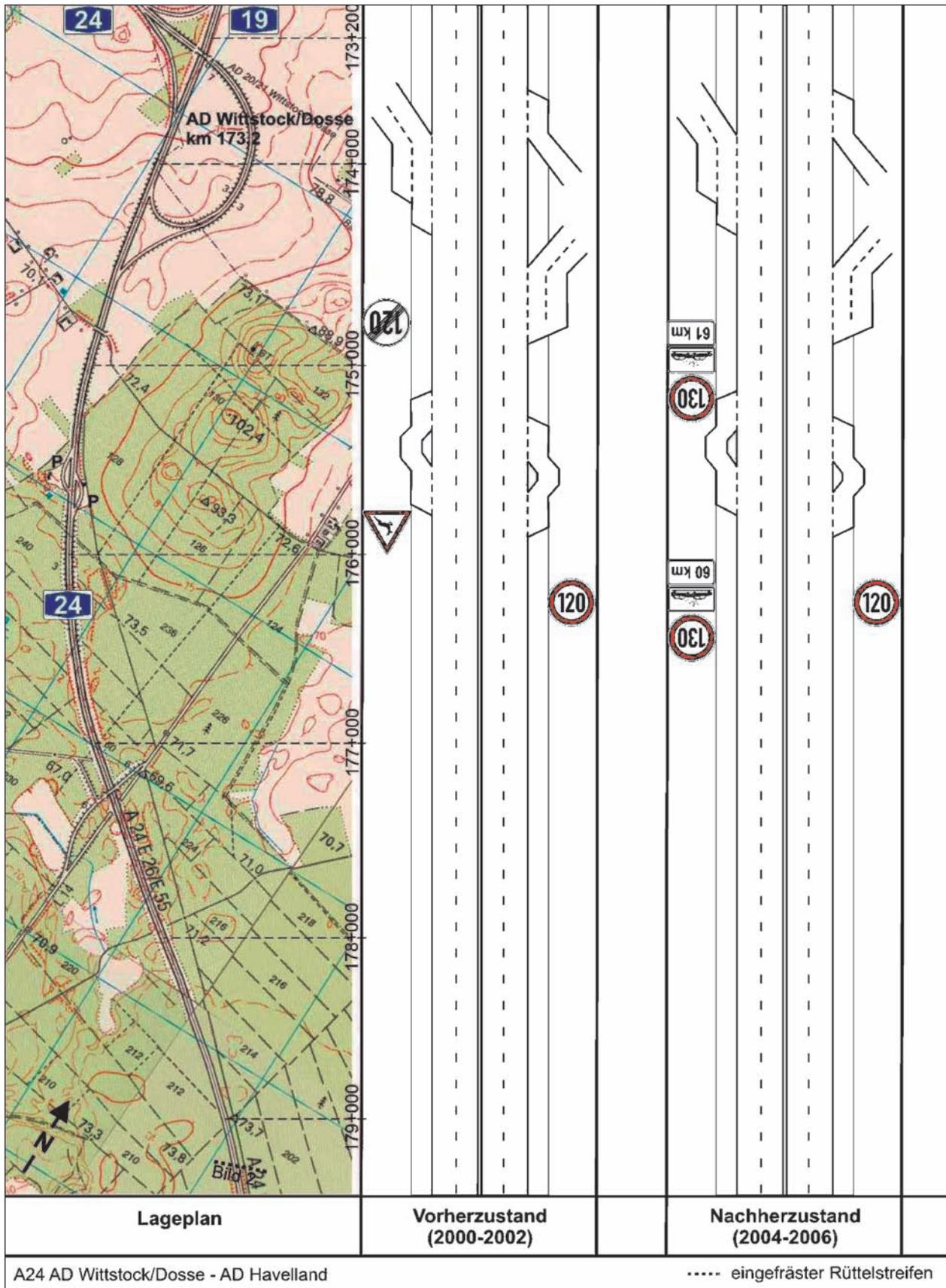


Bild 36: (km 173,2 – 179,0)

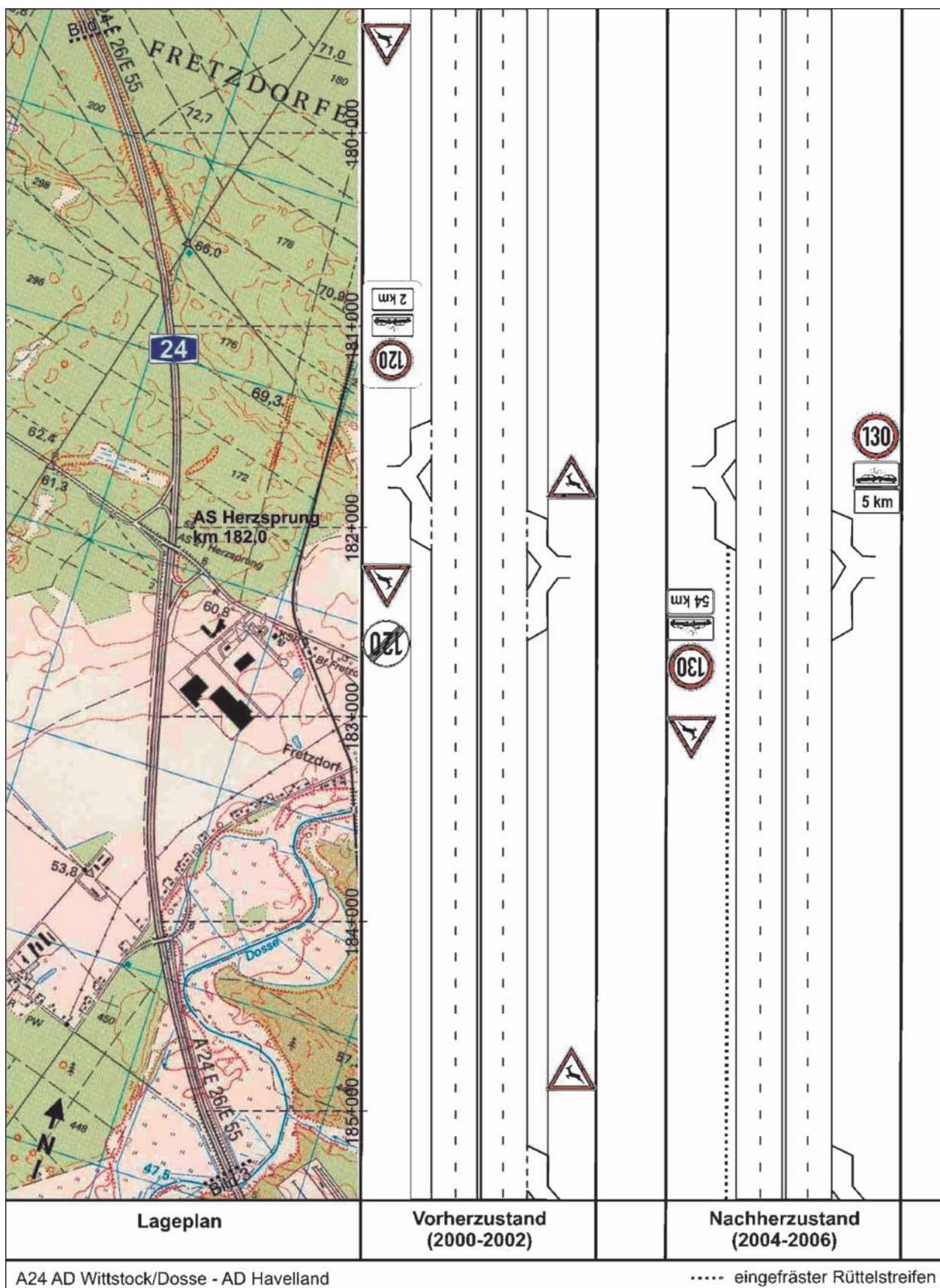


Bild 37: (km 179,0 – 185,0)

