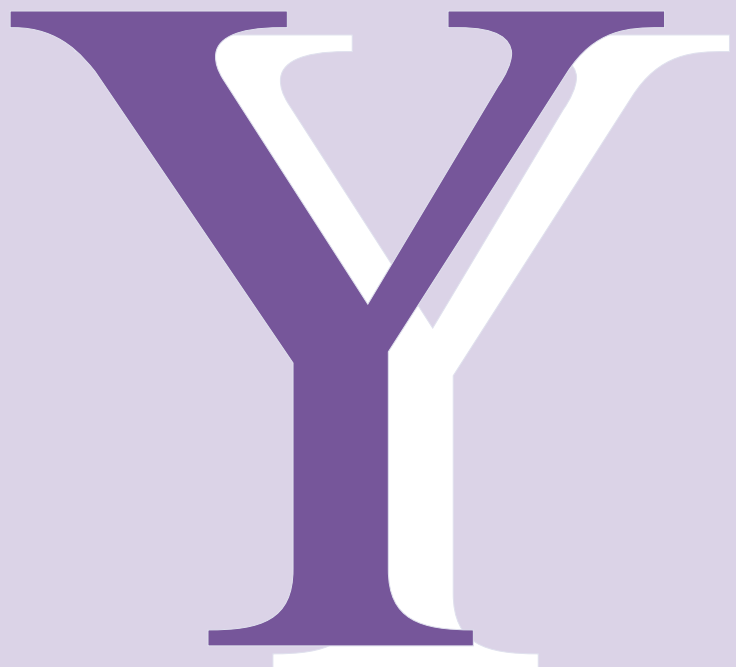


FAT 256



Naturalistic Driving Data
Re-Analyse von Daten aus
dem EU-Projekt euroFOT



Naturalistic Driving Data

Re-Analyse von Daten aus dem EU-Projekt euroFOT

Forschungsstelle:

Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften

Dr. Barbara Metz

Andreas Landau

Dr. Volker Hargutt

Alexandra Neukum

Das Forschungsprojekt wurde mit Mitteln der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e. V. (FAT) gefördert.

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG.....	5
2	ZIELSETZUNG	7
3	BESCHREIBUNG DER VERWENDETEN DATENBASIS.....	9
3.1	Allgemeines	9
3.2	Datenaufzeichnung	9
3.3	Datenbasis	10
3.4	Einordnung der Stichprobe	15
4	THEMA I: BESCHREIBUNG DES „NORMALEN“ FAHRENS	16
4.1	Hintergrund	16
4.2	Exkurs: Berechnung relativer Größen	16
4.3	Beschreibung des normalen Fahrverhaltens	17
4.3.1	Geschwindigkeit	17
4.3.2	Abstandsverhalten	19
4.3.3	Spurhaltung	22
4.4	Subjektive Angaben	23
4.5	Fahrertypen: Zusammenhang zwischen den verschiedenen Parametern	24
4.6	Zusammenfassung	28
5	THEMA II: TELEFONIEREN BEIM FAHREN.....	30
5.1	Hintergrund	30
5.2	Fragestellung	31
5.2.1	Untersuchte Telefonate	31
5.3	Exposition	32
5.3.1	Zeitanteil Telefonnutzung	32
5.3.2	Anzahl Telefonate	37
5.3.3	Dauer einzelner Telefonate	39
5.3.4	Telefonbedienung	41
5.3.5	Zusammenfassung	43
5.4	Auswirkung von Telefonieren auf das Fahren	44
5.4.1	Exkurs: Auswirkung der Bedienung eines Navigationssystems	44
5.4.2	Wahl der Referenzsituation	45
5.4.3	Auswirkung auf die Geschwindigkeit	46

5.4.4	Auswirkung auf den Abstand	51
5.4.5	Auswirkung auf die Spurhaltung	54
5.4.6	Auswirkung auf das Regelverhalten	56
5.4.7	Weitere mögliche Auswirkungen	57
5.4.8	Zusammenfassung der Ergebnisse	61
5.4.9	Interpretation der Ergebnisse	62
6	METHODISCHES ZWISCHENFAZIT AUS THEMA I & II.....	66
7	DER MANÖVERBASIERTE AUSWERTEANSATZ	68
7.1	Notwendigkeit von Manövern zur Parameterbestimmung	68
7.2	Definition der Manöver	69
8	THEMA III: ERFASSUNG KRITISCHER FAHRSITUATIONEN	74
8.1	Ziel von Incidentanalyse	74
8.2	Grundsätzliches zur Incidentauswertungen	75
8.2.1	Zusammenhang zwischen kritischen Fahrsituationen und Unfällen	75
8.2.2	Auswirkung der Sensorik	75
8.2.3	Definition von Kritikalität	76
8.2.4	Zusammenhang zwischen statistischer Power und Anzahl ausgewerteter Ereignisse	77
8.2.5	Notwendigkeit von Manövern zur Prävalenz- und Risikoberechnung	77
8.3	Incidentkriterien in der Literatur	79
8.3.1	Videoanalyse	79
8.3.2	Objektive Incidentkriterien	79
8.4	Ausgangspunkt: Kriterien aus euroFOT	80
8.5	Ergebnisse der manöverbasierten Auswertung	81
8.5.1	Incidenthäufigkeit in Fahrmanövern	81
8.5.2	Zusammenhang mit anderen Parametern	85
8.5.3	Folgefahren und freies Fahren auf Autobahnen: Überprüfung der Kriterien	87
8.5.4	Auswirkung des Telefonierens	92
8.6	Fazit der Analysen	94
9	BEWERTUNG DES NDS-ANSATZES	96
9.1	Was kann die Methode NDS leisten?	96
9.1.1	Beschreibung des „normalen“ Fahrverhaltens	96
9.1.2	Vergleich von NDS mit experimentellen Ergebnissen	96
9.1.3	Entwicklung neuer Fragestellungen	97
9.1.4	Analysen zu Fahrerassistenzsystemen	97
9.1.5	Analyse seltener Ereignisse	98

9.2	Was ist bei der Erhebung von NDS-Daten zu beachten?	98
9.2.1	Fokus auf objektive Verlaufsdaten	98
9.2.2	Wahl der Stichprobe	99
9.3	Was ist bei der Auswertung von NDS-Daten zu beachten?	100
9.3.1	Berücksichtigung situativer Einflussfaktoren	100
9.3.2	Probleme bei der statistischen Testung	101
9.4	Notwendigkeit neuer Auswerteansätze	101
10	LITERATURVERZEICHNIS.....	103
11	ANHANG	106
11.1	Verwendete Abkürzungen	106
11.2	Verwendete Incidentkriterien	106
11.3	Weitere Ergebnisse: Allgemeine Kennwerte	109
11.4	Weitere Ergebnisse: Telefonieren beim Fahren	112

1 ZUSAMMENFASSUNG

Naturalistic Driving Studies (NDS) gewinnen immer mehr an Verbreitung. Durch die Datenerhebung im Feld während alltäglicher Fahrten von Normalfahrern haben sie den Vorteil, dass die aufgezeichneten Daten das normale Fahrverhalten der Probanden abbilden. Aufgrund der großen Menge an anfallenden Daten sowie verschiedener methodischer Probleme stellt die Auswertung von NDS-Daten allerdings Anforderungen, die sich so bei anderen Untersuchungsansätzen nicht ergeben.

Fahrdaten, die von ca. 100 Fahrern über einen Zeitraum von drei Monaten erhoben wurden, werden hinsichtlich drei inhaltlicher Fragestellungen ausgewertet. Im ersten Themengebiet wird das Fahrverhalten mittels globaler Parameter, wie der mittleren Geschwindigkeit oder des präferierten Abstands beschrieben. Es ergeben sich Hinweise auf stabile Unterschiede zwischen den Fahrern, die sich im Sinne von Fahrstil bzw. Fahrertyp interpretieren lassen. Im zweiten Themengebiet wird die Häufigkeit von Telefonieren über die Freisprecheinrichtung ermittelt. Fahrer sprechen im Schnitt rund 10% der Fahrzeit über die Freisprecheinrichtung, das meiste davon sind ausgehende Telefonate. Außerdem wird untersucht, ob es während der Telefonate zu Änderungen im Fahrverhalten kommt. Es ergeben sich Hinweise auf eine aktive Kompensation der zusätzlichen Beanspruchung durch die Fahrer. Diese erfolgt allerdings weniger auf der Regelebene sondern vielmehr durch die Auswahl längerer, wenig beanspruchender Fahrsituationen (z.B. im Stau). Die inhaltlichen Ergebnisse zu den beiden ersten Themengebieten werden im jeweiligen Kapitel detailliert dargestellt.

Die Analysen zu den ersten beiden Themengebieten zeigen, dass NDS-Daten gut geeignet sind, normales Fahrverhalten zu beschreiben. Es zeigt sich aber auch, dass die Varianz in den Daten durch die Kontrolle situativer Einflussfaktoren wie z.B. der Straßenklasse nur schwer in den Griff zu kriegen ist. Deswegen wird einer neuer manöverbasierter Auswertansatz entwickelt und implementiert. Nun werden die Daten zuerst in miteinander vergleichbare Handlungseinheiten - die Fahrmanöver - untergliedert. Diese sind die Basis für alle weiteren Auswertungen.

Im dritten Themengebiet, der Erfassung kritischer Fahrsituationen, wird der manöverbasierte Auswertansatz zum ersten Mal angewandt. Es wird exemplarisch gezeigt, dass durch die Auswertung miteinander vergleichbarer Handlungseinheiten gut interpretierbare Ergebnisse möglich sind. So werden die verwendeten Kriterien zur Detektion kritischer Fahrsituationen in Bezug auf verschiedene Fahrmanöver geprüft und mögliche Schwachstellen aufgedeckt. Außerdem entstehen durch die Unterteilung in Fahrmanöver sinnvoll Einheiten, die die Berechnung von Risikoparametern erlauben. Das Ergebnis, dass Telefonieren das Risiko für kritische Fahrsituationen im Folgefahren reduziert, stimmt mit den aus der Literatur bekannten Ergebnissen überein.

Insgesamt wird mit den durchgeführten Auswertungen gezeigt, dass mit NDS insbesondere normales Fahren beschrieben und z.B. auf situative Einflüsse hin untersucht werden kann. Auch die Analyse seltener Ereignisse, wie beispielsweise kritische Fahrsituationen, ist prinzipiell möglich. Es sind hierbei aber bereits bei der

Datenerhebung bestimmte Voraussetzungen zu erfüllen. Um aus NDS verständliche und gut interpretierbare Ergebnisse zu erhalten, ist es allerdings nötig, neue Auswertansätze zu entwickeln. Ansonsten läuft man Gefahr, das Potential der in NDS extrem aufwändig erhobenen Daten nicht auszuschöpfen. Basierend auf den durchgeführten inhaltlichen Analysen werden am Ende des Berichts Vor- und Nachteile von NDS diskutiert und es werden Empfehlungen für zukünftige Datenerhebungen und –auswertungen gegeben.

2 ZIELSETZUNG

Die Methode der Naturalistic Driving Study (NDS) wird in den letzten Jahren insbesondere im amerikanischen Raum immer beliebter. Unter methodischen Kriterien gehören NDS-Studien zur Gruppe der Fremdbeobachtungsmethoden mit stark bis vollständig apparativer Datenerfassung. Sie erheben ihre Daten im Feld unter Alltagsbedingungen, häufig (aber nicht zwingend) beim Fahren im eigenen Fahrzeug. Die Attraktivität einer NDS ist die „natürliche“ Umgebung, in der das Verhalten erfasst wird. Wann, wie, wo gefahren wird, wird vom Untersucher nicht bestimmt. Weiter wird alles dafür getan, das Fahrzeug trotz Messequipment so „normal“ wie möglich aussehen zu lassen. Ebenso beschränkt sich die Instruktion darauf, organisatorische Fragen der Studiendurchführung zu besprechen. Diese Charakteristika einer NDS sind alle darauf ausgerichtet, den Fahrer vergessen zu lassen, dass er überhaupt an einer Studie teilnimmt.

Die Gesamtheit dieser Gestaltungsmerkmale einer NDS führt zu zwei wesentlichen Charakteristika: (1) das beobachtete und in apparativen Größen beschriebene Verhalten ist nur wenig von der Tatsache des Beobachtetwerdens beeinflusst und (2) NDS eröffnen einen neuen Zugang zum Verständnis von Unfällen, deren Entstehen und Verlauf. Unfälle und Konflikte sind per Definition mit Gefährdungen verbunden, die einer experimentellen Untersuchung allein schon aus ethischen Gründen im Wege stehen. Aufgrund des Messansatzes erhebt NDS den Anspruch einer hohen externen Validität. Da die Fahrer nicht instruiert werden, kein Versuchsleiter im Fahrzeug anwesend ist und – so zumindest die Annahme – nach kurzer Zeit die Datenaufzeichnung vergessen, wird angenommen unverfälschtes alltägliches Fahrverhalten aufzuzeichnen. Dies führt dazu, dass Ergebnissen aus NDS häufig eine sehr hohe Bedeutung zugewiesen wird.

Hauptnachteil bei NDS ist der große organisatorische und finanzielle Aufwand bei der Datenerhebung. Dazu kommen neue Herausforderungen bei der Verwaltung und Analyse der Daten, da im Vergleich zu experimentellen Untersuchungen sehr große Datenmengen anfallen, aus denen je nach Fragestellung die relevanten Fahrten ausgewählt werden müssen. Insgesamt fällt es schwer, anhand der verfügbaren Veröffentlichungen zu NDS die tatsächlichen Möglichkeiten, Vor- und Nachteil der neuen Methode abzuschätzen.

Ziel der hier vorgestellten Arbeiten ist es, durch beispielhafte Analysen zu NDS-Fragestellungen eine bessere Einschätzung der Möglichkeiten von NDS zu erlangen. Im Rahmen des Projekts werden exemplarisch Auswertungen zu den drei folgenden inhaltlichen Themengebieten durchgeführt:

- Thema I: Beschreibung des „normalen“ Fahrens
- Thema II: Telefonieren beim Fahren
- Thema III: Erfassung kritischer Fahrsituationen

Die exemplarischen Auswertungen erbringen inhaltliche Erkenntnisse, die in den entsprechenden Abschnitten detailliert dargestellt werden. Sie werden aber auch genutzt, um fundierte Aussagen über die Möglichkeiten der NDS-Methode treffen zu

können. Unter diesem methodischen Gesichtspunkt sollen anhand der Analysen die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Was kann die Methode NDS leisten?
- Was ist bei der Erhebung von NDS-Daten zu beachten?
- Was ist bei der Auswertung von NDS-Daten zu beachten?

3 BESCHREIBUNG DER VERWENDETEN DATENBASIS

3.1 Allgemeines

Die in diesem Projekt verwendete Datenbasis wurde nicht im Rahmen einer NDS sondern in einem Field-Operational-Test (FOT) erhoben. Unter methodischen Kriterien gehören FOTs wie NDS zur Gruppe der Fremdbeobachtungsmethoden mit stark bis vollständiger apparativer Datenerfassung. Im Unterschied zu einer NDS will ein FOT eine neue Funktion (oder mehrere) in ihrer Verwendung im Feld unter normalen Betriebsbedingungen überprüfen. Üblicherweise wird ein quasi-experimentelles Design im Sinne von „Fahren mit vs. ohne Funktion“ verwendet. An Messgrößen wird eingeführt, was zu einer Beschreibung der untersuchten Funktion und ihres Gebrauchs notwendig ist. Aus dieser methodischen Struktur ergeben sich auch die Unterschiede zu einer NDS. Im FOT wird der Fahrer zumindest darüber instruiert, wann er die Funktion nutzen soll und wann nicht. Der Fahrer ist sich deshalb deutlicher bewusst unter Beobachtung zu stehen als dies bei einer NDS der Fall ist.

Aus der Notwendigkeit, dass der Teilnehmer an einem FOT in die Untersuchungsfrage eingeweiht werden muss, ergibt sich eine Ausrichtung der Aufmerksamkeit des Fahrers auf die untersuchte Funktion und damit ein geringerer Grad an „Naivität“ oder Unbefangenheit. Dies gilt in deutlich reduziertem Maße für alle anderen Fahr- und Bediencharakteristika, deren Grad an Reaktivität nicht anders ist als bei einer NDS. Für alle Fragestellungen, die sich nicht direkt auf eine oder mehrere der im FOT untersuchten Funktionen beziehen, ist die Verwendung von FOT-Daten für NDS-Fragestellungen durchaus zu vertreten. Notwendige Voraussetzung für eine solche Verwendung ist, dass in der Anlage eines FOT nicht nur die für die zu untersuchende Funktion relevanten Parameter erfasst werden, sondern ein sehr breiter Datenansatz realisiert wird.

Für die durchgeführten NDS-Analysen wird eine Datensatz verwendet, der im Rahmen eines FOT zur Auswirkung von Navigationssystemen erhoben wurde. Der FOT war Teil des von der europäischen Kommission geförderten Projekts euroFOT ([www.http://www.eurofot-ip.eu/](http://www.eurofot-ip.eu/)).

3.2 Datenaufzeichnung

Die Datenaufzeichnung in den Versuchsfahrzeugen startete mit Öffnen der Fahrtür und endete mit Abstellen des Motors. Sie beinhaltet die Aufzeichnung von Zeitverlaufsdaten aus den CAN- und anderen Fahrzeug-Bussen sowie von 4 extra für den Versuch verbauten Videokameras. Tabelle 3-1 gibt einen Überblick über die verwendeten Versuchsfahrzeuge sowie über die Datenaufzeichnung. In den E-Klasse-Fahrzeugen war zusätzlich eine Taste installiert, mit der eine Audioaufzeichnung vom Fahrer gestartet werden konnte. Dies ermöglichte es den Fahrern, Kommentare zum aktuellen Fahrgeschehen abzugeben.

Die aufgezeichneten Verlaufsdaten enthalten für beide Fahrzeugtypen eine Vielzahl von objektiven Parametern. Diese können herangezogen werden, um die

Handlungen des Fahrers im Fahrzeug als auch die Fahrsituation zu beschreiben. Zur Erfassung des Umfelds waren alle Fahrzeuge mit Spurverlassenswarner (Lane Departure Warning, LDW) und Abstandsregeltempomat (ACC) ausgestattet. Damit liegen Informationen zum Abstand zum Vorfahrenden sowie zur Spurposition vor. Die im Fahrzeug direkt aufgezeichneten Daten wurden mit Informationen aus der digitalen Karte sowie weiteren Parametern angereichert. Insgesamt steht somit pro Fahrt ein umfassender Satz an objektiven Verlaufsdaten zur Verfügung, der eine Beschreibung der Fahrsituation ermöglicht.

Tabelle 3-1: Übersicht über die Datenaufzeichnung.

	Fahrzeugtyp 1	Fahrzeugtyp 2
Fahrzeugtyp	E-Klasse	5er Limousine
Anzahl Fahrzeuge	15	15
Untersuchungszeitraum	12 Monate	12 Monate
Anzahl Fahrer	60	51
Datenaufzeichnung: Fahrzeugdaten	4 x CAN-Bus (10 Hz)	4 x CAN-Bus (20 Hz) MOST (20 Hz) FlexRay (20 Hz)
Video	4 Kameras (5 Hz)	4 Kameras (5 Hz)

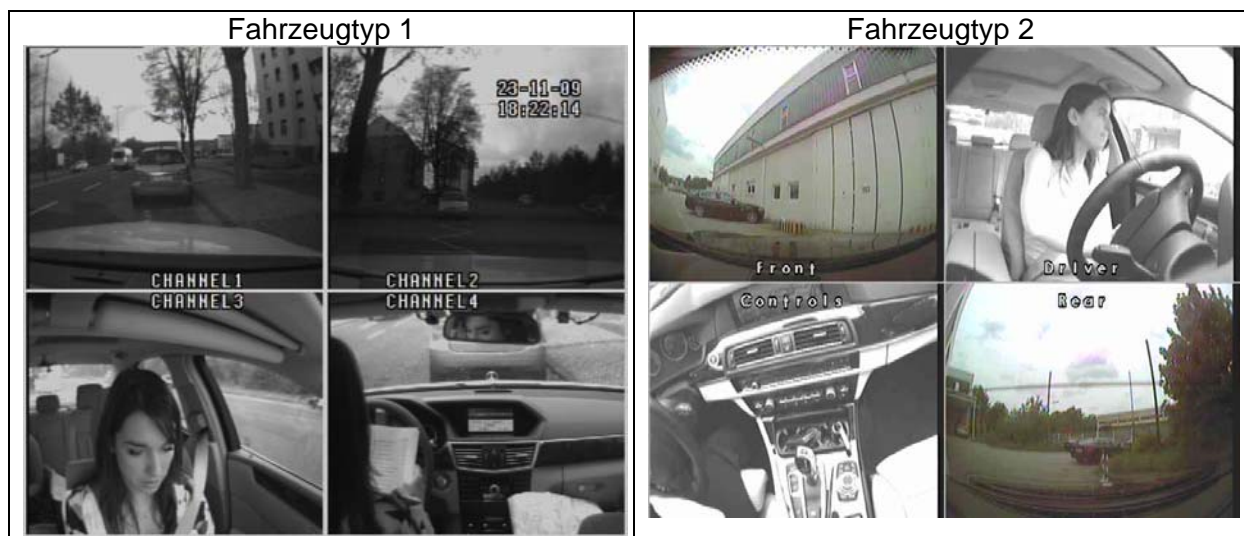


Abbildung 3-1: Standbild der Videoaufzeichnung im Fahrzeugtyp 1 (links) und Fahrzeugtyp 2 (rechts).

3.3 Datenbasis

Insgesamt sind für die Analysen Daten von 109 Fahrern verfügbar, die überwiegend je drei Monate an dem Versuch teilnahmen. Tabelle 3-2 gibt einen Überblick über die insgesamt in der Datenbasis verfügbaren Daten (getrennt für die beiden verwendeten Fahrzeugtypen). Anschließend werden die Daten aus den beiden Teilstichproben immer gemeinsam betrachtet. Für eine detailliertere Beschreibung der in euroFOT erhobenen Daten siehe Schoch et al. (2011).

Eine Möglichkeit sich die Menge der Fahrdaten zu verdeutlichen ist eine geografische Darstellung der Fahrtverläufe. Abbildung 3-2 zeigt die in der Datenbasis enthaltenen Fahrten für die gesamte Stichprobe.

Tabelle 3-2: Übersicht über die Datenbasis.

	Fahrzeugtyp 1	Fahrzeugtyp 2	Gesamt
Anzahl Probanden	64	51	115
Anzahl Probanden mit unvollständ. Datensatz	4	2	6
Anzahl Fahrten	24 274	15 429	39 703
Insgesamt gefahrene Kilometer	629 870	383 392	1 013 262
Aufgezeichnete Fahrstunden	9108	6021	15 129
Anzahl Versuchstage	4909	3799	8708

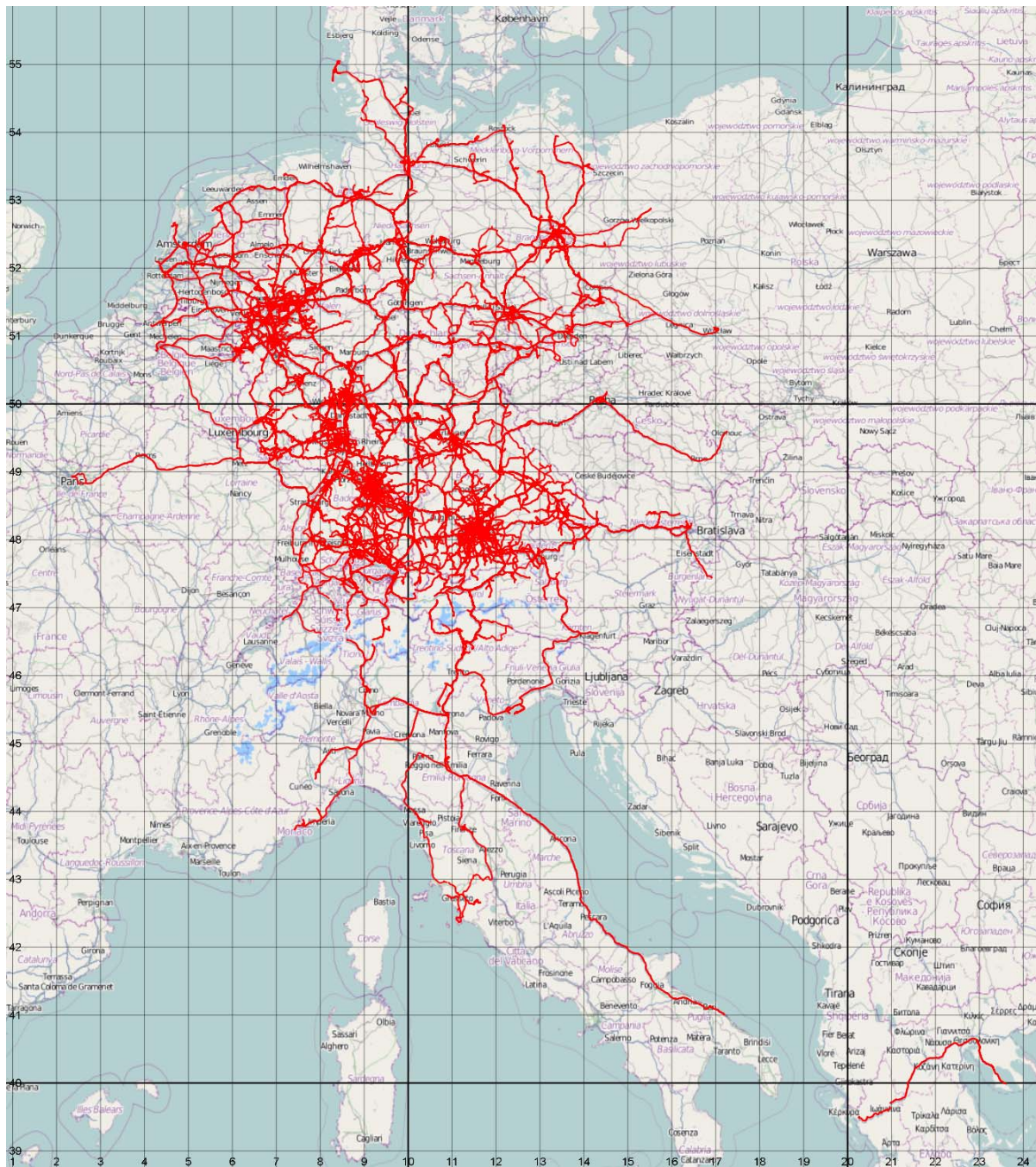


Abbildung 3-2: Grafische Darstellung aller aufgezeichneten Fahrten (Ausschnitt Europa).

Für die inhaltliche Auswertung der Daten ist weniger die Größe der gesamten Stichprobe als vielmehr die aufgezeichneten Daten pro Fahrer von Interesse. Für alle Fahrer, für die objektive Fahrdaten vorliegen, zeigt deswegen Tabelle 3-3 einige allgemeine Kenngrößen zu Beschreibung der im Untersuchungszeitraum erhobenen Daten.

Tabelle 3-3: Beschreibung der erhobenen Daten im Untersuchungszeitraum pro Fahrer.

	m	min	max
mittlere Fahrtdauer [h]	0.40	0.16	0.88
mittlere Fahrstrecke [km]	26.8	8.1	84.2
Summe Fahrtdauer [h]	133.5	20.7	394.5
Summe Fahrstrecke [km]	8941	1660	27 767
Anzahl Fahrten	351	61	975
Anzahl Tage im Versuch	85	58	128

Um einen ersten Eindruck über die aufgezeichneten Daten zu bekommen, wird die Nutzung der verschiedenen Streckentypen Autobahn, Überland und Innerorts dargestellt. Wie in Abbildung 3-3 zu erkennen ist, befinden sich die Fahrer die meiste Zeit Innerorts, der größte Anteil der Fahrstrecke wird allerdings auf Autobahnen zurückgelegt. Tabelle 3-4 zeigt zusätzlich zu den relativen Werten die Absolutwerte.

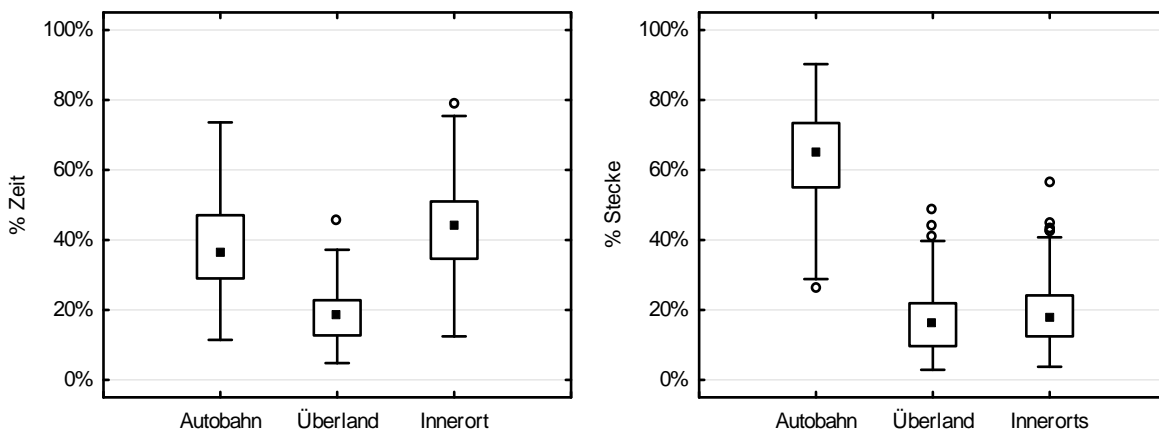


Abbildung 3-3: Zeitanteil (links) und Streckenanteil (rechts) auf den verschiedenen Straßenklassen.

Tabelle 3-4: Absolut aufgezeichnete Fahrzeit und –strecke pro Fahrer.

	m	min	max
AB Strecke gesamt [km]	6241	760	22287
Überland Strecke gesamt [km]	1478	115	4389
Innerorts Strecke gesamt [km]	1540	393	3811
AB Dauer gesamt [h]	53.96	7.43	191
Überland Dauer gesamt [h]	24.52	2.41	68.41
Innerorts Dauer gesamt [h]	56.60	17.99	158.08

Zur Beschreibung der zeitlichen Fahrzeugnutzung der Stichprobe wird die Verteilung der Fahrzeugbenutzung über den Tagesverlauf in Abbildung 3-4 dargestellt. Für die Verteilung wird jeder Tag in Abschnitte von einer Minute Länge unterteilt. Für jede Fahrt wird bestimmt, in welchen Abschnitten das Fahrzeug bewegt wurde. Dabei zeigen sich deutlich die sogenannten Morning- und Evening-Peaks, wenn viele Leute im Berufsverkehr unterwegs sind, wobei der Peak am Nachmittag noch ausgeprägter

ist. Tagsüber wird ebenfalls relativ viel gefahren. Am Abend werden die Fahrten immer weniger und verharren über die Nacht auf einem niedrigen Niveau.

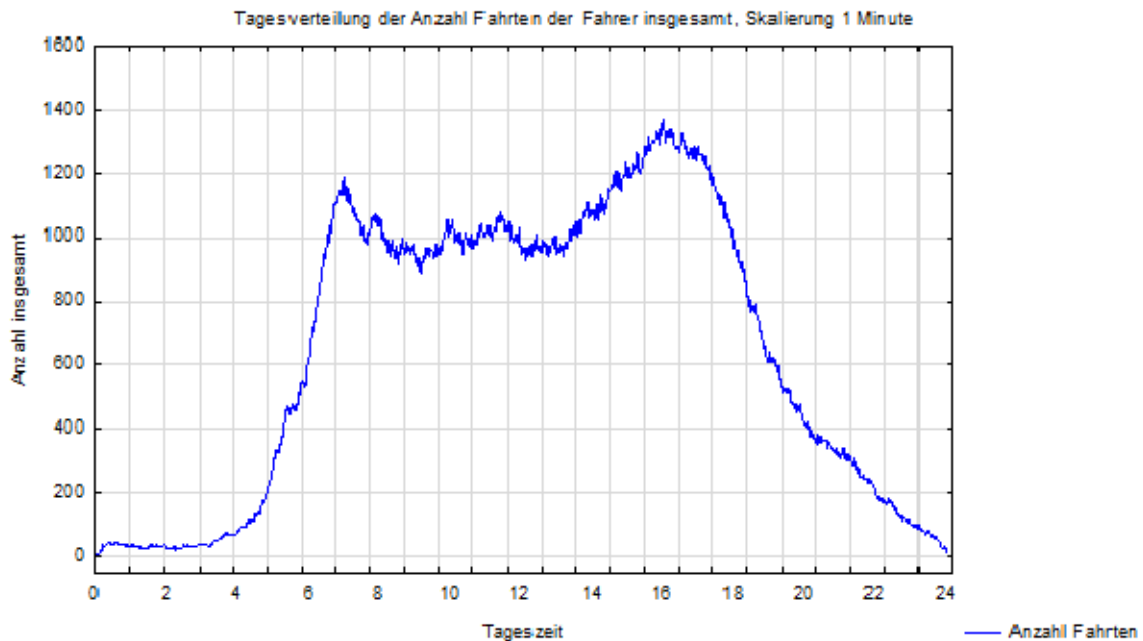


Abbildung 3-4: Fahrzeugnutzung über den Tag.

In diesem Projekt ist die Nutzung der Assistenzsysteme nicht im Hauptfokus der Analysen. Da sie dennoch einen wichtigen Aspekt des Fahrverhaltens beschreiben, wird der Zeitanteil, in dem mit aktivem ACC bzw. aktivem Spurverlassenswarner (LDW) gefahren wurde in Abbildung 3-5 gezeigt. Für beide Systeme ist die Nutzungshäufigkeit auf der Autobahn am höchsten. Am seltensten werden die Systeme Innerorts genutzt. Für den Spurverlassenswarner ist die große Streuung zwischen den Fahrern auffällig. Ein Teil der Fahrer hat das System einen Großteil der Zeit eingeschaltet, es gibt aber unabhängig vom Straßentyp einen Anteil von mindestens 25% der Fahrer, der das System nie anschaltet.

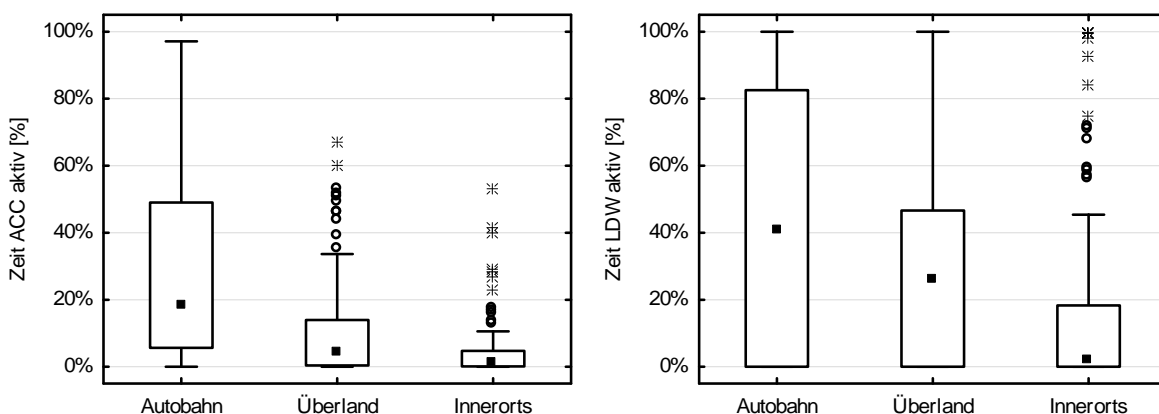


Abbildung 3-5: Anteil der Zeit, in dem mit aktivem ACC (links) bzw. mit aktivem Lane-Departure-Warning (rechts) gefahren wird.

3.4 Einordnung der Stichprobe

Zusätzlich zu den objektiv erhobenen Daten für die im Untersuchungszeitraum durchgeführten Fahrten füllten alle Fahrer eine Reihe von Fragebögen aus. Nur vier der teilnehmenden Fahrer sind Frauen. Acht Fahrer geben an, dass ihre Muttersprache nicht Deutsch ist.

Tabelle 3-5: Stichprobenbeschreibung.

	m	min	max
Alter [Jahre]	44	25	66
Km im letzten Jahr	44 459	10 000	140 000
Fahrpraxis PKW [Jahre]	25	6	48

Für eine Einordnung der Fahrer werden ihre Mobilitätskennzahlen mit Werten der Studie „Mobilität in Deutschland 2008 – MiD 2008 (Follmer et al., 2010) verglichen (siehe Tabelle 3-6). In dieser Studie wurde eine große repräsentative Stichprobe über ihr Mobilitätsverhalten an einem Stichtag befragt. Daraus wurden Kennwerte für die Mobilität in ganz Deutschland abgeleitet. Dies erfolgt anhand der Anzahl Wege pro Tag, der Wegzeit und –länge pro Fahrt sowie des Anteils Alleinfahrten. Zur besseren Einschätzung der Größen werden zusätzlich Minimum und Maximum der gemittelten Werte pro Fahrer angegeben.

Tabelle 3-6: Vergleich der euroFOT-Stichprobe mit vergleichbarer Teilmenge der MiD-2008-Studie.

	MiD 2008	NDS-Stichprobe		
		m	min	max
Anzahl Wege als Fahrer pro Tag	1.46	4.75	1.61	7.43
Zeit pro Weg [min]	21.0	24.0	9.6	52.8
Strecke pro Weg [km]	14.7	26.8	8.1	84.2

Die Fahrer der euroFOT-Stichprobe führen deutlich mehr Fahrten pro Tag durch als es von der MiD 2008 als repräsentativ angegeben wird. Ebenso unterscheidet sich die Wegstrecke in gleicher Richtung, wohingegen die Wegzeit pro Fahrt vergleichbar bleibt. Dies lässt auf einen höheren Anteil an Autobahnfahrten schließen. Die untersuchte Stichprobe besteht somit überwiegend aus Häufig- und Langfahrern. Was die Repräsentativität der Ergebnisse weiter einschränkt ist, dass die Stichprobe fast ausschließlich aus Männern mittleren Alters besteht. Damit ist offensichtlich, dass die Stichprobe nicht für die Gesamtheit der Fahrer in Deutschland repräsentativ ist.

4 THEMA I: BESCHREIBUNG DES „NORMALEN“ FAHRENS

4.1 Hintergrund

Der überwiegende Teil der in NDS erhobenen Daten umfasst Abschnitte des „normalen“ Fahrens. Normal ist in diesem Fall so zu verstehen, dass in den aufgezeichneten Fahrten nichts Außergewöhnliches stattfand, sondern dass der Fahrer eine alltägliche Fahrt absolviert. Damit sollten NDS-Daten besonders geeignet sein, das alltägliche Fahren zu beschreiben und hier nach Einflüssen der Fahrsituation bzw. nach stabilen Unterschieden zwischen den Fahrern zu suchen. Die Frage nach stabilen interindividuellen Unterschieden im alltäglichen Fahren ähnelt der Suche nach und Beschreibung von Fahrertypen bzw. -stilen. In der Literatur wird versucht, den Fahrertyp über Befragungsverfahren zu bestimmen. Zur Validierung der hierfür entwickelten Fragebögen werden einzelne Testfahrten bzw. Informationen zu Unfallhäufigkeiten herangezogen. NDS-Daten bieten nun die Möglichkeit, die Befragungsverfahren nicht nur mit punktuellen Messungen des Fahrverhaltens sondern mit dem über einen längeren Zeitraum erhobenen, alltäglichen Fahrverhalten in Verbindung zu bringen.

4.2 Exkurs: Berechnung relativer Größen

Da sich die Fahrer in Länge und Dauer der durchgeführten Fahrten deutlich unterscheiden, ist für die meisten Fragestellungen die Auswertung absoluter Häufigkeiten sinnfrei. Stattdessen müssen Kennwerte, die Häufigkeiten oder Anteile eines bestimmten Ereignisses beschreiben, entweder in Bezug zur Zeit oder zur gefahrenen Strecke normiert werden. Für viele Fragestellungen ist eine Normierung in Abhängigkeit der Zeit sinnvoll. Im Folgenden wird häufig in Bezug zur Gesamtmesszeit normiert. Die Gesamtmesszeit ist als die Zeit definiert, in der für einen Fahrer der Motor an war, in der aber nicht unbedingt gefahren wird (d.h. Standzeiten sind eingeschlossen). Demgegenüber kann man in Bezug zur Gesamtfahrzeit normieren, d.h. in diesem Fall sind Standzeiten nicht berücksichtigt. Normiert man streckenbezogen, stellt sich das Problem der Standzeiten nicht, da sich im Stand die insgesamt zurückgelegte Strecke nicht ändert. Als dritte Möglichkeit kann man in Bezug zur Anzahl aufgezeichneter Fahrten normieren. Dies bietet sich insbesondere für Kennwerte an, die pro Fahrt berechnet werden (beispielsweise der Anteil Nachtfahrten).

Bei einer Vielzahl von Auswertungen ist die Grundlage der relativen Größe zusätzlich vom verwendeten Parameter und der Fragestellung beeinflusst. Interessiert man sich beispielsweise für die Häufigkeit von Spurübertretungen Innerorts, ist die Grundmenge alle Messzeitpunkte, in denen sich der Fahrer Innerorts befindet und zu denen die Spurposition erfasst ist. Die Messpunkte Innerorts, an denen keine Spurposition erfasst ist, werden nicht berücksichtigt, da hier auch keine Aussagen zu Spurübertretungen möglich sind.

Für die Auswertung werden die Kennwerte zuerst pro Fahrt berechnet und anschließend pro Fahrer zusammengefasst. In den Analysen gehen die Fahrer als statistische Fälle ein.

4.3 Beschreibung des normalen Fahrverhaltens

4.3.1 Geschwindigkeit

Ein zentraler Parameter zur Beschreibung des Fahrverhaltens ist die gefahrene Geschwindigkeit. Als wichtiger Einflussfaktor wird, wie auch schon bei der Nutzung der Assistenzsysteme, der Straßentyp berücksichtigt. Wenig überraschend ergibt sich ein starker Einfluss des Straßentyps auf die gefahrene Durchschnittsgeschwindigkeit.

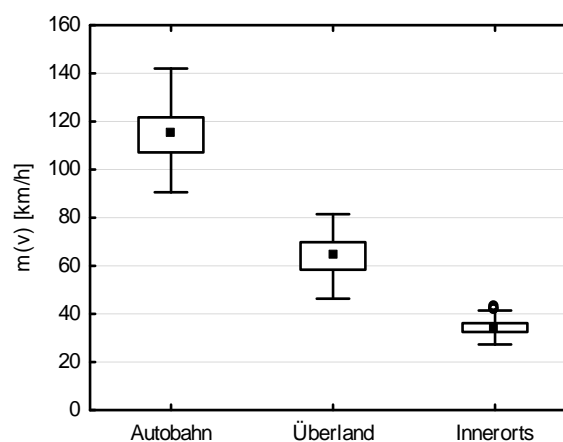


Abbildung 4-1: Durchschnittsgeschwindigkeiten getrennt nach den verschiedenen Straßenklassen.

Um zu untersuchen, ob es einen intraindividuellen Zusammenhang zwischen den auf den verschiedenen Straßentypen präferierten Geschwindigkeiten gibt, wird über die Fahrer hinweg die Korrelation der Geschwindigkeiten auf den verschiedenen Straßenklassen bestimmt. Es ergeben sich zwischen allen Straßenklassen signifikant positive Korrelationen. Diese bedeutet, dass Fahrer die Innerorts eine eher hohe Geschwindigkeit präferieren, dies auch auf der Autobahn tun. Gleichzeitig fahren Personen die über Land eher langsam unterwegs sind, auch Innerorts eher langsam, etc. Abbildung 4-2 verdeutlicht den beschriebenen Zusammenhang noch einmal grafisch.

Tabelle 4-1: Mittelwert (m) und Standardabweichung (sd) der mittleren Geschwindigkeit (v). Die zwei rechten Spalten zeigen die Korrelationen zwischen den Straßenklassen. Signifikante Korrelationen werden rot dargestellt.

	$m(v)$	$sd(v)$	Überland	Innerorts
Autobahn	115.0	11.41	0.445	0.366
Überland	64.2	7.29	-	0.414
Innerorts	34.3	3.06		-

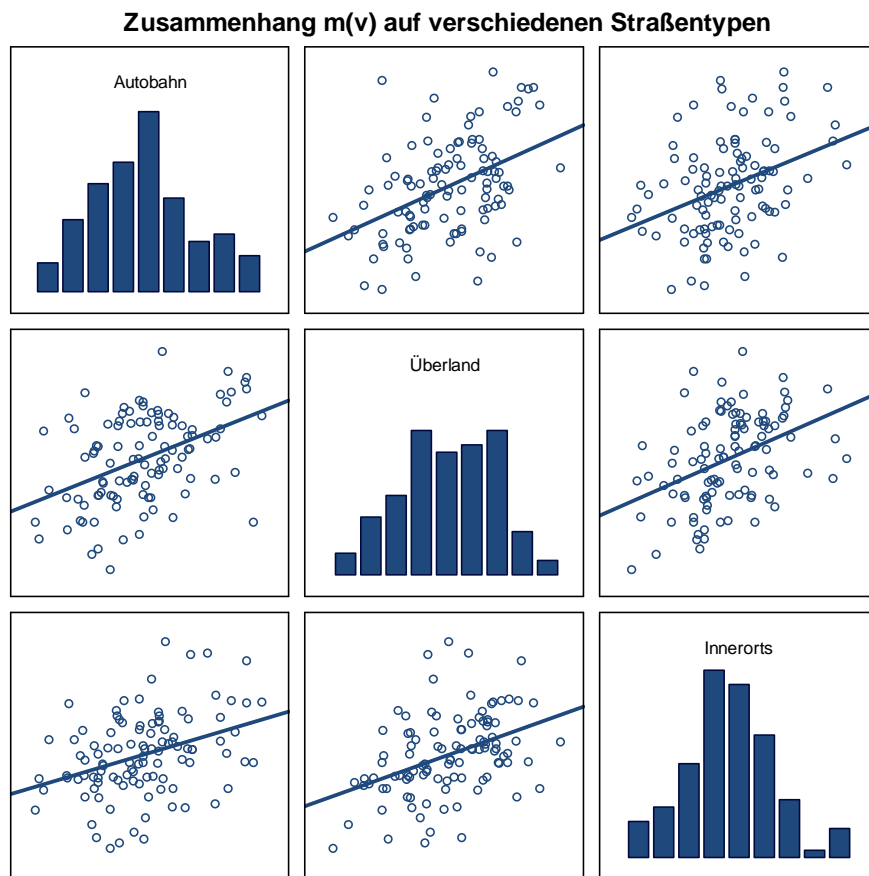


Abbildung 4-2: Grafische Veranschaulichung der Korrelationen zwischen den Straßenklassen.

Als weiterer Parameter zur Beschreibung der Geschwindigkeitswahl wird der Zeitanteil mit Überschreitung des Geschwindigkeitslimits bestimmt. Hierbei wird in mittlere Überschreitungen (zwischen 10 und 20 km/h über dem Limit) und starke Überschreitungen (mehr als 20 km/h über dem Limit) unterschieden.

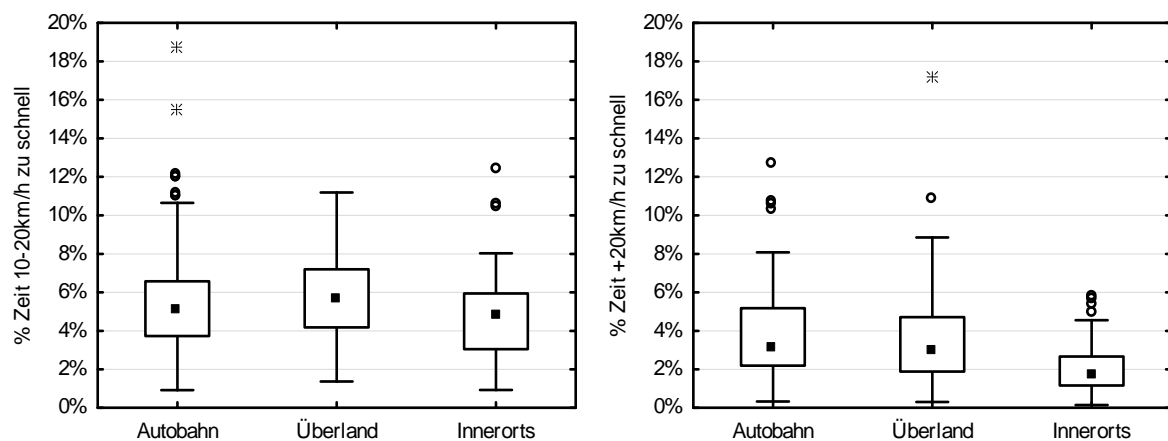


Abbildung 4-3: Zeitanteil mit mittlere (links) und starker (rechts) Geschwindigkeitsüberschreitung.

