

Anhang zu:

Verfahren zur Zusammenführung von Informationen unterschiedlicher Netzanalysysteme

von

Henning Balck

HELLER Ingenieurgesellschaft mbH
Darmstadt

Hagen Schüller
Michael Balmberger

PTV Transport Consult GmbH
Stuttgart

unter Mitarbeit von
Christian Rossol
PTV AG

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 298 – Anhang

bast

11 Anhang

A.1 Gegenüberstellung der Verfahren ZEB und ESN

Die Anwendungsziele der ESN und ZEB sind grundlegend vergleichbar. Es geht in beiden Verfahren um die Bereitstellung von Grundlagen zur Verbesserung des Straßennetzes - genauer um die Kenntlichmachung von Abschnitten mit einem möglichen Handlungsbedarf. Vereinfacht dargestellt ermittelt die ZEB Abschnitte, bei denen die Erhaltung der Substanz bzw. die Verbesserung der Befahrbarkeit angezeigt ist. Die ESN bestimmt Abschnitte mit einer auffälligen Erhöhung des Unfallgeschehens und weist die bei einer Verbesserung möglichen Einsparpotenziale auf. Beiden Verfahren gemein, ist die Pflege und Weiterentwicklung innerhalb der Arbeitskreise der FGSV.

Die ZEB findet seit vielen Jahren regelmäßig Anwendung auf den Bundesfern- und Landesstraßen und hat sich auch bei vielen Kreisen und Kommunen als Standard etabliert. Die ESN findet noch keine flächenhafte Anwendung und wird eher sporadisch im Rahmen von Sicherheitsprogrammen angewandt. Auftraggeber sind bei beiden Verfahren in der Regel die Baulastträger.

Die Ergebnisse der ZEB laufen im Wesentlichen in die Prozess der Erhaltungsplanung (strategisch / operativ) und die Analyse von Unfallschwerpunkten. Beide Prozesse liefern nach einer entsprechenden ingenieurtechnischen Analyse und Konkretisierung Maßnahmenvorschläge für das Bauprogramm. An die ESN schließt sich in der Regel ebenso eine ingenieurtechnische Analyse der Abschnitte mit einem hohen Potenzial an. Bei Erfordernis erfolgt die Definition baulicher oder verkehrsbeeinflussender Maßnahmen und deren Übernahme in das Bauprogramm.

Der Turnus der ZEB ist auf die Anforderungen des systematischen Erhaltungsmanagements abgestimmt und beträgt in der Regel 4 Jahre. Bei der ESN gibt es noch keine festen Zyklen. Es wäre empfehlenswert, die ESN mindestens alle 3 Jahre zu wiederholen.

Je nach Netzlänge betragen die typischen Projektlaufzeiten der ZEB 3-7 Monate und werden erfassungsseitig aufgrund der Anforderungen an die Wetterbedingungen idealerweise im Zeitraum Mai-Oktober durchgeführt. Bei der ESN gibt es keine typischen Projektlaufzeiten, da diese stark vom Umfang der erforderlichen Datenaufbereitung und Analyse abhängt.

Die Straßennetzgrundlagen bildet bei der ZEB ASB-konforme Daten, Netzknotenabschnitte und Netzgraphen, die zumeist aus der Straßeninformationsbank übernommen werden. Die ESN greift in der Regel auf ähnliche Datengrundlagen zurück, nutzt jedoch zum Teil auch Netzbeschreibungen, die nicht dem Bundesstandard ASB genügen.

Die Abschnitte der ZEB besitzen verfahrensbedingt ein festes Raster von 100 Metern (bzw. 20 Meter in den Ortsdurchfahrten), die Abschnittslängen der ESN sind mit durchschnittlich mehreren Kilometern Länge deutlich länger als die der ZEB und orientieren sich an keinem festen Raster.

Während die Datengrundlagen der ZEB (Eingangs- und Ausgangsdaten) standardisiert sind, existieren für die ESN keine Vorgaben.

Die ZEB baut auf elementaren und sehr feingranularen Zustandsdaten (Geo-Rohdaten), die aus einer messtechnischen Erfassung gewonnen werden auf. Alle Daten verfügen über einen präzisen geographischen Lagebezug und können darüber automatisiert dem ASB-konformen Straßennetz zugeordnet und anschließend anhand von Standardalgorithmen aggregiert, ausgewertet und bewertet werden. Bei der ESN dienen Unfalldaten und Verkehrsdaten aus der Verkehrszählung als Input. Die Unfalldaten werden durch die Polizei in der Örtlichkeit erhoben und anschließend in eine Erfassungssoftware eingegeben. Die Qualität des Lagebezugs der elementaren Unfalldaten ist abhängig vom jeweiligen Erfasser bzw. dem gewählten Erfassungsverfahren. Die Attributierung, z. B. Differenzierung des Unfalltyps ist weitestgehend ähnlich, kann jedoch in Details in den Bundesländern und nachgeordneten Verwaltungen abweichen. Die Verortung der Unfälle erfolgt in der Regel koordinatenbasiert über eine digitalen Steckkarte bzw. die Eingabe von textuellen Beschreibungen. Nur ein kleiner Teil der Daten liegt mit einem korrekten ASB-konformen Netzbezug vor, weshalb die Aggregation zumeist rein über die Geokoordinaten erfolgt. Während die Zustandsdaten eine sehr hohe durchschnittliche Lagegenauigkeit von ca. 5 m aufweisen ist die Lagegenauigkeit der Unfalldaten sehr heterogen und kann situationsbedingt auch mehr als 100 m vom realen Unfallort (Unfallort ist nicht zwangsläufig die Stelle, bei der das Fahrzeug nach einem Unfall vorgefunden wird) abweichen.

Die Datenerfassung erfolgt bei der ZEB durch privatwirtschaftlich betriebene und mit eigener Software ausgestattete Messfahrzeuge. Die Unfalldaten werden mit Softwaresystemen wie z. B. EUSka (Unfallaufnahme und Auswertung) erfasst und verwaltet. Die Datenformate sind bei der ZEB im Gegensatz zur ESN standardisiert.

Die Datenauswertung erfolgt bei der ZEB unter Anwendung von Standardprogrammen der BASt. Für die ESN gibt es keine vergleichbaren Standardwerkzeuge.

Der Bereich der Qualitätssicherung ist bei der ZEB sehr weit entwickelt. Es gibt hier ein mehrstufiges System mit einer zeitbefristeten Zulassung der Messfahrzeuge, Fremdüberwachungen durch die BASt, Kontrollprüfungen, Eigenüberwachungen der Auftragnehmer, Qualitätssicherung durch externe Auftragnehmer. Bei der ESN gibt es keinen vergleichbaren Prozess. Die Inputdaten werden gemeinhin über Prüfroutinen plausibilisiert.

Im Ergebnis liefert die ZEB standardmäßig eine Ergebnistabelle (dbf-Datei) in der alle Zustandsinformationen mit Fahrstreifenbezug auf 100 m bzw. 20 m - Abschnitte aggregiert mit ASB-Streckenbezug gespeichert sind. Darauf aufbauend werden die relevanten Zustandswerte auf Karten und in Streckenbändern farblich visualisiert. Ergänzend gibt es eine statistische Auswertung zur Verteilung der Zustandsgrößen und Zustandswerte. Die ESN liefert eine Dokumentation der Grundlagendaten, eine Ergebnistabelle (zentrale Bewertungsgröße ist der Nutzen durch vermeidbare Unfallkosten je Kilometer und Jahr), Karten mit einer Darstellung des Sicherheitspotenzials und Statistiken (z. B. zum Unfallkostenanteil verschiedener Unfallmerkmale).

Die Kosten der ZEB hängen von der Länge des zu untersuchenden Netzes und der jeweiligen Straßenklasse ab. Die Preise für Erfassung und Auswertung liegen durchschnittlich im Bereich zwischen 50 €/km (BAB) und 80 €/km (Kreisstraßen). Bei der ESN-Analyse fallen keine Kosten für Erfassungen an (bzw. nur indirekt durch Aufnahme von Unfalldaten durch die Polizei), jedoch für die Aufbereitung und Auswertung der Daten. Aufgrund der inhaltlich stark differierenden Projektinhalte ist es an dieser Stelle leider nicht möglich, durchschnittliche Preise anzugeben.

Nachfolgend sind die wesentlichen Eigenschaften der beiden Verfahren nochmals kompakt zusammengefasst:

	ZEB	ESN
Dokumentation	ZTV-ZEB StB 06 und Leistungsbeschreibung zum Teilprojekt 4	„Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen - ESN 2003“ (FSGV, aktuell in Überarbeitung)
Weiterentwicklung und Pflege der Standards	FGSV: AP 4.3.1	FGSV: AK 2.13.1
Nutzer	Bund, Bundesländer, Landkreise*, Kommunen* <i>*) in abgewandelter Form</i>	flächenhafte Anwendung hat sich noch nicht überall durchgesetzt; von den Ergebnissen profitieren vorrangig Straßenbauverwaltungen aber in Teilbereiche auch zentrale Unfallauswertungen der Länder und Planungsämter; Relevanz für Verkehrsentwicklungspläne, Netzplanung, Erhaltung, Konkretisierung Sicherheitsprogramme etc.
Prozesse	Erhaltungsplanung (strategisch / operativ), Analyse von Unfallschwerpunkten, Forschung, Nutzung der Streckenbilder in den unterschiedlichsten Referaten der Straßenbauverwaltungen	Planung von Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit
Zyklus	Zustandserfassung und Auswertung bei Bundesfernstraßen alle 4 Jahre, bei den Landesstraßen 4-5 Jahre	nicht festgeschrieben, aber zielführend alle 3 Jahre
Bezugssystem (Straßennetz)	ASB konformes Netz mit Fahrstreifenbezug	Straßenachsen jedes Netzsystems, außerorts Rückführung der Ergebnisse auf Netzknotenabschnitte der SIB sinnvoll
Auswerteabschnitts-	festes Raster anhand der ASB-	kein festes Raster, Abschnitte ergeben sich

längen	Netzabschnitte, 100 m-Raster (außerorts), 20 m-Raster (innerorts)	bisher entweder aus dem Unfallgeschehen oder aus Netz- bzw. Infrastrukturmerkmalen
Hauptprozesse	<ul style="list-style-type: none"> – Bereitstellung der Netzgrunddaten – (messtechnische) Erfassung – Netzprojektion – Aus- und Bewertung – Kartenvisualisierung und Statistiken – Onlinebereitstellung der Ergebnisse 	<ul style="list-style-type: none"> – Unfallfassung (erfolgt unabhängig von ESN) – Referenzierung von Unfällen und Verkehrsdaten (DTV) auf Bezugsnetz – Abschnittsbildung – Berechnung Sicherheitsverbesserungspotenzial (Bewertung) – Priorisierung Abschnitte – Aufbereitung Ergebnisse in Listen und Kartendarstellungen – Weitergabe Ergebnisse an andere Prozesse – ggf. Detailanalyse Unfallgeschehen für Maßnahmenansätze
Akteure	Finanzier (z. B. Bund), Auftraggeber (z. B. Bundesländer), Projektleitung (z. B. BAST), Auftragnehmer Erfassung (Ingenieurbüros), Auftragnehmer Datenaufbereitung / Qualitätssicherung (Ingenieurbüros)	Auftraggeber (Straßenbauverwaltungen, zentrale Unfallauswertung, Planungsämter u. a.) Bearbeitung (intern - Verwaltung - und extern - Ingenieurbüros)
Standardprogramme / Datenformate	TP0Check (BAST) GeoRohRaster (BAST) RohZGZW (BAST) XML-Georohdaten bzw. Rasterrohdaten, ERG.dbf, Straßennetz als *.tab Bereitstellung aller Ergebnisse sowie Rohdaten der ZEBen auf Bundesfernstraßen auf dem IT-ZEB Server. Sämtliche Daten sind dienstbasiert über das Internet verfügbar	System EUSka (Unfallaufnahme und Auswertung) UNFAS (Unfallauswertung) sonstige Systeme
Ergebnisse	Ergebnistabelle mit auswerteabschnittsbezogenen Zustandsgrößen und -werten, Zustandskarten je Merkmal bzw. Teil- und Gesamtwert, Statistiken je Merkmal gegliedert nach Ortsdurchfahrt bzw. Freie Strecke bzw. nach Bauweise, Rasterrohdaten, Strecken- und Oberflächenbilder	Dokumentation Grundlagendaten, Ergebnistabellen (zentrale Bewertungsgröße sind die Nutzen durch vermeidbare Unfallkosten je Kilometer und Jahr), Sicherheitspotenzialkarten, zusätzliche Analysestatistiken (z. B. Unfallkostenanteil verschiedener Unfallmerkmale)
Qualitätssicherung	Mehrstufiges System: Zeitbefristete Zulassung der Messfahrzeuge, Fremdüberwachungen, Kontrollprüfungen, Eigenüberwachungen der Auftragnehmer, Qualitätssicherung durch externen Auftragnehmer	Ergebnisse können Hinweise geben zu Datenlücken bezüglich der DTV-Angaben, ansatzweise Überprüfung der Lokalisierung Unfalldaten während Referenzierung
Typische Projektlaufzeit	Mai - November (ca. 7 Monate)	k. A.
Durchschnittliche Kosten	Je nach Straßenklasse 50 € (BAB) bis 80 € (K-Straße) je Fahrstreifenkilometer für Erfassung, Auswertung und Qualitätssicherung	nur direkte Kosten für Projektbearbeitung (Datenaufbereitung, Abschnittsbildung, Ergebnisaufbereitung und -interpretation)

Tab. 19: Vergleich der Eigenschaften von ZEB und ESN-Verfahren

A.2 Ergänzung Literaturanalyse

Study			Road Class Studied (or nearest equivalent classification)				Sample Details			Conclusion
Location	Author (Date Published)	Most Recent Year of Data Included	Motorway	Dual Carriageway	Single Carriageway and Minor Rural Roads	Other or Unknown	Length of Friction Coefficient Data Considered, or Number of Test Sections	No. of Accidents Considered	Length of Section to which Friction Coefficient and Accident Data were Assigned	Was a Correlation Between Friction Coefficient and Traffic Accidents Found?
State of Texas	McCullough & Hankins (1966)	1965 (est)	✓				517 random sections	Unknown	Varied	Yes
The Netherlands	Schlosser (1976)	1966		✓		✓	3,400km	36,364	Unknown (>100m likely due to accuracy of data collection)	Limited
State of Kentucky	Rizenbergs et al., (1977)	1971		✓			2,350km	8,481	Unknown	Yes
State of Tennessee	Moore & Humphreys (1973)	1973 (est)	✓				60km	450	Half Mile (805m)	Yes
England	Rogers & Gargett (1991)	1982		✓	✓		1,500km	Unknown	50-200m	Limited
Great Britain	Hosking (1986)	1982	✓	✓	✓		Unknown	Unknown	Unknown	Yes
Saudi Arabia	Al-Mansour (2006)	1999	✓	✓	✓		Unknown	340	Unknown	Yes
Switzerland	Lindenmann (2006)	1999	✓	✓			6,077km	29,994	500m	No
United Kingdom	Viner et al., (2004)	2001	✓	✓	✓		6,000km	Unknown	200-500m	Limited
Spain	Mayora & Rafael (2008)	2002			✓		1,758km	3,778	500m	Yes
State of Virginia	Kuttesch (2004)	2002				✓	5,219km	22,232	1 mile (1,609m)	Yes
New Zealand	Davies et al., (2005)	2002	✓	✓	✓		10,736km	14,094	10m	Yes
Czech Republic	Kudrna et al., (Undated)	2004	✓	✓			495km	2,724	20m	Yes

Tab. 20: Literaturübersicht zum Einfluss der Griffigkeit auf das Unfallgeschehen (Quelle: Teekman 2011)

Unfalltyp	Unfall- kategorie		Ortslage / Straßenkategorie	
			Autobahn	Landstraßen
Typ 1 Fahrunfall	U(SP)	1	332.668	267.183
	U(LP)	2	42.877	24.134
	U(SS)	4	24.541	19.046
	U(LS)	5	8.814	6.035
Typ 2 Abbiegeunfall	U(SP)	1	335.184	226.495
	U(LP)	2	42.782	25.364
	U(SS)	4	24.541	19.046
	U(LS)	5	8.814	6.035
Typ 3 Einbiegen- Kreuzen-Unfall	U(SP)	1	310.171	252.684
	U(LP)	2	43.152	25.119
	U(SS)	4	24.541	19.046
	U(LS)	5	8.814	6.035
Typ 4 Überschreiten- unfall	U(SP)	1	704.629	379.165
	U(LP)	2	42.053	23.697
	U(SS)	4	24.541	19.046
	U(LS)	5	8.814	6.035
Typ 5 Unfall im ruhenden Verkehr	U(SP)	1	369.410	196.337
	U(LP)	2	43.253	24.566
	U(SS)	4	24.541	19.046
	U(LS)	5	8.814	6.035
Typ 6 Unfall im Längs- verkehr	U(SP)	1	339.042	309.998
	U(LP)	2	43.896	25.034
	U(SS)	4	24.541	19.046
	U(LS)	5	8.814	6.035
Typ 7 sonstiger Unfall	U(SP)	1	352.578	214.466
	U(LP)	2	43.092	23.956
	U(SS)	4	24.541	19.046
	U(LS)	5	8.814	6.035
alle Unfalltypen	U(SP)	1	340.648	266.002
	U(LP)	2	43.486	24.665
	U(SS)	4	24.541	19.046
	U(LS)	5	8.814	6.035

Tab. 21: Unfalltyp-spezifische Unfallkostensätze zum Preisstand 2009 (Berechnungen von Markus Lerner (Bast) auf Basis gesamtdeutscher Unfalldaten)

A.3 Detaillierte Beschreibung Handlungsbedarf ZEB

Eignung der bekannten Zustandsgrößen, Bedarf für weitere Parameter

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die ZEB mit den verwendeten Zustandsgrößen und Verfahren die Aspekte der Verkehrssicherheit zwar in Form des Teilwerte Gebrauch thematisiert, dass zum Zeitpunkt der Implementierung des Verfahrens jedoch keine brauchbaren wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Auswirkung des Zustands auf das Unfallgeschehen vorlagen bzw. genutzt wurden. Es wurde bisher auch noch nicht geprüft, ob neben den Zustandsgrößen Griffigkeit und Fiktive Wassertiefe weitere Größen existieren oder aus den Erfassungsrohdaten generiert werden können, die einen signifikanten Einfluss auf das Unfallgeschehen haben. Gleiches gilt für die verwendeten Abschnittslängen.

Eignung der Auswerteabschnittslängen bei der Zustandsgrößenermittlung

Es ist durchaus möglich, dass die in der ZEB verwendeten Auswerteabschnittslängen für die Analyse des Einflusses auf das Unfallgeschehen bzw. die Detektion möglicher Gefahrenstellen im Netz nicht optimal bzw. geeignet sind. An dieser Stelle soll hierzu ein kurzes Beispiel zeigen, welchen Einfluss z. B. die bisher verwendete Mittelung der 1 m-Einzelwerte (Griffigkeit bzw. Fiktive Wassertiefe) auf die ermittelten Zustandsgrößen hat. Meist zeigen die Zustandsgrößen innerhalb eines Bauabschnittes oder eines Teilabschnittes eine Homogenität bzw. ein durchgängiges Wertenniveau.

Das Niveau - explizit der Griffigkeit und der Fiktiven Wassertiefe - kann sich jedoch von einem auf den nächsten Meter sprunghaft ändern. Dies wird im A.6.7 anhand realer Beispiele dargestellt. Bei der Annahme, dass bereits kurze Streckenabschnitte, z. B. mit der Länge eines typischen Bremsweges von 30-40 m, einen großen Einfluss auf die Verkehrssicherheit haben können, ist eine Mittelung der 1 m-Werte im Außerortsbereich zu 100 m-Abschnitten nicht sinnvoll.

Bei der Darstellung in Bild 129 handelt es sich um reale Daten. Die graue Line stellt die 1 m-Werte dar, die schwarze Linie repräsentiert die 100 m-Mittelwerte. Aufgrund der festen Rasterung, werden die z. T. 100 m langen Bereiche durch die Mittelung zusammen mit den benachbarten Werten soweit angehoben, dass sie auf ein mittleres bis gutes Wertenniveau gehoben werden.

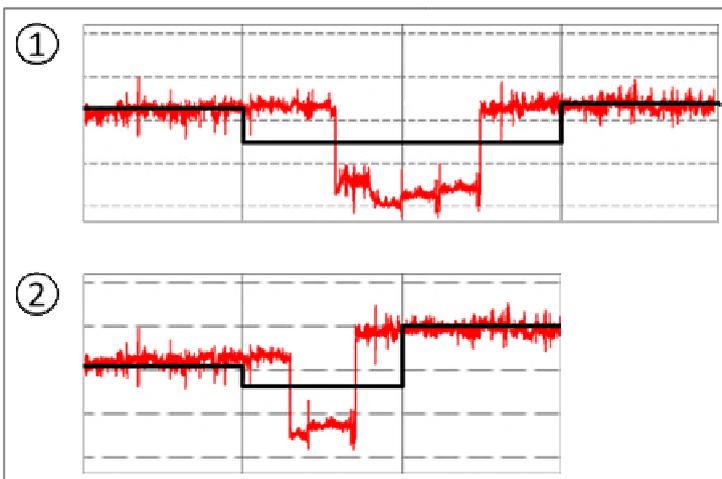


Bild 129: Mittelung der Zustandsgröße Griffigkeit

Eignung der vorhandenen Zustandsgrößen der Ebenheit

Bei der ZEB wird die Ebenheit in zwei getrennten Richtungen (längs und quer zur Fahrbahn) betrachtet. Die klassisch verwendeten Zustandsgrößen der Längsebenheit, Allgemeine Unebenheit (AUN), Bewertetes Längsprofil (BLP), Längsebenheitswirkindex (LWI) und ältere Größen, wie die Standardabweichung zum Mittelwert (S3, S10, S30) beschreiben den Einfluss der im erfassten Höhenlängsprofil enthaltenen Wellenanteile auf den Fahrkomfort (AUN, BLP) bzw. charakterisieren die dynamischen Einwirkungen auf den Fahrer, das Rad bzw. die Ladung eines Fahrzeugmodells (LWI) oder rein geometrisch (S3, S20, S30). Bei allen vorgenannten Zustandsgrößen wird die Ebenheit nur zweidimensional und zwar entlang eines einzigen Längsschnittes in der rechten Rollspur betrachtet.

Quer zur Fahrbahn gibt die Zustandsgröße Spurrinnentiefe (SPT) Auskunft über längs gerichtete Vertiefungen in der Fahrbahn. In der Regel sind dies Spurrinnen, es können jedoch auch aufgelegte Flickstellen sein. Auch bei der Querebenheit wird nur eine zweidimensionale Betrachtung angestellt. In der Realität wird das Fahrverhalten eines Fahrzeugs jedoch durch eine dreidimensionale Fahrbahnoberfläche beeinflusst. Diese „3D-Unebenheiten“ verursachen Nick-, Wank- und Rollbewegungen und haben ohne Zweifel bei ungünstiger Konstellation und Größe einen signifikanten Einfluss auf die Fahrsicherheit. Insofern wäre hier Handlungsbedarf zur Bestimmung neuer Zustandsgrößen. Der mögliche Einfluss der Ebenheit auf die Fahrdynamik ist Teil eines aktuellen Forschungsvorhabens und wird in FE 04.0248/2011/DGB „Integrale Bewertung der Ebenheit“ bearbeitet. Leider muss an dieser Stelle festgestellt werden, dass die derzeit eingesetzte bzw. durch die ZTV-ZEB geforderten Messverfahren und Datengrundlagen eine Verknüpfung der Daten der Längs- und Querebenheit zu einem flächigen Messpunktgitter erlauben. Beim Vorhandensein flächiger Informationen wäre eine dreidimensionale Bewertung der Ebenheit etwa durch Fahrsimulationen (ähnlich wie in der Fahrzeugforschung) realistisch. Dass es mögliche Ansätze gibt, wie mit den vorhandenen Daten der ZEB eine verbesserte Bewertung der Ebenheit durchgeführt werden kann, zeigt Heller (2009) in einem Verfahrensentwurf für die Stadt Erfurt. Bei einer Verdichtung der Querprofile in Längsrichtung (Abstand 10 cm statt 1 m) lässt sich der Einfluss von Querneigungswechseln, Flickstellen, Spurrinnen und anderen Ereignissen auf die Rollbewegungen eines Fahrzeugs auswerten und qualitativ sowie quantitativ bewerten. Die Datendichte ist bei der ZEB jedoch nicht standardmäßig bei allen Messfahrzeugen gegeben. Da bereits einzelne ZEB-Messfahrzeuge mit hochauflösenden Laserscannern und sehr stabilen Inertialsystemen ausgestattet sind ist zu erwarten, dass eine dreidimensionale Beschreibung der Fahrbahnoberfläche in den kommenden Jahren möglich sein wird. Jedoch müssen dazu noch entsprechende Datenformate und Standards definiert werden.

Bewertung / Normierung

Es ist bekannt, dass die bei der ZEB angewandte Normierung von Zustandsgrößen zu Zustandswerten nicht alle von Fachseite gestellten Anforderungen abdeckt. Insbesondere ergeben sich an allen unstetigen Stellen (Normierungsgrenzen 1,0 bzw. 1,5 und 4,5 bzw. 5,0 bzw. Knickstellen beim Warnwert 3,5) Anomalien in der Verteilung, die bei statistischen Untersuchungen oft zu Diskussionen führen. Genauso verhält es sich, wie bereits in Kapitel 3.3.5 dargestellt, mit den Warn- und Schwellenwerten. Diese orientieren sich meist an einzelnen, speziellen Anforderung und können deshalb nicht global für die Betrachtung beliebiger Fragestellungen verwendet werden. Schwierigkeiten bei der Nutzung der Zustandswerte ergeben sich bereits bei der klassischen Erhaltungsplanung. So sind z. B. Notenwert größer 5,0 nicht mehr differenzierbar, was jede Form der Priorisierung erschwert. Die Verknüpfung von Zustandswerten zu Teilwerten ist ebenso nur zur Bewertung einzelner Aspekte geeignet. Die Wertesynthese ist ein Modellansatz mit einfachen mathematischen Verknüpfungsregeln (Bildung gewichteter Mittelwerte und Durchschlagregeln) und damit nicht zur Bewertung mehrdimensionaler Sachverhalte geeignet. Schon aus diesem Grund ist die Definition eines Gebrauchswertes, der sicherheitsrelevante Zustandsmerkmale berücksichtigt, nicht zielführend. Es gilt daher im vorliegenden Projekt für die Bewertung des Einflusses einzelner Zustandsmerkmale auf das Unfallgeschehen im Kontext mit den übrigen Einflussfaktoren geeignetere Ansätze zu formulieren.

Nutzung der sogenannten Hilfsgrößen

Die ZEB liefert neben den merkmalsbezogenen Zustandsgrößen weitere Größen, die in der bisherigen Nomenklatur als Hilfsgrößen bezeichnet werden. Hierzu zählen die Quer- und Längsneigung, sowie die Krümmung. Auch wenn es sich bei den Hilfsgrößen um nicht qualitätsgesicherte Größen handelt, sind diese bereits in vielen Projekten mit Erfolg genutzt worden. Für alle Betrachtungen zur Verkehrssicherheit wären Daten zur Trassierung von großem Wert.

Erweiterung des Erfassungsumfangs bzw. Anpassung des Turnus

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit erfolgt die Zustandserfassung bei den Bundes- und Landesstraßen bis dato nicht auf allen Fahrstreifen bzw. in einbahnigen Abschnitten nur in eine Richtung. Zur Detektion von potenziell unfallträchtigen Bereichen wäre eine lückenfreie Datengrundlage des Zustands wünschenswert. Sollte dieses Forschungsprojekt den signifikanten Einfluss einzelner Zustandsmerkmale auf die Ausprägung des Unfallgeschehens nachweisen, so wäre die Wirtschaftlichkeit der Erfassung aller Fahrstreifen erneut zu prüfen. Auch der Turnus der ZEB müsste auf den Prüfstand gestellt werden. Er wäre zumindest mit den Zyklen der Unfallanalyse zu harmonisieren.

Erweiterung, Anpassung der Messtechnik

Es wäre durchaus zu diskutieren, ob die bekannte und bewährte Messtechnik erweitert oder angepasst werden kann bzw. sollte. Bisher wird oft kritisiert, dass die Merkmale Griffigkeit und Längsebenheit ausschließlich in der rechten Rollspur und damit bei sehr engen Straßen nah am rechten Fahrbahnrand erfasst werden. Gerade in engen Kurven ist es durchaus relevant, ob die Griffigkeit im Außenbereich (Linkskurve) oder im Innenbereich (Rechtskurve) gemessen wird. Es würde jedoch größerer Umbauten an den Fahrzeugen mit sich bringen, wenn zwei Messräder bzw. zwei HRM-Messsysteme montiert werden müssten. Wie bereits weiter oben aufgezeigt, wäre eine Erweiterung der Ebenheitserfassung sinnvoll. Stand der Technik ist hier die Erfassung der Fahrbahnoberfläche als 3D-Gitter. Da die Datengrundlagen der Straßeninformationsbanken zum Bestand (Querschnittsbreiten, Fahrstreifen, Geschwindigkeitsbeschränkungen, Markierungen, Trassierungselementen, usw.) zumeist eher lückenhaft bzw. nicht aktualisiert sind, wäre es durchaus zielführend wenn die vorhandene Mess- und Auswertetechnik um Module zur Erhebung (manuell, automatisch) einzelner Bestandsdaten erweitert würde. Die Erkennung von Markierungen, Schildern und ähnlichen Objekten ist bereits in anderen Projekten erfolgreich praktiziert worden.

Aufgaben

Aus dem vorgenannten ergeben sich Aufgaben für das vorliegende Forschungsprojekt:

- Durchführung einer Analyse zur Homogenität des Zustands und der Relevanz eines alternativen Verfahrens zur Bildung alternativer Abschnittslängen.
- Anwendung alternativer Verfahren zur Bildung (z. B. alternative Mittelung) der Zustandsgrößen.
- Ableitung neuer Zustandsgrößen, die auch fahrdynamische Aspekte repräsentieren.
- Prüfung der Hilfsgrößen (Quer- und Längsneigung sowie Krümmung) und Aufbereitung für eine Nutzung im Projekt.
- Zusammenstellung der Datengrundlagen für die Analyse.

A.4 Aufbereitung von Datengrundlagen

Die Bewertung des möglichen Einflusses der Infrastrukturparameter (z. B. Querschnittsbreiten, Linienführung) auf das Unfallgeschehen ist sehr komplex und erfordert strenggenommen detaillierte Daten zur Längs- und Querneigung, den Trassierungselementen (Gerade, Kreisbogen, Klothoide), den zulässigen Höchstgeschwindigkeiten, Querschnittsbreiten und einiges mehr.

Für das Analysenetz lagen diese Daten nicht wie erforderlich, netzweit vor. Deshalb wurden Ersatzgrößen bestimmt, die sich mit vertretbarem Aufwand beschaffen bzw. berechnen ließen und eine akzeptable Qualität aufwiesen. Es muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass der Fokus dieser Forschung auf der Analyse der unfallbegünstigenden Zustandsgrößen (ZEB) liegt. Die Infrastrukturparameter gehen nur soweit ein, dass Wechselwirkungen oder störende Einflüsse bestmöglich eliminiert werden.

Nachfolgend werden die verwendeten, z. T. aus den Daten der ZEB erstmalig abgeleiteten Größen, kurz beschrieben.

Querschnitt

Für die netzweite Betrachtung ließen sich aus den Straßeninformationsbanken der Analyseländer keine flächendeckenden, bzw. für die Untersuchung verwendbaren Datengrundlagen erschließen. Ersatzweise wurden die in den Grunddaten der ZEB hinterlegten Fahrstreifenanzahlen und Angaben zur Bahnigkeit verwendet. Die Netzdaten werden alle 4 Jahre für die ZEB durch die Länder bereitgestellt und im Vorfeld der Erfassung nach bestem Kenntnisstand bzw. aus Datenbeständen der SIB gefüllt. Aus den Fahrstreifenanzahlen lassen sich die Querschnittsbreiten nur sehr grob abschätzen. Informationen zu Seitenstreifen sind nicht verfügbar.

Längsneigung (LN)

Da den Straßeninformationsbanken für die Analyseländer keine Daten zur Längsneigung zu entnehmen waren, wurde auf die in den ZEB-Daten enthaltenen Größen zurückgegriffen. Die Längsneigung wird im Rahmen der Erfassung des Teilprojektes 1a der ZEB durch das Inertialkreiselssystem (bzw. einen geeigneten Neigungssensor) und die Lasereinzelnwerte des HRM-Lasersystem erfasst und als Prozentwert (positiv = Steigung, negativ = Gefälle, jeweils auf die Stationierungsrichtung bezogen) angegeben. Die Elementarinformationen liegen in den Georohdaten des TP1a (typischerweise alle 10 m vor) vor und werden bei der Rasterung auf die Länge des jeweiligen Zustandsabschnittes gemittelt. Die Messgröße Längsneigung wird bei der Zulassung der Messgeräte bzw. der Qualitätssicherung der Zustandsdaten im Rahmen des TP4 nicht geprüft. Aus anderen Projekten liegen jedoch gute Erfahrungen zur Nutzbarkeit der Daten vor (siehe Kartendarstellung Bild 131).

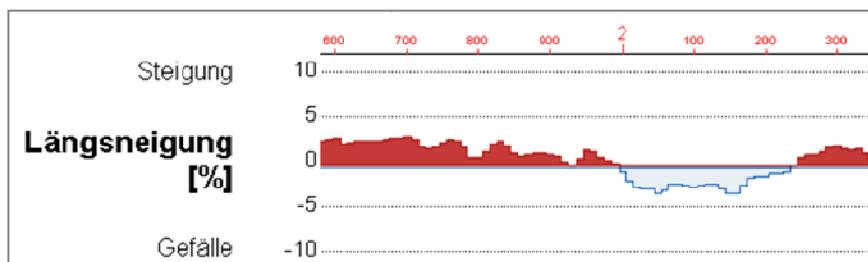


Bild 130: Profildarstellung der Längsneigung, Typisches Beispiel für eine Bundesstraße.

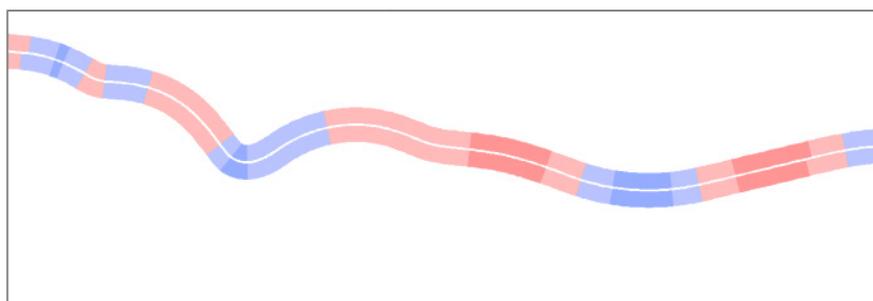


Bild 131: Kartendarstellung der Längsneigung, Beispiel für die Hin- und Gegenrichtung einer mehrbahnigen Bundesstraße

Querneigung (QN)

Wie bereits zur Längsneigung dargestellt, fehlte es für das Forschungsprojekt an geeigneten Daten aus der Straßeninformationsbank. Daher wurde die in den ZEB enthaltene Querneigung verwendet. Die Querneigung wird im Rahmen der Erfassung des Teilprojektes 1b der ZEB durch das Inertialkreiselssystem (bzw. einen geeigneten Neigungssensor) und die Lasereinzelnwerte des Querprofils erfasst und als Prozentwert (positiv = Neigung nach rechts, negativ = Neigung nach links, jeweils auf die Stationierungsrichtung bezogen, siehe Bild 132) angegeben. Die Elementarinformationen liegen in den Georohdaten des TP1b meterweise als Querprofile, aus dem durch Berechnung der Regressionsgerade die Querneigung berechnet wird, vor und werden bei der Rasterung auf die Länge des jeweiligen Zustandsabschnittes gemittelt. Die Messgröße Querneigung wird bei der Zulassung der Messgeräte bzw. der Qualitätssicherung der Zustandsdaten im Rahmen des TP4 nicht geprüft. Aus anderen Projekten liegen jedoch gute Erfahrungen zur Nutzbarkeit der Daten vor (siehe nachfolgende Grafik zur ZEB auf BAB in Bayern 2013).

Es muss darauf hingewiesen werden, dass die Querneigung immer nur für den durch die ZEB erfassten Fahrstreifen angegeben werden kann. Bei den BAB lassen sich damit alle Fahrstreifen beschreiben (Bild 133). Bei einbahnigen Bundes- und Landesstraßen liegen diese Daten nur für den Hauptfahrstreifen in Stationierungsrichtung vor.

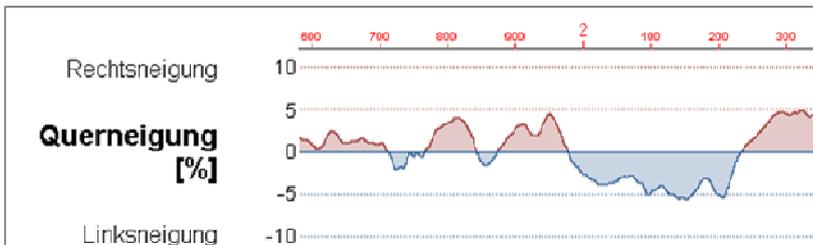


Bild 132: Profildarstellung der Querneigung, Typisches Beispiel für eine Bundesstraße.

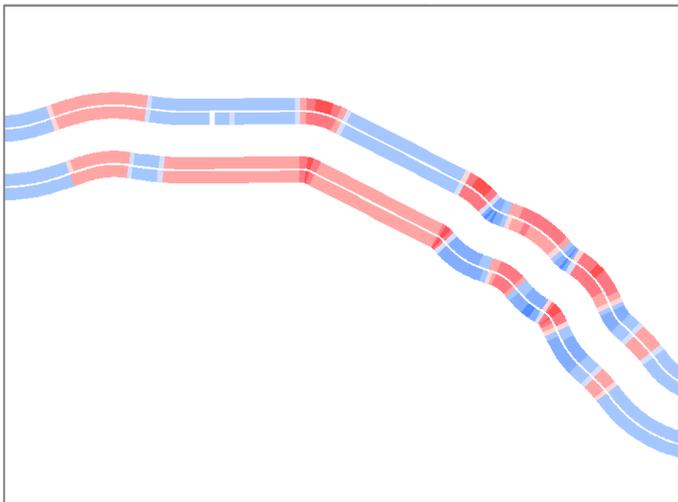


Bild 133: Kartendarstellung der Querneigung, Beispiel für eine Autobahn

Querneigungswechsel (QN_ANZ)

Als entwässerungsschwache Zone gelten Bereiche mit einer Querneigung kleiner als 2,5 %, unabhängig von der Längsneigung. Die Straße muss so entworfen sein, dass für ein definiertes Regenereignis eine Wasserfilmdicke von 2 mm nicht überschritten wird. Bereiche in denen diese Forderung nicht eingehalten ist, müssen mit geeigneten Maßnahmen umgestaltet oder in der Höhe der zulässigen Höchstgeschwindigkeit beschränkt werden. In Bild 134 ist ein Querneigungswechsel in einem Bereich mit geringer Längsneigung und Spurrinnen dargestellt. Die fiktive Wassertiefe beträgt 5 mm.

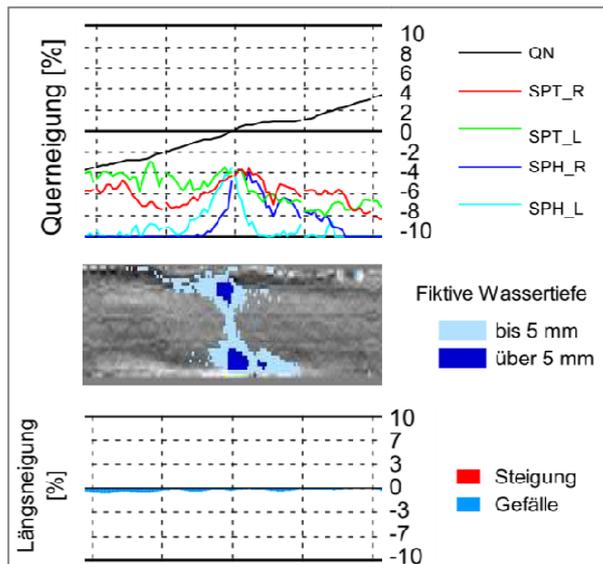


Bild 134: Beispiel für einer Entwässerungsschwachen Zone im Bereich eines Querneigungswechsels

Ein weiteres sicherheitsrelevantes Kriterium ist die Anrampungsneigung. Für Querneigungswechsel sind bestimmte Mindestlängen einzuhalten. Da die Ebenheitsdaten der ZEB wie bereits erwähnt keine realitätsnahe dreidimensionale Bewertung der entwässerungsschwachen Zonen und der Anrampungsneigung zulässt, wurde in diesem Projekt eine vereinfachte Herangehensweise gewählt.

Für jeden Auswerteabschnitt der ZEB wurde die Anzahl der Querneigungswechsel bestimmt und als Zahlenwert je 100 m Abschnitt (Freie Strecke) abgelegt. Als Datengrundlage wurden dazu die im Absatz Querneigung beschriebenen Elementardaten des TP1b verwendet.

