



Auswirkungen von fahrzeug- internen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit

Verkehrstechnischer Teilbericht

**Influence of In-Vehicle Information Systems on Driver
Behaviour and Road Safety**

Report part of traffic engineering

**Influence des systèmes d'information embarqués sur le
comportement de conduite et la sécurité routière**

Rapport partiel d'ingénierie de la circulation

**ETH Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule
Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Prof. P. Spacek, dipl. Ing. ETH
Prof. HP. Lindenmann, dipl. Ing. ETH
Dr. rer. nat. N. Latuske
T. Weber, dipl. El. Ing. FH**

**Forschungsauftrag ASTRA 2004/016 auf Antrag des
Bundesamtes für Strassen (ASTRA)**

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen beauftragten Autor(en).
Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que l' (les) auteur(s) mandaté(s) par l'Office fédéral des routes.
Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

Il contenuto di questo rapporto impegna solamente l' (gli) autore(i) designato(i) dall'Ufficio federale delle strade.
Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) appointed by the Swiss federal roads authority.
Supply: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Auswirkungen von fahrzeugin- ternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit

Verkehrstechnischer Teilbericht

**Influence of In-Vehicle Information Systems on Driver
Behaviour and Road Safety**

Report part of traffic engineering

**Influence des systèmes d'information embarqués sur le
comportement de conduite et la sécurité routière**

Rapport partiel d'ingénierie de la circulation

**ETH Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule
Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Prof. P. Spacek, dipl. Ing. ETH
Prof. HP. Lindenmann, dipl. Ing. ETH
Dr. rer. nat. N. Latuske
T. Weber, dipl. El. Ing. FH**

**Forschungsauftrag ASTRA 2004/016 auf Antrag des
Bundesamtes für Strassen (ASTRA)**

Impressum

Forschungsstellen und Projektteam

Projektleitung

Prof. Dr. Amos S. Cohen

Prof. Hans Peter Lindenmann

Prof. Peter Spacek

Mitglieder

Dr. Nicolas Latuske

Martina Menn

Gerko Santel

Thomas Weber

Begleitkommission

Präsident

Daniel Baumann

Mitglieder

Heinz Berger

Andreas Burgener

Andreas Gantenbein

Bernhard Gerster

Dr. Stefan Siegrist

KO-Finanzierung des Forschungsauftrags

Bundesamt für Bildung und Wissenschaft

Antragsteller

Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von www.astra.admin.ch herunter geladen werden.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	7
Résumé.....	11
Summary	15
1 Einleitung.....	19
1.1 Ausgangslage	19
1.2 Auftrag.....	19
1.3 Ziele	20
2 Vorgehen und Methodik.....	23
2.1 Versuchsanlage	23
2.2 Versuchselemente	23
2.2.1 Versuchsteilnehmer.....	23
2.2.2 Versuchsfahrzeug.....	24
2.3 Versuchsanordnung.....	27
2.3.1 Abhängige Variablen	27
2.3.2 Unabhängige Variablen	28
2.3.3 Nebenfaktoren	31
2.3.4 Versuchslayout	32
2.4 Versuchsdurchführung.....	33
2.4.1 Ablauf der Versuchsfahrten	33
2.4.2 Datenaufzeichnung.....	33
2.4.3 Aufgabe Telefongespräch und ASRTT	34
2.5 Datenauswertungskonzept	34
2.5.1 Datenarten	34
2.5.2 Beschreibungsgrößen	35
2.5.3 Verkehrstechnische Auswertungsgrößen	35
2.5.4 Auswertungsvorgehen.....	35
3 Ergebnisse Voruntersuchungen	37
3.1 Pretest-Phase	37
3.2 Verifikation der BlackBox-Variablen	37
3.3 Zusammenhänge der BlackBox-Variablen	44
4 Ergebnisse Top-down Analyse	47
4.1 ANOVA Analyse.....	47
4.1.1 ANOVA der mittleren Geschwindigkeit.....	48
4.1.2 ANOVA für Häufigkeit der Verkehrsinteraktionen	50
4.2 ANOVA-Analyse der Autobahnstrecke	51
4.2.1 Geschwindigkeit V85	52
4.2.2 Häufigkeit des Ereignisses aktives Überholen	53
4.2.3 Häufigkeit des Ereignisses Routenanweisungen	54
4.2.4 Häufigkeit des Ereignisses Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern....	55
4.2.5 Häufigkeit des Ereignisses zu kurze Folgeabstände	56

4.2.6	Zusammenfassung Autobahnstrecke	57
4.3	ANOVA-Analyse der Stadtstrecke	58
4.3.1	Geschwindigkeit V85	58
4.3.2	Häufigkeit des Ereignisses Routenanweisungen	59
4.3.3	Häufigkeit des Ereignisses Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern	60
4.3.4	Zusammenfassung Stadtstrecke	61
5	Ergebnisse Bottom-up Analyse.....	63
5.1	Auswertung Querschnitte.....	63
5.1.1	Gewählte Querschnitte	63
5.1.2	Beschreibung der Auswertungsgrößen.....	66
5.1.3	Auswertungen für die Gesamtheit aller Versuchspersonen	67
5.1.4	Auswertungen für Altersgruppen und Einzelpersonen	69
5.1.5	Zusammenfassung Querschnittsauswertung	73
5.2	Auswertung Abschnitte	74
5.2.1	Gewählte Abschnitte.....	74
5.2.2	Beschreibung der Auswertungsgrößen.....	76
5.2.3	Auswertungen für Altersgruppen	77
5.2.4	Auswertungen für Einzelpersonen auf den Autobahnabschnitten.....	81
5.2.5	Auswertungen für Einzelpersonen auf den Abschnitten der Stadtstrecke	87
6	Erkenntnisse.....	93
6.1	Erkenntnisse aus verkehrstechnischer Untersuchung.....	93
6.1.1	Erkenntnisse aus Untersuchungen der gesamten Versuchsstrecken.....	93
6.1.2	Erkenntnisse aus orts- und personenbezogenen Untersuchungen	94
6.2	Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit.....	98
6.2.1	Ausweitung des Sicherheitsbegriffs.....	98
6.2.2	Ergebnisse für Autobahnstrecke	99
6.2.3	Ergebnisse für Stadtstrecke.....	100
7	Folgerungen.....	103
7.1	Beurteilung der Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit	103
7.1.1	Räumliche Ausprägung	103
7.1.2	Sachliche Ausprägung.....	103
7.1.3	Ausschliesslichkeit und Subjektivität	104
7.2	IVIS-bedingte Sicherheitsgewinne und -defizite	105
7.3	Schlussfolgerungen.....	106
	Anhänge.....	108
	Abkürzungen	129
	Literaturverzeichnis	130
	Projektabschluss.....	131
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	135

Zusammenfassung

Ausgangslage

Die meisten und wichtigsten Informationen für eine sichere und komfortable Fahrt werden von den Fahrzeuglenkern vom Erscheinungsbild des Strassenraumes visuell empfangen. In letzter Zeit werden die Fahrzeuglenker zunehmend mit neuen Informationsquellen konfrontiert, wie auditiv vermittelte Warnungen oder GPS-basierte Navigationsanweisungen. In näherer Zukunft werden viele Personen- und Lastwagen mit interaktiven Stauwarngeräten, Geschwindigkeits- und Abstandsregulierungssystemen und weiteren Assistenzsystemen standardmässig ausgerüstet. Dadurch kann ein beträchtliches Potential an Informationsüberlastung entstehen.

Um den zunehmend ausgelasteten Strassenraum besser zu nutzen, entwickeln die Verkehrsingenieure komplexe Verkehrsmanagementsysteme mit zusätzlichen Wechselsignalen und Wechselwegweisern, mit Wechseltextanzeigen und mit speziellen Markierungen und Strassensignalen für die Sicherung von Baustellen. Auch diese tragen zur Komplexität der Fahraufgabe und Aufmerksamkeitsbeanspruchung erheblich bei. Unfallauswertungen in mehreren Ländern zeigen eine zunehmende Zahl von Strassenverkehrsunfällen, die zumindest teilweise durch Gebrauch oder Missbrauch von Mobiltelefonen, GPS -Anzeigen oder gar DVD-Bildschirmen in den Fahrzeugen verursacht werden.

Forschungsziele

Zur Abschätzung des Einflusses moderner In-Vehicle-Information-Systems (IVIS) auf die Verkehrssicherheit wurden Versuchsfahrten im realen Verkehrsablauf mit einer nach verschiedenen demographischen Gesichtspunkten ausgewählten Gruppe von Versuchspersonen durchgeführt. Eingesetzt wurden dabei je 20 jüngere (28 – 35 Jahre) und ältere (60 – 65 Jahre) Fahrzeuglenker bzw. -lenkerinnen. Dabei waren geeignete Teststrecken zu befahren, je nach Versuchsanordnung entweder mit oder ohne IVIS-Unterstützung. Während der Fahrten wurden einerseits die Fahrzeugbewegungen kontinuierlich aufgezeichnet und andererseits wurden gefährliche Fahrsituationen bzw. kritische Ereignisse erfasst. Als Fahrzeug wurde ein mit handelsüblichem Zielführungssystem und mit Freisprechanlage (Mobiltelefon) ausgerüsteter Personenwagen eingesetzt, der über Sensorik zur Erfassung und Aufzeichnung der Fahrzeugbewegungen, der Fahrzeugbedienung und der Fahrerreaktionen verfügte.

Durch eine Gegenüberstellung von Versuchsfahrten mit und ohne IVIS-Unterstützung sollten allfällige Unterschiede bzgl. verhaltensrelevanter Grössen und bzgl. Häufigkeit von gefährlichen Ereignissen im Verkehr aufgezeigt und hinsichtlich allfälliger Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit beurteilt werden. Im verkehrspsychologischen Untersuchungsteil wurden zudem die Veränderungen der Aufmerksamkeitsbeanspruchung erfasst und zu analysiert. Um die Ergebnisse nicht zu verfälschen, waren bei der Datenerfassung die externen, versuchsunabhängigen Bedingungen während der Versuchsfahrten möglichst auszuschliessen.

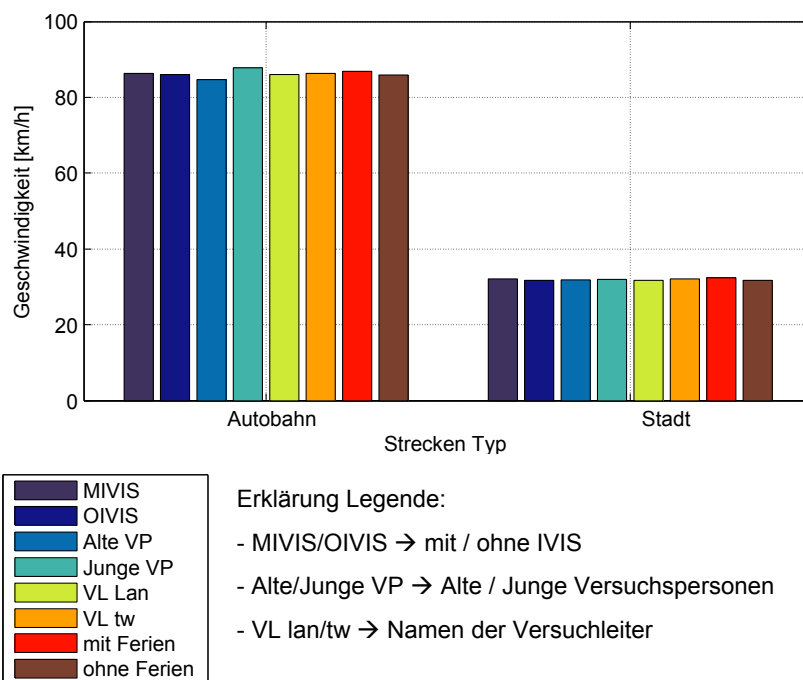
Im Rahmen der Forschungsarbeit sollte eine Abschätzung von allfälligen Sicherheitsgewinnen und Sicherheitsdefiziten aufgrund von Veränderungen des individuellen Fahrverhaltens, bewirkt durch Einflüsse von fahrzeuginternen Informationssystemen (IVIS) auf die Fahrzeuglenker erfolgen. Die zentrale Frage dieser Forschungsarbeit besteht darin, den kombinierten Einfluss eines bestimmten Satzes an fahrzeuginternen Informationssystemen auf die Verkehrssicherheit zu erkennen und zu beurteilen. Damit sollte ein Beitrag zum Verständnis der kumulativen Auswirkung von mehreren Informationssystemen auf die Verarbeitungskapazität der Fahrzeuglenker geleistet werden.

Ergebnisse

Das primäre Ziel der verkehrstechnischen Teiluntersuchung bestand darin, das Fahrverhalten der in diesem Experiment einbezogenen Versuchspersonen zu erfassen und die Veränderungen zwischen den Versuchsfahrten ohne und mit Einsatz von IVIS zu ermitteln.

Im vorliegenden Experiment haben sich als Folge des IVIS-Einsatzes insgesamt – d.h. über alle Versuchspersonen betrachtet – eher nur kleine Veränderungen im Fahrverhalten ergeben. So konnten bei der Auswertung über die gesamte Versuchsstrecke, weder auf der Autobahn noch auf der Stadtstrecke, signifikante Veränderungen der Geschwindigkeitsgrössen infolge des IVIS-Einsatzes festgestellt werden (vgl. folgendes Beispiel für mittlere Geschwindigkeit). Allerdings hat sich gezeigt, dass bei den festgestellten Veränderungen auffallende Unterschiede zwischen den zwei Altersgruppen von Probanden bestehen. So gehören jüngere Versuchspersonen bei Autobahnfahrten mit IVIS häufig zur Gruppe von Schnellfahrern (Geschwindigkeitswert V85%), während die älteren Versuchspersonen vorwiegend bei den Langsameren (Geschwindigkeitswert V15%) anzutreffen sind. Überraschenderweise ergab sich bei Fahrten auf der Stadtstrecke eine umgekehrte Tendenz, indem die älteren Probanden bei Fahrten mit IVIS häufiger in der Gruppe von Schnellfahrern anzutreffen sind. Die mangelnde Erklärung hierfür gehört zu den Erkenntnislücken in diesem verkehrstechnischen Teilbericht.

Zusammenhänge zwischen mittlerer Geschwindigkeit und den Einflussfaktoren gemäss Legende:



Erwartungsgemäss zeigen sich bei den Auswirkungen von IVIS Unterschiede zwischen den Versuchsstrecken (Autobahnstrecke mit hohem Geschwindigkeitsniveau / Stadtstrecke mit niedrigem Geschwindigkeitsniveau). So sind bei den Autobahnfahrten die Unterschiede infolge von IVIS eher bei den Geschwindigkeitsgrössen feststellbar, während bei den Fahrten auf der Stadtstrecke die Veränderungen bei der Häufigkeit von sicherheitsrelevanten Ereignissen auffallen.

Auch bei der angesprochenen Ereignishäufigkeit auf der Stadtstrecke zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den zwei Altersgruppen. So hat sich die Häufigkeit der sicherheitsrelevanten Konfliktsituationen bei den älteren Verkehrsteilnehmern im Zustand mit IVIS wesentlich erhöht, obwohl die Fahrgeschwindigkeiten praktisch unverändert blieben. Dieser Befund war vor allem auf jenem Streckenabschnitt, in welchem IVIS mit dem Telefongespräch ergänzt war, ausgeprägt. Demgegenüber war eine wesentliche Erhöhung der Ereignishäufigkeit bei den jüngeren Verkehrsteilnehmern nicht feststellbar. Auf der Autobahnstrecke ergab sich eine umgekehrte Auswirkung. Dort hat sich bei Fahr-

ten mit IVIS die Häufigkeit von sicherheitsrelevanten Ereignissen bei den älteren Verkehrsteilnehmern deutlich reduziert. Aus verkehrspsychologischen Untersuchungen ist bekannt, dass ältere Fahrzeuglenker in der Lage sind, allfällige Defizite im Aufnahme- oder Reaktionsvermögen dank dem durch jahrelange Fahrpraxis geschärften Verkehrssinn (insbesondere der Voraussehbarkeit von Verkehrssituationen) zu kompensieren. Wie die angesprochenen Ergebnisse zeigen, sind dieser Kompensationsfähigkeit offensichtlich Grenzen gesetzt.

Aufgrund der festgestellten Veränderungen im Fahrverhalten zwischen den Zuständen mit und ohne IVIS wurden die Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit wie folgt quantifiziert:

- **Autobahnstrecken**

- ↑ *Sicherheitsgewinne durch IVIS mit hoher Wahrscheinlichkeit*

Die Häufigkeit zu kurzer Folgeabstände wird mit IVIS signifikant reduziert. Aufgrund der Auswertungen ist diese Sicherheitsverbesserung bei älteren Verkehrsteilnehmern zu erwarten. Bei dieser Altersgruppe wird auch die Häufigkeit der übrigen, sicherheitsrelevanten Ereignisse deutlich reduziert.

- ↗ *Sicherheitsgewinne durch IVIS mit kleiner Wahrscheinlichkeit*

Die Häufigkeit von Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern kann mit IVIS etwas reduziert werden. Gewisse Sicherheitsgewinne können durch die Homogenisierung der Geschwindigkeiten (beide Altersgruppen) und durch Reduktion des Anteils von Schnellfahrer (ältere Verkehrsteilnehmer) entstehen.

- ↓ *Sicherheitsdefizite durch IVIS mit hoher Wahrscheinlichkeit*

Die Häufigkeit von signifikant höheren mittleren Geschwindigkeiten im Zustand mit IVIS gegenüber jenen ohne IVIS wird bei jüngeren Verkehrsteilnehmern deutlich erhöht.

- ↘ *Sicherheitsdefizite durch IVIS mit kleiner Wahrscheinlichkeit*

Die Häufigkeit von Routenanweisungen hat sich im Zustand mit IVIS als Folge von unklaren Sprachanweisungen des Navigationsgerätes signifikant erhöht. Dieser Mangel wirkt sich vor allem bei älteren Verkehrsteilnehmern aus. Bei dieser Altersgruppe haben sich zudem die mittleren Geschwindigkeiten erhöht.

- **Stadtstrecken**

- ↑ *Sicherheitsgewinne durch IVIS mit hoher Wahrscheinlichkeit*

Die Häufigkeit von signifikant niedrigeren mittleren Geschwindigkeiten im Zustand mit IVIS gegenüber jenen ohne IVIS wird bei jüngeren Verkehrsteilnehmern deutlich erhöht.

- ↗ *Sicherheitsgewinne durch IVIS mit kleiner Wahrscheinlichkeit*

Keine ersichtlich

- ↓ *Sicherheitsdefizite durch IVIS mit hoher Wahrscheinlichkeit*

Die Häufigkeit aller sicherheitsrelevanten Ereignisse hat sich im Zustand mit IVIS bei den älteren Verkehrsteilnehmern wesentlich erhöht, am deutlichsten im Streckenabschnitt mit Telefonaufgabe. Zudem hat sich bei dieser Altersgruppe die Häufigkeit von signifikant höheren mittleren Geschwindigkeiten im Zustand mit IVIS gegenüber jenen ohne IVIS deutlich erhöht.

✎ *Sicherheitsdefizite durch IVIS mit kleiner Wahrscheinlichkeit*

Gewisse Sicherheitsdefizite können durch den im Zustand mit IVIS erhöhten Anteil von Schnellfahrer bei den älteren Verkehrsteilnehmern entstehen.

Bei den Unsicherheiten in der Diskussion der Untersuchungsergebnisse muss auch die Versuchsanordnung in diesem Experiment berücksichtigt werden. So erwies sich der Wegfall der ursprünglich vorgesehenen, kontinuierlichen Erfassung der Fahrzeugabstände insofern als ein beträchtlicher Nachteil, als das Abstandsverhalten auf Strassen ein wesentliches Indiz für die Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit darstellt. Zu den Mängeln der Versuchsanordnung gehört auch die fehlende Kalibrierung der Messwerte an einem grösseren Fahrerkollektiv. Dies wäre bei den Querschnittsauswertungen theoretisch möglich gewesen, wenn die Querschnitte im Bereich von ortsfesten Messstellen (z.B. Induktivschlaufen-Detektoren) angeordnet wären und die Betreiber der Messstellen die aufgezeichneten Datensätze zur Verfügung gestellt hätten. Dadurch hätten die Geschwindigkeitsmesswerte der einzelnen Versuchspersonen in eine grössere Stichprobe eingeordnet werden können.

Der vorliegende verkehrstechnische Untersuchungsteil kann Veränderungen im Fahrverhalten abgrenzen. Sie basieren auf Aufzeichnungen der Fahrzeugbewegungen, der Fahrzeugbedienung und der Fahrerreaktionen. Das Potential für die Erklärung möglicher Ursachen, die zu diesen Veränderungen geführt haben und welcher Beanspruchung die Versuchspersonen – zusätzlich jener durch die primäre Fahraufgabe – ausgesetzt waren, ist jedoch bescheiden und bleibt grösstenteils dem verkehrspsychologischen Untersuchungsteil vorbehalten.

Résumé

Situation de départ

La plupart des informations les plus importantes pour une conduite sûre et confortable sont perçues visuellement par les conducteurs selon l'apparence de l'espace routier. Ces derniers temps les conducteurs sont de plus en plus confrontés à de nouvelles sources d'informations, telles que des alertes acoustiques ou des instructions de navigation via GPS. Dans un futur proche, de nombreux véhicules poids lourds et voitures de tourisme seront équipés de manière standard d'appareils interactifs d'alerte de bouchons, de systèmes de régulation de vitesses et de distances ainsi que d'autres systèmes d'assistance. Ainsi, le risque d'une surcharge d'informations est non négligeable.

Afin de mieux utiliser l'espace routier toujours davantage occupé, les ingénieurs du trafic développent des systèmes de gestion du trafic complexes avec des signalisations variables et des indicateurs de direction variables supplémentaires, des panneaux à messages variables ainsi que des marquages et des signaux routiers spéciaux afin d'assurer la sécurité de chantiers. Ces derniers contribuent aussi considérablement à rendre la conduite plus difficile et à solliciter l'attention des conducteurs. Des analyses d'accidents effectuées dans plusieurs pays font état de l'augmentation d'accidents de la route causés, du moins en partie, par l'utilisation ou l'utilisation abusive de téléphones portables, de signaux GPS, voire d'écrans dans les véhicules.

But de la recherche

Afin d'évaluer l'influence des In-Vehicle-Information-Systems (IVIS) modernes sur la sécurité du trafic, des conduites-test ont été menées en situation réelle de circulation avec un groupe de sujets d'expérience choisis selon des considérations démographiques diverses: 20 sujets jeunes

(30 - 35 ans) et 20 sujets plus âgées (56 - 60 ans). Ces derniers ont conduit sur des tronçons de route sélectionnés, selon le mode expérimental avec ou sans IVIS. Lors de la conduite, les mouvements du véhicule ont été enregistrés en continue, tout comme les situations dangereuses ainsi que les incidents critiques. Une voiture de tourisme équipée d'un système de navigation usuel et d'un dispositif mains-libres (téléphone portable), disposant également de capteurs pour enregistrer les mouvements du véhicule ainsi que les réactions des conducteurs, a été utilisée en tant que véhicule d'expérience.

Une comparaison des conduites-test avec et sans IVIS a permis d'observer des différences éventuelles relatives aux variables relatives au comportement et à la fréquence d'incidents dangereux dans le trafic et d'évaluer leurs répercussions éventuelles sur la sécurité du trafic. Par ailleurs, dans la partie de la recherche ayant trait à la psychologie du trafic, les modifications de la sollicitation de l'attention des conducteurs ont été enregistrées et analysées. Afin de ne pas fausser les résultats, lors de l'enregistrement des données, les conditions externes indépendantes aux tests n'ont pas été prises en compte (si possible) pendant les conduites-test.

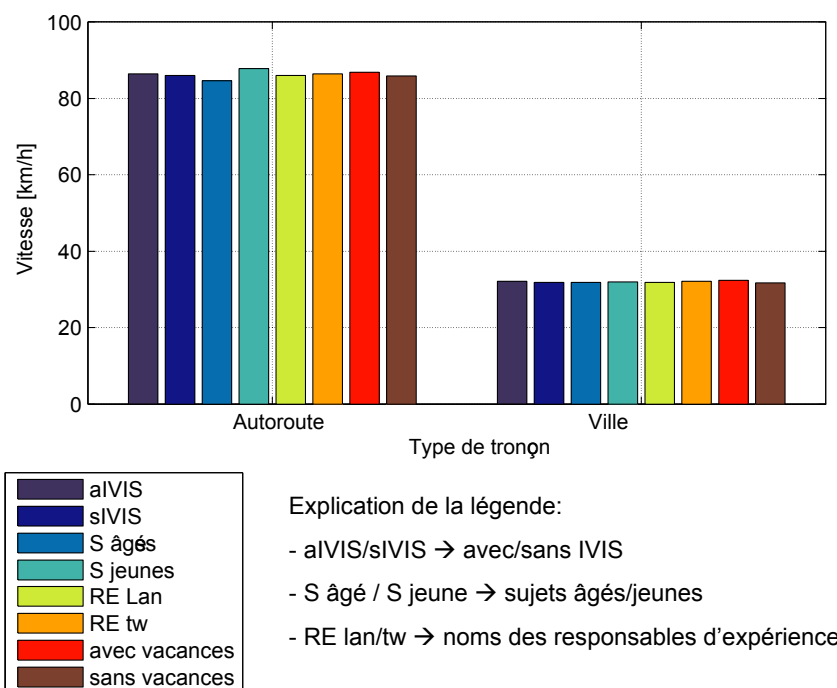
Dans le cadre du travail de recherche, d'éventuels gains et déficits de sécurité en raison de changements du comportement individuel de conduite influencés par des systèmes d'information internes au véhicule (IVIS) sur les conducteurs devaient être estimés. L'objectif principal de ce travail de recherche est de reconnaître et d'évaluer l'influence combinée d'un groupe de systèmes d'information internes au véhicule sur la sécurité du trafic. Cette recherche vise ainsi à contribuer à la compréhension des répercussions cumulées de plusieurs systèmes d'information sur la capacité d'attention du conducteur.

Résultats

Le principal objectif de cette recherche partielle ayant trait à la technique du trafic était d'enregistrer le comportement de conduite des sujets participant à la recherche et de comparer les conduites effectuées avec et sans IVIS

Lors de la présente expérience, l'utilisation d'IVIS n'a engendré que de petites modifications dans le comportement de conduite dans l'ensemble – c'est-à-dire tous sujets d'expérience confondus. Ainsi, lors de l'évaluation du tronçon du test, il n'a pas été constaté de changements considérables de vitesses suite à l'utilisation d'IVIS, ni sur l'autoroute ni sur le tronçon en ville. Toutefois, il a été mis en évidence qu'en ce qui concerne les modifications constatées il existe des différences marquées entre les deux groupes d'âges des sujets ayant participé à l'expérience. En effet, pour les conduites sur autoroute avec IVIS, les sujets jeunes font souvent partie du groupe de personnes conduisant vite (vitesse V85%) alors que la plupart des sujets plus âgés font partie du groupe de personnes conduisant plus doucement (vitesse V15%). Une tendance inverse a été constatée avec étonnement pour les conduites avec IVIS sur le tronçon en ville: les sujets d'expérience plus âgés font souvent partie du groupe de personnes conduisant vite. Le manque d'explications à ce sujet est une des lacunes de ce rapport partiel ayant trait à la technique du trafic.

Relations entre une vitesse moyenne et les facteurs d'influence selon la légende:



Comme prévu, les répercussions d'IVIS sont différentes selon les tronçons de l'expérience (tronçon d'autoroute avec un niveau de vitesse élevé / tronçon en ville avec un niveau de vitesse bas). Lors des conduites sur autoroute, ce sont plutôt des différences de vitesse qui ont été constatées alors que lors des trajets en ville des modifications quant à la fréquence d'incidents portant atteinte à la sécurité ont été mises en évidence.

S'agissant de cette fréquence sur le tronçon en ville, il existe des différences nettes entre les deux groupes d'âges. Ainsi, la fréquence des situations de conflit en matière de sécurité chez les sujets âgés conduisant avec IVIS était sensiblement plus élevée alors que les vitesses de conduites n'ont presque pas changé. Cette constatation était surtout marquée sur le tronçon lors duquel l'IVIS était accompagné d'une conversation téléphonique. Une augmentation considérable de la fréquence des incidents chez les participants jeunes n'a en revanche pas été constatée. Une répercussion inverse a été observée sur le tronçon d'autoroute: chez les sujets plus âgés conduisant avec IVIS, la fréquence des incidents portant atteinte à la sécurité a nettement baissé. Des recherches en matière de psychologie du trafic ont mis en évidence que les conducteurs plus âgés sont en mesure de compenser de déficits éventuels de leurs capacités de perception et de réaction grâce à leur sens du trafic aguerri par leur longue pratique de la conduite (en particulier la prévisibilité de situations de conduite). Les résultats mettent cependant en évidence que ces facultés de compensation sont limitées.

En se basant sur les changements de comportement de conduite constatés entre les situations de conduite avec et sans IVIS, les répercussions sur la sécurité du trafic ont été qualifiées comme suit:

- **Tronçons d'autoroute**

- ↑ *gains de sécurité grâce à IVIS avec une forte probabilité*

La fréquence de distances entre les véhicules trop courte est considérablement réduite. D'après les analyses, il faut s'attendre à cette amélioration de la sécurité chez les conducteurs plus âgés. Par ailleurs, pour ce groupe d'âges la fréquence des autres incidents portant atteinte à la sécurité baisse aussi nettement.

- ↗ *gains de sécurité grâce à IVIS avec une probabilité faible*

Le nombre d'interactions avec d'autres conducteurs peut être un peu réduit avec IVIS. L'uniformisation des vitesses (pour les deux groupes d'âges) et la réduction du nombre de personnes conduisant vite (participants plus âgés) peuvent engendrer certains gains de sécurité.

- ↓ *déficits de sécurité en raison d'IVIS avec une forte probabilité*

La fréquence de vitesses moyennes considérablement plus élevées en conduisant avec IVIS par rapport à la conduite sans IVIS augmente nettement chez les participants jeunes.

- ↘ *déficits de sécurité en raison d'IVIS avec une probabilité faible*

La fréquence des indications de direction a considérablement augmenté lors de la conduite avec IVIS en raison d'instructions orales confuses transmises par l'appareil de navigation. Ce désavantage a surtout des répercussions sur les participants plus âgés, chez lesquels les vitesses moyennes ont également augmenté.

- **Tronçons en ville**

- ↑ *gains de sécurité grâce à IVIS avec une probabilité faible*

La fréquence de vitesses moyennes considérablement plus basses en conduisant avec IVIS par rapport à la conduite sans IVIS augmente nettement chez les participants jeunes.

- ↗ *gains de sécurité grâce à IVIS avec une probabilité faible*

Aucun constaté

- ↓ *déficits de sécurité en raison d'IVIS avec une forte probabilité*

La fréquence de tous les incidents portant atteinte à la sécurité a considérablement augmenté chez les sujets plus âgés conduisant avec IVIS, le plus fortement au niveau du tronçon avec la conversation téléphonique. Par ailleurs, chez ce groupe d'âges, la fréquence des vitesses moyennes sensiblement plus élevées est considérablement plus forte lors de la conduite avec IVIS que lors de la conduite sans IVIS.

- ↘ *déficits de sécurité en raison d'IVIS avec une petite probabilité*

Certains déficits de sécurité peuvent être dus au nombre plus élevé de personnes conduisant vite avec IVIS parmi les participants âgés.

Pour ce qui est des incertitudes dans la discussion sur les résultats de la recherche, il faut également tenir compte du mode expérimental. Ainsi, l'abandon de l'enregistrement

en continue des distances entre les véhicules prévu à l'origine s'est révélé être un désavantage considérable puisque le comportement sur les routes quant aux distances représente un indice non négligeable pour l'évaluation des répercussions sur la sécurité du trafic. Le manque d'étalonnage des valeurs de mesure selon un groupe plus grand de conducteurs constitue également une des lacunes du mode expérimental. Cela aurait été en principe possible pour les évaluations des profils si ces derniers avaient été placés près des stations de mesure fixes (p.ex. détecteurs de boucles inductives) et si les exploitants des stations de mesure avaient mis à disposition les données enregistrées. Les mesures de vitesse de chaque sujet auraient ainsi pu être classées dans un échantillon plus grand.

La présente partie de la recherche ayant trait à la technique du trafic met en évidence des changements de comportement de conduite en se basant sur des enregistrements des mouvements du véhicule ainsi que des réactions des conducteurs. Le potentiel d'explication relatif aux causes possibles de ces changements et au niveau de sollicitation auquel les sujets de l'expérience étaient exposés – en plus du fait de conduire – est toutefois modeste et reste majoritairement réservé à la partie de la recherche ayant trait à la psychologie du trafic.

Summary

Background

The most frequent and most important information for a safe and comfortable drive are received from the driver from the appearance of the roadside environment. Of late the drivers are confronted with new sources of information like auditory instructions or warnings from In-Vehicle Information Systems (IVIS). In the near future many passenger cars and transporters will be equipped with automatic warning systems for e.g. the speeding and headway distance. Thereby it can lead to overstraining of the driver due to workload from the information he must handle.

In order to use the increasingly capacity of roadside environment better, complex traffic management systems were developed by traffic engineers. These include variable traffic signs with changeable display panels and special marks and signals for safety at road works. These contribute considerably to complexity of driving task and encroachment of attention. The Analysis of accidents in several countries shows an increasing number of accidents partly due to the use and abuse of mobile phones, GPS-Systems and DVD displays in vehicles.

Research aim

To estimate the influence of modern In-Vehicle Information Systems on road safety, driver behaviour studies on selected subjects of defined demographics groups have been performed under real traffic conditions. Therefore 20 younger (28 to 35 years old) and 20 elderly (60 to 65 years old) drivers have been recruited. Depending on the test arrangement, subjects have been driving on selected road sections either with or without the support of IVIS while continuous speed profiles and critical driving situations have been recorded. As experimental vehicle, a passenger car, equipped with route guidance system, standard FM radio and hands-free mobile phone was used. The vehicle also contains custom sensors and data logging capability.

Through comparison of test drives with and without support of IVIS, possible differences in speed behaviour, headway distance behaviour, and driver workload shall be observed and assessed with regard to possible effects on road safety. In the traffic-psychological research the changes of workload have been ascertained and investigated. At the process of data collection, the external, independent experimental terms have to be excluded in order not to falsify the results.

Within the research project an estimation of safety gains and safety deficits due to changes of individual driving behaviour caused by influences of In-Vehicle Information Systems (IVIS) should be done. The central question of this research project is to recognize and assess the combined influences of certain IVIS on road safety requirements. With this a contribution to understand the influences of multiple information systems due to workload of drivers should be made.

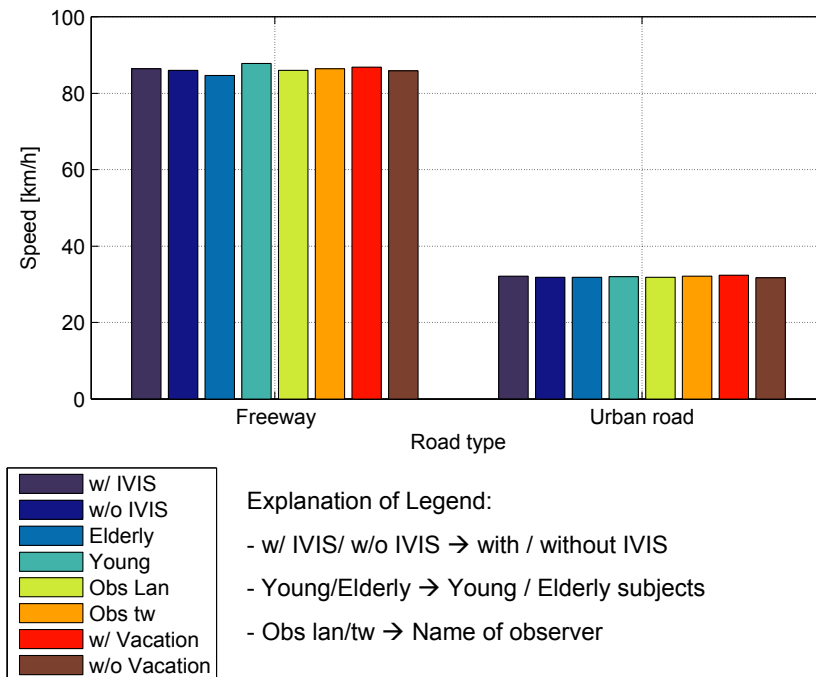
Results

The investigation of the traffic engineering research project primary aims at evaluating the driving behaviour of subjects at drives with and without using IVIS and to ascertain the changes between the two states.

The considered experiment shows as a consequence of using IVIS – regarding all subjects – only small differences in driving behaviour. No significant changes of speed values as a result of using IVIS were found by the analysis of the entire test track, neither at urban road nor at freeway (compare figure shown below). Certainly it has shown that at the determined changes differences between the two age groups exist. So the younger subjects belong at drives on the freeway with support of IVIS often to the group of fast drivers (speed value V85%) whereas mostly of the elderly subjects belong to the group of slow drivers (speed value V15%). Surprisingly the driving behaviour for drives on the urban road shows converse tendencies. Here the elderly subjects mostly belong to the

group of fast drivers when driving with support of IVIS. This behaviour belonged to the lack of knowledge in the traffic engineering report.

Relation of average speed according to the experimental factors shown up in the legend below:



As expected differences between the test tracks according to the influence of IVIS (Freeway with high speed level / urban road with low speed level) exist. So the differences at the freeway drive because of IVIS are ascertainable via speed values whereas at the urban road route the changes are noticeable because of the frequency of safety relevant events.

The mentioned frequency of events at the urban road route reveals clearly differences between the two age groups. For the elderly subjects the frequency of safety relevant events has considerably increased during the drives with IVIS, whereas the speed behaviour remained unchanged. This result was distinctive at the urban road section where IVIS was used and the mobile phone call was taking place. In contrast to this mentioned fact an increase of events wasn't recognized among the younger subjects. At the freeway route the reverse results have been found. Here for elderly subjects the frequency of safety relevant events have been clearly reduced when they have been driving with support of IVIS. It is known from traffic psychological researches that elderly people can compensate deficits of capacity of reaction and level of attention because of their lifetime experience in road traffic (particularly the predictability of traffic situations). As the results show, the compensation ability has its limits.

Because of the ascertained changes in driving behaviour between states of with and without IVIS the effects of road safety have been quantify as follows:

- **Freeway Route**

- ↑ *Safety gains with high likelihood through IVIS*

The frequency of too short following distance will be reducing significantly by using IVIS. Because of the analysis safety gains are expected for elderly traveller. For this age group the frequency of safety relevant events will be clearly reduced.

- ↗ *Safety gains with low likelihood through IVIS*

The frequency of traffic interactions with travellers can be reduced by using IVIS. Certain safety gains results from the homogenization of speed (both age groups) and

through reducing the part of speeders (elderly travellers).

↓ *Safety deficits with high likelihood through IVIS*

The frequency of significant higher average fast drivers increased clearly for younger drivers using IVIS compared to none using IVIS.

↘ *Safety deficits with small likelihood through IVIS*

The frequency of directions given increased significant by using IVIS due to unclear spoken instructions of the route guidance system. This deficit mainly affects elderly travellers. Besides for this age group the average speeds have increased.

- **Urban road route**

↑ *Safety gains with high likelihood through IVIS*

The frequency of significant slower average speeds increased clearly for younger travellers using IVIS compared to not using IVIS.

↗ *Safety gains with low likelihood through IVIS*

No evident

↓ *Safety deficits with high likelihood through IVIS*

The frequency of safety relevant events considerably increased for elderly travellers using IVIS. Mainly for the urban road section where the mobile phone calls has taken place. Besides the frequency of significant higher average speeds increased clearly for this age group using IVIS compared to none using IVIS

↘ *Safety deficits with small likelihood through IVIS*

Certain safety deficits can occur due to a higher part of speeders if they were elderly travellers not using IVIS.

By the uncertainties in the discussion of the results the experimental design has to be considered. The omission of the original planned continuous measurement of headway distances occurs as a considerable detriment because the following behaviour was a certain Indies of road safety effects. The absence of calibration the data at a greater collective of drivers was a deficit of the experiment too. This would be theoretically possible if there were local measurement points at the regarded cross sections (induction loop detectors) and the operators of the measurement points would make the datasets available. Therefore the measured speed values of the single subjects could have classified for a higher sample size.

The part of the present traffic engineering research report can delimit changes in the driving behaviour. They base on the data records of driver reactions, linear momentum and operating factors of the vehicle. The explanation of which possible causes lead to changes in driving behaviour is part of the traffic psychological research report. Just as the answer to the question of which workload (additional to the primary driving task) during the test drives has the most influence of the subjects.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die meisten und wichtigsten Informationen für eine sichere und komfortable Fahrt werden von den Fahrzeuglenkern vom Erscheinungsbild des Strassenraumes visuell empfangen. In letzter Zeit werden die Fahrzeuglenker zunehmend mit neuen Informationsquellen konfrontiert, wie auditiv vermittelte Warnungen oder GPS-basierte Navigationsanweisungen. In näherer Zukunft werden viele Personen- und Lastwagen mit interaktiven Stauwarngeräten, Geschwindigkeits- und Abstandsregulierungssystemen und weiteren Assistenzsystemen standardmässig ausgerüstet. Dadurch kann ein beträchtliches Potential an Informationsüberlastung entstehen.

Um den zunehmend ausgelasteten Strassenraum besser zu nutzen, entwickeln die Verkehrsingenieure komplexe Verkehrsmanagementsysteme mit zusätzlichen Wechselsignalen und Wechselwegweisern, mit Wechseltextanzeigen und mit speziellen Markierungen und Strassensignalen für die Sicherung von Baustellen. Auch diese tragen zur Komplexität der Fahraufgabe und Aufmerksamkeitsbeanspruchung erheblich bei.

Unfallauswertungen in mehreren Ländern zeigen eine zunehmende Zahl von Strassenverkehrsunfällen, die zumindest teilweise durch Gebrauch oder Missbrauch von Mobiltelefonen, GPS -Anzeigen oder gar DVD-Bildschirmen in den Fahrzeugen verursacht werden.

In einer europäischen Forschungsaktion (COST 352¹) wurde deshalb eine Untersuchung zum Thema "Influence of In-Vehicle Information Systems on Road Safety Requirements (IVIS)" vorgeschlagen. An diesem Vorhaben hat sich – dank finanzieller Unterstützung des Bundes - auch die Schweiz beteiligt. Zu diesem Zweck haben die Forschungsstellen Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) an der ETH Zürich und das Psychologische Institut der Universität Zürich eine Projektskizze entwickelt und ein gemeinsames Forschungsgesuch an das Bundesamt für Bildung und Wissenschaft - heute Staatssekretariat für Bildung und Forschung (SBF) - sowie das Bundesamt für Strassen (ASTRA) eingereicht.

Die COST-Aktion, an der sich insgesamt 13 europäische Länder beteiligten, wurde in mehrere Arbeitsteile (Working Packages) unterteilt. Der vorliegende Schweizer Beitrag ist ein Teilprojekt, das dem Working Package V "Fahrverhalten unter realen Verkehrsbedingungen" zugeordnet wurde. Es steht im Zusammenhang mit mehreren Forschungsvorhaben, die das Ziel verfolgten, die Einflüsse verschiedener In-Vehicle-Information-Systems (IVIS) auf das individuelle Fahrverhalten zu erkennen und zu quantifizieren. Damit sollten Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit gesamthaft beurteilt werden können. Während bisher in einer Vielzahl von Untersuchungen in erster Linie die Zweckmässigkeit einzelner Assistenzgeräte untersucht und beurteilt wurde, sollte mit dem hier vorgeschlagenen Forschungsansatz vor allem der Gesamteinfluss mehrerer fahrzeuginterner Systeme auf das Fahrverhalten untersucht werden.

1.2 Auftrag

Die in 1.1 erwähnten Bundesämter haben in Februar bzw. Juni 2005 die Forschungsgemeinschaft, bestehend aus dem Psychologischen Institut der Universität Zürich und dem Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) beauftragt, im Rahmen der COST 352 Aktion eine Studie zum Thema „Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf die Verkehrssicherheit“ durchzuführen. Das Psychologische Institut ist für den verkehrspsychologischen Untersuchungsteil zuständig, das IVT für den verkehrs-

¹ European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research (COST)

technischen Untersuchungsteil. Beide Untersuchungssteile basieren jedoch auf den gleichen Datengrundlagen.

Zur Abschätzung des Einflusses moderner In-Vehicle-Information-Systems (IVIS) auf die Verkehrssicherheit waren Versuchsfahrten im realen Verkehrsablauf mit einer nach verschiedenen demographischen Gesichtspunkten ausgewählten Gruppe von Versuchspersonen durchzuführen. Dabei waren geeignete Teststrecken zu befahren, je nach Versuchsanordnung entweder mit oder ohne IVIS-Unterstützung. Während der Fahrten waren einerseits die Fahrzeugbewegungen kontinuierlich aufzuzeichnen und andererseits waren gefährliche Fahrsituationen bzw. kritische Ereignisse zu erfassen. Als Fahrzeug ist ein mit handelsüblichem Zielführungssystem und mit Freisprechanlage (Mobiltelefon) ausgerüsteter Personenwagen einzusetzen, der über Sensorik zur Erfassung und Aufzeichnung der Fahrzeugbewegungen, der Fahrzeugbedienung und der Fahrerreaktionen verfügt.

Durch eine Gegenüberstellung von Versuchsfahrten mit und ohne IVIS-Unterstützung sollen allfällige Unterschiede bzgl. verhaltensrelevanter Grössen (z.B. Geschwindigkeiten Fahrzeugabstände) und bzgl. Häufigkeit von gefährlichen Ereignissen im Verkehr aufgezeigt und hinsichtlich allfälliger Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit beurteilt werden. Im verkehrspsychologischen Untersuchungsteil sind zudem die Veränderungen der Aufmerksamkeitsbeanspruchung zu erfassen und zu analysieren². Um die Ergebnisse nicht zu verfälschen, waren bei der Datenerfassung die externen, versuchsunabhängigen Bedingungen während der Versuchsfahrten möglichst auszuschliessen.

1.3 Ziele

Gemäss Absichtserklärung der COST 352 Aktion bestand das Hauptziel dieser Aktion in der Verbesserung der Verkehrssicherheit durch die zweckmässige Nutzung von fahrzeuginternen Informationssystemen.

Im Rahmen der Studie sollte eine Abschätzung von allfälligen Sicherheitsgewinnen und Sicherheitsdefiziten aufgrund von Veränderungen des individuellen Fahrverhaltens, bewirkt durch Einflüsse von fahrzeuginternen Informationssystemen (IVIS) auf die Fahrzeuglenker vorgenommen werden. Die Erkenntnisse sind aus Erhebungen im realen Verkehrsablauf zu gewinnen. Besonderes Merkmal dieser Forschung ist, der kombinierte Einfluss eines bestimmten Satzes an fahrzeuginternen Informationssystemen auf die Verkehrssicherheit. Damit sollte ein Beitrag zum Verständnis der kumulativen Auswirkung von mehreren Informationssystemen auf die Verarbeitungskapazität der Fahrzeuglenker geleistet werden.

Zu diesem Zweck waren für den verkehrstechnischen Untersuchungsteil folgende Aspekte von Bedeutung:

- Zur Gewinnung von empirischen Grundlagen waren Versuchsfahrten im realen Verkehrsablauf mit mehreren Fahrzeuglenkern, auf verschiedenen Strassentypen und bei unterschiedlichen Tempolimits durchzuführen.
- Für die Untersuchung sind geeignete Beschreibungsgrössen der kontinuierlichen Fahrzeugbewegungen und der verkehrsrelevanten Fahrerreaktionen festzulegen und ihre Veränderungen zwischen den Zuständen mit und ohne IVIS auszuwerten.
- Die Signifikanz der festgestellten Veränderungen ist statistisch zu überprüfen.
- Bei der Analyse der Ursachen obiger Veränderungen sind die örtlichen Gegebenheiten bzgl. Strassenanlage und Verkehrsablauf zu berücksichtigen.
- Folgen der obigen Veränderungen auf die Verkehrssicherheit qualitativ abzuschätzen, wobei zwischen Sicherheitsgewinnen und Gefahrenpotentialen zu unterscheiden ist.

² Vgl. im Untersuchungsbericht des psychologischen Institutes der Universität Zürich ([Cohen, Menn 2009])

- Nach Möglichkeit ist auch eine Quantifizierung der Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit vorzunehmen.

Die Ergebnisse der Untersuchung werden in zwei separaten Berichten präsentiert. Bei dem vorliegenden Bericht handelt es sich um den Teilbeitrag des IVT. In diesem werden die Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf die Verkehrssicherheit aus verkehrstechnischer Sicht dargelegt. Die Ergebnisse der verkehrspsychologischen Untersuchung sind in einem Bericht des psychologischen Institutes der Universität Zürich enthalten ([Cohen, Menn 2009]).

2 Vorgehen und Methodik

2.1 Versuchsanlage

Bei dem für diese Untersuchung gewählten Experiment befahren mehrere, hinsichtlich Fahrpraxis unterschiedliche Verkehrsteilnehmer mit einem speziell ausgerüsteten Versuchsfahrzeug vorgegebene Strecken.

An einem Versuchstag befuhr eine Versuchsperson (VP) zwei unterschiedliche Strecken:

- Eine der Strecken führt quer durch die Stadt Zürich (Stadtstrecke) und
- eine zweite Strecke führt auf dem Autobannnetz in der Agglomeration von Zürich (Autobahnstrecke).

Bei den Fahrten wird darauf geachtet, dass die vorgegebenen Routen bei allen Versuchsfahrten eingehalten werden.

Jede VP befährt beide Strecken zweimal, einmal OHNE und einmal MIT Unterstützung durch fahrzeuginterne Informationssysteme (IVIS). Zwischen den Fahrten auf einer bestimmten Strecke OHNE und MIT Einsatz von IVIS wird eine Latenzzeit von mindestens zwei Wochen berücksichtigt.

Die Fahrten werden durch einen Versuchsleiter begleitet, der die VPs zu Beginn der Fahrt instruiert und während der Fahrt verschiedene Ereignisse protokolliert. Die Versuchsleiter wurden durch das IVT gestellt.

In den folgenden Abschnitten wird auf die Elemente des Versuchs, die Versuchsanordnung und das –layout, sowie die beim Versuch gewonnenen Messgrößen näher eingegangen.

2.2 Versuchselemente

2.2.1 Versuchsteilnehmer

Für den Versuch stellte sich die Frage der geeigneten Altersverteilung der Versuchspersonen (VP). Im vorliegenden Versuch wurden zwei hinsichtlich Fahrpraxis unterschiedliche Gruppen von insgesamt 40 Probanden berücksichtigt.

- Gruppe 1: 20 jüngere Fahrer im Alter zwischen 28 und 36 Jahren, davon 10 weiblich und 10 männlich
- Gruppe 2: 20 ältere Fahrer im Alter zwischen 59 und 64 Jahren, davon 9 weiblich und 11 männlich

Die Auswahl geeigneter Probanden erfolgte durch das Psychologische Institut der Universität Zürich aufgrund von Fragebögen. Um nicht erhöhte Risiken während der Versuchsfahrten einzugehen, wurden als Bedingungen festgelegt, dass die Versuchsteilnehmer seit mindestens 5 Jahren im Besitz des Führerscheins sind und in den letzten Jahren mindestens 5'000 km pro Jahr mit ihrem Fahrzeug zurückgelegt haben. Weitere Ausschlusskriterien waren die Beeinträchtigung der Hörfähigkeit, Einnahme von Drogen und bestimmten Medikamenten.

Während der Versuchsfahrt mussten die Probanden die vorgegebene Route mit Hilfe der Wegweisung (Fahrt ohne IVIS) oder mit Hilfe des Zielführungssystems (Fahrt mit IVIS) finden. Aus diesem Grund wurden Verkehrsteilnehmer mit guter Ortskenntnis für die Experimente nicht berücksichtigt.

Weitere Attribute der zum Versuch zugelassenen Probanden konnten aus Befragungen des psychologischen Instituts der Universität Zürich am jeweils ersten Versuchstag ge-

wonnen werden.

2.2.2 Versuchsfahrzeug

Als Versuchsfahrzeug gelangte ein Personenwagen der Mittelklasse (Abb. 1) zum Einsatz, das mit IVIS-Einrichtungen (Zielführungssystem, Mobiltelefon mit Freisprecheinrichtung und Autoradio) ausgerüstet wurde. Es enthielt zudem verschiedene Sensoren zur zeitsynchronen Aufzeichnung von fahrdynamischen Daten, Ereignisgrößen sowie Daten zur Umschreibung der Fahrerbelastung.



Abb. 1 Versuchsfahrzeug: Skoda Octavia Combi

In-Vehicle Information Systems (IVIS)

Das Ziel dieser Untersuchung war es, die Auswirkungen eines bestimmten Satzes von fahrzeuginternen Informationssystemen auf die Verkehrssicherheit zu prüfen, wenn diese Einrichtungen in Kombination benutzt werden. Für die Forschung unter realen Verkehrsbedingungen wurden deshalb nur handelsübliche Einrichtungen berücksichtigt, die gegenwärtig in vielen Fahrzeugen enthalten sind.

Zielführungssystem

Das TomTom GO 710 ist ein GPS basiertes Standard-Navigationssystem mit 3D-Oberfläche, welches sprachliche Routenanweisungen bei jedem Richtungswechsel ausgibt. Das System unterstützt auch den freihändigen Betrieb des Mobiltelefons durch Bluetooth.

Mobiltelefon mit Freihandbetrieb

Ankommende Anrufe werden im TomTom-Zielführungssystem angezeigt, mit der Wahlmöglichkeit einen Anruf anzunehmen oder abzulehnen. Bei Anrufannahme kann der Fahrer hören und sprechen durch den eingebauten Lautsprecher und Mikrofon, ohne Kopfhörer mit Mikrofon (Headset) zu benötigen.

Standard FM radio

Das Radio war nur während der Fahrten mit IVIS eingeschaltet. Je nach Versuchsperson wurden dabei entweder Lokalsender (vorwiegend jüngere VPs) oder DRS1/DRS2 (vorwiegend ältere VPs) eingestellt.

Videokamera

Zur Dokumentation der Versuchsfahrten wurde hinter der Frontscheibe am Armaturenbrett des Fahrzeuges eine kleine Videokamera installiert. Ihre Position war so gewählt, dass eine Beeinträchtigung des Fahrersichtfeldes vermieden wurde.

Mikrofon

Zur kontinuierlichen Aufnahme des Umgebungsgeräuschpegels während der Versuchsfahrt wurde bei den Kopfstützen des Fahrersitzes ein Mikrofon installiert.

Einfacher auditiver Reaktionszeit-Test

Fahrzeuginterne Informationssysteme (IVIS) können während der Fahrt nur dann sinnvoll sein, solange der Fahrzeuglenker genug freie Aufnahmekapazität zu ihrer Beachtung hat. Die Benützung von IVIS ist vor allem dann wertvoll, wenn die vermittelten Informationen zur Entlastung des Fahrzeuglenkers beitragen. Wenn jedoch solche Informationssysteme zu Ablenkung von der primären Fahraufgabe oder gar zur Überbeanspruchung des Fahrers führen, kann die Benutzung von IVIS zu Gefahren führen.

Gemäss dem Psychologischen Institut ist der einfache auditive Reaktionszeit-Test (The auditory simple reaction time task, ASRTT) geeignet, die freie Verarbeitungskapazität der Fahrzeuglenker indirekt zu ermitteln. Neben der primären Fahraufgabe hatten die Probanden während der Versuchsfahrt eine sekundäre Nebenaufgabe zu erfüllen. Sie bestand aus Quittierung von einfachen auditiven Signalen aus einem Kopfhörer. Beim ertönen des Signaltons sollte der Fahrzeuglenker diesen so schnell wie möglich durch das Berühren eines Sensors am Lenkrad bestätigen. Dieses Reaktionsexperiment beansprucht nur wenig Aufnahmekapazität des Fahrzeuglenkers und behindert nicht seine primäre Fahraufgabe, sofern er über ausreichend freie Kapazität verfügt. Letztere manifestiert sich in hoher Beantwortungsquote der Signale und in der Schnelligkeit bzw. kurzer Latenz ihrer Quittierung³.

Das Audiosignal wurde als sinusförmige Welle mit einer Frequenz von 1000 Hz mit 50 ms Dauer erzeugt. Die geeignete Lautstärke wurde im Rahmen von pre-tests mit mehreren jüngeren und älteren Fahrer ermittelt. Diese Lautstärke wurde dann während der gesamten Versuchsdauer konstant beibehalten. Die Probanden wurden angefordert, während der Versuchsfahrten ein Kopfhörer am linken Ohr zu tragen, um die Signale hören zu können. Diese wurden zufällig, im Durchschnitt alle 15 s, bei einer Streuung zwischen 7 s und 30 s erzeugt. Für die Bestätigung der Signale waren die Probanden instruiert, den Mittelteil des Lenkrads zu berühren. Aus der Abb. 2 ist ersichtlich, dass der Lenkradsensor (in Form einer schwachstromleitenden Messingblechplatte) einfach und intuitiv betätigt werden kann.



Abb. 2 Blick in den Fahrzeugführerstand des Versuchsfahrzeuges

³ Für ausführliche Erwägungen zu diesem Experiment wird auf das Untersuchungsbericht des psychologischen Institutes der Universität Zürich ([Cohen, Menn 2009]) verwiesen.

Die zu bestätigenden Audiosignale wurden während der Versuchsfahrten und zusätzlich beim Befahren von sogenannten Vergleichsstrecken (vgl. Abb. 5) erzeugt. Im Rahmen der Reaktionstests wurde damit die Fahrerbelastung im Zustand ohne Fahraufgabe (Baseline im Stillstand), vor den Versuchsfahrten (Vergleichsstrecke „vorher“) und nach Beendigung der Versuchsfahrten (Vergleichsstrecke „nachher“)³.