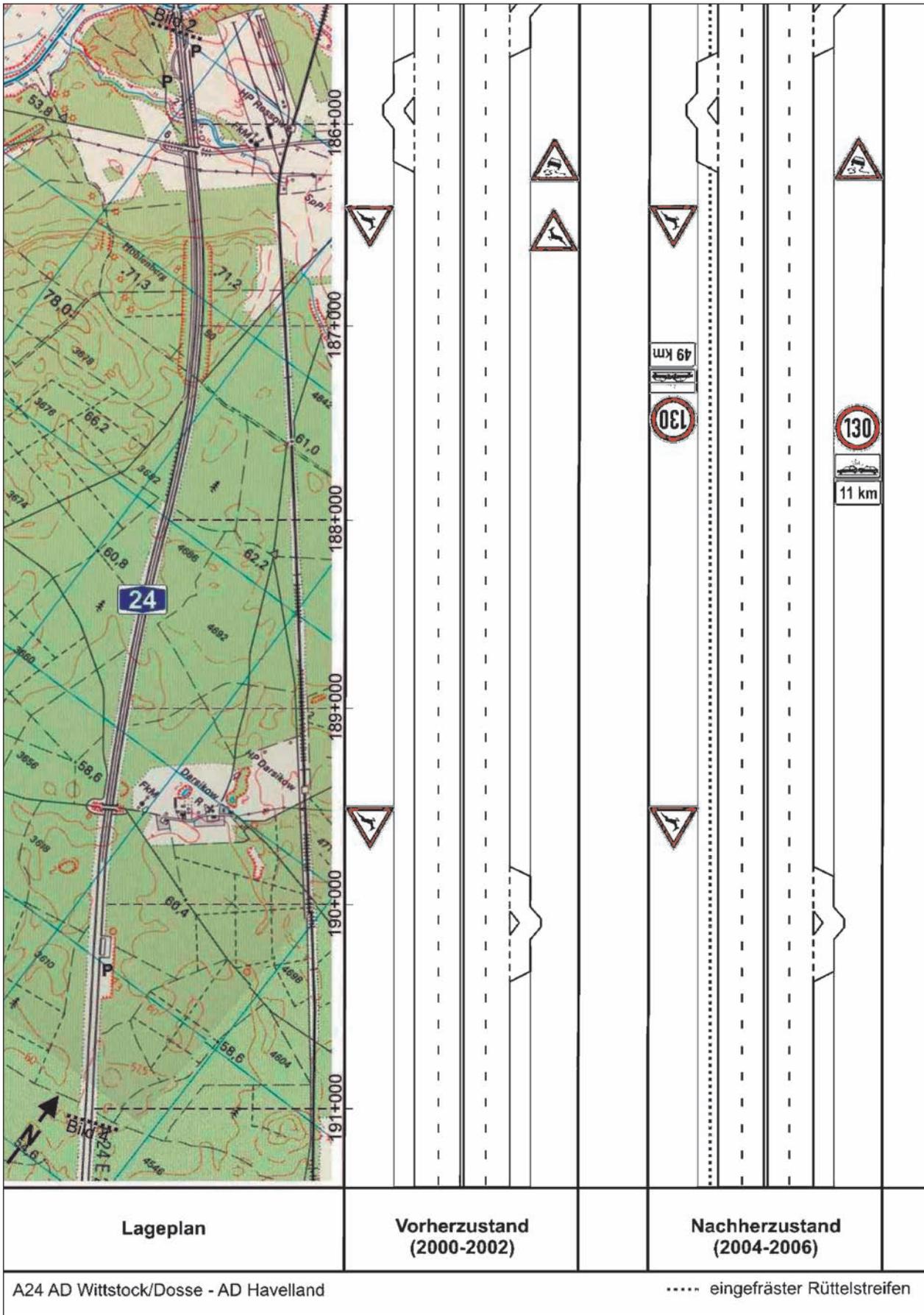
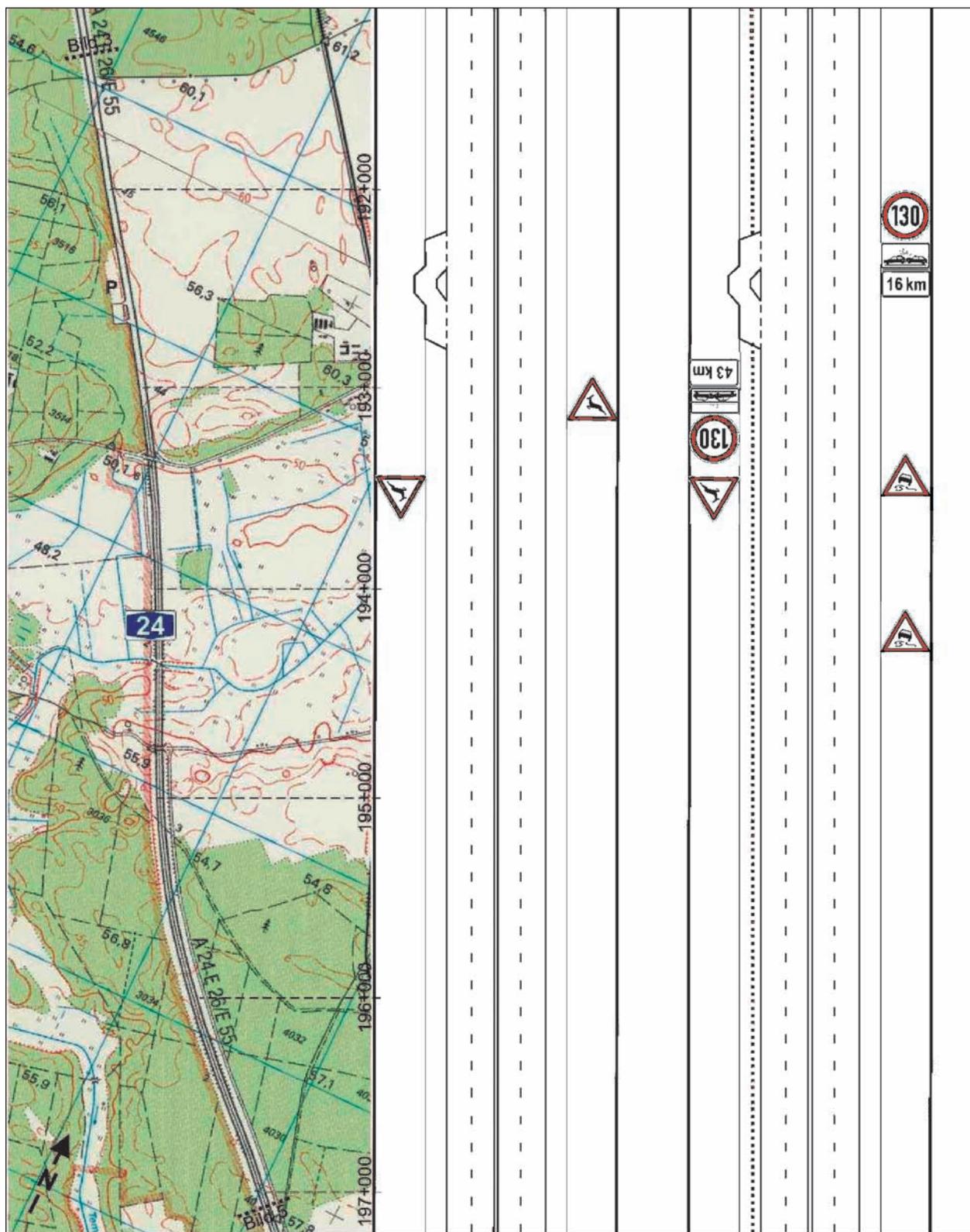