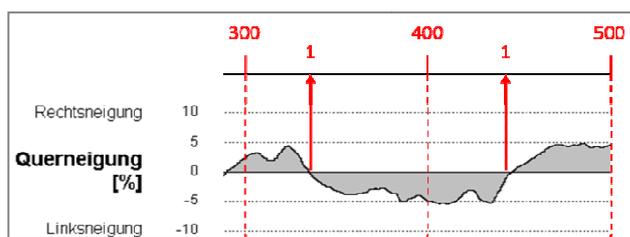


Bild 135: Profildarstellung mit 2 Querneigungswechseln

Die 100 m Werte QN_ANZ lassen sich durch Addition nach Belieben auch zu größeren Abschnitten aggregieren.

Land A	Anzahl Querneigungswechsel je Kilometer
BAB	0,5
B-Str.	0,4
L-Str.	5,9

Tab. 22: Durchschnittlich je Kilometer ermittelte Anzahl an Querneigungswechsel am Beispiel des Landes A

Krümmung (K)

Informationen zu den Entwurfselementen der Straße (Gerade, Klothoide und Kreisbogen) sind bei der Bewertung des Unfallgeschehens unverzichtbar. Die vorgenannten Elemente werden bei Planern in Form des Krümmungsbands visualisiert (Krümmung = 1/ Radius).

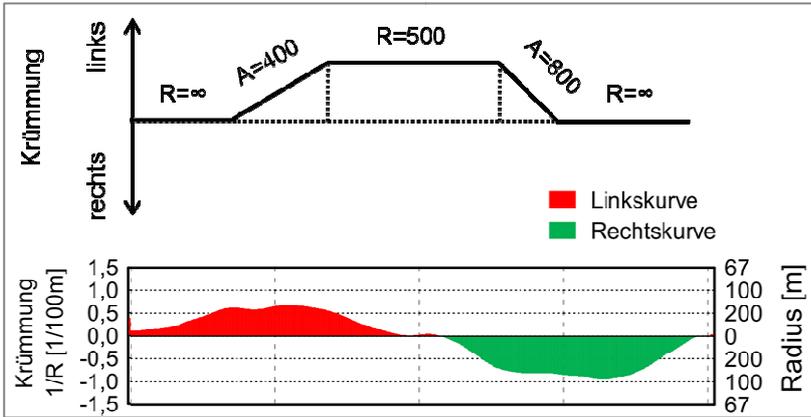


Bild 136: Darstellung Krümmungsband: Planungsbeispiel und Beispiel zu der ZEB-Hilfsgröße Krümmung (K)

Bild 136 zeigt im oberen Teil ein schematisches Krümmungsband. Für das Analysenetz ließen sich aus den Straßeninformationsbanken leider kaum brauchbare Daten zu den Entwurfselementen beschaffen. Die entsprechenden Objektklassen waren lückenhaft bzw. gar nicht gefüllt. Als alternative Datenquelle wurde ein vereinfachter Ansatz gewählt, bei dem die ZEB-Hilfsgröße Krümmung (K) verwendet wurde. Die Krümmung wird in den Rohdaten des Teilprojektes 1a für jeden Meter der Messung abgelegt. Damit die Größe besser handzuhaben ist, wird sie mit einem Faktor skaliert (Einheit K [1/100 m]). Die Genauigkeit der Krümmung wird zwar bei der Zulassung der Messgeräte bzw. der Qualitätssicherung der Zustandsdaten im Rahmen des TP4 nicht geprüft. Wichtig ist es darauf hinzuweisen, dass die Messlinie nicht mit der Straßenachse übereinstimmt und bereits geringere Schlenker bzw. Überholvorgänge in der Fahrlinie zu lokalen Ungenauigkeiten bei den Krümmungswerten führen.



Bild 137: Analyseabschnitt einer Landesstraße

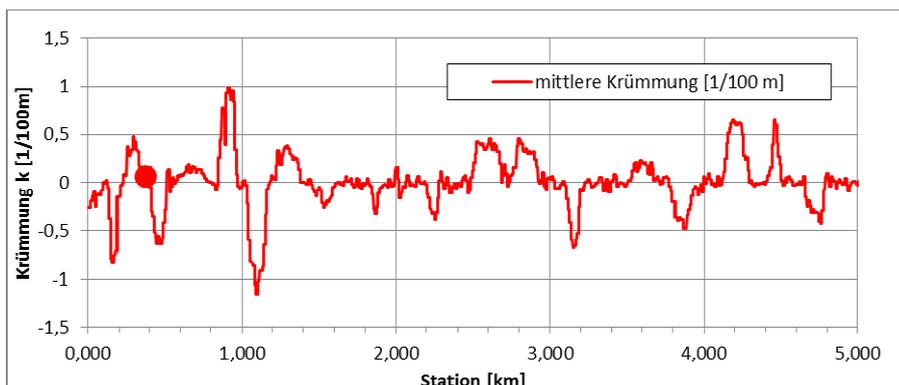


Bild 138: Krümmungswerte für den Analyseabschnitt in **Bild 137**.

Kurvigkeitsäquivalent (KU*)

Die Kurvigkeit ist eine etablierte Größe bei der Bewertung der Linienführung von Straßenabschnitten. Sie beschreibt das Verhältnis aus der Summe der Winkeländerungen bezogen auf die Länge des betrachteten Abschnitts.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde ein einfaches Verfahren zur Bestimmung der Kurvigkeit aus den im vorangehenden Absatz beschriebenen Krümmungswerten entwickelt. Aus diesem Grund wird in der Forschungsarbeit nur von einem Kurvigkeitsäquivalent gesprochen. Im Prozess der Rasterung der Geo-Rohdaten werden die 1 m-Werte der Krümmung zu 100 m- bzw. 20 m - Auswerteabschnitten (Freie Strecke bzw. Ortsdurchfahrten) gemittelt. In der Ergebnistabelle (ERG) ist dann nur noch diese aggregierte Größe verfügbar. Eine Berechnung des Kurvigkeitsäquivalents ist daraus nicht möglich, da die Winkeländerungen nicht mehr nachvollziehbar sind. Das Kurvigkeitsäquivalent wurde daher aus den 1 m - Einzelwerten der Krümmung der Raster-Rohdaten bestimmt. Es werden zunächst Radien berechnet und anhand der Bogenformel einzelne Winkeländerungen ermittelt. Die Summe der Winkeländerungen (Einheit Gon) wird mit der zurückgelegten Wegstrecke in das Verhältnis gesetzt. Im Unterschied zu der gebräuchlichen Bezugslänge von einem Kilometer wurde im Forschungsprojekt auf die Länge des Auswerteabschnitts der ZEB (Freie Strecke) von 100 m zurückgegriffen.

$$R=1/K*100$$

Das Kurvigkeitsäquivalent ermittelt sich durch Anwendung der folgenden Gleichung:

$$KU^* = \sum_1^l \left| \left(\frac{1}{K_i} \right) * 63,662 \right|$$

l = Länge Bezugsabschnitt (100 m)

K_i = Einzelwerte der Krümmung

$$63,662 = 400 \text{ gon} / 2 \pi$$

Die Berechnungsergebnisse wurden in der Karte und anhand von Streckenbildern plausibilisiert. Das Verfahren liefert nach ersten Erkenntnissen sehr gute Resultate. Siehe hierzu Bild 139.

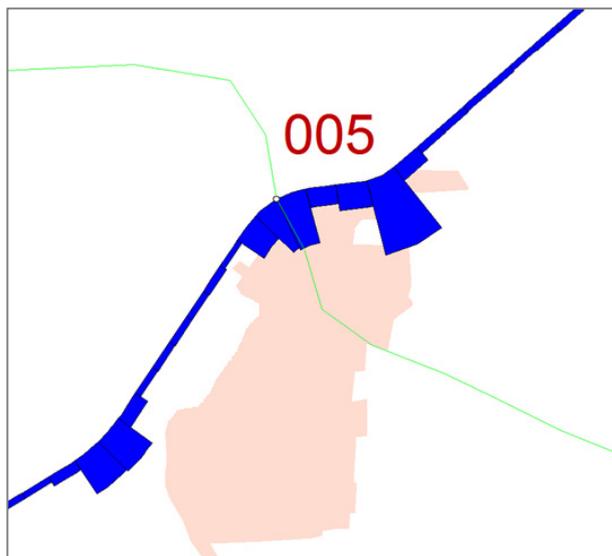


Bild 139: Kartendarstellung des Kurvigkeitsäquivalents KU* [gon/100 m]

Besondere Ereignisse, wie Kreisverkehre oder Abbiegevorgänge sind deutlich als sehr kurvige Bereiche zu erkennen (vgl. Bild 140). In mehrbahnigen Abschnitten liefert die ZEB für beide Fahrtrichtungen Werte des Kurvigkeitsäquivalents. Die Werte der Hin- und Rückrichtung stimmen in der Regel sehr gut überein (Bild 140).

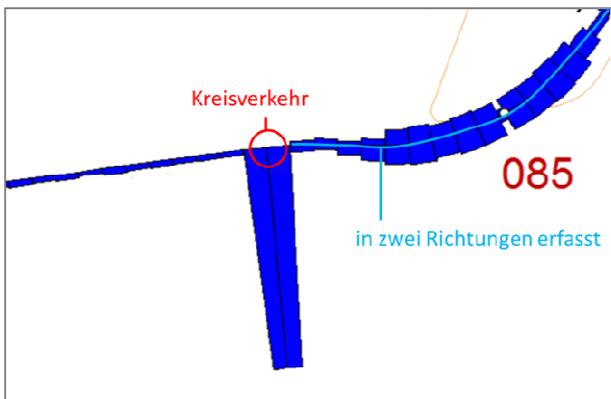


Bild 140: Kurvigkeitsäquivalent bei Kreisverkehr und mehrbahnigem Abschnitt mit Werten für beide Fahrrichtungen



Bild 141: Beispiel für einen Abschnitt mit einem Kurvigkeitsäquivalent von 180 gon/100 m

Der Vergleich der Verteilung der KU*-Werte (freie Strecke) zeigt erwartungsgemäß, dass die Kurvigkeit von den Bundesautobahnen über die Bundesstraßen zu den Landesstraßen zunimmt (Bild 142).

Die 100 m Werte der Kurvigkeit lassen sich durch Addition nach Belieben auch zu größeren Abschnitten aggregieren.

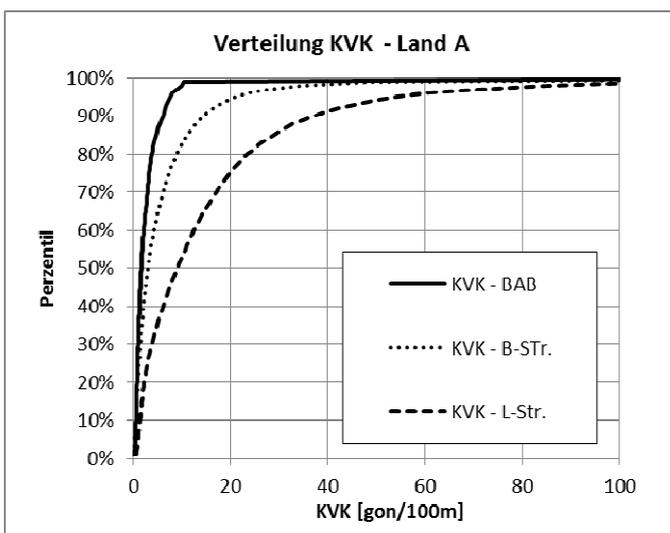


Bild 142: Verteilung des Kurvigkeitsäquivalents [gon/100 m] je Straßenklasse eines Analysenetzteils

A.5 Datengrundlagen

Land A		Bundesautobahnen			Bundesstraßen			Staats-/Landesstraßen						
		Strichproben- größe	Bandbreite			Strichproben- größe	Bandbreite			Strichproben- größe	Bandbreite			
			Ø	Min	Max		Ø	Min	Max		Ø	Min	Max	
Anzahl Abschnitte	[-]	3.602				5.435				10.570				
Netzlänge	[km]	1.713				1.890				3.828				
DTV	[Kfz/d]		31.612	2.819	75.327		11.337	842	70.558		3.369	162	57.494	
Anzahl Fahrstreifen am Querschnitt	≤ 2 FS	1.846	51,2%			4.432	81,5%			10.453	98,9%			
	3 FS	1.596	44,3%			389	7,2%			47	0,4%			
	> 3 FS	160	4,4%			614	11,3%			70	0,7%			
Anzahl Fahrbahnen	> 1 FB	3.602	100%			812	14,9%			316	3,0%			
Längsneigung	[%]			1,55	0,00	8,01		1,47	0,00	9,30		2,80	0,00	15,33
	< 4%	3.173	88,1%			4.908	90,3%			6.163	58,3%			
	4% - 6%	365	10,1%			450	8,3%			2.245	21,2%			
	6% - 8%	61	1,7%			69	1,3%			1.448	13,7%			
	> 8%	3	0,1%			8	0,1%			714	6,8%			
Kurvigkeitsäquivalent	gon/100m			2,61	0,34	21,60		8,45	0,25	111,11		15,564	0,46	114,56
	> 32	0	0,0%			142	2,6%			1.158	11,0%			
	32 - 16	5	0,1%			527	9,7%			2.507	23,7%			
	16 - 8	69	1,9%			1.327	24,4%			3.196	30,2%			
	8 - 4	686	19,0%			1.556	28,6%			1.986	18,8%			
< 4	2.842	78,9%			1.883	34,6%			1.723	16,3%				
Abs. mit Querneigungswechsel	[-]	774	21%			2.059	38%			4.103	39%			
Abs. mit entwäss.schw. Zonen	[-]	2.096	58%			3.518	65%			5.446	52%			
Zustand (Mittelwerte)	Griffigkeit	[-]		0,59	0,29	0,94		0,54	0,24	0,82		0,62	0,28	0,96
	AUN	[cm²]		1,07	0,20	5,31		1,98	0,00	31,32		6,08	0,26	1000
	MSPT	[mm]		4,16	1,31	15,53		4,32	0,00	20,80		4,36	0,40	23,75
	MSPH	[mm]		0,48	0,00	8,81		0,63	0,00	10,48		0,79	0,00	14,20
	FLI	[%]		1,96	0,00	56,93		6,36	0,00	84,53		19,67	0,00	100,00

Tab. 23: Übersicht der analysierten Netz-, Infrastruktur-, ZEB- und Verkehrsdaten in Land A (Werte beziehen sich auf 500 m-Abschnitte für BAB und 400 m-Abschnitte für die restlichen Straßen)

Land B		Bundesautobahnen			Bundesstraßen			Staats-/Landesstraßen						
		Strichproben- größe	Bandbreite			Strichproben- größe	Bandbreite			Strichproben- größe	Bandbreite			
			Ø	Min	Max		Ø	Min	Max		Ø	Min	Max	
Anzahl Abschnitte	[-]	1.925				3.108				5.973				
Netzlänge	[km]	954				1.245				2.404				
DTV	[Kfz/d]		19.844	4.714	47.159		7.478	1.469	44.324		3.223	321	19.908	
Anzahl Fahrstreifen am Querschnitt	≤ 2 FS	1.402	72,8%			2.801	90,1%			5.917	99,1%			
	3 FS	510	26,5%			116	3,7%			34	0,6%			
	> 3 FS	13	0,7%			191	6,1%			22	0,4%			
Anzahl Fahrbahnen	> 1 FB	1.925	100%			201	6,5%			32	0,5%			
Längsneigung	[%]			1,34	0,00	5,80		2,13	0,08	10,45		2,19	0,00	12,87
	< 4%	1.763	91,6%			2.287	73,6%			4.084	68,4%			
	4% - 6%	73	3,8%			468	15,1%			1.018	17,0%			
	6% - 8%	24	1,2%			257	8,3%			572	9,6%			
	> 8%	65	3,4%			96	3,1%			299	5,0%			
Kurvigkeitsäquivalent	gon/100m			3,46	0,19	86,77		8,63	0,37	93,52		12,62	0,44	156,34
	> 32	19	1,0%			111	3,6%			472	7,9%			
	32 - 16	31	1,6%			368	11,8%			1.105	18,5%			
	16 - 8	64	3,3%			636	20,5%			1.634	27,4%			
	8 - 4	306	15,9%			732	23,6%			1.314	22,0%			
	< 4	1.505	78,2%			1.261	40,6%			1.448	24,2%			
Abs. mit Querneigungswechsel	[-]	490	25%			986	32%			2.636	44%			
Abs. mit entwäss.schw. Zonen	[-]	886	46%			1.729	56%			3.653	61%			
Zustand (Mittelwerte)	Griffigkeit	[-]		0,58	0,30	0,80		0,61	0,30	0,87		0,62	0,30	0,89
	AUN	[cm³]		0,50	0,10	2,45		2,10	0,17	149,90		6,02	0,24	277,08
	MSPT	[mm]		3,09	1,25	11,55		4,21	0,88	22,55		3,26	0,38	22,38
	MSPH	[mm]		0,11	0,00	7,20		0,48	0,00	12,33		0,49	0,00	15,05
	FLI	[%]						4,04	0,00	80,08		11,13	0,00	97,02

Tab. 24: Übersicht der analysierten Netz-, Infrastruktur-, ZEB- und Verkehrsdaten in Land B (Werte beziehen sich auf 500m-Abschnitte für BAB und 400 m-Abschnitte für die restlichen Straßen)

Land C		Bundesautobahnen			
		Strichproben- größe	Bandbreite		
			Ø	Min	Max
Anzahl Abschnitte	[-]	7.922			
Netzlänge	[km]	3.926			
DTV	[Kfz/d]		23.184	1.950	65.500
Anzahl Fahrstreifen am Querschnitt	≤ 2 FS	6.151 77,6%			
	3 FS	1.719 21,7%			
	> 3 FS	52 0,7%			
Längsneigung	[%]		1,12	0,00	6,91
	< 4%	7.398 93,4%			
	4% - 6%	489 6,2%			
	6% - 8%	34 0,4%			
	> 8 %	1 0,0%			
Kurvigkeitsäquivalent	gon/100m		2,31	0,46	15,02
	> 32	0 0,0%			
	32 - 16	0 0,0%			
	16 - 8	101 1,3%			
	8 - 4	1.008 12,7%			
	< 4	6.813 86,0%			
Abs. mit Querneigungswechsel	[-]	1.655 21%			
Abs. mit entwäss.schw. Zonen	[-]	5.103 64%			
Zustand (Mittelwerte)	Griffigkeit	[-]	0,57	0,31	0,86
	AUN	[cm²]	0,87	0,21	17,97
	MSPT	[mm]	3,22	0,89	14,82
	MSPH	[mm]	0,21	0,00	9,18
	FLI	[%]			

Tab. 25: Übersicht der analysierten Netz-, Infrastruktur-, ZEB- und Verkehrsdaten in Land C (Werte beziehen sich auf 500 m-Abschnitte für BAB)

		Land A			Land B			Land C	Gesamt		
		BAB*	BS	LS	BAB*	BS	LS	BAB*	BAB*	BS	LS
Analysenetz	[km]	1.713	1.890	3.828	954	1.245	2.404	3.926	6.593	3.135	6.232
Anteil Gesamtnetz		72%	75%	70%	89%	83%	85%	78%	77%	78%	75%
analysierte Unfälle	U(SP)	848	1.233	1.301	422	833	1.108	1.623	2.893	2.066	2.409
	U(LV)	3.125	3.010	2.960	899	1.359	1.579	6.415	10.439	4.369	4.539
	U(S)	23.884	17.748	19.184	11.688	13.926	17.369	10.265	45.837	31.674	36.553
	U(SP) _{Nässe}	262	378	345	108	204	306	428	798	582	651
	U(LV) _{Nässe}	964	998	1.043	226	377	522	1.790	2.980	1.375	1.565
	U(S) _{Nässe}	6.210	5.452	5.846	3.103	3.643	5.011	3.144	12.457	9.095	10.857

* nach Fahrtrichtungen getrennt

Tab. 26: Übersicht der zur Verfügung stehenden und analysierten Netzlängen und Unfälle nach Ländern und Straßenklassen

Erhebungs- zeiträume	Land A			Land B			Land C
	BAB	BS	LS	BAB	BS	LS/SS	BAB
ZEB-Kampagne	anonymisiert						
Zeitraum U(P)	2008-2010			08-10	2009-2011		08-10
Zeitraum U(S)	2008-2010			08-10	2009-2011		09-10
DTV	2005			2005		2010	2005

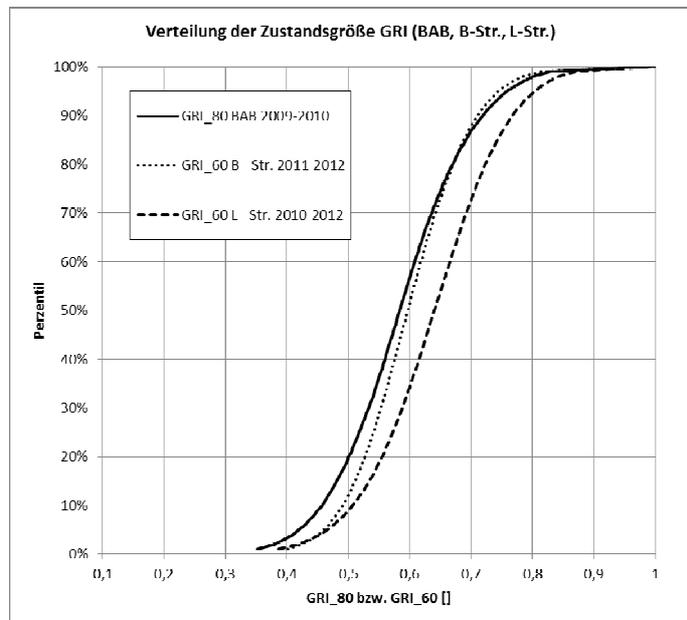
Tab. 27: Erhebungszeiträume von ZEB-, Unfall- und Verkehrsdaten

A.6 Deskriptive Auswertungen

A.6.1 Zustandsgrößen

Griffigkeit GRI [-]

Bundesweiter Vergleich der Zustandsgrößen GRI_60 bzw. GRI_80 nach Straßenklassen



Quantil	GRI_80 bzw. GRI_60		
	BAB 09/10	B-Str. 11/12	L-Str. 10/12
5%	0,420	0,460	0,466
10%	0,457	0,491	0,507
15%	0,481	0,511	0,534
50%	0,584	0,597	0,640
85%	0,691	0,688	0,743
90%	0,719	0,711	0,767

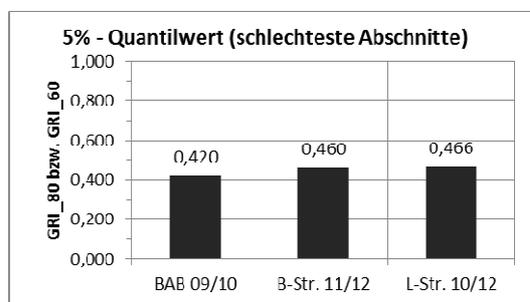
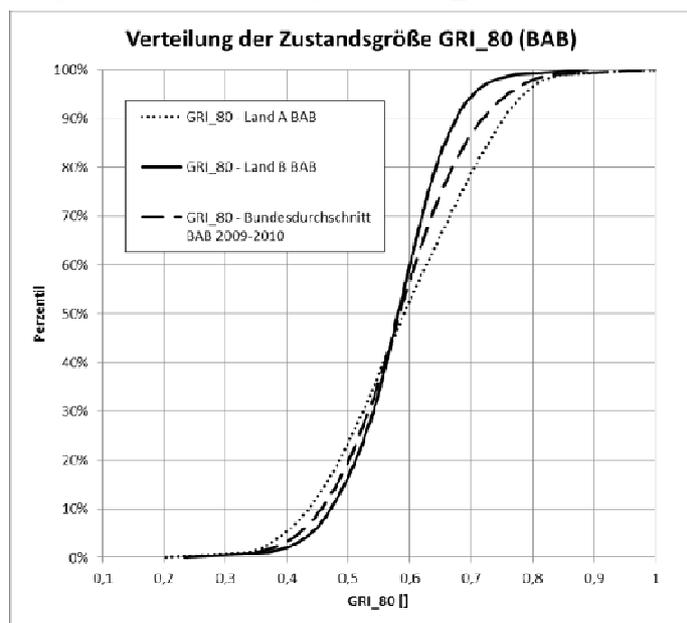


Bild 143: Verteilung der Zustandsgröße Griffigkeit je Straßenklasse (Freie Strecke, Bundesdurchschnitt)

Vergleich der Zustandsgrößen GRI_80 der Bundesautobahnen der Analyseländer



Quantil	GRI_80	
	Land A BAB	Land B BAB
5%	0,397	0,440
10%	0,436	0,471
15%	0,463	0,494
50%	0,591	0,581
85%	0,728	0,657
90%	0,753	0,676

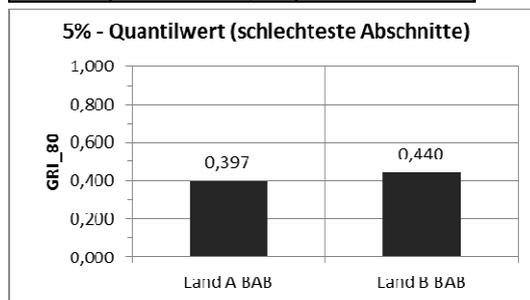
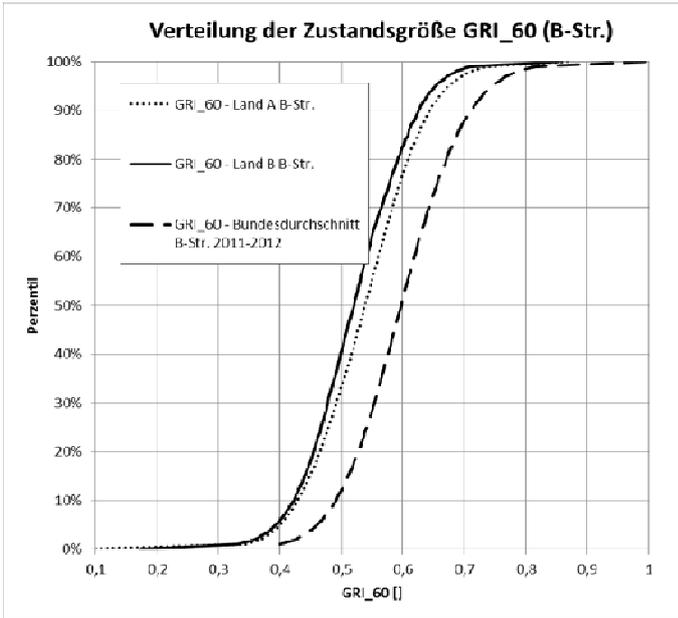


Bild 144: Verteilung der Zustandsgröße Griffigkeit (Freie Strecke, BAB)

Vergleich der Zustandsgrößen GRI_60 der Bundesstraßen der Analyseländer



Quantil	GRI_60	
	Land A B-Str.	Land B B-Str.
5%	0,400	0,393
10%	0,429	0,422
15%	0,448	0,440
50%	0,538	0,520
85%	0,624	0,608
90%	0,643	0,626

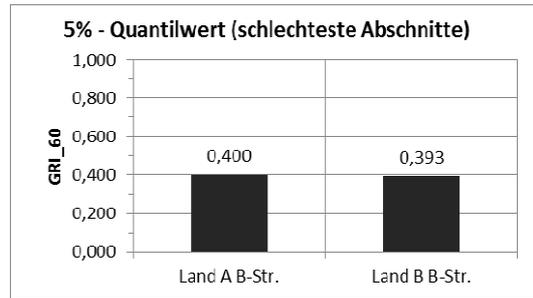
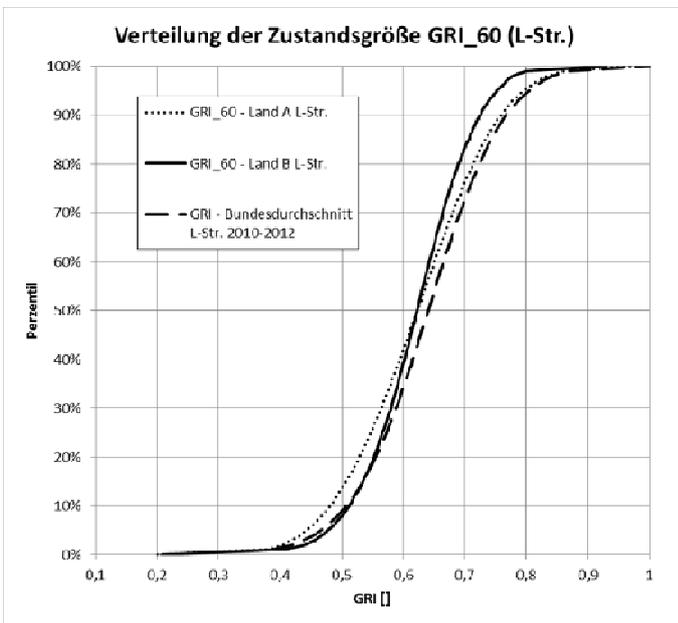


Bild 145: Verteilung der Zustandsgröße Griffigkeit (Freie Strecke, Bundesstraßen)

Vergleich der Zustandsgrößen GRI_60 der Landes- bzw. Staatsstraßen der Analyseländer



Quantil	GRI_60	
	Land A L-Str.	Land B L-Str.
5%	0,442	0,478
10%	0,481	0,512
15%	0,507	0,534
50%	0,623	0,622
85%	0,734	0,706
90%	0,759	0,725

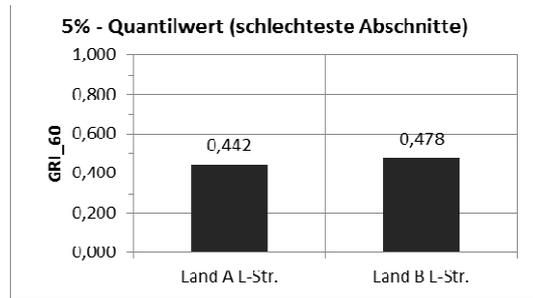
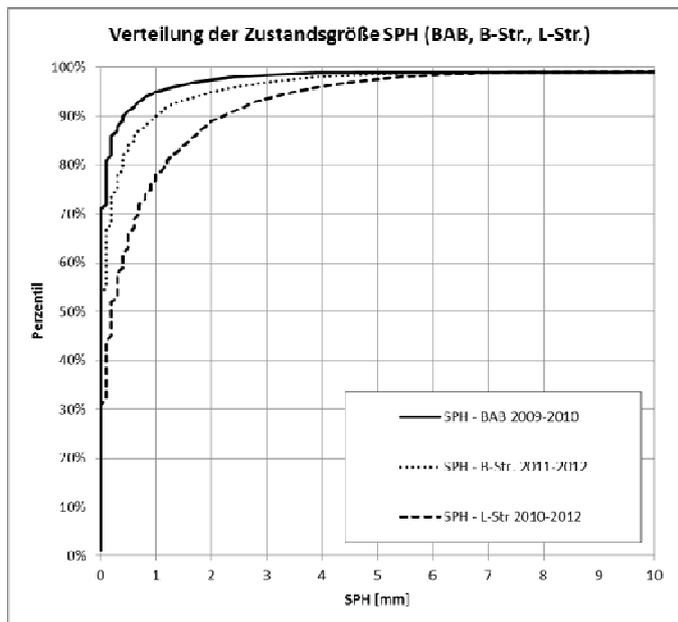


Bild 146: Verteilung der Zustandsgröße Griffigkeit (Freie Strecke, Landesstraßen)

Fiktive Wassertiefe SPH [mm]

Bundesweiter Vergleich SPH nach Straßenklassen



Quantil	SPH		
	BAB 09/10	B-Str. 11/12	L-Str. 10/12
95%	1,0	2,0	3,5
90%	0,4	1,0	2,2
85%	0,2	0,6	1,6
50%	0,0	0,0	0,2
10%	0,0	0,0	0,0
5%	0,0	0,0	0,0

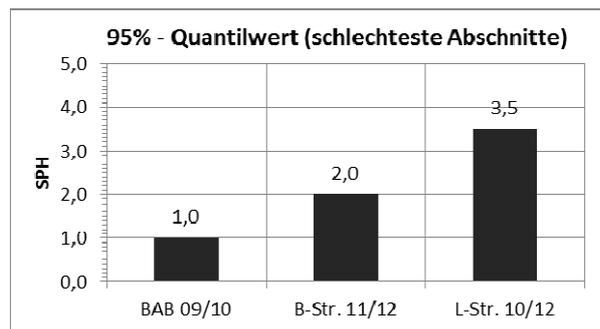
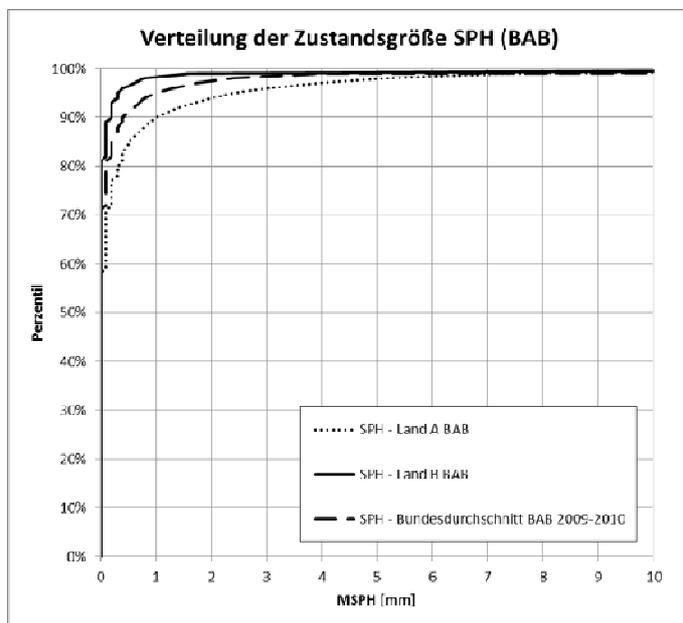


Bild 147: Verteilung der Zustandsgröße Fiktive Wassertiefe je Straßenklasse (Freie Strecke, Bundesdurchschnitt)

Vergleich der Zustandsgrößen SPH der Bundesautobahnen der Analyseländer



Quantil	SPH	
	Land A BAB	Land B BAB
95%	2,4	0,3
90%	1,0	0,2
85%	0,5	0,1
50%	0,0	0,0
10%	0,0	0,0
5%	0,0	0,0

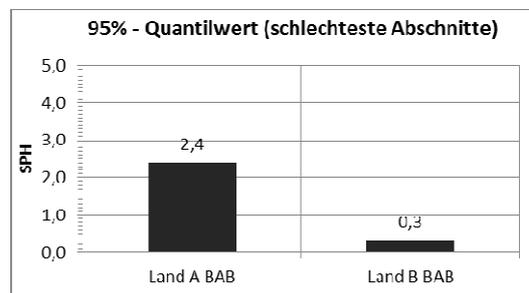
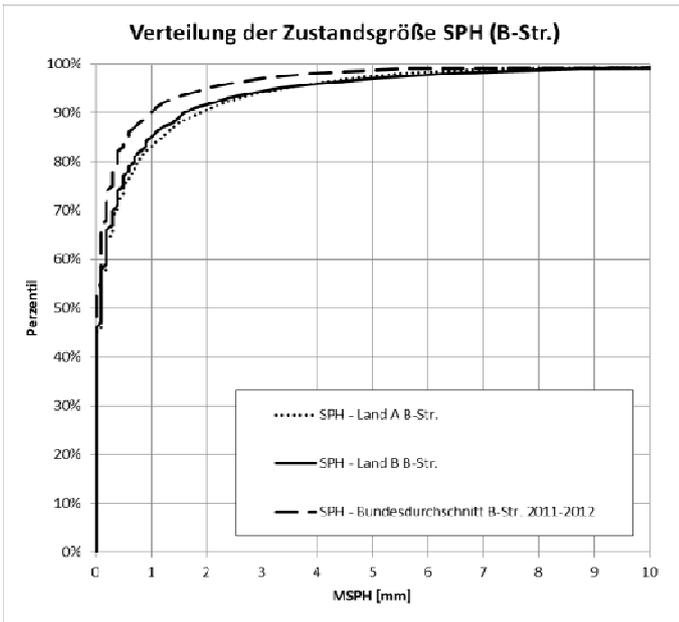


Bild 148: Verteilung der Zustandsgröße Fiktive Wassertiefe (Freie Strecke, BAB)

Vergleich der Zustandsgrößen SPH der Bundesstraßen der Analyseländer



Quantil	SPH	
	Land A B-Str.	Land B B-Str.
95%	3,4	3,3
90%	1,9	1,6
85%	1,2	1,0
50%	0,1	0,1
10%	0,0	0,0
5%	0,0	0,0

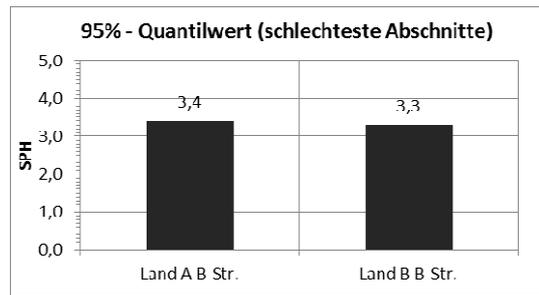
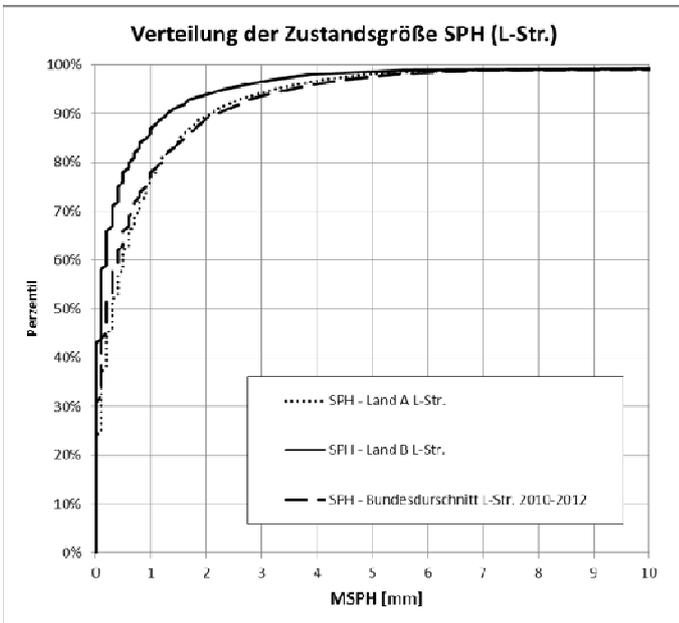


Bild 149: Verteilung der Zustandsgröße Fiktive Wassertiefe(Freie Strecke, Bundesstraßen)

Vergleich der Zustandsgrößen SPH der Landes- bzw. Staatsstraßen der Analyseländer



Quantil	SPH	
	Land A L-Str.	Land B L-Str.
95%	3,2	2,3
90%	2,1	1,3
85%	1,5	0,9
50%	0,3	0,1
10%	0,0	0,0
5%	0,0	0,0

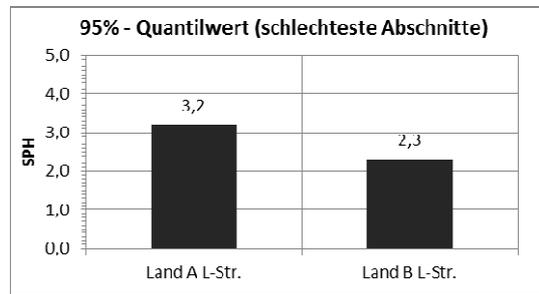
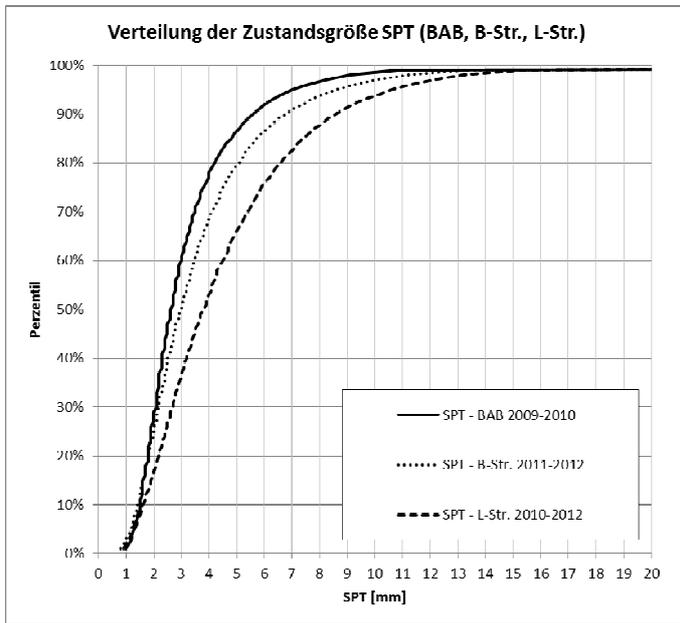


Bild 150: Verteilung der Zustandsgröße Fiktive Wassertiefe(Freie Strecke, Bundesstraßen)

Spurrinntiefe SPT [mm] Bundesweiter Vergleich SPT nach Straßenklassen



Quantil	SPT		
	BAB 09/10	B-Str. 11/12	L-Str. 10/12
95%	7,0	8,6	10,6
90%	5,6	6,8	8,6
85%	4,8	5,7	7,4
50%	2,6	3,0	3,8
10%	1,5	1,4	1,6
5%	1,3	1,2	1,3

