

# **Vorausschauendes Fahren**

## **Erfassung, Beschreibung und Bewertung von Antizipationsleistungen im Straßenverkehr**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Philosophischen Fakultät II  
(Psychologie, Pädagogik und Sportwissenschaft) der Universität Regensburg

Vorgelegt von

**Kerstin Christine Sommer**

**München**

**2012**

Erster Gutachter: Prof. Dr. Alf Zimmer

Zweiter Gutachter: Prof. Dr. Mark Greenlee

## INHALTSVERZEICHNIS

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>ZIELSETZUNG DER ARBEIT .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>DER ZUSAMMENHANG ZWISCHEN ANTIZIPATION UND HANDLUNG.....</b>                              | <b>6</b>  |
| <b>3</b> | <b>VISUELLE WAHRNEHMUNG UND INFORMATIONSVERRARBEITUNG.....</b>                               | <b>9</b>  |
| 3.1      | Für das Fahren relevante Eigenschaften und Grenzen der visuellen Wahrnehmung .....           | 9         |
| 3.2      | Raum- und Bewegungswahrnehmung .....   | 14        |
| 3.2.1    | Gibsons Theorie der direkten Wahrnehmung.....  | 14        |
| 3.2.2    | Wahrnehmung von Eigengeschwindigkeit und Zeitlücken.....                                     | 15        |
| 3.2.3    | Wahrnehmung von Spurrhaltung und Straßenkrümmung .....                                       | 18        |
| 3.3      | Der Einfluss der Kognition auf die Wahrnehmung .....   | 21        |
| 3.4      | Konsequenzen für das Versuchsdesign .....  | 24        |
| <b>4</b> | <b>ANTIZIPATION .....</b>  | <b>26</b> |
| 4.1      | Definition des Begriffs „Antizipation“ .....   | 26        |
| 4.2      | Antizipationsgründe und Inhalte .....  | 26        |
| 4.3      | Die Rolle des Lernens bei der Antizipation.....  | 28        |
| 4.4      | Der Antizipationshorizont .....  | 30        |
| 4.5      | Abgrenzung der Antizipation vom Begriff des Situationsbewusstseins .....                     | 37        |
| 4.6      | Abgrenzung der Antizipation von den Begriffen „mentales Modell“, „Schema“ und „Skript“ ..... | 43        |
| 4.7      | Methoden zur Messung von Antizipationsleistung und vorausschauendem Fahren .....             | 45        |
| 4.7.1    | Methoden zur Messung der Antizipationsleistung .....   | 47        |
| 4.7.2    | Methoden zur Messung vorausschauenden Fahrens.....   | 55        |
| 4.8      | Methoden zur Extraktion antizipationsrelevanter Stimuli .....                                | 61        |
| <b>5</b> | <b>MOTIVIERENDE FAKTOREN FÜR VORAUSSCHAUENDES FAHRVERHALTEN .....</b>                        | <b>70</b> |
| <b>6</b> | <b>INTERINDIVIDUELLE EINFLUSSFAKTOREN .....</b>  | <b>76</b> |
| 6.1      | Demographische Einflussfaktoren: Geschlecht und Alter .....                                  | 77        |

---

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 6.2      | Einflüsse durch Fahrerfahrung und Fahrpraxis .....                              | 79         |
| 6.3      | Einflüsse durch kognitiven Fähigkeiten .....                                    | 82         |
| 6.3.1    | Feldunabhängigkeit .....  | 83         |
| 6.3.2    | Selektive Aufmerksamkeit .....  | 85         |
| 6.4      | Einflüsse durch die Fahrerpersönlichkeit.....                                   | 87         |
| <b>7</b> | <b>UNTERSUCHUNG I: DER UMFANG ANTIZIPATIONSRELEVANTER<br/>MERKMALE .....</b>    | <b>89</b>  |
| 7.1      | Fragestellungen .....   | 89         |
| 7.2      | Methode.....  | 89         |
| 7.2.1    | Versuchspersonen.....   | 89         |
| 7.2.2    | Versuchsmaterial.....   | 90         |
| 7.2.3    | Versuchsplan.....   | 94         |
| 7.2.4    | Versuchsaufbau .....  | 95         |
| 7.2.5    | Versuchsablauf.....   | 95         |
| 7.2.6    | Versuchsauswertung .....  | 96         |
| 7.3      | Ergebnisse.....   | 97         |
| 7.3.1    | Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen in den jeweiligen Situationen .....   | 97         |
| 7.3.2    | Antizipationsrelevante Merkmale.....  | 104        |
| 7.4      | Diskussion .....  | 108        |
| <b>8</b> | <b>UNTERSUCHUNG II: DIE STRUKTUR ANTIZIPATIONSRELEVANTER<br/>MERKMALE .....</b> | <b>111</b> |
| 8.1      | Fragestellung .....   | 111        |
| 8.2      | Methode.....  | 111        |
| 8.2.1    | Versuchspersonen.....   | 111        |
| 8.2.2    | Versuchsmaterial.....   | 112        |
| 8.2.3    | Versuchsplan.....   | 112        |
| 8.2.4    | Versuchsaufbau .....  | 114        |
| 8.2.5    | Versuchsablauf.....   | 114        |

---

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 8.2.6     | Versuchsauswertung .....   | 115        |
| 8.3       | Ergebnisse.....  | 117        |
| 8.3.1     | Anordnung und Gruppierung der Merkmale .....   | 117        |
| 8.3.2     | Die Inhalte der einzelnen Cluster .....  | 118        |
| 8.3.3     | Inhalt und Antizipationsrelevanz der Cluster im Gesamtzusammenhang.....                                | 128        |
| 8.4       | Diskussion .....   | 130        |
| <b>9</b>  | <b>UNTERSUCHUNG III MIT VIDEOAUFNAHMEN VON REALEM STRASSENVERKEHR .....</b>                            | <b>132</b> |
| 9.1       | Fragestellung.....   | 132        |
| 9.2       | Methode.....   | 132        |
| 9.2.1     | Versuchspersonen.....  | 132        |
| 9.2.2     | Versuchsmaterial.....  | 133        |
| 9.2.3     | Versuchsplan.....  | 135        |
| 9.2.4     | Versuchsaufbau .....   | 137        |
| 9.2.5     | Versuchsablauf.....  | 137        |
| 9.2.6     | Versuchsauswertung.....  | 139        |
| 9.3       | Ergebnisse.....  | 142        |
| 9.3.1     | Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen in den jeweiligen Situationen .....                          | 142        |
| 9.3.2     | Interindividuelle Unterschiede bei Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen sowie deren Ursachen..... | 153        |
| 9.4       | Diskussion .....   | 161        |
| <b>10</b> | <b>UNTERSUCHUNGEN IV UND V MIT VIDEOS EINER SIMULIERTEN FAHRT BZW. FAHRSIMULATION.....</b>             | <b>164</b> |
| 10.1      | Fragestellung.....   | 164        |
| 10.2      | Methode.....   | 164        |
| 10.2.1    | Versuchspersonen.....  | 164        |
| 10.2.2    | Versuchsmaterial.....  | 166        |
| 10.2.3    | Versuchsplan.....  | 176        |
| 10.2.4    | Versuchsaufbau .....   | 178        |

---

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 10.2.5    | Versuchsablauf.....  | 180        |
| 10.2.6    | Versuchsauswertung.....  | 184        |
| 10.3      | Ergebnisse.....  | 187        |
| 10.3.1    | Die situationsspezifischen Leistungen im zeitlichen Verlauf.....   | 187        |
| 10.3.2    | Die Lücke zwischen Wahrnehmungs-, Antizipations- und Entscheidungsleistung versus Reaktionsleistung .....      | 204        |
| 10.3.3    | Situative Leistungsunterschiede .....  | 207        |
| 10.3.4    | Interindividuelle Leistungsunterschiede und deren Ursachen .....   | 213        |
| 10.3.5    | Die kognitive Beanspruchung und deren Veränderung bei Annäherung an die Antizipationsmerkmale .....            | 220        |
| 10.4      | Diskussion .....   | 223        |
| <b>11</b> | <b>ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG .....</b>  | <b>232</b> |
| 11.1      | Antizipationsrelevante Merkmale und deren Struktur .....   | 232        |
| 11.2      | Zeitraum der jeweiligen Informationsverarbeitungsstufen .....  | 234        |
| 11.3      | Situative Einflüsse auf Antizipation und vorausschauendes Fahren.....  | 235        |
| 11.4      | Interindividuelle Einflüsse auf Antizipation und vorausschauendes Fahren.....                                  | 237        |
| 11.5      | Fazit zum Evaluationskonzept .....   | 239        |
| 11.6      | Praktische Relevanz der Ergebnisse – Unterstützungspotential durch technische Systeme und Fahrertraining ..... | 245        |
|           | <b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>  | <b>250</b> |
|           | <b>ANHANG A: FRAGEBOGEN AUS UNTERSUCHUNG I.....</b>  | <b>264</b> |
|           | <b>ANHANG B: FRAGEBOGEN AUS UNTERSUCHUNG II.....</b>   | <b>270</b> |
|           | <b>ANHANG C: FRAGEBOGEN AUS UNTERSUCHUNG III.....</b>  | <b>273</b> |
|           | <b>ANHANG D: FRAGEBÖGEN AUS UNTERSUCHUNG IV.....</b>   | <b>277</b> |
|           | <b>ANHANG E: FRAGEBOGEN AUS UNTERSUCHUNG V.....</b>  | <b>288</b> |

## ZUSAMMENFASSUNG

Eine vorausschauende Fahrweise wird sowohl von Experten als auch von Laien mit einer Reihe positiver Aspekte in Verbindung gebracht, wie z.B. der Verringerung der erlebten Beanspruchung und Erhöhung des Komfortempfindens, der Verbesserung der Verkehrssicherheit und des Verkehrsflusses, der Steigerung der Energieeffizienz sowie der Reduktion der Schadstoff- und CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Frage, wie sich Antizipationskompetenz im Straßenverkehr sowie vorausschauendes Handeln messen lassen und welche Merkmale einer Verkehrssituation in diesem Zusammenhang bedeutsam für den Fahrer sind. Zu diesem Zwecke wird ein auf bisherigen Forschungsarbeiten aufbauendes Methodeninventar entwickelt.

Darüber hinaus geht es um eine Bestandsaufnahme der diesbezüglichen Leistungen von Autofahrern und ihres Unterstützungsbedarfs. Hierzu werden die Resultate von fünf experimentellen Untersuchungen beschrieben, die unter Verwendung des o.g. Methodeninventars durchgeführt wurden.

Die Ergebnisse von Untersuchung I liefern einen kurzen, aber umfassenden Überblick über die Antizipationsleistungen von Fahrern in unterschiedlichen innerstädtischen Verkehrssituationen sowie über die jeweils verwendeten antizipationsrelevanten Merkmale. In Untersuchung II wird analysiert, wie die identifizierten Stimuli von den Fahrern gruppiert und hinsichtlich der Relevanz für die Antizipation bewertet werden. Untersuchung III befasst sich vorrangig mit dem Ausmaß interindividueller Unterschiede bei Wahrnehmung und Antizipationsleistung sowie dem Erklärungspotenzial der Faktoren Geschlecht, Alter, Fahrpraxis, Feldunabhängigkeit und Interferenzneigung.

In den Untersuchungen IV und V werden die Variablen Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Handlungsleistung im zeitlichen Verlauf gemessen, so dass sich situationsspezifische Aussagen hinsichtlich Zeitpunkt und Dauer der jeweiligen Informationsverarbeitungsstufen sowie speziell hinsichtlich der Lücke zwischen Antizipation und Handlung treffen lassen. Zudem wird auf das situationsübergreifende Ausmaß interindividueller Unterschiede – insbesondere auch im Hinblick auf die Handlung, d.h. das vorausschauende Fahren – eingegangen und der Einfluss der bereits in Untersuchung III betrachteten Faktoren (Geschlecht, Alter, Fahrpraxis, Feldunabhängigkeit und Interferenzneigung) auf Wahrnehmungs-, Antizipations- und Entscheidungsleistung sowie vorausschauendes Fahren präsentiert.

Es zeigt sich, dass Fahrer bei ihrer Antizipation auf eine Vielzahl verschiedener Situationsmerkmale zurückgreifen, wobei sie diese vorrangig anhand der Dimensionen „Geschwindigkeit“ und „Handlungsrelevanz“ bewerten. Als besonders antizipationsrelevant werden solche Stimuli angesehen, die sich sowohl durch unmittelbaren Handlungsbedarf als auch durch geringe (Eigen-)Geschwindigkeit auszeichneten, d.h. Hindernisse auf der eigenen Fahrspur darstellen.

Die Informationsverarbeitungsstufen Wahrnehmung, Antizipation und Handlungsentscheidung erfolgen meist – wenn auch nicht immer – zeitlich recht eng hintereinander und spielen sich i.d.R. in einem Zeitfenster von 7 bis 5 Sekunden vor Erreichen des handlungsrelevanten Merkmals ab. Antizipationsprobleme treten, den Untersuchungsergebnissen zufolge, i.d.R. nicht genuin auf, sondern sind größtenteils die Folge von Wahrnehmungsschwierigkeiten.

Die tatsächliche Umsetzung der Handlungsentscheidung (Wegnahme des Fußes vom Gaspedal) findet normalerweise in einer Entfernung von 4 bis 2 Sekunden zum Antizipationsmerkmal statt. Vorangegangene Wahrnehmungs- und/oder Antizipationschwierigkeiten wirken sich hierbei kaum aus: In diesem Fall ist lediglich der Anteil der Fahrer mit besonders frühzeitiger Reaktion geringer, d.h. die Handlungszeitpunkte streuen weniger stark. Befragungen weisen darauf hin, dass die ca. 3 Sekunden dauernde Lücke zwischen Antizipation und Handlung zumindest teilweise auf eine bewusste Entscheidung des Fahrers zurückzuführen ist und interindividuellen sowie situativen Einflüssen unterliegt.

Die erheblichen interindividuellen Unterschiede hinsichtlich der Antizipations- und Entscheidungsleistungen lassen sich (zumindest teilweise) durch die Faktoren „Geschlecht“, „Alter“ und „Fahrpraxis“ erklären: Männer erbringen im Allgemeinen höhere Leistungen als Frauen, Vielfahrer sind besser als Wenigfahrer und mit zunehmendem Alter verschiebt sich der Antizipations- und Entscheidungszeitpunkt immer weiter nach „hinten“. Demgegenüber wirkt sich auf die Reaktionszeitpunkte ein höheres Alter sogar günstig aus. Mit anderen Worten: Je älter der Fahrer, desto kleiner ist die Zeittücke zwischen den kognitiven Prozessen und der tatsächlichen Handlung. Ältere Fahrer machen dabei nicht nur ihre vergleichsweise späte Antizipation und Entscheidung wieder wett, sondern reagieren im Allgemeinen sogar noch früher als jüngere Fahrer.

Die Befunde deuten insgesamt darauf hin, dass im Hinblick auf etwaige (technische) Assistenz- und Trainingskonzepte unbedingt zwischen einer Unterstützung der kognitiven Prozesse (d.h. der Antizipation) auf der einen und einer Unterstützung des vorausschauenden Fahrens auf der anderen Seite zu unterscheiden ist.



# 1 ZIELSETZUNG DER ARBEIT

Es ist eine Tatsache, dass Verkehrsunfälle zu Sachschäden sowie mitunter auch zu schweren oder gar tödlichen Verletzungen der beteiligten Personen führen. Trotz der vielfachen technischen Innovationen, mit deren Hilfe kritische Situationen identifiziert werden können und die den Fahrer entsprechend warnen bzw. mittels Assistenzkonzepten mögliche Folgen abschwächen, ereigneten sich im Jahr 2010 in Deutschland immer noch mehr als 2.4 Millionen polizeilich erfasste Unfälle im Straßenverkehr; Auf 100.000 Einwohner kamen 458 Verletzte sowie 4.5 Tote. Die Ursachen für Unfälle mit Personenschaden lagen dabei laut Polizeiangaben zu 84% im Fehlverhalten der Fahrzeugführer begründet (Statistisches Bundesamt, 2010).

Aus diesem Blickwinkel heraus ist es verständlich, warum der Schwerpunkt verkehrspsychologischer Forschungen jahrzehntelang auf der Identifikation von internalen (d.h. im Fahrer lokalisierten) Unfallursachen lag. Allerdings hat sich das Kriterium der bloßen Unfallfreiheit in vielerlei Hinsicht als unzureichend für die Messung der Fahrleistung erwiesen – ja sogar als ungenügend für die Definition von Verkehrssicherheit. Gründe dafür sind u.a. die extreme Seltenheit von Verkehrsunfällen, ihre Multikausalität sowie die Unzuverlässigkeit der Datenaufzeichnungen (vgl. Klebelsberg, 1982).

Als Alternative zur dichotomen Einteilung in die Kategorien „Unfall“ versus „sicheres Fahren“ schlägt Klebelsberg (1982) eine kontinuierliche Auffassung der Fahrleistung vor, in der „Fahrfehler“, „Konflikte“ sowie „Beinahe-Unfälle“ als Zwischenstufen gewertet werden. Dieser Ansicht ist auch Reichart (2001), der Fehlern / Konflikten dieselben Ursachen zuschreibt wie Kollisionen und im Fall eines Unfalls grundsätzlich von vorausgegangenen Fehlern / Konflikten ausgeht.

Allerdings sind kritische Situationen in der Realität immer noch vergleichsweise selten, so dass dieses Kriterium zur Messung der Fahrleistung fast genauso problematisch ist wie das der Unfallfreiheit. Vielversprechender erscheint demgegenüber die Erfassung von Fahrfehlern. Hierbei gibt es jedoch einen großen Interpretationsspielraum: Hat der Fahrer bereits einen Fehler begangen, wenn er den geforderten Mindestabstand „halber Tacho“ über einen Zeitraum von einigen wenigen Sekunden geringfügig unterschreitet? Oder, wenn sein Tempo bei Einfahrt in eine geschlossene Ortschaft 5 km/h über der erlaubten Höchstgeschwindigkeit liegt? Sind diese „Fehler“ genauso, höher oder niedriger zu gewichten wie z.B. ein Nichtanzeigen der Fahrtrichtung oder ein fehlender Schulterblick beim Spurwechsel?

Aufgrund der o.g. Defizite bisheriger Ansätze wurde in der vorliegenden Arbeit eine alternative Herangehensweise zur Identifikation bzw. Evaluation der Fahrkompetenz

gewählt. Statt der Erfassung von Fehlern steht das Konzept des „vorausschauenden Handelns“ sowie der „Antizipationskompetenz“ im Fokus der Untersuchungen.

Diese Fähigkeiten sind laut dem „Drei-Ebenen-Modell“ von Michon (1985) der sogenannten taktischen Ebene zuzuordnen, welche sich in der Mitte der dreistufigen hierarchischen Problemlöseaufgabe „Autofahren“ befindet – unterhalb der strategischen Ebene (Entscheiden für Ziel und Fahrroute) und oberhalb der Stabilisierungsebene (einfache Reiz-Reaktions-Verbindungen, um das Fahrzeug mittels kontinuierlicher Betätigung von Lenkrad, Gas- und Bremspedal kollisionsfrei auf der Straße zu halten).

Auf der mittleren, taktischen Ebene erfolgt laut Michon (1985) die kontinuierliche Feinanpassung der auszuführenden Handlungen an die Gegebenheiten des unmittelbar vorausliegenden, in den nächsten Sekunden zu passierenden Streckenabschnitts (Straßenverlauf, andere Verkehrsteilnehmer, Verkehrszeichen etc.). Dazu ist die frühzeitige Wahrnehmung und Interpretation relevanter Hinweisreize vonnöten sowie die darauf aufbauende Formulierung einer entsprechenden Antizipation.

Obwohl die Anforderungen auf jeder der drei Ebenen zu einer unmittelbaren Beeinträchtigung der Fahrleistung führen können (Michon, 1985), sind laut einer Analyse von Reichart (2001) vor allem Versäumnisse auf der taktischen Ebene für die Entstehung von Konflikten und Unfällen verantwortlich. Im Gegensatz zu Handlungen auf der Stabilisierungsebene fehlt hier nämlich die unmittelbare Rückmeldung (negative / positive Konsequenzen), weshalb sich defizitäre Verhaltensweisen unbemerkt über einen längeren Zeitraum manifestieren können.

Der wesentliche Nutzen einer frühzeitigen Antizipation ist in einer erheblichen Verringerung des angesichts veränderter Umweltbedingungen erlebten Handlungsdrucks zu sehen (Ungerer, 1994, zitiert nach Schweigert, 2003; Rauch, 2009): der Fahrer hat mehr Zeit zur Verfügung, um (z.B. durch Verlangsamung) günstige Vorbedingungen für die Bewältigung einer potenziell kritischen Situation zu schaffen (Braess & Donges, 2006). Dadurch sinkt die erlebte Beanspruchung und das Komfortempfinden steigt (Tanida & Pöppel, 2006). Zudem verringert sich die Wahrscheinlichkeit von Fehlhandlungen, was sich wiederum in Form einer gesteigerten Verkehrssicherheit bemerkbar machen dürfte (Ungerer, 1994, zitiert nach Schweigert, 2003). Langfristig sind darüber hinaus eine Erhöhung des Verkehrsflusses (Nöcker, Mezger & Kerner, 2005), eine Verbesserung der Energieeffizienz sowie eine Verminderung der Schadstoff- und CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erwarten (Neunzig & Benmimoun, 2002).

Damit möglichst viele Personen in vollem Umfang von den o.g. Vorteilen antizipationsgelenkten Fahrverhaltens profitieren können, ist die Entwicklung eines entsprechenden Informationssystems zu erwägen, das den Fahrer bei der Antizipation sowie den ggf.

darauf aufbauenden Entscheidungen hilft. Bevor dies geschehen kann, muss jedoch zunächst der Unterstützungsbedarf eruiert werden:

- Wann entlang der Zeitachse erfolgt im Durchschnitt die sensorische Wahrnehmung der antizipationsrelevanten Stimuli, wann die Antizipation selbst und wann beginnt der Fahrer entsprechend zu handeln? Wie groß ist im Allgemeinen die Lücke zwischen Antizipation und Handlung?
- Gibt es situative Einflüsse auf frühzeitige Antizipation und/oder vorausschauendes Handeln? Lassen sich Verkehrssituationen identifizieren, in denen dies den Fahrern im Allgemeinen besonders schwerer bzw. leicht fällt?
- Wie groß sind die interindividuellen Unterschiede bei Antizipationsleistung und vorausschauender Handlung? Worauf können diese Unterschiede zurückgeführt werden?

Die Beantwortung dieser Fragen ist Gegenstand der vorliegenden Dissertation. Dafür wurde zunächst – aufbauend auf bisherigen Forschungen – ein Methodeninventar entwickelt, das geeignet ist zur Identifikation antizipationsrelevanter Reize in der Fahrumwelt sowie zur Erfassung von Antizipationsleistung und vorausschauendem Fahrverhalten. Der Weg dorthin ist im theoretischen Teil dieser Arbeit beschrieben.

In Kapitel 2 (Seite 6 ff.) wird anhand verschiedener theoretischer Modelle (u.a. dem Informationsverarbeitungsmodell von Wickens, 1992) der Zusammenhang zwischen Antizipation und Handlung dargelegt.

Kapitel 3 (Seite 9 ff.) befasst sich mit den für das Fahren relevanten Aspekten der visuellen Wahrnehmung und Informationsverarbeitung, welche die Grundlage für eine nachfolgende Antizipation schaffen. Insbesondere wird dargelegt, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit antizipationsrelevante Merkmale sensorisch aufgenommen und verarbeitet werden können.

In Kapitel 4 (Seite 26 ff.) wird erklärt, was genau der Fahrer antizipiert, warum und wie er dies tut und wie weit seine Antizipation in die Zukunft reichen kann. Außerdem erfolgt eine Abgrenzung zu verwandten Begriffen wie „Erwartungen“, „mentale Modelle“, „Schemata“ und „Situationsbewusstsein“. Abschließend werden Methoden vorgestellt, mit denen sich Antizipation im Straßenverkehr und vorausschauendes Fahren messen lassen und deren jeweilige Vor- und Nachteile diskutiert. Dabei wird auch auf Methoden zur Extraktion antizipationsrelevanter Stimuli eingegangen.

In Kapitel 5 (Seite 70 ff.) werden motivationale Faktoren genannt, die vermutlich einen Einfluss darauf haben wie viel Zeit zwischen dem Wissen des Fahrers um eine baldig notwendige Verhaltensänderung und der tatsächlichen Umsetzung vergeht.

Kapitel 6 (Seite 76 ff.) wiederum setzt sich mit der Möglichkeit interindividueller Einflüsse auf Wahrnehmungs- und Antizipationsleistung sowie vorausschauendes Fahren auseinander. Hierbei werden insbesondere die Faktoren Fahrerfahrung/Fahrpraxis, Demographie (Alter, Geschlecht), kognitive und visuelle Fähigkeiten sowie Persönlichkeitseigenschaften ins Feld geführt.

Im darauffolgenden empirischen Teil dieser Dissertation werden die Ergebnisse einer Reihe von experimentellen Untersuchungen erläutert und diskutiert, die unter Verwendung des zuvor beschriebenen Methodeninventars durchgeführt wurden.

In Kapitel 7 (Seite 89 ff.) geht es um Untersuchung I, die vorrangig der Gewinnung eines schnellen und umfassenden Überblicks über die Antizipationsleistungen von Fahrern in unterschiedlichen Verkehrssituationen sowie den jeweils verwendeten antizipationsrelevanten Merkmalen diene.

In Kapitel 8 (Seite 111 ff.) wird dargelegt, wie die in Untersuchung I identifizierten Stimuli im Rahmen von Untersuchung II von den Fahrern gruppiert und hinsichtlich der Relevanz für die Antizipation bewertet wurden.

Die in Kapitel 9 (Seite 132 ff.) vorgestellte Untersuchung III dreht sich um das Ausmaß interindividueller Unterschiede bei Wahrnehmung und Antizipationsleistung. Außerdem geht es um das Erklärungspotenzial der Faktoren Geschlecht, Alter, Fahrpraxis sowie Feldunabhängigkeit und Interferenzneigung (welche die individuellen visuellen Wahrnehmungsleistungen im Sinne von Dispositionen moderieren).

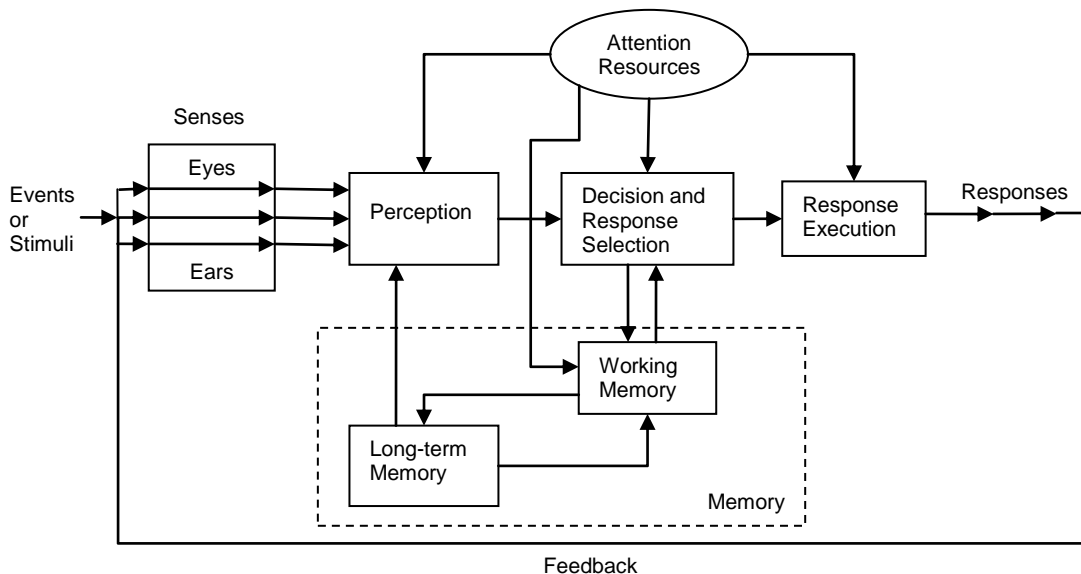
Kapitel 10 (Seite 164 ff.) beschreibt die Ergebnisse von Untersuchung IV und V, in denen geeignete Operationalisierungen zentraler Leistungsattribute von Wahrnehmung, Antizipation, Entscheidung und Handlung im zeitlichen Verlauf gemessen wurden, so dass sich situationsspezifische Aussagen hinsichtlich Zeitpunkt und Dauer der jeweiligen Informationsverarbeitungsstufen treffen lassen. Zudem wird auf das situationsübergreifende Ausmaß interindividueller Unterschiede – insbesondere auch im Hinblick auf die Handlung, d.h. das vorausschauende Fahren – eingegangen und der Einfluss der bereits in Untersuchung III betrachteten Faktoren (Geschlecht, Alter, Fahrpraxis, Feldunabhängigkeit und Interferenzneigung) auf Wahrnehmungs-, Antizipations- und Entscheidungsleistung sowie vorausschauendes Fahren präsentiert.

In Kapitel 11 (Seite 232 ff.) werden die in den vorgestellten Untersuchungen verwendeten Methoden und erzielten Ergebnisse abschließend in einen größeren Zusammenhang gebracht und diskutiert.

# **I THEORETISCHER TEIL**

## 2 DER ZUSAMMENHANG ZWISCHEN ANTIZIPATION UND HANDLUNG

Nach dem **Informationsverarbeitungsmodell von Wickens** (1992, 2000; Wickens & Carswell, 2006) gibt es eine Reihe von Informationsverarbeitungsstufen, die zwischen den Reizen in der Umwelt und der ausgeführten Handlung des Fahrers vermitteln: Auf Grundlage der sensorischen Verarbeitung der Stimuli (Signalerkennung) erfolgt demnach deren Wahrnehmung (Mustererkennung). Daran schließt sich die Entscheidung an, ob und ggf. wie der Fahrer auf die wahrgenommenen Stimuli reagieren möchte. Die Entscheidung wirkt sich dann wiederum auf den letzten Schritt – die Handlungsausführung – aus, deren Resultate schließlich an die Sinnesorgane des Fahrers rückgekoppelt werden und so ggf. eine weitere Anpassung ermöglichen. Wahrnehmung und Entscheidung werden laut Wickens darüber hinaus aber auch von Gedächtnis- und Aufmerksamkeitsprozessen beeinflusst – wobei letztere zudem auf die Handlungsausführung einwirken. Eine Übersicht des Modells ist in Abbildung 2-1 dargestellt.

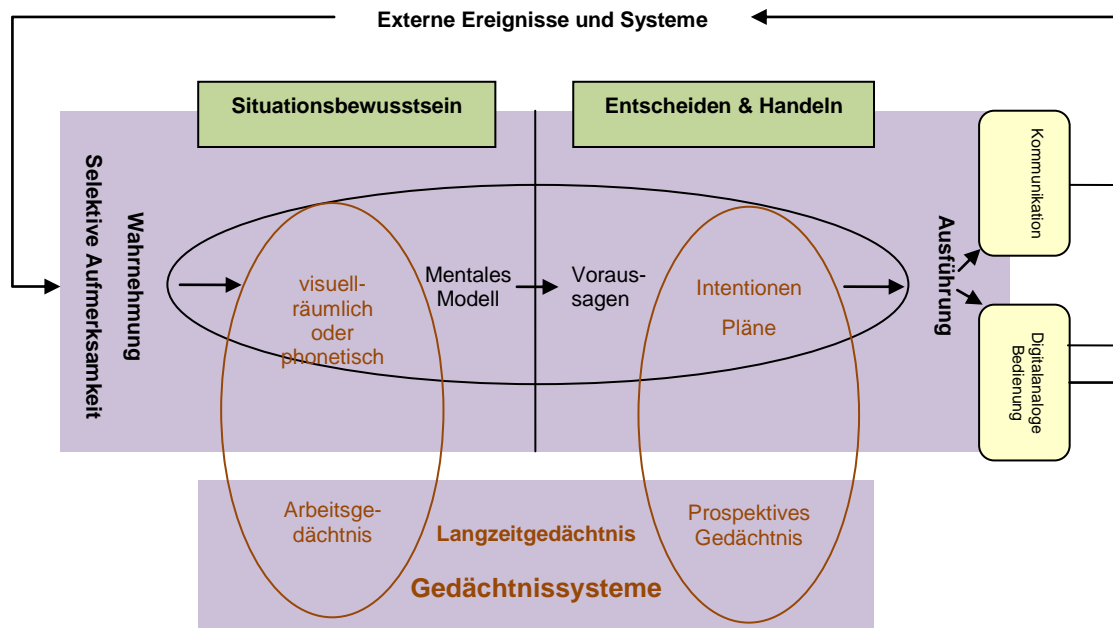


**Abbildung 2-1** Das Vier-Stufen-Modell der Informationsverarbeitung nach Wickens und Carswell (2006)

Zwar wird in Wickens' Modell nicht explizit auf die Antizipation des Fahrers eingegangen, eine weitere seiner Publikationen (Wickens, 1996) spricht aber dafür, dass er Antizipationsprozesse unter dem Oberbegriff „Wahrnehmung“ eingeordnet sieht.

Zimmer (2002) hingegen trennt in seinem **Interaktionsmodell mentaler Prozesse** zwischen dem durch Wahrnehmung und selektive Aufmerksamkeit gewonnenen mentalen Modell des Fahrers auf der einen Seite und den darauf aufbauenden Antizipationen, Intentionen und Plänen auf der anderen Seite. Ersteres wird unter „Situationsbe-

wusstsein“ zusammengefasst, letzteres unter „Entscheiden und Handeln“. Im Gegensatz zu Wickens wird hier die Antizipation also eher als Teil der Entscheidung als der Wahrnehmung angesehen (vgl. Abbildung 2-2).



**Abbildung 2-2** Modell der Interaktion mentaler Prozesse bei Regelungs-, Führungs- und Planungsaufgaben nach Zimmer (2002)

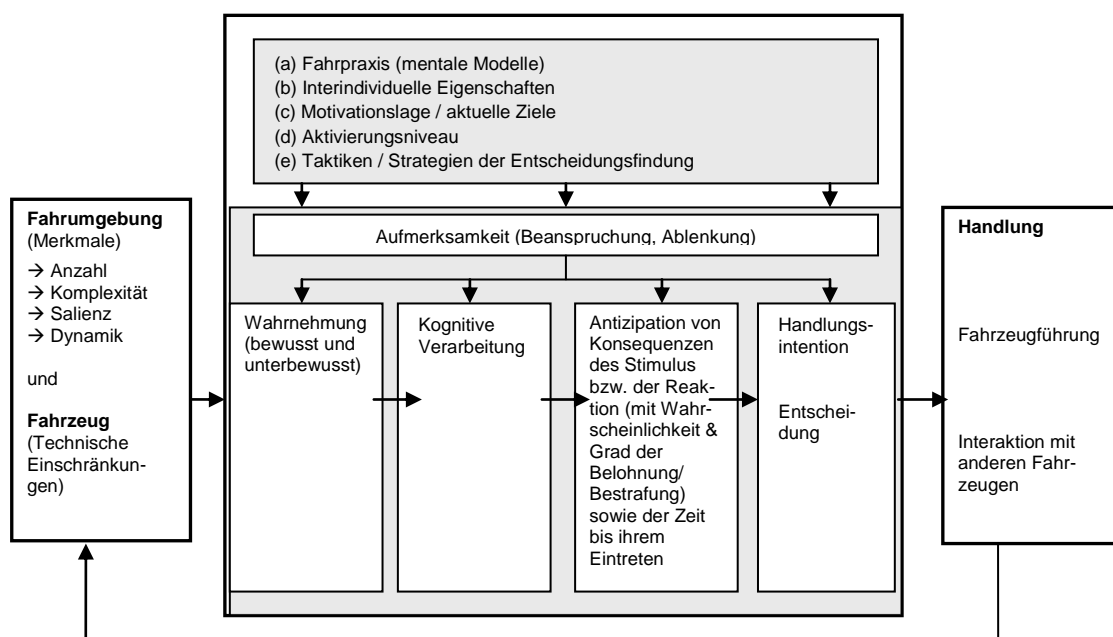
Demgegenüber fasst **Endsley** (1988; 1995b; 2000b) die Antizipation als eigenständige Stufe der Informationsverarbeitung auf, die nach der „Wahrnehmung der Situationsmerkmale“ sowie dem „Verstehen ihrer Bedeutung“ als dritter Schritt erfolgt und so im Idealfall das Situationsbewusstsein des Fahrers vervollständigt. Erst im Anschluss daran, so Endsley, erfolgen die Stufen „Entscheidung“ sowie die letztendliche Handlungsausführung (vgl. Ausführungen zu Endsleys Modell des Situationsbewusstseins in Kapitel 4.5, S. 37 ff.).