Bild 38: (km 185,0 - 191,0)



Lageplan	Vorherzustand (2000-2002)	Nachherzustand (2004-2006)
-----------------	--------------------------------------	---------------------------------------

A24 AD Wittstock/Dosse - AD Havelland eingefräster Rüttelstreifen

Bild 39: (km 191,0 – 197,0)

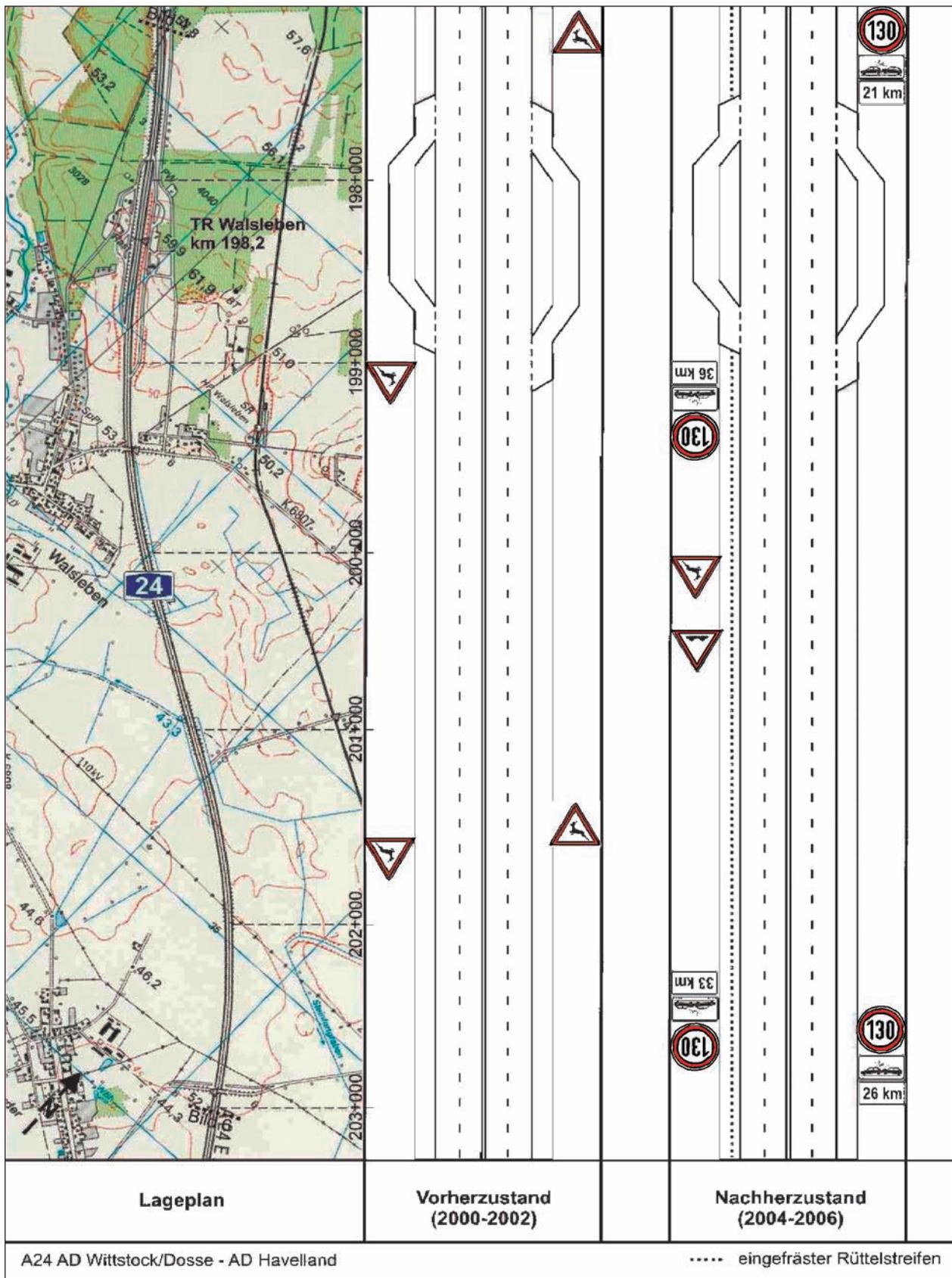


Bild 40: (km 197,0 – 203,0)