BlackBox Computer für Datenerfassung

Das Versuchsfahrzeug wurde gemäss einem Pflichtenheft der Forschungsstelle ausgerüstet. Die Installation der Fahrzeugausrüstung wurde durch das CDV⁴ in der Tschechischen Republik, einem Partner in der COST-Aktion 352 vorgenommen. Das Schlüsselement bildet ein kundenspezifisch entwickeltes Auszeichnungsgerät (BlackBox, vgl. Abb. 3) für die Erfassung von fahrdynamischen Daten, Daten zur Umschreibung der Fahrerbelastung (Reaktionstest ASRTT) und weiteren verkehrspsychologischen Daten (z.B. Ereignisse während der Versuchsfahrten).



Abb. 3 BlackBox computer unter dem Beifahrersitz

Folgende Datengruppen können unterschieden werden:

- Beschleunigungswerte des Versuchsfahrzeuges in drei Richtungen (X, Y, Z) die von handelsüblichen Sensoren abgegriffen und aufgezeichnet wurden (Bezeichnungen in Tab. 1: AccX, AccY, AccZ in [ms^{-2}]).
- Alle anderen fahrdynamischen Grössen wurden decodiert und vom automotiven CAN-Bus System aufgezeichnet, das in modernen Fahrzeugen üblicherweise vorhanden ist. Diese enthalten Fahrgeschwindigkeit (Speed in [ms^{-1}]), Reisedistanz (Dist in [m]), Lenkradwinkel (SteeAng in [Grad]) und Stellung des Gas- sowie des Bremspedals (AccPos, BrakePos in [%]).
- Eine andere Gruppe bildeten die Variablen zur Abschätzung der aktuellen Fahrerbelastung. Diese wurden aus der vorher beschriebenen Reaktionszeit-Aufgabe gewonnen, bei der die Fahrzeuglenker die Audiosignale beantworten mussten. Die entsprechenden Daten umfassen die Zeitpunkte der automatischen oder manuellen Signalerzeugung (SigA, SigM in [ms]), die Reaktionszeit bis zur Quittierung des Signals (Latency in [ms]) und die im Fahrzeug gemessene Stärke der Umgebungsgeräusche (AmbVol in [dB]).
- Schliesslich konnten über eine numerische Tastatur bis zu 10 vordefinierte Ereignisse (Events) aufgrund von standardisierten Beobachtungen in das System eingegeben werden.

Die folgende Tabelle zeigt, wie die erwähnten BlackBox-Variablen entlang der Zeitachse aufgezeichnet wurden. Die Zeitangaben im Logfile sind in 0.1s, die Zeitmessung erfolgte jedoch in ms.

⁴ Tschechisches Zentrum für Verkehrsforschung in Brno

Time	Speed	Dist	BrakePos	SteerAng	AccPos	SigM	SigA	Conf	Latency	Event	AmbVol	AccX	AccY	AccZ
14:11:55.2	6.3	152.6	20.8	-11	0						-34.1	0.74	4.61	9.91
14:11:55.3	5.9	153.2	21.9	-7	0						-37.9	0.83	5.21	9.82
14:11:55.4	5.4	153.8	22.2	-6	0						-35.6	0.33	5.09	9.79
14:11:55.5	4.9	154.3	22.7	-4	0						-37.3	0.59	5.5	9.88
14:11:55.6	4.4	154.7	22.7	-4	0						-36	0.62	5.53	9.73
14:11:55.7	3.8	155.1	22.6	-4	0						-34.4	0.89	5.15	9.97
14:11:55.8	3.3	155.4	22.7	-4	0		1				-34.4	0.86	5.24	9.55
14:11:55.9	2.8	155.7	22.7	-3	0						-40.9	0.74	5.27	9.52
14:11:56.0	2.3	155.9	22.7	-3	0						-50.8	1.21	5.27	9.47
14:11:56.1	1.8	156.1	22.7	-3	0						-45	0.8	5.44	9.5
14:11:56.2	1.2	156.2	23.5	-3	0						-43.8	0.44	5.5	9.85
14:11:56.3	0.7	156.3	25.2	-3	0						-55.5	0.24	-0.8	9.64
14:11:56.4	0.4	156.3	25.6	-3	0						-43.5	0.41	5.83	9.94
14:11:56.5	0.2	156.3	24.6	-4	0						-24.7	0.15	-0.06	9.29
14:11:56.6	0	156.3	22.8	-7	0						-32.7	0.15	-3.43	9.52
14:11:56.7	0	156.3	23.2	-9	0						-38.8	0.24	-1.33	9.88
14:11:56.8	0	156.3	25.1	-4	0						-53	0.3	1.21	9.55
14:11:56.9	0	156.3	26.1	-3	0			1	1109		-56.9	0.24	-0.53	9.79
14:11:57.0	0	156.3	26.8	-4	0						-61.3	0.27	-1.57	10.12
14:11:57.1	0	156.3	27.8	-4	0						-53.4	0.33	0	9.88
14:11:57.2	0	156.3	28.9	-4	0					2	-49.9	0.27	0.15	10.09
14:11:57.3	0	156.3	28.8	-6	0						-53.4	0.18	-0.98	10.09
14:11:57.4	0	156.3	28.8	-6	0						-55.7	0.24	-0.8	9.64

Tab. 1 Ausschnitt aus einem Logfile der BlackBox

2.3 Versuchsanordnung

Zur Ermittlung der Einflüsse der modernen fahrzeuginternen Informationssysteme (IVIS) auf die Verkehrssicherheit wurden begleitete Versuchsfahrten im realen Verkehrsablauf mit 40 ausgewählten Versuchspersonen (VP) in zwei Altersgruppen durchgeführt. Die Fahrten fanden auf vorgegebenen Strecken statt, entweder OHNE oder MIT Unterstützung durch IVIS. Die IVIS, die Versuchspersonen sowie die Versuchsstrecken bilden für die Auswertung unabhängige Variable. Bei den Versuchsfahrten wurden verschiedene kontinuierliche Erhebungsgrößen und situative Ereignisse aufgezeichnet, die als abhängige Variable in der Auswertung verwendet wurden.

2.3.1 Abhängige Variablen

Bei den abhängigen Variablen handelt es sich um eigentliche Mess- bzw. Beschreibungsgrößen (vgl. Anhang II.1) die aus den Fahrtaufzeichnungen in den Logfiles gewonnen werden. Als massgebend werden dabei jene Größen erachtet, die aus verkehrstechnischer Sicht geeignet sind, allfällige Sicherheitsdefizite oder -gewinne durch die IVIS-Unterstützung abzuschätzen.

Aus den Fahrtaufzeichnungen konnten für die verkehrstechnischen Vergleiche die folgenden kontinuierlichen Verläufe direkt gewonnen werden:

- Geschwindigkeit
- Beschleunigung in Längsrichtung ($\pm \text{AccY}$)
- Beschleunigung in Querrichtung ($\pm \text{AccX}$)

Die Querbeschleunigung korrespondiert mit der Position des Lenkrads, die Längsverzögerung mit jener des Bremspedals (vgl. 3.2).

Die zweite Gruppe von abhängigen Variablen bildeten die während der Fahrten durch die Versuchsleiter beobachteten *Ereignisse im Verkehrsablauf*. Sie wurden durch Eingaben auf einer Tastatur registriert. Die Unterscheidung der beobachteten Vorgänge erfolgte aufgrund von Anweisungen, die im Anhang I beschrieben sind. Im Hinblick auf allfällige Zusammenhänge mit dem erwähnten Reaktionstest (ASRTT) wurden die Ereignisse in Absprache mit dem Psychologischen Institut festgelegt. Folgende Ereignisse wurden unterschieden:

<i>Beobachtete Ereignisse</i>	<i>Erläuterung</i>
- Aktives Überholen	Bei Überholvorgängen der VPs auf der Autobahnstrecke; Zeitpunkte des Überholbeginns/-endes (Eingabetasten 1 / 2)
- Auffahren auf Stau/Kolonne	Erfassung der (versuchsunabhängigen) Zeitverluste, um die Vergleichbarkeit der Geschwindigkeitsniveaus zu gewährleisten (Eingabetaste 3)
- Routenanweisungen	Anweisungen der Versuchsleiter an VPs, falls zur Einhaltung der vorgegebenen Fahrtroute erforderlich (Eingabetaste 4)
- Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern	Übermäßige Reaktionen der VPs, die auf das beeinträchtigte Voraussehen von Verkehrssituationen zurückzuführen sind (Eingabetaste 5)
- Zu kurze Folgeabstände	Zu nahes Aufschliessen auf vorausfahrende Fahrzeuge (Eingabetaste 6)
- Extremereignisse ⁵	Extreme Reaktionen der VPs infolge nicht voraussehbarer Fremdeinwirkung (Eingabetaste 7)
- Anfang/Ende der Versuchs- und Vergleichsstrecken sowie Baseline	Zeitpunkte mit Eingabetasten 8 und 9
- Gespräch am Mobiltelefon	Zeitpunkte von Aufläuten, Entgegennehmen und Beenden des Gesprächs (Eingabetaste 0)

Tab. 2 Übersicht der beobachteten Ereignisse während der Versuchsfahrten

2.3.2 Unabhängige Variablen

Fahrzeuginterne Informationssysteme (IVIS)

Der primäre Fokus dieser Forschung bestand in Vergleichen zwischen den Versuchsfahrten mit und ohne IVIS. In beiden Fällen mussten die Probanden zur Abschätzung der Fahrerbelastung die Audiosignale für den Reaktionstest (ASRTT) quittieren.

Bei den Testfahrten mit IVIS mussten die Versuchspersonen die vorgegebene Fahrtroute mit Hilfe des GPS-basierten Zielführungssystems (TomTom) befahren. Zusätzlich war während der Fahrt das Autoradio (FM-Wellenbereich) eingeschaltet und auf der Stadtstrecke musste ein Telefongespräch (Mobiltelefon mit Freisprechanlage) geführt werden.

Bei den Testfahrten ohne IVIS erfolgte dann die Fahrt nach der Wegweisung. Als Gedächtnisstütze wurde im Sichtfeld des Probanden ein Kärtchen befestigt, auf der die auf den Wegweisern signalisierten Fahrtziele in ihrer Abfolge zusammengestellt waren (vgl. Abb. 4 rechts). Bei diesen Testfahrten war das Autoradio abgeschaltet und es musste auch kein Telefongespräch geführt werden.

In beiden Fällen (mit / ohne IVIS) wurde die Fahrtroute vor der Abfahrt den Probanden anhand einer Strassenkarte erläutert.

⁵ Bei diesem, durch Dritte verursachten und durch die Versuchspersonen nicht voraussehbaren Ereignis besteht kein Zusammenhang mit der Anlage des vorliegenden IVIS-Versuchs (vgl. Umschreibung im Anhang I.3.1). Seine Erfassung diente lediglich zur Abgrenzung gegenüber dem Ereignis Nr. 5 „Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern“. Für Auswertungen und Analysen des IVIS-Einflusses wurden die Extremereignisse nicht verwendet.



Abb. 4 Zielführung bei Versuchsfahrten mit Zielführungssystem „TomTom“ (links) und bei Fahrten nach Wegweisung mit Anzeige der Wegweiserinhalte im Fahrersichtfeld (rechts)

Versuchsstrecken und Streckenabschnitte

Für die Versuchsfahrten wurden zwei hinsichtlich Geschwindigkeitsniveaus unterschiedliche Strecken im Grossraum der Stadt Zürich ausgewählt, eine Autobahnstrecke und eine Stadtstrecke (vgl. Abb. 5). Beide Strecken wurden auf eine Fahrzeit von je ca. 30 Minuten bemessen. Die in 2.2.2 erwähnten Vergleichsstrecken dienten dazu, Unterschiede in der Fahrerbelastung vor und nach der Befahrung der Autobahn- und Stadtstrecke abzuschätzen. Dazu wurde die gleiche Vergleichsstrecke an einem Versuchstag zweimal befahren.

Für die Festlegung der zwei Versuchsstrecken waren neben der erwähnten Fahrzeit massgebend

- Eindeutige und durchgehende Wegweisung entlang der Strecken (wesentlich für Fahrten ohne IVIS)
- Richtungswechsel auf der Strecke, damit mehrmals Anweisungen des Zielführungsgörätes vorkommen (wesentlich für Fahrten mit IVIS)
- Das Vorhandensein von anspruchsvolleren und einfacheren Streckenabschnitten
- Das Vorhandensein von komplexen Verzweigungen (Autobahnstrecke) und Knoten (Stadtstrecke)
- Abfolge und Gesamtlänge der beiden Versuchsstrecken sollte das Befahren durch eine VP an einem Vor- oder Nachmittag erlauben

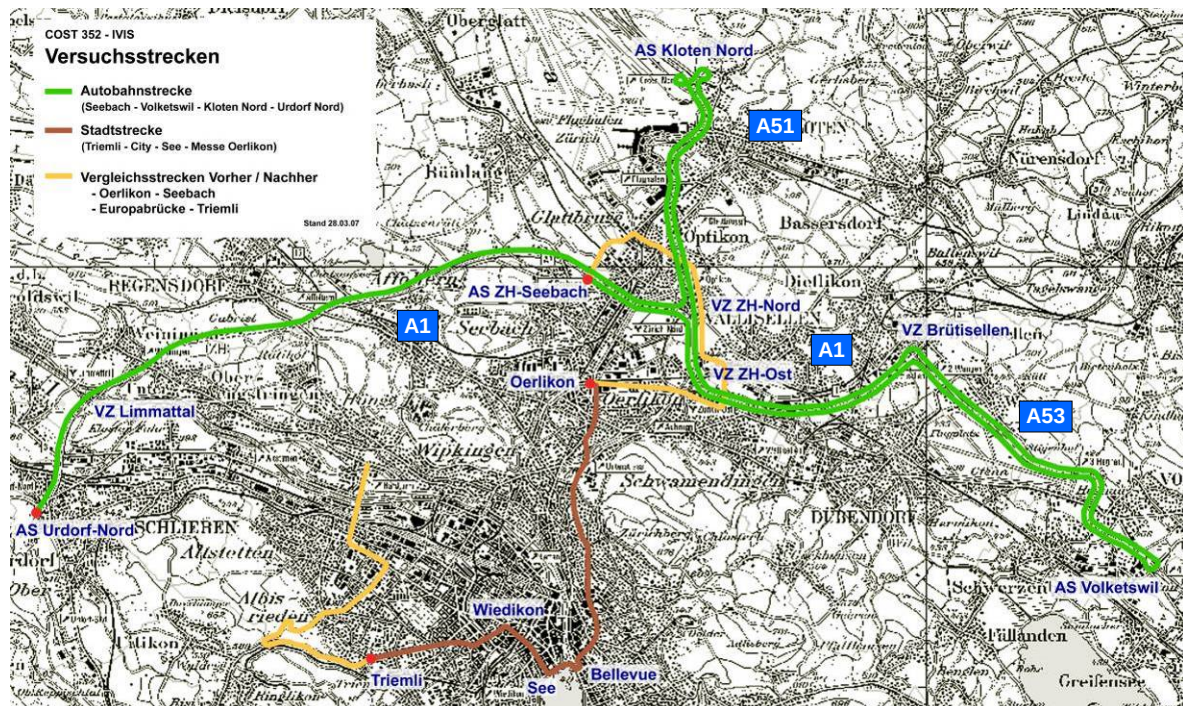


Abb. 5 Übersicht Versuchsstrecken und Vergleichsstrecken

Die *Autobahnstrecke* umfasst die stark ausgelastete Nordumfahrung von Zürich auf der A1 sowie die Abschnitte auf der A3 (Urdorf Nord), A51 (Kloten Nord) und A53 (Wetzikon). Die Strecke ist geprägt durch eine dichte Folge von Verzweigungen, Ein- und Ausfahrten sowie durch einen längeren und zwei kürzere Tunnel. Die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten liegen auf der Strecke zwischen 80 und 120 km/h. Auf dieser Strecke war eine Fahrstrecke von insgesamt ca. 50 km zurückzulegen, wobei die Abschnitte auf der A51 und A53 in beiden Richtungen befahren wurden.

Die *Stadtstrecke* ist ca. 10 km lang und führt vom süd-westlichen Stadtrand (beim Triemlisplatz) durch das Stadtzentrum nach Oerlikon (Hallenstadion). Sie enthält viele teilweise komplexe Knoten, Verflechtungsabschnitte und Strassenquerungen. Die Vielzahl an Informationen aus dem Strassenraum und das Zusammentreffen unterschiedlichster Verkehrsteilnehmer erfordern bei den Versuchsfahrten eine erhöhte Aufmerksamkeit der Fahrzeuglenker. Die Stadtstrecke wurde in Richtung vom Süden (Triemlisplatz) nach Norden (Hallenstadion) befahren. Auf der gesamten Strecke gilt die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h.

Die beiden Versuchsstrecken bestehen aus mehreren Abschnitten (vgl. Abb. 6 und Tab. 3). Ihre Abgrenzung basiert auf verkehrstechnischen Überlegungen. Hinsichtlich Befahrbarkeit und Aufmerksamkeitsbeanspruchung werden dabei eher einfachere oder eher komplexere bzw. anspruchsvollere Abschnitte unterschieden. Letztere bilden Autobahnabschnitte mit z.B. Verflechtungsstrecken, grösserer Signalisationsdichte, Tunnelleinfahrten, sichtbaren Radarkabinen bzw. Stadtstreckenabschnitte mit engen Fahrstreifen neben Tramgeleisen/Radstreifen, Knoten mit Rechtsvortritt, grösserer Dichte von Fussgängerquerungen.

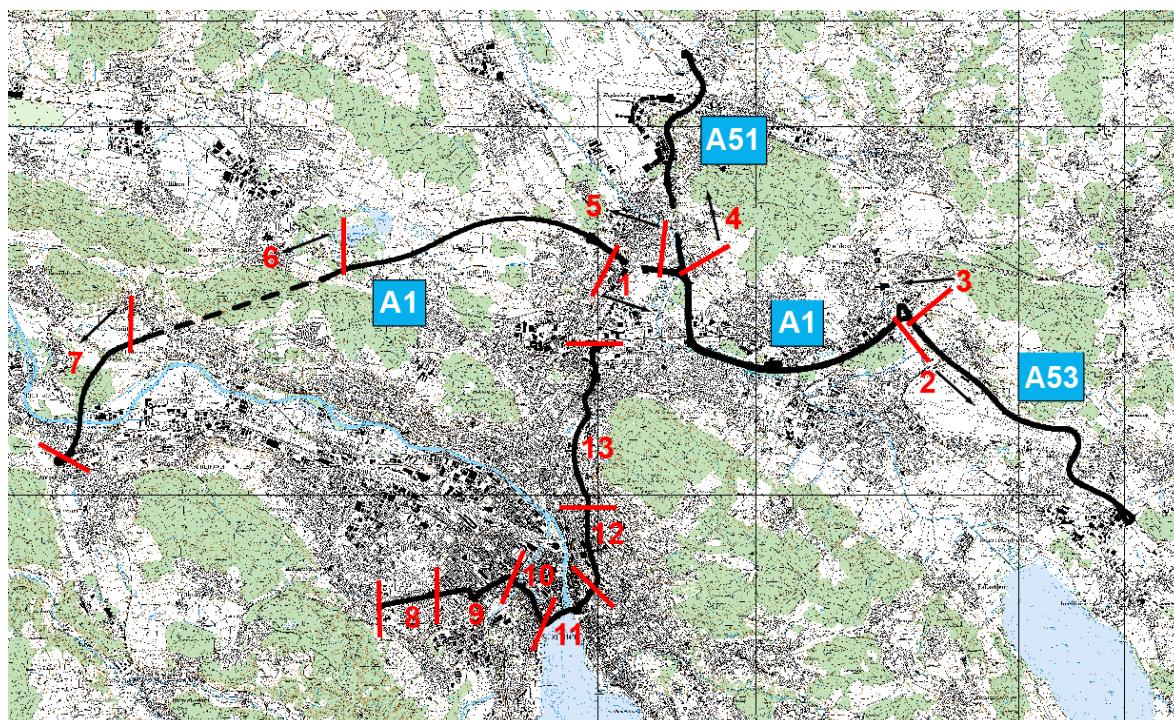


Abb. 6 Übersicht Versuchsstrecken und deren Streckenabschnitte

Die festgelegten Abschnitte sind in folgender Tabelle zusammengestellt

Nr.	Autobahnstrecken (AB)	Länge [km]	Nr.	Stadtstrecken (STA)	Länge [km]
AB 1	Seebach → Brüttisellen	7.1	STA 8	Triemli → Goldbrunnenplatz	1.1
AB 2	Brüttisellen → Volketswil → Brüttisellen	13.3	STA 9	Goldbrunnenplatz → Stauf- facherquai	1.7
AB 3	Brüttisellen → Zürich Nord	5.6	STA 10	Stauffacherquai → General Guisan-Quai	1.1
AB 4	Zürich Nord → Kloten Nord → Zürich Nord	10.0	STA 11	General Guisan-Quai → Pfauen	1.4
AB 5	Zürich Nord → Affoltern	6.4	STA 12	Pfauen → Irchel**)	3.0
AB 6	Affoltern → Weiningen	4.3	STA 13	Irchel → Hallenstadion**)	1.9
AB 7	Weiningen → Urdorf*)	2.6			

*) Mit Baustelle im zweiten Abschnittsteil

**) Mit Telefonaufgabe bei Fahrten mit IVIS

Tab. 3 Übersicht der Streckenabschnitte auf den zwei Versuchsstrecken

Altersgruppen von Versuchspersonen

Eine dritte Art von unabhängigen Variablen bilden die zwei Gruppen von Versuchspersonen. Insgesamt 40 Probanden wurden rekrutiert und in zwei Altersgruppen zusammengefasst:

- Gruppe 1: 20 jüngere Fahrer (Alter ca. 30 Jahre)
- Gruppe 2: 20 ältere Fahrer (Alter ca. 60 Jahre)

2.3.3 Nebenfaktoren

Unter Nebenfaktoren werden unvorhersehbare Einflüsse, die während der Versuchsfahrten auftreten können und durch die Versuchsanordnung nicht vermieden werden können, verstanden. Dazu gehören Verkehrsbehinderungen und Beeinträchtigungen durch die Witterung sowie individuelle Eigenschaften der Versuchspersonen.

Um die Versuchsbedingungen möglichst vergleichbar zu halten wurden für die Versuchsdurchführung folgende Vorkehrungen getroffen:

- Verkehrsbehinderungen

Um Verkehrsbehinderungen während der Fahrten zu minimieren, wurden die Versuchsfahrten ausserhalb der Verkehrsspitzenzeiten durchgeführt⁶. Zufällig auftretende Behinderungen während der Zwischenzeiten wurden - wie in 2.3.1 beschrieben - festgehalten (Ereignis „Auffahren auf Stau/Kolonne“) und bei den Auswertungen berücksichtigt.

- Beeinträchtigungen durch Witterung

Die Versuchsfahrten wurden bei allen Witterungsbedingungen durchgeführt. Die Ausnahme bildete ein plötzlich einsetzender Starkregen, bei dem die Versuchsfahrt abbrechen und zu wiederholen war.

- Eigenschaften der Versuchspersonen

Die individuellen Eigenschaften der Versuchspersonen gingen in die verkehrstechnischen Auswertungen nicht ein. Hingegen wurden sie aufgrund von Befragungen durch das Psychologische Institut ermittelt und in der verkehrspsychologischen Teiluntersuchung mit verwertet.

- Weitere Faktoren

Als weitere Faktoren mit Einflussnahme auf die Versuchsergebnisse müssen die zwei eingesetzten Versuchsleiter (VL) und die Sommerferienzeit, in die die Versuchsfahrten teilweise fielen, erwähnt werden.

Bei der Interpretation der zu erfassenden Ereignisse war eine möglichst gleiche Handhabung wesentlich. Dies wurde durch die gemeinsame Schulung der VL angestrebt (vgl. auch Anhang I). Während der Ferienzeit war das Verkehrsaufkommen auf den Versuchsstrecken etwas kleiner, vor allem auf der Stadtstrecke. Umgekehrt gaben es etwas mehr Behinderungen durch Baustellen.

2.3.4 Versuchslayout

Beim Versuchslayout wird grundsätzlich unterschieden zwischen dem Versuchsstatus mit IVIS und ohne IVIS, den VP-Gruppen jüngere / ältere Fahrzeuglenker und den zwei zu befahrenen Versuchsstrecken. Für die Auswertung der Auswirkungen dieser unabhängigen Variablen auf die in 2.3.1 beschriebenen abhängigen Variablen wurde das folgende Versuchslayout entworfen.

Gruppe: Jüngere Fahrzeuglenker (20 VP)	mit IVIS	ohne IVIS
Autobahnstrecke	1.1	2.1
Stadtstrecke	1.2	2.2

Gruppe: Ältere Fahrzeuglenker (20 VP)	mit IVIS	ohne IVIS
Autobahnstrecke	1.3	2.3
Stadtstrecke	1.4	2.4

Abb. 7 Versuchslayout mit insgesamt acht Modalitäten

Um die Anzahl von Versuchspersonen einzuschränken, wurden sie in möglichst viele der Versuchsmodalitäten eingebunden. Dies birgt jedoch die Gefahr von Übertragungseffekten (z.B. Streckenkenntnis aus der ersten Versuchsfahrt), die ausbalanciert werden müssen.

⁶ Dies war auch nötig, um das knappe Zeitbudget für die Durchführung der Versuche einhalten zu können. Das Versuchsfahrzeug stand für die Experimente nur eine beschränkte Zeit zur Verfügung.

Da jede VP aus jeder Altersgruppe die Versuchsfahrten in vier verschiedenen Versuchsmodalitäten, nämlich zweimal auf der Autobahnstrecke (mit und ohne IVIS) und zweimal auf der Stadtstrecke (mit und ohne IVIS) absolvieren musste, wurden die möglichen Übertragungseffekte wie folgt ausgeglichen:

- Die Reihenfolge der Versuchsfahrten der VP wurde bezüglich Streckentyp und Versuchsstatus (mit / ohne IVIS) voll permutiert
- Pro Einsatztag waren nur zwei Fahrten auf unterschiedlichen Streckentypen möglich, auf einer mit IVIS und auf der anderen ohne IVIS
- Zwischen zwei Einsatztagen einer bestimmten VP wurde auf Empfehlung des Psychologischen Institutes ein Zeitraum von mindestens zwei Wochen eingehalten.

2.4 Versuchsdurchführung

2.4.1 Ablauf der Versuchsfahrten

Bei der eigentlichen Versuchsdurchführung wurden im Laufe von 14 Wochen insgesamt 160 Versuchsfahrten durchgeführt. 40 Versuchspersonen waren dabei an den oben erwähnten vier Versuchsmodalitäten beteiligt. Der Ablauf der Versuchsfahrten wurde so optimiert, dass an einem Tag eine VP zwei Fahrten am Vormittag und eine zweite VP zwei Fahrten am Nachmittag absolvieren konnte.

Die Fahrer wurden zuerst schriftlich und am Versuchstag noch mündlich über ihre Aufgaben informiert und über die Bedienung des Versuchsfahrzeuges und der IVIS-Einrichtungen (vgl. Anhang I.4) instruiert. Anschliessend konnten sie im noch stehenden Fahrzeug den Reaktionstest (ASRTT) üben⁷.

Danach wurde die sogenannte Vergleichsstrecke („vorher“) unter Führung durch den Versuchsleiter befahren. Nach einem kurzen Zwischenhalt begannen die eigentlichen Versuchsfahrten, in der Regel zuerst auf der Autobahnstrecke und danach auf der Stadtstrecke. Auf der Transferfahrt dazwischen wurde eine kurze Kaffepause eingelegt. Zum Schluss – nach der zweiten Vergleichsstrecke – wurde wiederum die gleiche Vergleichsstrecke („nachher“) befahren.

Nach diesen Fahrten wurde der Proband zum Psychologischen Institut gebracht, wo mit ihm ein Interview durchgeführt wurde, seine Hörfähigkeit gemessen und verschiedene psychologische Tests durchgeführt wurden. Diese Untersuchungen fielen für die Versuchspersonen nur an ihrem ersten Einsatztag an.

2.4.2 Datenaufzeichnung

Die gesamte Datenauswertung basiert auf den BlackBoxdaten, die aus den 160 Versuchsfahrten gesammelt wurden. Es enthält alle in 2.3.1 beschriebenen abhängigen Variablen, gewonnen aus Messungen und aus Beobachtungen der Versuchsleiter (vgl. auch Tab. 1 und Tab. 2), die mit einer Auflösung von 0.1 s aufgezeichnet sind. Daraus resultieren ca. 3 Millionen Datenzeilen bzw. ein Dateninhalt von ca. 200 Mbytes

Die kontinuierlichen Messdaten und die registrierten Ereignisse wurden anschliessend für weitere statistische Auswertungen aggregiert. Mittelwerte, Standardabweichungen und Perzentilen der Verteilung wurden für die Geschwindigkeits- und Beschleunigungsprofile entlang der Versuchsstrecke berechnet und für die beobachteten Ereignisse wurden die Häufigkeiten ihres Auftretens ermittelt.

Die Datenaggregation erfolgte nicht nur für die gesamte Autobahn- und Stadtstrecke,

⁷ Das Quittieren der Audiosignale erfolgte während der VP-Instruierung ca. 10 Minuten im Stillstand, also ohne Fahraufgabe (Baseline), vgl. 2.2.2

sondern auch getrennt für die einzelnen Streckenabschnitte und für ausgewählte Querschnitte (vgl. 5.1).

2.4.3 Aufgabe Telefongespräch und ASRTT

Während der Versuchsfahrten mit IVIS waren die Probanden gegen Ende der Stadtstrecke (Abschnitte STA 5 und STA 6) mit einem einkommenden Telefonanruf beschäftigt. Die Mobiltelefon-Aufgabe bestand aus einem standardisierten Gespräch mit kognitiven Elementen wie z.B. Beantwortung der Frage nach der aktuellen Verkehrssituation. Diese Aufgabe wie auch die auditive Reaktionszeit-Aufgabe (ASRTT) wurden durch das Psychologische Institut konzipiert und ausgewertet.

2.5 Datenauswertungskonzept

Für die Auswertung und Analyse der anfallenden Daten musste in einem ersten Schritt eine geeignete Datenstruktur entwickelt werden. Dabei stand im verkehrstechnischen Untersuchungsteil das Fahrverhalten der VP, erfasst über die aufgezeichneten Fahrzeugbewegungen, im Vordergrund. Dazu wurde von der nachfolgend beschriebenen Datengliederung ausgegangen.

2.5.1 Datenarten

Die bei den Versuchsfahrten anfallenden Daten können nach ihrer Art und Ausprägung verschieden gegliedert werden. Für die Auswertung und Analyse sind zudem die Versuchsmerkmale sowie die verschiedenen Ausprägungen der Versuchspersonen zu berücksichtigen.

Hinsichtlich der Arten werden zwei Datengruppen unterschieden (vgl. auch Anhang II):

- *Direkte* Beschreibungsgrößen (Messgrößen wie z.B. Geschwindigkeit oder Lenkradposition)
- *Indirekte* Beschreibungsgrößen (Merkmale zur Identifikation bzgl. Orts- und Versuchsausprägung)

Bei den Datensätzen werden unterschieden

- Datensatz *kontinuierliche* Messgrößen, die durchgehend zeitbezogen sind (z.B. Geschwindigkeit und Beschleunigung des Fahrzeugs)
- Datensatz *nicht kontinuierliche* Beschreibungsgrößen
Hier handelt es sich um Beobachtungsgrößen, bei welchen die Zeitpunkte von Ereignissen erfasst werden. Sie sind die VP-bezogen und indirekt auch ortsbezogen.
- Einen dritten Datensatz bilden die *ortsbezogenen* Daten. Dabei handelt es sich um indirekte, wegbezogene Daten bzw. Merkmale wie Streckentyp, Abschnittsgrenzen je Streckentyp, komplexe Knoten auf der Stadtstrecke und der Wegabschnitt mit Telefonaufgabe. Sie wurden indirekt aus Fahrzeugposition in Koordinaten über GPS ermittelt.

Bei den Versuchsmerkmalen sind zu berücksichtigen:

- Versuchsstatus (MIT IVIS / OHNE IVIS)
- Versuchsstreckentyp: Autobahnstrecke / Stadtstrecke
- Abschnitt der Versuchsstrecke
- Abschnitte der Stadtstrecke mit Mobiltelefonaufgabe
- Komplexe Knotenbereiche auf der Stadtstrecke
- Verschiedene Kontrollstrecken mit ASRTT-Reaktionstest (Basisbelastung / Vergleichsstrecke VORHER / Vergleichsstrecke NACHHER)

Die Ausprägungen der Versuchspersonen (VP) wurden vor allem bei der verkehrspsychologischen Teiluntersuchung berücksichtigt. Hierzu gehören neben den individuellen Ausprägungen aus Befragungen

- VP-Gruppe jüngere ($i = 1 - 20$) / ältere ($i = 21 - 40$) Fahrzeuglenker
- VP-Untergruppe weiblich / männlich
- VP-Untergruppe mit / ohne Erfahrung mit einem Zielführungsgerät
- Weitere Ausprägungen (z.B. Ortskundigkeit oder Fahrpraxis)

2.5.2 Beschreibungsgrößen

Aufgrund der Überlegungen in 2.5.1 wurden insgesamt 21 Beschreibungsgrößen als abhängige Variablen definiert (vgl. Anhang II.1), davon wurden deren 14 für verkehrstechnische Auswertungen verwendet.

Bei den direkten, kontinuierlichen Beschreibungsgrößen wird unterschieden zwischen Fahrzeugbewegungs- und Fahrzeugbedienungsgrößen sowie den Messgrößen zur Interpretation der Fahrerbelastung (ASRTT). Die nicht kontinuierlichen Beschreibungsgrößen umfassen die Erfassung der Zeitpunkte der verhaltensrelevanten Ereignisse.

2.5.3 Verkehrstechnische Auswertungsgrößen

Die direkten, verkehrstechnischen Beschreibungsgrößen, die nutzbar für die Interpretation von Sicherheitsdefiziten/-gewinnen sind, bilden die Geschwindigkeit (V) sowie die Beschleunigung in Längs- und in Querrichtung (q_L und q_T). Diese Größen sind kontinuierlich, in physikalischen Einheiten ($[m/s]$, $\pm [m/s^2]$) in Funktion von Zeit und Weg vorhanden. Eine zweite Gruppe, aus welcher Hinweise auf die Sicherheitsauswirkungen gewonnen werden könnten, bilden die beobachteten, verhaltensrelevanten Ereignisse (vgl. Tab. 2). Bei diesen steht die Auswertung von Häufigkeiten und Anteilen im Vordergrund.

Die für den verkehrstechnischen Untersuchungsteil verwendeten Auswertungsgrößen sind im Anhang II.2 zusammengestellt. In einem ersten Teil sind Größen enthalten, die sich auf das Fahrverhalten von einzelnen Versuchspersonen auf der Ebene einzelner Streckenabschnitte beziehen (Anhang II.2.1). Der zweite Teil (Anhang II.2.2) enthält Auswertungsgrößen, die zur Analyse der Gruppen von Versuchspersonen auf einzelnen Streckenabschnitten und ganzen Versuchsstrecken verwendet wurden. Zusätzlich wurden auch Auswertungen an diskreten Querschnitten der zwei Versuchsstrecken durchgeführt. Die dazu gewählten Referenzquerschnitte unterscheiden sich in geometrischer und/oder betrieblicher Hinsicht.

2.5.4 Auswertungsvorgehen

In der Auswertung stehen die Vergleiche zwischen dem Versuchsstatus mit IVIS und ohne IVIS im Vordergrund. Für die Evaluation der Auswirkungen von IVIS auf das Fahrverhalten wurde ein zweistufiges Vorgehen gewählt: Zum einen erfolgte die Auswertung nach dem „top-down – Prinzip“ und zum anderen nach dem „bottom - up – Prinzip“:

- Top-down – Prinzip, vgl. Kapitel 4
Bei diesem Auswertungsteil stand die statistische Signifikanz der Veränderungen im Vordergrund. Zu diesem Zweck wurden mehrfaktorielle Varianzanalysen (ANOVA Analyse⁸) durchgeführt. Als Betrachtungsbasis beschränkte man sich auf die ganzen Versuchsstrecken (Autobahn- / Stadtstrecke) und auf VP-Gruppen (ältere / jüngere Fahrer). Einbezogen wurden jedoch möglichst viele unabhängige Variablen und Ne-

⁸ Analysis of Variance, ANOVA

benfaktoren.

- Bottom - up – Prinzip, vgl. Kapitel 5

Bei diesem Teil der Auswertung stand nicht die statistische Signifikanz, sondern der Ortsbezug im Vordergrund. Als Betrachtungsbasis wurden die einzelnen Streckenabschnitte der Versuchsstrecken und die bereits erwähnten Referenzquerschnitte verwendet⁹. Neben den VP-Gruppen wurden auch alle Versuchspersonen einzeln einbezogen. Dabei wurden Auffälligkeiten im Fahrverhalten und ihre Ursachen, soweit sie verkehrstechnisch- bzw. anlagebedingt sind, gesucht.

Bei der Abschnittsauswertung wurde in einem ersten Schritt die Fahrt (z.B. ohne IVIS) einer bestimmten VP auf einem gewählten Abschnitt der Strecke ausgewertet. Danach erfolgte für die gleiche VP die Auswertung der Fahrt mit IVIS auf demselben Abschnitt. Anschliessend waren die festgestellten Veränderungen zwischen den zwei Fahrten (ohne / mit IVIS) statistisch zu analysieren. Danach erfolgten in analoger Weise die Auswertungen für die übrigen VPs und für die übrigen Abschnitte. Im zweiten Schritt wurden Auswertungen für eine der zwei VP-Gruppen (jüngere / ältere VP) sowie zwischen diesen Gruppen auf den einzelnen Streckenabschnitten durchgeführt und die Veränderungen zwischen dem Versuchsstatus ohne und mit IVIS analysiert.

Bei den Abschnittsauswertungen wurden neben den kontinuierlichen Beschreibungsgrössen (Geschwindigkeit und Beschleunigung) auch die Häufigkeiten der verkehrstechnischen Ereignisse untersucht. Die Querschnittsauswertungen beschränken sich auf Merkmale der Geschwindigkeitsverteilung.

Die zu Beginn der Untersuchung gebildeten Streckenabschnitte sowie die festgelegten Referenzquerschnitte unterscheiden sich im Schwierigkeitsgrad des Befahrens bzw. hinsichtlich der Komplexität der Verkehrssituation. Die eher „komplexere, anspruchsvollere“ Abschnitte / Querschnitte zeichnen sich durch eine oder mehrere der nachfolgenden Merkmale aus.

- *Autobahnstrecke*: kurze Verflechtungsstrecken, grössere Signalisations- und Wegweisungsdichte, Tunneleinfahrten, sichtbare Radarkabinen
- *Stadtstrecke*: kurze Verflechtungs- und Einspurstrecken, enge Fahrstreifen neben Tramgeleise / Radstreifen, Knoten mit Rechtsvortritt, grössere Dichte von Fussgängerquerungen

Ausgehend von der Hypothese, wonach die Unterschiede der Beschreibungsgrössen im Vergleich ohne / mit IVIS bei eher komplexeren, anspruchsvolleren Abschnitten / Querschnitten ausgeprägter sein sollten als bei eher einfacheren Abschnitten / Querschnitten, wurden in die Auswertung bewusst beide Gruppen einbezogen.

⁹ Auf der Stadtstrecke wurden ferner auch 6 komplexe Knoten definiert (vgl. 2.1.3 im Anhang II.1), die für die verkehrspsychologischen Untersuchungen vorgesehen waren.

3 Ergebnisse Voruntersuchungen

3.1 Pretest-Phase

Zur Vorbereitung der Versuche wurden verschiedene Voruntersuchungen durchgeführt. Diese Pretest-Phase dauerte ca. 3 Wochen und umfasste folgende zwei Bereiche:

- Vorbereitung der Versuchsdurchführung
- Verifikation der Messeinrichtungen

Bei der Vorbereitung der Versuchsdurchführung wurden die gewählten Versuchs- und Vergleichsstrecken mit je 5 jüngeren und älteren Fahrzeuglenkern und –lenkerinnen befahren. Dabei hat man Zeitmessungen zur Bemessung des Versuchsablaufs vorgenommen und verschiedene Lautstärken-Einstellungen (Audiosignale, Autoradio und Navigationsgerät) getestet. Diese Fahrten dienten auch dazu, die Anweisungen der Versuchsleiter an die Probanden und die Bedienung der Geräte (Videokamera, manuelle Audiosignalerzeugung, Einstellung des Navigationsgerätes, Tastatur für die Eingabe der Ereignisse, Bedienung des BlackBox-Computers sowie die Protokollführung) zu optimieren.

Beim zweiten Teil der Pretest-Phase wurde die Funktionalität, Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Messeinrichtungen im Fahrzeug getestet. Zentral war dabei die Datenaufzeichnung durch die BlackBox. Hier ging es auch darum, geeignete Richtwerte für die fahrdynamischen Ereignisse festzulegen. Zu diesem Zweck wurden mit dem Versuchsfahrzeug verschiedene Experimente durchgeführt. Auf die Ergebnisse dieser Untersuchungen wird in 3.2 und 3.3 eingegangen.

3.2 Verifikation der BlackBox-Variablen

Ziel der Untersuchung war es, ein besseres Verständnis für die auszuwertenden Größen, die durch die BlackBox im Versuchsfahrzeug aufgezeichnet wurden und deren Dimensionierung bei bestimmten Verkehrssituationen zu erhalten. Die bei verschiedenen Geschwindigkeiten (V) durchgeführten Experimente umfassten:

- Gas wegnehmen ($V = 100, 50$ und 30 km/h)
- Bestimmt bremsen ($V = 100, 50$ und 30 km/h)
- Vollbremsung (aus Sicherheitsgründen nur bei $V = 30 \text{ km/h}$)
- Spurwechsel nach links/rechts ($V = 100$ und 50 km/h)
- Ausweichmanöver (aus Sicherheitsgründen nur bei $V = 50$ und 30 km/h)

Alle Experimente wurden auf einer ebenen und trocknen Fahrbahn durchgeführt.

Experiment 1: Gas wegnehmen

In diesem Fall wurde der Fuss vom Gaspedal genommen, um die Reduktion der Geschwindigkeit über die Bremswirkung des Motors auf horizontaler Strecke zu erzeugen. Es sind die folgenden Gänge verwendet worden: 5. Gang für $V=100 \text{ km/h}$, 3. Gang für $V=50 \text{ km/h}$, 2. Gang für $V=30 \text{ km/h}$. Dieses Experiment ist mit den eingangs genannten Ausgangsgeschwindigkeiten durchgeführt worden. In den folgenden drei Abbildungen (Abb. 8 bis Abb. 10) sind die Geschwindigkeit (Speed, hier in m/s), die Stellung des Gaspedals (AccPos) und die Längsbeschleunigung (AccY) über die Zeit aufgetragen. Der Zeitpunkt, an dem das Gaspedal losgelassen wurde, ist am steilen Abfall des AccPos-Wertes erkennbar.

Um die Korrektheit der Beschleunigungswerte zu verifizieren, wurde zusätzlich die theoretische Beschleunigung (AccY Theo), abgeleitet aus der gemessenen Geschwindigkeit, über die Messwerte AccY gelegt.

In den Darstellungen ist eine Geschwindigkeitsabnahme beobachtbar, welche umso stärker ausgeprägt zu sein scheint, je höher die Ausgangsgeschwindigkeit ist. Werden jedoch für alle 3 Experimente die ersten 6 Sekunden nach Beginn des Experiments betrachtet, ist feststellbar, dass sich die Geschwindigkeit bei $V = 100 \text{ km/h}$ um $\Delta V = 3 \text{ m/s}$ reduziert, für $V = 50$ und 30 km/h um $\Delta V = 5 \text{ m/s}$. Des Weiteren ist erkennbar, dass bei Ausgangsgeschwindigkeiten von 30 und 50 km/h die gemessene Längsverzögerung Werte zwischen ca. 0 und -0.75 m/s^2 annimmt. Dieser Sachverhalt ist auf die Bremswirkung des Motors zurückzuführen. Bei der Ausgangsgeschwindigkeit von 100 km/h ist diese Bremswirkung kaum/nur theoretisch feststellbar, die Werte liegen zwischen ca. 0.5 und -0.3 m/s^2 .

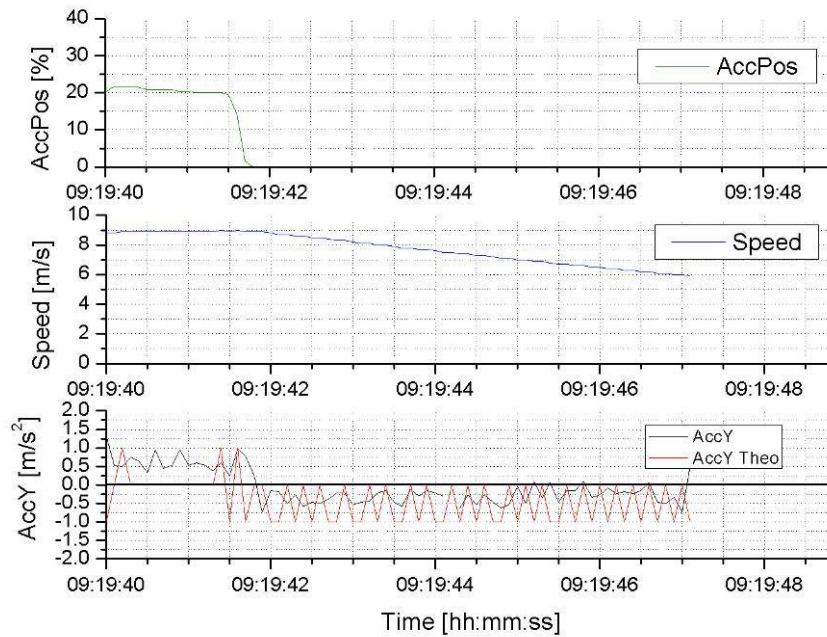


Abb. 8 Reduktion der Geschwindigkeit durch Entlastung des Gaspedals bei 30 km/h

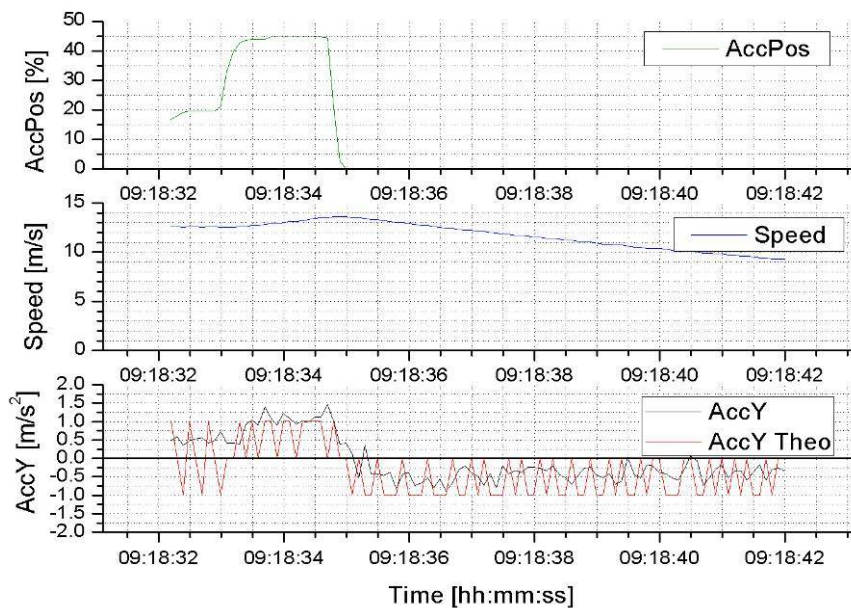


Abb. 9 Reduktion der Geschwindigkeit durch Entlastung des Gaspedals bei 50 km/h

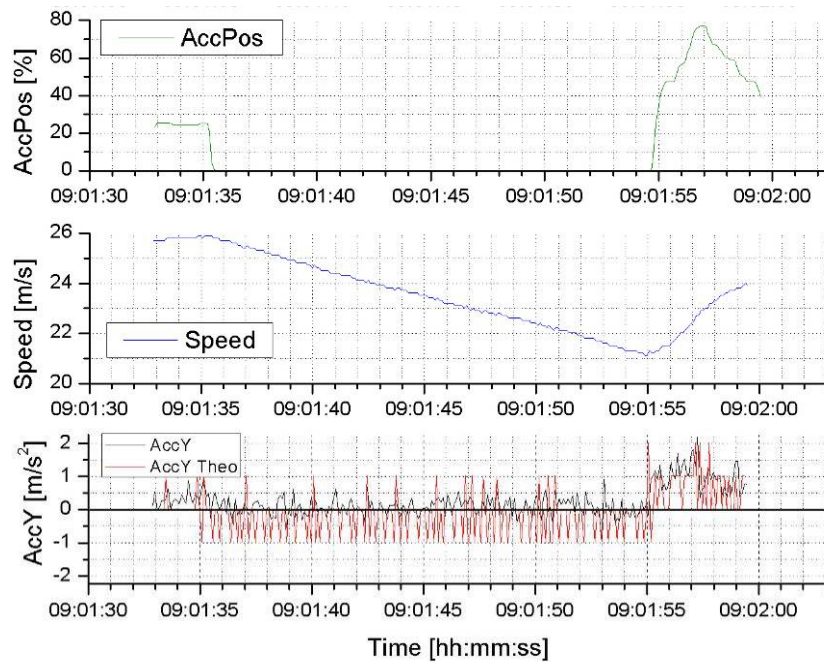


Abb. 10 Reduktion der Geschwindigkeit durch Entlastung des Gaspedals bei 100 km/h

Experiment 2: Bestimmt bremsen

In diesem Fall sind bewusste Bremsmanöver durch Betätigung des Bremspedals durchgeführt worden, um das Fahrzeug entweder deutlich (im Falle von $V = 100$ km/h) oder bis zum Stillstand (im Falle von $V = 30$ und 50 km/h) abzubremsen. Zur Anschaulichkeit dieses Vorganges wurde die Geschwindigkeit, die Position des Bremspedals (BrakePos) und die Längsbeschleunigung (AccY) über die Zeit aufgetragen (siehe Abb. 11 bis Abb. 13). Die Skalierung der BrakePos-Einheiten ist wie folgt zu verstehen: 0% – keine Betätigung der Bremse, 70% – Bremspedal voll durchgetreten.

In den Abbildungen ist in einem, eine schnelle Abnahme der Geschwindigkeit in einem von der Ausgangsgeschwindigkeit abhängigen, kurzen Zeitraum ersichtlich. Die Zeit bis zum Stillstand beträgt bei $V = 50$ und 30 km/h ca. 2 Sekunden, bei einer Längsbeschleunigung um -7.5 bzw. -5.5 m/s². Die BrakePos-Werte nehmen im Mittel etwa Werte von ca. 15 - 20% ($V = 30$ km/h) und ca. 20 - 25% ($V = 50$ km/h) an.

Bei 100 km/h wurde das Fahrzeug innerhalb von 3 Sekunden auf ca. $V = 50$ km/h abgebremst. Die gemessene Längsbeschleunigung beträgt in diesem Fall bis zu -6 m/s², der BrakePos-Wert erreicht im Mittel etwa 17.5%.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es sich bei mittleren BrakePos-Werten von ca. 20% im Zusammenhang mit mittleren Werten der *Längsbeschleunigung von mehr als -5 m/s² um bewusste, starke Bremsmanöver* handelt. Dieser Richtwert wird auch in der Fachliteratur zitiert [Bernard 1999, Bühlmann et al 1992, SN 640 090b 2001] und wird in den technischen Normen für die Berechnung von Anhaltesichtweiten im Strassenentwurf eingesetzt. Verzögerungswerte von mehr als 5 m/s² werden deshalb bei der Auswertungsgrösse „Streckenanteile mit Starkbremsungen“ (vgl. 3.1.3 in Anhang II.2.1) verwendet.

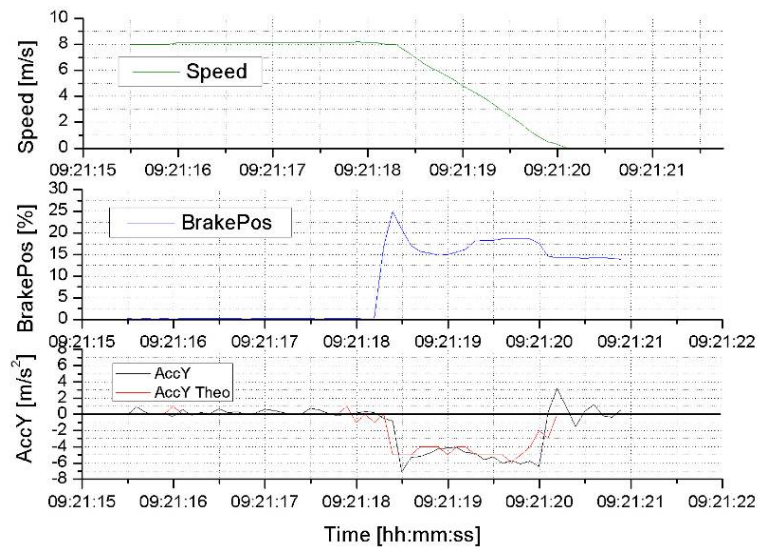


Abb. 11 Bremsmanöver bei einer Geschwindigkeit von 30 km/h

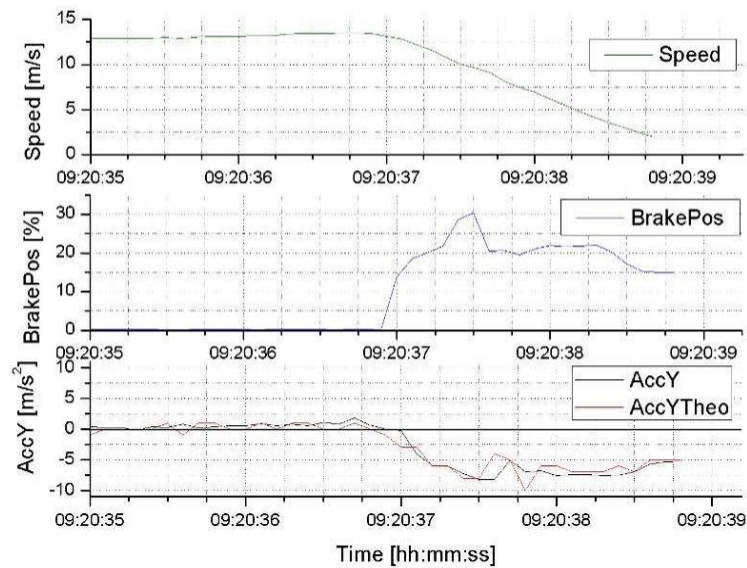


Abb. 12 Bremsmanöver bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h

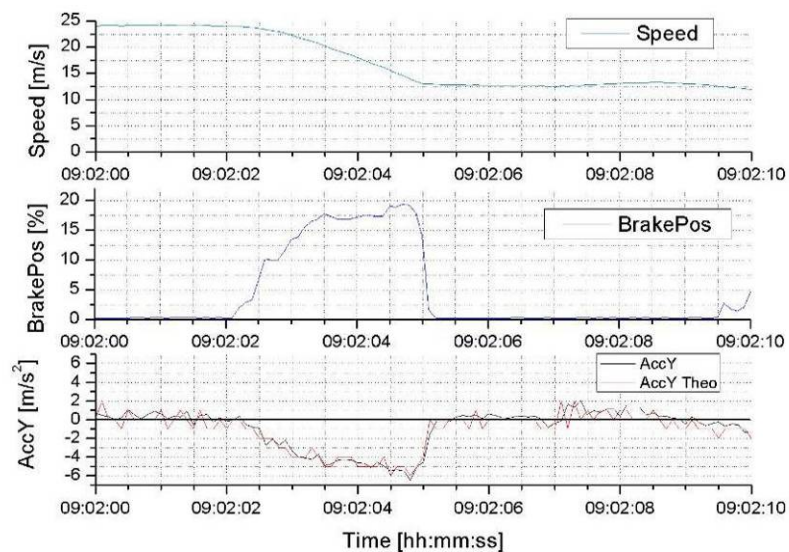


Abb. 13 Bremsmanöver bei einer Geschwindigkeit von 100 km/h

Experiment 3: Vollbremsung

Die Vollbremsung erfolgte unter maximaler Bremskraft (Aktivierung des ABS-Systems) und wurde aus Sicherheitsgründen nur bei einer Geschwindigkeit von $V=30$ km/h durchgeführt. Das Resultat ist in Abb. 14 dargestellt, wo von oben nach unten Speed, BrakePos, und AccY entlang der Zeitachse aufgetragen sind. Erkennbar ist der Abfall der Geschwindigkeit auf Null innerhalb von einer Sekunde bei einer Stellung des Bremspedals von ca. 65%. Die Längsbeschleunigung erreicht einen maximalen Wert von $-12,5$ m/s². Der sprunghafte Anstieg von AccY nach ca. 0.25 Sekunden ist auf die Massenträgheit zurückzuführen (Sensor der BlackBox im inneren des Fahrzeuges nimmt ruckartige Bewegung, vor und sofort wieder zurück, auf).

Im Vergleich zum vorherigen Abschnitt wird deutlich, dass eine Vollbremsung aus $V=30$ km/h entweder über einen BrakePos-Wert von mehr als ca. 50% oder über die Längsbeschleunigung < -7 m/s² identifiziert werden kann. Solche Verzögerungswerte werden auch bei Fahrversuchen mit Anhaltévorgängen auf trockener Fahrbahn mobilisiert [Bernhard 1999, Marx et al 1996].