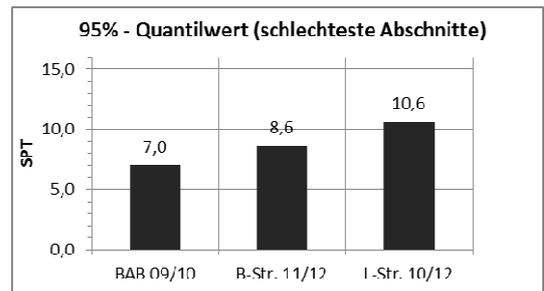
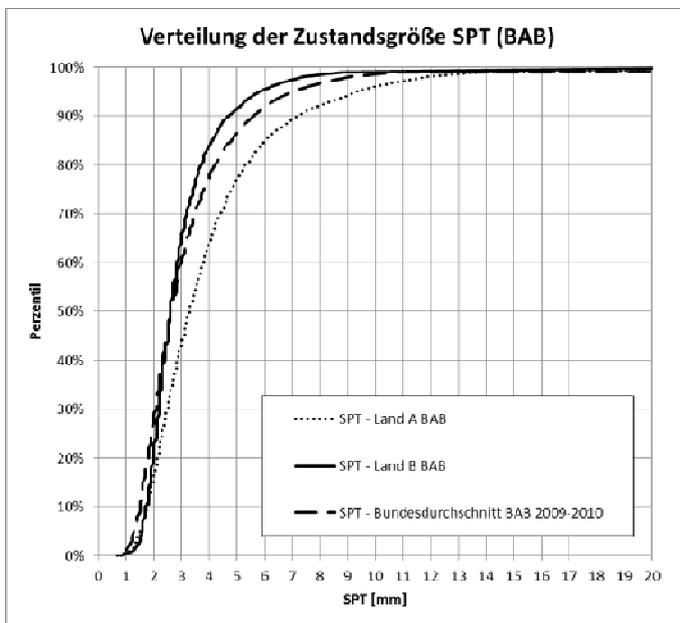


Bild 151: Verteilung der Zustandsgröße Spurrinntiefe je Straßenklasse (Freie Strecke, Bundesdurchschnitt)

Vergleich der Zustandsgrößen SPT der Bundesautobahnen der Analyseländer



Quantil	SPT	
	Land A BAB	Land B BAB
95%	5,8	9,9
90%	4,7	7,8
85%	4,1	6,4
50%	2,6	3,4
10%	1,7	1,8
5%	1,6	1,5

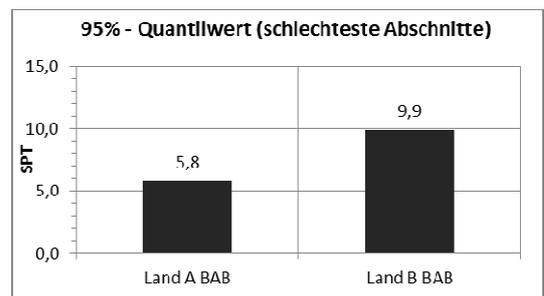
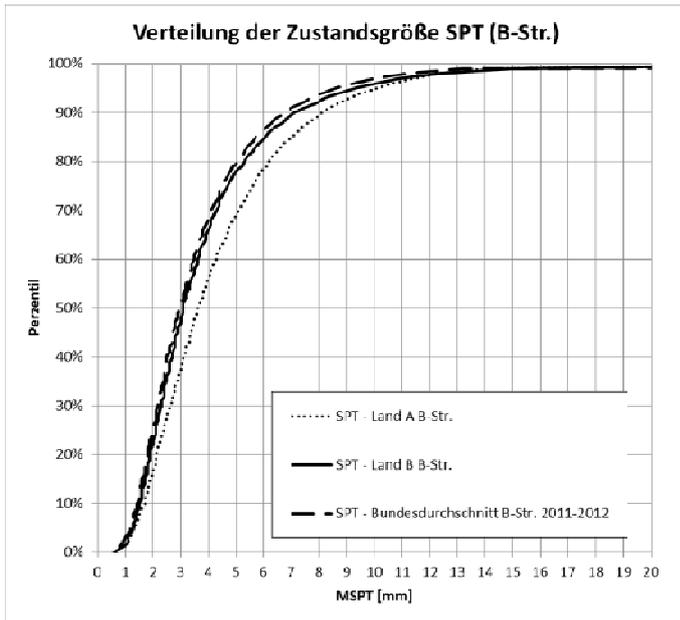


Bild 152: Verteilung der Zustandsgröße Spurrinntiefe (Freie Strecke, BAB)

Vergleich der Zustandsgrößen SPT der Bundesstraßen der Analyseländer



Quantil	SPT	
	Land A B-Str.	Land B B-Str.
95%	9,3	10,0
90%	7,1	8,1
85%	6,1	7,0
50%	3,1	3,6
10%	1,5	1,7
5%	1,3	1,4

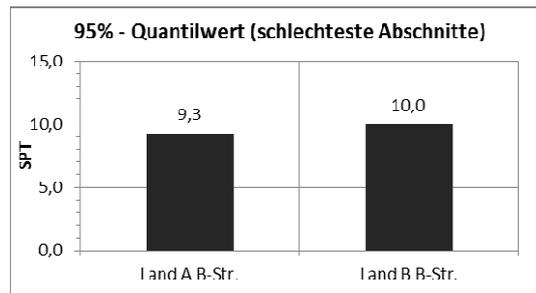
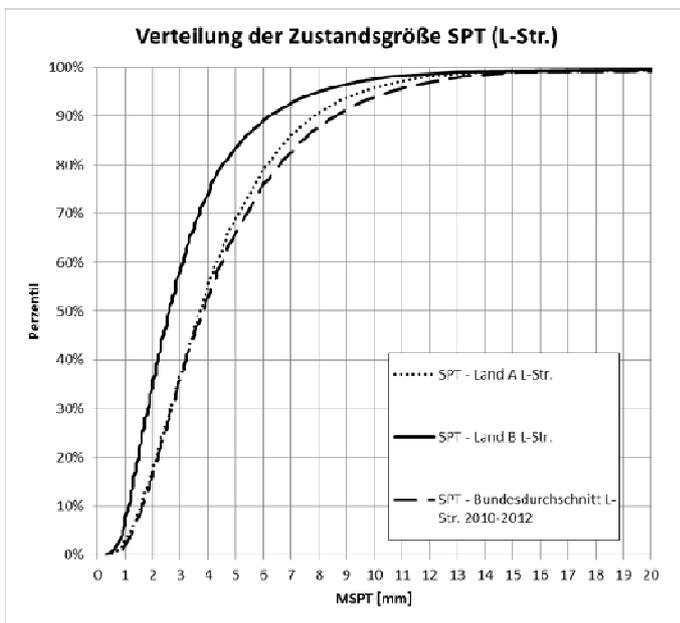


Bild 153: Verteilung der Zustandsgröße Spurrinntiefe (Freie Strecke, Bundesstraßen)

Vergleich der Zustandsgrößen SPT der Landes- bzw. Staatsstraßen der Analyseländer



Quantil	SPT	
	Land A L-Str.	Land B L-Str.
95%	8,0	9,8
90%	6,2	8,0
85%	5,2	7,0
50%	2,6	3,8
10%	1,1	1,6
5%	0,9	1,2

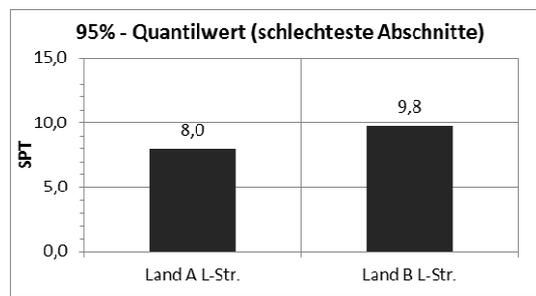
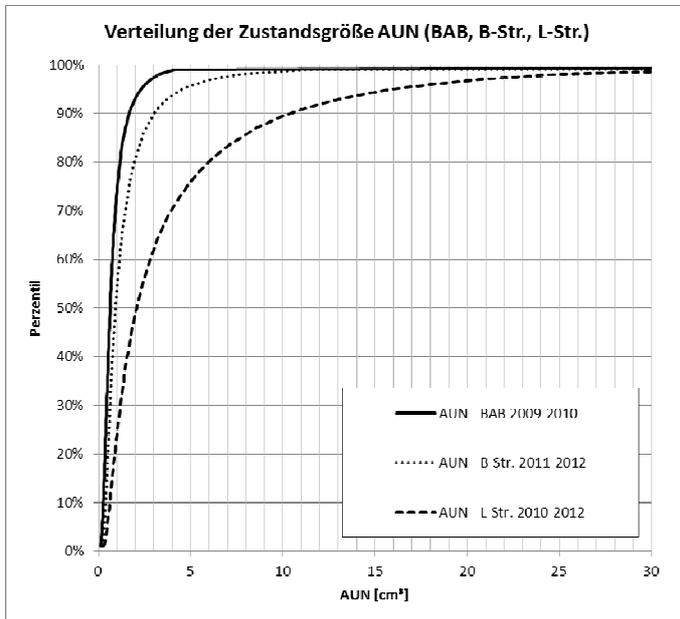


Bild 154: Verteilung der Zustandsgröße Spurrinntiefe (Freie Strecke, Landesstraßen)

Allgemeine Unebenheit AUN [cm³]

Bundesweiter Vergleich AUN nach Straßenklassen



Quantil	AUN		
	BAB 09/10	B-Str. 11/12	L-Str. 10/12
95%	2,30	4,56	15,93
90%	1,68	3,03	10,42
85%	1,36	2,36	7,68
50%	0,64	0,93	2,07
10%	0,26	0,39	0,62
5%	0,21	0,32	0,47

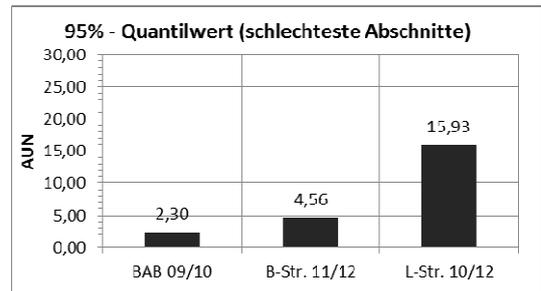
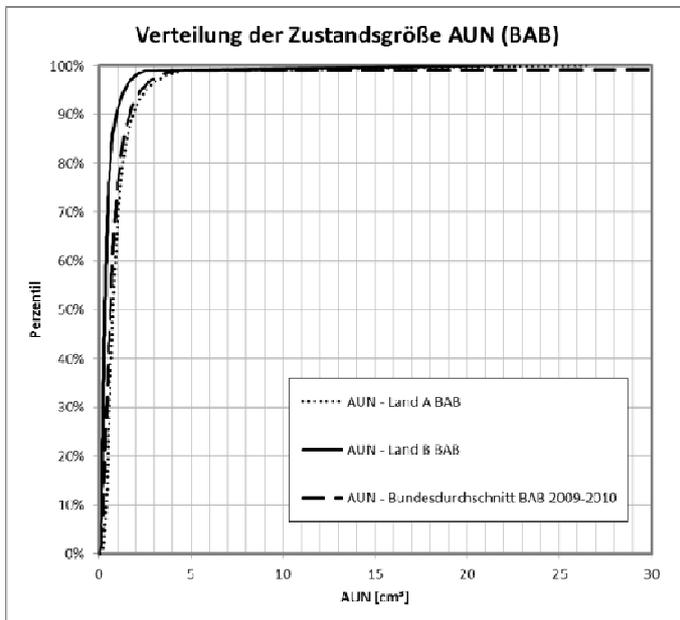


Bild 155: Verteilung der Zustandsgröße Allgemeine Unebenheit je Straßenklasse (Freie Strecke, Bundesdurchschnitt)

Vergleich der Zustandsgrößen AUN der Bundesautobahnen der Analyseländer



Quantil	AUN	
	Land A BAB	Land B BAB
95%	2,59	1,39
90%	1,88	0,96
85%	1,54	0,74
50%	0,79	0,35
10%	0,41	0,18
5%	0,35	0,15

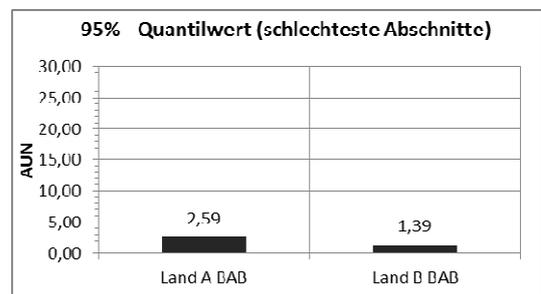
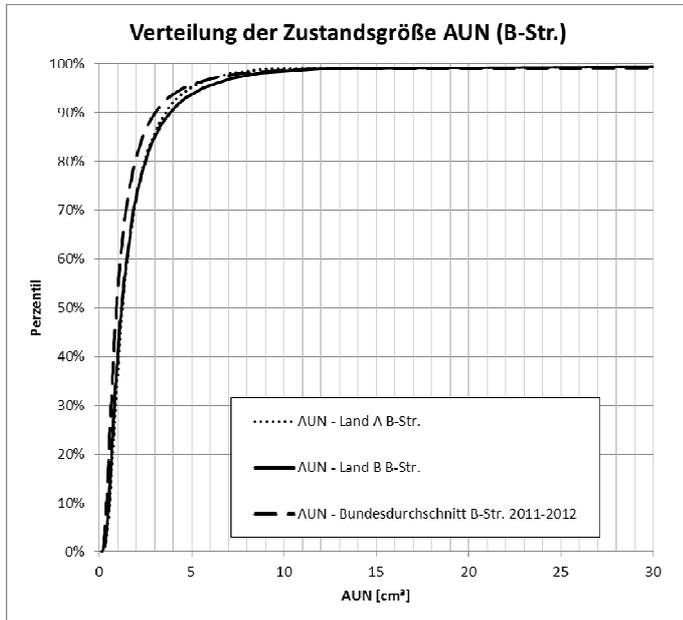


Bild 156: Verteilung der Zustandsgröße Allgemeine Unebenheit(Freie Strecke, BAB)

Vergleich der Zustandsgrößen AUN der Bundesstraßen der Analyseländer



Quantil	AUN	
	Land A B-Str.	Land B B-Str.
95%	4,90	5,61
90%	3,59	3,85
85%	2,90	3,01
50%	1,26	1,21
10%	0,56	0,51
5%	0,45	0,41

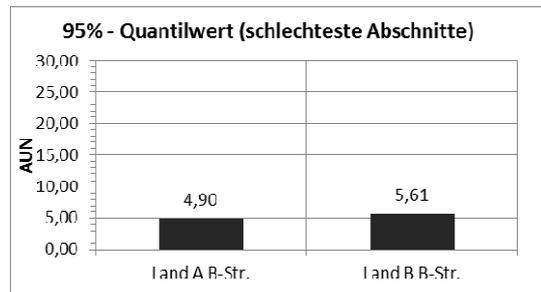
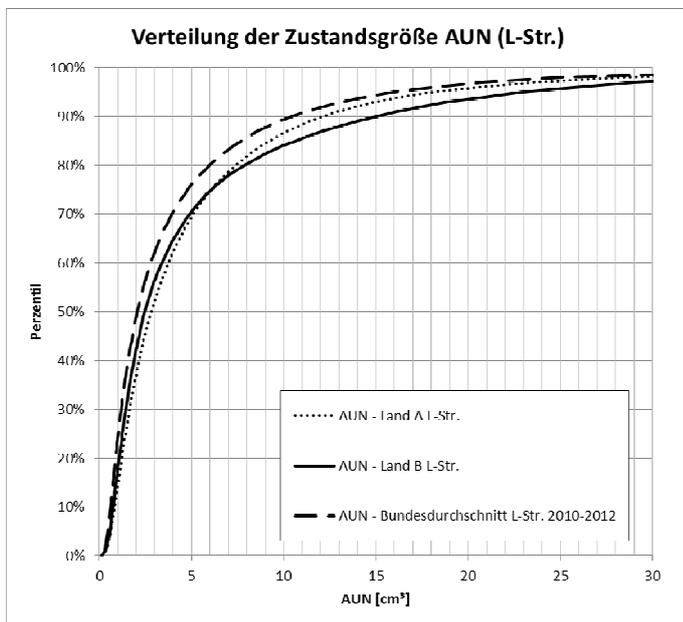


Bild 157: Verteilung der Zustandsgrößen Allgemeine Unebenheit(Freie Strecke, Bundesstraßen)

Vergleich der Zustandsgrößen AUN der Landes- bzw. Staatsstraßen der Analyseländer



Quantil	AUN	
	Land A L-Str.	Land B L-Str.
95%	18,04	22,91
90%	12,11	14,98
85%	9,23	10,61
50%	2,82	2,48
10%	0,83	0,75
5%	0,62	0,57

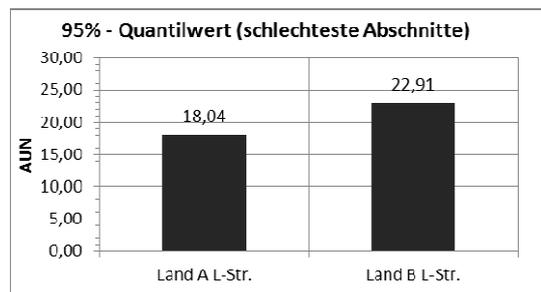
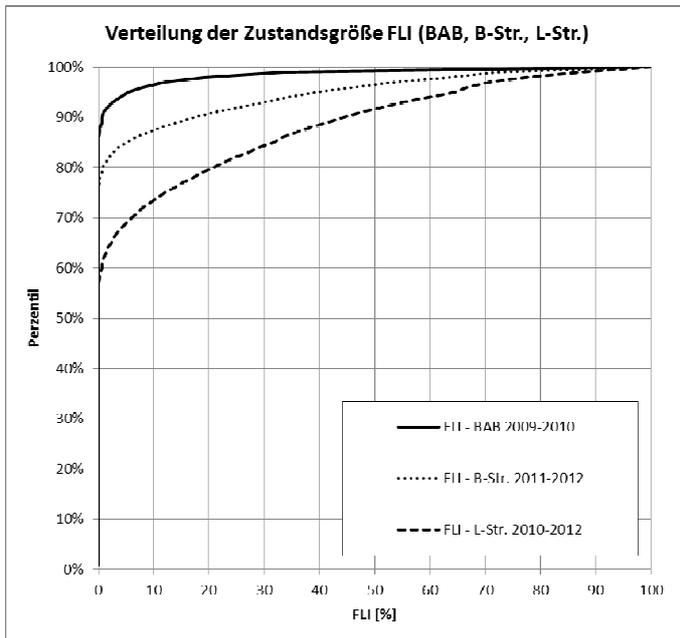


Bild 158: Verteilung der Zustandsgröße Allgemeine Unebenheit(Freie Strecke, Landesstraßen)

Flickstellen FLI [%] Bundesweiter Vergleich FLI nach Straßenklassen



Quantil	FLI		
	BAB 09/10	B-Str. 11/12	L-Str. 10/12
95%	5,4	39,5	64,7
90%	0,7	17,3	44,3
85%	0,0	5,0	31,7
50%	0,0	0,0	0,0
10%	0,0	0,0	0,0
5%	0,0	0,0	0,0

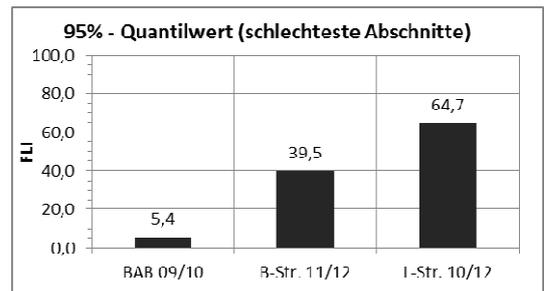
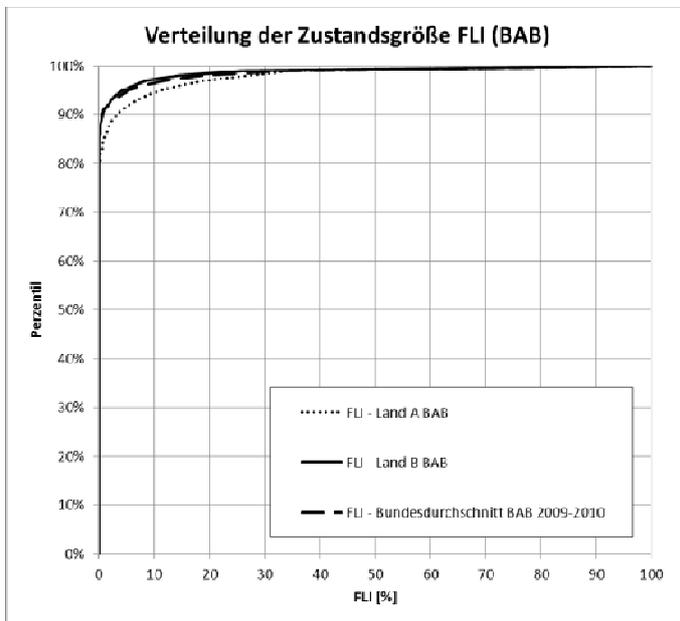


Bild 159: Verteilung der Zustandsgröße Flickstellen (Freie Strecke, Bundesdurchschnitt)

Vergleich der Zustandsgrößen FLI der Bundesautobahnen der Analyiseländer



Quantil	FLI	
	Land A BAB	Land B BAB
95%	11,3	4,3
90%	3,4	0,7
85%	1,0	0,0
50%	0,0	0,0
10%	0,0	0,0
5%	0,0	0,0

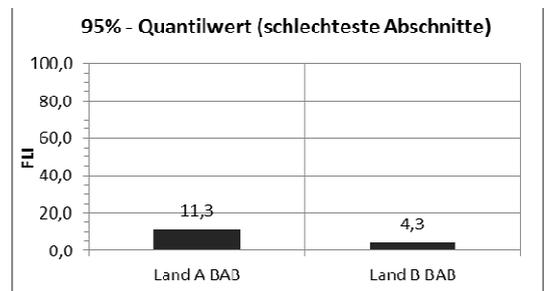
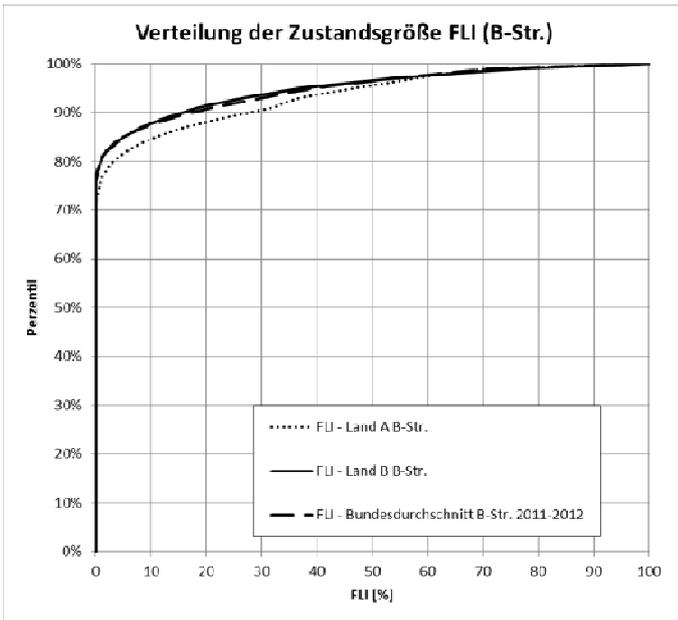


Bild 160: Verteilung der Zustandsgröße Flickstellen(Freie Strecke, BAB)

Vergleich der Zustandsgrößen FLI der Bundesstraßen der Analyseländer



Quantil	FLI	
	Land A B-Str.	Land B B-Str.
95%	46,8	37,0
90%	27,7	15,7
85%	10,8	5,0
50%	0,0	0,0
10%	0,0	0,0
5%	0,0	0,0

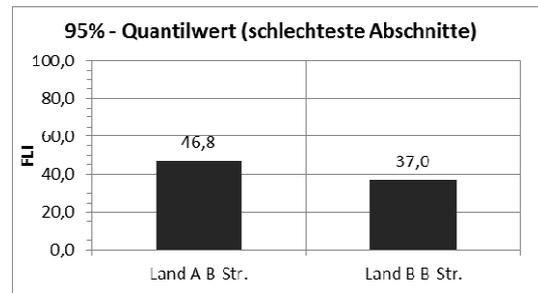
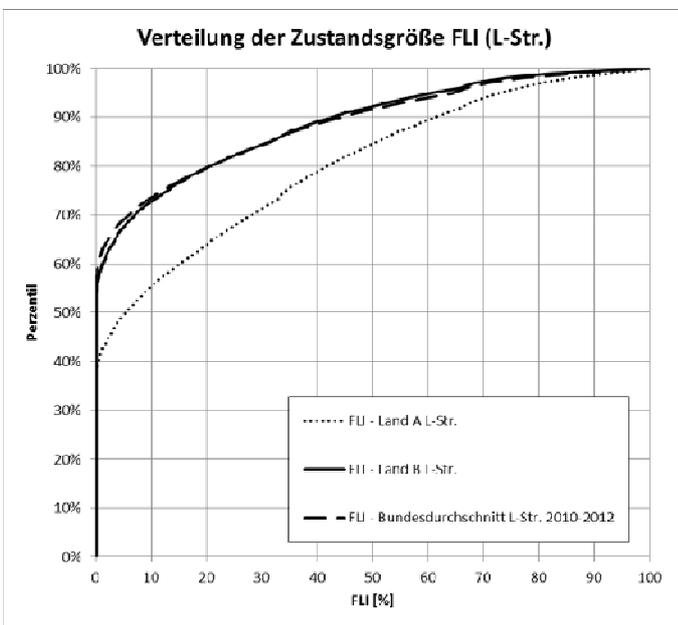


Bild 161: Verteilung der Zustandsgröße Flickstellen(Freie Strecke, Bundesstraßen)

Vergleich der Zustandsgrößen FLI der Landes- bzw. Staatsstraßen der Analyseländer



Quantil	FLI	
	Land A L-Str.	Land B L-Str.
95%	73,0	60,7
90%	61,3	42,7
85%	50,8	31,3
50%	5,4	0,0
10%	0,0	0,0
5%	0,0	0,0

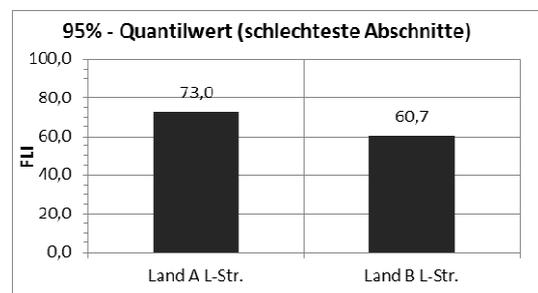


Bild 162: Verteilung der Zustandsgröße Flickstellen(Freie Strecke, Landesstraßen)

Minimalwert des gleitenden Mittelwertes der Griffigkeit für feste Mittelungslängen MIN_GRI_MW []

Verteilung der Zustandsgrößen MIN_GRI_MW Land A Bundesautobahnen

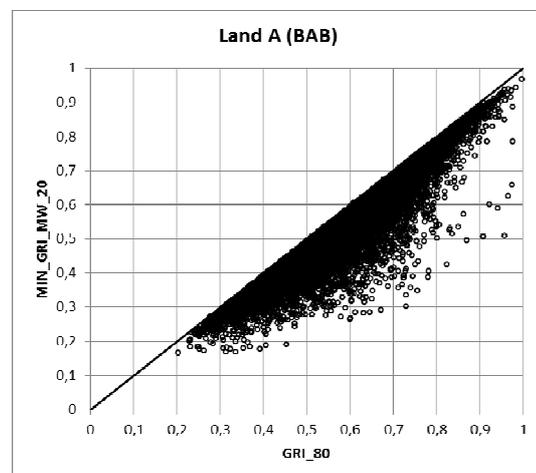
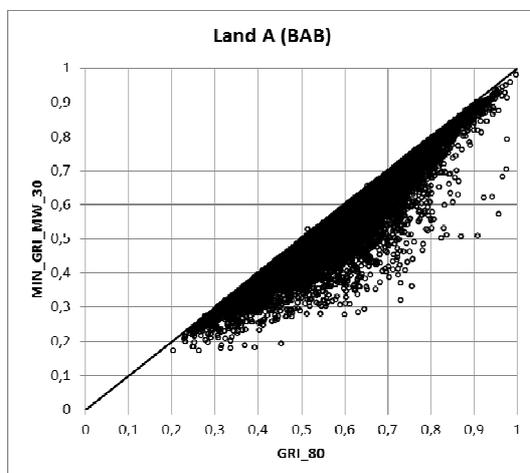
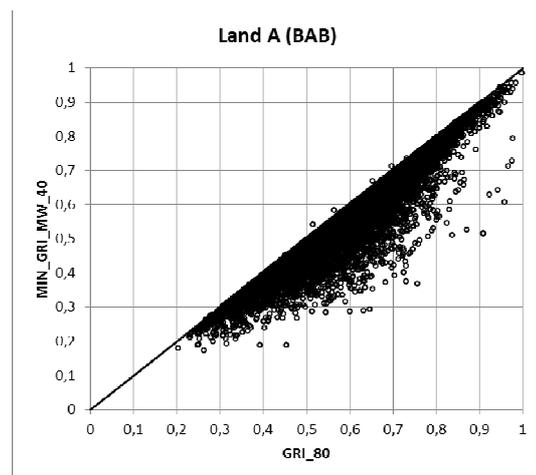
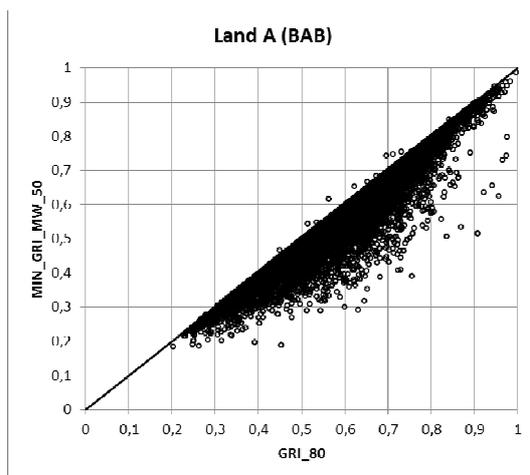
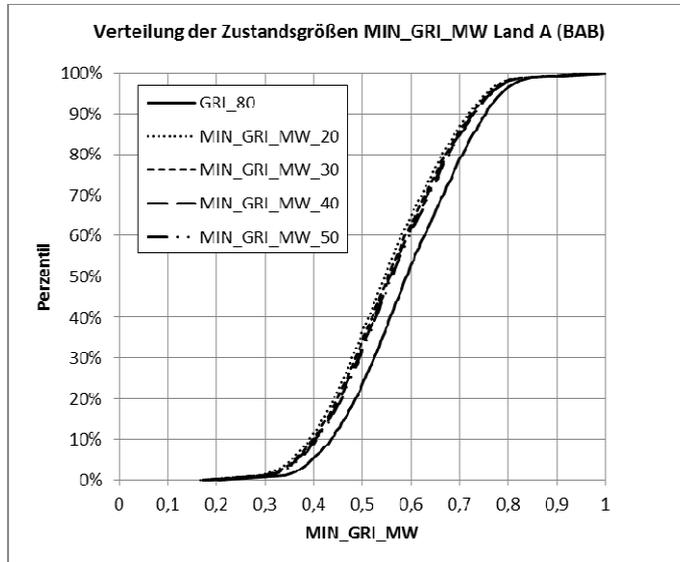


Bild 163: Verteilung der Zustandsgröße MIN_GRI_MW, Gegenüberstellung zu GRI_80
Land A (Freie Strecke, Bundesautobahnen)

Verteilung der Zustandsgrößen MIN_GRI_MW Land A Bundesstraßen

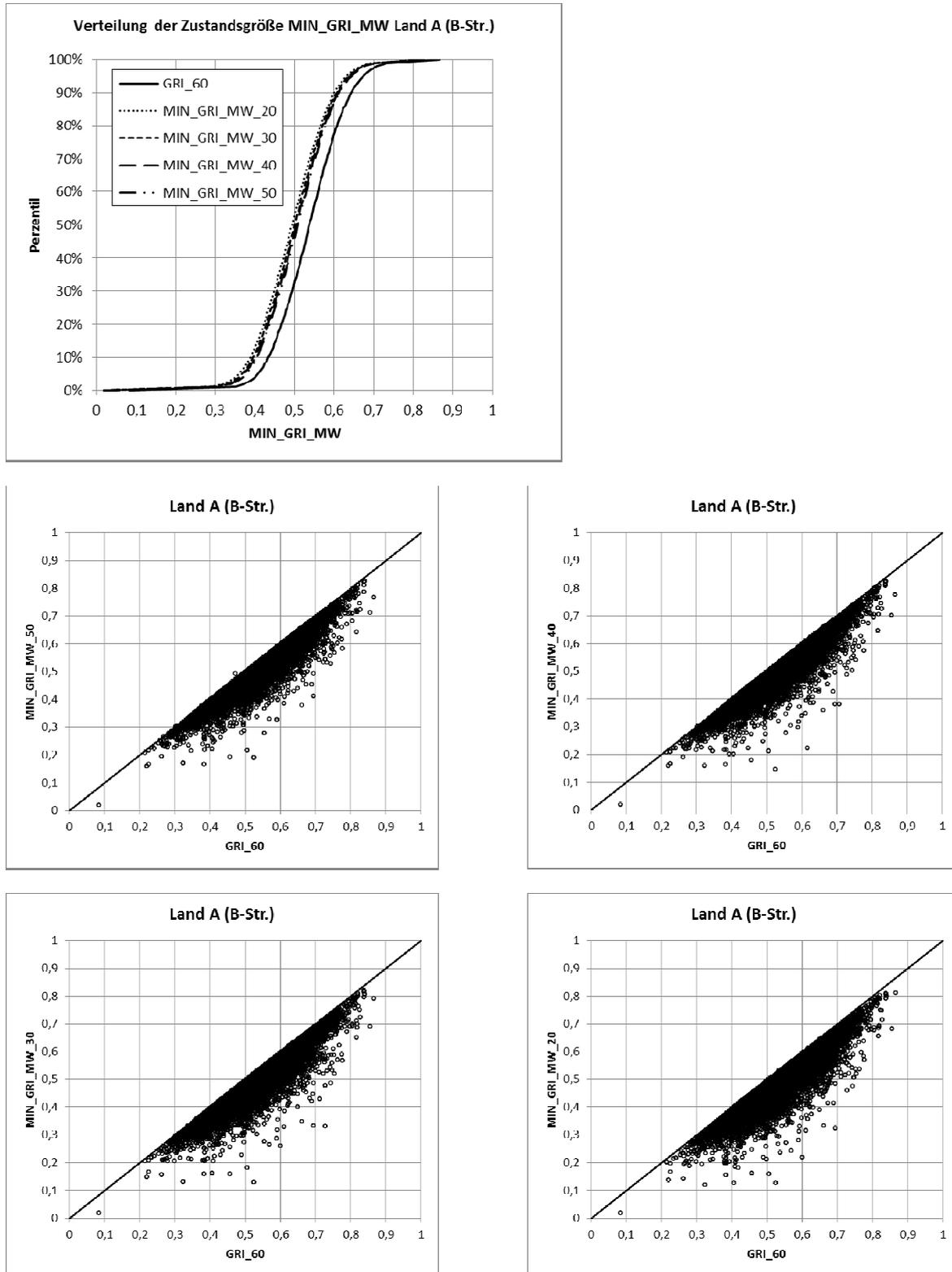


Bild 164: Verteilung der Zustandsgröße MIN_GRI_MW, Gegenüberstellung zu GRI_60 Land A (Freie Strecke, Bundesstraßen)

Verteilung der Zustandsgrößen MIN_GRI_MW Land A Landesstraßen

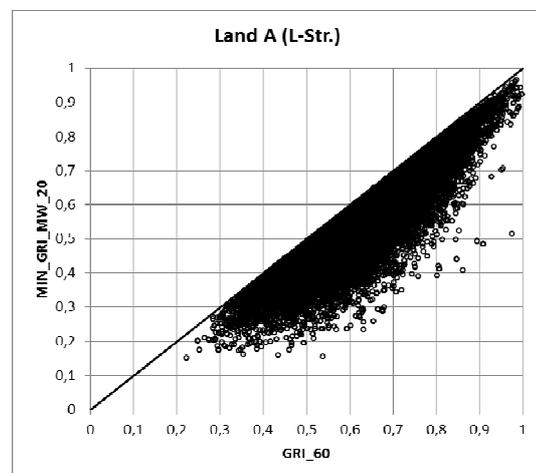
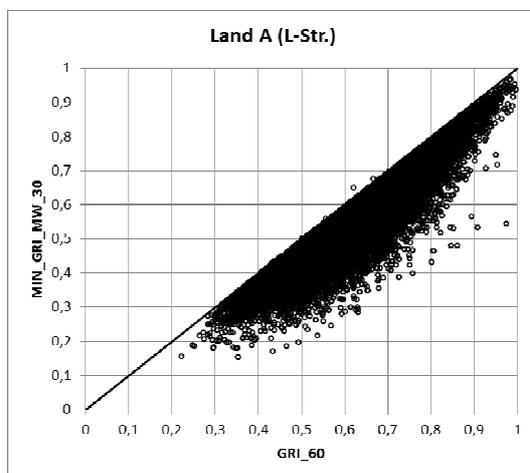
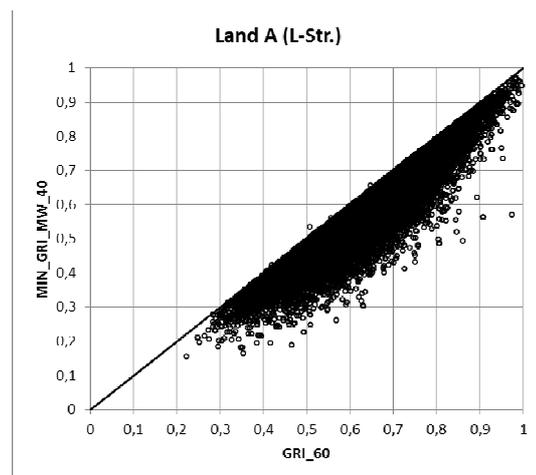
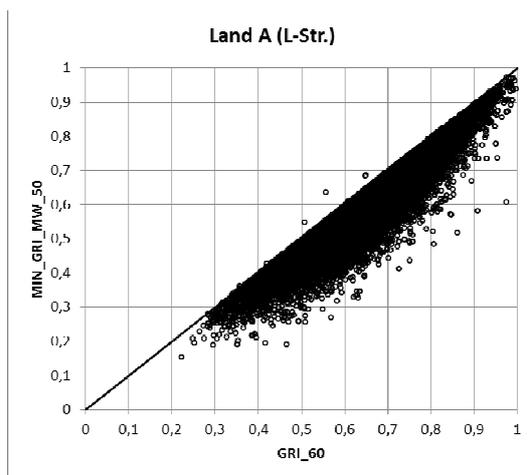
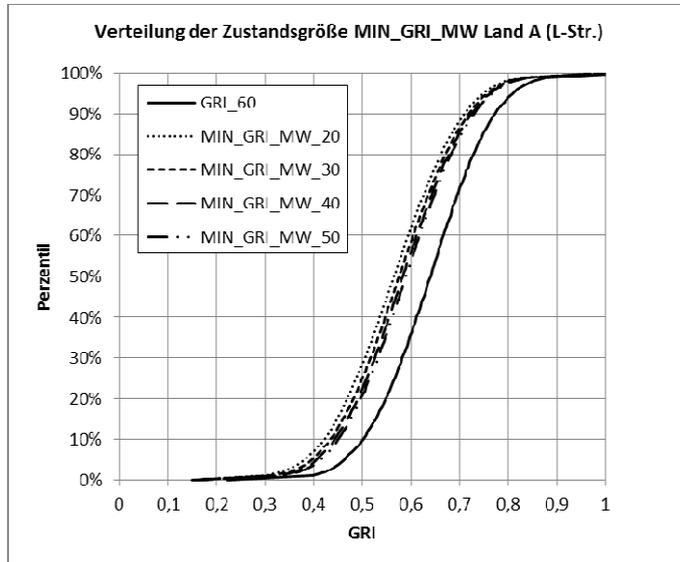


Bild 165: Verteilung der Zustandsgröße MIN_GRI_MW, Gegenüberstellung zu GRI_60
Land A (Freie Strecke, Landesstraßen)

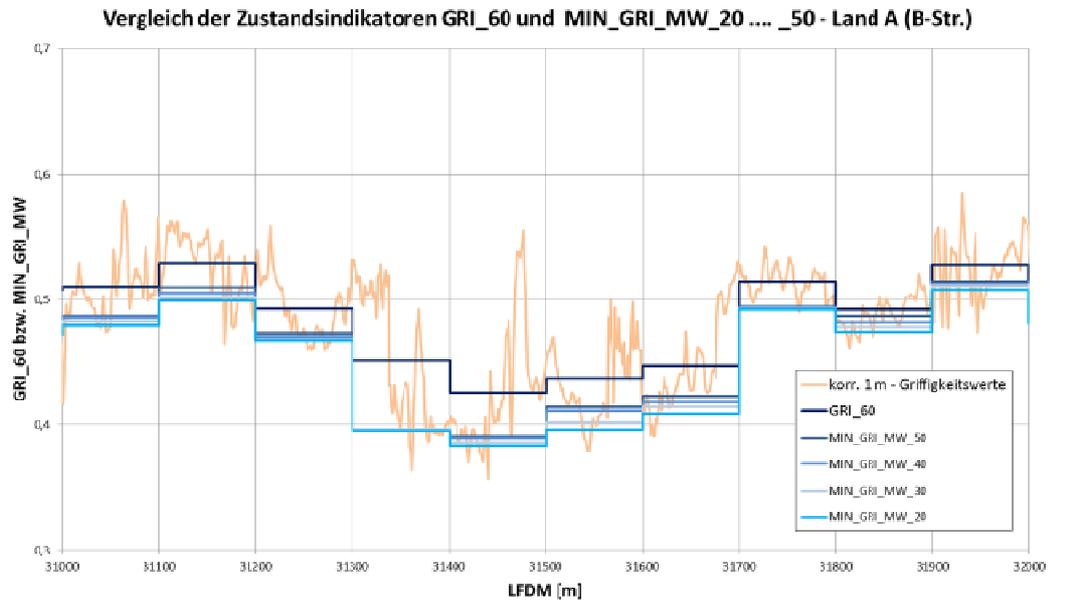


Bild 166: Vergleich der Zustandsindikatoren GRI_60 (klassisch) und der MIN_GRI_MW mit unterschiedlichen Mittelungslängen, 1 km - Ausschnitt, Bundesstraßen Land A