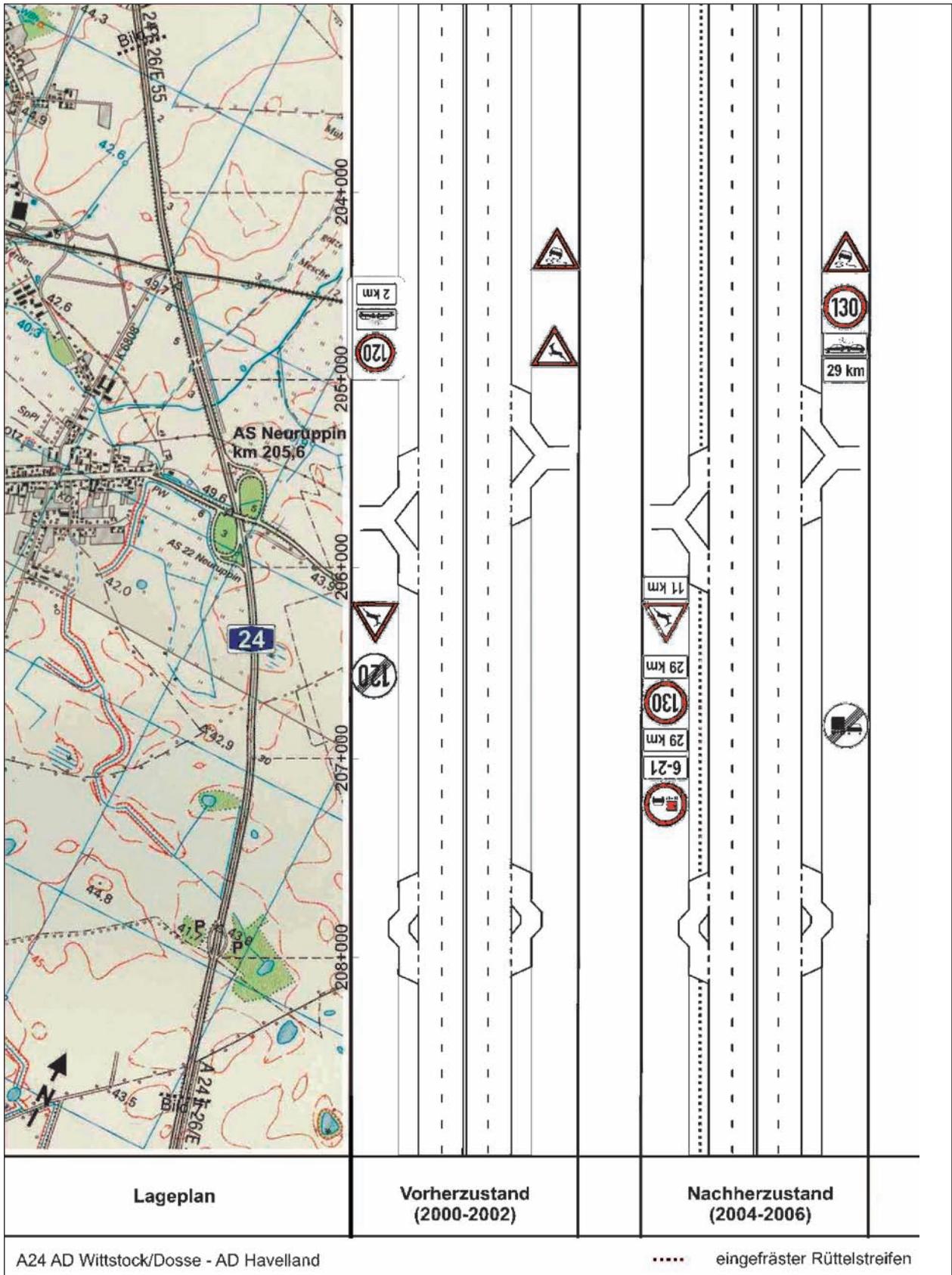


Bild 41: (km 203,0 – 209,0)

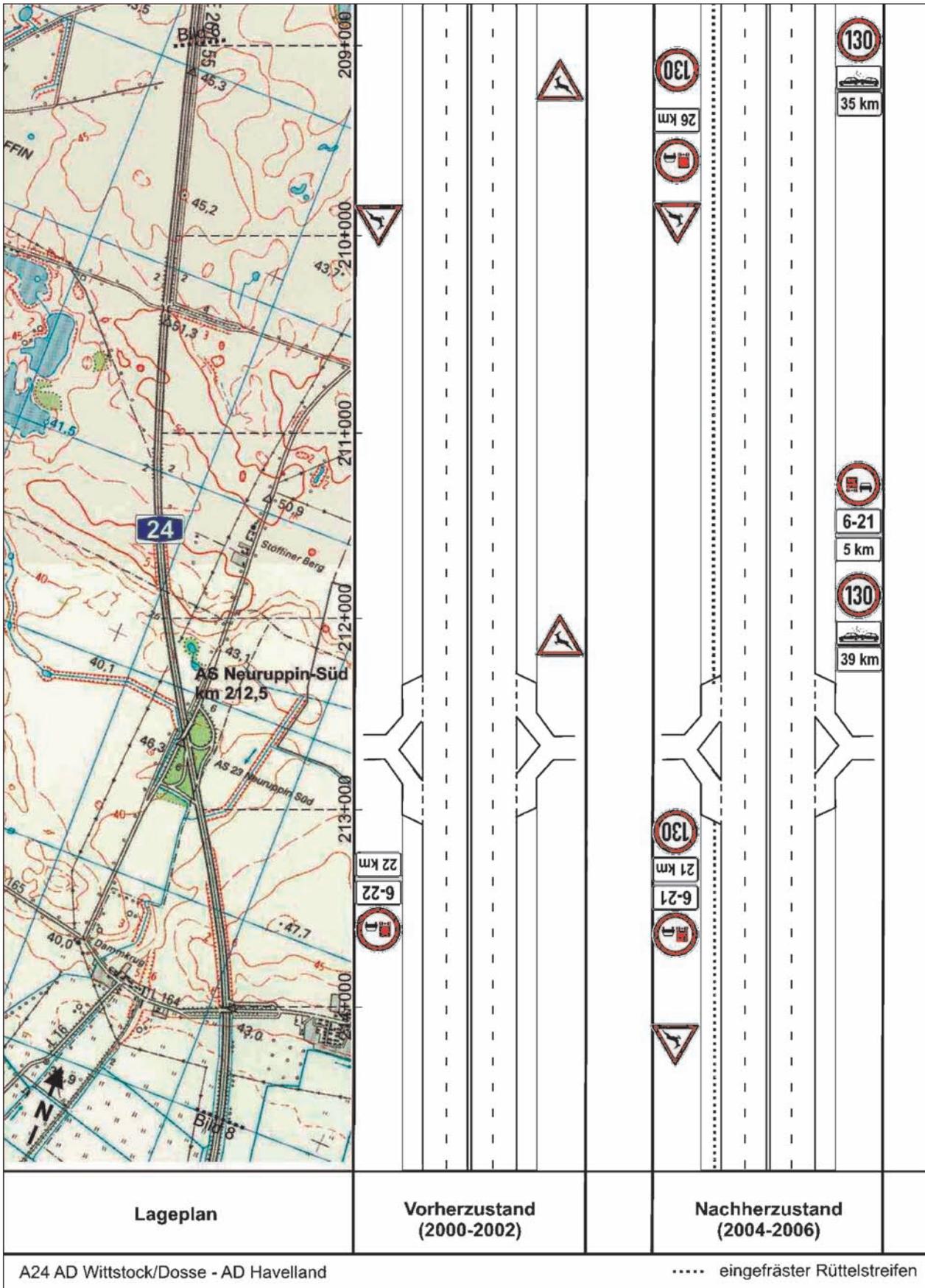


Bild 42: (km 209,0 – 215,0)