Im Folgenden wird in Anlehnung an die o.g. Modelle von Wickens, Zimmer und Endsley von vier aufeinander aufbauenden Stufen der Informationsverarbeitung ausgegangen, welche zwischen den Reizen in der Umwelt und der resultierenden, mehr oder weniger vorausschauenden Handlung des Fahrers vermitteln:

- (1) Sensorische Wahrnehmung der relevanten Stimuli,
- (2) Kognitive Verarbeitung,
- (3) Antizipation der bevorstehenden Situationsentwicklung und
- (4) Handlungsintention / Entscheidung.

Des Weiteren existieren, wie in Abbildung 2-3 dargestellt, eine ganze Reihe zusätzlicher Faktoren, die vermutlich mitbestimmen, wie gut der Fahrer antizipiert und wie vo-

rausschauend er handelt. Zum einen gibt es externe Einflussfaktoren wie z.B. Anzahl, Komplexität und Dynamik der relevanten Merkmale in der Fahrumgebung sowie technische Einschränkungen durch das benutzte Fahrzeug. Parallel werden aber wohl auch viele interne (d.h. im Fahrer lokalisierte) Größen wirksam. Diese können situativ sein (z.B. Müdigkeit, Ablenkung) und überdauernd. Zu letzteren gehören vorrangig die Fahrpraxis (incl. der damit einhergehenden Taktiken und Strategien der Entscheidungsfindung in Verkehrssituationen) sowie Dispositionen des Fahrers (z.B. Feldabhängigkeit). Weitere – im Rahmen dieser Dissertation nicht weiter untersuchte – eventuell relevante Merkmale sind die aktuelle Motivationslage, das Aktivierungsniveau, Taktiken und Strategien der Entscheidungsfindung sowie Aggressivität.



**Abbildung 2-3** Einflussfaktoren auf Antizipation und vorausschauendes Fahren (Sommer, Dahmen-Zimmer & Zimmer, 2010)

Das Zusammenwirken internaler und externaler Faktoren bei Antizipation und vorausschauendem Fahren ergibt sich daraus, dass die externalen Informationen aufgenommen, verarbeitet, bewertet und in handlungsrelevante Entscheidungen umgesetzt werden müssen. Diese Abfolge kann durch mangelnde Aufmerksamkeit des Fahrers (aufgrund von Beanspruchung oder Ablenkung) auf jeder Verarbeitungsstufe gestört oder gar unterbrochen werden.

Wenig vorausschauendes Handeln kann folglich viele Gründe haben. Um herauszufinden wofür besonders viel Zeit beansprucht wird, müssen deshalb zunächst alle Stufen der Informationsverarbeitung auf der Zeitachse analysiert werden. Im nächsten Schritt kann dann nach den jeweiligen Ursachen gefahndet werden, um so letztlich die Grundlage für eine möglichst effektive und effiziente Unterstützung des Fahrers zu schaffen.



### **3 VISUELLE WAHRNEHMUNG UND INFORMATIONSVERRARBEITUNG**

Die sensorische Informationsaufnahme ist eine unerlässliche Voraussetzung, damit antizipatorisches Handeln erfolgen kann. Bei verspäteter oder fehlerhafter Wahrnehmung (z.B. Fehleinschätzung einer Kurvenkrümmung, Übersehen eines Fußgängers) besteht keine Kompensationsmöglichkeit auf einer höheren Ebene und eine Anpassungsreaktion kann in der Folge entweder gar nicht oder zumindest nicht rechtzeitig ausgelöst werden (Burg & Moser, 2009). Im Folgenden wird nur auf die visuelle Wahrnehmung eingegangen, da dieser Sinneskanal beim Fahren eine wesentlich größere Bedeutung als die anderen Modalitäten besitzt (Gibson & Crooks, 1938).

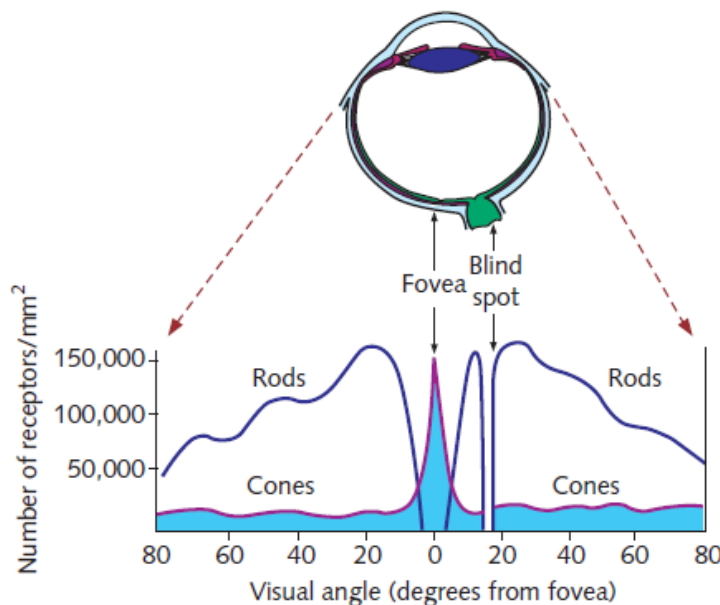
#### **3.1 Für das Fahren relevante Eigenschaften und Grenzen der visuellen Wahrnehmung**

Um die visuellen Wahrnehmungsgrenzen des Fahrers bestimmen zu können, sollte man zunächst den physiologischen Aufbau des menschlichen Auges betrachten. Wie u.a. bei Goldstein (2007) sowie bei Snowden und Kollegen (2006) beschrieben, gibt es zwei Arten von visuellen Rezeptoren: Stäbchen und Zapfen. Erstere sind hochempfindlich und reagieren bereits auf deutlich geringere Lichtintensitäten als die Zapfen. Allerdings sind sie nicht farbempfindlich und liefern keine besonders guten Schärfeinformationen. Für diese beiden Aspekte sind die Zapfen verantwortlich.

In einem kleinen Bereich der Netzhaut, der Fovea Centralis, befinden sich ausschließlich Zapfen. Hier ist die Sehschärfe am größten. In der Peripherie, d.h. der „restlichen“ Netzhaut außerhalb der Fovea, sind sowohl Stäbchen als auch Zapfen zu finden, wobei jedoch die Stäbchen bei weitem in der Überzahl sind. Gleichzeitig ist mit zunehmender Entfernung von der Fovea eine Abnahme der Stäbchendichte zu verzeichnen: während sich die größte Dichte der Stäbchen in einer Entfernung von etwa 12 bis 15 Grad von der Fovea befindet, sind es bei einem visuellen Winkel von 80 Grad nur noch etwa ein Viertel so viele (vgl. Abbildung 3-1).

Dieser Aufbau hat auch Auswirkungen auf die Wahrnehmung. Rantanen und Goldberg (1999) unterscheiden zwischen dem Gesichtsfeld (= Visual Field) im Allgemeinen und dem nutzbaren Gesichtsfeld (= „Useful / Functional Field of View“, UFOV) im Speziellen. Ersteres meint jenen Bereich, in dem ein Testzeichen beim Blick auf einen Fixationsreiz – ohne Kopf- oder Augenbewegungen – entdeckt werden kann; Letzteres umfasst darüber hinaus auch die Objektidentifikation ,d.h. das Wiederkennen bzw. Un-

terscheiden der dargebotenen Stimuli. Peripheres Sehen ermöglicht das Scannen eines großen Bereichs und kann als eine Art „Warnsystem“ angesehen werden, um potenziell wichtige Objekte mittels schneller Augenbewegungen (= Sakkaden) in den fovealen Sichtbereich zu bringen, wo sie identifiziert und bewertet werden können (Ball & Owsley, 1993). Diese „Warnungen“ werden i.d.R. über Bewegungen vermittelt, da diese auch peripher gut wahrgenommen werden können, wohingegen das für die Wahrnehmung statischer Objekte bedeutsame Auflösungsvermögen in der Peripherie sehr stark eingeschränkt ist (Burg & Moser, 2009).



**Abbildung 3-1** Retinale Verteilung der Stäbchen und Zapfen (Snowden et al., 2006, S. 33)

Das (monokulare) Gesichtsfeld hat laut Rantanen und Goldberg (1999) eine annähernd elliptische Form und erstreckt sich vom Fixationspunkt aus ungefähr 60 Grad nach oben und innen (zur Nase hin), 70-75 Grad nach unten und 100-110 Grad nach außen. Die exakten Ausmaße hängen dabei v.a. von den Eigenschaften des betrachteten Reizes ab (z.B. Größe, Farbe, Kontrast, Bewegung, Leuchtdichte), unterliegen aber auch den anatomischen Gegebenheiten des Betrachters sowie weiteren Einflussfaktoren wie zum Beispiel dem Alter des Betrachters (Ball & Owsley, 1993). Laut Sanders (1970) sind jedoch bereits ab einem visuellen Winkel von ungefähr 20-30 Grad ergänzende Augenbewegungen vonnöten, um eine erhebliche Abnahme der Wahrnehmungsleistung zu verhindern.

Das nutzbare Gesichtsfeld hingegen ist deutlich kleiner: Es beinhaltet lediglich einen Bereich von ca. 2 bis 4 Grad um den Fixationspunkt (Rantanen & Goldberg, 1999). Allerdings gibt es auch hier verschiedene Einflussfaktoren auf die genaue Ausdeh-

nung, wie beispielsweise die foveale kognitive Beanspruchung des Betrachters (Williams, 1995a, 1995b).

Die Bedeutung der Größe des Gesichtsfelds für das Autofahren lässt sich gut an den vergleichsweise hohen Zusammenhängen mit Fahrleistungsmaßen im Simulator (u.a. Spurabweichungen, Missachten der Vorfahrt, Geschwindigkeitsüberschreitungen) (Hoffman et al., 2005), mit den Einstufungen von Fahrlehrern bzgl. der Fahrleistung (Myers et al., 2000) sowie mit Unfällen innerhalb der vergangenen 5 Jahre (Owsley et al., 1991; Ball et al., 1993) ablesen.

Befindet sich das interessierende Objekt im Bereich der fovealen Wahrnehmung, so dauert es je nach Entfernungsunterschied zum zuvor fixierten Objekt ggf. noch einige Zeit, bis die volle Sehschärfe erreicht wird. Beispielsweise benötigt die Akkommodation des Auges von Ferneinstellung auf eine Entfernung von 50 cm (z.B. bei einem Blick auf Anzeigen im Fahrzeuginneren) ca. 0.5 bis 0.7 sec (Burg & Moser, 2009).

Des Weiteren gibt es entfernungsabhängige Einschränkungen bzgl. des möglichen Auflösungsgrads. Ein normalsichtiger Fahrer besitzt ein Auflösungsvermögen von einer Winkelminute, d.h. er kann z.B. zwei Punkte, die sich innerhalb einer Winkelminute befinden, nicht mehr getrennt voneinander wahrnehmen (Burg & Moser, 2009). Ein Objekt mit einem Durchmesser von 10 cm kann folglich bis zu einer Entfernung von ungefähr 300 m noch gesehen werden. Dies gilt allerdings nur unter optimalen Sichtbedingungen.

Während größere Objekte (Bebauung, Bepflanzung, Fahrzeuge, Beladung, Fahrzeugsäulen, Beifahrer etc.) durch physikalische Verdeckung die Wahrnehmung antizipationsrelevanter Reize komplett verhindern können (Yan & Radwan, 2007), können kleinere Verdeckungen zumindest das Auflösungsvermögen des Fahrers stark einschränken und so zu einer verspäteten Wahrnehmung wichtiger Stimuli beitragen. Dieses „physikalische Filtern“ (Rumar, 1985) kann z.B. aufgrund verschmutzter Fensterscheiben (Staubach, 2010) eintreten, aber auch durch Smog, starken Schneefall bzw. Regen (Fridstrøm et al., 1995) oder Nebel (Schlag & Richter, 2000) verursacht werden. Laut Schlag und Richter (2000) können die Möglichkeiten zur Informationsaufnahme unter extrem ungünstigen Sichtbedingungen auf bis zu einem Zehntel der normalen Tagessehschärfe sinken und durch Dämmerung bzw. Dunkelheit sogar noch weiter verschlechtert werden.

Geht man davon aus, dass der Fahrer bei mangelndem/fehlendem Tageslicht zumindest auf künstliche Lichtquellen zurückgreifen kann, so liegt die Leuchtdichte im Bereich des sogenannten Dämmerungssehens (= mesopisches Sehen). Hier sind sowohl Stäbchen als auch Zapfen je nach vorherrschender Leuchtdichte mehr oder weniger

aktiv. Dabei führt die höhere Lichtempfindlichkeit der Stäbchen für kürzere Wellenlängen in Kombination mit der Farbunterscheidung durch die Zäpfchen zu einer geänderten Farbwahrnehmung, bei der blaue Farbtöne heller erscheinen als tagsüber (= Purkinje-Effekt). Zudem kann aufgrund der o.g. Verteilung der Photorezeptoren von einer Verschlechterung der Sehschärfe ausgegangen werden: Diese beträgt je nach vorhandener Leuchtdichte etwa 50-10% der Tages-Sehschärfe (vgl. Lachenmayr et al., 1996 sowie Aulhorn, 1987; beide zitiert nach Reinisch, 2010). Eine zusätzliche Schwierigkeit entsteht darüber hinaus durch die geringere Kontrastsensitivität sowie durch die – je nach Ort und Ausrichtung der Lichtquellen – teilweise sehr unterschiedliche Ausleuchtung der Umweltreize (Reinisch, 2010).

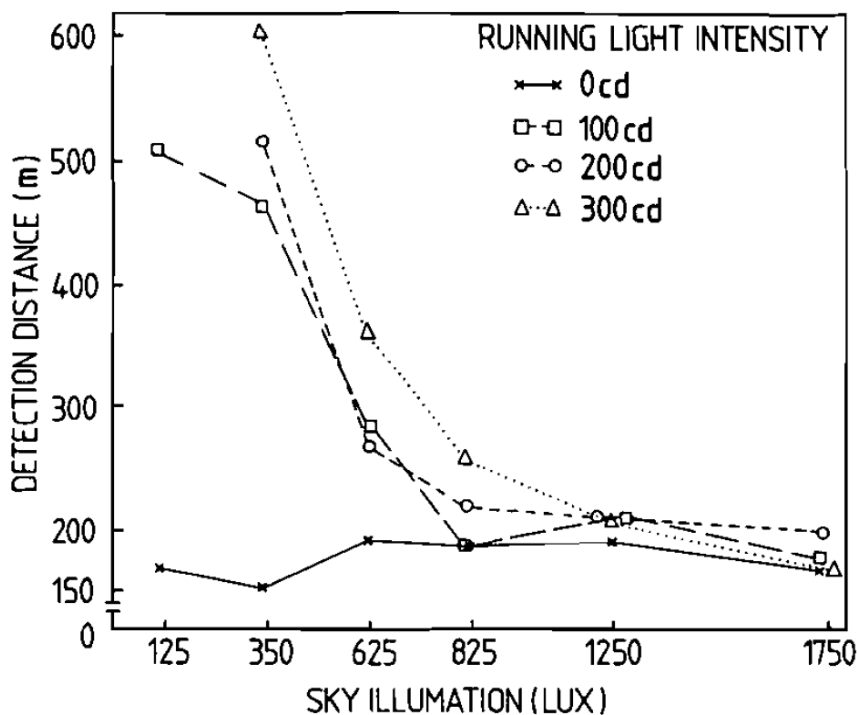
Die Bedeutung geringer Lichtverhältnisse auf das Autofahren zeigt sich an der erhöhten Unfallwahrscheinlichkeit während nächtlicher Fahrten – die auch dann bestehen bleibt, wenn man mögliche Störeinflüsse wie z.B. Müdigkeit oder Alkoholkonsum kontrolliert. Berechnungen der Odds Ratio zeigen ein 30% höheres Unfallrisiko während nächtlicher Stadtfahrten und ein 40% größeres Risiko bei nächtlichen Fahrten auf Landstraßen (Johansson, Wanvik & Elvik, 2009). Ein Vergleich beleuchteter vs. unbeleuchteter Landstraßen demonstriert darüber hinaus den positiven Effekt künstlicher Lichtquellen: während das Risiko für Unfälle mit Personenschaden auf unbeleuchteten Straßen nachts 145% größer ist als tagsüber, ist es auf beleuchteten Straßen nur 17% höher. Bei Unfällen mit Fußgängern gilt analog ein Risiko von 360% vs. 140% gegenüber Tagesfahrten (Wanvik, 2009).

Außerdem kann die Blendungsempfindlichkeit nachts eine wichtige Rolle bei der Wahrnehmung spielen. Um die Leistung zu optimieren, adaptiert das Auge stets auf die vorhandene Umgebungsleuchtdichte. Ist diese jedoch inhomogen, so kann eine helle Lichtquelle durch im Augeninneren erzeugtes Streulicht eine Art Schleier im Auge erzeugen. Das Auge adaptiert daraufhin auf ein Leuchtdichteniveau, das höher als die Umgebungsleuchtdichte ist. Dadurch wird der Bildkontrast des Objekts auf dem Netzhautbild herabgesetzt und somit dessen Wahrnehmung erheblich erschwert oder gar verhindert (Reinisch, 2010). Im Straßenverkehr kann es aus vielerlei Gründen zu einer Blendung kommen, beispielsweise durch Scheinwerfer entgegenkommender Fahrzeuge oder indirekt durch deren Reflexionen (z.B. bei nasser Fahrbahn). Unter Tags entstehend Blendungen des Fahrers vorrangig durch die Sonne (Rönsch-Hasselhorn, 2003; Brijs, Karlis & Wets, 2008).

Darüber hinaus kann es bei plötzlichen Änderungen der Umgebungsleuchtdichte zu adaptationsbedingten Wahrnehmungsproblemen kommen, da das Auge eine gewisse Zeit benötigt, um sich an die geänderten Lichtverhältnisse anzupassen (Goldstein, 2007). Währenddessen ist sowohl die Wahrnehmung von Kontrasten als auch die

Farbwahrnehmung deutlich eingeschränkt. Die volle Anpassung an eine erheblich geringere Leuchtdichte (z.B. beim Einfahren in einen Tunnel oder eine enge Gasse) dauert hierbei bis zu 30 min, die Adaptation an eine höhere Leuchtdichte (z.B. beim Wechsel von Abblendlicht auf Fernlicht) ist hingegen bereits nach etwa 1 min abgeschlossen.

Aus den o.g. Adaptationsproblemen darf man aber nicht schließen, dass die Verwendung von Fahrzeugscheinwerfern durch andere Verkehrsteilnehmer für den Fahrer nur von Nachteil ist. Sofern sie ihn nicht blenden, können sie seine Wahrnehmungsleistung sogar erheblich verbessern: Wie Untersuchungen von Rumar (1990) zeigen, erhöhen bereits sehr geringe Lichtintensitäten die Sichtbarkeit des betreffenden Fahrzeugs. Zudem erscheint ein Fahrzeug mit angeschaltetem Fahrlicht näher, seine Position auf der Straße wird leichter erkannt und auch die Unterscheidung, ob es steht oder sich bewegt fällt dem Betrachter leichter. Dies gilt insbesondere für geringe Umgebungshelligkeiten. Hier sind Fahrzeuge bereits bei einer Fahrlichtintensität von 100 cd in bis zu dreimal so großer Entfernung sichtbar als bei hellem Tageslicht (vgl. Abbildung 3-2).



**Abbildung 3-2** Entfernung (in m) entgegenkommender Fahrzeuge bei peripherer Entdeckung (20 Grad) in Abhängigkeit der Himmelshelligkeit (in Lux) und der Fahrlichtintensität (in Candela) (Rumar, 1990).

Die Fahrzeugfarbe scheint hingegen nur eine untergeordnete Rolle bei der Wahrnehmbarkeit zu spielen. Laut Rumar (1990) zeigen Laboruntersuchungen mit experimenteller Manipulation der Fahrzeugfarben, der Fahrlicht-Aktivierung sowie diverser

Hintergrundsituationen, dass die am besten sichtbare Fahrzeugfarbe vom Verkehrshintergrund abhängt. Allerdings reicht – abgesehen von den Hintergründen „Himmel“ und „Schnee“ – selbst die in der jeweiligen Situation optimale Fahrzeugfarbe bestenfalls an die Erkennungsgeschwindigkeit bei eingeschaltetem Fahrlicht heran.

Aber selbst wenn ein handlungsrelevantes Objekt alle o.g. Bedingungen für seine Sichtbarkeit erfüllt, kann es passieren, dass es trotzdem nicht wahrgenommen wird, da andere Objekte auffälliger sind (d.h. höhere Kontraste, Leuchtdichten etc. besitzen als der handlungsrelevante Stimulus) (Lachenmayr, 1995, zitiert nach Reinisch, 2010). Dies hängt mit den begrenzten visuellen Informationsverarbeitungskapazitäten des Betrachters zusammen: Wie weiter oben bereits ausgeführt wurde, ist die Objektidentifikation nur bei fovealer Fixation möglich. Eine Vielzahl von Experimenten zeigt, dass eine Fixation – in Abhängigkeit von der Reizkomplexität sowie diverser anderer Faktoren – zwischen 100 ms und mehreren Sekunden dauert, wobei man im Mittel von etwa 330 ms ausgehen kann (Cavallo & Cohen, 2001; Schweigert, 2003; Diem, 2004). Umgerechnet bedeutet dies: Pro Sekunde kann der Fahrer lediglich ungefähr drei Objekte identifizieren. Wie viele Fixationen erforderlich sind um den Überblick zu bewahren, hängt von der vorliegenden Informationsdichte ab (Umweltgegebenheiten und Verkehrskonstellation) (Cohen, 1998). In hochkomplexer Umgebung und/oder bei hohen Fahrgeschwindigkeiten ist demnach damit zu rechnen, dass der Fahrer nicht mehr alle handlungsrelevanten Informationen wahrnehmen kann.

## 3.2 Raum- und Bewegungswahrnehmung

Derzeit gibt es keine allgemeingültige Theorie zur Erklärung der Raum- und Bewegungswahrnehmung, sondern es existieren verschiedene Theorien nebeneinander, die jeweils bestimmte Einzelphänomene erklären (Dück, 2001). Im Folgenden wird die Theorie der direkten Wahrnehmung von Gibson (1986) genauer beschrieben, da diese insbesondere auf die für das Autofahren bedeutsame Verzahnung von Wahrnehmung und aktiver Fortbewegung des Betrachters eingeht.

### 3.2.1 Gibsons Theorie der direkten Wahrnehmung

Der Ausgangspunkt von Gibsons Analyse ist die verfügbare Umgebungsinformation, die er als „**umgebende optische Anordnung**“ bezeichnet. Diese besteht laut Gibson (1986) aus einer Menge von (ausgestrahlten und reflektierten) Lichtstrahlen unterschiedlicher Intensität und Wellenlänge, welche in ihrer Gesamtheit ein Muster verschiedener Raumwinkel bilden. Das Aussehen des Musters hängt dabei vom Blick-

punkt des Betrachters ab; d.h. verändert dieser durch Eigenbewegung seine Position, so ändert sich damit auch die optische Anordnung der Reize.

Die Tiefeninformationen werden den Betrachter abgesehen von **Verdeckungen** weiter entfernter Objekte durch nähere Objekte v.a. durch den sogenannten **Texturgradienten** (= entfernungsabhängige Verdichtung der Oberflächenstruktur) sowie durch das bei Eigenbewegungen entstehende „**optische Fließen**“ der visuellen Anordnung vermittelt. Hierbei scheinen die Objekte ausgehend vom „Expansionspunkt“ (auf den sich der Betrachter zubewegt) auf den Betrachter zu- bzw. an diesem vorbei zu fließen. Lediglich im Expansionspunkt selbst findet keine Bewegung statt. Bei einer Rückwärtsbewegung des Betrachters fließt die optische Anordnung dagegen auf den Punkt zu, von dem sich der Betrachter entfernt. Analog dazu entsteht bei einer Bewegung des Kopfes ein Bewegungseindruck der Objekte in Gegenrichtung zur Kopfbewegung (Gibson, 1986).

Der Grund dafür, warum der Betrachter aus Veränderungen der Textur und der optischen Anordnung von Raumwinkeln Hinweise auf räumliche Anordnung und Bewegung gewinnen kann, besteht laut Gibson (1986) in der Existenz sogenannter Invarianten. Diese Umgebungsinformationen verändern sich nicht mit der Position bzw. Bewegung des Betrachters. Beispiele für solche invarianten Informationen sind die Relation zwischen Bodentextur und Gegenstandsgröße sowie das Teilungsverhältnis gleichgroßer Objekte durch den Horizont.

### 3.2.2 Wahrnehmung von Eigengeschwindigkeit und Zeitlücken

Es existieren eine Vielzahl von Untersuchungen, die zeigen, dass sich Verkehrsteilnehmer – zumindest partiell – am optischen Flussmuster orientieren, um Informationen über ihre Geschwindigkeit sowie ihre Fortbewegungsrichtung zu gewinnen und daran ihre weiteren Handlungen ausrichten (z.B. Riemersma, 1981; Wilkie & Wann, 2003a; Fajen, 2001; Speziell für Fußgängergeschwindigkeiten: Warren et al., 2001; Fajen & Warren, 2003; Warren, Morris & Kalish, 1988; Warren & Hannon, 1988, 1990; Warren et al., 1991). Außerdem hilft es offenbar auch bei der Vermeidung von Kollisionen, weil der Fahrer u.a. aus Flussfeldänderungen ersehen kann, ob sich ihm ein Objekt nähert und wann es (bei unveränderter Geschwindigkeit) mit ihm kollidiert (z.B. Bootsma & Craig, 2003; Berthelon et al., 1998).

Da im Expansionspunkt kein optisches Fließen stattfindet, lässt sich die Eigenbewegung anhand von Flussfeldveränderungen eher in der Peripherie als foveal wahrnehmen, d.h. der Textur des Straßenrands kommt eine besondere Bedeutung bei der Geschwindigkeitswahrnehmung zu (Brandt, Dichgans & Koenig, 1973). Je mehr Textur

die Verkehrsumwelt aufweist, desto höher ist die optische Flussgeschwindigkeit und desto höher ist folglich der Geschwindigkeitseindruck (Denton, 1980). Im Allgemeinen – insbesondere aber bei eingeschränkter peripherer Wahrnehmung (d.h. kleinerem Gesichtsfeld) – wird die eigene Fahrgeschwindigkeit allerdings häufiger unter- als überschätzt (Salvatore, 1968, zitiert nach Cavallo & Cohen, 2001; Conchillo et al., 2006).

Des Weiteren hat der Fahrer natürlich die Möglichkeit auf den Tachometer zu blicken und nutzt dies zur Bestimmung seiner aktuellen Geschwindigkeit (Schweigert, 2003), v.a. wenn die Situation nur eine bestimmte Maximalgeschwindigkeit zulässt (z.B. Tempolimit-Schild). Dies funktioniert aber nur im Hinblick auf die Eigengeschwindigkeit; bei der Wahrnehmung der Geschwindigkeit anderer Verkehrsteilnehmer ist der Fahrer auf sich allein gestellt.

Wie bereits Gibson und Crooks (1938) in ihrem Konzept des „field of safe travel“ beschrieben, versucht der Fahrer Kollisionen zu vermeiden, indem er bestimmte Sicherheitsabstände zu den umgebenden Objekten und Verkehrsteilnehmern einhält. Auf diese Weise bleibt ihm noch eine gewisse Zeitspanne, um bei einem drohenden Zusammenstoß rechtzeitig reagieren (i.d.R. bremsen oder ausweichen) zu können. Hierzu muss er abschätzen, bis wann er bei unveränderter Handlung das jeweilige Objekt bzw. den anderen Verkehrsteilnehmer erreichen würde. Diese Zeitlücke wird üblicherweise als TTC (= „Time-to-Collision“, „Time-to-Contact“) bezeichnet und lässt sich bei konstanter Annäherungsgeschwindigkeit folgendermaßen berechnen:

$$TTC = \frac{d(t)}{v_i(t) - v_{i-1}(t)} = \frac{\text{Objektentfernung}}{\text{Annäherungsgeschwindigkeit}}$$

Welche visuellen Informationen für die Wahrnehmung der TTC benötigt werden, ist in der Literatur umstritten: Nach dem umweltpsychologischen Ansatz von Gibson (1986) kann die TTC direkt aus dem optischen Flussmuster „abgelesen“ werden. Lee (1976, 1980) hat anhand von mathematischen Berechnungen gezeigt, dass man die TTC anhand der Ausdehnungsgeschwindigkeit des retinalen Abbilds des betreffenden Objekts bestimmen kann. Diese Variable bezeichnet er mit „tau“.

$$\begin{aligned} \tau(t) &= \frac{1}{\text{Ausdehnungsgeschwindigkeit des retinalen Abbilds des Hindernisses}} \\ &= \frac{\text{Winkelabstand von zwei beliebigen Bildpunkten des Hindernisses}}{\text{Abstandsänderungsgeschwindigkeit der Bildpunkte}} \\ &= \frac{\theta}{\left(\frac{d\theta}{dt}\right)} \end{aligned}$$



Der große Vorteil dieser Annahme ist ihre Einfachheit und Sparsamkeit, da hier die TTC direkt aus dem zweidimensionalen retinalen Abbild gewonnen werden kann – ohne die getrennte Abschätzung und anschließende Verrechnung der dreidimensionalen Parameter „Geschwindigkeit“, „Objektgröße“ und „Entfernung“ (Cavallo & Cohen, 2001). Dass es tatsächlich funktioniert, die TTC allein anhand der o.g. Information zu schätzen, wurde in mehreren Experimenten gezeigt (Todd, 1981; Kaiser & Mowafy, 1993). Laut Hoffmann und Mortimer (1994) muss die Winkelgeschwindigkeit jedoch oberhalb eines Schwellenwerts von ca. 0.003 rad/s liegen, damit der Betrachter die TTC sinnvoll schätzen kann.

Allerdings ist  $\tau$  offensichtlich nicht der einzige Wahrnehmungsparameter, den Menschen zur Bestimmung der TTC nutzen. Auf welche visuellen Informationen der Betrachter tatsächlich zurückgreift, hängt hierbei sowohl von der Situation als auch von der Aufgabe ab. Diskutierte Variablen sind u.a. eine Kombination aus monokularen und binokularen Hinweisreizen (z.B. Gray & Regan, 1998) sowie die wahrgenommene Lücke und wahrgenommene Geschwindigkeit zweier Objekte (Bootsma & Oudejans, 1993). Einen Überblick zu diesem Thema findet man bei Tresilian (1999a, 1999b).

Eine der bekanntesten Alternativen zur umweltpsychologischen Annahme der direkten Wahrnehmung der TTC ist, dass der Mensch Entfernung und Geschwindigkeiten getrennt voneinander schätzt und dann miteinander verrechnet. Stewart, Cudworth und Lishman (1993) schlagen basierend auf experimentellen Befunden vor, dass man lediglich bei TTC-Werten unterhalb von 1 sec von einer direkten Wahrnehmung der Zeitlücke ausgehen kann (z.B. beim Ballfangen), während sie im Übrigen von einer getrennten Schätzung von Entfernung und Geschwindigkeit ausgehen.

Für letzteres sprechen laut Cavallo und Cohen (2001) eine Reihe von Studien, die reale Fahrsituationen untersucht haben (z.B. Cavallo & Laurent, 1988; Groeger & Brown, 1988; Cavallo, Mestre & Berthelon, 1997; alle zitiert nach Cavallo & Cohen, 2001). Als weiteren Hinweis zählen sie die Tatsache, dass über die relative Objektgröße gewonnene Entfernungsinformationen sowohl zur passiven Beurteilung (DeLucia, 1991; Caird & Hancock, 1994) als auch zur aktiven Kollisionsvermeidung (DeLucia & Warren, 1994) genutzt werden und mitunter sogar die über  $\tau$  vermittelte (korrekte) Information überstimmen können. Ein Beispiel dafür ist nach Cavallo und Cohen (2001) der experimentelle Befund, dass die TTC zu kleinen Objekten (z.B. Fußgänger) i.d.R. überschätzt wird (Caird & Hancock, 1994; Stewart et al., 1993).

Der Normalfall scheint aber eher eine systematische Unterschätzung der TTC zu sein – und zwar in einer Größenordnung von etwa 20 bis 30%, wie eine Reihe von Experimenten zeigen (zusammengefasst u.a. in Caird & Hancock, 1994 sowie Cavallo & Co-

hen, 2001). Dies ist i.d.R. unproblematisch und stellt meist sogar einen zusätzlichen Sicherheitsgewinn dar, da somit de facto mehr Zeit zur Kollisionsvermeidung zur Verfügung steht als vom Fahrer angenommen wird.

Kritischer ist hingegen die bereits beschriebene Überschätzung der TTC zu kleineren Hindernissen, da sie i.d.R. mit kleineren gewählten Sicherheitslücken verbunden ist. Dasselbe gilt im Prinzip für die oft beobachtete Überschätzung der TTC beim Fahren in einer Umwelt mit wenigen Strukturmerkmalen (Cavallo, Mestre & Berthelon, 1997; zitiert nach Cavallo & Cohen, 2001) sowie bei höheren Eigen- und Fremdgeschwindigkeiten (z.B: McLeod & Ross, 1983; Hancock et al., 1991; Caird & Hancock, 1994). Aufgrund der oben genannten generellen Tendenz zur Unterschätzung der TTC sind diese Situationen allerdings i.d.R. nicht problematisch und führen anstelle einer tatsächlichen Überschätzung eher zu einer weniger starken Unterschätzung und damit zu einer realistischeren Einschätzung der TTC. Dazu passt auch das Resultat von Hoffmann und Mortimer (1994), dass vor allem die Schätzung von TTC- Werten über 10 s Schwierigkeiten bereitet, während der Fahrer niedrige TTC-Werte relativ genau beurteilen kann.

### **3.2.3 Wahrnehmung von Spurhaltung und Straßenkrümmung**

Analog zur TTC kann man – bei unveränderter Geschwindigkeit und Fahrtrichtung – auch die Zeitlücke bis zum Erreichen der linken bzw. rechten Fahrbahnbegrenzung errechnen. Dieses Maß wird mit TLC (= “Time-to-Line-Crossing”, “Time-to-Lane-Crossing”) bezeichnet. Die vorhandene Zeitlücke ist hierbei umso geringer, je schmaler die Fahrspur ist, je mehr der gewählte Lenkwinkel vom realen Straßenverlauf abweicht und je schneller sich der Fahrer auf der Straße fortbewegt.