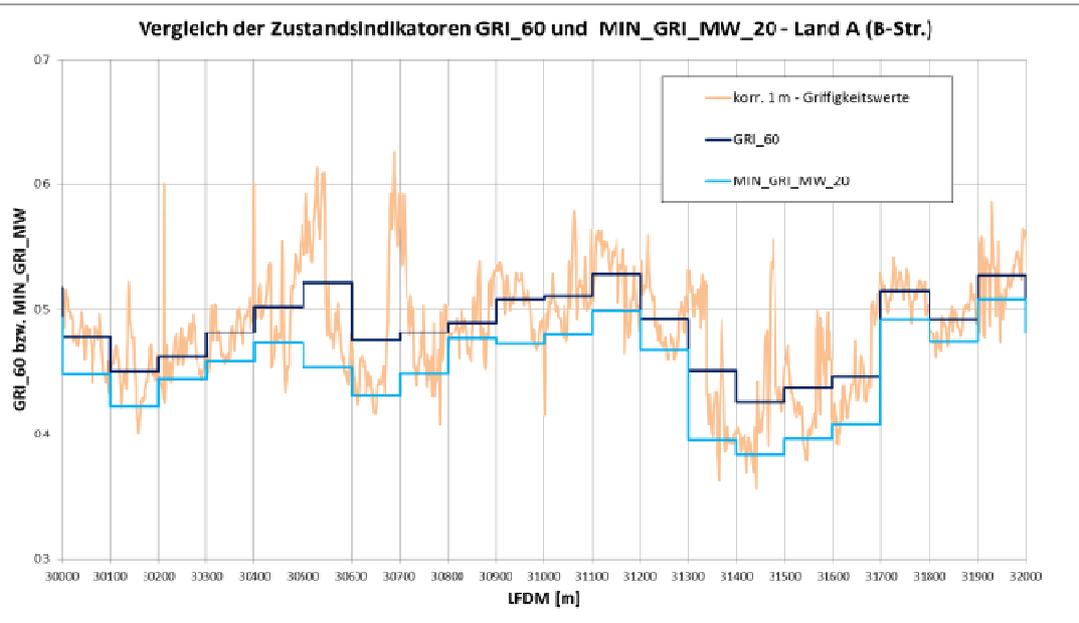


Bild 167: Vergleich der Zustandsindikatoren GRI_60 (klassisch) und MIN_GRI_MW_20, 2 km - Ausschnitt, Bundesstraßen Land A

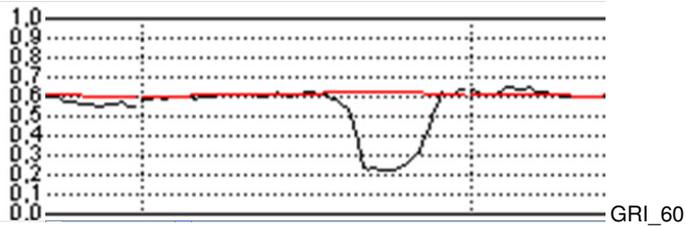


Bild 168: Beispiel für einen Abschnitt mit einem Delta von 0,250 zwischen GRI_60 und MIN_GRI_MW_20, Bundesstraßen Land A

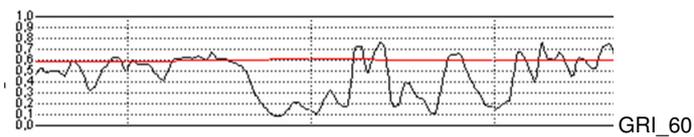


Bild 169: Beispiel für einen Abschnitt mit einem Delta von 0,300 zwischen GRI_60 und MIN_GRI_MW_20, Bundesstraßen Land A

Fiktiver Wasserrückhalt SPHV [Liter]

Vergleich der Verteilung SPHV, SPT, SPH Land A

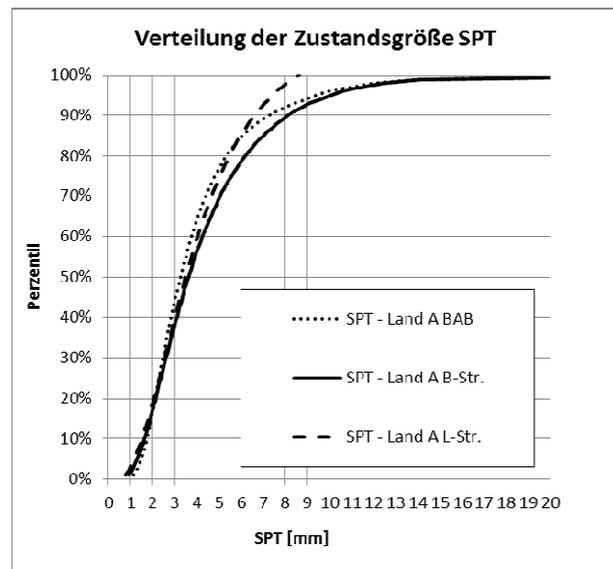
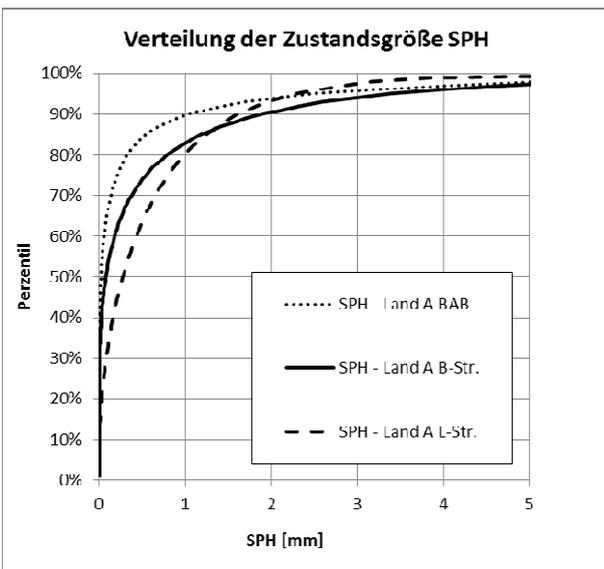
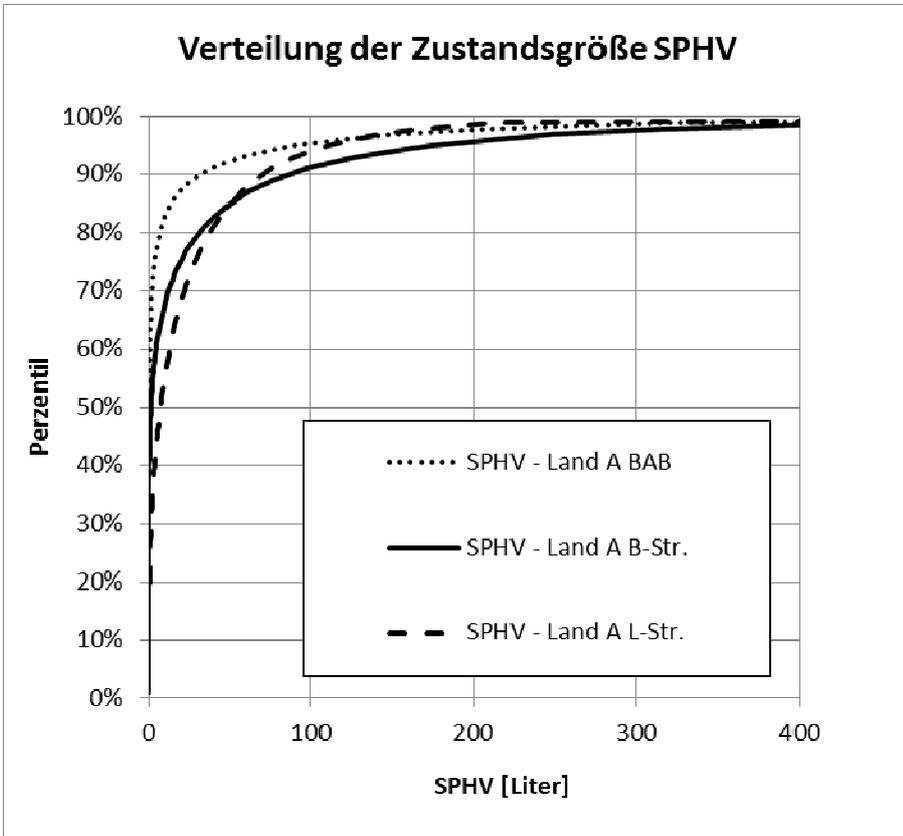
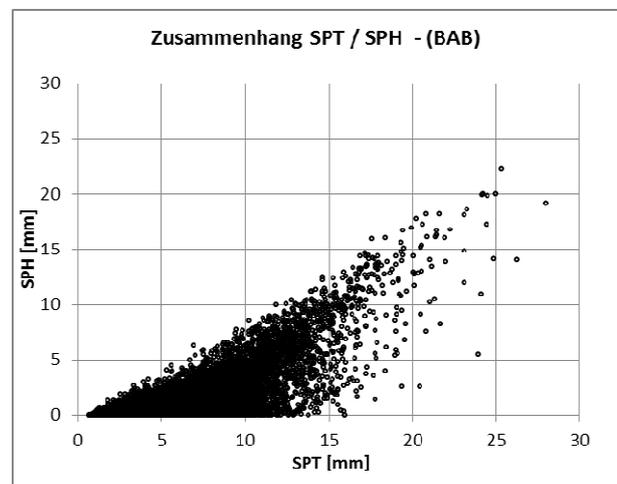
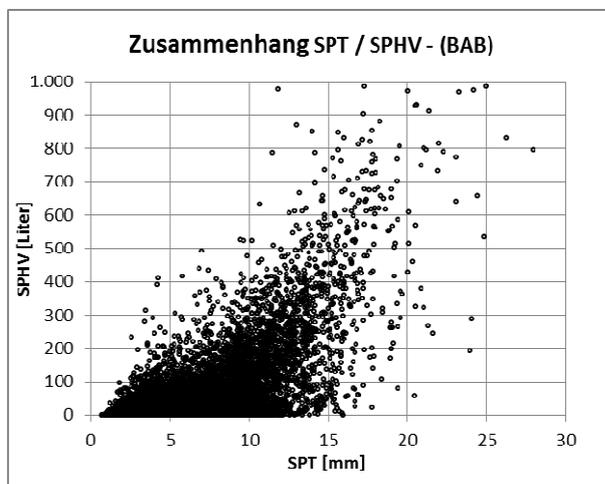
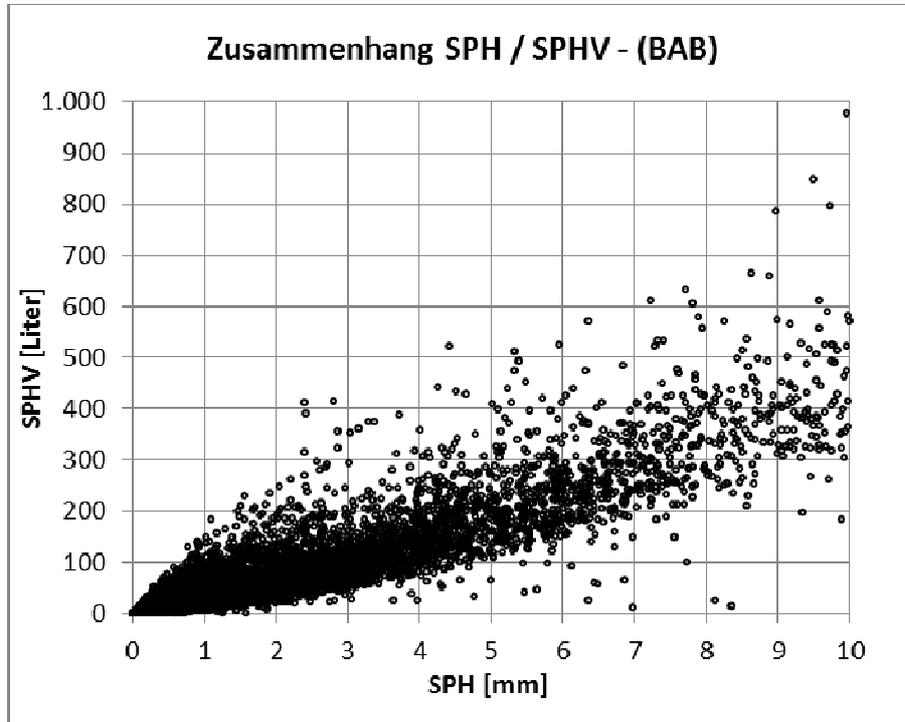


Bild 170: Verteilung der Zustandsgrößen SPHV, SPH, SPT, Land A (Freie Strecke, alle Straßenklassen)

Gegenüberstellung SPHV / SPH / SPT Land A Bundesautobahnen

**Bild 171:** Zusammenhang SPH V / SPH / SPT, Land A (Freie Strecken, Bundesautobahnen)

Gegenüberstellung SPHV / SPH / SPT Land A Bundesstraßen

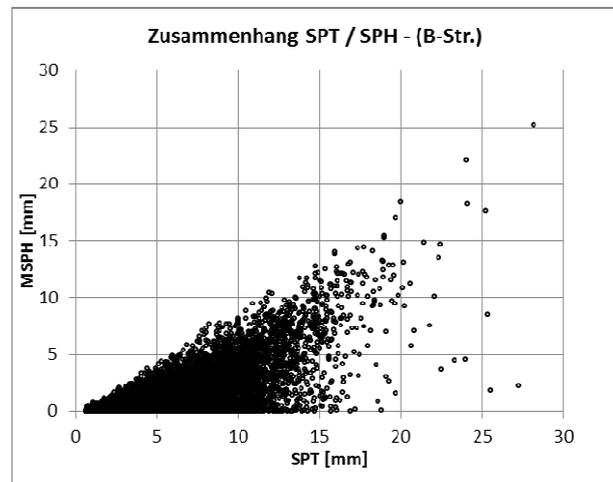
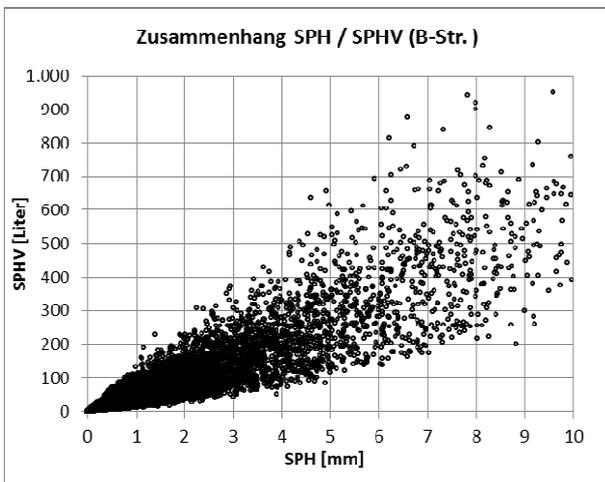
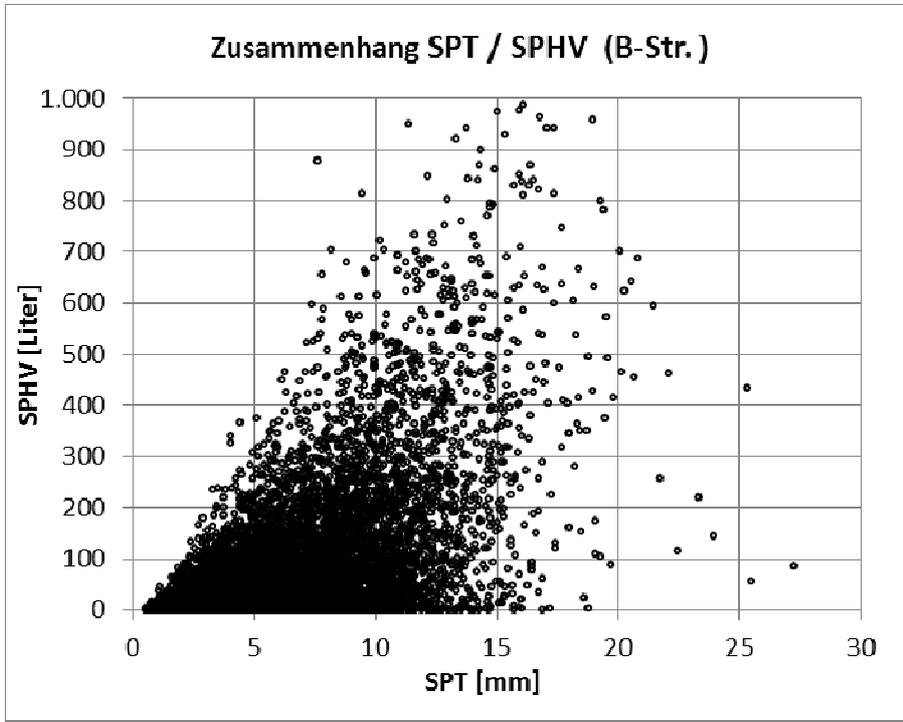


Bild 172: Zusammenhang SPH V / SPH / SPT, Land A (Freie Strecken, Bundesautobahnen)

Gegenüberstellung SPHV / SPH / SPT Land A Landesstraßen

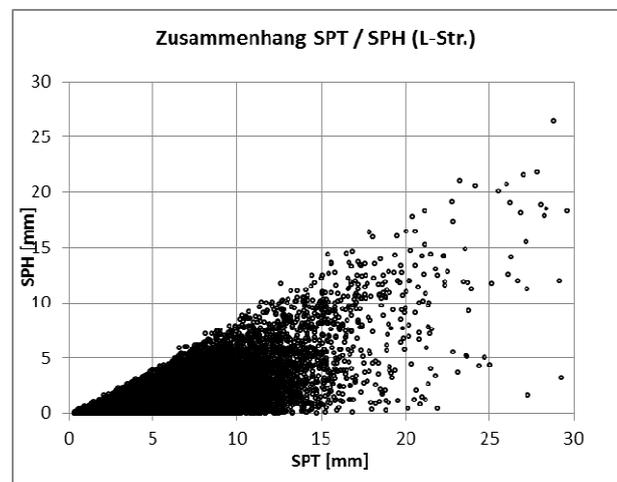
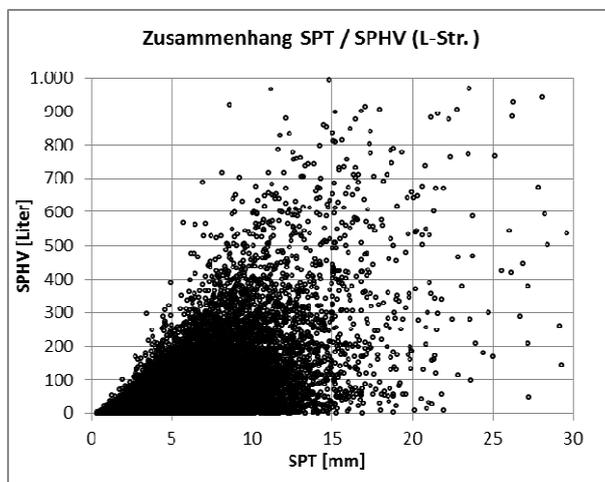
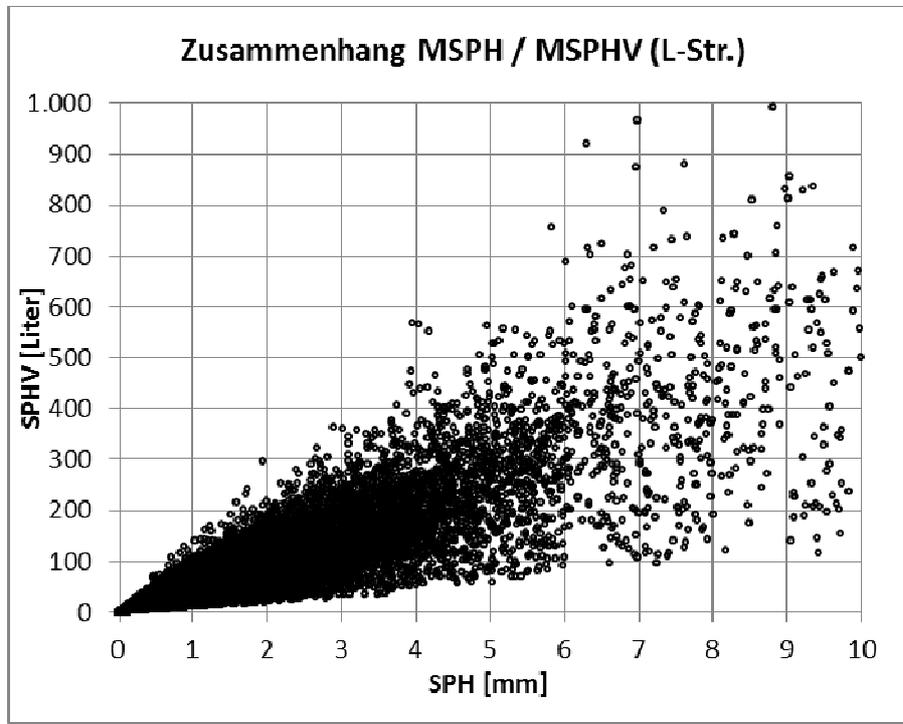


Bild 173: Zusammenhang SPH V / SPH / SPT, Land A (Freie Strecken, Bundesautobahnen)

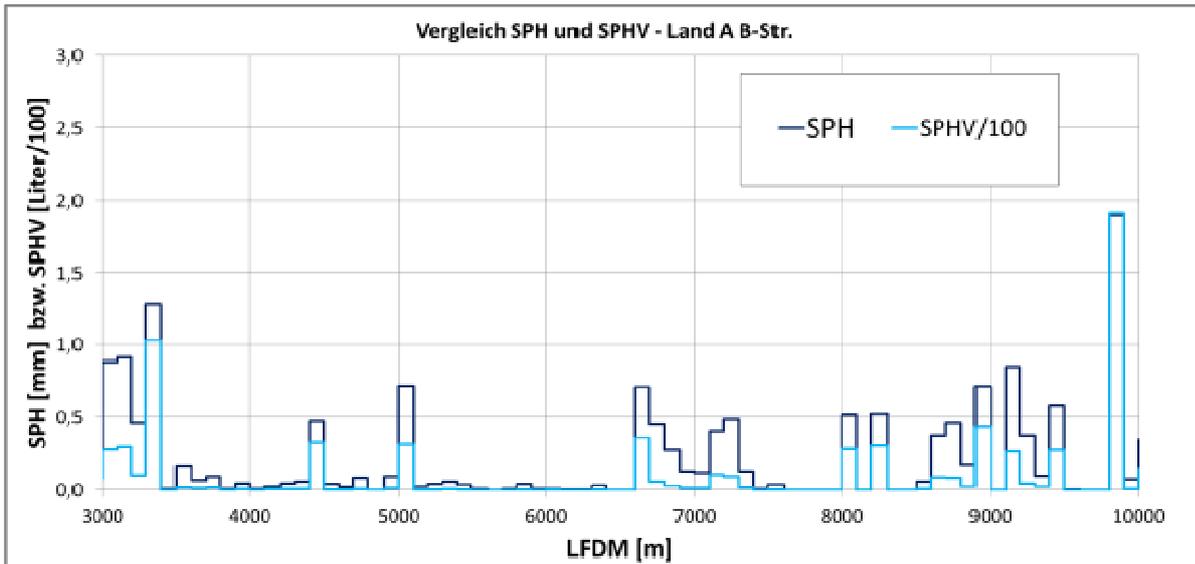


Bild 174: Vergleich der Zustandswerte SPH (klassisch) mit dem Wert SPHV7 km - Ausschnitt, Bundesstraßen Land A

Beispiele SPHV

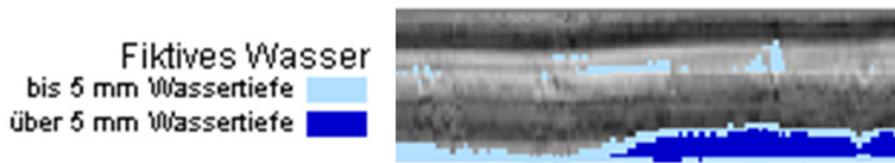


Bild 175: Beispiel für einen Abschnitt mit einem SPH von 3 mm mit einem SPHV von 300 l / 100 m, Bundesstraßen Land A



Fiktives Wasser
bis 5 mm Wassertiefe 
über 5 mm Wassertiefe 



Bild 176: Beispiel für einen Abschnitt mit einem SPHV von 730 l/100 m - Ausschnitt, Bundesstraßen Land A

Maximalwert des gleitenden Mittelwertes der Spurrinntiefe für feste Mittelungslängen MAX_SPT_MW [mm]

Verteilung der Zustandsgrößen MAX_SPT_MW Land A Bundesautobahnen

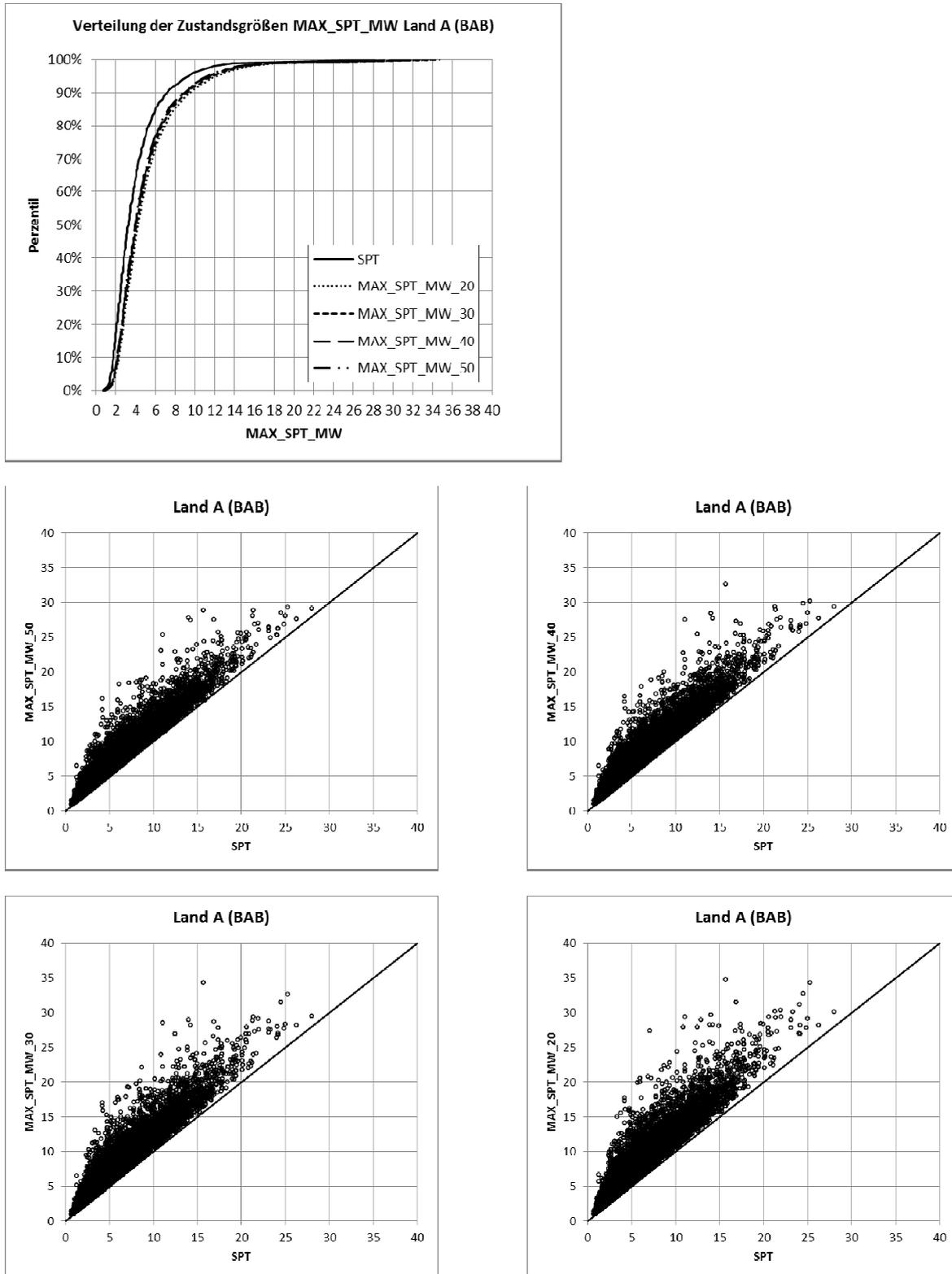


Bild 177: Verteilung der Zustandsgröße MAX_SPT_MW, Gegenüberstellung zu SPT
Land A (Freie Strecke, Bundesautobahnen)

Verteilung der Zustandsgrößen MAX_SPT_MW Land A Bundesstraßen

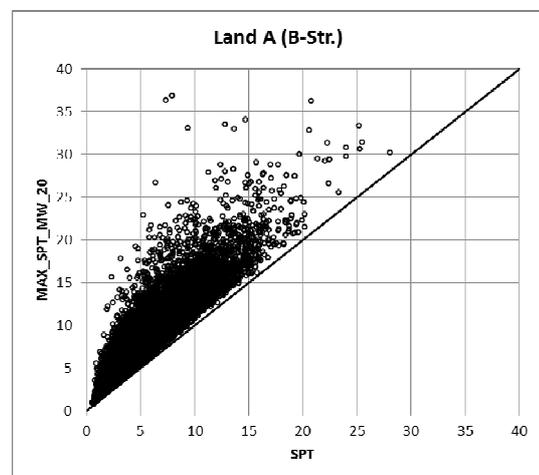
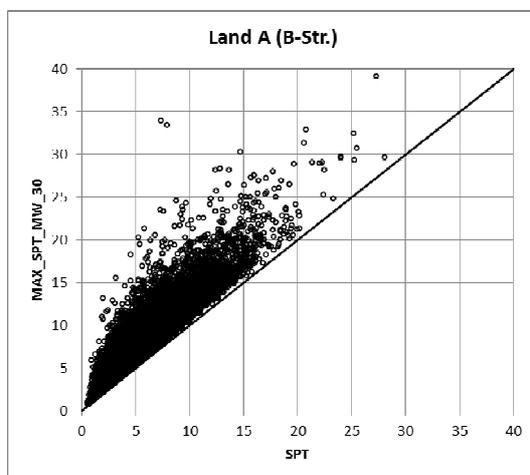
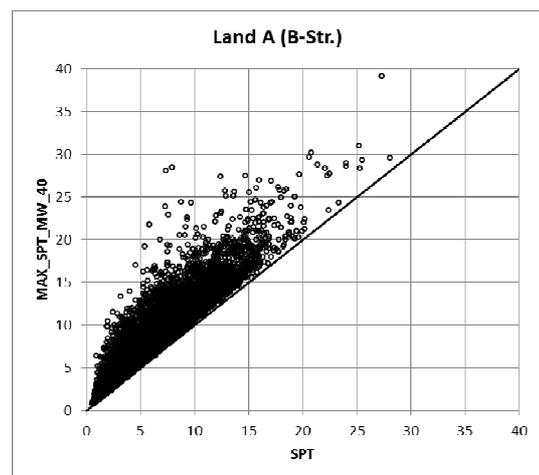
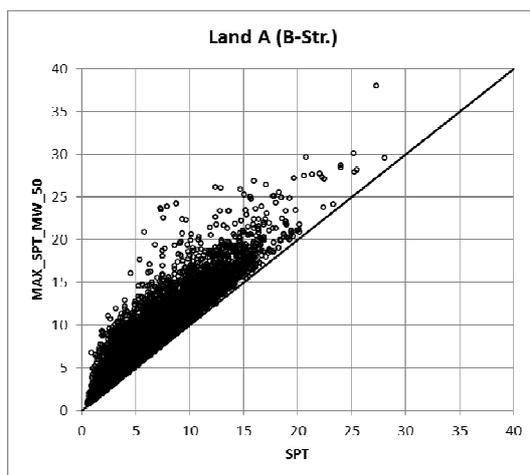
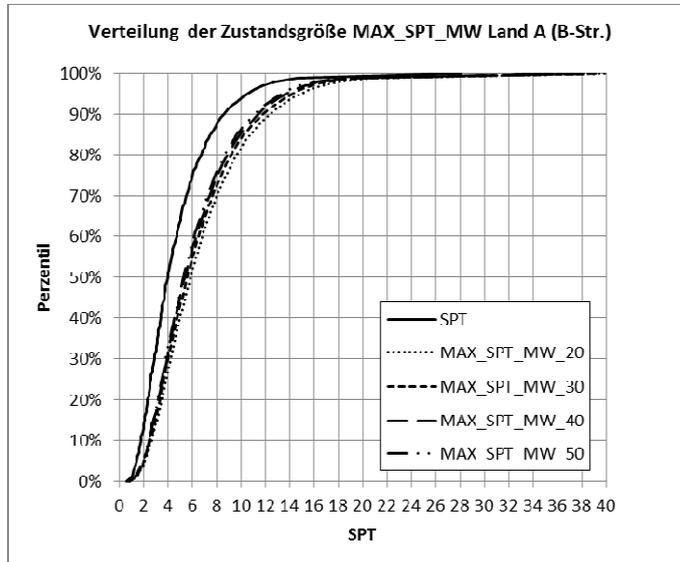


Bild 178: Verteilung der Zustandsgröße MAX_SPT_MW, Gegenüberstellung zu SPT Land A (Freie Strecke, Bundesstraßen)

Verteilung der Zustandsgrößen MAX_SPT_MW Land A Landesstraßen

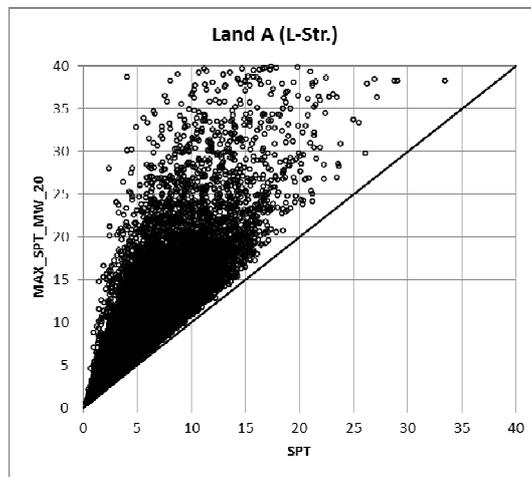
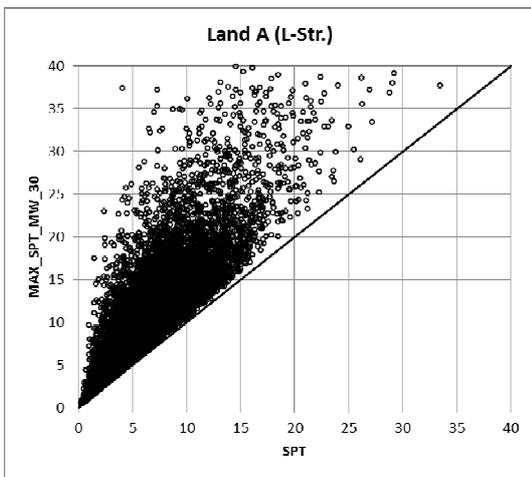
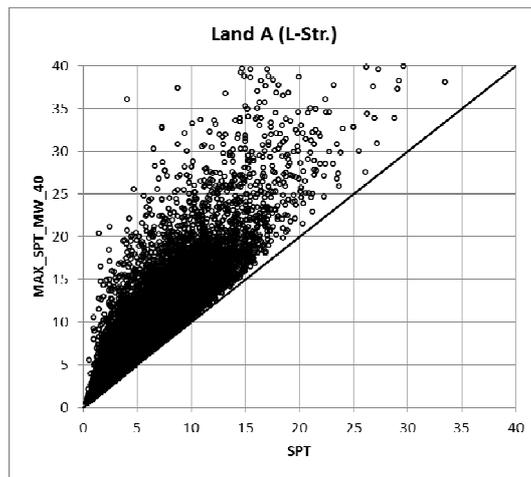
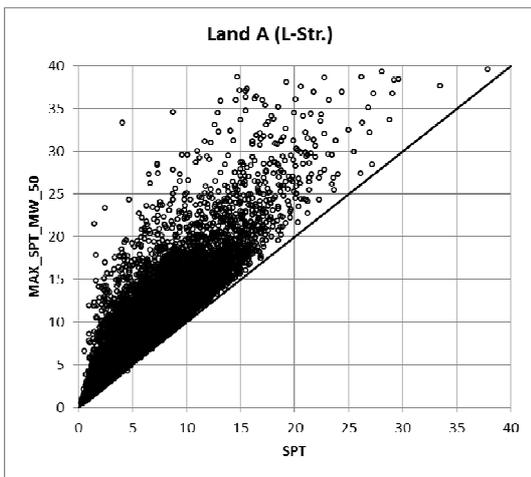
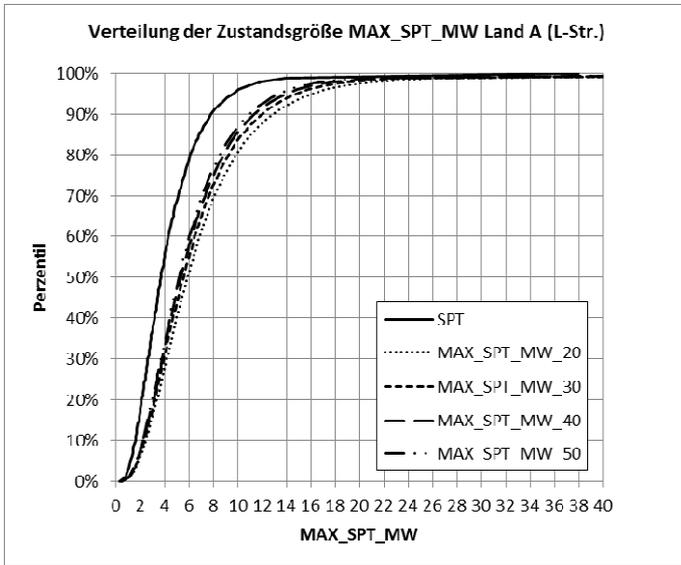


Bild 179: Verteilung der Zustandsgröße MAX_SPT_MW, Gegenüberstellung zu SPT Land A (Freie Strecke, Landesstraßen)

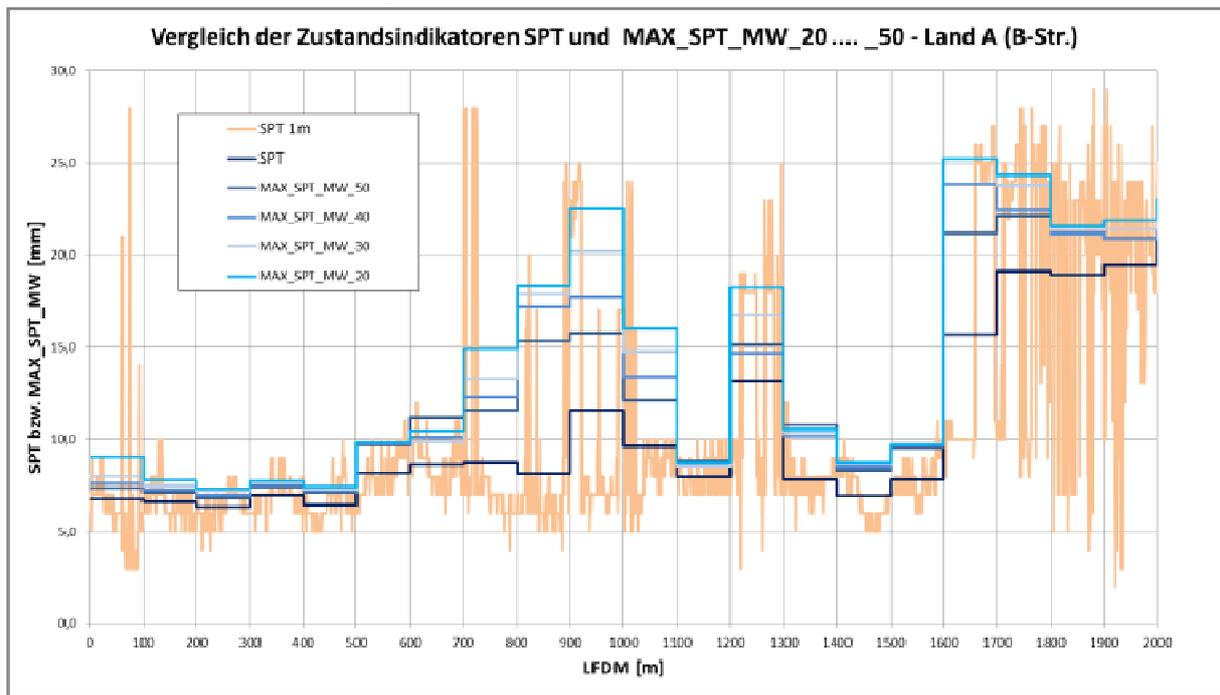


Bild 180: Vergleich der Zustandswerte SPT (klassisch) mit dem wert MAX_SPT_MW mit unterschiedlichen Mittelungslängen, 1 km - Ausschnitt, Bundesstraßen Land A