Auch für die beiden Parameter zur Geschwindigkeitsüberschreitung ergeben sich signifikant positive Korrelationen zwischen allen Straßentypen. Dies bedeutet wie auch schon bei der mittleren Geschwindigkeit, dass Fahrer, die auf einem Streckentyp dazu neigen, schneller als erlaubt zu fahren, dies auch auf anderen Streckentypen tun. Hier sind die Zusammenhänge sogar höher als dies bei der mittleren Geschwindigkeit der Fall war. Eine zu Abbildung 4-2 vergleichbare grafische Darstellung der Zusammenhänge findet sich auch für alle weiteren Parameter im Anhang 11.3.

Tabelle 4-2: Mittelwert und Standardabweichung des Zeitanteils mit Geschwindigkeitsüberschreitung zwischen 10 und 20km/h. Die zwei rechten Spalten zeigen die Korrelationen zwischen den Straßenklassen. Signifikante Korrelationen werden rot dargestellt.

	m(%10-20km/h)	sd(%10-20km/h)	Überland	Innerorts
Autobahn	5.62%	3.04%	0.595	0.528
Überland	5.81%	2.15%	-	0.787
Innerorts	4.63%	2.18%		-

Tabelle 4-3: Mittelwert und Standardabweichung des Zeitanteils mit Geschwindigkeitsüberschreitung von über 20km/h. Die zwei rechten Spalten zeigen die Korrelationen zwischen den Straßenklassen. Signifikante Korrelationen werden rot dargestellt.

	m(+20km/h)	sd(+20km/h)	Überland	Innerorts
Autobahn	3.77%	2.32%	0.552	0.580
Überland	3.56%	2.48%	-	0.656
Innerorts	1.96%	1.24%		-

4.3.2 Abstandsverhalten

Zur Bestimmung des Abstandsverhaltens werden pro Straßentyp und Fahrer relative Verteilungen des Sekundenabstands (Time-Head-Way, THW) über die Zeit bestimmt, in der die Parameter definiert sind. Dies bedeutet, dass der gesamte Datensatz auf die Zeitabschnitte beschränkt wird, in denen ein Vorderfahrzeug detektiert ist. Abbildung 4-4 zeigt den Anteil der Gesamtfahrzeit, die sich die Fahrer auf den verschiedenen Straßenklassen im Folgefahren befinden.

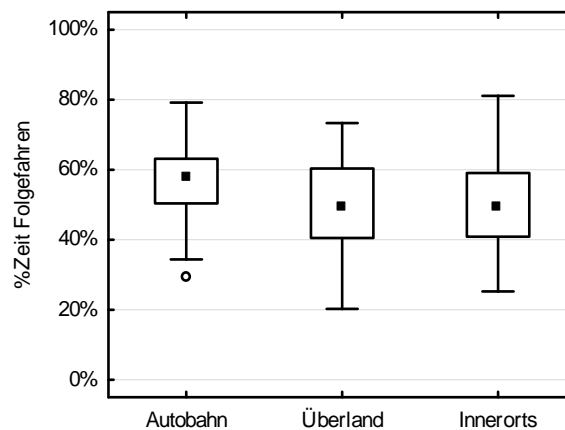


Abbildung 4-4: Zeitanteil im Folgefahren.

Abbildung 4-5 zeigt beispielhaft die bei der Auswertung pro Fahrer resultierende Verteilung des THWs für Innerortsabschnitte.

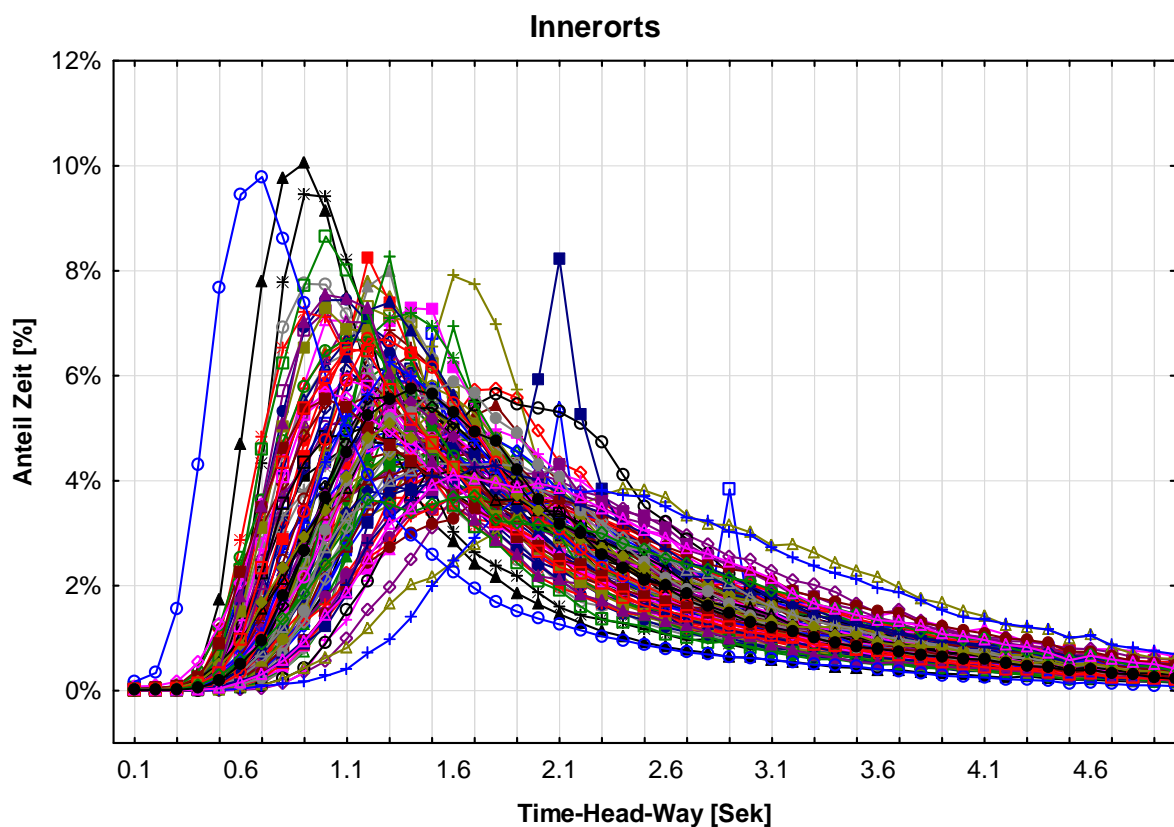


Abbildung 4-5: Relative Verteilung des gewählten Sekundenabstands pro Fahrer auf Innerortstrecken.

Pro Fahrer wird zur Beschreibung des präferierten THWs der Modus der gezeigten Verteilung ermittelt. Es zeigt sich, dass der am häufigsten gewählte THW auf Autobahnen am geringsten und Innerorts am größten ist. Diese Änderung des THWs in Abhängigkeit der Straßenklasse ist signifikant ($F(2,206)=73.1, p<0.001$). Parallel zu den Auswertungen der Geschwindigkeitsparameter, wird auch für den präferierten THW Korrelation zwischen den Straßenklassen bestimmt (Tabelle 4-4). Erneut

ergeben sich signifikant positive Korrelationen zwischen allen Straßenklassen. Dies bedeutet, dass Fahrer unabhängig von der Straßenklasse entweder einen großen Abstand zum Vorfahrenden präferieren oder aber dazu neigen, dicht aufzufahren.

Tabelle 4-4: Mittelwert und Standardabweichung des präferierten THW. Die zwei rechten Spalten zeigen die Korrelationen zwischen den Straßenklassen. Signifikante Korrelationen werden rot dargestellt.

	m(THW)	sd(THW)	Überland	Innerorts
Autobahn	1.06	0.31	0.613	0.553
Überland	1.23	0.32	-	0.705
Innerorts	1.37	0.30		-

Vergleichbar zur Auswertung der Geschwindigkeit, werden zwei Parameter bestimmt, die die Tendenz der Fahrer zu Fahrregelverstößen beschreiben (in diesem Fall zu sehr dichtem Auffahren). Zum einen werden der Anteil Zeit mit einem sehr kleinen THW (< 0.5 Sekunden, THW krit), zum anderen der Anteil Zeit mit einer sehr kleinen Time-to-Collision (< 1.75 Sekunden, TTC krit) bestimmt.

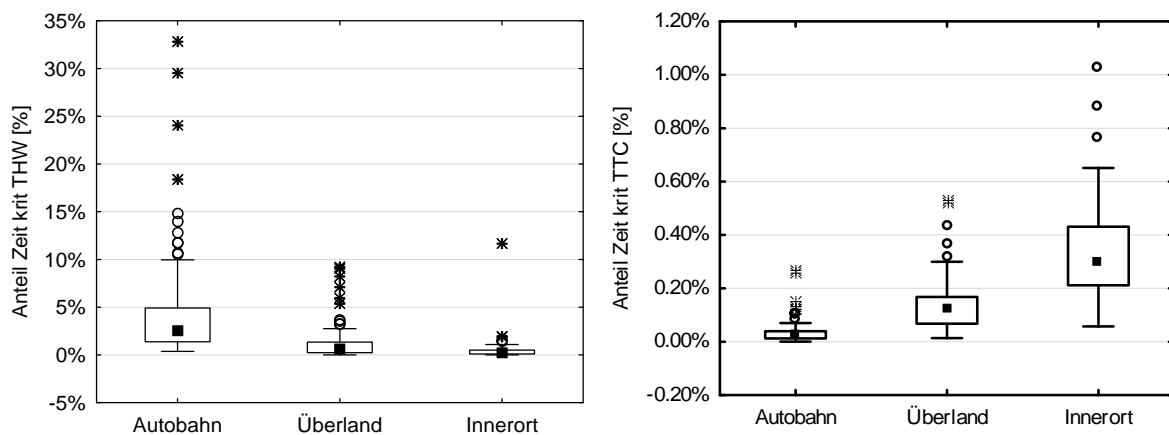


Abbildung 4-6: Zeitanteil mit sehr kleinem THW (links) und mit sehr kleiner TTC (rechts).

Für beide Parameter wird wieder die Korrelation zwischen den verschiedenen Straßenklassen bestimmt (Tabelle 4-5 und Tabelle 4-6). Erneut ergeben sich für beide Parameter signifikant positive Korrelationen zwischen den Straßenklassen.

Tabelle 4-5: Mittelwert und Standardabweichung des Zeitanteils mit THW < 0.5 Sekunden. Die zwei rechten Spalten zeigen die Korrelationen zwischen den Straßenklassen. Signifikante Korrelationen werden rot dargestellt.

	m(%THW krit)	sd(%THW krit)	Überland	Innerorts
Autobahn	4.45%	5.53%	0.860	0.672
Überland	1.22%	1.80%	-	0.647
Innerorts	0.48%	1.17%		

Tabelle 4-6: Mittelwert und Standardabweichung des Zeitanteils mit TTC < 1.75 Sekunden. Die zwei rechten Spalten zeigen die Korrelationen zwischen den Straßenklassen. Signifikante Korrelationen werden rot dargestellt.

	m(%TTCKrit)	sd(%TTCKrit)	Überland	Innerorts
Autobahn	0.036%	0.043%	0.609	0.438
Überland	0.134%	0.095%	-	0.705
Innerorts	0.330%	0.172%		

4.3.3 Spurhaltung

Zur Beschreibung der Spurhaltung werden nur Parameter verwendet, die mit Spurfehlern in Verbindung stehen. Beschreibende Parameter wie die Standardabweichung der Spurposition sind auf die vorliegenden Daten nur schwer als globale Parameter anzuwenden, da sie stark von situativen Einflüssen wie dem Straßenverlauf beeinflusst werden. Abbildung 4-7 zeigt den Anteil Zeit mit einer sehr kleinen Time-to-Line crossing (kleiner 1 Sekunde, TLC krit) sowie die Anzahl Spurverletzungen pro Stunde (nur berechnet für durchgezogene Linien).

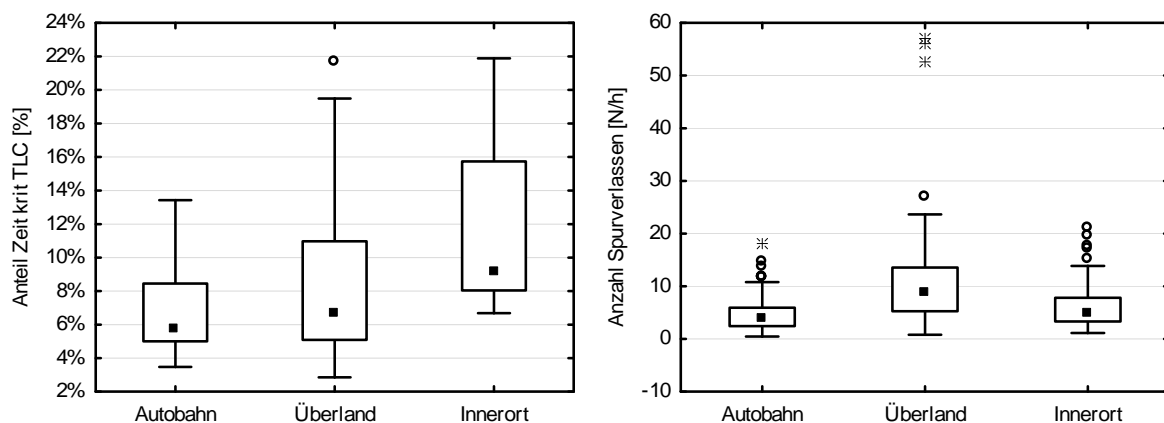


Abbildung 4-7: Zeitanteil mit einer TLC < 1 Sekunde (links) und Anzahl Spurverlassen pro Stunde (rechts).

Wie bei den vorherigen Parametern auch, ergeben sich für den Zeitanteil mit sehr kleiner TLC signifikant positive Korrelationen zwischen den drei Straßentypen. Für die Anzahl Spurverlassen pro Stunde sind die Zusammenhänge deutlich geringer ausgeprägt und werden teilweise gar nicht signifikant (Tabelle 4-8).

Tabelle 4-7: Mittelwert und Standardabweichung des Zeitanteils mit einer Time-to-Line-Crossing kleiner 1.0 Sekunden. Die drei rechten Spalten zeigen die Korrelationen zwischen den Straßenklassen. Signifikante Korrelationen werden rot dargestellt.

	m(%TLCKrit)	sd(%TLC krit)	Überland	Innerorts
Autobahn	6.8%	2.5%	0.772	0.804
Überland	8.2%	4.1%	-	0.827
Innerorts	11.5%	4.2%		-

Tabelle 4-8: Mittelwert und Standardabweichung von Anzahl Spurverlassen pro Stunde. Die drei rechten Spalten zeigen die Korrelationen zwischen den Straßenklassen. Signifikante Korrelationen werden rot dargestellt.

	m(Spur / h)	sd(Spur / h)	Überland	Innerorts
Autobahn	4.65	3.32	0.605	0.156
Überland	10.84	9.72	-	0.308
Innerorts	6.08	4.00	-	-

4.4 Subjektive Angaben

Im Rahmen der Untersuchung wurden von den Fahrern unter anderem die folgenden subjektiven Daten erhoben:

- Angaben zu Unfallbeteiligungen in den letzten Jahren;
- Angabe, ob und warum schon einmal der Führerschein entzogen wurde;
- Sensation Seeking Questionnaire nach Arnett (1994);
- Driver Behaviour Questionnaire(DBQ) in einer Version mit 28 Items (Mattsson, 2012);

Der Sensation Seeking Questionnaire erfasst das Bedürfnis der Menschen, Neues bzw. Spannendes zu erleben. Für den Sensation Seeking Questionnaire lässt sich ein Gesamtwert, sowie Werte auf den Subskalen Novelty und Intensity auswerten. Es wird angenommen, dass Fahrer, die hohe Werte im Sensation Seeking aufweisen, auch im Fahren intensives Erleben (bspw. durch schnelles Fahren) suchen und deswegen zu einer riskanteren Fahrweise neigen.

Der DBQ möchte die Tendenz der Fahrer zu Fahrfehlern bzw. Fahrregelverstößen erfassen. Er besteht aus den Subskalen Aggressive Violation, Ordinary Violation, Slips und Lapses. Die ersten beiden Skalen erfassen die Neigung zu Fahrregelverstößen, die beiden anderen zu Fahrfehlern.

Tabelle 4-9: Korrelation zwischen den verschiedenen Skalen der Fragebögen. Signifikante Korrelationen sind rot gedruckt.

	m	sd	Sens. Seek.		DBQ			
			Novelty	Intensity	Aggr. Viol.	Ord. Viol.	Slips	Lapses
SS - All	2.66	0.31	0.88	0.82	0.00	0.19	0.07	0.06
Novelty	2.71	0.39	-	0.46	-0.07	0.00	0.03	0.10
Intensity	2.60	0.32		-	0.09	0.35	0.09	-0.01
Aggr. Viol.	0.40	0.39			-	0.51	0.34	0.13
Ordin. Viol.	0.79	0.44				-	0.45	0.33
Slips	0.26	0.27					-	0.60
Lapses	0.60	0.40						-

Zwischen den Subskalen der Fragebögen ergeben sich die in Tabelle 4-9 gezeigten Korrelationen. Die beiden Subskalen des Sensation Seeking Fragebogens korrelieren erwartungsgemäß hoch mit dem Gesamtwert für Sensation Seeking aber auch mit mittlere Höhe untereinander. Beim DBQ korrelieren die beiden Violation-Skalen sowie die beiden Error-Skalen jeweils in mittlere Höhe. Es gibt keine

signifikanten Korrelationen zwischen den beiden Fragebögen. Dies bedeutet, dass das als Sensation Seeking erfasste Verhalten in keinem Zusammenhang zu dem, über den DBQ erfassten Fahrverhalten steht.

4.5 Fahrertypen: Zusammenhang zwischen den verschiedenen Parametern

In der Literatur gibt es immer wieder Versuche, Fahrertypen zu definieren. Ein Ansatz hierbei ist, bestimmte Eigenschaften der Fahrer (z.B. Persönlichkeit, subjektive Angaben zum Fahrverhalten) mit objektiven Kriterien in Verbindung zu setzen. Im Rahmen der Untersuchung wurden zum einen die bereits beschriebenen Fragebögen zur Persönlichkeit bzw. zum Fahrverhalten erhoben. Zum anderen wurden die Fahrer gefragt, ob sie bereits einmal den Führerschein verloren haben bzw. ob und was für Unfälle sie bisher hatten. Solche Angaben werden in der Literatur häufig verwendet, um die Vorhersagekraft von Persönlichkeits- bzw. Fahrverhaltensfragebögen zu validieren.

In Bezug auf Unfälle sollten die Fahrer angeben, wann ein Unfall stattfand und ob sie Schuld bzw. Teilschuld an den angegebenen Unfällen hatten. Als mögliche Kennzahlen für die Unfallhäufigkeit wird die Anzahl angegebener Unfälle insgesamt, die Anzahl der Unfälle in den letzten 10 Jahren (d.h. seit 2001) sowie eine gewichtete Anzahl von Unfällen seit 2001 bestimmt. Für die gewichtete Unfallzahl werden Unfälle ohne Eigenverschulden einfach, Unfälle mit Teilschuld 1.5-fach und selbstverschuldete Unfälle 2-fach gezählt. Als weitere mögliche Einflussfaktoren werden neben den Ergebnissen der Persönlichkeitsskalen auch die absolute Fahrerfahrung in Jahren sowie die Fahrleistung in den letzten 12 Monaten berücksichtigt. Hintergrund dieses Vorgehens ist, dass unter Umständen Fahrer, die viel fahren, eine insgesamt erhöhte Wahrscheinlichkeit haben, in Unfälle verwickelt zu werden oder den Führerschein zu verlieren.

Tabelle 4-10: Zusammenhang zwischen berichteten Unfällen bzw. Führerscheinverlust und den Ergebnissen der Persönlichkeitsfragebögen. Signifikante Korrelationen werden rot dargestellt.

	Fahrpraxis Jahre	Km letzte 12 Monate	Sensation Seeking			DBQ			
			all	Nov.	Intens	Agg. Viol.	Ord. Viol.	Slips	Lapses
Unfälle gesamt	0.07	-0.04	0.09	-0.00	0.17	0.27	0.33	0.09	0.12
Gew. Unfälle seit 2001	0.05	0.00	0.05	-0.00	0.09	0.09	0.25	0.15	0.16
Unfälle seit 2001	0.05	0.04	0.02	-0.07	0.13	0.11	0.31	0.18	0.16
Führerschein- entzug	-0.09	-0.10	0.08	0.14	-0.02	0.21	0.11	0.15	-0.01

Es zeigt sich, dass zwischen den drei Unfallparametern und der Subskala Ordinary Violation des DBQ signifikante Korrelationen zu finden sind. Die Subskala Aggressive Violations korreliert signifikant mit der Gesamtzahl an Unfällen sowie mit der Angabe, ob die Fahrer bereits einmal den Führerschein verloren haben oder nicht. Die Höhe der Korrelation liegt im Bereich der in der Literatur berichteten mittleren Korrelation zwischen den Subskalen des DBQ zu Violation und Unfallzahlen

(de Winter & Dodou, 2010). Fahrpraxis und Fahrleistung stehen in keinem Zusammenhang zu den berichteten Unfällen.

Neben den Zusammenhängen zwischen den verschiedenen subjektiven Indikatoren des Fahrverhaltens, kann man auch untersuchen, ob Zusammenhänge zwischen objektiven Fahrverhaltensparametern zu finden sind. Dies wird getrennt für die verschiedenen Straßenklassen durchgeführt (siehe Tabelle 4-11,

Tabelle 4-12,

Tabelle 4-13).

Unabhängig vom Straßentyp ergeben sich ähnliche Zusammenhänge zwischen den einzelnen Parametern:

- Eine höhere mittlere Geschwindigkeit steht in Zusammenhang mit einem höheren Anteil an Geschwindigkeitsübertretungen. Dieser Zusammenhang ist auf der Autobahn am geringsten und Innerorts am stärksten ausgeprägt.
- Ein geringer präferierter THW zum Vorderfahrzeug steht mit einem erhöhten Anteil sehr kleiner Abstände, sowohl über THW als auch über TTC ermittelt, in Zusammenhang. Fahrer mit einem hohen Anteil von einem sehr kleinem THW haben auch einen hohen Anteil mit sehr kleiner TTC. Dieser Zusammenhang ist auf der Autobahn am stärksten und Innerorts am geringsten ausgeprägt.
- Der Zusammenhang zwischen den beiden Spurparametern hängt vom Straßentyp ab: auf der Autobahn gibt es keinen bedeutsamen Zusammenhang. Innerorts und auf der Landstraße haben Fahrer mit einem höheren Zeitanteil einer sehr kleiner TLC auch häufiger Spurverlassensereignisse. Der Zusammenhang ist Innerorts deutlich stärker ausgeprägt als auf der Landstraße.
- Innerorts und auf der Autobahn steht schnelleres Fahren mit geringeren präferierten Abständen in Zusammenhang. Eine höhere Geschwindigkeit ist außerdem mit einem höheren Anteil sehr kleinem THWs verbunden. Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der mittleren Geschwindigkeit und dem Zeitanteil mit sehr kleiner TTC.
- Fahrer mit einem höheren Anteil an Geschwindigkeitsübertretungen präferieren kleinere Abstände. Dies führt auch zu einem höheren Anteil mit sehr kleinem THW. Der Zusammenhang zwischen dem Zeitanteil mit Geschwindigkeitsübertretung und dem Anteil sehr kleiner TTC ist von der Straßenklasse abhängig: Innerorts gibt es überhaupt keinen, Überland nur mit dem Zeitanteil hoher Geschwindigkeitsübertretungen und auf der Autobahn mit mäßigen und hohen Geschwindigkeitsübertretungen.
- Nur auf der Autobahn gibt es einen Zusammenhang zwischen der mittleren Geschwindigkeit und den Spurparametern. Umso schneller gefahren wird, desto schlechter ist die Spurhaltung. Auf allen drei Straßenklassen steht ein höherer Zeitanteil mit Geschwindigkeitsübertretung mit einem höheren Anteil sehr kleiner TLC in Zusammenhang. Es gibt keinen Zusammenhang zur Häufigkeit von Spurübertretungen.

- Es gibt keinen systematischen Zusammenhang zwischen den Abstandsparametern und der Spurrhaltung.

Tabelle 4-11: Zusammenhang zwischen den verschiedenen Fahrparameter auf Autobahnabschnitten. Signifikante Korrelationen werden rot dargestellt.

	+ (10-20) km/h	+ >20 km/h	mod (THW)	Krit THW	Krit TTC	Krit TLC	Spur / h
m(v)	0.250	0.249	-0.207	0.242	0.149	0.519	-0.262
+10-20 km/h	-	0.553	-0.243	0.181	0.196	0.301	0.024
+ > 20 km/h		-	-0.434	0.458	0.419	0.325	0.172
Mod (THW)			-	-0.590	-0.488	-0.168	-0.056
Krit THW				-	0.853	0.326	0.030
Krit TTC					-	0.330	0.041
Krit TLC						-	-0.136

Tabelle 4-12: Zusammenhang zwischen den verschiedenen Fahrparameter auf Überlandabschnitten. Signifikante Korrelationen werden rot dargestellt.

	+ (10-20) km/h	+ >20 km/h	mod (THW)	Krit THW	Krit TTC	Krit TLC	Spur / h
m(v)	0.424	0.359	-0.159	0.234	-0.098	0.160	-0.087
+10-20 km/h	-	0.630	-0.284	0.252	0.144	0.245	-0.093
+ > 20 km/h		-	-0.318	0.370	0.239	0.389	0.024
Mod(THW)			-	-0.521	-0.352	0.130	-0.116
Krit THW				-	0.561	0.229	0.018
Krit TTC					-	0.125	0.157
Krit TLC						-	0.201

Tabelle 4-13: Zusammenhang zwischen den verschiedenen Fahrparameter auf Innerortsabschnitten. Signifikante Korrelationen werden rot dargestellt.

	+ (10-20) km/h	+ >20 km/h	mod (THW)	Krit THW	Krit TTC	Krit TLC	Spur / h
m(v)	0.706	0.457	-0.312	0.298	0.001	-0.047	-0.145
+10-20 km/h	-	0.695	-0.378	0.417	0.063	0.217	-0.037
+ > 20 km/h		-	-0.329	0.323	0.193	0.241	0.013
Mod(THW)			-	-0.390	-0.409	0.085	0.163
Krit THW				-	0.444	0.157	-0.102
Krit TTC					-	-0.208	-0.227
Krit TLC						-	0.633

In einem letzten Schritt wird der Zusammenhang zwischen den subjektiven und den objektiven Fahrverhaltensparametern ermittelt. Hier ergibt sich der systematischste Zusammenhang zwischen den Violation Subskalen des DBQ und Parametern, die mit kritischen Abständen in Verbindung stehen. Zusätzlich korrelieren die Violation-Subskalen signifikant mit dem Zeitanteil hoher Geschwindigkeitsüberschreitungen Innerorts. Die Subskala Lapses korreliert dagegen kaum mit objektiven Fahrverhaltensparametern.

Außerdem steht für Innerortabschnitte der Anteil Zeit, in dem ein sehr kleiner THW gemessen wird, sowie der Anteil Zeit, in dem eine mittlere Geschwindigkeitsüberschreitung auftritt, mit der subjektiv berichteten Unfallhäufigkeit in Zusammenhang. Die Skalen des Sensation Seeking Fragebogens korrelieren nicht systematisch mit Fahrverhaltensparametern. Damit lässt sich der erwartete Zusammenhang, dass Fahrer die angeben Sensation Seeker zu sein zu einem riskanteren Fahrverhalten neigen, nicht zeigen.

Steigende Fahrpraxis pro Jahr geht auf allen Straßenklassen mit einer Verbesserung der Spurhaltung gemessen über die TLC einher. Eine schlechtere Spurhaltung korreliert außerdem signifikant mit der Subskala Slips des DBQ.

Tabelle 4-14: Zusammenhang zwischen subjektiven Angaben zum Fahrverhalten und Geschwindigkeitsparameter. Signifikante Korrelationen werden rot dargestellt.

	m(v)			+10-20 km/h			+ > 20km/h		
	AB	UL	IO	AB	UL	IO	AB	UL	IO
Fahrpraxis Jahre	0.07	0.26	0.15	0.07	-0.11	-0.11	-0.13	-0.07	-0.05
Km letztes Jahr	-0.02	0.06	0.07	-0.04	-0.02	-0.00	0.02	-0.08	-0.02
Sens. Seeking	0.04	-0.01	-0.12	-0.09	-0.07	-0.06	-0.12	-0.00	-0.10
SS - Novelty	0.09	0.07	-0.17	-0.03	-0.01	-0.04	-0.09	0.03	-0.11
SS - Intensity	-0.04	-0.11	-0.03	-0.14	-0.12	-0.06	-0.12	-0.04	-0.05
DBQ - Aggr. Violat.	-0.00	0.12	0.09	-0.06	0.06	0.10	0.15	0.14	0.20
DBQ – Ord. Violat.	0.07	0.13	0.19	-0.05	0.07	0.22	0.13	0.15	0.29
DBQ – Slips	0.05	0.07	0.09	-0.14	-0.07	0.09	-0.02	0.07	0.20
DBQ - Lapses	-0.08	-0.14	-0.06	-0.18	-0.12	-0.03	-0.09	-0.06	0.01
Unfälle gesamt	-0.12	0.11	0.10	-0.01	0.08	0.08	-0.06	0.01	-0.01
Gew. Unfälle 2001	-0.08	0.08	0.22	0.05	0.09	0.20	-0.04	-0.03	0.07
Unfälle seit 2001	-0.11	0.05	0.23	0.03	0.08	0.20	-0.00	-0.03	0.08
Führerscheinenzug	-0.04	-0.05	-0.06	0.02	0.01	0.03	0.03	-0.00	0.02

Tabelle 4-15: Zusammenhang zwischen subjektiven Angaben zum Fahrverhalten und Abstandparameter. Signifikante Korrelationen werden rot dargestellt.

	mod(THW)			% krit THW			% krit TTC		
	AB	UL	IO	AB	UL	IO	AB	UL	IO
Fahrpraxis Jahre	0.15	-0.00	0.04	0.08	0.15	0.02	0.03	-0.02	0.01
Km letztes Jahr	-0.03	-0.10	-0.09	-0.02	-0.06	-0.08	0.00	-0.05	0.04
Sens. Seeking	0.01	0.03	-0.05	0.01	0.09	0.05	0.04	-0.08	-0.07
SS - Novelty	0.03	0.07	-0.03	-0.11	-0.03	-0.08	-0.08	-0.21	-0.16
SS - Intensity	-0.03	-0.03	-0.05	0.15	0.20	0.19	0.17	0.10	0.06
DBQ - Aggr. Violat.	-0.12	-0.09	-0.01	0.39	0.34	0.25	0.42	0.26	0.20
DBQ – Ord. Violat.	-0.22	-0.11	-0.17	0.49	0.40	0.34	0.44	0.29	0.15
DBQ – Slips	-0.08	-0.08	-0.06	0.20	0.11	0.10	0.10	-0.06	-0.02
DBQ - Lapses	-0.01	0.02	-0.03	0.02	-0.00	-0.01	-0.01	-0.09	-0.04
Unfälle gesamt	-0.07	-0.03	-0.12	0.12	0.20	0.20	0.13	0.14	0.22
Gew. Unfälle 2001	-0.10	-0.13	-0.12	0.12	0.16	0.22	0.11	0.03	-0.00
Unfälle seit 2001	-0.16	-0.16	-0.15	0.19	0.20	0.33	0.22	0.15	0.13
Führerscheinenzug	-0.07	-0.07	-0.05	0.06	0.03	-0.01	0.11	0.07	-0.03

Tabelle 4-16: Zusammenhang zwischen subjektiven Angaben zum Fahrverhalten und Spurparameter. Signifikante Korrelationen werden rot dargestellt.

	% krit TLC			Spurverlassen / h		
	AB	UL	IO	AB	UL	IO
Fahrpraxis Jahre	0.05	0.04	0.02	-0.06	-0.05	-0.03
Km letztes Jahr	-0.21	-0.24	-0.31	0.17	-0.03	-0.21
Sens. Seeking	0.07	0.12	0.16	-0.18	-0.05	0.10
SS - Novelty	0.11	0.18	0.23	-0.17	-0.08	0.13
SS - Intensity	-0.00	0.02	0.02	-0.14	0.00	0.03
DBQ - Aggr. Violat.	0.28	0.19	0.24	0.14	0.10	0.23
DBQ – Ord. Violat.	0.20	0.21	0.14	0.01	0.04	0.12
DBQ – Slips	0.22	0.29	0.21	-0.06	-0.01	0.06
DBQ - Lapses	0.05	0.14	0.10	-0.04	-0.06	0.05
Unfälle gesamt	0.09	0.13	0.16	-0.03	0.06	0.12
Gew. Unfälle 2001	0.13	0.10	0.07	-0.01	-0.11	-0.02
Unfälle seit 2001	0.09	0.09	0.01	0.04	-0.07	-0.06
Führerscheinentzug	0.19	0.25	0.26	0.07	0.16	0.15

4.6 Zusammenfassung

Die dargestellten Parameter ermöglichen einen Einblick in das Fahrverhalten der Stichprobe. Nicht nur die Geschwindigkeit sondern auch der präferierte Sekundenabstand zum Vorausfahrenden steht in systematischem Zusammenhang zur Straßenklasse. Auf Straßentypen mit einer höheren mittleren Geschwindigkeit wird ein geringerer Abstand zum Vorderfahrzeug präferiert.

Neben dem Einfluss der Straßenklasse wurde untersucht, ob es im Sinne von Fahrertypen systematische intraindividuelle Zusammenhänge zwischen den verschiedenen ausgewerteten Fahrparametern gibt. Es zeigen sich für fast alle Fahrparameter signifikante Korrelationen in mittlere Höhe über die Straßenklassen hinweg. Dazu kommt ein systematischer Zusammenhang zwischen den beiden longitudinalen Regelgrößen Geschwindigkeit und Abstand. Fahrer, die höhere Geschwindigkeiten präferieren, neigen dazu dichter aufzufahren. Dies resultiert in einem höheren Anteil von Fahrregelverstößen, gemessen an Geschwindigkeitsübertretungen und der Anzahl sehr kleiner Abstände. Damit ergeben sich aus der Analyse der objektiv gemessenen Längsregulation des Fahrzeugs Hinweise auf Fahrer, die eher offensiv (höhere Geschwindigkeiten und kleinere Abstände) bzw. eher defensiv (niedrigere Geschwindigkeiten und größere Abstände) fahren. Auf Autobahnen stehen höhere Geschwindigkeiten und kleinere Abstände mit einer schlechteren Spurhaltung, gemessen über die TLC in Verbindung. Auf den anderen beiden Straßenklassen ist der Zusammenhang zwischen Längs- und Querregulation weniger systematisch.

In einem nächsten Schritt wurde der Zusammenhang zwischen subjektiv erhobenen Angaben und den objektiv gemessenem Fahrverhalten betrachtet. Die Skalen des Sensation Seeking Fragebogens zeigen keine signifikanten Zusammenhänge zum Fahrverhalten. Auch zu den Angaben der Fahrer zu Unfällen und Führerscheinentzug zeigt der Sensation Seeking Fragebogen keinen Zusammenhang.

Die systematischen Zusammenhänge zwischen Fahrverhaltensparametern und subjektiven Angaben im DBQ ergeben sich für die berechneten Abstandsparameter.

Die Subskalen zu Fahrregelverstößen (Violation) des DBQ korrelieren unabhängig vom Straßentyp signifikant mit der Häufigkeit eines sehr kleinen Sekundenabstands. Auf Autobahnen und Überlandstrecken ergibt sich außerdem ein signifikanter Zusammenhang mit dem Zeitanteil mit sehr kleinen TTCs. Der Zusammenhang zwischen dem DBQ und den Geschwindigkeitsparametern ist deutlich geringer. Hier ergeben sich nur Innerorts kleine signifikante Korrelationen zwischen dem Zeitanteil mit hohen Geschwindigkeitsverstößen und drei der vier DBQ-Subskalen. Die Subskala Slips korreliert als einzige Skala auf allen Streckentypen mit dem Spurparameter, der auf der TLC basiert. Ansonsten gibt es keinen systematischen Zusammenhang zu den Spurparametern. Die DBQ Subskala Lapses korreliert mit keinem der verwendeten Fahrparameter.

Die angegebene Unfallhäufigkeit korreliert mit der Subskala ‚Ordinary Violations‘ des DBQ. Führerscheinenzug steht im Gegensatz dazu mit der Subskala ‚Aggressive Violations‘ in Zusammenhang. Bei den objektiven Fahrparametern findet sich Innerorts ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Unfallhäufigkeit und dem Anteil Zeit mit kleinen Sekundenabständen. Außerdem steht die Unfallhäufigkeit Innerorts mit höheren Geschwindigkeiten bzw. mäßigen Geschwindigkeitsverstößen in Verbindung. Die Wahrscheinlichkeit eines vorherigen Führerscheinenzugs steht bei den objektiven Parametern nur mit einer schlechten Spurhaltung auf Innerort- und Überlandabschnitten in Zusammenhang. Ansonsten ergeben sich hier keine signifikanten Korrelationen. Zwischen der Fahrpraxis bzw. der Kilometerleistung und den objektiven Fahrparametern ergeben sich nur bei der Spurhaltung signifikante Zusammenhänge. Umso mehr ein Fahrer fährt, desto besser ist seine Spurhaltung.

Somit ergeben sich zusammenfassend in den objektiven Parametern Hinweise auf Präferenzen im Fahrstil. Es gibt Fahrer, die einen eher offensiven Fahrstil und Fahrer, die einen eher defensiven Fahrstil bevorzugen. Dies zeigt sich sowohl in der gewählten Geschwindigkeit als auch in den präferierten Abständen. Fahrer, die einen offensiveren Fahrstil zeigen, neigen auch stärker zu Fahrregelverstößen (gemessen über sehr kleine Abstände und Geschwindigkeitsüberschreitungen). Dies lässt sich auch im DBQ abbilden und zwar erwartungsgemäß in den Skalen zu Fahrregelverstößen. Innerorts steht außerdem eine offensivere Fahrweise (gemessen über objektive Fahrregelverstöße) mit der Unfallhäufigkeit in Verbindung.

5 THEMA II: TELEFONIEREN BEIM FAHREN

5.1 Hintergrund

In den letzten Jahren gewinnt das Thema Ablenkung beim Fahren immer mehr an Bedeutung. Insbesondere aus dem amerikanischen Raum wird aus NDS berichtet, dass Ablenkung beim Fahren, z.B. durch Telefonieren zu einer gravierenden Beeinträchtigung der Fahrsicherheit führt. Neben der vielzitierten 100-Car-Study (Dingus et al., 2006) gibt es eine Vielzahl von experimentellen Studien, die sich mit Nebentätigkeiten bzw. mit Telefonieren beim Fahren befasst. Diese Studien zeigen unter anderem die folgenden Auswirkungen von Ablenkung auf das Fahren:

- Eine Verlängerung der Reaktionszeit beim Telefonieren und anderen Nebenaufgaben (Rauch, Schoch, & Krüger, 2007; Horrey & Wickens, 2006; Collet, Guillot, & Petit, 2010b; Collet, Guillot, & Petit, 2010a; Caird, Willness, & Scialfa, 2008).
- Eine Verringerung der Geschwindigkeit und Erhöhung des Abstands beim Telefonieren und anderen Nebenaufgaben (Rauch et al., 2007; Collet et al., 2010b; Collet et al., 2010a; Caird et al., 2008).
- Die Auswirkung von Telefonieren auf die Spurhaltung sind gering und die Richtung des Effekts eher uneinheitlich (Horrey & Wickens, 2006; Collet et al., 2010b; Collet et al., 2010a; Caird et al., 2008).

Die genannten Befunde werden meistens so interpretiert, dass die Fahrer zwar versuchen, die Auswirkung von Ablenkung zu kompensieren, indem sie z.B. die Geschwindigkeit verringern und den Abstand erhöhen, dass dies aber nicht ausreicht, die Einbußen in der Reaktionszeit auszugleichen. Ein weiterer relevanter Befund für die Bewertung der Kritikalität von Ablenkung sind die Ergebnisse des FAT/BAST-Projekts zum Situationsbewusstsein (Rauch, Gradenegger, & Krüger, 2008). Hier ergaben sich Hinweise, dass Fahrer in der Lage sind, ihre Interaktion mit potenziell ablenkenden Tätigkeiten an die Erfordernisse der Fahraufgabe anzupassen. Wenn es ihnen freigestellt ist, präferieren Fahrer stabile und wenig beanspruchende Fahrsituationen für die Bearbeitung von Nebenaufgaben. Ein ähnliches Bild zeigt sich auch in Befragungsstudien (Boyle & Vanderwolf, 2005; Thulin & Gustafsson, 2004; Kern, Schmidt, Pitz, & Bengler, 2007).

Im Idealfall sollte diese Anpassung der Interaktion mit Nebentätigkeiten an die Erfordernisse der Fahraufgabe ausreichen, um die negativen Auswirkungen der Ablenkung zu kompensieren. Zumindest für die Auswirkung des Telefongesprächs gibt es Befunde aus NDS, die diese Annahme unterstützen. Olson, Hanowski, Hickman, & Bocanegra (2009) und Hickman, Hanowski, & Bocanegra (2010) berichten in ihrer NDS-Analyse zur Auswirkung von Ablenkung bei LKW-Fahrern, dass die manuellen Eingaben an einem Telefon (z.B. Wählen oder SMS-Schreiben) mit einer deutlichen Erhöhung des Risikos für kritische Fahrsituationen einhergehen, das Sprechen am Telefon über Freisprecheinrichtung dagegen mit einer Reduktion des Risikos. Das Sprechen mit Hilfe eines in der Hand gehaltenen Telefons ist in der genannten Studie mit keiner signifikanten Änderung des Risikos verbunden.

5.2 Fragestellung

In der Literatur gibt es, wie berichtet, eine Vielzahl experimenteller Untersuchungen, die sich mit dem Thema Telefonieren beim Fahren beschäftigen. Dazu kommen Befunde aus überwiegend amerikanischen NDS, die Telefonieren am Steuer in Zusammenhang mit kritischen Fahrsituationen betrachten. Aufbauend auf der Literatur stellen sich bezogen auf das Telefonieren beim Fahren zwei methodische Kernfragen im Hinblick auf die Auswertung von NDS:

1. Kann die Analyse von NDS-Daten Erkenntnisse liefern, die sich mit anderen Zugängen nicht gewinnen lassen?
2. Bestätigen sich in NDS-Daten die aus experimentellen Studien bekannten Ergebnisse?

Ein Bereich, in dem NDS neue, wichtige Erkenntnisse liefern kann, ist bei der Beschreibung des „normalen“ Fahrverhaltens (vgl. auch Abschnitt 1). Im Rahmen des Themas „Telefonieren beim Fahren“ sind dies beispielsweise Informationen, wann und wie häufig Fahrer telefonieren. Dies sind auch Erkenntnisse, die bei der Bewertung von Befunden aus amerikanischen NDS hilfreich wären, da hier in der Regel Informationen zur Grundhäufigkeit von Ablenkung fehlen.

Um zu prüfen, ob sich die Ergebnisse aus experimentellen Untersuchungen auch mit NDS-Analysen bestätigen lassen, ist es notwendig, die Auswirkung von Telefonieren auf das Fahren zu untersuchen. Um eine möglichst große Vergleichbarkeit mit experimentellen Ansätzen zu gewährleisten, empfiehlt es sich - soweit möglich - ähnliche Parameter zu verwenden.

5.2.1 Untersuchte Telefonate

Die im Folgenden dargestellten Auswertungen beziehen sich nur auf das Telefonieren über die Freisprechanlage des Fahrzeugs. Genauer wird dabei die Auswirkungen des Telefongesprächs nicht aber die Bedienung zum Aufbau oder zur Annahme eines Gesprächs untersucht. Wie sich in Videoanalysen zeigt, telefonieren einige Fahrer auch direkt über ihr eigenes, in der Hand gehaltenes Mobiltelefon. Diese Gespräche können in der folgenden Auswertung aus technischen Gründen nicht erfasst werden.

Die folgenden Auswertungen werden für Telefongespräche insgesamt, wie auch getrennt für ein- und ausgehende Telefonate durchgeführt. Die Trennung in ein- und ausgehende Telefonate ist nicht direkt in den im Fahrzeug aufgezeichneten Daten enthalten. Aus diesen Daten ist zuerst einmal nur bekannt, wann über die Freisprecheinrichtung telefoniert wird. Aus dem zeitlichen Zusammenhang zwischen der Bedienung verschiedener Fahrzeugtasten bzw. des zentralen Drehdrückstellers und dem Beginn des Telefonats ist es allerdings möglich, in aus- und eingehende Telefonate zu unterscheiden. Dazu kommt der Fall, dass Fahrer zwar das Gespräch über die Freisprechanlage führen, die Bedienung aber über ihr mit dem Fahrzeug gekoppeltes Mobiltelefon bewerkstelligen. Dies ist insofern wichtig, da hier keine Informationen auf Tastenbedienungen u.ä. vorliegen. Somit ist für diese Fälle eine Trennung in ein- und ausgehende Telefonate nicht möglich.

Bei fast 60% der Telefonate handelt es sich um ausgehende Gespräche, rund 11% lassen sich als eingehende Telefonate klassifizieren. Die restlichen Gespräche teilen sich in solche, bei denen keine zum Fahrzeug gehörige Taste gedrückt wurde und in Telefonate, die aus anderen Gründen nicht klassifizierbar sind. Nicht klassifizierbare Telefonate finden in der Regel ganz zu Beginn einer Fahrt statt. Dadurch ist das Gespräch bereits im Gange, wenn die Aufzeichnung startet. Außerdem gibt es Bedienvorgänge vor Telefonaten, die aufgrund der zeitlichen Zusammenhänge nicht eindeutig ein- bzw. ausgehenden Telefonaten zugeordnet werden können. Auch in diesem Fall wird ein Telefonat als nicht klassifizierbar bewertet.

Tabelle 5-1: Absolute Anzahl und Dauer der ausgewerteten Telefonate.

	Anzahl Telefonate		Telefonierdauer	
	N	%	Stunden	%
Gesamt	29874	100.0	1248	100.0
Ausgehend	16 910	56.6	681	54.6
Eingehend	3 163	10.6	167	13.4
Keine Taste	8 698	29.1	343	27.5
Nicht klassifizierbar	1 103	3.7	57	4.6

Insgesamt nahmen 104 Fahrer an der Studie teil. Davon haben 17 die Freisprechanlage überhaupt nicht oder weniger als eine Stunde während der gesamten Messzeit genutzt. Diese Fahrer können bei den späteren Untersuchungen zur Auswirkung des Telefonierens nicht berücksichtigt werden. Um Verzerrungen zu vermeiden werden die folgenden Ergebnisse für die 87 Fahrer mit einer ausreichenden Telefonnutzung dargestellt. Durch die Trennung in ein- und ausgehende Telefonate, wie auch durch die Hinzunahme von weiteren Auswahlkriterien wie der Straßenklasse kann sich die Anzahl der Probanden, die für eine statistische Testung herangezogen werden kann, weiter verringern.

5.3 Exposition

5.3.1 Zeitanteil Telefonnutzung

Berechnet man, welchen Anteil der Gesamtfahrzeit die Fahrer mit Telefonieren verbringen, so zeigt sich, dass im Mittel 10% der Zeit die Freisprecheinrichtung genutzt wird.

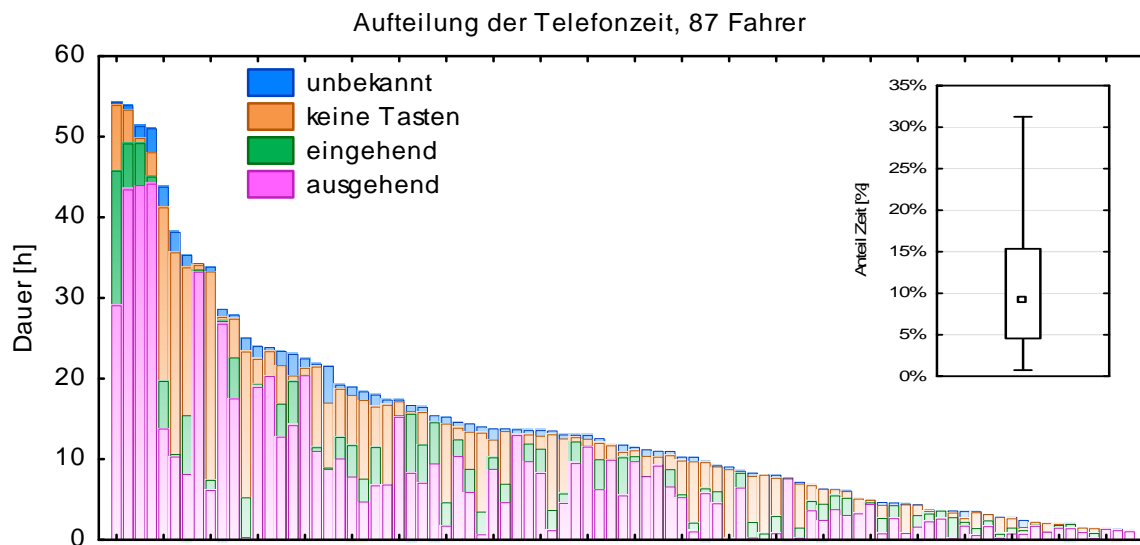


Abbildung 5-1: Darstellung der absoluten (links) und anteiligen (rechts) Telefonzeit pro Fahrer.