Godthelp hat in einer Reihe von Experimenten gezeigt, dass die tatsächlich gemessenen minimalen TLC-Werte auf gerader Strecke allerdings beinahe unabhängig von der gefahrenen Geschwindigkeit sind, d.h. durch Lenkwinkelkorrekturen nahezu konstant gehalten werden (Godthelp, Milgram & Blaauw, 1984; Godthelp, 1988). Der Fahrer korrigiert seine Spurhaltung also nicht erst ab einer bestimmten Entfernung zum Fahrbahnrand – in diesem Fall müsste die TLC mit zunehmender Geschwindigkeit abnehmen, sondern er reagiert bei höheren Geschwindigkeiten schneller auf eine beginnende Spurabweichung als bei niedrigen Geschwindigkeiten. Die Tatsache, dass es dem Fahrer so gut gelingt die minimale TLC konstant zu halten, spricht gegen eine fortlaufende Neuberechnung dieses Maßes und für dessen direkte Wahrnehmbarkeit anhand des optischen Flussfelds (Gordon, 1966; Donges, 1975a, jeweils zitiert nach Schweigert, 2003) – ähnlich wie es in Bezug auf die TTC diskutiert wird (siehe Kapitel 3.2.2, S. 15 ff.).

Es finden sich Hinweise darauf, dass die Wahrnehmung der TLC auch beim Durchfahren von Kurven eine wichtige Rolle spielt: Durch eine Anpassung der Geschwindigkeit bleiben die minimalen TLC-Werte hierbei auf eines konstanten Niveau von etwa 2-3 s (Van Winsum & Godthelp, 1996). Ein engerer Kurvenradius wird demnach vom Fahrer durch eine Reduktion der Geschwindigkeit kompensiert. Allerdings sind optische Hinweisreize offenbar nicht die einzige Informationsquelle des Fahrers: Das Geschwindigkeitsverhalten der Probanden in den Experimenten von Reymond, Kemeny und Droulez (2001) lässt sich beispielsweise nicht allein mittels der TLC-Werte erklären, sondern ist vermutlich auch auf die vestibuläre und propriozeptive Wahrnehmung der in Kurven auftretenden Fliehkräfte zurückzuführen, die ein bestimmtes vom Fahrer akzeptiertes Limit nicht überschreiten sollen.

Das Kurvenfahren beschränkt sich aber nicht auf bloße Kompensationshandlungen des Fahrers, sondern erfordert auch antizipatives Agieren: Wie Reymond und Kollegen erklären, ist es nötig, dass „drivers anticipate and control their speed to avoid reaching the lateral grip limits of the car and losing control of its course“ (S. 484). Da im Vorfeld der Kurve natürlich noch keine Fliehkräfte auftreten, muss der Fahrer die für seine Antizipation benötigten Informationen allein aus visuellen Merkmalen gewinnen.

Hinweise darauf welche Stimuli in diesem Fall genutzt werden, liefern u.a. Land und Horwood (1995). Sie haben anhand von Verdeckungen verschiedener Straßenabschnitte im Fahrsimulator gezeigt, dass die alleinige Sichtbarkeit des unmittelbar vorausliegenden Streckenabschnitts lediglich unter sehr niedrigen Fahrgeschwindigkeiten (45 km/h) für das Durchfahren von Kurven ausreicht. Bei höheren Geschwindigkeiten (61 km/h, 71 km/h) ließ sich hingegen eine deutliche bessere Spurhaltung beobachten, wenn der Fahrer stattdessen das mittlere Straßensegment (ca. 5.5 Grad unterhalb des Horizonts, d.h. 11.4 m bzw. 0.68 s vor dem Fahrzeug bei einer Geschwindigkeit von 61 km/h) sehen konnte. Noch besser wurde die Leistung schließlich, wenn sowohl der Fernbereich (ca. 4 Grad unter dem Horizont; 15.7 m bzw. 0.93 s vor dem Fahrzeug bei 61 km/h) als auch der Nahbereich der Straße (ca. 7 Grad unter dem Horizont; 9 m bzw. 0.53 s vor dem Fahrzeug bei 61 km/h) zu sehen waren.

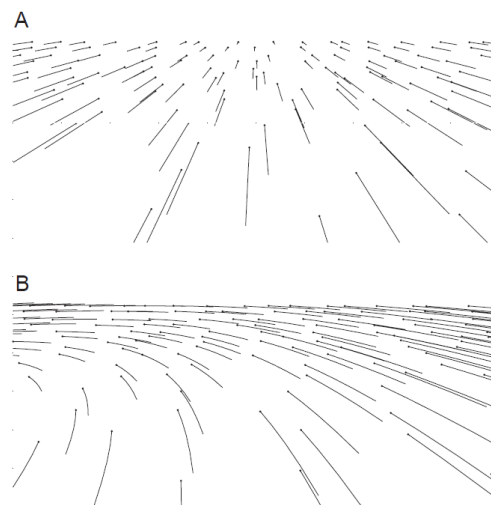
Die gewonnenen Fahrverhaltensdaten sprechen laut Land und Horwood (1995) dafür, dass der unmittelbar vorausliegende Streckenabschnitt Informationen bezüglich der aktuellen Position des Fahrzeugs innerhalb der Spur liefert (d.h. zu besserer Spurhaltung führt), während die weiter entfernte Region zur Schätzung der Straßenkrümmung benötigt wird (d.h. zu weniger Korrekturen des Lenkradeinschlags innerhalb der Kurve führt). Die Tatsache, dass bei mittleren bis hohen Geschwindigkeiten i.d.R. der ca. 1 s voraus liegende Fernbereich fixiert wird, während der Nahbereich lediglich peripher erfasst wird, erklären Land und Horwood (1995) damit, dass letzterer nur noch zur

Feinabstimmung der Spurführung benötigt wird – während die Straßenkrümmung kurz vor dem Befahren dieses Streckenabschnitts bereits bekannt ist.

Informationen über die Krümmung der vorausliegenden Kurve gewinnt der Fahrer offenbar vornehmlich aus dem Tangentenpunkt im Kurveninneren. Laut experimentellen Untersuchungen von Land und Lee (1994) wird dieser bereits 1-2 s vor Erreichen der Kurve fixiert und der Blick des Fahrers verweilt dort mit kleineren Abweichungen etwa 3 s lang. Dies wird von den Autoren als Abgleich der Tangentenrichtung mit der aktuellen Ausrichtung des Fahrzeugs interpretiert.

Die Tatsache, dass dem Fahrer ein einzelner kurzer Blick auf den Tangentenpunkt offenbar nicht ausreicht, lässt sich mit Problemen bei der korrekten ad hoc Einschätzung der Kurve erklären. So haben Fildes und Triggs (1985) anhand von psychophysikalischen Messungen gezeigt, dass Krümmungen i.d.R. unterschätzt werden und dass die Einschätzungen der Probanden wenig Bezug zu den tatsächlichen geometrischen Eigenschaften der Kurve haben: Generell orientierten sich die Probanden bei ihrer Schätzung der Krümmung vor allem am Beugungswinkel der Kurve und ignorierten dabei den Einfluss des Kurvenradius. Eine Verkleinerung des Kurvenradius führte paradoxerweise sogar zur Abnahme der wahrgenommenen Krümmung – tatsächlich ist aber das Gegenteil der Fall.

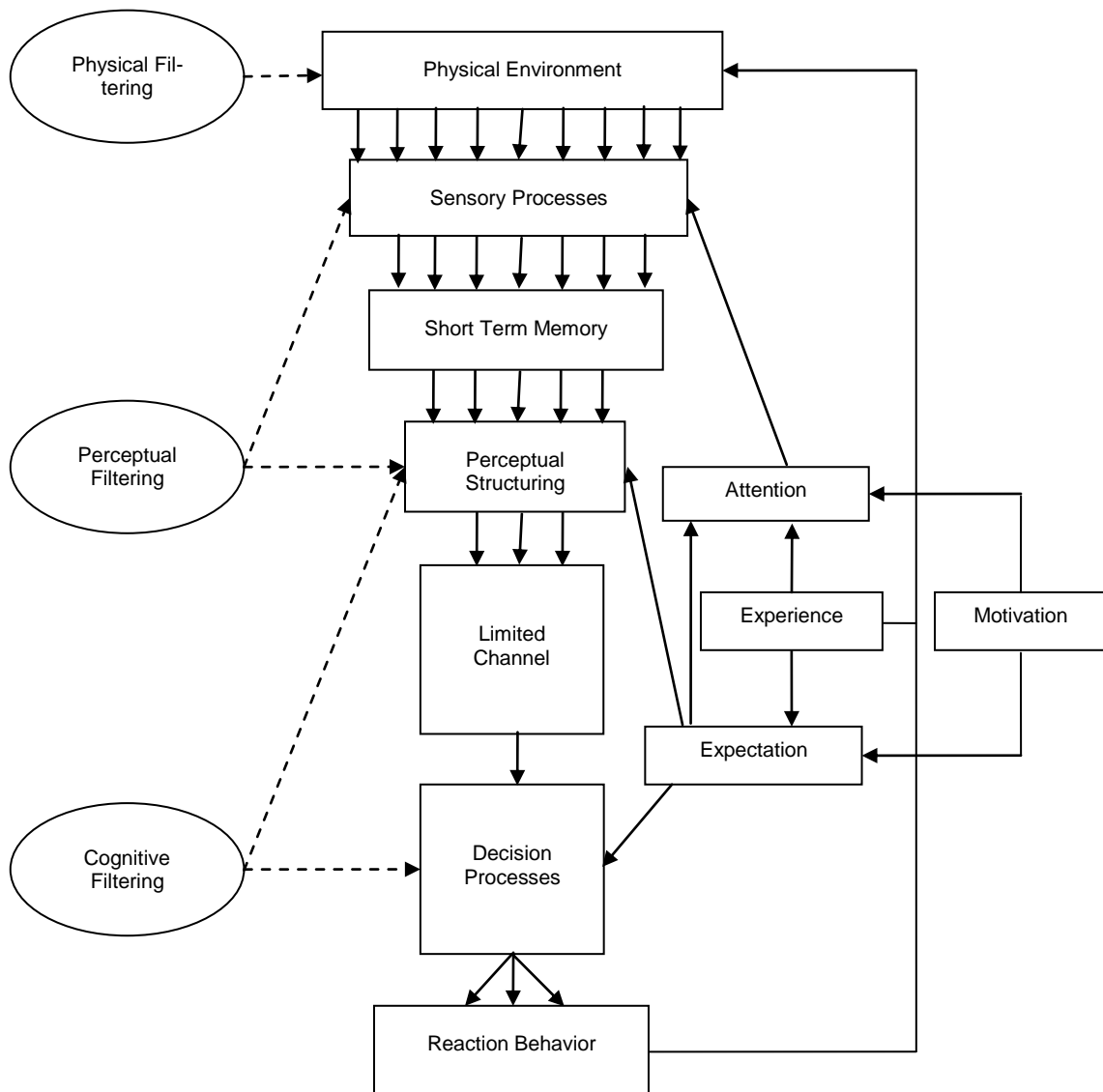
Allerdings haben Fildes und Triggs (1985) als Stimulus-Material lediglich statische Abbildungen von perspektivisch gezeichneten Kurven verwendet. Wie bereits ausgeführt wurde, gewinnt der Fahrer bei Betrachtung einer dynamisch bewegten Szene über das optische Flussmuster vermutlich zusätzliche Hinweise hinsichtlich der Kurvenkrümmung, so dass trotz o.g. Resultate in der Realität beim Durchfahren von Kurven keine Schwierigkeiten mit der Spurführung zu erwarten sind (siehe auch Abbildung 3-3).



**Abbildung 3-3** Optische Flussmuster bei (A) Fortbewegung auf gerader Strecke sowie bei (B) Durchfahren einer Kurve (aus Wilkie & Wann, 2003b)

### 3.3 Der Einfluss der Kognition auf die Wahrnehmung

Wie u.a. von Wickens (Wickens & McCarley, 2008) beschrieben wurde, hängt es nicht nur von den physikalischen Eigenschaften eines Reizes ab, ob dieser vom Fahrer beachtet wird oder nicht. Es kann auch sein, dass der Fahrer z.B. aufgrund seiner früheren Erfahrungen in einer ähnlichen Verkehrssituation einen bestimmten Reiz erwartet und an (seiner Meinung nach) wahrscheinlichen Orten aktiv nach ihm sucht. Ersteres bezeichnet er als reizgeleitete („bottom-up“) und letzteres als konzeptgesteuerte („top-down“) Informationsverarbeitung.



**Abbildung 3-4** Filtermodell nach Rumar (1985)

Ebenso wie Wickens unterscheidet Rumar (1985, 1990) in seinem Informationsverarbeitungsmodell neben dem bereits erwähnten physikalischen und perzeptiven Filtersystem auch ein kognitives Filtersystem (vgl. Abbildung 3-4). Während bei den ersten

beiden aufgrund der physikalischen Reizkonfiguration (z.B. Verdeckungen) bzw. aufgrund von physiologischen Eigenschaften (z.B. Gesichtsfeld) manche Informationen nicht verarbeitet werden, bezieht sich das kognitive Filtersystem auf Selektionsprozesse aufgrund von Vorwissen, Erfahrungen und aktuellen sowie überdauernden Motivationslagen des Fahrers, welche zusammen wiederum seine Erwartungen und die Allokation der Aufmerksamkeit beeinflussen. Die Grenzen zwischen perzeptiven und kognitiven Filterprozessen sind hierbei fließend. Beispielsweise hilft Vorwissen über die Größen verschiedener Fahrzeugtypen dem Fahrer bei der Entfernungswahrnehmung und Kenntnisse hinsichtlich der fahrzeugtypischen Geschwindigkeiten können ihn bei seinen Geschwindigkeitsschätzungen unterstützen.

Der große Vorteil kognitiver Einflüsse auf die Wahrnehmung liegt laut Rumar (1990) in der Reduzierung des visuellen Reizmusters, das – wie in Kapitel 3.1 (S. 9 ff.) bereits erläutert wurde – meist zu reichhaltig ist, um vom Fahrer in der zur Verfügung stehenden Zeit umfassend verarbeitet werden zu können. Des Weiteren ist mit Hilfe des Gedächtnisses sogar das Erschließen fehlender Informationen möglich. Top-down-Prozesse machen die Wahrnehmung also i.d.R. effektiver und effizienter (Luck & Vecera, 2002).

Die Kehrseite der konzeptgesteuerten Informationsverarbeitung ist ihrer Fehleranfälligkeit. So kann es aufgrund von fehlenden bzw. der Realität unangemessenen Erwartungen zu einer Fehlinterpretation der gesamten Verkehrssituation kommen, was wiederum fatale Auswirkungen auf Aufmerksamkeit und Blickverhalten sowie auf Entscheidungen und Handlungen des Fahrers haben kann.

Folgende Arten von Informationsverarbeitungsfehlern können durch das kognitive Filtersystem entstehen (Rumar, 1990; Staubach, 2010):

- Fehler aufgrund von reduzierter Vigilanz
- Fehler aufgrund von übermäßiger Fokussierung auf Nebenaufgaben
- Inadäquater Aufmerksamkeitsfokus innerhalb der Verkehrsumgebung
- “Looked-but-did-not-see“-Fehler
- Fehler aufgrund von internaler Ablenkung

In allen o.g. Fällen wird ein wichtiger Aspekt in der Umwelt vom Fahrer nicht beachtet bzw. so spät bemerkt, dass nicht mehr genügend Zeit für eine adäquate Reaktion zur Verfügung steht.

Eine **Beeinträchtigung der Vigilanz** kann viele Ursachen haben. Die bekannteste ist wohl die Ermüdung des Fahrers bei längeren Fahrten und/oder Nachtfahrten (vgl. Philip et al., 2005). Darüber hinaus können auch Alkohol, Medikamente und Drogen die

Vigilanz des Fahrers herabsetzen und so zu einer Nichtbeachtung relevanter Reize führen (Koelega, 1995; Ronen et al., 2008; Williamson et al., 2001). Auf der anderen Seite ist auch der Anregungsgehalt der Umwelt bedeutsam: so wird es in einer eintönigen, reizarmen Umgebung vermutlich eher zu verminderter Vigilanz kommen als in abwechslungsreichen, dynamischen Verkehrssituationen (vgl. Panek et al., 1977).

Bei einer zu starken Fokussierung auf **Nebenaufgaben** im Fahrzeug (z.B. Telefonieren, Bedienen des Radios) gelingt es dem Fahrer nicht seine Aufmerksamkeitsressourcen angemessen auf mehrere Stimuli aufzuteilen – er lässt sich von der Nebenaufgabe mental gefangen nehmen und wendet seinen Blick von der Fahraufgabe ab (Schweigert, 2003; Rauch, 2009).

Im Fall einer **inadäquaten Fokussierung der Aufmerksamkeit innerhalb der Verkehrsumgebung** ist der Fahrer hingegen zwar subjektiv auf die Fahraufgabe konzentriert, zollt aber in Wahrheit eher irrelevanten Umweltreizen Aufmerksamkeit, während er unmittelbar relevante Stimuli nicht beachtet (Staubach, 2010). Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn ein Fahrer nur auf (in größerer Entfernung befindlichen) Gegenverkehr achtet und dabei ein von rechts kommendes vorfahrtsberechtigtes Fahrzeug an einer ungeregelten Kreuzung übersieht.

Während die oben beschriebene übermäßige Fokussierung auf Nebenaufgaben bzw. nicht unmittelbar relevante Aspekte der Fahraufgabe i.d.R. mit einer visuellen Abwendung von den relevanten Stimuli einhergeht, ist auch eine Nicht-Wahrnehmung trotz „korrekter“ Blickrichtung möglich. Hierzu zählt Rumar (1990) die sogenannten „Looked-but-did-not-see“-Fehler sowie Fehler aufgrund von internaler Ablenkung des Fahrers.

Beim „**Looked-but-did-not-see**“-Fehler sucht der Fahrer zwar zum richtigen Zeitpunkt und am richtigen Ort, erwartet aber nicht den unmittelbar relevanten Reiz, sondern einen anderen Stimulus. Beispielsweise rechnet er bei der o.g. ungeregelten Kreuzung lediglich mit einem Automobil, aber nicht mit einem Radfahrer. In der Folge überzeugt er sich vor dem Passieren der Kreuzung mit einem Blick in die relevante Straße davon, dass sich dort kein großes, schnelles Objekt nähert – und übersieht dabei das vergleichsweise kleine, langsame Fahrrad. Eine detaillierte Diskussion dieses Phänomens findet sich u.a. bei Herslund und Jorgensen (2003) sowie bei Koustanai und Kollegen (2008).

Eine **internale Ablenkung** kommt in erster Linie beim Erleben von starken Emotionen und/oder dem Wälzen von Problemen während der Fahrt (= erhöhte mentale Beanspruchung) zustande. Wie Untersuchungen von Recarte und Nunes (2003) zeigen, bringt dies sowohl ein verändertes Blickverhalten mit sich (geringere Variabilität in der räumlichen Verteilung der Fixationen, weniger Blicke auf den Tachometer und in den

Rückspiegel) als auch eine um bis zu 30% geringere Erkennungsrate von visuellen Stimuli. Da davon das gesamte Gesichtsfeld gleichermaßen betroffen ist, kann man davon ausgehen, dass die verschlechterte Wahrnehmung tatsächlich auf die mentale Beanspruchung zurückzuführen ist und nicht bloß einen Nebeneffekt des veränderten Blickverhaltens darstellt. Dazu passt auch das Resultat, dass unter erhöhter kognitiver Beanspruchung signifikant mehr Zeit vergeht bis ein foveal fixierter Stimulus auch als solcher erkannt wird (Rescarte & Nunes, 2006).

Laut Lamballe, Kauranen, Laakso und Summala (1999) ist die durch kognitive Ablenkung verursachte Verlängerung der Zeit bis zur Wahrnehmung eines relevanten Reizes (hier: abbremsendes Vorderfahrzeug) vergleichbar mit den Einbußen aufgrund einer visuellen Fokussierung auf eine Nebenaufgabe und bewegt sich in einer Größenordnung von ungefähr 0.5 s (bis zur Betätigung des Bremspedals) bzw. 1 s (verringerte TTC) im Vergleich zur Kontrollbedingung ohne kognitive oder visuelle Ablenkung.

### **3.4 Konsequenzen für das Versuchsdesign**

Damit zuverlässige Aussagen über Antizipationsleistungen und vorausschauendes Fahren getroffen werden können, müssen bei deren Messung Einflüsse, die allein auf die Wahrnehmungsleistungen des Fahrers zurückzuführen sind möglichst eliminiert werden. Dies gilt sowohl für physikalische und perzeptuelle als auch für kognitive Filter.

Der Grund dafür ist, dass die sensorische Informationsaufnahme eine unerlässliche Voraussetzung für die Antizipation darstellt. Besitzt der Fahrer zum Beispiel wegen einer Fehlsichtigkeit nicht das Auflösungsvermögen, um einen kreuzenden Radfahrer frühzeitig zu erkennen, so ist seine vergleichsweise späte Antizipation einer Kollision nur eine Konsequenz seiner perzeptuellen Einschränkungen. Die Benutzung einer Sehhilfe würde in diesem Fall wahrscheinlich zu einer mit normalsichtigen Fahrern vergleichbaren Antizipationsleistung führen.

Daraus ergeben sich (unter Berücksichtigung der in diesem Kapitel beschriebenen Eigenschaften und Grenzen der menschlichen Wahrnehmung und Informationsverarbeitung) folgende Konsequenzen für das Versuchsdesign:

- Die Reizkonstellation und -dichte in der Umwelt sollte für alle Probanden möglichst vergleichbar sein (standardisierte Bedingungen).
- Die antizipationsrelevanten Stimuli sollten möglichst direkt auf der Straße bzw. am unmittelbaren Straßenrand platziert sein, so dass man davon ausgehen kann, dass sie sich im Gesichtsfeld des Fahrers befinden.



- Es sollten nur Probanden mit normaler (korrigierter) Sehschärfe getestet werden.
- Sichtbehinderungen des Fahrers durch Faktoren wie z.B. Nebel oder Regenfälle sind zu vermeiden.
- Es sollten Tageslichtbedingungen herrschen (d.h. keine Fahrten während Dämmerung / Dunkelheit oder durch Tunnel).
- Um die Wahrscheinlichkeit einer herabgesetzten Vigilanz der getesteten Probanden zu minimieren, sollten auch die Experimente selbst nur tagsüber durchgeführt werden.
- Auf die Bearbeitung von Nebenaufgaben während der Fahrt (z.B. zur Messung der Beanspruchung) sollte verzichtet werden – egal ob sie eine visuelle Abwendung mit sich bringen oder lediglich zu einer kognitiven Ablenkung des Probanden führen können.
- Ob eine inadäquate Fokussierung der Aufmerksamkeit innerhalb der Verkehrsumgebung vorliegt, sollte mithilfe eines Blickerfassungssystems kontrolliert werden. Zeigen ein Proband bzw. eine Untergruppe der Probanden signifikant schlechtere Antizipationsleistungen, so können in der Folge die Blickdaten Auskunft darüber geben, ob dies ein genuines Phänomen ist oder lediglich auf eine spätere Fixation der antizipationsrelevanten Reize zurückzuführen ist.

## 4 ANTIZIPATION

Im Folgenden wird erklärt, was unter Antizipation zu verstehen ist und welche Bedeutung sie für sicheres und vorausschauendes Fahren besitzt. Darüber hinaus wird den Fragen nachgegangen, was genau der Fahrer antizipiert, warum und wie er dies tut und wie weit seine Antizipation in die Zukunft reichen kann. Außerdem erfolgt eine Abgrenzung zu verwandten Begriffen wie „Erwartungen“, „mentale Modelle“, „Schemata“ und „Situationsbewusstsein“. Abschließend werden Methoden vorgestellt, mit denen sich verschiedene Aspekte der Antizipation im Straßenverkehr messen lassen und deren jeweilige Vor- und Nachteile diskutiert.

### 4.1 Definition des Begriffs „Antizipation“

Schlägt man im Psychologischen Wörterbuch das Wort „Antizipation“ nach, so findet sich folgender Eintrag: „**Antizipation** (= A) [lat. *anticipere* vorwegnehmen], das Vorziehen, die gedankliche Vorwegnahme [...]. Jedes Denken ist mit einer „Zielvorstellung“ verbunden, die antizipiert wird. A. bezeichnet auch die prospektive Komponente jedes Erlebens und Verhaltens“ (Dorsch, Häcker & Stapf, 2004). Eine ähnliche Definition wählen Dahmen-Zimmer und Gründl (2007b), die Antizipation als „gedankliche Vorwegnahme von zukünftigen Zuständen und Ereignissen“ bezeichnen. Nach Deutsche (2005) umfasst Antizipation die Fähigkeit „Veränderungen vorzusehen und momentane Zustände entsprechend fortzuschreiben“ (Deutsche, 2005, S. 202).

In Anlehnung an diese Definitionen wird **Antizipationsleistung im Straßenverkehr** im Folgenden als Kompetenz verstanden, auf der Grundlage von Wissen und aktueller Wahrnehmung zukünftige Verkehrssituationen (und damit auch das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer) richtig einschätzen zu können.

### 4.2 Antizipationsgründe und Inhalte

Warum der Mensch überhaupt antizipiert, erklärt Hoffmann (1993). Er postuliert mit Verweis auf Ausführungen von James (1891), Wundt (1907), Ach (1935) und Neisser (1976) ein grundlegendes „Antizipationsbedürfnis“ des Menschen und begreift Antizipation als ...

- eine anschauliche Vorstellung der mit einer Verhaltensweise verbundenen Stimuli (**Ausgangsbedingungen** und **Konsequenzen**)
- mit dem Zweck das eigene Verhalten so steuern zu können, dass damit eine möglichst gute **Erreichung der eigenen Ziele** ermöglicht wird.

Wie man sieht, werden laut Hoffmann (1993) nicht nur die Eigenschaften des erfahrungsgemäß zu erwartenden Zielzustands antizipiert, sondern auch die für die Zielerreichung notwendigen Ausgangsbedingungen, d.h. die Stimuli des Ausgangszustands. Dies erinnert an Gibsons (1986) Konzept der „Affordances“, demzufolge Gegenstände dem Betrachter bestimmte Gebrauchseigenschaften anbieten, die sich aus logischen, physischen, physikalischen oder kulturellen Gründen ergeben.

Beispielsweise erfüllt ein umgestürzter Baum, der quer über der Fahrbahn liegt, für einen Wanderer möglicherweise die Ausgangsbedingungen, um als Sitzgelegenheit verwendet zu werden. Dies muss aber nicht seine einzige Funktion sein. Genauso gut eignet er sich u.U. zum Besteigen oder Balancieren. Der Fahrer eines Kraftfahrzeugs wird hingegen vermutlich ganz andere Gebrauchseigenschaften antizipieren – z.B. dass der Baum alle notwendigen Attribute aufweist, um seinem Fahrzeug erheblichen Schaden zuzufügen.

Damit der Mensch i.S. von Hoffmann (1993) diese Antizipationen für seine Zielerreichung nutzen kann, müssen zugleich auch die Konsequenzen der jeweiligen Verhaltensmöglichkeiten antizipiert werden. Im obigen Beispiel würde der Wanderer wahrscheinlich antizipieren, dass das Hinsetzen u.a. eine Entspannung der Wadenmuskulatur mit sich bringt – was für ihn durchaus ein erstrebenswertes Ziel sein kann. Für einen Kfz-Fahrer bedeutet der umgestürzte Baum hingegen eher eine Behinderung seiner Weiterfahrt und damit seines Ziels. Er antizipiert folglich, dass er das Hindernis irgendwie unbeschadet überwinden muss (= Konsequenz) und welche Handlungen unter welchen Ausgangsbedingungen dazu führen könnten.

Dabei werden vermutlich nicht nur die Eigenschaften des Baums analysiert, sondern auch die des Umfelds sowie des eigenen Fahrzeugs:

- Handelt es sich um einen kleinen Baum und benutzt der Fahrer einen Geländewagen, so wird er möglicherweise antizipieren, dass er vorsichtig darüber hinwegfahren kann – oder dass er einen kleinen Umweg ins offene Gelände machen und das Hindernis auf diese Weise umfahren kann.
- Auf einem Motorroller wird derselbe Fahrer stattdessen u.U. antizipieren, dass es zielführend ist abzustiegen, über den Baum zu klettern und anschließend das Fahrzeug auf die andere Seite zu heben.
- Sitzt er hingegen in einem tiefergelegten Sportwagen, so wird er vermutlich antizipieren, dass für eine unbeschadete Zielerreichung ein Wendemanöver und das Finden einer Alternativroute erforderlich sind.

Eine weitere Konkretisierung der Antizipationsinhalte macht Rauch (2009): Ihrer Meinung nach beschränkt sich Antizipation darauf, für die Erfüllung der Hauptaufgabe

„**handlungsrelevante Reize** rechtzeitig zu erkennen und daraufhin die Situation richtig zu interpretieren, um angemessen in ihr agieren und auf sie reagieren zu können“ (Rauch, 2009, S. 25; Hervorhebung von mir).

Welche Reize für die Erreichung der Ziele wahrgenommen werden müssen, hängt also direkt vom jeweils gerade durchgeführten oder geplanten Verhaltensakt ab. So gesehen ist selektive Aufmerksamkeit nicht bloß eine notwendige Folge der begrenzten Informationsverarbeitungskapazitäten, sondern ist auch eine effizienzsteigernde Konsequenz der Antizipation: Sie erspart dem Fahrer die Verarbeitung von Stimuli, die keinerlei Einfluss auf die Verfolgung der Hauptaufgabe haben. Zudem unterstützt die Antizipation eine schnelle Wahrnehmung der als relevant eingestuften Reize, indem sie den visuellen Fokus auf solche Orte lenkt, an denen diese wahrscheinlich zu finden sind. Auf der anderen Seite kann die „bottom-up“ Wahrnehmung neuer Reize dazu führen, dass der Fahrer eine Änderung der Ausgangsbedingungen annimmt, d.h. seine Antizipation entsprechend anpasst (vgl. Rauch, 2009).

### 4.3 Die Rolle des Lernens bei der Antizipation

Wie bereits beschrieben wurde, ist der Zweck der Antizipation vermutlich das Erreichen einer zielführenden Verhaltenssteuerung. Dazu benötigt der Mensch Wissen darüber, welche Verhaltensweisen in welchen Situationen (= Ausgangsbedingungen) zu welchen Resultaten führen. Wie Hoffmann (1993) beschreibt, kann man davon ausgehen, dass der Fahrer in neuartigen Situationen aufgrund der mangelhaften Vorhersehbarkeit der Konsequenzen eigener Verhaltensweisen eine als aversiv erlebte Verunsicherung verspürt. Um diese Unsicherheit zu reduzieren, ist er bestrebt sich neue Kenntnisse über die unbekannte Situation anzueignen (Hoffmann, 1993; Berlyne, 1950; White, 1959).

Trifft dies zu, dann sollte die Antizipationsleistung mit zunehmender Erfahrung im Straßenverkehr immer besser werden – wobei die Lernkurve zunächst sehr steil verläuft (= fast alle Situationen sind für den Betrachter neu), dann immer mehr abflacht und sich schließlich asymptotisch der 100%-Marke nähert (= jede Situation ist bekannt und kann vollständig antizipiert werden). Allerdings ist die Wissensaufnahme wohl niemals komplett abgeschlossen, da vermutlich auch sehr erfahrene Fahrer nicht alle existierenden Verkehrskonstellationen bereits erlebt haben können.

Der Lernprozess selbst vollzieht sich – gemäß den aus der Forschung zu Konditionierung bekannten Konzepten der Generalisierung und Differenzierung (nachzulesen z.B. bei Schermer, 2006) – auf der Grundlage des bereits vorhandenen Wissensstands.

Das bedeutet: der Fahrer geht zunächst davon aus, dass in der aktuell erlebten Situation dieselben Zusammenhänge zwischen einem bestimmten Verhalten und deren Konsequenz bestehen wie in einer früheren Situation mit subjektiv vergleichbaren Ausgangsbedingungen. Ob die beiden Situationen einander tatsächlich ähnlich sind, erkennt der Fahrer dann daran, wie gut die tatsächlich eintretenden Konsequenzen mit seiner Antizipation übereinstimmen. Werden seine Annahmen bestätigt, so verstärkt sich die Assoziation zwischen den als relevant eingestuften Stimuli und der zugehörigen Antizipation; trifft seine Antizipation nicht zu, dann wird die Assoziation hingegen abgeschwächt. Wenn die Antizipation nur teilweise der Wahrheit entspricht, so kommt es zu einer Differenzierung der als relevant eingestuften Stimuli.

Ein Beispiel: Der Fahrer hat in der Vergangenheit erlebt, dass Kinder unvermittelt vor ihm über die Straße laufen. Daraufhin bildet sich folgende Kette: Der Stimulus „Kind“ wird assoziiert mit dem Stimulus „bewegtes Hindernis auf der Straße“. Letzterer ist wiederum verknüpft mit der Handlung „Anhalten“ und der erwünschten Konsequenz „keine Kollision / unbeschädigte Weiterfahrt möglich“. Mit zunehmender Erfahrung stellt der Fahrer aber fest, dass seine Antizipation zwar manchmal stimmt, jedoch bei weitem nicht jedes Mal eintrifft, wenn er ein Kind am Straßenrand erblickt. Schließlich beginnt er bei seiner Antizipation weitere Stimuli zu berücksichtigen, die ihm bei der Beurteilung helfen können, ob das Kind auf die Straße laufen wird oder nicht: „Bushaltestelle auf der gegenüberliegenden Straßenseite“, evtl. sogar noch in Kombination mit „einfahrendem Schulbus“, „Spielzeug liegt bzw. rollt über die Straße“, „weitere Kinder haben kurz zuvor bereits die Fahrbahn überquert“ und so weiter. Auf diese Weise wird das Wissen des Fahrers immer umfangreicher und detaillierter und versetzt ihn immer besser in die Lage jederzeit zieladäquat zu reagieren.

Schließlich drängt sich dabei noch die Frage auf: Wie weit ist dieser Lernprozess bei welcher Alters- und Fahrpraxisstufe bereits fortgeschritten? Es ist mit Sicherheit nicht sinnvoll, einen 18jährigen Fahranfänger als Tabula rasa zu betrachten. Höchstwahrscheinlich hat er deutlich vorher schon damit begonnen Erfahrungen im Straßenverkehr zu sammeln – zunächst als Fußgänger, später als Radfahrer und schließlich in der Fahrschule – denn auch ohne Führerscheinbesitz ist Antizipation für den Verkehrsteilnehmer nützlich. Davon abgesehen werden ihm grundlegende Verkehrsregeln und -zeichen mit Sicherheit auch direkt vermittelt (z.B. im Schulunterricht), d.h. er braucht nicht jede Erfahrung selbst zu machen. So wird vermutlich auch das Kind im o.g. Beispiel früher oder später lernen, dass es nicht einfach über die Straße laufen sollte,

wenn sich dort gerade ein Fahrzeug nähert, weil es sich sonst möglicherweise schwer verletzen würde.<sup>1</sup>

Ebenso stellt sich die Frage, ob die Antizipationsleistung mit der Zeit zwangsläufig immer besser und besser werden muss oder es (wie bei vielen anderen Lerninhalten) auch zu einer Verschlechterung aufgrund von Vergessens-Prozessen kommen kann (z.B. bei aktuell geringer Fahrpraxis oder bei altersbedingt nachlassender Gedächtnisleistung).

Eine ausführlichere Diskussion dieser beiden Aspekte findet sich in Kapitel 6 (Interindividuelle Einflussfaktoren, S. 76 ff.).