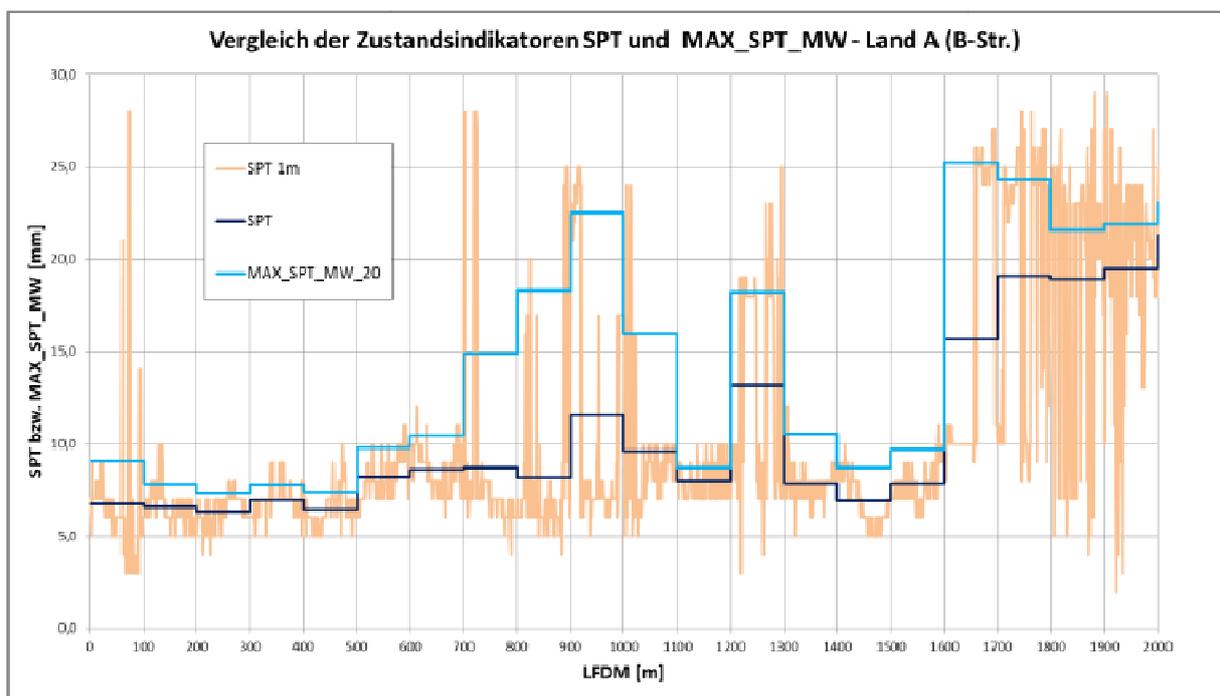


Bild 181: Vergleich der Zustandswerte SPT (klassisch) mit dem Wert MAX_SPT_MW_20 mit unterschiedlichen Mittelungslängen, 1 km - Ausschnitt, Bundesstraßen Land A

Beispiele MAX_SPT_MW



Emboss



Bild 182: Beispiel für einen Abschnitt mit einem SPT von 6 mm und einem MAX_SPT_MW_20 von 12 mm, Bundesstraßen Land A



Emboss

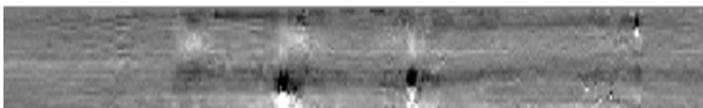


Bild 183: Beispiel für einen Abschnitt mit einem SPT von 5,5 mm und einem MAX_SPT_MW_20 von 10,5 mm, Bundesstraßen Land A

Maximalwert des gleitenden Mittelwertes der Fiktiven Wassertiefe für feste Mittelungslängen MAX_SPH_MW [mm]

Verteilung der Zustandsgrößen MAX_SPH_MW Land A Bundesautobahnen

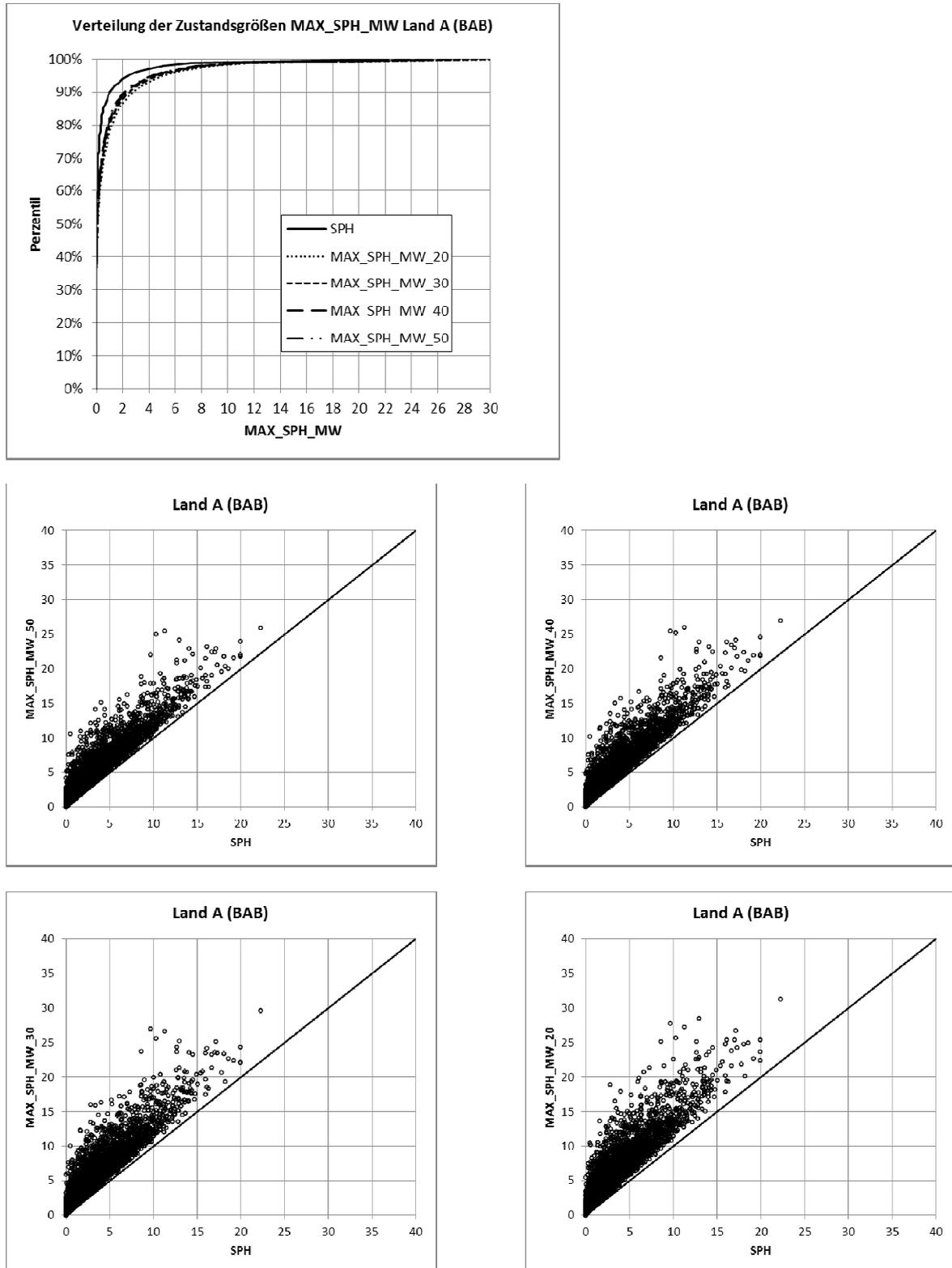


Bild 184: Verteilung der Zustandsgröße MAX_SPH_MW, Gegenüberstellung zu SPH Land A (Freie Strecke, Bundesautobahnen)

Verteilung der Zustandsgrößen MAX_SPH_MW Analyseland A Bundesstraßen

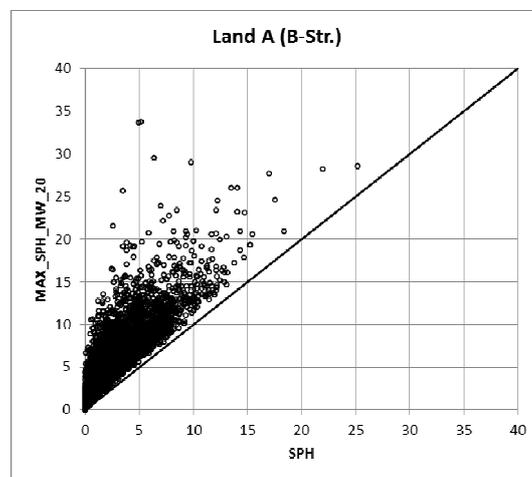
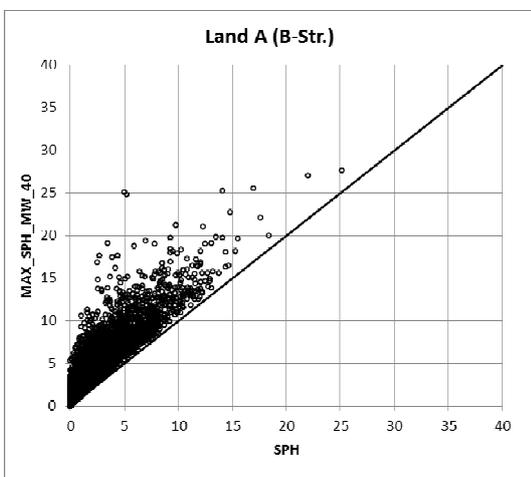
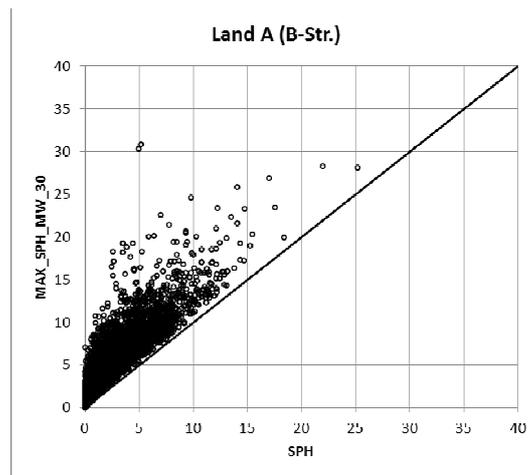
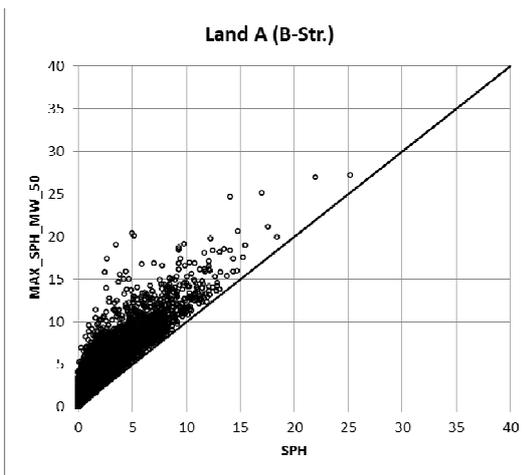
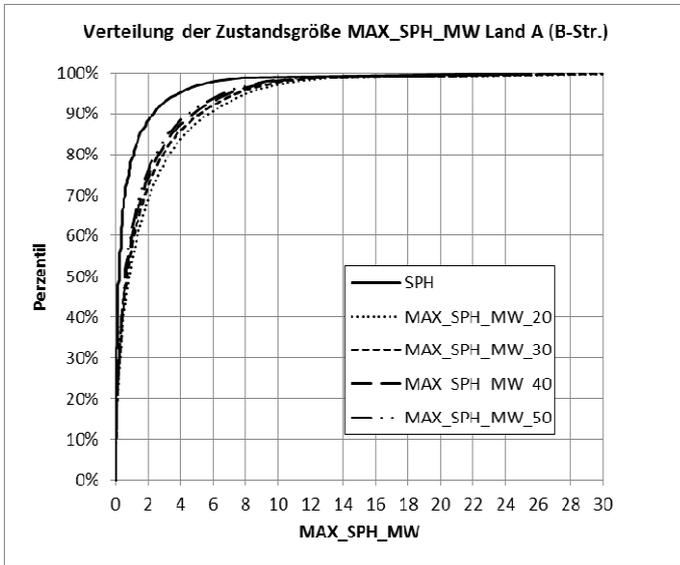


Bild 185: Verteilung der Zustandsgröße MAX_SPH_MW, Gegenüberstellung zu SPH Land A (Freie Strecke, Bundesstraßen)

Verteilung der Zustandsgrößen MAX_SPH_MW Land A Landesstraßen

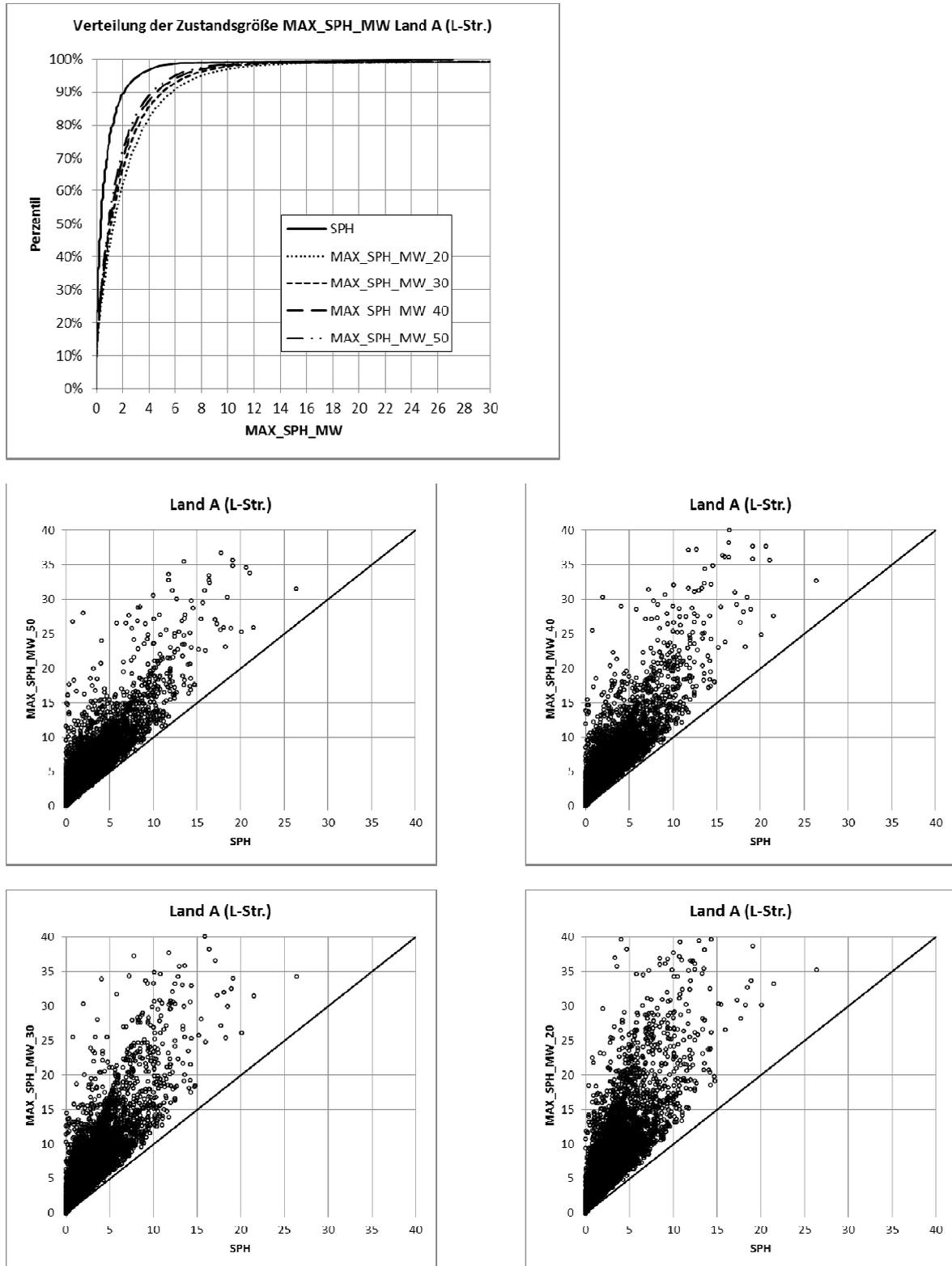


Bild 186: Verteilung der Zustandsgröße MAX_SPH_MW, Gegenüberstellung zu SPH
Land A (Freie Strecke, Landesstraßen)

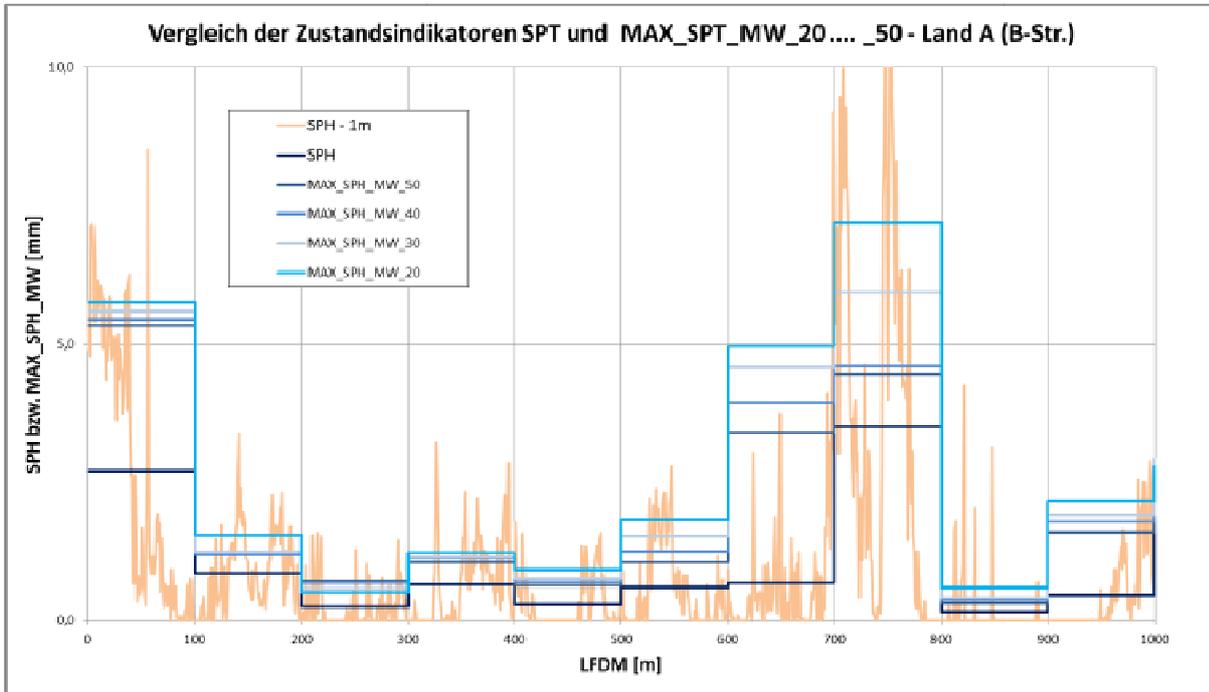


Bild 187: Vergleich der Zustandswerte SPH (klassisch) mit dem wert MAX_SPH_MW mit unterschiedlichen Mittelungslängen, 1 km - Ausschnitt, Bundesstraßen Land A

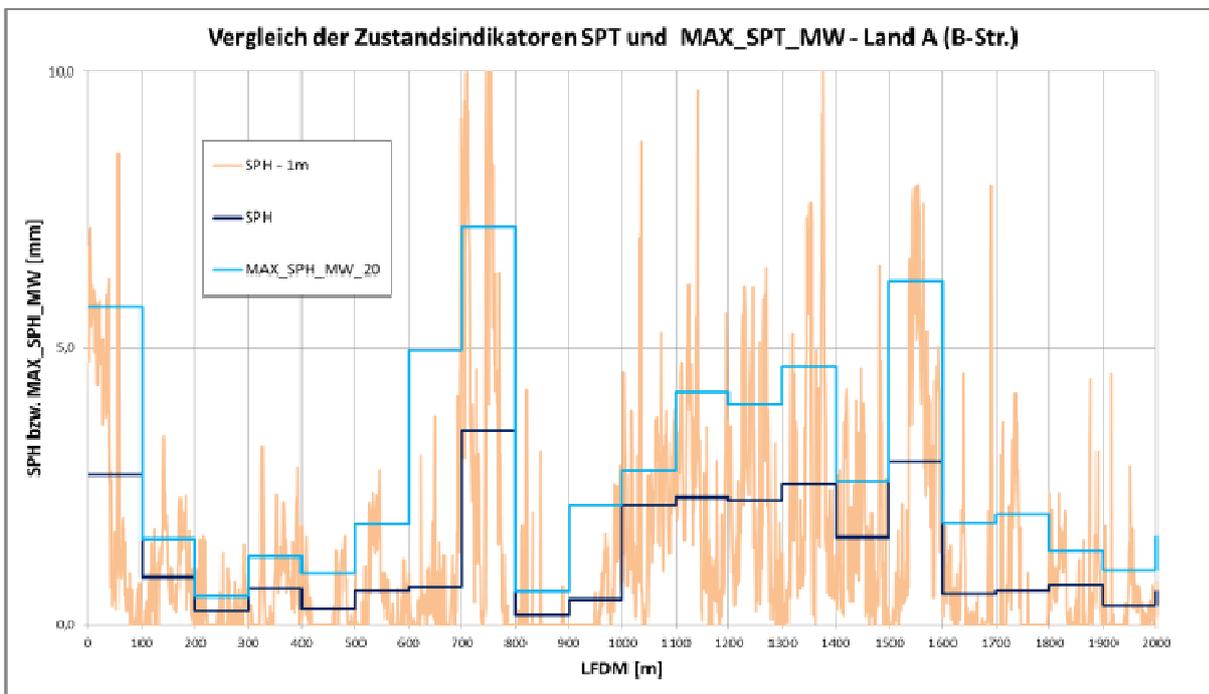


Bild 188: Vergleich der Zustandswerte SPH (klassisch) mit dem Wert MAX_SPH_MW_20 mit unterschiedlichen Mittelungslängen, 1 km - Ausschnitt, Bundesstraßen Land A

Beispiele MAX_SPH_MW



Fiktives Wasser
 bis 5 mm Wassertiefe ■
 über 5 mm Wassertiefe ■

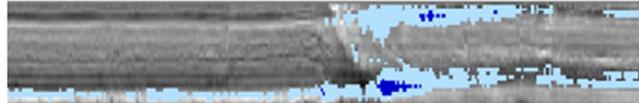


Bild 189: Beispiel für einen Abschnitt mit einem SPH von 2,4 mm und einem MAX_SPH_MW_20 von 4 mm, Bundesstraßen Land A



Fiktives Wasser
 bis 5 mm Wassertiefe ■
 über 5 mm Wassertiefe ■

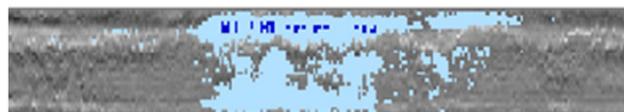


Bild 190: Beispiel für einen Abschnitt mit einem SPH von 1,2 mm und einem MAX_SPH_MW_20 von 5 mm, Bundesstraßen Land A

A.6.2 Elementares Raster der Zustandsdaten

Die elementaren Zustandsdaten die als Geo- bzw. Rasterrohdaten vorliegen beziehen sich auf unterschiedliche Bezugslängen bzw. Raster.

In der folgenden Tabelle sind die in der ZEB verwendeten Größen, ihre Bezugseinheiten und die Verfahren zur Berechnung der auswerteabschnittsbezogenen Zustandsgrößen aufgeführt.

Merkmalsgruppe	Zustandsmerkmal	Raster der elementaren Rohdaten	Zustandsindikator mit Berechnungsverfahren	Kürzel Zustandsgröße
Ebeneheit im Längsprofil	Allgemeine Unebenheit	„Wahres Höhenlängsprofil“ mit Punktabstand 0,1 m	Unebenheitsmaß, spektrale Dichte der Unebenheitshöhen $\Phi_h(\Omega_0)$ [cm ²]	AUN
		„Wahres Höhenlängsprofil“ mit Punktabstand 0,1 m	Längsebeneheitswirkindex ¹ [-]	LWI ¹
Ebeneheit im Querprofil	Spurrinnen	Querprofile im Abstand von 1m	Maximum aus den Mittelwerten der rechten und linken Spurrinntentiefe [mm]	MSPT
		Querprofile und Querneigung im Abstand von 1m	Maximum aus den Mittelwerten der rechten und linken fiktiven Wassertiefe [mm]	MSPH
Rauheit	Griffigkeit	Seitenkraftbeiwerte im Abstand von 1m	Seitenreibungsbeiwert (temperatur- und geschwindigkeitskorrigiert auf 60 oder 80 km/h, Mittelwert) [-]	GRI_60 GRI_80
Substanzmerkmale (Oberfläche), Asphalt	Netzrisse, Risshäufungen und Einzelrisse	3 Auswerte-segmente in Querrichtung, Rasterabstand in Längsrichtung 1m	Netzrisse, Risshäufungen und Einzelrisse betroffener Flächenanteil [%]	RISS
	Flickstellen	3 Auswerte-segmente in Querrichtung, Rasterabstand in Längsrichtung 1m	Flickstellen, betroffener Flächenanteil [%]	FLI
Substanzmerkmale (Oberfläche), Beton	Längs- und Querrisse	Auswertung je Betonplatten ca. 5-6m	Längs- und Querrisse, mittlere Länge [m]	LQRL
		Auswertung je Betonplatten ca. 5-6m	Längs- und Querrisse, betroffener Plattenanteil [%]	LQRP
	Eckabbrüche	Auswertung je Betonplatten ca. 5-6m	Eckabbrüche, mittlere Anzahl [-]	EABF
		Auswertung je Betonplatten ca. 5-6m	Eckabbrüche, betroffener Plattenanteil [%]	EABP
	Kantenschäden	Auswertung je Betonplatten ca. 5-6m	Kantenschäden, mittlere Länge [m]	KASL
		Auswertung je Betonplatten ca. 5-6m	Kantenschäden, betroffener Plattenanteil [%]	KASP

Tab. 28: (Längs-)Raster der elementaren Zustandsdaten

A.6.3 Aggregationsverfahren der ZEB zur Bildung der Zustandsgrößen

Aus den elementaren Zustandsdaten der Geo- bzw. Rasterrohdaten werden auswertungsabschnittsbezogene Zustandsgrößen ermittelt. Nachfolgend werden die dazu eingesetzten Verfahren bildhaft dargestellt. Mit Ausnahme der „Allgemeinen Unebenheit“ (AUN) werden alle Zustandsgrößen ausschließlich anhand der im Auswertungsabschnitt lokalisierten Daten (z. B. 1 m-Griffigkeitswerte, Rasterelemente mit Flickstellen, usw.) berechnet.

Die Bestimmung des AUN erfordert ein Auswertungsfenster mit einer Länge von 102,4 m um jeweils 1024 Werte für die Fourier-Transformation zu erhalten. Dies führt insbesondere bei den Ortsdurchfahrten dazu, dass ein großer Teil der Daten mehrfach in die Auswertung eingeht.

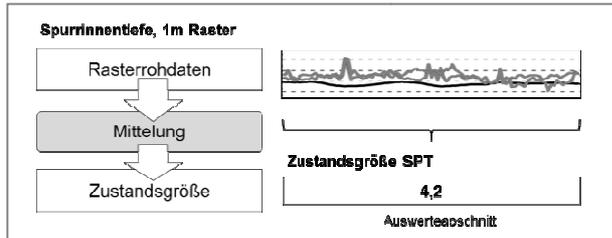


Bild 191: Abschnittsbildung Spurrinnentiefe

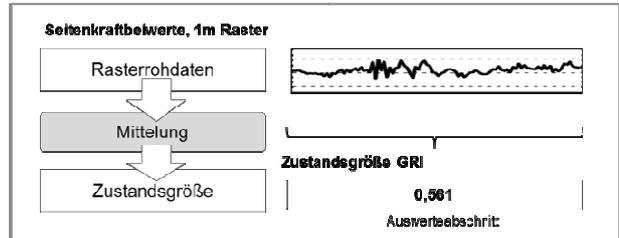


Bild 192: Abschnittsbildung Griffigkeit

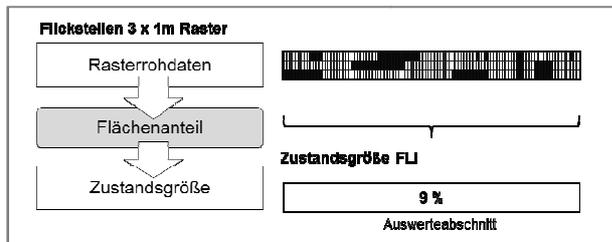


Bild 193: Abschnittsbildung Flickstellen

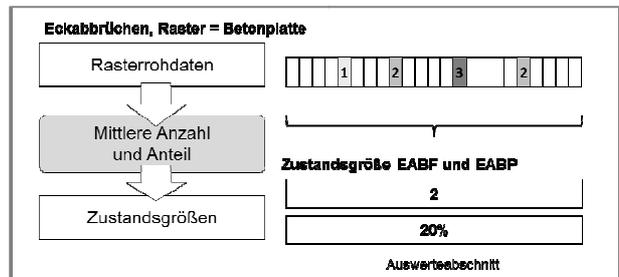


Bild 194: Abschnittsbildung Eckabbrüche

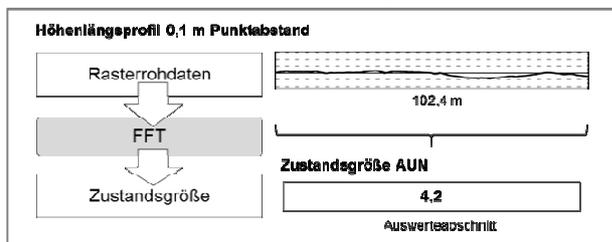


Bild 195: Abschnittsbildung Allgemeine Unebenheit

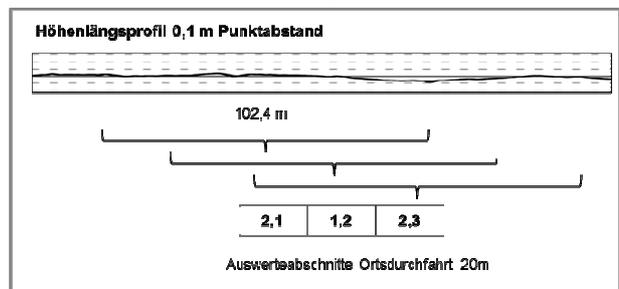


Bild 196: Abschnittsbildung Allgemeine Unebenheit in Ortsdurchfahrten

A.6.4 Regeln zur Bildung des ZEB-Rasters und Erfassungsumfang

Die Rasterung der ZEB-Abschnitte erfolgt in mehreren Schritten. Zuerst wird jeder ASB-Abschnitt von Station 0 ausgehend in 100 m lange Abschnitte aufgeteilt. Naturgemäß entstehen dadurch ggf. zum Ende des ASB-Abschnitts ein Segment kleiner als 100 m (Bild 197).

Anschließend wird geprüft, welche dieser 100 m-Abschnitte die Ortsdurchfahrtsbereiche tangieren. Diese Abschnitte werden zum Abschluss nochmals vollständig in 20 m-Abschnitte aufgeteilt (Bild 199).

Bei den Bundesautobahnen sind alle Fahrstreifen zu erfassen. Bei den Bundes- und Landesstraßen wird bei einbahnigen Strecken nur der Hauptfahrstreifen in Stationierungsrichtung erfasst. Bei mehrbahnigen Abschnitten (i. d. R. länger 300 m) werden die Hauptfahrstreifen in beiden Richtungen erfasst (Bild 197).

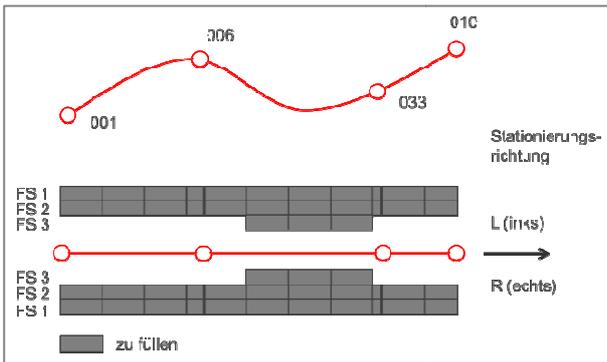


Bild 197: Abschnittsbildung ZEB bei Bundesautobahnen

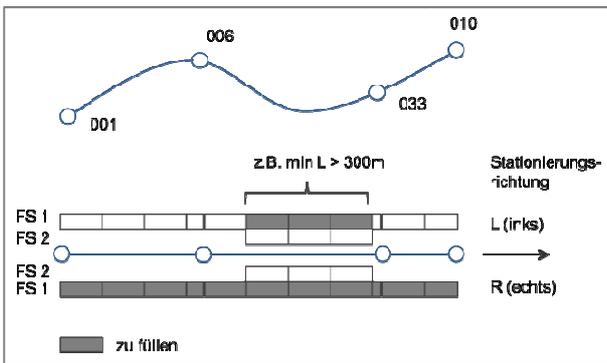


Bild 198: Abschnittsbildung ZEB bei Bundes- und Landesstraßen

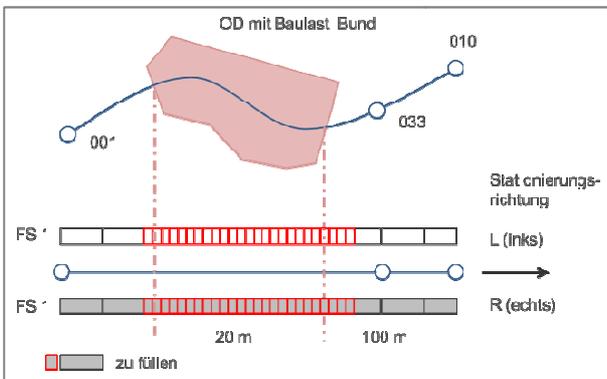


Bild 199: Abschnittsbildung ZEB in Ortsdurchfahrten

A.6.5 Typische Aggregationsverfahren der ZEB und alternativ denkbare Verfahren

Die Aggregation elementarer Zustandsrohdaten, von kontinuierlichen Werten (z. B. Griffigkeit) sowie von diskreten Ereignissen (z. B. Flickstellen) zu abschnittsbezogenen Zustandsgrößen lässt sich wie in Bild 200 dargestellt systematisieren. Die Methoden 1, 2, 4 finden in der ZEB Verwendung. 3 bzw. 6 wären theoretisch denkbar, werden jedoch nicht angewandt.

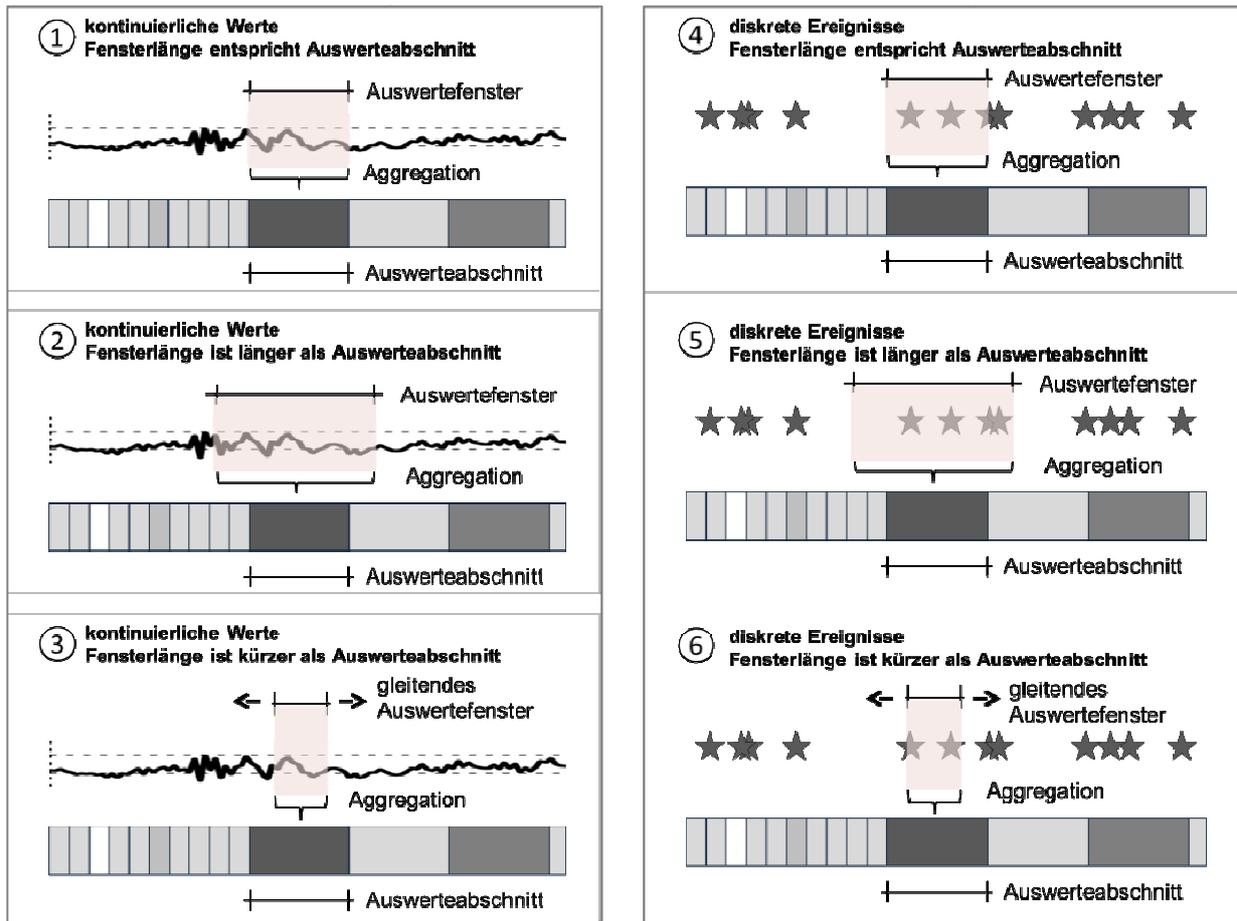


Bild 200: Aggregation kontinuierlicher bzw. diskreter Zustandsinformationen, Teil A

A.6.6 Lagegenauigkeit der elementaren ZEB Zustandsdaten

Die Verortung der Zustandsdaten wurde seit Beginn der ZEB kontinuierlich verbessert. Mit den modernen von Inertialsystemen gestützten GPS-Empfängern lassen sich hohe Positionierungsgenauigkeiten erreichen. Die von den Straßenbauverwaltungen bereitgestellten Geometrien der Straßenachsen weisen in der Regel ebenfalls gute Lagegenauigkeiten auf.

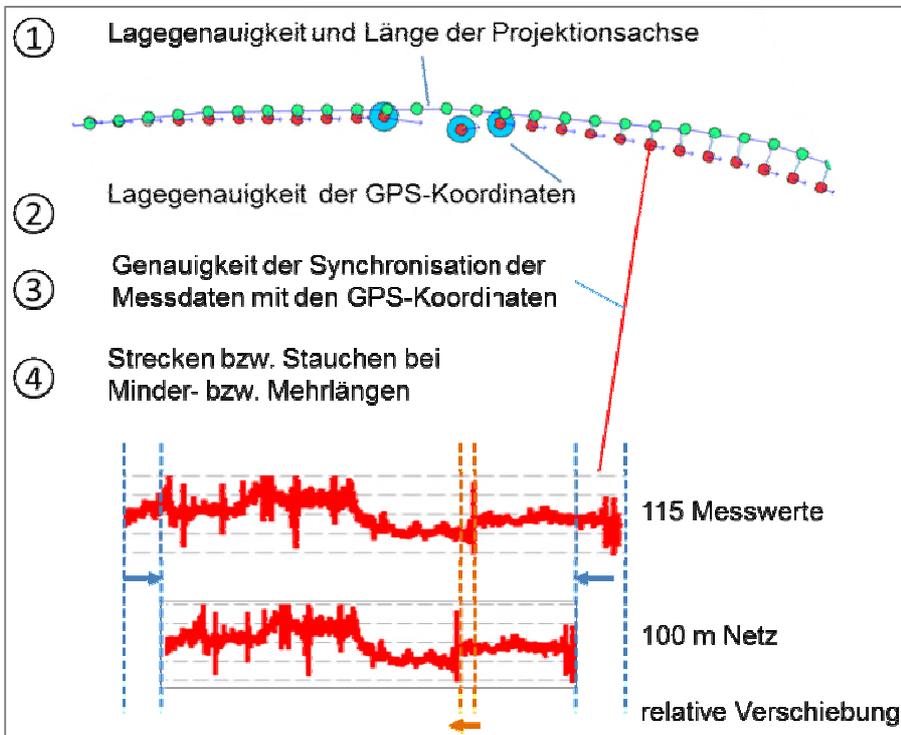


Bild 201: Einflussfaktoren für die Genauigkeit der Zuordnung der Georohdaten zum Straßennetz

Allen voran ist die Lagegenauigkeit der Koordinaten der Messdaten sowie der Informationen aus dem Längenmesssystem entscheidend für die Präzision der Verortung zum Straßennetz. Beide Systeme werden bei der befristeten Betriebszulassung der BAST geprüft. Darüber hinaus ist die Synchronisation der Koordinate mit dem Weg von hoher Bedeutung. Die Lagegenauigkeit der Geokoordinaten in der Ebene (1 Sigma) beträgt nach Erfahrungswerten (abhängig der vom Erfasser eingesetzten Inertialplattform) ca. 1 – 5 m.