Außerdem gibt es große Unterschiede zwischen den Fahrern, sowohl bei der absoluten wie auch relativen Telefonierdauer. Während viele Fahrer in den ca. 3 Monaten Datenerhebung weniger als 10 Stunden telefonieren, gibt es einige Fahrer mit über 50 Stunden. Beim relativen Vergleich liegt der Median bei knapp 10 Prozent der Fahrzeit. Es gibt aber auch einen Fahrer, der ein Drittel seiner Fahrzeit die Freisprechanlage zum Telefonieren genutzt hat.

In Abbildung 5-2 wird die gesamte Telefonierzeit nochmal anteilig in die drei Typen eingehend, ausgehend und ohne vorherigen Tastendruck unterschieden. Es zeigt sich wieder das in Tabelle 5-1 dargestellte Bild, dass die meiste Zeit mit ausgehenden Telefonaten verbracht wird. Es gibt aber auch Fahrer, bei denen beide Typen einen gewichtigen Anteil ausmachen, bei denen keine Taste gedrückt wurde und die damit nicht eindeutig zugeordnet werden können.

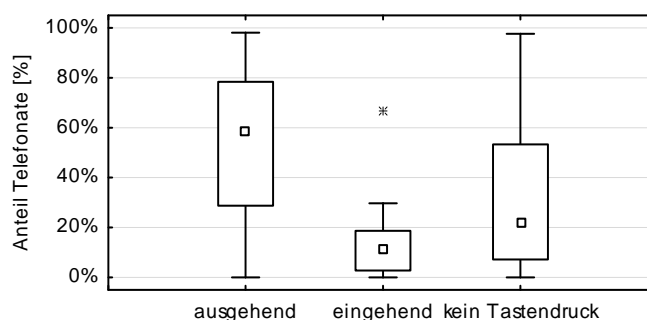


Abbildung 5-2: Anteil von Telefonaten, die als ein- bzw. ausgehend klassifiziert werden.

Als nächstes wird die Verteilung der Telefonierzeit über den Tag dargestellt und mit der Verteilung der Fahrzeit verglichen. Dafür wird der Tag in Abschnitte von einer Minute Länge unterteilt und überprüft, ob ein Telefonat bzw. eine Fahrt in diesem Abschnitt durchgeführt wird. In Abbildung 5-3 wird das Ergebnis für alle Fahrer aggregiert dargestellt. Links ist die absolute Anzahl an Fahrten und an Telefonaten

zu einer bestimmten Tageszeit abzulesen. Die Stoßzeiten am Morgen und am späten Nachmittag sind gut erkennbar. Abends verringern sich die Fahrten deutlich, nachts wird nur wenig gefahren. Auch die Benutzung der Freisprechanlage folgt diesem Verlauf, wobei die Stoßzeiten noch stärker ausgeprägt sind. Vergleicht man den relativen Anteil, wird morgens anteilmäßig noch etwas mehr telefoniert (Abbildung 5-3 rechte Seite). Nachts wird dagegen anteilig kaum telefoniert. Hier treten allerdings aufgrund der geringeren Anzahl an Fahrten starke Schwankungen in der relativen Häufigkeit von Telefonaten auf.

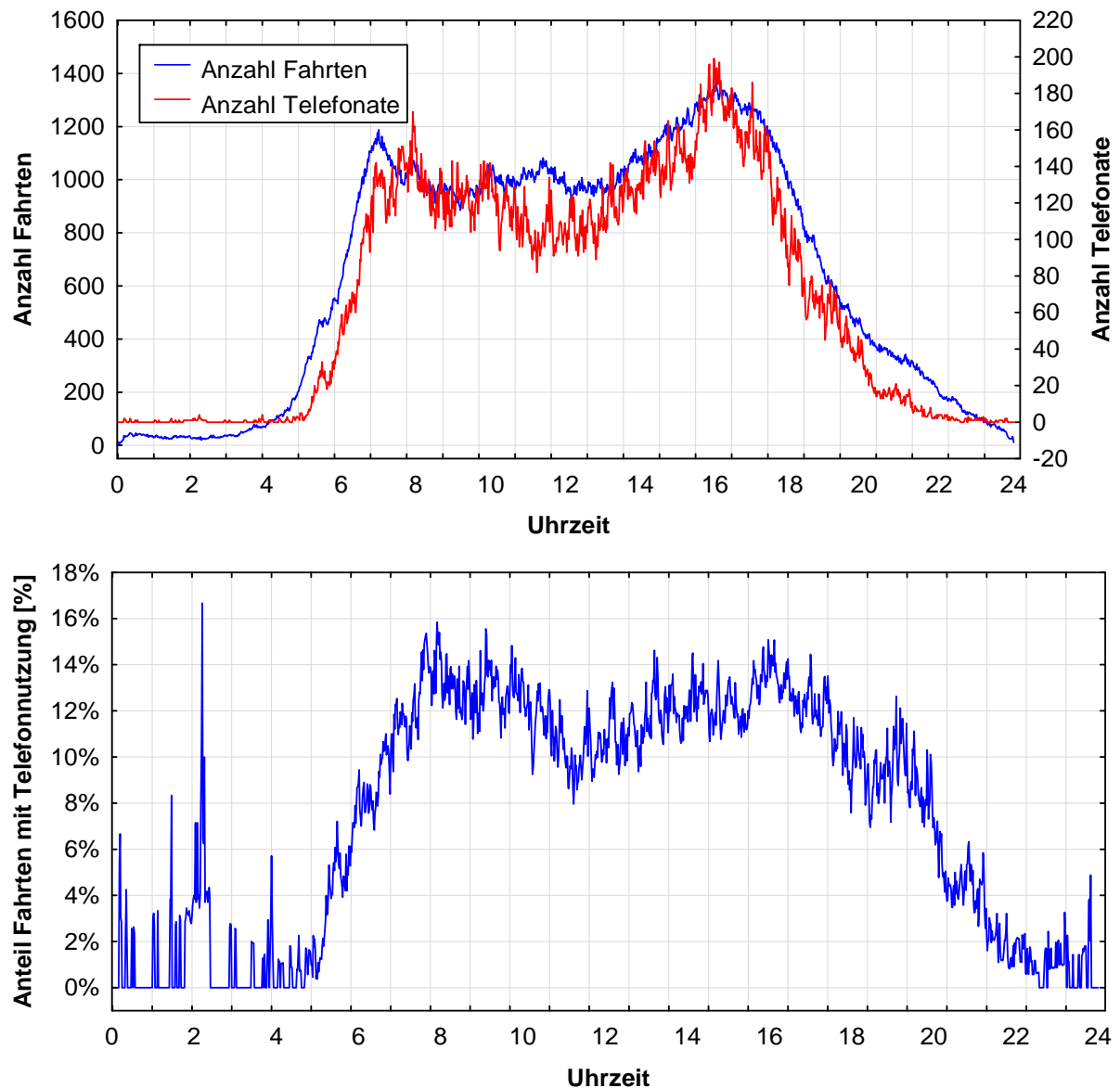


Abbildung 5-3: Verteilung der durchgeführten Fahrten und Telefonate über den Tag, oben: absolute Anzahlen, unten: Anteil Fahrten mit Telefonbenutzung.

Für die genauere Untersuchung, in welchen Situationen bevorzugt telefoniert werden, werden nun situative Einflussfaktoren in der Auswertung berücksichtigt. Pro Fahrer wird ermittelt, welchen Anteil der gesamten Fahrzeit er auf den verschiedenen Straßenklassen mit Telefonieren verbringt. Es zeigt sich, dass auf Autobahnen

anteilig mehr telefoniert wird als auf den anderen beiden Straßenklassen ($F(2, 172)=5.2, p<0.01$, Abbildung 5-4).

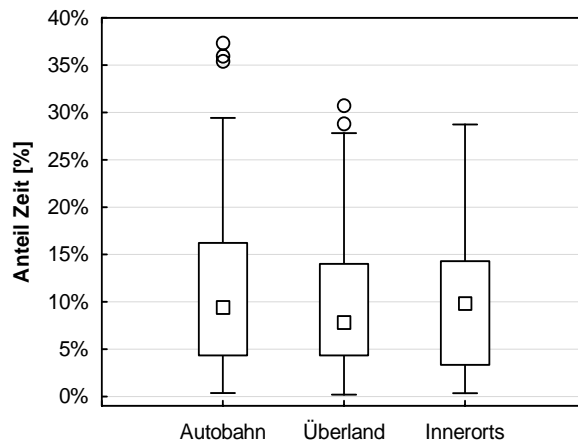


Abbildung 5-4: Einfluss der Straßenklasse auf den Anteil Zeit in dem telefoniert wird.

Führt man die Untersuchung analog für ausgehende und eingehende Telefonate durch, ergibt sich ein sehr ähnliches Bild (ausgehend: $F(2, 172)=6.9$, eingehend: $p<0.05, F(2, 172)=14.9, p<0.001$). Auf der Autobahn wird unabhängig von der Art des Telefonats bevorzugt telefoniert. Die Ergebnisse sind in Abbildung 5-5 dargestellt.

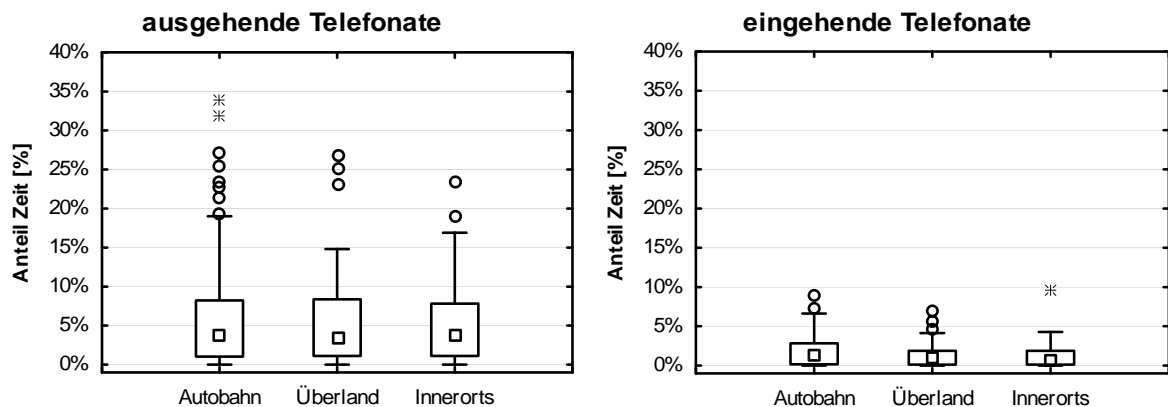


Abbildung 5-5: Einfluss der Straßenklasse auf den Anteil Zeit in dem telefoniert wird, getrennt für ein- und ausgehendes Telefonieren

Als nächstes wird neben der Straßenklasse zusätzlich die Geschwindigkeit berücksichtigt. Nimmt man alle Telefonate zusammen, ist der Anteil Zeit der auf Telefonate verwendet, wird bei Geschwindigkeiten größer 160 km/h geringer als in allen anderen Situationsabstufungen ($F(6, 516)=32.024, p<0.001$). Dies gilt ebenfalls bei der Unterscheidung in ein- und ausgehende Telefonate.

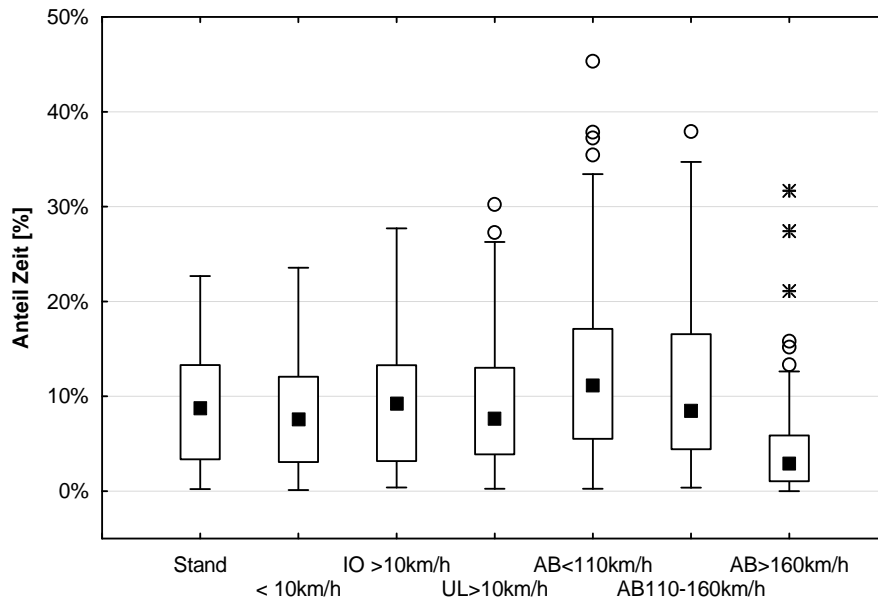


Abbildung 5-6: Anteil Zeit in dem telefoniert wird, getrennt für die verschiedene Situationsklassen.

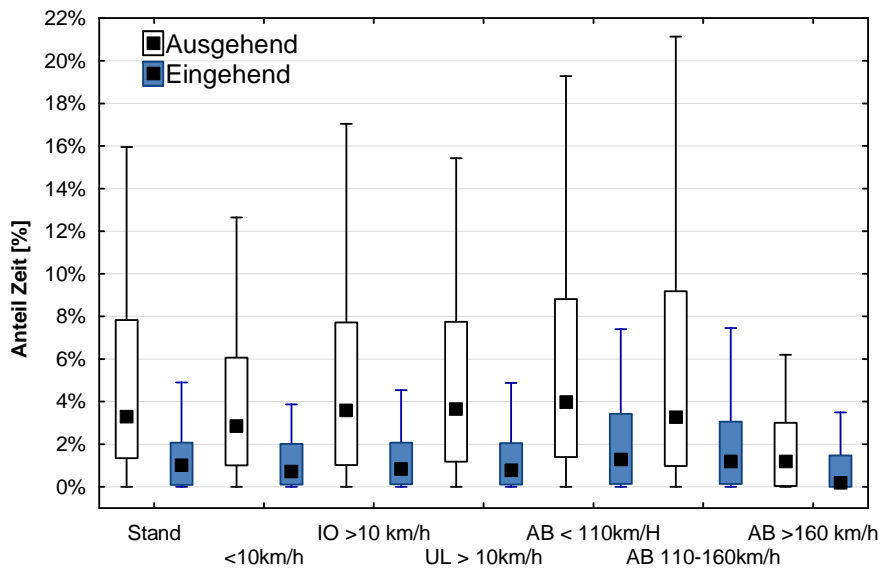


Abbildung 5-7: Anteil Zeit in dem telefoniert wird getrennt für ein- und ausgehende Telefonate in den verschiedenen Situationsklassen.

Ist während der Fahrt ein Beifahrer anwesend, wird ein signifikant kleinerer Zeitanteil auf das Telefonieren verwendet ($F(1, 105)=106.2, p<0.001$). Dies gilt sowohl für ein- ($F(1, 105)=44.0, p<0.001$) als auch für ausgehende ($F(1, 105)=58.7, p<0.001$) Anrufe.

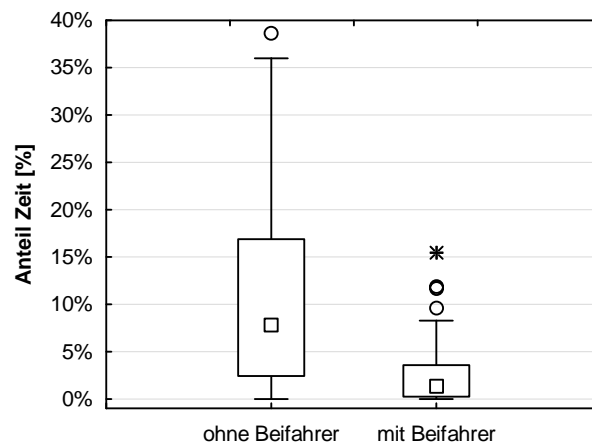


Abbildung 5-8: Einfluss der Anwesenheit eines Beifahrer auf den Anteil Zeit, in dem über die Freisprecheinrichtung telefoniert wird.

5.3.2 Anzahl Telefonate

Analog der Gesamtzeit an Telefonaten (Abbildung 5-1) gibt es auch erhebliche Unterschiede zwischen den Fahrern bzgl. der Anzahl geführter Telefonate (Abbildung 5-9). Erwartungsgemäß sind die meisten Telefonate ausgehend.

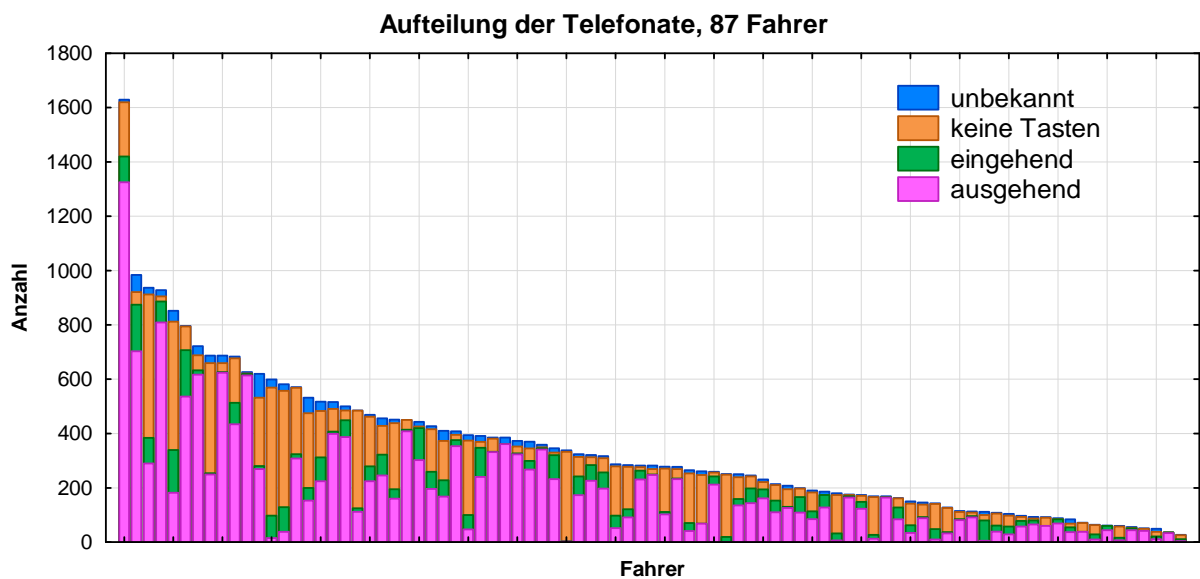


Abbildung 5-9: Anzahl der Telefonate in den verschiedenen Kategorien pro Fahrer.

Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Fahrern zu erreichen, wird pro Fahrer ermittelt, wie häufig pro Stunde Fahrzeit ein Telefonat geführt wird. Der Median liegt bei 2-3 Telefonaten pro Stunde (Abbildung 5-10). Es gibt aber auch einen Fahrer, der im Mittel ca. 9 Telefonate pro Stunde Fahrzeit führt. Innerorts wird häufiger telefoniert als auf den anderen beiden Straßenklassen ($F(2, 172)=15.1, p<0.001$). Dieses Ergebnis deckt sich nicht mit den vorherigen, wonach anteilig mehr auf der Autobahn telefoniert wird.

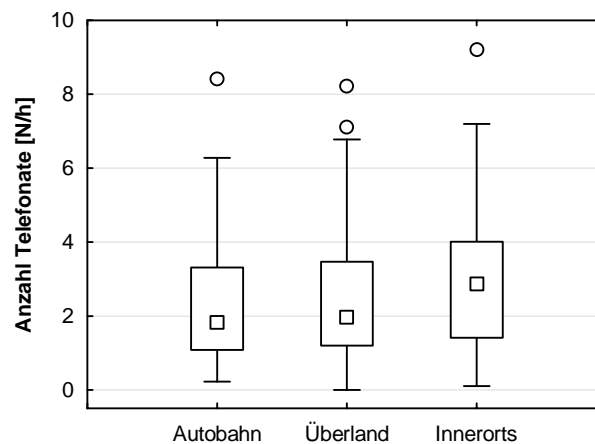


Abbildung 5-10: Anzahl Telefonate pro Stunde getrennt nach Straßentypen.

Als nächstes wird untersucht, ob bestimmte Zeitpunkte innerhalb einer Fahrt zum Telefonieren bevorzugt werden. Hierfür wird der Anteil aller Telefonate bestimmt, die innerhalb der ersten 10, der zweiten 10 und der dritten 10 Minuten einer Fahrt durchgeführt werden. Für die Analyse werden nur Fahrten herangezogen, die mindestens 30 Minuten dauern, so dass immer in allen drei Abschnitten theoretisch Telefonate geführt werden können. Es zeigt sich, dass in den ersten 10 Minuten einer Fahrt gehäuft telefoniert wird ($F(2, 186)=13.2$, $p<0.001$). Führt man die Analyse getrennt für ein- und ausgehende Telefonate durch, so zeigt sich, dass der Effekt nur auf ausgehenden Telefonaten beruht. Bei eingehenden Telefonaten gibt es keinen Unterschied zwischen den Zeitabschnitten (Wechselwirkung: $F(2, 150)=7.4$, $p<0.001$).

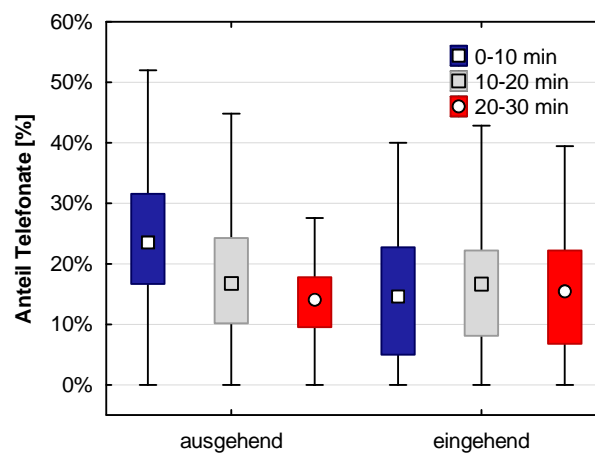


Abbildung 5-11: Anteil Telefonate in den ersten 30 Minuten einer Fahrt, unterteilt in 10-minütige Abschnitte.

Bei langen Fahrten könnte man vermuten, dass die Telefonierhäufigkeit gegen Fahrtende erneut zunimmt, da die Fahrer so versuchen, die Langeweile während einer Fahrt durch Telefonieren zu kompensieren. Um bewerten zu können, ob Telefonate gehäuft gegen Fahrtende geführt werden, wird wieder in drei 10-minütige Abschnitte, diesmal ausgehend vom Ende der Fahrt unterteilt. Um zu prüfen, ob die Fahrtlänge Einfluss auf das Telefonierverhalten nimmt, werden die Fahrten in solche unterteilt, die länger bzw. kürzer als 1.5 Stunden sind. Es wird hier nicht mehr

zwischen ausgehenden und eingehenden Telefonaten unterschieden, um ausreichend Fälle für die Analyse zu haben. Die absoluten Unterschiede zwischen langen und kurzen Fahrten sind nicht interpretierbar. Bei langen Fahrten ist der in der Darstellung nicht berücksichtigte Zeitbereich länger. Die in diesem Zeitbereich stattfindenden Telefonate ergänzen sich pro Kategorie für die Fahrdauer mit den Telefonaten in den drei ausgewerteten Zeitabschnitten zu hundert Prozent.

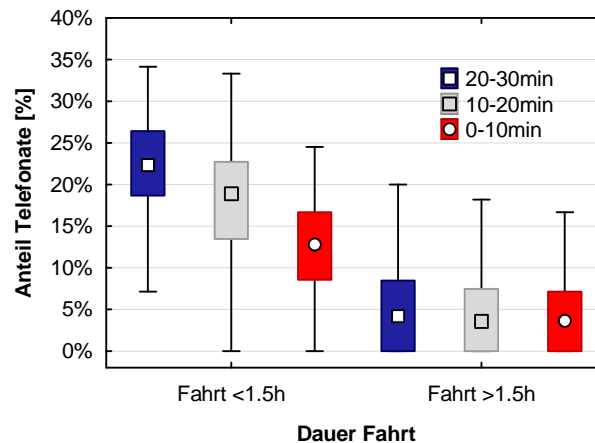


Abbildung 5-12: Anteil der Telefonate in den letzten 30 Minuten einer Fahrt, unterteilt in 10-minütige Abschnitte. Zusätzlich wird die Dauer der Fahrt in der Auswertung berücksichtigt.

Betrachtet man die Änderung über die Zeit, so ergibt sich für kürzere Fahrten eine Abnahme der Telefonierhäufigkeit je näher man an das Ende der Fahrt kommt ($F(2, 180)=16.4$, $p<0.001$). Hier wird somit das vorherige Ergebnis in Bezug zum Fahrtbeginn repliziert. Die Telefonierhäufigkeit ist zu Beginn einer Fahrt am höchsten und nimmt dann über die Zeit ab. Für lange Fahrten scheint irgendwann ein gleichbleibendes Level erreicht zu sein. Hier gibt es keine Änderung der Telefonierhäufigkeit innerhalb der letzten 30 Minuten einer Fahrt.

5.3.3 Dauer einzelner Telefonate

Als nächstes werden die Dauern der einzelnen Telefonate untersucht. Abbildung 5-13 zeigt die Verteilung der Dauern aller aufgezeichneten Telefonate. Es gibt einen beträchtlichen Anteil von Telefonaten mit Dauern kleiner einer Minute. Der Großteil aller Telefonate dauert weniger als drei Minuten. Nur einige wenige Telefonate dauern länger als eine halbe Stunde.

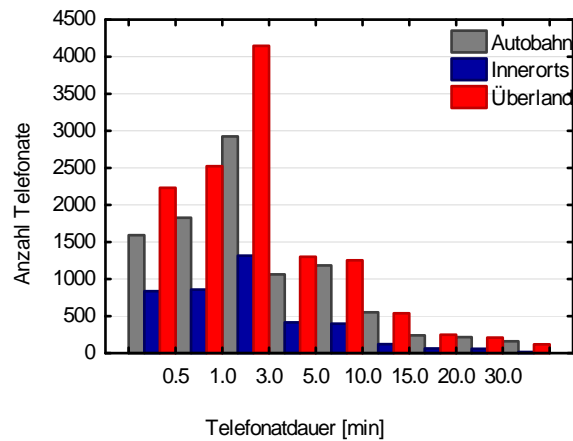


Abbildung 5-13: Verteilung der Telefonatdauern über alle Telefonate. Die verwendeten Kategorien zur Unterteilung der Dauer sind nicht gleichabständig.

Um zu prüfen, ob sich die Dauern der geführten Telefonate auf den drei Straßenklassen unterscheiden, wird pro Fahrer sowohl der Mittelwert als auch der Median der Telefonatdauern pro Straßenklasse bestimmt (Abbildung 5-14). Für beide Parameter ergibt sich ein signifikanter Effekt der Straßenklasse (Median $F(2, 174)=15.4, p<0.001$, Mittelwert: $F(2, 174)=24.1, p<0.001$). Post-hoc-Tests zeigen, dass unabhängig vom gewählten Kennwert die Telefonatdauern auf der Autobahn höher sind als auf den anderen beiden Straßenklassen. Die Fahrer telefonieren folglich häufiger innerorts, jedoch pro Telefonat länger auf der Autobahn.

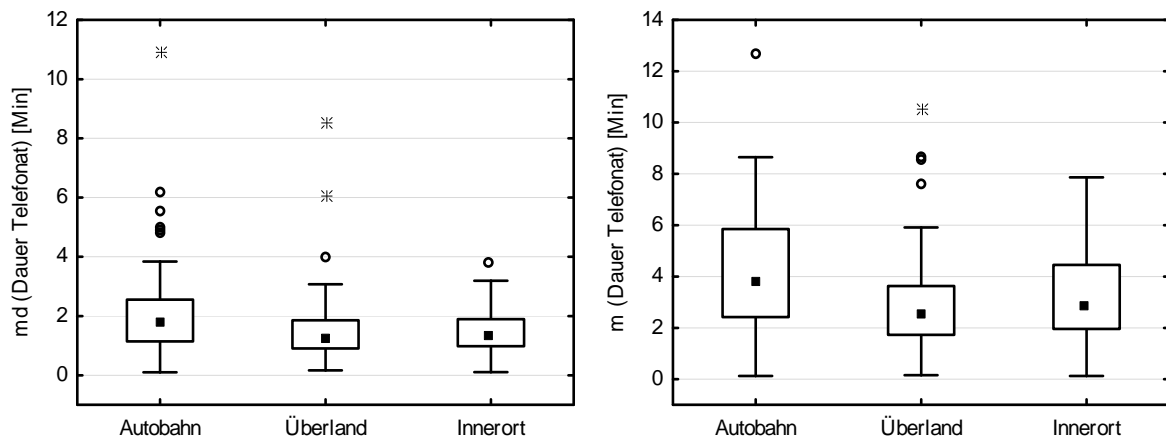


Abbildung 5-14: Median und Mittelwert der Telefonatdauern getrennt nach Straßenklassen.

Insgesamt sind die geführten Telefonate meist kurz und nur wenige Minuten lang. Eine genauere Betrachtung ergibt, dass ausgehende Telefonate innerorts deutlich kürzer sind als eingehende.

In Abbildung 5-15 ist der Einfluss des Beifahrers auf die Telefonatdauer dargestellt. Mit einem Beifahrer sind die Telefonate kürzer. Dies deckt sich mit den Ergebnissen zum Anteil Zeit, der mit Telefonieren verbracht wird. Auch dort zeigte sich, dass mit Beifahrer weniger telefoniert wird.

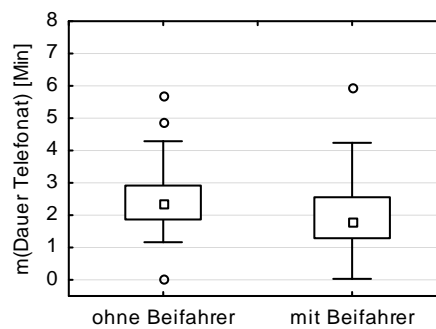


Abbildung 5-15: Einfluss eines Beifahrers auf die Dauer der Telefonate.

5.3.4 Telefonbedienung

Eine Kontrolle über Video derjenigen Telefonate in denen ohne vorherige Bedienung im Fahrzeug telefoniert wurde, ergab, dass in diesen Fällen die Fahrer über das Mobiltelefon wählten bzw. direkt am Mobiltelefon annahmen. Diese Telefonate können aufgrund der nicht erfassten Bedienhandlung nicht in ein- und ausgehend unterschieden werden. Abbildung 5-16 zeigt für die einzelnen Fahrer, für welchen Anteil der Telefonate vorher jeweils kein Tastendruck vorlag und die deswegen vermutlich über das Mobiltelefon initiiert wurden. Es ist zu erkennen, dass hier eine große Varianz zwischen den Fahrern besteht. Ein Großteil der Fahrer nutzt fast immer eine der Bedienmöglichkeiten im Fahrzeug, es gibt aber auch 6% der Fahrer, die so gut wie alle Telefonate über das Mobiltelefon tätigen.

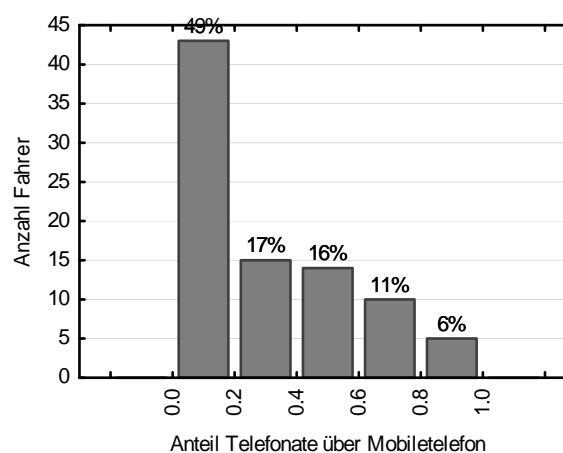


Abbildung 5-16: Fahrerweise Untersuchung der Nutzung des Mobiltelefons fürs die Bedienung beim Telefonieren über die Freisprechanlage

Für ein als ein- bzw. ausgehend klassifiziertes Telefonat lässt sich die Bedienung weiter untersuchen. Ausgehende Telefonate werden überwiegend mittels des zentralen Drehdrückstellers initiiert (Abbildung 5-17). Deutlich seltener wird die Sprachbedienung, und nur äußerst selten werden Lenkradtasten genutzt. Zusätzlich zu dieser allgemeinen Präferenz zeigen sich deutlich Unterschiede zwischen den Fahrern hinsichtlich ihrer bevorzugten Bedienvariante. Obwohl die Sprachbedienung insgesamt eher selten genutzt wird, gibt es einige Fahrer, die einen Großteil der ausgehenden Telefonate über die Sprachbedienung beginnen (Ausreißer in Abbildung 5-17 links). Ein ähnliches Bild ergibt sich für die eingehenden Telefonate. Diese werden überwiegend über Lenkradtasten und deutlich seltener über den

zentralen Drehdrücksteller angenommen. Dennoch ist auch hier die große Varianz zwischen den Fahrern auffällig, die in der Regel entweder die eine oder die andere Möglichkeit präferieren.

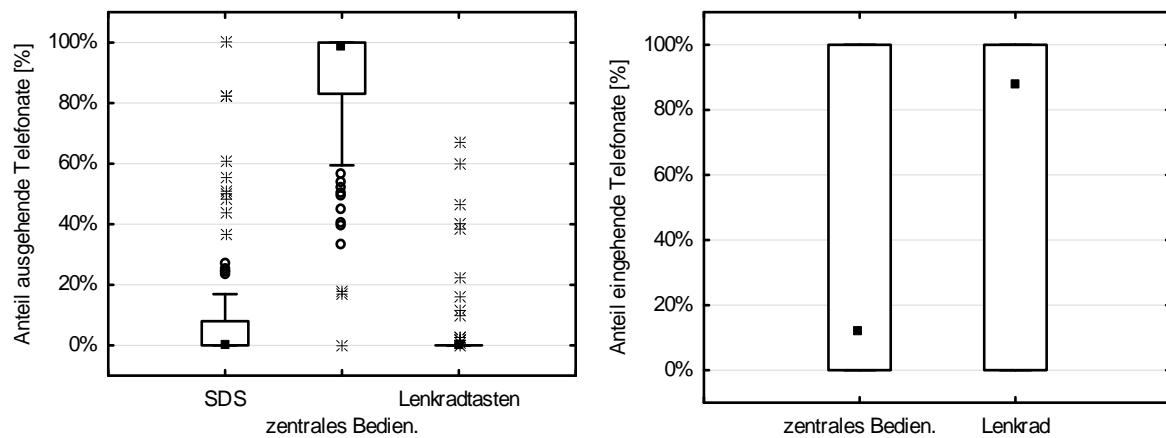


Abbildung 5-17: Anteilige Nutzung der verschiedenen Bedienmöglichkeiten bei aus- (links) und eingehenden (rechts) Telefonaten. SDS steht für Sprachdialogsystem (Spracheingabe).

Wie in Abbildung 5-18 zu erkennen ist, gibt es bei eingehenden Telefonaten deutlich ausgeprägtere Bedienpräferenzen der Fahrer. Ein Großteil der Fahrer verwendet entweder immer die Lenkradtasten oder immer das zentrale Bedienelement. Für ausgehende Telefonate zeigt sich, dass ein großer Teil der Fahrer alle Telefonate über das zentrale Bedienelement initiiert.

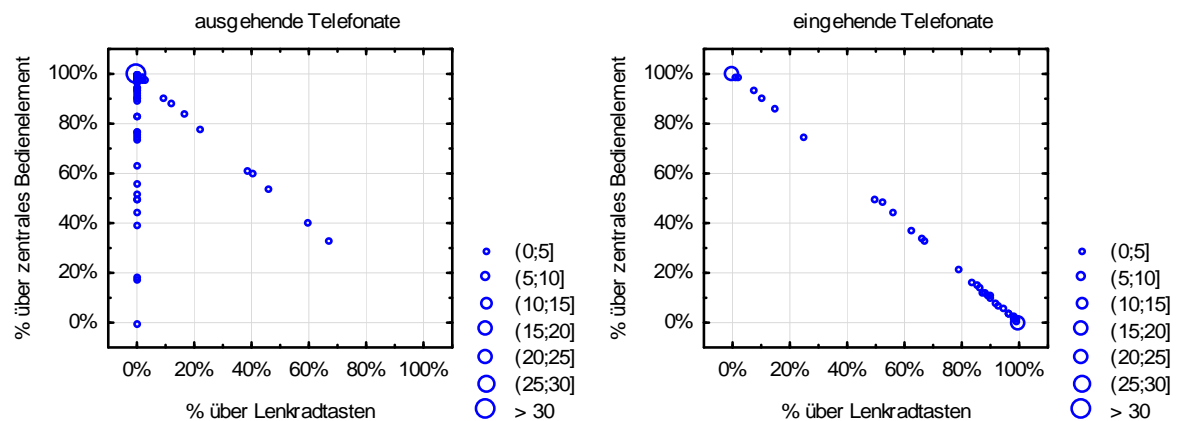


Abbildung 5-18: Verdeutlichung der Bedienpräferenzen bei aus- und eingehenden Telefonaten. Umso größer der Durchmesser der Kreise ist, umso mehr Fahrer befinden sich auf diesem Punkt des Histogramms.

Die Zeit direkt vor dem Telefonat, während der Bedieneingaben im Fahrzeug stattfinden, wird als Wählvorgang in den Daten kodiert. Abbildung 5-19 zeigt die Dauer der kodierten Wählvorgänge für die verschiedenen Bedienmöglichkeiten. Am längsten dauert die Initiierung eines Telefonats mittels Sprachbedienung. Hier liegt der Median der Wählvorgänge bei 10 Sekunden. Die Annahme eines eingehenden Telefonats dauert unabhängig von der Art des Bedienvorgangs ca. 4 Sekunden.

Hierbei sei angemerkt, dass die berechneten Zeiten das Klingeln beinhalten, die Bedienung selber ist meist nur ein Tastendruck.

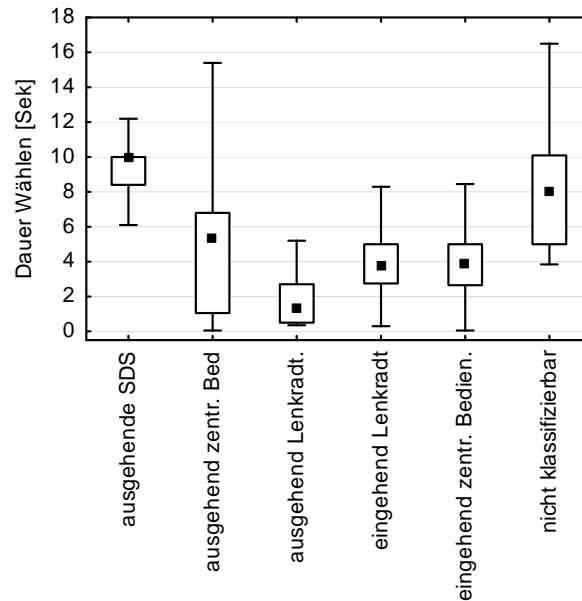


Abbildung 5-19: Dauer des identifizierten Wählvorgangs für die verschiedenen Bedienmöglichkeiten. SDS steht für Sprachdialogsystem (Spracheingabe).

5.3.5 Zusammenfassung

Ziel der bisher dargestellten Auswertungen war es, zu ermitteln wie oft und wie lange Fahrer über die Freisprecheinrichtung telefonieren, und ob es dabei einen Einfluss situativer Umstände gibt. Dazu wurde versucht Situationen zu identifizieren, in denen Fahrer bevorzugt telefonieren bzw. welche, in denen Telefonate vermieden werden. Für die Analysen wurde in ein- und ausgehende Telefonate unterschieden.

Generell zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Fahrern bei der Anzahl und bei der Dauer der geführten Telefonate. Ungefähr 16% der Fahrer telefonieren nicht oder nur sehr wenig. Ob diese Fahrer wirklich nicht telefonieren oder ob sie nur die Freisprechanlage nicht nutzen, kann auf Basis der objektiven Daten nicht beantwortet werden. Diese Fahrer wurden und werden bei den weiteren Untersuchungen nicht berücksichtigt.

Die anderen Fahrer telefonieren durchschnittlich 10% der Zeit. Dabei gibt es Fahrer, die bis zu ein Drittel der Zeit im Fahrzeug mit telefonieren verbringen. Der höchste Anteil Fahrzeit wird auf Autobahnen bei Geschwindigkeiten unter 160 km/h auf das Telefonieren verwendet. Dies gilt sowohl für ein- wie auch für ausgehende Telefonate. Bei der Untersuchung der Anzahl der Telefonate ergibt sich ein anderes Bild. Hier werden mehr Telefonate innerorts durchgeführt. Dafür ist die durchschnittliche Dauervon meist nur wenigen Minuten kürzer als auf der Autobahn. Am Anfang einer Fahrt werden häufiger Telefonate initialisiert und die Telefonierhäufigkeit nimmt innerhalb der ersten 30 Minuten einer Fahrt systematisch ab. Für längere Fahrten zeigt sich, dass nach einer gewissen Zeit ein Plateau in der Telefonierhäufigkeit erreicht ist. In den letzten 30 Minuten einer Fahrt kommt es zu keiner weiteren Änderung mehr über die Zeit.

Durch die Analyse der Bedieneingaben direkt vor dem Telefonat werden die Telefonate in ein- und ausgehende Telefonate klassifiziert. Bei den Untersuchungen der Telefonbedienung zeigen sich verschiedene individuelle Präferenzen. Einige Fahrer variieren darin, wie sie ein Telefonat annehmen oder initiieren. Viele präferieren allerdings eine Bedienform, wie die Spracheingabe, das Zentralelement, oder auch ihr Mobiltelefon. Dabei unterscheiden sich auch die Dauern der Eingaben. Spracheingabe dauert am Längsten, während Eingaben an der Lenkradtaste sehr kurz sind.

Insgesamt lässt sich somit anhand des vorliegenden Datensatzes ein sehr umfassendes Bild darüber gewinnen, wann und wie häufig die Freisprecheinrichtung während der Fahrt genutzt wird.

5.4 Auswirkung von Telefonieren auf das Fahren

5.4.1 Exkurs: Auswirkung der Bedienung eines Navigationssystems

In experimentellen Studien wird beim Versuchsdesign darauf geachtet, dass man zusätzlich zu den Situationen, in denen telefoniert wird, Vergleichssituationen hat, in denen das Fahrverhalten ohne den Einfluss des Telefonierens erhoben werden kann. Die Referenz wird dazu verwendet, die Auswirkung des Telefonierens auf das Fahrverhalten zu quantifizieren. Bei der Analyse von NDS-Daten sind diese Referenzsituationen, in denen unbeeinflusstes Fahrverhalten gemessen werden kann, nicht vorgegeben. Stattdessen müssen aus der Gesamtmenge der Daten Abschnitte ausgewählt werden, die als Referenzsituation dienen.

Im Projekt euroFOT wurde die Auswirkung der Bedienung eines Navigationssystems auf das Fahren untersucht (vgl. Sanchez et al., 2012). Hierbei wurden zwei verschiedene Navigationssysteme betrachtet- ein fest in das Fahrzeug integriertes und ein mobiles betrachtet. Alle Auswertungen beruhten in euroFOT auf einem zeitbasierten Auswertansatz, indem man pro Bedieneingabe die Zeitabschnitte vor, während und nach der Bedienhandlung verglichen hat. Die Idee hinter diesem Auswertansatz ist, dass in unmittelbarer zeitlicher Nähe zur Bedienhandlung viele relevante Situationsfaktoren (Tageszeit, Wetter, Straßentyp, Verkehrsdichte) unverändert sind.

Analysiert wurde die Auswirkung der Navibedienung auf die Geschwindigkeit (Änderung der Geschwindigkeit, $\text{Diff}(v)$), auf den gewählten Sekundenabstand zum Vorfahrenden ($m(\text{THW})$) und auf die Spurhaltung (Standardabweichung der Spurposition, sdlp). Als Indikatoren für die Häufigkeit von Fahrfehlern bzw. potentiell kritischen Fahrsituationen wurde der Zeitanteil mit sehr kleinen Abständen (% krit (THW), % krit (TTC)) sowie mit kleinen Abständen zu Spurmarkierung (% krit (TLC)) betrachtet.

Für die Bedienung eines Navigationssystems finden sich systematische Befunde, die für eine Kompensation des Fahrers sprechen. Während der Bedieneingaben wird die Geschwindigkeit verringert und der Abstand zum Vorfahrenden erhöht. Gleichzeitig kommt es zu einer Abnahme potentiell kritischer Fahrzustände wie sehr kleine Abstände oder Annäherungen an den Fahrbahnrand (vgl. Tabelle 5-2).

Tabelle 5-2: Zusammenfassung der Ergebnisse zur Auswirkung der Bedienung von Navigationssystemen aus euroFOT. AB = Autobahn, UL = Überland, IO = Innerort; << / >> = signifikante Verringerung / Erhöhung ($\alpha < 5\%$); < / > = Tendenz zur Verringerung / Erhöhung ($\alpha < 10\%$); - = kein systematischer Effekt; Ergebnisse, die auf eine Kompensation hinweisen sind grün eingefärbt.

		Fest integriertes System			Mobiles Gerät		
		AB	UL	IO	AB	UL	IO
Beschreibend	Diff(v)	-	<<	<<	-	<<	-
	m(THW)	-	>	>>	-	>	>>
	sdlp	-	-	-	>>	-	>>
Sicherheitsbezogen	% krit (THW)	<<	-	-	<<	-	-
	% krit (TTC)	<<	-	<<	<<	-	<<
	% krit TLC	<<	-	-	-	-	-

5.4.2 Wahl der Referenzsituation

Der in euroFOT verwendete zeitbasierte Auswerteansatz kann nur modifiziert auf die Auswertung von Telefonieren angewandt werden. Dies liegt daran, dass Telefonate in der Regel länger als Bedienvorgänge dauern und in ihrer Dauer stärker variieren. Dies führt dazu, dass die angenommene Stabilität situativer Einflussfaktoren über die miteinander verglichenen Zeitabschnitte hinweg, weniger stark gegeben ist. Für die Auswertung des Einflusses von Telefonieren auf das Fahren werden zwei Varianten zur Wahl der die Referenzsituationen implementiert. Abbildung 5-20 verdeutlicht die beiden verwendeten Möglichkeiten grafisch.

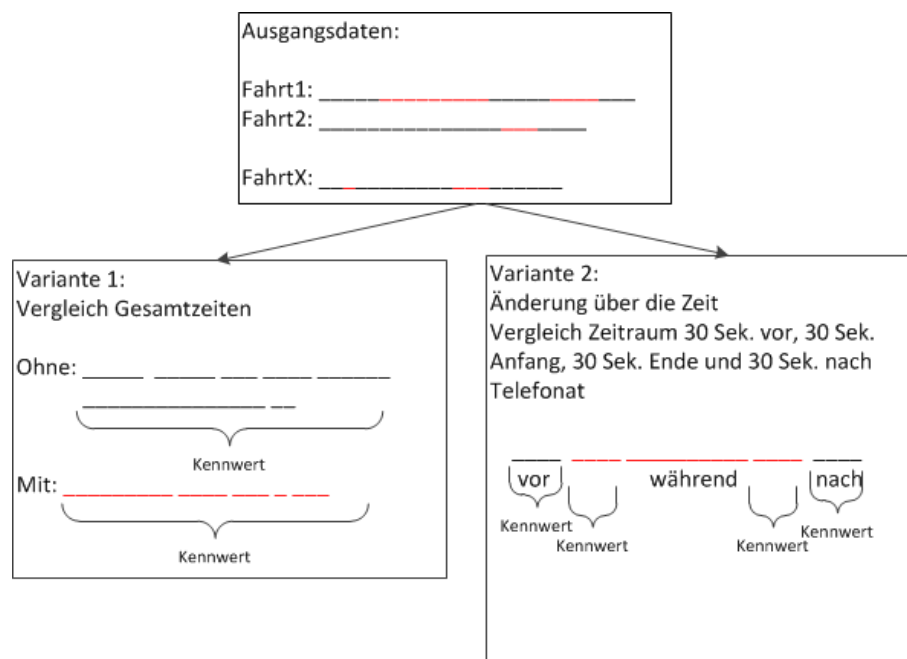


Abbildung 5-20: Alternativen bei der Wahl der Vergleichsbedingung bei NDS-Daten am Beispiel des Telefonats. In Rot sind Zeitabschnitte mit Telefonat, in Schwarz ohne Telefonat dargestellt.