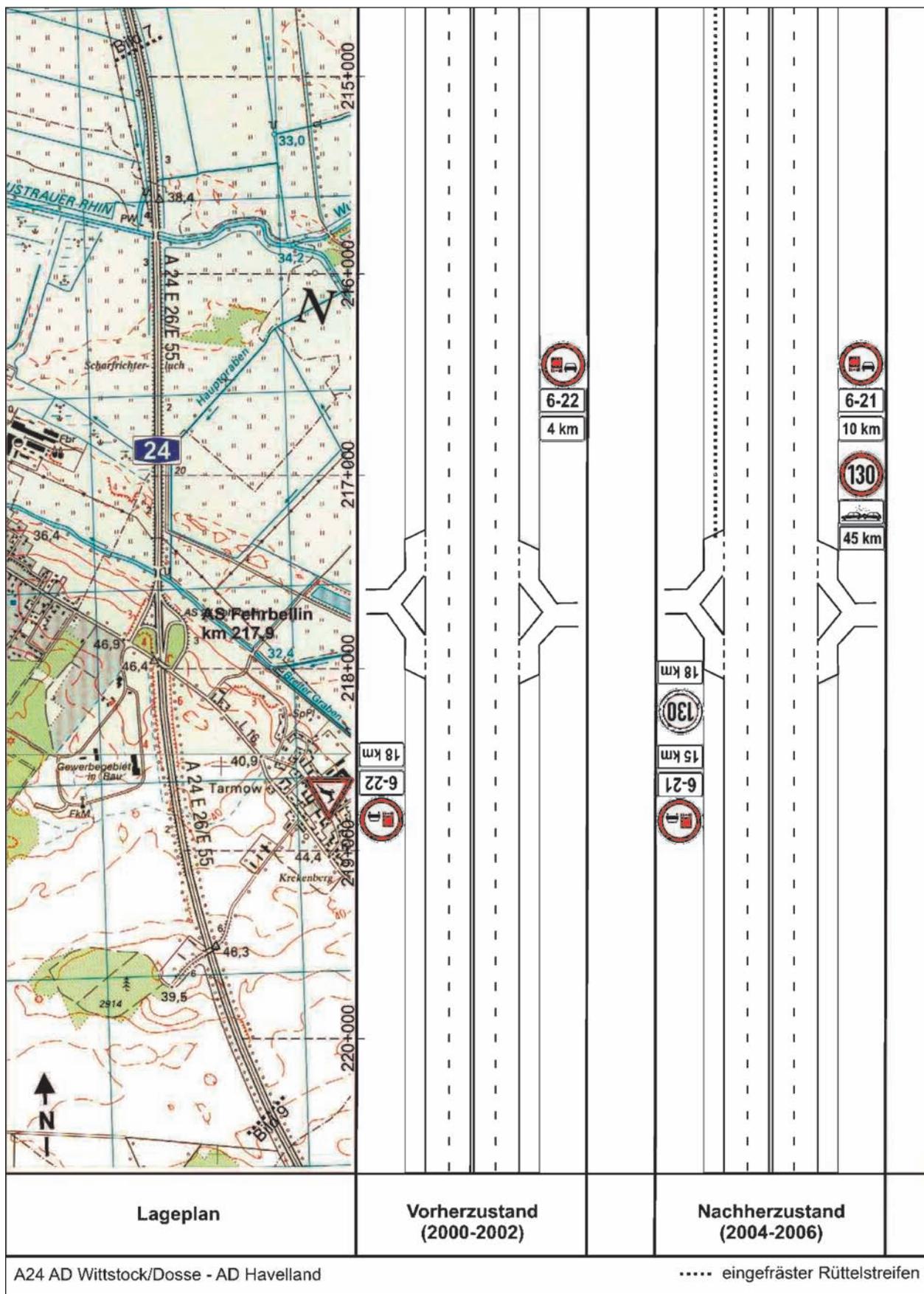


Bild 43: (km 215,0 – 220,0)

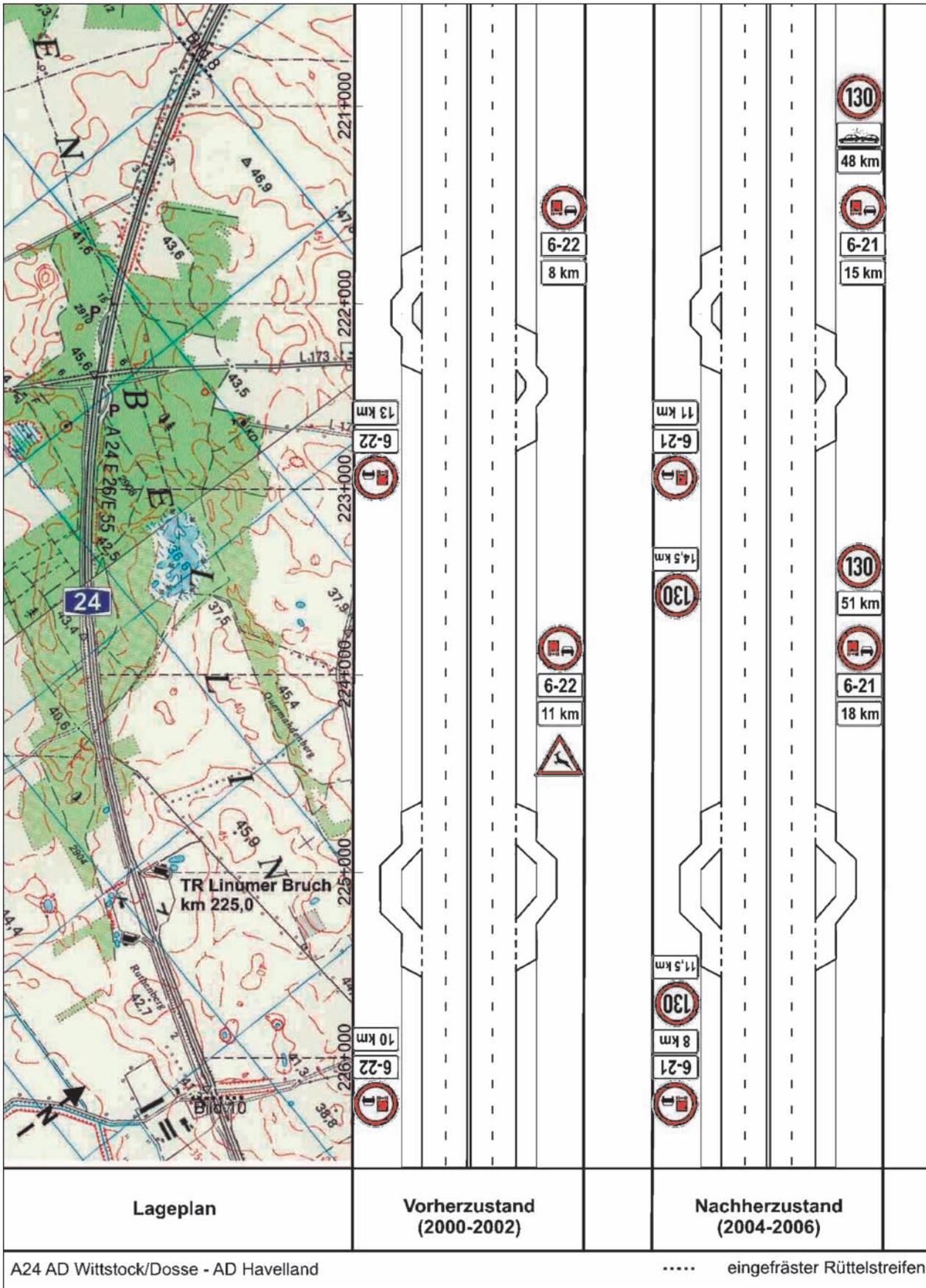


Bild 44: (km 220,0 – 226,0)