Die Qualität der Straßennetzgeometrie und den tabellarisch vorliegenden Längen (Bild 201) haben einen ebenso großen Einfluss auf die Genauigkeit der Zuordnung. Zwangsläufig ergeben sich bei Steigungen und Gefällestrrecken Abweichungen zwischen dem als ebene Geometrie vorliegenden Netz und der erfassten Länge. Bei Differenzen zwischen dem Messweg und der Geometrie bzw. Länge des digitalen Straßennetzes werden die Messdaten bis zu einem bestimmten Maß verfahrensbedingt gestreckt bzw. gestaucht. Dieses kann ebenfalls die Zuordnungsgenauigkeit beeinflussen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die absolute Genauigkeit der Zuordnung Messwert zur Station im ASB-Netz 5 bis 10 m beträgt.

A.6.7 Untersuchung der Abschnittslängen mit homogenem Zustand

Für ein besseres Verständnis der Längen homogener Zustandsbereiche, insbesondere mit schlechten Zuständen, welche in einem möglichen Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen stehen, wurde im Rahmen der Forschung nach Verfahren gesucht, die eine solche Homogenisierung in automatisierter Form ermöglichen.

Ziel sollte es sein, für Analyseteilnetze, Straßenklassen und Zustandsmerkmale getrennt, homogene Zustandsabschnitte zu bestimmen und statistisch anhand der Länge und des Wertes ($L1...i$ und $Z1...i$, Bild 202) auszuwerten. So ließe sich insbesondere zur Relevanz schlechter, kurzer Zustandsabschnitte Aussagen treffen und ggf. Annahmen für sinnvolle Mittelungslängen zu den in Kapitel 5.2.1 vorgeschlagenen neuen Zustandsgrößen treffen.

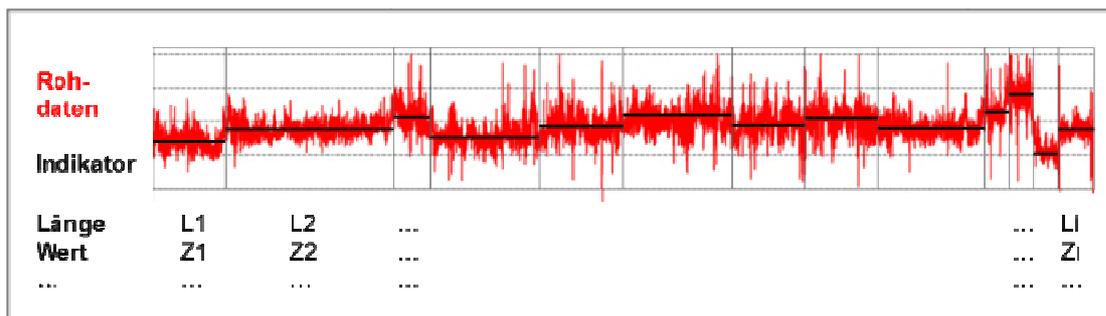


Bild 202: Prinzipische Skizze zur Homogenisierung der Zustandsdaten

Die Recherche ergab, dass an der TU Wien ein entsprechendes Softwareprogramm zur Bestimmung homogener Zustandsabschnitte entwickelt wurde und in Österreich im Rahmen des Erhaltungsmanagements der Autobahnen eingesetzt wird. Das Verfahren ist bei Thomas (2003) dokumentiert, und im Programm SamsRoad implementiert. In Bild 203 ist eine Auswertung für den Indikator IRI (International Roughness Index, Demodaten zur Software) dargestellt. Im oberen Bereich sind die Eingangsdaten des Zustands dargestellt, das untere Diagramm zeigt die ermittelten homogenen Abschnitte, den Median und die Perzentile (90).

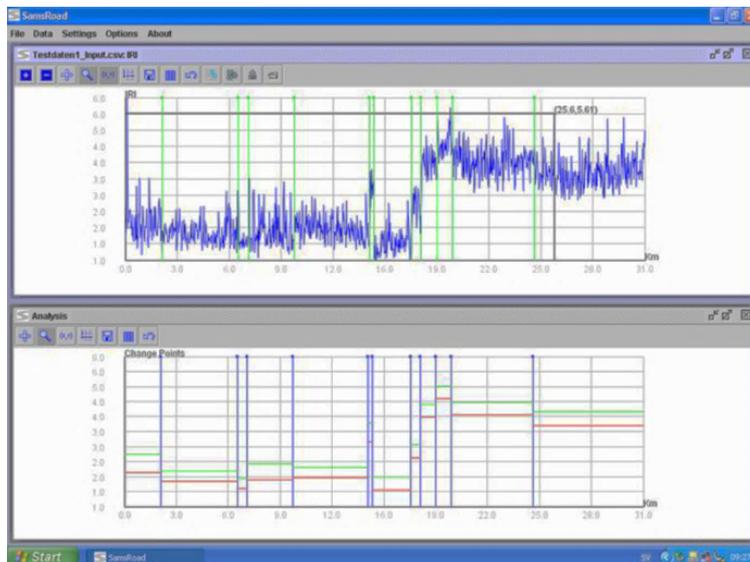


Bild 203: Programm SamsRoad, TU Wien

Testweise wurden in die Software deutsche ZEB Daten der Griffigkeit bzw. Fiktiven Wassertiefe eingeladen. Dazu mussten die Rasterrohdaten in ein einfaches CSV-Format überführt werden. Leider zeigte sich sehr schnell, dass die Länge der Importdaten programmseitig begrenzt ist, und dass das Setup der Algorithmen für die Homogenisierung der sehr hoch aufgelösten Zustandsdaten (1 m - Werte) keine zufriedenstellenden Ergebnisse produziert. Die in Österreich verwendeten Inputdaten sind bereits zu vergleichsweise langen abschnitten (> 20 m) gemittelt und nicht mit den Rasterrohdaten der ZEB vergleichbar. Auch versuche eine Vorbehandlung der Raster-Rohdaten durch Anwendung einer gleitendem 5m-Mittelung führten zu keinem brauchbaren Ergebnis.

Nachdem auch die Erstellung eines eigenen Auswerteprogramms wenig befriedigende Ergebnisse lieferte, wurde ein ingenieurtechnischer Ansatz gewählt, bei dem die Daten der Analyseländer merkmalsbezogen unter Verwendung der Onlinevisualisierung der IT-ZEB (siehe Kapitel 2.1) ausgewertet und dokumentiert wurden. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Abschnitten zusammen mit den möglichen Einflussgrößen (Erfahrung des Forschungsnehmers aus der jahrelangen Untersuchung und Begutachtung des Straßenzustands) dargestellt.

Neben der Darstellung eines Streckenbildes aus der ZEB sind die elementaren Zustandsdaten als Ausschnitt aus dem Rohdatenprofil der ZEB dargestellt. Aufgrund des beschränkten Platzangebotes werden die Legendenbereiche mit der der Inhalte Beschreibung und den Einheiten nicht dargestellt. Bild 204 zeigt ein solches Rohdatenprofil in der Gesamtansicht. Die Daten der ZEB sind dort je Teilprojekt (Längs- und Querebene, Griffigkeit und Substanzmerkmale (Oberfläche)) untereinander gegliedert.

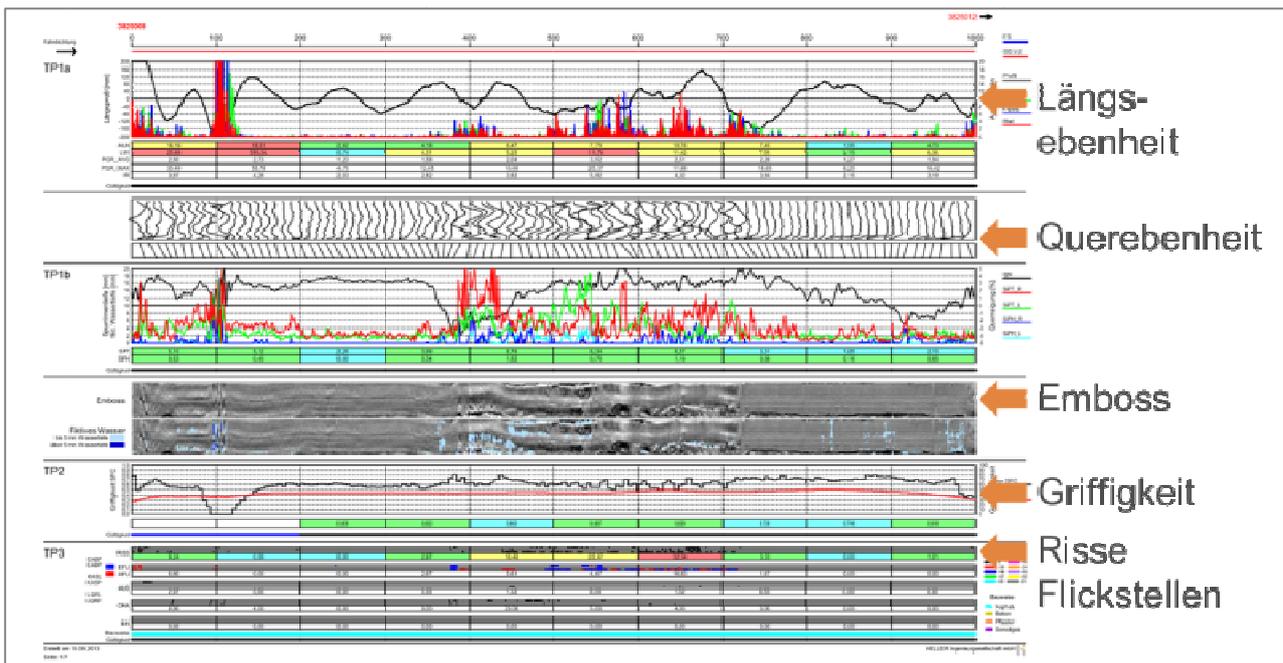


Bild 204: Rohdatenprofil für die Interpretation der Darstellungen der Fallbeispiele in den folgenden zwei Kapiteln.

Im folgenden Kapitel wurde die Homogenität für die Zustandsgrößen Griffigkeit und Fiktive Wassertiefe untersucht.

Homogenität der Zustandsgröße Griffigkeit

Nachfolgend sind Faktoren benannt, die aus der Erfahrung des Forschungsnehmers den Wert der Zustandsgröße Griffigkeit beeinflussen können. Zu den meisten Punkten sind danach Bildbeispiele aufgeführt.

- Baustoff der Deckschicht
- Einbauqualität
- Verkehrsbeanspruchung (Überrollungen, Brems- und Beschleunigungsvorgänge, Radieren, ...)
- Witterung / Klima (Sonneneinstrahlung, Frost- Tauwechsel, Niederschläge)
- Liegedauer
- Messverfahren (Kalibrierung, Messreifen, Temperaturen, Annässung des Messrads, dynamische Einflüsse, Position der Messlinie)
- Verschmutzung

Mögliche Einflussfaktoren auf die Homogenität bzw. auf die Länge der als homogen zu betrachtenden Abschnitte:

- Länge der Bauabschnitte
- Art der Erhaltungsmaßnahmen (Flickstellen, Patching, Oberflächenbehandlung)
- Einbauten (Bauwerke, Bahnübergänge, Kreisverkehre, ...)
- Einbauqualität (Kornausbrüche, Schwitzstellen, Spurbildung)
- lokale Wechsel in der Verkehrsbeanspruchung (Überrollungen, Brems- und Beschleunigungsvorgänge, Radieren, ...)
- Witterung / Klima (lokale Sonneneinstrahlung / Schattenbereiche)
- Liegedauer
- Messverfahren (Messreifen, Temperaturen, Annässung des Messrads, dynamische Einflüsse, Position der Messlinie)
- lokale Verschmutzung

Da die Griffigkeit für eine Messlinie erfasst wird (rechte Rollspur) sind zudem Einflüsse zu berücksichtigen, die sich in Querrichtung bemerkbar machen:

- Lage von Flickstellen
- Wahl der Messlinie zur Rollspur (z. B. in Kurven, in Bereichen mit Spurbildung, in Bereichen, bei denen die Griffigkeit durch das Polieren der Oberfläche bzw. Bindemittelaustritt quer zur Fahrbahn variiert)
- Längsnähte mit glatten Bitumenrändern

Beispiele Homogenität Griffigkeit I

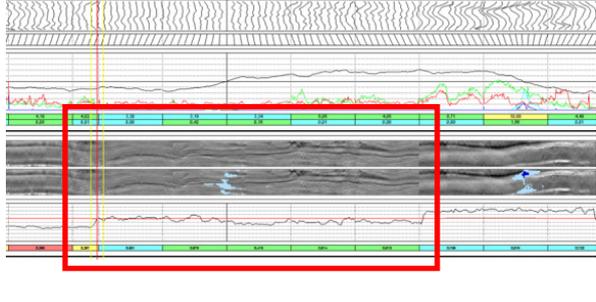
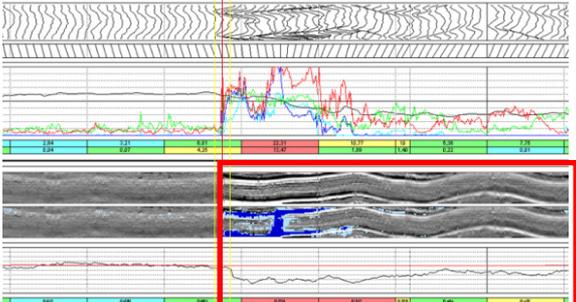
Bauabschnitte mit unterschiedlicher Deckschicht, Bauqualität, bzw. unterschiedlichem Alter	Brückenbauwerke
	
	
<p>Im Beispiel sind typische Stufen im Griffigkeitsniveau erkennbar, wie sie sich bei lokalen Erhaltungsmaßnahmen ergeben können. Innerhalb eines Bauabschnittes ist das Niveau der Griffigkeit in der Regel ähnlich ausgeprägt. Die Länge der Baulose variiert je nach Straßenklasse und Art der Baumaßnahme zwischen wenigen hundert Metern und mehreren Kilometern.</p>	<p>Im Beispiel ist erkennbar, dass die Griffigkeit auf dem Brückenbauwerk sehr viel niedriger ist, als davor. Zudem ist eine erhebliche Spurbildung zu erkennen. Die Länge der Bauwerke variiert zwischen wenigen zehn Metern und mehreren hundert Metern.</p>

Bild 205: Fallbeispiel zur Homogenität der Griffigkeit

Beispiele Homogenität Griffigkeit II

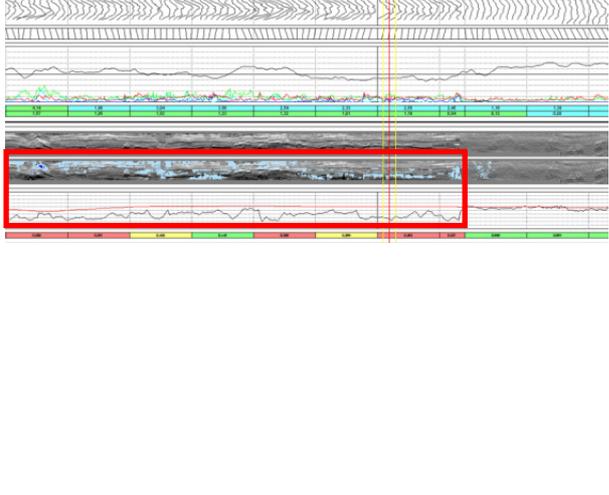
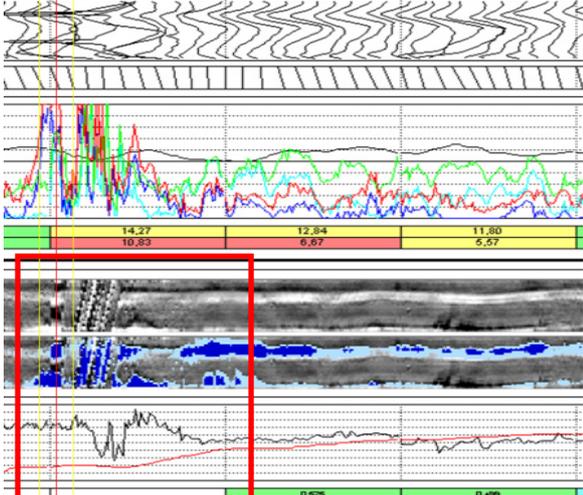
Sanierungsbereiche mit Dünnschicht / Oberflächenbehandlung	Einbauten im Straßenkörper
	
	
<p>Im Beispiel ist erkennbar, dass die Griffigkeit auf dem Brückenbauwerk sehr viel niedriger ist, als davor. Zudem ist eine erhebliche Spurbildung zu erkennen. Die Länge der Bauwerke variiert zwischen wenigen zehn Metern und mehreren hundert Metern.</p>	<p>Im Beispiel ist ein Bahnübergang mit Gummielementen dargestellt. Die Griffigkeit fällt lokal ab. Da die Messgeschwindigkeit unter den Anforderungen liegt, wurde der Messabschnitt als ungültig markiert.</p>

Bild 206: Fallbeispiel zur Homogenität der Griffigkeit

Beispiele Homogenität Griffigkeit III

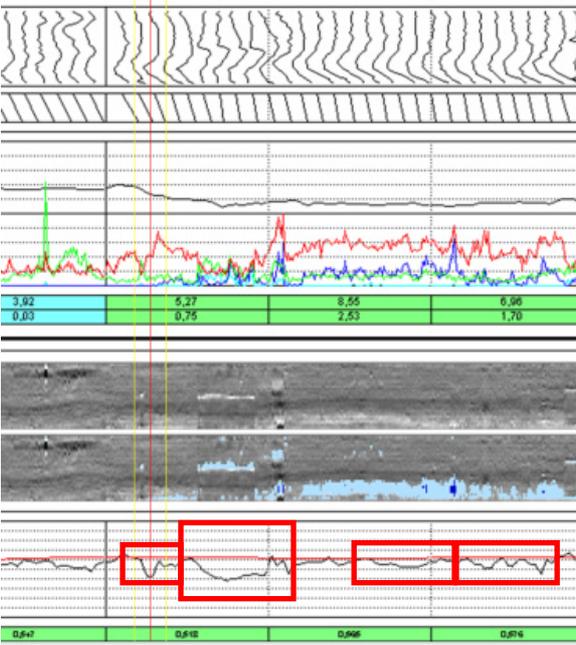
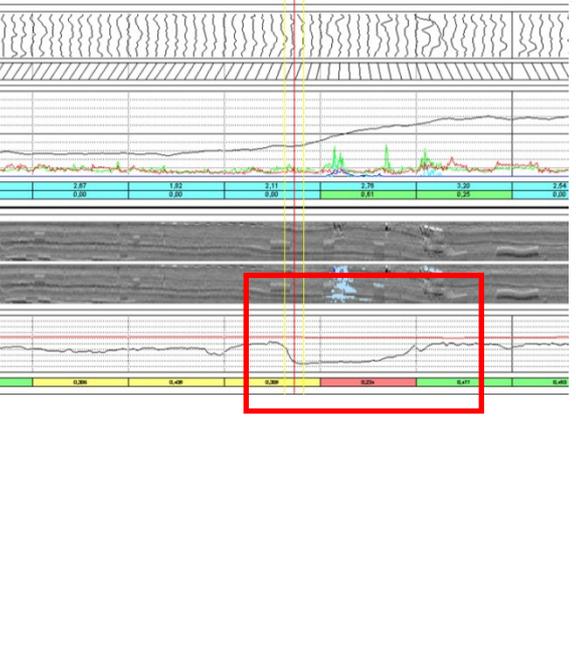
Flickstellen	Längsnähte, Markierungen
	
	
<p>Je nach Qualität der Flickstelle führen die ausgebesserten Bereiche zu einer lokalen Verbesserung oder auch Verschlechterung der Griffigkeit. Die Länge der Flickstellen kann von wenigen Metern bis zu mehreren hundert Metern reichen.</p>	<p>Die im Bereich der Messlinie erkennbare glänzende Spur führt zu einer sehr niedrigen Griffigkeit. Typischerweise sind die Einflüsse von sehr schmalen Störstellen z. B. vergossenen Rissen nur lokal erkennbar. Hier ist eine Länge von ca. 100 Metern betroffen.</p>

Bild 207: Fallbeispiel zur Homogenität der Griffigkeit

Beispiele Homogenität Griffigkeit IV

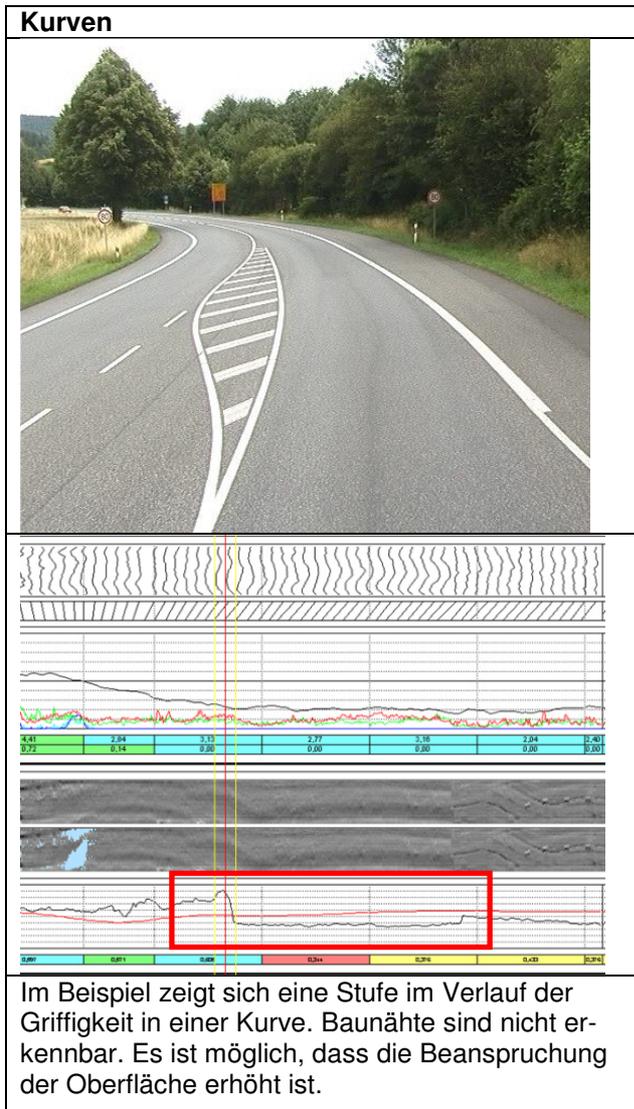


Bild 208: Fallbeispiel zur Homogenität der Griffigkeit

Homogenität Fiktive Wassertiefe

Nachfolgend sind Faktoren benannt, die aus der Erfahrung des Forschungsnehmers den Wert der Zustandsgröße Fiktive Wassertiefe beeinflussen können. Zu den meisten Punkten sind danach Bildbeispiele aufgeführt.

- Baustoff der Deckschicht
- Einbauqualität
- Setzungen
- Querneigung
- Verkehrsbeanspruchung (Überrollungen, Brems- und Beschleunigungsvorgänge, Radieren, Staugeschehen ...)
- Witterung / Klima (Sonneneinstrahlung)
- Liegedauer
- Fahrbahnmarkierungen

Mögliche Einflussfaktoren auf die Homogenität bzw. auf die Länge der als homogen zu betrachtenden Abschnitte:

- Länge der Bauabschnitte
- Art der Erhaltungsmaßnahmen (Flickstellen, Patching, Oberflächenbehandlung)
- Einbauten (Bauwerke, Bahnübergänge, Kreisverkehre, ...)
- Einbauqualität
- lokale Setzungen
- lokale Wechsel in der Verkehrsbeanspruchung (Überrollungen, Brems- und Beschleunigungsvorgänge, Radieren, ...)
- Witterung / Klima (lokale Sonneneinstrahlung / Schattenbereiche)
- Liegedauer
- Messverfahren (Messreifen, Temperaturen, Annäherung des Messrads, dynamische Einflüsse, Position der Messlinie)
- lokale Verschmutzung
- Abdeckung der Rollspuren durch das Messsystem
- Fahrbahnmarkierungen

Beispiele Homogenität Fiktive Wassertiefe I

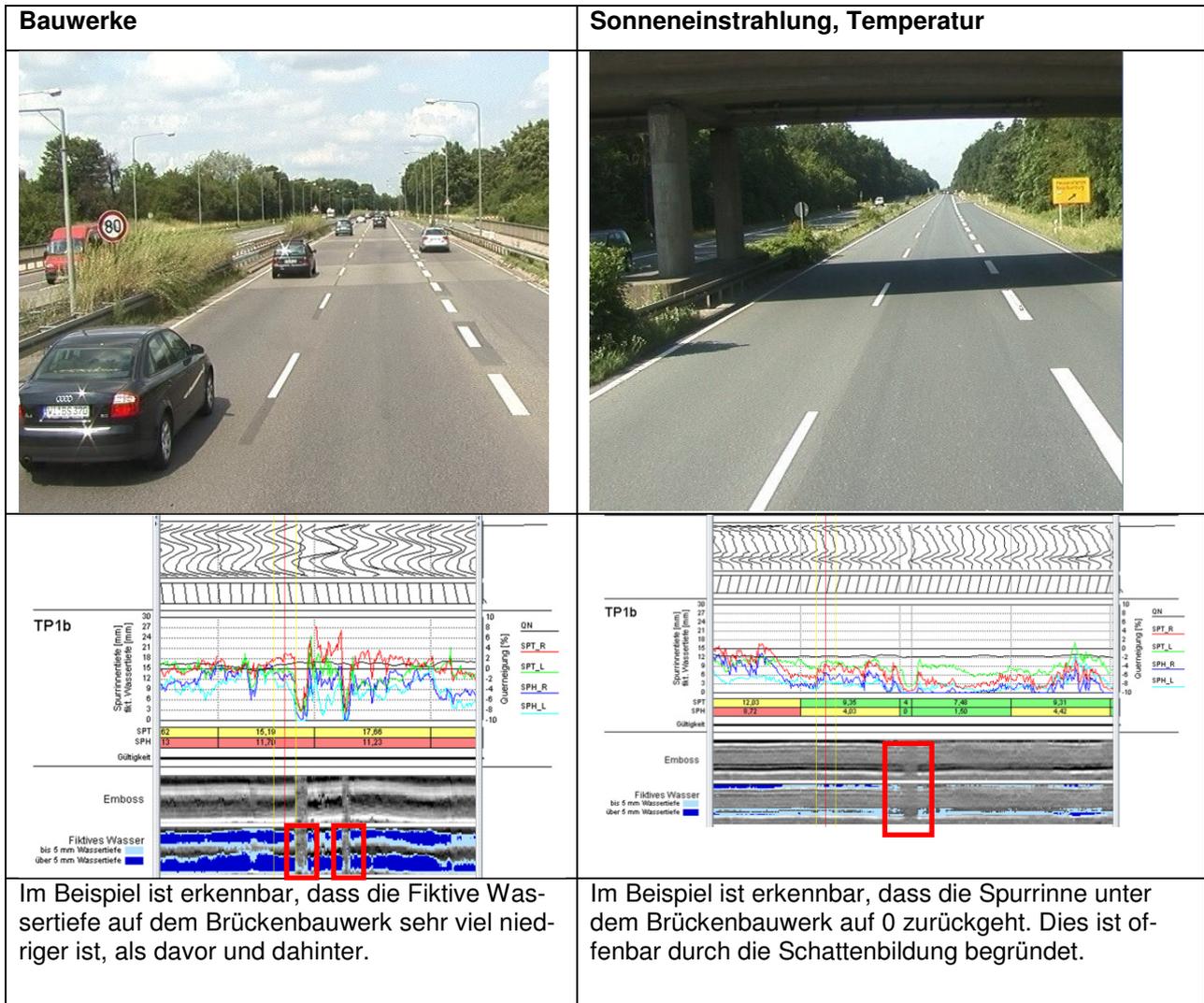


Bild 209: Fallbeispiel zur Homogenität der Fiktiven Wassertiefe

Beispiele Homogenität Fiktive Wassertiefe II

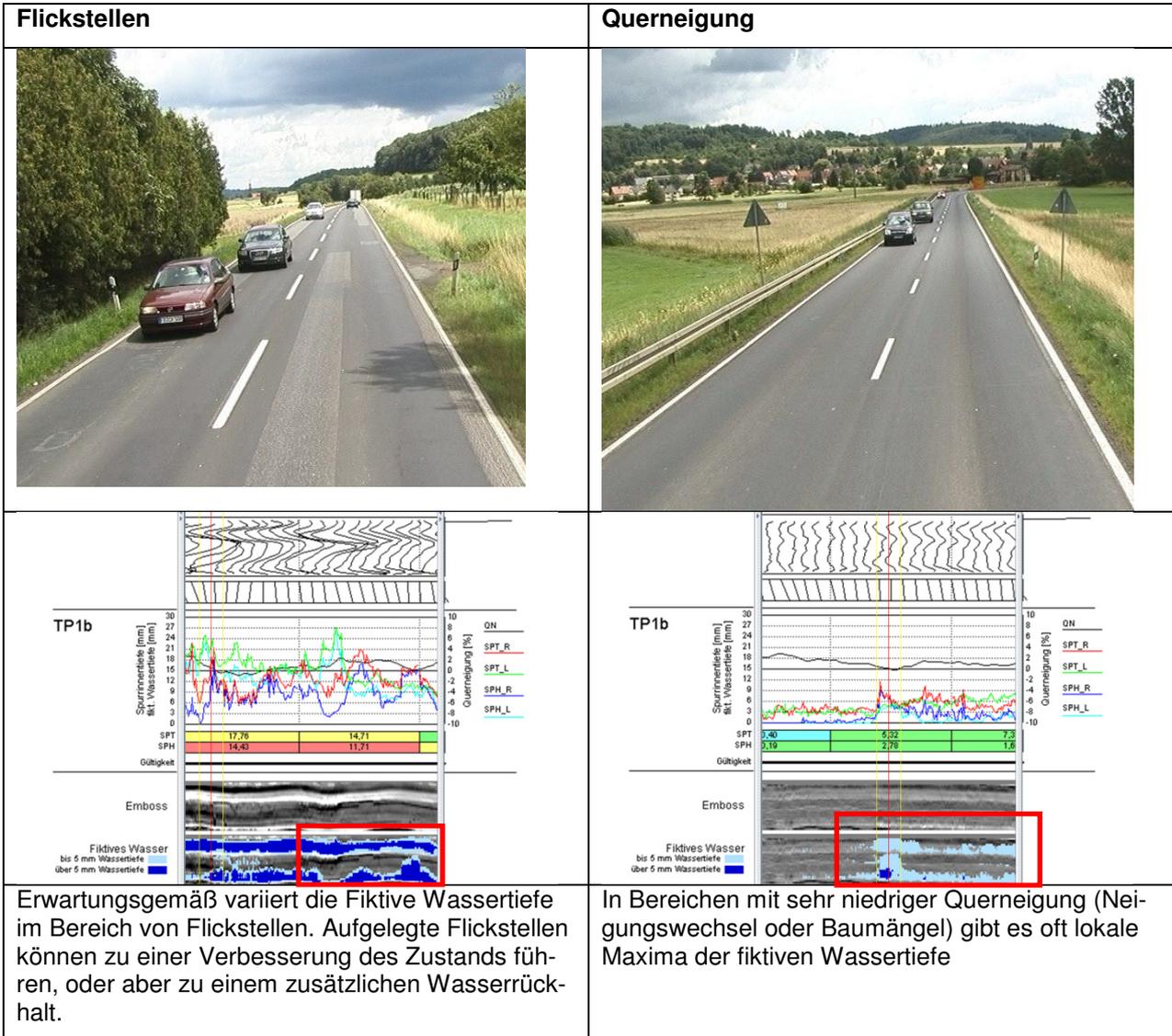
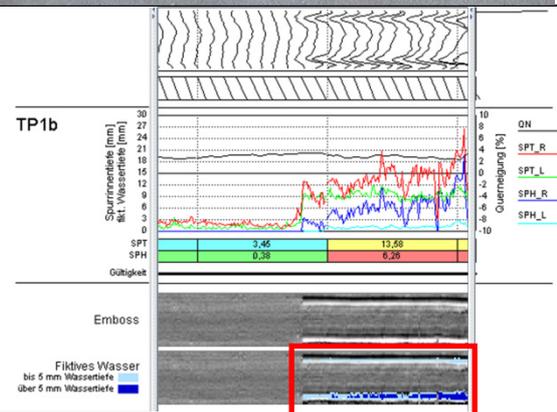
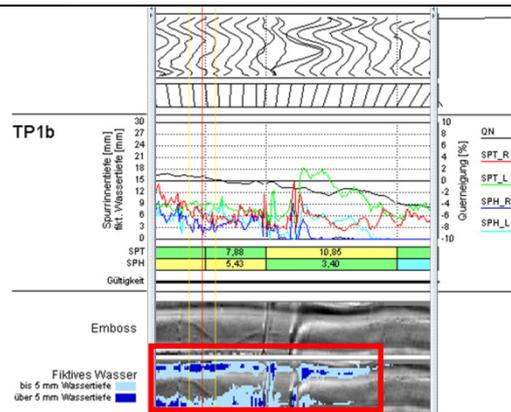


Bild 210: Fallbeispiel zur Homogenität der Fiktiven Wassertiefe

Beispiele Homogenität Fiktive Wassertiefe III

Verkehrsbeanspruchung in Einmündungsbe-
reichen

Bauabschnittswechsel



Im Beispiel ist der Einfluss des Einmündenden Verkehrs erkennbar. Es kreuzen sich die Rollspuren.

Am Wechsel des Bauabschnitts ändert sich der Zustand schlagartig.

Bild 211: Fallbeispiel zur Homogenität der Fiktiven Wassertiefe

Beispiele Homogenität Fiktive Wassertiefe IV

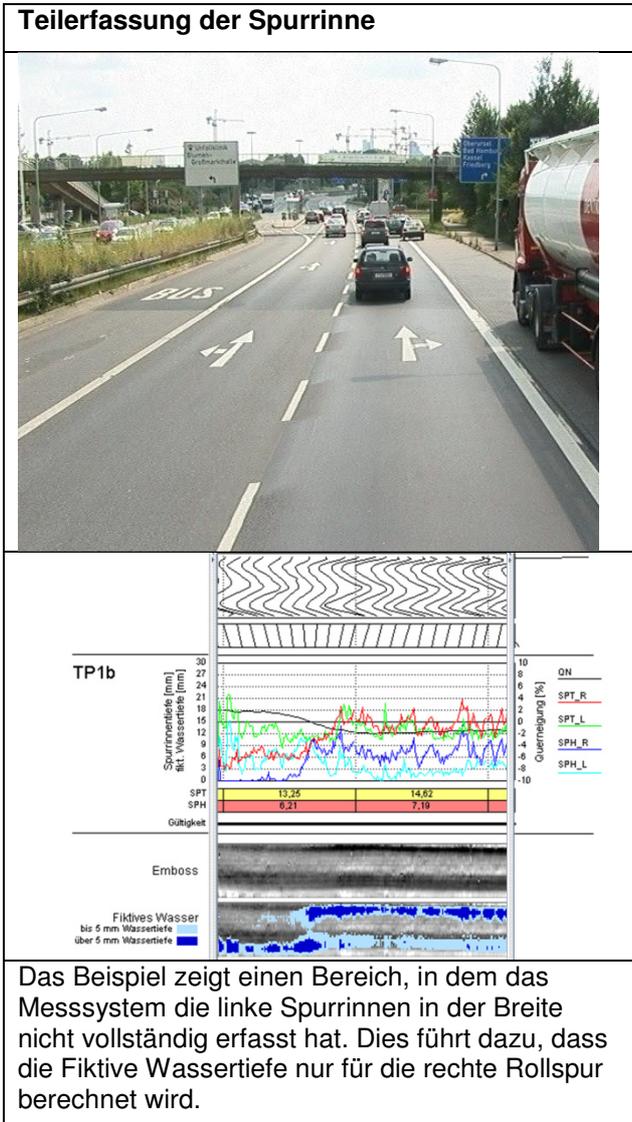


Bild 212: Fallbeispiel zur Homogenität der Fiktiven Wassertiefe

A.6.8 Unfallgeschehen

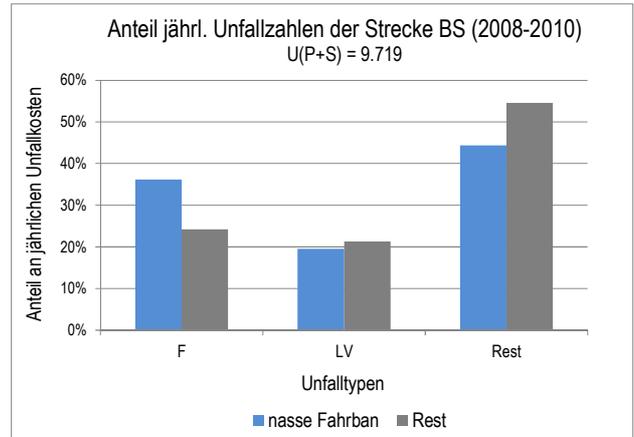
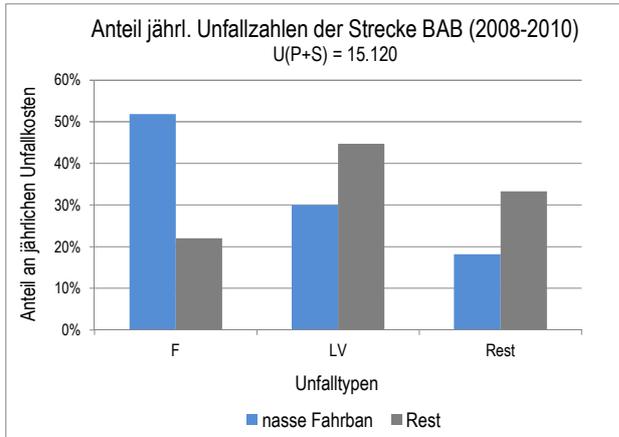


Bild 213: Anteile jährlicher Unfälle der Strecken an den Unfalltypen auf BAB (links) und BS (rechts) im Land A

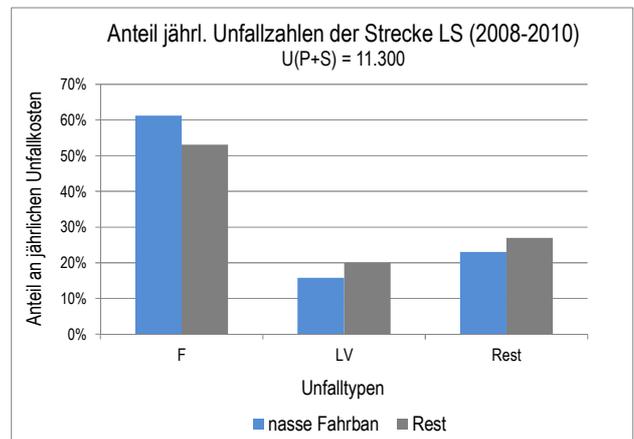
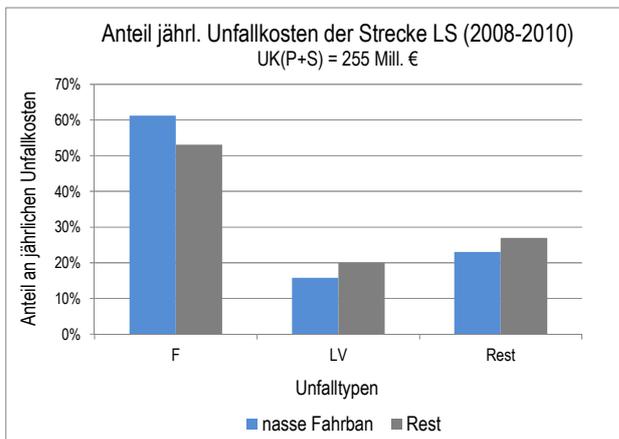


Bild 214: Anteile jährlicher Unfallkosten (links) und Unfälle (rechts) der Strecken an den Unfalltypen auf LS im Land A

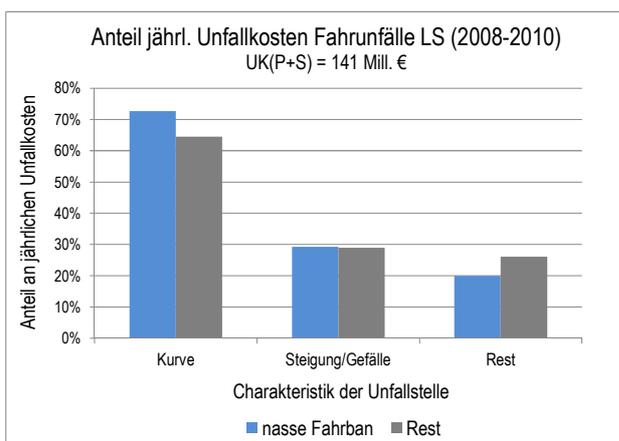


Bild 215: Anteile jährlicher Unfallkosten der Fahrurfälle nach der Charakteristik der Unfallstelle auf LS im Land A