In Variante 1 werden die Kennwerte über alle Messzeitpunkte, in denen ein bestimmtes Ereignis (z.B. Telefonat) auftritt und über alle Zeitpunkte, in denen es

nicht auftritt, berechnet. Die Idee hinter diesem Ansatz ist, dass sich aufgrund der großen Menge der eingehenden Messzeitpunkte der Einfluss nicht kontrollierbarer situativer Faktoren herausmittelt. Kontrollierbare Einflussgrößen können als situative Variablen berücksichtigt werden, in dem man z.B. alle Zeitpunkte, in denen auf Autobahnabschnitten ohne Geschwindigkeitsbegrenzung telefoniert wird, mit allen situativ vergleichbaren Messzeitpunkten (also Autobahn ohne Geschwindigkeitslimit) ohne Telefonat vergleicht.

Hinter Variante 2 steht wieder die Annahme, dass in unmittelbarer zeitlicher Nähe eines relevanten Ereignisses (z.B. Telefonat) die situativen Rahmenbedingungen ähnlich zu den Bedingungen während des Ereignisses selber sind. So ist es unwahrscheinlich, dass sich Faktoren wie Wetter, Beleuchtung, Fahrertzustand und Straßentyp direkt vor und nach einem Telefonat gravierend von dem Zustand während des Telefonats unterscheiden. In Variante 2 wird deswegen pro Ereignis die Änderung des Fahrverhaltens über die Zeit betrachtet. Da die Dauern der Telefonate deutlich variieren, werden pro Telefonat zwei Zeitabschnitte – direkt am Anfang und direkt am Ende – ausgewertet. Dazu kommt ein Abschnitt direkt vor dem Telefonat und einer direkt nach dem Ende des Telefonats. Alle vier Abschnitte haben eine Dauer von 30 Sekunden. Damit sich die Abschnitte nicht überlappen, werden nur Telefonate von einer Dauer von mindestens einer Minute in der Auswertung berücksichtigt.

5.4.3 Auswirkung auf die Geschwindigkeit

Eine Möglichkeit, die zusätzliche Beanspruchung durch Ablenkung zu kompensieren, liegt in der Anpassung der Geschwindigkeit. Es wird die mittlere gefahrene Geschwindigkeit in Zeitabschnitten, in denen telefoniert wird, mit der Geschwindigkeit verglichen, die die Fahrer wählen, wenn sie nicht telefonieren. Da die Geschwindigkeitsbegrenzung einen starken Einfluss auf die gefahrene Geschwindigkeit nimmt, werden bei dieser Auswertung der Straßentyp sowie das Geschwindigkeitslimit berücksichtigt. Abbildung 5-21 zeigt die gefahrenen Geschwindigkeiten auf Innerort- und Überlandabschnitten. Überland werden die Geschwindigkeitsbegrenzungen 70-80 km/h und 100 km/h getrennt betrachtet.

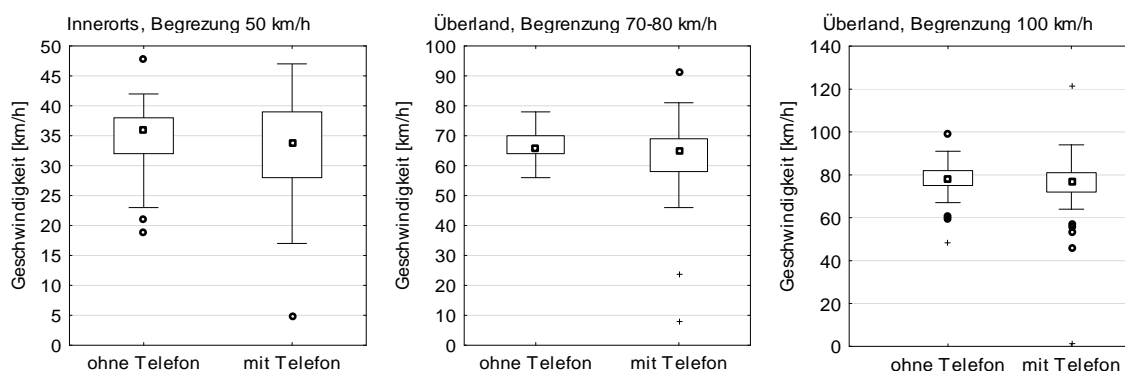


Abbildung 5-21: Vergleich der Geschwindigkeit mit und ohne Telefonieren für Innerort- und Überlandabschnitte.

Für Autobahnabschnitte werden die Geschwindigkeitsbegrenzungen bis 80 km/h, 100 km/h, 120 km/h und ohne Geschwindigkeitsbegrenzung getrennt betrachtet.

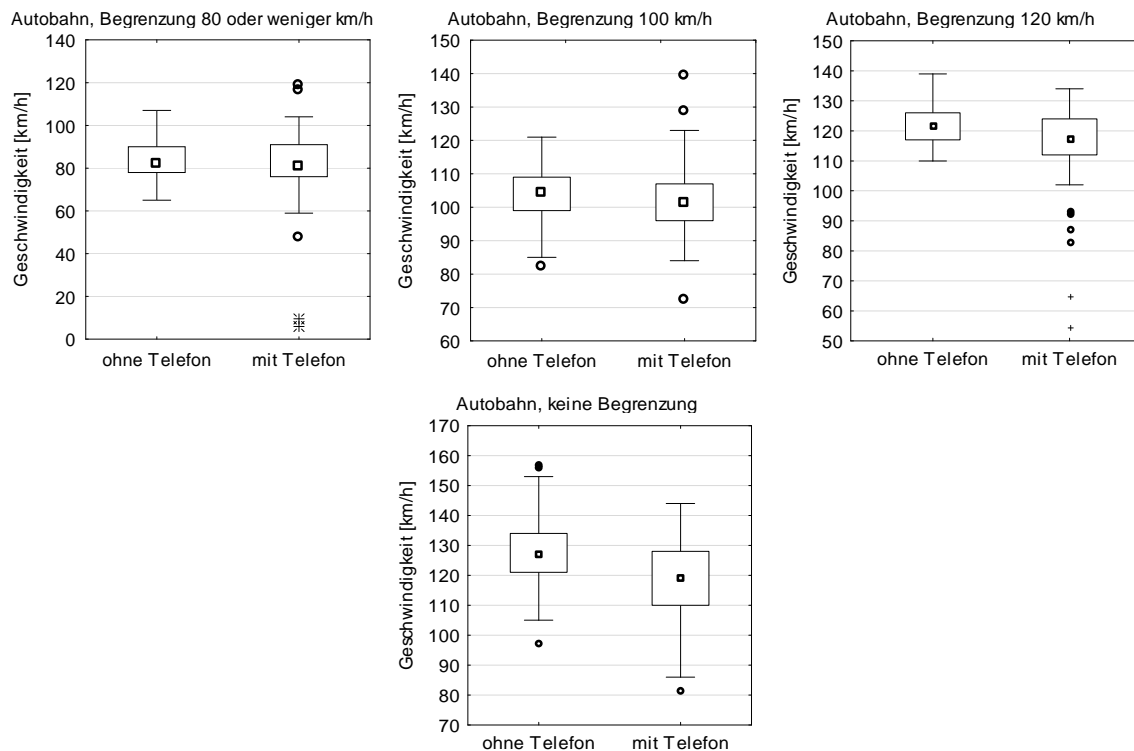


Abbildung 5-22: Vergleich der Geschwindigkeit mit und ohne Telefonieren auf Autobahnen.

Die statistische Testung ergibt für sowohl für Innerort- und Überlandabschnitte ($F(1, 72)=13.1$, $p<0.001$) als auch für Autobahnabschnitte ($F(1, 72)=41.1$, $p<0.001$), dass beim Telefonieren signifikant langsamer gefahren wird als in Zeitabschnitten, in denen nicht telefoniert wird. Für Autobahnabschnitte ergibt sich außerdem eine signifikante Wechselwirkung mit dem Geschwindigkeitslimit ($F(3, 216)=8.8$, $p<0.001$). Nachtests zeigen, dass sich hier die Geschwindigkeit mit und ohne Telefonieren nur auf Abschnitten unterscheidet, auf denen schnell gefahren werden kann. Dies sind Abschnitte ohne Geschwindigkeitsbegrenzung.

Im Folgenden wird die Auswertung getrennt für ein- und ausgehende Telefonate durchgeführt. Für eingehende Telefonate ergeben sich dieselben Effekte, wie für die Gesamtmenge aller Telefonate: wenn telefoniert wird, wird langsamer gefahren (Innerorts / Überland: $F(1, 32)=8.7$, $p<0.01$; Autobahn $F(1, 32)=16.4$, $p<0.001$). Auf Autobahnen gibt es nun aber keine Wechselwirkung mehr mit dem Geschwindigkeitslimit.

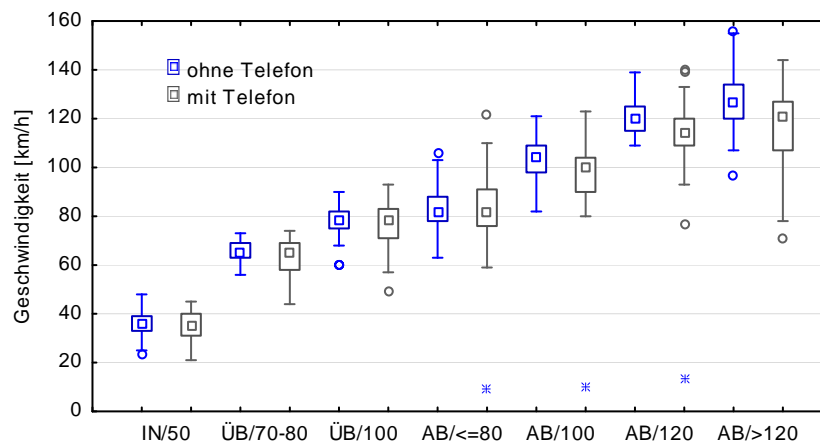


Abbildung 5-23: Vergleich der Geschwindigkeit mit und ohne ausgehendem Telefonieren für alle Klassen. IN = Innerorts, ÜB = Überland, AB = Autobahn.

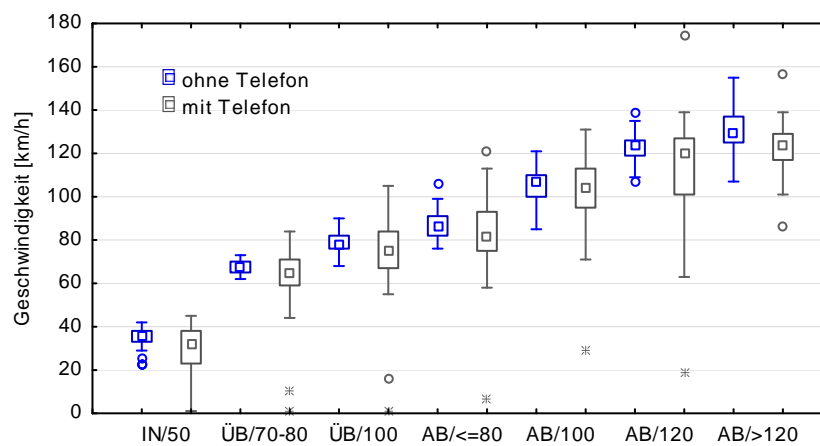


Abbildung 5-24: Vergleich der Geschwindigkeit mit und ohne eingehendem Telefonieren für alle Klassen. IN = Innerorts, ÜB = Überland, AB = Autobahn.

Für ausgehende Telefonate ergibt sich für Innerort- und Überlandabschnitte ebenfalls der bereits bekannte Effekt, dass beim Telefonieren langsamer gefahren wird ($F(1, 50)=9.5$, $p<.01$). Dies gilt auch für Autobahnabschnitte ($F(1, 50)=30.5$, $p<0.001$), wobei nun auch wieder die Wechselwirkung mit dem Geschwindigkeitslimit signifikant wird ($F(3, 150)=4.9$, $p<0.01$).

Nach dem globalen Parameter der mittleren Geschwindigkeit wird nun Fahrverhalten untersucht, dass sich in Richtung Fehler in der Geschwindigkeitswahl interpretieren lässt. Zuerst wird berechnet, welchen Zeitanteil ein Fahrer zu schnell fährt. Hierzu zählen Geschwindigkeiten, die mehr als 10 km/h über der Begrenzung liegen. Außerdem werden die Abschnitte untersucht, in denen der Fahrer sehr langsam fährt. Als sehr langsam wird gewertet, wenn die Geschwindigkeit mehr als 50% unter dem Limit liegt und der Fahrer sich nicht im Folgefahren befindet. Es wird wieder zwischen ein- und ausgehenden Telefonaten unterschieden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 5-25 und Abbildung 5-26 dargestellt.

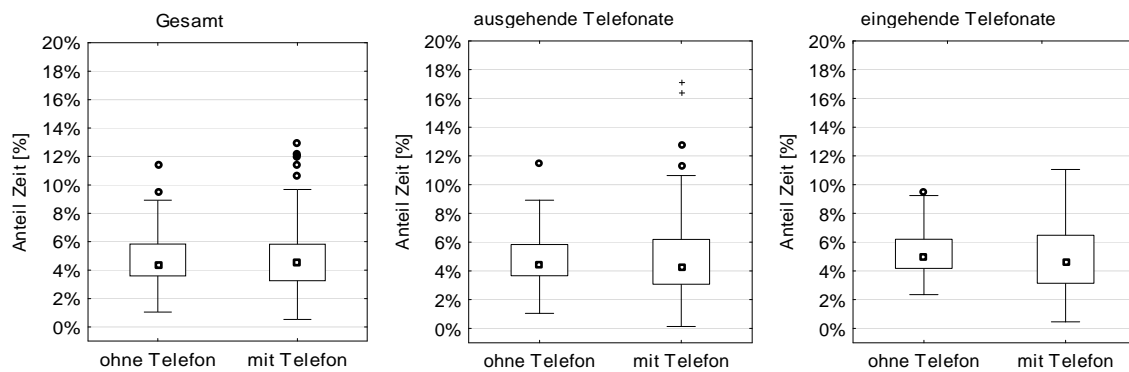


Abbildung 5-25: Vergleich mit vs. ohne Telefonieren für den Anteil Zeit, in dem zu schnell gefahren wird.

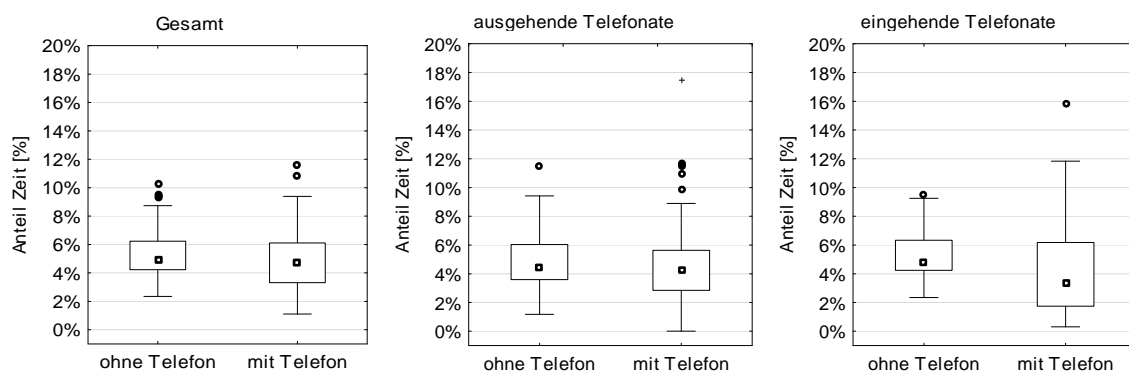


Abbildung 5-26: Vergleich mit vs. ohne Telefonieren für den Anteil Zeit, in dem sehr langsam gefahren wird.

Sowohl für ein- wie auch für ausgehende Telefonate zeigen sich keine signifikanten Effekte. Es kommt weder vermehrt zu Geschwindigkeitsübertretungen noch wird besonders langsam gefahren. Dies bedeutet aber auch, dass es durch das Telefonieren nicht zu einer Erhöhung von Geschwindigkeitsfehlern kommt.

Für den zweiten, zeitbasierten Untersuchungsansatz wird statt der absolut gefahrenen Geschwindigkeit die Änderung der Geschwindigkeit in den Zeitabschnitten 30 Sekunden vor, die ersten 30 Sekunden am Anfang, die letzten 30 Sekunden am Ende sowie die 30 Sekunden direkt nach dem Telefonat betrachtet. Da Änderungen betrachtet werden, wird der Einfluss der Geschwindigkeitsbegrenzung nicht berücksichtigt sondern nur die Straßenklasse. Negative Werte stehen für eine Verringerung, positive Werte für eine Erhöhung der Geschwindigkeit während des jeweiligen Abschnitts.

Tabelle 5-3: Ergebnisse der t-Tests für die Änderung der Geschwindigkeit in den Zeitabschnitten. Werte zeigen die mittlere Änderung in km/h. Signifikante Änderungen sind rot gedruckt.

	Ausgehend				Eingehend			
	vor	Anfang	Ende	nach	vor	Anfang	Ende	nach
Autobahn	0.610	1.977	-0.717	-1.105	1.244	-0.057	1.155	-1.218
Überland	-1.485	1.894	-0.434	-1.180	-3.659	3.228	-0.745	0.681
Innerorts	-3.020	1.584	-0.697	-0.469	-1.753	1.985	-1.459	0.060

Um zu prüfen, ob die Fahrer die Geschwindigkeit systematische vor oder während eines Telefonats ändern, wird für jeden der betrachteten Abschnitte mittels t-Tests gegen Null verglichen. Mit diesem Untersuchungsansatz ergibt sich keine systematische Kompensation durch eine Verringerung der Geschwindigkeit. Bei ausgehenden Telefonaten wird die Geschwindigkeit auf Autobahnen und Innerorts zu Beginn der Telefonate sogar signifikant erhöht.

Als Parameter der Geschwindigkeitswahl, die eher mit Geschwindigkeitsfehlern in Bezug stehen, werden wieder der Zeitanteil mit Geschwindigkeitsübertretungen von mindestens 10 km/h, sowie der Zeitanteil, in dem sehr langsam gefahren wird (unter der Hälfte des Limits und der Fahrer ist nicht im Folgefahren) bestimmt. Da die Verteilungen teilweise deutlich schief sind wird non-parametrisch mittels Friedman ANOVA getestet. Die Ergebnisse der Friedman ANOVAs finden sich wie auch bei allen weiteren Auswertungen im Anhang 11.4.

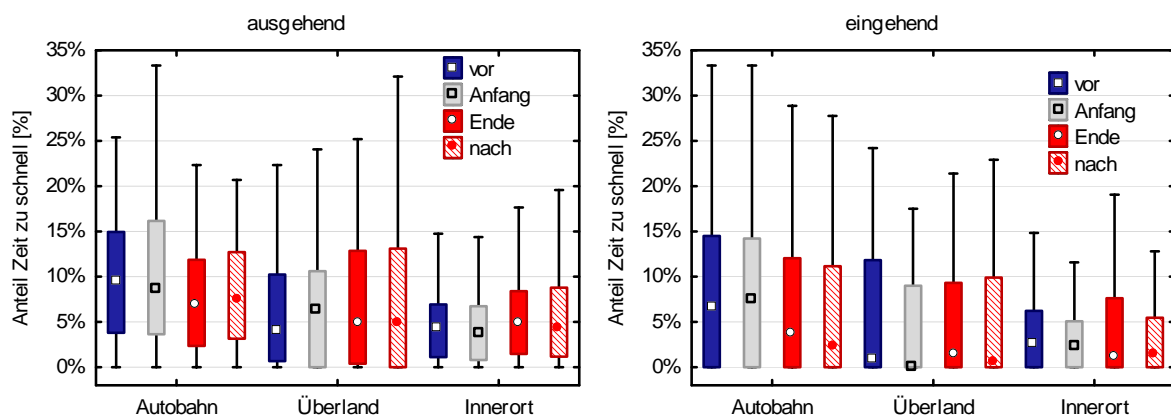


Abbildung 5-27: Zeitanteil mit mindestens 10 km/h über dem Geschwindigkeitslimit in den Abschnitten vor, am Anfang des Telefonats, am Ende des Telefonats und nach dem Telefonat. Alle Abschnitte haben eine Dauer von 30 Sekunden.

Es wird zuerst getrennt für ein- und ausgehende Telefonate auf Änderungen über die Zeit getestet. Überland und Innerorts ergibt sich keine signifikante Änderung des Anteils Zeit, in dem zu schnell gefahren wird über den Verlauf der Telefonate. Auf Autobahnen nimmt der Anteil Zeit über dem Geschwindigkeitslimit im Verlauf des Telefonats ab und ist am Ende bzw. nach dem Telefonat signifikant geringer als am Anfang bzw. vor dem Telefonat. Um zu prüfen, ob es Unterschiede zwischen ein- und ausgehenden Telefonaten gibt, werden diese getrennt für die ersten und die letzten 30 Sekunden eines Telefonats miteinander verglichen. Insgesamt wird bei ausgehenden Telefonaten häufiger zu schnell gefahren als bei eingehenden. Dieser Effekt ist am Ende eines Telefonats deutlich stärker ausgeprägt.

Als zweiter Parameter, der mit Fehlern in der Geschwindigkeitswahl in Verbindung steht, wird der Zeitanteil, in dem sehr langsam gefahren wird, bestimmt. Bei ausgehenden Telefonaten auf Autobahn- und Innerortabschnitten wird am Anfang bzw. vor einem Telefonat signifikant häufiger sehr langsam gefahren als am Ende. Für eingehende Telefonate ergibt sich keine Änderung über die Zeit.

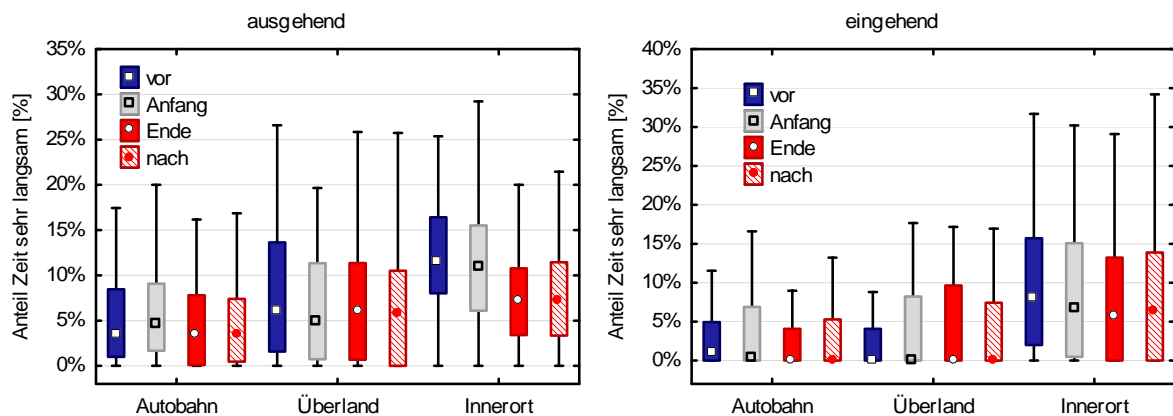


Abbildung 5-28: Zeitanteil in dem sehr langsam gefahren wird in den Abschnitten vor, am Anfang des Telefonats, am Ende des Telefonats und nach dem Telefonat. Alle Abschnitte haben eine Dauer von 30 Sekunden.

Insgesamt nehmen somit Abweichungen vom Geschwindigkeitslimit sowohl nach oben als auch nach unten über den Verlauf eines Telefonats ab. Die Abnahme von sehr langsamem Fahren kann möglicherweise mit dem Wählvorgang vor ausgehenden Telefonaten in Zusammenhang stehen. Es ist denkbar, dass die Fahrer für diesen die Geschwindigkeit verringern um dann anschließend nach bzw. bei Beginn des Telefonats wieder zu beschleunigen. Der Vergleich von ein- und ausgehenden Telefonaten ergibt, dass insgesamt bei ausgehenden Telefonaten am Anfang eines Telefonats häufiger sehr langsam gefahren wird. Dieser Effekt schwächt sich im Verlauf des Telefonats ab. Für die letzten 30 Sekunden wird der Unterschied zwischen ein- und ausgehenden Telefonaten nur noch auf Überlandstrecken signifikant.

5.4.4 Auswirkung auf den Abstand

Eine weitere Möglichkeit, die zusätzliche Beanspruchung zu kompensieren ist über die Wahl des Abstands zum Vordermann. Dieser wird laut experimenteller Studien während Ablenkung eher erhöht. Auch für den gewählten Sekundenabstand (Time-Head-Way, THW) werden zuerst alle Abschnitte mit und alle Zeitabschnitte ohne Telefonat miteinander verglichen.

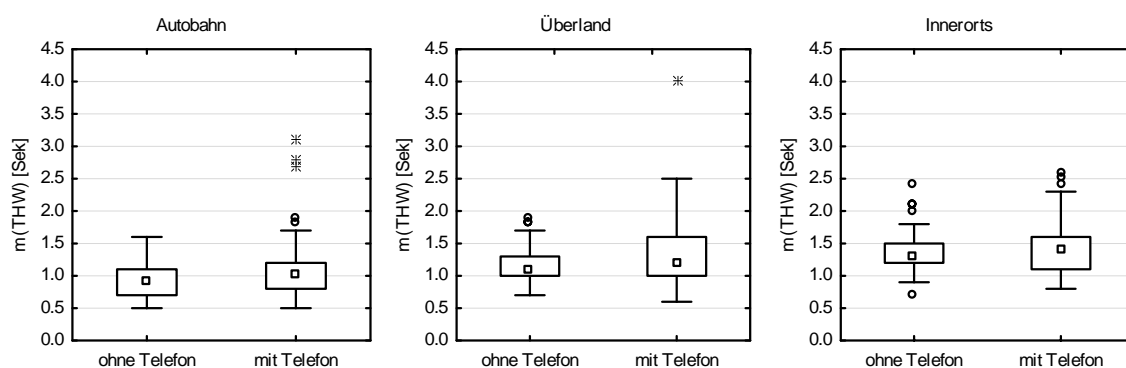


Abbildung 5-29: Vergleich der gewählten Abstände mit und ohne Telefonieren

Beim Telefonieren werden signifikant größere Abstände eingehalten als in Zeitabschnitten, in den nicht telefoniert wird ($F(1, 86)=21.2, p<0.001$). Die zusätzliche

signifikante Wechselwirkung ($F(2, 172)=4.2, p<0.05$) beruht darauf, dass dieser Unterschied hauptsächlich auf Autobahn- und Überlandabschnitten beruht. Führt man die Analyse getrennt nach ein- und ausgehenden Telefonaten durch, ergibt sich beide Male, dass beim Telefonieren größere Abstände eingehalten werden (ausgehend: $F(1, 65)=26.2, p<0.001$; eingehend: $F(1, 65)=21.5, p<0.001$). Die Wechselwirkung wird nun aber nicht mehr signifikant.

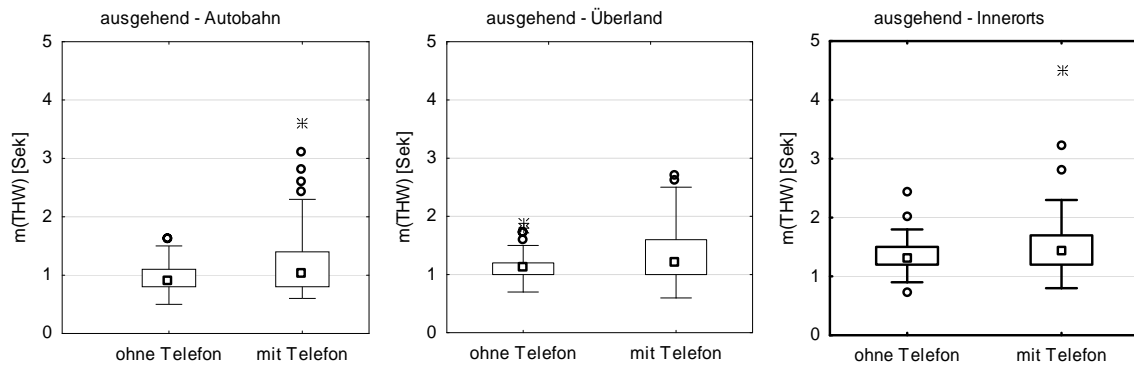


Abbildung 5-30: Vergleich der gewählten Abstände mit und ohne ausgehendem Telefonieren.

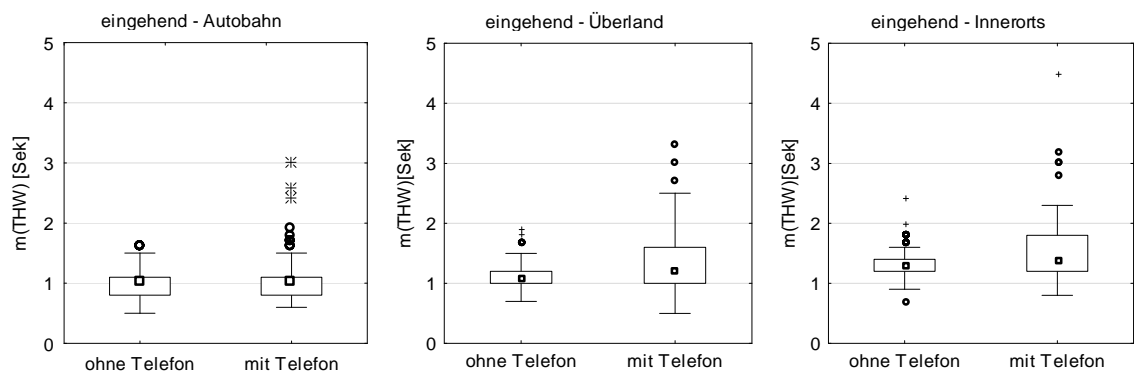


Abbildung 5-31: Vergleich der gewählten Abstände mit und ohne eingehendem Telefonieren.

Analog zur Geschwindigkeitsuntersuchung werden im Folgenden sehr geringe Abstände als Maß für Abstandsfehler betrachtet. Als Parameter werden der THW aber auch die Time-to-collision (TTC) benutzt. Für den Vergleich werden die Zeitanteile mit einem THW kleiner 0.5 Sekunden und einer TTC kleiner 1.75 Sekunden mit und ohne Telefonieren verglichen. Für den Zeitanteil mit sehr kleinem THW ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Fahren mit und ohne Telefonieren. Der Anteil Zeit mit sehr kleiner TTC ist dagegen während dem Telefonieren signifikant verringert (gesamt: $F(1,86)=11.3, p<0.01$; ausgehend: $F(1, 61)=12.7, p<0.001$; eingehend: $F(1, 78)=11.1, p<0.01$).

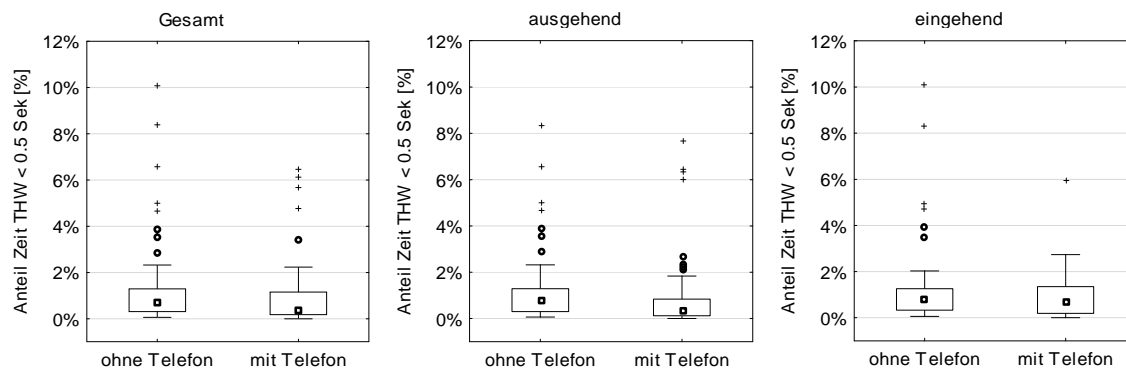


Abbildung 5-32: Untersuchung der Zeitanteile mit sehr kleinem THW (<0.5 Sekunden).

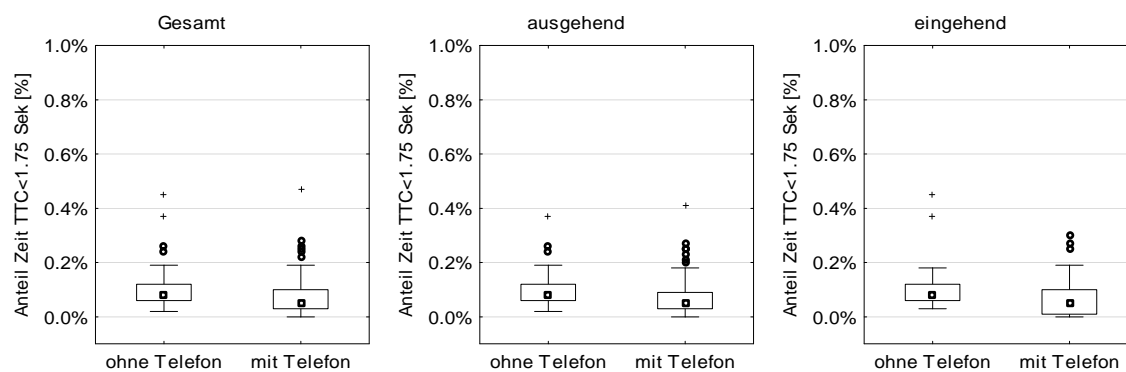


Abbildung 5-33: Untersuchung der Zeitanteile mit sehr kleiner TTC (<1.75 Sekunden).

Betrachtet man die Änderung des Abstands über die Zeit, kann man zum einen ähnlich wie beim globalen Vergleich mit vs. ohne Telefon den Sekundenabstand als Regelparameter betrachten. Auf Innerortabschnitten werden bei ausgehenden Telefonaten größere Abstände gehalten als bei eingehenden Telefonaten ($F(1, 55)=8.3, p<0.01$). Es ergeben sich keine Änderungen des Abstands im Verlauf eines Telefonats.

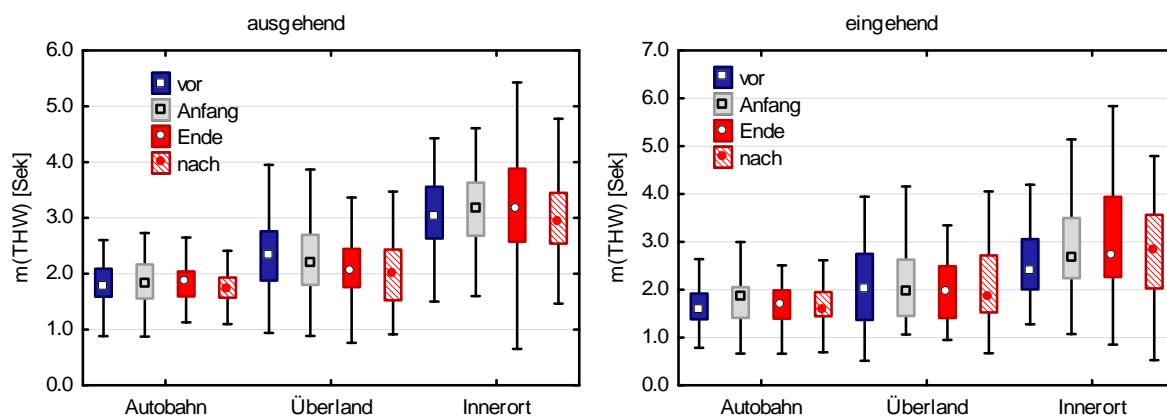


Abbildung 5-34: Mittlerer Abstand in den Abschnitten vor dem Telefonat, am Anfang des Telefonats, am Ende des Telefonats und nach dem Telefonat. Alle Abschnitte haben eine Dauer von 30 Sekunden.

Zur Beurteilung von Abstandsfehlern werden wieder der Zeitanteil mit sehr kleinem THW (<0.5 Sek) und sehr kleiner TTC (<1.75 Sek) bestimmt. Aufgrund der Schiefe der resultierenden Verteilungen wird non-parametrisch mittels Friedman ANOVA getestet (Ergebnisse siehe Anhang 11.4). Auf Autobahnschnitten ist direkt nach dem Telefonat der Zeitanteil mit sehr kleinem THW signifikant größer als zu Beginn des Telefonats. Überland gibt es einen ähnlichen Effekt für ausgehende Telefonate. Auf Überland- und Innerortstrecken ist außerdem zu Beginn eines Telefonats der Anteil sehr kleiner THW bei eingehenden Telefonaten signifikant höher als bei ausgehenden.

Für den Zeitanteil mit sehr kleiner TTC ergeben sich keine systematischen Änderungen über die Zeit. Nur auf Autobahnabschnitten ist der Anteil bei ausgehenden Telefonaten zu Beginn eines Telefonats signifikant geringer als in allen anderen Abschnitten. Ein- und ausgehende Telefonate unterscheiden sich nicht signifikant im Zeitanteil mit sehr kleiner TTC.

5.4.5 Auswirkung auf die Spurhaltung

Als dritter Bereich der Fahrzeugführung werden die Auswirkungen des Telefonierens auf die Spurhaltung untersucht. Da die Spurhaltung global schwerer als die Geschwindigkeitswahl oder das Abstandsverhalten zu quantifizieren ist, wird auf eine allgemeine Betrachtung mittels Ansatz 1 verzichtet. Vielmehr wird der Schwerpunkt auf die Grenzbereiche gelegt, wo eventuell vermehrt vorkommendes Fehlverhalten aufgrund des Telefonierens identifiziert werden kann. Hierfür wird der Anteil Zeit bestimmt, in dem Time-to-line-crossing (TLC) unter einer Sekunde liegt (Abbildung 5-35). Hier sei darauf hinzuweisen, dass eine Untersuchung nur auf Abschnitten möglich ist, auf denen eine Spur erkannt wird. Für die Auswertungen wird wieder zwischen ein- und ausgehenden Telefonaten unterschieden. Für Telefonieren allgemein und für eingehende Telefonate gibt es eine Verringerung des Zeitanteils mit sehr kleiner TLC während des Telefonierens (gesamt: $F(1, 86)=12.609$, $p<0.001$; eingehend: $F(1, 61)=18.0$, $p<0.001$). Der Effekt beruht nur auf eingehenden Telefonaten.

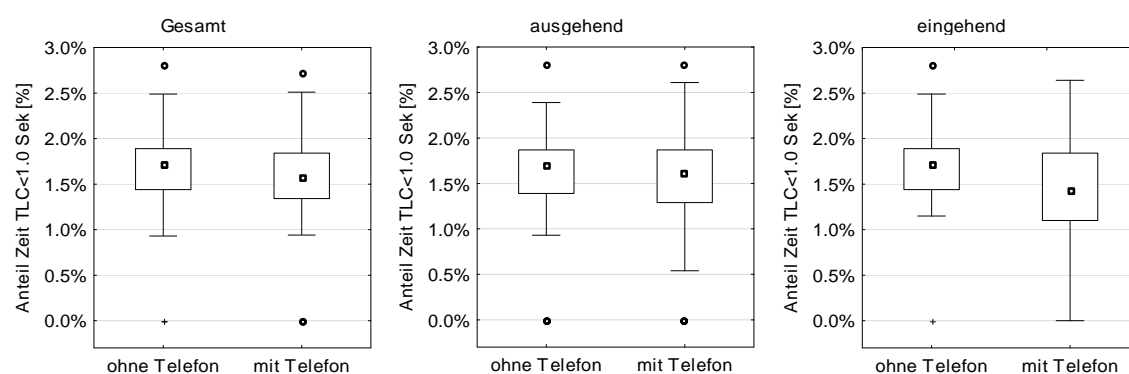


Abbildung 5-35: Untersuchung der Anteile mit einer sehr kleinen TLC (<1.0 Sekunde).

Für die weitere Betrachtung wird wieder der zeitbasierte Ansatz verwendet. In diesem Ansatz ist es nun auch möglich, neben Spurfehlern die Standardabweichung der Spurposition (sdlp) als Regelparameter zu betrachten. Auf Autobahn- und Innerortabschnitten ändert sich die sdlp signifikant über die Zeit (Autobahn: $F(3,$

150)=5.9, $p < 0.001$; Innerorts: $F(3, 39)=5.3$, $p < 0.01$). Der Effekt beruht beide Male darauf, dass in den letzten 30 Sekunden des Telefonats die *sdlp* geringer ist als in den anderen drei Zeitabschnitten. Es gibt keine Unterschiede zwischen ein- und ausgehenden Telefonate und keine Wechselwirkung.

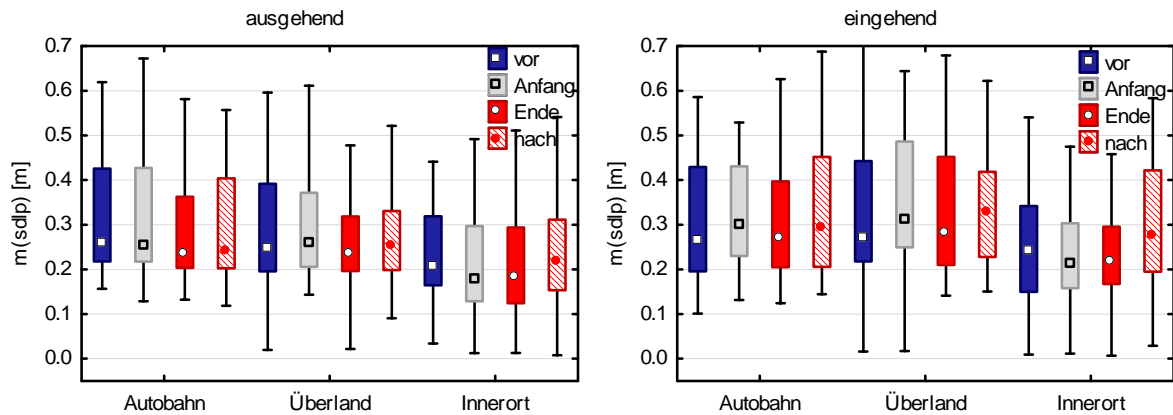


Abbildung 5-36: Mittlere Standardabweichung der Spurposition (*sdlp*) in den Abschnitten vor, am Anfang des Telefonats, am Ende des Telefonats und nach dem Telefonat. Alle Abschnitte haben eine Dauer von 30 Sekunden.

Um zu bewerten, ob es während eines Telefonats häufiger zu schlechter Spurhaltung kommt, wird wieder der Anteil Zeit mit einer TLC kleiner 1 Sekunden berechnet.

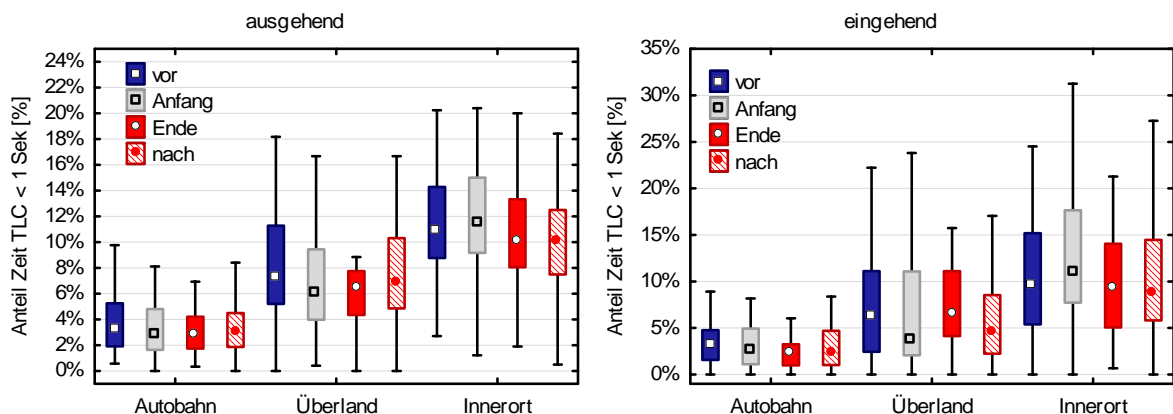


Abbildung 5-37: Zeitanteil mit sehr kleiner Time-to-Line-Crossing (TLC < 1 Sekunde) in den Abschnitten vor, am Anfang des Telefonats, am Ende des Telefonats und nach dem Telefonat. Alle Abschnitte haben eine Dauer von 30 Sekunden.

Der Anteil mit kleiner TLC ändert sich nicht systematisch über die Zeit. Außerdem gibt es keine systematischen Unterschiede zwischen ein- und ausgehenden Telefonaten hinsichtlich des Zeitanteils mit sehr kleiner TLC.

Festzuhalten ist, dass sich generell die Spurhaltung während des Telefonierens nicht verschlechtert. Beim Parameter Anteil Zeit mit sehr kleiner TLC ist sogar eine Abnahme des Werts während des Telefonierens in manchen Situationen festzustellen. Allerdings soll hier noch angemerkt werden, dass sich insgesamt die Spur insbesondere Innerorts oft nur schlecht erfassen lässt. Dies erschwert die Berechnung aussagekräftiger Kennwerte.

5.4.6 Auswirkung auf das Regelverhalten

Neben den bisher vorgestellten, üblicherweise in experimentellen Untersuchungen verwendeten Parametern, kann man weitere objektive Fahrparameter untersuchen. Die klassischen Parameter Abstand zum Vorausfahrenden sowie die Spurparameter beschreiben das Verhalten eines Fahrers in Bezug zu seiner unmittelbaren Fahrumgebung. Deswegen hängen die Messwerte nicht nur vom Verhalten des Fahrers sondern auch von Gegebenheiten der Umwelt ab (z.B. Spurführung, Verhalten des Vorausfahrenden). Dies sind Gegebenheiten, die in experimentellen Studien in der Regel gut kontrolliert werden, so dass eine möglichst gute Vergleichbarkeit zwischen den Bedingungen gegeben ist. In NDS-Auswertungen ist naturgemäß eine deutlich geringere Kontrolle über Änderungen der Umweltbedingungen möglich.

Hier bietet es sich an, alternativ Parameter heran zu ziehen, die direkt das Regelverhalten des Fahrers beschreiben. Zur Beschreibung der Geschwindigkeitsadaption werden die minimale und die maximale Längsbeschleunigung pro Zeitintervall ermittelt. Auf der Autobahn gibt es weder einen Einfluss der Art des Telefonats noch des Zeitabschnitt auf die maximale Beschleunigung. Auf Überlandabschnitten wird am Anfang eines Telefonats im mittel stärker beschleunigt als in dem Zeitabschnitt direkt nach dem Telefonat ($F(3, 147)=3.3, p<0.05$). Innerorts ergibt sich das gleiche Ergebnis, nun aber nur für eingehende Telefonate ($F(3, 201)=4.8, p<0.01$).

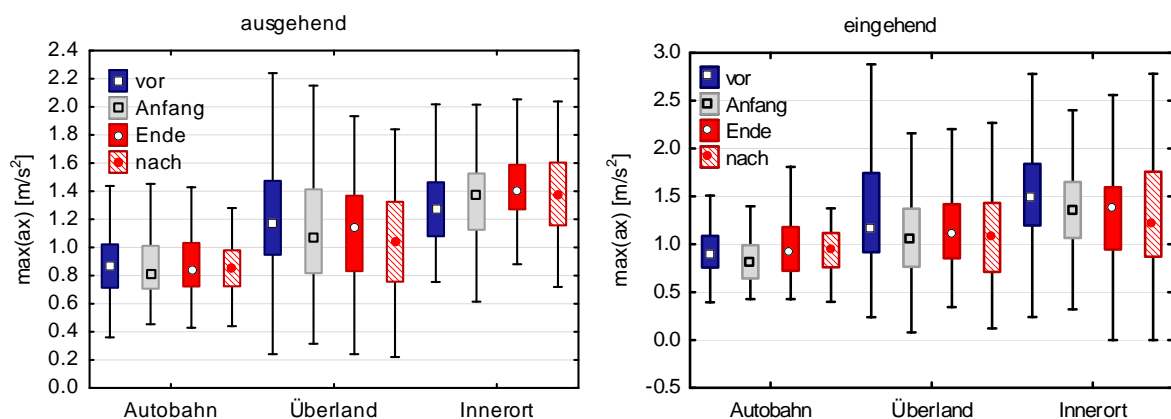


Abbildung 5-38: Maximale Beschleunigung in den Abschnitten vor dem Telefonat, am Anfang des Telefonats, am Ende des Telefonats und nach dem Telefonat. Alle Abschnitte haben eine Dauer von 30 Sekunden.

Als letzter Parameter wird die maximale Verzögerung genauer betrachtet. Auf der Autobahn wird in den ersten 30 Sekunden eines Telefonats weniger stark verzögert als direkt nach dem Telefonat ($F(3, 201)=4.3, p<0.01$). Auf Überlandabschnitten wird direkt nach einem Telefonat signifikant weniger stark verzögert als direkt vor dem Telefonat und als in den letzten 30 Sekunden des Telefonats ($F(3, 147)=3.0, p<0.05$). Dieser Effekt gilt nur für eingehende Telefonate. Auch Innerorts wird bei eingehenden Telefonaten direkt nach dem Telefonat weniger stark verzögert als direkt vor einem Telefonat ($F(3, 201)=3.0, p<0.05$).