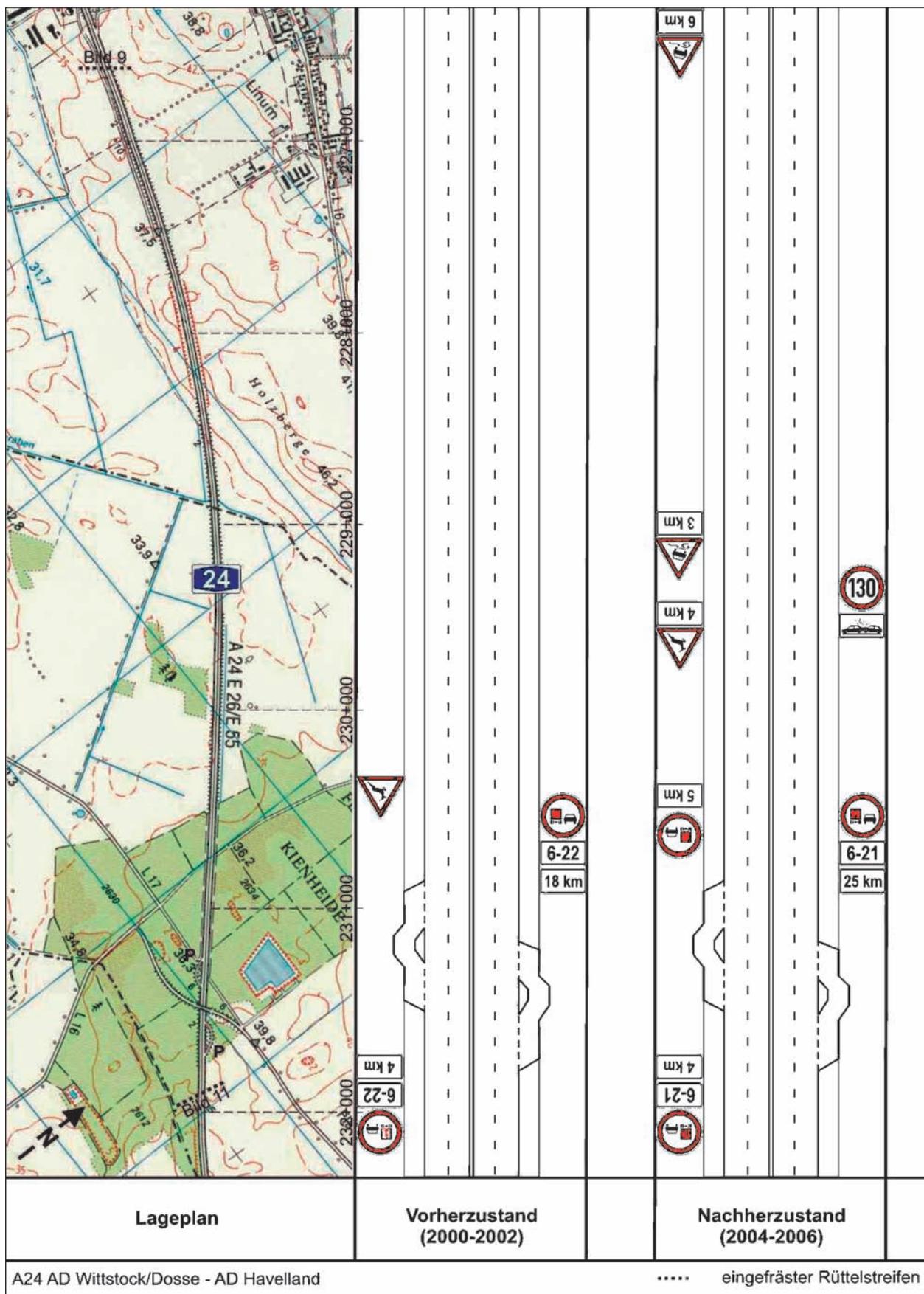


Bild 45: (km 226,0 – 232,0)

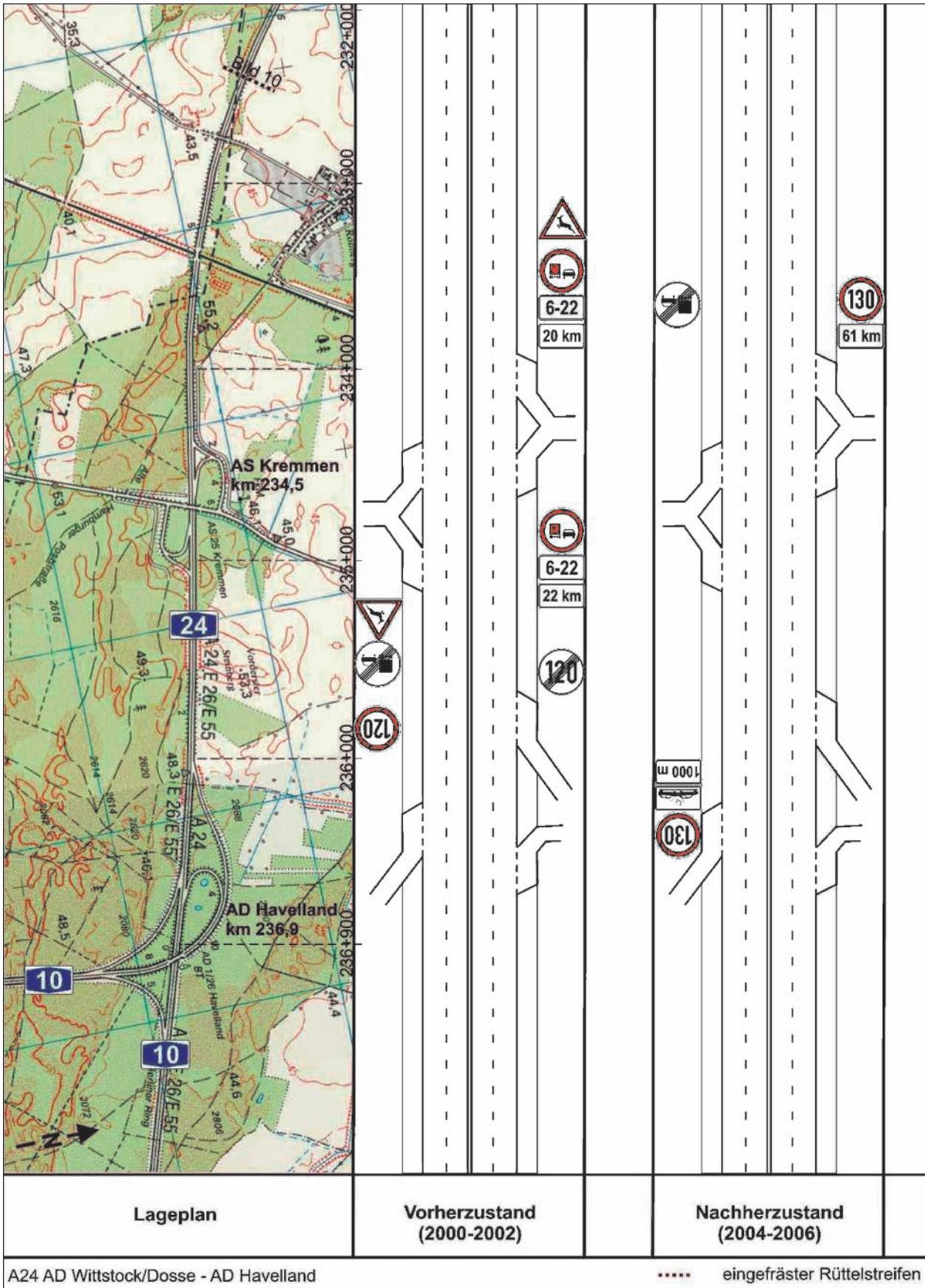


Bild 46: (km 232,0 – 236,9)