## 4.4 Der Antizipationshorizont

Da es sich beim Fahren im Straßenverkehr um ein hochdynamisches Geschehen handelt (vgl. Bogenberger, Belzner & Kates, 2003), ist eine permanente Antizipation der zukünftigen Verkehrssituation erforderlich, damit der Fahrer konfliktfrei und sicher sein Ziel erreichen kann. Wie weit die Antizipation hierzu in die Zukunft reichen muss bzw. sollte, hängt offenbar von einer Vielzahl an Faktoren ab. Entsprechend finden sich in der Literatur sehr unterschiedliche Zeitangaben, auf die im Folgenden genauer eingegangen wird.

Um den relevanten Zeitbereich möglichst genau eingrenzen zu können, erfolgt zunächst eine **Annäherung an dessen obere Grenze**. Überlegt man wie weit im Voraus Autofahrer von Änderungen der Verkehrsbedingungen sowie kritischen Ereignissen Kenntnis haben sollten, so ist man versucht zu sagen: Sobald als möglich, denn dadurch erhält er mehr Spielraum, um in Übereinstimmung mit seinen Zielen reagieren zu können. Und sofern er diesen Spielraum für eine frühzeitige Anpassung seines Verhaltens nutzt, kann er den entstehenden Zeitdruck – und damit seine Beanspruchung – erheblich abmildern.

In der Realität steht einer sehr frühzeitigen Antizipation allerdings meist die bereits angesprochene Dynamik der Verkehrssituationen entgegen: Der Fahrer bräuchte schon hellseherische Fähigkeiten, um eine Situation, die sich innerhalb von wenigen Sekunden entwickelt (z.B. ein Verkehrsunfall) bereits Minuten, Stunden oder gar Tage vorher zu antizipieren.

---

<sup>1</sup> Dadurch wird im Gegenzug die Antizipation des Autofahrers noch komplexer: Genaugenommen muss er nämlich auch berücksichtigen, ob bzw. was sein menschlicher Gegenüber (in diesem Fall das Kind) antizipiert, um in der Folge möglichst zieladäquat handeln zu können.

Aber selbst wenn man nur Situationsmerkmale betrachtet, die sich i.d.R. über einen längeren Zeitraum nicht verändern (z.B. Geschwindigkeitsbegrenzungen), so liegt die frühestmögliche Antizipation aufgrund der notwendigen Vorbedingung „Wahrnehmung des antizipationsrelevanten Merkmals“ trotzdem i.d.R. im Sekundenbereich.

Lorenz (1971, zitiert nach Hristov, 2009) geht von einer „vorauslaufenden Erfassungssichtweite“ aus, die eine zeitliche Entfernung (TTC) von 10 Sekunden umfasst. Auch Deutsche (2005) vermutet Antizipation (hier als Teil der sogenannten „Manöverebene“) innerhalb einer TTC von bis zu 10 Sekunden. Für bewegte Stimuli ist die Annahme einer Vorausschau-Zeit von 10 Sekunden ebenfalls plausibel, wie z.B. experimentelle Befunde von Hoffmann und Mortimer (1994) zeigen (vgl. Kapitel 3.2.2, S. 15 ff.).

Andere Autoren geben den Antizipationshorizont nicht in Zeit sondern in Metern an: Dilling (1973, zitiert nach Hristov, 2009) nennt auf der Basis eines möglichen Sichtkontakts zum vorausfahrenden Fahrzeug Maximalsichtweiten zwischen 80 und 650 m. Eine ähnliche Beurteilung findet sich bei Leutner (1974, zitiert nach Hristov, 2009): Demnach dient der Bereich von 600 bis 250 m Entfernung dem Fahrer zur Fernorientierung- und Informationsgewinnung, wobei die genauen Ausmaße v.a. vom Auflösungsvermögen des Auges bestimmt werden und sich bei großen, bewegten Stimuli auf bis zu 800 m ausdehnen können. Daran schließt sich die sogenannte Bereitschafts- und Entscheidungszone an, die laut Leutner (a.a.O.) den Bereich 250-75 m umfasst, sowie zu guter Letzt die Nahorientierungs- und Handlungszone (weniger als 75 m), innerhalb derer das Antizipierte in Verhalten umgesetzt wird.

Rechnet man die von Lorenz (1971) genannte Vorausschauzeit von 10 Sekunden in geschwindigkeitsabhängige Entfernungen um, so ergeben sich sehr ähnliche Werte wie bei Dilling (1973) und Leutner (1974): Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 240 km/h entsprechen 10 sec einer Entfernung von 667 m zum relevanten Merkmal. In Realität dürfte aber eine derart hohe Geschwindigkeit wohl eher selten vorkommen. Alltägliche Fahrgeschwindigkeiten von 100, 50 oder 30 km/h liegen dann mit 278, 139 bzw. 83 m auch erheblich niedriger und entsprechen im Wesentlichen dem, was bei Leutner als „Bereitschafts- und Entscheidungszone“ bezeichnet wird.

Im Folgenden wird als obere Antizipationsgrenze diejenige Entfernung angenommen, die der Fahrer bei gleichbleibender Geschwindigkeit innerhalb der nächsten 10 Sekunden erreichen wird. Dies ist allerdings nicht als absoluter Grenzwert zu interpretieren: Insbesondere bei sehr niedrigen Fahrgeschwindigkeiten sowie bei entsprechenden (straßen-)baulichen Gegebenheiten (z.B. oben auf einer Bergkuppe) und/oder größeren antizipationsrelevanten Stimuli (z.B. Hochhaus als Hinweisreiz für eine Ort-

schaft und damit für eine Geschwindigkeitsbegrenzung) ist dem Fahrer mitunter eine noch frühere Antizipation möglich.

Allerdings ist es fragwürdig, ob eine Antizipation, die erheblich mehr als die genannten 10 Sekunden umfasst für den Fahrer noch zusätzliche subjektive oder objektive Vorteile mit sich bringt würde. Sehr wahrscheinlich sind damit jedoch zusätzliche Herausforderungen verbunden – allen voran Erinnerungsschwierigkeiten sowie Probleme mit der Steuerung des zeitlichen Ablaufs („Scheduling“). Denn bis das Antizipierte eintritt vergeht ja noch einige Zeit und bis dahin kann noch viel geschehen das der Fahrer ebenfalls antizipieren und auf der Zeitleiste verorten muss. Ebenso wie sich die visuelle Wahrnehmung aus Effektivitäts- und Effizienzgründen auf einige wenige Objekte beschränkt und nicht den ganzen visuellen Raum abbildet, ist es vermutlich ab einem bestimmten Antizipationshorizont für den Fahrer schlicht nicht mehr sinnvoll kognitive Ressourcen in die weitere Prognose zu investieren.

Eine **Annäherung an die untere Antizipationsgrenze** erfolgt über die Handlungszeitpunkte: Schließlich muss spätestens zu Beginn der Reaktion des Fahrers auf das antizipationsrelevante Merkmal – beschleunigen, verzögern, lenken – auch eine Antizipation stattgefunden haben. Orientiert man sich an den Reaktionszeiten, die im Zusammenhang mit einer Gewährleistung von konfliktfreiem und sicherem Fahren genannt werden (Van der Horst, 1991, zitiert nach Van der Hulst, Rothengatter & Meijman, 1998), dann liegt das Antizipationsminimum bei einem zeitlichen Abstand von etwa 1.5-3 Sekunden.

Dies entspricht auch den Werten, die Braess und Donges (2006) als typische Reaktionszeiten auf *unerwartete* Ereignisse anführen – d.h. in Situationen, in denen dem Fahrer vermutlich keine frühzeitigere Antizipation möglich war. Und auch bezüglich der Einhaltung eines Sicherheitsabstands zum vorausfahrenden Fahrzeug zeigen sich i.d.R. Zeitlücken von 2-3 Sekunden (vgl. Van der Hulst et al., 1998; Van der Hulst, Meijman & Rothengatter, 1999; 2001). Offenbar benötigt der Fahrer diesen Zeitraum, um trotz eines völlig unvorhersehbaren Bremsmanövers des Vorderfahrzeugs eine Kollision verhindern zu können.

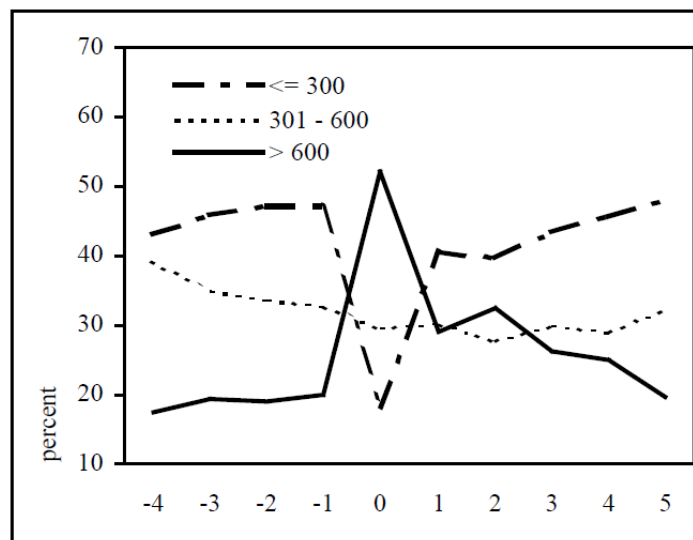
Tanida und Pöppel (2006) weisen antizipatorischen Prozessen grundsätzlich nur ein Zeitfenster von 2-3 Sekunden zu und begründen dies mit einer Reihe von Experimenten und Beobachtungen, die eine automatische zeitliche Integration der neuronalen Aktivitäten in diesem Zeitsegment als eine allgemeine Eigenschaft des neurokognitiven Systems vermuten lassen. Beispielsweise erfolge der automatische Perspektivenwechsel bei Darbietung zweideutiger Laute (KU-BA-KU) bzw. Bilder i.d.R. nach 3 Sekunden und auch die Reproduktion der Dauer von akustischen bzw. visuellen Sti-



muli sowie die Synchronisation von Tönen mit motorischer Bewegung (Finger-Tippen) würden in diesem Zeitraum am besten funktionieren. Liegt ein längerer Zeitraum zwischen den Reizdarbietungen (z.B. 5 Sekunden), so sei hingegen kein präzises Timing mehr möglich.

Aus den Überlegungen von Tanida und Pöppel (2006) darf man allerdings nicht ableiten, dass jenseits einer TTC von 2-3 Sekunden überhaupt noch keine Antizipation erfolgen kann. Vielmehr scheint es sich dabei um eine Art letztes „Update“ des Antizipierten zu handeln, das dem Fahrer Informationen für die zeitliche Koordinierung seines Handlungsablaufs liefert. Probleme sind demnach nur dann zu erwarten, wenn der relevante Stimulus zwar zu einem früheren Zeitpunkt zu sehen ist – und der Betrachter eine entsprechende Antizipation formuliert – zu einer TTC von 2-3 Sekunden bis zum Eintreffen bei diesem jedoch nicht mehr wahrnehmbar ist. Ein solcher Fall dürfte allerdings im Straßenverkehr extrem selten auftreten.

Zu dieser Annahme passt auch der experimentelle Befund von Velichkovsky und Kollegen (2002), wonach in einer Entfernung von etwa 2 Sekunden (25 m bei einer Geschwindigkeit von maximal 50 km/h) zum potentiell relevanten Stimulus (hier: Ampel, Fußgänger am Straßenrand) ein deutlicher Anstieg von Fixationsdauern über 600 ms zu beobachten war, während Fixationsdauern unter 300 ms erheblich seltener wurden und Fixationsdauern von 301 bis 600 ms unverändert blieben (vgl. Abbildung 4-1).

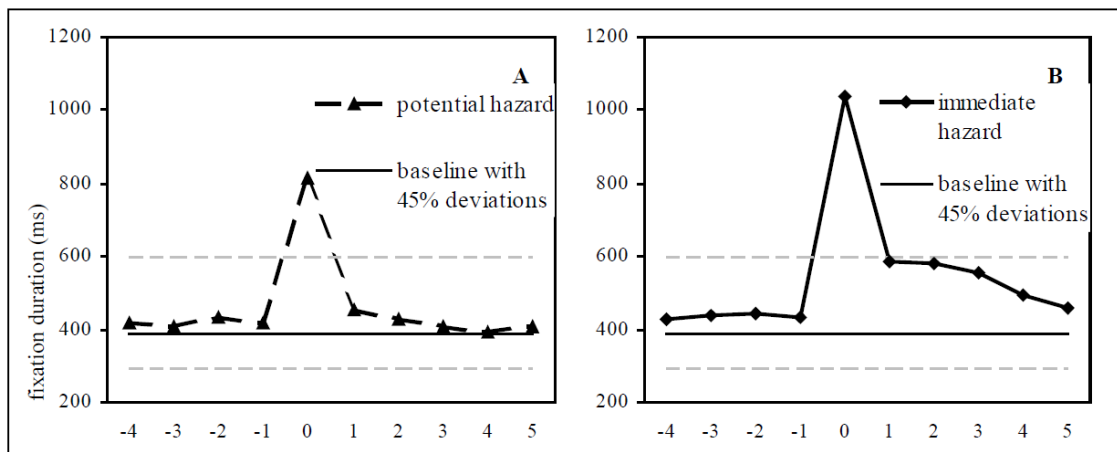


**Abbildung 4-1** Prozentuale Häufigkeitsverteilung von Fixationsdauern in den Bereichen unter 300 ms, zwischen 301 und 600 ms sowie über 600 ms, wobei „0“ den Moment bezeichnet, an dem der Fahrer 25 m (ungefähr 2 sec) vom Stimulus entfernt ist (aus Velichkovsky et al., 2002).

Dessen ungeachtet hatten 81% der Probanden den Stimulus bereits vorher fixiert. Eine Reaktion war zu diesem frühen Zeitpunkt allerdings noch nicht sinnvoll, da es sich le-

diglich um einen potentiell relevanten Stimulus handelte und keine aktuelle Handlungsnotwendigkeit vorlag. Erst in einer Entfernung von 25 m (d.h. bei einer TTC von ca. 2 sec) wurde ein Teil dieser Stimuli zu tatsächlichen Gefahrenreizen: Die grüne Ampel schaltete auf Rot um, der Fußgänger am Straßenrand überquerte die Fahrbahn (vgl. Velichkovsky et al., 2002).

Der Anstieg der Fixationsdauer bei einer TTC von etwa 2 Sekunden kann somit i.d.R. als letztmögliche Vergewisserung des Fahrers interpretiert werden, ob er handeln (hier: anhalten) muss ist oder nicht: Wenn ja, dann sind die durchschnittlichen Fixationsdauern auch im Nachfolgenden noch leicht erhöht. Lautet die Antwort „nein“, so nähern sie sich hingegen schnell wieder dem Baseline-Wert (vgl. Velichkovsky et al., 2002; siehe auch Abbildung 4-2).



**Abbildung 4-2** Durchschnittliche Fixationsdauern vor, während und nach dem Moment „0“, an dem der Fahrer 25 m (ungefähr 2 sec) vom Stimulus entfernt ist (A) bei Darbietung eines potentiellen (nicht zur Gefahr werdenden) Stimulus, (B) bei einem tatsächlichen Gefahrenreiz (aus Velichkovsky et al., 2002).

Allerdings wartet der Fahrer nicht grundsätzlich diese letzte Updatemöglichkeit ab, bevor er handelt. In Fällen, in denen er bereits zuvor eine unausweichliche Handlungsnotwendigkeit antizipiert, reagiert er durchaus auch früher. Dies offenbart sich u.a. sehr deutlich in den Fahrsimulator-Experimenten von Van der Hulst und Kollegen (1998; 1999): Hierbei wurden Probanden entweder durch das Auftauchen eines in etwa 500 m Entfernung von rechts einbiegenden Fahrzeugs über das (baldige) Abbremsen des Vorderfahrzeugs informiert, oder sie bekamen keine Vorabhinweise auf die Verlangsamung. Ein Überholvorgang war aufgrund des Gegenverkehrs nicht möglich.

In den Ergebnissen zeigte sich nicht nur eine deutlich schnellere und zugleich sanftere Reaktion, wenn die Probanden das von rechts einbiegende Fahrzeug sehen konnten – die Probanden begannen darüber hinaus schon ca. 3 Sekunden **bevor** das Vorderfahrzeug tatsächlich verlangsamte mit einer Reduktion der Geschwindigkeit (d.h. sie

vergrößerten den Sicherheitsabstand). Die Variable „Zeitdruck“ spielte dabei übrigens keine Rolle, d.h. selbst wenn die Verzögerung mit einem aversiv erlebten Zeitverlust verbunden war, geduldeten sich die Probanden mit ihrer Reaktion nicht so lange, bis das Vorderfahrzeug tatsächlich die Geschwindigkeit verringerte (Van der Hulst et al., 1998; 1999).

Dies spricht dafür, dass sich die Fahrer in den Experimenten von Van der Hulst und Kollegen (1998; 1999) ihrer Antizipation relativ sicher waren und eine alternative Entwicklung der zukünftigen Situation für vergleichsweise unwahrscheinlich hielten. In den Versuchen von Velichkovsky und Kollegen (2002) trat hingegen erst bei einer Entfernung von ca. 2 Sekunden ein Zustand ein, auf den der Fahrer tatsächlich reagieren musste. Ein vorzeitiges Handeln, d.h. eine Reduktion der Geschwindigkeit trotz (noch) grüner Ampel bzw. trotz (noch) stehendem Fußgänger, hätte hier mitunter Ineffizienz (Zeitverlust, unnötigen Kraftstoffverbrauch etc.) bedeutet – wenn nämlich das angenommene Hindernis doch nicht auftrat und eine ungehinderte Weiterfahrt möglich gewesen wäre.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Antizipation des Fahrers höchstwahrscheinlich in einem Zeitfenster von 2 bis 10 Sekunden vor Erreichen des handlungsrelevanten Merkmals erfolgt. Allerdings haben die o.g. Studien, auf denen diese Werte fußen, lediglich verhältnismäßig gerade Streckenabschnitte ohne Überholmöglichkeit betrachtet. In diesen Situationen sind i.d.R. eine relativ weite Vorausschaubarkeit sowie frühzeitige Handlungsmöglichkeiten gegeben.

Für das korrekte Durchfahren von Kurven und den geglückten Fahrspurwechsel ist hingegen meist ein viel präziseres Timing der Handlung vonnöten: Der Fahrer kann zwar vorausschauend beschleunigen bzw. verzögern (d.h. eine Anpassung der Längsführung vornehmen), aber er kann nicht vorausschauend lenken.

Erschwerend kommt beim Kurvenfahren noch hinzu, dass der genaue Verlauf der Kurve oft erst 1-2 Sekunden vor Kurvenbeginn wahrgenommen werden kann (Land & Lee, 1994; siehe auch Kapitel 3.2.3, S. 18 ff.). Entsprechend ist auch die darauf aufbauende Antizipation des Lenkvorgangs auf dieses knappe Zeitfenster beschränkt. Da nach Donges (1975; zitiert nach Rauch, 2009) in diesem Bereich bereits Lenkwinkeländerungen zu beobachten sind, sind die Antizipationsmöglichkeiten bei Kurvenfahrten allerdings als ausgesprochen gering zu bewerten.

Denkbar ist lediglich eine vorausschauende Anpassung der Geschwindigkeit im Vorfeld der Kurve. Aber auch hier scheint das Potential nicht allzu groß zu sein: Laut Dilling (1973; zitiert nach Hristov, 2009) lassen sich erst 2.5 bis 3 Sekunden vorm Erreichen des Kurvenbeginns Geschwindigkeitsverzögerungen feststellen. Dies ist vermut-

lich ebenfalls auf Wahrnehmungsprobleme hinsichtlich des Kurvenverlaufs zurückzuführen: Der Fahrer erkennt zwar, dass er sich einer Kurve nähert, kann aber erst knapp vor dem Eintreffen bestimmen, ob sie mit der von ihm gewählten Geschwindigkeit durchfahren werden kann.

Im realen Straßenverkehr führt dies jedoch nur sehr selten zu kritischen Situationen, da sich im Vorfeld der Kurve meist auch entsprechende Warnhinweise sowie Geschwindigkeitsbeschränkungen befinden, die der Fahrer relativ frühzeitig sehen kann. Dies wirft allerdings die Frage auf, ob die Geschwindigkeitsreduktion wirklich aufgrund der Kurve erfolgt oder ob der Fahrer nur aufgrund der Beschilderung eine Handlungsnotwendigkeit antizipiert– unabhängig davon, ob er sich einer Kurve nähert oder nicht.

Ähnlich zweifelhaft ist die frühzeitige Antizipation von eigenen Spurwechselvorgängen. Im Gegensatz zum Kurvenfahren entsteht die Hauptschwierigkeit hierbei aber nicht durch Wahrnehmungsprobleme, sondern aufgrund der Dynamik des Straßenverkehrs (d.h. veränderliches Verhalten von vorausfahrenden Fahrzeugen, rückwärtigem Verkehr sowie Fahrzeugen auf der Ziel-Spur). Nach Salvucci und Liu (2002) erfolgt jedoch auch bei Spurwechselvorgängen i.d.R. zunächst eine längsregulatorische Anpassung: die Geschwindigkeit wird gedrosselt, um nicht mit dem langsamen Vorderfahrzeug zu kollidieren. Zeitgleich bzw. unmittelbar im Anschluss daran beginnt der Fahrer die Ziel-Spur zu beobachten, um dann ggf. einen Spurwechsel einzuleiten (Salvucci & Liu, 2002).

Zentrales antizipationsrelevantes Merkmal ist also offenbar vorerst nur das langsame Vorderfahrzeug. Allerdings besteht – im Gegensatz zu den o.g. Situationen ohne Überholmöglichkeit – hier eine Handlungsalternative, die besser zu den Zielen des Fahrers passt als die bloße Geschwindigkeitsreduktion. In der Folge wird die Verkehrslücke auf der Ziel-Spur als differenzierendes Merkmal in die Antizipation mit einbezogen:

*Antizipation 1:* Merkmal: Langsames Vorderfahrzeug

- Handlung: Geschwindigkeitsreduktion
- Resultat: Vermeiden einer Kollision bei gleichzeitigem Verzicht auf die Wunschgeschwindigkeit

*Antizipation 2:* Merkmal: Langsames Vorderfahrzeug + Verkehrslücke auf der Ziel-Spur

- Handlung: Abpassen der Lücke, dann Spurwechsel
- Resultat: Vermeiden einer Kollision unter Beibehaltung der gewünschten Geschwindigkeit.

Das als erstes wahrgenommene Merkmal (Geschwindigkeitsbegrenzung bei der vorausliegenden Kurve; langsames Vorderfahrzeug beim Spurwechsel) und die dadurch

ausgelöste Antizipation kommen in vergleichbarer Form auch bei einer Fahrt auf gerader Strecke ohne Überholmöglichkeit vor. Das heißt: für den Antizipationshorizont ist es zunächst vermutlich egal, ob der Fahrer später eventuell noch lenken wird. Entsprechend ist auch von vergleichbaren Zeiten (2-10 Sekunden bis zum Erreichen des antizipationsrelevanten Merkmals) auszugehen. Das nachfolgende Scannen der Ziel-Spur hinsichtlich einer Verkehrslücke sowie das Antizipieren eines Spurwechsels erfolgt erst danach. Wie lange diese Phase dauert, hängt von der Verkehrsdichte auf der Ziel-Spur ab und lässt sich schwer verallgemeinern. Der Lenkvorgang selbst ist dann eher eine Aufgabe der kompensatorischen Regelung und bietet dementsprechend nur sehr begrenzte Antizipationsmöglichkeiten.

## 4.5 Abgrenzung der Antizipation vom Begriff des Situationsbewusstseins

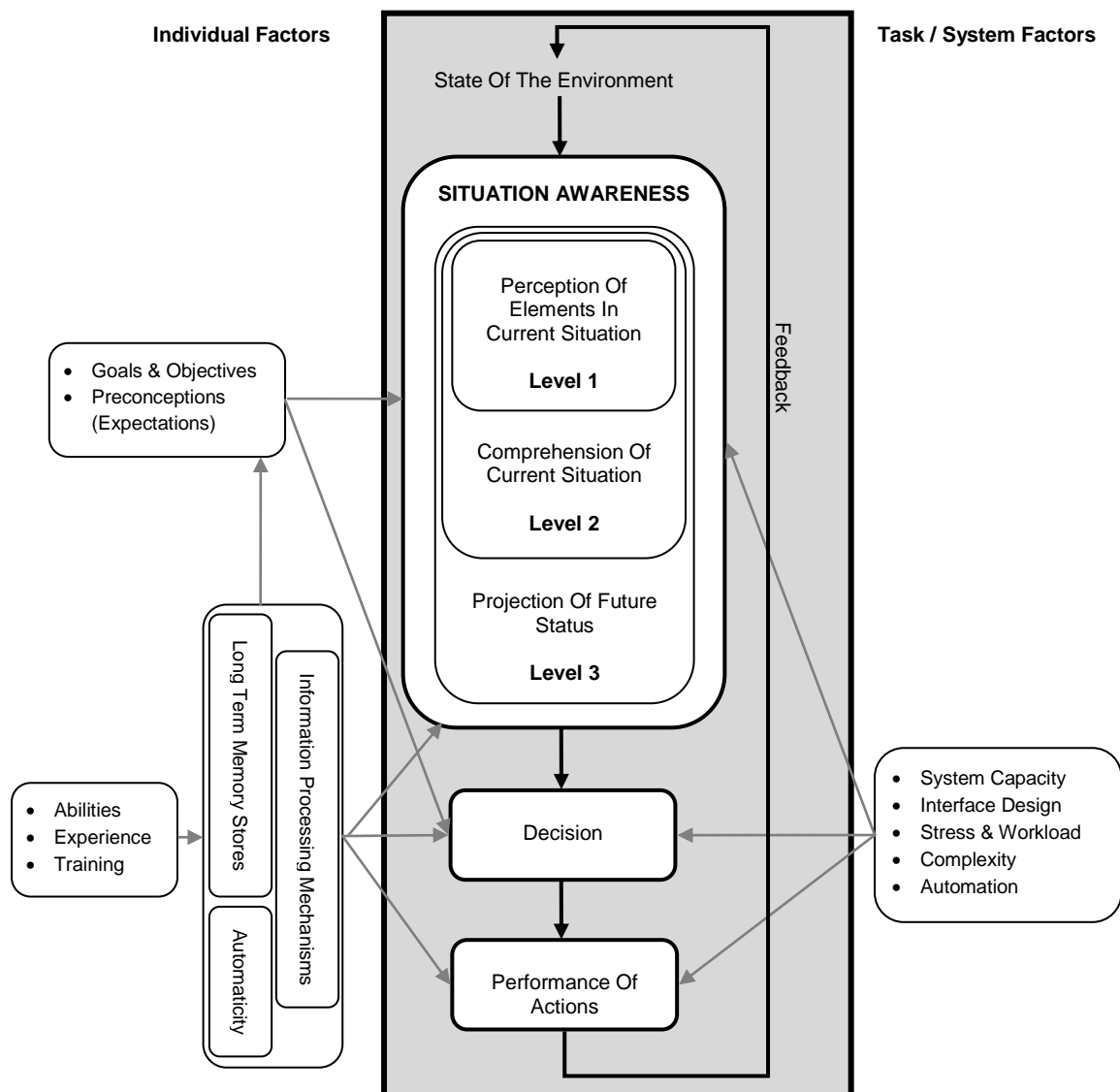
Angeichts der Tatsache, dass Antizipation oft im Kontext zu „Situationsbewusstsein“ genannt wird, wird im Folgenden eine Abgrenzung dieser beiden Begriffe vorgenommen. Hierzu wird zunächst analysiert, was genau unter „Situationsbewusstsein“ verstanden wird. Außerdem werden die bekanntesten theoretischen Modelle vorgestellt.

Nach der weitestgehend akzeptierten Auffassung von Endsley (1995b) meint Situationsbewusstsein das Wissen einer Person um diejenigen Elemente ihrer aktuellen Umgebung, die für ein effektives und effizientes Handeln relevant sind. Dies wird mit „knowing what is going on“ umschrieben (Endsley, 1995b, S. 36), bezeichnet aber bei Endsley nur den sich ergebenden *Zustand* und nicht die kognitiven *Prozesse*, die zu diesem Wissen geführt haben; letztere werden mit „Situation Assessment“ titulierte (a.a.O.).

Situationsbewusstsein besteht laut Endsley (1988; 1995b; 2000b) aus drei aufeinander aufbauenden Informationsverarbeitungs-Ebenen:

- der **Wahrnehmung** der relevanten Situationselemente innerhalb einer bestimmten zeitlichen und räumlichen Ausdehnung
- dem **Verstehen** ihrer Bedeutung (d.h. Integration verschiedener Informationsbestandteile zu einem ganzheitlichen Bild sowie Bestimmung der Wichtigkeit für die eigenen Ziele)
- der Projektion ihrer Zustände (und deren Implikationen) in die nahe Zukunft (= **Antizipation** der Situationsentwicklung).

Das komplette Situationsbewusstseins-Modell mit allen – von Endsley (1995b) berücksichtigten – Einflussfaktoren ist in Abbildung 4-3 dargestellt.



**Abbildung 4-3** Modell des Situationsbewusstseins nach Endsley (1995b)

Wie man aus Abbildung 4-3 ersehen kann, sind die Aspekte „Handlungsentscheidung“ und „Handlungsausführung“ in Endsleys Modell nicht Bestandteil des Situationsbewusstseins, sondern basieren lediglich darauf. Darüber hinaus unterliegen sie aber noch anderen interindividuellen sowie aufgabenspezifischen Prozessen und Einflüssen. Aus diesem Grund kann man auch nicht allein von der Handlung auf das Situationsbewusstsein schließen und umgekehrt (Endsley, 2000b). So kann (durch einen glücklichen Zufall) bei inadäquatem Situationsbewusstsein dennoch eine richtige Entscheidung und/oder Handlung erfolgen. Auf der anderen Seite kann es trotz „perfektem“ Situationsbewusstsein zu einer falschen Entscheidung kommen (z.B. wegen Persönlichkeitseigenschaften wie Unentschlossenheit oder Risikobereitschaft). Und selbst bei Entscheidung für eine richtige Handlung ist (aufgrund von kognitiver Beanspru-

chung, falschem Training, technischen Problemen etc.) noch immer eine fehlerhafte Ausführung möglich (Endsley, 2000b).

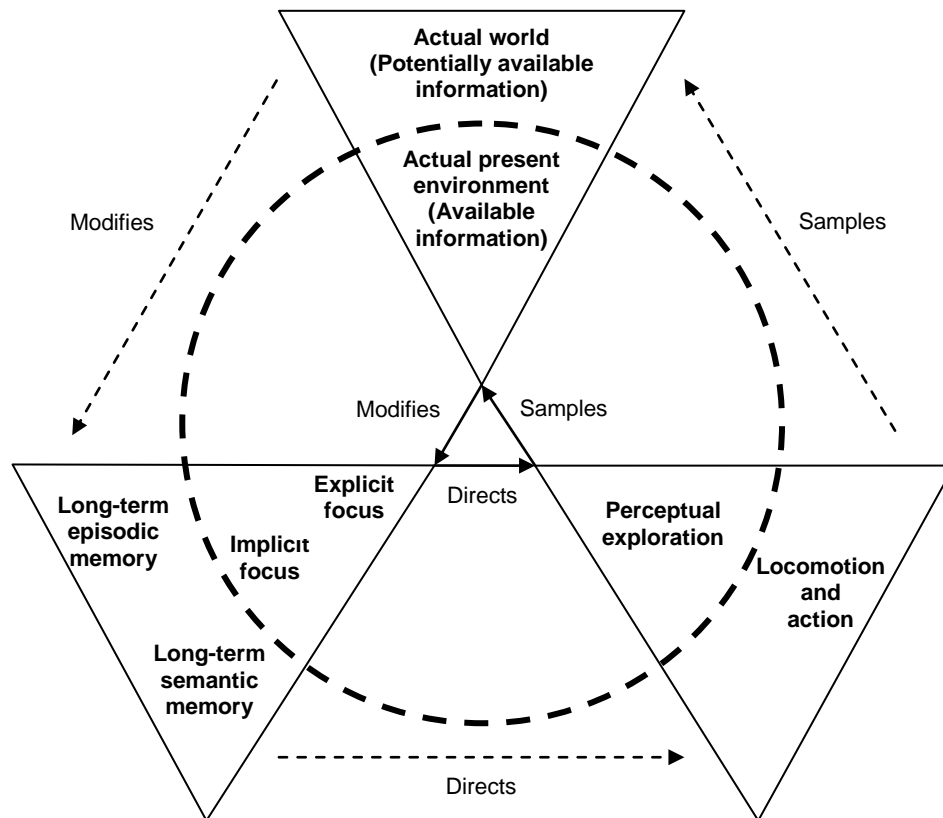
Ein weiterer bedeutsamer Faktor in Endsleys Modell ist die zeitliche Dynamik: Der Fahrer muss wissen, wie viel Zeit zur Verfügung steht bis ein Ereignis eintritt oder eine Handlung vollzogen sein muss. Außerdem ist es relevant für ihn, wie schnell sich Informationen ändern können. Ist eine Situation hochdynamisch, so muss sich auch das Situationsbewusstsein ständig verändern, um nicht veraltet und damit falsch zu sein (Endsley, 2000b).

Im Gegensatz zu Endsley sehen Adams, Tenney und Pew (1995) Situationsbewusstsein nicht bloß als Zustand an, sondern auch als Prozess, auf den der Mensch aktiv einwirken kann<sup>2</sup>. Unter Berufung auf den Wahrnehmungszyklus von Neisser (1976) begreifen sie die dynamische Interaktion des Menschen mit seiner Umwelt als elementar für das Situationsbewusstsein und betonen die Wichtigkeit des situativen Kontexts.

Ebenso wie Endsley (2000b) sind auch Adams und Kollegen (1995) der Ansicht, dass die für den Zustand des Situationsbewusstseins erforderlichen Informationen mit Hilfe von Wahrnehmung und kognitiver Aktivitäten permanent aktualisiert werden müssen, damit das Situationsbewusstsein erhalten bleibt. Allerdings ist ihr Modell nicht hierarchisch aufgebaut, sondern zyklisch. Während bei Endsley (1995b) die Wahrnehmung der situativen Merkmale den Beginn des Situationsbewusstseins markiert, auf dem alle anderen Stufen aufbauen, ist laut Adams und Kollegen (1995) kein eindeutiger Startpunkt festlegbar. Nach ihrem Modell kann z.B. genauso gut auch auf der Basis früherer Erfahrungen (d.h. mentaler Modelle im Langzeitgedächtnis) eine Antizipation gebildet werden, welche dann wiederum zu einem entsprechenden visuellen Suchverhalten führt und die Interpretation des nachfolgend Wahrgenommenen beeinflusst. Zugleich bewirkt die wahrgenommene Information ggf. eine Modifikation der mentalen Modelle, welche schließlich in ein geändertes visuelles Suchverhalten münden und so weiter. Analog ist auch denkbar, dass die Handlung den Ausgangspunkt für das Situationsbewusstsein bildet (vgl. Abbildung 4-4).

---

<sup>2</sup> Endsley (1995b) nimmt mit „Situation Assessment“ zwar ebenfalls eine Prozesskomponente an, auf die man Einfluss nehmen kann; allerdings wird diese klar vom eigentlichen Situationsbewusstsein getrennt.



**Abbildung 4-4** Der von Adams und Kollegen (1995) modifizierte Wahrnehmungszyklus nach Neisser (1976)

Der Begriff „Situationsbewusstsein“ kann sich laut Adams und Kollegen (1995, S. 89) sowohl auf das Produkt als auch auf den Prozess (oder beides) beziehen: Es bezeichnet ...