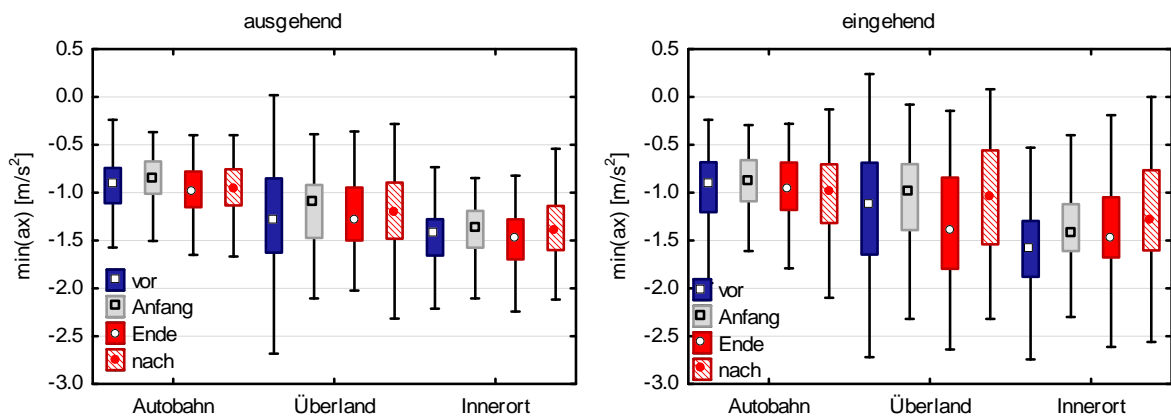


Abbildung 5-39: Maximale Verzögerung in den Abschnitten vor dem Telefonat, am Anfang des Telefonats, am Ende des Telefonats und nach dem Telefonat. Alle Abschnitte haben eine Dauer von 30 Sekunden.

5.4.7 Weitere mögliche Auswirkungen

Alle bisher ausgewerteten Parameter zielen darauf ab, Kompensationsverhalten auf der Ebene der Fahrzeugstabilisierung abzubilden. Anders als im Fahrversuch gibt es in Realfahrten allerdings noch eine Reihe andere Möglichkeiten, die zusätzliche Beanspruchung durch ein Telefonat auszugleichen.

Eine solche Möglichkeit ist es, beanspruchende Fahrmanöver während eines Telefonats zu meiden.

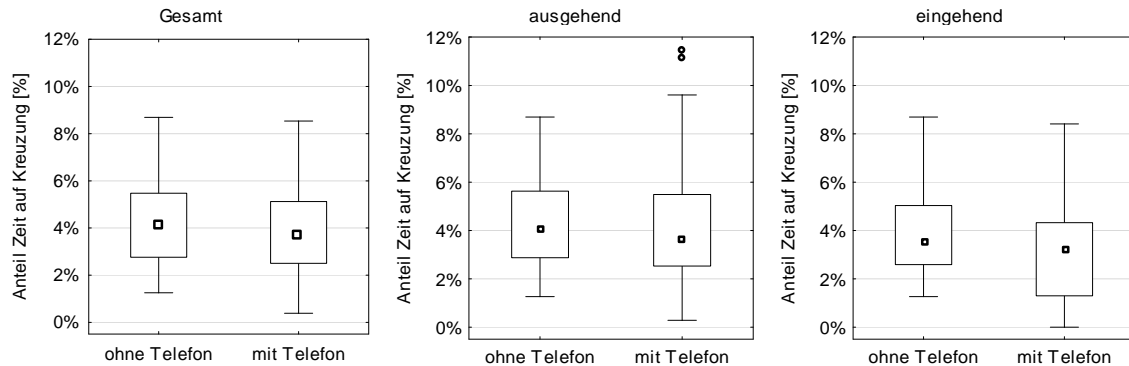


Abbildung 5-40: Zeitanteil auf Kreuzungen auf Überlandstrecken.

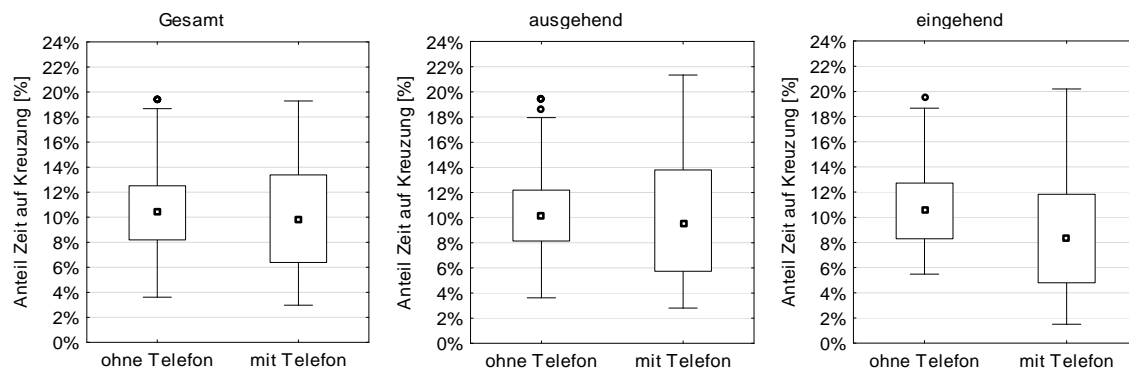


Abbildung 5-41: Zeitanteil auf Kreuzungen, Innerorts.

Ein solches potentielles Manöver ist das Durchfahren von Kreuzungen. Bei der folgenden Analyse ist zu berücksichtigen, dass über die Kreuzung selber (Schwierigkeit, Vorfahrtsregelung, Verkehr) nichts bekannt ist. Es ist aus den Kartendaten nur bekannt, dass eine Kreuzung gequert wurde. Betrachtet man den Zeitanteil, den ein Fahrer auf Kreuzungen verbringt und unterscheidet nach Überland und Innerorts so zeigt sich, dass während des Telefonats die Zeitanteile, die auf Kreuzungen verbracht werden verringert sind. Dies basiert auf der Verringerung bei eingehenden Telefonaten (Überland: $F(1, 61)=5.6$, $p<0.05$; Innerorts: $F(1, 61)=21.2$, $p<0.0001$), während bei ausgehenden Telefonaten nur eine unwesentliche Verringerung vorhanden ist.

Mit dem zeitbasierten Auswerteansatz ergibt sich ein ähnliches Bild. Sowohl Innerorts ($F(3, 207)=3.1$, $p<0.05$) als auch auf Überlandabschnitten ($F(3, 147)=2.9$, $p<0.05$) gibt es einen signifikanten Einfluss des Zeitintervalls auf den Zeitanteil, den ein Fahrer auf Kreuzungen verbringt. Beide Male beruht der Effekt darauf, dass dieser Anteil zu Beginn eines Telefonats bzw. direkt vor dem Telefonat höher ist als am Ende.

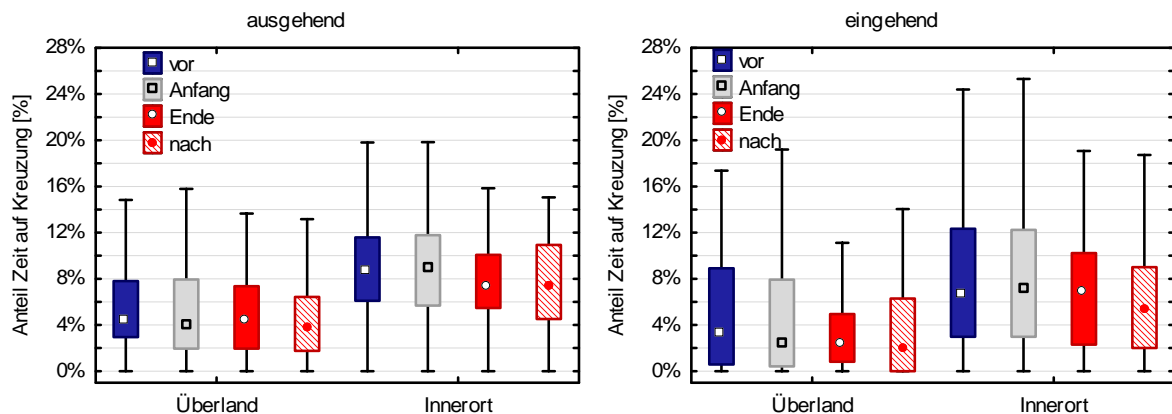


Abbildung 5-42: Zeitanteil auf Kreuzungen in den Abschnitten vor, am Anfang des Telefonats, am Ende des Telefonats und nach dem Telefonat. Alle Abschnitte haben eine Dauer von 30 Sekunden.

Ein weiteres beanspruchendes Fahrmanöver sind Spurwechsel. Im Rahmen des zeitbasierten Auswerteansatzes wird die Spurwechselfrequenz pro Minute für die verschiedenen Zeitabschnitte berechnet. Aufgrund der Schiefe der Verteilung wird non-parametrisch getestet (Ergebnisse siehe Anhang 11.4). Für ausgehende Telefonate auf der Autobahn ergibt sich ein signifikanter Einfluss des Zeitintervalls. Direkt vor dem Telefonat wird seltener die Spur gewechselt als in allen anderen Zeitabschnitten. Dies erscheint nachvollziehbar, da der Fahrer sich bei einem ausgehenden Telefonat da bereits in der Vorbereitungsphase fürs Telefonieren (z.B. Wählvorgang) befindet.

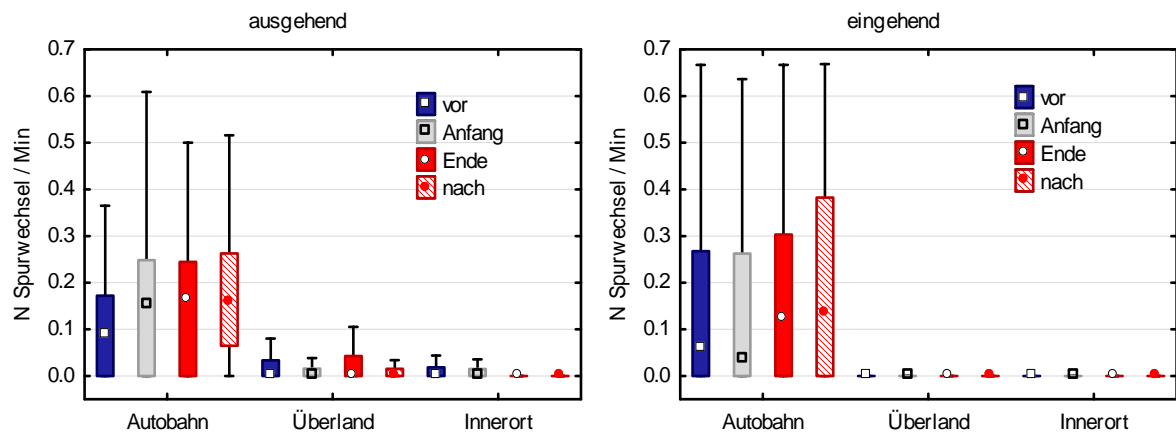


Abbildung 5-43: Anzahl Spurwechsel pro Minute in den Abschnitten vor dem Telefonat, am Anfang des Telefonats, am Ende des Telefonats und nach dem Telefonat. Alle Abschnitte haben eine Dauer von 30 Sekunden.

Der Vergleich von ein- und ausgehenden Telefonaten ergibt, dass bei ausgehenden Telefonaten häufiger die Spur gewechselt wird als bei eingehenden. Dies ist auf der Autobahn am Anfang und Überland am Ende des Telefonats der Fall.

Eine andere Möglichkeit der Kompensation ist, bevorzugt in besonders wenig beanspruchenden Situationen zu telefonieren. Eine solche Situation ist Stau auf der Autobahn. Im Folgenden wird zunächst wieder global Fahren mit und ohne Telefon verglichen. Dabei ergibt sich eine signifikante Erhöhung des Zeitanteils im Stau während des Telefonierens, die hauptsächlich auf den ausgehenden Telefonaten beruht (gesamt: $F(1,86)=14.2, p<0.001$; eingehend: $F(1,61)=3.3, p<0.1$; ausgehend: $F(1, 78)=6.5, p<0.05$, siehe Abbildung 5-44).

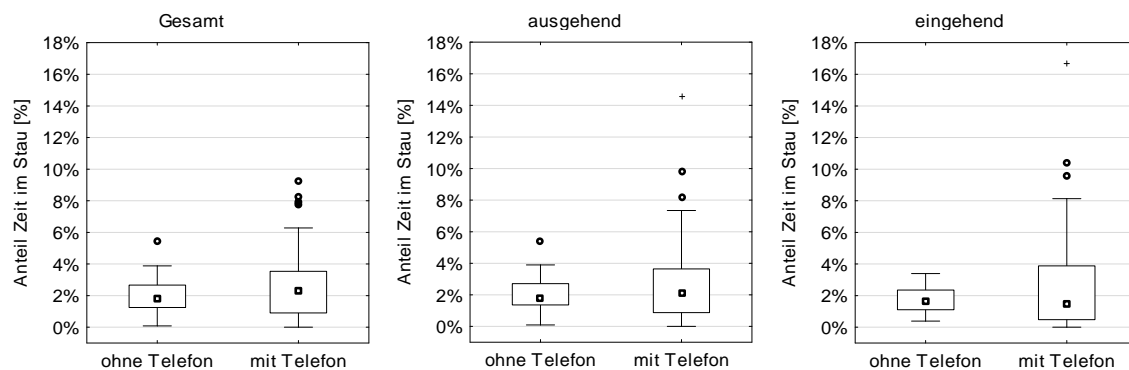


Abbildung 5-44: Zeitanteile im Stau.

Wählt man hingegen den zweiten methodischen Ansatz ergibt sich weder für ein- noch für ausgehende Anrufe eine signifikante Änderung des Zeitanteils im Stau über die Zeit. Allerdings ist auch hier der generelle Anteil Stau bei ausgehenden Anrufen signifikant höher als bei eingehenden.

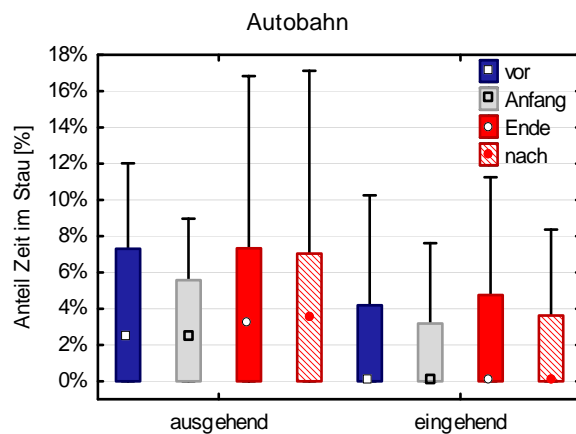


Abbildung 5-45: Anteil Zeit im Stau in den Abschnitten vor dem Telefonat, am Anfang des Telefonats, am Ende des Telefonats und nach dem Telefonat. Alle Abschnitte haben eine Dauer von 30 Sekunden.

Da alle Fahrzeuge mit einer Reihe von Assistenzsystemen ausgestattet waren, haben die Fahrer die Möglichkeit, die zusätzlich Beanspruchung durch das Telefonieren durch eine gezielte Nutzung von Assistenzsystemen zu kompensieren. Als vermutlich wichtigstes System hierbei ist das ACC zu werten, da es dem Fahrer aktiv Teile der Fahraufgabe abnimmt und so entlastet.

Untersucht man zunächst die Auswirkungen im Allgemeinen (Abbildung 5-46), so zeigt sich keine Erhöhung der ACC-Nutzung (bewertet über den Anteil Zeit mit aktivem ACC) während des Telefonierens. Vielmehr verringern sich die Anteile (gesamt: $F(1,86)=22.6, p<0.001$; ausgehend $F(1,78)=13.59, p<0.001$; eingehend $F(1, 61)=3.3, p<0.1$). Auch wenn die Straßenklasse berücksichtigt wird, ergibt sich ein ähnliches Bild.

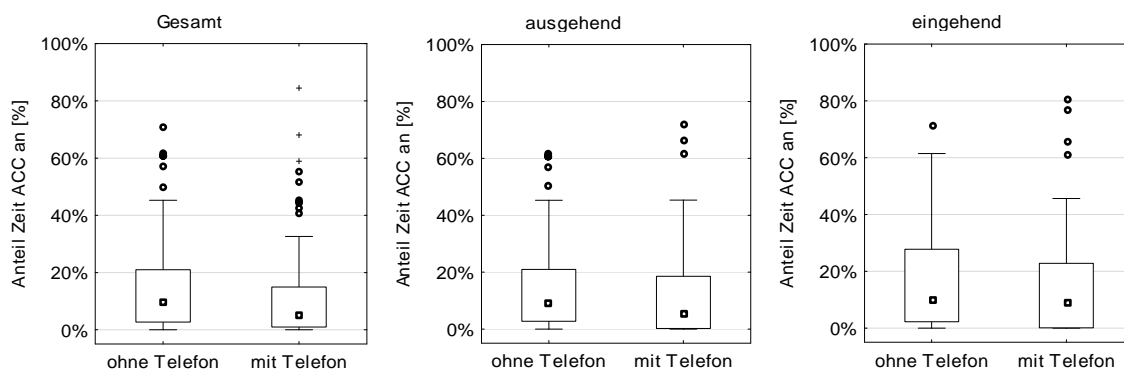


Abbildung 5-46: Zeitanteile mit aktivem ACC.

Wählt man den zeitbasierten Auswertansatz (Abbildung 5-47) zeigt sich, dass vor und am Anfang eines ausgehenden Telefonats auf der Autobahn und bei eingehenden Telefonaten generell das ACC häufiger aktiv ist im Vergleich zum Ende oder nachher. Somit scheint das ACC während des Telefonats ausgeschaltet oder nach einer Deaktivierung nicht mehr angeschaltet zu werden, was gegen eine aktive Nutzung des Systems zur Kompensation spricht. Im Vergleich zwischen ein- und ausgehenden Telefonaten zeigt sich kein Unterschied.

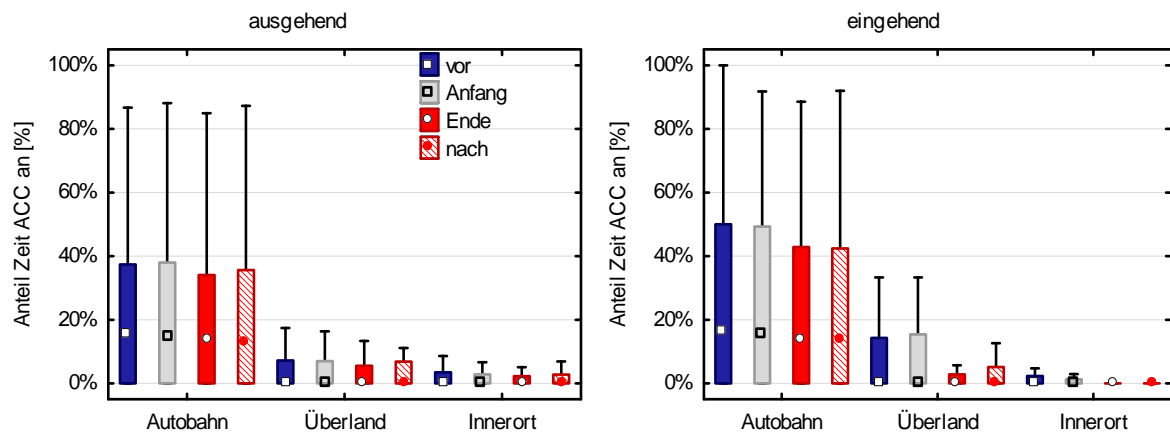


Abbildung 5-47: Anteil Zeit mit aktivem ACC in den Abschnitten vor dem Telefonat, am Anfang des Telefonats, am Ende des Telefonats und nach dem Telefonat. Alle Abschnitte haben eine Dauer von 30 Sekunden.

5.4.8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Auswirkung des Telefonierens auf das Fahren wurde mittels zweier methodischer Ansätze untersucht. In Ansatz 1 wird das Fahrverhalten während Telefonaten mit dem Verhalten während Zeitabschnitten ohne messbare Telefonnutzung verglichen. Der zweite Ansatz fokussiert darauf, Änderungen im Fahrverhalten über die Zeit abzubilden.

Tabelle 5-4 zeigt die Ergebnisse der Auswertungen noch einmal im Überblick. Die für Ansatz 2 dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf systematische Änderungen während eines Telefonats im Vergleich zu direkt davor oder direkt danach. Systematische Änderungen im Verlauf eines Telefonats (Anfang vs. Ende) sind nicht berücksichtigt.

Tabelle 5-4: Zusammenfassung der Ergebnisse. AB = Autobahn, UL = Überland, IO = Innerort; << / >> = signifikante Verringerung / Erhöhung ($\alpha=5\%$); < / > = Tendenz zur Verringerung / Erhöhung ($\alpha=10\%$); - = kein systematischer Effekt; grau schattiert = nicht ausgewertet; Ergebnisse die auf eine Kompensation hinweisen sind grün eingefärbt.

Parameter	Ansatz 1 mit vs. ohne			Ansatz 2 vor vs. Anfang vs. Ende vs. nach		
	AB	UL	IO	AB	UL	IO
m(v)	<<	<<	<<			
diff (v)				>>	-	>>
% zu schnell	-	-	-	<<	-	-
% sehr langsam	-	-	-	-	-	-
m(THW)	>>	>>	>	-	-	-
diff (THW)				-	<	<
% krit (THW)		-		-	-	-
% krit (TTC)		<<		-	-	-
sdlp				<<		<<
% krit TLC		<<		-	-	-
min(ax)				-	-	-
max(ax)				-	>>	>
Anteil Kreuzung		<<	<<	-	-	-
N (Spurwechsel)				-	-	-
% Stau	>>			-		
% ACC	<<	<<	<<	-	-	-

5.4.9 Interpretation der Ergebnisse

5.4.9.1 Methodisches Fazit

Bei der Auswertung der Auswirkung von Telefonieren auf das Fahren wurden zwei verschiedene methodische Ansätze verwendet. Wie in Tabelle 5-4 ersichtlich, erbringen die beiden Ansätze unterschiedliche und teilweise sogar widersprüchliche Ergebnisse. Vergleicht man global das Fahrverhalten während telefoniert wird mit dem Verhalten in Zeitabschnitten, in denen die Freisprecheinrichtung nicht genutzt wird, so finden sich in einigen Parametern systematische Effekte, die auf eine Kompensation durch den Fahrer hinweisen. Mit dem zweiten Untersuchungsansatz, der Auswertung über die Zeit, findet man dagegen keine bzw. unsystematische Auswirkungen des Telefonierens. Auch in den für euroFOT durchgeführten Analysen zur Auswirkung von Navibedienungen auf das Fahren wurde der zweite Untersuchungsansatz, die Betrachtung über die Zeit verwendet. Im Gegensatz zu den Analysen zum Telefonieren ergibt hier die Analyse über die Zeit systematische Hinweise auf eine Kompensation der zusätzlichen Beanspruchung durch die Bedieneingaben durch die Fahrer. Als Ursache für die unterschiedliche Sensitivität des zweiten Auswertansatzes kommen die folgenden zwei Punkte in Frage:

- Die Dauern der Nebentätigkeiten Telefonieren und Eingaben im Navigationssystem unterscheiden sich: Bei Bedienungen des Navigationssystems handelt es sich um eher kurze Ereignisse. Dies führt dazu, dass in der Analyse über die Zeit, drei zeitlich nah beieinander liegende, nicht zu lange Zeitabschnitte miteinander verglichen werden. Bei der Analyse zum Telefonieren wurde versucht die längere und variabelere Dauer der Ablenkung durch den Vergleich

ausgewählter Abschnitte mit je 30 Sekunden Dauer abzufangen. Dennoch ist es möglich, dass sich durch die höhere Dauer der einzelnen Nebenaufgaben die Fahrsituation häufig so stark ändert, dass die Analyse über die Zeit durch zu große Situationsvarianz weniger sensitiv wird.

- Die Beanspruchung durch die Nebentätigkeiten Telefonieren und Eingaben im Navigationssystem unterscheidet sich: Die Bedienung eines Navigationssystems während der Fahrt ist vermutlich in der Regel beanspruchender als das Führen eines Telefongesprächs. Es ist möglich, dass das Ausmaß kurzfristiger Anpassung im Regelverhalten zur Kompensation zusätzlicher Beanspruchung von der Stärke der Beanspruchung abhängt.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Übertragung von Analysen aus experimentellen Anordnungen auf die NDS-Daten komplex ist. Selbst unter Berücksichtigung situativer Faktoren ist unklar, ob es letztendlich gelingt, vergleichbare Referenzsituationen in den Daten zu finden.

5.4.9.2 Inhaltliches Fazit

Der Vergleich des Fahrens während des Telefonierens mit dem Fahrverhalten, wenn die Freisprecheinrichtung nicht genutzt wird (Ansatz 1) ergibt systematische Hinweise auf eine Kompensation der zusätzlichen Beanspruchung durch den Fahrer: Während des Telefonierens

- ist die Geschwindigkeit geringer.
- ist der Abstand zum Vorfahrenden größer.
- gibt es weniger häufig kleine Abstände zum Fahrbahnrand.
- befindet sich der Fahrer seltener auf Kreuzungen.
- befindet sich der Fahrer häufiger im Stau.

Im Gegensatz dazu ergibt die Auswertung über die Zeit keine Hinweise auf eine systematische Kompensation im Fahrverhalten. Für die meisten Parameter ergeben sich überhaupt keine systematisch signifikanten Effekte. Wenn es doch zu signifikanten Veränderungen im Fahrverhalten kommt, sprechen diese meist sogar gegen eine Kompensation (z.B. Erhöhung der Geschwindigkeit zu Beginn eines Telefonats).

Damit scheinen auf den ersten Blick die beiden Auswertansätze ein uneinheitliches Bild zu geben und keine fundierten Aussagen über die Auswirkung von Telefonieren auf das Fahren zu zulassen. Um zu einer inhaltlich sinnvollen Interpretation der Ergebnisse zu kommen, muss man deswegen zusätzlich die Unterschiede zwischen den beiden Auswertansätzen berücksichtigen: Im Ansatz 1 wird auf globalere Unterschiede des Fahrens mit und ohne Telefonieren fokussiert. Ansatz 2 versucht dagegen, die kurzfristige Auswirkung des Telefonats durch eine Analyse über die Zeit abzubilden. Berücksichtigt man zusätzlich die Ergebnisse aus der Expositionsanalyse, so kann man schließen, dass Fahrer die Ablenkung eines Telefonats kompensieren, dass dies allerdings weniger über die kurzfristige Anpassung im Regelverhalten sondern vielmehr über die Wahl längerer geeigneter Fahrsituationen geschieht. Dies zeigt sich beispielsweise auch darin, dass insgesamt der Zeitanteil in

dem telefoniert wird im Stau erhöht ist, sich aber hier keine Änderungen über die Zeit finden.

Zusätzlich wird die Analyse über die Zeit dadurch erschwert, dass dem eigentlichen Telefonat insbesondere bei ausgehenden Telefonaten ein variabel langer Wähl- bzw. Bedienvorgang vorausgeht, der nicht immer sicher in den Daten erfasst werden kann. Dies führt dazu, dass vor dem Beginn eines Telefonats nicht zwingend Fahren ohne Nebentätigkeit zu finden ist. Soweit in den Daten bekannt, wurden Zeitabschnitte in denen gewählt / bedient wurde, in der Analyse nicht berücksichtigt. Der Zeitabschnitt „vor“ umfasst in solchen Fällen die 30 Sekunden vor Beginn des Wählens. Wie aber im Abschnitt zur Exposition dargestellt, ist der Wählvorgang nicht für alle Telefonate objektiv erfassbar. Damit gilt insbesondere bei ausgehenden Telefonaten, dass der Zeitabschnitt Anfang nicht nur den Beginn eines Telefonats sondern auch gleichzeitig das Verhalten direkt nach einem Bedien- / Wählvorgang abbildet. Es ist beispielsweise möglich, dass Fahrer zum Wählen die Geschwindigkeit verringern um dann anschließend sobald das Telefonat zustande gekommen ist wieder zu beschleunigen. Insgesamt erschwert die variable Länge der Telefonate sowie die Möglichkeit eines Bedienvorgangs direkt vor Beginn des eigentlichen Gesprächs die Analyse des Fahrverhaltens über die Zeit.

Die in Abschnitt 5.4.9.1 genannten, möglichen Ursachen für die Unterschiede zwischen den beiden Auswertansätzen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer inhaltlichen Bedeutung für die Ergebnisse. Bei der ersten Erklärung betrachtet man das Ausbleiben systematischer Kompensation bei der zeitbasierten Analyse als ein methodisches Problem. Im zweiten Erklärungsansatz bekommen die Unterschiede zwischen den Auswertansätzen inhaltliche Relevanz. Das Ausbleiben von kurzfristiger Kompensation bei Telefonaten nicht aber bei Bedieneingaben zum Navigationssystem ist nun direkte Folge der Art der Ablenkung. Daraus folgt, dass sich die Kompensationsstrategien der Fahrer bei unterschiedlichen Nebenaufgabenarten unterscheiden: Bei kurzen und stärker beanspruchenden Nebentätigkeiten wie Bedieneingaben mit Blickabwendung wird vermehrt über eine kurzfristige Anpassung im Fahrverhalten (Verringerung Geschwindigkeit plus Erhöhung Abstand) kompensiert. Bei längeren und weniger stark ablenkenden Nebentätigkeiten wie das Führen eines Telefongesprächs erfolgt die Kompensation dagegen weniger über eine kurzfristige Anpassung im Fahrverhalten als vielmehr über die Wahl geeigneter Fahrsituationen (z.B. im Stau, auf der Autobahn bei Geschwindigkeiten kleiner 160 km/h). Dies würde auch bedeuten, dass die in experimentellen Ansätzen meistens untersuchte kurzfristige Kompensation des Telefonierens im Regelverhalten im realen Fahren eine untergeordnete Rolle spielt. Hierfür spricht auch, dass es sich bei dem überwiegenden Teil der geführten Telefonate um ausgehende Telefonanrufe handelt. Damit scheint das in den meisten experimentellen Studien verwendete Versuchsdesign nicht geeignet, dass im Realverkehr zu beobachtende Kompensationsverhalten abzubilden. Die Fahrer können in Experimenten nicht frei entscheiden, welche Situationen sie für ein Telefongespräch geeignet halten und werden dadurch u.U. dazu gedrängt, über eine kurzfristigere Anpassung im Regelverhalten zu kompensieren. Basierend auf den Ergebnissen der NDS-Analysen scheinen somit Untersuchungsansätze, in denen der Fahrer über den Zeitpunkt der Ablenkung entscheiden kann (z.B. FAT/BAST-Projekts zum Situationsbewusstsein (Rauch et al., 2008)), besser geeignet, um die Auswirkung von Telefonieren zu

untersuchen, als Ansätze in denen der Zeitpunkt der Ablenkung vom Experimentator vorgegeben wird.

6 METHODISCHES ZWISCHENFAZIT AUS THEMA I & II

Die ersten beiden Themengebiete haben sich – unter zwei getrennten Fragestellungen – mit der Analyse und Beschreibung des alltäglichen Fahrens beschäftigt. In beiden Fällen zeigen die Ergebnisse, dass dies anhand NDS möglich ist und dass hier NDS Ergebnisse liefern kann, die mit anderen methodischen Zugängen nur schwer zu gewinnen sind. Im Themengebiet I wurde das Fahrverhalten auf einer sehr globalen Ebene beschrieben und nach intraindividuellen Zusammenhängen gesucht. Wie gezeigt, bietet hier NDS ganze neue Möglichkeiten, sich mit der Frage des Fahrstils bzw. Fahrertyps zu befassen. Anders gesagt erlauben NDS-Daten den Einfluss von Situations- und Personenvarianz auf das Fahrverhalten näher zu untersuchen. Andere Untersuchungsansätze haben bei solchen Fragen deutlich weniger Aussagekraft, da unklar ist, in wieweit aus einer punktuellen, häufig beobachteten und instruierten Messung (z.B. im Fahrversuch) auf das alltägliche Fahrverhalten geschlossen werden kann.

Die Auswertungen zum Telefonieren zeigen, dass es möglich ist, mittels NDS die Exposition bestimmter Verhaltensweise beim Fahren zu bestimmen. Es wurde u.a. analysiert, wie häufig, wie lange und wann die Fahrer über die Freisprecheinrichtung telefonieren. Weiterführenden Auswertungen konnten zusätzlich aufzeigen, ob und wie die Fahrer Bedienmöglichkeiten im Fahrzeug nutzen. Dies alles sind Informationen, die mit Hilfe andere Untersuchungsansätze (z.B. Befragungen) nur schwer in der hier gezeigten Genauigkeit erhoben werden können, und wenn, dann in der Regel ohne die Möglichkeit von weiterführenden Detailanalysen.

Damit detaillierte Analysen des „normalen“ Fahrens möglich sind, ist es wünschenswert, dass das untersuchte Verhalten mittels objektiv erhobener Signale (z.B. aus CAN-Daten) erfasst werden kann. Ist dies nicht der Fall, besteht der einzige andere Auswertansatz für NDS darin, auf Videoanalyse zurück zugreifen. Diese ist extrem zeitaufwändig und deswegen normalerweise nur für einen Teil der Daten durchführbar. Bei einer Videoanalyse würde die Datengrundlage für die Expositionsdaten stark eingeschränkt – was die Ergebnisse wiederum weniger belastbar macht.

Im zweiten Teil der Analysen zum Telefonieren wurde versucht, aus experimentellen Anordnungen bekannte Ergebnisse mittels NDS zu überprüfen. Anders als in experimentellen Untersuchungen ist hierbei die Wahl der Vergleichssituation ein zentraler und auch problematischer Aspekt der Analyse. In Experimenten wird in der Regel durch das Versuchsdesign dafür gesorgt, dass das unbeeinflusste Fahrverhalten – also Fahren ohne Ablenkung – so erhoben wird, dass die vorherrschende Fahrsituation zur Situation beim Fahren mit Ablenkung vergleichbar ist. Dies ist bei NDS nicht gegeben, so dass das Problem der Referenzsituation im Rahmen der Datenanalyse gelöst werden muss. Zusammenfassend zeigt sich, dass der Vergleich von Befunden aus experimentellen Studien und der vorliegenden NDS-Analysen komplexer ist als anfangs gedacht. Zusammenfassend machen insbesondere die folgenden Punkte die Analyse und Interpretation der NDS-Daten anspruchsvoll:

- Auswahl miteinander vergleichbarer Fahrsituationen aus den Daten: Bei den Analysen zum Telefonieren wurden zwei Auswertansätze gewählt, um

möglichst vergleichbare Abschnitte in den Daten zu finden. Beide Ansätze kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Dies erschwert die Interpretation, da unklar ist, wie stark tatsächlich ähnliche Fahrsituationen miteinander verglichen werden. In NDS-Analysen wird häufig versucht, das Problem durch die Berücksichtigung situativer Einflussfaktoren, wie Straßenklasse, Wetter etc. in den Griff zu kriegen.

- Aus der Berücksichtigung situativer Einflussgrößen resultiert, dass sich die Datenbasis zwischen den verschiedenen Analysen ändert. Dies betrifft zum einen die Menge der Daten pro Fahrer, auf denen die Analyse beruht sowie die Anzahl der Fahrer, die in die Analyse mit eingeschlossen werden können.
- Durch die Berücksichtigung verschiedener situativer Einflussfaktoren aber auch durch die Analyse unterschiedlicher Fahrparameter kommt es bei der statistischen Absicherung zur multiplen Testung. Deswegen müsste eigentlich das Alpha-Niveau für die einzelnen Tests an die Gesamtzahl der insgesamt durchgeführten Tests adjustiert werden.

Aus inhaltlicher Sicht sind insbesondere die Schwierigkeiten bei der Selektion vergleichbare Fahrabschnitte bzw. bei der Kontrolle möglicherweise relevanter situativer Einflussgrößen relevant. Diese erschweren die Interpretation der Ergebnisse.

7 DER MANÖVERBASIERTE AUSWERTEANSATZ

7.1 Notwendigkeit von Manövern zur Parameterbestimmung

Insbesondere die Auswertungen zur Auswirkung von Telefonieren verdeutlichen, dass es mit den bisherigen Auswertansätzen nur unzureichend gelingt, das Problem der situativen Varianz in den Griff zu kriegen. Bisher wird versucht, die Situationsvarianz zu kontrollieren, in dem man den gesamten Datensatzes anhand situativer Faktoren (Straßenklasse, Geschwindigkeitslimit, Wetter) in Subsets unterteilt und anschließend für die verschiedenen situativen Kategorien getrennte Analysen durchzuführen. Ein Großteil der Varianz in den Fahrparametern resultiert allerdings nicht aus den situativen Gegebenheiten sondern direkt aus der Fahrhandlung. Deswegen ist ein sehr nahe liegender Auswertansatz, die Daten nicht bzw. nicht nur anhand situativer Bedingungen sondern auch anhand der Fahrerhandlung zu unterteilen.

Ziel bei Analysen des normalen Fahrens ist es häufig, die Verteilung bestimmter Kennwerte in den NDS Daten zu bestimmen. Eine solche Parametrisierung ist nur dann sinnvoll, wenn der Parameter (z.B. Mittelwert) die zugrunde liegende Verteilung adäquat beschreibt. Dies wiederum bedingt die Aufteilung des Datenstrangs in möglichst homogene Verhaltenseinheiten, innerhalb derer die jeweiligen Parameter aussagekräftig sind.

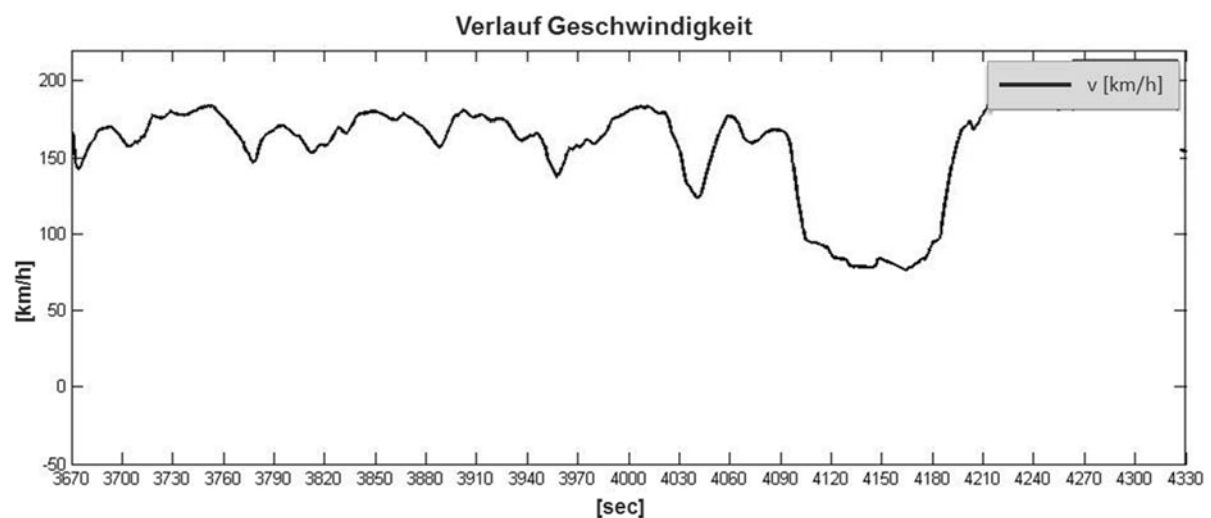


Abbildung 7-1: Beispielhafter Verlauf der Geschwindigkeit auf einem Autobahnabschnitt.

So zeigt Abbildung 7-1 den Verlauf der Geschwindigkeit bei einer Autobahnfahrt. Deutlich zu erkennen sind wiederkehrende, kurze Absenkungen der Geschwindigkeit von ca. 170 auf 150 km/h, später (Sekunde 4090-4180) sogar auf ca. 90 km/h. Offensichtlich wurde die freie Fahrt hier immer wieder durch irgendetwas beeinträchtigt, so dass der Fahrer nicht seine gewünschte Geschwindigkeit fahren konnte. Wollte man aus den Daten die Wunschgeschwindigkeit des Fahrers ableiten,

so wäre es z.B. nicht zielführend, Zeitabschnitte mit einzubeziehen, in denen ein Fahrer einem anderen Fahrzeug folgen muss.

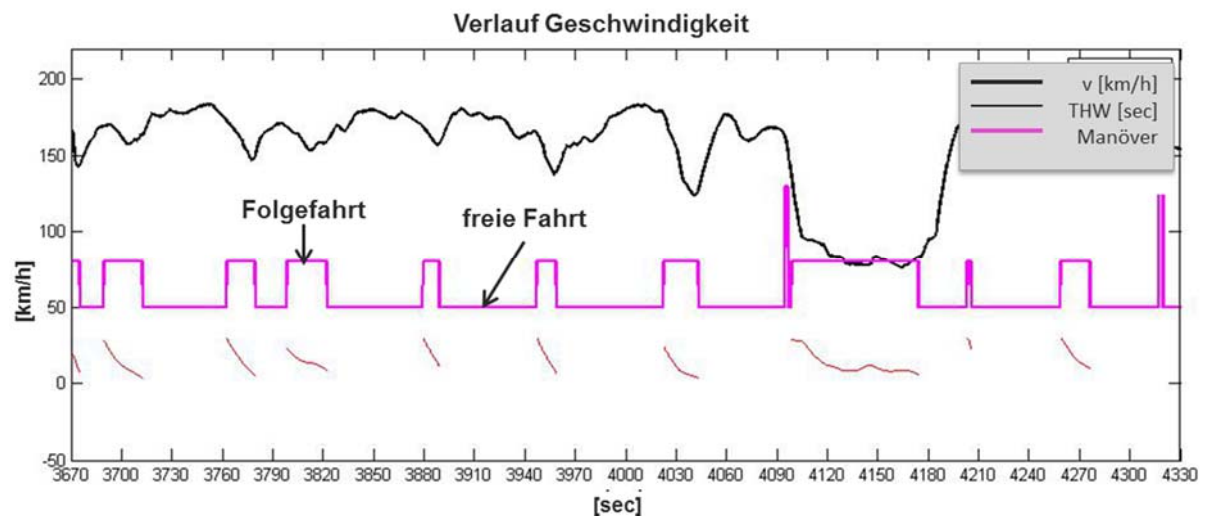


Abbildung 7-2: Verlauf der Geschwindigkeit mit einer Unterscheidung der Manöver in „freie Fahrt“ und „Folgefahrt“.

Abbildung 7-2 veranschaulicht, dass die Phasen, in denen die Geschwindigkeit gedrosselt wird, genau die Phasen sind, in denen der Fahrer einem anderen Fahrer folgen muss. Selbiges gilt umso mehr z.B. bei Stadtfahrten, in denen häufige Wechsel von Stehen, Anfahren, Abbiegen, Spurwechseln, etc. vorliegen. Auch andere Parameter, wie auftretende Quereschleunigungen oder Abstände zu vorausfahrenden Fahrzeugen können nur bezüglich homogener Handlungssequenzen sinnvoll interpretiert werden. Derart homogene Handlungssequenzen sind Fahrmanöver, innerhalb derer der Fahrer halbwegs konstanten Regelgrößen folgt. Während beispielsweise im Folgefahren auf der Autobahn der absolute oder zeitliche Abstand zum Vorderfahrzeug maßgeblich das Verhalten des Fahrers bestimmt (Längsführung), ändert sich die primäre Regelgröße bei der Autobahnabfahrt oder beim Abbiegen eher in die Einhaltung der Spur (Querführung). Würde die Sequenzierung einer Fahrt in derartige Fahrmanöver vorliegen, wäre z.B. die Bestimmung der mittleren Quereschleunigung beim Abbiegen oder des minimalen Zeitabstandes im Folgefahren möglich.

7.2 Definition der Manöver

Basierend auf theoretischen Überlegungen sowie auf einer Pilotauswertung wurden die in Abbildung 7-3 dargestellten Manöver als zentral zur Beschreibung des Fahrens ausgewählt.

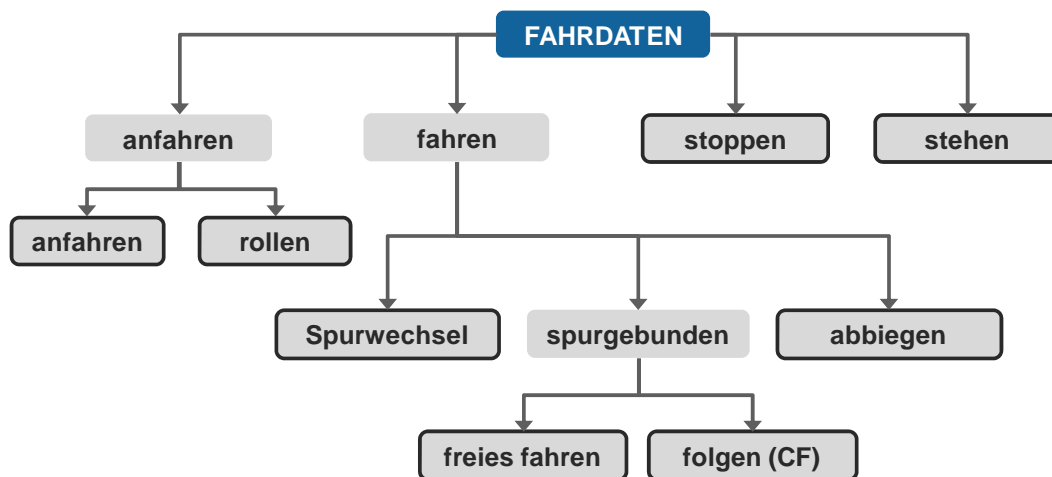


Abbildung 7-3: Klassifikation in Fahrmanöver.

Grundprinzip bei der Klassifikation von Manövern ist, die gesamte Fahrt lückenlos zu klassifizieren. Zunächst werden „Abbiegemanöver“ (links/rechts) anhand der Karteninformation und des Lenkwinkels definiert. „Spurwechsel“ werden anhand der Spurinformaton klassifiziert. Sinkt die Geschwindigkeit unter einen minimalen Schwellwert, so wird das Manöver „Stehen“ klassifiziert. Vor dem zum Stand kommen wird geschwindigkeitsabhängig eine Phase des „stoppens“ angenommen, nach dem „Stehen“ ebenfalls geschwindigkeitsabhängig eine Phase des „Anfahrens“. Erreicht das Anfahren nicht eine bestimmte Zielgeschwindigkeit und geht erneut in „Stehen“ über, so wird dieser Zeitabschnitt nicht als „Anfahren“ sondern als „Rollen“ definiert, was ungefähr dem Fahren im Stop-and-Go Verkehr entspricht. In der restlichen Zeit fährt der Fahrer, entweder im „freien Fahren“ oder eben im „Folgefahren“ (Car-Follow, CF), falls ein Fahrzeug voraus erkannt wurde.

Dieser Manöverklassifikation liegt eine Hierarchie derart zugrunde, dass Spurwechsel oder Abbiegemanöver andere Manöver unterbrechen. D.h. ein „Folgefahren“ in der Stadt wird unterbrochen von einem Abbiegemanöver, da sich dann die Regelgrößen des Fahrers ändern. Daher wird in einem solchen Fall – auch wenn der Fahrer dem gleichen Fahrzeug folgt – ein Folgemanöver durch das Abbiegen in zwei Folgemanöver aufgeteilt.

In einem iterativen Prozess wurden dementsprechende Algorithmen für die Erkennung der beschriebenen Manöver implementiert und deren Ergebnis an Videoratings zunächst per Augenschein validiert. Resultat war die Klassifikation aller Fahrten in die verschiedenen Manöver und in der Folge eine Sequenz von Manöverepisoden, innerhalb derer relevante Kennwerte berechnet werden können. Die relative Häufigkeit aller Manöver pro Stunde ist getrennt nach Straßenklasse in Abbildung 7-4 dargestellt.

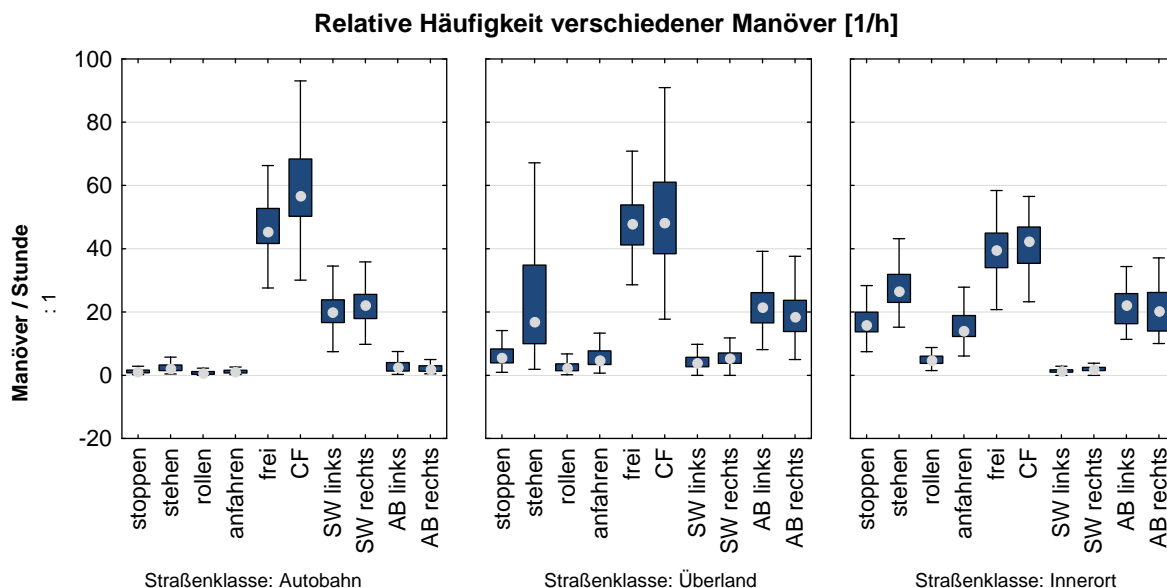


Abbildung 7-4: Relative Häufigkeit der verschiedenen Manöver pro Stunde, getrennt nach Straßenklasse.