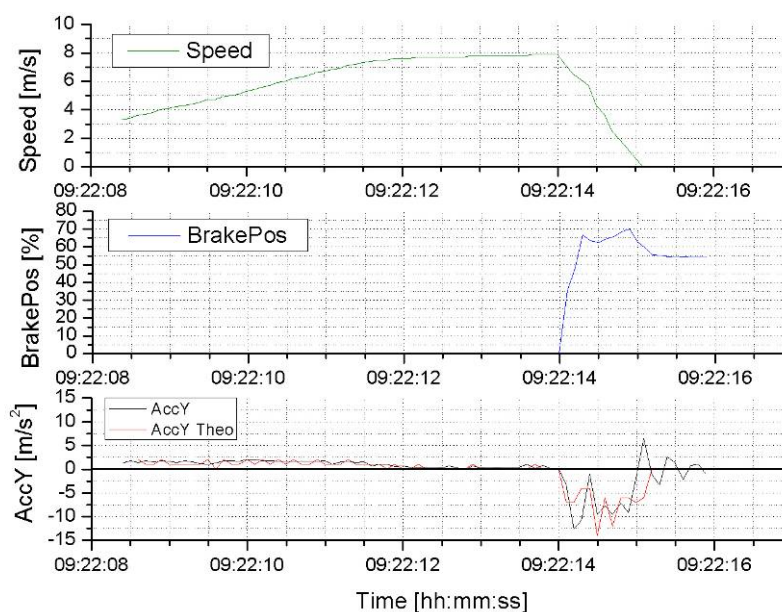


Abb. 14 Vollbremsung bei einer Geschwindigkeit von 30 km/h

Experiment 4: Fahrstreifenwechsel

In diesem Experiment wurden bei Geschwindigkeiten von $V = 50$ km/h und 100 km/h Fahrstreifenwechsel zwischen zwei Fahrstreifen vorgenommen. Die Ergebnisse sind in Abb. 15 und Abb. 16 dargestellt. Es ist jeweils die Position des Lenkrades (SteerAng [Deg]; 360° entsprechen einer vollen Drehung des Lenkrades) und die Querbeschleunigung (AccX) gegen die Zeit aufgetragen. Dabei bedeuten positive Werte von AccX einen Fahrstreifenwechsel nach links und negative AccX-Werte jenen nach rechts. Die Lenkradposition wurde mit in die Auswertung aufgenommen, um zu zeigen, dass alleine anhand der Querbeschleunigung das Fahrverhalten bzw. die Fahrzeugbewegung korrekt interpretiert werden kann. Die Höhe der Querbeschleunigung ist dabei abhängig von der gefahrenen Geschwindigkeit. Daher sind hohe Querbeschleunigungen mit schnellem Fahren in der Kurve gleichzusetzen.

Der Maximalwert von SteerAng bei einer Geschwindigkeit von $V= 100$ km/h beträgt ca. 10 [Deg] bei einer Querbeschleunigung von bis zu ± 2 m/s². Ähnlich hohe AccX-Werte treten bei einer Geschwindigkeit von $V=50$ km/h auf, jedoch mit dem Unterschied, dass der Lenkradeinschlag dreimal so hoch ist (SteerAng = ± 30 [Deg]). Dieser Wert ist auf die niedrigere Geschwindigkeit zurück zu führen, welche einen stärkeren Lenkradeinschlag zulässt. Aus den Diagrammen ist ferner ersichtlich, dass der Fahrstreifenwechsel bei $V=100$ km/h ca. 2 s dauerte, während bei $V=50$ km/h dazu ca. 3 s benötigt wurden.

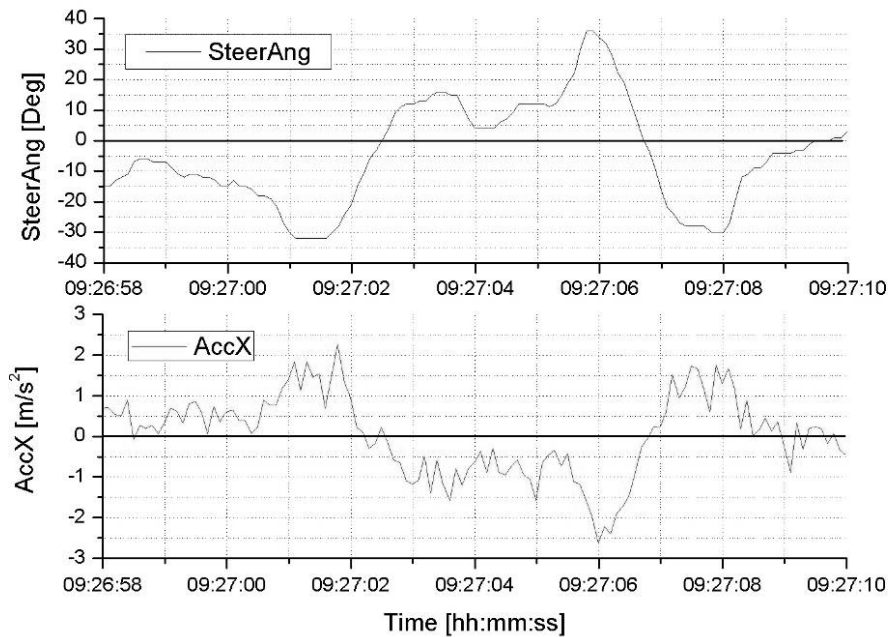


Abb. 15 Fahrstreifenwechsel von rechts nach links bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h

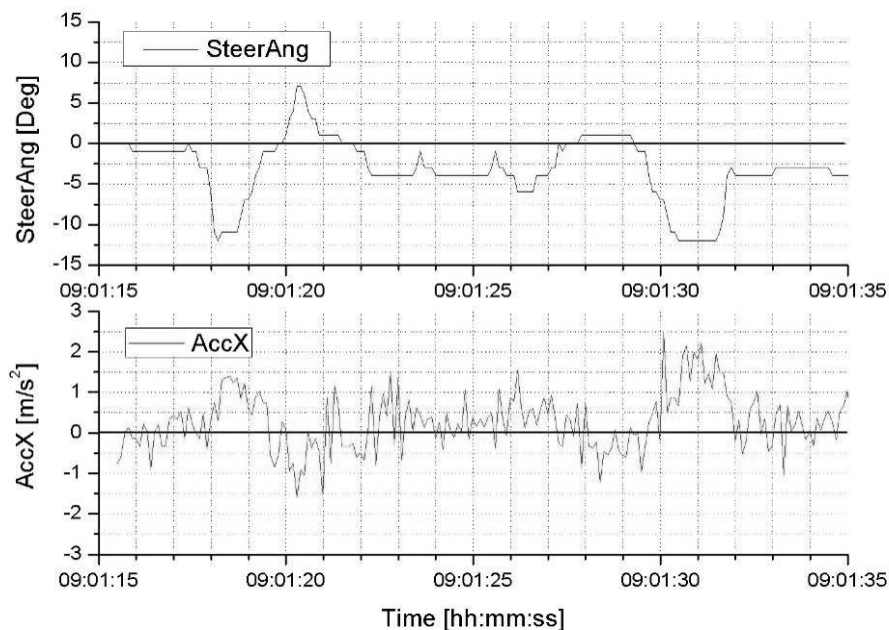


Abb. 16 Fahrstreifenwechsel von links nach rechts bei einer Geschwindigkeit von 100 km/h

Experiment 5: Ausweichmanöver

Zusätzlich zu dem im vorherigen Abschnitt beschriebenen Fahrstreifenwechsel wurde ein Ausweichmanöver bei $V=50$ und 30 km/h durchgeführt. Zweck dieses Versuches ist es, eine Abschätzung der maximalen Querbeschleunigung zu erhalten, um die Ausweichmanöver von den gewöhnlichen Fahrstreifenwechseln zu unterscheiden. Dieser Sachverhalt ist in Abb. 17 und Abb. 18 dargestellt.

Deutlich ist in beiden Abbildungen der rasche Anstieg von $AccX$ auf bis zu ± 6 m/s² bei einem Lenkradeinschlag von ± 100 [Deg] ($1/4$ Drehung) erkennbar. Damit ist die Querbeschleunigung bei einem Ausweichmanöver rund 3-mal höher als bei einem gewöhnlichen Fahrstreifenwechsel, der Lenkradeinschlag ist mehr als doppelt so hoch.

Aus diesen Ergebnissen kann als Abgrenzung zu den gewöhnlichen Fahrstreifenwechseln ein Richtwert von 3 m/s^2 eingesetzt werden. Beim Auftreten von höheren Werten kann von potentiell gefährlichen Fahrzeugbewegungen ausgegangen werden. Abschnitte in den Fahrprofilen mit Querbeschleunigungen von >3 bzw. $<-3 \text{ m/s}^2$ bzw. Lenkradeinschlag von mehr als ± 60 [Deg] werden deshalb bei der Auswertungsgrösse „Streckenanteile mit erhöhten Querbeschleunigungen“ (vgl. 3.1.4 in Anhang II.2.1) verwendet.

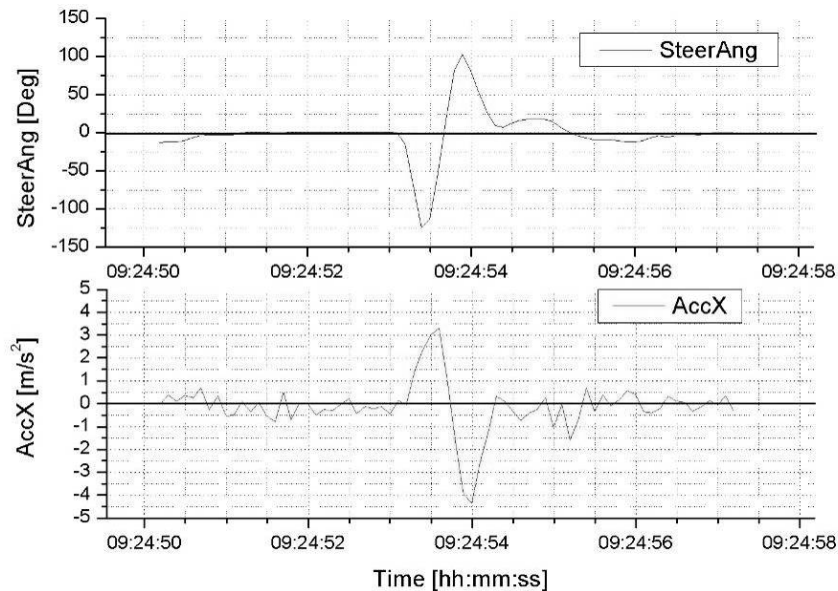


Abb. 17 Ausweichmanöver bei einer Geschwindigkeit von 30 km/h

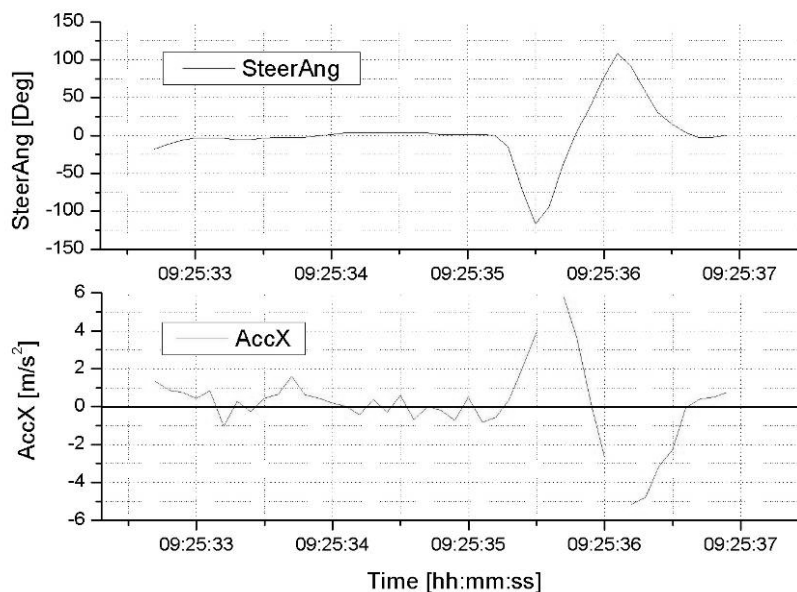


Abb. 18 Ausweichmanöver bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h

3.3 Zusammenhänge der BlackBox-Variablen

In diesem Abschnitt geht es darum, die Zusammenhänge zwischen den durch die Black-Box gemessenen Variablen zu überprüfen. Dazu wurden Fahrversuche auf einer Teststrecke durchgeführt. Die Ergebnisse sollen auch zu einem besseren Verständnis hinsichtlich der späteren Auswertungen beitragen. Im Mittelpunkt stehen dabei die verkehrstechnisch relevanten Variablen

- Lenkradeinschlag (SteerAng) [Deg]
- Querbeschleunigung (AccX) q_T [m/s^2]
- Bremspedalposition (BrakePos) [%]
- Gaspedalposition (AccPos) [%]
- Längsbeschleunigung (AccY) q_L [m/s^2]
- Geschwindigkeit (Speed) v [m/s]

Die Fahrt wurde auf trockener Fahrbahn durchgeführt. Zur Aufzeichnung der Teststrecke (siehe Abb. 19) wurde ein Geollogger verwendet, welcher während der Fahrt kontinuierlich die Koordinaten in Dezimalgrad aufgezeichnet hat.

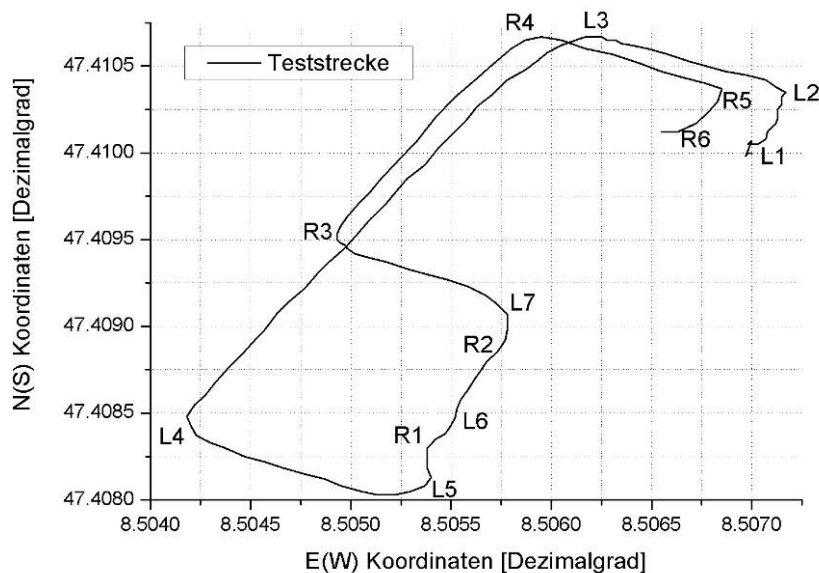


Abb. 19 Darstellung der Teststrecke – Anfang ab L1; Ende bei R6

Die Teststrecke zeichnet sich durch markante 90° Rechtskurven (R) und Linkskurven (L) mit Radien zwischen 15 und 30 m aus. Diese können eindeutig in dem in Abb. 20 dargestellten Verlauf der Querbeschleunigung q_T identifiziert werden. Zur Verdeutlichung wurden in die Abbildung die Lagen der Links- und Rechtskurven der Teststrecke eingetragen.

Wie in Abb. 20 ersichtlich ist, besteht auf der Zeitachse eine weitgehende Deckungsgleichheit eines Ereignisses (siehe beispielhaft die schraffierten Bereiche für die Linkskurve L3) zwischen Querbeschleunigung (q_T) und Lenkradeinschlag (SteerAng), sowie zwischen Längsbeschleunigung (q_L), Gaspedalstellung (AccPos) und Bremspedalstellung (BrakePos). Letzt genannte Größen sind jedoch gegenüber der Position der Kurve L3 zeitlich nach vorne verschoben.

Deutlich sind im q_T -Verlauf die ersten fünf Linkskurven, welche sich durch Maximalwerte von zwischen 3 – 6 m/s^2 auszeichnen, erkennbar. Des Weiteren ist ein Anstieg der BrakePos vor den Kurven L3, R3 und R4 bei einer gleichzeitigen Abnahme der Geschwin-

digkeit (v) und Längsbeschleunigung (q_L) erkennbar. Zudem ist am Lenkradeinschlag (SteerAng) deutlich erkennbar, dass es sich bei L1 – L4, L7 und R3 – R5 um 90° Kurven handelt (SteerAng > 200 [Deg]).

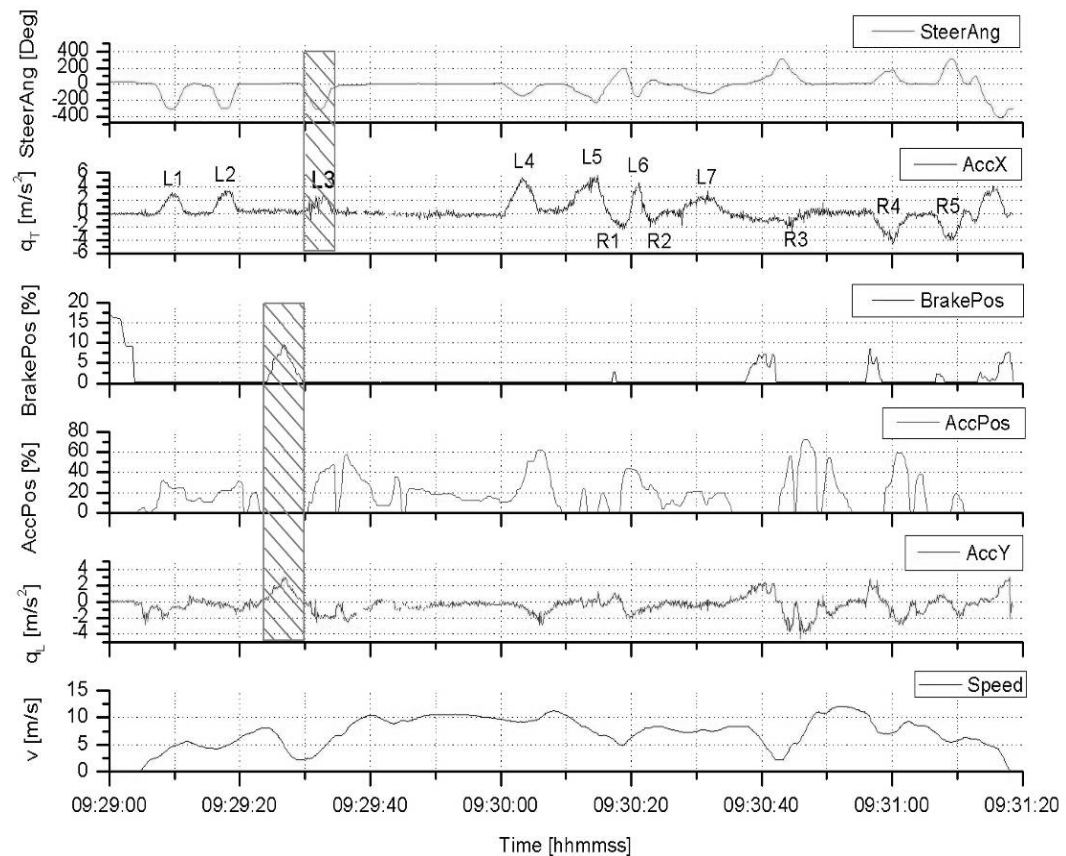


Abb. 20 Darstellung der BlackBox-Variablen auf der Teststrecke

Bei der Kurve L3 handelt es sich um eine Linkseinmündung aus einer vortrittsbelasteten Strasse, erkennbar einmal an dem stark ansteigenden Bremswert (BrakePos-Wert von 10%) und am Abfall der Geschwindigkeit ($v = \text{ca. } 2 \text{ m/s}$) unmittelbar vor der Kurve. Die Kurve L4 (Radius ca. 30 m) folgt auf einen längeren, geraden Streckenabschnitt. Die fehlenden BrakePos-Werte, der geringe Rückgang der Geschwindigkeit ($v = \text{ca. } 10 \text{ m/s}$), die negative Längsbeschleunigung ($q_L \text{ ca. } -2 \text{ m/s}^2$) und die hohe Querbewegungsbeschleunigung ($q_T = \text{ca. } 5 \text{ m/s}^2$) zeigen, dass ohne abzubremsen, scharf links abgebogen wurde.

Ähnliche Resultate zeichnen sich für die Kurven R3 und R4 ab. R3 ist eine Rechteinmündung auf eine vortrittsberechtigte Strasse, erkennbar am Anstieg der BrakePos (ca. 7%), der reduzierten Geschwindigkeit ($v \text{ ca. } 2.5 \text{ m/s}$) und der negativen Längsbeschleunigung ($q_L \text{ ca. } -3 \text{ m/s}^2$). Die geringe, mittlere Querbewegungsbeschleunigung von $q_T = 1.5 \text{ m/s}^2$ weist auf ein langsames Einbiegen auf die vortrittsberechtigte Strasse hin. Die Fahrzeugbewegung bei R4 (rechts abbiegen) ist äquivalent zur vorangehenden, mit dem Unterschied, dass die Geschwindigkeit ($v \text{ ca. } 7.5 \text{ m/s}$) und Querbewegungsbeschleunigung ($q_T \text{ ca. } 5 \text{ m/s}^2$) beim Abbiegen höher sind. Die Längsbeschleunigung q_L ist mit ca. 3 m/s^2 geringfügig niedriger, während die BrakePos im Mittel ca. 7% beträgt.

Insgesamt zeigt sich, dass die Zusammenhänge zwischen den BlackBox-Variablen plausibel sind und dass die im Vordergrund stehenden Beschreibungsgrößen Geschwindigkeit, Quer- und Längsbeschleunigung zur Beschreibung des Fahrverhaltens ausreichend sind. Die Brems- und Gaspedalstellungen können als Hilfe bei nicht eindeutigen Situationen herangezogen werden.

4 Ergebnisse Top-down Analyse

Wie in 2.5.4 dargelegt, stand bei der Top-down Analyse die statistische Signifikanz der Veränderungen im Vordergrund. Da neben den Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen (ohne / mit IVIS) noch weitere Einflussgrößen Auswirkungen auf die Veränderungen des Fahrverhaltens haben können, wurden mehrfaktorielle Varianzanalysen durchgeführt. Als Betrachtungsbasis wurden die ganzen Versuchsstrecken (Autobahn- / Stadtstrecke), Altersgruppen sowie weitere, unabhängige Variablen und Nebenfaktoren. Als abhängige Variable zur Beschreibung des Fahrverhaltens werden verschiedene Geschwindigkeitsgrößen und Ereignishäufigkeiten (vgl. Tab. 2) verwendet.

Im Abschnitt 4.1 erfolgt eine grobe statistische Analyse für die beiden Versuchsstrecken. In den Abschnitten 4.2 und 4.3 werden die Autobahn- und die Stadtstrecke detaillierter analysiert.

4.1 ANOVA Analyse

Die Varianzanalyse (ANOVA) ist ein statistisches Modell zur Untersuchung der Unterschiede normalverteilter Erwartungswerte in verschiedenen Gruppen bzw. Klassen. Dabei wird untersucht, ob die Varianz zwischen verschiedenen Gruppen grösser ist als die Varianz innerhalb der Gruppe. Es handelt sich also um einen varianzanalytischen Vergleich von Erwartungswerten, welche nachfolgend mit μ bezeichnet werden.

Voraussetzungen:

- Unabhängigkeit der Stichproben
- Stichproben stammen aus normalverteilter Grundgesamtheit
- Stichproben haben unbekannte, gemeinsame Varianz
- Nullhypothese: $\mu_1 = \mu_2 \rightarrow$ gleiche Erwartungswerte (beispielsweise mittlere Geschwindigkeit V_m)

Bei der einfachen Varianzanalyse (auch einfache Streuungszerlegung genannt) lässt sich die Summe der Abweichungsquadrate (SAQ) aller Stichprobenwerte um das Gesamtmittel in zwei Anteile zerlegen:

- SAQ der Einzelwerte um die Stichprobenmittelwerte (SAQ innerhalb)
- SAQ der Stichprobenmittelwerte um das Gesamtmittel (SAQ zwischen)

Werden die Quotienten aus den SAQ und den zugehörigen Freiheitsgraden gebildet, so ergeben sich deren Varianzen (oder mittlere Quadrate MQ). Unter der Voraussetzung, dass alle Stichproben derselben Grundgesamtheit entstammen, sollten die „Varianz innerhalb“ (Residualvarianz) und die „Varianz zwischen“ (Effektvarianz) etwa gleich gross sein. Ähnlich wie beim F-Test wird nun die Testgrösse $F = MQ_{\text{zwischen}} / MQ_{\text{innerhalb}}$ berechnet. Ist F grösser als 1, also ‚Varianz zwischen‘ grösser als ‚Varianz innerhalb‘, so kann ein systematischer Einfluss auf die Mittelwertdifferenz der einzelnen Stichproben vermutet werden. Auf Signifikanz und somit Ablehnung der Nullhypothese kann wiederum mittels der Fisherschen F-Verteilung geprüft werden [Storm 1995, S. 619ff].

Beim Vergleich von genau zwei Stichproben ist die Testgrösse F identisch mit dem Quadrat der Testgrösse T des doppelten T-Tests (vgl. [Sachs 2004, S. 226]). In diesem Fall geben beide Tests identische Antworten bzgl. Signifikanz. Um auf die Arbeit mit F-Tabellen verzichten zu können, wurde wiederum direkt der p-Wert, also die Wahrscheinlichkeit zur Annahme der Nullhypothese berechnet. Dies erfolgte mit der Funktion `anova1` in MATLAB. Der damit erhaltene p-Wert bezieht sich auf die zweiseitige Fragestellung $\mu_1 \neq \mu_2$ und basiert hier auf einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%.

Neben der sequenziellen, isolierten Analyse einzelner Einflüsse wurden auch – wo es angezeigt war – mehrere Einflussfaktoren gemeinsam betrachtet (mehrfaktorielle ANO-

VA). Hier zeigt sich die eigentliche Stärke von ANOVA, denn so können Signifikanzen sowohl für einzelne Einflussfaktoren, als auch für deren Interaktionen festgestellt werden. Es wurde hierfür auf die MATLAB-Funktion *anovan* zurückgegriffen.

Das Design des untersuchten Experiments wurde so gewählt, dass eine ANOVA-Analyse möglich war. Da sich die beiden untersuchten Strecken (Autobahn und Stadt) hinsichtlich ihren mittleren Geschwindigkeiten, dem Fahrverhalten etc. deutlich unterscheiden, wurden diese getrennt ausgewertet.

Die nachfolgenden Ergebnisse basieren auf der Untersuchung der gesamten Autobahn- oder Stadtstrecke. Auch wenn die ANOVA auf die Abschnitte der Strecken angewendet werden könnte, ist zu bedenken, dass jede weitere Unterteilung der jeweiligen Strecken durch Reduktion der Anzahl der Werte zu Lasten des Signifikanzlevels ginge. Dieses wird deutlich schwächer, wobei die Unsicherheit hinsichtlich statistischer Aussagen stark zunimmt.

4.1.1 ANOVA der mittleren Geschwindigkeit

Einbezogen wurden aus den Geschwindigkeitsprofilen der Einzelfahrten nur jene Geschwindigkeitswerte, die grösser als 10 km/h (Abschnitte der Stadtstrecke) bzw. 30 km/h (Abschnitte der Autobahnstrecke) sind. Mit dieser Begrenzung nach unten (Limit) sollen die zufälligen, versuchsunabhängigen Einflüsse von Stau oder sonstigen Behinderungen (z.B. durch eine Lichtsignalanlage) während der Einzelfahrten ausgeschieden werden. Die mittlere Geschwindigkeit, die sich aus dieser Auswertung ergibt, wird deshalb in den nachfolgenden Darstellungen mit „ $V_{m_overlimit}$ “ bezeichnet. Die Berechnung des Mittelwertes $V_{m_overlimit}$ ist im Abschnitt 5.2.2 beschrieben.

In Abb. 21 ist die mittlere Geschwindigkeit $V_{m_overlimit}$ auf der Autobahnstrecke (links) und auf der Stadtstrecke (rechts) zu sehen. Jede der farbig dargestellten Säulen repräsentiert das arithmetische Mittel der oben definierten Geschwindigkeit auf der gesamten Strecke, und zwar für 4 Gruppen von Einflussfaktoren. Wie aus der Legende zu Abb. 21 ersichtlich, wurden dabei vier Einflussgruppen betrachtet. Neben den zwei Hauptfaktoren IVIS (MIVIS / OIVIS) und Altersgruppe (Alte VP / Junge VP), wurden noch zwei weitere Faktoren, die begleitenden Versuchsleiter (VL Lan / VL tw) und die (Sommer)Ferienzeit (mit Ferien / ohne Ferien) mit einbezogen.

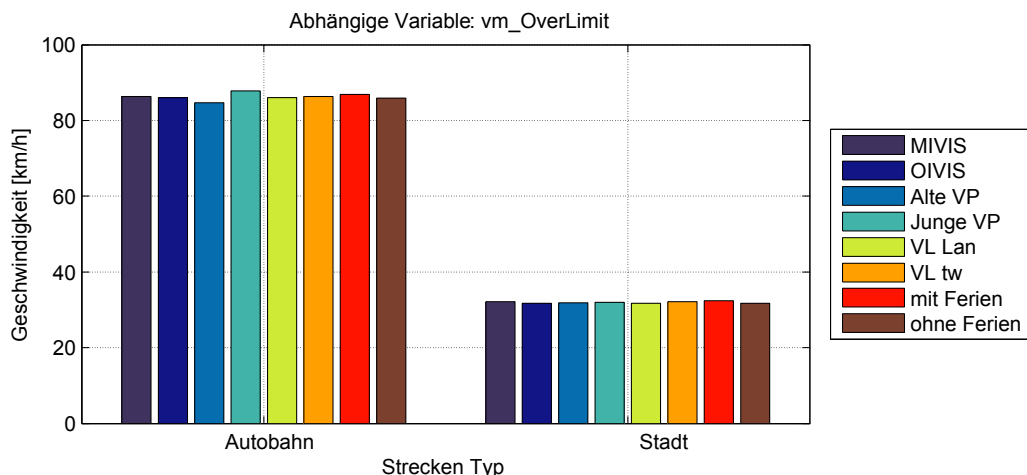


Abb. 21 Zusammenhänge zwischen $V_{m_overlimit}$ und den Einflussfaktoren gemäss Legende

Aus dem paarweise Vergleich in Abb. 21 ist ersichtlich, dass die mittlere Geschwindigkeit ($V_{m_overlimit}$) bei allen Einflussfaktoren ähnlich gross war; vor allem auf der Stadtstrecke. Ein grösserer Unterschied zeigt sich auf der Autobahnstrecke beim Vergleich der Altersgruppen, wo die $V_{m_overlimit}$ der jungen VP ca. 3 km/h höher lag als jene der alten VP, und zwar unbeschrieben des Einflusses von IVIS.

Mit der in Abb. 22 dargestellten, 4-faktoriellen ANOVA wird beurteilt, ob die Unterschiede der vier Gruppen von Einflussfaktoren innerhalb oder ausserhalb des festgelegten Signifikanzniveaus liegen. Als Signifikanzlevel wurde die 5%ige Irrtumswahrscheinlichkeit verwendet (gestrichelte Linie in Abb. 22). Des Weiteren kann der relative Rang der verwendeten Faktorengruppen (Einfluss von IVIS, Altersgruppe, Versuchsleiter, Ferienzeit) beurteilt werden. Die Länge der Balken korrespondiert mit dem p-Wert, welcher die Irrtumswahrscheinlichkeit, dass die Faktoren nicht signifikant sind, angibt. Balkenhöhen unterhalb der gestrichelten Linie weisen auf die Signifikanz hin.

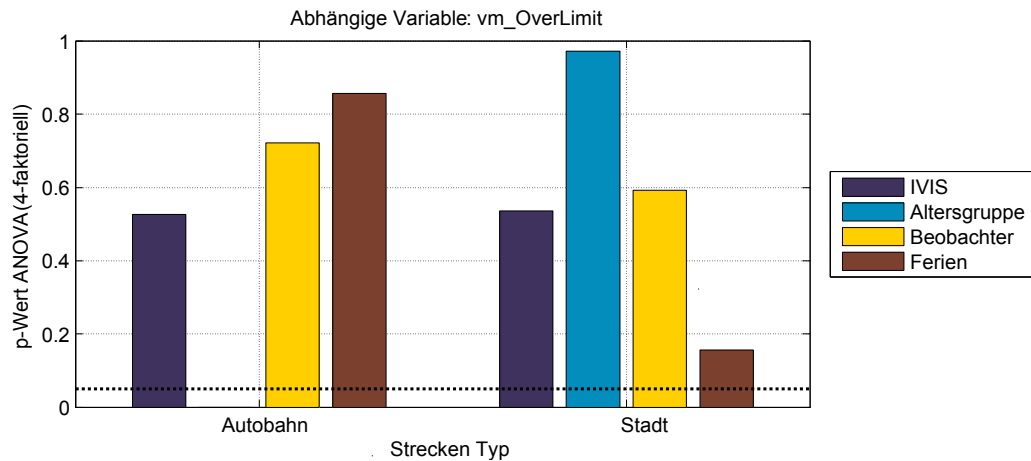


Abb. 22 4-faktorielle ANOVA der mittleren Geschwindigkeit $V_{m_overlimit}$

Die 4-faktorielle ANOVA-Berechnung zeigt, dass ein signifikanter Unterschied lediglich bei den Altersgruppen auf der Autobahnstrecke besteht: Die mittlere Geschwindigkeit $V_{m_overlimit}$ der älteren VP liegt signifikant niedriger als jene der jüngeren VP. Bei den übrigen drei Gruppen (Altersgruppe, Versuchsleiter, Ferienzeit) sind die Unterschiede nur zufällig. Auf der Stadtstrecke hingegen zeigen sich bei keiner der Faktorengruppen signifikante Unterschiede.

In Abb. 23 ist das Ergebnis der 2-faktoriellen ANOVA-Berechnung dargestellt. Sie enthält nur die Faktoren IVIS und Altersgruppe, sowie deren Kombination (IVIS*Altersgruppe). Daraus ist erkennbar, dass sowohl auf der Autobahn- als auch auf der Stadtstrecke der Einfluss von IVIS (dunkelblauer Balken) und jener der Kombination IVIS und Altersgruppe nicht signifikant waren. Die einzige Signifikanz für die betrachtete Geschwindigkeitsdifferenz resultierte auf der Autobahnstrecke beim Einflussfaktor Altersgruppe (fehlender grüner Balken).

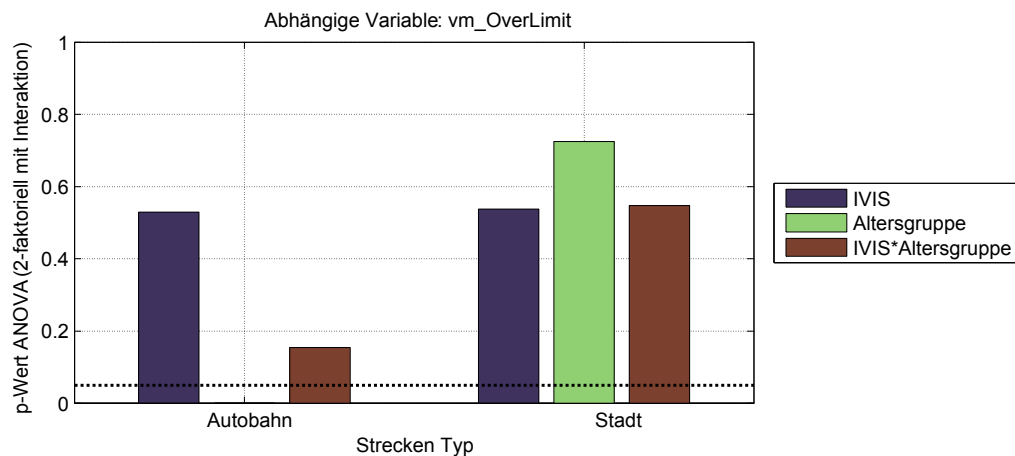


Abb. 23 2-Faktorielle ANOVA der mittleren Geschwindigkeit von $V_{m_overlimit}$

4.1.2 ANOVA für Häufigkeit der Verkehrsinteraktionen

In einem nächsten Schritt wurden die Einwirkungen des Ereignisses „Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern“ (vgl. Tab. 2) auf den zwei Versuchsstrecken geprüft. Bei diesem Ereignis handelt es sich um übermässige Reaktionen der VPs, die auf das beeinträchtigte Voraussehen von Verkehrssituationen zurückzuführen sind wie z.B.

- Übermässige Bremsung beim Auffahren auf ein Vorderfahrzeug oder auf Stau/Kolonnenverkehr, auf Rotsignal einer LSA
- Ansatz zu Vortrittsmissachtung (plötzlich abgebrochener An- bzw. Einfahrvorgang in den Knoten oder Linksabbiegevorgang im Knoten)
- Abgebrochener Fahrstreifenwechsel (nicht oder zu spät erkannter Konfliktpartner)
- Übermässiges Bremsen bei der Annäherung zum Fussgängerübergang (wo Fussgängerquerungen erwartet werden müssten)
- Übermässiges Bremsen und/oder Ausweichen vor einem parallel vorausfahrenden, von weitem gut sichtbaren Velofahrer.

Die mittlere Häufigkeit dieses potentiell gefährlichen Ereignisses ist in Abb. 24 dargestellt. Jede farbige Säule repräsentiert dort die Häufigkeit im Zusammenhang mit den in der Legende genannten vier Gruppen von Einflussfaktoren. Die dargestellte Häufigkeiten wurden wie folgt ermittelt: Für jede Fahrt eines Probanden wurde die Zahl der Ereignisse eines Typs (hier „Interaktion“) je Abschnitt einer Strecke (Autobahn oder Stadt) gezählt und durch die Anzahl der Abschnitte dividiert. Anschliessend wurde aus den Werten aller einbezogenen Probanden ein Mittelwert ausgerechnet. Dementsprechend handelt es sich hier um gemittelte relative Häufigkeiten.

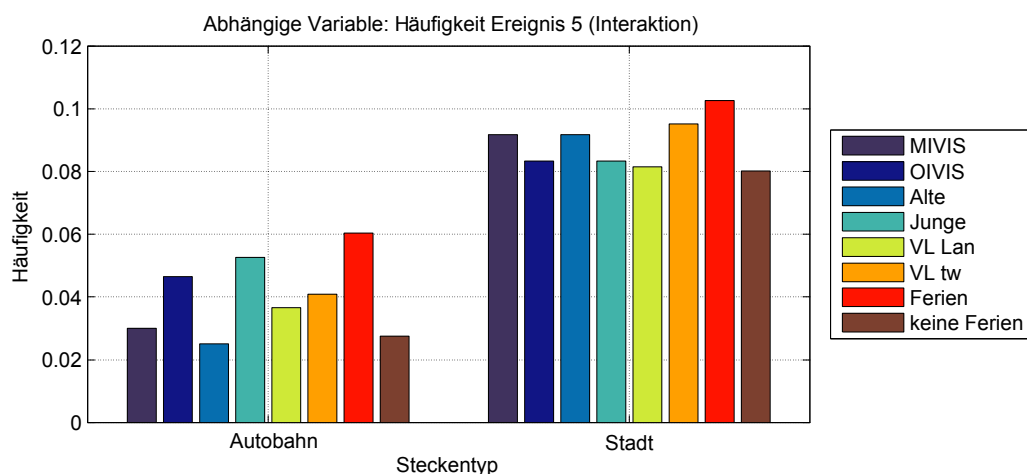


Abb. 24 Häufigkeit der Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern (Ereignis 5) in Zusammenhang mit den Einflussfaktoren gemäss Legende

Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass auf der Autobahnstrecke grundsätzlich weniger Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern vorkommen als auf der Stadtstrecke.

Betrachtet man die vier Einflussgruppen auf der *Autobahnstrecke* so sind dort die Interaktionen häufiger bei Fahrten ohne IVIS, bei den jüngeren VP und bei Fahrten während der Ferienzeit. Die Versuchsleiter (VL Lan / VL tw) spielen hingegen praktisch keine Rolle.

Auf der *Stadtstrecke*, wo infolge des dichteren und gemischten Verkehrs die oben beschriebenen Interaktionen häufiger auftreten als auf der Autobahnstrecke, sind die Unterschiede zwischen in den vier Einflussgruppen kleiner. Die Interaktionen treten etwas häufiger auf im Zustand mit IVIS, bei den älteren VP und vor allem bei Fahrten während der Ferienzeit. Anders als auf der Autobahnstrecke, zeigt sich hier auch der Einfluss des Versuchsleiters.

Analog zu 4.1.1 wird mit der in Abb. 25 dargestellten 4-faktoriellen ANOVA beurteilt, ob die oben erwähnten Unterschiede statistisch signifikant sind. Die Ergebnisse zeigen, dass die Unterschiede in allen vier Einflussgruppen nur zufällig sind, die p-Werte der Einflussfaktoren IVIS, Altersgruppe, Versuchsleiter und Ferienzeit liegen sowohl auf der Autobahn- als auch auf der Stadtstrecke über dem 5%igen Signifikanzniveau.

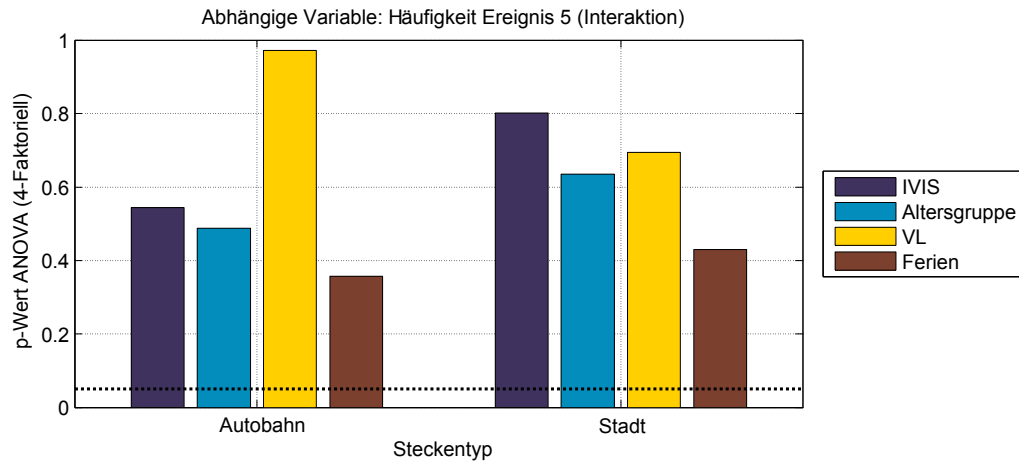


Abb. 25 4-faktorielle ANOVA der Häufigkeit des Ereignisses 5 „Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern“

Das obige Ergebnis wird durch die in Abb. 26 dargestellte 2-faktorielle ANOVA-Berechnung bestätigt. Sie konzentriert sich auf die Faktoren IVIS und Altersgruppe, sowie deren Kombination (IVIS*Altersgruppe). Daraus ist erkennbar, dass die Unterschiede in der Häufigkeit der Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern in keinem der betrachteten Fälle signifikant sind, weder auf der Autobahn- noch auf der Stadtstrecke.

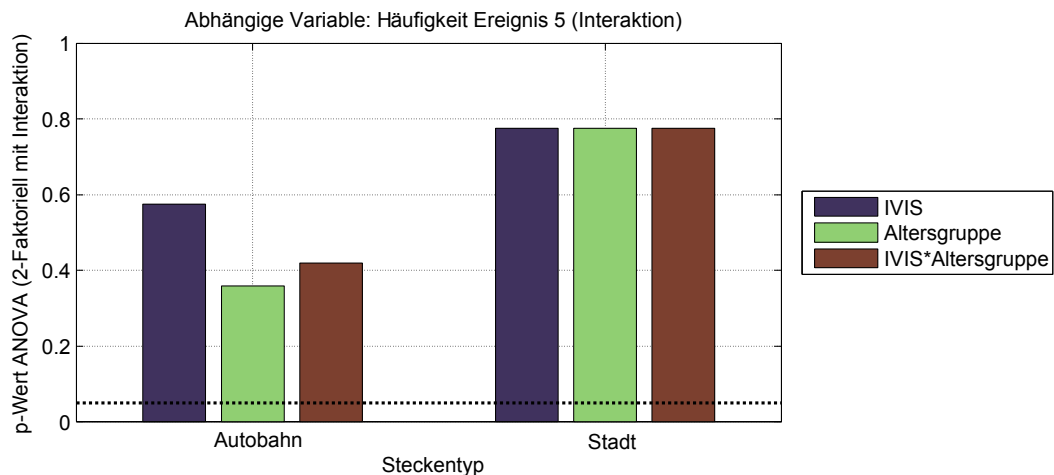


Abb. 26 2-faktorielle ANOVA der Häufigkeit des Ereignisses 5 „Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern“

4.2 ANOVA-Analyse der Autobahnstrecke

Bei der Analyse der Autobahnstrecke werden zusätzliche bzw. andere Auswertungsgrößen und Einflussfaktoren als in 4.1 verwendet.

Als neue *Auswertungsgröße* wird nicht die mittlere Geschwindigkeit, sondern die sicherheitsrelevanteren Geschwindigkeitspercentile V_{85} (vgl. 5.1.2) verwendet. Sie repräsentiert im Verkehrsingenieurwesen die Gruppe von „schnell fahrenden“ Fahrzeugen (nur 15%

der betrachteten Fahrzeuge fahren noch schneller als der angegebene Geschwindigkeitswert). Wie in 4.1.1 werden dabei die bereinigten Geschwindigkeitswerte („overLimit“) verwendet.

Zusätzlich werden hier die Häufigkeiten des Auftretens von folgenden, sicherheitsrelevanten Ereignissen analysiert (vgl. auch Tab. 2):

- Aktives Überholen (nur auf Autobahnstrecke)
- Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern
- Zu kurze Folgeabstände (nur auf Autobahnstrecke)
- Routenanweisungen

Als *Einflussfaktoren* werden einbezogen die für die Fragestellung zentrale Gruppe *IVIS* sowie die Gruppe *Altersgruppe*, deren Einfluss sich in 4.1 bei Autobahnstrecken als einziger signifikant erwiesen hat. Nicht mehr berücksichtigt werden die Gruppen *Versuchsleiter* und *Ferienzeit*. Neu wird hingegen – zusätzlich zu den bereits untersuchten Einflussfaktoren „*IVIS*“ und „*Altersgruppe*“ – der Einflussfaktor „*Erfahrung mit Zielführungssystemen*“ (Navi Erfahrung) einbezogen¹⁰. Damit gelangt in diesem Abschnitt die 3-faktorielle ANOVA zur Anwendung. Bei der 3-faktoriellen Analyse werden zusätzlich noch die Kombinationen der Einflussfaktoren *IVIS* und Navi Erfahrung sowie *Altersgruppe* und Navi Erfahrung geprüft.

4.2.1 Geschwindigkeit V85

Für die Ermittlung der 85%igen Geschwindigkeit (V85) auf der Autobahnstrecke wurden die „bereinigten“ Geschwindigkeiten aus den aufgezeichneten Fahrprofilen verwendet (nur Werte >30 km/h berücksichtigt). Analog zu 4.1.1 wird diese Geschwindigkeit mit „V85_{overlimit}“ bezeichnet. Die in Abb. 27 angegebenen Geschwindigkeiten stellen jeweils die Mittelwerte einer bestimmten, in der Abbildungslegende angegebenen Probandengruppe dar.

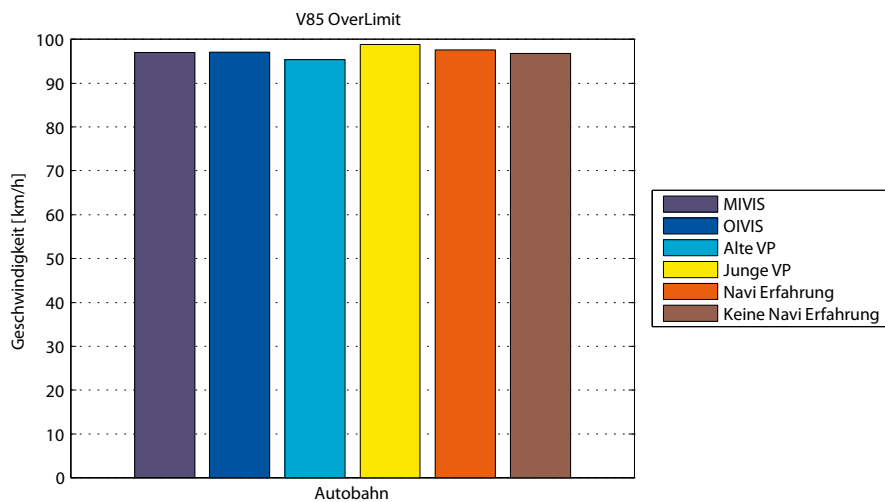


Abb. 27 Zusammenhänge zwischen Geschwindigkeit V85_{overlimit} auf der Autobahnstrecke und den Einflussfaktoren gemäss Legende

Die obige Abbildung zeigt, dass bei den Einflussfaktoren *IVIS* und Navi Erfahrung nur geringe Unterschiede der V85 bestehen. Beim Einflussfaktor *Altersgruppe* ist ersichtlich, dass jüngere VP im Mittel eine deutlich höhere V85 aufweisen. Die ANOVA-Analyse in Abb. 28 weist für diesen Einflussfaktor einen signifikanten Unterschied aus (p-Wert unterhalb dem 5%igen Signifikanzniveau). Dieses Ergebnis ergab sich auch für die mittlere

¹⁰ Diese Information war aus den Befragungen der Probanden bekannt. Etwas mehr als ein Viertel der Versuchspersonen gaben an, Erfahrungen mit Navigationsgerät im Fahrzeug zu haben.

Geschwindigkeit $V_{m_{\text{overlimit}}}$ (vgl. in 4.1.1). Die Unterschiede bei den übrigen Einflussfaktoren (IVIS, Navi Erfahrung) und deren Kombinationen sind statistisch nur zufällig.

Die höheren Geschwindigkeiten der jüngeren VP sind gemäss vorliegendem Ergebnis nicht auf den Einfluss von IVIS zurückzuführen.

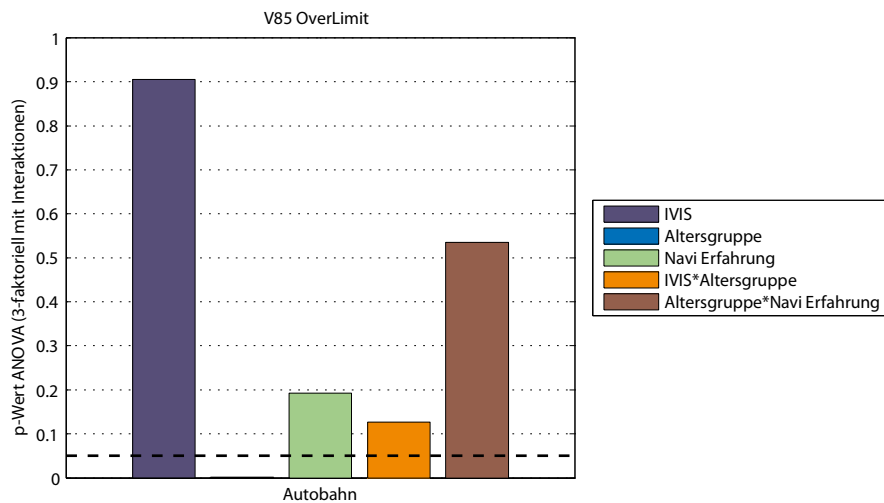


Abb. 28 3-faktorielle ANOVA der Geschwindigkeit $V_{85_{\text{overlimit}}}$ auf der Autobahnstrecke

4.2.2 Häufigkeit des Ereignisses aktives Überholen

Die relative Häufigkeit der durch die Probanden durchgeführten Überholmanöver ist in Abb. 29 dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass die Probanden auf einem durchschnittlichen Autobahnabschnitt je nach Einflussfaktor im Mittel zwischen ca. 0.6 und 1.0 aktive Überholungen durchgeführt haben.

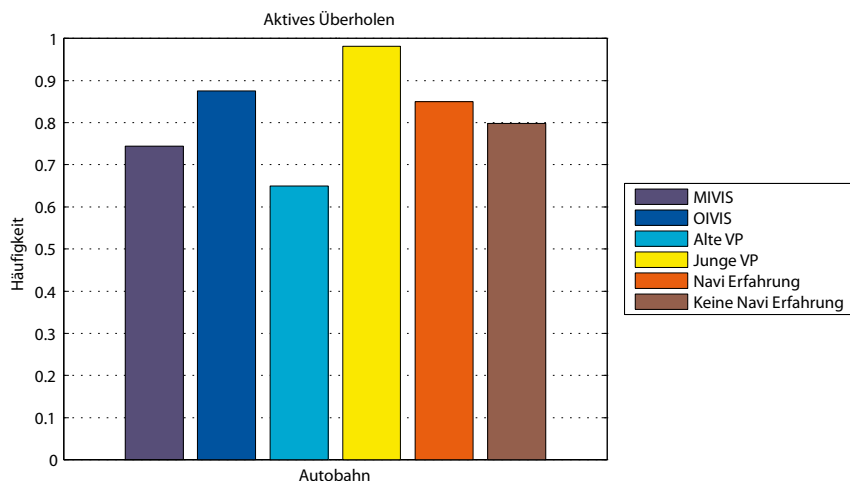


Abb. 29 Häufigkeit des Ereignisses aktives Überholen auf der Autobahnstrecke, im Zusammenhang mit den Einflussfaktoren gemäss Legende

Aus der Auswertung ist ersichtlich, dass bei allen drei Einflussfaktoren Unterschiede in der Häufigkeit des aktiven Überholens bestehen. Am deutlichsten sind sie beim Vergleich zwischen den Altersgruppen alte / jung Versuchspersonen (VP). Im Zustand mit IVIS ergaben sich weniger Überholungen als ohne IVIS, die Navi Erfahrung bewirkte tendenziell mehr Überholungen.

Die ANOVA-Analyse in Abb. 30 weist für den Einflussfaktor Altersgruppe einen signifikanten Unterschied aus, während die Unterschiede bei den übrigen Einflussfaktoren (IVIS,

Navi Erfahrung) und deren Kombinationen nur statistisch zufällig sind. Im statistischen Sinn sind die häufigeren Überholungen der jüngeren VP nicht auf den Einfluss von IVIS zurückzuführen. Vergleicht man jedoch die Ergebnisse in Abb. 28 und Abb. 30, so zeigt sich, dass der Einfluss von IVIS auf die Häufigkeit des aktiven Überholens (p-Wert ca. 0.19) deutlich grösser ist als jener auf die V85%-Geschwindigkeit der schnell fahrenden Probanden (p-Wert ca. 0.9).

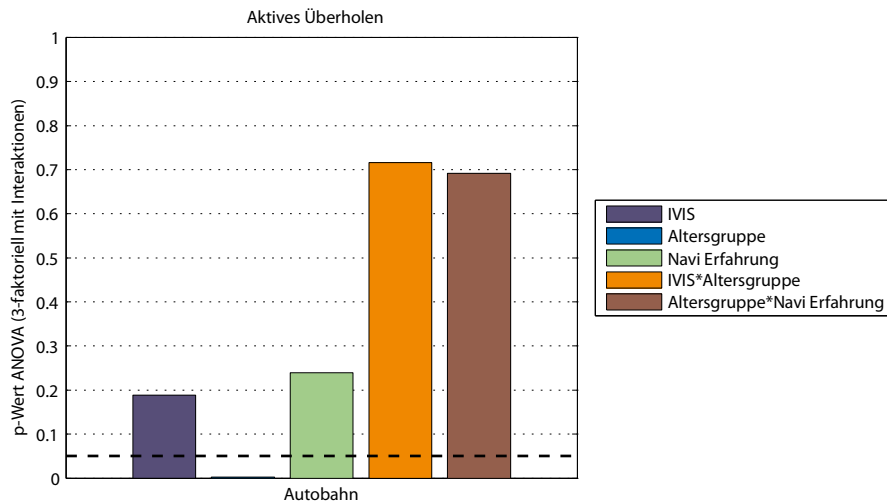


Abb. 30 3-faktorielle ANOVA der Häufigkeit des Ereignisses aktives Überholen auf der Autobahnstrecke

4.2.3 Häufigkeit des Ereignisses Routenanweisungen

In der folgenden Darstellung (Abb. 31) ist die mittlere Häufigkeit der vom Versuchsleiter abgegebenen Routenanweisungen an die VP dargestellt. Diese Anweisungen waren während der Versuchsfahrten dann notwendig, wenn sich - trotz Wegweisung (Zustand ohne IVIS) oder trotz Zielführung mit Navigationsgerät (Zustand mit IVIS) – das Verlassen der vorgegebenen Route abzeichnete. Eine erhöhte Häufigkeit der Anweisungen kann als beeinträchtigte Orientierung der VP gedeutet werden.

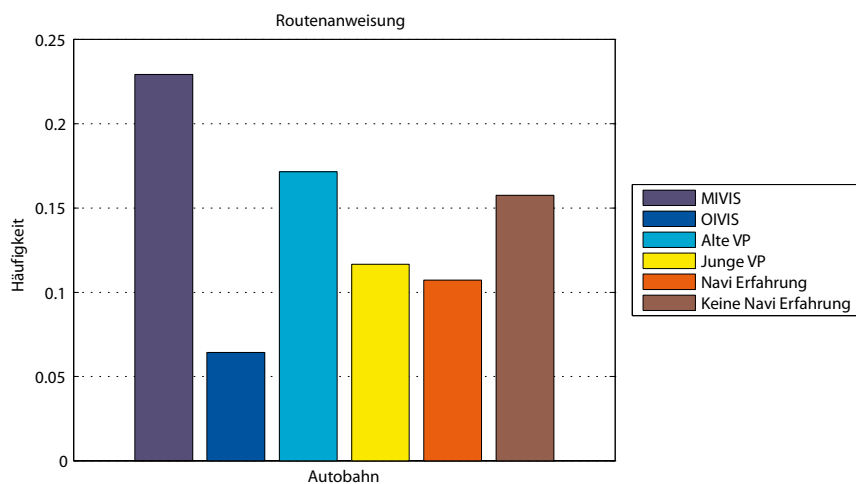


Abb. 31 Häufigkeit des Ereignisses Routenanweisungen auf der Autobahnstrecke, im Zusammenhang mit den Einflussfaktoren gemäss Legende

Die Abb. 31 zeigt, dass die Anweisungen der Versuchsleiter bei Fahrten mit IVIS (MIVIS) ca. 3mal häufiger waren als bei Fahrten ohne IVIS (OIVIS), und dass sie sich häufiger an ältere VP und auf VP ohne Navi Erfahrung richteten. Die Häufigkeitsunterschiede sind teilweise erheblich.

Die ANOVA-Analyse in Abb. 32 ergibt für die Veränderungen bei den Einflussfaktoren *IVIS* und *Altersgruppe* eine eindeutige, für *Navi Erfahrung* eine knappe Signifikanz.