- im Sinne eines „Produkts“: **den Zustand des aktiven Schemas**, d.h. des konzeptuellen Rahmens oder Kontexts, welcher die Auswahl und Interpretation von Informationen bestimmt;
- im Sinne eines Prozesses: **den Zustand des Wahrnehmungszyklus zu einem beliebigen Zeitpunkt**;
- im Sinne eines Prozesses und Produkts: **das zyklische Zurücksetzen**.

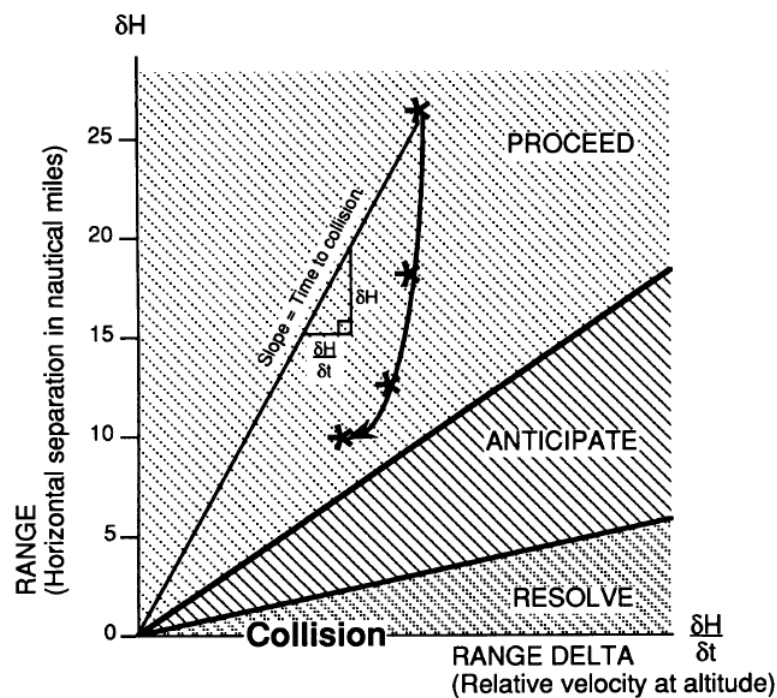
Smith und Hancock (1995) bauen in ihrem Modell ebenfalls auf dem Wahrnehmungszyklus von Neisser (1976) auf und begreifen Situationsbewusstsein sowohl als Produkt als auch als Prozess. Allerdings betonen sie den Einfluss der Umwelt noch stärker als Adams, Tenney und Pew (1995). Nach ihrer Definition ist Situationsbewusstsein ein **nach außen gerichtetes Bewusstsein**, das Wissen über die (dynamische) Umgebung generiert und zielgerichtetes Verhalten in ihr ermöglicht (Smith & Hancock, 1995, S. 138). Die Ziele werden hierbei – in Anlehnung an den ökologischen Ansatz von Gib-



son (1986) – von den Umweltbedingungen bestimmt: die „**Affordances**“ (= Gebrauchseigenschaften) der Situationselemente grenzen die möglichen Handlungen des Fahrers ein (siehe auch Kapitel 4.2, S. 26 ff.).

Nur aus diesem Grund, so Smith und Hancock (1995), sei überhaupt eine Messung von Situationsbewusstsein möglich. Im Gegensatz zu internalen Zielen könne man nämlich bei externalen Zielen normative Kriterien für „richtiges“ Verhalten festlegen und überprüfen. In der Folge lässt sich Situationsbewusstsein dann über die Güte der Verhaltensanpassung an die zu beachtenden Umweltbedingungen und -einschränkungen erfassen (Smith & Hancock, 1995, S. 139f.). Im Modell von Smith und Hancock (1995) spannen die relevanten Umweltfaktoren einen multidimensionalen „Risk Space“ auf. Dieser wiederum wird durch Schwellenwerte in mehrere Entscheidungsregionen aufgeteilt, die mit jeweils unterschiedlichen Verhaltensweisen verknüpft sind.

Umgemünzt auf ein Beispiel aus dem Straßenverkehr bedeutet dies: Damit der Fahrer nicht mit einem langsamen Vorderfahrzeug kollidiert, muss er die Faktoren „Abstand“ und „Relativgeschwindigkeit“ berücksichtigen. Je nachdem, wie diese beiden zueinander in Relation stehen (d.h. wie hoch bzw. niedrig die TTC ist), fällt ein situationsbewusster Fahrer dann entweder die Entscheidung „weitermachen wie zuvor“, „kritische Situation antizipieren“ oder „kritische Situation beheben“. Eine graphische Darstellung dieses Beispiels – allerdings für die Luftfahrt – findet sich in Abbildung 4-5.



**Abbildung 4-5** Der Risk Space für eine Annäherungssituation in der Luftfahrt (aus: Smith & Hancock, 1995)

Wie man sieht, kommt sowohl in dem Situationsbewusstseins-Modell von Endsley (1995b) als auch in den Modellen von Adams und Kollegen (1995) sowie Smith und Hancock (1995) der Begriff „Antizipation“ vor. Allerdings ist er in allen drei Modellen zwar ein wichtiger Aspekt, aber lediglich ein Teil des Gesamtkonzepts „Situationsbewusstsein“. Die beiden Begriffe sind demnach nicht als gleichbedeutend aufzufassen. Vielmehr scheint Antizipation eine zwar notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung für Situationsbewusstsein zu sein.

Ein sehr interessanter Ansatz bezüglich der Frage, wie sich die beiden Begriffe gegeneinander abgrenzen lassen, stammt von Rauch (2009). Ihrer Auffassung nach bezieht sich Antizipation auf stabile, eindeutige, i.d.R. räumlich vorausliegende, gut sichtbare Stimuli, ist auf einen einzigen Handlungsstrang begrenzt und konzentriert sich auf die wahrscheinlichste Situationsentwicklung. Situationsbewusstsein hingegen umfasst darüber hinaus auch bloß **potenziell** handlungsrelevante Reize in dynamischen, eventuell mehrdeutigen Situationen sowie Prozesse der Aufgaben-Priorisierung bei Mehrfachanforderungen bzw. konkurrierenden Verhaltensabsichten. Hierbei werden auch aktuell (noch) irrelevante Randbedingungen, Reize in der Peripherie bzw. im Rück-Feld des Fahrzeugs, aktuell noch nicht sichtbare Objekte sowie relativ unwahrscheinliche Situationsentwicklungen berücksichtigt (Rauch, 2009).

Das Situationsbewusstsein ist gemäß Rauch (2009) eher für die **Handlungsabsicherung** gegenüber Situationsänderungen zuständig (d.h. ermöglicht eine schnelle Anpassung an geänderte Ausgangsbedingungen), während die Antizipation der intentionsgemäßen Handlungssteuerung dient. Es beinhaltet „Antizipationen über die Nichterfüllung der Antizipation“ bzw. über „Veränderungen der Antizipation“ und kann als „Verfolgung von parallel zu[m] [...] Hauptstrang der Handlung [...] verlaufenden alternativen Situationsentwicklungen (Nebenstränge der Handlung) verstanden werden“ (Rauch, 2009, S. 37).

So gesehen kann man nur dann von Antizipation sprechen, wenn der Fahrer auch wirklich vom Eintreffen seiner Vorhersage überzeugt ist und diese nicht bloß grundsätzlich für möglich hält. Im Beispiel aus Kapitel 4.3 („Wird das Kind über die Straße laufen?“, S. 28 ff.) ist das Kind am Straßenrand zunächst vermutlich lediglich ein potenziell handlungsrelevanter Stimulus, der zwar weiter beobachtet wird, aber vorerst noch keine Anpassung der Handlung erforderlich macht. Nur falls zusätzliche Hinweisreize wahrgenommen werden, z.B. die besagte Bushaltestelle und der einfahrende Schulbus, wird der Fahrer tatsächlich antizipieren, dass das Kind höchstwahrscheinlich die Straße überqueren wird und seine Geschwindigkeit entsprechend reduzieren.

Ebenso wird eine voraus liegende grüne Ampel noch lange nicht zu der Antizipation eines bremsenden Vorderfahrzeugs führen. Erst wenn diese rot anzeigt, kann der Fahrer fest davon ausgehen, dass die vorausfahrenden Fahrzeuge demnächst anhalten werden. In diesem Fall ist das rote Licht ein antizipationsrelevantes Merkmal, während das grüne Licht für die Aufrechterhaltung des Situationsbewusstseins bedeutsam ist, weil es eine gewisse Wahrscheinlichkeit eines baldigen Umschaltens der Ampel auf Rot gibt.

Man muss also unbedingt unterscheiden zwischen Stimuli, die lediglich eine potenzielle Relevanz besitzen (und somit wichtig für das Situationsbewusstsein sind) und solchen, die tatsächlich handlungs- und damit antizipationsrelevant sind. Darüber hinaus gibt es natürlich auch Merkmale, die völlig unwichtig für die Fahraufgabe sind (und bleiben), weshalb sie vom Fahrer getrost ignoriert werden können.

Es wird beispielsweise keine Rolle spielen, ob es sich bei einer Bepflanzung am Straßenrand um Kastanien oder Ahorn handelt. Sehr wohl bedeutsam könnte dagegen sein, dass die vor einer Kurve befindlichen Bäume ggf. nachfolgende antizipationsrelevante Reize wie z.B. Baustellen oder Stauenden verdecken, so dass diese vom Fahrer nur sehr kurzfristig gesehen werden können. Aus diesem Grund wird der Anblick einer kurvenreichen Allee den situationsbewussten Fahrer dazu veranlassen, zusätzlich zu seiner Antizipation einer ungehinderten Weiterfahrt auch mit der alternativen Situationsentwicklung eines plötzlich auftauchenden Hindernisses auf der Fahrbahn zu rechnen. In der Folge wird er seinen Blick immer wieder auf die Stelle richten, wo er dieses Hindernis vermutet. Tritt es dann tatsächlich in Erscheinung, so kann er Antizipation und Verhalten schnell an die geänderten Umstände anpassen.

## 4.6 Abgrenzung der Antizipation von den Begriffen

### „mentales Modell“, „Schema“ und „Skript“

Die Begriffe „mentales Modell“, „Schema“ und „Skript“ beziehen sich auf Wissensstrukturen, die im Langzeitgedächtnis gespeichert sind, auf der Basis früherer Handlungen bzw. Erfahrungen geschaffen wurden und permanent erweiterbar bzw. veränderbar sind (vgl. Johnson-Laird, 1983; Bartlett, 1932, zitiert nach Rauch, 2009). Ihre Struktur ist dabei analog zur Struktur in der Realität (Brewer, 2002).

Unter den genannten drei Begriffen ist der des **mentalen Modells** nach Auffassung von Endsley, Bolté und Jones (2003) am weitesten gefasst: Es beinhaltet semantisches Wissen sowie Wissen über Prinzip und Verhalten eines bestimmten Systems. Die interne Repräsentation, welche der Fahrer von einer Verkehrsampel hat umfasst

beispielsweise u.a. deren (ungefähres) optisches Erscheinungsbild, ihren generellen Zweck, mögliche Systemzustände und deren Bedeutung sowie die anzunehmende Verortung innerhalb der Verkehrsumwelt. Es enthält aber auch Kenntnisse über Funktionsweise und typisches Verhalten – also z.B. darüber, dass eine Ampelanlage nach erfolgtem Wechsel von grünem auf gelbes Licht innerhalb weniger Sekunden Rot anzeigen wird.

So gesehen unterstützen mentale Modelle den Fahrer zwar bei seinen Antizipationen, sind aber nicht mit diesen identisch. Während erstere im Langzeitgedächtnis des Fahrers gespeichert sind und mehr oder weniger prototypische Fälle beschreiben, befinden sich letztere im Arbeitsgedächtnis und basieren auf der konkreten, aktuell erfahrenen Situation. Antizipationen sind also sehr wohl auch ohne die Zuhilfenahme von mentalen Modellen möglich. Allerdings gehen sie dann mit einer viel höheren Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses einher (vgl. Endsley et al., 2003).

Neben der verringerten Beanspruchung bei Verstehen und Antizipation des Gesehenen tragen mentale Modelle zur effizienten und effektiven Ausrichtung der Aufmerksamkeit bei. Des Weiteren können die im mentalen Modell enthaltenen Informationen dazu genutzt werden, um fehlende bzw. unvollständige Wahrnehmungen durch Stellvertreterwerte zu ergänzen (Endsley et al., 2003). Dies ist meist von Vorteil, da die menschliche Fähigkeit zu Wahrnehmung und Informationsaufnahme begrenzt ist, während zugleich Prozesse wie Antizipation und Entscheidung zwingend darauf angewiesen sind.

Die Kehrseite ist, dass diese Default-Werte lediglich die laut mentalem Modell zu erwartenden Gegebenheiten wiedergeben und nicht unbedingt der Realität entsprechen müssen. Schlimmstenfalls kann das gesamte mentale Modell, an dem sich der Fahrer in einer bestimmten Situation orientiert, fehlerhaft bzw. inadäquat sein. Verlässt sich der Fahrer zu stark darauf und vernachlässigt dabei die Informationsaufnahme, so können Fehler bei der Ausrichtung der Aufmerksamkeit, bei der Interpretation des Wahrgenommenen und auch bei der Antizipation die Folge sein.

Aus diesem Grund ist es wichtig, dass nach erfolgtem Musterabgleich zwischen den Merkmalen der aktuellen Situation und den Eigenschaften der verfügbaren mentalen Modelle des Fahrers dasjenige ausgewählt wird, welches die bestmögliche Übereinstimmung mit der Realität aufweist.

Die Begriffe „Schema“ und „Skript“ sind nach Ansicht von Endsley mit dem des mentalen Modells verbunden. Sie ermöglichen dem Fahrer eine noch größere Effizienz bei der Informationsverarbeitung bzw. eine weitere Reduktion der damit einhergehenden

Beanspruchung und wirken sozusagen als „Shortcuts“ (Endsley, 2000b; Endsley et al., 2003).

**Schemata** sind laut Endsley und Kollegen (2003) als prototypische Zustände eines mentalen Modells aufzufassen, die quasi schon im Gedächtnis „vorgeladen“ sind. Verstehen und Antizipation wurden hierbei in einen einzigen Schritt zusammengefasst, d.h. nach erfolgter Wahrnehmung kann sofort eine Antizipation gebildet werden ohne dass die Situation erst aufwändig interpretiert werden muss.

**Skripte** wiederum werden als noch effizienter angesehen als Schemata, da in diesem Fall von der Wahrnehmung direkt auf die angemessene Handlungssequenz geschlossen werden kann (Endsley et al., 2003). Sie sind verwandt mit den Begriffen „Routine“ (Betsch, 2005) bzw. „Gewohnheit“ (James, 1891; Aarts & Dijksterhuis, 2000). Trotz ihrer hohen Effizienz sind Skripte allerdings kein Ersatz für mentale Modelle und Schemata: Schließlich muss der Fahrer zunächst ein gewisses Situationsverständnis besitzen, um zu wissen wann ein bestimmtes Skript zur Anwendung kommen sollte (Endsley et al., 2003).

## 4.7 Methoden zur Messung von Antizipationsleistung und vorausschauendem Fahren

Bevor die Vor- und Nachteile diverser Messmethoden diskutiert werden können, ist es zunächst erforderlich zu unterscheiden zwischen der Antizipationsleistung auf der einen und dem vorausschauendem Fahren auf der anderen Seite.

Während Maße der Antizipationsleistung versuchen die Kognitionen des Fahrers in einer zuvor definierten Situation so unmittelbar wie möglich zu gewinnen, gelingt dies bei der Messung von vorausschauendem Fahren nur indirekt: Hier werden ausgewählte Parameter des gezeigten Fahrverhaltens erhoben und anschließend mit zuvor festgelegten Referenzwerten verglichen. Da die Handlungen des Fahrers aber nicht nur aufgrund der von ihm gebildeten Antizipationen erfolgen, sondern (wie bereits in Kapitel 4.5, S. 37 ff., ausgeführt) noch weiteren davon unabhängigen Einflüssen unterliegen (z.B. Strategien der Entscheidungsfindung), ist ein Rückschluss auf die Antizipationsleistung nur sehr eingeschränkt möglich.

Trotzdem sind Verhaltensmaße interessant und insbesondere ein Vergleich mit der (direkt gemessenen) Antizipationsleistung erscheint sehr vielversprechend: Idealerweise kann auf diesem Weg nämlich herausgefunden werden, ob das Verhalten des Fahrers in einer bestimmten Situation tatsächlich als „vorausschauend“ bezeichnet werden kann, d.h. auf einer entsprechenden frühzeitigen Wahrnehmung und Antizipa-

tion fußt, oder ob es anderen Einflüssen geschuldet ist (d.h. nur durch Zufall „richtig“ im Sinne des definierten Referenzwerts ist). Außerdem kann der Vergleich zwischen Antizipationsleistung und Verhaltensmaßen Aufschluss darüber geben, in welchem Ausmaß der Fahrer in der Lage war richtige Vorhersagen auch in situationsadäquates und rechtzeitiges Handeln umzusetzen.

Allerdings ist diese Vorgehensweise an eine Bedingung geknüpft: Für die Messung von Antizipation und Handlung dürfen nur solche Verkehrssituationen ausgewählt werden, die eine Verhaltensanpassung erforderlich machen und somit ein gewisses Konflikt- bzw. Unfallpotential bergen. Antizipationsrelevante, aber unkritische Stimuli wie z.B. eine grüne Ampel eignen sich nicht, da in diesem Fall nicht festgestellt werden kann, wie viel Zeit zwischen Antizipation und Handlungsumsetzung vergeht (vgl. auch Pritchett & Hansman, 2000).

Damit ausschließlich fahrrelevante Antizipationen untersucht werden (vgl. Kapitel 4.5, S. 37 ff.), sollte im Vorfeld der Datenerhebung unbedingt eine diesbezügliche Selektion der zu präsentierenden Situationen erfolgen. Welche methodischen Vorgehensweisen dafür geeignet sind, wird in Kapitel 4.8 (S. 61 ff.) beschrieben.

Zum Zwecke der interindividuellen Vergleichbarkeit der gemessenen Antizipationsleistungen sollten alle Probanden dieselben Verkehrskonstellationen erhalten, d.h. die Ausgangsbedingungen sollten identisch sein. Darüber hinaus sollte es – vor allem sofern ein Vergleich zwischen Antizipations- und Verhaltensdaten geplant ist – nur eine einzige „richtige“ Verhaltensweise geben (Negativbeispiel: Der Fahrer kann sowohl verlangsamen als auch die Fahrspur wechseln, um eine bevorstehende Kollision zu vermeiden). Dies schließt auch mit ein, dass für möglichst identische Motive und Ziele zwischen den getesteten Personen gesorgt werden muss (z.B. mittels entsprechender Instruktionen und/oder geeigneter Anreize).

Jedoch sollte man sich bei der Auswahl der Merkmale bewusst sein, dass handlungsrelevante Situationen i.d.R. recht gut berichtet werden können (vgl. Gugerty, 1997; Gronlund et al., 1998). Um Deckeneffekte zu vermeiden, kann es deshalb angebracht sein die Antizipations- und Fahrleistung gerade auch im Grenzbereich der Wahrnehmbarkeit der jeweiligen Stimuli zu messen (z.B. wenn die Entfernung noch relativ groß ist, eine Reaktion aber früher oder später unvermeidlich sein wird) bzw. am Limit der Informationsverarbeitungskapazität (d.h. unter erhöhter kognitiver Beanspruchung) zu erfassen.

Das Ziel bei der Entwicklung eines Tests der Antizipations- und Fahrleistung sollte jedoch – wie auch bei vielen anderen Fähigkeitstests (z.B. IQ-Tests) – ein angemessener, mittlerer Schwierigkeitsgrad sein, der möglichst gut zwischen den Leistungen der

verschiedenen Fahrer differenziert. So gesehen ist eine (annähernd) hundertprozentige Leistung eines Probanden nicht als absolut aufzufassen sondern muss immer in Relation zur Vergleichsgruppe gesehen werden. Mit anderen Worten: die Aussagekraft der Messung ist notgedrungen auf einen bestimmten Bereich begrenzt und die Generalisierbarkeit auf andere Stimuli bzw. Verkehrssituationen ist nur teilweise gegeben. Während man von herausragenden Antizipations- und Fahrleistungen eines Probanden in hochkomplexen Verkehrssituationen (Beispiel: asiatische Metropole) vielleicht noch Rückschlüsse auf eine entsprechend gute Leistung in reizärmeren Umgebungen (Beispiel: deutsche Kleinstadt) ziehen kann, ist dies umgekehrt vermutlich nicht möglich.

#### **4.7.1 Methoden zur Messung der Antizipationsleistung**

Die Messung der **Antizipationsleistung** erfolgte in den vorliegenden Untersuchungen i.d.R. mit Hilfe von Befragungsverfahren. Darüber hinaus finden sich im Zusammenhang mit der Messung von Situationsbewusstsein auch Vorgehensweisen, die eine subjektive Einschätzung – durch den Probanden selbst, durch Begleitpersonen („Beifahrer“) und/oder durch den Versuchsleiter – vorsehen.

##### **4.7.1.1 Direkte Messung mittels subjektiver Einschätzung**

Ein Beispiel für eine subjektive Einschätzung ist die sogenannte „China Lake Situational Awareness (CLSA)“ Methode von Adams (1998; zitiert nach Gawron, 2008). Bei diesem Verfahren stufen die Probanden an mehreren zuvor definierten Zeitpunkten während des Versuchs ihr Situationsbewusstsein auf einer fünfstufigen Ratingskala (von „sehr gering“ bis „sehr gut“) ein, wobei die Beurteilung der eigenen Antizipationsfähigkeiten eine tragende Rolle spielt.

Verwandte Methoden, wie z.B. SART (Taylor, 1989), SA-SWORD (Fracker & Davis, 1991) und die „Situational Awareness Supervisory Rating Form“ (Caretta, Perry & Ree, 1996), verwenden ebenfalls Ratingskalen. Jedoch gehen sie nicht explizit auf die Antizipationsfähigkeiten des Probanden ein, sondern legen den Schwerpunkt auf andere Aspekte des Situationsbewusstseins (z.B. Situationsverständnis). Einen Überblick zu diesen Methoden liefern u.a. Gawron (2008) und Jones (2000).

Trotzdem können eine Reihe von Aussagen, die in diesem Kontext getroffen wurden auf die Messung der Antizipationsleistung übertragen werden. Ebenso wie beim Konstrukt „Situationsbewusstsein“ erscheint es auch hier auf den ersten Blick naheliegend, die Probanden selbst einschätzen zu lassen wie vorausschauend sie in einer bestimmten Situation gedacht haben. Darüber hinaus wäre dies auch eine überaus ökonomische und leicht anzuwendende Vorgehensweise. Allerdings ist die Einschätzung mit-

tels Ratingskalen an eine Reihe von Bedingungen geknüpft: Zunächst einmal müssten die jeweiligen Abstufungen von Antizipationsleistung eindeutig und gut verständlich definiert werden, so dass die befragten Personen bei ihrer Einschätzung ein und dasselbe Konstrukt vor Augen haben. Des Weiteren müssten die Probanden in der Lage sein, eine halbwegs objektive Beurteilung ihrer Antizipationsfähigkeiten vorzunehmen.

Letzteres erscheint allerdings mehr als zweifelhaft, setzt es doch voraus, dass der Fahrer sich jederzeit über das objektiv vorhandene, nicht ausgeschöpfte Antizipationspotenzial im Klaren ist. In manchen Situationen mag das – zumindest ansatzweise – der Fall sein: beispielsweise wird ein Autofahrer, der eine vorausliegende Baustelle auf seiner Fahrspur erst zwei Sekunden vor einer Kollision bemerkt vermutlich den Verdacht hegen, dass er in dieser Situation nicht besonders gut antizipiert hat. Wie schlecht seine Leistung aber im Vergleich zu anderen Fahrern ausfällt, kann er nur sehr bedingt beurteilen.<sup>3</sup>

Noch problematischer stellen sich Situationen dar, in denen eigentlich eine Reaktion des Fahrers erforderlich gewesen wäre, die Nichtanpassung aber keinerlei negative Konsequenzen nach sich zieht. Zum Beispiel wird ein Fahrer (sofern es zu keinem Unfall kommt) unter Umständen niemals erfahren, dass er eben eine rote Ampel übersehen hat – sei es aufgrund eines glücklichen Zufalls (im kritischen Moment befand sich kein Verkehrsteilnehmer auf der vorfahrtsberechtigten Seite der Kreuzung) oder weil andere Fahrer auf ihr Vorfahrtsrecht verzichtet haben. Dass letzteres durchaus vorkommt – insbesondere falls der nicht vorfahrtsberechtigter Verkehrsteilnehmer sich der Kreuzung mit unveränderter Geschwindigkeit nähert – hat Houtenbos (2008) in einer Reihe von Experimenten nachgewiesen.

Zusätzliche Schwierigkeiten bei der Verwendung von Ratingskalen ergeben sich durch die zu erwartenden kognitiven Verzerrungen bei den Befragten: insbesondere die selbstwertdienliche Überschätzung der eigenen (Antizipations-)Fähigkeiten dürfte die Verwendbarkeit der gewonnenen Daten deutlich einschränken. Dazu kommen vermutlich noch Erinnerungslücken, die umso größer sind, je mehr Zeit zwischen der tatsächlichen Antizipation und deren Bewertung liegt (vgl. auch Riesenhuber, 2006).

Aus den oben genannten Gründen wird eine Selbsteinstufung der Fahrer anhand von Ratingskalen als ungeeignet für die Messung der Antizipationsleistung angesehen. Aber auch der Fremdeinschätzung durch Begleitpersonen („Beifahrer“) und/oder den Versuchsleiter ist mit Skepsis zu begegnen: schließlich können darin lediglich Be-

---

<sup>3</sup> Er wird kaum einen Blick zurück auf die Fahrer hinter ihm werfen und selbst wenn, so kann er bestenfalls von deren Verzögerungsverhalten auf die zugrundeliegenden Antizipationen schließen – nicht jedoch ihre Gedanken lesen.



obachtungen des gezeigten Verhaltens einfließen und dieses unterliegt, wie bereits weiter oben in diesem Kapitel ausgeführt wurde, nicht nur der Antizipation des Fahrers sondern auch noch anderen Einflüssen.

#### **4.7.1.2 Direkte Messung mittels Probandenbefragung**

Als sehr vielversprechend für die Messung der Antizipationsleistung erscheinen diverse Befragungsverfahren. Das Vorgehen entspricht hierbei im Wesentlichen dem der von Endsley (1988) entwickelten „Situation Awareness Global Assessment Technique“ (SAGAT) – nur mit dem Unterschied, dass sich die Fragen nicht auf Situationsbewusstsein (bzw. seine verschiedenen Stufen) beziehen, sondern auf die Antizipationen des Fahrers. Bei dieser Methode wird der Proband zunächst mit Verkehrssituationen konfrontiert, in denen antizipationsrelevante Merkmale zu sehen sind. Zu vordefinierten Zeitpunkten wird die Konfrontation dann unterbrochen und dem Probanden werden mehr oder weniger spezifische Fragen zu seiner Antizipation in der aktuellen Situation gestellt. Abschließend werden seine Antworten mit den realen Gegebenheiten verglichen und somit eine objektive Beurteilung der Antizipationsleistung ermöglicht.

Die Präsentation der Verkehrskonstellationen erfolgt i.d.R. entweder im Rahmen einer simulierten Umgebung (mit oder ohne Eingriffsmöglichkeiten durch den Fahrer) oder über Video- bzw. Bildmaterial, das im realen Straßenverkehr gewonnen wurde. Der Grund dafür ist deren Unterbrechbarkeit, wodurch eine unmittelbare Erfassung der Antizipationen ermöglicht wird.

Eine Befragung ohne Unterbrechung von Simulation oder Videopräsentation – oder gar während eines Feldversuchs – ist hingegen mit einigen Schwierigkeiten behaftet: Zwar lässt sich laut Sarter und Woods (1991) auf diese Weise ein unmittelbareres, weniger durch Default-Werte aus dem Langzeitgedächtnis verfälschtes Messresultat gewinnen; Allerdings besteht bei einer Online-Messung immer die Gefahr einer wechselseitigen Beeinträchtigung von Fahrleistung und Beantwortung der Fragen.

Möchte man dies vermeiden, so muss man im Feldversuch entweder erst einen Haltemöglichkeit ansteuern oder bis zum Ende des experimentellen Durchgangs warten, bevor man mit der Befragung beginnen kann. Beträgt der Zeitraum zwischen Reizdarbietung und Befragung maximal 5-6 Minuten, so sind noch keine negativen Auswirkungen auf die Leistungen der Probanden festzustellen (vgl. Endsley, 1995a). Bei größeren Pausen können hingegen verstärkt kognitive Verzerrungen auftreten („Recency“- und „Primacy“-Effekte, Vergessen von Details etc.).

Viel schwerer wiegt allerdings die Tatsache, dass bei einer Nicht-Unterbrechung der Reizkonfrontation eine Messung der Antizipationsleistung im zeitlichen Verlauf nicht

mehr möglich ist, sondern nur noch festgestellt werden kann, ob überhaupt irgendwann antizipiert wurde. Das liegt daran, dass sich die Situation selbst bzw. der Abstand des Fahrers zum antizipationsrelevanten Merkmal während der Formulierung der Frage und dem Nachdenken des Probanden weiter verändert. Des Weiteren wird der Fahrer aufgrund der Frage nach seiner Antizipation evtl. überhaupt erst darauf aufmerksam, dass es möglicherweise einen antizipationsrelevanten Stimulus in seiner Umgebung zu finden gibt. Das heißt: Im ungünstigsten Fall beeinflusst die Online-Befragung die gemessene Antizipationsleistung des Fahrers. Aus diesen Gründen wird für die Messung der Antizipationsleistung die Verwendung der sogenannten „Freezing“-Methode empfohlen, bei der die Reizdarbietung zu bestimmten Zeitpunkten unterbrochen wird. Damit ist zugleich vorgegeben, dass die Datenerhebung im Labor erfolgt (Fahrsimulator oder Standbild-/Videopräsentation) und nicht als Feldversuch im realen Straßenverkehr bzw. auf einer Teststrecke durchgeführt werden kann.

Im Hinblick auf den Inhalt der Fragen sind zwei Vorgehensweisen möglich: Während es bei einem so umfangreichen Konstrukt wie dem Situationsbewusstsein nicht sinnvoll ist, den Fahrer unspezifisch zu fragen was in der momentanen Situation „los ist“, kann die Frage nach der aktuellen Antizipation des Fahrers durchaus auch ohne nähere Konkretisierung gestellt werden (vgl. Houtenbos, 2008). Dies hat den Vorteil, dass der Proband sich nicht jedes Mal aufs Neue überlegen muss was genau von ihm gefordert wird, sondern spontan antworten kann. Zudem wird er durch den Inhalt der Fragen nicht in der Ausrichtung seiner Aufmerksamkeit sowie in seinem Antizipationsverhalten beeinflusst (was durchaus passieren kann, falls immer wieder nach einem bestimmten Aspekt der Verkehrssituation – z.B. dem Vorderfahrzeug – gefragt wird, vgl. Endsley, 1988; 2000a).

Entscheidet man sich dennoch für spezifische Fragen, so sollten diese auf keinen Fall so eng gefasst sein, dass die Versuchsperson die richtige Antwort mit hoher Wahrscheinlichkeit erraten kann (Negativbeispiel: „Wird das Vorderfahrzeug links oder rechts abbiegen?“). Des Weiteren sollte darauf geachtet werden, dass die Fragen nur beantwortet werden können, wenn zuvor das antizipationsrelevante Merkmal wahrgenommen wurde; auf keinen Fall darf die Antwort ausschließlich aus dem Langzeitgedächtnis generiert werden können (Negativbeispiel: „Das Vorderfahrzeug blinkt links. Was wird es in den nächsten Sekunden vermutlich tun?“). Berücksichtigt man dies nicht, so gewinnt man statt der situationsspezifischen Antizipation unter Umständen lediglich Teile aus einem (im Langzeitgedächtnis gespeicherten) mentalen Modell des Fahrers (vgl. auch Endsley, 1988; 2000a).

Inhaltlich drehen sich die spezifischen Fragen zur Antizipation z.B. um die örtliche Position von anderen Verkehrsteilnehmern in der nahen Zukunft bzw. um deren künftige

Fahrtrichtung/-spur, ihre (relative oder absolute) Geschwindigkeit, ihre Entfernung oder zu erwartendes (sicherheitskritisches oder regelwidriges) Verhalten (Gronlund et al., 1998; Endsley, 2000a, Gugerty, Rakauskas & Brooks, 2004); Mitunter wird auch nach Verkehrszeichen/Ampeln gefragt, die für das Durchfahren des vorausliegenden Streckenabschnitts bedeutsam sind (Rauch, 2009). Die Datenerhebung erfolgt entweder in Form von offenen Fragen oder mit vorgegebenen Antwortkategorien (z.B. schematische Zeichnung der Verkehrssituation aus der Vogelperspektive; vgl. Gronlund et al., 1998; Gugerty, 1997; Gugerty, Rakauskas & Brooks, 2004).

Um durch die Fragestellungen keine Verlagerung der Aufmerksamkeitsausrichtung in den nachfolgend präsentierten Situationen zu bewirken, sollten die abgefragten Aspekte inhaltlich breit gefächert sein (Endsley, 2000a). Allerdings darf das nicht so weit führen, dass der Proband deshalb zu nicht unmittelbar fahrrelevanten bzw. eher unwahrscheinlichen Prognosen befragt wird (Negativbeispiel: „Was wird die Kuh hinter dem Weidezaun in den nächsten Sekunden tun?“).

Das liegt einerseits daran, dass es bei Antizipation – im Gegensatz zu Situationsbewusstsein – ausschließlich um wahrscheinliche und fahrrelevante Situationsentwicklungen geht (vgl. Kapitel 4.5, S. 37 ff.). Zum anderen sind bei nicht unmittelbar fahrrelevanten Aspekten keinerlei Verhaltensänderungen erforderlich, was (wie bereits weiter oben beschrieben) einen situationsspezifischen Vergleich zwischen Antizipationsleistung und vorausschauendem Fahren verhindert.

Misst man Antizipation und Fahrverhalten anhand von mehreren Situationen und bildet daraus jeweils einen Gesamtwert, so würden sich Fragen zu wenig relevanten Aspekten vermutlich negativ auf die Bewertung der Antizipationsleistung auswirken, da eher Irrelevantes im Allgemeinen viel seltener korrekt genannt werden kann als unmittelbar Handlungsrelevantes (vgl. Gugerty, 1997; Gronlund et al., 1998). Auf der anderen Seite wäre jedoch kein Einfluss dieser schlechten Antizipationsleistung auf das vorausschauende Fahren zu erwarten – schließlich hat Fahrirrelevantes per Definition keine Auswirkungen auf das Verhalten des Fahrers. Der Vergleich zwischen beiden Werten ergäbe dann das verzerrte Bild von angesichts ihrer schlechten Antizipationsleistung erstaunlich vorausschauend fahrenden Probanden.

Typische Beispiele für Adaptionen des SAGAT zur Messung der Antizipationsleistung stellen die Laborexperimente von Houtenbos (Houtenbos et al., 2005; Houtenbos, 2008) sowie Dahmen-Zimmer und Gründl (2007a) dar. Beide griffen auf die o.g. Methode des „Freezing“ zurück (= Unterbrechung der Reizdarbietung an zuvor definierten Zeitpunkten) und boten dem Probanden keinerlei Interaktionsmöglichkeiten mit dem Stimulus-Material. Präsentiert wurden bei Houtenbos zehn Standfotos bzw.

Filmsequenzen von Kreuzungssituationen; bei Dahmen-Zimmer und Gründl waren es acht Videos von Autobahnszenarien, die durch Front- und Heckscheibe aufgenommen wurden.