9 Literatur

- ANSELM, D. & HELL, W. (2002): Einschlafen am Steuer. Eine häufig unterschätzte Unfallursache. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik*, 40, S. 62-66
- ÅKERSTEDT, T. & KECKLUND, G. (2000): Trötthet och trafiksäkerhet – en översikt av kun – kapsläget. Stockholm, Institute för psykosocial medicin och Karolinska institutet
- BRAUN, I. D. (1994): Driver Fatigue. *Human Factors*, 36, S. 298-314
- CHENG, E. Y.-C., GONZALEZ, E., CHRISTENSEN M. O. (1994): Application and Evaluation of Rumble Strips on Highways. Utah Department of Transportation, Salt Lake City, Utah, Institute of Transportation Engineers 64th Annual Meeting, Dallas, Texas, October 16-19
- DESTATIS – Statistisches Bundesamt (2007): Verkehrsunfallstatistik 2006. Fachserie 8, Reihe 7, Wiesbaden
- EVERS, C. & AUERBACH, K. (2005): Verhaltensbezogene Ursachen schwerer Lkw-Unfälle. Schriftenreihe der BAST, Heft M 174, Bergisch Gladbach
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (1991): Hinweise zur Methodik der Untersuchung von Straßenverkehrsunfällen. FGSV-Verlag, Köln
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (1997): Empfehlung für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen – EWS (Entwurf) – Aktualisierung der RAS-W 1986. FGSV-Verlag, Köln
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2003a): Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen (ESN). FGSV-Verlag, Köln
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2003b): Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 1: Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten. FGSV-Verlag, Köln
- FHWA – Federal Highway Administration (2001): Technical Advisory: Roadway Shoulder Rumble Strips. Internet: <http://tinyurl.com/3ywcys>, Zugriff am 14.12.2007
- GELAU, C. (2003): Assistenzsysteme zur Überwachung des Fahrzeugzustandes: Möglichkeiten und Grenzen. 10. Dreiländertagung, Bern, 9. Mai 2003, Tagungsmappe, S. 6
- GRIFFITH, M. S. (1999): Safety Evaluation of Rolled-in Continuous Shoulder Rumble Strips Installed on Freeways; Statistical Methods in Transportation and Safety Data Analysis for Highway Geometry, Design, and Operations. *Transportation Research Record*, No. 1665
- HARGUTT, V., KRÜGER, H.-P. & REIß, J. A. (1997): Driving Performance, Drowsiness and Sedation. Proceedings of the 14th international conference of alcohol, drugs and traffic – T'97 Held Annecy, France, 21-26. September 1997, Vol. 2, S. 611-617
- HICKEY, J. J. (1997): Shoulder Rumble Strip Effectiveness: Drift-Off-Road Accident Reductions on the Pennsylvania Turnpike. Pennsylvania Turnpike Commission; *Transportation Research Record* 1573
- HOAG, O. J. & PACK, A. (1994): Driver alert arrive alive. *WFSRS newsletter* vol. 3, number 1
- HORNE, J. & REYNER L. A. (1995): Sleep Related Vehicle Accidents. *British Medical Journal*, 310, S. 565-567
- KATHMANN, T., ZIEGLER, H. & THOMAS, B. (2007): Straßenverkehrszählung 2005: Ergebnisse. Schriftenreihe der BAST, Heft V 164, Bergisch Gladbach. Internet: <http://tinyurl.com/ytucne>, Zugriff am 17.12.2007
- LENSING, N. (2003): Straßenverkehrszählung 2000: Ergebnisse. Schriftenreihe der BAST, Heft V 101, Bergisch Gladbach
- PERILLO, K. (1998): The Effectiveness and Use of Continuous Shoulder Rumble Strips. FHWA
- SCHLANSTEIN, P. (2004): Unfallursache Übermüdung. *Polizei, Verkehr, Technik*, 3, S. 94-95
- TCA – Transportation Association of Canada (2001): Best Practices for the Implementation of Shoulder and Centreline Rumble Strips

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt
für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2004

- V 110: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2001 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Laffont, Nierhoff, Schmidt, Kathmann € 22,00
- V 111: Autobahnverzeichnis 2004 (erschienen 2005)
Kühnen € 21,50
- V 112: Einsatzkriterien für Betonschutzwände (vergriffen)
Steinauer, Kathmann, Mayer, Becher € 21,50
- V 113: Car-Sharing in kleinen und mittleren Gemeinden
Schweig, Keuchel, Kleine-Wiskott, Hermes, van Acken € 15,00
- V 114: Bestandsaufnahme und Möglichkeiten der Weiterentwicklung von Car-Sharing
Loose, Mohr, Nobis, Holm, Bake € 20,00
- V 115: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2002 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Kathmann, Laffont, Nierhoff € 24,50
- V 116: Standardisierung der Schnittstellen von Lichtsignalanlagen – Zentralrechner/Knotenpunktgerät und Zentralrechner/Ingenieurarbeitsplatz
Kroen, Klod, Sorgenfrei € 15,00
- V 117: Standorte für Grünbrücken – Ermittlung konfliktreicher Streckenabschnitte gegenüber großräumigen Wanderungen jagdbarer Säugetiere
Surkus, Tegethof € 13,50
- V 118: Einsatz neuer Methoden zur Sicherung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer
Steinauer, Maier, Kemper, Baur, Meyer € 14,50

2005

- V 119: Alternative Methoden zur Überwachung der Parkdauer sowie zur Zahlung der Parkgebühren
Boltze, Schäfer, Wohlfarth € 17,00
- V 120: Fahrleistungserhebung 2002 – Inländerfahrleistung
Hautzinger, Stock, Mayer, Schmidt, Heidemann € 17,50
- V 121: Fahrleistungserhebung 2002 – Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko
Hautzinger, Stock, Schmidt € 12,50
- V 122: Untersuchungen zu Fremdstoffbelastungen im Straßenseitenraum – Band 1 bis Band 5
Beer, Herpetz, Moritz, Peters, Saltzmann-Koschke, Tegethof, Wirtz € 18,50
- V 123: Straßenverkehrszählung 2000: Methodik
Lensing € 15,50
- V 124: Verbesserung der Radverkehrsführung an Knoten
Angenendt, Blase, Klöckner, Bonfranchi-Simović, Bozkurt, Buchmann, Roeterink € 15,50
- V 125: PM₁₀-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM₁₀-Konzentrationen aus Messungen an der A1 Hamburg und Ausbreitungsberechnungen
Düring, Bösinger, Lohmeyer € 17,00
- V 126: Anwendung von Sicherheitsaudits an Stadtstraßen
Baier, Heidemann, Klemps, Schäfer, Schuckließ € 16,50
- V 127: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2003 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Fitschen, Koßmann € 24,50

V 128: Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen – Sicherheitsüberprüfung vorhandener Lichtsignalanlagen und Anpassung der Steuerung an die heutige Verkehrssituation
Boltze, Reusswig € 17,00

V 129: Modell zur Glättewarnung im Straßenwinterdienst
Badelt, Breitenstein € 13,50

V 130: Fortschreibung der Emissionsdatenmatrix des MLuS 02
Steven € 12,00

V 131: Ausbaustandard und Überholverhalten auf 2+1-Strecken
Friedrich, Dammann, Irzik € 14,50