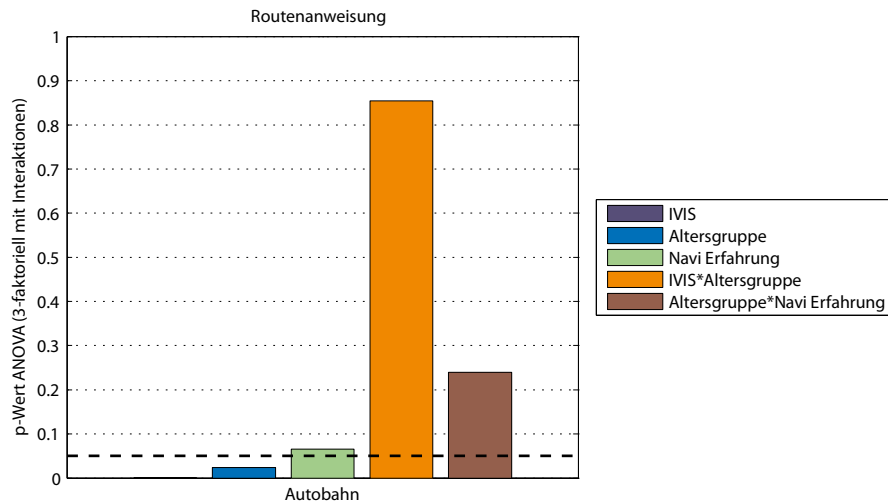


Abb. 32 3-faktorielle ANOVA der Häufigkeit des Ereignisses Routenanweisungen auf der Autobahnstrecke

Der Befund, wonach bei *Fahrten mit IVIS* bzw. mit Zielführungssystem die Versuchsleiter signifikant häufiger Routenanweisungen geben mussten, scheint überraschend. Obwohl die Wegweisung auf den Autobahnen i.a. qualitativ gut ist, würde man bei der Zielführung mit Navigationsgerät eine höhere Zuverlässigkeit erwarten. Gemäss Beobachtungen der Versuchsleiter hängt dies mit den oft unklaren mündlichen Navi-Anweisungen¹¹ im Bereich von Verzweigungs- / Vereinigungsbauwerken und von komplexen Anschlüssen zusammen.

Gemäss dem zweiten Befund benötigten die *älteren VP* signifikant mehr Routenanweisungen als die jüngeren VP. Dies gilt auch für die VP ohne Navi Erfahrung, obwohl hierfür kein statistisch zuverlässiges Ergebnis vorliegt.

4.2.4 Häufigkeit des Ereignisses Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern

Wie in 4.1.2 bereits beschrieben, wurden unter diesem Ereignis übermässige Reaktionen der VP bei Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern erfasst, die auf das beeinträchtigte Voraussehen von Verkehrssituationen zurückzuführen sind. In der Regel handelte es sich um Situationen, die durch den (von der Fahraufgabe unbelasteten) Versuchsleiter voraussehbar waren, von den Fahrzeuglenker jedoch zu spät erkannt bzw. nicht richtig eingeschätzt wurden.

Aus Abb. 33 geht hervor, dass zwischen den Einflussfaktoren relativ grosse Unterschiede in der Häufigkeit dieses Ereignisses bestehen. Allerdings ist zu beachten, dass die Häufigkeiten im Vergleich zu jenen der Routenanweisungen (4.2.3) oder der aktiven Überholungen (4.2.2) sehr niedrig waren.

Gemäss Abb. 33 war das oben beschriebene Ereignis häufiger im Zustand ohne IVIS, bei jüngeren VP und bei VP ohne Navi Erfahrung. Allerdings zeigt die 3-faktorielle ANOVA-Analyse in Abb. 34, dass diese Unterschiede nicht statistisch signifikant sind. Dieses Ergebnis bestätigt jenes in 4.1.2 (4-faktorielle ANOVA).

¹¹ Hier muss auch berücksichtigt werden, dass die Probanden in der Einführung durch die Versuchsleiter angehalten wurden, sich nach den sprachlichen Anweisungen zu richten. Die Konsultation der Anzeigen auf dem Display des Navigationsgerätes (und damit die Blickabwendung vom voraus liegenden Fahrraum) sollte dadurch möglichst unterbleiben.

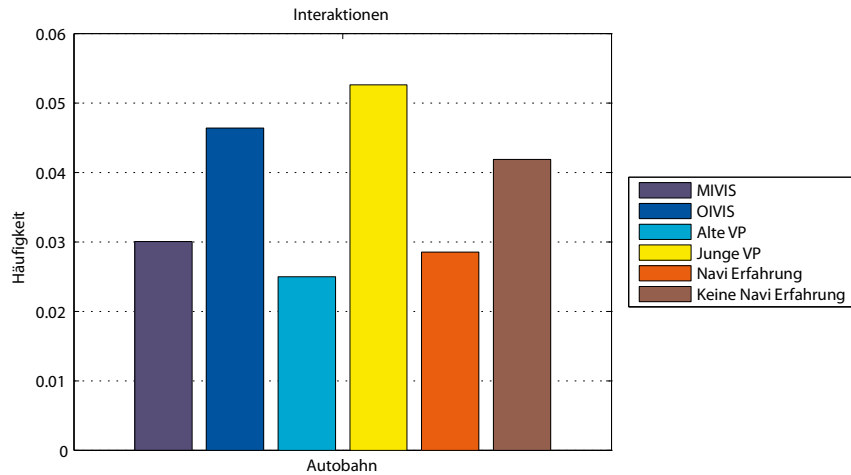


Abb. 33 Häufigkeit des Ereignisses Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern auf der Autobahnstrecke, im Zusammenhang mit den Einflussfaktoren gemäss Legende

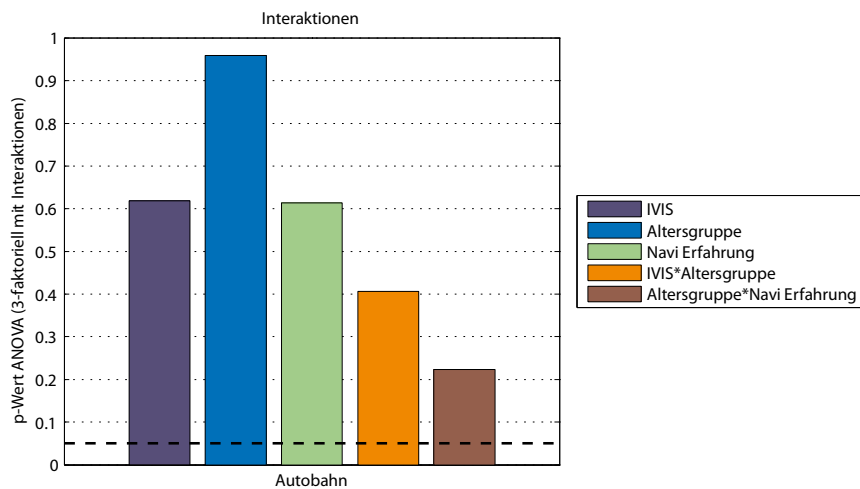


Abb. 34 3-faktorielle ANOVA der Häufigkeit des Ereignisses Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern auf der Autobahnstrecke

4.2.5 Häufigkeit des Ereignisses zu kurze Folgeabstände

Das zu nahe Auffahren auf ein vorausfahrendes Fahrzeug kann als Hinweis auf eine erhöhte Beanspruchung der VP hindeuten. Bei der Eingabe dieses Ereignisses wurde die Zeitlücke von ca. 1 s angewendet (vgl. Anhang I.3.5).

Die Häufigkeit dieses Ereignisses ist in Abb. 35 dargestellt. Es zeigen sich zwischen den Einflussfaktoren relativ grosse Unterschiede. Allerdings ist hier wie schon in 4.2.4 zu berücksichtigen, dass die Häufigkeit dieses Ereignisses relativ klein war.

Gemäss Abb. 33 war das Auftreten von zu kurzen Folgeabständen häufiger im Zustand ohne IVIS, bei jüngeren VP und bei VP mit Navi Erfahrung. Bei diesen drei Unterschieden ergab die ANOVA-Analyse in Abb. 36, statistisch signifikante Veränderungen. Als signifikant erwiesen sich auch die Kombinationen IVIS mit Altersgruppe und Altersgruppe mit Navi Erfahrung.

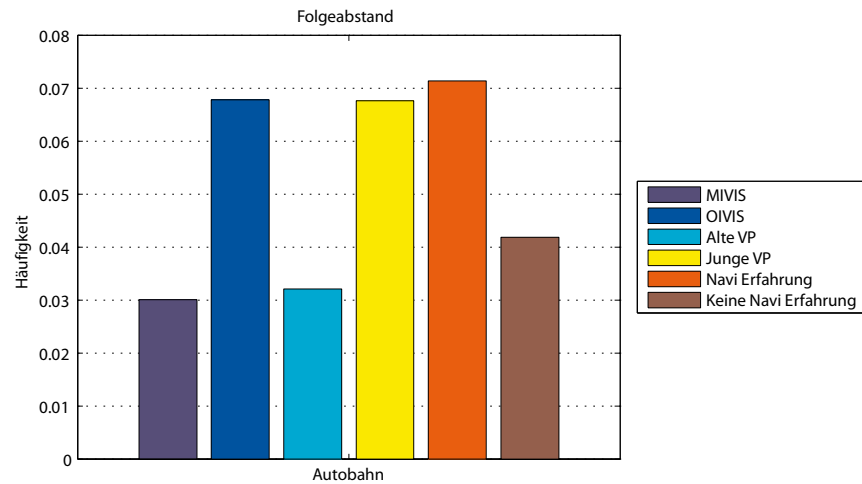


Abb. 35 Häufigkeit des Ereignisses zu kurze Folgeabstände auf der Autobahnstrecke, im Zusammenhang mit den Einflussfaktoren gemäss Legende

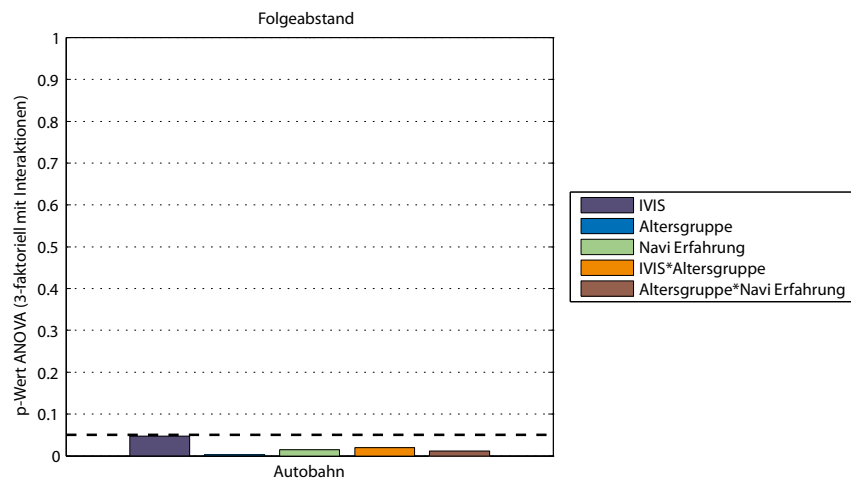


Abb. 36 3-faktorielle ANOVA der Häufigkeit des Ereignisses zu kurze Folgeabstände auf der Autobahnstrecke

4.2.6 Zusammenfassung Autobahnstrecke

Die Untersuchung der Autobahnstrecke ergab keine signifikanten Auswirkungen des IVIS-Einsatzes auf die Mittelwerte der *Geschwindigkeit* der Gruppe von schnell fahrenden Probanden (V85). Die festgestellten, signifikant niedrigeren Werte der V85 und Vm für die Altersgruppe ältere Versuchspersonen können nicht auf den Einsatz von IVIS zurückgeführt werden.

Bei den *sicherheitsrelevanten Ereignissen* zeigten sich bei den drei betrachteten Gruppen von Einflussfaktoren neben kleineren teilweise auch beträchtliche Unterschiede, die jedoch mangels einer insgesamt ausreichender Ereignishäufigkeit nicht als statistisch signifikante Veränderungen gelten können. So erwiesen sich die Veränderungen in der Häufigkeit von Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern als nicht signifikant. Nachfolgend sind jene Häufigkeitsveränderungen zusammengestellt, die aus der mehrfaktoriellen ANOVA-Untersuchung als signifikant hervorgegangen sind:

- Aktives Überholen

Jüngere VP sind an aktiven Überholungen häufiger beteiligt als ältere VP. Dieser signifikante Unterschied ist jedoch nicht eine Folge des Einsatzes von IVIS und hängt auch nicht mit der Navi Erfahrung zusammen.

- Routenanweisungen

Bei Fahrten mit IVIS-Einsatz mussten die Versuchsleiter signifikant häufiger eingreifen und entsprechende Routenanweisungen geben als bei Fahrten nach konventioneller Wegweisung. Dies war signifikant häufiger bei den älteren Versuchspersonen und jenen ohne Navi Erfahrung der Fall.

Der obige Befund hängt primär mit der Qualität der mündlichen Anweisungen des eingesetzten Zielführungssystems.

- Zu kurze Folgeabstände

Obwohl das zu nahe Aufschliessen auf ein voraus fahrendes Fahrzeug selten vorgekommen ist, erwiesen sich bei diesem Ereignis die Häufigkeitsveränderungen bei allen Einflussgruppen als statistisch signifikant. Demnach sind zu kurze Folgeabstände beim IVIS-Einsatz *seltener* als ohne IVIS-Einsatz, sie kommen *häufiger* vor bei der Altersgruppe jüngere Probanden und bei Fahrer mit Navi Erfahrung.

Diese Befunde werden auch durch die kombinierten Auswertungen bestätigt. Bei Fahrten mit IVIS-Einsatz sind zu kurze Folgeabstände bei älteren VP signifikant seltener, und zwar auch dann, wenn sie über keine Erfahrung mit einem Navigationsgerät verfügen.

4.3 ANOVA-Analyse der Stadtstrecke

Analog zu 4.2 werden bei der Analyse der Stadtstrecke als Auswertungsgrößen die Geschwindigkeitspercentile V85 sowie die folgenden Ereignisse verwendet:

- Routenanweisungen
- Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern

Überholvorgänge auf Strassen innerorts mit Gemischtverkehr sind – anders als auf den Autobahnen - selten und aus Sicherheitsgründen auch nicht erwünscht. Mangels Relevanz wurde deshalb auf die Erfassung des Ereignisses „aktives Überholen“ auf der Stadtstrecke verzichtet.

Das *zu nahe Aufschliessen* auf vorausfahrendes Fahrzeug kommt im Stadtverkehr sehr häufig vor. Die Aufnahme dieser Ereignisse würde die Versuchsleiter so stark beanspruchen, dass dadurch die Registrierung der anderen Ereignisse beeinträchtigt wäre. Aus diesem Grund wurden die Ereignisse „zu kurze Folgeabstände“ auf der Stadtstrecke nicht erfasst.

Als unabhängige Variablen werden für Versuchsfahrten auf der Stadtstrecke die gleichen *Einflussfaktoren* einbezogen wie in 4.2: IVIS, Altersgruppe und die Erfahrung mit Zielführungssystemen (Navi Erfahrung).

4.3.1 Geschwindigkeit V85

Für die Ermittlung der 85%igen Geschwindigkeit (V85) wurden - wie auf der Autobahnstrecke - die „bereinigten“ Geschwindigkeiten aus den aufgezeichneten Fahrprofilen verwendet. Berücksichtigt wurden nur Werte mit Geschwindigkeiten >10 km/h („V85_{overlimit}“). Die in Abb. 37 angegebenen Geschwindigkeiten stellen jeweils die Mittelwerte einer bestimmten, in der Abbildungslegende angegebenen Probandengruppe dar.

Die Abb. 37 zeigt, dass auf dem vorliegenden Geschwindigkeitsniveau bezüglich der drei Gruppen von Einflussfaktoren praktisch keine Unterschiede der V_{85} bestehen. Dementsprechend weist die 3-faktorielle ANOVA-Analyse in Abb. 38 keine signifikanten Unterschiede aus (p-Werte unterhalb dem 5%igen Signifikanzniveau). Dieses Ergebnis ergab sich auch für die mittlere Geschwindigkeit $V_{m_{overlimit}}$ (vgl. 4-faktorielle ANOVA-Analyse in 4.1.1). Aus diesem Befund kann gefolgert werden, dass der IVIS-Einsatz keine Auswirkungen auf Fahrgeschwindigkeiten der VP in beiden Altersklassen hatte.

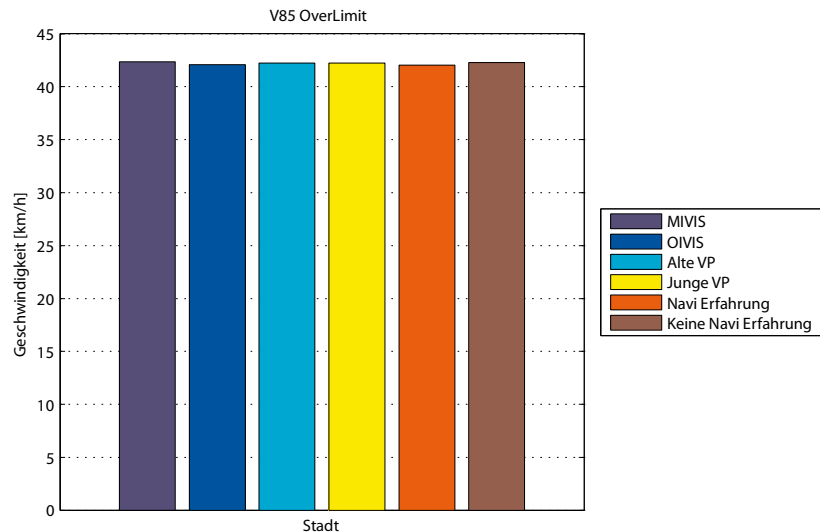


Abb. 37 Zusammenhänge zwischen Geschwindigkeit $V_{85_{overlimit}}$ auf der Stadtstrecke und den Einflussfaktoren gemäss Legende

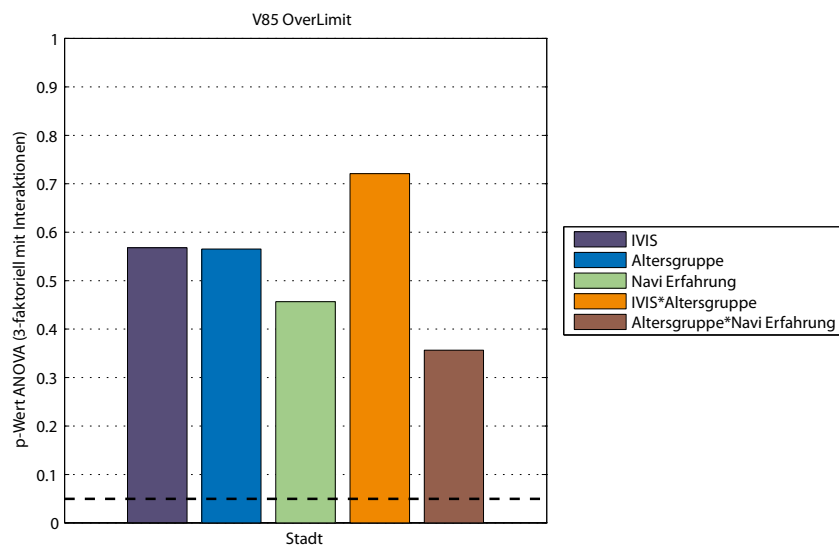


Abb. 38 3-faktorielle ANOVA der Geschwindigkeit $V_{85_{overlimit}}$ auf der Stadtstrecke

4.3.2 Häufigkeit des Ereignisses Routenanweisungen

Analog zur Auswertung für die Autobahnstrecke (vgl. 4.2.3) ist in Abb. 39 die mittlere Häufigkeit der vom Versuchsleiter abgegebenen Routenanweisungen an die VP dargestellt. Diese Anweisungen waren dann notwendig, wenn sich während der Versuchsfahrten das Verlassen der vorgegebenen Fahrtroute abzeichnete.

Aus der Auswertung ist ersichtlich, dass die Routenanweisungen im Zustand mit IVIS, bei jüngeren VP und bei solchen ohne Navi Erfahrung etwas häufiger nötig waren. Der Vergleich mit Abb. 31 zeigt, dass die relative Häufigkeit der Routenanweisungen auf der

Stadtstrecke im Mittel höher lag als auf der Autobahnstrecke, allerdings sind die Unterschiede innerhalb der Einflussfaktoren bei Fahrten auf der Stadtstrecke deutlich kleiner.

Dementsprechend ergab die Überprüfung mit ANOVA-Analyse in Abb. 40 bei keinem der drei Gruppen von Einflussfaktoren einen signifikanten Unterschied.

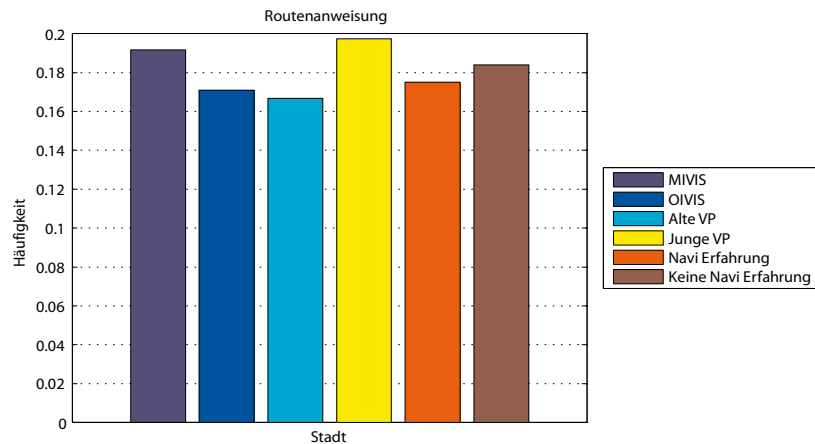


Abb. 39 Häufigkeit des Ereignisses Routenanweisungen auf der Stadtstrecke, im Zusammenhang mit den Einflussfaktoren gemäss Legende

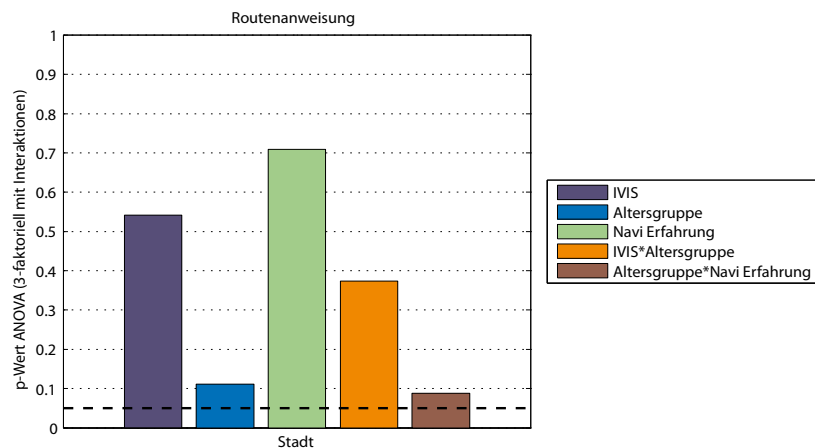


Abb. 40 3-faktorielle ANOVA der Häufigkeit des Ereignisses Routenanweisungen auf der Stadtstrecke

4.3.3 Häufigkeit des Ereignisses Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern

Die Häufigkeit von übermässigen Reaktionen der Probanden bei Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern als Folge der zu späten oder nicht richtigen Einschätzung von Verkehrssituationen ist in Abb. 41 dargestellt.

Es zeigt sich, dass die Interaktionen im Zustand mit IVIS und bei älteren VP nur wenig häufiger waren, während sie bei VP ohne Navi Erfahrung mehr als zweimal häufiger vorgekommen sind als bei VP mit Navi Erfahrung¹². Für diesen Befund ergab die ANOVA-Analyse in Abb. 42 eine signifikante Veränderung. Dies müsste so interpretiert werden, dass die VP ohne Navi Erfahrung durch das Zielführungssystem mehr von ihrer Fahrauf-

¹² Auch auf der Autobahnstrecke resultierte bei VP ohne Navi Erfahrung eine grössere Häufigkeit von Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern. Allerdings war die Veränderung nicht signifikant (vgl. 4.2.4).

gabe abgelenkt werden als VP mit Navi Erfahrung.

Die Veränderungen bei den Einflussfaktoren *IVIS* und *Altersgruppe* erwiesen sich in der 3-faktoriellen ANOVA (Abb. 42) als *zufällig*. Dieses Ergebnis wird auch durch die Analyse mit 4-faktorieller ANOVA bestätigt (vgl. Abb. 25 in 4.1.2).

Der Vergleich mit den Häufigkeiten auf der Autobahnstrecke (vgl. Abb. 33) zeigt, dass die Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern auf der Stadtstrecke mit Gemischtverkehr im Mittel etwa zwei- bis dreimal häufiger waren.

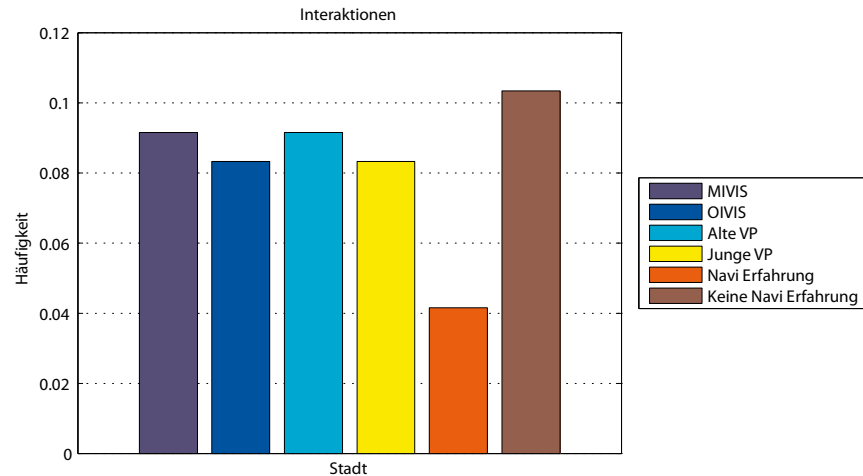


Abb. 41 Häufigkeit des Ereignisses Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern auf der Stadtstrecke, im Zusammenhang mit den Einflussfaktoren gemäss Legende

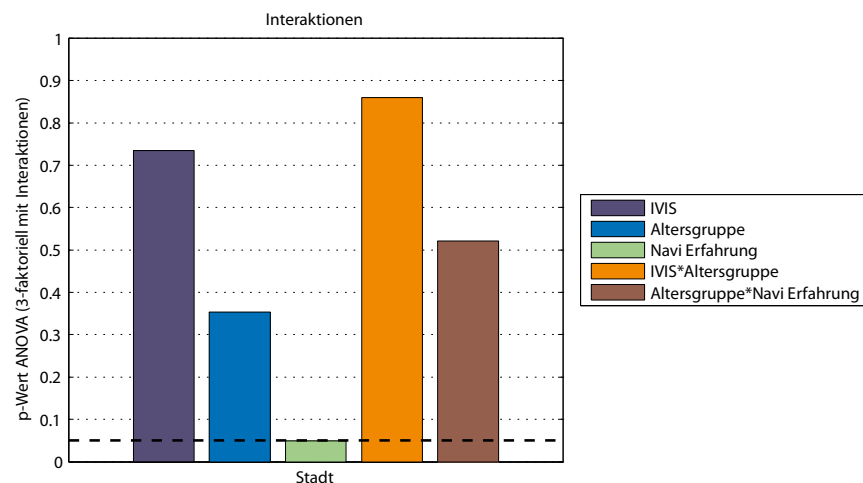


Abb. 42 3-faktorielle ANOVA der Häufigkeit des Ereignisses Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern auf der Stadtstrecke

4.3.4 Zusammenfassung Stadtstrecke

Die Untersuchung der Stadtstrecke ergab sowohl für die Mittelwerte der *Geschwindigkeit* der Gruppe von schnell fahrenden Probanden V85 als auch für die mittlere Geschwindigkeit *V_m* keine signifikanten Auswirkungen des IVIS-Einsatzes. Die Geschwindigkeitsunterschiede sind im Vergleich zur Autobahnstrecke wesentlich kleiner.

Bei den *sicherheitsrelevanten Ereignissen* „Routenanweisungen“ und „Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern“ kann kein signifikanter Einfluss des IVIS-Einsatzes fest-

gestellt werden. Auch beim Einflussfaktor Altersgruppe sind die Unterschiede zu klein, um statistisch signifikant zu sein.

Die einzige Ausnahme ist der signifikanter Einfluss des Einflussfaktors Navi Erfahrung auf die Häufigkeit der Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern. Diese waren bei VP ohne Navi Erfahrung wesentlich häufiger als bei VP mit Navi Erfahrung. Offensichtlich wurden diese „unerfahrenen“ VP durch die Anweisungen des Zielführungssystems mehr von ihrer Fahraufgabe abgelenkt als VP mit Navi Erfahrung.

Erwartungsgemäss ist – unabhängig vom Versuchsstatus ohne / mit IVIS - die Häufigkeit der Ereignisse „Routenanweisungen“ und „Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern“ auf der Stadtstrecke wesentlich grösser als auf der Autobahnstrecke.

5 Ergebnisse Bottom-up Analyse

Wie in 2.5.4 beschrieben wird bei dieser Auswertungsart der Ortsbezug in den Vordergrund gestellt. Hierzu wurden bestimmte Querschnitte und Abschnitte der zwei Versuchsstrecken einbezogen und die Auswirkungen auf die entsprechenden Beschreibungsgrößen im Vergleich der Zustände mit und ohne IVIS geprüft.

Die eine Stufe mit Ortsbezug stellen die einzelnen Abschnitte der Versuchsstrecken dar, die zwischen ca. 1 und 13 km lang sind. Ihre Abgrenzung berücksichtigt die unterschiedlichen geometrischen und betrieblichen Merkmale. Die Fahrten auf den Abschnitten repräsentieren also eine mehrminütige Fahrt. Auf den Abschnitten stehen Messgrößen im Vordergrund, die das Geschwindigkeitsniveau und die Gleichförmigkeit der Fahrt sowie die Häufigkeit von verkehrsrelevanten Ereignissen beschreiben. Auf die Auswertung der ausgewählten Abschnitte wird in 5.2 eingegangen.

Innerhalb der Abschnitte wurden einzelne Querschnitte ausgewählt. Hier ist der Ortsbezug noch konkreter als bei den Abschnitten. Für die Auswertung wurden je Querschnitt Messwerte verwendet, die immer an exakt gleichem Ort ermittelt wurden. Als Ortsbezug diente hier der Strassenraum, wie er sich dem Fahrzeuglenker an diesem Querschnitt präsentierte. Auf die Auswertung der festgelegten Querschnitte wird in 5.1 eingegangen.

5.1 Auswertung Querschnitte

Querschnittsmessungen zur Erfassung der lokalen Geschwindigkeiten gehören zu Standarderhebungen im Verkehrsingenieurwesen. Die Forschungsstelle verfügt hier über langjährige Erfahrungen aus Geschwindigkeitsmessungen auf verschiedenen Strassentypen. Dementsprechend liegen uns ausreichende Vergleichswerte vor (u.a. [Lindenmann et al 1993], [Dietrich et al 1998], [BAFU 2008], [Koy et al 2003]). Aus dem Vergleich mit diesen Erfahrungswerten können Rückschlüsse auf allfällige Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit abgeleitet werden.

5.1.1 Gewählte Querschnitte

Die betrachteten Querschnitte auf der Stadtstrecke (STA) und auf der Autobahn (AB) wurden aufgrund verschiedener Merkmale ausgewählt. Sie unterscheiden sich in der Komplexität der Situation, bedingt durch z.B. die örtliche Verkehrsdichte, Anhäufung von Signalen und Wegweisern, unterschiedlich hohe zulässige Höchstgeschwindigkeiten, Fussgängerquerungen oder Restriktionen im Strassenquerschnitt. Dementsprechend handelt es sich um Querschnitte, die entweder eine eher kleinere oder eher grössere Aufmerksamkeitsbeanspruchung vom Fahrzeuglenker erfordern. Im Vordergrund steht also die Frage, wie sich die verschiedenen Örtlichkeiten im Vergleich der Zustände ohne und mit IVIS auf das Fahrverhalten auswirken.

Für die Auswertung wurden vier Querschnitte auf der Autobahn und deren fünf auf der Stadtstrecke (vgl. Anhang II.2.2) betrachtet, welche nachfolgend aufgelistet sind. Für einen besseren Überblick wird zu jedem dieser Querschnitte das dazu gehörige Bild gezeigt. Bei den Abbildungen handelt es sich um Bildausschnitte, welche aus dem aufgenommenen Video während einer Versuchsfahrt gemacht wurden und somit den Blick des Fahrers bzw. der installierten Kamera auf die befahrene Strecke repräsentieren.

Querschnitte auf der Autobahnstrecke (AB):

Querschnitt AB1

A1-Nordumfahrung, zwischen Verzweigungen Zürich-Nord und Zürich-Ost / Fahrtrichtung St. Gallen

Stark befahrener, 4-streifiger Verflechtungsbereich, zulässige Höchstgeschwindigkeit (V_{zul}) = 100 km/h



Querschnitt AB2.1

A53 südlich von AS Wangen / Fahrtrichtung Volketswil

Gestreckte Linienführung, V_{zul} = 120 km/h



Querschnitt AB2.2

A53 in Hegnau / Fahrtrichtung Volketswil

Scharfe Rechtskurve (Radius R = ca. 500 m), V_{zul} = 80 km/h, überwacht mit stationärer Radaranlage



Querschnitt AB6

A1-Nordumfahrung, Ostportal Gubristtunnel, kurz nach Einfahrt Affoltern / Fahrtrichtung Urdorf

Tunneleinfahrt, stark befahrener Bereich, V_{zul} = 100 km/h, überwacht mit stationärer Radaranlage



Querschnitte auf der Stadtstrecke (STA):

Querschnitt STA8

Birmensdorferstrasse vor LSA Gutstrasse / Fahrtrichtung City

Im Bereich einer Tramhaltestelle, $V_{zul} = 50$ km/h



Querschnitt STA10

Selnaustrasse, Höhe Bhf. Selnau / Fahrtrichtung See

Enger Fahrstreifen neben Radstreifen, im Bereich einer Tramhaltestelle, $V_{zul} = 50$ km/h



Querschnitt STA11

General Guisan-Quai, Höhe Kongresshaus / Fahrtrichtung Bellevue

2-streifig neben Tram-/Busstreifen, $V_{zul} = 50$ km/h



Querschnitt STA12.1

Rämistrasse, zwischen LSA Zürichbergstr./ Knoten Gloristr. / Fahrtrichtung ETH/Uni Spital

Steigungsstrecke, $V_{zul} = 50$ km/h



Querschnitt STA12.2*

Universitätsstrasse bei Rigiplatz, zwischen Einmündung Gladbachstr. und Seilbahn Rigiblick / Fahrtrichtung Oerlikon

Querschnitt vor 3 Fussgängerstreifen, $V_{zul} = 50$ km/h

* Auf diesem Abschnitt wurde im Versuchsstatus mit IVIS das Telefongespräch geführt



5.1.2 Beschreibung der Auswertungsgrößen

In diesem Teil der Untersuchung wurde als Beschreibungsgrösse die lokale Geschwindigkeit der Einzelpersonen und der Altersgruppen an den eingangs genannten Querschnitten betrachtet. Anders als bei den Streckenabschnitten (vgl. 5.2) wurden hier alle am Querschnitt erfassten Geschwindigkeitswerte mit einbezogen. In der Auswertung sind somit auch zufällige Einflüsse von Stau oder sonstigen Behinderungen (z.B. durch eine Lichtsignalanlage) enthalten.

Für diese Geschwindigkeiten ergibt sich an jedem Querschnitt aus der kumulierten Häufigkeit der Geschwindigkeitsverteilung die mittlere Geschwindigkeit V_m [km/h] sowie die Kennwerte für die 85%ige (V_{85} [km/h]) und die 15%ige (V_{15} [km/h]) Geschwindigkeit.

Die $V_{85\%}$ repräsentiert im Verkehrsingenieurwesen die Gruppe von „schnell fahrenden“ Fahrzeugen (nur 15% der betrachteten Fahrzeuge fahren noch schneller als der angegebene Geschwindigkeitswert, analog sind bei der $V_{15\%}$ nur 15% langsamer). Die Geschwindigkeitsgrösse V_{85} wird deshalb für sicherheitstechnische Überlegungen verwendet.

Die mittlere Geschwindigkeit V_m ist das arithmetische Mittel, welches sich aus den lokalen Geschwindigkeiten V_i ergibt. In der Gleichung [1] ist n die Anzahl von Einzelpersonen bzw. deren Fahrten. Es werden jeweils die Gruppen der jungen und alten Fahrzeuglenker zusammen und getrennt betrachtet. Die V_m wird wie folgt berechnet:

$$V_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i \quad [\text{km/h}] \quad [1]$$

Die aus V_m resultierende Standardabweichung σ_{V_m} ist ein Mass der Streuung der lokalen Geschwindigkeit am jeweilig betrachteten Querschnitt. Mit der Streuung wird die Homogenität bzw. Gleichmässigkeit im Verkehrsablauf umschrieben. Die Varianz der Fahrzeuggeschwindigkeiten wird als Indiz für Sicherheitsdefizite gedeutet. Auch bzgl. Standardabweichungen auf verschiedenen Strassenkategorien bestehen Erfahrungswerte, die zum Vergleich herangezogen werden können.

Die Standardabweichung wird wie folgt berechnet:

$$\sigma_{V_m} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (V_i - V_m)^2} \quad [\text{km/h}] \quad [2]$$

Bei einer Häufigkeitsverteilung werden Merkmalsausprägungen anhand ihrer Häufigkeiten zugeordnet. Die Merkmalsausprägung ist in diesem Fall die Geschwindigkeit an den Querschnitten, welche in Klassen von 5 km/h unterteilt wurde. Die Geschwindigkeitswerte werden in diesen Klassen zusammengefasst und ergeben das in Abb. 43 dargestellte Histogramm. Aus der aufsteigend angeordneten Geschwindigkeit erhält man die absolute Häufigkeit H_{abs} :

$$H_{abs} = \sum_{i=1}^j h_i \quad [3]$$

h_i ist die Häufigkeit, auch Besetzungszahl genannt, der Geschwindigkeitswerte in den einzelnen Klassen. Die relative Häufigkeit der Geschwindigkeitsverteilung ähnelt bei einer ausreichenden Stichprobengrösse in der Regel einer Normalverteilung.

Die schwarze Kurve in Abb. 43 ist die kumulierte relative Häufigkeit H_{rel} und ist die prozentuale Häufigkeitssumme H_{abs} :

$$H_{rel} = \sum_{i=1}^j \frac{100 \cdot h_j}{n} \quad [4]$$

In der Gleichung ist n die Anzahl der Elemente, in unserem Fall die Anzahl der Geschwindigkeitswerte resultierend aus der Anzahl der Probanden. Die Häufigkeit h_i wird aufsteigend sortiert und schrittweise aufsummiert („Summenkurve“). Aus solchen Kurven werden die Kennwerte der V_{85} oder der V_{15} abgelesen.

Nachfolgend sind die absolute sowie die kumulierte relative Häufigkeit für den AB-Querschnitt AB1 für eine Fahrt ohne IVIS beispielhaft dargestellt. Die Ergebnisse für die übrigen AB- und STA-Querschnitte sind im Anhang III enthalten.

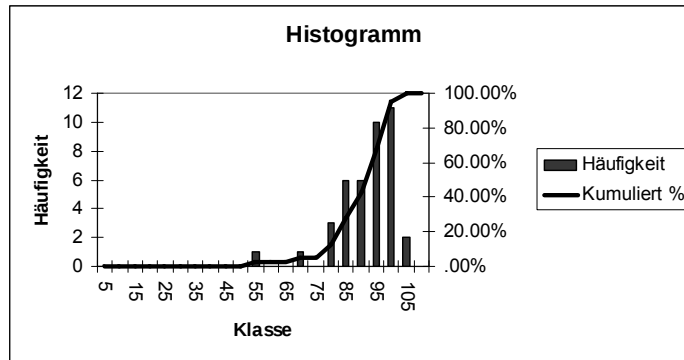


Abb. 43 Kumulierte Häufigkeit des Querschnitts AB 1

5.1.3 Auswertungen für die Gesamtheit aller Versuchspersonen

Die nachfolgenden Werte resultieren aus der Zusammenfassung der beiden Altersgruppen. Untersucht wurden die Kennwerte V_{85} , die mittlere Geschwindigkeit V_m sowie die Standardabweichung σ_{V_m} für 40 Fahrten ohne IVIS (in den folgenden Tabellen als OIVIS) sowie 40 Fahrten mit IVIS (in den folgenden Tabellen als MIVIS). Zudem wurden die Differenz für V_{85} und V_m zwischen den Fahrten MIVIS und OIVIS gebildet. Die Ergebnisse sind in Tab. 4 und Tab. 5 dargestellt. Die grau hinterlegten Bereiche in den Tabellen stellen die negativen Ergebnisse der Differenzen dar. In diesen Fällen sind die Probanden mit IVIS schneller gefahren als ohne IVIS.

Autobahnstrecke (AB)

Querschnitt	OIVIS			MIVIS			Differenz	
	$V_{85\%}$	V_m	σ_{V_m}	$V_{85\%}$	V_m	σ_{V_m}	$V_{85\%}$	V_m
AB 1	97.6	89.3	9.4	94.3	87.0	6.9	3.3	2.3
AB 2.1	102.7	90.5	9.0	99.7	91.1	7.9	3.0	-0.6
AB 2.2	80.2	76.7	7.0	78.3	75.4	4.7	1.9	1.3
AB 6	98.4	91.1	6.9	97.4	91.9	6.6	1.0	-0.8

Tab. 4 Kennwerte V_{85} , mittlere Geschwindigkeit V_m und deren Differenzen, sowie σ_{V_m} der untersuchten AB-Querschnitte bei Fahrten mit und ohne IVIS

Die Ergebnisse aus Tab. 4 werden nachfolgend kommentiert.

• V_{85}

Für die Gruppe von schnell fahrenden Fahrzeugen (V_{85}) resultieren im Zustand mit IVIS an allen betrachteten Autobahnquerschnitten niedrigere Geschwindigkeiten als im Zustand ohne IVIS; die V_{85} -Werte haben sich um 1.0 bis 3.3 km/h reduziert. Obwohl die Geschwindigkeitsabnahme relativ klein ist, muss die Auswirkung des IVIS-Einsatzes auf die Verkehrssicherheit insgesamt als positiv gewertet werden.

Die grösste Abnahme der V_{85} ergab sich an den Querschnitten AB1 und AB 2.1, die mit Tempolimits 100 bzw. 120 km/h belegt sind. AB1 ist auf einer komplexen und stark befahrenen Verflechtungsstrecke mit hoher Dichte an Signalen und Wegweisern, während sich AB 2.1 auf einem offenen, gestreckten Abschnitt (Tempolimit 120 km/h) befindet und im Querschnittsbereich keine Signale und Wegweiser vorhanden sind. Für die deutliche V_{85} -Abnahme im Zustand mit IVIS an diesen zwei Querschnitten ist also kein Ortsbe-

zug auszumachen.

Die kleinste Abnahme der V_{85} ergab sich an den Querschnitten AB2.2 und AB 6. Dies ist insofern verständlich, als an beiden Orten eine für Fahrzeuglenker sichtbare Radarüberwachung vorhanden ist, sodass exzessive Geschwindigkeiten - unabhängig vom Einsatz von IVIS - vermieden werden.

- V_m

Bei der mittleren Geschwindigkeit aller 40 Versuchspersonen ist keine Tendenz erkennbar, im Vergleich der Fahrten ohne und mit IVIS resultieren sowohl Zu- als auch Abnahmen der V_m -Werte, die jedoch nur geringfügig sind. Auch hier ist ein Ortsbezug kaum auszumachen.

- σV_m

Die grundsätzliche Abnahme der V_{85} -Werte bei praktisch gleich gebliebenen V_m -Werten deutet auf eine Homogenisierung der Geschwindigkeitsverteilung bei Fahrten mit IVIS hin. Wie aus Tab. 4 ersichtlich, haben sich die Standardabweichungen σV_m um den Mittelwert V_m in der Tat an allen betrachteten Autobahnquerschnitten reduziert. Dabei ist von Bedeutung, dass es sich bei den 40 Probanden um eine recht homogene Gruppe von Fahrzeuglenkern handelt, liegen doch die σV_m -Werte an allen Querschnitten deutlich unter den Werten, wie sie bei Geschwindigkeitsmessungen auf Autobahnen in der Regel ermittelt werden¹³.

Die Verringerung der σV_m an den einzelnen von im Mittel ca. 8.1 km/h (Zustand ohne IVIS) auf im Mittel ca. 6.5 km/h (Zustand mit IVIS) erscheint relativ gross. Berücksichtigt man jedoch die jeweilige Höhe der V_m um die die Geschwindigkeiten streuen, machen die Abnahmen der σV_m nur wenige Prozente aus. Dennoch deuten die niedrigeren σV_m -Werte darauf hin, dass mit Einsatz von IVIS die Geschwindigkeiten an den Autobahnquerschnitten homogener verteilt sind als ohne IVIS-Einsatz.

In einer simulatorischen Untersuchung von [Shinar et al 2004] mit ähnlicher Versuchsauslegung¹⁴ ergaben sich Standardabweichungen σV_m bei jüngeren VP von 9.6 km/h (bei V_m von 94.6 km/h), bei älteren VP von 12.3 km/h (bei V_m von 89.0 km/h). Gegenüber Fahrten ohne Telefongespräch (mittlere σV_m = 8.34 km/h) reduziert sich die Standardabweichung bei Fahrten mit Telefongespräch (mittlere σV_m = 7.37 km/h) um ca. 1 km/h. Dabei gelten die angegebenen Werte für VP der beiden Altersgruppen zusammen.

Stadtstrecke (STA)

Querschnitt	OIVIS			MIVIS			Differenz	
	$V_{85\%}$	V_m	σV_m	$V_{85\%}$	V_m	σV_m	$V_{85\%}$	V_m
STA 8	45.2	35.6	8.3	42.2	34.7	9.5	3.0	0.9
STA 10	37.6	33.8	5.8	39.0	33.8	4.5	-1.4	0.0
STA 11	47.2	41.0	9.2	49.0	39.7	13.0	-1.8	1.3
STA12.1	43.7	35.4	9.5	44.5	36.5	9.9	-0.8	-1.1
STA 12.2	39.0	22.4	13.0	34.7	21.1	11.1	4.3	1.3

Tab. 5 Kennwerte V_{85} , mittlere Geschwindigkeit V_m und deren Differenzen, sowie σV_m der untersuchten STA-Querschnitte bei Fahrten ohne und mit IVIS

Die Ergebnisse aus Tab. 5 werden nachfolgend kommentiert.

Anders als bei den Autobahnquerschnitten zeigen sich auf den Querschnitten der Stadtstrecke mit ihrem deutlich niedrigeren Geschwindigkeitsniveau völlig heterogene Auswirkungen der IVIS. Bei den Differenzen der V_{85} ergaben sich sowohl positive als auch negative Werte, bei jenen der V_m resultieren nur geringfügige Werte. Aussagen mit Gültigkeit für alle betrachteten Querschnitte sind hier nicht möglich.

¹³ In [BAFU 2008] wurden auf 10 Autobahnquerschnitten, an welchen vom IVT jährlich Geschwindigkeitsmessungen durchgeführt werden, σV_m -Werte für das Jahr 2008 von zwischen ca. 12 und 16 km/h ermittelt.

¹⁴ Fahrten am Simulator bei Geschwindigkeitsniveau von 65 mph, je 10 Probanden in Altersgruppen von 30 – 33 und 60 – 71 Jahren, aktiver Telefongespräch, aber kein Navigationsgerät, Fahrdauer ca. 30 – 60 Min.

Vergleicht man die Querschnitte untereinander, so fallen die Querschnitte STA8 und vor allem STA12.2 auf. Bei diesen haben sich die V_{85} -Werte im Zustand mit IVIS deutlich reduziert. (um 3.0 bzw. 4.3 km/h). Diese Auswirkung ist jedoch nicht auf den IVIS-Einsatz, sondern auf zufällig häufigeres Auftreten von staubedingt niedrigeren Geschwindigkeiten im Zustand mit IVIS zurückzuführen (vgl. Anhang III.2). Ein Ortsbezug liegt auch hier nicht vor: Bei STA8 handelt es sich um Querschnitt auf einer langen, geraden Strecke mit nur wenigen Querungen, aber im Vorsortierbereich einer LSA. STA12.2 befindet sich im stark staugefährdeten Abschnitt vor Rigiplatz (3 Fussgängerstreifen auf ca. 50 m, Baustelle im Bereich von Tramgeleise) und weist dementsprechend die niedrigsten Geschwindigkeitswerte auf.

5.1.4 Auswertungen für Altersgruppen und Einzelpersonen

In dieser Untersuchung werden einzelne VP betrachtet, wobei unterschieden wird ob sie aus der Altersgruppe jüngere VP (Junge) oder ältere VP (Alte) stammen. Auf diese Weise kann zum einen untersucht werden, ob immer dieselben Versuchspersonen in der Gruppe der Schnell- oder Langsamfahrer (V_{85} bzw. V_{15}) erscheinen. Zum anderen kann ein möglicher Einfluss von IVIS auf bestimmte Probanden aufgezeigt werden. Dies erlaubt im Rahmen der vorliegenden Auswertung einen Einblick darauf, welche Teilgruppen von Versuchspersonen auf den IVIS-Einsatz besonders auffällig reagieren.

Die Resultate der Auswertung sind in den nachfolgenden Tabellen aufgezeigt. Im ersten Teil werden die Querschnitte auf der Autobahnstrecke, im zweiten jene auf der Stadtstrecke betrachtet. In beiden Teilen sind zwei Arten von Auswertungen zu unterscheiden:

- Häufigkeitsauswertung an den *einzelnen* Querschnitten, für *alle* VP getrennt nach Altersgruppen (Tab. 6 und Tab. 8)
- Häufigkeitsauswertung über *alle* Querschnitte, für *bestimmte* VP getrennt nach Altersgruppen (Tab. 7 und Tab. 9)

In Tab. 6 (Autobahnstrecke) bzw. Tab. 8 (Stadtstrecke) ist in den Spalten „Alte“ und „Junge“ die Anzahl VP angegeben, die am betrachteten Querschnitt den angegebenen Kennwert der V_{15} erreicht oder unterschreitet bzw. der V_{85} erreicht oder überschreitet. Die Grösse „n JuA“ bezieht sich auch die Summe der jüngeren und älteren Probanden eines Kennwertes. Die Spalte „Prozent VP“ gibt den prozentualen Anteil an Personen eines Kennwertes bezogen auf die Gesamtanzahl „n VP“ der Probanden an.

In Tab. 7 bzw. Tab. 9 sind in der Spalte „Nr. VP“ die Nummern jener VP, die den angegebenen Kennwert bei ihren Fahrten an allen Querschnitten erreicht oder unterschritten (V_{15}) bzw. erreicht oder überschritten (V_{85}) haben. In der Spalte „n VP“ ist dazu angegeben, in wie vielen Fällen dies vorgekommen ist. Je Zustand (ohne oder mit IVIS) entspricht die maximal mögliche Zahl jener der Anzahl Querschnitte (4 auf Autobahnstrecke, 5 auf Stadtstrecke). Im oberen Teil der Spalten sind VP der Altersgruppe „Junge“, im unteren Teile jene der Altersgruppe „Alte“ angegeben; beide Gruppen sind durch einen waagrechten Strich unterteilt.

Autobahnstrecke

In Tab. 6 ist die Häufigkeit der Langsamfahrenden (V_{15}) und der Schnellfahrenden (V_{85}) dargestellt. Die Tatsache, dass die „n VP“ zwischen 38 und 40 schwankt, liegt darin begründet, dass ein technischer Defekt zum Verlust der Daten eines Halbtages geführt hat.

Verteilung OIVIS								Verteilung MIVIS							
Querschnitt	V-Wert	[km/h]	Alte	Junge	n JuA	n VP	%VP	Querschnitt	V-Wert	[km/h]	Alte	Junge	n JuA	n VP	%VP
AB 1	V ₁₅	82.0	4	2	6	40	15.0	AB 1	V ₁₅	80.0	5	1	6	38	15.8
	V ₈₅	97.6	4	3	7		17.5		V ₈₅	94.3	2	5	7		18.4
AB 2.1	V ₁₅	82.7	4	2	6	40	15.0	AB 2.1	V ₁₅	82.6	4	2	6	38	15.8
	V ₈₅	102.7	1	6	7		17.5		V ₈₅	99.7	1	6	7		18.4
AB 2.2	V ₁₅	70.5	5	1	6	40	15.0	AB 2.2	V ₁₅	70.1	5	1	6	38	15.8
	V ₈₅	80.2	3	5	8		20.0		V ₈₅	78.3	2	5	7		18.4
AB 6	V ₁₅	82.7	4	2	6	40	15.0	AB 6	V ₁₅	86.0	4	2	6	38	15.8
	V ₈₅	98.4	4	4	8		20.0		V ₈₅	97.4	2	5	7		18.4
Alle Querschnitte	V ₁₅	-	17	7	24			Alle Querschnitte	V ₁₅	-	18	6	24		
	V ₈₅	-	12	18	30				V ₈₅	-	7	21	28		

Tab. 6 Verteilung jüngerer und älterer Probanden auf die Gruppen der Langsam- (V₁₅) und Schnellfahrenden (V₈₅) bei Fahrten ohne IVIS (links) und mit IVIS (rechts)

Aus dem Vergleich über *alle Querschnitte* ist ersichtlich, dass die älteren Probanden im Zustand ohne IVIS häufiger in der Gruppe der Langsamfahrenden (V₁₅) auftreten als in der Gruppe der Schnellfahrenden (V₈₅); im Zustand mit IVIS ist diese Verteilung noch ausgeprägter. Bei den jüngeren Probanden ist die Verteilung umgekehrt: In 18 (OIVIS) bzw. 21 (MIVIS) Fällen sind sie in der Gruppe Schnellfahrende (V₈₅) wesentlich häufiger vertreten als in der Gruppe Langsamfahrende (V₁₅) und der Unterschied ist im Zustand mit IVIS wiederum ausgeprägter.

Aus der Tabelle ist auch ersichtlich, dass zwischen den *einzelnen Querschnitten* teilweise erhebliche Unterschiede bestehen:

Bei den *älteren* Versuchspersonen fällt im Zustand OIVIS der Querschnitt AB2.1 (gestreckte Linienführung mit V_{zul} = 120 km/h) auf, wo nur 1 Fahrer in der Gruppe Schnellfahrende (V₈₅) vertreten war, gegenüber 4 Fahrer in der Gruppe Langsamfahrende (V₁₅). Im Zustand MIVIS besteht das ausgeprägte Verhältnis bei fast allen Querschnitten. Dabei ist von Bedeutung, dass ältere VP beim IVIS-Einsatz etwa gleich häufig zur Gruppe der Langsamfahrenden (V₁₅) gehören wie im Zustand ohne IVIS, während sie in der Gruppe der Schnellfahrenden (V₈₅) an den Autobahnquerschnitten mit höchstens 2 Fällen wesentlich seltener auftreten. Der Anteil der schnell fahrenden älteren Fahrzeuglenker wird somit durch den IVIS-Einsatz reduziert.

Anders als bei den älteren Versuchspersonen bestehen bei den *jüngeren* Probanden keine Unterschiede zwischen den einzelnen Querschnitten: An allen 4 Querschnitten sind sie wesentlich häufiger in der Gruppe Schnellfahrende (V₈₅) als in der Gruppe Langsamfahrende (V₁₅) vertreten. Im Vergleich der Zustände OIVIS/MIVIS fällt lediglich der Querschnitt AB 1 (stark befahrener, 4-streifiger Verflechtungsbereich mit V_{zul} = 100 km/h) auf, wo sich die Anzahl jüngerer VP in der Gruppe Schnellfahrende (V₈₅) im Zustand mit IVIS von 3 auf 5 deutlich erhöht hat. Insgesamt wird der Anteil schnell fahrender jüngeren Fahrzeuglenker durch den IVIS-Einsatz leicht erhöht.

Bei Betrachtung von beiden *Altersgruppen zusammen* (nJuA) ergeben sich sowohl bzgl. einzelner Querschnitte als auch im Vergleich ohne / mit IVIS keine Unterschiede.

In Tab. 7 wird untersucht, ob bestimmte Probanden (VP)¹⁵ in einer der Gruppen Langsamfahrende (V₁₅) bzw. Schnellfahrende (V₈₅) häufig auftreten und ob sich zwischen den Zuständen ohne (links) / mit (rechts) IVIS Unterschiede ergeben. Dabei werden hier Auswertungen über alle vier Querschnitte vorgenommen, die höchste Zahl von Fahrten bei einer bestimmten Person je Zustand beträgt somit 4. Die VP der jüngeren Altersgruppe befinden sich jeweils im oberen Spaltenteil, jene der älteren Altersgruppe im unteren Spaltenteil.

¹⁵ Bei den VP-Nummern mit Bezeichnung „R“ handelt es sich um Probanden, die als Reservefahrer nachträglich in die Versuche einbezogen wurden.

ohne IVIS				mit IVIS			
Nr. VP v15	n VP	Nr. VP v85	n VP	Nr. VP v15	n VP	Nr. VP v85	n VP
2	1	4	1	4	1	3	1
10	1	5	3	11	1	4	1
15	1	7	2	13	1	5	2
R6	1	9	2	15	2	7	1
R14	2	10	1	19	1	8	2
R15	1	11	1	R15	1	9	1
21	3	13	3	21	1	10	1
22	3	15	1	23	2	11	1
23	2	16	2	24	2	12	1
26	1	19	1	25	1	13	2
28	3	20	1	26	1	15	1
36	2	25	1	27	1	16	3
39	1	27	2	28	1	19	2
40	1	30	1	31	2	20	1
		31	1	36	2	R15	1
		33	1	38	1	23	1
		34	1	39	2	26	1
		37	1	R41	2	27	2
		R42	4			30	1
						35	1
						R42	1

Tab. 7 Auswertung der Häufigkeit bestimmter Einzelpersonen in den Gruppen Langsamfahrende (V_{15}) bzw. Schnellfahrende (V_{85}) an allen AB-Querschnitten für die Zustände ohne IVIS (links) und mit IVIS (rechts)

Aus Tab. 7 ist ersichtlich, welche VP wie oft in einer der beiden Gruppen Langsamfahrende (V_{15} in der jeweils linken Spalte) bzw. Schnellfahrende (V_{85} in der jeweils rechten Spalte) aufgetreten sind. Der überwiegende Teil der VP hat nur eine Nennung ($n\ VP = 1$).