Im Anschluss an jedes dargebotene Szenario wurden die Probanden über ihre Antizipation befragt, wobei jedoch in beiden Untersuchungen nicht gezielt nach bestimmten Aspekten gefragt wurde, sondern lediglich danach wie sich die Situation im Allgemeinen voraussichtlich weiterentwickelt und wie sich die anderen Verkehrsteilnehmer verhalten werden (Dahmen-Zimmer & Gründl, 2007a) bzw. was nach Meinung der Probanden wohl passieren wird und warum sie dies erwarten (Houtenbos et al., 2005; Houtenbos, 2008).

Während der Schwerpunkt von Houtenbos auf der qualitativen Auswertung der Aussagen lag (v.a. Bildung von wenn-dann-Verknüpfungen zwischen den Stimuli und den jeweiligen Antizipationen), wurde bei Dahmen-Zimmer und Gründl (2007a) auch die Übereinstimmung der formulierten Antizipationen mit der Realität überprüft. Es zeigte sich, dass der Anteil fehlerhafter Antizipationen meist unter 15% lag, d.h. die Probanden waren i. d. R. in der Lage komplexe Verkehrssituationen mit hoher Genauigkeit zu erfassen und zu antizipieren. Lediglich zwei Szenarien wurden von bis zu 70 % der Teilnehmer falsch eingeschätzt. In dem einen Szenario ging es darum, einem auf der rechten Spur fahrendem Auto das Überholen eines LKW zu ermöglichen. Das andere Szenario betraf das Einfädeln auf eine Autobahn unter Berücksichtigung der Fahrzeuge auf der rechten Spur.

#### **4.7.1.3 Indirekte Messung anhand von Prozessmaßen**

Mitunter werden auch Prozessmaße wie z.B. Blickbewegungen oder lautes Denken zur Messung der Antizipationsleistung ins Feld geführt. Allerdings haben sie den Nachteil, dass sie nur mit viel Aufwand erfasst und interpretiert werden können.

Eines der wenigen Beispiele für dieses Vorgehen stammt von Velichkovsky und Kollegen (2002), die Antizipation über die Verteilung der Fixationsdauern im Blickverhalten maßen. Hierbei wurde ein potenziell relevanter Stimulus in einer Entfernung von 25 m zum Fahrer (entsprach einer TTC von ca. 1.8 sec) in einen tatsächlich antizipationsrelevanten Reiz verwandelt (zuvor stehender Fußgänger überquert die Straße bzw. grüne Ampel schaltet auf Rot). Das Resultat war ein plötzlicher Anstieg von Fixationen mit mehr als 600 ms Dauer, während kurze Fixationsdauern von 90-300 ms abnahmen und mittlere Fixationsdauern in etwa gleich blieben.

Die Tatsache, dass sich dieses Phänomen v.a. dann zeigte, wenn die Versuchsperson anschließend mit einer Geschwindigkeitsreduktion reagierte, spricht dafür, dass erhöh-

te Fixationsdauern tatsächlich als indirekter Hinweis auf eine Antizipation des Fahrers interpretiert werden können. Allerdings ist dieser Parameter für sich allein betrachtet bei weitem nicht ausreichend: So berichten Velichkovsky und Kollegen (2002) auch von z.T. erhöhten Fixationsdauern bei solchen Fahrern, die mit unveränderter Geschwindigkeit weitergefahren sind. Aus diesem Grund empfehlen die Autoren eine differenziertere Betrachtung, bei neben der reinen Fixationsdauer auch deren Verlauf berücksichtigt wird sowie die Tatsache, ob der antizipationsrelevante Reiz foveal fixiert wurde oder peripher (vgl. auch Kapitel 4.4, S. 30 ff.).

Eine weitere Methode zur indirekten Erfassung von Antizipationsleistungen stellt das sog. „laute Denken“ bzw. „kommentierende Fahren“ dar. In diesem Zusammenhang ist insbesondere eine Untersuchung von Färber (2000) interessant, in der die Probanden ein Fahrzeug in einem Ballungsraum steuern und währenddessen alles aussprechen sollten, was ihnen spontan einfällt. Die dabei gemachten Äußerungen wurden aufgezeichnet und im Anschluss daran analysiert.

Obwohl mit dieser Methode ein gewisser Einblick bezüglich der Antizipationen und der dafür verwendeten Merkmale gewonnen werden kann, so hat sie dennoch zwei entscheidende Nachteile: zum einen ist bei den Probanden von sehr unterschiedlichen Verbalisierungsfähigkeiten auszugehen; zum anderen kann es eventuell zu einer Überforderung durch die Doppelbelastung (Fahren und Verbalisieren) kommen.

Aus diesem Grund führte Färber (2000) später noch eine Videoanalyse von wesentlichen Ausschnitten der Fahrt durch, in der Begründungen für das eigene Beschleunigungs-/Verzögerungs- und Abstandsverhalten sowie Annahmen über das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer erhoben wurden. Mit Hilfe dieser Daten wurden abschließend Regeln definiert, die die Verkehrssituation, die möglichen Fahrerreaktionen und deren Begründung (verknüpft mit „weil“ bzw. „obwohl“) umfassen, z.B. „Das einscherende Fahrzeug fährt schneller als ich selbst. Ich verzögere weil: Der Abstand klein ist, Keine dritte Spur vorhanden ist; Vor dem Einschierenden die Spur nicht frei ist“ (Färber, 2000).

#### **4.7.1.4 Indirekte Messung anhand der Entscheidung für bzw. gegen eine Bearbeitung von Nebenaufgaben**

In der Dissertation von Rauch (2009) wird eine Methode beschrieben, bei der das Situationsbewusstsein des Fahrers dadurch gemessen wird, ob dieser sich in einer Situation mit (potenziell) handlungsrelevantem Stimulus für oder gegen die Bearbeitung einer angebotenen Nebenaufgabe entscheidet. Hierbei gilt derjenige Fahrer als situationsbewusst, der sich angesichts eines gerade sichtbar gewordenen (potenziell) hand-

lungsrelevanten Reizes gegen die Bearbeitung der Nebenaufgabe entscheidet bzw. diese ggf. abbricht, in „unkritischen“ Situationen hingegen die Nebenaufgabe annimmt.

Obwohl sich diese Methode offenbar gut bewährt hat zur Messung von Situationsbewusstsein (vgl. Rauch, 2009), lässt sie sich vermutlich nicht auf die Messung von Antizipation übertragen. Zum einen dürften neben der bloßen Antizipation auch noch andere Faktoren einen Einfluss auf die Entscheidung für oder gegen eine Nebenaufgabe haben – ebenso wie dies bei Parametern der Fahrleistung der Fall ist. Ein eindeutiger Rückschluss auf die Antizipationsleistung ist deshalb nur sehr bedingt möglich.

Des Weiteren besteht das grundsätzliche Problem, dass sich ein Proband möglicherweise trotz sehr frühzeitiger korrekter Antizipation für die Bearbeitung der Nebenaufgabe entscheidet, da er hofft diese abschließen zu können, bevor eine Änderung des Fahrverhaltens notwendig sein wird (bzw. weil er annimmt beide Aufgaben parallel bewältigen zu können). Dies mag v.a. auf das erste der beiden bei Rauch (2009) beschriebenen Experimente zutreffen: hier lag die maximale Bearbeitungsdauer der Nebenaufgabe bei nur fünf Sekunden.

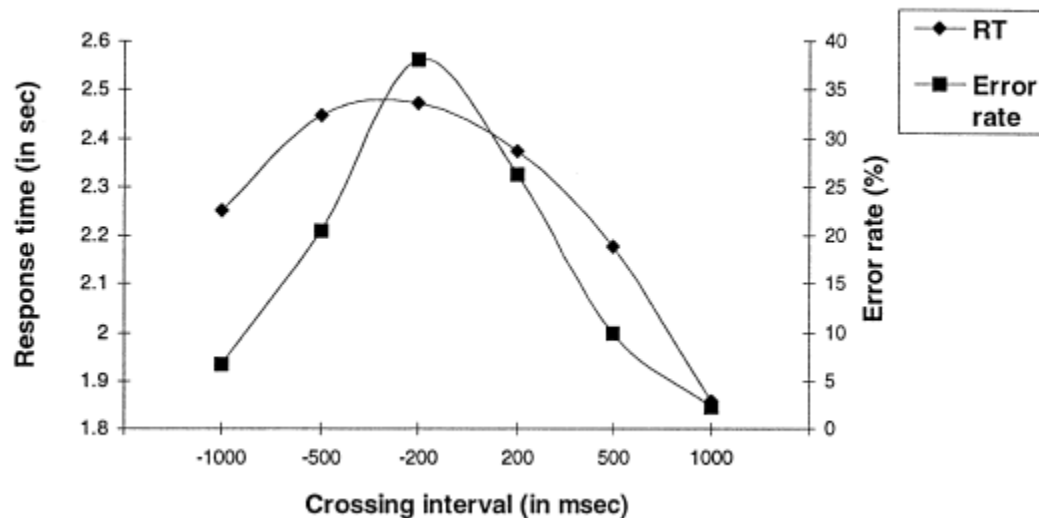
Auf der anderen Seite wird die Bearbeitung der Nebenaufgabe mitunter bereits dann abgelehnt, wenn noch gar kein antizipationsrelevanter Stimulus zu sehen ist, sondern sein Auftauchen lediglich geargwöhnt wird (z.B. vor nicht einsehbaren Kurven oder angesichts potenziell relevanter Stimuli wie stehenden Personen am Straßenrand). Hieraus lassen sich zwar wertvolle Hinweise auf das Situationsbewusstsein des Fahrers ableiten – nicht jedoch auf dessen Antizipationsleistung im engeren Sinne.

#### **4.7.1.5 Indirekte Messung anhand von Reaktionszeiten beim Tastendruck**

Berthelon und Kollegen (1998) haben sich im Rahmen eines Experiments mit der Frage auseinandergesetzt, wie gut Probanden antizipieren können, ob ein sich im rechten Winkel näherndes Fahrzeug vor oder nach dem Egofahrzeug an einer Kreuzung eintreffen wird. Hierzu wurden den Probanden 3 sec dauernde Videos virtueller Verkehrsszenen präsentiert, die jeweils 2 sec vor der Ankunft des Fahrers an der Kreuzung unterbrochen wurden. Die Antwort der Probanden erfolgte mittels Betätigung der linken bzw. rechten Maustaste. Erfasst wurde die Korrektheit der Antwort sowie die Reaktionsgeschwindigkeit, d.h. wie viel Zeit zwischen dem Start des Videos und der Antwort verstrichen ist.

Die durchschnittliche Reaktionszeit lag bei 2.3 sec, d.h. es wurde i. d. R. erst wenige Hundert Millisekunden vor dem Ende der Videoszene reagiert. Allerdings variierte die Reaktionszeit erheblich, wenn man das Zeitintervall zwischen dem Eintreffen des Fahrers und des anderen Fahrzeugs an der Kreuzung berücksichtigt. Hierbei führte insbe-

sondere die Beurteilung eines 200 ms nach dem Fahrer ankommenden Fahrzeugs zu verlängerten Reaktionszeiten sowie zu einer höheren Fehlerrate (vgl. Abbildung 4-6).



**Abbildung 4-6** Durchschnittliche Reaktionszeit und Fehlerrate in Abhängigkeit vom Zeitintervall zwischen dem Eintreffen des Egofahrzeugs und des anderen Fahrzeugs an der Kreuzung. Ein negatives Intervall bedeutet, dass das andere Fahrzeug erst nach dem Egofahrzeug an der Kreuzung eintreffen wird, ein positives Intervall bedeutet, dass es vorher eintreffen wird (Berthelon et al., 1998).

Alles in allem ist diese Operationalisierung der Antizipationsleistung jedoch kritisch zu bewerten, da beim Drücken verschiedener Tasten die Grenze zur eigentlichen (Re-)Aktion, d.h. dem vorausschauenden Fahren, fließend ist. Eine Differenzierung zwischen Antizipation und tatsächlicher Handlung ist so nicht mehr möglich. Da das Drücken der Tasten im Gegensatz zur Betätigung von Bremse, Gaspedal und Lenkrad selbst beim erfahrenen Fahrer keine automatisierte Handlung darstellt, ist es darüber hinaus auch fraglich, ob man mit dieser Methode eher in der Lage ist, nicht verbalisierbare Anteile der Antizipation zu messen als dies mittels einer Befragung möglich ist. Aus denselben Gründen ist auch der sogenannte „Hazard-Perception Test“ (Groeger & Chapman, 1996) problematisch, bei dem der Fahrer mittels Tastendruck anzeigt, dass er eine kritische Situation erwartet und die verstrichene Zeit zwischen dem Sichtbarwerden des Stimulus und der Reaktion des Fahrers als Maß für dessen Antizipationsfähigkeiten fungiert.

#### 4.7.2 Methoden zur Messung vorausschauenden Fahrens

Das vorausschauende Fahren definiert sich über das Verhalten des Fahrers und wird deshalb am besten auch anhand von Parametern des Fahrverhaltens gemessen. Dies hat auch den Vorteil, dass die tatsächlich in einer Situation gezeigte Handlungsweise

des Probanden betrachtet wird, während subjektive Selbsteinschätzungen mitunter stark von der objektiven Realität abweichen können und deshalb nicht sinnvoll erscheinen (vgl. auch Kapitel 4.7.1.1, S. 47 ff.).

Befragungen hinsichtlich des hypothetisch gezeigten Verhaltens in der jeweiligen Situation sind zwar möglich zur Messung vorausschauenden Fahrens (vgl. Experimente von Dahmen-Zimmer und Gründl, 2007a, sowie von Färber, 2000), sind jedoch kaum weniger aufwändig als die Erhebung von Fahrleistungsparametern. Außerdem bergen sie die Gefahr sozial erwünschten Antwortverhaltens – vor allem, wenn der Proband Kenntnis vom Untersuchungsgegenstand „vorausschauendes Fahren“ hat. So mag es beispielsweise passieren, dass ein Großteil der Probanden ein weitaus kooperativeres (z.B. beim Einfädeln anderer Fahrzeuge), regelkonformeres und energieeffizienteres Fahrverhalten nennt, als dies wirklich der Fall ist.

Dem kann man nur begegnen, indem man die Befragung erst im Anschluss an eine vorherige Erfassung des tatsächlich gezeigten Fahrverhaltens durchführt, d.h. als Ergänzung zu den gemessenen Verhaltensdaten. Das ist zwar sehr zeitintensiv, aber mitunter durchaus lohnend (vgl. Färber, 2000).

Im Hinblick auf das experimentelle Setting empfiehlt sich die Verwendung eines Fahr-simulators, da damit – im Gegensatz zum Feldversuch im realen Straßenverkehr – sowohl für alle Probanden vergleichbare Bedingungen sichergestellt werden können als auch die erforderlichen Verhaltensparameter relativ einfach extrahiert werden können. Allerdings sollte man sich auch der beiden gravierendsten Nachteile dieser Methode bewusst sein: zum einen riskiert man damit den Ausfall von Probanden aufgrund von auftretender Simulator-Krankheit; zum anderen sind die solchermaßen gewonnenen Resultate nicht unbedingt auf die Realität übertragbar.

Um das Risiko für letzteres zu minimieren, sollten die Eingriffsmöglichkeiten der Probanden möglichst denjenigen im Auto ähneln, d.h. durch Betätigung von Lenkrad, Gas- und Bremspedal erfolgen. Eine Operationalisierung über das Drücken von (Computer-)Tasten, wie es u.a. bei Gugerty (1997) der Fall war, ist hingegen kritisch zu bewerten, da dies selbst bei erfahrenen Fahrern keine automatisierte Handlung darstellt und somit u.U. nicht das tatsächliche Fahrverhalten abbildet.

Nun stellt sich allerdings noch die Frage, welche der vielen vorhandenen Verhaltensparameter analysiert werden müssen, um ein Fahrverhalten als mehr oder weniger vorausschauend bewerten zu können. Hierbei müssen zwei wesentliche Kriterien erfüllt sein: Erstens muss das Verhalten der jeweiligen Situation angemessen sein (vgl. Smith & Hancock, 1995). Das bedeutet, dass das gewählte Manöver den Fahrer seinem Ziel näher bringt, gleichzeitig aber effizient und sicher abläuft. Zweitens muss es, um als



wirklich vorausschauend bewertet werden zu können, so frühzeitig wie möglich erfolgen – idealerweise unmittelbar im Anschluss an das Sichtbarwerden des antizipationsrelevanten Merkmals. Damit dies nicht im Widerspruch zum zuvor geforderten Kriterium der Effizienz steht, sollte diese Reaktion zudem nicht abrupt erfolgen, sondern möglichst sanft sein.

Da – wie bereits in Kapitel 4.4 (S. 30 ff.) ausgeführt wurde – Lenkvorgänge im Allgemeinen ein recht exaktes Timing erfordern und somit wenig Potenzial zum frühzeitigen Handeln besteht, scheiden Maße der Querführung (mittlere laterale Position, TLC, Standardabweichung des Lenkwinkels etc.) bereits als geeignete Fahrparameter aus. Schließlich kann der Fahrer zum Beispiel angesichts einer 200 Meter vorausliegenden Kurve weder „unmittelbar“ mit dem Einlenken beginnen, noch kann er dies „sanft“ tun. Die einzige Möglichkeit das bevorstehende Lenkmanöver vorzubereiten, besteht in einer Anpassung der Geschwindigkeit (z.B. Verlangsamen oder Beschleunigen vor einem Spurwechsel bzw. an einer nicht vorfahrtsberechtigten Kreuzung, um eine ausreichende Lücke im Verkehr abzapfen; Verlangsamen vor einer Kurve).

Es verbleiben folglich die verschiedenen Maße der Längsführung als potenzielle Kandidaten für eine Operationalisierung vorausschauenden Fahrens.

Im ungünstigsten Fall wird das antizipationsrelevante Merkmal vom Fahrer komplett übersehen bzw. falsch interpretiert und es kommt zu einer Kollision, einem Abkommen von der Fahrbahn oder einem Verstoß gegen die geltenden Verkehrsregeln (z.B. Missachten eines Stoppschilds, Übertreten des Tempolimits, falsches Einordnen an der Kreuzung). Dies passiert aber – zum Glück – sehr selten und ist oftmals nur die Folge von Regelverstößen anderer Verkehrsteilnehmer oder extrem eingeschränkter Sichtverhältnisse (vgl. Fahrsimulator-Experiment von Houtenbos, 2008).

Aus diesem Grund eignet sich das bloße unfallfreie und regelkonforme Fahren nicht als diskriminierendes Merkmal vorausschauenden Fahrens (siehe auch Kapitel 6, S. 76 ff. sowie Unfälle-Debatte in Johnson, 1946 und McKenna, 1983). Bestenfalls können Unfälle oder Regelverstöße als ergänzende Informationsquelle Verwendung finden, indem beispielsweise die Fahrleistungsparameter verunfallter Fahrer in Nicht-Unfall-Situationen mit denjenigen unfallfreier Fahrer verglichen werden (z.B. bei Houtenbos, 2008; Rauch, 2009).

Dasselbe gilt in abgeschwächter Form auch für kritische Situationen, in denen der Fahrer gerade noch rechtzeitig eingegriffen hat, um einen Unfall bzw. Regelverstoß zu verhindern. Üblicherweise definiert man hierzu einen „kritischen Schwellenwert“ hinsichtlich maximaler Verzögerung (z.B.  $> 8 \text{ m/sec}^2$ ; vgl. Rauch, 2009), minimalem Abstand zum Vorderfahrzeug (z.B.  $< 1 \text{ m}$ ; vgl. Rauch, 2009) und/oder minimaler TTC (bei

Rauch, 2009, < 1 sec; bei Houtenbos, 2008, < 1.5 sec). Da allerdings die so definierten „kritischen Situationen“ im Straßenverkehr immer noch relativ selten auftreten und wenn, dann i.d.R. nur bei Regelverstößen anderer Fahrer bzw. später Sichtbarkeit des antizipationsrelevanten Merkmals auftreten (vgl. Houtenbos, 2008), ist auch das alleinige Ausbleiben kritischer Situationen nicht geeignet zur Operationalisierung vorausschauenden Fahrens.

Weitaus vielversprechender als die Verwendung eines mehr oder weniger willkürlich definierten Schwellenwerts, der diskret zwischen vorausschauendem versus nicht vorausschauendem Fahrerverhalten unterteilt, erscheint der Ansatz einer kontinuierlichen Auffassung vorausschauenden Fahrens. Hierbei ist nicht der erzielte Minimalwert (z.B. minimaler Abstand zum Vorderfahrzeug) von Interesse – schließlich wird sich auch ein sehr vorausschauender Fahrer bis auf einen gewissen Sicherheitsabstand an das antizipationsrelevante Merkmal annähern. Vielmehr geht es um die Frage, wie frühzeitig der Proband in der erforderlichen Art und Weise handelt. Ein Fahrer wird demnach als umso vorausschauender eingestuft, je eher er mittels einer Anpassung seines Fahrverhaltens auf den antizipationsrelevanten Reiz reagiert.

Die erforderliche Handlung besteht i.d.R. in einer Reduktion der aktuellen Geschwindigkeit (z.B. Houtenbos, 2008; Rauch, 2009; Rösler, 2010; Van der Hulst et al., 1999, Baumann et al., 2008), um eine Kollision mit einem (statischen oder dynamischen) Hindernis bzw. einen Verstoß gegen die geltenden Verkehrsregeln zu verhindern. Der Hauptgrund für diesen Fokus ist vermutlich, dass sich derartige Situationen relativ eindeutig gestalten lassen und keinerlei Handlungsalternativen für den Fahrer zulassen. Eine Beschleunigung bzw. einen Überholvorgang kann der Proband hingegen meist vermeiden, sofern er bereit ist Effizienzeinbußen hinzunehmen.

Von den beiden möglichen Arten der Geschwindigkeitsreduktion – nur mittels Loslassen des Gaspedals oder durch zusätzliche Betätigung des Bremspedals – ist erstere die aussagekräftigere: Zum einen geht sie grundsätzlich dem Bremsen zeitlich voraus, d.h. sie ist die unmittelbarere Form der Reaktion auf den antizipationsrelevanten Stimulus. Zum anderen genügt mitunter das bloße Loslassen des Gaspedals, um die erforderliche Geschwindigkeitsanpassung zu erreichen (vgl. Hancock & de Ridder, 2003; zitiert nach Houtenbos, 2008) – eine zusätzliche Bremsung wäre in diesem Fall als energieineffizient zu bewerten und keinesfalls ein Kennzeichen einer besonders vorausschauenden Fahrweise. Ebenfalls für die Berücksichtigung der Gaspedal- statt der Bremspedalstellung sprechen die Resultate einer Fahrsimulator-Studie von Houtenbos (2008), wonach Probanden, die in mindestens einer Situation innerhalb des Experiments einen Unfall hatten auch in den anderen Situationen signifikant später vom Gas gingen, jedoch nicht später bremsen als unfallfreie Probanden.

Bleibt noch zu klären, auf welche Weise die Frühzeitigkeit der Reaktion erfasst werden soll. Hier bieten sich zum einen zeitbasierte Maße an, z.B. die TTC oder der zeitliche Abstand („Time Headway“) im Moment der Handlung (= Entfernung geteilt durch Eigengeschwindigkeit). Zum anderen sind entfernungsbasierte Maße denkbar, d.h. eine Erfassung der Entfernung in Metern zwischen Hindernis/Verkehrszeichen und Fahrer zum Zeitpunkt der Reaktion (Loslassen des Gaspedals, Betätigen des Bremspedals).

Den zeitlichen Abstand haben u.a. Van der Hulst und Kollegen (1998; 1999) sowie Baumann und Kollegen (2008) mit Erfolg in Fahrsimulator-Experimenten zur Untersuchung vorausschauenden Fahrens eingesetzt. Jedoch lag der Fokus hierbei nicht auf interindividuellen Vergleichen, sondern auf dem generellen Nachweis der Existenz vorausschauender Fahrweisen. Dementsprechend wurde nur ein einziges Szenario getestet (bei Van der Hulst und Kollegen: abbremsendes Vorderfahrzeug, bei Baumann et al.: statisches Hindernis hinter einer Kurve), wobei es in einer Versuchsbedingung einen antizipationsrelevanten Hinweisreiz gab (bei Van der Hulst und Kollegen: von rechts einbiegendes Fahrzeug, bei Baumann et al.: Warnschild am Straßenrand), in der anderen hingegen keinerlei Vorabhinweise gegeben wurden.

Mit dieser Methode konnten Van der Hulst und Kollegen (1998; 1999) zeigen, dass die Probanden angesichts eines antizipationsrelevanten Reizes bereits ca. 3 Sekunden vor der Verlangsamung des Vorderfahrzeugs mit einer sanften Geschwindigkeitsreduktion reagierten, d.h. den Sicherheitsabstand erhöhten. Wenn das Vorderfahrzeug dann tatsächlich langsamer wurde, so kam es nicht zu kritischen zeitlichen Abständen (wie in der Bedingung ohne Hinweisreiz), sondern lediglich zu solchen, wie sie bereits vor Sichtbarwerden des einscherenden Fahrzeugs bestanden hatten (Van der Hulst et al., 1999). Auch eine Erhöhung des Zeitdrucks änderte nichts an diesem Verhalten, d.h. trotz des damit einhergehenden Zeitverlusts wurde die antizipative Fahrstrategie beibehalten (Van der Hulst et al., 1998).

Baumann und Kollegen (2008) fanden heraus, dass beim Loslassen des Gaspedals angesichts des tatsächlichen Hindernisses signifikant höhere mittlere TTC-Werte vorlagen, sofern zuvor ein entsprechendes Warnschild gezeigt wurde als dies ohne Vorwarnung der Fall war (5.26s vs. 3.69s). Zudem war in diesem Fall die Ausgangsgeschwindigkeit zum Zeitpunkt der Geschwindigkeitsreduktion mit durchschnittlich 57.6 statt 70.2 km/h erheblich niedriger, d.h. die Probanden verlangsamten offenbar (ebenso wie bei Van der Hulst et al., 1998; 1999) bereits vor dem Sichtbarwerden des Hindernisses allein auf Basis des antizipationsrelevanten Hinweisreizes „Verkehrsschild“.

Der Nachteil zeitbasierter Maße ist, dass sie vor allem im „unteren“ Bereich (also im Grenzbereich zu kritischen Situationen) gut differenzieren, mit zunehmender Höhe

aber an Aussagekraft verlieren, sofern die Probanden ihre Fahrgeschwindigkeit selbst bestimmen können. So würde beispielsweise von zwei Fahrern, die beide unmittelbar nach Sichtbarwerden des antizipationsrelevanten Reizes handeln, grundsätzlich derjenige als vorausschauender bewertet, der die geringere Ausgangsgeschwindigkeit hat. Das hieße: Fahrer A, der mit 30 km/h auf der Überlandstraße unangemessen langsam unterwegs ist und 250 m vor Erreichen eines Hindernisses vom Gas geht, gälte mit einem zeitlichen Abstand von 30 Sekunden als erheblich vorausschauender als Fahrer B, der es angesichts angemessener 100 km/h zum Reaktionszeitpunkt lediglich auf einen zeitlichen Abstand von 9 Sekunden bringt.

Dieses Problem wird bei der entfernungsbasierten Bewertung vorausschauenden Fahrens umgangen, für die sich u.a. Houtenbos (2008) entschieden hat. Im dort beschriebenen Fahrsimulator-Versuch näherten sich die Probanden einer unregelmäßig gekreuzten Kreuzung, wobei sie eventuelle andere Verkehrsteilnehmer erst sehr spät (ca. 30 m vor der Kreuzung) sehen konnten und folglich bereits zuvor ihre Geschwindigkeit reduzieren mussten. Erfasst wurde jeweils die Entfernung bis zur Kreuzung in Metern bei Loslassen des Gaspedals sowie bei Betätigung des Bremspedals. Erstere betrug im Mittel ca. 90 m, während letztere in einer durchschnittlichen Entfernung von ca. 47 m erfolgte (Houtenbos, 2008).

Die bei Houtenbos (2008) gefundenen signifikanten Unterschiede zwischen der Wegnahme des Gaspedals bei (in einer anderen Situation) Verunfallten bzw. beinahe Verunfallten und unfallfreien Probanden zeigen, dass die entfernungsbasierte Messung geeignet ist, um zwischen den o.g. Gruppen zu differenzieren. Geht man davon aus, dass selbstverschuldete Unfälle nur bei nicht vorausschauender Fahrweise passieren können, dann lässt dies hoffen, dass sich diese Methode auch für die Bewertung vorausschauenden Fahrens einsetzen lässt.

Allerdings sollte man bedenken, dass Houtenbos (2008) lediglich eine einzige Situation, die Annäherung an eine unregelmäßig gekreuzte Kreuzung, untersucht hat. Dies ist insofern kritisch, als sich bei den Probanden in Folge der vielen Wiederholungen ein- und desselben antizipationsrelevanten Merkmals vermutlich ein Lerneffekt einstellt: früher oder später beginnen die Versuchsteilnehmer gezielt nach diesem Stimulus zu suchen und reagieren dann auch entsprechend frühzeitiger als dies im realen Straßenverkehr der Fall ist (Endsley et al., 2003).

Um diesen Fallstrick zu umgehen, sollten den Probanden am besten mehrere sehr unterschiedliche Situationen präsentiert werden. Möchte man daraus einen situationsübergreifenden Gesamt-Leistungswert berechnen, so würde allerdings eine bloße Durchschnittsbildung (d.h. über alle Situationen gemittelte Entfernung des Probanden

zum Reaktionszeitpunkt) mitunter zu verzerrten Ergebnissen führen. Vergleichsweise wenig vorausschauende Reaktionen in Situationen mit sehr hohen Fahrgeschwindigkeiten (z.B. 100 m vor einem Hindernis auf der Autobahn) würden angesichts gleicher Entfernungswerte ebenso stark ins Gewicht fallen wie überdurchschnittlich vorausschauende Reaktionen bei geringer Geschwindigkeit (z.B. 100 m vor einem Hindernis im Stadtverkehr). Deshalb sollte man sich entweder auf eine situationsspezifische Auswertung beschränken oder einen Weg finden, um den o.g. Effekt zu neutralisieren.

## **4.8 Methoden zur Extraktion antizipationsrelevanter Stimuli**

Bleibt noch die Frage zu klären, welche der vielen in der Verkehrsumwelt vorhandenen statischen und dynamischen Stimuli bzw. welche qualitativen (z.B. Position, Bewegungsrichtung) und/oder quantitativen Teilaspekte (z.B. Entfernung, Geschwindigkeit) dem Fahrer Hinweise für seine Antizipation liefern und welche als eher irrelevant zu betrachten sind. Dieses Wissen hilft zum einen bei Auswahl und Ausgestaltung derjenigen Situationen, anhand derer die Messung von Antizipationsleistung und/oder vorausschauendem Fahren erfolgen soll. Zum anderen unterstützt es den Forscher bei der Formulierung geeigneter spezifischer Fragen, falls er sich für diese Methode der Antizipationsleistungs-Messung entschieden hat (vgl. Kapitel 4.7.1.2, S. 49 ff.).

Als Mittel der Wahl bietet sich zunächst die – in der Arbeitspsychologie geradezu klassische - Methode der Aufgaben- und Anforderungsanalyse an (Endsley, 2000a; Fastenmeier & Gstalter, 2008). Dabei handelt es sich um ein sogenanntes Expertenverfahren, d.h. die Beurteilung der Antizipationsrelevanz erfolgt nicht anhand von Probanden, sondern trifft der Forschende selbst (auf der Grundlage seiner Beobachtungen):

Als erstes definiert er die zu untersuchende Verkehrssituation (z.B. anhand der im Klassifikationssystem von Fastenmeier, 1995, bzw. Schweigert, 2003, genannten Kriterien Straßentyp, Trasse, Verkehrsablauf, andere Verkehrsteilnehmer und zulässige Geschwindigkeit). Dann werden die für eine Zielerreichung zu bewältigenden Aufgaben benannt, diese wiederum in Teilaufgaben zerlegt und entsprechend ihres räumlich-zeitlichen Ablaufs geordnet. Anschließend wird für jede Teilaufgabe eine Anforderungsanalyse durchgeführt, in deren Rahmen auch alle vom Fahrer wahrzunehmenden Informationen (einschließlich der antizipationsrelevanten Merkmale) aufgelistet werden. Beispiele für diese Vorgehensweise finden sich u.a. bei Endsley (2000a) sowie bei Fastenmeier und Gstalter (2008).

Allerdings steht und fällt der Wert dieser Methode mit der Erfahrungheit und den analytischen Fähigkeiten derjenigen Person, die die Analyse durchführt. Eine objektive und

umfassende Extraktion der antizipationsrelevanten Stimuli ist zumindest fragwürdig. Das hängt auch damit zusammen, dass der Analyst i.d.R. selbst als Autofahrer am Straßenverkehr teilnimmt und als solcher mehr oder weniger gut antizipiert. Sofern es nun aber antizipationsrelevante Merkmale gibt, die nicht von allen Fahrern gleichermaßen beachtet – und von manchen sogar gänzlich ignoriert – werden, dann besteht die Gefahr, dass diese bei der Analyse nicht hinreichend berücksichtigt werden. Ein solches vergleichsweise „exotisches“ Merkmal könnte u.a. der Einlenkwinkel der Räder eines unmittelbar an einer Kreuzung stehenden Vorderfahrzeugs sein, anhand dessen seine wahrscheinliche Fahrtrichtung vorhergesagt werden kann – auch wenn es den Blinker (noch) nicht bzw. sogar in die entgegengesetzte Richtung gesetzt hat.

Um diesem Problem zu begegnen, empfiehlt Endsley (2000a) ergänzend auch Daten in der Analyse zu berücksichtigen, die z.B. mit Hilfe von Probanden gewonnen wurden. Für welche Methode man sich dabei entscheidet (lautes Denken, Befragung nach Situationsende, Befragung nach Anhalten der Videosequenz), führt laut Rösler (2010) zu keinen signifikanten Unterschieden hinsichtlich der gewonnenen Merkmale.

Ein Beispiel für die Einbeziehung von Probanden ist eine Untersuchung von Dahmen-Zimmer und Gründl (2007a), in der Autofahrer Videoaufzeichnungen verschiedener Autobahnszenarien betrachteten und jeweils u.a. eine allgemeine Situationsbeurteilung abgeben sollten. Im Rahmen der anschließenden Auswertung wurden dann aus den erhaltenen Antworten u.a. die antizipationsrelevanten Stimuli extrahiert. Es zeigte sich, dass die Probanden trotz des vergleichsweise einförmigen situativen Kontexts (nur Autobahnfahrten) bei ihrer Antizipation ein sehr breites Spektrum von sowohl statischen (z.B. Verlauf und Länge von benachbarten Beschleunigungsstreifen) als auch dynamischen Merkmalen (z.B. Geschwindigkeit und Beschleunigung von Fahrzeugen vor dem unmittelbar vorausfahrenden Fahrzeug, Blinkverhalten, Fahrzeugtyp) berücksichtigen.

Dieses Phänomen bestätigen auch die Resultate einer Untersuchung von Färber (2000), in der die antizipationsrelevanten Reize mit Hilfe des „lauten Denkens“ während einer Fahrt des Probanden durch einen Ballungsraum in Kombination mit einer Nachbefragung anhand von Videoaufzeichnungen gewonnen wurden. Besonders häufig unter der Vielzahl genannter Stimuli – so Färber (2000) – waren dabei die Merkmale „Ampel“, „Spurwechsel“, „ein- bzw. ausscherendes Fahrzeug“ sowie „Hindernisse (auf der eigenen oder fremden Spur)“.