Auf der Autobahn treten fast ausschließlich die Manöver „Folgefahren“ und „freies Fahren“ auf, sowie dazwischenliegende Spurwechsel. Auf der Landstraße hingegen wird die Spur wesentlich seltener gewechselt, dafür öfter angehalten, gestanden und abgebogen. Innerorts wird überraschenderweise nicht häufiger abgebogen als auf der Landstraße, allerdings dominieren hier neben dem freien und dem Folgefahren das Anhalten, Stehen und das Anfahren. Das Manöver Abbiegen auf Autobahnen ist im aktuellen Algorithmus noch problematisch, da Autobahnabfahrten bzw. das Wechseln von Autobahnen je nach Lenkradeinschlag zu einer Manöverklassifikation „Abbiegen nach links“ führen kann. D.h. Autobahnabfahrten und –auffahrten müssen demnächst noch diskriminiert werden.

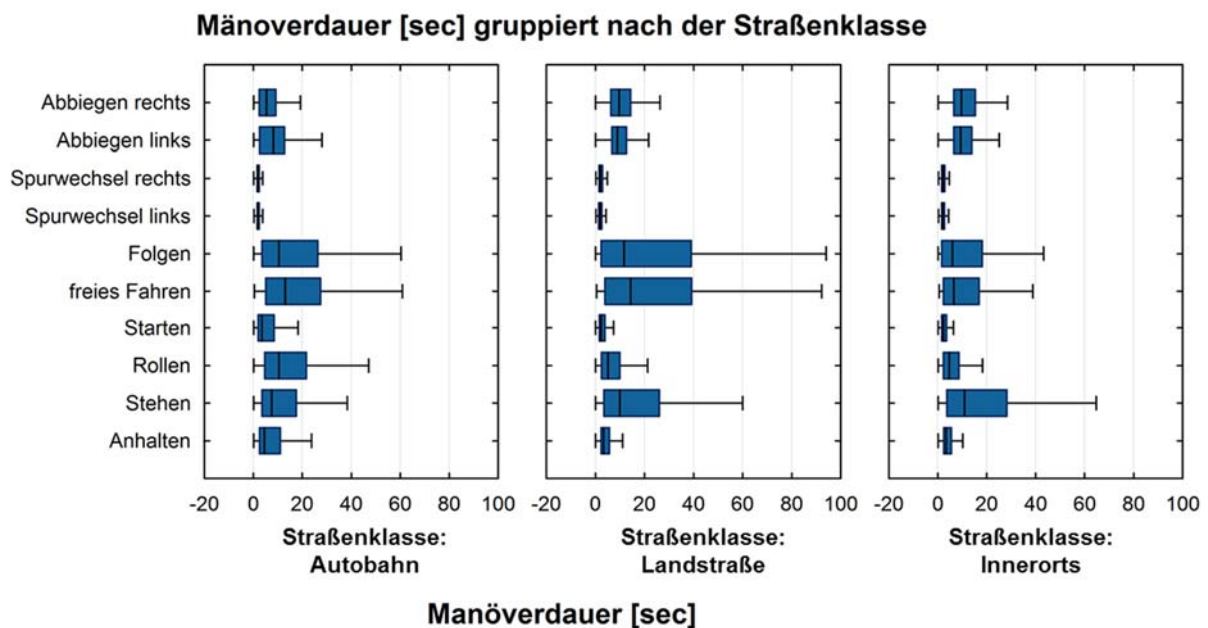


Abbildung 7-5: Verteilung der Dauer einzelner Manöver getrennt nach der Straßenklasse.

Die Dauern der einzelnen Manöver (Abbildung 7-5) sind auf den verschiedenen Straßenklassen sehr vergleichbar. Spurwechsel dauern auf allen Straßenklassen ca. 2 Sekunden und sind damit die kürzesten Manöver. Starten bzw. Anfahren und Anhalten dauert ca. 2-4 Sekunden, Abbiegen ca. 5-8 Sekunden. Freies Fahren und Folgefahren sind am variabelsten und weisen am häufigsten Werte um 10 Sekunden auf – Innerorts etwas weniger. Plausibler Weise können diese Manöver aber auch sehr lang werden (z.B. beim Folgen auf der Landstraße ohne Überholmöglichkeit), worauf die hohe Streuung nach oben hinweist. Betrachtet man die Häufigkeit und die Dauer der verschiedenen Manöver in Kombination so entfällt auf Autobahnen der größte Zeitanteil auf die freie Fahrt und das Folgen. Alle anderen Manöver machen nur einen geringen Zeitanteil aus. Auf Landstraßen und besonders Innerorts kommt der Stand sowie Links- und Rechtsabbiegen als weitere Manöver dazu, auf die ein nicht unerheblicher Teil der Fahrzeit entfällt.

Innerhalb der einzelnen Manöver lassen sich nun relevante Kennwerte berechnen. Der Verteilung dieser Kennwerte liegen nun nicht mehr die einzelnen Datenpunkte pro Messtakt zugrunde, sondern ein CF-Manöver. Abbildung 7-6 zeigt zur Illustration die Verteilung des pro CF-Manöver extrahierten minimalen Zeitabstandes für alle Car-Follow Episoden (CF) auf Autobahnen mit einer mittleren Geschwindigkeit über 50 km/h und einer maximalen Dauer von 60 Sekunden. Die Gesamtzahl von mehreren 100000 CF-Manövern ermöglicht hier eine gute Deskription des gezeigten Fahrverhaltens innerhalb der Manöver.

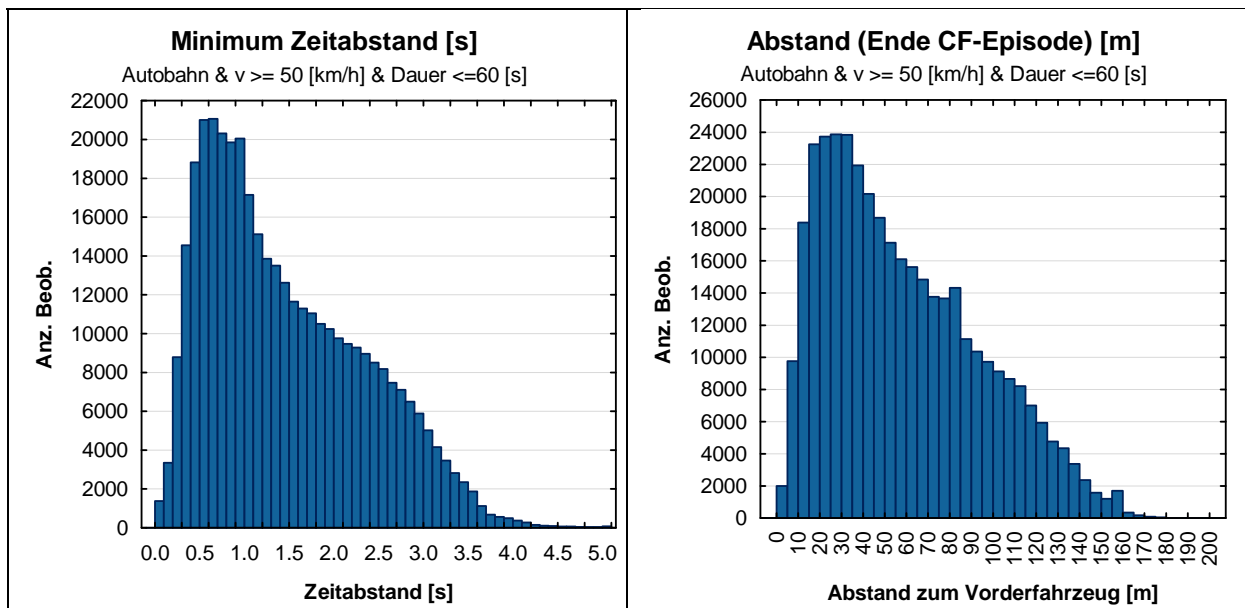


Abbildung 7-6: Verteilung des minimalen Zeitabstands (links) und des Absolutabstands für alle Folgefahrten auf der Autobahn mit einer Geschwindigkeit größer 50 km/h und einer Dauer kürzer als 60 Sekunden.

Die gezeigten minimalen Zeitabstände innerhalb CF-Manövern liegen auf Autobahnen zwischen 0,1 und 4 Sekunden, wobei der Hauptanteil zwischen 0,5 und 1,5 Sekunden liegt (Abbildung 7-6 links). Der Absolutabstand (Abbildung 7-6 rechts) beträgt beim Ende des CF-Manövers, dem entweder einen Fahrspurwechsel des Ego-Fahrzeugs oder der Vorderfahrzeugs folgt, zwischen 10 und 160 Metern. Der obere Wert ist weitgehend sensorbedingt und veranschaulicht die maximale Reichweite des Radars. Die häufigsten Werte sind zwischen 20 und 40 Metern, wobei die Häufigkeiten dann mit steigendem Abstand fast linear abnehmen.

Im Vergleich zu den vorherigen Auswertungen wird deutlich, dass ein manöverbasierter Ansatz prinzipiell geeignet ist, zumindest einen Teil der auf die Fahrerhandlung basierenden Varianz aufzuklären, und damit die Beschreibung des „normalen Fahrens“ zu verbessern. Ein weiterer Vorteil des manöverbasierten Vorgehens liegt aber auch in der Möglichkeit, die Häufigkeit seltener Ereignisse innerhalb von Manövern auszuwerten und analog zu epidemiologischen Verfahren Risikomaßzahlen zu berechnen.

8 THEMA III: ERFASSUNG KRITISCHER FAHRSITUATIONEN

8.1 Ziel von Incidentanalyse

Ein immer wieder genannter Vorteil von NDS-Daten ist, dass man an ihnen die Entstehungsbedingungen für Unfälle untersuchen kann. Da in der Regel trotz der großen Datenmenge (im vorliegenden Fall 100 bis 110 Fahrer mit je drei Monaten Messzeitraum) keine bzw. nur wenige Unfälle in den Daten enthalten sind, weicht man auf die Analyse kritischer Fahrsituationen (wie z.B. Beinaheunfälle) aus. Es wird hierbei angenommen, dass kritische Fahrsituationen Unfällen vorausgehen und dass deswegen die Analyse kritischer Fahrsituationen einen direkten Rückschluss auf Unfälle zulässt. Abbildung 8-1 zeigt den hypothetischen Zusammenhang zwischen Unfällen, kritischen Fahrsituationen und dem normalen Fahren. Es wird angenommen, dass ein Kontinuum der Ereignisschwere besteht, durch das sich die verschiedenen Ereignistypen unterscheiden.

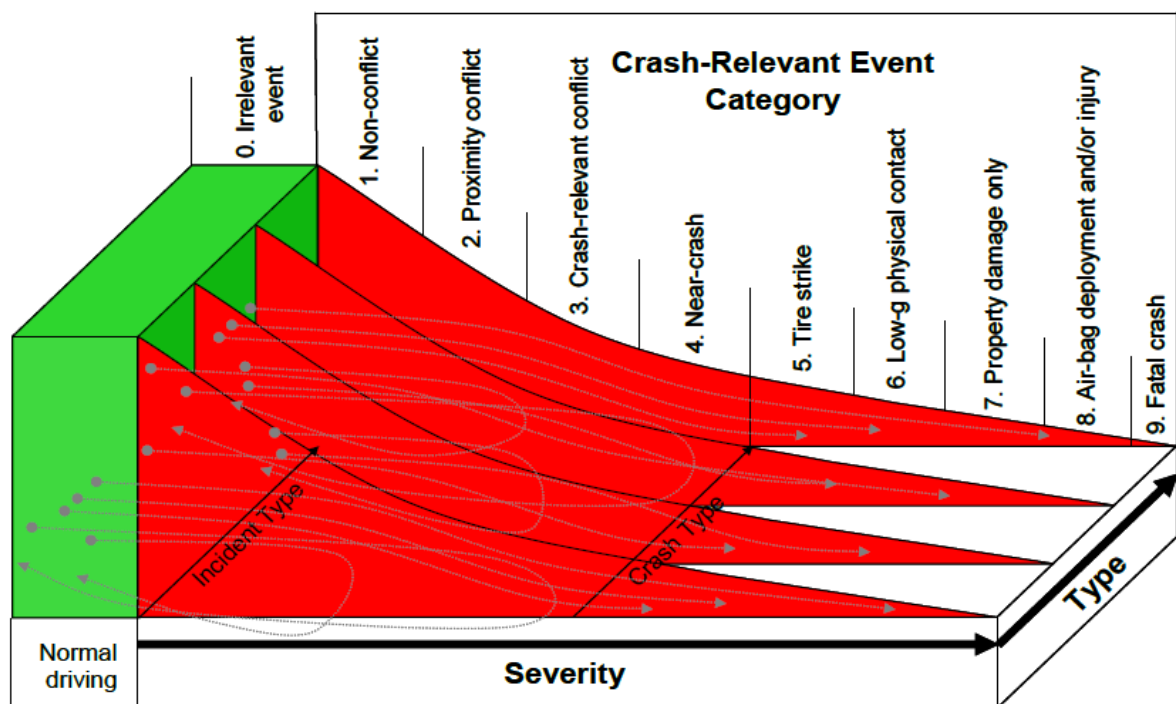


Abbildung 8-1: Hypothetischer Zusammenhang zwischen Unfällen verschiedener Schwere, Incidents und normalem Fahren (aus Faber et al., 2012, S.57).

Größte Herausforderung bei der Auswertung von Incidents ist es, die wenigen, wirklich kritischen Situationen in der Gesamtmenge der Daten zu finden. Wie schwierig dies ist, ist daran ersichtlich, dass NDS-Studien (aber auch FOTs), die einen starken Fokus auf die Analyse von Incidents legen, in der Regel die anhand von fahrdynamischen Parametern detektierten Situationen mittels Videoanalyse kodieren und hinsichtlich der tatsächlichen Kritikalität des Ereignisses bewerten lassen (Dingus et al., 2006; Hickman, Hanowski, & Bocanegra, 2010; Olson,

Hanowski, Hickman, & Bocanegra, 2009). In NDS wird meistens der Zusammenhang zwischen Ablenkung des Fahrers und Incidents analysiert. (z.B. Dingus et al., 2006) In FOTs wird die Auswirkung der untersuchten Systeme auf die Fahrsicherheit anhand von Veränderungen der Incidenzhäufigkeit bewertet (Najm & daSilva, 2000; Najm, DaSilva, & Wiacek, 2000; *Automotive Collision Avoidance System Field Operational Test (ACAS FOT)*, 2007).

8.2 Grundsätzliches zur Incidentauswertungen

8.2.1 Zusammenhang zwischen kritischen Fahrsituationen und Unfällen

Hintergrund von Incidentauswertungen ist immer, dass man Aussagen über Änderungen der Fahrsicherheit und damit des Unfallrisikos treffen möchte. Damit dies möglich ist muss man davon ausgehen, dass es einen stabilen Zusammenhang zwischen Incidents und Unfällen gibt. Wie in Abbildung 8-1 gezeigt, nimmt man an, dass Incidents Unfällen vorausgehen, dass aber nicht aus jedem Incident ein Unfall resultiert. Damit man aus einer Änderung des Incidentrisikos auf eine Änderung des Unfallrisikos schließen kann, muss allerdings das Verhältnis zwischen Incidents und Unfällen in allen miteinander verglichenen Bedingungen gleich sein. Dies ist eine Annahme, die allen Incidentanalysen zugrunde liegt und die in der Regel wegen fehlender Unfälle nicht prüfbar ist. Es gibt eine Reihe von Untersuchungsfragen, wo die Annahme, dass das Verhältnis zwischen Incidents und Unfällen unabhängig vom untersuchten Faktor ist, zumindest kritisch diskutiert werden sollte. Dies sind beispielsweise Analysen zur Auswirkung von Ablenkung. Hier ist es sehr wohl möglich, dass sich durch die Ablenkung der Zusammenhang ändert. Bei einem abgelenkten Fahrer ist zu erwarten, dass er auf kritische Ereignisse schlechter reagieren kann und dass deswegen kritische Fahrsituationen häufiger in Unfällen resultieren, als dies bei einem aufmerksamen Fahrer der Fall ist.

8.2.2 Auswirkung der Sensorik

Egal, ob man die detektierten Ereignisse anhand von Videos kontrolliert oder nicht, Ausgangspunkt der Analysen sind immer objektiven Kriterien, anhand derer potentiell kritische Situationen in den Daten gesucht werden. Damit beruhen alle Incidentanalysen auf Kriterien, die sich auf objektive Messgrößen beziehen. Hierbei werden in der Regel Messgrößen der Fahrzeugkinematik (z.B. Längs- oder Querschleunigung), des über Radar gemessenen Abstands zum Vorfahrenden und bei sehr speziellen Fragestellungen auch noch die über Sensorik gemessene Spurposition verwendet.

Damit ist offensichtlich, dass die Art der als potentiell kritisch bewerteten Situationen von den Möglichkeiten der Fahrzeugsensorik bestimmt wird. Dies führt zu einer Einschränkung in der Art der erfassbaren Situationen:

- Abstände werden nur zu Objekten gemessen, die vom Radar erfasst werden können. Damit erfolgt de Facto eine Einschränkung auf kritische Abstandsereignisse zu anderen, sich bewegenden Fahrzeugen. Stehende Hindernisse, Fußgänger und Radfahrer werden nicht berücksichtigt.

- Probleme der Spurhaltung können nur auf Straßen mit ausreichend guter und eindeutiger Spurmarkierung erkannt werden. Bestimmte Problembereiche, wie Baustellen, können in der Analyse nicht berücksichtigt werden.
- Bei kinematischen Triggern wird auf Situationen eingeschränkt, in denen der Fahrer reagiert und in denen deswegen am eigenen Fahrzeug ungewöhnliche Fahrzeugkinematik auftritt (z.B. starke Verzögerungen). Situationen, in denen der Fahrer andere Verkehrsteilnehmer zu Reaktionen (Notbremsung, Ausweichmanöver) zwingt, sind nicht erfassbar.

Je nach Fragestellung kann die Einschränkung in der Art der detektierbaren Ereignisse Einfluss auf die Validität der Ergebnisse nehmen. Insbesondere bei Analysen mit einem Fokus auf Innerortsituationen schließt beispielsweise die Eingrenzung der messbaren Abstände auf andere Fahrzeuge eine Vielzahl potentiell kritischer Situationen aus der Analyse aus.

Die Einschränkung auf Ereignisse, in denen der Fahrer auf die Fahrsituation reagiert, kann hypothetisch bei bestimmten Fragestellungen sogar zu falschen Ergebnissen führen. Dies ist der Fall bei der Untersuchung zu Systemen, die den Fahrer potentiell ablenken bzw. zu Unachtsamkeit führen. Bei einem solchen System ist es denkbar, dass sich die absolute Zahl der kritischen Situationen nicht ändert, der Fahrer aufgrund der Ablenkung aber seltener reagiert und häufiger andere Verkehrsteilnehmer zur Reaktion zwingt. Da sich dadurch die Zahl der messbaren Ereignisse verringert, resultiert aus der Incidentanalyse ein potentieller Sicherheitsgewinn durch das untersuchte System.

Aufgrund der genannten Probleme erfolgt in FOTs in der Regel eine Einschränkung der Analyse auf systemrelevante Incidents, die dann außerdem häufig gezielt für bestimmte Nutzsituationen analysiert werden. So wurde beispielsweise in euroFOT bei den Analysen zum ACC gezielt auf Abstandereignisse fokussiert. Die Auswertung wurde außerdem auf eine zentrale Nutzsituation des Systems (Folgefahren auf Autobahnen innerhalb eines definierten Geschwindigkeitsbereichs) eingeschränkt (Malta, et al. 2012). Für NDS-Fragestellung ist die Auswahl relevanter Ereignistypen bzw. relevanter Ausgangssituationen deutlich schwieriger.

8.2.3 Definition von Kritikalität

Unter dem Stichwort Incident versteht man ganz allgemein kritische Fahrsituationen, deren Häufigkeit – so die Annahme – Rückschlüsse auf die Fahrsicherheit zulässt. Diese auf den ersten Blick sehr einfache Definition erweist sich bei der Umsetzung in objektive Kriterien allerdings als sehr schwierig. Dies liegt nicht nur daran, dass die verfügbaren Sensordaten nur ein begrenztes Bild der Fahrsituation und damit der Kritikalität ermöglichen. Eine weitere Schwierigkeit liegt darin, dass ein objektives Außenkriterium für „kritisch“ fehlt. So geht z.B. häufig selbst zwischen Fahrer und Beifahrer die Meinung darüber auseinander, ob eine Situation gerade kritisch war oder nicht. Bei der Auswertung der NDS-Daten ist das Problem noch ausgeprägter, da man nun aus den verfügbaren Daten die Situation nachträglich konstruieren und die Kritikalität bewerten muss. Selbst wenn Videos der Fahrten vorliegen, ist eine Bewertung der Kritikalität nicht einfach. Dies liegt unter anderem daran, dass sich auf den Video Eigen- und Differenzgeschwindigkeiten sowie Abstände nur schwer abschätzen lassen.

8.2.4 Zusammenhang zwischen statistischer Power und Anzahl ausgewerteter Ereignisse

Um diesen Punkt zu verdeutlichen wird erneut auf die euroFOT-Analysen zum ACC verwiesen. Die Auswirkung des ACCs wurde in dem Projekt von mehreren Partnern anhand unterschiedlicher Datensätze untersucht. Die Partner unterschieden sich in ihrem prinzipiellen Vorgehen bei der Analyse von Incidents:

- Auf Grund fehlender Videoaufzeichnung basieren die Analysen des einen Partners auf objektiv messbaren Ereignissen.
- Andere Partner haben objektiv detektierte Ereignisse anhand der Videos kodieren lassen.

Mit beiden Untersuchungsansätzen ergab sich in den ACC-Auswertungen eine Reduktion der Ereigniszahl bei Systemnutzung. Bei der Analyse, die rein auf kinematischen Triggern beruht, reduziert sich die Incidenczhäufigkeit um rund 80%, bei den über Video annotierten Ereignissen um 30%. Dazu kommt, dass durch die Videoanalyse die absolute Anzahl der detektierten Ereignisse so klein wurde, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen gefunden werden konnten (vgl. Malta, et al. 2012).

Durch die Einschränkung der Ereignisse mittels Videoanalyse hat sich somit im genannten Beispiel die Anzahl der Ereignisse so stark reduziert, dass das gleiche Problem wie bei der Analyse von Unfällen auftritt: Um eine für eine statistische Absicherung ausreichende Menge an Ereignissen bzw. Unfälle zu bekommen, braucht man eine sehr große Grundmenge an Daten. Da in der Regel ein Fahrer ein statistischer Fall sein sollte, ist die pro untersuchter Bedingung verfügbare Datenmenge pro Fahrer die entscheidende Größe. Wie groß die benötigte Datenmenge sein muss, hängt somit von der Art der untersuchten Einflussgrößen ab. Ist beispielsweise ein System nur in sehr speziellen Situationen relevant (z.B. lange Autobahnfahrten nachts) muss man entweder die Datenaufzeichnung so lang gestalten, dass jeder Fahrer die Nutzsituation zumindest mehrfach im Untersuchungszeitraum erlebt hat, oder man muss die Stichprobe gezielt danach aussuchen, dass nächtliche Autobahnfahrten gehäuft auftreten. In Bezug auf die ACC-Auswertung in euroFOT wird die auswertbare Datenmenge beispielsweise dadurch eingeschränkt, dass das System nur in ca. 30% der Zeit auf Autobahnen genutzt wird. Diese Werte beziehen sich aber nur auf die mittlere Nutzungshäufigkeit. Fahrer, die ein System aus welchen Gründen auch immer nicht oder nur sehr selten nutzen, fallen aus der Analyse heraus.

8.2.5 Notwendigkeit von Manövern zur Prävalenz- und Risikoberechnung

Die Frage von veränderten Auftretenshäufigkeiten von Incidents unter verschiedenen Bedingungen (Exposition) gleicht der Frage nach der Auftretenshäufigkeit von Erkrankungen oder Verkehrsunfällen unter verschiedenen Expositionen und ist somit der epidemiologischen Forschung zuzuordnen. Grundlage einer epidemiologischen Betrachtung ist folgende 2x2 Matrix.

Kohorten Studie		Fälle und Kontrollen		Summe	Inzidenz
		Fälle	Kontrollen		
Exposition	exponiert	A	B	A+B	A / (A+B)
	nicht exponiert	C	D	C+D	C / (C+D)
	Summe	A+C	B+D	A+B+C+D	
	Anteil Exponierter	A / (A+C)	B / (B+D)		

Abbildung 8-2: Basismatrix für die Berechnung epidemiologischer Maßzahlen wie Relative Risiken oder Odds Ratios.

Im Falle von Erkrankungsrisiken werden Menschen als Fälle betrachtet, bei der Berechnung von Unfallrisiken die jeweiligen Fahrten. Somit wird jeder Mensch in der Stichprobe, der krank wird, und jede Fahrt die in einem Unfall mündet zum „Fall“. Gleichzeitig wird jeder Mensch der nicht krank wird, sowie jede unfallfreie Autofahrt zur „Kontrolle“. Dies impliziert, dass jede Kontrolleinheit die Möglichkeit haben muss zum Fall zu werden, d.h. jeder Mensch in der Stichprobe kann an der untersuchten Krankheit (einmal!) erkranken und jede Fahrt kann in nur einem Unfall enden. Die Inzidenzen geben an, wie wahrscheinlich das Auftreten eines Falles unter Exposition und unter nicht Exposition ist. Das Verhältnis der beiden Inzidenzen ergibt dann das Relative Risiko, das angibt, wie viel wahrscheinlicher das Auftreten eines Falles unter „Exposition“ im Vergleich zu „nicht Exposition“ ist.

Als Kenngrößen zur Beschreibung der beschriebenen Zusammenhänge können das Odds Ratio (OR) oder das relative Risiko (RR) berechnet werden.

$$OR = (a*d)/(b*c)$$

$$RR = (a/(a+b))/(c/(c+d))$$

Das relative Risiko kann nur berechnet werden, wenn die Randwahrscheinlichkeiten der 2x2 Matrix zufällig sind. Dies ist der Fall, wenn nicht vom Untersucher eine definierte Anzahl von Fällen und Kontrollen in die Untersuchung mit eingeschlossen werden, sondern wenn sich diese Zahl aus der Datenerhebung ergibt. In der 100-Car-Study muss beispielsweise das Odds Ratio berechnet werden, da in der Untersuchung festgelegt wurde, dass 20 000 Baseline-Episoden (also Kontrollen) ausgewertet werden.

Bei der Übertragung der epidemiologischen Logik auf Incidents wird das Problem der richtigen Grundeinheit evident. Für eine Auszählung der Zellhäufigkeiten ist die Definition einer sinnvollen Grundeinheit notwendig. Es ist nicht sinnvoll anzunehmen, dass jeden Messtakt ein Incident auftreten kann. Ebenso wenig bilden ganze Fahrten sinnvolle Einheiten, da je nach Incidentdefinition mehrere Incidents pro Fahrt auftreten können. Es fehlt demnach eine Unterteilung der Fahrt in geeignete Zeitabschnitte, die obige Anforderungen erfüllen. Auch hier bietet sich die Unterteilung der Fahrt in möglichst homogene Fahrmanöver als Grundeinheit an, da dann eine Incidentauswertung möglich wird, die inhaltlich sinnvoll zu interpretieren ist. So könnten z.B. die Häufigkeit für Abstands-Incidents getrennt für Folgefahrmanöver und Spurwechseln bestimmt werden.

8.3 Incidentkriterien in der Literatur

8.3.1 Videoanalyse

Der in der Literatur am häufigsten verfolgte Ansatz zur Bewertung von Incidents ist auf Grund der oben gezeigten Probleme zweistufig: zuerst wird anhand von Kriterien für die objektiven Fahrdaten in den Verlaufsdaten nach Ereignissen gesucht. Die damit detektierten Ereignisse werden anschließend alle anhand eines Videoratings bewertet, und so in falsche Alarme und korrekt detektierte Ereignisse unterschieden.

Für eine Videoanalyse nach dem Muster der 100-Car-Study wird das Video systematisch durch Experten kodiert (Dingus et al., 2006, aber auch Sayer, Devonshire, & Flannagan, 2005). Um sicherstellen zu können, dass die Ergebnisse der Videokodierung reliabel sind, d.h. dass eine erneute Analyse zu vergleichbaren Ergebnissen kommen würde, ist es nötig, ein gut definiertes Kategoriensystem zu entwickeln und dieses auch ausführlich zu dokumentieren. Dieses Kategoriensystem ist die Basis der später durchgeführten Videoanalyse. Erste Erfahrung mit den vorliegenden Videos zeigen aber, dass die Bewertung der Kritikalität von Fahrsituationen anhand der Videos schwierig ist.

Die Dauer der Videokodierung ist stark abhängig von der Komplexität des gewählten Kategoriensystems. Für sehr einfache Kategoriensysteme ist eine Kodierung in Echtzeit denkbar. In diesem Fall entspräche die Dauer der Videokodierung der Dauer der Datenaufzeichnung. Für komplexe Kategoriensysteme (wie sie beispielsweise in der 100-Car-Study angewendet wurden) kann die Kodierung der Videos ein Vielfaches der Messzeit betragen, da die Videos mehrfach bzw. mit verringerter Abspielgeschwindigkeit angeschaut werden müssen.

Damit ergibt sich als gravierendster Nachteil einer Videokodierung, dass diese sehr zeitaufwändig ist. Dies gilt sowohl für die Entwicklung des Kategoriensystems als auch insbesondere für die Durchführung der Kodierung. Ein weiterer Nachteil ist, dass sich für spätere Versuche eventuell das entwickelte Kategoriensystem weiterverwenden lässt, der eigentliche Aufwand – die Kodierung der Videos – verringert sich aber nicht. Berücksichtigt man, dass im Moment der Trend zu immer größeren Studien mit immer mehr Fahrzeugen geht, resultiert daraus ein ansteigender Aufwand zur Kodierung der Videodaten.

8.3.2 Objektive Incidentkriterien

Tabelle 8-1 gibt einen Überblick über einige der in verschiedenen Studien verwendeten Incidentkriterien. Die im Folgenden durchgeführten Auswertungen basieren auf den Kriterien von Benmimoun et al. (2011). Diese unterscheiden sich von anderen Ansätzen dadurch, dass die Schwellwerte für die verschiedenen Incidenttypen häufig geschwindigkeitsabhängig definiert sind.

Im Rahmen der Analysen der 100-Car-Study (Dingus et al., 2006) wurde unter anderem versucht, die verwendeten Incidentkriterien so zu verbessern, dass auf eine Analyse der Videos in Zukunft verzichtet werden kann. Ein Incident wurde definiert, wenn eine Längsverzögerung größer 0.5 g oder eine Querschleunigung größer 0.4 g auftrat. Anschließend wurde die Validität der detektierten Ereignisse über Videoanalyse ermittelt. Es zeigt sich, dass anhand der verwendeten objektiven Kriterien eine Trennung in valide und invalide Ereignisse nicht möglich ist. Als Hauptgrund für die schlechte Qualität der automatischen Incidententdeckung werden schlechte

Sensordaten angegeben, beispielsweise aus dem Radar. Die Autoren kommen auf Basis dieses Ergebnisses zu dem folgenden Schluss: *“The implication of this analysis for large-scale naturalistic data collection is that video data verification of dynamically triggered events will likely be necessary, at least for the foreseeable future.”*(Dingus et al.,2006, S.XXXiX).

Tabelle 8-1: Überblick über Incidentkriterien in verschiedenen Studien.

Studie	Longitudinal	Lateral	Abstand
Hanowski et al. (2008) für LKW	$ax < -3.4 \text{ m/sec}^2$ && $v > 24 \text{ km/h}$		$TTC \leq 1.8 \text{ sec}$ && Abstand $< 45 \text{ m}$ && $v > 8 \text{ km/h}$ && $yaw \leq 4^\circ/\text{sec}$
	$ax < -4.9 \text{ m/sec}^2$ && $v \leq 24 \text{ km/h}$		$TTC \leq 1.8 \text{ sec}$ && $abs(ax) \geq 3.4 \text{ m/sec}^2$ && Abstand $< 45 \text{ m}$ && $yaw \leq 4^\circ/\text{sec}$
Dingus et al. (2006)	$abs(ax) \geq 5.8 \text{ m/sec}^2$	$abs(ay) \geq 6.9 \text{ m/sec}^2$	$abs(ax) \geq 4.9 \text{ m/sec}^2$ && $TTC \leq 4.0 \text{ sec}$
	$abs(ax) \geq 4.9 \text{ m/sec}^2$ && $TTC \leq 4.0 \text{ sec}$		$abs(ax) \leq 4.9 \text{ m/sec}^2$ && $abs(ax) \geq 3.8 \text{ m/sec}^2$ && $TTC \leq 4.0 \text{ sec}$ && Abstand $\leq 30.5 \text{ m}$
	$abs(ax) \leq 4.9 \text{ m/sec}^2$ && $abs(ax) \geq 3.8 \text{ m/sec}^2$ && $TTC \leq 4.0 \text{ sec}$ && Abstand $\leq 30.5 \text{ m}$		
McGehee, Raby, Carney, Lee, & Reyes (2007)	$abs(ax) \geq 4.9 \text{ m/sec}^2$	$abs(ay) \geq 5.3 \text{ m/sec}^2$	
Benmimoun, Fahrenkrog, Zlocki, & Eckstein (2011)	In Abhängigkeit v: $ax < -4 \text{ m/sec}^2$ bis $ax < -6 \text{ m/sec}^2$	In Abhängigkeit v: $abs(ay) \geq 2.5 \text{ m/sec}^2$ bis $abs(ay) \geq 7.0 \text{ m/sec}^2$	$TTC < 1.75 \text{ sec}$
		$abs(yaw) \geq 15^\circ/\text{sec}$ bis $abs(yaw) \geq 50^\circ/\text{sec}$	$THW < 0.5 \text{ sec}$ && $vdiff > 20 \text{ km/h}$
			$THW < 0.35 \text{ sec}$

Ein Vorteil des vorliegenden Datensatzes (im Vergleich beispielsweise zur 100-Car-Study) ist, dass umfassend Parameter aufgezeichnet wurden, die eine automatisierbare Einteilung der Fahrten in einzelne Fahrmanöver ermöglichen. Durch die Entwicklung besserer, beispielsweise manöverbezogener Kriterien bzw. durch die Entwicklung von Kriterien, die einen Ausschluss häufig auftretender falscher Alarme (z.B. in bestimmten Fahrmanövern) erlauben, ist dagegen eine deutliche Reduzierung des Aufwands bzw. unter Umständen sogar eine vollständige Automatisierung der Analysen möglich. Alternativ wäre es im Rahmen des manöverbasierten Ansatzes möglich, die Analyse auf für eine Fragestellung besonders relevante Fahrmanöver einzuschränken.

8.4 Ausgangspunkt: Kriterien aus euroFOT

Die im Folgenden gezeigten Auswertungen greifen auf die im Projekt euroFOT entwickelten und in der Auswertung verwendeten Incidentkriterien zurück (vgl. auch Benmimoun et al., 2011). Für insgesamt sieben objektive Fahrparameter werden

Kriterien definiert, anhand derer auf das Auftreten von Incidents geschlossen wird. Für die Auswertungen werden die gefundenen Ereignisse in die Kategorien Abstands, Lateral- und Longitudinalereignisse zusammengefasst. Die definierten Incidents werden nach ihrer Kritikalität in drei Stufen klassifiziert mit Stufe 1 als am wenigsten kritisch. Für die in diesem Projekt durchgeführten Auswertungen wird die Einteilung in verschiedene Schweregrade nicht berücksichtigt. Eine detaillierte Darstellung der verwendeten Kriterien findet sich im Anhang 11.2.

Tabelle 8-2: Parameter, die zur objektiven Detektion von Incidents verwendet werden.

Incidenttyp	Beschreibung	Grenzen / Kriterien
Longitudinal	Hohe Verzögerung	Geschwindigkeitsabhängig $a_x < -4 \text{ m/s}^2$ bis -6 m/s^2
	ABS-Eingriff	System regelt
Lateral	Hohe Querbeschleunigung	Geschwindigkeitsabhängig $\text{abs}(a_y) > 4 \text{ m/s}^2$ bis 7 m/s^2
	Hohe Gierrate	Geschwindigkeitsabhängig $\text{abs}(\text{yaw}) > 50 \text{ }^\circ/\text{Sek}$ bis $15 \text{ }^\circ/\text{Sek}$
	ESP-Eingriff	System regelt
Abstand	Kleiner Time-Head-Way	THW $< 0.5 \text{ Sek}$ zusätzlich Berücksichtigung Fahrerhandlung
	Kleine Time-to-Collision	TTC $< 1.75 \text{ Sek}$ zusätzlich Berücksichtigung Fahrerhandlung

8.5 Ergebnisse der manöverbasierten Auswertung

8.5.1 Incidenthäufigkeit in Fahrmanövern

Jeder Incident kann im Rahmen der manöverbasierten Auswertung einem spezifischen Fahrmanöver zugeordnet werden. Neben den unterschiedlichen Fahrmanövern gibt es Abschnitte mit bzw. ohne Vorderfahrzeug, die aktuell keinem Manöver zugeordnet werden, da sie zu kurz sind. In der für diese Auswertung verwendeten Manöverdefinition liegt die Mindestdauer von Folgefahren (CF) bzw. freiem Fahren bei 3 Sekunden. Incidents, die in sehr kurzen Abschnitten auftreten, tauchen in Abbildung 8-3 unter „frei kurz“ bzw. „CF kurz“ auf. Sie werden in der weiteren Analyse nicht berücksichtigt.

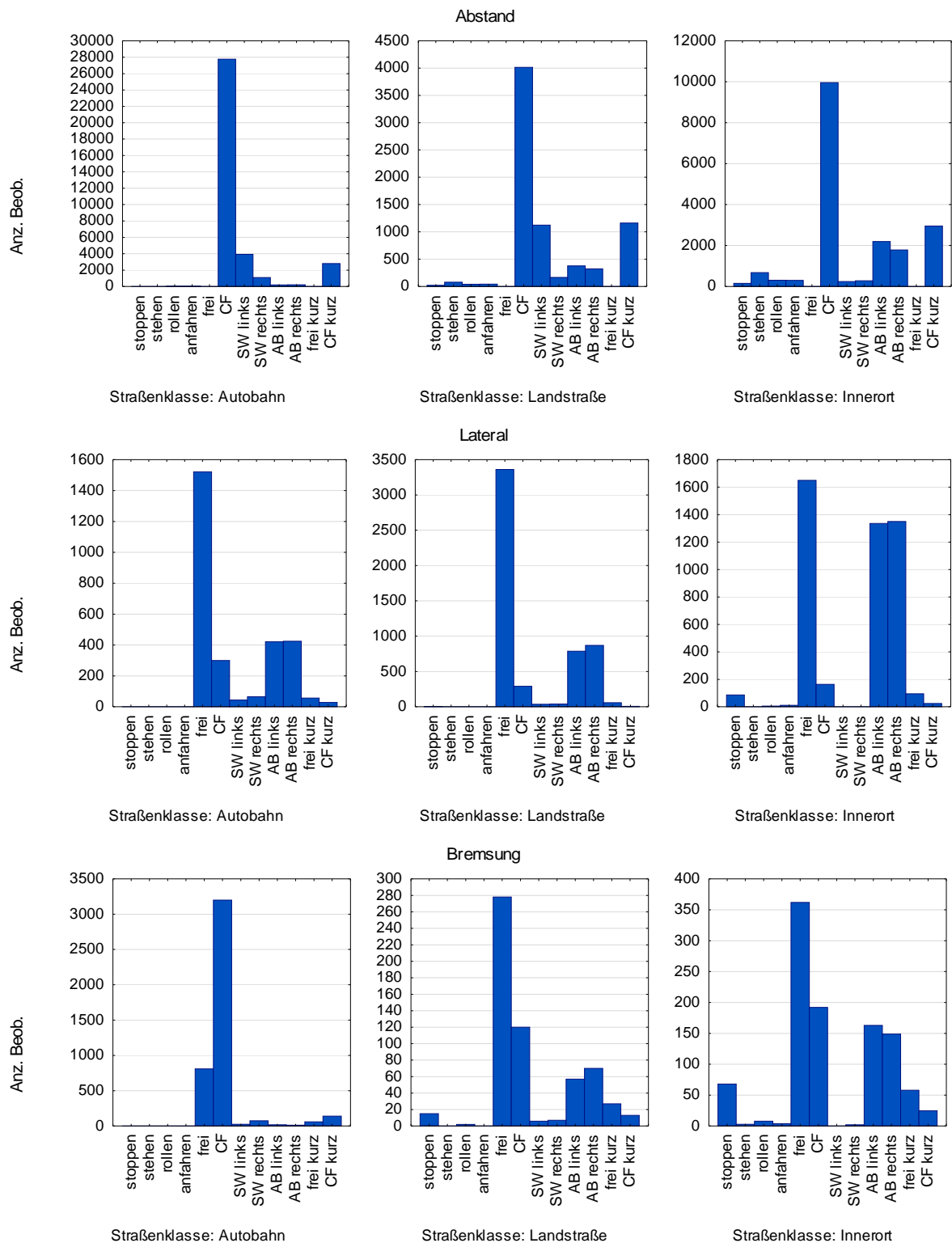


Abbildung 8-3: Absolute Anzahl Incidents in den verschiedenen Fahrmanövern.

Um die Incidentwahrscheinlichkeit für die einzelnen Manöver abschätzen zu können, wird die Anzahl der Incidents pro Manöver an der Anzahl der Manöver normiert. Dies geschieht auf Fahrerebene. Ein wichtiger Hinweis darauf, dass es sich bei einem

Fahrmanöver um eine für die Bewertung relevante Handlungseinheit handelt ist, dass die Incidentwahrscheinlichkeiten pro Manöver zwischen den Straßenklassen so ähnlich ist, dass keine Anpassung der Skalierung (wie bei der Absolutzahl der Manöver) mehr erforderlich ist. Die Wahrscheinlichkeit für Abstandereignisse ist am höchsten bei Spurwechseln nach links auf der Landstraße gefolgt vom Folgefahren und linken Spurwechseln auf der Autobahn. Dieses Ergebnis erscheint sinnvoll, da insbesondere beim Überholen auf Landstraßen zum Beginn eines Überholvorgangs häufig stark beschleunigt wird und dann relativ knapp hinter dem Vorderfahrzeug die Spur gewechselt wird. Starke Bremsungen treten am häufigsten im Folgefahren und im freien Fahren auf Autobahnen auf. Querereignisse finden sich am häufigsten im freien Fahren auf Landstraßen und Autobahnen sowie beim Abbiegen / Abfahren unabhängig vom Straßentyp.

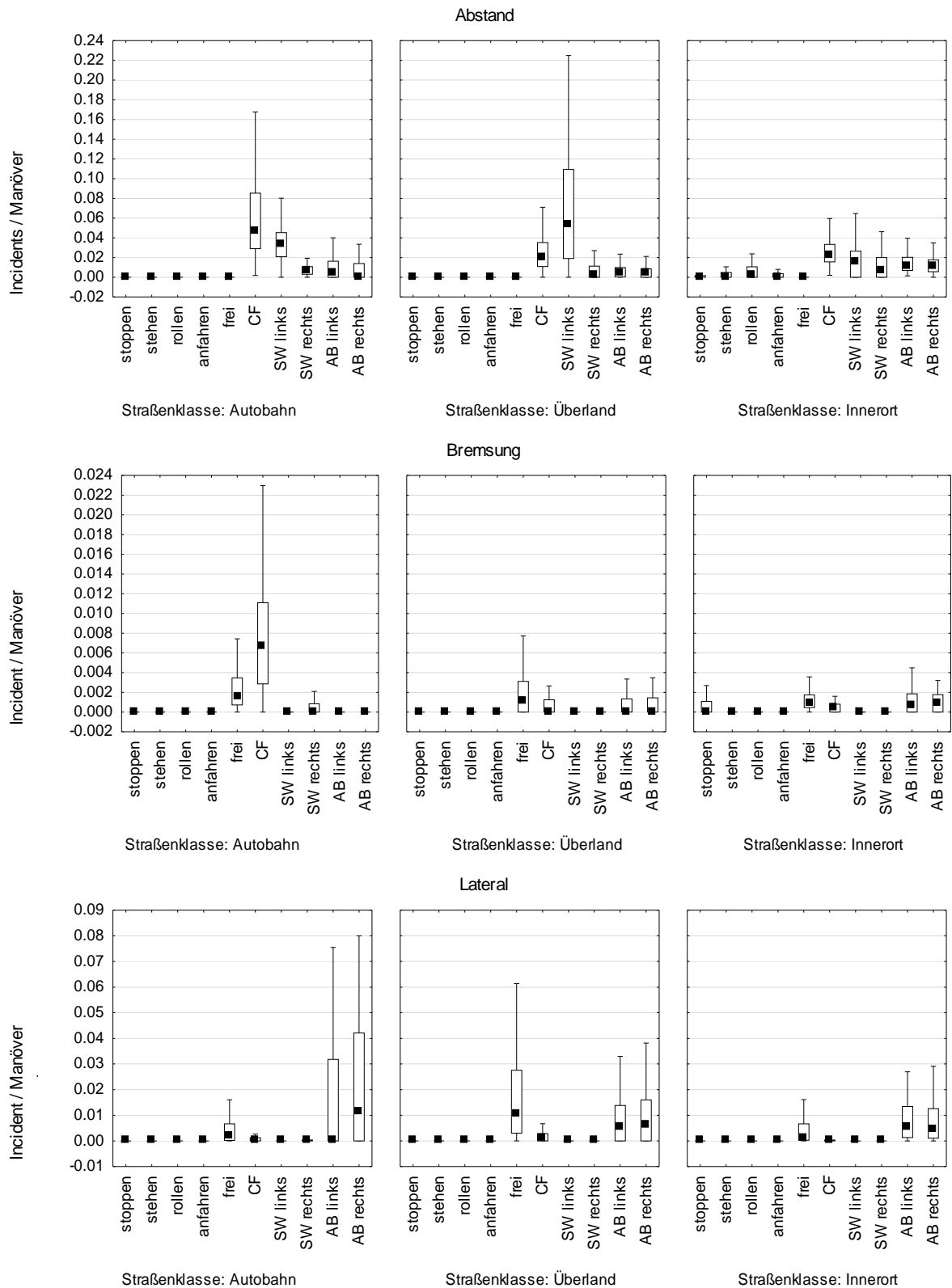


Abbildung 8-4: Incidentwahrscheinlichkeit für die verschiedenen Fahrmanöver.

8.5.2 Zusammenhang mit anderen Parametern

Die individuellen Incidentwahrscheinlichkeiten in den Manövern freies Fahren und Folgefahren werden im Folgenden analog zu den Auswertungen im Themengebiet I sowohl mit anderen Fahrparametern als auch mit subjektiven Angaben zum Fahrverhalten in Bezug gesetzt (Für eine Beschreibung der verschiedenen Fahrparameter siehe Abschnitt 4). Eine Kernfrage hinter solchen Auswertungen ist, ob individuelle Incidentwahrscheinlichkeiten mit anderen Parametern in Verbindung stehen und somit u.U. aus anderen Parametern vorhergesagt werden können. Zuerst wird getrennt für die drei Straßenklassen der Zusammenhang zu anderen Fahrparametern untersucht. Für Autobahnen (vgl. Tabelle 8-3) ergeben sich signifikante Zusammenhänge zwischen allen Incidentwahrscheinlichkeiten (unabhängig vom Incidenttyp und vom Manöver) und Fahrparametern zum präferierten Abstand bzw. zur Geschwindigkeitswahl. Damit steht auch die Incidentwahrscheinlichkeit im freien Fahren signifikant mit dem präferierten Abstand in Zusammenhang.