Im Zustand *ohne IVIS* fallen in der Gruppe Langsamfahrende (V_{15}) vor allem die VP-Nr. 21, 22 und 28 auf, die an 3 von 4 Querschnitten aufgetreten sind und alle drei zur Altersgruppe älteren VP gehören. Dies war im Zustand *mit IVIS* nicht mehr der Fall, diese drei VP sind nur einmal oder gar nicht der Gruppe Langsamfahrende (V_{15}) vorgekommen.

Bei der Gruppe Schnellfahrende (V_{85}) überwiegen die jüngeren VP, wobei im Zustand *ohne IVIS* die VP-Nr. 5 und 13 an 3 von 4 Querschnitten aufgetreten sind. Dazu ist auch eine ältere VP (Nr. R42) in der Gruppe Schnellfahrende (V_{85}) häufig aufgetreten (an allen 4 Querschnitten). Auffallend ist, dass diese VP im Zustand *mit IVIS* weniger häufig als Schnellfahrende (V_{85}) aufgefallen sind.

Stadtstrecke

Analog zu Tab. 6 ist in Tab. 8 die Häufigkeit der Langsamfahrenden (V_{15}) Schnellfahrenden (V_{85}) auf der Stadtstrecke dargestellt.

Verteilung OIVIS								Verteilung MIVIS							
Querschnitt	V-Wert	[km/h]	Alte	Junge	n JuA	n VP	%VP	Querschnitt	V-Wert	[km/h]	Alte	Junge	n JuA	n VP	%VP
STA 8	V ₁₅	28.1	3	3	6	38	15.8	STA 8	V ₁₅	26.3	3	3	6	40	15.0
	V ₈₅	45.2	2	5	7		18.4		V ₈₅	42.1	5	5	10		25.0
STA 10	V ₁₅	28.6	2	4	6	38	15.8	STA 10	V ₁₅	29.9	1	5	6	40	15.0
	V ₈₅	37.6	2	5	7		18.4		V ₈₅	39.0	4	3	7		17.5
STA 11	V ₁₅	34.2	3	3	6	38	15.8	STA 11	V ₁₅	29.6	2	4	6	40	15.0
	V ₈₅	47.2	4	3	7		18.4		V ₈₅	49.0	6	3	9		22.5
STA 12.1	V ₁₅	29.0	5	1	6	38	15.8	STA 12.1	V ₁₅	28.3	4	2	6	40	15.0
	V ₈₅	43.7	3	4	7		18.4		V ₈₅	44.5	3	4	7		17.5
STA 12.2	V ₁₅	8.8	5	1	6	38	15.8	STA 12.2	V ₁₅	10.0	4	2	6	40	15.0
	V ₈₅	39.0	3	4	7		18.4		V ₈₅	34.7	3	4	7		17.5
Alle Querschnitte	V ₁₅	-	23	13	36			Alle Querschnitte	V ₁₅	-	14	16	30		
	V ₈₅	-	14	21	35				V ₈₅	-	21	19	40		

Tab. 8 Verteilung junger und alter Probanden auf die Gruppen der Langsam- (V_{15}) und Schnellfahrenden (V_{85}) bei Fahrten ohne IVIS (links) und mit IVIS (rechts)

Aus dem Vergleich über *alle Querschnitte* ist ersichtlich, dass die *älteren VP* im Zustand *ohne IVIS* wesentlich häufiger in der Gruppe Langsamfahrende (V_{15}) auftreten als in der Gruppe Schnellfahrende (V_{85}). Im Zustand *mit IVIS* ist diese Verteilung völlig umgekehrt: Die *älteren Probanden* sind in der Gruppe Schnellfahrende (V_{85}) sogar häufiger vertreten

als die jüngeren. Bei den *jüngeren VP* scheint IVIS keine wesentliche Auswirkung auf die Fahrweise zu haben: In beiden Fällen sind sie in der Gruppe Schnelfahrende (V_{85}) häufiger vertreten (21-mal OIVIS, 19 mal MIVIS) als in der Gruppe Langsamfahrende (13 mal OIVIS, 16 mal MIVIS).

Ähnlich wie auf der Autobahn bestehen zwischen den *einzelnen Querschnitten* teilweise deutliche Unterschiede. Auffallend sind die Veränderungen zwischen den Zuständen *ohne und mit IVIS* bei der Gruppe Schnelfahrende (V_{85}). Bei den *älteren VP* haben sich die Anteile an drei der fünf Querschnitte (STA 8, 10 und 11) im Zustand mit IVIS deutlich erhöht. Diese Veränderung ist bei den *jüngeren VP* nicht feststellbar.

Bei der Gruppe *Langsamfahrende* (V_{15}) fällt auf, dass in den Querschnitten STA 12.1 und 12.2 der Anteil an älteren Probanden in beiden IVIS-Konstellationen deutlich höher ist als jener der jüngeren Probanden (5 zu 1 bzw. 4 zu 2). In den Querschnitten STA 10 und 11 ist das Verhältnis umgekehrt (1 zu 5 bzw. 2 zu 4), allerdings nur im Zustand mit IVIS.

Analog zu Tab. 7 wird in Tab. 9 untersucht, ob bestimmte VP¹⁶ in einer der Gruppen Langsamfahrende (V_{15}) bzw. Schnelfahrende (V_{85}) häufig auftreten und ob sich zwischen den Zuständen ohne (links) / mit (rechts) IVIS Unterschiede ergeben. Dabei werden hier Auswertungen über alle vier Querschnitte vorgenommen. Die VP der jüngeren Altersgruppe befinden sich jeweils im oberen Spaltenteil, jene der älteren Altersgruppe im unteren Spaltenteil.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass in beiden Geschwindigkeitsgruppen (V_{15} in der jeweils linken Spalte und V_{85} in der jeweils rechten Spalte) der überwiegende Teil der VP hat nur eine Nennung ($n\ VP = 1$) hat.

ohne IVIS				mit IVIS			
Nr. VP v15	n VP	Nr. VP v85	n VP	Nr. VP v15	n VP	Nr. VP v85	n VP
4	1	4	2	1	1	2	1
5	2	5	1	2	2	3	1
7	1	7	1	3	2	4	4
8	2	8	1	8	1	5	1
9	1	9	1	10	1	8	1
11	1	10	1	11	2	9	1
15	1	11	2	12	2	12	1
20	1	12	1	13	1	13	3
R6	1	15	2	15	1	15	1
R15	1	16	4	19	2	19	1
21	1	17	1	R14	1	R6	1
22	1	20	1	R15	1	R14	1
24	1	R14	2	24	1	R15	1
25	1	R15	1	26	1	21	1
26	1	21	1	27	2	23	1
27	1	23	1	30	1	24	1
28	1	25	1	31	1	25	2
39	1	26	1	36	2	27	1
31	1	31	1	38	2	28	3
34	1	33	2	R41	2	31	1
36	1	34	2	R42	1	33	2
37	1	35	1			34	1
39	2	36	1			35	1
40	1	37	1			38	2
R41	1	R42	2			39	1
R42	2					40	1
						R41	1
						R42	2

Tab. 9 Auswertung der Häufigkeit bestimmter Einzelpersonen in den Gruppen Langsamfahrende (V_{15}) bzw. Schnelfahrende (V_{85}) an allen fünf STA-Querschnitten für die Zustände ohne IVIS (links) und mit IVIS (rechts)

Im Zustand *ohne IVIS* fallen in der Gruppe Langsamfahrende (V_{15}) keine Probanden auf. In der Gruppe Schnelfahrende (V_{85}) ist es die jüngere VP-Nr. 16, die an 4 der 5 Quer-

¹⁶ Bei den VP-Nummern mit Bezeichnung „R“ handelt es sich um Probanden, die als Reserve- bzw. Ersatzfahrer nachträglich in die Versuche einbezogen wurden.

schnitte aufgetreten ist, im Zustand mit IVIS ist sie jedoch an keinem Querschnitt in dieser Gruppe gewesen.

Umgekehrt sind im Zustand *mit IVIS* die VP-Nr. 13 (jüngere) und 28 (ältere) in der Gruppe Schnelfahrende (V_{85}) aufgefallen (an je 3 Querschnitten), während diese Probanden im Zustand *ohne IVIS* nicht auffällig waren.

5.1.5 Zusammenfassung Querschnittsauswertung

- **Auswertung für die Gesamtheit aller Versuchspersonen**

Auf den *Autobahnen* scheint der Einsatz von IVIS geeignet zu sein, die Geschwindigkeiten der Gruppe schnell fahrende Fahrzeuge (V_{85}) in einem gewissen Mass zu senken, und damit zur Homogenisierung der Geschwindigkeiten beizutragen. Dafür spricht auch die relativ deutliche Reduktion der Standardabweichungen (σ_{V_m}) im Zustand mit IVIS. Dabei ist von Bedeutung, dass es sich bei den 40 Probanden um eine bezüglich ihrer Geschwindigkeitsverteilung homogene Fahrergruppe handelt. Aus dem Vergleich der Geschwindigkeitsveränderungen an den einzelnen Autobahnquerschnitten ist kein Ortsbezug ersichtlich, die Ausnahme bilden Querschnitte im Bereich von stationären Überwachungsgeräten.

Demgegenüber sind auf den Querschnitten der *Stadtstrecke* keine Auswirkungen von IVIS feststellbar; bzw. sie werden durch die zufällig auftretenden Staubehinderungen im Stadtverkehr überlagert.

- **Auswertung für Altersgruppen und Einzelpersonen**

Auf den *Autobahnquerschnitten* zeigen sich zwischen den zwei Altersgruppen relativ deutliche Unterschiede: *ältere VP* erscheinen im Zustand ohne IVIS häufiger in der Gruppe Langsamfahrende (V_{15}) als in der Gruppe Schnelfahrende (V_{85}) und dieser Unterschied wird im Zustand mit IVIS noch ausgeprägter. Dies bedeutet, dass ältere VP im Zustand mit IVIS noch vorsichtiger fahren bzw. dass der Anteil schnell fahrender älterer VP durch den IVIS-Einsatz reduziert wird. Bei den *jüngeren VP* ist das angesprochene Verhältnis umgekehrt: Sie erscheinen mehrheitlich in der Gruppe Schnelfahrende (V_{85}) und im Zustand mit IVIS ist das Verhältnis noch ausgeprägter. Bei dieser Altersgruppe scheint der IVIS-Einsatz eher zu einer schnelleren Fahrweise beizutragen. Relevante Unterschiede zwischen den einzelnen Querschnitten lassen sich hinsichtlich IVIS-Wirkung bei beiden Altersgruppen nicht ausmachen. Der überwiegende Teil der *Einzelpersonen* erscheint in einer der betrachteten Geschwindigkeitsgruppen (V_{15} oder V_{85}) höchstens einmal. 3 Probanden in der Gruppe V_{15} und 4 Probanden in der Gruppe V_{85} führen im Zustand ohne IVIS an 3 oder gar an allen 4 Autobahnquerschnitten in einer der genannten Geschwindigkeitsgruppe. Eine gewisse Wirkung von IVIS scheint es nur bei den älteren der diskreten Probanden zu geben, sie erscheinen im Zustand mit IVIS nicht mehr als häufig in einer der Geschwindigkeitsgruppen.

Auch auf den *Querschnitten der Stadtstrecke* zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den zwei Altersgruppen: Analog zu den Autobahnquerschnitten sind *ältere VP* im Zustand ohne IVIS mehrheitlich in der Gruppe Langsamfahrende (V_{15}) vertreten, *jüngere VP* in der Gruppe Schnelfahrende (V_{85}). Anders als bei den Autobahnquerschnitten bewirkt der IVIS-Einsatz bei den *älteren VP* eine umgekehrte Situation: Bei dieser Altersgruppe bewirkt IVIS eine völlige Verlagerung von der Gruppe Langsamfahrende (V_{15}) zur Gruppe Schnelfahrende (V_{85}). Diese IVIS-Auswirkung ist bei den jüngeren Probanden nicht vorhanden. Offensichtlich bewirkt bei den älteren Probanden die mit dem Zielführungssystem erleichterte Routensuche im städtischen Strassennetz eine schnellere Fahrweise. Hierbei handelt es sich um die insgesamt deutlichste IVIS-Auswirkung. Der Anteil Teil der *Einzelpersonen*, die in einer der betrachteten Geschwindigkeitsgruppen höchstens einmal erscheint, ist bei den Querschnitten der Stadtstrecke noch grösser als bei den Autobahnquerschnitten. Dementsprechend sind Einzelpersonen, die mehrmals in einer der Geschwindigkeitsgruppen erscheinen, noch seltener.

5.2 Auswertung Abschnitte

Bei den Abschnitten der zwei Versuchsstrecken geht es um die Auswertung und Interpretation von Grössen, die aus Geschwindigkeitsprofilen sowie aus den protokollierten Ereignishäufigkeiten gewonnen werden. Anders als bei den Querschnittsauswertungen (vgl. Einleitung zu 5.1) liegen entsprechende Vergleichswerte nur beschränkt vor. Sie basieren in der Regel auf einzelnen Verfolgungsfahrten über verschiedene Strassentypen (z.B. [Steyer 2004]) oder auf Auswertungen von GPS-Aufzeichnungen (z.B. [Karel 2008]).

In diesem Abschnitt steht also das Ausmass der relativen Veränderungen zwischen den erhobenen Fahrten in den Zuständen ohne und mit IVIS im Vordergrund.

5.2.1 Gewählte Abschnitte

Wie in 5 erwähnt, berücksichtigt die Abgrenzung der Abschnitte verschiedene geometrische und betriebliche Merkmale. Für die in diesem Abschnitt präsentierte Auswertung wurden auf der Autobahnstrecke die Abschnitte AB 1, AB 2, AB 5 und AB 6 und auf der Stadtstrecke die Abschnitte STA8, STA11 und STA12 untersucht.

Die Begründung für die Wahl der genannten Abschnitte liegt zum einen an den folgenden Merkmalen:

- Längerer Tunnel auf der Strecke
→ Abschnitt AB 6
- Radar auf der Strecke
→ Abschnitt AB 2 auf der Rückfahrt nach Wendung in Volketswil
- Wechselnde zulässige Höchstgeschwindigkeiten
→ Alle AB-Abschnitte
→ Abschnitt AB 5 als einziger Autobahnabschnitt mit konstant signalisiertem Tempo 120 km/h
- Abschnitt mit Telefongespräch
→ Abschnitt STA 12
- Komplexe Verzweigungen / Knoten
→ Abschnitt AB 1 - Anfang und Wechsel auf Abschnitt AB 2
→ Abschnitte STA 11 und STA 12
- Vorfahrtswechsel (Einmündungen mit Rechtsvortritt)
→ Abschnitt STA 12
- Einfache, geradlinige Führung der Strecke mit kleiner Querungsdichte
→ Abschnitt STA 8

Des Weiteren berücksichtigt die Wahl der Abschnitte die unterschiedlichen Geschwindigkeitsniveaus, die in Abb. 44 zusammengestellt sind. Aus dieser, aus der ANOVA-Auswertung stammenden Darstellung sind die bereinigten mittleren Geschwindigkeiten ($V_{m_OverLimit}$, vgl. Kapitel 4) in den Abschnitten 1 bis 7 (Autobahnstrecke) und 8 bis 13 (Stadtstrecke) in Abhängigkeit der verschiedenen Einflussfaktoren ersichtlich.

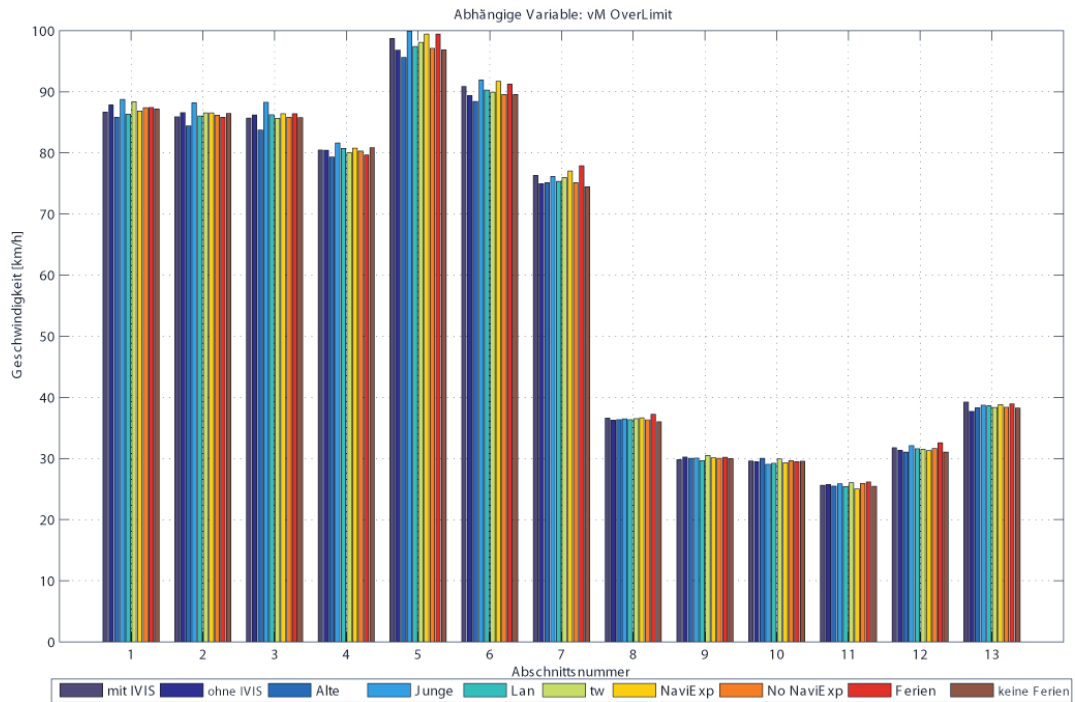


Abb. 44 Geschwindigkeiten in den einzelnen Abschnitten unter Berücksichtigung der angegebenen Einflussfaktoren

Die Autobahnabschnitte 5 bzw. 6 haben durchgehend eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 120 bzw. 100 km/h, bei den übrigen variiert die Tempolimite zwischen 80, 100 und 120 km/h.

Die gewählten Abschnitte auf der Autobahn- und Stadtstrecke sind in Abb. 45 dargestellt.

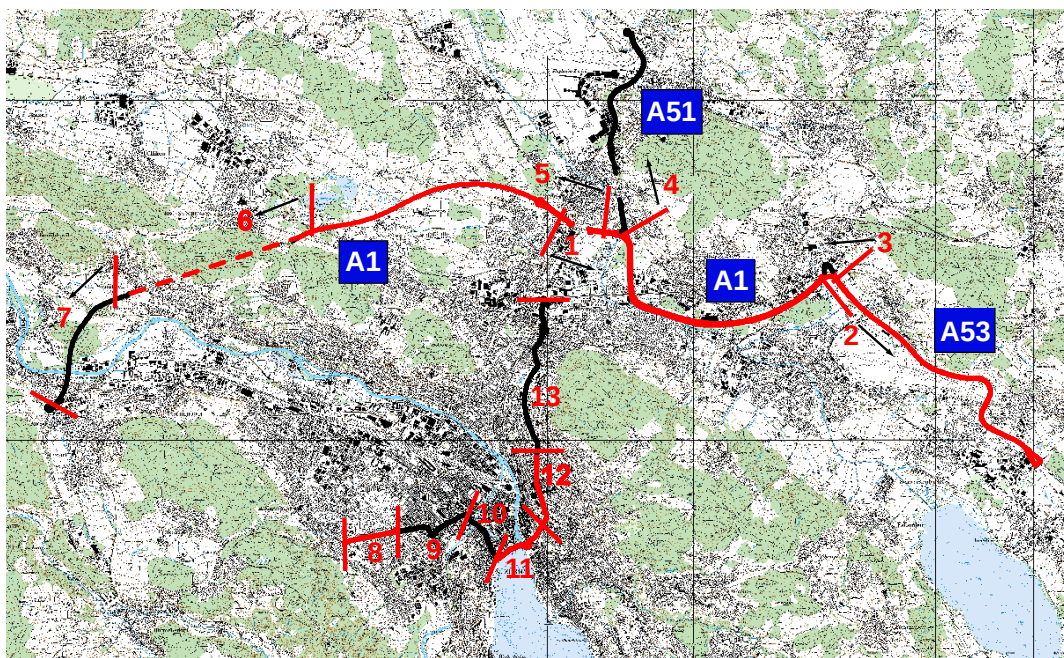


Abb. 45 Gewählte Autobahn- und Stadtstreckenabschnitte mit der mit Pfeilen angezeigten Fahrtrichtung

5.2.2 Beschreibung der Auswertungsgrößen

Analog zu 4.1.1 wurden aus den Geschwindigkeitsprofilen der Einzelfahrten nur jene Geschwindigkeitswerte einbezogen, die grösser als 10 km/h (Abschnitte der Stadtstrecke) bzw. 30 km/h (Abschnitte der Autobahnstrecke) sind. Damit sollen die zufälligen Einflüsse von Stau- oder sonstigen Behinderungen während der Einzelfahrten ausgeschlossen werden.

Die Berechnung der mittleren Geschwindigkeit V_m (arithmetisches Mittel der Einzelgeschwindigkeiten) und der zugehörigen Standardabweichung σ_{V_m} für Querschnittsauswertungen ist in 5.1.2 beschrieben worden.

Bei den Abschnitten geht es um die Mittelbildung aus einer grossen Zahl von Messwerten, die im Geschwindigkeitsprofil einer Fahrt enthalten sind. In Abb. 46 ist dies veranschaulicht: Das Geschwindigkeitsprofil ist ergänzt mit dem Mittelwert V_m (waagrechte schwarze Linie, bei ca. 10.3 m/s) und der Standardabweichung σ_{V_m} von ca. 2.5 m/s (punktierter schwarze Linien). Mit der grauen Linie unten ist die Grenzggeschwindigkeit von 3 m/s markiert. Werte des Geschwindigkeitsprofils unterhalb dieser Linie wurden bei der Berechnung von V_m und σ_{V_m} nicht berücksichtigt.

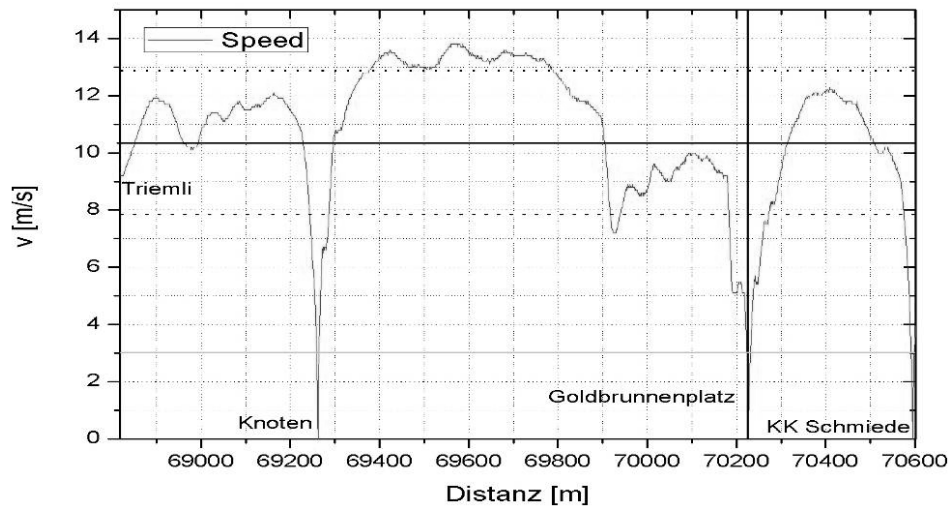


Abb. 46 Beispiel des Geschwindigkeitsprofils eines Abschnittes mit eingetragenem Mittelwert V_m und Standardabweichung σ_{V_m}

Damit die Mittelwerte der einzelnen Fahrten auf einem Abschnitt untereinander vergleichbar sind, müssen sie gewichtet werden. Gewichtete Mittelwerte werden dann berechnet, wenn die mittleren Geschwindigkeiten der einzelnen Fahrten (V_{mi}) unterschiedliche Streuung (Standardabweichung $\sigma_{V_{mi}}$) aufweisen. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass Werte mit einer kleineren Standardabweichung eine grössere Gewichtung erhalten, als Werte mit einer grösseren Standardabweichung. Des Weiteren wird aus dem gewichteten Mittel die dazu gehörige Standardabweichung $\sigma_{V_{Gm}}$ berechnet. Deren Berechnungsmethode weicht von jener der herkömmlichen Standardabweichung ab.

Für die Berechnung des *gewichteten* Mittelwertes V_{Gm} der mittleren Geschwindigkeiten V_{mi} der Versuchspersonen $i = 1$ bis n gilt:

$$V_{Gm} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i V_{mi}}{\sum_{i=1}^n p_i} \quad [\text{km/h}] \quad [5]$$

Dabei ist in der Gleichung [5] p_i die Gewichtung des Mittelwertes, die proportional zu den

reziproken Quadraten der Standardabweichung $\sigma_{V_{mi}}$ eingesetzt wird (vgl. Gleichung [6]):

$$p_i = \frac{1}{\sigma_{V_{mi}}^2} \quad [6]$$

In der Gleichung [6] bezeichnet $\sigma_{V_{mi}}$ die Standardabweichung der mittleren Geschwindigkeit V_{mi} der Versuchsperson i auf einem Abschnitt.

Die Standardabweichung $\sigma_{V_{Gm}}$ der gewichteten mittleren Geschwindigkeit V_{Gm} wird wie folgt berechnet:

$$\sigma_{V_{Gm}} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_{V_{mi}}^2}}} \quad [\text{km/h}] \quad [7]$$

Als weitere Größen wird die Anzahl sicherheitsrelevanter Ereignisse, welche manuell erfasst wurden, ausgewertet. Einbezogen wurden (vgl. dazu in Tab. 2)

- Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern
- Zu kurze Folgeabstände (nur auf Autobahnabschnitten)
- Routenanweisungen

Separat betrachtet wurde zudem das auf den Autobahnabschnitten auftretenden Ereignis „aktives Überholen“.

Im Vordergrund dieser Auswertungen standen wiederum die Veränderungen zwischen den Zuständen ohne und mit IVIS.

5.2.3 Auswertungen für Altersgruppen

Im nachfolgenden Abschnitt werden die Resultate der Gruppenauswertung dargestellt. Dabei wurde für die zwei untersuchten Gruppen (jung / alt) aus der mittleren Geschwindigkeit V_{mi} der Einzelpersonen der jeweiligen Altersgruppen die gewichtete mittlere Geschwindigkeit V_{Gm} sowie ihre Standardabweichung $\sigma_{V_{Gm}}$ gebildet. Des Weiteren wird die V_{Gm} -Differenz zwischen den Zuständen ohne und mit IVIS (OIVIS und MIVIS), in der jeweiligen Altersgruppe untersucht. Neben den zwei Geschwindigkeitskenngrößen wird die Summe der während der Fahrten aufgetretenen Ereignisse aufbereitet und deren Veränderungen je Altersgruppe analysiert. Die Ergebnisse der jeweiligen Altersgruppen werden anschliessend miteinander verglichen.

• Autobahnabschnitte

Auf der Autobahnstrecke wurden folgende Abschnitte einbezogen:

- AB 1 (Verflechtungsbereiche mit $V_{zul} = 100 \text{ km/h}$)
- AB 2 (gestreckte Linienführung bei $V_{zul} = 120 \text{ km/h}$, mit einer s-förmigen Doppelkurve, die mit $V_{zul} = 80 \text{ km/h}$ signalisiert ist und mit Radar überwacht wird),
- AB 5 (gestreckte Linienführung, längere Steigungsstrecke, mit $V_{zul} = 120 \text{ km/h}$)
- AB 6 (langer Richtungstunnel, gestreckte Linienführung, mit $V_{zul} = 100 \text{ km/h}$ und mit Radarüberwachung vor dem Tunnel)

Die Ergebnisse der Auswertung für die 4 Autobahnabschnitte sind in Tab. 10 und Tab. 11 zusammengestellt. Unter „Summe Events“ ist die Anzahl von aufgetretenen Ereignissen „Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern“, „Zu kurze Folgeabstände“, „Routenanweisungen“ und „Extremereignisse“ angegeben. Die jeweils zweite Zahl in Klammern gibt

die Zahl von aktiven Überholungen an.

Gruppe Jung

Gruppe Jung	AB1			AB2			AB5			AB6		
	$v_{Gm} \geq 30$ [km/h]	σ_{vGm}	Summe Events	$v_{Gm} \geq 30$ [km/h]	σ_{vGm}	Summe Events	$v_{Gm} \geq 30$ [km/h]	σ_{vGm}	Summe Events	$v_{Gm} \geq 30$ [km/h]	σ_{vGm}	Summe Events
MIVIS	89.06	1.91	14(38)	87.85	4.70	7(60)	98.02	1.96	5(32)	91.24	1.00	2(9)
OIVIS	88.26	1.90	11(24)	87.60	5.05	7(49)	101.50	2.25	6(32)	93.19	0.98	2(10)
Differenz	0.80		3(14)	0.25		0(11)	-3.48		-1(0)	-1.95		0(-1)

Tab. 10 Geschwindigkeitskenngrößen V_{Gm} und σ_{vGm} sowie die Summe der Events auf den Autobahnabschnitten für die Altersgruppe Jung

Die *mittlere gewichtete Geschwindigkeit* V_{Gm} für die Altersgruppe der jüngeren VP hat sich auf den Abschnitten AB1 und AB2 praktisch nicht verändert und die Differenzen liegen innerhalb der jeweiligen Standardabweichung σ_{vGm} . Auf den Abschnitten AB5 und AB6 liegt jedoch die V_{Gm} im Zustand mit IVIS um ca. 3.5 bzw. 2.0 km/h deutlich niedriger als im Zustand ohne IVIS.

Die *Standardabweichungen* σ_{vGm} haben sich im Vergleich mit / ohne IVIS praktisch nicht verändert (σ_{vGm} -Differenz max. 0.29 km/h). Die im Vergleich zu den anderen Abschnitten deutlich höhere σ_{vGm} bei AB2 (4.70 bzw. 5.05 km/h) hängt mit den stark unterschiedlichen Tempolimiten auf diesem Abschnitt zusammen (80 km/h in der S-Kurve und 120 km/h auf dem Rest der Strecke).

Der Vergleich der Anzahl von *sicherheitsrelevanten Ereignissen (Events)* zwischen MIVIS und OIVIS ergibt keine nennenswerten Unterschiede.

Bei den *aktiven Überholungen* (Werte in Klammern) zeigt sich jedoch, dass die Differenz zwischen MIVIS und OIVIS in AB1 und AB2 um ein zehnfaches grösser ist als in AB5 und AB6. Auf den Abschnitten AB1 und AB2 haben die jüngeren VP im Zustand mit IVIS deutlich häufiger überholt als im Zustand ohne IVIS¹⁷. Aus der Tab. 10 ist auch ersichtlich, dass die erhöhte Bereitschaft der jüngeren VP zum Überholen im Zustand MIVIS auf jenen zwei Abschnitten größer gewesen war, wo sich die mittlere gewichtete Geschwindigkeit V_{Gm} im Zustand MIVIS nicht reduziert hat.

Gruppe Alt

Gruppe Alt	AB1			AB2			AB5			AB6		
	$v_{Gm} \geq 30$ [km/h]	σ_{vGm}	Summe Events	$v_{Gm} \geq 30$ [km/h]	σ_{vGm}	Summe Events	$v_{Gm} \geq 30$ [km/h]	σ_{vGm}	Summe Events	$v_{Gm} \geq 30$ [km/h]	σ_{vGm}	Summe Events
MIVIS	87.07	1.76	0(11)	84.02	4.40	4(41)	92.48	1.84	4(26)	90.19	1.09	3(11)
OIVIS	84.58	1.64	8(11)	82.99	4.22	14(50)	94.15	1.71	4(26)	88.27	0.98	11(18)
Differenz	2.49		-8(0)	1.03		-10(-9)	-1.67		0(0)	1.93		-8(-7)

Tab. 11 Geschwindigkeitskenngrößen V_{Gm} und σ_{vGm} sowie die Summe der Events auf den Autobahnabschnitten für die Altersgruppe Alt

Die Auswertung der Gruppe Alt zeigt, dass sich die *mittlere gewichtete Geschwindigkeit* V_{Gm} bei allen vier Abschnitten verändert hat. In Abschnitten AB1, AB2 und AB6 hat sie sich im Zustand mit IVIS erhöht, im Abschnitt AB5 hat sie sich im Vergleich zu OIVIS reduziert. Während bei den jüngeren VP im Zustand MIVIS im Mittel gleich oder langsamer gefahren wird, fahren die älteren VP im Zustand MIVIS vorwiegend schneller als im Zustand OIVIS. Die Veränderungen in AB2 und AB5 liegen jedoch im Bereich der jeweiligen

¹⁷ Die im Abschnitt AB2 angegebene Zahl von 60 Überholungen bei MIVIS bedeutet, dass jede VP im Mittel 3mal auf diesem Abschnitt überholt hat. Die im Vergleich mit anderen Abschnitten höhere Zahl von Überholungen hängt damit zusammen, dass der Abschnitt AB2 mit 13.3 km wesentlich länger ist als die übrigen Abschnitte.

Standardabweichung $\sigma_{V_{Gm}}$. Die Zunahme der V_{Gm} in AB1 und AB6 im Zustand MIVIS ist bei der Gruppe Alt mit ca. 2.0 bzw. 2.5 km/h vergleichbar gross wie die entsprechende Abnahme bei der Gruppe Jung. Auffallend ist zudem, dass im Abschnitt AB5 sowohl die Gruppe Alt (-1.7 km/h) als auch die Gruppe Jung (-3.5 km/h) mit IVIS langsamer gefahren sind.

Die *Standardabweichungen* $\sigma_{V_{Gm}}$ haben sich im Vergleich mit / ohne IVIS auf allen Abschnitten geringfügig reduziert ($\sigma_{V_{Gm}}$ -Differenz max. 0.18 km/h). Wie bei der Gruppe Jung sind die $\sigma_{V_{Gm}}$ beim Abschnitt AB2 (Tempolimiten 120 km/h und 80 km/h in der S-Kurve) wiederum deutlich höher als auf den übrigen Abschnitten.

Bei der Betrachtung der aufsummierten *Ereignisse (Events)* zeigt sich in Tab. 11, dass in den drei Abschnitten AB1, AB2 und AB6, wo im Zustand OIVIS im Mittel langsamer gefahren wird, die Zahl der sicherheitsrelevanten Ereignisse wesentlich höher lag (im Mittel um das Faktor 5). Der Einsatz von IVIS bewirkte also auf diesen drei Abschnitten bei der Gruppe älterer VP eine deutliche Reduktion der sicherheitsrelevanten Ereignisse, obwohl die älteren VP in diesem Zustand schneller gefahren sind als im Zustand ohne IVIS. Im Abschnitt AB5 ergaben sich demgegenüber keine Veränderungen.

Bei den *aktiven Überholungen* (Werte in Klammern) zeigen sich auf AB1 und AB5 keine Veränderungen. Auf AB2 und AB6 sind jedoch deutliche Differenzen vorhanden: Im Zustand mit IVIS wird durch die älteren VP wesentlich weniger oft überholt als im Zustand ohne IVIS, obwohl die V_{Gm} auf diesen zwei Abschnitten höher lag. Dieser Befund steht im Gegensatz zu jenem der jüngeren VP.

• Abschnitte der Stadtstrecke

Auf der Stadtstrecke wurden folgende Abschnitte einbezogen:

- STA 8 (Gestreckte Linienführung in Gefälle, entlang Tramgeleise auf Eigentrasssee, wenige Querungen)
- STA 11 (Abschnitt mit mehreren komplexen Knoten mit LSA, mit häufigem Querungen sowie mit Richtungs- und Fahrstreifenwechseln),
- STA 12 (Gestreckte Linienführung in Steigung, zwei Knoten mit Rechtsvortritt, mit häufigem Querungen und entlang Tramgeleise ohne Eigentrasssee ¹⁸⁾)

Analog zu den Autobahnabschnitten sind in Tab. 12 und Tab. 13 die Ergebnisse der Auswertung für die 3 einbezogenen Abschnitte der Stadtstrecke zusammengestellt.

Gruppe Jung

Gruppe Jung	STA8			STA11			STA12		
	$v_{Gm} \geq 11$ [km/h]	$\sigma_{V_{Gm}}$	Summe Events	$v_{Gm} \geq 11$ [km/h]	$\sigma_{V_{Gm}}$	Summe Events	$v_{Gm} \geq 11$ [km/h]	$\sigma_{V_{Gm}}$	Summe Events
MIVIS	36.88	2.37	11	25.34	2.16	36	32.18	2.42	16
OIVIS	36.61	2.22	2	25.02	2.02	34	32.30	2.28	14
Differenz	0.28		9	0.32		2	-0.12		2

Tab. 12 Geschwindigkeitskenngrössen V_{Gm} und $\sigma_{V_{Gm}}$ sowie die Summe der Events auf den Abschnitten der Stadtstrecke für die Altersgruppe Jung

Bei der *mittleren gewichteten Geschwindigkeit* V_{Gm} für die Altersgruppe der jüngeren VP zeigen sich in allen drei Abschnitten praktisch keine Veränderungen zwischen den Zuständen MIVIS / OIVIS. Die Differenzen von maximal ca. 0.3 km/h liegen weit unterhalb der jeweiligen Standardabweichung $\sigma_{V_{Gm}}$. Ebenso geringfügig haben sich die *Standardabweichungen* $\sigma_{V_{Gm}}$ verändert (Differenz von max. 0.15 km/h), wobei sie bei allen drei Abschnitten im Zustand mit IVIS entsprechend grösser sind.

¹⁸⁾ Auf diesem Abschnitt wurde im Versuchsstatus mit IVIS das Telefongespräch geführt.

Bei der Auswertung der aufsummierten *Ereignisse (Events)* zeigen sich in den Abschnitten STA11 und STA12 praktisch keine Unterschiede. Auf dem Abschnitt STA12, wo im Zustand MIVIS auch Telefongespräche mit den Probanden geführt wurden, zeigt sich keine wesentlich höhere Zahl von sicherheitsrelevanten Ereignissen. Demgegenüber wurden im Abschnitt STA8 fünfmal mehr Ereignisse bei MIVIS-Fahrten als bei OIVIS-Fahrten registriert. Dies ist umso erstaunlicher, als auf diesem geradlinigen Abschnitt überhaupt keine sprachlichen Anweisungen vom Zielführungsgerät (Aufforderung zum Richtungs- oder Fahrstreifenwechsel) durchgegeben wurden. Allerdings hatten die Probanden auf diesem Abschnitt erstmals auf der Stadtstrecke den Kontakt mit dem Zielführungssystem. Vermutlich wurde in diesem ersten Abschnitt der Bildschirm des Gerätes visuell häufig fixiert, was vermehrt zur Beeinträchtigung der Fahraufgabe führte.

Gruppe Alt

Gruppe Alt	STA8			STA11			STA12		
	$v_{Gm} \geq 11$ [km/h]	σ_{vGm}	Summe Events	$v_{Gm} \geq 11$ [km/h]	σ_{vGm}	Summe Events	$v_{Gm} \geq 11$ [km/h]	σ_{vGm}	Summe Events
MIVIS	36.48	2.30	15	25.05	2.02	42	30.56	2.33	41
OIVIS	37.05	2.30	6	24.45	2.01	30	31.25	2.51	20
Differenz	-0.57		9	0.60		12	-0.69		21

Tab. 13 Geschwindigkeitskenngrößen V_{Gm} und σ_{vGm} sowie die Summe der Events auf den Abschnitten der Stadtstrecke für die Altersgruppe Alt

Die Auswertung der Gruppe Alt zeigt bei der *mittleren gewichteten Geschwindigkeit V_{Gm}* uneinheitliche Veränderungen: In den Abschnitten STA8 und STA12 hat sie sich im Zustand MIVIS leicht reduziert (um ca. 0.6 bis 0.7 km/h), im Abschnitt STA11 leicht erhöht (um 0.6 km/h). Die V_{Gm} -Differenzen sind im Vergleich zu jenen der Gruppe Jung etwa zwei- bis dreimal so gross. Dennoch liegen die V_{Gm} -Differenzen deutlich unterhalb der jeweiligen Standardabweichung σ_{vGm} . Auf die Geschwindigkeitsstreuung hatte das IVIS keine Auswirkung, haben sich doch die Standardabweichungen σ_{vGm} auf den einzelnen Abschnitten zwischen den Zuständen ohne / mit IVIS nicht oder nur geringfügig verändert.

Bei den aufsummierten *Ereignissen (Events)* der älteren VP zeigt sich, dass bei Fahrten mit IVIS wesentlich mehr sicherheitsrelevante Ereignisse gezählt wurden als bei Fahrten ohne IVIS. Die Zahl hat sich auf allen Abschnitten in etwa verdoppelt. Die bei der Gruppe Jung angesprochene Auswirkung im Abschnitt STA8 ist auch bei der Gruppe Alt vorhanden (Erhöhung der Ereigniszahl von 6 im Zustand OIVIS auf 15 im Zustand MIVIS). Am grössten ist die Zunahme im Abschnitt STA12 (Erhöhung von 20 auf 41 Events). Diese Veränderung hängt offensichtlich mit dem auf diesem Abschnitt geführten Telefongespräch zusammen. Anders als bei der Gruppe Jung (Zunahme von 14 auf nur 16 Events) werden die älteren VP durch das Zielführungssystem und das gleichzeitige Telefongespräch stark beansprucht. Gemessen an der stark erhöhten Zahl der sicherheitsrelevanten Ereignisse und der leicht niedrigeren Geschwindigkeit V_{Gm} muss bei dieser Altersgruppe von einer Beeinträchtigung der Fahraufgabe ausgegangen werden.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch [Karkowski 2009]¹⁹ aufgrund einer empirischen Untersuchung im realen Verkehrsablauf. Demnach hat sich die Zahl der beobachteten, gefährlichen Verkehrssituationen im Vergleich zwischen Fahrten ohne IVIS und mit IVIS (GPS und Telefongespräch) bei verschiedenen Witterungs- und Verkehrsbedingungen in der Regel verdoppelt. In dieser Studie wird auch eine wesentliche Verlängerung der Reaktionszeiten der Probanden bei gleichzeitiger Benützung von Navigationsgerät und Mobiltelefon nachgewiesen.

¹⁹ In dieser Studie wurden als Probanden 40 professionelle Fahrzeuglenker einbezogen. Das Alter der Versuchspersonen lag zwischen 25 und 45 Jahren.

- **Zusammenfassung**

Auf der **Autobahnstrecke** bestehen zwischen den einzelnen Abschnitten grössere Wertunterschiede als auf der Stadtstrecke. Auf zwei Abschnitten wird die mittlere Geschwindigkeit V_{Gm} der jüngeren VP im Zustand MIVIS relativ deutlich reduziert (um bis zu 3.5 km/h), auf zwei Abschnitten sind praktisch keine Veränderungen feststellbar. Bei der Gruppe älterer VP bewirkt der IVIS-Einsatz auf drei der vier Abschnitte eine leichte Zunahme der V_{Gm} (um 1.0 bis 2.5 km/h). Eine homogenisierende Wirkung von IVIS auf die Fahrgeschwindigkeiten ist bei beiden Altersgruppen nicht feststellbar. Dazu sind die Veränderungen der Standardabweichungen zu gering und uneinheitlich.

Der Vergleich der Anzahl von *sicherheitsrelevanten Ereignissen* zwischen den Zuständen mit und ohne IVIS ergibt bei der Gruppe jüngerer VP keine nennenswerten Unterschiede. Demgegenüber nahm die Anzahl von Ereignissen bei der Gruppe älterer VP im Zustand MIVIS gegenüber jenem OIVIS stark ab. Diese auffällige Veränderung ist auf jenen Abschnitten ausgeprägt, auf welchen im Zustand MIVIS im Mittel schneller gefahren wird als im Zustand OIVIS.

Bei der Anzahl von *aktiven Überholungen* bestehen zwischen den einzelnen Abschnitten naturgemäss grosse Unterschiede. Bei der Gruppe jüngerer VP hat sich die Zahl von Überholungen im Zustand MIVIS auf zwei Abschnitten deutlich erhöht, auf zwei Abschnitten ist sie gleich gross geblieben. Bei der Gruppe älterer VP ergab sich eine umgekehrte Veränderung: Auf drei der vier Abschnitte hat sich die Anzahl aktiver Überholungen ebenso deutlich reduziert.

Auf den Abschnitten der **Stadtstrecke** mit den vielfältigen Einflüssen des städtischen Gemischverkehrs sind die Geschwindigkeitsunterschiede zwischen den Zuständen ohne und mit IVIS bei beiden Altersgruppen erwartungsgemäss nur gering (ca. 0.5 bis 2.5% von V_{Gm}). Ebenso ist hier eine homogenisierende Wirkung von IVIS auf die Fahrgeschwindigkeiten nicht feststellbar.

Demgegenüber bestehen bei der Anzahl von sicherheitsrelevanten Ereignissen auf der Stadtstrecke gewichtige Unterschiede zwischen den zwei Altersgruppen (vgl. Tab. 12 und Tab. 13). Einerseits ist die Zahl der Ereignisse bei der Gruppe Alt in beiden Zuständen MIVIS und OIVIS grösser als bei der Gruppe Jung. Andererseits erhöht sich die Zahl der Ereignisse im Zustand MIVIS gegenüber jenem im Zustand OIVIS bei den älteren Probanden massiv, während sie bei den jüngeren VP in der Regel nur unwesentlich zunimmt. Am deutlichsten manifestiert sich dieser Unterschied in jenem Abschnitt, in welchem zusätzlich auch das aktive Telefongespräch stattfand. Eine Ausnahme bildet der erste Abschnitt der Stadtstrecke (STA8), auf dem die Probanden erstmals mit der Wirkung des IVIS konfrontiert werden. Auf diesem erhöht sich die Ereigniszahl bei beiden Altersgruppen deutlich.

5.2.4 Auswertungen für Einzelpersonen auf den Autobahnabschnitten

Nach dem im vorangehenden Abschnitt der Fokus der Auswertung auf die jeweiligen Altersgruppen und deren Vergleich untereinander gelegt wurde, wird im Folgenden der Fokus auf die Einzelpersonen der Altersgruppe Jung und Alt gelegt. Für die anstehende Untersuchung wurde die in Abschnitten 4.1.1 und 5.1.2 beschriebene mittlere Geschwindigkeit $V_{m_overlimit}$ herangezogen (vgl. auch Abb. 46). Es wurden dieselben Abschnitte wie in 5.2.3 betrachtet.

- **Autobahnabschnitte: Häufigkeit von Geschwindigkeitsdifferenzen**

Beispielhaft für die komplette Auswertung beider Altersgruppen sind in Tab. 14 die Ergebnisse der Einzelpersonauswertung des Abschnittes AB1 der Altersgruppe Jung dargestellt. Darin angegeben sind die Geschwindigkeiten $V_{m_overlimit}$ und die zugehörigen Standardabweichungen $\sigma_{V_{m_overlimit}}$. Ermittelt wurde jeweils die Differenz der mittleren Geschwindigkeit $V_{m_overlimit}$ zwischen Fahrten ohne IVIS (OIVIS) und Fahrten mit IVIS (MI-

VIS). Dunkelgrau eingefärbt sind hier die negativen Differenzen, welche gleichbedeutend mit einer höheren Geschwindigkeit der VP bei Fahrten mit IVIS gegenüber jenen ohne IVIS in dem entsprechenden Abschnitt ist. Hellgrau eingefärbt ist die positive Differenz, welche auf eine niedrigere Geschwindigkeit der VP bei Fahrten mit IVIS gegenüber jenen ohne IVIS hinweist.

Gruppe Jung Nr. VP	ohne IVIS		mit IVIS		Differenz
	V_m overlimit	σV_m overlimit	V_m overlimit	σV_m overlimit	
3	86.87	9.59	91.52	7.38	-4.65
4	83.23	14.19	89.8	9.58	-6.57
5	86	7.18	84.1	8.66	1.9
7	85.2	8.01	87.04	6.76	-1.84
8	95.39	7.09	95.67	11.14	-0.28
9	88.14	12.03	82.92	6.79	5.22
10	80.13	16.02	87.38	7.21	-7.25
11	90.51	8.15	81.69	11.87	8.82
12	90.05	7.66	91.13	8.6	-1.08
13	95.21	11	94.9	11.34	0.31
15	94.91	9.88	90.51	10.22	4.4
16	89.3	7.89	85.58	9.16	3.72
17	86.86	8.23	89.89	9.67	-3.03
19	87.04	5.87	90.61	8.58	-3.57
20	90.72	8.24	90.47	9.62	0.25
R14	93.55	7.71	87.96	4.47	5.59
R15	93.82	10.71	89.13	8.65	4.69
R6	89.76	8.76	86.69	8.07	3.07

Tab. 14 Autobahnabschnitt AB1- Beispiel der Ergebnisse der Einzelpersonenauswertung der Altersgruppe Jung

Aus Tab. 14 ist zunächst ersichtlich, dass je ca. Hälfte der insgesamt 18 Probanden im Zustand ohne bzw. mit IVIS schneller bzw. langsamer gefahren war. Die Auswertung zeigt auch, dass neben den meist kleineren auch einige erhebliche Geschwindigkeitsdifferenzen vorhanden waren. Beispielsweise ergaben sich bei 5 Probanden V_m -Differenzen von über ca. 5 km/h. Umgekehrt ist auch erkennbar, dass der grösste Teil der Geschwindigkeitsdifferenzen kleiner ist als die jeweiligen Standardabweichungen $\sigma_{V_m \text{ overlimit}}$ der Einzelfahrten (Ausnahme: VP Nr. 10, 11 und R14). Somit gibt es statistisch gesehen bei den meisten VP der Altersgruppe Jung keinen signifikanten Unterschied zwischen Fahrten mit oder ohne IVIS.

In Abb. 47 sind die Geschwindigkeitswerte der Tab. 14 grafisch dargestellt. Die schwarzen Balken stellen die Fahrten ohne IVIS, die grauen Balken die Fahrten mit IVIS dar. Im Anhang IV.1 befinden sich die Darstellungen für alle untersuchten Autobahnabschnitte.

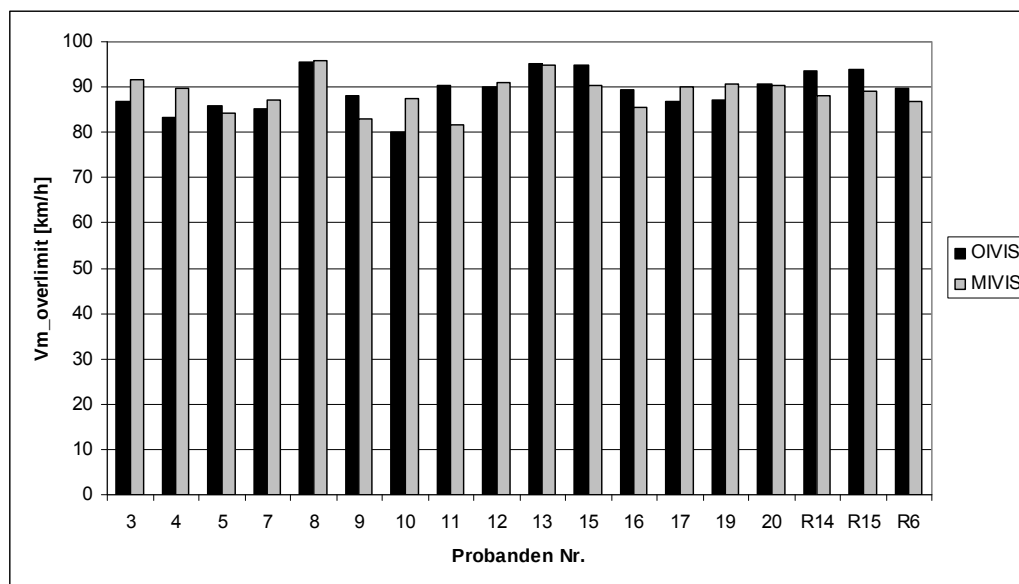


Abb. 47 Grafische Darstellung der in Tab. 14 aufgeführten Geschwindigkeiten $V_{m_overlimit}$ in Autobahnabschnitt AB1

Aufgrund der obigen Auswertungen ist in Tab. 15 die Häufigkeit der Geschwindigkeitsdifferenzen der Einzelpersonen der zwei Altersgruppen zusammenfassend dargestellt. Darin ist jeweils die Anzahl der Versuchspersonen (n VP) und der sich auf diese beziehende prozentuale Anteil der positiven (V_m mit IVIS < V_m ohne IVIS) bzw. negativen (V_m mit IVIS > V_m ohne IVIS) Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen den Zuständen ohne und mit IVIS für die jeweiligen Abschnitte aufgeführt.

Gruppe	Differenz	AB 1		AB 2		AB 5		AB 6	
		n VP	Prozent	n VP	Prozent	n VP	Prozent	n VP	Prozent
Jung	Pos	10	56	9	50	5	28	7	39
	Neg	8	44	9	50	13	72	11	61
Alt	Pos	15	75	10	50	9	45	10	50
	Neg	5	25	10	50	11	55	10	50

Tab. 15 Zusammenfassung positiver und negativer V_m -Differenzen zwischen Einzelfahrten ohne und mit IVIS auf den Autobahnabschnitten

Aus der Tabelle ist erkennbar, dass in AB1 die Mehrheit der Altersgruppe Jung (56%) und Alt (75%) mit IVIS langsamer gefahren ist als ohne IVIS (Differenz positiv). Dabei handelt es sich bei AB1 um den ersten Abschnitt der Versuchsfahrt auf dem die Probanden erstmals mit dem Einsatz des Zielführungssystems konfrontiert wurden. In AB2 sind die positiven und negativen Differenzen bei beiden Altersgruppen ausgeglichen und in den Abschnitten AB5 und AB6 ergab sich zwischen den Altersgruppen eine umgekehrte Tendenz: Während die jüngeren VP im Zustand mit IVIS häufiger schneller fuhren (deutliche Mehrheit negativer Differenzen), ist bei den älteren VP keine Ausprägung in eine Richtung erkennbar (ausgeglichene Anteile positiver und negativer Differenzen).

• Autobahnabschnitte: Grösse von Geschwindigkeitsdifferenzen

In einem nächsten Schritt wurden die Differenzen der mittleren Geschwindigkeiten V_m zwischen den Zuständen ohne und mit IVIS auf den einzelnen Autobahnabschnitten, getrennt nach Altersgruppe untersucht. Wie bereits erwähnt sind in den V_m -Werten nur jene Geschwindigkeitswerte einbezogen, die grösser als 30 km/h sind. Damit sollen die zufälligen Einflüsse von Stau- oder sonstigen Behinderungen während der Einzelfahrten, die vom Versuchsstatus (ohne / mit IVIS) unabhängig sind, ausgeschlossen werden.

Die Gegenüberstellung basiert auf der Überlegung, dass kleinere Geschwindigkeitsunterschiede zufälliger Art sind, während grössere Unterschiede eher auf den Einsatz von IVIS zurückgeführt werden können. Zur Abklärung der Frage, ab wann von einer erheblichen Änderung des Fahrverhalten zwischen den Zuständen mit und ohne IVIS ausgegangen werden soll, wurde die Varianz der Geschwindigkeiten V_m in den einzelnen Abschnitten einbezogen. Diese, in den Tabellen Tab. 10 und Tab. 11 bereits angegebenen Werte sind in folgender Tabelle zusammengestellt. Daraus ist ersichtlich, dass die Werte im Bereich zwischen ca. 1 und 2 km/h liegen, beim Abschnitt AB5, wo zwei verschiedene Tempolimits signalisiert sind (120 und 80 km/h) erreichen die Varianzen ca. 4 bis 5 km/h. Für die weiteren Auswertungen wurde deshalb der Wert von 5.0 als massgebend festgelegt. Bei Geschwindigkeitsdifferenzen von über 5 km/h kann von einer erheblichen Änderung im Fahrverhalten ausgegangen werden.

Abschnitte Autobahnstrecke:		AB1	AB2	AB5	AB6
		σ_{VGm} [km/h]	σ_{VGm} [km/h]	σ_{VGm} [km/h]	σ_{VGm} [km/h]
Gruppe Jung	MIVIS	1.91	4.70	1.96	1.00
	OIVIS	1.90	5.05	2.25	0.98
Gruppe Alt	MIVIS	1.76	4.40	1.84	1.09
	OIVIS	1.64	4.22	1.71	0.98

Tab. 16 Standardabweichungen σ_{VGm} der mittleren gewichteten Geschwindigkeit auf den Autobahnabschnitten

In Abb. 48 sind die mittleren Geschwindigkeiten V_m in den zwei Versuchszuständen (OIVIS / MIVIS) für die Altersgruppe Jung dargestellt. Zusätzlich sind dort die Nummern der VP angegeben sowie die Abschnitte mit verschiedenen Farben verdeutlicht. In die Abbildung sind die ausgezogene Diagonallinie, auf der die V_m MIVIS und die V_m OIVIS identisch sind, sowie strichpunktiert die oben erwähnten Geschwindigkeitsdifferenzen von ± 5 km/h eingezeichnet.