Eine bloße umfassende Auflistung aller antizipationsrelevanten Merkmale würde aufgrund des zu erwartenden riesigen Umfangs allerdings wohl sehr unübersichtlich. Von Benda (1977, zitiert nach Schweigert, 2003) kommt beispielsweise inkl. Merkmalskom-

binationen auf eine Anzahl von etwa drei Millionen. Aber auch bei isolierter Betrachtung der Einzelmerkmale sowie einer Beschränkung auf relativ wenige Situationen wird die Liste schon extrem umfangreich: Rösler (2010) berichtet z.B. von 273 genannten Merkmalen allein auf der Basis von 27 Videosequenzen innerstädtischer Verkehrssituationen mit einer Dauer von 15-25 Sekunden.

Dadurch ergibt sich die Notwendigkeit, die gefundenen Merkmale in irgendeiner Form zu ordnen und/oder zusammenzufassen. Auch dies kann wiederum entweder von Experten durchgeführt werden oder im Rahmen eines Probandenversuchs mit anschließender statistischer Auswertung erfolgen.

Der große Vorteil einer Zuordnung bzw. Zusammenfassung durch den Forschenden selbst ist, dass dies erheblich ökonomischer ist als ein (erneuter) Probandenversuch. Allerdings ist die Objektivität einer Expertenevaluation hier ebenfalls zweifelhaft, wobei nicht zuletzt die Gefahr einer unbewussten Beeinflussung durch die bereits im Vorfeld vorhandenen Hypothesen des Experten besteht. Aus diesem Grund sollten die so erzielten Resultate unbedingt noch durch ein (Labor-)Experiment validiert werden, in welchem die vom Experten als relevant befundenen Aspekte systematisch manipuliert werden (z.B. Hulst et al., 1999).

Dieses Vorgehen wurde z.B. von Rösler (2010) gewählt: Hierbei wurden die Probanden im Anschluss an eine Videopräsentation von Verkehrssituationen um die Einstufung der Fahrrelevanz von vorab selektierten Stimuli gebeten, die dort zu sehen waren. Als nächstes gruppierte die Versuchsleiterin die darunter befindlichen dynamischen Stimuli unter Zuhilfenahme der durchschnittlichen Relevanz-Einstufungen der Probanden sowie qualitativer Ähnlichkeiten in verschiedene Klassen. Abschließend analysierten zwei unabhängige Experten die möglichen Ursachen der unterschiedlichen Relevanz-Einstufungen, indem sie einen systematischen Zusammenhang zwischen qualitativen und entsprechenden quantitativen Unterschieden herzustellen versuchten (d.h.: In welchen qualitativen Aspekten unterschieden sich zwei Merkmale, die im Hinblick auf ihre Relevanz sehr unterschiedlich bewertet wurden?).

Mit dieser Methode wurden die folgenden Merkmalsdimensionen als fahrrelevant identifiziert (Rösler, 2010):

- räumliches Verhältnis des Fahrers zum dynamischen Stimulus (wobei gilt: ein unmittelbar vorausfahrendes / kreuzendes Merkmal ist relevanter als ein parallel bewegtes)
- Geringe Entfernung des Merkmals
- Hohe Geschwindigkeit / Beschleunigung des Merkmals
- Schwierige Vorhersagbarkeit seines Verhaltens

- Verstoß gegen Verkehrsregeln
- Gruppe statt Einzelelement
- großes Kfz in geringer Entfernung; kleines Fahrzeug in größerer Entfernung
- Keine bauliche Trennung, keine Mittelmarkierung, enge Straße

Um die Gültigkeit der solchermaßen extrahierten Merkmalsdimensionen zu überprüfen, führte Rösler (2010) danach noch eine Reihe von Experimenten im Fahrsimulator durch. Hierbei wurden diverse Stimuli jeweils einmal unter fahrrelevanten und ein anderes Mal unter weniger fahrrelevanten Begleitumständen präsentiert (z.B. entgegenkommender Verkehr ohne versus mit baulicher Trennung).

Es zeigte sich unter anderem, dass Situationen mit (laut Experteneinstufung) Relevanz erhöhenden Merkmalen von den Probanden ebenfalls als wichtiger eingestuft wurden als solche mit weniger relevanten Merkmalen. Darüber hinaus berichtet Rösler (2010) von längeren und häufigeren Blicken auf solche Merkmale, die als erhöht relevant manipuliert wurden sowie von umso geringeren Fahrgeschwindigkeiten und umso höherer kognitiver Beanspruchung, je mehr Relevanz erhöhende Merkmale in der jeweiligen Situation zu sehen waren. Dies spricht alles dafür, dass die gefundenen Dimensionen tatsächlich zwischen unterschiedlich fahrrelevanten Merkmalen trennen: Ein Expertenverfahren kann somit durchaus zu validen Resultaten führen.

Dies zeigt sich auch bei Houtenbos (2008), die unter Zuhilfenahme von 10 innerstädtischen Kreuzungssituationen (einmal in Form von 10sekündigen Videos und einmal als Standfotos) sowohl eine Experteneinstufung vornahm als auch zwei davon unabhängige Probandenbefragungen durchführte.

Basis für die qualitative Analyse durch die Versuchsleiterin waren hierbei die Angaben von 12 Probanden, welche zu jeder Videosequenz sowohl eine Antizipation formulieren als auch anhand der wahrgenommenen Merkmale begründen sollten. Nachdem die so gewonnenen Antworten in Wenn-Dann-Aussagen transformiert wurden, wurden diese anhand eines zuvor entwickelten multiplen Schemas codiert, zusammengefasst und schließlich nach Augenscheinnahme 19 verschiedene Cluster mit einander ähnlichen Stimuli gebildet (Details zum Verfahren finden sich bei Houtenbos, 2008).

Sehr häufig gefunden wurden laut Houtenbos (2008) Aussagen, die sich auf andere Verkehrsteilnehmer, auf die Fahrtrichtung sowie auf die Vorfahrtsregelung bezogen. Daneben wurden aber auch noch eine Vielfalt weiterer Merkmale erwähnt, wie z.B. Hindernisse, Verkehrsschilder, die Sichtbarkeit für andere sowie das bereits weiter oben angesprochene eher exotische Kriterium „Position der Fahrzeugräder“ (das lediglich in 4 der insgesamt 204 kategorisierten Aussagen vorkommt).



Die vergleichend durchgeführte Kategorisierung der Antworten durch Probanden erfolgte mittels einer angepassten Version der sogenannten „Concept-Mapping“-Methode von Jackson und Trochim (2002). Datengrundlage waren auch hier wieder Wenn-Dann-Aussagen, die von der Versuchsleiterin anhand der Antizipationen der 10 befragten Probanden sowie deren Begründungen gebildet wurden.<sup>4</sup>

Um die Fülle an generierten Aussagen auf eine für die Probanden bewältigbare Menge zu reduzieren, wählte Houtenbos (2008) pro Proband und Situation nach dem Zufallsprinzip eine Aussage aus, so dass insgesamt 100 Aussagen verblieben. Diese wurden dann von jedem Probanden im nächsten Schritt des „Concept Mappings“ nach Ähnlichkeit sortiert. Die Auswertung mittels einer Homogenitätsanalyse (HOMALS) ergab eine zweidimensionale Visualisierung der Sortierergebnisse, in der die verschiedenen Aussagen umso näher beieinander stehen, je häufiger sie von den Probanden zusammen gruppiert wurden.

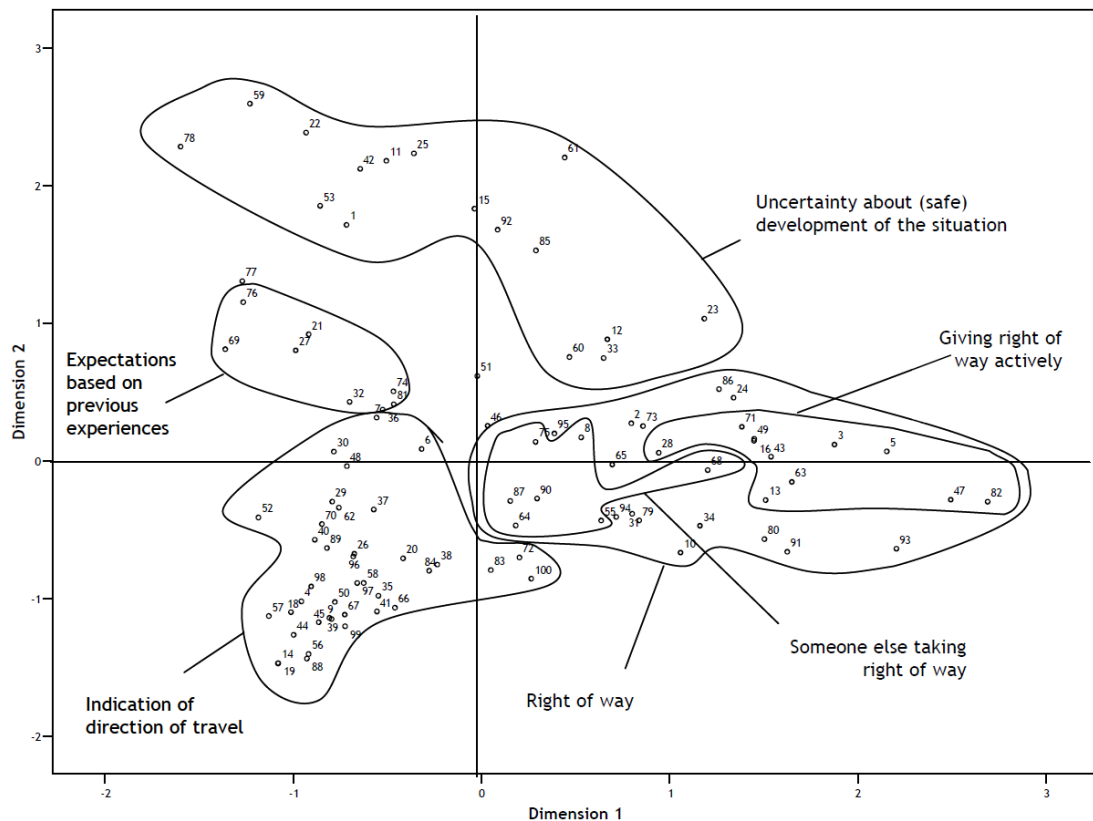
Eine daraufhin durchgeführte Clusteranalyse identifizierte vier größere Cluster (vgl. Abbildung 4-7):

- Vorfahrt (mit Unterteilung in „aktiv die Vorfahrt gewähren“ versus „ein anderer hat Vorfahrt“)
- Hinweise auf die Fahrtrichtung
- Erwartungen aufgrund früherer Erfahrungen
- Unsicherheit über die Weiterentwicklung der Situation

Die Dimensionen bezeichnen laut Houtenbos (2008) die Perspektive (selbst versus anderer Verkehrsteilnehmer) und den Grad der Unsicherheit bei der Antizipation.

---

<sup>4</sup> Wobei als Stimulusmaterial diesmal Standfotos der im vorherigen Experiment verwendeten Videosequenzen dienten.



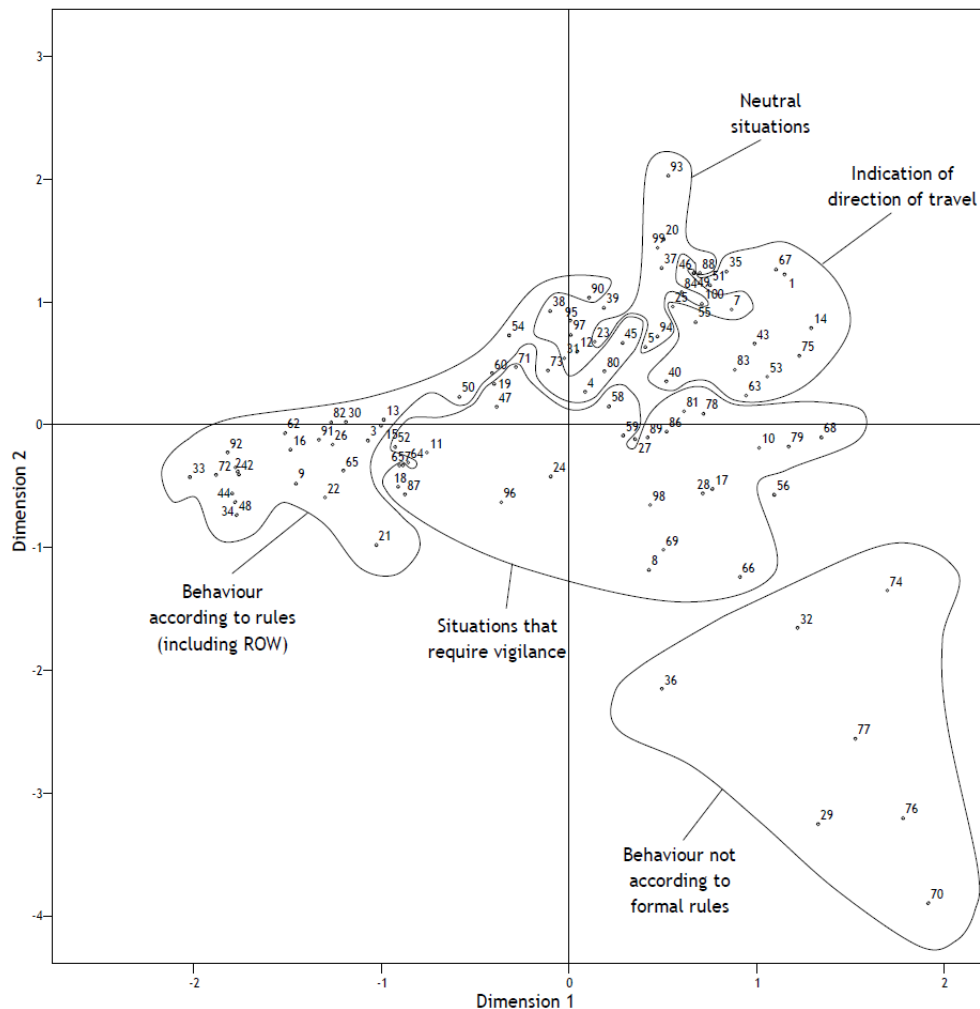
**Abbildung 4-7** Ergebnisse des ersten „Concept Mapping“ Experiments von Houtenbos (2008)

Zu Validierungszwecken hat Houtenbos (2008) dasselbe Experiment danach noch einmal mit weiteren 10 Probanden (und deren Wenn-Dann-Aussagen) durchgeführt. Hierbei ergaben sich wiederum zwei Dimensionen, die von Houtenbos mit „Grad der Anwendung von Verkehrsregeln“ und „Grad der Unsicherheit bei der Antizipation“ benannt werden. Die Clusteranalyse förderte allerdings diesmal fünf Cluster zutage (vgl. Abbildung 4-8):

- Regelkonformes Verhalten
- Regelverstöße, Informelle Regeln
- Unklare/unsichere Situationen, in denen Aufmerksamkeit erforderlich ist
- Neutrale Situationen, in denen vermutlich nichts passiert
- Fahrtrichtung

Obwohl die Vergleichbarkeit der Kategorisierung durch Experten mit der Sortierung durch Probanden sowie die Vergleichbarkeit zwischen den beiden „Concept Maps“ selbst aufgrund der Verwendung unterschiedlichen Ausgangsmaterials eingeschränkt ist, so finden sich doch wesentliche Aspekte in allen drei Analysen wieder: Zum einen spielt naturgemäß die Vorfahrtsregelung eine wesentliche Rolle bei der Antizipation von Interaktionssituationen an Kreuzungen. Zum anderen ist offenbar auch das Vor-

handensein anderer Verkehrsteilnehmer sowie deren Position und Fahrtrichtung von Bedeutung.



**Abbildung 4-8** Ergebnisse des zweiten "Concept Mapping" Experiments von Houtenbos (2008)

Allerdings führte das Expertenverfahren mit insgesamt 19 identifizierten Kategorien zu einer erheblich größeren Differenzierung als das „Concept Mapping“ Verfahren, mit dem nur vier bzw. fünf verschiedene Cluster gefunden wurden konnten. Auf der anderen Seite nahm die Unsicherheit der Fahrer angesichts mehrdeutiger Stimuli in den „Concept Maps“ einen sehr großen Raum ein, wohingegen sie im Expertenverfahren noch nicht einmal beiläufig erwähnt wurde. Es haben also beide Verfahren unterschiedliche Stärken und Schwächen, führen aber zu vergleichbaren Kernaussagen.

Ein verwandtes Vorgehen wie Houtenbos (2008) wählten von Benda und Hoyos (1983), wobei die 60 Probanden allerdings keine Einzelmerkmale sortierten, sondern stattdessen 39 Fotos von Verkehrssituationen nach Ähnlichkeit bzw. ähnlichem Gefahrenpotenzial gruppieren und jeweils mit einem passenden Oberbegriff ver-

sehen sollten. Die statistische Auswertung anhand von multidimensionaler Skalierung und hierarchischer Clusteranalyse ergab hierbei zwei größere Cluster: Der eine Cluster enthält Situationen mit ungünstigen Wetter- und Straßenverhältnissen, der andere beinhaltet alle anderen gezeigten Situationen und lässt sich laut von Benda und Hoyos (1983) in die Sub-Cluster „Kreuzungen“, „Hindernisse, Bau- und Engstellen“, „Fußgänger, Verkehrsteilnehmer mit Vorrecht, riskantes Verhalten“ sowie „ungehinder-tes Fahren“ unterteilen.

Als Alternative zur „Concept-Mapping“-Methode kommt die sogenannte „Repertory-Grid-Technique“ in Frage, die von Kelly (1955) entwickelt wurde und mit der sich ebenfalls anhand von Probandenurteilen Ähnlichkeiten zwischen antizipationsrelevanten Merkmalen identifizieren lassen. Hierbei werden dem Probanden üblicherweise jeweils drei (zufällig ausgewählte) Stimuli gleichzeitig präsentiert und er soll daraufhin ein Konstrukt-Paar generieren, das beschreibt inwiefern zwei der präsentierten Stimuli einander ähneln und sich vom dritten Stimulus unterscheiden (z.B.: „Fußgänger“ und „Radfahrer“ bewegen sich, während „Stoppschild“ statisch ist). Dies wird so lange mit immer neuen Stimuli-Tripeln wiederholt, bis in etwa genauso viele Konstrukt-Paare gewonnen wurden wie Stimuli vorlagen. Im nächsten Schritt bewertet der Proband für jeden einzelnen Stimulus anhand einer Ratingskala, inwieweit jedes zuvor gefundene Konstrukt (bzw. sein Kontrapol) darauf zutrifft. Die Auswertung der sich ergebenden Datenmatrix erfolgt dann (ebenso wie bei der „Concept-Mapping“-Methode) mittels struktur-entdeckender Verfahren wie z.B. multidimensionaler Skalierung und Clusteranalyse.

Obwohl die „Repertory-Grid-Technique“ durchaus vielversprechend erscheint für eine Kategorisierung antizipationsrelevanter Merkmale durch Probanden, kommt sie dennoch offenbar kaum zum Einsatz<sup>5</sup>. Dies mag zum einen daran liegen, dass sie per se mit extrem hohem zeitlichem Aufwand verbunden ist; zum anderen ist es bei einem derart umfangreichen Stimulus-Pool wie dem der antizipationsrelevanten Merkmale nicht möglich dem Probanden alle potenziell möglichen Stimulus-Kombinationen vorzu-legen, so dass man sich notgedrungen auf eine kleine Auswahl beschränken müsste.

Zur Validierung der gefundenen antizipationsrelevanten Merkmale bieten sich die bereits in Kapitel 4.7 (S. 45 ff.) beschriebenen experimentellen Methoden an, wobei das Vorhandensein der vermuteten Antizipationsmerkmale systematisch manipuliert wird und man deren Auswirkung auf Antizipationsleistung und/oder vorausschauendes Fahren analysiert. Auf diesem Weg gelang z.B. Van der Hulst und Kollegen (1999) der Nachweis, dass ein einscherendes Fahrzeug als Hinweisreiz für eine baldige Ge-

---

<sup>5</sup> Eine der wenigen Ausnahmen stellt Riemersma (1988) dar, dessen Fokus allerdings auf den mentalen Modellen unterschiedlicher Straßenkategorien lag und nicht auf den Antizipationen des Fahrers.

schwindigkeitsreduktion des Vorderfahrzeugs dienen kann: War ein solcher Stimulus vorhanden, so verlangsamten die Probanden ihr Fahrzeug deutlich frühzeitiger als sonst – mitunter sogar noch bevor das Vorderfahrzeug selbst langsamer wurde. Weitere Beispiele für eine derartige Validierung liefern u.a. Rösler (2010, siehe oben) sowie Baumann und Kollegen (2008; vgl. Kapitel 4.7.2, S. 55 ff.). Der Nachteil hierbei ist lediglich der damit verbundene hohe Aufwand, weshalb i.d.R. nur eine kleine Stichprobe aus der Vielzahl potenziell antizipationsrelevanter Merkmale geprüft werden kann.

Eine Alternative zur experimentellen Validierung wird bei Larsson (2005) beschrieben, die in ihrer Masterarbeit die Vorhersagbarkeit des Verhaltens von Fußgängern in der Nähe von Zebrastreifen analysierte. Hierbei hat sie die potenziell antizipationsrelevanten Hinweisreize auf ihre Vorhersagekraft geprüft, indem sie deren Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein mit dem real gezeigten Verhalten von Fußgängern verglich, die auf entsprechenden (vom Straßenrand aus aufgezeichneten) Videosequenzen zu sehen waren. Mit diesem Verfahren konnte sie u.a. zeigen, dass Personen, die sich der Straße näherten, diese i.d.R. auch überquerten, während solche, die sich davon entfernten dies mit Sicherheit nicht taten. Die Tatsache, ob sie sich auf der Innen- oder Außenseite des Fußgängerwegs befanden, hatte hingegen keinen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit einer Straßenüberquerung.

Leider hat diese Methode – für sich allein genommen – aber zwei gravierende Schwächen: zum einen erlaubt sie keinerlei Schlüsse auf die tatsächliche Fahrrelevanz der mit dem jeweiligen Merkmal verknüpften Antizipation, sondern überprüft bloß deren generelle Verlässlichkeit. Inwiefern das Wissen um einen demnächst kreuzenden Fußgänger für den Fahrer tatsächlich von Vorteil ist, hängt jedoch von einer Reihe weiterer Faktoren ab – allen voran vermutlich von der TTC zum Fußgänger. Zum anderen lässt die Analyse des Videomaterials den möglichen Einfluss des Fahrers auf die Situationsentwicklung unberücksichtigt. Beispielsweise mag ein Drehen des Kopfes nach rechts und links in den vom Straßenrand aus gefilmten Videosequenzen relativ oft damit einhergehen, dass der Fußgänger anschließend trotz roter Ampel auf die Straße tritt – und zwar aus dem einfachen Grund, weil sich im Moment auf der Straße kein anderer Verkehrsteilnehmer nähert bzw. dessen TTC noch ausreichend groß ist. Angesichts eines herannahenden Fahrzeugs (was ja letztlich auch bei Videoaufzeichnungen aus einem fahrenden Auto heraus der Fall ist) kann derselbe Stimulus (Kopfdrehen des Fußgängers angesichts einer roten Fußgängerampel) hingegen genau das Gegenteil bedeuten: es kann ein Indiz dafür sein, dass der Fußgänger den Fahrer wahrgenommen hat und deshalb – trotz Überquerungsabsicht – vorerst stehen bleiben wird. Aus diesen Gründen sollte das von Larsson (2005) verwendete Expertenverfahren eher als Ergänzung denn als Ersatz für eine experimentelle Validierung angesehen werden.

## 5 MOTIVIERENDE FAKTOREN FÜR VORAUSSCHAUENDES FAHRVERHALTEN

Bezüglich der Frage, ob Antizipation und vorausschauendes Fahrverhalten zwingend Hand in Hand gehen oder ob eine mehr oder weniger große Zeitlücke zwischen dem Wissen des Fahrers um eine baldig notwendige Verhaltensänderung und der tatsächlichen Umsetzung klafft, lassen sich zwei extreme Ansichten identifizieren: die eine stammt von Näätänen und Summala (1974), die andere von Wilde (1982).

Laut dem „**Null-Risiko-Modell**“ von Näätänen und Summala (1974) möchte der Fahrer keinerlei Risiko verspüren: sobald er ein solches wahrnimmt, ergreift er kompensatorische Maßnahmen. Eine wenig vorausschauende Fahrweise wäre demzufolge einzig und allein auf eine mangelhafte Antizipation der realen Unfallrisiken zurückzuführen, die allerdings neben den Informationsverarbeitungsfähigkeiten auch von interindividuellen und motivationalen Faktoren beeinflusst wird (z.B. Zeitdruck). Mit anderen Worten: die Toleranzschwelle ist objektiv gesehen überhöht, was dem Fahrer aber nicht bewusst ist. Vorausschauendes Fahrverhalten ließe sich in diesem Fall ganz einfach dadurch herbeiführen, dass man dem Fahrer zu einer möglichst guten Antizipationsleistung verhilft (z.B. über Fahrerinformationssysteme).

Nach der auf dem „Risiko-Geschwindigkeit-Kompensationsmodell“ von Taylor (1964) aufbauenden „**Risiko-Homöostase-Theorie**“ von Wilde (1982; Wilde & Murdoch, 1982) strebt der Fahrer hingegen ein bestimmtes subjektives Unfallrisiko an, dessen Höhe von fahrtspezifischen (z.B. Zeitdruck) und aktuellen Zuständen des motivationalen Systems (z.B. nach Durchfahren eines Staus) sowie von individuellen Dispositionen (z. B. Bedürfnis nach Stimulation) bestimmt wird. Über- bzw. unterschreitet das antizipierte Unfallrisiko den präferierten Risiko-Wert, dann wird dies durch eine Änderung des Fahrverhaltens kompensiert (z.B. Betätigung des Bremspedals).

Demnach könnte es also durchaus sein, dass der Fahrer trotz perfekter Antizipation einer notwendigen Handlungsänderung mit seinen Handlungen sogar noch zu einer Verschärfung des Unfallrisikos beiträgt – z.B. indem er angesichts einer roten Ampel zunächst beschleunigt und das Auto dann wenig später gerade noch rechtzeitig zum Stehen zu bringt. Um ein derartiges Verhalten zu verhindern und im Gegenzug eine vorausschauende Fahrweise zu fördern, müsste man laut Wilde entweder die Fahrer-motivation ändern oder eine an sich korrekte Antizipation des Fahrers dahingehend beeinflussen, dass ein höheres Unfallrisiko wahrgenommen wird als tatsächlich besteht. Bei einer bloßen Automatisierung frühzeitiger Handlungen (z.B. mittels intelligentem Abstandsregelungstempomat) sind allerdings Akzeptanzprobleme zu erwarten.

Eine vermittelnde Position zwischen diesen beiden Extrema nimmt das „**Bedrohungsvermeidungsmodell**“ von Fuller (1984) ein: Auch hiernach gilt das Erleben von Risiken als aversiv und wird als Grund für Verhaltensänderungen des Fahrers angesehen. Allerdings gibt es laut Fuller (1984) neben dem „potenziell aversiven Stimulus“, welcher zur Vermeidung aversiver Konsequenzen (Verletzungen, materieller Schaden, Verlust des Führerscheins etc.) zwangsläufig eine Handlung des Fahrers erfordert auch noch sogenannte „diskriminative Stimuli“. Diese stellen Warnsignale dar, welche das spätere Auftreten des aversiven Ereignisses zwar wahrscheinlicher machen aber im Gegensatz zum „potenziell aversiven Stimulus“ nicht absolut zweifelsfrei vorhersagen können. Beispiele hierfür sind u.a. Warnschilder, widrige Wetterverhältnisse und Beeinträchtigungen des Leistungsvermögens (z.B. aufgrund von Müdigkeit).

Der Fahrer hat laut Fuller (1984) angesichts eines diskriminativen Stimulus im Prinzip zwei Möglichkeiten: Entweder er vollzieht sofort eine antizipatorische Vermeidungsreaktion (z.B. Loslassen des Gaspedals) und verhindert das aversive Ereignis damit erfolgreich (vgl. „Null-Risiko-Modell“) oder er wartet zunächst ab bzw. führt eine mit der Vermeidungsreaktion konkurrierende Handlung aus. Das kann „gutgehen“ (d.h. das aversive Ereignis bleibt aus bzw. der Stimulus verschwindet von selbst wieder) oder auch nicht (d.h. der potenziell aversive Stimulus tritt in Erscheinung). In letzterem Fall muss der Fahrer schnell eine verzögerte Vermeidungsreaktion (z.B. Vollbremsung) durchführen, um negative Konsequenzen zu vermeiden.

Ob sich der Fahrer für die antizipatorische oder die verzögerte Vermeidungsreaktion entscheidet, hängt nach Fuller (1984) ab von ...

- den belohnenden bzw. bestrafenden Konsequenzen der jeweiligen Reaktion (z.B. Verspätung bei einer für den Fahrer wichtigen Verabredung, Verbesserung des eigenen Images, Übereinstimmung mit subjektiven Normen) sowie
- der subjektiven Wahrscheinlichkeit dieser Konsequenzen (durch individuelle Erfahrungen veränderbar).

Die Tatsache, dass eine nicht vorausschauende Fahrweise oftmals mit sicheren Belohnungen verbunden ist und Unfälle i.d.R. trotzdem ausblieben (sofern zumindest eine verzögerte Vermeidungsreaktion erfolgt) macht das „Reagieren in letzter Sekunde“ für den Fahrer attraktiv. Außerdem ist es aufgrund der Nähe zum aversiven Stimulus einfacher zu erlernen als vorausschauendes Handeln (Fuller, 1984).

Auf der anderen Seite kann das Auftauchen eines aversiven Reizes jedoch zu einer extremen Zunahme des Aktivierungsniveaus (und damit zu unangenehmen Gefühlen wie z.B. Angst) führen, die schließlich auf den diskriminativen Stimulus konditioniert

wird, d.h. der Fahrer verspürt bereits angesichts des diskriminativen Reizes Angst. Dies wiederum motiviert den Fahrer dann laut Fuller (1984) zu antizipatorischen Verhaltensweisen, die ihn mit einer Reduktion des Aktivierungsniveaus belohnen.

Hierbei sind auch „Kompromiss-Handlungen“ möglich, mit denen sowohl die Konfrontation mit unausweichlichen Bedrohungen als auch die bestrafenden Konsequenzen einer unnötigen kompletten antizipatorischen Vermeidungsreaktion umgangen werden können. Diese werden von Fuller (1984) als „teilweise antizipatorische Vermeidungsreaktionen“ bezeichnet und liegen irgendwo auf einem Kontinuum zwischen einer sehr vorrausschauenden und einer nicht vorhandenen Reaktion des Fahrers auf den diskriminativen Stimulus. In diesem Fall reicht die ausgeführte Handlung allein nicht aus, um eine tatsächlich auftretende Gefahr zu vermeiden, erleichtert aber die Ausführung einer verzögerten Vermeidungsreaktion, falls sich diese als notwendig herausstellen sollte. Beispiele dafür sind das visuelle Fixieren eines bestimmten Teils der Verkehrsumwelt sowie das Platzieren des Fußes auf dem Bremspedal. Für ein derartiges Verhalten entscheidet sich der Fahrer nach Fullers Ansicht vor allem dann, wenn die präzisen Erfordernisse der Gefahrensituation noch nicht bekannt sind.

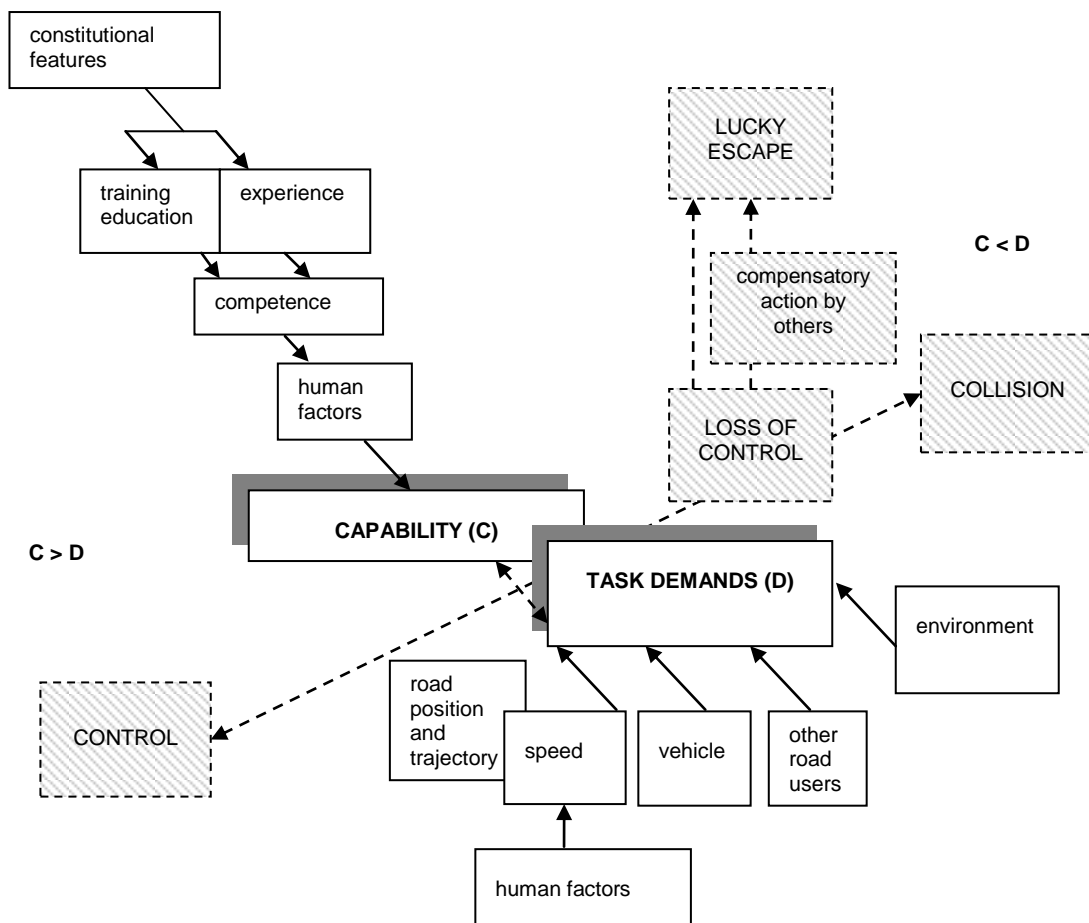
Allerdings weisen empirische Untersuchungen (vgl. Rothengatter, 1988) darauf hin, dass das wahrgenommene Unfallrisiko nur einer von mehreren Einflussfaktoren für ein (mehr oder weniger vorausschauendes) Fahrverhalten ist und weitere Variablen wie z.B. „Fahrzeit“, „Kosten“ und insbesondere „Fahrspaß“ ebenfalls eine wichtige Rolle spielen. In Modellen jüngerer Datums rücken dementsprechend andere Faktoren in den Fokus: Nach Schlag (1994) strebt der Fahrer nach einer **Homöostase des Aktivierungsniveaus** (statt des Risikos). Die Verhaltensweise ist hierbei das Ergebnis eines Konflikts zwischen Annäherungstendenzen (aufgrund von „Sensation Seeking“) und Vermeidungstendenzen (aufgrund von Angst vor einer wahrgenommenen Gefahr): der Fahrer handelt erst, wenn die Angst überwiegt.