Tabelle 8-3: Korrelation der Incidentwahrscheinlichkeiten mit anderen Fahrparametern auf Autobahnen. Signifikante Korrelationen sind rot gedruckt. Für eine Beschreibung der anderen Parameter siehe Abschnitt 4.

	m(v)	+10-20km/h	+>20 km/h	mod(THW)	Krit THW	Krit TTC	Krit TLC	Spur / h
Abstand – CF	0.226	0.190	0.484	-0.562	0.972	0.848	0.253	0.079
Brems. – frei	0.359	0.097	0.206	-0.253	0.368	0.311	0.301	-0.069
Brems. – CF	0.400	0.156	0.293	-0.258	0.459	0.418	0.246	-0.137
Quer – Frei	0.255	0.203	0.382	-0.213	0.275	0.297	0.284	0.064
Quer - CF	0.379	0.174	0.280	-0.225	0.303	0.241	0.248	0.013

Der signifikante Zusammenhang sowohl zum präferierten Abstand als auch zur Geschwindigkeitswahl findet sich für Abstandereignisse auch auf Überland- und auf Innerortstrecken. Auf Überlandstrecken stehen außerdem Incidents im freien Fahren mit einer präferierten höheren Geschwindigkeit bzw. mit einer Tendenz zu Geschwindigkeitsüberschreitungen in Zusammenhang. Innerorts findet sich dagegen für starke Bremsungen unabhängig vom Fahrmanöver ein Zusammenhang zur Wahl kleiner Abstände. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass Abstände und damit Folgefahren nur sicher erkannt wird, wenn es sich beim Vorausfahrenden um ein anderes Auto handelt. Innerorts ist die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass es aufgrund zu kleiner Abstände zu anderen Verkehrsteilnehmern (z.B. Radfahrer) zu starken Bremsungen kommt.

Tabelle 8-4: Korrelation der Incidentwahrscheinlichkeiten mit anderen Fahrparametern auf Überlandstrecken. Signifikante Korrelationen sind rot gedruckt. Für eine Beschreibung der anderen Parameter siehe Abschnitt 4.

	m(v)	+10-20km/h	+>20 km/h	mod(THW)	Krit THW	Krit TTC	Krit TLC	Spur / h
Abstand – CF	0.259	0.201	0.321	-0.446	0.752	0.637	0.091	0.166
Brems. – frei	0.058	0.201	0.177	-0.049	-0.016	-0.105	0.087	0.148
Brems. – CF	0.008	0.108	0.347	-0.146	0.166	0.147	0.150	-0.043
Quer – Frei	0.124	0.209	0.172	-0.147	0.166	0.035	0.267	0.340
Quer - CF	0.026	0.116	0.056	-0.150	0.071	-0.012	0.167	0.173

Tabelle 8-5: Korrelation der Incidentwahrscheinlichkeiten mit anderen Fahrparametern auf Innerortabschnitten. Signifikante Korrelationen sind rot gedruckt. Für eine Beschreibung der anderen Parameter siehe Abschnitt 4.

	m(v)	+10- 20km/h	+>20 km/h	mod(THW)	Krit THW	Krit TTC	Krit TLC	Spur / h
Abstand – FF	0.281	0.423	0.348	-0.460	0.957	0.585	0.155	-0.111
Brems. – frei	0.112	0.155	0.096	-0.069	0.325	0.014	0.072	0.022
Brems. – FF	0.078	0.115	0.118	-0.209	0.450	0.266	0.122	-0.036
Quer – Frei	0.015	0.048	0.013	-0.006	-0.019	-0.133	0.012	0.010
Quer - FF	0.066	0.052	-0.025	-0.064	-0.023	0.005	-0.172	-0.153

Für Autobahnfahrten lässt sich aus den Zusammenhängen schließen, dass hier eine erhöhte individuelle Incidentwahrscheinlichkeit unabhängig vom betrachteten Manöver (freies Fahren oder Folgefahren) und unabhängig von der Art des Incidents mit einer Präferenz für höhere Geschwindigkeiten und kleinere Abstände einher geht. Anders gesagt, eine offensive Fahrweise erhöht die Wahrscheinlichkeit für kritische Ereignisse auf Autobahnen. Innerorts und Überland gilt dieser Zusammenhang nur für Abstandereignisse. Außerdem stehen auf Überlandstrecken starke Bremsungen und Querereignisse im freien Fahren mit einer Präferenz für höhere Geschwindigkeiten in Verbindung. Für die Wahrscheinlichkeit von Abstandereignissen ergibt sich außerdem unabhängig vom Straßentyp ein sehr hoher Zusammenhang zu den Zeitanteilen mit sehr kleinen Abständen. Dieses Ergebnis war so zu erwarten, da beide Parameter die Neigung der Fahrer zu sehr kleinen Abständen erfassen.

Als nächstes wird analog zu den Auswertungen in Themengebiet I der Zusammenhang zwischen individueller Incidentwahrscheinlichkeit und subjektiven Angaben zum Fahrverhalten betrachtet. Unabhängig vom Straßentyp gibt es einen Zusammenhang zwischen der Wahrscheinlichkeit für Abstandereignisse und den Skalen zu aggressiven bzw. normalen Fahrregelverstößen aus dem DBQ. Für die Wahrscheinlichkeit von scharfen Bremsungen gibt es keine systematischen Zusammenhänge zu den subjektiven Angaben. Querereignisse auf Überland- aber auch auf Innerortstrecken stehen mit einer hohen Fahrleistung in Verbindung.

Tabelle 8-6: Korrelation der Incidentwahrscheinlichkeiten im Folgefahren subjektiven Parametern. Signifikante Korrelationen sind rot gedruckt. Für eine genauere Beschreibung der andere Parameter siehe Abschnitt 4.

	Abstand			Bremsung			Lateral		
	AB	UL	IO	AB	UL	IO	AB	UL	IO
Fahrpraxis Jahre	0.117	0.189	-0.017	-0.080	0.086	0.060	-0.101	0.048	0.076
Km letztes Jahr	0.067	0.390	-0.008	-0.023	-0.046	0.503	-0.050	0.546	0.564
DBQ - Aggr. Violat.	0.425	0.450	0.251	0.030	-0.033	-0.038	0.078	-0.129	-0.100
DBQ – Ord. Violat.	0.462	0.384	0.336	0.138	-0.021	-0.052	0.098	0.049	-0.122
DBQ – Slips	0.135	0.099	0.091	0.051	0.006	0.011	0.064	0.113	-0.090
DBQ - Lapses	-0.033	-0.089	-0.027	0.043	0.062	-0.001	0.021	0.070	-0.030
Unfälle gesamt	0.103	0.109	0.200	-0.049	-0.122	0.081	-0.080	-0.012	-0.004
Führerscheinenzug	0.052	0.089	0.089	0.054	-0.082	-0.121	0.076	0.034	-0.066

Tabelle 8-7: Korrelation der Incidentwahrscheinlichkeiten im freien Fahren subjektiven Parametern. Signifikante Korrelationen sind rot gedruckt. Für eine genauere Beschreibung der andere Parameter siehe Abschnitt 4.

	Bremsung			Lateral		
	AB	UL	IO	AB	UL	IO
Fahrpraxis Jahre	-0.063	0.044	-0.105	-0.176	0.073	0.006
Km letztes Jahr	-0.003	-0.016	0.006	-0.046	0.646	0.117
DBQ - Aggr. Violat.	0.059	-0.108	0.000	0.142	0.022	-0.002
DBQ – Ord. Violat.	0.161	-0.113	0.008	0.111	0.090	0.062
DBQ – Slips	0.137	-0.005	-0.049	-0.016	0.097	-0.047
DBQ - Lapses	0.102	-0.138	-0.065	-0.005	-0.036	-0.044
Unfälle gesamt	0.035	-0.002	-0.105	-0.063	0.036	-0.066
Führerscheinentzug	0.054	0.102	-0.036	0.126	0.010	0.049

8.5.3 Folgefahren und freies Fahren auf Autobahnen: Überprüfung der Kriterien

Basierend auf den definierten Manövern, kann man das Auftreten von Incidents bzw. die Angemessenheit der verwendeten Kriterien näher untersuchen. Wie man dabei vorgehen kann, wird im Folgenden exemplarisch für Incidents auf der Autobahn in den Manövern freies Fahren und Folgefahren gezeigt.

Abbildung 8-5 zeigt die Verteilung der Incidenthäufigkeit über die Geschwindigkeit. Als 100% wird immer die Anzahl aller Incidents im ausgewählten Manöver auf der Autobahn pro Incidenttyp gesetzt. Als Referenz wird die Verteilung der mittleren Geschwindigkeit pro Manöver für freies Fahren und Folgefahren gezeigt. Diese Referenz gibt an, wie häufig überhaupt Manöver in den unterschiedenen Geschwindigkeitskategorien auftreten.

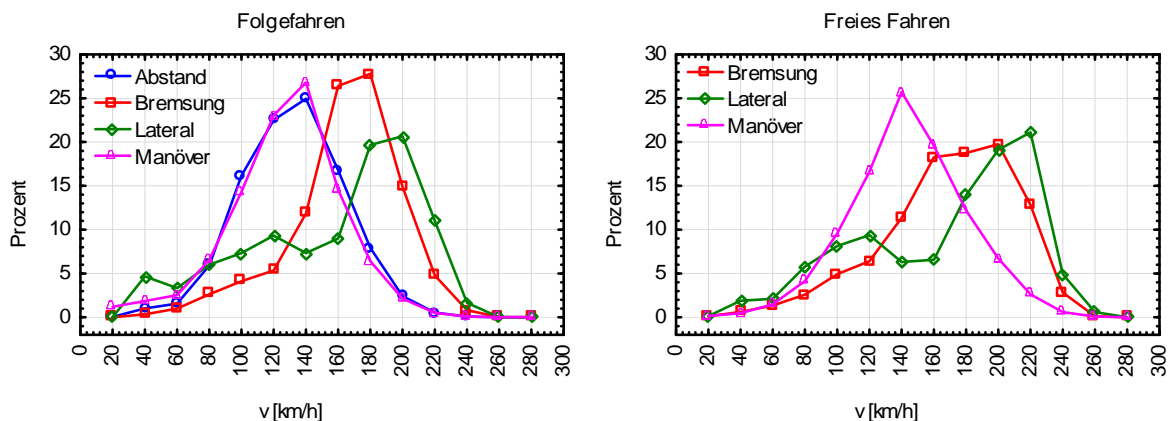


Abbildung 8-5: Anteil Incidents in den verschiedenen Geschwindigkeitsbereichen im Folgefahren und im freien Fahren auf Autobahnen.

Die Verteilung der Incidenthäufigkeit über die Geschwindigkeit lässt einige Rückschlüsse über die Art der Ereignisse zu:

- Abstandereignisse ereignen sich erwartungsgemäß in einem Geschwindigkeitsbereich, der in der Regel bei Verkehr auf der Autobahn gefahren wird (100-140 km/h). Die Verteilung der Abstandereignisse über die Geschwindigkeit

keit entspricht ziemlich exakt der Verteilung der Folgefahrmanöver über die Geschwindigkeit.

- Starke Bremsungen treten überproportional häufig bei Geschwindigkeiten zwischen 140 und 180 km/h auf. Hier wird vermutlich auf Einscherer oder auf Geschwindigkeitsbegrenzungen mit stärkeren Bremsungen reagiert.
- Das gehäufte Auftreten von Querereignissen bei sehr hohen Geschwindigkeiten (ab 160 km/h) kann ein Hinweis darauf sein, dass die Kriterien hier nicht ganz angemessen sind. Es ist denkbar, dass bei sehr hohen Geschwindigkeiten die lateralen Grenzwerte beim Durchfahren von Autobahnkurven überschritten werden.

Laterale Ereignisse werden aufgrund von zwei verschiedenen kinematischen Kenngrößen kodiert. Es gibt geschwindigkeitsabhängige Grenzwerte für die Quereschleunigung sowie für die Gierrate. Abbildung 8-6 zeigt die über die Quereschleunigung bzw. Gierrate detektierten Querereignisse in Abhängigkeit von Manövertyp und Geschwindigkeit. Sowohl im Folgefahren als auch im freien Fahren werden Querereignisse überwiegend über die für die Quereschleunigung gesetzten Grenzwerte detektiert.

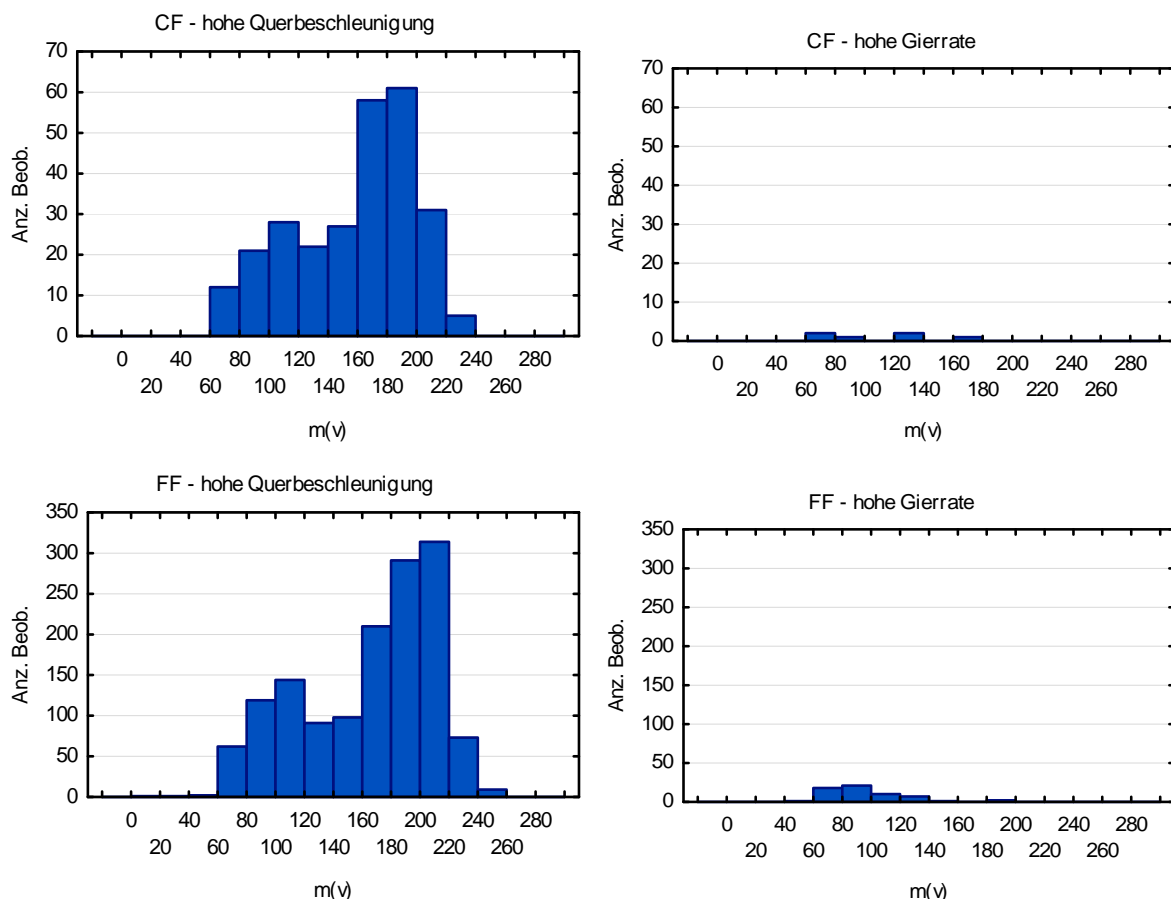


Abbildung 8-6: Anzahl aufgrund von Quereschleunigung (links) und Gierrate (rechts) detektiert Querereignisse in den Manövern Folgefahren und freies Fahren.

Insgesamt deuten die Ergebnisse zu Querereignissen im Folgefahren bzw. freien Fahren auf der Autobahn darauf hin, dass u.U. die für die Querbewegung verwendeten Kriterien bei Geschwindigkeiten über 160 km/h nicht angemessen sind. Sollte man sich in zukünftigen Untersuchungen für kritische Querereignisse bei hohen Geschwindigkeiten interessieren, empfiehlt es sich deswegen, hier noch einmal gezielte Testmessungen z.B. beim Durchfahren von Autobahnkurven mit Geschwindigkeiten über 160 km/h durchzuführen und wenn nötig, die Kriterien für die Querbewegung anzupassen.

Insbesondere im Folgefahren auf Autobahnen kommt es zu einer großen Anzahl von Abstandereignissen. Außerdem gibt es bzgl. der Incidenthäufigkeit große Unterschiede zwischen den Fahrern. Dies legt die Vermutung nahe, dass die Abstandskriterien u.U. zu scharf sind und dass deswegen – zumindest bei einigen Fahrern – normales Fahrverhalten gemessen wird. Abbildung 8-7 zeigt den gemessenen Abstand zum Vorderfahrzeug in Metern während der Abstandereignisse im Folgefahren auf der Autobahn. Der Abstand liegt bis zu einer Geschwindigkeit von 140-160 km/h unter 20 Metern. Über 200 km/h bewegt er sich zwischen 20 und 30 Metern. Dies sind in der Tat bezogen auf die gefahrenen Geschwindigkeiten sehr geringe Abstände. Somit erscheint es nicht sinnvoll, am Abstandskriterium selbst etwas zu ändern.

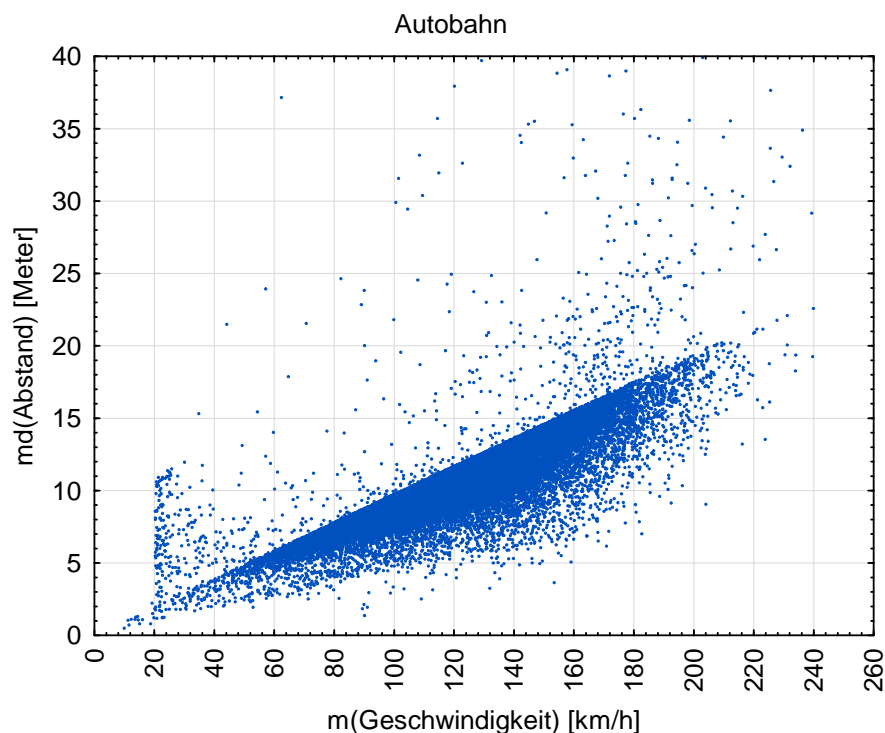


Abbildung 8-7: Absolutabstand zum Vorderfahrzeug in Metern während Abstandereignissen im Folgefahren auf der Autobahn

Ein Problem bei der verwendeten Abstandsdefinition ist, dass der gemessene Längsabstand beispielsweise während Spurwechseln sehr klein werden kann. Da der Fahrer aber ausschert und sich deswegen seitlich versetzt zum Vorderfahrzeug befindet, ist der gemessene Längsabstand aufgrund des Querversatzes eigentlich unkritisch. Abbildung 8-8 verdeutlicht, dass sich Abstandereignisse im Folgen und im

Spurwechsel nach links systematisch im Querversatz unterscheiden. Auffällig ist, dass sich im Folgenden eine zweigipflige Verteilung des Querversatzes zeigt. Dies liegt vermutlich an Situationen, in denen es zu Querversatz kommt, weil nicht der Fahrer sondern das Vorderfahrzeug die Spur wechselt (Drängeln). Der Vergleich zwischen dem bei Fahrzeugtyp 1 und bei Fahrzeugtyp 2 gemessenen Werten verdeutlicht noch einen weiteren Punkt: Bei Fahrzeug 2 gibt es offensichtlich einen Sensorfehler bzw. fehlerhafte Werte im Signal. Insbesondere bei Spurwechseln nach links wird bei vielen Incidents angegeben, dass der Querversatz exakt Null beträgt. Dies ist kein sinnvoller Wert, weswegen ein Fehler im ausgewerteten Signal wahrscheinlich ist. Dies verdeutlicht eine grundlegende Anforderung bei der Auswertung von objektiven NDS-Daten: Sobald neue Signale in der Definition von Incidents aber auch in allen anderen Auswertungen verwendet werden, müssen diese zuerst im Detail auf Fehler überprüft und u.U. korrigiert werden. Diese Schritte wurden für alle bei der bisherigen Incidentdefinition aber auch bei der Manöverkodierung verwendeten Signale durchgeführt.

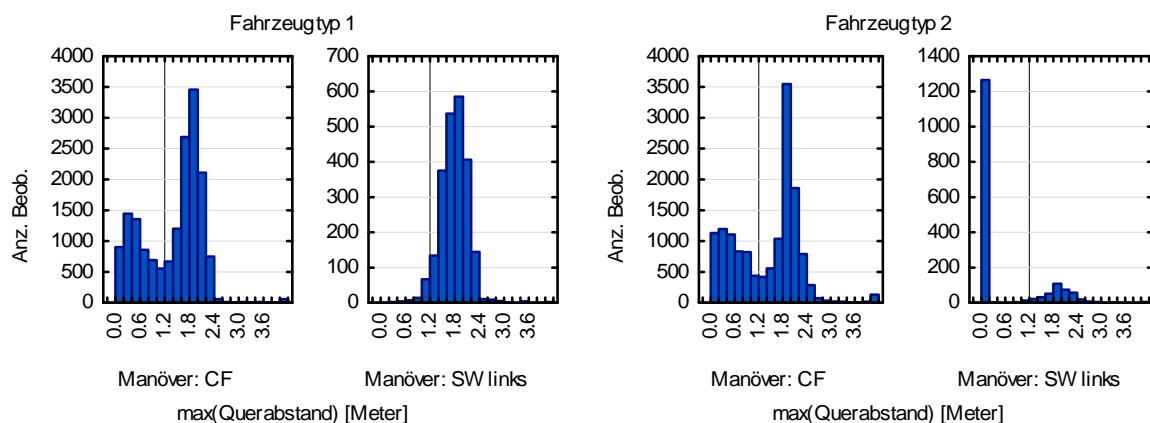


Abbildung 8-8: Absoluter Querversatz in Metern während Abstandereignissen im Folgefahren und bei Spurwechseln nach links auf der Autobahn. Die Ergebnisse werden getrennt für die beiden Fahrzeugtypen dargestellt.

Trennt man die Abstandereignisse im Folgefahren anhand des Querversatzes in mit vs. ohne Versatz, und plottet dann die gemessenen Längsabstände in Metern, ergibt sich das in Abbildung 8-9 gezeigte Bild. Wenn man davon ausgeht, dass fälschlicherweise besonders kleine Längsabstände bei hohem Querversatz detektiert werden, sollte die Verteilung der Längsabstände bei Abstandereignissen mit Querversatz systematisch in Richtung besonders kleine Längsabstände verschoben sein. Die Ergebnisse sprechen allerdings gegen diese Hypothese. Die Längsabstände sind während Abstandereignissen ohne Querversatz sogar eher kleiner als bei Ereignissen mit Querversatz bzw. als bei Ereignissen, die während Spurwechseln detektiert werden.

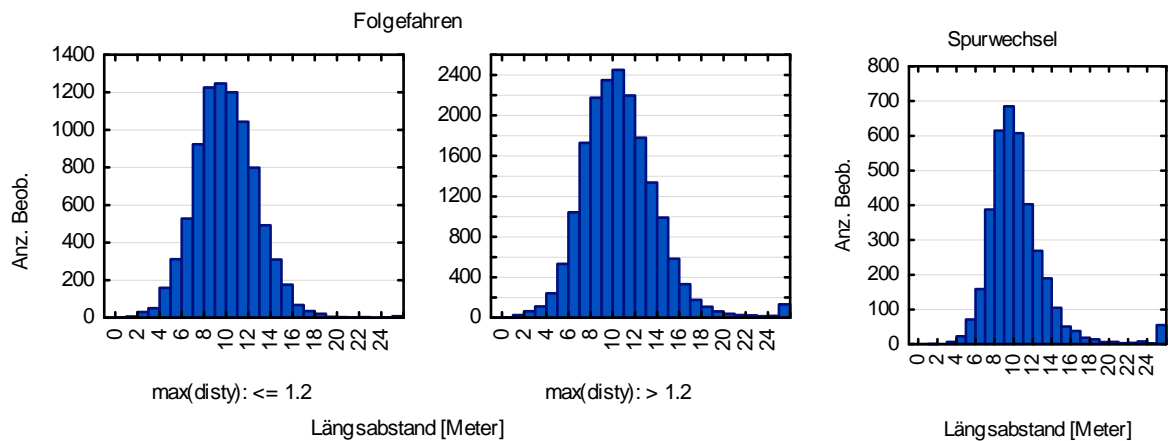


Abbildung 8-9: Median des Längsabstands in Metern bei Abstandereignissen im Folgefahren mit vs. ohne Querversatz sowie bei Abstandereignissen im Spurwechsel.

Schließt man Incidents mit einem Querversatz von mehr als 1.2 Metern aus der Analyse aus, reduziert sich die Incidentwahrscheinlichkeit pro Folgefahrmánöver auf der Autobahn um 70 bis 80% (vgl. Abbildung 8-10 links).

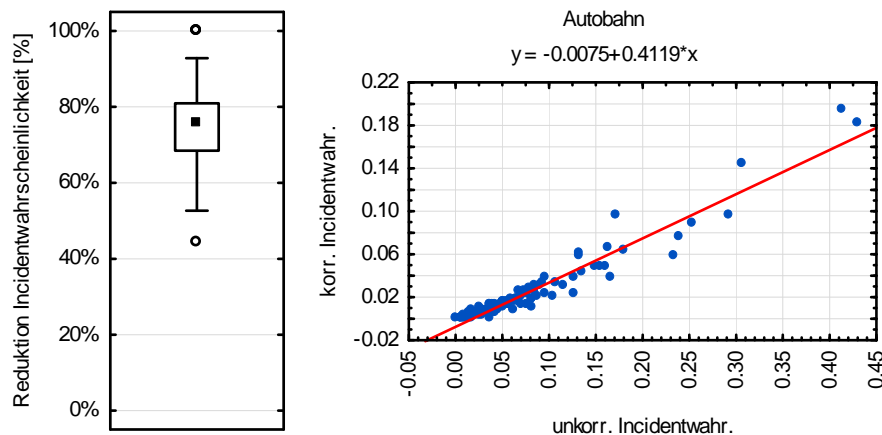


Abbildung 8-10: Änderung der Incidentwahrscheinlichkeit für Abstandereignisse im Folgefahren bei Ausschluss von Ereignissen mit Querversatz (links) sowie Zusammenhang zwischen der korrigierten und der unkorrigierten Incidentwahrscheinlichkeit (rechts).

Interessiert man sich allerdings für die interindividuellen Unterschiede, hat es wenig Einfluss, ob man die Abstandereignisse mit Querversatzes ein- oder ausschließt. Die Korrelation der beiden Incidentwahrscheinlichkeiten über die Fahrer beträgt 0.97 und ist somit fast perfekt.

Wie gezeigt ist es möglich, durch die Klassifikation in Fahrmanöver sowie durch die Berücksichtigung weiterer Parameter die Zahl der detektierten Incidents ohne Videokontrolle auf besonders relevante Ereignisse einzuschränken. Man könnte diesen Ansatz auch noch weiterverfolgen, in dem man beispielsweise die Ereignisse zusätzlich danach klassifiziert, wann sie in einem Manöver stattfinden. Sehr kleine Abstände direkt am Anfang bzw. am Ende des Folgens markieren vermutlich Situationen, in denen direkt davor oder danach eines der beiden Fahrzeuge die Spur

wechselt. Diese sind anders zu interpretieren als sehr kleine Abstände während des Folgens, die u.U. aus Drängeln oder aus Unaufmerksamkeit resultieren.

8.5.4 Auswirkung des Telefonierens

Im Rahmen des manöverbasierten Auswerteansatz ist es möglich, Änderungen der Incidentwahrscheinlichkeit durch relevante Einflussfaktoren bezogen auf die einzelnen Fahrmanöver zu berechnen. Im Folgenden wird dies exemplarisch für den Einfluss des Telefonierens im Manöver Folgefahren durchgeführt. Tabelle 8-8 zeigt die absolute Anzahl von Folgefahrmanövern in den verschiedenen Bedingungen, die die Grundlage für die Berechnung des relativen Risikos sind.

Tabelle 8-8: Anzahl Folgefahrmanöver mit vs. ohne Telefonieren und mit vs. ohne kritische Ereignisse (Abstand und scharfe Bremsung).

	Kritischer Abstand	Telefonieren		Scharfe Bremsung	Telefonieren	
		ja	nein		ja	nein
Autobahn	Ja	1837	22053	Ja	225	3442
	nein	33249	272042	nein	34861	290653
Überland	Ja	246	3993	Ja	11	190
	nein	11608	116089	nein	11843	120612
Innerort	Ja	746	9238	Ja	25	289
	nein	28316	259070	nein	29037	268018

Zuerst wird wie beispielsweise in der 100-Car-Study (Klauer, Dingus, Neale, Sudweeks, & Ramsey, 2006) die Änderung des Incidentrisikos über die gesamte Stichprobe berechnet. Tabelle 8-9 zeigt die berechneten relativen Risiken mit oberer und unterer Grenze des 95%-Konfidenzintervalls. Liegt das gesamte Konfidenzintervall unter eins, geht man davon aus, dass das Risiko signifikant verringert ist. Bei Werten über eins, ist es dagegen signifikant erhöht. Für Abstandsereignisse findet sich eine signifikante Verringerung des Incidentrisikos beim Telefonieren auf allen drei Straßenklassen. Außerdem ist das Risiko für starke Bremsungen auf der Autobahn signifikant verringert. Weder für Abstandsereignisse noch für starke Bremsungen finden sich Hinweise auf eine Erhöhung des Incidentrisikos beim Telefonieren.

Tabelle 8-9: Relative Risiken mit Konfidenzintervall für den Einfluss von Telefonieren auf das Risiko für Abstandsereignisse bzw. scharfe Bremsungen.

	Abstand			Bremsung		
	RR	CI-05	CI-95	RR	CI-95	CI-05
Autobahn	0.698	0.667	0.731	0.548	0.479	0.627
Überland	0.628	0.553	0.713	0.590	0.321	1.083
Innerort	0.746	0.693	0.802	0.799	0.531	1.202

Für Abstandsereignisse auf der Autobahn wird das relative Risiko auch für die anhand des Querversatzes korrigierte Incidenthäufigkeit berechnet. Tabelle 8-10 zeigt, dass sich durch die Korrektur inhaltlich an dem Ergebnis nichts ändert: Während dem Telefonieren ist das Risiko für Abstandsereignisse im Folgefahren auf Autobahnen signifikant reduziert.

Tabelle 8-10: Relatives Risiko mit Konfidenzintervall für den Einfluss von Telefonieren auf das Risiko für die anhand des Querversatzes korrigierten Abstandereignisse.

	Korrigierter Abstand		
	RR	CI-05	CI-95
Autobahn	0.668	0.633	0.706

Da die durchgeführte Incidentanalyse ohne Videokodierung auskommt, kann die gesamte Datenbasis in der Analyse berücksichtigt werden. So ist es möglich, das relative Risiko nicht nur für die gesamte Stichprobe sondern pro Fahrer zu bestimmen. Abbildung 8-11 zeigt die individuellen relativen Risiken sowohl für die unkorrigierten als auch für die korrigierten Abstandereignisse im Folgefahren auf Autobahnen. Auffällig ist, dass sich auch die individuellen Ergebnisse durch die Korrektur anhand des Querversatzes kaum ändern.

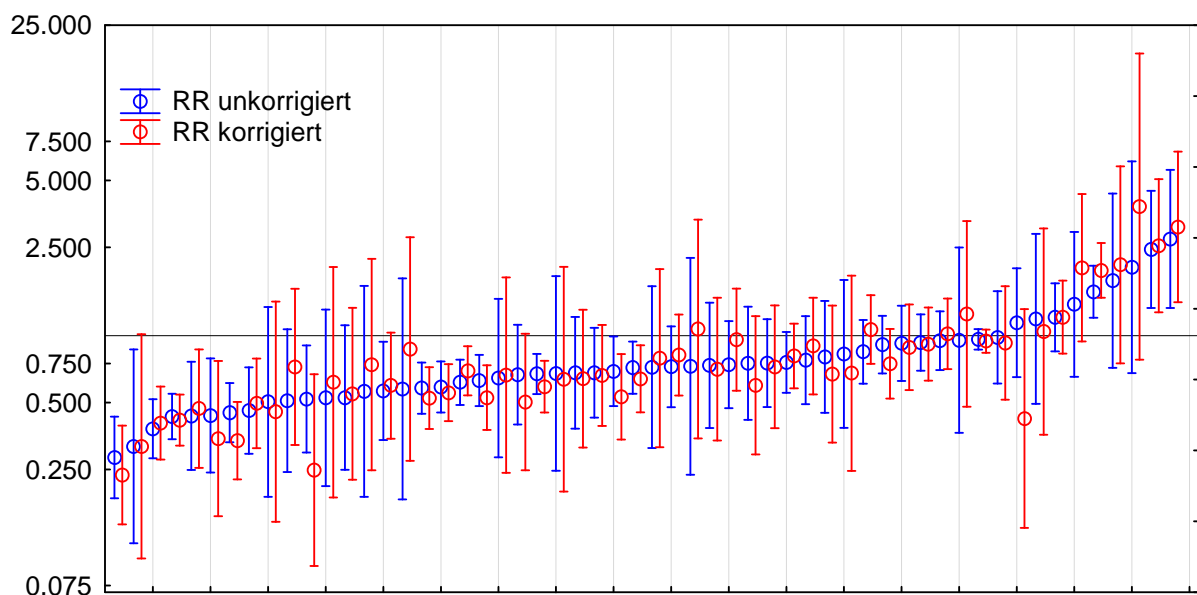


Abbildung 8-11: Relative Risiken mit 95%-Konfidenzintervall für die verschiedenen Fahrer. Die Ergebnisse für unkorrigierte und anhand des Querversatzes korrigierte Abstandereignisse im Folgefahren auf Autobahnen werden gezeigt.

In der Auswertung werden nur Fahrer berücksichtigt, die in der seltensten Kategorie (Folgefahren mit Telefonieren und Incident) mindestens zwei Ereignisse haben. Für 57 Fahrer können unter dieser Bedingung relativen Risiken sowohl für die unkorrigierten als auch für die korrigierten Abstandereignisse berechnet werden. Unabhängig von der Korrektur der Abstandereignisse ergibt sich für 36 Fahrer keine Änderung des Incidentrisikos beim Telefonieren, für 16 Fahrer eine signifikante Verringerung und für nur 3 Fahrer eine signifikante Erhöhung. Nur bei 2 Fahrern nimmt die Korrektur Einfluss auf das Ergebnis: ohne Korrektur ergibt sich für diese Fahrer eine signifikante Verringerung, mit Korrektur gibt es dagegen keinen Einfluss des Telefonierens.

Tabelle 8-11: Anzahl Fahrer, für die sich anhand des relativen Risikos keine Änderung, eine signifikante Erhöhung bzw. eine signifikante Verringerung des Risikos für Abstandereignisse im Folgefahren auf Autobahnen ergibt.

		Unkorrigierte Abstandereignisse			
		Keine Änderung	Sign. verringert	Sign. erhöht	Summe
Korrigierte Abstandereignisse	Keine Änderung	36 63.16%	2 3.51%	0 0.00%	38 66.67%
	Sign. verringert	0 0.00%	16 28.07%	0 0.00%	16 28.07%
	Sign. erhöht	0 0.00%	0 0.00%	3 5.26%	3 5.26%
	Summe	36 63.16%	18 31.58%	3 5.26%	57

8.6 Fazit der Analysen

Bei den zum Themengebiet III exemplarisch durchgeführten Analysen wurde der im Rahmen des Projekts entwickelte manöverbasierte Auswertansatz angewendet. Durch die Unterteilung des Datensatzes in Abschnitte mit vergleichbarer Fahrerhandlung (Fahrmanövern) wird es möglich, die detektierten Incidents in Bezug zur dazugehörigen Fahrerhandlung zu setzen. Die Ergebnisse zu Incidentwahrscheinlichkeit zeigen, dass die Unterteilung in Fahrmanöver anhand der entwickelten Algorithmen gelingt, so dass nun sinnvolle Handlungseinheiten in den Daten detektiert werden können. Die Beschreibung der Incidentwahrscheinlichkeit in Bezug auf einzelne Fahrmanöver erleichtert die Interpretation der Daten. Die Ergebnisse sind deutlich verständlicher und besser interpretierbar, als dies bei einer Darstellung pro Zeiteinheit oder pro Streckeneinheit der Fall ist.

Die Auswertung in Bezug auf Fahrmanöver erlaubt es auch, die verwendeten Kriterien in Bezug auf die Manöver zu bewerten, mögliche Schwächen zu entdecken und u.U. z.B. durch die Berücksichtigung weiterer Parameter zu verbessern. Dies wurde exemplarisch anhand der Manöver Folgefahren und freies Fahren auf Autobahnen gezeigt. Hier ergaben sich Hinweise auf die folgenden, möglichen Schwächen der verwendeten Incidentkriterien:

- Die Grenze für die Detektion kritischer Ereignisse basierend auf der Querschleunigung ist unter Umständen bei sehr hohen Geschwindigkeiten (>160 km/h) zu niedrig.
- Ein Teil der detektierten Abstandereignisse weist einen hohen Querversatz auf. Dies ist sowohl bei Ereignissen während Spurwechseln des Fahrers der Fall, als auch bei Ereignissen im Folgefahren. Dies sind vermutlich Situationen, in denen der Vorfahrende die Spur wechselt.

Im Folgefahren auf Autobahnen wurden die Abstandereignisse anhand des Querversatzes in zwei Gruppen unterteilt. Die Fokussierung der Analysen auf Ereignisse ohne Querversatz führt zuerst einmal zu einer deutlichen Verringerung der Incidentwahrscheinlichkeit pro Folgefahrmanöver. Weitere Analysen mit der korrigierten und der nicht korrigierten Incidentwahrscheinlichkeit bringen allerdings keine Unterschiede im Ergebnis. Die interindividuellen Unterschiede zwischen den

Fahrern ändern sich nicht durch den Ausschluss von Abstandereignissen mit Querversatz und auch für den Einfluss des Telefonierens auf die Incidentwahrscheinlichkeit bleibt das Ergebnis unverändert. Dies gilt sowohl für die Auswertung auf Basis der gesamten Stichprobe als auch für die Auswertung auf Fahrerebene. Damit kann exemplarisch gezeigt werden, dass es durch das Wissen über das dazugehörige Fahrmanöver möglich wird, die Incidentkriterien so anzupassen, dass systematische Fehldetektionen ausgeschlossen werden.

Da zumindest in den durchgeführten Beispielauswertungen die Anpassung inhaltlich keine Änderung der Ergebnisse bewirkt, stellt sich allerdings die Frage, ob sie überhaupt notwendig ist. Ein Nachteil der Korrektur anhand des Querversatzes ist, dass sich dadurch die Anzahl der detektierten Incidents deutlich verringert. Beispielsweise für eine Berechnung des individuellen relativen Risikos wird aber eine Mindestzahl von Ereignissen pro Fahrer benötigt. In den Auswertungen wurden relative Risiken nur berechnet, wenn mindestens zwei Folgefahrmanöver mit Abstandereignissen während des Telefonierens erkannt wurden. Vor der Korrektur anhand des Querversatzes ist eine Berechnung des relativen Risikos für 67 Fahrer möglich, nach der Korrektur nur noch für 57.

Dieses Beispiel verdeutlicht ein Grundproblem bei der Analyse kritischer Situationen: umso schärfer die Kriterien sind, desto weniger Ereignisse werden detektiert. Als Folge können bestimmte Analysen nicht mehr oder nur noch für einen Teil der Stichprobe durchgeführt werden, da eine Mindestzahl von Ereignissen für die Analysen benötigt wird. Bei der exemplarischen Auswertung des Einfluss von Telefonieren auf das relative Risiko pro Fahrer resultiert beispielsweise, dass besonders sichere Fahrer (wenige Incidents) oder Fahrer, die besonders wenig Telefonieren nicht berücksichtigt werden können. Insgesamt stützen die Ergebnisse zur Auswirkung von Telefonieren den aus der Literatur bekannten Befund, dass sich während des Telefonierens das Incidentrisiko für die gesamte Stichprobe signifikant verringert (Hickman et al., 2010; Olson et al., 2009). Auf Fahrerebene findet man für den größten Teil der Stichprobe keine signifikante Änderung des Risikos. Nur für 3 der 107 Fahrer ergibt sich eine signifikante Erhöhung.

Die weiteren Analysen zu den interindividuellen Unterschieden in der Incidentwahrscheinlichkeit bestätigen die Ergebnisse der Analysen zu Thema I. Ein offensiver Fahrstil mit einer Präferenz für kleinere Abstände und höhere Geschwindigkeiten steht auf Autobahnen mit einer erhöhten Incidentwahrscheinlichkeit für alle drei Incidenttypen in Zusammenhang. Auf den anderen beiden Straßenklassen gilt dieser Zusammenhang nur noch für Abstandereignisse. Auf der Landstraße ergibt sich für die Wahrscheinlichkeit starker Bremsungen und Querereignisse ein Zusammenhang mit der Neigung zu hohen bzw. überhöhten Geschwindigkeiten. Für die Wahrscheinlichkeit von Abstandereignissen ergibt sich für alle drei Straßenklassen eine mittlere signifikante Korrelation zu den Skalen des Driver Behaviour Questionnaires, die sich auf Fahrregelverstöße beziehen. Innerorts und Überland ergeben sich außerdem mehrfach signifikante Korrelationen der Incidentwahrscheinlichkeit mit der Fahrleistung. Umso mehr gefahren wird, desto höher ist die individuelle Incidentwahrscheinlichkeit.

9 BEWERTUNG DES NDS-ANSATZES

9.1 Was kann die Methode NDS leisten?

9.1.1 Beschreibung des „normalen“ Fahrverhaltens

In den Themengebieten I und II ging es darum, Aspekte des alltäglichen Fahrverhaltens zu beschreiben. In der einen Analyse wurden die Daten genutzt, um die Frage des Fahrertyps bzw. des Fahrstils anzugehen; in der anderen um die Häufigkeit von Telefonieren über die Freisprecheinrichtung zu erheben. In beiden Fällen ermöglichten die NDS-Daten Ergebnisse, die mit Hilfe anderer Untersuchungsansätze nur schwer bzw. überhaupt nicht gewonnen werden können. Beide Themengebiete sind somit gut geeignet, einen wichtigen Vorteil von NDS zu verdeutlichen. Aufgrund der großen Menge an Daten, die während alltäglicher Fahrten erhoben werden, ist es möglich das „normale“ Fahrverhalten umfassend zu beschreiben. In den gezeigten Auswertungen wurde einmal die Exposition bestimmter Verhaltensweisen betrachtet. Im anderen Themengebiet wurden die NDS-Daten genutzt, um Konstanten im individuellen Fahrverhalten zu finden und mit Befragungsdaten in Zusammenhang zu bringen.

Zusammenfassen ist NDS somit gut geeignet, Aspekte des Fahrens zu beschreiben, die häufig auftreten und die über objektive Zeitverlaufsdaten (z.B. vom CAN) erfassbar sind. Sobald das gesuchte Verhalten nur über Videoanalyse ausgewertet werden kann, wird die Datenanalyse zeitlich sehr aufwändig. Außerdem verkleinert sich bei Videoanalyse immer die Menge der ausgewerteten Daten, da in der Regel nur für einen Bruchteil der insgesamt erhobenen Daten das Video ausgewertet werden kann. Darüber hinaus sind entgegen der Erwartung wichtige Aspekte auf Videodaten nicht bestimmbar wie z.B. die Kritikalität von Ereignissen.

9.1.2 Vergleich von NDS mit experimentellen Ergebnissen

Die Analysen zur Auswirkung des Telefonierens auf das Fahren zeigen, dass die Übertragung experimenteller Ergebnisse auf NDS eine Herausforderung darstellt. Ein Grund hierfür sind methodische Probleme bei der NDS-Analyse, die sich so bei der Analyse experimenteller Daten nicht stellen. Größte Herausforderung ist die Definition geeigneter Vergleichszeiträume anhand derer Änderungen im Fahrverhalten quantifiziert werden. Im Experiment wird durch das experimentelle Design und durch die gezielte Gestaltung der Untersuchungssituation dafür gesorgt, dass sich die miteinander verglichenen Abschnitte möglichst nur in dem untersuchten Faktor unterscheiden. Andere, möglicherweise relevante Einflussfaktoren werden konstant gehalten. In NDS fehlt diese experimentelle Kontrolle der Situation. Die Kontrolle situativer Einflussfaktoren wird deswegen ein wichtiger Bestandteil der Datenanalyse. In den für das Themengebiet Telefonieren durchgeführten Analysen wurden zwei verschiedenen Auswertansätze verwendet. Die Ergebnisse zeigen, dass sich je nach Auswertansatz die Ergebnisse einmal mit den experimentellen Befunden besser und einmal weniger gut übereinstimmen. Wie bereits diskutiert sind für diese Unterschiede sowohl methodische als auch inhaltliche Gründe denkbar.

Unabhängig von der direkten Übertragbarkeit von experimentellen Ergebnissen auf NDS-Daten, kann NDS dazu dienen, experimentelle Untersuchungsansätze zu überprüfen und falls nötig an das im realen Verkehr beobachtbare Verhalten anzupassen. So legen die Ergebnisse zum Telefonieren beim Fahren beispielsweise nahe, dass Fahrer stärker über die Wahl geeigneter Situationen und über das Vermeiden beanspruchender Fahrmanöver und weniger über eine kurzfristige Anpassung im Fahrverhalten kompensieren. Dieses Verhalten ist in den meisten Experimenten nicht nachweisbar, da den Fahrern überhaupt nicht die Möglichkeit gegeben wird, über den Zeitpunkt der Ablenkung selbst zu entscheiden. Als Konsequenz erscheint es sinnvoll, experimentelle Designs bei der Untersuchung von Ablenkung beim Fahren in Zukunft dahingehend zu ergänzen, dass die Fahrer die Möglichkeit haben, über den Zeitpunkt der Ablenkung selbst zu entscheiden.

9.1.3 Entwicklung neuer Fragestellungen

Eine weitere Möglichkeit von NDS bzw. FOT verdeutlicht das Projekt euroFOT. Hier ergaben die Analysen zur Auswirkung des Navigationssystems auf das Fahren eine überraschende Änderung des Fahrverhaltens hin zu einer sichereren Fahrweise (Malta, et al. 2012). Ein möglicher Sicherheitsgewinn durch Navigationssysteme war nicht erwartet worden, da er in der Literatur nicht beschrieben wird. Ein Grund für fehlende Hinweise in der Literatur ist vermutlich, dass es sich beim Navigationssystem nicht um ein Sicherheitssystem sondern um ein Komfortsystem handelt. Deswegen standen Auswirkungen des Navigationssystems auf die Fahrsicherheit bisher nicht im Fokus des Interesses. Die Ergebnisse aus euroFOT geben somit unerwartete Hinweise auf noch nicht untersuchte, aber für das Fahren relevante Auswirkungen von Navigationssystemen. Es ist allerdings nicht möglich aus den euroFOT Ergebnissen kausal zu schließen, dass Navigationssysteme die Fahrsicherheit erhöhen, v.a. weil u.U. unkontrollierte situative Faktoren als Moderatorvariablen für die Unterschiede in den Parametern der Fahrsicherheit verantwortlich sind. Die Ergebnisse können deswegen nur als Hinweis auf neue, bisher nicht untersuchte Zusammenhänge dienen. Um die hinter dem Ergebnis liegenden Prozesse zu verstehen und dann im besten Fall zu kausalen Zusammenhängen zu kommen, braucht es dagegen experimentelle Ansätze. Dort kann man gezielt mögliche Einflussfaktoren kontrollieren und so versuchen die Wirkzusammenhänge zu verstehen.

9.1.4 Analysen zu Fahrerassistenzsystemen

Eine möglicherweise interessante Fragestellung an NDS-Daten ist die Nutzung von Fahrerassistenzsystemen. Im Rahmen von NDS kann erfasst werden, wann und wie häufig Assistenzsysteme von Fahrern genutzt werden. Die Auswirkung der Assistenz auf das Fahren kann dagegen nicht bewertet werden. Dies liegt daran, dass in einer NDS in der Regel keine Baselinephase durchgeführt wird, in der gezielt das Fahren ohne Assistenz erfasst wird. Sobald für eine bestimmte Assistenz Fahren ohne Assistent über einen definierten Zeitraum erhoben wird, spricht man von einem FOT.

Untersuchungen zum Nutzen von Assistenzsystemen im Rahmen einer NDS besitzen u.U. nur für einen vergleichsweise kurzen Zeitraum Relevanz. Sobald ein neues Assistenzsystem eingeführt wird oder sich die Auslegung der Assistenzsysteme ändert, kann sich auch das analysierte Nutzungsverhalten ändern. Ebenso ist im Einzelfall zu überlegen, inwieweit das Nutzungsverhalten eines bestimmten

Fahrerassistenzsystems auf andere Auslegungen desselben Systems übertragen werden kann.