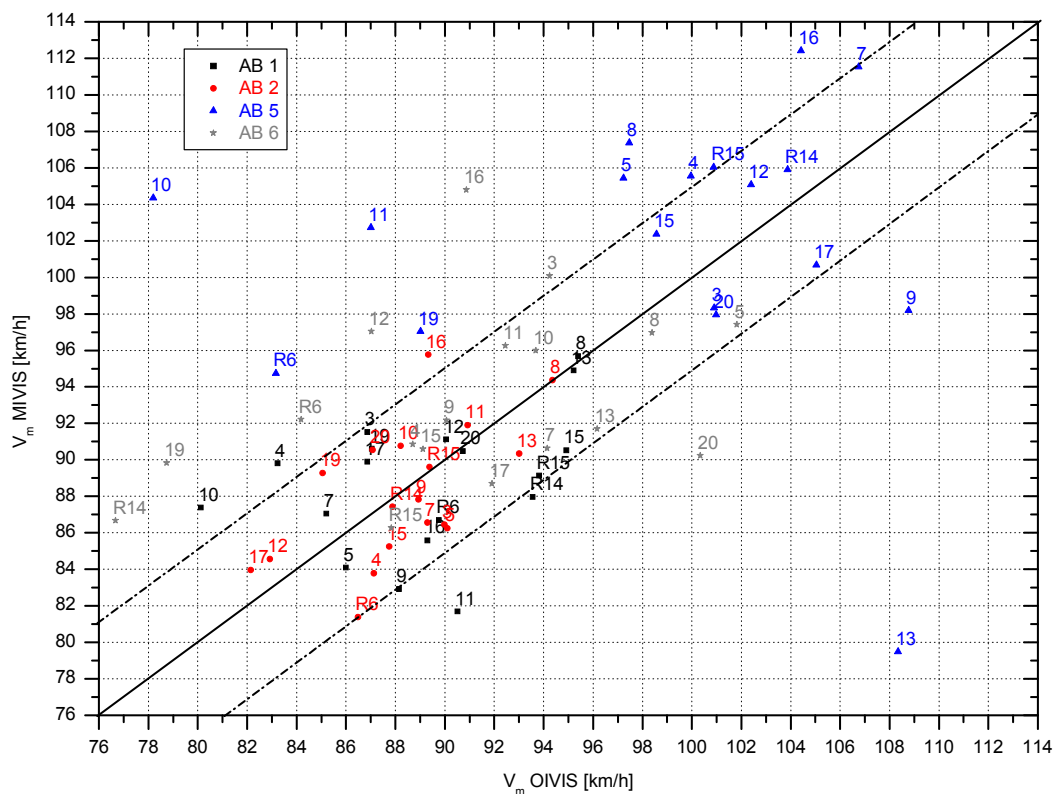


Abb. 48 Gegenüberstellung der mittleren Geschwindigkeit V_m zwischen den Versuchsfahrten ohne und mit IVIS der Altersgruppe Jung, auf den Autobahnabschnitten

Für die Analyse dieser Auswertung werden nur jene Messwerte berücksichtigt, die grössere Geschwindigkeitsunterschiede als 5 km/h ergeben. Kleinere Unterschiede können als statistisch zufällig betrachtet.

Aus der Abb. 48 ist zunächst ersichtlich, dass die Anzahl Messwerte mit V_m -Differenzen > 5 km/h von Abschnitt zu Abschnitt stark variiert (z.B. AB5 10x, AB2 nur 2x). Am häufigsten waren diese Differenzen in den Abschnitten AB5 (gestreckte Linienführung, längere Steigungsstrecke, mit $V_{zul} = 120$ km/h) und AB6 (langer Richtungstunnel, gestreckte Linienführung, mit $V_{zul} = 100$ km/h und mit Radarüberwachung vor dem Tunnel).

Insgesamt überwiegt bei der Gruppe Jung die Zahl der positiven Differenzen (d.h. V_m MIVIS $>$ als V_m OIVIS) deutlich: 17 Fahrten waren im Zustand mit IVIS erheblich schneller als im Zustand ohne IVIS, umgekehrt waren es nur 6 Fahrten. Am deutlichsten waren diese Unterschiede bei den Abschnitten AB5 (8 zu 2) und AB6 (6 zu 1).

Anhand der Abb. 48 kann auch geprüft werden, wie weit sich personencharakteristische Ausprägungen der in einem der Zustände deutlich schneller fahrenden VP ergeben. Die Auszählung der VP-Nummern der Gruppe Jung ergibt, dass keine einzige VP in allen vier Abschnitten in den Versuchsfahrten deutlich schneller oder langsamer war. Lediglich die VP Nr. 16 war in drei Abschnitten (AB2, AB5 und AB6) mit IVIS deutlich schneller (> 5 km/h) als ohne IVIS, die übrigen VP waren es in höchstens zwei Abschnitten.

Analog zu Abb. 48 ist in Abb. 49 das Auswerteergebnis für die Altersgruppe Alt dargestellt. Auch bei dieser Gruppe variiert die Anzahl Messwerte mit Differenzen > 5 km/h von Abschnitt zu Abschnitt stark (z.B. AB5 11x AB1 nur 3x). Auch bei dieser Altersgruppe waren diese Differenzen in den Abschnitten AB5 und AB6. Allerdings ist – anders als bei der Gruppe Jung – die Zahl der positiven und negativen Differenzen ausgeglichen: 12 Probanden fuhren im Zustand mit IVIS schneller als im Zustand ohne IVIS, umgekehrt waren es 13 Probanden.

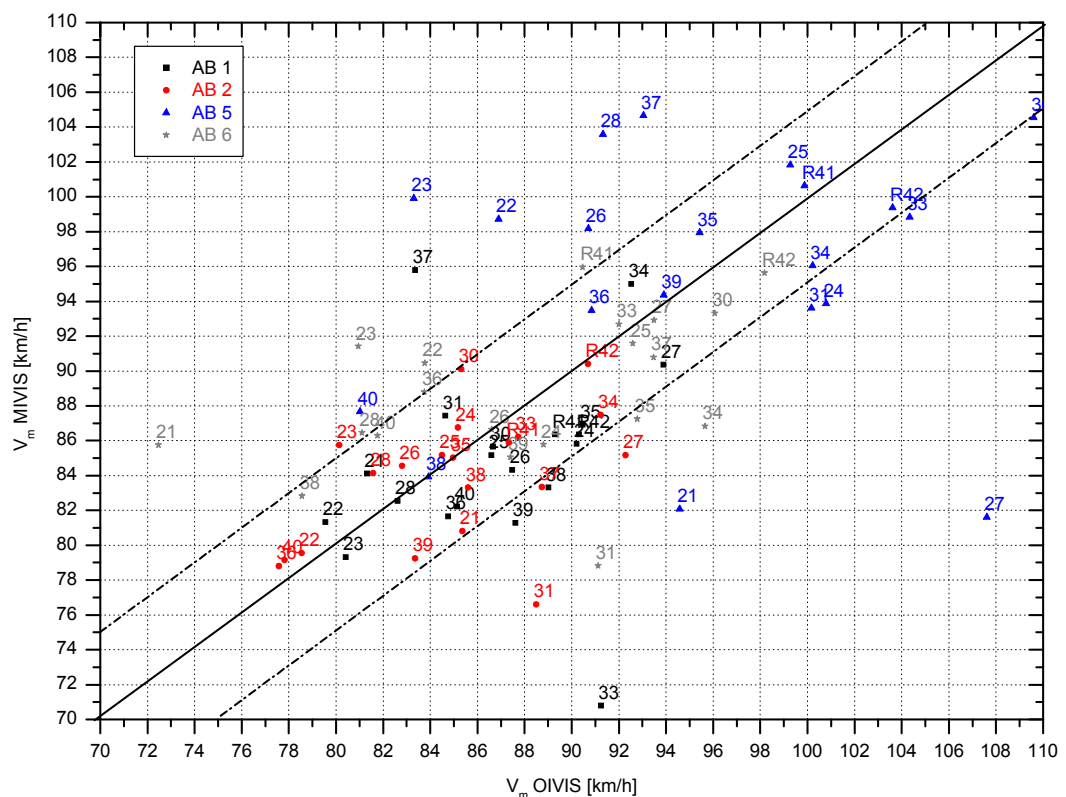


Abb. 49 Gegenüberstellung der mittleren Geschwindigkeit V_m zwischen den Versuchsfahrten ohne und mit IVIS der Altersgruppe Alt, auf den Autobahnabschnitten

Die Auszählung der VP-Nummern der Gruppe Alt ergibt, dass keine einzige VP in allen vier Abschnitten in den Versuchsfahrten deutlich schneller oder langsamer war. Die VP Nr. 23 war in drei Abschnitten (AB2, AB5 und AB6) mit IVIS deutlich schneller (> 5 km/h) als ohne IVIS und die VP Nr. 31 war auch in drei Abschnitten (AB2, AB5 und AB6) deutlich schneller (> 5 km/h), allerdings im Zustand ohne IVIS. Die übrigen VP-Fahrten waren in höchstens zwei Abschnitten mit IVIS deutlich schneller oder langsamer als im Zustand ohne IVIS.

• Zusammenfassung

Auf den Autobahnabschnitten ergaben sich bzgl. *Häufigkeit aller Geschwindigkeitsdifferenzen* zwischen den ungehinderten mittleren Geschwindigkeiten (V_m) in den Zuständen ohne und mit IVIS folgende Erkenntnisse: Zwischen den zwei Altersgruppen zeigen sich im Anteil der positiven (V_m mit IVIS $> V_m$ ohne IVIS) und negativen (V_m mit IVIS $< V_m$ ohne IVIS) Differenzen gewichtige Unterschiede. Während die Probanden der *Gruppe Jung* im ersten Abschnitt mit Einsatz von IVIS (Zielführungsgerät und Autoradio) vorwiegend langsamer als ohne IVIS gefahren waren, sind sie auf den weiteren Abschnitten der Versuchsfahrt mehrheitlich schneller gewesen. Bei Probanden der *Altersgruppe Alt* hat sich diese Tendenz nicht gezeigt, die Häufigkeit der positiven und negativen V_m -Differenzen war im weiteren Verlauf der Versuchsfahrt ausgeglichen.

Um die Zufälligkeit der Unterschiede zwischen den Fahrten mit und ohne IVIS auszuschliessen, wurden für die Analyse der *Grösse von Geschwindigkeitsdifferenzen* nur Werte von über 5 km/h betrachtet (erhebliche Differenzen). Sie deuten auf deutliche Unterschiede im Fahrverhalten hin, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Einwirkung von IVIS zurückzuführen sind.

Bei beiden Altersgruppen treten die erheblichen V_m -Differenzen in den Abschnitten AB5 und AB6 auf, in den ersten zwei Abschnitten waren sie nur selten. Bei Probanden der *Gruppe Jung* ergaben sich etwa dreimal mehr positive V_m -Differenzen als negative. Das bedeutet, dass sie im Zustand mit IVIS deutlich schneller fahren als im Zustand ohne IVIS. In der *Gruppe Alt* waren die positiven und negativen V_m -Differenzen ausgeglichen, wobei die negativen doppelt häufiger als in der Gruppe Jung. Im Vergleich zur Gruppe Jung fahren die älteren Probanden im Zustand mit IVIS (MIVIS) häufiger mit einer niedrigeren mittleren Geschwindigkeit als im Zustand ohne IVIS (OIVIS). Diese Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammenfassend dargestellt.

Häufigkeit von $\Delta V_m > 5$ km/h auf Autobahnabschnitten			
	Altersgruppe JUNG	Altersgruppe ALT	Total
V_m MIVIS $> V_m$ OIVIS	17 (74%)	12 (48%)	29 (60%)
V_m MIVIS $< V_m$ OIVIS	6 (26%)	13 (52%)	19 (40%)
Total	23 (100%)	25 (100%)	48 (100%)

Tab. 17 Häufigkeit von erheblichen Differenzen der mittleren Geschwindigkeit ΔV_m zwischen Einzelfahrten ohne und mit IVIS auf den Autobahnabschnitten

In der Stichprobe der 40 Probanden lassen sich keine personencharakteristische Ausprägungen ausmachen. Aus der Auswertung ergaben sich keine Versuchspersonen, die mit IVIS-Einsatz in allen vier Autobahnabschnitten deutlich schneller oder deutlich langsamer waren.

5.2.5 Auswertungen für Einzelpersonen auf den Abschnitten der Stadtstrecke

- **Abschnitte der Stadtstrecke: Häufigkeit von Geschwindigkeitsdifferenzen**

Analog zu Autobahnabschnitten sind in Tab. 18 die Ergebnisse der Einzelpersonauswertung am Beispiel des Stadtstreckenabschnittes STA8 für die Altersgruppe Jung dargestellt. Wie in Tab. 14 sind hier die negativen Differenzen (dunkelgrau unterlegt) gleichbedeutend mit einer höheren Geschwindigkeit der VP bei Fahrten mit IVIS gegenüber jenen ohne IVIS in dem entsprechenden Abschnitt. Die positiven Differenzen (hellgrau hinterlegt) weisen auf eine niedrigere Geschwindigkeit der VP bei Fahrten mit IVIS gegenüber jenen ohne IVIS hin.

Gruppe Jung Nr. VP	ohne IVIS		mit IVIS		Differenz
	$V_{m_overlimit}$	$\sigma V_{m_overlimit}$	$V_{m_overlimit}$	$\sigma V_{m_overlimit}$	
3	37.39	9.81	34.14	10.51	3.25
4	39.56	10.85	43.02	8.54	-3.46
5	42.47	8.01	38.68	11.03	3.79
7	36.94	7.89	34.65	9.64	2.29
8	33.66	11.56	35.84	9.78	-2.18
9	37.71	12	36.79	13.31	0.92
10	30.74	13.17	41.44	8.33	-10.7
11	40.46	10.95	33.76	8.88	6.7
12	40.66	7.78	35.39	8.98	5.27
13	39.64	10.99	39.53	11.91	0.11
15	36.27	9.42	32.59	9.67	3.68
16	34.36	12.99	33.23	10.59	1.13
17	35.84	10.52	36.98	11.41	-1.14
19	33.86	9.66	37.96	11.1	-4.1
20	33.46	11.11	37.37	10.42	-3.91
R14	36.02	10.42	32.66	8.28	3.36
R15	29.94	9.92	39.28	9	-9.34
R6	36.15	9.9	33.94	10.6	2.21

Tab. 18 Abschnitt der Stadtstrecke STA8 - Beispiel der Ergebnisse der Einzelpersonenauswertung der Altersgruppe Jung

Aus Tab. 18 ist zunächst ersichtlich, dass die Mehrheit der 18 Probanden im Zustand mit IVIS langsamer gefahren war (positive Differenzen). Analog zum Autobahnabschnitt AB1 (vgl. Tab. 14) zeigt die obige Auswertung auch, dass neben den meist kleineren auch einige erhebliche Geschwindigkeitsdifferenzen vorhanden waren. Beispielsweise ergaben sich bei 8 jüngeren Probanden $V_{m_}$ -Differenzen von über ca. 3 km/h. Umgekehrt ist auch erkennbar, dass der grösste Teil der Geschwindigkeitsdifferenzen kleiner ist als die jeweiligen Standardabweichungen $\sigma_{V_{m_overlimit}}$ der Einzelfahrten (Ausnahme: VP Nr. 10 und R15). Somit gibt es auf diesem Abschnitt statistisch gesehen bei den meisten VP keinen signifikanten Unterschied zwischen Fahrten mit oder ohne IVIS.

Analog zum vorherigen Abschnitt sind in Abb. 50 die Geschwindigkeitswerte der Tab. 18 grafisch veranschaulicht. Im Anhang IV.2 befinden sich die Darstellungen für alle untersuchten Abschnitte der Stadtstrecke.

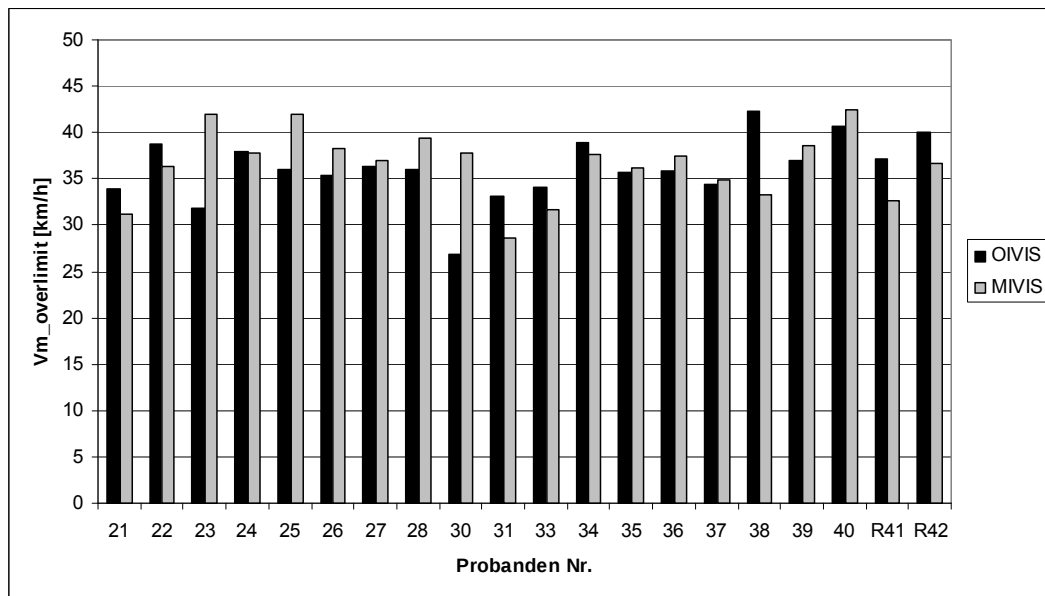


Abb. 50 Grafische Darstellung der in Tab. 18 aufgeführten Geschwindigkeiten $V_{m_overlimit}$ in Abschnitt STA8 der Stadtstrecke

Aufgrund der obigen Auswertungen ist in Tab. 18 die Häufigkeit der Geschwindigkeitsdifferenzen der Einzelpersonen der zwei Altersgruppen zusammenfassend dargestellt. Darin ist jeweils die Anzahl der Versuchspersonen (n VP) und der sich auf diese beziehende prozentuale Anteil der positiven (V_m mit IVIS < V_m ohne IVIS) bzw. negativen (V_m mit IVIS > V_m ohne IVIS) Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen den Zuständen ohne und mit IVIS für die jeweiligen Abschnitte aufgeführt.

Gruppe	Differenz	STA 8		STA 11		STA 12	
		n VP	Prozent	n VP	Prozent	n VP	Prozent
Jung	Pos	11	61	11	61	11	61
	Neg	7	39	7	39	7	39
Alt	Pos	9	45	7	35	7	35
	Neg	11	55	13	65	13	65

Tab. 19 Zusammenfassung positiver und negativer V_m -Differenzen zwischen Einzelfahrten ohne und mit IVIS auf den Abschnitten der Stadtstrecke

Aus der Tabelle ist erkennbar, dass in allen Abschnitten die Mehrheit der Altersgruppe Jung (61%) mit IVIS langsamer gefahren ist als ohne IVIS (Differenz positiv). Bei der Altersgruppe Alt ist es umgekehrt: Die Mehrheit (55 bzw. 65%) ist im Zustand mit IVIS auf allen drei Abschnitten schneller gefahren ist als ohne IVIS (Differenz negativ). Die Auswirkungen von IVIS auf die mittlere Geschwindigkeit sind somit auf der Stadtstrecke grundsätzlich anders als auf der Autobahnstrecke (vgl. 5.2.4), wo eine umgekehrte Tendenz feststellbar ist: Dort waren die VP der Gruppe Jung im Zustand mit IVIS vorwiegend schneller als im Zustand ohne IVIS, die VP der Gruppe Alt waren vorwiegend langsamer.

• Abschnitte der Stadtstrecke: Grösse von Geschwindigkeitsdifferenzen

Zur Abklärung der Frage, ab wann von einer erheblichen Änderung des Fahrverhalten zwischen den Zuständen mit und ohne IVIS ausgegangen werden soll, wurde wie bei den Autobahnabschnitten die Varianz der Geschwindigkeiten V_m in den einzelnen Abschnitten der Stadtstrecke einbezogen. Diese, in den Tabellen Tab. 12 und Tab. 13 bereits angegebenen Werte sind in folgender Tabelle zusammengestellt. Daraus ist ersichtlich, dass die Werte im Bereich zwischen ca. 2.0 und 2.5 km/h liegen. Für die weiteren Auswertungen wurde deshalb der Wert von 3.0 als massgebend für die Abschnitte der Stadtstrecke festgelegt. Bei Geschwindigkeitsdifferenzen von über 3 km/h kann von einer erheblichen

Änderung im Fahrverhalten ausgegangen werden.

Abschnitte Stadtstrecke:		STA8	STA11	STA12
		σ_{VGm} [km/h]	σ_{VGm} [km/h]	σ_{VGm} [km/h]
Gruppe Jung	MIVIS	2.37	2.16	2.42
	OIVIS	2.22	2.02	2.28
Gruppe Alt	MIVIS	2.30	2.02	2.33
	OIVIS	2.30	2.01	2.51

Tab. 20 Standardabweichungen σ_{VGm} der mittleren gewichteten Geschwindigkeit auf den Abschnitten der Stadtstrecke

Analog zu den Autobahnabschnitten (Abb. 48 und Abb. 49) sind in der Abb. 51 (Altersgruppe Jung) und Abb. 52 (Altersgruppe Alt) die mittleren Geschwindigkeiten V_m in den zwei Versuchszuständen (OIVIS / MIVIS) dargestellt. Für die Analyse der Auswertung von Abschnitten der Stadtstrecke werden nur jene Messwerte berücksichtigt, die grössere Geschwindigkeitsunterschiede als 3 km/h ergeben. Kleinere Unterschiede können als statistisch zufällig betrachtet.

Aus der Abb. 51 ist zunächst eine relativ klare Abstufung der mittleren Geschwindigkeiten V_m der *Altersgruppe Jung* in den drei Abschnitten ersichtlich:

- Abschnitt STA8 (Triemli – Goldbrunnenplatz) mit V_m –Bereich zwischen ca. 33 - 43 km/h
- Abschnitt STA11 (General Guisan-Quai – Bellevue – Pfauen) mit V_m –Bereich zwischen ca. 20 - 30 km/h
- Abschnitt STA12 (Pfauen – Rigiplatz - Irchel) mit V_m –Bereich zwischen ca. 28 - 37 km/h

Diese Abstufung, die in ähnlicher Form auch in Abb. 52 bei der Altersgruppe Alt besteht, wurde aufgrund der örtlichen Verkehrsverhältnisse auch erwartet.

Anders als bei den Autobahnabschnitten, ist die Anzahl Messwerte mit V_m -Differenzen > 3 km/h in den drei Abschnitten der Stadtstrecke relativ ausgeglichen:

- Abschnitt STA8 insgesamt 11x (in diesem Abschnitt der Stadtstrecke wurden die Probanden erstmals mit dem Einsatz des Zielführungssystems konfrontiert)
- Abschnitt STA11 insgesamt 7x
- Abschnitt STA12 insgesamt 9x (auf diesem Abschnitt wurde der IVIS-Einsatz mit einem Telefongespräch im Fahrzeug ergänzt)

Ebenso ausgeglichen ist bei der Gruppe Jung die Zahl der positiven (14) und negativen V_m -Differenzen (13).

Auch bei den STA-Abschnitten wurde überprüft, wie weit sich personencharakteristische Ausprägungen der in einem der Zustände deutlich schneller fahrenden Probanden ($\Delta V_m > 3$ km/h) ergeben. Die Auswertung aus Abb. 51 ergab keine Auffälligkeiten. Keine VP der Gruppe Jung war in allen drei Abschnitten in den Versuchsfahrten deutlich schneller oder langsamer, nur drei bzw. zwei VP waren an zwei Abschnitten mit IVIS deutlich schneller bzw. langsamer als ohne IVIS.

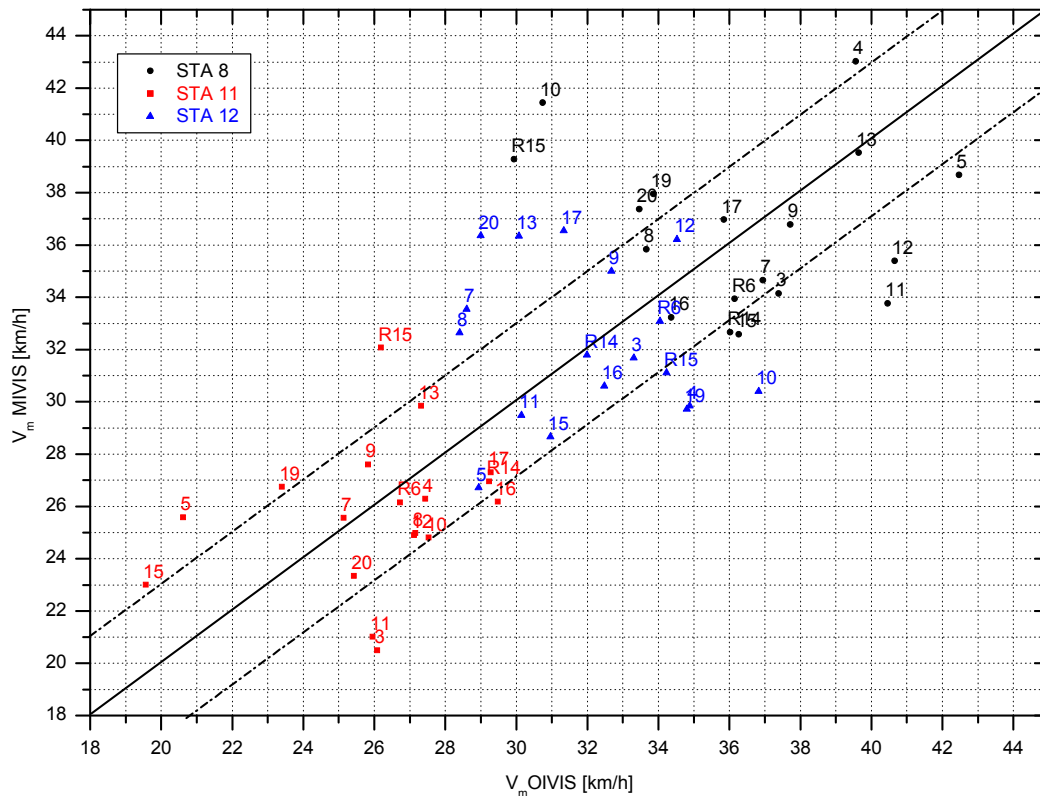


Abb. 51 Gegenüberstellung der mittleren Geschwindigkeit V_m zwischen den Versuchsfahrten ohne und mit IVIS der Altersgruppe Jung, auf den Abschnitten der Stadtstrecke

Auch bei der Altersgruppe Alt zeigt sich die bereits erwähnte Abstufung der mittleren Geschwindigkeiten V_m in den drei Abschnitten (vgl. Abb. 52).

Wie bei der Altersgruppe Jung ist auch bei den älteren Probanden die Anzahl Messwerte mit V_m -Differenzen > 3 km/h in den drei Abschnitten der Stadtstrecke relativ ausgeglichen:

- Abschnitt STA8 insgesamt 9x (in diesem Abschnitt der Stadtstrecke wurden die Probanden erstmals mit dem Einsatz des Zielführungssystems konfrontiert)
- Abschnitt STA11 insgesamt 7x
- Abschnitt STA12 insgesamt 9x (auf diesem Abschnitt wurde der IVIS-Einsatz mit einem Telefongespräch im Fahrzeug ergänzt)

Demgegenüber ist bei der Gruppe Alt die Zahl der positiven V_m -Differenzen (14) etwas grösser als jene der negativen (11).

Die Überprüfung der Einzelpersonen auf die Häufigkeit der deutlichen V_m -Differenzen ($\Delta V_m > 3$ km/h) ergab bei der Gruppe Alt keine Auffälligkeiten. Keine VP war in allen drei STA-Abschnitten in den Versuchsfahrten deutlich schneller oder langsamer. Nur zwei VP waren an zwei Abschnitten mit IVIS deutlich schneller als ohne IVIS und zwei VP waren an zwei Abschnitten langsamer.

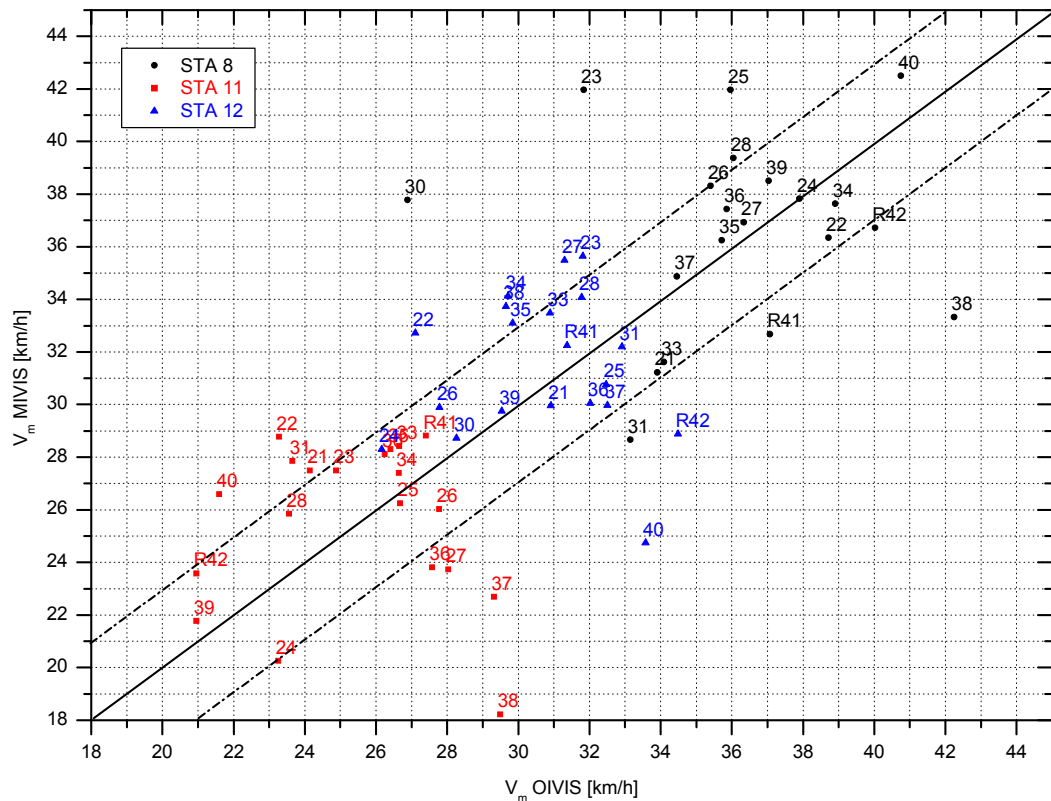


Abb. 52 Gegenüberstellung der mittleren Geschwindigkeit V_m zwischen den Versuchsfahrten ohne und mit IVIS der Altersgruppe Alt, auf den Abschnitten der Stadtstrecke

• Zusammenfassung

Auf den Abschnitten der Stadtstrecke ergaben sich bzgl. *Häufigkeit aller Geschwindigkeitsdifferenzen* zwischen den ungehinderten mittleren Geschwindigkeiten (V_m) in den Zuständen ohne und mit IVIS folgende Erkenntnisse: Zwischen den zwei Altersgruppen zeigen sich im Anteil der positiven (V_m mit IVIS > V_m ohne IVIS) und negativen (V_m mit IVIS < V_m ohne IVIS) Differenzen gewichtige Unterschiede. Während die Mehrheit der Altersgruppe Jung mit Einsatz von IVIS in allen Abschnitten langsamer als ohne IVIS gefahren war, sind die Probanden der Gruppe Alt in allen Abschnitten mehrheitlich schneller gefahren. Im Vergleich zu den Autobahnabschnitten ist auf den Abschnitten der Stadtstrecke eine umgekehrte Tendenz feststellbar.

Für die Analyse der *Grösse von Geschwindigkeitsdifferenzen* wurden auf den Abschnitten der Stadtstrecke nur Werte von über 3 km/h betrachtet (erhebliche Differenzen). Sie werden als deutliche Unterschiede im Fahrverhalten interpretiert, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Einwirkung von IVIS zurückzuführen sind.

Obwohl die mittleren Geschwindigkeiten (V_m) auf den drei untersuchten Abschnitten relativ klar abgestuft sind, war die Anzahl der Messwerte mit V_m -Differenzen > 3 km/h in den drei Abschnitten der Stadtstrecke relativ ausgeglichen, und zwar bei beiden Altersgruppen. Bei der *Gruppe Jung* ist auch die Zahl der positiven und negativen V_m -Differenzen ausgeglichen, während bei der *Gruppe Alt* die positiven Differenzen etwas überwiegen. Erhöhte Geschwindigkeiten im Zustand mit IVIS (MIVIS) gegenüber jenen im Zustand ohne IVIS (OIVIS) sind also bei dieser Altersgruppe etwas häufiger. Diese Befunde sind grundsätzlich anders als jene auf den Autobahnabschnitten. Diese Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammenfassend dargestellt.

Häufigkeit von $\Delta V_m > 3$ km/h auf Abschnitten der Stadtstrecke			
	Altersgruppe JUNG	Altersgruppe ALT	Total
$V_m \text{ MIVIS} > V_m \text{ OIVIS}$	14 (52%)	14 (56%)	28 (54%)
$V_m \text{ MIVIS} < V_m \text{ OIVIS}$	13 (48%)	11 (44%)	24 (46%)
Total	27 (100%)	25 (100%)	52 (100%)

Tab. 21 Häufigkeit von erheblichen Differenzen der mittleren Geschwindigkeit ΔV_m zwischen Einzelfahrten ohne und mit IVIS auf den Abschnitten der Stadtstrecke

Auch auf den Abschnitten der Stadtstrecke konnten keine personencharakteristischen Ausprägungen festgestellt werden. Aus der Auswertung ergaben sich keine Versuchspersonen, die mit IVIS-Einsatz in allen drei Abschnitten deutlich schneller oder deutlich langsamer waren.

6 Erkenntnisse

In den Kapiteln 4 und 5 wurden die Ergebnisse der verkehrstechnischen Untersuchungen ausführlich beschrieben. Im Vordergrund standen dabei die Veränderungen im Fahrverhalten zwischen den Versuchsfahrten ohne und mit dem Einsatz von fahrzeuginternen Informationssystemen (IVIS). Im vorliegenden Kapitel sollen nun die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst und gewürdigt werden. Im Abschnitt 6.2 erfolgt dann eine Einschätzung der Auswirkungen der Veränderungen im Fahrverhalten auf die Verkehrssicherheit.

6.1 Erkenntnisse aus verkehrstechnischer Untersuchung

Die verkehrstechnischen Erkenntnisse basieren auf zwei verschiedenen Gruppen von Untersuchungen:

In einer ersten Gruppe wurden jeweils die gesamte Versuchsstrecke und alle Versuchsfahrten einbezogen (makroskopische Untersuchung). Bei diesem Untersuchungsteil stand die statistische Signifikanz der Veränderungen im Fahrverhalten im Vordergrund.

Bei der zweiten Gruppe wurden die gleichen Beschreibungsgrößen verwendet, aber bezogen auf einzelne Abschnitte und Querschnitte der zwei Versuchsstrecken. Bei den Auswertungen wurden zudem neben den zwei Altersklassen auch Ausprägungen von Einzelpersonen untersucht. Im Vordergrund dieser mikroskopischen Untersuchungen standen allfällige örtliche Einflüsse und individuelle Auffälligkeiten im Fahrverhalten der Probanden.

6.1.1 Erkenntnisse aus Untersuchungen der gesamten Versuchsstrecken

- **Versuchsfahrten auf Autobahnstrecke**

Auf der Autobahnstrecke ergaben sich keine signifikanten Auswirkungen des IVIS-Einsatzes auf die *Geschwindigkeitsgrößen* V85 (schnell fahrende Probanden) und Vm (durchschnittlich schnell fahrende Probanden). Die festgestellten, signifikant niedrigeren Werte der V85 und Vm für die Altersgruppe ältere Versuchspersonen können nicht auf den Einsatz von IVIS zurückgeführt werden.

Bei den *sicherheitsrelevanten Ereignissen* zeigten sich bei den betrachteten Gruppen von Einflussfaktoren neben kleineren teilweise auch beträchtliche Unterschiede, die jedoch mangels einer insgesamt ausreichender Ereignishäufigkeit nicht als statistisch signifikante Veränderungen gelten können. So erwiesen sich die Veränderungen in der Häufigkeit von „Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern“, welche auf das beeinträchtigte Vorausehen von Verkehrssituationen zurückgeführt werden können, als nicht signifikant.

Bei zwei der sicherheitsrelevanten Ereignisse konnte ein signifikanter Einfluss des IVIS-Einsatzes nachgewiesen werden, allerdings mit unterschiedlicher Ausrichtung:

- Bei Fahrten auf Autobahnen mit IVIS-Einsatz mussten die Versuchsleiter signifikant häufiger eingreifen und entsprechende *Routenanweisungen* geben als bei Fahrten nach konventioneller Wegweisung. Dies war signifikant häufiger bei den älteren Probanden und jenen ohne Erfahrung mit Navigationsgerät im Fahrzeug der Fall. Allerdings hängt dieses Ergebnis mit der Qualität der mündlichen Anweisungen des eingesetzten Zielführungssystems zusammen. Bei Fahrbahnwechsel im Bereich von Verzweigungen und komplexen Anschlüssen waren die Informationen teilweise verwirrend.
- Obwohl das zu nahe Aufschliessen auf ein voraus fahrendes Fahrzeug während der Versuchsfahrten auf Autobahnen selten vorgekommen ist, waren die *zu kurzen Fol-*

geabstände beim IVIS-Einsatz signifikant seltener als bei Fahrten ohne IVIS-Einsatz. In diesem Zustand waren sie signifikant häufiger bei der Altersgruppe jüngere Probanden und bei Fahrer mit Navi Erfahrung.

Diese Befunde werden auch durch die kombinierten Auswertungen bestätigt. Bei Fahrten mit IVIS-Einsatz sind zu kurze Folgeabständen bei älteren Probanden signifikant seltener als bei Fahrten ohne IVIS-Einsatz, und zwar auch dann, wenn sie über keine Erfahrung mit einem Navigationsgerät verfügen.

- **Versuchsfahrten auf Stadtstrecke**

Auch auf der Stadtstrecke ergaben sich keine signifikanten Auswirkungen des IVIS-Einsatzes auf die *Geschwindigkeitsgrößen* V_{85} und V_m . Die Geschwindigkeitsunterschiede sind im Vergleich zur Autobahnstrecke – entsprechend dem tieferen Niveau – wesentlich kleiner.

Bei den *sicherheitsrelevanten Ereignissen* „Routenanweisungen“ und „Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern“ kann kein signifikanter Einfluss des IVIS-Einsatzes festgestellt werden. Auch beim Einflussfaktor Altersgruppe sind die Unterschiede zu klein, um statistisch signifikant zu sein. Die einzige Ausnahme war der signifikante Einfluss des Einflussfaktors „Navi Erfahrung“ auf die Häufigkeit der Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern. Diese waren bei VP ohne Navi Erfahrung wesentlich häufiger als bei VP mit Navi Erfahrung. Offensichtlich wurden diese „unerfahrenen“ VP durch die Anweisungen des Zielführungssystems mehr von ihrer Fahraufgabe abgelenkt als VP mit Navi Erfahrung.

Erwartungsgemäss ist – unabhängig vom Versuchsstatus ohne / mit IVIS – die Häufigkeit der Ereignisse „Routenanweisungen“ und „Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern“ auf der Stadtstrecke wesentlich grösser als auf der Autobahnstrecke.

6.1.2 Erkenntnisse aus orts- und personenbezogenen Untersuchungen

Für diese Untersuchung wurden einerseits 4 Referenzquerschnitte auf der Autobahnstrecke und 5 Referenzquerschnitte auf der Stadtstrecke und andererseits 4 Abschnitte der Autobahnstrecke und 3 Abschnitte der Stadtstrecke einbezogen. Sie unterscheiden sich in der Komplexität der Situation, bedingt durch z.B. die örtliche Verkehrsdichte, Anhäufung von Signalen und Wegweisern, unterschiedlich hohe zulässige Höchstgeschwindigkeiten, Fussgängerquerungen oder Restriktionen im Strassenquerschnitt. Dementsprechend handelt es sich um Örtlichkeiten, die entweder eine eher kleinere oder eher grössere Aufmerksamkeitsbeanspruchung vom Fahrzeuglenker erfordern. Im Vordergrund steht also die Frage, wie sich die verschiedenen Örtlichkeiten im Vergleich der Zustände ohne und mit IVIS auf das Fahrverhalten auswirken.

- **Querschnittsauswertung für die Gesamtheit aller Versuchspersonen**

Auf den *Autobahnen* scheint der Einsatz von IVIS geeignet zu sein, die Geschwindigkeiten der Gruppe schnell fahrende Fahrzeuge (V_{85}) in einem gewissen Mass zu senken, und damit zur Homogenisierung der Geschwindigkeiten beizutragen. Dafür spricht auch die relativ deutliche Reduktion der Standardabweichungen (σ_{V_m}) im Zustand mit IVIS. Dieser Befund ergab sich an allen 4 Autobahnquerschnitten. Aus dem Vergleich der Geschwindigkeitsveränderungen an den einzelnen Autobahnquerschnitten ist dementsprechend kein Ortsbezug ersichtlich. Die Ausnahme bilden Querschnitte im Bereich von stationären Überwachungsgeräten, wo die Abnahmen der V_{85} am kleinsten waren.

Demgegenüber sind auf den Querschnitten der *Stadtstrecke* keine Auswirkungen von IVIS feststellbar; bzw. sie werden durch die zufällig auftretenden Staubehinderungen im Stadtverkehr überlagert.

- **Querschnittsauswertung für Altersgruppen und Einzelpersonen**

Erkenntnisse für Autobahnquerschnitte

Auf den Autobahnquerschnitten zeigen sich zwischen den *zwei Altersgruppen* relativ deutliche Unterschiede:

Im Vergleich zu jüngeren VP erscheinen ältere VP im Zustand ohne IVIS häufiger in der Gruppe Langsamfahrende (V_{15}) als in der Gruppe Schnellfahrende (V_{85}) und dieser Unterschied wird im Zustand mit IVIS noch ausgeprägter. Dies bedeutet, dass ältere VP im Zustand mit IVIS noch vorsichtiger fahren bzw. dass der *Anteil schnell fahrender älterer VP durch den IVIS-Einsatz reduziert wird*.

Bei den jüngeren VP ist das angesprochene Verhältnis umgekehrt: Sie erscheinen mehrheitlich in der Gruppe Schnellfahrende (V_{85}) und im Zustand mit IVIS ist das Verhältnis noch etwas ausgeprägter. Bei der Altersgruppe *jüngere VP* scheint der *IVIS-Einsatz* eher zu einer *schnelleren Fahrweise* beizutragen.

Relevante *Unterschiede zwischen den einzelnen Querschnitten* lassen sich hinsichtlich IVIS-Wirkung bei beiden Altersgruppen nicht ausmachen.

Der überwiegende Teil der *Einzelpersonen* erscheint in einer der betrachteten Geschwindigkeitsgruppen (V_{15} oder V_{85}) höchstens einmal. Nur ganz wenige Probanden in der Gruppe V_{15} bzw. in der Gruppe V_{85} führen im Zustand ohne IVIS an 3 oder gar an allen 4 Autobahnquerschnitten in einer der genannten Geschwindigkeitsgruppe. Eine gewisse Wirkung von IVIS scheint es nur bei den älteren der diskreten Probanden zu geben: Sie erscheinen im Zustand mit IVIS nicht mehr als häufig in einer der Geschwindigkeitsgruppen.

Erkenntnisse für Querschnitte der Stadtstrecke

Auch auf den Querschnitten der Stadtstrecke zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den zwei Altersgruppen:

Analog zu den Autobahnquerschnitten sind ältere VP im Zustand ohne IVIS mehrheitlich in der Gruppe Langsamfahrende (V_{15}) vertreten, jüngere VP in der Gruppe Schnellfahrende (V_{85}). Anders als bei den Autobahnquerschnitten bewirkt der IVIS-Einsatz bei den *älteren VP* eine umgekehrte Situation: Bei dieser Altersgruppe bewirkt IVIS eine völlige Verlagerung von der Gruppe Langsamfahrende (V_{15}) zur Gruppe Schnellfahrende (V_{85}). Diese IVIS-Auswirkung ist bei den *jüngeren Probanden* nicht vorhanden. Offensichtlich bewirkt bei den älteren Probanden die mit dem Zielführungssystem erleichterte Routensuche im städtischen Strassennetz eine schnellere Fahrweise. Hierbei handelt es sich um die insgesamt deutlichste IVIS-Auswirkung.

Der Anteil der *Einzelpersonen*, die in einer der betrachteten Geschwindigkeitsgruppen höchstens einmal erscheint, ist bei den Querschnitten der Stadtstrecke noch grösser als bei den Autobahnquerschnitten. Dementsprechend sind Einzelpersonen, die mehrmals in einer der Geschwindigkeitsgruppen erscheinen, noch seltener.

- **Abschnittsauswertung für Altersgruppen**

Anders als bei den Querschnitten, wo alle am Querschnitt erfassten Geschwindigkeitswerte mit einbezogen wurden, sind bei den Abschnitten nur jene Werte aus den Geschwindigkeitsprofilen berücksichtigt, die den Einfluss von zufälligen, versuchsunabhängigen Einflüssen von Stau oder sonstigen Behinderungen während der Einzelfahrten ausschliessen.

Erkenntnisse für Autobahnabschnitte

Analog zu Auswertungen auf der gesamten Autobahnstrecke (vgl. 6.1.1) bestehen auch bei den einzelnen Autobahnabschnitten auffällige Unterschiede zwischen den

zwei Altersgruppen.

Die *mittlere Geschwindigkeit* V_{Gm} der *jüngeren VP* hat sich im Zustand mit IVIS gegenüber jenem ohne IVIS auf zwei Abschnitten relativ deutlich *reduziert* (um 2.0 bzw. 3.5 km/h), auf zwei Abschnitten sind praktisch keine Veränderungen feststellbar. Bei der Gruppe *älterer VP* bewirkt der IVIS-Einsatz auf drei der vier Abschnitte eine leichte *Zunahme* der mittleren Geschwindigkeit (um 1.0 bis 2.5 km/h). Eine homogenisierende Wirkung von IVIS auf die mittleren Fahrgeschwindigkeiten ist auf den einzelnen Abschnitten bei beiden Altersgruppen nicht feststellbar. Dazu sind die Veränderungen der Standardabweichungen zu gering und uneinheitlich.

Der Vergleich der Anzahl von *sicherheitsrelevanten Ereignissen* zwischen den Zuständen mit und ohne IVIS ergibt bei der Gruppe *jüngerer VP* keine nennenswerten Unterschiede. Demgegenüber hat sich die Anzahl von Ereignissen bei der Gruppe *älterer VP im Zustand mit IVIS* gegenüber jenem ohne IVIS *stark reduziert*. Diese auffällige Veränderung ist auf jenen Abschnitten ausgeprägt, auf welchen im Zustand mit IVIS im Mittel schneller gefahren wird als im Zustand ohne IVIS.

Bei der Anzahl von *aktiven Überholungen* bestehen zwischen den einzelnen Abschnitten grosse Unterschiede. Bei der Gruppe *jüngerer VP* hat sich die Zahl von Überholungen im Zustand mit IVIS auf zwei Abschnitten deutlich erhöht, auf zwei Abschnitten ist sie gleich gross geblieben. Bei der Gruppe *älterer VP* ergab sich eine umgekehrte Veränderung: Auf drei der vier Abschnitte hat sich die Anzahl aktiver Überholungen ebenso deutlich reduziert.

Erkenntnisse für Abschnitte der Stadtstrecke

Auf den Abschnitten der Stadtstrecke mit den vielfältigen Einflüssen des städtischen Gemischverkehrs sind die *Geschwindigkeitsunterschiede* zwischen den Zuständen ohne und mit IVIS bei beiden Altersgruppen erwartungsgemäss *nur gering*. Ebenso ist hier keine homogenisierende Wirkung von IVIS auf die Fahrgeschwindigkeiten feststellbar. Diese Erkenntnis gilt auch für den Abschnitt, in welchem das aktive Telefongespräch stattfand.

Demgegenüber bestehen bei der Anzahl von *sicherheitsrelevanten Ereignissen* auf der Stadtstrecke gewichtige Unterschiede zwischen den zwei Altersgruppen:

- Die *Zahl der Ereignisse* war bei der Gruppe *älterer VP in beiden Zuständen* mit und ohne IVIS *grösser* als bei der Gruppe *jüngerer VP*.
- Im Vergleich zum Zustand ohne IVIS hat sich die *Zahl der Ereignisse im Zustand mit IVIS* bei den *älteren Probanden* auf *allen drei Abschnitten massiv erhöht*, während sie bei den *jüngeren VP* in der Regel nur unwesentlich zunahm.
- Am deutlichsten manifestierte sich dieser Unterschied in jenem *Abschnitt*, in welchem zusätzlich auch das *aktive Telefongespräch* stattfand. Die Zahl der sicherheitsrelevanten Ereignisse hat sich bei den *älteren VP* in diesem Abschnitt mehr als verdoppelt, während die mittlere Geschwindigkeit dieser Altersgruppe nur geringfügig abgenommen hat.

• **Abschnittsauswertung für Einzelpersonen**

Die Auswertung der Häufigkeit und der Grösse von Geschwindigkeitsdifferenzen für Einzelpersonen ergab folgende Erkenntnisse:

Erkenntnisse für Autobahnabschnitte

Auf den Autobahnabschnitten zeigen sich bei den zwei Altersgruppen bzgl. *Häufigkeit der Geschwindigkeitsdifferenzen* zwischen den mittleren Geschwindigkeiten (V_m) in den Zuständen ohne und mit IVIS gewichtige Unterschiede. Ausgewertet wurden die

Anteile der positiven (V_m mit IVIS $>$ V_m ohne IVIS) und negativen (V_m mit IVIS $<$ V_m ohne IVIS) Geschwindigkeitsdifferenzen.

Während die *jüngeren Probanden* im ersten Autobahnabschnitt mit Einsatz von IVIS (Zielführungsgerät und Autoradio) vorwiegend langsamer als ohne IVIS-Einsatz gefahren waren, sind sie auf den weiteren Abschnitten der Versuchsfahrt mehrheitlich schneller gewesen. Bei Probanden der Altersgruppe *ältere VP* hat sich diese Tendenz nicht gezeigt, die Häufigkeit der positiven und negativen V_m -Differenzen war im weiteren Verlauf der Versuchsfahrt ausgeglichen.

Um die Zufälligkeit der Unterschiede zwischen den Fahrten mit und ohne IVIS auszuschliessen, wurden für die Analyse der *Grösse von Geschwindigkeitsdifferenzen* nur Werte von über 5 km/h betrachtet (erhebliche Differenzen). Sie deuten auf deutliche Unterschiede im Fahrverhalten hin, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Einwirkung von IVIS zurückzuführen sind.

Bei *beiden Altersgruppen* treten die erheblichen V_m -Differenzen am häufigsten gegen Ende der Versuchsfahrt auf (Abschnitte AB5 und AB6). In den ersten zwei Abschnitten (Abschnitte AB1 und AB2) waren sie nur selten. Bei Probanden der *Gruppe Jung* ergaben sich etwa dreimal mehr positive V_m -Differenzen als negative. Das bedeutet, dass sie im Zustand mit IVIS deutlich schneller gefahren sind als im Zustand ohne IVIS. In der *Gruppe Alt* waren die positiven und negativen V_m -Differenzen ausgeglichen, wobei die negativen doppelt häufiger waren als jene in der Gruppe Jung. Im Vergleich zur Gruppe Jung fahren die älteren Probanden im Zustand mit IVIS häufiger mit einer deutlich niedrigeren mittleren Geschwindigkeit als im Zustand ohne IVIS.

In der Stichprobe der 40 Probanden lassen sich *keine personencharakteristischen Ausprägungen* ausmachen. Aus der Auswertung ergaben sich keine Versuchspersonen, die mit IVIS-Einsatz in allen vier Autobahnabschnitten deutlich schneller oder deutlich langsamer waren.

Erkenntnisse für Abschnitte der Stadtstrecke

Auch auf den Abschnitten der Stadtstrecke zeigen sich bzgl. *Häufigkeit der Geschwindigkeitsdifferenzen* zwischen den Zuständen ohne und mit IVIS gewichtige Unterschiede. Während die Mehrheit der *Altersgruppe Jung* mit Einsatz von IVIS in allen Abschnitten häufig langsamer als ohne IVIS gefahren war, sind die Probanden der *Altersgruppe Alt* in allen Abschnitten mehrheitlich schneller gefahren. Im Vergleich zu den Autobahnabschnitten ist also auf den Abschnitten der Stadtstrecke eine umgekehrte Tendenz feststellbar.

Für die Analyse der *Grösse von Geschwindigkeitsdifferenzen* wurden auf den Abschnitten der Stadtstrecke nur Werte von über 3 km/h betrachtet (erhebliche Differenzen).

Obwohl die mittleren Geschwindigkeiten auf den drei untersuchten Abschnitten relativ klar abgestuft sind, war die Anzahl der Messwerte mit Differenzen $>$ 3 km/h in den drei Abschnitten der Stadtstrecke *bei beiden Altersgruppen relativ ausgeglichen*. Bei der *Gruppe Jung* ist auch die Zahl der positiven und negativen V_m -Differenzen ausgeglichen, während bei der *Gruppe Alt* die positiven Differenzen etwas überwiegen. Erhöhte Geschwindigkeiten im Zustand mit IVIS gegenüber jenen im Zustand ohne IVIS sind also bei dieser Altersgruppe etwas häufiger. Diese Befunde sind grundsätzlich anders als jene auf den Autobahnabschnitten.

Auch auf den Abschnitten der Stadtstrecke konnten *keine personencharakteristischen Ausprägungen* festgestellt werden. Aus der Auswertung ergaben sich keine Versuchspersonen, die mit IVIS-Einsatz in allen drei Abschnitten deutlich schneller oder deutlich langsamer waren.

6.2 Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit

6.2.1 Ausweitung des Sicherheitsbegriffs

Die Auswirkungen von allfällig IVIS-bedingten Veränderungen im Verkehrs- bzw. Fahrverhalten der Versuchspersonen auf die Verkehrssicherheit können offensichtlich nur indirekt gedeutet werden. Dazu bedarf es einer grundsätzlichen Ausweitung des Sicherheitsbegriffs. Im vorliegenden Experiment geht es primär darum zu prüfen, ob allfällige Mehrbelastungen der Fahrer durch die gegebene Kombination von IVIS zu erhöhten Ablenkungen und zur Beeinträchtigung ihrer Fahraufgabe führen (Negativhypothese) oder aber, ob die vorliegende IVIS-Kombination während der Versuchsfahrten eine Erleichterung der Fahraufgabe bewirkt (Positivhypothese)²⁰.

In der *Verkehrstechnik* wird der Verkehrsablauf auf Strassen durch „Leistungsgrössen“, (z.B. Verkehrsmenge, Verkehrsdichte und Verkehrszusammensetzung), durch „Bewegungsgrössen“ (z.B. Geschwindigkeits-, Abstands-, Spur- und Überholverhalten) sowie durch bestimmte sicherheitsrelevante Ereignisse im Sinne von Verkehrskonflikten beschrieben. Diese Grössen können direkt erhoben werden. In der *Sicherheitstechnik* wird versucht, die erhobenen, verkehrstechnischen Vorgänge typischen Verhaltensweisen zuzuordnen. Dabei werden die in Tab. 22 zusammengestellten Gruppen von Verhaltensweisen unterschieden (vgl. [Lindenmann, Spacek 2008], [Durth, Bald 1987]). Der Massstab für diese Unterteilung wird im Wesentlichen durch das Strassenverkehrsgesetz gegeben.

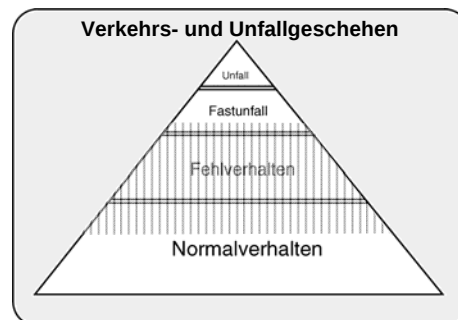
Die Gliederung der Verhaltensgruppen in Tab. 22 basiert auf der zentralen Hypothese, wonach zwischen Verkehrs- und Unfallgeschehen Zusammenhänge bestehen. Konkret induziert diese Annahme, dass das häufige Auftreten von Fehlverhalten im Verkehrsablauf, zu einem entsprechend erhöhten Gefahrenmass führen kann.

Begriff	Definition	Erläuterung
Normalverhalten	Verhalten nach „(Rechts)Norm“	Sollverhalten, u.a. Grundlage für technische Normen
Fehlverhalten	Verkehrsregelverstösse	Vortrittsmissachtungen, Überfahren der Sicherheitslinie, nicht angepasste, erhöhte Geschwindigkeit
Fastunfall	Situationen, in denen Unfälle nur durch extreme Reaktionen vermieden werden konnten, sowie sog. Bagatellunfälle	Örtliche Häufung von Bremsspuren, Beschädigungen an der Anlage und Ausrüstung sowie andere Gefahrensituationen
Unfall	Extremes Abweichen vom Normalverhalten	Fahrzeugkollisionen als statistisch seltene Ereignisse

Tab. 22 Verhaltensgruppen im System Verkehrs- und Unfallgeschehen

Hinsichtlich Häufigkeit im Strassenverkehr können die erwähnten Verhaltensgruppen wie in der Skizze rechts dargestellt werden.

Die im vorliegenden Experiment gemessenen, IVIS-bedingten Veränderungen der Geschwindigkeitsgrössen und der Häufigkeit von erfassten Ereignissen bzw. Konfliktsituationen erstrecken sich über theoretisch drei Verhaltensgruppen (schraffierter Bereich in der Skizze rechts).



²⁰ Dabei wird vorausgesetzt, dass die Beanspruchung durch die für verkehrspsychologische Untersuchungen erforderliche Sekundäraufgabe (einfacher auditiver Reaktionstest, ASRTT, vgl. 2.2.2) in beiden Fahrtzuständen (mit und ohne IVIS) vergleichbar ist.

In diesem Kapitel sollen aus der Art der IVIS bedingten Veränderungen im Fahrverhalten der Probanden die Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit abgeleitet werden. Bei der Ableitung der Auswirkungen beschränkt man sich auf die empirisch ermittelten Veränderungen der Geschwindigkeitsgrössen und der Ereignishäufigkeiten. Es geht also um die Darstellung bestimmter Symptome des Unfallgeschehens (vgl. [Handke 1996]).