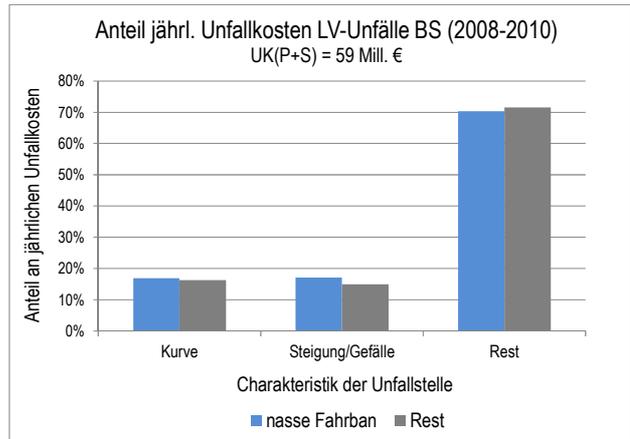
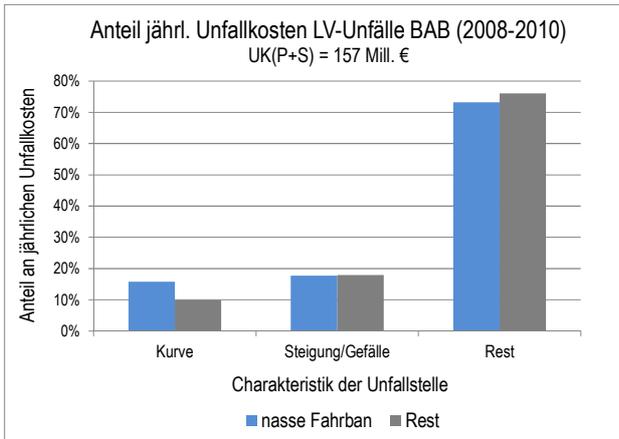


Bild 216: Anteile jährlicher Unfallkosten der Längsverkehrsunfälle nach der Charakteristik der Unfallstelle auf BAB und BS im Land A

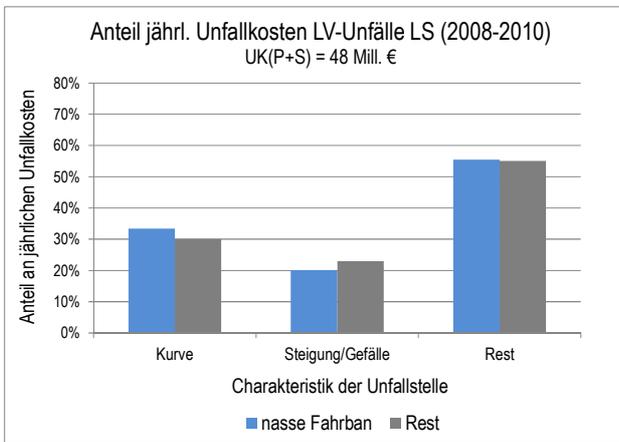


Bild 217: Anteile jährlicher Unfallkosten der Längsverkehrsunfälle nach der Charakteristik der Unfallstelle auf LS im Land A

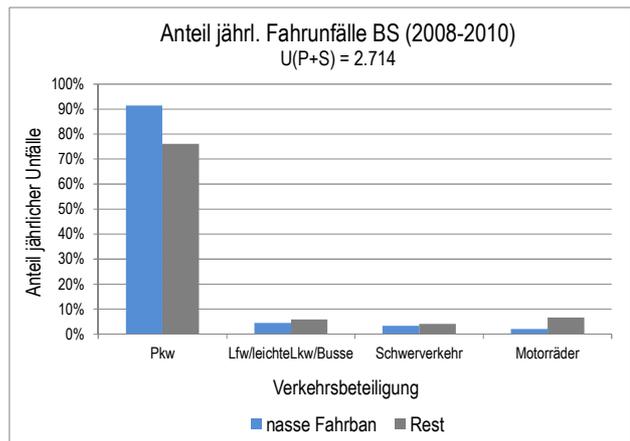
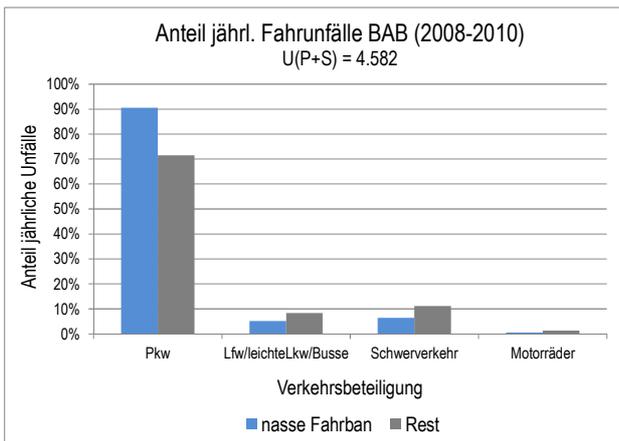


Bild 218: Anteile jährlicher Fahrurfälle nach der Verkehrsbeteiligung auf BAB und BS im Land A

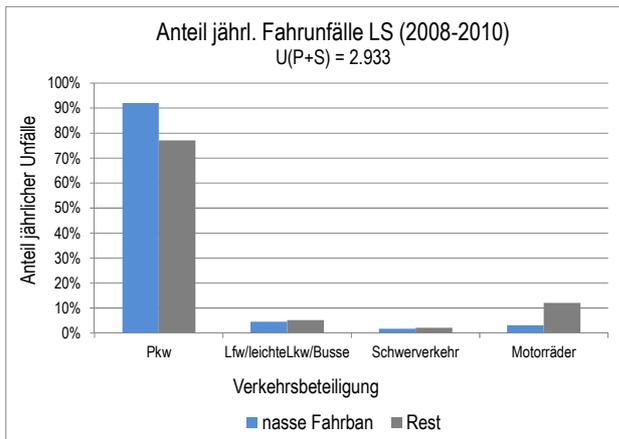


Bild 219: Anteile jährlicher Fahrurfälle nach der Verkehrsbeteiligung auf LS im Land A

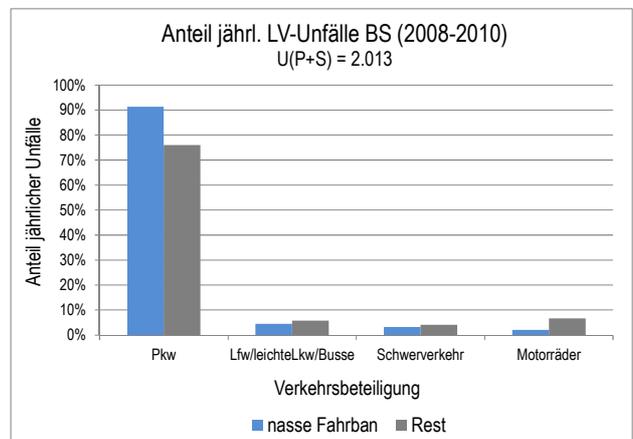
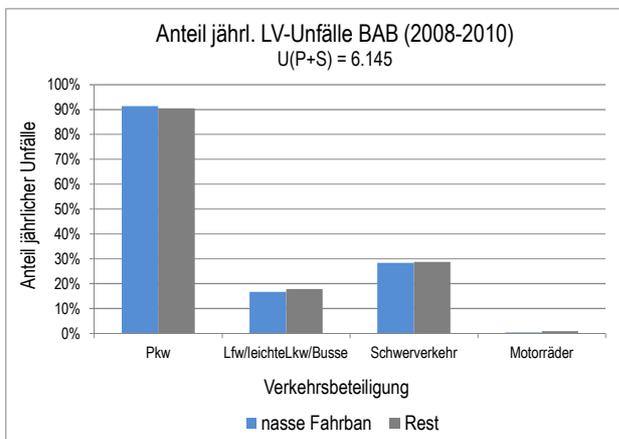


Bild 220: Anteile jährlicher Längsverkehrsunfälle nach der Verkehrsbeteiligung auf BAB und BS im Land A

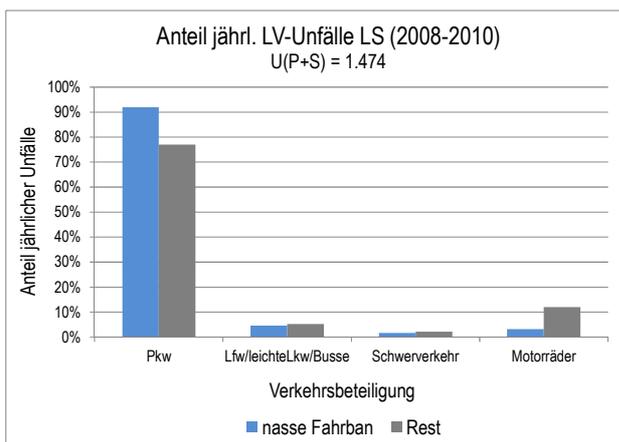


Bild 221: Anteile jährlicher Längsverkehrsunfälle nach der Verkehrsbeteiligung auf LS im Land A

A.7 Pilotanalysen

A.7.1 Methodenvergleich

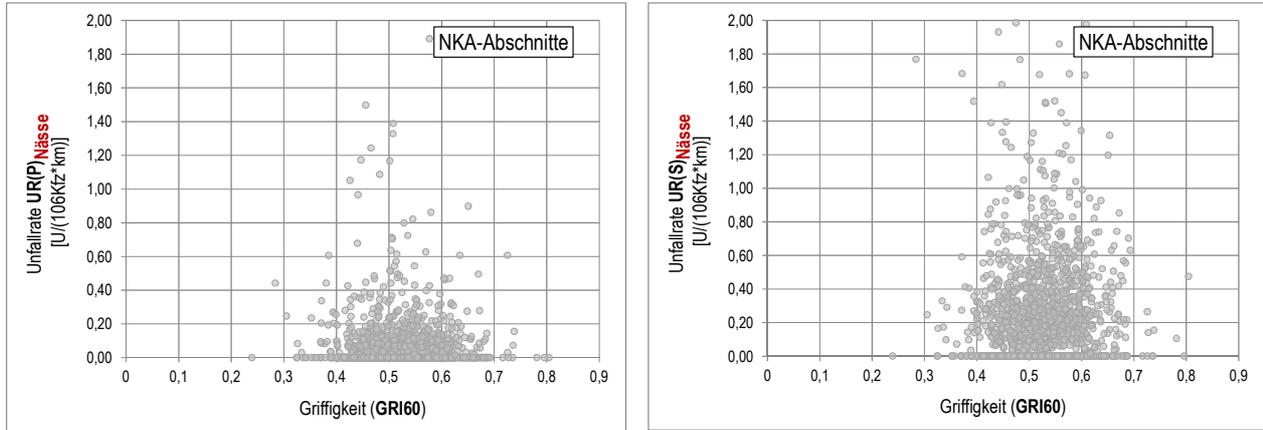


Bild 222: Unfallraten U(P) (links) und U(S) (rechts) für Unfälle bei Nässe in Abhängigkeit der Griffigkeit (Netznotenabschnitte)

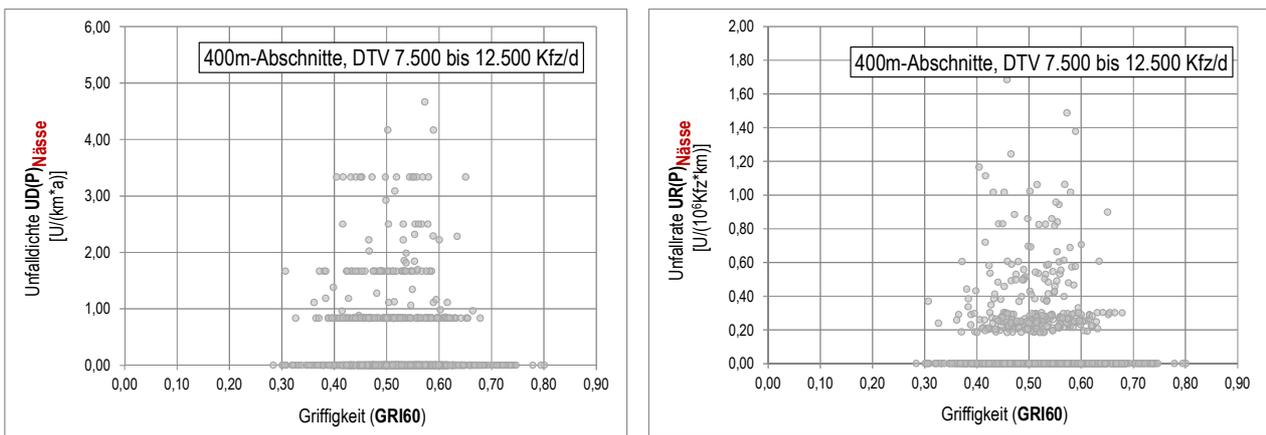


Bild 223: Unfalldichten U(P) (links) und Unfallraten U(P) (rechts) für Unfälle bei Nässe in Abhängigkeit der Griffigkeit für Abschnitte mit einem DTW zwischen 7.500 und 12.500 (400 m-Abschnitte)

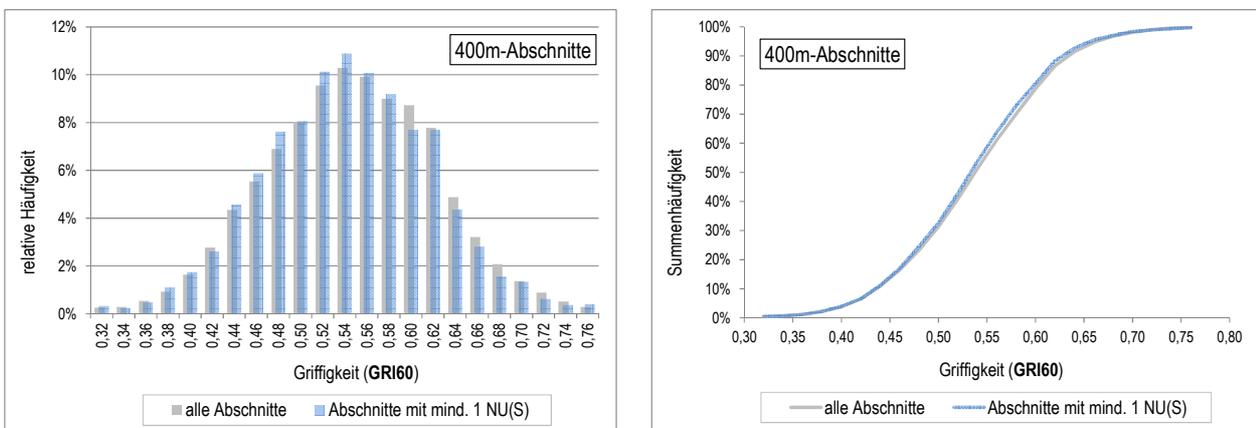


Bild 224: relative und Summenhäufigkeiten für alle Abschnitte vs. Abschnitte mit mind. 1 NU(S)

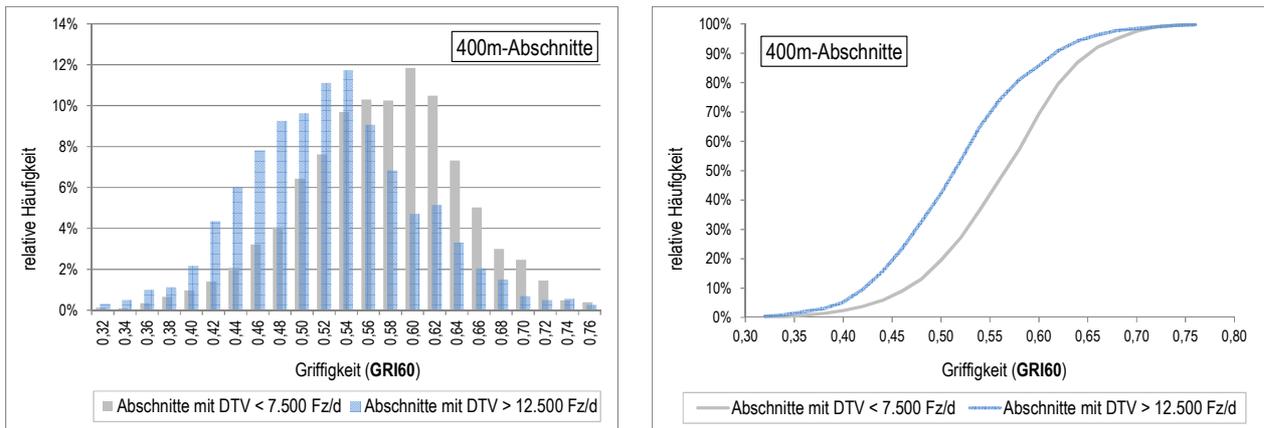


Bild 225: relative und Summenhäufigkeiten für Abschnitte mit weniger als 7.500 Fz/d vs. Abschnitte mit mehr als 12.500 Fz/d

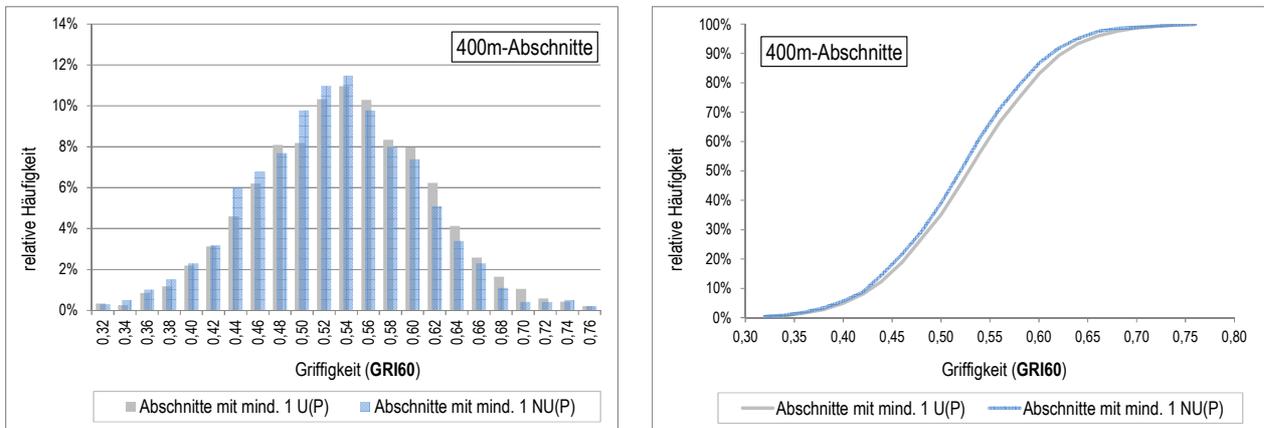


Bild 226: relative und Summenhäufigkeiten für Abschnitte mit mind. 1 U(P) vs. Abschnitte mit mind. 1 NU(P)

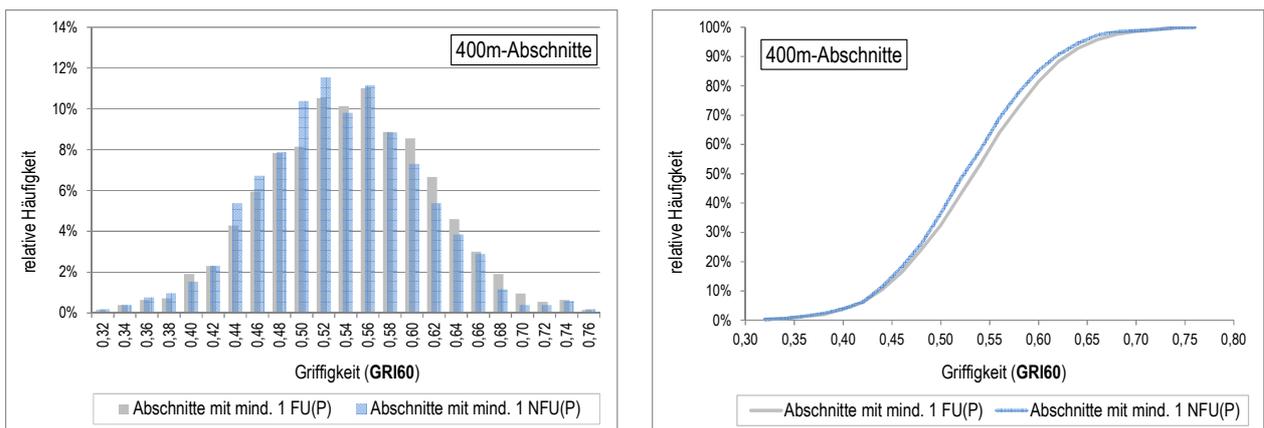


Bild 227: relative und Summenhäufigkeiten für Abschnitte mit mind. 1 FU(P) vs. Abschnitte mit mind. 1 NFU(P) (Fahrunfälle, Typ1)

A.7.2 Netzeinteilung

Bundesautobahnen	200-m-Abschnitte		500-m-Abschnitte		homogene NK-Abschnitte	
	NFU(P)	NFU(S)	NFU(P)	NFU(S)	NFU(P)	NFU(S)
Unfälle	578	2796	581	2811	573	2781
Abschnitte	8.700		3.602		422	
k	-10,584 ***	-8,62 ***	-10,530 ***	-8,223 ***	-14,433 ***	-11,640 ***
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
DTV	0,963 ***	0,85 ***	0,961 ***	0,822 ***	1,273 ***	1,189 ***
Kurvigkeitsäquivalent KU*	0,105 ***	0,11 ***	0,112 ***	0,108 ***	0,112 **	0,115 ***
Längsneigung LNKat2 (>4%)						
Griffigkeit GriMw	-3,227 ***	-1,813 ***	-3,304 ***	-1,997 ***	-1,837 .	-2,137 **
Verteilungsparameter ¹	0,16	0,20	0,26	0,35	0,84	0,85
erklärter Varianzanteil GriMw ²	-16,3%	-0,4%	-12,0%	-3,8%	-9,9%	-0,3%
Delta AIC für GriMw	0,85%	0,26%	0,91%	0,33%	0,12%	0,26%

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05 / . p < 0,10

¹ Anpassung an negative Binomialverteilung

¹ Anpassung an Poissonverteilung

Tab. 29: Ergebnisse der Unfallmodelle für den Vergleich verschiedener Aggregationsstufen der Netzeinteilung auf Autobahnen im Land A

Bundesstraßen	200-m-Abschnitte		400-m-Abschnitte		homogene NK-Abschnitte	
	NFU(P)	NFU(S)	NFU(P)	NFU(S)	NFU(P)	NFU(S)
Unfälle	656	1.465	672	1.526	669	1.533
Abschnitte	9.731		5.435		1.349	
k	-2,605 **	-8,840 ***	-2,504 **	-8,515 ***	-2,908 **	-8,356 ***
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
DTV	0,152 *	0,822 ***	0,141 *	0,823 ***	0,145 .	0,783 ***
Kurvigkeitsäquivalent KU*	0,048 ***	0,056 ***	0,045 ***	0,055 ***	0,041 ***	0,034 ***
Längsneigung LNKat2 (>4%)		0,333 *		0,38 **		0,299 **
Griffigkeit GriMw	-2,730 ***	-1,874 ***	-2,600 ***	-1,800 ***	-1,838 *	-1,562 *
Verteilungsparameter ¹	0,23	0,23	0,33	0,32	0,94	0,72
erklärter Varianzanteil GriMw ²	6,1%	2,9%	7,3%	2,3%	4,7%	1,4%
Delta AIC für GriMw	0,39%	0,18%	0,35%	0,16%	-0,26%	0,08%

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05 / . p < 0,10

¹ Anpassung an negative Binomialverteilung

¹ Anpassung an Poissonverteilung

Tab. 30: Ergebnisse der Unfallmodelle für den Vergleich verschiedener Aggregationsstufen der Netzeinteilung auf Bundesstraßen im Land A

Landesstraßen	200-m-Abschnitte		400-m-Abschnitte		homogene NK-Abschnitte	
	NFU(P)	NFU(S)	NFU(P)	NFU(S)	NFU(P)	NFU(S)
Unfälle	841	1.330	864	1.389	638	1.024
Abschnitte	19.225		10.570		1.489	
k	-3,593 ***	-5,874 ***	-3,527 ***	-5,433 ***	-2,888 **	-5,167 ***
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
DTV	0,353 ***	0,594 ***	0,337 ***	0,578 ***	0,222 **	0,514 ***
Kurvigkeitsäquivalent KU*	0,030 ***	0,04 ***	0,025 ***	0,032 ***	0,022 ***	0,032 ***
Längsneigung LNKat2 (>4%)		0,24 ***		0,31 ***		0,548 ***
Griffigkeit GriMw	-3,845 ***	-3,27 ***	-3,551 ***	-3,278 ***	-2,901 ***	-4,072 ***
Verteilungsparameter¹	0,21	0,27	0,27	0,36	0,90	0,91
erklärter Varianzanteil GriMw²	7,7%	8,3%	8,7%	8,0%	9,1%	8,2%
Delta AIC für GriMw	1,07%	0,82%	0,92%	0,85%	0,64%	1,30%

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05 / . p < 0,10

¹ Anpassung an negative Binomialverteilung

² Anpassung an Poissonverteilung

Tab. 31: Ergebnisse der Unfallmodelle für den Vergleich verschiedener Aggregationsstufen der Netzeinteilung auf Landesstraßen im Land A

A.8 Unfallmodelle

A.8.1 Bundesautobahnen

500m-Abschnitte	U(SP)	U(P)	U(S)	NU(SP)	NU(P)	NU(S)	TrU(SP)	TrU(P)	TrU(S)	NFU(P)	NFU(S)	
Unfälle	848	3973	23884	262	1226	6210	586	2747	17674	581	2811	
k	-10,24 ***	-12,86 ***	-8,13 ***	-10,11 ***	-12,42 ***	-8,96 ***	-10,15 ***	-14,35 ***	-9,13 ***	-11,36 ***	-8,49 ***	
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	
DTV	0,80 ***	1,24 ***	0,92 ***	0,86 ***	1,18 ***	0,89 ***	0,75 ***	1,29 ***	0,96 ***	1,02 ***	0,78 ***	
Anzahl Fahrstreifen	n=3	-0,15 **	-0,11 **			-0,11 *		-0,21 ***	-0,13 ***			
	n>3											
max. Längs- neigung	>4%	0,50 ***	0,30 ***	0,29 ***	0,46 **	0,32 **	0,15 *	0,53 ***	0,28 ***	0,36 ***		
Kurvigkeits- äquivalent	KU*			0,04 ***	0,08 **	0,08 ***	0,08 ***	-0,08 **	-0,04 **	0,033 ***	0,11 ***	0,11 ***
entwässerungs-schwache Zone			0,16 **	0,09 **		0,26 **	0,15 **		0,12 *	0,08 *		0,23 **
Querneigungswechsel				0,07 *			0,16 **				0,47 ***	0,31 ***
Gri80Mw		-1,16 ***	-0,60	-3,50 ***	-3,40 ***	-1,41 ***				-3,21 ***	-1,81 ***	
AUNMw			0,12 **	0,21 ***		0,25 ***	0,25 ***		0,19 ***		0,36 ***	
MSPTMw			0,050 ***	0,032 ***			0,034 *	0,073 **	0,087 ***	0,039 ***		
MSPHMw		0,12 **										
FLI												

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05

500m-Abschnitte	TrFU(P)	TrFU(S)	NLVU(P)	NLVU(S)	TrLVU(P)	TrLVU(S)	NWH U(P)	NWH U(S)	TrWH U(P)	TrWH U(S)
Unfälle	666	3365	546	2020	1785	7761	567	1379	1023	8264
k	-7,42 ***	-6,42 ***	-17,33 ***	-17,40 ***	-19,44 ***	-16,38 ***	-15,48 ***	-9,87 ***	-17,18 ***	-10,78 ***
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
DTV	0,47 ***	0,58 ***	1,61 ***	1,66 ***	1,76 ***	1,59 ***	1,39 ***	0,93 ***	1,47 ***	1,08 ***
Anzahl Fahrstreifen	n=3			-0,27 ***	-0,28 ***	-0,26 ***		-0,18 **	-0,25 **	-0,14 ***
	n>3									
max. Längs- neigung	>4%	0,36 **	0,32 ***	0,31 *	0,54 ***	0,28 **	0,63 ***		0,19 *	0,28 ***
Kurvigkeits- äquivalent	KU*	0,09 ***	0,11 ***		0,04 **	-0,11 ***		0,09 ***	0,08 ***	0,031 ***
entwässerungs-schwache Zone		0,28 **	0,18 **	0,32 **	0,18 *		0,09 *	0,39 ***	0,22 ***	
Querneigungswechsel					-0,23 **	0,10 *				
Gri80Mw		-1,01 ***	-4,00 ***	-2,09 ***		-0,51 *	-3,49 ***	-1,41 ***		-0,48 *
AUNMw			0,17 ***	0,35 ***	0,27 ***		0,26 ***	0,34 ***	0,25 ***	0,17 ***
MSPTMw						0,05 ***		0,04 *	0,09 ***	0,03 *
MSPHMw		0,13 **								
FLI										

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05

Tab. 32: Ergebnisse Unfallmodelle für Bundesautobahnen in Land A

500m-Abschnitte	U(SP)	U(P)	U(S)	NU(SP)	NU(P)	NU(S)	TrU(SP)	TrU(P)	TrU(S)	NFU(P)	NFU(S)
n	422	1321	11688	108	334	3103	314	987	8585	159	1431
k	-13,99 ***	-13,26 ***	-8,95 ***	-16,56 ***	-12,27 ***	-9,96 ***	-13,87 ***	-14,39 ***	-9,03 ***	-11,19 ***	-10,03 ***
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
DTV	1,22 ***	1,26 ***	1,03 ***	1,34 ***	1,02 ***	1,00 ***	1,18 ***	1,34 ***	1,02 ***	0,84 *	0,93 ***
Anzahl Fahrstreifen	n=3										
	n>3										
max. Längs- neigung	>4%		0,18 ***			0,20 *			0,17 ***		
Kurvigkeits- äquivalent	KU*		-0,01 *			-0,01 *					
entwässerungs-schwache Zone											
Querneigungswechsel			0,07 *			0,27 ***					0,46 ***
Gri80Mw											
AUNMw			0,22 ***			0,22 *			0,28 ***		
MSPTMw									-0,048 **		
MSPHMw											
FLI											

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05

500m-Abschnitte	TrFU(P)	TrFU(S)	NLVU(P)	NLVU(S)	TrLVU(P)	TrLVU(S)	NWH U(P)	NWH U(S)	TrWH U(P)	TrWH U(S)
n	292	2420	145	924	539	3154	180	1875	436	4375
k	-10,92 ***	-7,57 ***	-15,24 ***	-17,18 ***	-20,19 ***	-15,83 ***	-13,03 ***	-10,69 ***	-14,22 ***	-10,00 ***
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
DTV	0,87 ***	0,78 ***	1,24 ***	1,58 ***	1,77 ***	1,60 ***	1,04 ***	1,02 ***	1,25 ***	1,04 ***
Anzahl Fahrstreifen	n=3									
	n>3									
max. Längs- neigung	>4%			0,45 ***		0,40 ***				0,17 **
Kurvigkeits- äquivalent	KU*			-0,02 *						
entwässerungs-schwache Zone										
Querneigungswechsel										
Gri80Mw					1,62 *					
AUNMw				0,27 *						0,16 *
MSPTMw		-0,08 ***		0,07 *				0,06 **		
MSPHMw										
FLI										

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05

Tab. 33: Ergebnisse Unfallmodelle für Bundesautobahnen in Land B

500m-Abschnitte	U(SP)	U(P)	U(S)	NU(SP)	NU(P)	NU(S)	TrU(SP)	TrU(P)	TrU(S)	NFU(P)	NFU(S)
Unfälle	1623	8038	10265	428	2218	3144	1195	5820	7121	968	1809
k	-7,09 ***	-8,77 ***	-6,89 ***	-7,61 ***	-8,00 ***	-7,18 ***	-7,71 ***	-10,05 ***	-7,29 ***	-4,42 ***	-4,83 ***
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
DTV	0,51 ***	0,90 ***	0,70 ***	0,42 ***	0,67 ***	0,61 ***	0,54 ***	1,00 ***	0,74 ***	0,21 *	0,30 ***
Anzahl Fahrstreifen	n=3										
	n>3										
max. Längsneigung	>4%		0,17 **			0,17 *			0,17 **		0,25 *
Kurvigkeitsäquivalent	KU*					-0,04 *					
entwässerungsschwache Zone											
Querneigungswechsel	0,12 *	0,10 **	0,27 ***	0,55 ***	0,42 ***	0,74 ***				0,84 ***	1,12 ***
Gri80Mw		-0,40 *						-0,44 *	-0,56 *		
AUNMw			0,05 *						0,06 *		
MSPTMw											
MSPHMw											
FLI											

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05

500m-Abschnitte	TrFU(P)	TrFU(S)	NLVU(P)	NLVU(S)	TrLVU(P)	TrLVU(S)	NWH U(P)	NWH U(S)	TrWH U(P)	TrWH U(S)
Unfälle	1492	2222	1024	740	3445	2529	1182	1666	2582	3876
k	-4,81 ***	-3,37 ***	-14,18 ***	-12,09 ***	-15,20 ***	-12,36 ***	-9,77 ***	-8,50 ***	-11,15 ***	-7,19 ***
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
DTV	0,32 ***	0,21 ***	1,21 ***	0,96 ***	1,42 ***	1,10 ***	0,79 ***	0,68 ***	1,00 ***	0,65 ***
Anzahl Fahrstreifen	n=3									
	n>3									
max. Längsneigung	>4%	0,21 *				0,25 **				0,25 ***
Kurvigkeitsäquivalent	KU*									
entwässerungsschwache Zone										
Querneigungswechsel		0,16 **		0,20 *				0,50 ***		
Gri80Mw										
AUNMw						0,11 **				
MSPTMw										
MSPHMw										
FLI										

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05

Tab. 34: Ergebnisse Unfallmodelle für Bundesautobahnen in Land C

A.8.2 Bundesstraßen

400m-Abschnitte	U(SP)	U(P)	U(S)	NU(SP)	NU(P)	NU(S)	TrU(SP)	TrU(P)	TrU(S)	NFU(P)	NFU(S)	TrFU(P)	TrFU(S)	NLVU(P)
Unfälle	1233	4243	17748	378	1376	5452	855	2867	12296	672	1526	1067	2304	411
k	-2,91 ***	-4,54 ***	-3,41 ***	-1,02 *	-5,27 ***	-4,19 ***	-3,91 ***	-5,74 ***	-3,67 ***	-2,76 **	-8,12 ***	-5,05 ***	-8,27 ***	-11,25 ***
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
DTV	0,24 ***	0,53 ***	0,50 ***		0,54 ***	0,51 ***	0,28 ***	0,60 ***	0,49 ***	0,17 *	0,83 ***	0,34 ***	0,77 ***	1,13 ***
Anzahl Fahrstreifen	n=3			0,50 **										
	n>3	0,15 *												
max. Längsneigung	>4%		0,23 ***			0,32 ***			0,21 ***		0,37 **		0,29 ***	0,42 *
Kurvigkeits-äquivalent	KU*	0,02 ***	0,02 ***	0,005 **	0,02 ***	0,03 ***	0,01 ***	0,02 ***	0,02 ***	0,04 ***	0,05 ***	0,04 ***	0,03 ***	
entwässerungsschwache Zone														
Querneigungswechsel										0,36 ***				
Gri60Mw	-1,60 ***	-1,70 ***		-3,27 ***	-2,83 ***	-0,99 ***	-1,01 *	-1,04 ***		-2,88 ***	-2,22 ***			-4,10 ***
AUNMw		0,04 **			0,06 ***				-0,02 *			-0,07 **		0,10 ***
MSPTMw			-0,013 *	-0,05 *		-0,026 ***	-0,036 *		-0,011 *		-0,05 **			
MSPHMw										-0,11 *			-0,06 *	
FLI		-0,006 ***	-0,002 *					-0,008 ***						

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05

400m-Abschnitte	NLVU(S)	TrLVU(P)	TrLVU(S)	Nrest U(P)	Nrest U(S)	TrRest U(P)	TrRest U(S)	NWH U(P)	NWH U(S)	TrWH U(P)	TrWH U(S)	NMoU(P)	NMoU(S)	TrMoU(P)	TrMoU(S)
Unfälle	918	995	2164	293	3008	805	7828	856	3665	1839	5720	47	16	345	70
k	-13,84 ***	-10,50 ***	-12,52 ***	-6,65 ***	-1,69 ***	-4,46 ***	-1,20 ***	-6,30 ***	-4,34 ***	-5,04 ***	-4,96 ***	-5,67 ***		-3,13 ***	-4,81 ***
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)		(1)	(1)
DTV	1,34 ***	1,04 ***	1,27 ***	0,56 ***	0,14 ***	0,41 ***	0,18 ***	0,60 ***	0,47 ***	0,50 ***	0,54 ***				
Anzahl Fahrstreifen	n=3			0,64 **											
	n>3														
max. Längsneigung	>4%				0,34 ***		0,24 ***		0,34 ***		0,31 ***				
Kurvigkeits-äquivalent	KU*	0,01 *					-0,007 **	0,02 ***	0,009 ***	0,02 ***		0,07 ***		0,05 ***	0,038 ***
entwässerungsschwache Zone															
Querneigungswechsel					-0,10 *										
Gri60Mw	-1,75 ***	-1,96 ***	-0,90 *	-2,79 **		-2,23 ***		-2,75 ***	-0,76 **	-1,52 ***					
AUNMw	0,09 ***	0,06 **	0,11 ***		-0,04 **		-0,08 ***	0,07 ***			-0,02 *				
MSPTMw					-0,02 **									-0,07 **	
MSPHMw	0,09 **								-0,03 **						
FLI		-0,01 **	-0,01 ***			-0,01 ***				-0,01 *					

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05

Tab. 35: Ergebnisse Unfallmodelle für Bundesstraßen in Land A

400m-Abschnitte	U(SP)	U(P)	U(S)	NU(SP)	NU(P)	NU(S)	TrU(SP)	TrU(P)	TrU(S)	NFU(P)	NFU(S)	TrFU(P)	TrFU(S)	NLVU(P)
Unfälle	833	2192	13926	204	581	3643	629	1611	10283	299	885	742	1844	161
k	-4,00 ***	-4,26 ***	-1,38 ***	-3,05 *	-4,89 ***	-2,91 ***	-5,94 ***	-4,66 ***	-1,57 ***	-3,40 *	-3,65 ***	-4,09 ***	-5,69 ***	-12,06 ***
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
DTV	0,41 ***	0,57 ***	0,41 ***	0,32 *	0,61 ***	0,45 ***	0,45 ***	0,53 ***	0,38 ***	0,34 *	0,49 ***	0,25 ***	0,53 ***	1,27 ***
Anzahl Fahrstreifen	n=3	-0,74 **	-0,57 ***	-0,17 *			-0,23 *	-0,64 *	-0,60 **					
	n>3	-0,53 **	-0,35 **			-0,46 *		-0,52 *	-0,30 *		0,59 **			-0,78 *
max. Längs- neigung >4%						0,15 **					0,29 **		0,22 ***	
Kurvigkeits- äquivalent KU*	0,02 ***	0,02 ***	0,005 ***	0,02 **	0,02 ***	0,01 ***	0,02 ***	0,02 ***		0,04 ***	0,06 ***	0,03 ***	0,03 ***	0,02 **
entwässerungs- schwache Zone														
Querneigungs- wechsel			-0,08 **			-0,11 *								
Gri60Mw	-2,02 ***	-2,37 ***	-1,50 ***	-4,80 ***	-4,43 ***	-2,02 ***		-1,68 ***	-1,31 ***	-4,20 ***	-5,06 ***			-4,34 ***
AUNMw														
MSPTMw													-0,43 **	
MSPHMw	-0,09 *													
FLI														

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05

400m-Abschnitte	NLVU(S)	TrLVU(P)	TrLVU(S)	Nrest U(P)	Nrest U(S)	TrRest U(P)	TrRest U(S)	NWH U(P)	NWH U(S)	TrWH U(P)	TrWH U(S)	NMoUP	NMoUS	TrMoUP	TrMoUS
Unfälle	659	431	2056	121	2099	438	6383	363	2403	761	5408	15	12	180	70
k	-9,50 ***	-12,29 ***	-7,58 ***	-0,12 n.s.	-2,36 ***	-3,90 ***	-0,02 n.s.	-4,80 ***	-3,05 ***	-4,46 ***	-2,05 ***			-3,67 ***	-4,36 ***
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
DTV	1,02 ***	1,15 ***	0,94 ***		0,27 ***	0,48 ***	0,17 ***	0,60 ***	0,41 ***	0,45 ***	0,36 ***				
Anzahl Fahrstreifen	n=3		-0,44 **												
	n>3		-0,55 **		-0,49 ***	-0,61 *	-0,30 ***				0,16 *				
max. Längs- neigung >4%	0,28 **	0,24 *							0,15 **						
Kurvigkeits- äquivalent KU*		-0,01 *			-0,01 **		-0,02 ***	0,02 ***	0,01 ***	0,01 **	0,005 **			0,050 ***	0,034 ***
entwässerungs- schwache Zone															
Querneigungs- wechsel							-0,08 *								
Gri60Mw	-2,42 ***		-2,41 ***	-5,59 ***	-0,79 *	-4,13 ***	-1,23 ***	-5,09 ***	-2,00 ***	-2,14 ***	-1,36 ***				
AUNMw	0,02 *		0,02 ***												
MSPTMw															
MSPHMw			0,06 *												
FLI															