9.1.5 Analyse seltener Ereignisse

Möchte man NDS-Daten nutzen, um Aussagen über seltene Ereignisse zu treffen, ist sowohl bei der Datenerhebung als auch bei der Auswertung einiges zu beachten. Bei der Datenerhebung ist zu bedenken, dass - möchte man den Fahrer als statistischen Fall in der Analyse verwenden - die Datenerhebung so lange sein muss, dass zumindest bei der Mehrzahl der Fahrer das interessierende Ereignis ausreichend häufig aufgetreten ist. Hierfür empfiehlt es sich bereits vor der Datenerhebung eine Abschätzung durchzuführen, wie häufig im Schnitt das relevante Ereignis auftritt und daran das Versuchsdesign auszurichten. Außerdem kann es notwendig sein, die Wahl der Fahrer an der Untersuchungsfrage auszurichten. So kann es beispielsweise bei bestimmten Fragestellungen sinnvoll sein, gezielt Vielfahrer zu rekrutieren, um so eine möglichst große Menge an gefahrenen Kilometern aufzuzeichnen. Wie bei der Auswertung zu den Incidents gezeigt wurde, geschieht es bei der Analyse seltener Ereignisse schnell, dass eine gewisse Anzahl von Fahrern aufgrund einer zu geringen Anzahl von Ereignissen nicht in der Analyse berücksichtigt werden kann. Dies ist allerdings in der Regel eine Untergruppe von Fahrern, deren Verhalten sich systematisch vom Rest der Stichprobe unterscheidet (in der gezeigten Auswertung, Fahrer die besonders sicher fahren).

Ein weiterer wichtiger Punkt bei der Analyse seltener Ereignisse ist das Auffinden der Ereignisse in der Masse der Daten. Da die Auswertungen insgesamt auf vergleichsweise wenigen Daten beruhen, erhalten Fehldetektionen ein größeres Gewicht, da sie die Ergebnisse leichter verzerren können als dies bei globalen Auswertungen der Fall ist. Das Auffinden der Ereignisse kann in einigen Fällen einfach sein (z.B. spezifische Systemzustände eines Assistenten), es kann aber auch die Verwendung komplexer Kriterien erfordern (z.B. kritische Ereignisse). Die Erfahrung aus den im NDS Projekt durchgeführten Analysen sowie in euroFOT zeigen, dass es in der Regel nicht möglich ist, die Kriterien anhand der NDS-Daten zu definieren. Die Daten können – wie gezeigt – Hinweise auf mögliche systematische Schwächen der Kriterien geben. Sie erlauben es aber nicht, die Kriterien anzupassen oder gar zu entwickeln. Hierfür ist das gezielte Stellen der seltenen Ereignisse in Testfahrten (u.U. sogar auf der Teststrecke) nötig, da man Messungen braucht, in denen das Ereignis sicher aufgetreten ist.

9.2 Was ist bei der Erhebung von NDS-Daten zu beachten?

9.2.1 Fokus auf objektive Verlaufsdaten

Der im Projekt verwendete Datensatz hat den großen Vorteil, dass eine Vielzahl objektiver Parameter ein sehr umfassendes Bild der Fahrhandlung und der Fahrsituation ermöglicht. Um dies zu erreichen, wurde bei der Datenerhebung von Anfang an darauf geachtet, dass nicht nur Parameter, die direkt für die FOT-Fragestellung relevant sind aufgezeichnet wurden, sondern dass der Datensatz so viele Umfeld- und Situationsparameter wie möglich enthält. Um dieses Ziel zu erreichen, waren alle Fahrzeuge mit einer Vielzahl von Assistenzsystemen ausgestattet (u.a. ACC, Spurverlassenswarner, Totwinkelassistent). So standen auf

den Fahrzeug-BUSSEN Parameter der für die verschiedenen Assistenzen benötigten Umfelderkennung zur Verfügung. Erst dieser umfassende Datensatz erlaubt es, eine Vielzahl möglicher inhaltlicher Fragestellungen automatisierbar zu bearbeiten. Nur im Rahmen von automatisierbaren Analysen kann man den erhobenen Datensatz in vollem Umfang nutzen. Sobald man auf eine Analyse der Videos angewiesen ist, reduziert sich der Datensatz auf die Anteile, für die das Video kodiert wird. Insbesondere wenn man situative Faktoren in der Analyse mit berücksichtigen möchte, ist allerdings eine möglichst große Datenbasis notwendig. Sonst wird sehr schnell die Menge der pro situative Kategorie auswertbaren Daten so klein, dass bestimmte Analyse nicht mehr durchgeführt werden können. Aus eigener Erfahrung wird deswegen empfohlen, immer einen möglichst großen objektiven Datensatz zu erheben und zumindest für die bei der Datenerhebung bereits bekannten Fragestellungen automatisierbare Analysen ohne bzw. nur mit geringen Anteilen von Videokodierung zu planen.

9.2.2 Wahl der Stichprobe

In FOT bzw. NDS wird die Gesamtdauer der Datenerhebung in der Regel stark durch organisatorische (z.B. Anzahl verfügbarer Fahrzeuge / Datenlogger) bzw. finanzielle Rahmenbedingungen beeinflusst. Als Folge muss man deswegen häufig entscheiden, ob man im Rahmen der verfügbaren Ressourcen lieber weniger Fahrer über einen längeren Zeitraum oder eine größere Stichprobe für jeweils einen kürzeren Zeitraum erheben möchte. In der in diesem Projekt verwendeten Datenbasis sind die Daten von ca. 100 Fahrern enthalten, die jeweils rund 3 Monate an der Untersuchung teilnahmen. Dieser im Vergleich zu anderen NDS eher kurze Erhebungszeitraum pro Fahrer wurde gewählt, um mehr Fahrer in die Untersuchung einschließen zu können. Da ein der größten Varianzquellen in den Daten der Fahrer ist (vgl. Ergebnisse zu unterschiedlichen Nutzung der Freisprecheinrichtung oder zu Unterschieden in der Incidenzhäufigkeit) ist es für viele Fragestellungen sinnvoll, Daten von möglichst vielen unterschiedlichen Fahrern zu erheben. Die innerhalb des Messzeitraums von drei Monaten pro Fahrer erhobenen Daten sind ausreichend, um eine Vielzahl unterschiedlicher inhaltlicher Fragen auf Fahrerebene zu beantworten. Können Fahrer in einzelnen Analysen aufgrund fehlender Daten nicht berücksichtigt werden, liegt dies häufig an bestimmten Eigenschaften der Fahrer (Fahrer telefoniert nicht oder nicht über die Freisprecheinrichtung, Fahrer nutzt ein bestimmtes Assistenzsystem nicht, Fahrer fährt in der Regel nicht nachts). In diesem Fall ändert auch ein längerer Erhebungszeitraum pro Fahrer nichts, da der Fahrer beispielsweise auch weiter hin nur tagsüber fährt oder das System nicht nutzt.

Bei Ergebnissen von NDS-Auswertungen wird häufig gefragt, ob die Stichprobe repräsentativ war. Hier ist zu bedenken, dass Repräsentativität für die Gesamtheit der Fahrer weder in NDS noch in experimentellen Studien zu erreichen ist. Es ist deswegen sinnvoller, bei der Wahl der Stichprobe zu überlegen, ob es für die Beantwortung der Untersuchungsfragen hilfreich ist, gezielt bestimmte Fahrergruppen (z.B. Fahranfänger oder ältere Fahrer) ein- bzw. auszuschließen.

9.3 Was ist bei der Auswertung von NDS-Daten zu beachten?

9.3.1 Berücksichtigung situativer Einflussfaktoren

Wie bereits beschrieben, ist die Kontrolle situativer Einflussfaktoren eine der größten Herausforderungen bei der Analyse von NDS. Der normalerweise verfolgte Auswerteansatz ist, die insgesamt verfügbare Datenmenge anhand möglicher situativer Einflussgrößen in Subsets zu unterteilen, und die Analyse mehrfach für die verschiedenen Subsets durchzuführen. Alternativ ist es auch denkbar, die situative Größe als weiteren Faktor in der Analyse zu berücksichtigen. Folge dieses Auswerteansatzes ist, dass die betrachteten Datenmengen in den Subsets immer kleiner werden und sich teilweise zwischen den Analysen deutlich unterscheiden. So gibt es beispielsweise sehr viele kurze Fahrten tagsüber aber deutlich weniger lange Fahrten nachts. Die Verringerung der Datenmenge betrifft zum einen die pro Fahrer für die Berechnungen verfügbaren Fahrdaten, es betrifft aber auch die Anzahl Fahrer auf denen die Analyse letztendlich beruhen kann.

Die Analysen zur Auswirkung des Telefonierens auf das Fahren zeigen auch, dass die alleinige Berücksichtigung situativer Rahmenbedingungen nicht ausreicht, um das Problem der Situationsvarianz in den Griff zu kriegen. Hauptproblem bei der Interpretation der sich nicht deckenden Ergebnisse aus den beiden Auswerteanätzen ist, dass trotz der Kontrolle situativer Rahmenbedingungen unklar ist, ob die letztendlich miteinander verglichenen Zeitabschnitte sich nicht doch systematisch voneinander unterscheiden.

Eine spezielle Form situativer Einflussfaktoren ist die Nutzung von Assistenzsystemen. Diese beeinflussen häufig das Fahrverhalten direkt (z.B. das ACC den eingeregeltten Abstand). Dazu kommt, dass sich in der Regel ihre Nutzhäufigkeit zwischen den Fahrern unterscheidet und mit relevanten situativen Einflussfaktoren konfundiert ist. Um beim Beispiel des ACCs zu bleiben: Dieses wird am häufigsten auf Autobahnen bei mittlerer Verkehrsdichte genutzt. Möchte man, wie in den Analysen zu Themengebiet I geschehen, den präferierten Abstand der Fahrer erfassen, stellt sich die Frage, ob man Fahrtabschnitte mit ACC-Aktivierung in der Analyse berücksichtigen oder ausschließen soll. Dafür spricht, dass während das ACC aktiv ist, der Abstand vom System und nicht vom Fahrer gewählt wird. Dagegen, dass bei Fahrern die das System sehr häufig nutzen, die auswertbare Datenmenge sehr klein wird. Dazu kommt, dass diese dann u.U. nur noch sehr spezielle Fahrsituationen (beispielsweise das System wird beim Überholen übersteuert) umfasst. In den dargestellten Ergebnissen wurden deswegen Phasen der ACC-Nutzung nicht aus der Analyse ausgeschlossen. Fahrer, die das System viel nutzten, empfinden den eingestellten und vom System eingeregeltten Abstand offensichtlich als angenehm. Man kann deswegen davon ausgehen, dass er im Bereich des von dem Fahrer präferierten Abstands liegt.

Das genannte Beispiel dient dazu, die Problematik von Fahrerassistenzsystemen bei der Auswertung des Fahrverhaltens zu verdeutlichen. Insgesamt kann keine allgemein gültige Vorgehensweise für den Umgang mit Assistenzsystemen in der Analyse von NDS festgelegt werden. Das Vorgehen hängt immer von der betrachteten Fragestellung und von den Eigenschaften des relevanten Assistenzsystems ab.

9.3.2 Probleme bei der statistischen Testung

Aus der Berücksichtigung situativer Einflussfaktoren in der Analyse resultiert nicht nur, dass sich die Datenbasis pro Fahrer zwischen den Analysen unterscheidet. Es folgt auch dass sich häufig die Anzahl der Fahrer zwischen den Analysen ändert. Dies liegt daran, dass immer nur ein Teil der Stichprobe überhaupt unter den relevanten situativen Rahmenbedingungen gefahren ist. Umso stärker man verschiedene situative Einflussfaktoren unter Umständen auch noch in Kombination miteinander berücksichtigt, umso größer wird das Problem.

Daran angelehnt ergibt sich noch ein zweites Problem bei der statistischen Testung: durch die Analyse unterschiedlicher Parameter und durch die Berücksichtigung situativer Einflussfaktoren ergibt sich, dass eine Vielzahl von statistischen Tests durchgeführt wird. Deswegen muss man streng genommen, das verwendete Alpha-Niveau an die Anzahl der durchgeführten Tests anpassen. Dies geschieht, in dem man das ursprüngliche Alpha-Niveau (z.B. 5%) durch die Anzahl der Tests teilt und den resultierenden Wert als neues Alpha-Niveau verwendet.

Auf dieses Vorgehen wurde in den vorgestellten Analysen verzichtet. Stattdessen wurde das Muster der sich ergebenden Effekte interpretiert. Erst wenn unter mehreren situativen Rahmenbedingungen und in mehreren miteinander in Verbindung stehenden Parametern ein ähnlicher Effekt gefunden wurde bzw. erst wenn sich systematische Zusammenhänge ergaben, wurden die Ergebnisse interpretiert. Einzelbefunde sind auch wenn sie signifikant werden aufgrund der genannten methodischen Probleme nur schwer interpretierbar.

9.4 Notwendigkeit neuer Auswertansätze

Um einen Teil der situativen Einflussfaktoren durch eine Art Schichtung zu kontrollieren, wurde basierend auf den Erfahrungen in Themengebiete I und II der manöverbasierte Auswertansatz implementiert und auf die Fragestellung in Themengebiete III angewandt. Es wird nun nicht mehr nur anhand situativer Rahmenbedingungen selektiert sondern - als entscheidende Änderung - primär anhand der Fahrerhandlung. Zusätzlich können auch weiterhin situative Faktoren wie beispielsweise die Straßenklasse in der Auswertung berücksichtigt werden.

Die Auswertungen zu kritischen Fahrsituationen (Incidents) zeigen, dass durch den manöverbasierten Auswertansatz Ergebnisse erzielt werden, die plausibel und sinnvoll zu interpretieren sind ohne viele zusätzliche Annahmen zu machen. Die Beispielauswertungen zu den Incidentkriterien auf der Autobahn verdeutlichen außerdem, dass es durch die Analyse in Bezug auf definierte Fahrmanöver einfacher wird, die beobachteten Fahrverhaltensparameter zu bewerten. Ein weiterer entscheidender Vorteil liegt in der Schaffung von Auswerteeinheiten, die die sinnvolle Berechnung von epidemiologischen Risikoparametern ermöglichen. Fahrmanöver sind hier eine angemessenere Einheit als beispielsweise Fahrkilometer oder Zeiteinheiten.

Insgesamt zeigen die Auswertungen zu den drei inhaltlichen Themengebieten, dass mit herkömmlichen Auswertansätzen (Einteilung anhand situativer Kategorien & Analyse der Subsets) zwar interessante Analysen möglich sind, dass aber für viele Fragen neue Auswertansätze entwickelt werden müssen. Ansonsten läuft man

Gefahr, dass man bei der Auswertung von NDS unter den Möglichkeiten der Daten bleibt. Durch die unzureichende Kontrolle situativer Varianz werden mögliche Unterschiede zwischen Bedingungen verschleiert und, falls sich Unterschiede ergeben, diese schlecht interpretierbar. Der entwickelte manöverbasierte Ansatz ist eine Möglichkeit, das Problem zumindest bei einer Vielzahl von Fragestellungen besser unter Kontrolle zu bringen. Wo die Vorteile aber auch die Grenzen des manöverbasierten Ansatzes genau liegen, werden weitere Auswertungen zu neuen Fragestellungen zeigen. Es sind allerdings auch Fragen denkbar, wo weitere innovative Auswerteeideen nötig sind, um NDS-Daten angemessen zu analysieren.

10 LITERATURVERZEICHNIS

- Arnett, J. (1994). Sensation seeking: A new conceptualization and a new scale. *Personality and Individual Difference*, 16(2), 289-296.
- Automotive Collision Avoidance System Field Operational Test (ACAS FOT) Final Program Report*. (2005). Report No. DOT HS 809 886. Washington: National Highway Traffic Safety Administration.
- Benmimoun, M., Fahrenkrog, F., Zlocki, A., & Eckstein, L. (2011). *Incident detection based on vehicle CAN-data within the large scale field operational test "euroFOT"*. Paper presented at the 22nd Enhanced Safety of Vehicles Conference (ESV 2011).
- Boyle, J. M., & Vanderwolf, P. (2005). *Motor Vehicle Occupant Safety Survey: Volume 4: Crash Injury and Emergency Medical Services Report*. Report No. DOT HS-809-857. Washington, DC.: National Highway Traffic Safety Administration.
- Caird, J. K., Willness, C. R., & Scialfa, C. T. (2008). A meta-analysis of the effects of cell phones on driver performance. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 1282-1293.
- Collet, C., Guillot, A., & Petit, C. (2010a). Phoning while driving I: a review of epidemiological, psychological, behavioural and physiological studies. *Ergonomics*, 53(3), 589-601.
- Collet, C., Guillot, A., & Petit, C. (2010b). Phoning while driving II: a review of driving conditions influence. *Ergonomics*, 53(5), 602-616.
- de Winter, J. C. F., & Dodou, D. (2010). The Driver Behaviour Questionnaire as a predictor of accidents: A meta-analysis. *Journal of Safety Research*, 41, 463-470.
- Dingus, T. A., Klauer, S. G., Neale, V. L., Petersen, A., Lee, S. E., Sudweeks, J., et al. (2006). *The 100-Car Naturalistic Driving Study Phase II – Results of the 100-Car Field Experiment*. Report No. DOT HS 810 593. Washington: National Highway Traffic Safety Admin. (NHTSA).
- Faber, F., Jonkers, E., Aust, M. L., Benmimoun, M., Regan, M., Jamson, S., et al. (2012). *D6.2 Analysis methods for user related aspects and impact assessment: euroFOT consortium*. Retrieved from http://www.eurofot-ip.eu/en/library/deliverables/sp6_d62_analysis_methods_for_user_related_aspects_and_impact_assessment.htm.
- Final report: Evaluation of the Volvo Intelligent Vehicle Initiative Field Operational Test Version 1.3*. (2007). Report No. DTFH61-96-C-00077. Washington: U.S. Department of Transportation.
- Follmer, R., Gruschwitz, D., Jesske, B., Quandt, S., Lenz, B., Nobis, C., et al. (2010). *Mobilität in Deutschland 2008 Ergebnisbericht Struktur - Aufkommen - Emissionen – Trends*. Report No. FE-Nr. 70.801/2006. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Bonn & Berlin: infas & DLR. Retrieved from: www.mobilitaet-in-deutschland.de.
- Hanowski, R. J., Blanco, M., Nakata, A., Hickman, J. S., Schaudt, W. A., Fumero, M. C., et al. (2008). *The drowsy driver warning system field operational test, data*

- collection final report*. Report No. DOT HS 810 035. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- Hickman, J. S., Hanowski, R. J., & Bocanegra, J. (2010). *Distraction in commercial trucks and buses: Assessing prevalence and risk in conjunction with crashes and near-crashes*. Report No. FMCSA-RRR-10-049. Washington D.C.: Federal Motor Carrier Safety Administration. Retrieved from <http://www.fmcsa.dot.gov/facts-research/research-technology/report/Distraction-in-Commercial-Trucks-and-Buses-report.pdf>.
- Horrey, W. J., & Wickens, C. D. (2006). Examining the impact of cell phone conversation on driving using meta-analytical techniques. *Human Factors*, 48(1).
- Kern, D., Schmidt, A., Pitz, M., & Bengler, K. (2007). *Status- und Kontextinformationen für die Telekommunikation im Auto*. Paper presented at the Tagung Mensch & Computer, Weimar.
- Klauer, S. G., Dingus, T. A., Neale, V. L., Sudweeks, J., & Ramsey, D. (2006). *The impact of driver inattention on near-crash/crash-risk: An analysis using the 100-car naturalistic driving study data*. Report No. DOT HS 810 594. Blacksburg, Virginia: Virginia Tech Transportation Institute.
- Malta, L., Aust, M. L., Faber, F., Metz, B., Saint Pierre, G., Benmimoun, M., et al. (2012). *D6.4 Final results: Impacts on traffic safety: euroFOT consortium*. Retrieved from http://www.eurofot-ip.eu/en/library/deliverables/sp6_d64_final_results_impacts_on_traffic_safety.htm.
- Mattsson, M. (2012). Investigating the factorial invariance of the 28-item DBQ across genders and age groups: An Exploratory Structural Equation Modeling Study. *Accident Analysis & Prevention*.
- McGehee, D. V., Raby, M., Carney, C., Lee, J. D., & Reyes, M. L. (2007). Extending parental mentoring using an event-triggered video intervention in rural teen drivers. *Journal of Safety Research*, 38(2), 215-227.
- Najm, W. G., & daSilva, M. P. (2000). *Benefits estimation methodology for intelligent vehicle safety systems based on encounters with critical driving conflicts*. Paper presented at the ITS.
- Najm, W. G., DaSilva, M. P., & Wiacek, C. J. (2000). *Estimation of crash injury severity reduction for intelligent vehicle safety systems*. Paper presented at the SAE 2000 World Congress.
- Olson, R. L., Hanowski, R. J., Hickman, J. S., & Bocanegra, J. (2009). *Driver distraction in commercial vehicle operations, final report*. Report No. FMCSA-RRR-09-042. Washington, D.C.: Federal Motor Carrier Safety Administration. Retrieved from <http://www.fmcsa.dot.gov/facts-research/research-technology/report/FMCSA-RRR-09-042.pdf>.
- Rauch, N., Gradenegger, B., & Krüger, H.-P. (2008). *Das Konzept des Situationsbewusstseins und seine Implikationen für die Fahrsicherheit* (Vol. 210): Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.v.
- Rauch, N., Schoch, S., & Krüger, H.-P. (2007). *Ermittlung von Fahreraufmerksamkeit aus Fahrverhalten. BMWi Projekt AKTIV-AS- Teilprojekt FSA*. Würzburg: WIVW.

- Sanchez, D., Garcia, E., Saez, M., Benmimoun, M., Pütz, A., Aust, M. L., et al. (2012). *D6.3 Final results: User acceptance and user-related aspects*: euroFOT consortium. Retrieved from http://www.eurofot-ip.eu/en/library/deliverables/sp6_d63_final_results_user_acceptance_and_user-related_aspects.htm.
- Sayer, J. R., Devonshire, J. M., & Flannagan, C. A. (2005). *The effects of secondary tasks on naturalistic driving performance*. Report No. UMTRI-2005-29. Ann Arbor, Michigan: The University of Michigan.
- Schoch, S., Guidotti, L., Csepinsky, A., Metz, B., Tadei, R., Tesauri, F., et al. (2011). *D5.3 Final delivery of data and answers to questionnaires* (No. Public Deliverable): euroFOT consortium. Retrieved from http://www.eurofot-ip.eu/en/library/deliverables/sp5_d53_final_delivery_of_data_and_answers_to_questionnaires_.htm.
- Thulin, H., & Gustafsson, S. (2004). *Mobile Phone Use while Driving: Conclusions from four investigations*. Report No. VTI Report 490A). Linköping, Sweden: Swedish National Road and Transport Research Institute.

11 ANHANG

11.1 Verwendete Abkürzungen

DBQ	Driver BehaviourQuestionnaire
Fz	Fahrzeug
h	Stunde
km	Kilometer
km/h	Kilometer pro Stunde
m	Mittelwert
max	Maximum
md	Median
Min	Minute
min	Minimum
N	Anzahl
Q25	25%-Intervall
Q74	75%-Intervall
sd	Standardabweichung
sdlp	Standardabweichung der Spurposition
Sek	Sekunde
Spur / h	Anzahl Spurverlassen pro Stunde
THW	Time-Head-Way, Sekundenabstand
TLC	Time-to-Line-Crossing
TTC	Time-to-Collision
v	Geschwindigkeit
vLim	Grenzgeschwindigkeit

11.2 Verwendete Incidentkriterien

Abbildung 11-1 zeigt in blau das geschwindigkeitsabhängige Kriterium für eine kritische Bremsung der Schwere 1. Unabhängig von der Geschwindigkeit werden Bremsungen mit mehr als 8 m/sec^2 als kritische Bremsung der Schwere 2 gewertet.

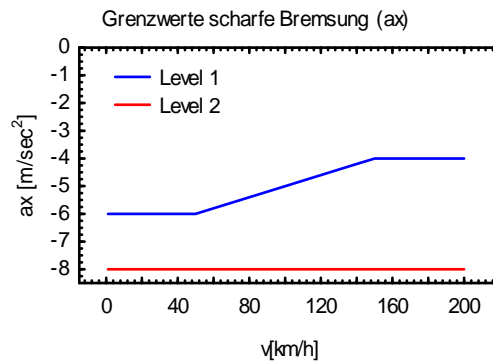


Abbildung 11-1: Kriterien für den Incidenttyp ‚scharfe Bremsung‘. Es werden Ereignisse der Schwere 1 und 2 unterschieden.

Abbildung 11-2 zeigt die geschwindigkeitsabhängigen Kriterien für die Incidenttypen hohe Quereschleunigung und hohe Gierrate. Incidents, die basierend auf der Gierrate detektiert werden, werden immer als Ereignisse mit Level 2 bewertet. Aufgrund von Fehldetektionen bei niedrigen Geschwindigkeiten werden Ereignisse, die auf dem Kriterium der Gierrate basieren, erst ab einer Geschwindigkeit von 20 km/h berücksichtigt.

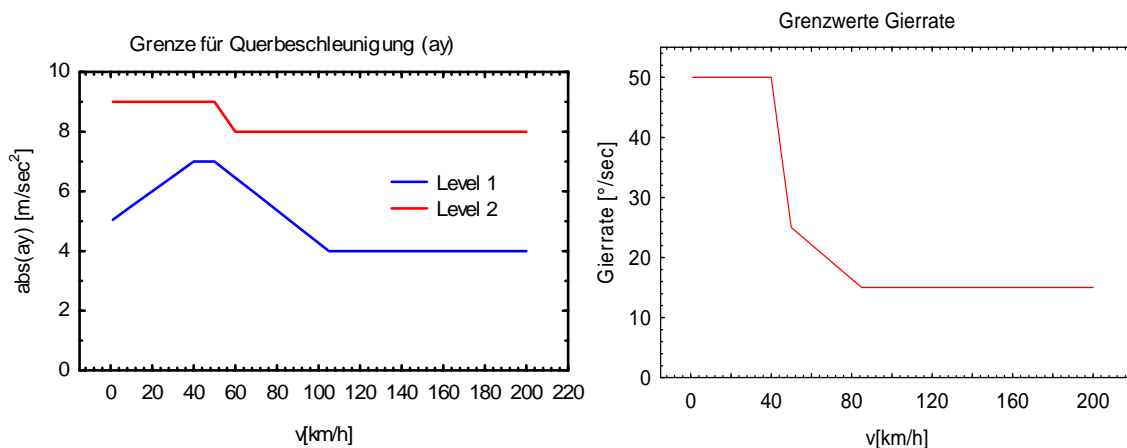


Abbildung 11-2: Kriterien für die Incidenttypen hohe Quereschleunigung (links) und hohe Gierrate (rechts).

Die Kriterien für den Incidenttyp kritischer Abstand sind deutlich komplexer als die bisher dargestellten Kriterien, da nun auch die Fahrerabsicht mit berücksichtigt wird. Abstandereignisse basieren auf eine Kombination der Parameter Time-to-Collision (TTC), Sekundenabstand (Time-Head-Way, THW) sowie der Differenzgeschwindigkeit zum Vorfahrenden (v_{diff}). Zusätzlich wird bei niedrigen Geschwindigkeiten der absolute Abstand in Metern berücksichtigt. Grundlage der Detektion sind die folgenden Kriterien:

- Level 1:
 - $THW < 0.35$ und $10 \text{ km/h} > v_{diff} < 20 \text{ km/h}$
 - $THW < 0.5$ und $v_{diff} > 20 \text{ km/h}$
 - $TTC < 1.75$

- Level 2:
 - $TTC < 1.0 + \text{Bremsen}$
 - $THW < 0.35$ und $v_{diff} > 20 \text{ km/h}$
- Level 3:
 - $TTC < 1.0$ ohne Bremsen

Ist die Geschwindigkeit geringer als 20 km/h, muss für Ereignisse der Level 1 und 2 zusätzlich zum TTC-Kriterium der absolute Abstand zum Vorausfahrenden kleiner 1.5 Meter sein, damit ein Incident angenommen wird.

Für die anhand der oben aufgeführten Abstandskriterien gefundenen Ereignisse wird außerdem die Fahrerintention, basierend auf dem Status des Bremslichts (BLS), der Höhe der Verzögerung, der Höhe der Querbewegung sowie des Blinkerstatus bewertet. In Abhängigkeit der genannten Kriterien wird entweder die Schwere des detektierten Ereignisses geändert oder das Ereignis insgesamt als irrelevant klassifiziert. Für die zusätzlichen Parameter werden die folgenden in Tabelle 11-1 dargestellten Zustände berücksichtigt:

Tabelle 11-1: Parameter, die bei der Bewertung der Fahrerintention bei kritischen Abständen berücksichtigt werden.

Parameter	Zustände	Definition
Bremslicht	An Aus	
Längsdynamik	Hoch Mittel Niedrig	Scharfe Bremsung, mind. Level 1 $a_x < -1 \text{ m/sec}^2$ $a_x \geq -1 \text{ m/sec}^2$
Querdynamik	Hoch Mittel Niedrig	$\text{abs}(a_y) > 4 \text{ m/sec}^2$ $\text{abs}(a_y) > 1.8 \text{ m/sec}^2$ $\text{abs}(a_y) < 1.8 \text{ m/sec}^2$
Blinker	An Aus	

Die Berücksichtigung der zusätzlichen Parameter folgt dem in Abbildung 11-3 dargestellten Schema.

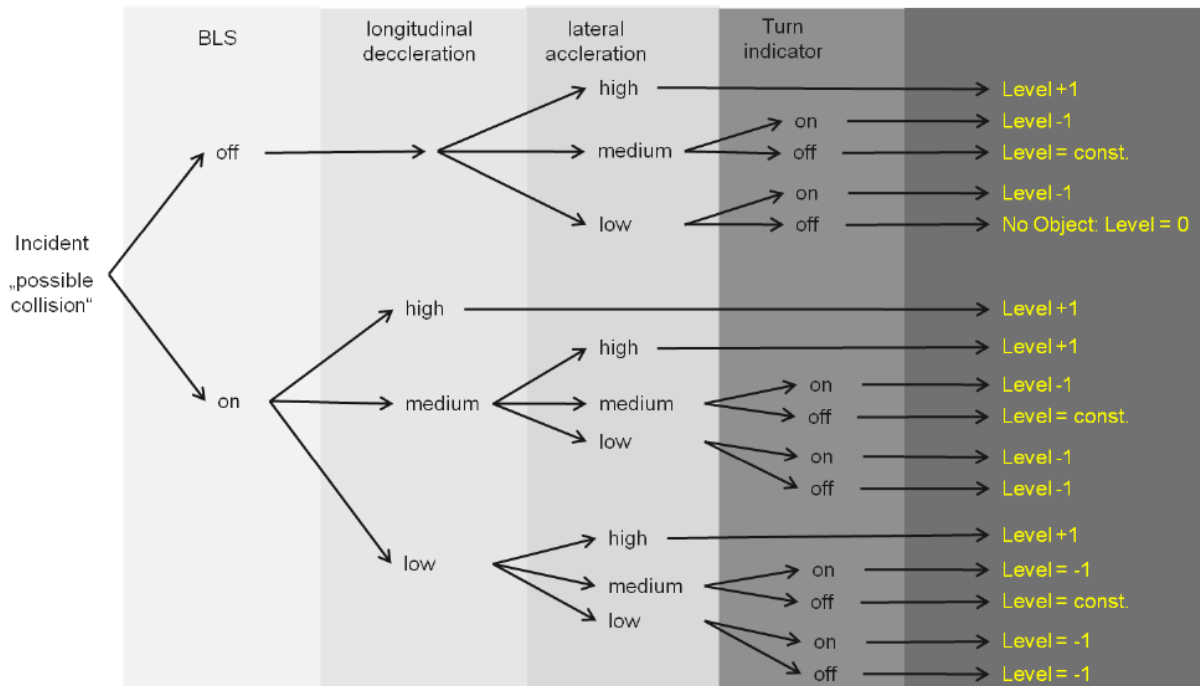


Abbildung 11-3: Änderung des Levels kritischer Abstände basierend auf dem Fahrerverhalten (nach Benmimoun et al. 2011).

11.3 Weitere Ergebnisse: Allgemeine Kennwerte

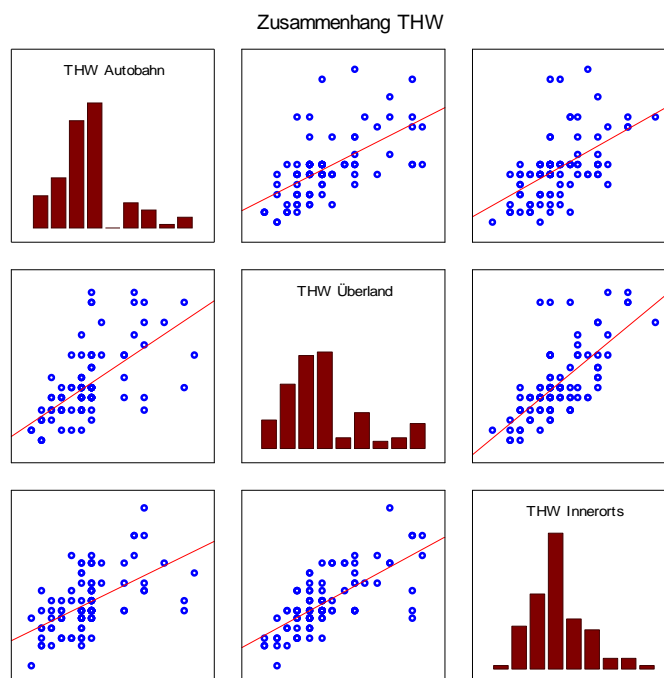


Abbildung 11-4: Grafische Veranschaulichung der Korrelationen des Modus des THWs zwischen den Straßenklassen.

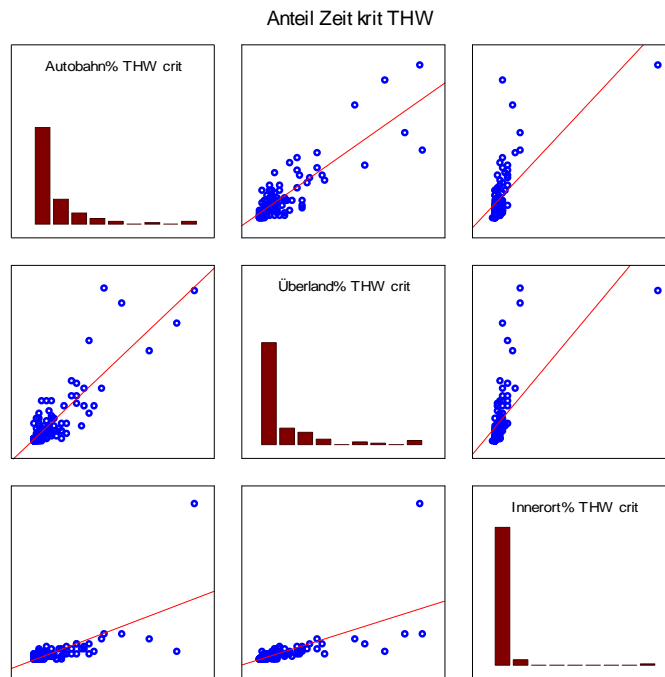


Abbildung 11-5: Grafische Veranschaulichung der Korrelationen des Zeitanteils mit sehr kleinem THW zwischen den Straßenklassen.

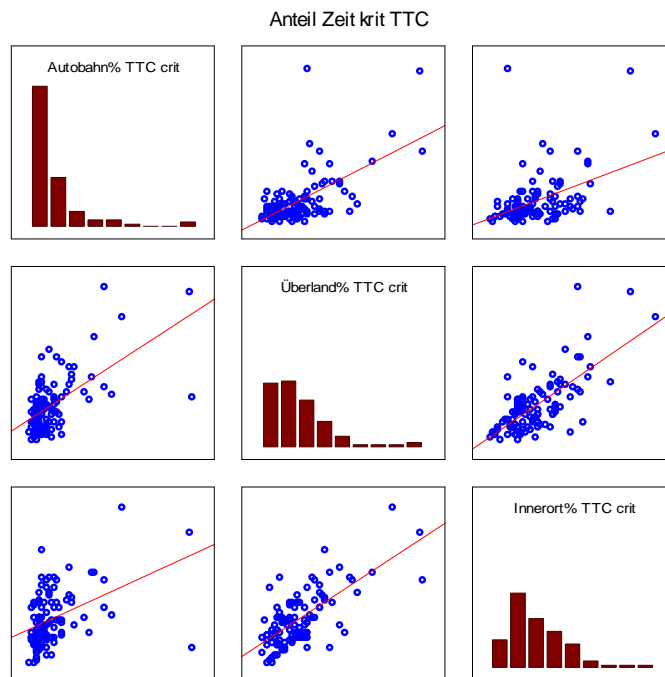


Abbildung 11-6: Grafische Veranschaulichung der Korrelationen des Zeitanteils mit sehr kleiner TTC zwischen den Straßenklassen.

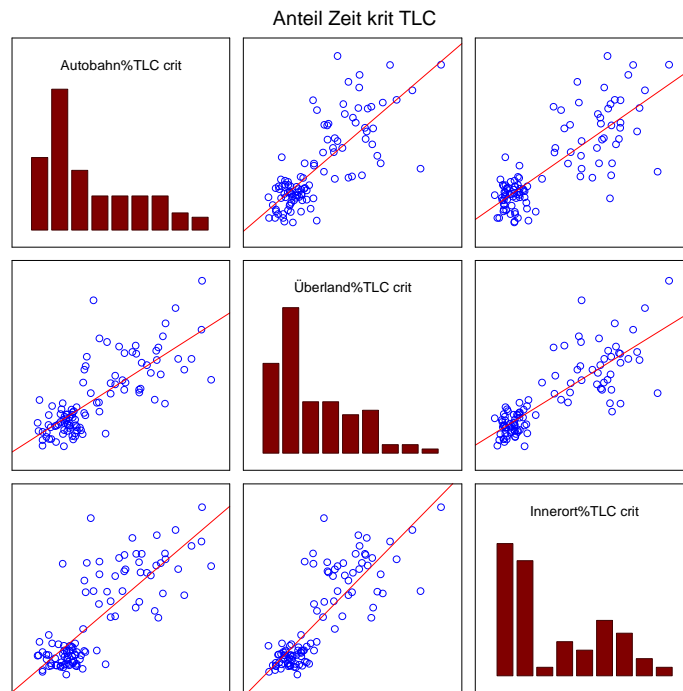


Abbildung 11-7: Grafische Veranschaulichung der Korrelationen des Zeitanteils mit sehr kleiner TLC zwischen den Straßenklassen.

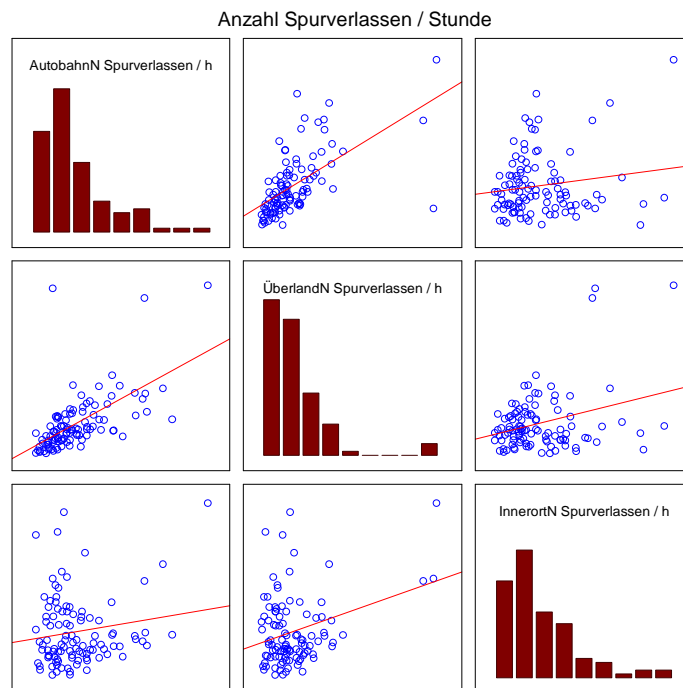


Abbildung 11-8: Grafische Veranschaulichung der Korrelationen der Anzahl Spurverlassen pro Stunde zwischen den Straßenklassen.

11.4 Weitere Ergebnisse: Telefonieren beim Fahren

Tabelle 11-2: Ergebnisse der Friedman ANOVAs für die Änderung während eines Telefonats für den Zeitanteil mit mindestens 10km/h über dem Limit.

	Ausgehend				Eingehend			
	N / FG	Chi2	p	Effekt	N / FG	Chi2	p	Effekt
Autobahn	83 / 2	17.46	<0.001	E&N < V&A	72 / 3	10.35	<0.05	N < V
Überland	77 / 3	2.01			56 / 3	1.11		
Innerorts	84 / 3	1.56			73 / 3	1.26		

Tabelle 11-3: Ergebnisse der Friedman ANOVAs für den Vergleich ein- und ausgehende Telefonate für den Zeitanteil mit mindestens 10km/h über dem Limit.

	Anfang				Ende			
	N / FG	Chi2	p	Effekt	N / FG	Chi2	p	Effekt
Autobahn	68 / 1	1.98			68 / 1	5.40	<0.05	Aus > Ein
Überland	50 / 1	2.38			50 / 1	5.82	<0.05	Aus > Ein
Innerorts	71 / 1	2.97	0.084	Aus > Ein	71 / 1	3.76	0.052	Aus > Ein

Tabelle 11-4: Ergebnisse der Friedman ANOVAs für die Änderung während eines Telefonats für den Zeitanteil, der sehr langsam gefahren wird.

	Ausgehend				Eingehend			
	N / FG	Chi2	p	Effekt	N / FG	Chi2	p	Effekt
Autobahn	83 / 3	7.66	0.054	A > N	72 / 3	2.61		
Überland	77 / 3	1.94			56 / 3	4.38		
Innerorts	84 / 3	37.04	<0.001	V&A > E&N	73 / 3	3.91		

Tabelle 11-5: Ergebnisse der Friedman ANOVAs für den Vergleich ein- und ausgehende Telefonate für den Zeitanteil, der sehr langsam gefahren wird.

	Anfang				Ende			
	N / FG	Chi2	p	Effekt	N / FG	Chi2	p	Effekt
Autobahn	68 / 1	4.74	<0.05	Aus > Ein	68 / 1	3.50	0.061	Aus > Ein
Überland	50 / 1	8.70	<0.01	Aus > Ein	50 / 1	5.23	<0.05	Aus > Ein
Innerorts	71 / 1	4.63	<0.05	Aus > Ein	71 / 1	1.17		

Tabelle 11-6: Ergebnisse der Friedman ANOVAs für die Änderung während eines Telefonats für den Zeitanteil, mit kleinem Time-Head-Way (<0.5 Sekunden).

	Ausgehend				Eingehend			
	N / FG	Chi2	p	Effekt	N / FG	Chi2	p	Effekt
Autobahn	83 / 3	19.97	<0.001	N > A	72 / 3	14.53	<0.01	N > A
Überland	77 / 3	9.24	<0.05	N > V	56 / 3	4.34		
Innerorts	83 / 3	3.00			73 / 3	4.54		

Tabelle 11-7: Ergebnisse der Friedman ANOVAs für den Vergleich ein- und ausgehende Telefonate für den Zeitanteil, mit kleinem Time-Head-Way (<0.5 Sekunden).

	Anfang				Ende			
	N / FG	Chi2	p	Effekt	N / FG	Chi2	p	Effekt
Autobahn	68 / 1	0.36			68 / 1	0.03		
Überland	50 / 1	3.58	0.059	Ein > Aus	50 / 1	1.00		
Innerorts	71 / 1	3.60	0.058	Ein > Aus	71 / 1	0.11		

Tabelle 11-8: Ergebnisse der Friedman ANOVAs für die Änderung während eines Telefonats für den Zeitanteil, mit kleiner Time-to-Collision (<1.75 Sekunden).

	Ausgehend				Eingehend			
	N / FG	Chi2	p	Effekt	N / FG	Chi2	p	Effekt
Autobahn	83 / 3	14.52	<0.01	A > Rest	72 / 3	3.20		
Überland	77 / 3	2.12			56 / 3	2.09		
Innerorts	84 / 3	5.51			73 / 3	3.73		

Tabelle 11-9: Ergebnisse der Friedman ANOVAs für den Vergleich ein- und ausgehende Telefonate für den Zeitanteil, mit kleiner Time-to-Collision (<1.75 Sekunden).

	Anfang				Ende			
	N / FG	Chi2	p	Effekt	N / FG	Chi2	p	Effekt
Autobahn	68 / 1	0.53			68 / 1	1.31		
Überland	50 / 1	0.43			50 / 1	0.05		
Innerorts	71 / 1	0.20			71 / 1	0.11		

Tabelle 11-10: Ergebnisse der Friedman ANOVAs für die Änderung während eines Telefonats für den Zeitanteil, mit kleiner Time-to-Line Crossing (<1.0Sekunden).

	Ausgehend				Eingehend			
	N / FG	Chi2	p	Effekt	N / FG	Chi2	p	Effekt
Autobahn	79 / 3	5.05			69 / 3	6.94	0.074	A&E < V&N
Überland	69 / 3	23.00	<0.001	E > V	43 / 3	2.65		
Innerorts	78 / 3	3.80			61 / 3	2.23		

Tabelle 11-11: Ergebnisse der Friedman ANOVAs für den Vergleich ein- und ausgehende Telefonate für den Zeitanteil, mit kleiner Time-to-Line Crossing (<1.0Sekunden).

	Anfang				Ende			
	N / FG	Chi2	p	Effekt	N / FG	Chi2	p	Effekt
Autobahn	65 / 1	0.25			64 / 1	3.07	0.080	Aus > Ein
Überland	45 / 1	5.00	<0.05	Aus > Ein	42 / 1	1.52		
Innerorts	62 / 1	0.06			64 / 1	1.56		

Tabelle 11-12: Ergebnisse der Friedman ANOVAs für die Änderung während eines Telefonats für die Anzahl Spurwechsel pro Minute.

	Ausgehend				Eingehend			
	N / FG	Chi2	p	Effekt	N / FG	Chi2	p	Effekt
Autobahn	88 / 3	15.33	<0.01	V < Rest	74 / 3	4.64		
Überland	87 / 3	0.48			65 / 3	0.79		
Innerorts	86 / 3	4.72			76 / 4	4.29		

Tabelle 11-13: Ergebnisse der Friedman ANOVAs für den Vergleich ein- und ausgehende Telefonate für die Anzahl Spurwechsel pro Minute.

	Anfang				Ende			
	N / FG	Chi2	p	Effekt	N / FG	Chi2	p	Effekt
Autobahn	71 / 1	3.69	0.548	Aus > Ein	71 / 1	2.40		
Überland	62 / 1	0.80			62 / 1	7.54	<0.01	Aus > Ein
Innerorts	75 / 1	0.93			75 / 1	2.33		

Tabelle 11-14: Ergebnisse der Friedman ANOVAs für die Änderung während eines Telefonats für den Anteil Zeit im Stau.

	Ausgehend				Eingehend			
	N / FG	Chi2	p	Effekt	N / FG	Chi2	p	Effekt
Autobahn	83 / 3	4.88			72 / 3	0.47		

Tabelle 11-15: Ergebnisse der Friedman ANOVAs für den Vergleich ein- und ausgehende Telefonate für den Anteil Zeit im Stau.

	Anfang				Ende			
	N / FG	Chi2	p	Effekt	N / FG	Chi2	p	Effekt
Autobahn	68 / 2	8.33	<0.01	Aus > Ein	68 / 2	5.67	<0.05	Aus > Ein

Tabelle 11-16: Ergebnisse der Friedman ANOVAs für die Änderung während eines Telefonats für den Anteil Zeit mit aktivem ACC.

	Ausgehend				Eingehend			
	N / FG	Chi2	p	Effekt	N / FG	Chi2	p	Effekt
Autobahn	88 / 2	47.73	<0.001	V&A > E&N	74 / 3	20.07	<0.001	V&A > E&N
Überland	87 / 3	15.82	<0.01	E < Rest	65 / 3	25.35	<0.001	V&A > E&N
Innerorts	86 / 3	16.70	<0.001	E < Rest	76 / 3	31.58	<0.001	V&A > E&N

Tabelle 11-17: Ergebnisse der Friedman ANOVAs für den Vergleich ein- und ausgehende Telefonate für Anteil Zeit mit aktivem ACC.

	Anfang				Ende			
	N / FG	Chi2	p	Effekt	N / FG	Chi2	p	Effekt
Autobahn	71 / 1	0.28			71 / 1	0.27		
Überland	62 / 2	1.29			62 / 1	0.15		
Innerorts	75 / 1	0.03			75 / 1	6.12	<0.05	Aus > Ein

Impressum

Herausgeber	FAT Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. Behrenstraße 35 10117 Berlin Telefon +49 30 897842-0 Fax +49 30 897842-600 www.vda-fat.de
ISSN	2192-7863
Copyright	Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) 2013

VDA

Verband der
Automobilindustrie

FAT

Forschungsvereinigung
Automobiltechnik

Behrenstraße 35
10117 Berlin
www.vda.de
www.vda-fat.de