Zu diesem Zweck muss bei den IVIS bedingten Veränderungen grundsätzlich unterschieden werden,

- ob die *Richtung der Veränderung* (Ab- oder Zunahme) zu einer Beeinträchtigung oder aber zu einer Verbesserung der Verkehrssicherheit führen kann und
- ab welcher *Grösse der Veränderung* von einem Einfluss auf die Verkehrssicherheit gesprochen werden darf.

Aufgrund von Erfahrungen der Forschungsstelle, gewonnen aus zahlreichen sicherheitstechnischen Untersuchungen²¹, und unter Berücksichtigung von ausländischen Studien werden beim Vergleich zwischen Fahrten mit und ohne IVIS folgende Aspekte als *positive Auswirkung auf die Verkehrssicherheit* erachtet:

- *niedrigere Geschwindigkeiten* (Sicherheitsgewinne u.a. durch kürzere Anhaltewege, reduzierte Gefahr von Fahrunfällen infolge nicht angepasster Geschwindigkeiten, kleinere Unfallschwere)
- *homogenere Geschwindigkeitsverteilung* bedeutet, dass ein grössere Teil von Fahrzeuglenkern im Bereich der Durchschnittsgeschwindigkeit fahren und grössere Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Fahrzeugen seltener werden (Sicherheitsgewinne u.a. durch gleichmässigeren Verkehrsfluss, reduzierte Gefahr von Auffahrunfällen, kleinere Unfallschwere)
- *kleinere Häufigkeit von sicherheitsrelevanten Ereignissen* (Sicherheitsgewinne resultieren aus der Reduktion des Ausmasses an potentiellen Gefahren)²²

Gestützt auf die Erfahrungen der Forschungsstelle wird davon ausgegangen, dass nur grössere, statistisch signifikante Veränderungen zu einer Beeinflussung des Sicherheitsniveaus führen können.

Die Auswertung der in 6.1 beschriebenen Erkenntnisse führte zu einer, in Anhang V zusammengestellten qualitativen Abschätzung der Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit. Diese Ergebnisse sind in den zwei nachfolgenden Abschnitten zusammengefasst.

6.2.2 Ergebnisse für Autobahnstrecke

• Positive Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit

Geschwindigkeiten

Die Veränderungen der Fahrgeschwindigkeiten der beiden Altersgruppen auf der Gesamtstrecke und auf den einzelnen Abschnitten deuten insgesamt nur auf geringfügig positive Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit hin. Die mittlere Geschwindigkeit (V_m) der Gruppe „jüngere VP“ hat sich im Zustand mit IVIS auf mehreren Abschnitten deutlich reduziert.

Die Auswertung an den Querschnitten weist jedoch stärker auf positive Effekte hin, indem sich die Geschwindigkeiten der Schnellfahrer (V85) und die Geschwindigkeitsstreuung im Zustand mit IVIS relativ deutlich reduziert haben und der Anteil Schnellfahrer (V85) bei der Gruppe „ältere VP“ abgenommen hat.

²¹ Darunter fallen wissenschaftliche Untersuchungen zur Einführung von allen generellen Tempolimits in der Schweiz (Tempolimits 100/130 km/h, 80/120 km/h, Tempo 50 km/h)

²² Die im vorliegenden Versuch erfassten Ereignisarten unterscheiden sich in ihrer Sicherheitsrelevanz. Auf diese Aspekte wird in Kapitel 7 eingegangen.

Die personenbezogene Auswertung der Geschwindigkeitsunterschiede zwischen den Zuständen mit und ohne IVIS ergab bei älteren VP eine leicht höhere Anzahl von niedrigeren V_m im Zustand mit IVIS als im Zustand ohne IVIS.

Ereignisse

Die Häufigkeit des Ereignisses „zu kurze Folgeabstände“ auf der Gesamtstrecke hat sich im Zustand mit IVIS deutlich reduziert, vor allem bei der Gruppe ältere VP und jene ohne Erfahrung mit Navigationsgerät.

Die Häufigkeit aller sicherheitsrelevanten Ereignisse auf den einzelnen Autobahnabschnitten hat sich bei der Gruppe „ältere VP“ im Zustand mit IVIS massiv reduziert.

- **Negative Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit**

Geschwindigkeiten

Die mittlere Geschwindigkeiten (V_m) älteren VP haben sich im Zustand mit IVIS auf mehreren Abschnitten deutlich erhöht.

Die personenbezogene Auswertung der Geschwindigkeitsunterschiede zwischen den Zuständen mit und ohne IVIS ergab bei jüngeren VP eine deutlich höhere Anzahl von höheren V_m im Zustand mit IVIS. Zudem ergab sich bei dieser Altersgruppe eine wesentlich grössere Häufigkeit von sogenannten erheblichen Geschwindigkeitsdifferenzen (V_m mit IVIS – V_m ohne IVIS > 5 km/h).

Ereignisse

Bei den Ereignissen sind keine negativen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit erkennbar.

6.2.3 Ergebnisse für Stadtstrecke

- **Positive Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit**

Geschwindigkeiten

Bzgl. Gesamtstrecke sind infolge nur geringfügiger Unterschiede zwischen den Fahrten mit und ohne IVIS keine positiven Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit zu erkennen.

Die personenbezogene Auswertung der Geschwindigkeitsunterschiede zwischen den Zuständen mit und ohne IVIS ergab bei jüngeren VP in allen Abschnitten der Stadtstrecke eine deutlich kleinere Anzahl von niedrigeren V_m im Zustand mit IVIS als im Zustand ohne IVIS.

Ereignisse

Bei den Ereignissen sind keine positiven Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit erkennbar.

- **Negative Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit**

Geschwindigkeiten

Bzgl. Gesamtstrecke sind infolge nur geringfügiger Unterschiede zwischen den Fahrten mit und ohne IVIS keine negativen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit zu erkennen.

Die Auswertung an den Querschnitten ergab jedoch bei der Gruppe „ältere VP“ im Zustand mit IVIS eine starke Erhöhung des Anteils von Schellfahrer (V85).

Die personenbezogene Auswertung der Geschwindigkeitsunterschiede zwischen den Zuständen mit und ohne IVIS ergab bei älteren VP in allen Abschnitten der Stadtstrecke eine deutlich grössere Anzahl von höheren V_m im Zustand mit IVIS als im Zustand ohne IVIS. Zudem hat sich bei dieser Altersgruppe auch die Häufigkeit von sogenannten erheblichen Geschwindigkeitsdifferenzen (V_m mit IVIS – V_m ohne IVIS > 3 km/h) etwas erhöht.

Ereignisse

Die Häufigkeit aller sicherheitsrelevanten Ereignisse hat sich bei der Gruppe „ältere VP“ im Zustand mit IVIS auf allen Abschnitten der Stadtstrecke stark erhöht. Diese Zunahme ist vor allem im Abschnitt mit Telefonaufgabe ausgeprägt.

7 Folgerungen

7.1 Beurteilung der Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit

Im vorliegenden Abschnitt wird versucht, die Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen (IVIS) auf die Verkehrssicherheit zu quantifizieren. Zu diesem Zweck ist es erforderlich, sich mit verschiedenen Aspekten, die zu einer Bewertungsdifferenzierung führen können, auseinander zu setzen.

7.1.1 Räumliche Ausprägung

In den Auswertungen werden Beschreibungsgrößen verwendet, die sich auf einzelne Querschnitte, Abschnitte oder die gesamte Strecke beziehen. Die Aussagekraft bzgl. Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit muss aus folgenden Gründen unterschiedlich gewichtet werden:

- Bei den Messgrößen an den Querschnitten handelt es sich um lokale Kennwerte, die das Fahrverhalten lediglich in einem sehr kurzem „Abschnitt“ charakterisieren.
- Demgegenüber repräsentieren Erkenntnisse bei den Abschnitten und bei der Gesamtstrecke das Fahrverhalten über eine Länge von z.T. mehreren Kilometern Länge.
- Im Vergleich zu einzelnen Abschnitten hat die Auswertung über die Gesamtstrecke den Nachteil, dass diese „globalisierte“ Betrachtung zu einer gewissen Ausnivellierung von IVIS-bedingten Veränderungen führt. Dadurch werden Einflüsse auf das Fahrverhalten, die nur lokal bzw. abschnittsweise vorhanden sind (z.B. erhöhte Signalisationsdichte, Tunnel- oder Steigungsabschnitt, Abschnitt mit Telefonaufgabe), nicht aufgedeckt.
- Der Vorteil der Auswertung über die Gesamtstrecke liegt in der hohen statistischen Sicherheit der Aussagen (mehrfaktorielle Varianzanalyse, basierend auf einer größeren Stichprobe als bei den ausgewählten Abschnitten).

Aufgrund der obigen Überlegungen wird bei der Beurteilung der Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit von folgender Gewichtung ausgegangen:

Den Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit, gewonnen aus Veränderungen auf der Gesamtstrecke und auf den Abschnitten wird eine hohe, jenen in den Querschnitten eine niedrige Sicherheitsrelevanz beigemessen.

7.1.2 Sachliche Ausprägung

Die abhängigen Variablen, welche zur Ableitung von IVIS-bedingten Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit verwendet wurden (vgl. Tabelle im Anhang V), umfassen verschiedene Geschwindigkeitsgrößen und Ereignisse. Auch bei diesen ist die Aussagekraft bzgl. Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit unterschiedlich.

- Bei den *Geschwindigkeitsgrößen* hat V85%, welche das Verhalten der schnell fahrenden (und oft auch das Tempolimit überschreitenden) Fahrzeuglenker charakterisiert, eine grössere Sicherheitsrelevanz als die durchschnittliche Geschwindigkeit V_m , weil bei dieser Gruppe sowohl die Wahrscheinlichkeit einen Unfall verursacht zu haben oder in einen Unfall verwickelt zu werden als auch die Unfallfolgen potentiell höher liegen. Den Veränderungen von V85% ist deshalb eine grössere Gewichtung beizumessen als jenen von V_m .
- Die im vorliegenden Versuch erfassten *Ereignisarten* unterscheiden sich in ihrer Sicherheitsrelevanz hinsichtlich der IVIS-Wirkung. Ihre Einschätzung ist in der folgenden Übersicht zusammengestellt.

<i>Ereignisart</i>	<i>Sicherheitsrelevanz</i>	<i>Begründung</i>
1. Aktives Überholen	klein	Die nur auf der Autobahnstrecke erfassten Überholvorgänge der VP stellen keine grundsätzliche Gefährdung im Verkehrsablauf dar. Die Häufigkeit dieser Vorgänge ist zudem in starkem Masse durch die (versuchsunabhängige) Zufälligkeit der Verkehrssituation beeinflusst (Auftreten von mehr / weniger Langsamfahrzeugen bzw. von längeren / kürzeren Lastwagenpulks).
2. Routenanweisungen	klein	Die Routenanweisungen waren in diesem Experiment für die Vergleichbarkeit der Versuchsfahrten erforderlich. Das unbewusste / irrtümliche Abweichen von einer gewünschten Reisroute kommt bei Ortsunkundigkeit vor, ohne dass dies zu einer wesentlich erhöhten Gefährdung im Verkehr führt. ²³
3. Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern	hoch	Diese beiden Ereignisse stellen oft potentielle Gefahren im Verkehr dar und können mit der IVIS-bedingten Fahrerbeanspruchung zusammenhängen
4. Zu kurze Folgeabstände	hoch	
5. Extremereignisse	keine	Per Definition waren diese Ereignisse durch Dritte verursacht und stehen in keinem Zusammenhang mit IVIS (vgl. Tab. 2). Dieses Ereignis ist während der 180 Versuchsfahrten lediglich 3mal (aus Vorfahrtsverweigerung) vorgekommen.
6. Alle Ereignisse (Summe aus 2. bis 5.)	mittel	

Tab. 23 Einschätzung der Sicherheitsrelevanz der verschiedenen Ereignisarten

7.1.3 Ausschlusslichkeit und Subjektivität

Bei der Bewertung der Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit muss auch die grundsätzliche Frage gestellt werden, ob bzw. wie weit die in den Auswertungen festgestellten Veränderungen ausschliesslich auf die Wirkung von IVIS zurückzuführen sind. Neben der unterschiedlichen Verfassung oder Motivation der Probanden während der einzelnen Fahrten spielen auch weitere Faktoren eine Rolle, beispielsweise die Verkehrsverhältnisse:

Obwohl die Versuchsfahrten bewusst ausserhalb der Verkehrsspitzen durchgeführt wurden, lassen sich zufällige, versuchsunabhängige Behinderungen im Verkehrsablauf im Agglomerationsgebiet von Zürich nicht unterbinden. Bei den im Fahrzeug aufgezeichneten Geschwindigkeiten wurde versucht, durch die Eliminierung von Werten, die auf Fahrten im Stau oder im dichten Kolonnenverkehr hinweisen, diese Zufälligkeiten zu beseitigen. Dennoch ergaben sich gelegentlich zwischen den einzelnen Fahrten ohne und mit IVIS sehr grosse Geschwindigkeitsunterschiede, die kaum auf die Auswirkung von IVIS zurückgeführt werden können. Einige auffallenden Beispiele sind aus den Abbildungen 48 bis 51 ersichtlich: Differenzen der mittleren Geschwindigkeit V_m von mehr als 20 km/h (vgl. z.B. VP Nr. 10 und 13 in Abb. 48) entstanden dadurch, dass die VP auf dem betreffenden Autobahnabschnitt zufälligerweise eine längere Zeit hinter einem Langsamfahrzeug fahren musste, während dies bei der Vergleichsfahrt nicht der Fall war.

Um dem Anspruch der Ausschlusslichkeit zu mindest näherungsweise Rechnung zu tra-

²³ Hingegen deutet die Häufung dieser Ereignisse im Zustand mit IVIS auf Mängel in der Ausgestaltung des Navigationsgerätes hin (in diesem Versuch war es primär die Art der auditiven Mitteilungen).

gen, sollten für die Ableitung von potentiellen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit nur bedeutende – und wenn immer möglich statistisch signifikante – Veränderungen zwischen den Zuständen ohne und mit IVIS berücksichtigt werden.

Anders als die im Fahrzeug aufgezeichneten Daten ist bei den erfassten Ereignissen die Ausschliesslichkeit eher gegeben, vorausgesetzt jedoch, dass die vorgängig geschulten Versuchsleiter die Anweisungen situativ richtig interpretiert haben. Dennoch stellen die durch die Versuchsleiter eingegebenen Ereignissarten in einem gewissem Grad auch subjektive Empfindungen dar²⁴.

7.2 IVIS-bedingte Sicherheitsgewinne und -defizite

Aufgrund der Überlegungen in 7.1 wird nachfolgend versucht die Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit zu quantifizieren. Zu diesem Zweck wird die tabellarische Zusammenstellung im Anhang V ausgewertet und die Wahrscheinlichkeit der Sicherheitsgewinne oder -defizite infolge von IVIS-Einsatz wie folgt eingeschätzt:

Sicherheitsrelevanz		Veränderung mit / ohne IVIS	Wahrscheinlichkeit für Sicherheitsgewinn oder -defizit
räumlich (7.1.1) oder sachlich (7.1.2)	gross	gross	hoch
räumlich (7.1.1) oder sachlich (7.1.2)	gross	klein	klein
räumlich (7.1.1) oder sachlich (7.1.2)	klein	gross	klein

Tab. 24 Grundlagen für die Einschätzung der Sicherheitsgewinne und -defizite

Aus obiger Tabelle ist ersichtlich, dass im Vordergrund jene Sicherheitsauswirkungen stehen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auf den Einsatz von IVIS zurückzuführen sind.

Nachfolgend sind die Ergebnisse, getrennt für die Verhältnisse auf Autobahnen und auf städtischen Strassen zusammengestellt. Bei den einzelnen Aussagen sind jeweils die Nummern aus der tabellarischen Zusammenstellung im Anhang V vermerkt.

• Autobahnstrecken

↑ Sicherheitsgewinne durch IVIS mit hoher Wahrscheinlichkeit

Die Häufigkeit zu kurzer Folgeabstände wird mit IVIS signifikant reduziert. Aufgrund der Auswertungen ist diese Sicherheitsverbesserung bei älteren Verkehrsteilnehmern zu erwarten (5). Bei dieser Altersgruppe wird auch die Häufigkeit der übrigen, sicherheitsrelevanten Ereignisse deutlich reduziert (21).

↗ Sicherheitsgewinne durch IVIS mit kleiner Wahrscheinlichkeit

Die Häufigkeit von Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern kann mit IVIS etwas reduziert werden (Nr. 3). Gewisse Sicherheitsgewinne können durch die Homogenisierung der Geschwindigkeiten (beide Altersgruppen) und durch Reduktion des Anteils von Schnellfahrer (ältere Verkehrsteilnehmer) entstehen (9, 11, 12)

²⁴ Allerdings ergaben Vergleiche zwischen den eingegebenen Ereignissen „Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern“ bzw. „Extremereignisse“ und den im Fahrzeug gemessenen Beschleunigungswerten eine weitgehende Übereinstimmung.

⇩ *Sicherheitsdefizite durch IVIS mit hoher Wahrscheinlichkeit*

Die Häufigkeit von signifikant höheren mittleren Geschwindigkeiten im Zustand mit IVIS gegenüber jenen ohne IVIS wird bei jüngeren Verkehrsteilnehmern deutlich erhöht (24).

⇨ *Sicherheitsdefizite durch IVIS mit kleiner Wahrscheinlichkeit*

Die Häufigkeit von Routenanweisungen hat sich im Zustand mit IVIS als Folge von unklaren Sprachanweisungen des Navigationsgerätes signifikant erhöht. Dieser Mangel wirkt sich vor allem bei älteren Verkehrsteilnehmern aus (4). Bei dieser Altersgruppe haben sich zudem die mittleren Geschwindigkeiten erhöht (18).

- **Stadtstrecken**

⇧ *Sicherheitsgewinne durch IVIS mit hoher Wahrscheinlichkeit*

Die Häufigkeit von signifikant niedrigeren mittleren Geschwindigkeiten im Zustand mit IVIS gegenüber jenen ohne IVIS wird bei jüngeren Verkehrsteilnehmern deutlich erhöht (29).

↗ *Sicherheitsgewinne durch IVIS mit kleiner Wahrscheinlichkeit*

Keine ersichtlich

⇩ *Sicherheitsdefizite durch IVIS mit hoher Wahrscheinlichkeit*

Die Häufigkeit aller sicherheitsrelevanten Ereignisse hat sich im Zustand mit IVIS bei den älteren Verkehrsteilnehmern wesentlich erhöht, am deutlichsten im Streckenabschnitt mit Telefonaufgabe (27). Zudem hat sich bei dieser Altersgruppe die Häufigkeit von signifikant höheren mittleren Geschwindigkeiten im Zustand mit IVIS gegenüber jenen ohne IVIS deutlich erhöht (30).

⇨ *Sicherheitsdefizite durch IVIS mit kleiner Wahrscheinlichkeit*

Gewisse Sicherheitsdefizite können durch den im Zustand mit IVIS erhöhten Anteil von Schnellfahrer bei den älteren Verkehrsteilnehmern entstehen (14).

7.3 Schlussfolgerungen

Das primäre Ziel der verkehrstechnischen Teiluntersuchung bestand darin, das Fahrverhalten der in diesem Experiment einbezogenen Versuchspersonen zu erfassen und die Veränderungen zwischen den Versuchsfahrten ohne und mit Einsatz von IVIS zu ermitteln.

Im vorliegenden Experiment haben sich als Folge des IVIS-Einsatzes insgesamt – d.h. über alle Versuchspersonen betrachtet – eher nur kleine Veränderungen im Fahrverhalten ergeben. Allerdings hat sich gezeigt, dass bei den festgestellten Veränderungen auffallende *Unterschiede zwischen den zwei Altersgruppen* von Probanden bestehen. So gehören jüngere Versuchspersonen bei Autobahnfahrten mit IVIS häufig zur Gruppe von Schnellfahrern (V85%), während die älteren Versuchspersonen vorwiegend bei den Langsameren (V15%) anzutreffen sind. Überraschenderweise ergab sich bei Fahrten auf der Stadtstrecke eine umgekehrte Tendenz, indem die älteren Probanden bei Fahrten mit IVIS häufiger in der Gruppe von Schnellfahrern anzutreffen sind. Die mangelnde Erklärung hierfür gehört zu den Wissenslücken in diesem verkehrstechnischen Teilbericht.

Erwartungsgemäss zeigen sich bei den Auswirkungen von IVIS *Unterschiede zwischen den Versuchsstrecken* (Autobahnstrecke mit hohem Geschwindigkeitsniveau / Stadtstrecke mit niedrigem Geschwindigkeitsniveau). So sind bei den Autobahnfahrten die Unterschiede infolge von IVIS eher bei den Geschwindigkeitsgrössen feststellbar, während bei den Fahrten auf der Stadtstrecke die Veränderungen bei der Häufigkeit von sicherheitsrelevanten Ereignissen auffallen.

Auch bei der angesprochenen Ereignishäufigkeit auf der Stadtstrecke zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den zwei Altersgruppen. So hat sich die Häufigkeit der sicherheitsrelevanten Konfliktsituationen bei den älteren Verkehrsteilnehmern im Zustand mit IVIS wesentlich erhöht, obwohl die Fahrgeschwindigkeiten praktisch unverändert blieben. Dieser Befund war vor allem auf jenem Streckenabschnitt, in welchem IVIS mit dem Telefongespräch ergänzt war, ausgeprägt. Demgegenüber war eine wesentliche Erhöhung der Ereignishäufigkeit bei den jüngeren Verkehrsteilnehmern nicht feststellbar. Auf der Autobahnstrecke ergab sich eine umgekehrte Auswirkung. Dort hat sich bei Fahrten mit IVIS die Häufigkeit von sicherheitsrelevanten Ereignissen bei den älteren Verkehrsteilnehmern deutlich reduziert. Aus verkehrspsychologischen Untersuchungen ist bekannt, dass ältere Fahrzeuglenker in der Lage sind, allfällige Defizite im Aufnahme- oder Reaktionsvermögen dank dem durch jahrlange Fahrpraxis geschärften Verkehrssinn (insbesondere der Vorausschbarkeit von Verkehrssituationen) zu kompensieren. Wie die angesprochenen Ergebnisse zeigen, sind dieser Kompensationsfähigkeit offensichtlich Grenzen gesetzt.

Bei den Unsicherheiten in der Diskussion der Untersuchungsergebnisse muss auch die *Versuchsanordnung in diesem Experiment* berücksichtigt werden. So erwies sich der Wegfall der ursprünglich vorgesehenen, kontinuierlichen Erfassung der Fahrzeugabstände insofern als ein beträchtlicher Nachteil, als das Abstandsverhalten auf Strassen ein wesentliches Indiz für die Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit darstellt. Zu den Mängeln der Versuchsanordnung gehört auch die fehlende Kalibrierung der Messwerte an einem grösseren Fahrerkollektiv. Dies wäre bei den Querschnittsauswertungen theoretisch möglich gewesen, wenn die Querschnitte im Bereich von ortsfesten Messstellen (z.B. Induktivschlaufen-Detektoren) angeordnet wären und die Betreiber der Messstellen die aufgezeichneten Datensätze zur Verfügung gestellt hätten. Dadurch hätten die Geschwindigkeitsmesswerte der einzelnen Versuchspersonen in eine grössere Stichprobe eingeordnet werden können.

Der vorliegende verkehrstechnische Untersuchungsteil kann Veränderungen im Fahrverhalten abgrenzen. Sie basieren auf Aufzeichnungen der Fahrzeugbewegungen, der Fahrzeugbedienung und der Fahrerreaktionen. Das Potential für die Erklärung möglicher Ursachen, die zu diesen Veränderungen geführt haben und welcher Beanspruchung die Versuchspersonen – zusätzlich jener durch die primäre Fahraufgabe – ausgesetzt waren, ist jedoch bescheiden und bleibt grösstenteils dem verkehrspsychologischen Untersuchungsteil vorbehalten.

Anhänge

I	Ereignisse im Verkehrsablauf	109
I.1	Einleitung	109
I.2	Arten der Erfassung / Protokollierung	109
I.3	Arten von Ereignissen / Beobachtungen	109
I.4	Versuchserläuterungen durch Versuchsleiter	112
II	Datenstruktur	118
II.1	Beschreibungsgrößen	118
II.2	Verkehrstechnische Auswertungsgrößen	120
III	Geschwindigkeitsverteilung in den AB- und STA-Querschnitten	122
III.1	Querschnitte auf der Autobahnstrecke	122
III.2	Querschnitte auf der Stadtstrecke	123
IV	Mittlere Geschwindigkeiten einzelner Probanden auf den AB- und STA-Abschnitten	124
IV.1	Abschnitte auf der Autobahnstrecke	124
IV.2	Abschnitte auf der Stadtstrecke	125
V	Übersicht der sicherheitsrelevanten Veränderungen durch IVIS	126

I Ereignisse im Verkehrsablauf

I.1 Einleitung

Eine der Fragen für die Durchführung der Versuchsfahrten betraf die Aufnahme von Ereignissen bzw. die Protokollierung von Beobachtungen und Merkmalen durch die Versuchsleiter (VL) während den Fahrten. Es handelt sich um zusätzliche Informationen zur automatischen Datenaufzeichnung. Dabei musste berücksichtigt werden, dass *nur ein VL* mit der Versuchsperson (VP) mitfährt, und dass er noch andere Aufgaben erfüllen musste. Als Ziel war somit ein Optimum an zweckdienlichen Zusatzinformationen, die möglichst keine subjektive Beurteilung / Wertung bedingen, anzustreben. Die Beanspruchung des Versuchsleiters musste dabei klein gehalten werden, um die Fahrsicherheit nicht zu gefährden. Die nachfolgende Anleitung für die Versuchsleiter wurde in der PreTest-Phase optimiert.

I.2 Arten der Erfassung / Protokollierung

In Frage kommen:

- Eintragungen von Hand in ein Formular. Diese Art sollte auf ein Minimum beschränkt werden (Ablenkung des VL). Sie ist deshalb nur für (voraussichtlich) *seltene* Ereignisse vorzusehen. Protokolliert werden die *Ereigniszeiten*: Dazu wird im Sichtfeld des VL (auf dem Armaturenbrett) eine genaue Digitaluhr befestigt.
- Eingabe über codierte Tasten (Eingabetastatur 0 – 9 und). Die entsprechend codierten Zeitmarken erscheinen im Datenlog. Diese Eingabeart ist für (voraussichtlich) *häufiger* vorkommende Ereignisse vorzusehen.

Neben den situativen Eingaben/Protokollierungen der Ereignisse/Beobachtungen werden *ortsfeste* Merkmale/Gegebenheiten der Routen aufgrund von Koordinaten (Geologger) und der zurückgelegten Distanzen in voraus ermittelt und aufgrund eines Software-Programms den Fahraufzeichnungen fest zugeordnet. Sie müssen also während der Fahrt nicht eingegeben/protokolliert werden. Zu diesen Informationen gehören die Positionen von

- Abschnittsgrenzen auf den beiden Versuchsstrecken²⁵
- komplexen Knotenpunkten²⁶
- Teilabschnitten mit anspruchsvoller Verkehrsführung (Fahrstreifenwechsel und Verflechtungsvorgänge)²⁷
- ortsfesten Radaranlagen.

I.3 Arten von Ereignissen /Beobachtungen

I.3.1 Extremereignisse (Eingabetaste 7)

Zu unterscheiden ist insbesondere eine Gruppe von Ereignissen, die nicht auf das „Verschulden“ durch VP und die nicht auf die Anlage der IVIS-Ausrüstung zurückzuführen sind. Solche Ereignisse sind aus Gründen der Vergleichbarkeit mit anderen VPs aus der Auswertung/ Betrachtung auszuschliessen. Im Vordergrund stehen extreme, plötzliche und nicht Voraussehbare Fremdeinwirkungen, die lokal zur übermässigen Bremsung (Längsverzögerung $> \text{ca. } 5.0 \text{ m/s}^2$) oder/und zu plötzlichen Lenkradbewegungen (Querbeschleunigung $> \text{ca. } 3.0 \text{ m/s}^2$) führen und die im Datenpfad eingegeben werden.

²⁵ 7 Abschnitte auf Autobahnstrecke, 6 Abschnitte auf Stadtstrecke

²⁶ Nur Stadtstrecke: Goldbrunnenplatz, Bürkliplatz, Bellevueplatz, Pfauen/Heimplatz, Rigiplatz (Einmündung Vogelsangstr.)

²⁷ Verflechtungsstrecken Schlossgasse zwischen Kehlhofstr./Zurlindenstr. und am Irchel Winterthurerstr. – Bü-lacherstr.

Beispiele:

- Passives Überholen oder plötzlicher Fahrstreifenwechsel durch ein Fremdfahrzeug mit ungenügendem Abstand beim Ein- bzw. Wiedereinbiegen (Richtgrösse Autobahn: $\Delta t = 1\text{ s}$ bzw. ca. 25 m, bzw. halber Pfostenabstand auf Autobahn)
- Krasse Vortrittsmissachtung durch ein Fremdfahrzeug (in der Knoteneinmündung / in der Autobahneinfahrt), bei einer Distanz zum Versuchsfahrzeug von $<$ als halbe Anhaltestrecke (Richtgrösse Stadtstrecke ca. 25 m / Autobahn ca. 50 m bzw. ein Pfostenabstand)
- Plötzliche, nicht vorhersehbare Fahrbahnquerung (oder Ansatz dazu) durch Fussgänger / Velofahrer ausserhalb des Fussgängerstreifens (Distanz zum Versuchsfahrzeug von $<$ ca. 25 m bzw. halbe Anhaltestrecke)
- Plötzliche, nicht vorhersehbare Ausschwenkung eines parallel fahrenden Velos (Distanz zum Fz von $<$ ca. 12.5 m bzw. Δt von 1 s bei $V = 45\text{ km/h}$), v.a. bei eingegengten Fahrstreifen

Unterscheidungsmerkmale gegenüber anderen Interaktionen:

- Fremdverursachte Verkehrsregelwidrigkeit
- Nicht voraussehbares Ereignis
- Erfordert starke Reaktion (Verzögerung) der VP

I.3.2 Aktives Überholen (Eingabetasten 1 und 2)

Während des aktiven Überholens (in Frage kommt dies nur auf der Autobahnstrecke) könnte eine erhöhte Beanspruchung der VP vorliegen. Deshalb müssen die Zeitpunkte des Überholbeginns und –endes mit je einer Tastenbetätigung eingegeben werden.

Einzugeben sind nur *echte Überholungen* der langsameren Fahrzeuge, also nicht

- Fahrstreifenwechsel für das Einspuren vor Verzweigungen (Brüttisellen, Zürich Ost und Nord, Limmataler Kreuz) und vor Knoten (Stadtstrecke)
- Fahrstreifenwechsel zum Vorfahren bei Stau/Kolonnenverkehr
- Fahrstreifenwechsel bei Verflechtungen
- Überholen/Umfahren von Langsamfahrzeugen (z.B. Wischmaschine, Anlieferungsfahrzeug am Fahrbahnrand etc.) auf der Stadtstrecke

I.3.3 Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern (Eingabetaste 5)

Analog zur Gruppe „Extremereignisse“ sind Interaktionen zu erfassen, die zur übermässigen Bremsung oder/und zu plötzlichen Lenkradbewegungen führten, die aber nicht unter (auszuscheidende) Extremereignisse fallen, weil sie auf das Verhalten der VPs (z.B. das beeinträchtigte Voraussehen von Verkehrssituationen infolge IVIS) zurückgeführt werden könnten. Dementsprechend sind sie als Ereignisse für die Auswertung von Interesse.

In der Regel handelt es sich um Situationen, die durch den (von der Fahraufgabe unbelasteten) VL voraussehbar wären (und bei ihm die Betätigung des imaginären Bremspedals bewirken), von den VPs jedoch zu spät erkannt bzw. nicht richtig eingeschätzt wurden.

Beispiele:

- Übermässige Bremsung beim Auffahren auf ein Vorderfahrzeug oder auf Stau/Kolonnenverkehr, auf Rotsignal einer LSA
- Ansatz zu Vortrittsmissachtung (plötzlich abgebrochener An- bzw. Einfahrtvorgang in den Knoten oder Linksabbiegevorgang im Knoten)
- Abgebrochener Fahrstreifenwechsel (nicht oder zu spät erkannter Konfliktpartner)

- Übermässige Bremsung bei der Annäherung zum Fussgängerübergang (wo Fussgängerquerungen erwartet werden müssen)²⁸
- Übermässiges Bremsen und/oder Ausweichen vor einem parallel vorausfahrenden, von weitem gut sichtbaren Velofahrer

Solche Ereignisse sind während der bereits durchgeführten Testfahrten vorgekommen und dürften – v.a. bei ortsunkundigen VPs – relativ häufig sein.

Unterscheidungsmerkmale gegenüber anderen Interaktionen:

- Keine fremdverursachte Verkehrsregelwidrigkeit
- Durch Verhalten der VP Verursacht
- Vorsehbare Ereignis
- Erfordert starke Reaktion (Verzögerung) der VP

I.3.4 Auffahren auf Stau/Kolonne (Eingabetaste 3)

Das gewöhnliche Auffahren auf Stau / Kolonne (ohne übermässiges Bremsen) kann sowohl auf der Autobahn- als auch auf der Stadtstrecke gelegentlich vorkommen und das Geschwindigkeitsniveau bei einzelnen Versuchsfahrten verändern. Längere *Zeitverluste* durch das „Stop and go“ sollten deshalb durch zweimalige Betätigung einer Taste (wie bei aktivem Überholen) erfasst werden. Dabei ist von folgender Regelung auszugehen:

- Bei Staus/Kolonnenverkehr auf Autobahn → $V < 30 \text{ km/h}$ (VL-Blick auf Tacho)
- Bei Staus/Kolonnenverkehr vor LSA → $V < 15 \text{ km/h}$, Dauer mehr als eine Umlaufzeit (d.h. die Wartekolonne wird während einer Grünzeit nicht vollständig abgebaut)

I.3.5 Folgeabstand zu kurz (Eingabetaste 6)

Das zu nahe anschliessen und folgen auf/des vorausfahrendes Fahrzeug bei normaler Geschwindigkeit kann als Hinweis auf eine erhöhte Beanspruchung der VPs hindeuten. Zu erfassen wäre das Ereignis, unbesehen seiner Dauer.

Eine objektive Einschätzung des zu geringen Abstandes ist jedoch schwierig. Einschätzungsmöglichkeiten:

- Der VL gewinnt den Eindruck, er müsse das imaginäre Bremspedal betätigen, um den Abstand zu vergrössern.
- Die Zeitlücke zum Vorderfahrzeug beträgt weniger als ca. 1s ²⁹.
- Auf der Autobahn kann die Einschätzung aufgrund von Leitpfosten erfolgen (Regelempfehlung Mindestabstand zwischen zwei Pfosten wird unterschritten).

I.3.6 Routenanweisungen (Eingabetaste 4)

Da die Fahrtrouten bei allen VPs (aus Vergleichbarkeitsgründen) eingehalten werden müssen, werden die Versuchsleiter nötigenfalls (wenn sich ein Abkommen von der Route abzeichnet) eingreifen und den VPs entsprechende Routenanweisung geben. Dies könnte in beiden Zuständen, ohne/mit IVIS erforderlich sein. Dieser Anweisungsvorgang muss jedoch festgehalten werden. Eine Häufung von Routenanweisungen bei einer bestimmten VP kann auf ihre Überbeanspruchung hindeuten³⁰.

Nicht protokolliert werden die Anweisungen des VL zum Wenden bei den Zwischenzielen Volketswil und Kloten-Nord auf der Autobahnstrecke. Bei den Vergleichsstrecken sowie bei allen Transferstrecken übernimmt der VL die Zielführung.

²⁸ Bei „Extremereignissen“ handelt es sich um Querungen *ausserhalb* der Fussgängerstreifen

²⁹ Fixieren eines Gegenstandes seitlich der Strasse auf der Höhe des Vorderfahrzeuges und Schätzregel „einundzwanzig“.

³⁰ Hingegen deutet eine örtliche Häufung bei mehreren VPs auf Unklarheiten der Wegweisung bzw. der Anweisungen des Zielführungssystems.

I.3.7 Mobiltelefon (Eingabetaste 0)

Im Rahmen der Versuchsfahrten wurden die VP in ein kurzes, aktives Telefongespräch eingebunden. Dazu haben Mitarbeiter des psychologischen Institutes auf den TomTom des Versuchsfahrzeuges angerufen, und zwar jeweils während der Fahrten „mit IVIS“, in bestimmten (und bei allen VPs immer gleichen) Abschnitten der Stadtstrecke. Das Erreichen des Streckenabschnitts wurde von den Versuchsleitern mit einem (verdeckten) Handyanruf auf eine Telefonnummer des psychologischen Instituts signalisiert.

Für das Logfile waren mit der Eingabetaste 0 einzugeben die Zeitpunkte des Aufläutens des Mobiltelefons, der Entgegennahme und des Beenden bzw. Abbrechen des Gesprächs³¹.

I.3.8 Eingabetasten 8 und 9

Mit den restlichen Eingabetasten 8 und 9 wurden jeweils die Zeitpunkte im Logfile markiert von Anfang und Ende der definierten Versuchsstrecken (Autobahn- und Stadtstrecke), der davor/danach liegenden Vergleichsstrecken sowie der sog. Baseline.

I.3.9 Manuelle Auslösung der Audiosignale

Eine weitere Aufgabe der Versuchsleiter bestand darin, zusätzlich zur automatischen Erzeugung der Audiosignale (SigA, vgl. Tab. 1) mittels einer Fusstaste im Versuchsfahrzeug zusätzliche Audiosignale manuell zu erzeugen (SigM vgl. Tab. 1). Die Zeitpunkte beider Arten der Signalerzeugung wurden im Logfile aufgezeichnet.

Die manuelle Signalerzeugung sollte „ereignisorientiert“ erfolgen, wenn eine anspruchsvolle Verkehrssituation vorliegt. Solche Situationen werden erfahrungsgemäss im Bereich der komplexen Knoten und Teilabschnitte auftreten, konnten sich aber auch „spontan“ irgendwo auf den Strecken ergeben.

Es wurde vereinbart, dass die manuelle Signalerzeugung in je einem Ortsbereich der Stadt- und Autobahnstrecke bei jeder VP ausgelöst wird (Vergleichbarkeitsgründe).

- Stadtstrecke: Raum Bellevue (zwischen Guisanbrücke-West und Ausfahrt Bellevueplatz)
- Autobahnstrecke: In Fahrtrichtung St. Gallen zwischen VZ Zürich Nord und VZ Zürich Ost (Verflechtungsstrecke)

Zusätzlich konnte der VL die Fusstaste situativ beim Auftreten einer anspruchsvollen Verkehrssituation betätigen. Diesbezügliche Beurteilung wurde dem VL überlassen.

An den oben erwähnten Orten und bei einer spontan komplexen Verkehrssituation wurde die Fusstaste ca. 3 x in Abständen von ca. 5 s (gemäss digitale Uhranzeige im Sichtfeld des VL) betätigt. Zur Selbstkontrolle hat der VL die manuelle Auslösung im Formular durchs Ankreuzen bestätigt.

I.4 Versuchserläuterungen durch Versuchsleiter

Für die möglichst reibungs- und gefahrlose Durchführung der Versuchsfahrten waren die Versuchserläuterungen an die Probanden wesentlich. Sie wurden einerseits in schriftlicher Form den Versuchsteilnehmern vor ihrem ersten Einsatztag zugestellt, am Einsatztag selbst wurden sie mit mündlichen Erläuterungen durch die zwei VL ergänzt. Sie sind nachfolgend zusammengestellt.

³¹ In der Einführung vor den Versuchsfahrten haben die Versuchsleiter den Probanden klar gemacht, dass sie frei entscheiden, ob sie auf einen Telefonanruf reagieren wollen oder nicht und dass sie ein laufendes Telefongespräch jederzeit abbrechen können (wenn sie sich überbeansprucht fühlen).

I.4.1 Schriftliche Versuchserläuterungen

Untersuchung Fahrverhalten der uni | eth | zürich

Versuchsfahrterläuterungen

Einführung

Die Versuche dienen der Untersuchung der Einflussnahme von in Fahrzeugen installierten Informationssystemen (sogenannte IVIS, aus der englischen Bezeichnung „In-Vehicle Information Systems“) auf die Fahrerbeanspruchung. Bei unseren Versuchen werden als IVIS ein Navigationsgerät zur Zielführung, Radio mit Verkehrsfunk (RDS-TMC) und mobiles Telefon eingesetzt. Hierfür werden Versuchsfahrten in der Stadt Zürich (Stadtstrecke) und auf der Autobahn (Autobahnstrecke) in der Umgebung von Zürich durchgeführt. Die Fahrten finden abwechselnd mit und ohne Einsatz von IVIS statt.

Gegenstand des Versuches

Um das oben formulierte Ziel zu erreichen, werden Sie als Testperson aktiv an diesem Experiment mitwirken. Hierfür werden während der Fahrt folgende Experimente durchgeführt:

- Beantwortung von zufällig generierten Signaltönen durch Berührung einer Kontaktfläche am Lenkrad
- Befolgung von sprachlichen Fahrtzielanweisungen des Navigationsgerätes (wenn mit diesem gefahren wird)
- Annahme eines zufällig ausgelösten Telefonanrufs über die Freisprechanlage

Daneben werden auch verschiedene Fahrzeugdaten kontinuierlich aufgezeichnet (Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, Position des Lenkrads, des Brems- und Gaspedals)

Hinweise zur Sicherheit

Das Versuchsfahrzeug ist Vollkasko versichert und schliesst eine Insassenversicherung mit ein. Damit Sie das Fahrzeug ohne Stress sicher durch den Verkehr lenken, sollten Sie ihre gewohnte Fahrweise beibehalten. Dazu gehört auch die Einhaltung von Verkehrsregeln, insbesondere von Tempolimits (entlang der beiden Strecken befinden sich mehrere Radaranlagen!). Zudem muss der Telefonanruf nicht angenommen werden, wenn Sie das Gefühl haben, dass sich die Annahme des Anrufes negativ auf Ihre Fahrweise in der sich gerade befindlichen Situation auswirkt. Die Sicherheit geht unbedingt vor!

Sollten Sie sich während der Fahrt durch die Versuchsanlage überbeansprucht fühlen, so können Sie die Versuchsfahrt jederzeit abbrechen.

Versuchsvorbereitung und -ablauf

An einem Versuchstag absolvieren Sie zwei Fahrten, und zwar auf einer Stadtstrecke und auf einer Autobahnstrecke (Fahrzeit von je ca. 30 Min.). Diese Fahrten werden abwechselungsweise mit oder ohne Einsatz von IVIS durchgeführt. Wird die erste Fahrt mit IVIS durchgeführt, findet die zweite Fahrt ohne statt (und umgekehrt).

Die Zielführung über eine vordefinierte Route erfolgt entweder mit Hilfe des Navigationsgerätes oder „konventionell“ aufgrund von Wegweiser entlang der Strecke. Vor jeder Fahrt wird es ein kurze Besprechung geben, in welcher die zu fahrende Strecke kurz erläutert wird. Zusätzlich wird Ihnen die Möglichkeit gegeben, eine Karte der zufahrenden Strecke zu studieren. Bei Fahrten ohne IVIS-Einsatz (d.h. nach der Wegweisung) werden Ihnen im Fahrzeug die wichtigsten Zwischenziele auf einem Zettel angezeigt. Falls sich während der Fahrt abzeichnet, dass Sie sich trotz dieser Hilfe die beabsichtigte Route verlassen sollten, wird Ihnen vom Versuchsleiter der richtige Weg gewiesen (alle Versuchspersonen müssen die gleiche Route befahren!).

Nach Beendigung der Fahrten werden Sie von den Mitarbeitern des Psychologischen Instituts der UNI Zürich zu einer Befragung empfangen. Danach erhalten Sie Ihre Entschädigung für den ersten Einsatztag.

Hinweis zum Datenschutz

Die im Fahrzeug installierte Kamera zeichnet sowohl die Fahrt als auch die während der Fahrt stattfindenden Gespräche auf. Sie dient lediglich als Rückfallebene für bei der Auswertung der Daten schwer interpretierbarer Ereignisse. Die aufgezeichneten Daten werden streng vertraulich behandelt und sind für Drittpersonen nicht einsehbar. Die Aufzeichnungen werden nach der Auswertung der Daten gelöscht.

Wir wünschen Ihnen an Ihrem Einsatztag eine gute Fahrt !

I.4.2 Mündliche Versuchserläuterungen der Versuchsleiter

• Erläuterungen am 1. Einsatztag

Aufforderung an VP

→ Begrüssung der VP / Vorstellung des VL am Treffpunkt

→ Verschiebung zum Fahrzeug:

1. Bitte stellen Sie sich ein: Sitzposition, Rückspiegel
2. Zeigen Fahrzeugbedienung:
Gang-Handschaltung/Rückwärtsgang
Licht
Blinker (Besonderheit bei antippen)
Scheibenwischer
Hupe (starker Druck)
3. Besonderheit Nebenaufgabe:
Während der Fahrt Ohrhörer tragen (zeigen)
Bitte gleich über Ihr linkes Ohr streifen
Bequem? Kopf frei bewegen?
Sie werden in unregelmässigen Abständen Signale (Piepton) hören, welche Sie möglichst schnell quittieren sollen.
Quittieren durch berühren dieser Sensorfläche (Bsp. Daumen etc.)
→ Messung starten, Fusstaste drücken
Können Sie die Signale hören?
Dann bitte ab jetzt während den weiteren Erklärungen stets quittieren!
→ Taste 8 (Baseline)
4. Sie haben aus den zugestellten schriftlichen Erläuterungen bereits einiges erfahren. Falls die VP die schriftlichen Versucherläuterungen nicht gelesen hat → durchlesen lassen (ca. 3-5 Min.)
5. Ablauf des Versuchstages:
Sie befahren heute eine Autobahnstrecke und eine Stadtstrecke.
In Ihrem Fall finden Sie den Weg auf der ... mit Hilfe eines Navigationsgeräts, den Weg auf der ... mit Hilfe von Wegweisern.
Jeweils zu Beginn dieser Strecken Halt machen für Kartenstudium und weitere Anweisungen.
Dazwischen Kaffeepause (Toilette).
Vor und nach diesen beiden Strecken befahren Sie eine Vergleichsstrecke, auf der ich Ihnen alle Richtungswechsel ansagen werde.
6. Versuchseinrichtungen:
Videokamera (Aufzeichnung aus Fahrerperspektive)
Navigationsgerät (Einsatz später)
NUR falls Stadtstrecke mit IVIS:
Mobiltelefon mit Freisprecheinrichtung:
Sollten Sie während der Fahrt angerufen werden, können Sie - so wie es Ihnen möglich ist - das Gespräch annehmen oder ablehnen.
→ Demo mit Natel 1 (Aa Tel Demo Skoda)
7. Bitte Ihr eigenes Mobiltelefon ausschalten / lautlos stellen.
Ihre Aufgabe ist es, das Fahrzeug sicher zu lenken. Das hat Vorrang über alles.
Als Nebenaufgabe sollten Sie den Piepton möglichst schnell quittieren, wenn Sie dazu in der Lage sind. Die Sicherheit hat Vorrang!
Fahren Sie bitte so, wie Sie es gewohnt sind und als ob Sie alleine im Auto wären.
Achten Sie unbedingt auf Ihre Geschwindigkeit (Radar – muss VP selber bezahlen!)
Sicherheitshalber möchte ich noch hinzufügen: Sollten Sie sich während der Fahrt unsicher oder sollten Sie sich plötzlich schlecht fühlen, sagen Sie es sofort und bedenkenlos. Wir können die Testfahrt jederzeit abbrechen.
→ Haben Sie bis hierher Fragen/Unklarheiten? (beantworten)
→ Taste 9 (Baseline Ende)

Wichtig!
Mit PDT möglichst am Anfang zu beginnen, um das Basisniveau ermitteln zu können

→ Zeitnahme 1:

1. Zwischenhalt
a) bei Anschluss Seebach
b) bei Triemlispital

Kaffeepause
a) Rest. Leuen
b) Psychologisches Institut

2. Zwischenhalt
a) bei Triemlispital
b) bei Anschluss Seebach

Die Fahrten auf den Vergleichsstrecken erfolgen stets OHNE Navi!

→ Zeitnahme 2:
Bis hier sollten etwa 10 Min. vergehen (für die Angewöhnung an PDT)

Also: Wir wollen nun starten, bitte Motor starten, Licht ein
Ich werde Ihnen alle Richtungswechsel ansagen (Vergleichsstrecke).

• Erläuterungen am 2. Einsatztag

Aufforderung an VP

→ Begrüssung der VP / Vorstellung des VL am Treffpunkt

→ Verschiebung zum Fahrzeug:

1. Bitte stellen Sie sich ein: Sitzposition, Rückspiegel

2. Besonderheit Nebenaufgabe:

Während der Fahrt Ohrhörer tragen (zeigen)

Bitte gleich über Ihr linkes Ohr streifen

Bequem? Kopf frei bewegen?

Sie werden in unregelmässigen Abständen Signale (Piepton) hören, welche Sie möglichst schnell quittieren sollen.

Quittieren durch berühren dieser Sensorfläche (Bsp. Daumen etc.)

→ Messung starten, Fusstaste drücken

Können Sie die Signale hören?

1. Zwischenhalt

a) bei Anschluss

Seebach

b) bei Triemlisplatz

Kaffeepause

a) Rest. Leuen

b) Psychologisches

Institut

2. Zwischenhalt

a) bei Anschluss

Seebach

Die Fahrten auf den

Vergleichsstrecken

erfolgen stets OHNE

Navi!

3. Ablauf des Versuchstages:

Sie befahren heute eine Autobahnstrecke und eine Stadtstrecke.

In Ihrem Fall finden Sie den Weg auf der ... mit Hilfe eines Navigationsgeräts, den Weg auf der ... mit Hilfe von Wegweisern.

Jeweils zu Beginn dieser Strecken Halt machen für Kartenstudium und weitere Anweisungen.

Dazwischen Kaffeepause (Toilette).

Vor und nach diesen beiden Strecken befahren Sie eine Vergleichsstrecke, auf der ich Ihnen alle Richtungswechsel ansagen werde.

4. Versuchseinrichtungen:

NUR falls Stadtstrecke mit IVIS:

Mobiltelefon mit Freisprecheinrichtung:

Sollten Sie während der Fahrt angerufen werden, können Sie - so wie es Ihnen möglich ist - das Gespräch annehmen oder ablehnen.

→ Demo mit Natel 1 (Aa Tel Demo Skoda)

5. Bitte Ihr eigenes Mobiltelefon ausschalten / lautlos stellen.

Ihre Aufgabe ist es, das Fahrzeug sicher zu lenken. Das hat Vorrang über alles.

Als Nebenaufgabe sollten Sie den Piepton möglichst schnell quittieren, wenn Sie dazu in der Lage sind. Die Sicherheit hat Vorrang!

Fahren Sie bitte so, wie Sie es gewohnt sind und als ob Sie alleine im Auto wären.

Achten Sie unbedingt auf Ihre Geschwindigkeit (Radar – muss VP selber bezahlen!)

Sicherheitshalber möchte ich noch hinzufügen: Sollten Sie sich während der Fahrt unsicher oder sollten Sie sich plötzlich schlecht fühlen, sagen Sie es sofort und bedenkenlos. Wir können die Testfahrt jederzeit abbrechen.

→ Haben Sie bis hierher Fragen/Unklarheiten? (beantworten)

Also: Wir wollen nun starten, bitte Motor starten, Licht ein

Ich werde Ihnen alle Richtungswechsel ansagen (Vergleichsstrecke).

Bitte Signale quittieren.

• **Erläuterungen beim Zwischenhalt vor Autobahnstrecke**

1. Bitte Motor abstellen, Zündung wieder einschalten (Klimaanlage).
Bitte Ohrhörer vorübergehend an den Haken hängen.
2. Wir befinden uns jetzt am Anfang der Autobahnstrecke.
Sie werden diese nun mit Hilfe a) des Navigationsgeräts b) von Wegweisern befahren.
Wir werden nun die zu fahrende Route auf der Karte betrachten.
Start-, Zielpunkt und Zwischenziele auf der Karte zeigen.
Wir werden die Autobahn nie verlassen, ausser werden beim Anschluss Volketswil und beim Anschluss Kloten-Nord (auf meinen Hinweis hin).
 - a) Navi (einschalten!)
 Sie werden diese Strecke mit Hilfe des Navigationsgeräts befahren.
 Kennen Sie Navi?
 Das Navi gibt sprachliche Anweisungen bei Richtungswechseln.
 Anweisungen werden früh angekündigt (nach 800m ...) und nochmals wiederholt.
 Route wird auch auf Display angezeigt (hilft zur Verifikation).
 Sie sehen, dass wir viele Autobahnverzweigungen befahren werden.
 Das Navi wird sagen: Nehmen Sie die Ausfahrt, dann – fahren Sie auf die Autobahn.
 Wir werden die Autobahn nie verlassen, sondern lediglich auf die folgende Autobahn auffahren!
 - Navi-Demo (Erweiterte Planung A -> B, Favoriten)
 - Haben Sie bis hierher Fragen/Unklarheiten? (beantworten)
 - Sollten Sie von der „richtigen“ Route abweichen, werde ich Sie darauf rechtzeitig hinweisen.
 - Bitte Ohrhörer wieder über Ihr linkes Ohr streifen, Signale (Piepton) quittieren
 - Navi Autobahnstrecke laden (Reiseroutenplanung)
 - Radio einschalten: Zusätzlich zum Navi, bitte sagen, falls zu laut
 - Videokamera starten
 - b) Wegweisung
 Sie fahren nach den angezeigten Zielen/Zwischenzielen. Welche das sind und in welcher Reihenfolge sie vorkommen, sehen Sie hier (Tafel zeigen).
 Dabei wird immer das zuerst genannte Ziel angefahren.
 Sobald Sie das nächste Ziel auf dem Wegweiser sehen, wird das vorherige Ziel abgelöst und Sie folgen dem neuen (Reihenfolge beachten!)
 - Tafel vor Navi stellen
 - Haben Sie bis hierher Fragen/Unklarheiten? (beantworten)
 - Sollten Sie von der „richtigen“ Route abweichen, werde ich Sie darauf rechtzeitig hinweisen.
 - Bitte Ohrhörer wieder über Ihr linkes Ohr streifen, Signale (Piepton) quittieren
 - Videokamera starten
3. Hinführen der VP zum Startpunkt der Autobahnstrecke.
→ Taste 8 (Start Autobahnstrecke)
4. Nach Bedarf (Beobachtung): Ich bitte Sie aus Sicherheitsgründen das Überholen auf der Autobahnstrecke nur auf zwingende Fälle zu beschränken.

• **Erläuterungen beim Zwischenhalt vor Stadtstrecke**

1. Bitte Motor abstellen, Zündung wieder einschalten (Klimaanlage).
Bitte Ohrhörer vorübergehend an den Haken hängen.
2. Wir befinden uns jetzt am Anfang der Stadtstrecke.
Sie werden diese nun mit Hilfe a) des Navigationsgeräts b) von Wegweisern befahren.
Wir werden nun die zu fahrende Route auf der Karte betrachten.
Start-, Zielpunkt und Zwischenziele auf der Karte zeigen.
Die Route führt in der Innenstadt (City) zum See und über Bellevue zur Messe Zürich
 - a) Navi (einschalten!)
 Sie werden diese Strecke mit Hilfe des Navigationsgeräts befahren.
 Kennen Sie Navi?
 Das Navi gibt sprachliche Anweisungen bei Richtungswechseln.
 Anweisungen werden früh angekündigt (nach 400m ...) und nochmals wiederholt.
 Route wird auch auf Display angezeigt (hilft zur Verifikation).
 - Haben Sie bis hierher Fragen/Unklarheiten? (beantworten)
 - Sollten Sie von der „richtigen“ Route abweichen, werde ich Sie darauf rechtzeitig hinweisen.
 - Bitte Ohrhörer wieder über Ihr linkes Ohr streifen, Signale (Piepton) quittieren
 - Navi Stadtstrecke laden (Reiseroutenplanung)
 - Radio einschalten: Zusätzlich zum Navi, bitte sagen, falls zu laut
 - Videokamera starten
 - b) Wegweisung
 Sie fahren nach den angezeigten Zielen/Zwischenzielen. Welche das sind und in welcher Reihenfolge sie vorkommen, sehen Sie hier (Tafel zeigen).
 Dabei wird immer das zuerst genannte Ziel angefahren.
 Sobald Sie das nächste Ziel auf dem Wegweiser sehen, wird das vorherige Ziel abgelöst und Sie folgen dem neuen (Reihenfolge beachten!)
 - Tafel vor Navi stellen
 - Haben Sie bis hierher Fragen/Unklarheiten? (beantworten)
 - Sollten Sie von der „richtigen“ Route abweichen, werde ich Sie darauf rechtzeitig hinweisen.
 - Bitte Ohrhörer wieder über Ihr linkes Ohr streifen, Signale (Piepton) quittieren
 - Videokamera starten
3. Hinführen der VP zum Startpunkt der Stadtstrecke (Kreisel Triemli).
→ Taste 8 (Start Stadtstrecke)
4. Nach Bedarf (Beobachtung): Ich bitte Sie aus Sicherheitsgründen das Überholen auf der Stadtstrecke zu unterlassen.