V 132: Vernetzung dynamischer Verkehrsbeeinflussungssysteme
Boltze, Breser € 15,50

2006

V 133: Charakterisierung der akustischen Eigenschaften offener Straßenbeläge
Hübelt, Schmid € 17,50

V 134: Qualifizierung von Auditoren für das Sicherheitsaudit für Innerortsstraßen
Gerlach, Kesting, Lippert € 15,50

V 135: Optimierung des Winterdienstes auf hoch belasteten Autobahnen
Cypra, Roos, Zimmermann € 17,00

V 136: Erhebung der individuellen Routenwahl zur Weiterentwicklung von Umlegungsmodellen
Wermuth, Sommer, Wulff € 15,00

V 137: PM_x-Belastungen an BAB
Baum, Hasskelo, Becker, Weidner € 14,00

V 138: Kontinuierliche Stickoxid (NO_x)- und Ozon (O₃)-Messwertaufnahme an zwei BAB mit unterschiedlichen Verkehrsparametern 2004
Baum, Hasskelo, Becker, Weidner € 14,50

V 139: Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Taumittelsprühanlagen
Wirtz, Moritz, Thesenvitz € 14,00

V 140: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2004 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Fitschen, Koßmann € 15,50

V 141: Zählungen des ausländischen Kraftfahrzeugverkehrs auf den Bundesautobahnen und Europastraßen 2003
Lensing € 15,00

V 142: Sicherheitsbewertung von Maßnahmen zur Trennung des Gegenverkehrs in Arbeitsstellen
Fischer, Brannolte € 17,50

V 143: Planung und Organisation von Arbeitsstellen kürzerer Dauer an Bundesautobahnen
Roos, Hess, Norkauer, Zimmermann, Zackor, Otto € 17,50

V 144: Umsetzung der Neuerungen der StVO in die straßenverkehrsrechtliche und straßenbauliche Praxis
Baier, Peter-Dosch, Schäfer, Schiffer € 17,50

V 145: Aktuelle Praxis der Parkraumbewirtschaftung in Deutschland
Baier, Klemps, Peter-Dosch € 15,50

V 146: Prüfung von Sensoren für Glättemeldeanlagen
Badelt, Breitenstein, Fleisch, Häusler, Scheurl, Wendl € 18,50

V 147: Luftschadstoffe an BAB 2005
Baum, Hasskelo, Becker, Weidner € 14,00

V 148: Berücksichtigung psychologischer Aspekte beim Entwurf von Landstraßen – Grundlagenstudie –
Becher, Baier, Steinauer, Scheuchenpflug, Krüger € 16,50

V 149: Analyse und Bewertung neuer Forschungserkenntnisse zur Lichtsignalsteuerung
Boltze, Friedrich, Jentsch, Kittler, Lehnhoff, Reusswig € 18,50

V 150: Energetische Verwertung von Grünabfällen aus dem Straßenbetriebsdienst
Rommeiß, Thrän, Schlägl, Daniel, Scholwin € 18,00

2007

V 151: Städtischer Liefer- und Ladeverkehr – Analyse der kommunalen Praktiken zur Entwicklung eines Instrumentariums für die StVO
Böhl, Mausa, Kloppe, Brückner € 16,50

V 152: Schutzeinrichtungen am Fahrbahnrand kritischer Streckenabschnitte für Motorradfahrer
Gerlach, Oderwald € 15,50

V 153: Standstreifenfreigabe – Sicherheitswirkung von Umnutzungsmaßnahmen
Lemke € 13,50

V 154: Autobahnverzeichnis 2006
Kühnen € 22,00

V 155: Umsetzung der Europäischen Umgebungslärmrichtlinie in Deutsches Recht
Bartolomaeus € 12,50

V 156: Optimierung der Anfeuchtung von Tausalzen
Badelt, Seliger, Moritz, Scheurl, Häusler € 13,00

V 157: Prüfung von Fahrzeugrückhaltesystemen an Straßen durch Anprallversuche gemäß DIN EN 1317
Klößner, Fleisch, Balzer-Hebborn, Ellmers, Friedrich, Kübler, Lukas € 14,50

V 158: Zustandserfassung von Alleebäumen nach Straßenbaumaßnahmen
Wirtz € 13,50

V 159: Luftschadstoffe an BAB 2006
Baum, Hasskelo, Siebertz, Weidner € 13,50

V 160: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2005 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Fitschen, Koßmann € 25,50

V 161: Quantifizierung staubedingter jährlicher Reisezeitverluste auf Bundesautobahnen – Infrastrukturbedingte Kapazitätsengpässe
Listl, Otto, Zackor € 14,50

V 162: Ausstattung von Anschlussstellen mit dynamischen Wegweisern mit integrierter Stauinformation – dWiSta
Grahl, Sander € 14,50

V 163: Kriterien für die Einsatzbereiche von Grünen Wellen und verkehrabhängigen Steuerungen
Brilon, Wietholt, Wu € 17,50

V 164: Straßenverkehrszählung 2005 – Ergebnisse
Kathmann, Ziegler, Thomas € 15,00

2008

V 165: Ermittlung des Beitrages von Reifen-, Kupplungs-, Brems- und Fahrbahnabrieb an den PM₁₀-Emissionen von Straßen
Quass, John, Beyer, Lindermann, Kühlbusch, Hirner, Sulkowski, Sulkowski, Hippler € 14,50

V 166: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2006 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Fitschen, Koßmann € 26,00

V 167: Schadstoffe von Bankettmaterial – Bundesweite Datenauswertung
Kocher, Brose, Siebertz € 14,50

V 168: Nutzen und Kosten nicht vollständiger Signalisierungen unter besonderer Beachtung der Verkehrssicherheit
Frost, Schulze € 15,50

V 169: Erhebungskonzepte für eine Analyse der Nutzung von alternativen Routen in übergeordneten Straßennetzen
Wermuth, Wulff € 15,50

V 170: Verbesserung der Sicherheit des Betriebspersonals in Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Bundesautobahnen
Roos, Zimmermann, Riffel, Cypra € 16,50

V 171: Pilotanwendung der Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen (ESN)
Weinert, Vengels € 17,50

V 172: Luftschadstoffe an BAB 2007
Baum, Hasskelo, Siebertz, Weidner € 13,50

V 173: Bewertungshintergrund für die Verfahren zur Charakterisierung der akustischen Eigenschaften offenporiger Straßenbeläge
Altreuther, Beckenbauer, Männel € 13,00

V 174: Einfluss von Straßenzustand, meteorologischen Parametern und Fahrzeuggeschwindigkeit auf die PM_x-Belastung an Straßen
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

Düring, Lohmeyer, Moldenhauer, Knörr, Kutzner, Becker, Richter, Schmidt € 29,00

V 175: Maßnahmen gegen die psychischen Belastungen des Personals des Straßenbetriebsdienstes
Fastenmeier, Eggerdinger, Goldstein € 14,50

2009

V 176: Bestimmung der vertikalen Richtcharakteristik der Schallabstrahlung von Pkw, Transportern und Lkw
Schulze, Hübelt € 13,00

V 177: Sicherheitswirkung eingefräster Rüttelstreifen entlang der BAB A24
Lerner, Hegewald, Löhe, Velling € 13,50

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

Dort ist auch ein Komplettverzeichnis erhältlich.