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05

Tab. 36: Ergebnisse Unfallmodelle für Bundesstraßen in Land B

A.8.3 Landestraßen

400m-Abschnitte	U(SP)	U(P)	U(S)	NU(SP)	NU(P)	NU(S)	TrU(SP)	TrU(P)	TrU(S)	NFU(P)	NFU(S)	TrFU(P)	TrFU(S)	NLVU(P)
Unfälle	1301	4261	19184	345	1388	5846	956	2873	13338	864	1389	1475	2112	234
k	-5,52 ***	-5,37 ***	-2,58 ***	-4,30 ***	-5,48 ***	-3,59 ***	-7,42 ***	-6,29 ***	-2,78 ***	-3,72 ***	-5,44 ***	-5,68 ***	-4,54 ***	-10,06 ***
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
DTV	0,52 ***	0,69 ***	0,45 ***	0,40 ***	0,67 ***	0,46 ***	0,59 ***	0,68 ***	0,42 ***	0,41 ***	0,61 ***	0,44 ***	0,47 ***	1,04 ***
Anzahl Fahrstreifen	n=3													
	n>3													
max. Längsneigung	>4%													
Kurvigkeits-äquivalent	KU*	0,02 ***	0,02 ***		0,01 ***	0,01 ***	0,00 **	0,02 ***	0,01 ***	-0,004 ***	0,02 ***	0,03 ***	0,02 ***	0,02 ***
entwässerungsschwache Zone				-0,08 ***		-0,26 ***	-0,17 ***			-0,07 **	-0,37 ***	-0,28 ***		
Querneigungswechsel						0,30 ***				0,59 ***	0,59 ***	0,23 **		
Gri60Mw	-1,47 ***	-2,01 ***	-0,49 ***	-3,70 ***	-3,63 ***	-0,89 ***		-1,16 ***	-0,36 **	-4,09 ***	-3,61 ***	-0,67 *	-1,83 ***	-4,16 ***
AUNMw														
MSPTMw	-0,032 *	-0,025 **	-0,021 ***	-0,06 *	-0,03 *	-0,023 ***			-0,020 ***	-0,06 **	-0,05 **		-0,03 **	
MSPHMw														0,12 **
FLI								-0,002 *						

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05

400m-Abschnitte	NLVU(S)	TrLVU(P)	TrLVU(S)	Nrest U(P)	Nrest U(S)	TrRest U(P)	TrRest U(S)	NWH U(P)	NWH U(S)	TrWH U(P)	TrWH U(S)	NMoU(P)	NMoU(S)	TrMoU(P)	TrMoU(S)	
Unfälle	661	625	1405	290	3796	773	9821	827	4009	1171	6410	75	17	567	126	
k	-7,30 ***	-10,09 ***	-7,11 ***	-12,77 ***	-3,07 ***	-7,48 ***	-2,56 ***	-6,34 ***	-3,71 ***	-7,17 ***	-3,19 ***	-3,81 ***		-7,28 ***	-8,46 ***	
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)		(1)	(1)	
DTV	0,69 ***	1,57 ***	0,70 ***	1,14 ***	0,30 ***	0,79 ***	0,35 ***	0,71 ***	0,44 ***	0,71 ***	0,40 ***			0,45 ***	0,41 ***	
Anzahl Fahrstreifen	n=3					1,04 **										
	n>3															
max. Längsneigung	>4%			0,22 **		-0,26 **										
Kurvigkeits-äquivalent	KU*	0,01 **		0,01 **		-0,01 ***		-0,016 ***	0,01 ***		0,01 ***	-0,003 *	0,03 ***		0,04 ***	0,037 ***
entwässerungsschwache Zone				0,18 **		-0,16 ***		-0,10 ***	-0,24 **	-0,18 ***		-0,07 *				
Querneigungswechsel						-0,25 **		0,23 *								
Gri60Mw	-2,05 ***	-1,57 **	-1,54 ***			-1,87 ***		-3,27 ***	-0,86 ***	-1,55 ***	-0,61 ***	-3,11 *				
AUNMw	0,004 **				-0,01 **						-0,01 *			-0,01 *		
MSPTMw		-0,04 *					-0,02 ***	-0,04 *	-0,03 ***		-0,01 *					
MSPHMw	0,09 **		0,09 ***			-0,11 *										
FLI				-0,01 *	-0,002 *	-0,01 **										

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05

Tab. 37: Ergebnisse Unfallmodelle für Bundesstraßen in Land A

400m-Abschnitte	U(SP)	U(P)	U(S)	NU(SP)	NU(P)	NU(S)	TrU(SP)	TrU(P)	TrU(S)	NFU(P)	NFU(S)	TrFU(P)	TrFU(S)	NLVU(P)
Unfälle	1108	2687	17369	306	828	5011	802	1859	12358	531	1329	969	2351	131
k	-7,16 ***	-5,12 ***	-2,40 ***	-7,58 ***	-5,49 ***	-3,67 ***	-6,68 ***	-6,61 ***	-2,73 ***	-4,44 ***	-4,84 ***	-5,76 ***	-6,76 ***	-12,09 ***
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
DTV	0,65 ***	0,65 ***	0,51 ***	0,78 ***	0,70 ***	0,55 ***	0,56 ***	0,65 ***	0,48 ***	0,58 ***	0,69 ***	0,45 ***	0,66 ***	1,00 ***
Anzahl Fahrstreifen	n=3													
	n>3		-0,81 *	-0,65 ***										
max. Längsneigung >4%				0,28 *										0,13 *
Kurvigkeitsäquivalent KU*	0,02 ***	0,02 ***	0,004 ***	0,01 ***	0,02 ***	0,01 ***	0,02 ***	0,02 ***	0,02 ***		0,04 ***	0,05 ***	0,03 ***	0,03 ***
entwässerungsschwache Zone														
Querneigungswechsel			-0,06 **				-0,07 *				-0,06 *			
Gri60Mw		-1,90 ***	-1,13 ***	-3,13 ***	-4,09 ***	-1,70 ***				-0,78 ***	-5,37 ***	-4,83 ***		
AUNMw	-0,02 ***	-0,03 ***	-0,01 ***		-0,02 *	-0,01 ***	-0,04 ***	-0,03 ***	-0,01 ***	-0,03 **	-0,03 ***	-0,05 ***	-0,01 ***	
MSPTMw			-0,017 **	-0,08 *		-0,027 **						-0,05 *		
MSPHMw		-0,07 *				-0,13 *								
FLI														

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05

400m-Abschnitte	NLVU(S)	TrLVU(P)	TrLVU(S)	Nrest U(P)	Nrest U(S)	TrRest U(P)	TrRest U(S)	NWH U(P)	NWH U(S)	TrWH U(P)	TrWH U(S)	NMoUP	NMoUS	TrMoUP	TrMoUS
Unfälle	770	427	1930	166	2912	463	8077	490	3277	823	6344	33	8	247	110
k	-10,43 ***	-9,29 ***	-7,81 ***	-11,17 ***	-3,71 ***	-7,53 ***	-1,67 ***	-6,96 ***	-4,01 ***	-7,34 ***	-3,70 ***			-7,63 ***	-7,88 ***
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)			(1)	(1)
DTV	0,98 ***	0,80 ***	0,78 ***	0,94 ***	0,39 ***	0,81 ***	0,35 ***	0,79 ***	0,51 ***	0,65 ***	0,50 ***			0,46 ***	0,39 **
Anzahl Fahrstreifen	n=3														
	n>3						-0,86 **							-0,69 **	
max. Längsneigung >4%	0,21 *		0,31 ***											0,09 **	
Kurvigkeitsäquivalent KU*	0,01 ***		0,01 ***		-0,02 ***	-0,01 *	-0,02 ***	0,02 ***	0,01 ***	0,01 ***				0,040 ***	0,038 ***
entwässerungsschwache Zone															
Querneigungswechsel									-0,09 *						
Gri60Mw						-2,29 **	-1,17 ***	-3,57 ***	-1,32 ***		-0,66 **				
AUNMw	0,01 **			-0,04 *	-0,02 ***	-0,05 ***	-0,01 ***		-0,02 ***	-0,04 ***	-0,01 ***				
MSPTMw															
MSPHMw								-0,21 **							
FLI															

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05

Tab. 38: Ergebnisse Unfallmodelle für Bundesstraßen in Land B

A.9 Sensitivitätsanalysen

BAB 500m-Abschnitte	U(SP)		U(P)		U(S)	
U	848		3.973		23.884	
n	3.602					
k	-10,21 ***	-10,41 ***	-12,83 ***	-12,80 ***	-7,64 ***	-7,53 ***
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
DTV	0,81 ***	0,82 ***	1,21 ***	1,21 ***	0,88 ***	0,87 ***
Längsneigung max LN 0%+	0,04 n.s.		0,03 .		0,06 ***	
Längsneigung min LN 0%-		-0,10 ***		-0,03 *		-0,04 ***

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05 / . p < 0,10 / n.s. nicht signifikant bzw. p > 0,10

max LN 0%+: "Steigung" -> maximale positive Längsneigung, Werte kleiner 0% auf Null gesetzt

min LN 0%+: "Gefälle" minimale negative Längsneigung, Werte größer 0% auf Null gesetzt

Tab. 39: Vergleich Einfluss Steigung und Gefälle auf Unfallgeschehen auf Bundesautobahnen in Land A

400m-Abschnitte	NFU(P)			
Unfälle	2.366			1.536
Abschnitte	25.086			16.005
k	-3,48 ***	-3,75 ***	-4,57 ***	-3,41 ***
Länge	(1)	(1)	(1)	(1)
DTV	0,33 ***	0,35 ***	0,41 ***	0,31
Kurvigkeits- äquivalent KU*	0,03 ***	0,03 ***	0,03 ***	0,03
Längsneigung LNKat2 (>4%)				
Griffigkeit	GriMw	-3,79 ***		
	GriMin		-3,88 ***	
	movGri20			-3,43 ***
	movGri50			-4,01 ***
Verteilungsparameter¹	0,26	0,26	0,26	0,30
erklärter Varianzanteil GriMw²	11,7%	11,1%	10,0%	10,8%
Delta AIC für GriMw	0,93%	1,13%	1,06%	1,29%

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05 / . p < 0,10

¹ Anpassung an negative Binomialverteilung

² Anpassung an Poissonverteilung

Tab. 40: Vergleich modifizierte Kenngrößen für Griffigkeit in Land A+B / Bundes- & Landesstraßen für NFU(P)

400m-Abschnitte		NFU(S)			
Unfälle		5.129			2.915
Abschnitte		25.086			16.005
k		-6,67 ***	-6,65 ***	-7,56 ***	-6,67 ***
Länge		(1)	(1)	(1)	(1)
DTV		0,70 ***	0,71 ***	0,76 ***	0,72 ***
Kurvigkeits- äquivalent KU*		0,04 ***	0,04 ***	0,04 ***	0,03 ***
Längsneigung LNKat2 (>4%)		0,23 ***	0,23 ***	0,22 ***	0,30 ***
Griffigkeit	GriMw	-2,81 ***			
	GriMin		-3,12 ***		
	movGri20			-2,33 ***	
	movGri50				-3,67 ***
Verteilungsparameter ¹		0,35	0,36	0,35	0,35
erklärter Varianzanteil GriMw ²		6,3%	8,0%	4,9%	8,2%
Delta AIC für GriMw		0,54%	0,77%	0,51%	1,09%

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05 / . p < 0,10

¹ Anpassung an negative Binomialverteilung

¹ Anpassung an Poissonverteilung

Tab. 41: Vergleich modifizierte Kenngrößen für Griffigkeit in Land A+B / Bundes- & Landesstraßen für NFU(S)

400m-Abschnitte		Bundesstraßen				Landesstraßen			
		NU(P)							
U		1.376				1.388			
n		5.435				10.570			
k		-6,97 ***		-7,38 ***		-8,03 ***		-8,17 ***	
Länge		(1)		(1)		(1)		(1)	
DTV		0,53 ***		0,56 ***		0,68 ***		0,69 ***	
Kurvigkeits- äquivalent KU*		0,03 ***		0,03 ***		0,02 ***		0,02 ***	
Griffigkeit GriMw	Referenzkategorie	> 0,60		> 0,65		> 0,60		> 0,65	
	Analysekategorie	0,55-0,60	0,31 **	0,60-0,65	0,19 n.s.	0,55-0,60	0,35 ***	0,60-0,65	0,14 n.s.
	Rest	< 0,55	0,57 ***	< 0,60	0,63 ***	< 0,55	0,35 ***	< 0,60	0,55 ***

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05 / n.s. nicht signifikant

Tab. 42: Analyse Grenzwertdefinition für GriMw in Land A

		Bundesstraßen				Landesstraßen			
400m-Abschnitte		NU(P)							
U		1.376				1.388			
n		5.435				10.570			
k		-7,10 ***		-7,39 ***		-8,17 ***		-8,26 ***	
Länge		(1)		(1)		(1)		(1)	
DTV		0,55 ***		0,56 ***		0,69 ***		0,70 ***	
Kurvigkeits- äquivalent	KU*	0,03 ***		0,03 ***		0,02 ***		0,02 ***	
Griffigkeit GriMin	Referenzkategorie	> 0,56		> 0,60		> 0,60		> 0,65	
	Analysekategorie	0,50-0,56	0,26 **	0,56-0,60	0,30 n.s.	0,55-0,60	0,42 ***	0,60-0,65	0,07 n.s.
	Rest	< 0,56	0,53 ***	< 0,56	0,61 ***	< 0,55	0,64 ***	< 0,60	0,58 ***

*** p < 0,001 / ** p < 0,01 / * p < 0,05 / n.s. nicht signifikant

Tab. 43: Analyse Grenzwertdefinition für GriMin in Land A

A.10 Grundlagenmodelle für Ermittlung Zustandspotenzial

Fahrunfälle bei Nässe	Parameter	Koeffizienten ^a	Std.- fehler	95% - K.-intervall		Verteilungs- parameter ^b	Poisson-Verteilung		Ab- schätzung erklärte Varianz	
				Min.	Max.		Nullmodell χ^2/df	Modell χ^2/df		
NFU(SP) n=803	Konstante (ZR+L)	-4,732	***	0,691	-6,087	-3,378	0,271	1,245	1,087	64%
	DTV	0,306	***	0,058	0,192	0,420				
	KU* (>16gon/100m)	1,436	***	0,125	1,192	1,681				
	KU* (>8gon/100m)	0,977	***	0,123	0,737	1,217				
	KU* (>4gon/100m)	0,382	**	0,136	0,117	0,648				
	GriMw	-3,663	***	0,498	-4,638	-2,688				
	BL (Land B)	0,252	**	0,080	0,095	0,409				
	StrKt (LS)	-0,228	*	0,097	-0,417	-0,038				
NFU(LP) n=1.563	Konstante (ZR+L)	-5,653	***	0,528	-6,688	-4,618	0,281	1,479	1,238	50%
	DTV	0,476	***	0,044	0,390	0,563				
	KU* (>16gon/100m)	1,692	***	0,097	1,501	1,883				
	KU* (>8gon/100m)	1,021	***	0,097	0,832	1,210				
	KU* (>4gon/100m)	0,485	***	0,105	0,280	0,690				
	GriMw	-3,780	***	0,377	-4,519	-3,041				
	BL (Land B)	-0,130	*	0,064	-0,255	-0,006				
	StrKt (LS)	0,155	*	0,075	0,009	0,302				
NFU(P) n=2.366	Konstante (ZR+L)	-4,704	***	0,406	-5,499	-3,909	0,296	1,714	1,378	47%
	DTV	0,419	***	0,033	0,355	0,482				
	KU* (>16gon/100m)	1,597	***	0,081	1,438	1,756				
	KU* (>8gon/100m)	1,007	***	0,080	0,851	1,163				
	KU* (>4gon/100m)	0,447	***	0,086	0,277	0,616				
	GriMw	-3,694	***	0,316	-4,312	-3,075				
NFU(S) n=5.129	Konstante (ZR+L)	-7,636	***	0,317	-8,257	-7,014	0,384	2,769	1,769	57%
	DTV	0,779	***	0,026	0,728	0,829				
	KU* (>16gon/100m)	1,804	***	0,061	1,686	1,923				
	KU* (>8gon/100m)	0,895	***	0,059	0,780	1,011				
	KU* (>4gon/100m)	0,352	***	0,063	0,229	0,476				
	LNKat2 (>4%)	0,229	***	0,043	0,144	0,314				
	GriMw	-2,769	***	0,242	-3,242	-2,295				

^a Schätzung basierend auf der angepassten negativen Binomialverteilung; Likelihood-Ratio-Test der Koeffizienten: * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

^b für Anpassung an negative Binomialverteilung

Tab. 44: Teilmodelle für Abschätzung Zustandspotenzial auf Basis von Fahrunfällen bei Nässe

Längsverkehrsunfälle bei Nässe		Parameter	Koeffizienten ^a		Std.- fehler	95% - K.-intervall		Poisson-Verteilung		Ab- schätzung erklärte Varianz
						Min.	Max.	Verteilungs- parameter ^b	Nullmodell χ^2/df	
NLVU(P) n=937	Konstante (ZR+L)	-9,812	***	0,536	-10,862	-8,762	0,922	1,159	1,116	27%
	DTV	0,992	***	0,044	0,905	1,079				
	LNKat2 (>4%)	0,153	<0,10	0,089	-0,020	0,327				
	GriMw	-3,837	***	0,437	-4,694	-2,980				
TrLVU(P) n=2.478	Konstante (ZR+L)	-9,704	***	0,342	-10,374	-9,035	1,240	1,322	1,122	62%
	DTV	0,939	***	0,028	0,885	0,994				
	LNKat2 (>4%)	0,144	**	0,054	0,039	0,250				
	GriMw	-1,398	***	0,276	-1,939	-0,858				
NLVU(P) (bereinigt)	Konstante (ZR+L)	-10,577								
	DTV	0,992								
	LNKat2 (>4%)	0,153								
	GriMw	-2,439								
NLVU(S) n=3.008	Konstante (ZR+L)	-8,714	***	0,331	-9,363	-8,066	0,635	1,488	1,269	45%
	DTV	0,830	***	0,027	0,778	0,883				
	LNKat2 (>4%)	0,325	***	0,049	0,229	0,421				
	GriMw	-1,172	***	0,266	-1,692	-0,651				

^a Schätzung basierend auf der angepassten negativen Binomialverteilung; Likelihood-Ratio-Test der Koeffizienten: * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

^b für Anpassung an negative Binomialverteilung

Tab. 45: Teilmodelle für Abschätzung Zustandspotenzial auf Basis von Längsverkehrsunfällen bei Nässe

			Land A		Land B	
			BS	LS	BS	LS
Fahrunfall bei Nässe NFU	U(P)	U(SP)	0,354	0,275	0,405	0,388
		U(LV)	0,646	0,725	0,595	0,612
	U(S)	U(SS)	0,207	0,170	0,209	0,203
		U(LS)	0,793	0,830	0,791	0,797
Längsverkehrs- unfall bei Nässe NLVU	U(P)	U(SP)	0,170	0,201	0,304	0,351
		U(LV)	0,830	0,799	0,696	0,649
	U(S)	U(SS)	0,080	0,097	0,073	0,059
		U(LS)	0,920	0,903	0,927	0,941

Tab. 46: Anteile der Unfallkategorien an U(P) und U(S) in den Ländern A und B

A.11 Überprüfung Abschnitte mit hohem Zustandspotenzial auf Objektebene

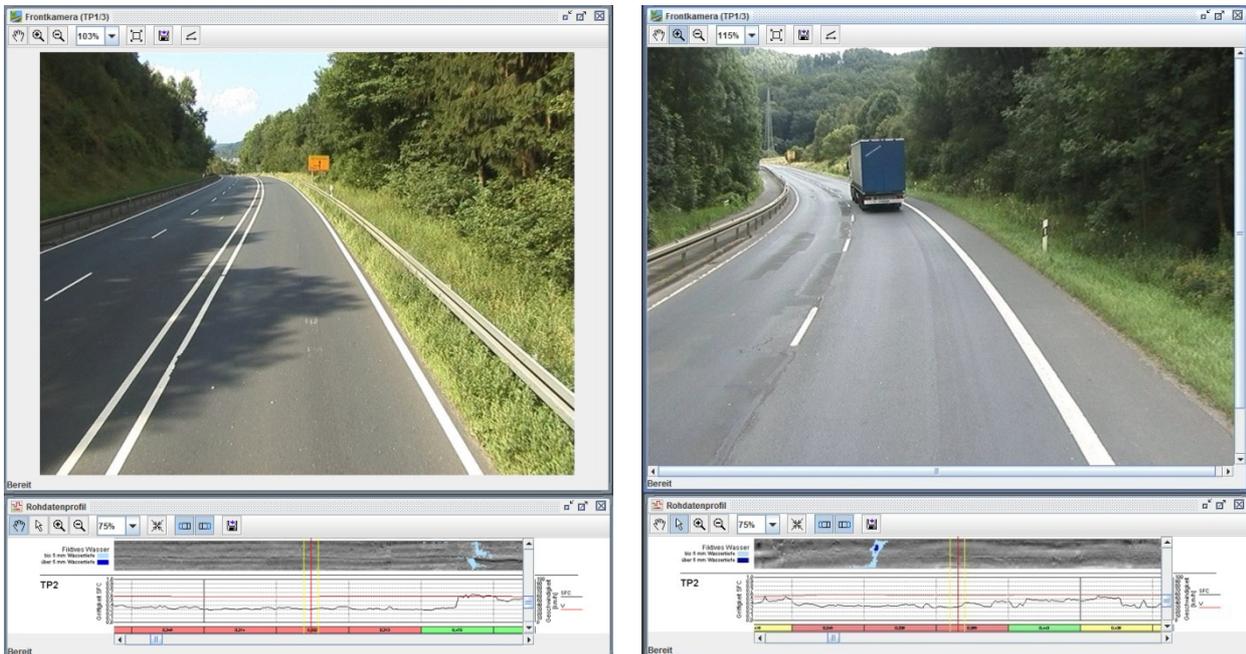


Bild 228: Fallbeispiele für einen Bereich mit hoher Priorität, Bundesstraße (Freie Strecken), Land A

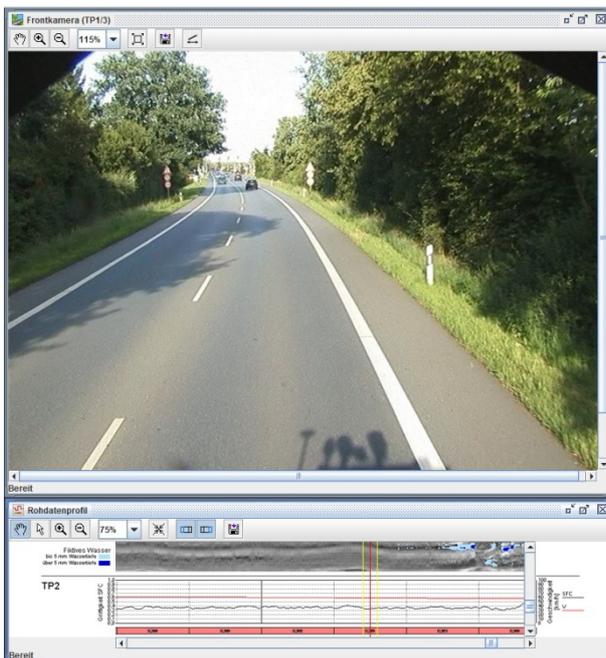


Bild 229: Fallbeispiel für einen Bereich mit hoher Priorität, Bundesstraße (Freie Strecken), Land A

A.12 Vergleich ESN-Verfahren und Zustandspotenzial

NR	L	DTV	Gesamtfallgeschehen							Unfallgeschehen freie Strecke					Nässeunfälle		Zustandspotenzial				
			U(SP)	U(P)	U(S)	UKD(PS)	gUKD(PS)	SIPO(PS)	vUK(PS)	Prio	UKD(PS)	gUKD(PS)	SIPO(PS)	vUK(PS)	Prio	UKD(PS)	Anteil UKD	ZPOT	vUK (ZPOT)	Anteil vUK(PS) Strecke	Prio
2	3.114	7.439	8	25	46	319,44	56,87	262,58	817,665	hoch	110,44	47,07	63,37	197,331	mittel	25,73	8%	8,25	25,706	13%	mittel
190	4.707	3.175	12	9	27	251,71	30,84	220,87	1.039.630	hoch	190,23	26,11	164,12	772,520	hoch	49,08	19%	2,03	9,574	1%	niedrig
448	2.228	2.612	5	3	6	214,73	26,82	187,91	418.657	hoch	207,34	22,81	184,52	411.117	hoch	84,06	39%	0,58	1,290	0%	niedrig
408	4.700	3.298	9	10	71	213,44	31,70	181,74	854.179	hoch	211,60	26,81	184,79	868.509	hoch	58,92	28%	0,87	4,068	0%	niedrig
343	1.957	1.986	4	2	11	199,37	22,04	177,32	347.023	hoch	198,48	18,87	179,61	351.497	hoch	53,05	27%	0,23	452	0%	niedrig
209	1.900	12.169	4	8	37	255,02	81,08	173,94	330.494	hoch	79,23	66,17	13,06	24.809	niedrig	75,84	30%	4,79	9,102	37%	niedrig
187	2.567	3.330	5	7	10	201,90	31,92	169,98	436.338	hoch	163,47	26,99	136,49	350.361	hoch	44,84	22%	8,45	21,699	6%	mittel
585	3.958	7.723	8	14	40	225,82	58,42	167,40	662.588	hoch	196,30	48,30	148,00	585.783	hoch	74,68	33%	8,89	35,175	6%	mittel
431	2.130	5.857	4	5	27	207,77	47,88	159,89	340.565	hoch	109,67	39,89	69,77	148.620	mittel	15,85	8%	0,50	1,075	1%	niedrig
429	3.372	5.225	7	1	26	199,85	44,10	155,74	525.160	hoch	144,30	36,86	107,44	362.287	mittel	82,99	32%	1,90	6,420	2%	niedrig
612	2.691	7.401	5	7	34	208,02	56,65	151,37	407.331	hoch	81,33	46,90	34,42	92.637	niedrig	46,78	22%	2,60	7,000	8%	niedrig
598	2.100	32.531	5	13	63	313,98	165,20	148,78	312.445	hoch	302,84	130,67	172,17	361.567	hoch	30,51	10%	13,01	27,325	8%	hoch
158	3.524	15.094	7	15	63	242,10	94,73	147,37	519.342	hoch	160,56	76,80	83,75	295.149	mittel	22,36	9%	14,10	49,681	17%	hoch
164	3.992	17.870	9	14	59	254,34	107,02	147,32	588.104	hoch	196,64	86,32	112,32	448.362	hoch	152,58	60%	12,38	49,416	11%	hoch
218	4.099	8.577	8	11	34	209,49	63,00	146,49	600.482	hoch	138,90	51,94	86,95	356.427	mittel	29,77	14%	10,45	42,825	12%	mittel
600	3.096	17.163	6	17	59	250,01	103,94	146,07	452.226	hoch	176,08	83,95	92,14	285.262	mittel	118,37	47%	11,89	36,811	13%	mittel
219	4.610	5.602	7	21	48	190,15	46,37	143,79	662.857	hoch	149,68	38,68	111,00	511.721	mittel	73,67	39%	4,06	18,694	4%	niedrig
571	3.653	14.245	7	16	58	233,44	90,85	142,59	520.876	hoch	105,40	70,79	31,61	115.641	niedrig	121,03	52%	0,43	1,558	1%	niedrig
504	4.185	3.841	7	6	41	177,06	35,36	141,70	593.023	hoch	150,08	29,79	120,29	515.968	hoch	120,42	68%	2,96	12,383	2%	niedrig
579	3.300	13.953	6	14	36	228,89	87,82	141,06	437.294	hoch	21,92	71,44	0,00	0	kein SIPO	38,38	17%	1,71	5,294	>100%	niedrig
490	4.634	5.403	8	8	45	184,09	45,18	138,91	643.693	hoch	46,76	37,73	9,04	41.886	niedrig	4,39	2%	1,70	7,857	19%	niedrig
314	4.259	5.945	7	7	69	187,29	48,39	138,90	591.557	hoch	140,57	40,31	100,26	427.011	mittel	61,56	33%	4,07	17,329	4%	niedrig
491	2.400	8.426	4	8	31	197,57	62,20	135,37	324.881	mittel	15,86	51,31	0,00	0	kein SIPO	16,78	8%	3,88	9,322	>100%	niedrig
297	3.701	3.298	5	14	31	165,42	31,70	133,72	494.913	mittel	163,20	26,81	136,39	504.775	hoch	130,00	79%	5,15	19,074	4%	niedrig
290	4.159	4.389	6	9	61	171,11	38,91	132,19	549.790	mittel	165,38	32,67	132,71	551.943	hoch	133,86	78%	1,52	6,306	1%	niedrig
282	2.846	4.244	5	1	17	169,00	37,99	131,01	372.863	mittel	105,48	31,92	73,55	209.331	mittel	94,68	56%	2,37	6,758	3%	niedrig
402	3.857	13.218	7	12	63	214,79	86,07	128,73	496.498	mittel	190,46	70,07	120,39	464.357	hoch	40,50	19%	3,20	12,331	3%	niedrig
85	1.900	7.575	3	6	20	184,21	57,61	126,60	240.542	mittel	85,63	47,66	37,97	72.143	niedrig	106,77	58%	9,97	18,942	26%	mittel
554	2.872	9.509	4	11	63	192,97	67,86	125,11	359.320	mittel	192,97	55,79	137,19	394.008	hoch	74,85	39%	12,84	36,863	9%	hoch
503	4.300	6.716	7	9	40	176,44	52,83	123,61	535.211	mittel	56,74	43,86	12,89	55.805	niedrig	51,85	29%	3,63	15,706	28%	niedrig
325	4.057	9.162	7	11	33	189,38	66,07	123,31	500.272	mittel	58,86	54,37	4,49	18.199	niedrig	116,32	61%	0,71	2,872	16%	niedrig
175	4.204	12.991	7	14	72	204,68	85,00	119,69	503.168	mittel	175,58	69,23	106,33	447.015	mittel	89,84	44%	8,73	36,712	8%	mittel
111	4.324	7.677	7	12	23	175,59	58,17	117,42	507.736	mittel	170,98	48,11	122,88	531.312	hoch	52,23	30%	11,58	50,074	9%	mittel
101	2.089	8.554	4	1	7	179,52	62,88	116,64	243.653	mittel	130,65	51,85	78,80	164.613	mittel	127,33	71%	5,54	11,573	7%	niedrig
131	3.962	23.854	9	9	65	248,50	131,91	116,59	461.911	mittel	189,98	105,42	84,56	335.010	mittel	30,24	12%	8,84	35,037	10%	mittel
191	4.200	4.880	6	9	32	157,49	41,99	115,50	485.098	mittel	135,14	35,16	99,98	419.937	mittel	62,53	40%	4,24	17,787	4%	niedrig
221	4.362	2.941	6	6	23	142,41	29,20	113,21	493.835	mittel	142,01	24,76	117,25	511.442	hoch	22,31	16%	0,44	1,938	0%	niedrig
220	3.257	2.984	4	7	29	141,99	29,50	112,49	366.381	mittel	108,65	26,01	83,64	272.407	mittel	11,43	8%	1,78	5,797	2%	niedrig
621	3.730	7.491	5	16	31	168,55	57,15	111,40	415.539	mittel	140,37	47,30	93,07	347.151	mittel	61,12	36%	8,59	32,046	9%	mittel
559	2.001	7.554	3	3	23	165,16	57,49	107,67	215.448	mittel	165,16	47,57	117,59	235.302	hoch	55,13	33%	0,86	1,719	1%	niedrig
152	2.517	6.440	4	3	11	158,28	51,26	107,02	269.374	mittel	81,81	42,60	39,21	96.683	niedrig	40,56	26%	4,55	11,447	12%	niedrig
331	4.302	5.328	6	3	48	148,71	44,73	103,98	447.319	mittel	58,51	37,36	21,15	90.986	niedrig	52,99	36%	0,47	2,039	2%	niedrig
162	3.458	8.522	5	9	30	164,64	62,71	101,93	352.479	mittel	161,76	51,71	110,05	380.550	mittel	47,43	29%	8,47	29,292	8%	mittel
622	4.417	10.826	7	13	22	173,37	74,52	98,85	436.608	mittel	7,64	61,03	0,00	0	kein SIPO	91,57	53%	2,11	9,331	>100%	niedrig
34	3.762	3.775	5	3	20	133,61	34,93	98,68	371.242	mittel	133,61	29,44	104,17	391.887	mittel	6,22	5%	3,24	12,192	3%	niedrig
389	3.000	4.985	4	4	20	140,73	42,64	98,10	294.289	mittel	74,98	35,68	39,30	117.901	niedrig	3,46	2%	1,76	5,291	4%	niedrig
406	3.959	9.344	5	14	54	164,69	67,01	97,68	386.719	mittel	106,78	55,11	51,66	204.529	niedrig	42,74	26%	2,59	10,262	5%	niedrig
422	2.176	5.762	3	2	19	144,92	47,32	97,60	212.372	mittel	59,64	39,44	20,19	43.939	niedrig	50,89	35%	10,12	22,013	50%	mittel
269	3.400	6.795	4	10	43	150,41	53,28	97,13	330.243	mittel	81,18	44,21	36,97	125.862	niedrig	43,40	29%	12,23	41,571	33%	hoch
288	2.887	3.577	3	7	31	130,68	33,60	97,07	280.255	mittel	127,23	28,36	98,86	285.422	mittel	84,67	65%	2,82	8,152	3%	niedrig
501	2.198	26.698	4	10	51	238,96	143,13	95,83	210.623	mittel	97,45	113,97	0,00	0	kein SIPO	107,66	45%	8,89	19,546	>100%	mittel
130	3.300	20.068	6	14	29	211,34	116,39	94,95	313.335	mittel	68,04	93,54	0,00	0	kein SIPO	40,52	19%	4,52	14,931	>100%	niedrig
289	3.136	4.149	3	12	28	131,77	37,37	94,40	296.038	mittel	131,77	31,42	100,35	314.692	mittel	51,75	39%	2,43	7,606	2%	niedrig
391	4.314	5.302	5	13	27	138,40	44,57	93,84	404.805	mittel	114,03	37,24	76,80	331.310	mittel	28,38	21%	5,19	22,374	7%	niedrig
66	3.300	7.502	5	3	17	150,74	57,21	93,53	308.656	mittel	95,43	47,34	48,09	158.684	niedrig	58,85	39%	4,74	15,628	10%	niedrig
438	4.300	5.175	5	13	23	137,25	43,80	93,45	401.820	mittel	133,01	36,62	96,40	414.512	mittel	105,25	77%	4,87	20,928	5%	niedrig
523	3.400	7.266	4	7	55	149,25	55,91	93,34	317.365	mittel	140,34	46,31	94,03	319.693	mittel	43,52	29%	7,55	25,680	8%	mittel
393	2.300	6.919	3	4	23	147,27	53,97	93,30	214.584	mittel	146,52	44,77	101,75	234.027	mittel	130,90	89%	6,88	15,814	7%	mittel
353	4.000	8.592	6	4	30	154,21	63,08	91,13	364.518	mittel	131,18	52,00	79,17	316.693	mittel	5,19	3%	4,03	16,117	5%	niedrig
301	3.502	3.805	4	4	29	125,01	35,12	89,88	314.771												

A.13 Ergebnisdarstellung

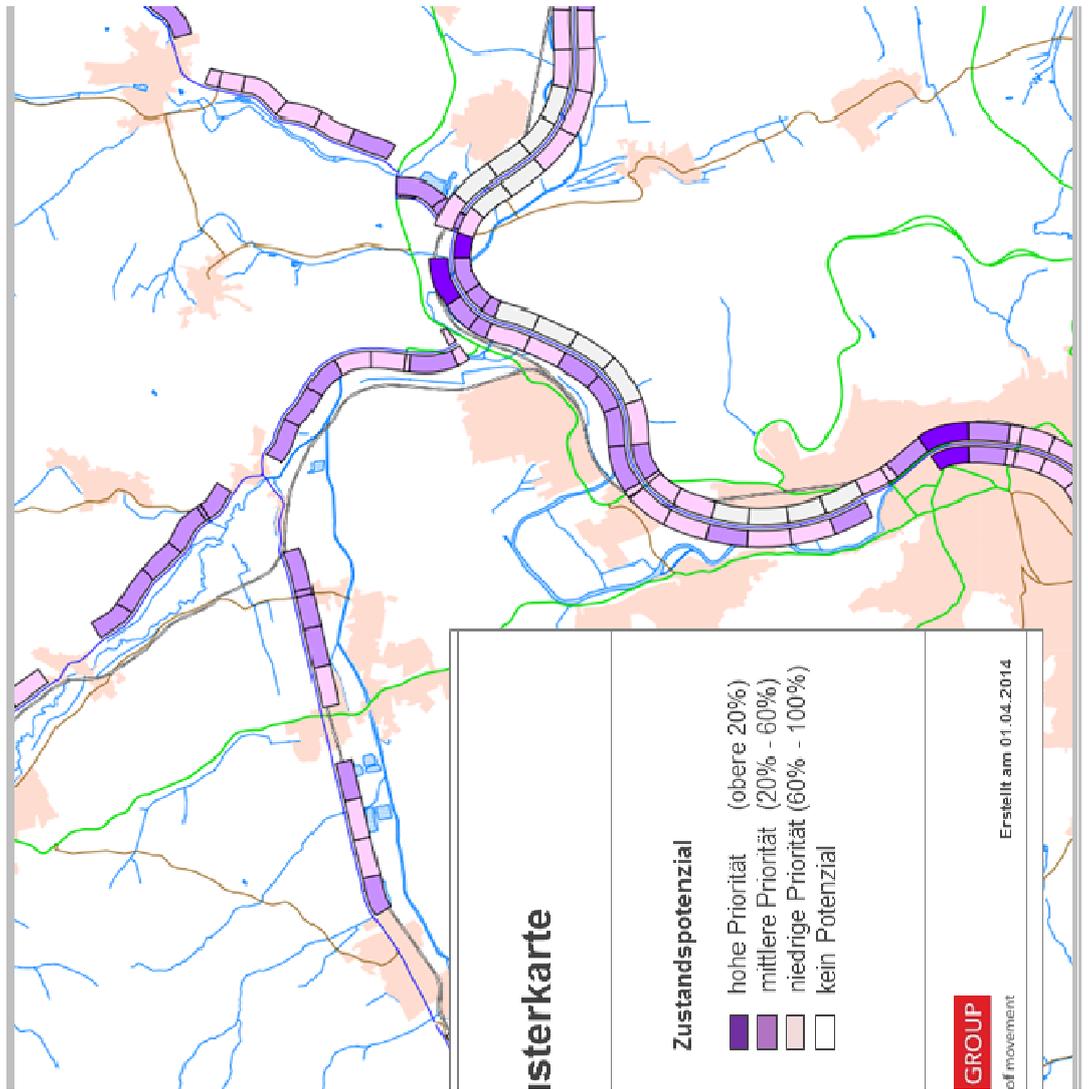


Bild 230: Beispielhafte Kartendarstellung des Zustandspotenzials

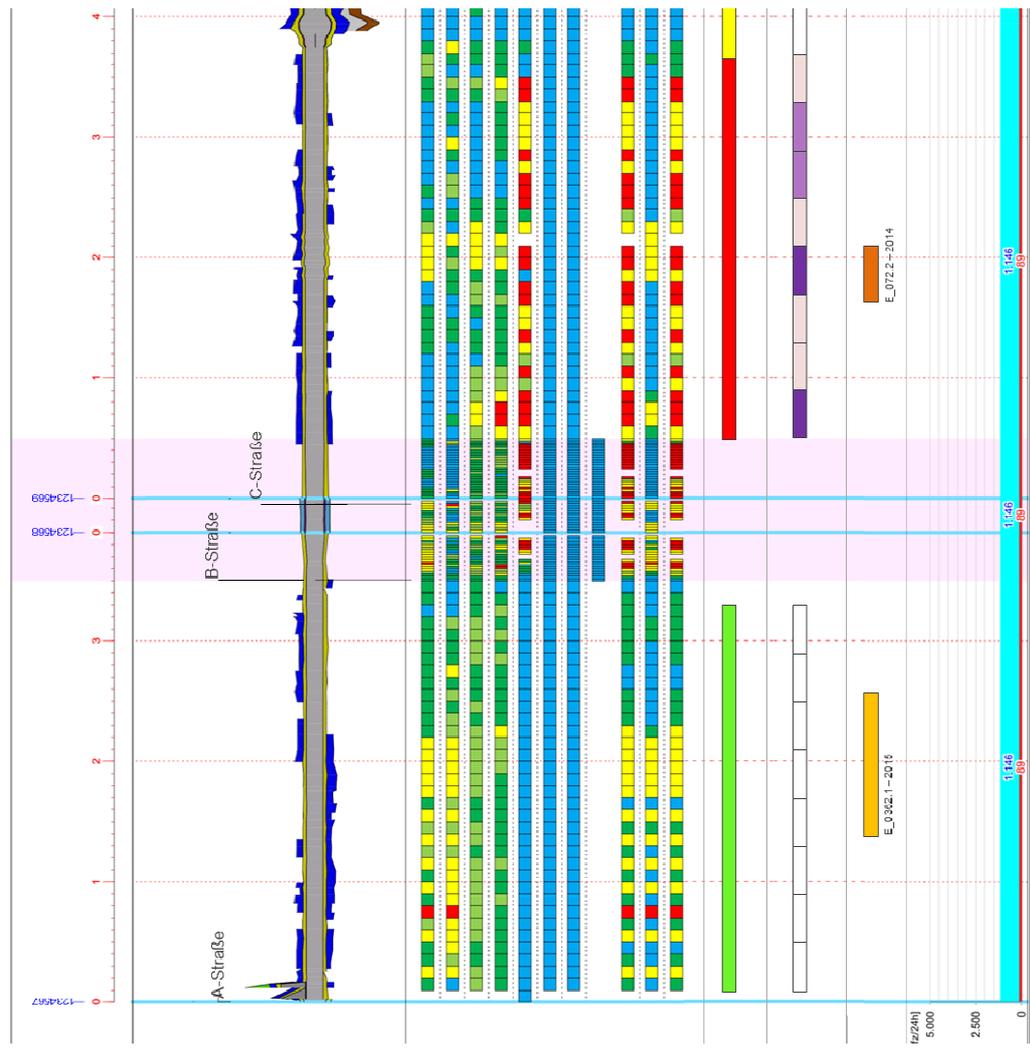


Bild 231: Beispielhafte Darstellung des Zustandspotenzials im Streckenband