II Datenstruktur

II.1 Beschreibungsgrößen

Direkte Beschreibungsgrößen

	Beschreibungsgrößen	Symbole	Bemerkungen
1.	Direkte Beschreibungsgrößen		
1.1	Datensatz kontinuierliche (Messgrößen)		Durchgehend aufgezeichnete Daten die in Fkt. der Zeit (1/10s)
1.1.1	Fahrzeugbewegungsgrößen		
1.1.1.1	Distanz/Weg	s	[m]
1.1.1.2	Geschwindigkeit (Speed)	v	[km/h]
1.1.1.3	Beschleunigung längs ($\pm \text{AccX}$)	q _L	$\pm [\text{ms}^{-2}]$
1.1.1.4	Beschleunigung quer ($\pm \text{AccY}$)	q _T	$\pm [\text{ms}^{-2}]$
1.1.2	Fahrzeugbedienungsgrößen		
1.1.2.1	Lenkradposition	SteerAng	[Grad]
1.1.2.2	Bremspedalposition	BrakePos	[%]
1.1.2.3	Gaspedalposition	AccPos	[%]
1.1.3	Messgrößen der Zusatzaufgabe (PDT)		Automatisch/Manuell
1.1.3.1	Zeitpunkte Audiosignalgebung autom./manuell	SigA/SigM	
1.1.3.2	Zeitpunkte Audiosignalquittierung	Conf	
1.1.3.3	Latenzzeitintervalle	Latency	[ms] (Diff. Conf – SigA/M)
1.1.3.4	Umgebungsärmpegel	AmbVol	[dB]
1.2	Datensatz nicht kontinuierliche Beschreibungsgrößen		Zeitpunkte z.T. auch Zeitabschnitte der Ereignisse und der Zusatzaufgaben
1.2.1	Verhaltensrelevante Ereignisse (Beobachtungen durch VL)		Ereignistasten:
1.2.1.1	Beginn aktives Überholen	Üa	1
1.2.1.2	Ende aktives Überholen	Üe	2
1.2.1.3	Externe Behinderung durch Rückstau/Stop&Go (Auffahren auf Fahrzeugkolonne)	Stau	3→3, Dauer der Behinderung
1.2.1.4	Routenanweisung (zur Einhaltung der Route)	Route	4
1.2.1.5	Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern (starke Reaktionen inf. mangelnder Vorausschaubarkeit)	Inter	5
1.2.1.6	Folgeabstand zu kurz (Auffahren auf vorausfahrendes Fz)	Folge	6
1.2.1.7	Extremereignis (starke Reaktionen inf. nicht voraussehbarer Fremdeinwirkung)	Extrem	7
1.2.2	Zusatzaufgabe Mobiltelefon		
1.2.2.1	Auslösung/Entgegennahme/Beendigung bzw. Abbruch	MobTel	0→0→0
1.2.3	Streckenabgrenzungen		
1.2.3.1	Anfang Baseline/Vergleichs-/Versuchsstrecke	-	8
1.2.3.2	Ende Baseline/Vergleichs-/Versuchsstrecke	-	9

Indirekte Beschreibungsgrößen

	Beschreibungsgrößen	Symbole	Bemerkungen
2.	Indirekte Beschreibungsgrößen		
2.1	Datensatz ortsbezogene Daten		Zuordnung aus Koordinaten/Kartenhintergrund (GPS)
2.1.1	Versuchsstreckentyp		
2.1.1.1	Autobahnstrecke	AB	
2.1.1.2	Stadtstrecke	STA	
2.1.2	Abschnitte je Versuchsstrecke (vgl. Übersicht)	AB _i	
2.1.2.1	Abschnitt Autobahnstrecke	STA _i	i = 1-7
2.1.2.2	Abschnitt Stadtstrecke		i = 8-13
2.1.3	Komplexe Knoten im Abschnitt der Stadtstrecke	STAKK _{ij}	i = 2,4,5 j = 1-6 21 = Goldbrunnenplatz 22 = Kehlhofstr/Schlossgasse 43 = Bürkliplatz 44 = Bellevueplatz 45 = Pfauen 56 = Rigiplatz (Einfahrt Glattbachstr.)
2.1.4	Wegabschnitt der Stadtstrecke mit Telefonaufgabe	STA _{TEL}	Nur bei Status mit IVIS (vgl. 2.2.1)
2.1.5	Kontrollstrecken für PDT-Aufgabe		
2.1.5.1	Baseline	BAS	
2.1.5.2	Vergleichsstrecke VORHER	VS _V	
2.1.5.3	Vergleichsstrecke NACHHER	VS _N	Zeitabschnitt ohne Fahraufgabe
2.2	Versuchsausprägungen		
2.2.1	Versuchsstatus MIT IVIS	MIVIS	
2.2.2	Versuchsstatus OHNE IVIS	OIVIS	
2.3	Versuchspersonen		
2.3.1	(Einzel)Versuchsperson	VP _i	
2.3.2	VP-Gruppe JUNG	VP ₁₋₂₀	
2.3.3	VP-Gruppe ALT	VP ₂₁₋₄₀	
2.3.4	Weitere Ausprägungen von Versuchspersonen		

II.2 Verkehrstechnische Auswertungsgrößen

II.2.1 Ebene Einzel-VP und Streckenabschnitt

	Auswertungsgrößen	Symbole	Bemerkungen
3.1	Fahrdynamische Größen		
3.1.1	Geschwindigkeitsniveau Mittlere gewichtete Geschwindigkeit (pro VP und Abschnitt)	V_m	- Nach Ausscheidung von Zeit-/ Wegabschnitten mit externen Behinderungen (1.2.1.3) und mit allf. Extremereignissen (1.2.1.7). - Gewichtung nach Weglänge
3.1.2	Umschreibung Gleichförmigkeit der Fahrt	-	Summe quadratischer Abweichungen von V_m (nur für Autobahnabschnitte sinnvoll)
3.1.3	- Starkbremsungen	(%)	$(q_L > 5.0 \text{ ms}^{-2})$
3.1.4	- erhöhten Querbeschleunigungen	(%)	$(q_T > 3.0 \text{ ms}^{-2})$
3.2	Ereignishäufigkeiten		
	Anzahl von		
3.2.1	- Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern	-	vgl. 1.2.1.5
3.2.2	- Folgeabstand zu kurz	-	vgl. 1.2.1.6
3.2.3	- Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern und Folgeabstand zu kurz im Abschnitt	-	entsprechend 3.2.2 und 3.2.3, auf Streckenabschnitt mit Telefonaufgabe (STA12,)
3.2.4	Streckenanteil mit aktiven Überholungen	(%)	vgl. 1.2.1.1/1.2.2.2 (nur Autobahnabschnitte)

II.2.2 Ebene VP-Gruppe und Streckenabschnitt oder gesamte Strecke

	Auswertungsgrößen	Symbole	Bemerkungen
4.1	Fahrdynamische Grössen		
	Geschwindigkeitsgrößen an Referenzquerschnitten*):		
4.1.1	- Mittlere Geschwindigkeit (arithm. Durchschnitt)	V_D	Geschwindigkeitsniveau (vgl. auch Bemerkung zu 3.1.1, aber ohne Gewichtung)
4.1.2	- $V_{85\%}$	$V_{85\%}$	Geschwindigkeit der Gruppe Schnelfahrer
4.1.3	- Streuung (Varianz bzw. Standardabweichung)	S	$\sigma_1^2 = \frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (v_i - \bar{v}_I)^2 \rightarrow S = \sigma$ $M = \text{Anzahl Ereignisse}$ $\bar{v}_I = V_D$
	Mittlere Streckenanteile mit		
4.1.4	- Starkbremsungen	(%)	Mittelwerte der VP-Gruppe, ermittelt aus 3.1.3 bzw. 3.1.4
4.1.5	- erhöhten Querbeschleunigungen	(%)	$(q_L > 4.0 \text{ ms}^{-2})$ $(q_T > 4.0 \text{ ms}^{-2})$
4.2	Ereignishäufigkeiten		
	Mittlere Anzahl von		
4.2.1	- Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern	-	Mittelwerte der VP-Gruppe, ermittelt analog zu 3.2.1. – 3.2.4
4.2.2	- Folgeabstand zu kurz	-	
4.2.3	- Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern und Folgeabstand zu kurz im Abschnitt STA12	-	
4.2.4	Streckenanteil mit aktiven Überholungen	(%)	

*) Verwendete Referenzquerschnitte Autobahnstrecke:

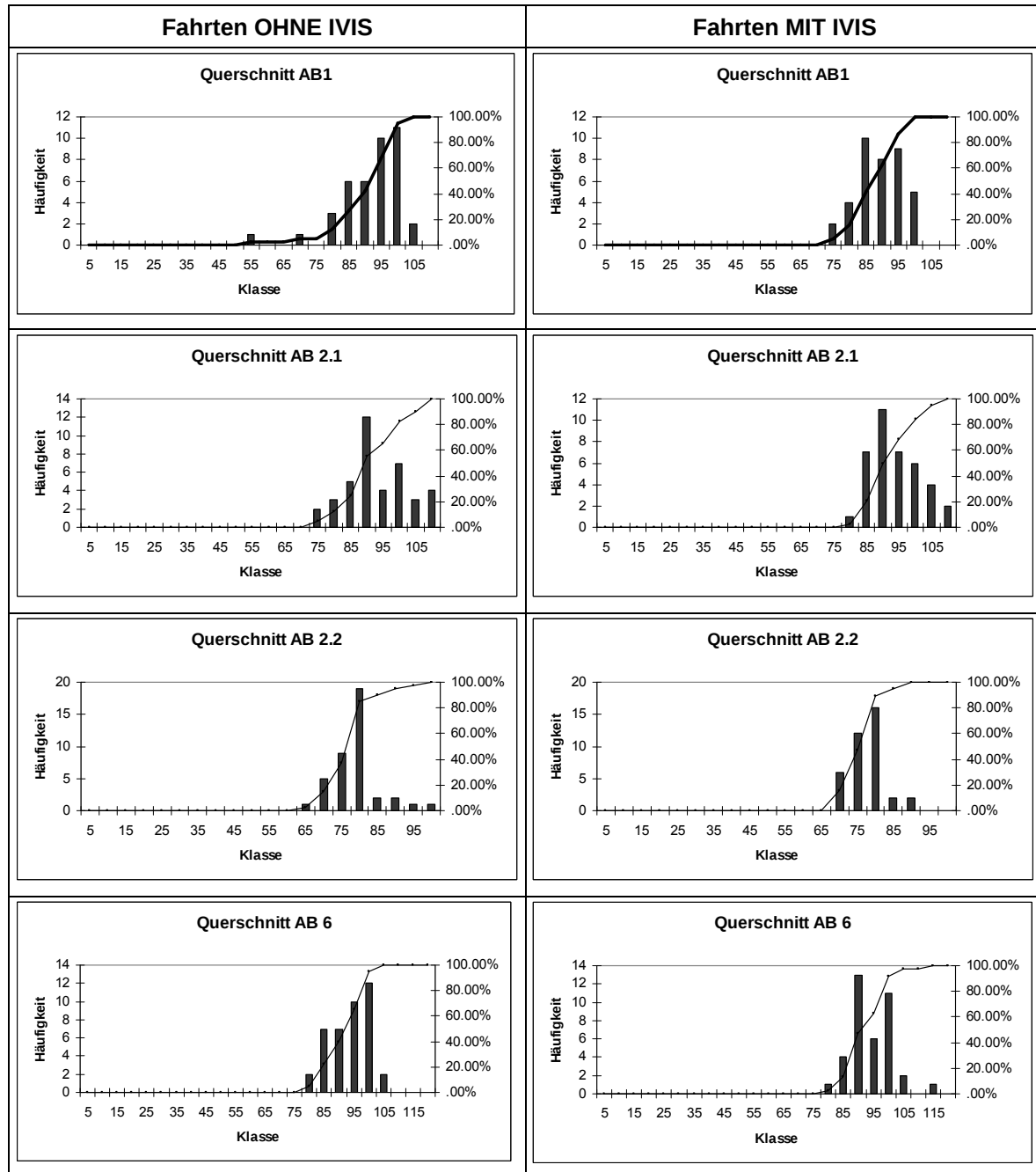
Abschnitt	Querschnittslage / Richtung	Bemerkung
AB1	zwischen VZ Zürich Nord und VZ Ost / St. Gallen	Verflechtungsbereich, T100
AB2	südlich von AS Wangen / Volketswil	gestreckt, T120
AB2	Rechtskurve Hegnau / Volketswil	Radius 500 m, T80 (mit Radar)
AB6	Ostportal Gubristtunnel / Urdorf	Tunneleinfahrt, T100

*) Verwendete Referenzquerschnitte Stadtstrecke:

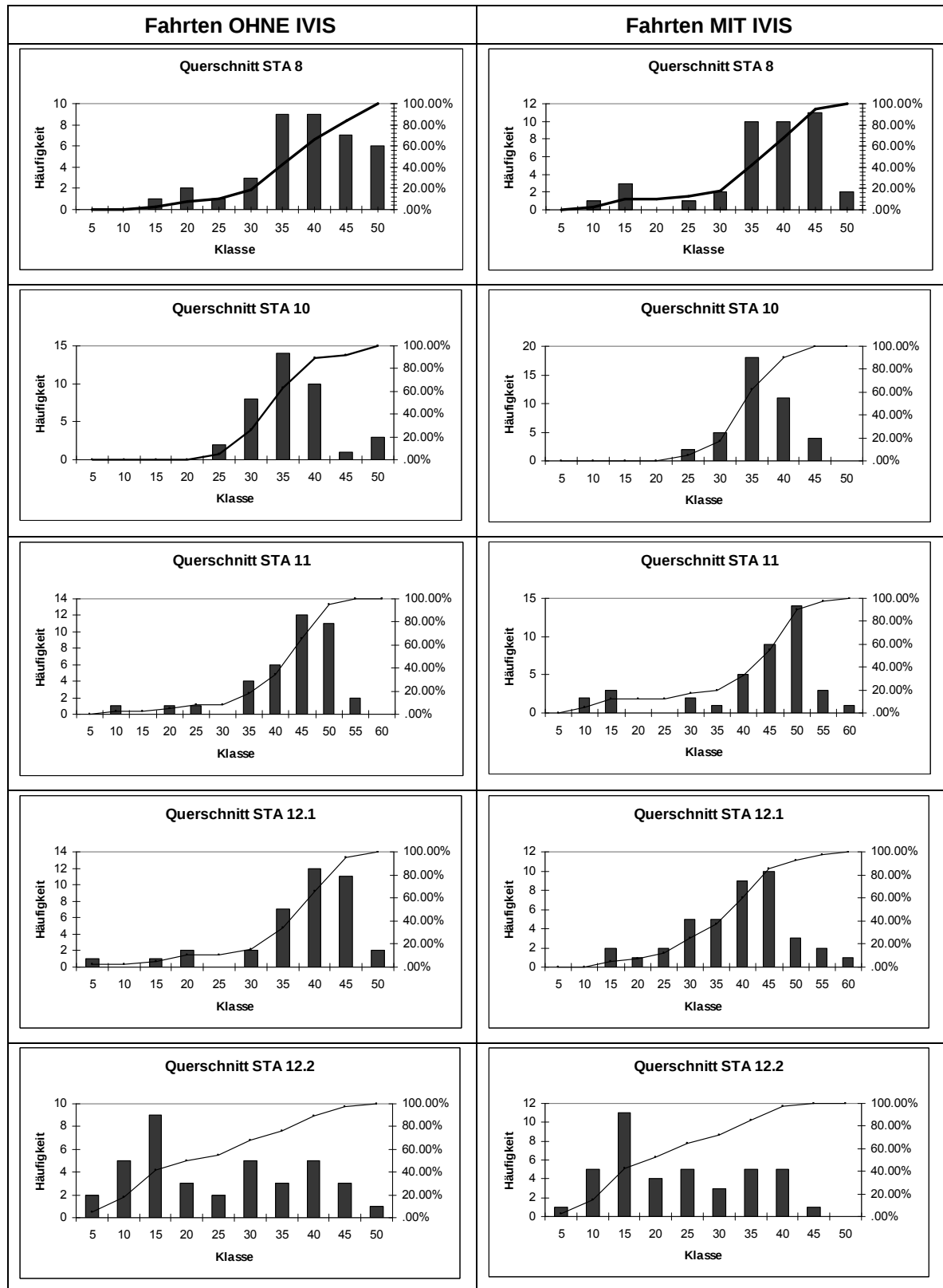
Abschnitt	Querschnittslage	Bemerkung
STA8	vor LSA Gutstrasse	Gestreckt, wenig Querungen
STA10	Selnaustrasse, Höhe Bhf. Selna	Enger Fahrstreifen
STA11	General Guisan-Quai, Höhe Kongresshaus	2-streifig
STA12	Rämistrasse, zwischen LSA Zürichbergstr./ Knoten Gloristr.	Steigung
STA12	Bei Rigiplatz, zwischen Einmündung Gladbachstr. / Seilbahn Rigiblick	Komplexe Situation mit Fussgängerquerungen

III Geschwindigkeitsverteilung in den AB- und STA-Querschnitten

III.1 Querschnitte auf der Autobahnstrecke



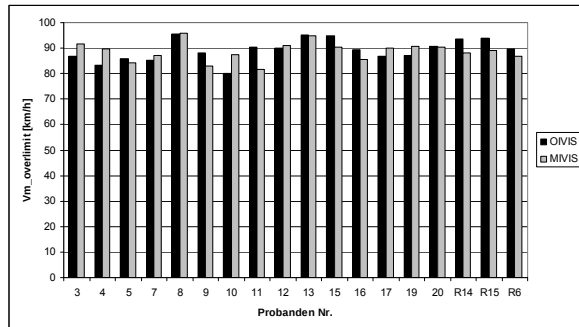
III.2 Querschnitte auf der Stadtstrecke



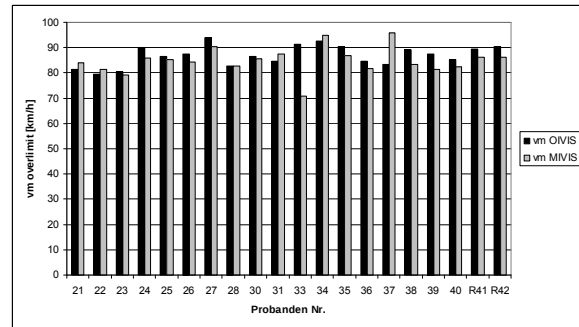
IV Mittlere Geschwindigkeiten einzelner Probanden auf den AB- und STA-Abschnitten

IV.1 Abschnitte auf der Autobahnstrecke

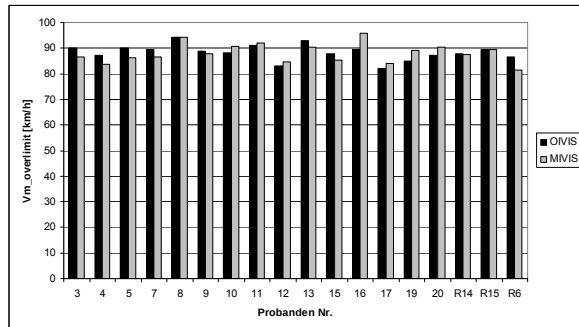
AB1 Junge



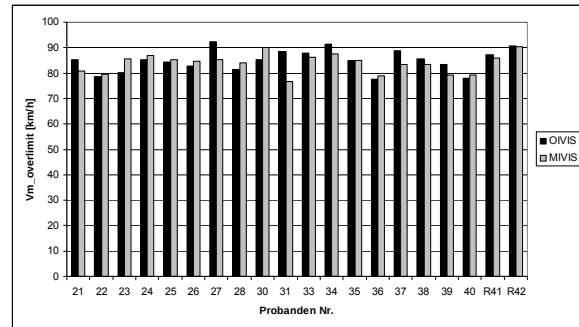
AB1 Alte



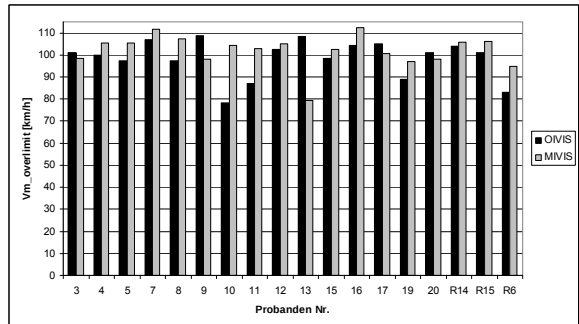
AB2 Junge



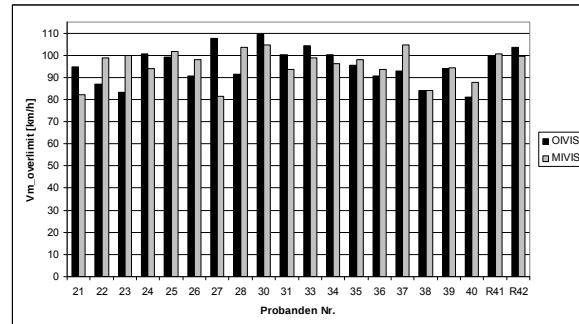
AB2 Alte



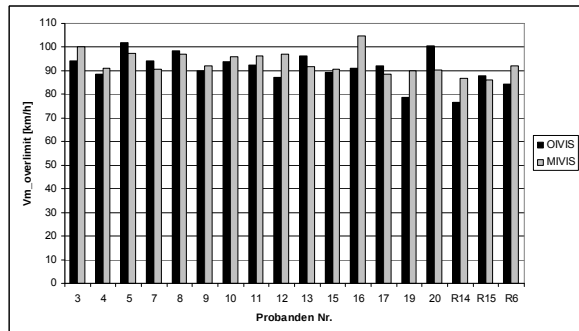
AB5 Junge



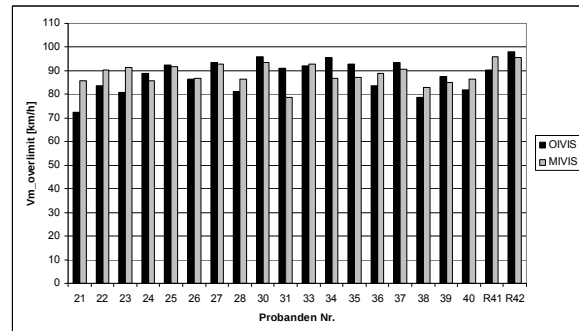
AB5 Alte



AB6 Junge

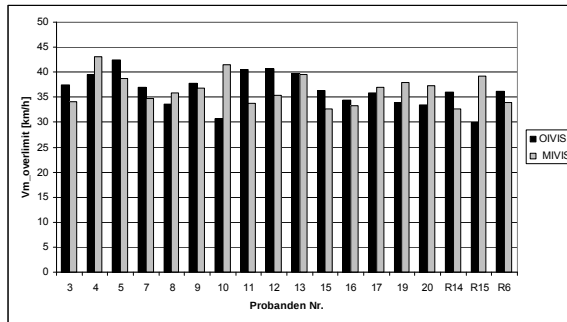


AB6 Alte

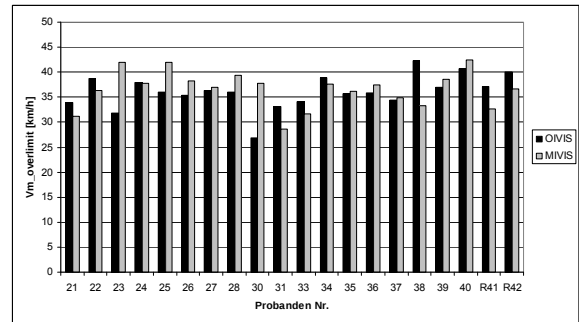


IV.2 Abschnitte auf der Stadtstrecke

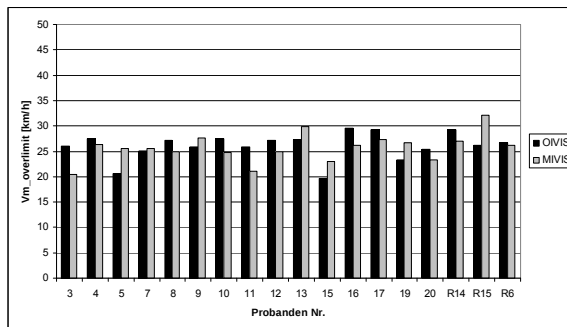
STA8 Junge



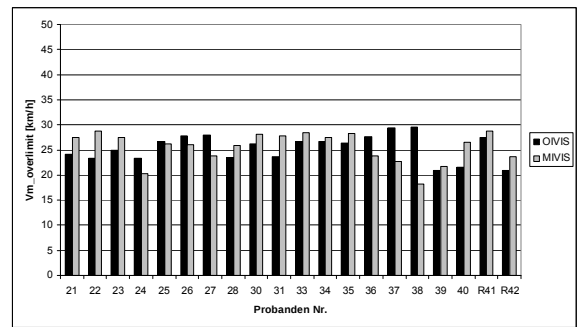
STA8 Alte



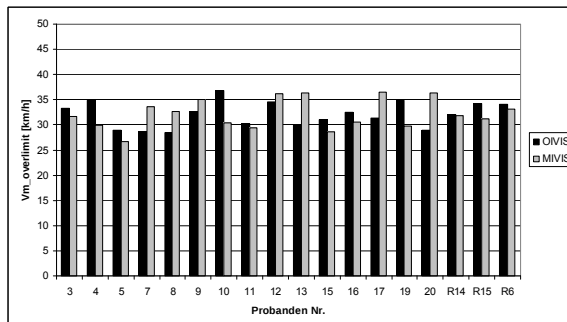
STA11 Junge



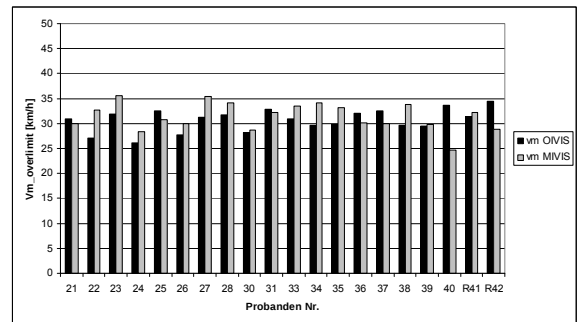
STA11 Alte



STA12 Junge



STA12 Alte



V

Übersicht der sicherheitsrelevanten Veränderungen durch IVIS

Nr.	Verweis auf Kap./Seite	Aussage zu Veränderungen MIVIS / OIVIS	betrifft				Bzgl. Sicherheit relevant?	Für MIVIS + positiv - negativ	Bemerkungen / Beurteilung
			AB	STA	JUNG	ALT			
1	4/38, 42	AB-Gesamtstrecke (ANOVA) Vm. V85: Unterschiede gering	X		X	X	Ja	+/-	keine Signifikanz bzgl. 40 VP
2	4/40, 41, 45, 46	Häufigkeit Interaktionen: Unterschiede gering	X		X	X	Ja	eher +	MIVIS weniger häufig (0.03/0.046), aber keine Signifikanz bzgl. 40 VP
2a	4/45, 46	Häufigkeit Interaktionen: Unterschiede bzgl. Navi-Erf. bedeutend	X		X	X	Ja	eher -	Ohne Navi-Erf. häufiger (0.028/0.042), aber keine Signifikanz bzgl. 40 VP (vgl. Nr. 8a)
3	4/43, 44	Häufigkeit Überholten: Unterschiede gering	X		X	X	kaum	eher +	MIVIS weniger häufig (0.73/0.88), aber keine Signifikanz bzgl. 40 VP
4	4/44, 45	Häufigkeit Routenanweisungen: Unterschiede gross	X		X	X	bedingt	-	MIVIS häufiger (0.23/0.06), häufiger bei ALT und bei ohne Navi-Erf., signifikant bzgl. 40 VP, aber Einfluss von TomTom-audit!
5	4/46, 47	Häufigkeit zu kurze Folgeabstände: Unterschiede gross	X		X	X	Ja	+	MIVIS weniger häufig (0.03/0.088), v.a. bei ALT und ohne Navi-Erf., signifikant bzgl. 40 VP
5a	4/46, 47	Häufigkeit zu kurze Folgeabstände: Unterschiede gross	X		X	X	Ja	eher -	häufiger bei JUNG und bei mit Navi-Erf., signifikant bzgl. 40 VP
6	4/38, 39, 49	STA-Gesamtstrecke (ANOVA) Vm. V85: Unterschiede gering bzw. keine		X	X	X	Ja	+/-	keine Signifikanz bzgl. 40 VP
7	4/49, 50	Häufigkeit Routenanweisungen: Unterschiede gering	X	X	X	X	bedingt	+/-	MIVIS leicht häufiger, JUNG häufiger, aber keine Signifikanz bzgl. 40 VP
8	4/50, 51	Häufigkeit Interaktionen: Unterschiede gering		X	X	X	Ja	+/-	MIVIS leicht häufiger, ALT häufiger, aber keine Signifikanz bzgl. 40 VP
8a	4/50, 51	Häufigkeit Interaktionen: Unterschiede bzgl. Navi-Erf. gross		X	X	X	Ja	(-)	Ohne Navi-Erf. wesentlich häufiger, signifikant bzgl. 40 VP
9	5/57	AB-Querschnitte V85/Schnellfahrer MIVIS reduziert	X		X	X	Ja	+	An allen QS gegenüber OIVIS um 1 bis 3.3 km/h (bis 3.4%) reduziert, kein Ortsbezug ersichtlich
10	5/58	Vm Unterschiede gering	X		X	X	Ja	+/-	keine Tendenz, kein Ortsbezug ersichtlich
11	5/58	Vm-Streuung MIVIS deutlich reduziert	X		X	X	Ja	+	Sabw MIVIS an allen QS gegenüber OIVIS deutlich reduziert (Ø 8.1/6.5 km/h), zusammen mit Nr. 9 --> Homogenisierungseffekt, kein Ortsbezug ersichtlich
12	5/60	Anteil in Gruppe V85 bei ALTE durch MIVIS deutlich reduziert	X			X	Ja	+	Abnahme von 12 auf 7 (bei total 160), diese Auswirkung ist bei JUNG nicht vorh.
13	5/58	STA-Querschnitte V85, Vm, Vm-Streuung: keine Auswirkungen ersichtlich		X	X	X	Ja	+/-	Auswirkung durch zufällig vorhandene Staus überlagert
14	5/61	Anteil in Gruppe V85 bei ALTE durch MIVIS deutlich erhöht	X	X		X	Ja	-	Zunahme von 14 auf 21 (bei total 200), umgekehrte Wirkung als auf AB-Querschnitten (vgl. Nr. 12), diese Auswirkung ist bei JUNG nicht vorh.
15	5/68	AB-Abschnitte Vm in MIVIS bei JUNG reduziert	X		X		Ja	eher +	Bei 2 der 4 Abschnitte deutlich reduziert (um 2.0 bis 3.5 km/h, d.h. > als Sabw)
16	5/68	Vm-Streuung in MIVIS bei JUNG nicht verändert	X	X	X		Ja	+/-	Bei keinem Abschnitt die Sabw reduziert --> kein Homogenisierungseffekt
17	5/68	Häufigkeit Überholten MIVIS bei JUNG erhöht	X		X		kaum	eher -	Veränderung an 2 ersten der 4 Abschnitte um 22 bzw. 58%
18	5/68, 69	Vm in MIVIS bei ALT erhöht	X			X	Ja	eher -	Bei 3 der 4 Abschnitte deutlich erhöht (um 1.0 bis 2.5 km/h, d.h. bei 2 Abschn. > als Sabw)
19	5/69	Vm-Streuung in MIVIS bei ALT nicht verändert	X			X	Ja	+/-	Wie bei JUNG --> kein Homogenisierungseffekt

Nr.	Verweis auf Kap./Seite	Aussage zu Veränderungen MIVIS / OIVIS	Betrifft				Bzgl. Sicherheit relevant?	Für MIVIS + positiv - negativ	Bemerkungen / Beurteilung
			AB	STA	JUNG	ALT			
20	5/69	Häufigkeit Überholen MIVIS bei <u>ALT</u> reduziert	X			X	kaum	eher +	In 2 der 4 Abschnitte Abnahmen um 22 bzw. 64% (vgl. Nr. 17)
21	5/69	Häufigkeit aller sicherheitsrelevanter Ereignisse in MIVIS bei <u>ALT</u> stark reduziert	X			X	ja	+	In 3 der 4 Abschnitte Abnahmen um Faktor 4.5
22	5/73	Häufigkeit von ΔV_m : Anzahl $V_m MIVIS > V_m OIVIS$ bei <u>JUNG</u> grösser	X		X		ja	eher -	Bei 2 der 4 Abschnitte war die Anzahl $V_m MIVIS > V_m OIVIS$ (12) deutlich grösser als die Anzahl $V_m MIVIS < V_m OIVIS$ (6), vgl. auch Nr. 15 / teilw. Widerspruch
23	5/73	Häufigkeit von ΔV_m : Anzahl $V_m MIVIS > V_m OIVIS$ bei <u>ALT</u> ausgeglichen	X			X	ja	eher +	Bei 3 der 4 Abschnitte war die Anzahl $V_m MIVIS > V_m OIVIS$ etwa gleich wie die Anzahl $V_m MIVIS < V_m OIVIS$
24	5/76, Tab.17	Häufigkeit von $\Delta V_m > 5 \text{ km/h}$: bei <u>JUNG</u> $V_m MIVIS - V_m OIVIS > 5 \text{ km/h}$ wesentlich häufiger	X		X		ja	-	Anzahl von $V_m MIVIS - V_m OIVIS > 5 \text{ km/h}$ 3x grösser als jene von $V_m OIVIS - V_m MIVIS > 5 \text{ km/h}$ (vgl. Nr. 15 und 22)
25	5/76, Tab.17	Häufigkeit von $\Delta V_m > 5 \text{ km/h}$: bei <u>ALT</u> $V_m MIVIS - V_m OIVIS > 5 \text{ km/h}$ und $V_m OIVIS - V_m MIVIS > 5 \text{ km/h}$ ausgeglichen	X			X	ja	+/-	Anzahl von $V_m OIVIS - V_m MIVIS > 5 \text{ km/h}$ bei ALT doppelt grösser als bei JUNG (vgl. Nr. 23)
26	5/69	STA-Abschnitte V_m und V_m -Streuung in MIVIS bei JUNG und ALT: keine Veränderung zu OIVIS		X	X	X	ja	+/-	Nur geringfügige und uneinheitliche Differenzen zwischen MIVIS und OIVIS (auch im Abschnitt mit Telefonaufgabe)
27	5/70	Häufigkeit aller sicherheitsrelevanter Ereignisse in MIVIS bei <u>ALT</u> massiv erhöht		X		X	ja	-	In allen 4 Abschnitten Zunahmen um Faktor 1.4 bis 2.5; mehr als Verdoppelung im ersten Fahrtabschnitt (wie bei JUNG) und im Abschnitt mit Teil-Aufgabe (vgl. auch Nr. 20)
28	5/69	Häufigkeit sicherheitsrelevanter Ereignisse in MIVIS bei JUNG nur beim Fahrtbeginn erhöht		X	X		kaum	(-)	deutet darauf hin, dass vermutlich nur in der (kurzen) Angewöhnungsphase relevant
29	5/78	Häufigkeit von ΔV_m : Anzahl $V_m MIVIS < V_m OIVIS$ bei <u>JUNG</u> grösser		X	X		ja	+	In allen 3 Abschnitten in MIVIS häufiger JUNG (zu 61%) langsamer gefahren als OIVIS (vgl. Nr.22 -Autob.)
30	5/78	Häufigkeit von ΔV_m : Anzahl $V_m MIVIS > V_m OIVIS$ bei <u>ALT</u> grösser		X		X	ja	-	In allen 3 Abschnitten in MIVIS häufiger ALT (zu 62%) schneller gefahren als OIVIS (vgl. Nr.23 -Autob.)
31	5/81, Tab. 21	Häufigkeit von $\Delta V_m > 3 \text{ km/h}$: bei JUNG ausgeglichen		X		X	ja	+/-	vgl. Nr. 24 (Autob.)
32	5/81, Tab. 21	Häufigkeit von $\Delta V_m > 3 \text{ km/h}$: bei ALT $V_m MIVIS - V_m OIVIS > 3 \text{ km/h}$ etwas grösser als $V_m OIVIS - V_m MIVIS > 3 \text{ km/h}$		X		X	ja	eher -	vgl. Nr. 25 (Autob.)

Bemerkung zu "Navi-Erfahrung":

Die Informationen über die Vertrautheit mit Zielführungssystemen im Fahrzeug basieren auf schriftlichen Befragungen der Versuchspersonen. Aufgrund der Antworten kann der Vertrautheitsgrad nicht eindeutig eingeschätzt werden.

Sabw = Standardabweichung, Varianz

MIVIS = mit IVIS

OIVIS = ohne IVIS

+	6x
eher +	5x
-	5x
eher -	6x

Abkürzungen

Begriff	Bedeutung
AB	Abkürzung für Autobahnabschnitte
ANOVA	Analysis of Variance
ASRTT	auditory simple reaction time task
IVIS	In-Vehicle Information System (fahrzeuginternes Informationssystem)
LSA	Lichtsignalanlage zur Verkehrssteuerung an Knoten
MIVIS	Abkürzung für mit IVIS
Navi	Abkürzung für Navigations- bzw. Zielführungsgerät
OIVIS	Abkürzung für ohne IVIS
STA	Abkürzung für Abschnitte der Stadtstrecke
V_{15} , $V_{15\%}$	Geschwindigkeit der 15-Percentile aus der Geschwindigkeitsverteilung
V_{85} , $V_{85\%}$, V_{85}	Geschwindigkeit der 85-Percentile aus der Geschwindigkeitsverteilung
V_{Gm}	Mittlere gewichtete Geschwindigkeit
VL	Versuchsleiter
V_m	Mittlere Geschwindigkeit (arithmetischer Mittel)
VP	Versuchsperson, Proband
V_{zul}	Zulässige Höchstgeschwindigkeit (generell oder signalisiert)
σ	Standardabweichung bzw. Varianz der Geschwindigkeiten
Für weitere Abkürzungen wird auf die Zusammenstellung im Anhang II verwiesen	

Literaturverzeichnis

[BAFU 2008]	„Auswertung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen und auf Hauptverkehrsstrassen ausserorts und innerorts“, IVT-ETH Zürich im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Fortschreibung 2008
[Belopitov et al 1999]	BELOPITOV I., SPACEK P.: „Geschwindigkeiten in Kurven“, Forschungsauftrag VSS 01/96, IVT-ETH Zürich, 1999
[Bernhard 1999]	BERNHARD M.: „Zur Bemessung der Haltesichtweite im Strassenentwurf“, Dissertation an der TU Darmstadt, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 400, Darmstadt, 1999
[Bühlmann et al 1992]	BÜHLMANN F., LINDENMANN H.P., SPACEK P.: „Sichtweiten, Überprüfen der Grundlagen zur Norm SN 640 090“, Forschungsauftrag VSS 17/84, Ingenieur- und Planungsbüro Bühlmann, IVT-ETH Zürich, 1992
[Cohen, Menn 2009]	Cohen A.S., Menn M.: Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf die Verkehrssicherheit; Verkehrspsychologischer Teilbericht (provisorischer Titel, in Vorbereitung), Psychologisches Institut der Universität Zürich
[Dietrich et al 1998]	Dietrich K., Lindenmann HP., Chabot-Zhang Y: „25 Jahre IVT-Messungen zum Verkehrsablauf auf Autobahnen, IVT-ETH Zürich, 1998
[Durth et al 1982]	DURTH W., KÖRNER G., MANNS K.: „Überprüfung von fahrspezifischen Ausgangswerten der RAL-L“, Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 365, Bundesministerium für Verkehr, Köln, 1982
[Durth, Bald 1987]	Durth W., Bald S.: „Risikoanalysen im Strassenwesen“, Schlussbericht zum FE 02.111 R 86 A des Bundesministeriums für Verkehr, TH Darmstadt, Darmstadt 1987
[FGSV 1979]	FGSV: „RAL-L-1 Kommentar zu den Richtlinien für die Anlage von Landstrassen“, Köln, 1979
[Handke 1996]	Handke N.: „Kombination von Untersuchungsmethoden bei Sicherheitsanalysen im Strassenverkehr“, Veröffentlichungen des Instituts für Verkehrswirtschaft, Strassenwesen und Städtebau, Universität Hannover, Heft 16, Hannover 1996
[Karel 2008]	Karel T.: „Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Strassen ohne Richtungstrennung“, Forschungsauftrag VSS 2000/338), R. Keller & Partner Verkehrsingenieure AG, Muttensz 2008
[Karkowski 2009]	Karkowski M.: COST Action 352 „The Influence of In-vehicle Information Systems on Driver Behaviour and Road Safety“, Final Report, Chapter 5: Driver behaviour - Realtraffic research studies, Experiment 2: Poland, 2009
[Koy et al 2003]	Koy T., Spacek P.: „Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen“, IVT-ETH Zürich, 2003
[Lindenmann et al 1993]	Lindenmann HP., Zuberbühler R.: „Geschwindigkeitsniveaus auf verschiedenen Strassentypen“, IVT-ETH Zürich, 1992, unterstützt durch Fonds für Verkehrssicherheit
[Lindenmann, Spacek 2008]	Lindenmann HP., Spacek P.: „Sicherheit von Verkehrsanlagen“, Vorlesungsunterlage, IVT-ETH Zürich, Ausgabe September 2008
[Marx et al 1996]	MARX E., PICHLER CH.: „Trassierung von Strassen und Knotenpunkten in Österreich unter Zugrundelegung neuer Sichtweiten“, VII. Internationale Budapester Strassenkonferenz, Band 1, Budapest, 1996
[Sachs 2004]	SACHS L.: „Angewandte Statistik, Anwendung statistischer Methoden“ (11. Aufl.). Springer, Berlin Heidelberg, 2004.
[Shinar et al 2004]	Shinar D., Tratctinsky N., Compton R.: „Effects of practice, age and task demands, on interference from a phone task while driving“, Accident Analysis & Prevention, 37 (2), 315- 326, Elsevier Ltd., 2004
[SN 640 090b 2001]	Schweizer Norm SN 640 090b Projektierung, Grundlagen; Sichtweiten, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich, 2001
[Steyer 2004]	Steyer R.: „Beitrag zur Erhöhung der Fahrsicherheit in Kurvenbereichen zweistreifiger Ausserortsstrassen“, Dissertation TU Dresden, Schriftenreihe des Lehrstuhls Gestaltung von Strassenverkehrsanlagen, Dresden 2004
[Storm 1995]	STORM R.: „Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik und statistische Qualitätskontrolle“ (10. Aufl.). Fachbuchverlag, Leipzig, 1995.

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

ARAMIS SBT

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: Oktober 2009

Grunddaten

Projekt-Nr.: ASTRA 2004/016

Projekttitel: Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf die Verkehrssicherheit

Enddatum: September 2009

Texte:

Zusammenfassung der
Projektresultate:

Die Untersuchung des Fahrverhaltens unter realen Verkehrsbedingungen hat zum Ziel gehabt, den Einfluss moderner, fahrzeuginterner Informationssysteme (IVIS) auf das individuelle Fahrverhalten von Fahrzeuglenkern in Hinblick auf die Verkehrssicherheit zu untersuchen. Zu diesem Zweck haben ausgewählte Versuchspersonen (VP) aus zwei Altersgruppen (jüngere / ältere Fahrzeuglenker) unter realen Verkehrsbedingungen zwei Versuchsstrecken (Autobahn-, Stadtstrecke) befahren. Jede Strecke wurde dabei einmal ohne und einmal mit Einsatz von IVIS befahren. Während der Fahrten wurden die Geschwindigkeit und weitere Fahrzeugbewegungen kontinuierlich aufgenommen und sicherheitsrelevante Fahrereignisse festgehalten. Das Versuchsfahrzeug wurde mit Navigationssystem, Freisprechanlage und Autoradio ausgerüstet. Zudem befand sich im Fahrzeug eine Blackbox, welche alle für den Versuch relevanten Daten aufgenommen hat.

Aus den Versuchen haben sich als Folge des IVIS-Einsatzes insgesamt eher nur kleine und statistisch nicht signifikante Veränderungen im Fahrverhalten ergeben. Allerdings hat sich gezeigt, dass bei den festgestellten Veränderungen auffallende Unterschiede zwischen den zwei Altersgruppen von Probanden bestehen. So gehören jüngere VP bei Autobahnfahrten mit IVIS häufig zur Gruppe von Schnellfahrern, während die älteren VP vorwiegend bei den Langsameren anzutreffen sind. Überraschenderweise ergab sich bei Fahrten auf der Stadtstrecke eine umgekehrte Tendenz. Unterschiede zwischen den Fahrten ohne und mit IVIS konnten auch bzgl. der Häufigkeit sicherheitsrelevanter Ereignisse festgestellt werden. Aufgrund der analysierten Veränderungen im Fahrverhalten wurde eine grobe Einschätzung der Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit vorgenommen.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:	Im Rahmen der Studie sollte eine Abschätzung von allfälligen Sicherheitsgewinnen und Sicherheitsdefiziten aufgrund von Veränderungen des individuellen Fahrverhaltens, bewirkt durch Einflüsse von fahrzeuginternen Informationssystemen (IVIS) auf die Fahrzeuglenker vorgenommen werden. Die Erkenntnisse waren aus Erhebungen im realen Verkehrsablauf zu gewinnen. Dieses Ziel wurde mit der Studie erreicht. Ein besonderes Merkmal dieser Forschungsarbeit war, den kombinierten Einfluss eines bestimmten Satzes an fahrzeuginternen Informationssystemen auf die Verkehrssicherheit erkennen zu können. Damit sollte ein Beitrag zum Verständnis der kumulativen Auswirkung von mehreren Informationssystemen auf die Verarbeitungskapazität der Fahrzeuglenker geleistet werden. Die Quantifizierung der Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit konnte in der verkehrstechnischen Teiluntersuchung nur teilweise erreicht werden.
Folgerungen und Empfehlungen:	Aufgrund der verkehrstechnischen Teiluntersuchung können keine eindeutigen Vor- oder Nachteile des IVIS-Einsatzes für die Verkehrssicherheit angegeben werden. Dazu waren die festgestellten Veränderungen im Fahrverhalten und in der Ereignishäufigkeit zu klein und zu heterogen. Die Unsicherheiten in der Diskussion der Untersuchungsergebnisse hängen teilweise auch mit der gewählten Versuchsanordnung in diesem Experiment zusammen. Schlüssige Empfehlungen zur Einschätzung der Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit können nur unter Berücksichtigung der Ergebnisse der verkehrspsychologischen Untersuchungen angegeben werden.
Publikationen:	- COST Action 352, The Influence of in-Vehicle Information Systems on Driver Behaviour and Road safety, Final Report, ISBN 978-80-7355-083-7, COST Office, January 2009 (www.cost.esf.org) - Spacek P., Lindenmann HP., Latuske N., Weber T.: Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf die Verkehrssicherheit, Verkehrstechnischer Teilbericht, IVT-ETH Zürich, Forschungsauftrag ASTRA 2004/016, Zürich September 2009 - Cohen A.S., Menn M.: Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf die Verkehrssicherheit; Verkehrspsychologischer Teilbericht (provisorischer Titel), Psychologisches Institut der Universität Zürich, Bericht in Vorbereitung



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Beurteilung der Begleitkommission:

Diese Beurteilung der Begleitkommission ersetzt die bisherige separate fachliche Auswertung.

Beurteilung:

Die Forschungsarbeit hat verschiedene interessante Ergebnisse zu den Veränderungen im Fahrverhalten infolge der Benützung von Informationshilfen erbracht. Die Mehrzahl der untersuchten, sicherheitsrelevanten Merkmalsgrössen hat zwar keine signifikanten, für die Verkehrssicherheit deutlich positiven Auswirkungen bei Benützung der Informationshilfen gezeigt. Umgekehrt zeigten sich auch keine besorgniserregenden Beeinträchtigungen der Verkehrssicherheit.

Grundsätzlich fielen bei Fahrten auf der Autobahn die positiven Auswirkungen bei den älteren Verkehrsteilnehmern deutlicher aus als bei den jüngeren Verkehrsteilnehmern. Demgegenüber zeigten sich auf der Stadtstrecke bei älteren Fahrzeuglenkern gewisse Überforderungserscheinungen durch die IVIS-Nutzung, vor allem dann, wenn zusätzlich zur Zielführung mit Navigationsgerät auch aktive Telefongespräche mittels Freisprechanlage geführt wurden.

Die mit relativ grossem Aufwand durchgeführten Feldversuche erfüllen den Anspruch der Zielsetzung der realen Erfassung des tatsächlichen, individuellen Fahr- und Verkehrsverhaltens.

Nicht ganz unerwartet fielen die verkehrstechnischen Untersuchungsergebnisse nicht sehr prägnant aus. Damit gestaltete sich auch die Bewertung der Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit entsprechend schwierig und wenig eindeutig. Hierzu wäre eine Synthese der verkehrstechnischen und verkehrspsychologischen Untersuchungsergebnisse erwünscht gewesen.

Wie weit das gewählte Untersuchungsdesign diese Umstände auch beeinflusst haben könnte, muss leider offen bleiben. Insbesondere die beiden aus Aufwandgründen zu Beginn der Untersuchungen nötig gewordenen Einschränkungen der Zahl von Versuchsfahrten sowie der Verzicht auf das ursprünglich vorgesehene automatische Abstandswarngerät haben wahrscheinlich den Resultatgehalt und die Interpretationsmöglichkeiten ungünstig beeinträchtigt.

Bei der negativ zu bewertenden zeitlichen Projektverzögerung muss der über einjährige Zeitverlust, bei dem durch die COST 352-Aktion bereitzustellende Versuchsfahrzeug mitberücksichtigt werden. Allerdings war dies durch die Forschungsstellen nur marginal beeinflussbar. Insgesamt darf das anspruchsvolle Experiment in Zusammenarbeit mit der COST als gelungen beurteilt werden. Es hat neue Aufschlüsse zum Fahrverhalten mit Unterstützung durch Informationshilfsmittel im Umfeld von komplexen Verkehrssituationen und -verhältnissen gebracht.

Umsetzung:

Die Verbreitung von In-Vehicle-Informationssystemen für die Fahrzeuglenker ist bereits in vollem Gange. Wenn auch durch die Ergebnisse der vorliegenden Forschungsarbeit eher positive Auswirkungen solcher Informationshilfen erkannt wurden, ist bei weiter schwierig werdenden Aufgaben und Ansprüchen an das Fahrverhalten dem Aspekt der grossen, allenfalls zu grossen Informationsfülle durch Benutzung weiterer Informationshilfen in Zukunft Aufmerksamkeit zu schenken. Aufgrund der Ergebnisse in dieser Untersuchung kann keine klare Grenze bezeichnet werden, oberhalb der die Informationsflut die Verarbeitungskapazität der Fahrzeuglenker so deutlich überschreitet, dass die Verkehrssicherheit eindeutig negativ beeinflusst wäre.

weitergehender Forschungsbedarf:

Aus den verkehrstechnischen Erkenntnissen in dieser Untersuchung ergeben sich keine konkreten Empfehlungen für weitergehende Forschung.

Einfluss auf Normenwerk:

Aus verkehrstechnischer Sicht besteht zurzeit kein Bedarf.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Präsident Begleitkommission:

Name:	Baumann	Vorname:	Daniel
Amt, Firma, Institut:	Touring Club Schweiz TCS		
Strasse, Nr.:	ch. De Blandonnet 4		
PLZ:	1214	Email:	dbaumann@tcs.ch
Ort:	Vernier	Telefon:	022 417 2433
Kanton, Land:	GE	Fax:	022 417 2392

Unterschrift Präsident Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt-Nr.		Datum
1211	VSS 1998/192	Minikreisel <i>Mini-giratoires</i>	2008
1212	VSS 2007/501	D-A-CH – Forschungsprojekt Nutzungszeiten offener Asphaltdeckschichten <i>D-A-CH – Projet de recherche Durabilité des revêtements en enrobé drainant</i>	2007
1213	VSS 2002/706	NAVAROU Potentiel d'utilisation des données routières de la navigation automobile pour l'entretien routier <i>Potenzial der Nutzung von Fahrzeugnavigationsdaten für das Strassenverkehrsmanagement</i>	2008
1214	VSS 2004/901	Darstellung und Verwendung von Verkehrssignalen in Strassendatenbanken <i>Implementation and use of traffic signs in road databases</i>	2007
1215	VSS 2000/456	Bewirtschaftungssysteme für Parkieranlagen <i>Concepts de gestion et d'exploitation d'installations de stationnement</i>	2008
1216	VSS 1998/195	Für Motorfahrzeuge und leichte Zweiräder befahrbare und für den Fussgängerverkehr ganz oder teilweise zugängliche Streifen in der Mitte der Fahrbahn (Mehrzweckstreifen) <i>Voies de circulation en milieu de chaussée destinées au trafic motorisé et au trafic des deux-roues légers, partiellement ou entièrement accessibles au trafic des piétons (voies à affectation variable)</i>	2008
1217	SVI 2006/001	Forschungspaket "Güterverkehr", Initialprojekt "Bestandesaufnahme und Konkretisierung des Forschungspakets" <i>Paquet de recherche "transport de marchandises", projet initial "inventaire et concrétisation du paquet de recherche"</i>	2008
1218	VSS 1999/271	Querungen für den Fuss- und leichten Zweiradverkehr <i>Traversées à l'usage des piétons et des deux-roues légers</i>	2008
1220	VSS 2005/910	Mobility Pricing Synthesebericht <i>Mobility Pricing Rapport de Synthèse</i>	2007
1221	ASTRA 2004/019	Maladies et causes d'absences dans le service d'entretien des routes <i>Diseases and reasons for absences in the road maintenance services</i>	2008
1222	SVI 2004/074	Freizeitverkehr innerhalb von Agglomerationen <i>Trafic de loisirs dans les agglomérations</i>	2008

Bericht-Nr.	Projekt-Nr.		Datum
1223	VSS 2003/302	Auswirkungen und Massnahmen im HVS-Netz bei Rampenbewirtschaftung <i>Répercussions et mesures sur le réseau des routes principales en présence d'une gestion des rampes</i>	2008
1224	VSS 1999/276	Influence des phyllosilicates pour l'utilisation dans la construction routière <i>Füller – Einfluss von Schichtsilikaten für die Verwendung im Strassenbau</i>	2008
1225	SVI 1999/328	Gesetzmässigkeiten des Anlieferverkehrs <i>Caractéristiques du transport de livraison</i>	2008
1226	ASTRA 2003/007	Kommunale Strassennetze in der Schweiz: Formen neuer Public Private Partnership (PPP) – Kooperationen für den Unterhalt <i>Réseaux routiers communaux en Suisse: Formes de nouveaux partenariats publics-privés (PPP) – coopérations pour l'entretien</i>	2008
1227	VSS 2004/601	Umweltbauabnahme (UBA) <i>Réception environnementale des travaux (RET)</i>	2008
1228	SVI 2001/508	Mobilitätsmuster zukünftiger Rentnerinnen und Rentner – eine Herausforderung für das Verkehrssystem 2030? <i>Mobilité des futurs retraités – un défi pour le système des transport en 2030?</i>	2008
1229	SVI 2004/081	Modal Split Funktionen im Güterverkehr <i>Fonctions de répartition modale pour le trafic de marchandises</i>	2008
1230	SVI 2004/090	Monitoring und Controlling des Gesamtverkehrs in Agglomerationen <i>Monitoring et controlling de l'ensemble du trafic dans les agglomérations</i>	2008
1231	SVI 2004/045	Mobilitätsmanagement in Betrieben – Motive und Wirksamkeit <i>Gestion de la mobilité dans les entreprises – motifs et efficacité</i>	2008
1232	ASTRA 2005/008	Low Power Wireless Sensor Network for Monitoring Civil Infrastructure <i>Drahtloses Sensornetzwerk zur Infrastrukturüberwachung</i>	2009
1233	ASTRA 2000/420	Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhaltiger Belagsschichten <i>Components durables des couches bitumineux</i>	2009
1235	VSS 2004/711	Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen Standardisierte Erhaltungsmassnahmen <i>Mesures d'entretiens standardisées</i>	2008

Bericht-Nr.	Projekt-Nr.		Datum
1236	2008/008_7	Analytische Gegenüberstellung der Strategie- und Tätigkeitsschwerpunkte ASTRA-AIPCR <i>Analyse Comparative des accents stratégiques et des champs d'action prioritaires de l'OFROU et de l'AIPCR</i>	2008
1237	VSS 2007/903	Grundlagen für eCall in der Schweiz <i>Bases pour eCall en Suisse</i>	2009
1238	VSS 2005/303	Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellenbereich von Hochleistungsstrassen <i>Sécurité routière pour chantiers de courte durée et aux jonctions dans la zone d'un chantier de route à grand débit</i>	2008
1239	VSS 2000/450	Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen <i>Bases de dimensionnement pour le renforcement par géosynthétiques</i>	2009
1240	ASTRA 2002/010 & 2005/009	L'acceptabilité du péage de congestion: Résultats et analyse de l'enquête réalisée en Suisse <i>Die Akzeptanz von Gebühren zur Vermeidung von Stau auf Strassen: Resultate und Analysen von Untersuchungen in der Schweiz</i>	2009
1241	ASTRA 2001/052	Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spurbildungstests <i>Amélioration des informations fournies par l'essai d'orniérage LCPC</i>	2009
1242	VSS 2005/451	Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut: Initialprojekt <i>Recyclage des matériaux bitumeux de démolition dans les enrobés à chaud: projet initial</i>	2007
1243	VSS 2000/463	Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen <i>Les coûts de l'entretien courant des routes</i>	2008
1244	VSS 2004/714	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen Gesamtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungsmassnahmen <i>Bénéfice total - rapport avantages / coûts des mesures d'entretien standardisées</i>	2008
1246	VSS 2004/713	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert <i>Influences et interactions de l'état de surface et de la portance sur la valeur intrinsèque et la valeur d'usage</i>	2009
1247	VSS 2000/348	Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen <i>Exigences à l'équipement routier pour l'utilisation de la bande d'arrêt d'urgence</i>	2009

Bericht-Nr.	Projekt-Nr.		Datum
1249	FGU 2003/004	Einflussfaktoren auf den Brandwiderstand von Betonkonstruktionen <i>Facteurs d'influence sur la résistance au feu de structures en béton</i>	2009
1250	VSS 2005/502	Strassenabwasser Filterschacht <i>Traitement des eaux de routes dans des chambres avec sac en géotextile</i>	2007
1251	VSS 2002/405	Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence des bétons bitumeux <i>Auswirkung der gerundeten oder teilweise gerundeten Gesteinskörnungen auf die Griffigkeit des Asphaltbetons</i>	2008
1257	SVI 2004/057	Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen Der Durchfahrtswiderstand als Arbeitsinstrument bei der städtebaulichen Gestaltung von Strassenräumen <i>L'influence de l'aménagement de l'espace de la route sur le trafic</i> <i>La résistance de passage du trafic comme instrument de travail pour la conception urbaine de zone routière</i>	2009
1258	VSS 2005/802	Kaphaltestellen Anforderungen und Auswirkungen <i>Arrêt en cap - exigences et effets</i>	2009