Im neuen „**hierarchischen Modell der Verhaltensadaptation**“ von Summala (1996) steht statt des Risikos die verfügbare bzw. erwartete **Fahrzeit** im Vordergrund: das Hauptziel beim Fahren sei es innerhalb einer angemessenen Zeitspanne an einen bestimmten Ort zu gelangen. Dies bestimme neben Routenwahl und Geschwindigkeit u.a. auch die Entscheidungen des Fahrers bezüglich gewählter Zeitlücken und Überholvorgänge. Gegen ein weniger vorausschauendes Fahrverhalten bei Zeitknappheit sprechen allerdings die empirischen Befunde von van der Hulst und Kollegen (1998), die keinen Effekt des Zeitdrucks auf den Reaktionszeitpunkt des Fahrers feststellen konnten, sondern lediglich eine erhöhte Ausgangsgeschwindigkeit sowie eine geringere Anpassung der Geschwindigkeit an Antizipationsschwierigkeiten (Nebel).



Eine Erklärung dafür könnte die mit einer wenig vorausschauenden Fahrweise verbundene Erhöhung der mentalen Beanspruchung sein, welche daraufhin das Ziel „Einhaltung der Fahrzeit“ in den Hintergrund treten lässt. Diese Möglichkeit wird bei Summala (1996) zwar angedeutet, aber nicht als wesentlicher Einflussfaktor für vorausschauendes Handeln behandelt.

Anders bei Fuller (2000; 2005): In seinem „**Task-Capability-Interface (TCI) Model**“ spielt die mentale Beanspruchung eine tragende Rolle. Demzufolge möchte der Fahrer durch sein Handeln eine **Homöostase der Beanspruchung** bewirken. Wie in Abbildung 5-1 dargestellt ist, stehen sich hierbei auf der einen Seite das persönliche Leistungsvermögen des Fahrers und auf der anderen Seite die auf ihn einwirkenden Anforderungen durch die Fahraufgabe gegenüber (Fuller, 2005).



**Abbildung 5-1** Das "Task-Capability Interface Model" von Fuller (2005)

Das Leistungsvermögen hängt laut Fuller (2005) sowohl von biologischen Faktoren ab (z.B. Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit) als auch von den durch Fahrschule und Erfahrung angeeigneten Kenntnissen und Fertigkeiten (z.B. Verkehrsregeln, Fahrzeugbedienung). Außerdem haben auch Faktoren wie Motivation, Emotion und Müdigkeit einen Einfluss (in Abbildung 5-1 subsumiert unter dem Begriff „Human Factors“).

Die Anforderungen ergeben sich in Fullers Modell durch die Verkehrsumwelt (z.B. Sichtverhältnisse, Straßengestaltung), die Ausstattung des eigenen Fahrzeugs, den durch andere Personen ausgeübten sozialen Druck (z.B. dichtes Auffahren), aber auch durch die vom Fahrer gewählte Trajektorie und Geschwindigkeit.

Je nachdem in welchem Ausmaß das Leistungsvermögen die Anforderungen übersteigt, ist die Aufgabe leichter oder schwerer zu bewältigen. Sind die Anforderungen höher als die Fähigkeiten, so ist ein Kontrollverlust die Folge, der sich in Form von Leistungseinbußen (z.B. wenig vorausschauendem Fahrverhalten) zeigt und schlimmstenfalls in einem Verkehrsunfall münden kann (Fuller, 2005).

Die Beanspruchungs-Homöostase wird laut Fuller (2005) hauptsächlich über eine Anpassung der Fahrgeschwindigkeit erreicht: Angesichts gesteigerter Beanspruchung (z.B. bei einem Telefonat, vgl. Resultate von Recarte & Nunes, 2003) verringert der Fahrer das Tempo und vergrößert ggf. den Sicherheitsabstand zum Vorderfahrzeug, wohingegen er bei sinkender Beanspruchung beschleunigt.<sup>6</sup>

Demzufolge sollte sich eine wenig vorausschauende Fahrweise, bei der der Fahrer buchstäblich erst „in letzter Sekunde“ bremst, in einer plötzlich stark ansteigenden Beanspruchung niederschlagen. Bei vorausschauendem frühzeitigem Verzögern sollte die Beanspruchung hingegen annähernd konstant sein (Gefahren wurden bereits im Vorfeld neutralisiert; die TTC ist hoch genug für ggf. erforderliche weitere Handlungen).

Wenn Fahrer tatsächlich nach einer Beanspruchungs-Homöostase streben, dann müsste vorausschauendes Fahren ein für alle Fahrer erstrebenswertes Ziel sein. Warum es in der Realität dennoch nicht von allen Verkehrsteilnehmern gleichermaßen gezeigt wird, ist laut Fuller (2005) v.a. auf folgende interindividuelle Faktoren zurückzuführen:

- Inkompetenz (Fehleinschätzung der Anforderungen und/oder des eigenen Leistungsvermögens)
- Faulheit (Vermeidung von Anstrengung, Schonung der Ressourcen)<sup>7</sup>
- Risikofreude (Akzeptanz / Attraktivität von sehr hoher Beanspruchung, z.B. zur Steigerung des Leistungsvermögens bei geringem endogenem „Arousal“).

---

<sup>6</sup> Langfristig gesehen kann er die Beanspruchung auch auf anderen Ebenen regulieren, z.B. indem er in Zukunft ein Fahrzeug mit besserer Ausstattung wählt, sich für die Fahrt mehr Zeit einräumt, bestimmte Streckenabschnitte umfährt und bei ungünstigen internalen / externalen Bedingungen (z.B. Müdigkeit; Dunkelheit, Nebel) gar nicht erst ins Auto steigt.

<sup>7</sup> Eigentlich ein guter Grund für vorausschauendes Fahren, da sich der Fahrer bei spätem Reagieren erheblich mehr anstrengen muss als bei frühzeitigem Handeln; Vielleicht vertraut der „faule“ Fahrer aber auch mehr als andere auf einen glücklichen Ausgang der Situation oder die „Faulheit“ äußert sich bereits auf der Stufe der Informationsverarbeitung und führt zu einer mangelnden bzw. späten Antizipation.

Demgegenüber müsste sich in einem experimentellen Setting ohne Eingriffsmöglichkeit seitens des Probanden, wie es z.B. zur Messung der Antizipationsleistung sinnvoll ist (vgl. Kapitel 4.7.1.2, S. 49 ff.), bei Annäherung an einen handlungsrelevanten Reiz unabhängig von der Motivationslage ein deutlicher Anstieg der kognitiven Beanspruchung feststellen lassen. Mit anderen Worten: die Validierung der Relevanz eines Merkmals sollte – die Kontrolle etwaiger Störvariablen vorausgesetzt – auch über die Messung der kognitiven Beanspruchung sowie deren Verlauf möglich sein. Dieser Frage wird im empirischen Teil der vorliegenden Dissertation nachgegangen (vgl. Kapitel 10, S. 164 ff.). Darüber hinaus wird dort auch geprüft, wie groß die Zeitlücke zwischen der Antizipation und dem Eingreifen des Fahrers in verschiedenen Verkehrssituationen tatsächlich ausfällt.

## 6 INTERINDIVIDUELLE EINFLUSSFAKTOREN

Geht man davon aus, dass nicht alle Fahrer auf demselben Niveau antizipieren und gleichermaßen vorausschauend handeln, sondern interindividuell verschieden gute Leistungen erbringen, so drängen sich die folgenden Fragen auf:

1. Auf welcher Stufe der Informationsverarbeitung treten diese Unterschiede zutage? Können manche Fahrer Situationen tatsächlich schlechter antizipieren als andere oder nehmen sie lediglich die jeweils relevanten Stimuli später wahr (d.h. ist die spätere Antizipation eine Konsequenz ihrer schlechteren Wahrnehmungsfähigkeiten)? Ist ein wenig vorausschauender Fahrstil die bloße Fortsetzung einer mangelhaften Antizipation oder handelt es sich dabei um eine bewusste Entscheidung des Fahrers (z.B. spätes Abbremsen statt frühzeitiges Vom-Gas-Gehen, um so eine an sich leicht zu bewältigende Verkehrssituation anspruchsvoller zu gestalten; vgl. TCI-Modell von Fuller, 2005)?
2. Welche Faktoren haben einen Einfluss darauf, wie schnell ein Fahrer relevante Merkmale wahrnimmt, wie gut er antizipiert und wie vorausschauend er fährt? Ist dies eine Frage von Persönlichkeitseigenschaften, Fahrerfahrung/Fahrpraxis, kognitiver und/oder visueller Fähigkeiten oder spielen vor allem demographische Faktoren (z.B. Alter, Geschlecht) eine Rolle?

Leider existieren bislang kaum Arbeiten, die sich mit den o.g. Fragen wissenschaftlich auseinandergesetzt haben. Eine der wenigen Ausnahmen stammt von Rösler (2010), die u.a. den Einfluss der Fahrerfahrung auf Anzahl und Art der als relevant eingestuft Merkmale sowie auf die situationsabhängige Geschwindigkeitsanpassung analysiert hat.

Hingegen gibt es eine Vielzahl an Studien, die mögliche Einflussfaktoren auf die Unfallhäufigkeit bzw. -wahrscheinlichkeit untersucht haben. Diese Veröffentlichungen könnten im Kontext der aktuellen Fragestellungen insofern von Interesse sein, da sich ein Verkehrsunfall als Extremfall einer nicht vorausschauenden Fahrweise auffassen lässt. Im Übereinstimmung damit konnte Houtenbos (2008) zeigen, dass Probanden, die in einer der getesteten Situationen einen Unfall hatten auch in anderen antizipationsrelevanten Situationen signifikant später verlangsamten (d.h. weniger vorausschauend handelten) als nicht verunfallte Probanden. Daraus lässt sich allerdings nicht schließen, dass auch der umgekehrte Fall gilt und von einer wenig vorausschauenden Fahrweise automatisch auf die häufigere Verwicklung in Verkehrsunfälle geschlossen werden kann: Möglicherweise entscheidet sich nämlich ein Teil der Fahrer trotz korrekter Antizipation bewusst für einen zwar späten, aber noch ausreichenden Handlungszeitpunkt. Insofern dürfen die im Zusammenhang mit Verkehrsunfällen identifizierten

Einflussfaktoren nicht eins zu eins auf Antizipationsleistung und vorausschauendes Fahren übertragen werden.

Dies wird noch dadurch verstärkt, dass die in den diversen Studien beschriebenen Ansätze zur Untersuchung von Einflüssen auf die Unfallwahrscheinlichkeit oftmals methodische Schwächen haben und den damit erzielten Resultaten deshalb nur eingeschränkt vertraut werden darf. Ein Überblick zu diesen Kritikpunkten findet sich u.a. bei Evans (2004), bei Ranney (1994) sowie bei Elander, West und French (1993): Beispielsweise wurde zur Datengewinnung mitunter auf lückenhafte oder verzerrte Quellen zurückgegriffen, wie z.B. Aufzeichnungen von Unfallversicherungen bzw. Polizeiberichte (die oftmals keine Bagatellunfälle umfassen) sowie Probandenerinnerungen früherer Unfälle. Des Weiteren wurde z.T. nicht zwischen Unfallverursachern und Unfallbeteiligten unterschieden und die Fahrpraxis wurde oft nicht berücksichtigt (d.h. ein verunfallter Vielfahrer wurde genauso eingestuft wie ein verunfallter Wenigfahrer, obwohl ersterer erheblich mehr Risiken ausgesetzt war). Andere Probleme betreffen die fälschliche Annahme, dass die Zielvariable „Unfall“ normalverteilt ist und die damit einhergehende Verwendung unzulässiger statistischer Verfahren (z.B. Produkt-Moment-Korrelationen).

Allerdings können die im Zusammenhang mit Unfallwahrscheinlichkeit diskutierten Einflussfaktoren trotz allem hilfreich für die Generierung von Hypothesen bzgl. möglicher Einflüsse auf Antizipationsleistung und vorausschauendes Fahren sein, weshalb im Folgenden auch auf diese zweifelhaften Studien näher eingegangen wird.

## 6.1 Demographische Einflussfaktoren: Geschlecht und Alter

Zum möglichen Einflussfaktor „**Geschlecht**“ gibt es nur sehr wenige Untersuchungen. Zwar werden Unfälle etwa doppelt so häufig von Männern verursacht als von Frauen, jedoch wird dies durch die geringere Verkehrsbeteiligung der Frauen wieder ausgeglichen (vgl. Schrammel et al., 1995). Interessanterweise gibt es aber Hinweise darauf, dass sich die Unfallursachen geschlechtsspezifisch unterscheiden: Männer sind anscheinend eher in Unfälle aufgrund von Verstößen verwickelt (z.B. Alkoholkonsum, Geschwindigkeitsübertretung), während bei Frauen eher Wahrnehmungs- bzw. Beurteilungsfehler (z.B. bei Parkmanövern) verantwortlich zu sein scheinen (Schrammel et al., 1995). Insofern könnte es durchaus sein, dass Frauen im Allgemeinen auch schlechter antizipieren und (zu) späte Reaktionen bei ihnen in erster Linie auf Antizipationsprobleme zurückzuführen sind – bei Männern hingegen auf ein bewusstes Eingehen von (hohen) Risiken.

Allerdings muss betont werden, dass das Geschlecht vermutlich nicht per se über die Antizipationsfähigkeiten des Fahrers entscheidet. Viel wahrscheinlicher ist die Existenz eines oder mehrerer Mediatorvariablen, die entsprechend hoch mit dem Geschlecht korrelieren (z.B. räumliches Vorstellungsvermögen).

Im Hinblick auf das **Alter** zeigt sich, dass sowohl sehr junge Fahrer (bis 24 J.) als auch ältere Verkehrsteilnehmer (über 60 J.) eher einen Unfall verursachen als Verkehrsteilnehmer mittleren Alters (Gründl, 2005). Zudem steigt die Unfallwahrscheinlichkeit mit zunehmendem Alter immer weiter an (a.a.O.), so dass sich über die gesamte Altersspanne hinweg ein ungefähr u-förmiger Verlauf des Unfallrisikos ergibt. Jedoch sind die Unfallarten altersspezifisch verschieden verteilt: Während jüngere Fahrer besonders häufig alleine von der Fahrbahn abkommen, sind Senioren eher für Einbiege- und Kreuzungsunfälle verantwortlich (Gründl, 2005; Viano et al., 1990; Harrington & McBride, 1970). Unfallverursachend sind laut einer Untersuchung von Gründl (2005) bei den Jüngeren vornehmlich Verstöße (v.a. nicht angepasste Geschwindigkeit), bei den Älteren hingegen Informationsfehler, d.h. eine zu späte bzw. fehlende Wahrnehmung fahrrelevanter Stimuli.

In eine ähnliche Richtung gehen auch die Befunde anderer Forscher, wonach z.B. bei jüngeren Unfallverursachern vergleichsweise oft übermäßiger Alkoholkonsum im Spiel ist (Mayhew, Donelson, Beirness & Simpson, 1986) und riskantes Verhalten wie dichtes Auffahren, überhöhte Geschwindigkeit sowie Kreuzen bei gelbem Ampelsignal unter jungen Fahrern generell häufiger anzutreffen ist als bei anderen Altersgruppen (Jonah, 1986; Boyce & Geller, 2002). Verantwortlich dafür scheinen v.a. motivationale Faktoren zu sein (z.B. Anerkennung durch die Peer-Group) sowie die Überschätzung der eigenen Fähigkeiten in Kombination mit einer Unterschätzung der Gefahren riskanten Fahrverhaltens (Mathews & Moran, 1986; Finn & Bragg, 1986; Jonah, 1986; Sivac, Soler, Tränkle & Spagnhol, 1989). Mangelnde Fahrerfahrung bzw. Fahrhäufigkeit spielen laut einem Überblicksartikel von Jonah (1986) eine offenbar eher untergeordnete Rolle.

Im Zusammenhang mit Unfällen älterer Verkehrsteilnehmer werden dagegen vorwiegend ungenügendes Wahrnehmungsvermögen sowie Einbußen bei den kognitiven Kompetenzen ins Feld geführt: So konnten z.B. Ball und Owsley (1993) zeigen, dass das Gesichtsfeld mit zunehmendem Alter kleiner wird und Owsley und Kollegen (1991; 1998) sowie Ball und Kollegen (1993) wiesen nach, dass unter allen getesteten Senioren diejenigen mit vergleichsweise geringem Gesichtsfeld ein deutlich höheres Unfallrisiko hatten – insbesondere wenn es um Unfälle an Kreuzungen ging. Des Weiteren scheinen ältere Verkehrsteilnehmer i.d.R. mehr Probleme bei selektiver und geteilter Aufmerksamkeit sowie bei der Unterscheidung zwischen Relevantem und Irrelevantem

zu haben als jüngere Fahrer (Theofanou, 2002), wobei Senioren mit schlechter Aufmerksamkeitsleistung auch signifikant mehr Fahrfehler unterlaufen als solchen mit vergleichsweise guten Werten (Vollrath, Maciej, Howe & Briest, 2009). Außerdem gibt es Hinweise darauf, dass sich Unfälle aufgrund von „Looked-but-did-not-see“-Fehlern mit zunehmendem Alter häufen (Brown, 2005; Clarke, Forsyth & Wright, 1999)

Angesichts dieser Resultate drängt sich dieselbe Vermutung auf, die bereits im Zusammenhang mit dem Faktor „Geschlecht“ genannt wurde und zwar, dass man unterscheiden muss zwischen einer (zu) späten Reaktion aufgrund von Antizipationsproblemen versus aufgrund einer (zu) hohen Risikobereitschaft. Die vorliegenden Daten zu altersspezifischen Unfallursachen lassen vermuten, dass die Antizipationsleistungen bei jüngeren Fahrern besser sind als bei Älteren, sich dies aber aufgrund von motivationalen Faktoren wohl nicht in einer vorausschauenderen Fahrweise niederschlägt.

Auch hier muss gesagt werden, dass ein direkter Einfluss des Alters auf das Antizipationsvermögen relativ unwahrscheinlich ist und es vermutlich Mediatorvariablen gibt, die diesen Zusammenhang zumindest teilweise aufklären.

## 6.2 Einflüsse durch Fahrerfahrung und Fahrpraxis

Im Rahmen des sogenannten „Task-Capability Interface (TCI)“-Modells stellte Fuller (2005) u.a. die Hypothese auf, dass die Antizipationsfähigkeiten des Einzelnen von dessen Fahrerfahrung abhängen und sich dies auch entsprechend im Verhalten widerspiegle: unerfahrene Fahrer würden sich gegenüber Hindernissen eher reaktiv verhalten (d.h. erst dann reagieren, wenn es schier unvermeidlich ist); Fahrerfahrene hingegen handelten vorausschauend, indem sie mögliche Gefahren bereits im Vorfeld (mittels einer sanften Geschwindigkeitsanpassung bzw. eines Richtungs-/Spurwechsels etc.) neutralisieren und auf diese Weise die Schwierigkeit der Fahraufgabe auf einem relativ konstantem Niveau halten.

Für diese Annahme spricht u.a. eine empirische Untersuchung, die Ivan Brown im Kontext zu Gefahrenwahrnehmung beschrieben hat: Demnach ließe sich zwar kein Effekt der Fahrerfahrung auf die Entdeckungsleistung unmittelbar bevorstehender Gefahren feststellen, aber bei der Identifikation entfernter Hindernisse seien vergleichsweise unerfahrene Fahrer (mittlere Fahrerfahrung = 5 Jahre) signifikant schlechter als fahrerfahrene Probanden (mittlere Fahrerfahrung = 16 Jahre) (Brown, 1982). Passend dazu fanden Maurant und Rockwell (1972) heraus, dass Fahranfänger (ohne Führerscheinbesitz) vor allem den Bereich unmittelbar vor dem Fahrzeug fixierten, während routinierte Fahrer ihren Blick eher in die Ferne schweifen ließen. Dies wird von Cohen

(1985, zitiert nach Seifert, 2007) bestätigt, der ebenfalls bei erfahrenen Fahrern vorausschauendere Fixationsmuster feststellte als bei weniger Fahrerfahrenen.

Crundall und Underwoods (1998) Analyse des Blickverhaltens während einer Autobahnfahrt im realen Straßenverkehr ergab für Fahrerfahrene hingegen lediglich in der Horizontale breiter gestreute Fixationen als für Führerscheinneulinge: Erstere beachteten vermehrt auch Fahrzeuge auf anderen Fahrstreifen während sich letztere nur auf unmittelbare Vorderfahrzeuge bzw. den vor ihnen liegenden Straßenabschnitt konzentrierten und diesen Bereich z.T. sehr lange fixierten (vgl. auch Chapman & Underwood, 1998; Rösler, 2010). Derselbe Effekt zeigte sich bei der Präsentation von Videosequenzen (Underwood, Chapman, Bowden & Crundall, 2002), d.h. ist nicht nur die Konsequenz der unterschiedlichen Routine bei der Fahrzeugbedienung. Das erfahrungsspezifische Blickverhalten scheint sich darüber hinaus auch in der Erinnerungsleistung widerzuspiegeln, wie eine Studie von Underwood und Kollegen (2003a) demonstriert: Während es bei Stimuli in der Fahrbahnmitte keinen signifikanten Unterschied gab, konnten sich fahrerfahrene Probanden an deutlich mehr (relevante und irrelevante) Reize an den Straßenrändern erinnern als Fahranfänger.

Im Gegensatz zu Mourant und Rockwell (1972) haben die fahrerfahrenden Probanden in den Studien von Chapman und Underwood (1998), Underwood und Kollegen (2002) und Rösler (2010) allerdings nicht weiter nach „vorne“ gesehen. Bei Chapman und Underwood (1998) fixierten sie im Durchschnitt sogar näher am Fahrzeug und zeigten weniger vertikale Varianz in ihrer Blickverteilung als die Fahranfänger. Des Weiteren deuten Blickpfadanalysen von Underwood und Kollegen (2003b) darauf hin, dass bei Fahranfängern der Blick in die Ferne ein relativ verlässliches Element darstellt, da im Anschluss an die Fixation eines bestimmten Reizes überdurchschnittlich oft eine Fixation des Fluchtpunkts erfolgte. Bei Fahrerfahrenen ließ sich der Blickpfad hingegen weit weniger eindeutig vorhersagen.

Eine mögliche Erklärung für diese widersprüchlichen Befunde könnte die Tatsache darstellen, dass die Gruppe der unerfahrenen Fahrer bei Mourant und Rockwell (1972) aus Jugendlichen bestand, die noch nie zuvor Auto gefahren sind, während die Probanden in den Experimenten von Underwood immerhin seit einigen (wenigen) Monaten im Besitz eines Führerscheins waren: Die Blicke der von Mourant und Rockwell (1972) getesteten „Nichtfahrer“ dienten evtl. in erster Linie dazu das Fahrzeug auf der Straße zu halten, weshalb sie insbesondere den Straßenrand unmittelbar vor dem Fahrzeug beobachteten (vgl. Underwood et al., 2003b). Die bei Underwood analysierten Führerscheinneulinge hingegen dürften mit der Bahnführungsaufgabe hinreichend vertraut gewesen sein. Ihre häufigen Fluchtpunkt-Fixationen könnten eine „Nebenwirkung“ der



erst kürzlich absolvierten Fahrschule sein, in der sie immer wieder zu vorausschauendem Blickverhalten angehalten wurden (vgl. Chapman & Underwood, 1998).

Auf einen Effekt durch die Fahrschule deuten auch Untersuchungen von Rösler (2010) hin, in denen die Probanden eine Reihe von Stimuli hinsichtlich ihrer Fahrrelevanz beurteilen sollten. Während ein Vergleich zwischen Fahrerfahrenen und Fahrschülern ergab, dass letztere generell höhere Relevanz-Einstufungen vornahmen (und weniger zwischen den Stimuli differenzieren), verschwand dieser Unterschied, wenn statt Fahrschülern Probanden mit wenig Fahrpraxis aber mindestens siebenjährigem Führerscheinbesitz getestet wurden. Rösler (2010) erklärt dies mit der Tatsache, dass Fahrschüler möglicherweise im Rahmen ihrer Ausbildung besonders auf Gefahrenmerkmale hingewiesen würden und diese aufgrund mangelnder praktischer Erfahrung zunächst pauschal überbewerteten. Im Laufe der Jahre erfolge dann – unabhängig von der tatsächlichen Fahrpraxis – eine Relativierung dieser Gefahren.

Über die Priorisierung der Merkmale und die Bewertungsdimensionen waren sich in den Untersuchungen von Rösler (2010) bereits Fahrschüler im Klaren, so dass sich hier keinerlei erfahrungsspezifische Unterschiede festmachen ließen. Bei der Reizgenerierung gab es ebenfalls eine sehr starke Überschneidung zwischen den beiden Erfahrungs-Gruppen. Hier ließ sich lediglich feststellen, dass Fahrschüler zusätzlich zu den von Fahrerfahrenen genannten Merkmalen oft auch solche Elemente erwähnten, die in erster Linie der Fahrzeugsteuerung dienen (z.B. Straßenmarkierungen und Verkehrsinseln) (Rösler, 2010).

Von Benda und Hoyos (1983) hingegen fanden einige (geringe) Unterschiede bei den Bewertungsdimensionen von Viel- und Wenigfahrern. Demnach differenzierten Fahrerfahrene (bisherige Fahrleistung: ca. 150.000 km) in erster Linie nach der Relevanz der Merkmale („kritisch“ vs. „unkritisch“), während sich vergleichsweise Unerfahrene (ca. 75.000 km) stärker an deren Oberflächeneigenschaften orientieren (z.B. „Wetterlage“ oder „Straßenzustand“). Trotzdem waren die Sortierungen der beiden Erfahrungs-Gruppen einander aber noch so ähnlich, dass von Benda und Hoyos (1983) sie in eine Gesamtstichprobe zusammenführen konnten.

Die einzige gefundene Studie, die sich konkret mit den Antizipationsleistungen von Fahranfängern versus Fahrerfahrenen befasste stammt von Whelan und Kollegen (2004) und konnte keine diesbezüglichen Unterschiede feststellen. Allerdings beschränkte sich die Antizipationsaufgabe hierbei auf die möglichst korrekte Vorhersage der Positionen von (in einem Videofilm präsentierten) Fahrzeugen innerhalb der kommenden fünf Sekunden.

Angesichts der sehr unterschiedlichen (und zum Teil widersprüchlichen) Befundlage lässt sich nicht eindeutig sagen, ob ein Einfluss der Fahrerfahrung bzw. Fahrpraxis auf die Antizipationsfähigkeiten des Fahrers zu erwarten ist oder nicht. Es ist zwar mehr als wahrscheinlich, dass den Antizipationen des Fahrers Lernprozesse vorausgegangen sind – allerdings wurden diese möglicherweise bereits vor bzw. während der Fahrschulausbildung erworben und nicht erst nach dem Erwerb des Führerscheins. Schließlich beginnt die Teilnahme am Straßenverkehr (als Fußgänger, Radfahrer, Beifahrer) i.d.R. bereits im Kindesalter (vgl. auch Ausführungen in Kapitel 4.3, S. 28 ff.).

Ähnlich unklar ist es, ob Fahrerfahrene bzw. Vielfahrer vorausschauender handeln als weniger routinierte Fahrer. Während Rösler (2010) im Rahmen einer Fahrsimulator-Untersuchung bei Vielfahrern u.a. eine bessere Anpassung der Geschwindigkeit an die jeweilige Verkehrssituation feststellte, konnten andere Forscher keine erfahrungsspezifischen Unterschiede bezüglich der Ausprägung vorausschauender Verhaltensweisen entdecken.

Beispielsweise fanden Summala, Lambale und Laakso (1998) keinen Einfluss der Fahrerfahrung auf die Reaktionsgeschwindigkeit angesichts eines (peripher wahrgenommenen) verzögernden Vorderfahrzeugs und auch im Versuch von Duncan, Williams und Brown (1991) fuhren die erfahrenen Fahrer nicht vorausschauender als die Fahranfänger. Bei der Annäherung an eine Kreuzung reduzierten die Novizen ihre Geschwindigkeit sogar signifikant früher als Fahrerfahrene (ca. 1 sec) und zeigten damit ein ähnliches Verhalten wie die ebenfalls getesteten Experten (= Gutachter des „Institute of Advanced Motorists“). Die Ursache für diesen Effekt liegt laut Duncan und Kollegen (1991) vermutlich in dem erhaltenen Feedback: Während Novizen noch die Ermahnungen des Fahrlehrers zu frühzeitigem Handeln beherzigten, hätte sich bei den Fahrerfahrenen aufgrund mangelnder unmittelbarer Konsequenzen die „schlechte Angewohnheit“ einer nicht vorausschauenden Fahrweise eingeschlichen. Möglicherweise wollten die Fahranfänger durch ihre frühzeitige Reaktion aber auch einfach nur mehr Zeit für die Fahrzeugbedienung gewinnen, die ihnen – im Gegensatz zu Fahrerfahrenen – i.d.R. noch Schwierigkeiten bereitet (vgl. diesbezügliche Befunde bei Duncan und Kollegen, 1991).

### **6.3 Einflüsse durch kognitiven Fähigkeiten**

Während der Einfluss visueller Fähigkeiten (z.B. Sehschärfe, Gesichtsfeld) auf Antizipation und vorausschauendes Fahren mehr als wahrscheinlich sein dürfte (Burg & Moser, 2009; Owsley et al., 1991; Ball et al., 1993) – ohne vorherige visuelle Wahrnehmung der Verkehrssituation kann schwerlich deren weiterer Verlauf prognostiziert wer-

den – sind die Auswirkungen der kognitiven Fähigkeiten weit weniger klar. Im Kontext zu Verkehrsunfällen finden sich insbesondere für zwei Informationsverarbeitungs-Komponenten signifikante Effekte: Die Fähigkeit zur selektiven Aufmerksamkeit sowie die Fähigkeit einen visuellen Stimulus losgelöst von dem (mehr oder weniger komplexen) Umfeld wahrnehmen zu können, in das er eingebettet ist (= Feldunabhängigkeit; vgl. Witkin, 1950; 1954; Witkin et al., 1972). Die Messung erfolgt in beiden Fällen mittels eindimensionaler Tests, d.h. die Probanden unterschieden sich nicht in der *Art* der Lösungsfindung, sondern lediglich in der Anzahl der von ihnen gelösten Aufgaben bzw. ihrer Bearbeitungszeit (McKenna, 1984).

### 6.3.1 Feldunabhängigkeit

Zur Erfassung der Feldunabhängigkeit wird meist auf den nonverbalen, standardisierten „Embedded Figures Test (EFT)“ von Witkin (1950) bzw. dem „Group Embedded Figures Test (GEFT)“ von Witkin und Kollegen (1971) zurückgegriffen. In beiden Tests geht es darum, zuvor präsentierte einfache geometrische Figuren innerhalb eines größeren und komplexeren Hintergrunds zu entdecken – wobei die einfache und die komplexe Figur nicht gleichzeitig betrachtet werden können, sondern nur nacheinander. Der Hauptunterschied besteht darin, dass beim GEFT die Bearbeitungszeit vorgegeben ist (und nur die Anzahl der gelösten Aufgaben erfasst wird), während sie beim EFT als (zusätzliche) Messgröße fungiert.

Auf einen möglichen Effekt der Feldunabhängigkeit auf vorausschauendes Fahren weisen eine Reihe experimenteller Befunde hin. So demonstrierten z.B. Barrett, Thornton und Cabe (1969), dass Fahrer mit schlechter Leistung im EFT (d.h. Feldabhängige) im Fahrsimulator signifikant langsamer auf sicherheitskritische Merkmale (= Fußgänger auf der Fahrbahn) reagierten als solche mit vergleichsweise guten EFT-Werten ( $r = .54$ ).

Aber auch bei der Reaktionsgeschwindigkeit auf statische Antizipationsmerkmale wurden Effekte der Feldabhängigkeit gefunden: Mihal und Barrett (1976) berichteten eine signifikante Korrelation ( $r = .23$ ) zwischen der Leistung im EFT und der Zeit bis zur Reaktion (Lenken, Bremsen) auf Photographien von Verkehrssituationen, in denen entsprechende Verkehrszeichen zu sehen waren. Hierbei benötigten die Probanden umso länger, je feldabhängiger sie waren. Außerdem korrelierten sowohl die Feldabhängigkeit als auch die Reaktionszeit signifikant mit der Unfallhäufigkeit innerhalb der vergangenen fünf Jahre ( $r = .24$  bzw.  $r = .27$ ).

Eine ähnliche Untersuchung stammt von Loo (1978) und befasste sich ebenfalls mit dem Zusammenhang zwischen Feldabhängigkeit, Reaktionsgeschwindigkeit auf Ver-

kehrsschilder und Unfallhäufigkeit. Im Unterschied zu Mihal und Barrett (1976) wurde allerdings GEFT verwendet und die Reaktion bestand in einer verbalen Antwort der Versuchsperson (statt einer Bedienhandlung). Dennoch zeigte sich auch hier, dass Feldabhängigkeit mit signifikant längeren Reaktionszeiten auf Verkehrsschilder „in natürlicher Umgebung“<sup>8</sup> und mit mehr Verkehrsunfällen in der Vergangenheit einherging.

Dazu passt auch eine Untersuchung von Harano (1970), der bei Fahrern, die innerhalb der vergangenen drei Jahre mindestens drei Verkehrsunfälle hatten eine signifikant schlechtere EFT-Leistung fand als bei nicht verunfallten Personen, die u.a. vergleichbar waren hinsichtlich Geschlecht, Alter, Jahresfahrleistung und der Anzahl begangener Verstöße im Straßenverkehr. McKenna, Duncan und Brown (1986) berichten immerhin von einer Korrelation von .19 zwischen der Leistung im EFT und der Unfallhäufigkeit innerhalb der darauffolgenden zwei Jahre.

Zu den Einflüssen der Feldabhängigkeit auf das Folgeverhalten existiert eine Studie von Olson (1974), die ein ähnliches Setting wie später Van der Hulst und Kollegen (1998; 1999) verwendete: Die Probanden mussten möglichst schnell auf Geschwindigkeitsänderungen des Vorderfahrzeugs reagieren, wobei sie in einer Bedingung zusätzlich das Verhalten des Fahrzeugs vor dem unmittelbaren Vorderfahrzeug beobachten konnten, während es in der anderen Bedingung nicht zu sehen war. Dabei zeigte sich, dass feldunabhängige Personen von der Sichtbarkeit des (bremsenden bzw. beschleunigenden) Vorder-Vorderfahrzeugs profitierten und in dieser Bedingung signifikant schneller reagierten als ohne Hinweisreiz, während es bei feldabhängigen Probanden keinen diesbezüglichen Unterschied gab.

Ob sich dieser Effekt erst auf der Handlungsebene manifestiert oder bereits bei der früher in Erscheinung tritt, lässt sich anhand dieser Befunde allerdings nicht zweifelsfrei feststellen. Für eine unmittelbare Auswirkung der Feldunabhängigkeit auf die Wahrnehmungs- bzw. Antizipationsleistung spricht aber eine Studie von Shinar und Kollegen (1978), in der das Blickverhalten von Fahrern mit unterschiedlich guter Leistung im EFT analysiert wurde. Demnach zeigten feldabhängige Probanden ein weniger effektives Blickmuster: im Gegensatz zu Personen mit guter EFT-Leistung legten sie beim Durchfahren von Kurven dasselbe Suchverhalten an den Tag wie bei einem einfachen geraden Straßenabschnitt, begrenzten ihre Fixationen auf ein enges Blickfeld und vollführten nur relativ kleine Sakkaden. Des Weiteren fanden sich signifikante Korrelationen zwischen der Leistung im EFT und der akzeptierten Okklusionszeit: Je feldabhängiger

---

<sup>8</sup> Waren die Verkehrszeichen nicht in die Umwelt „eingebettet“, sondern wurden mit geschwärztem Hintergrund präsentiert (= Kontrollbedingung), so gab es keinen Unterschied zwischen mehr und weniger feldabhängigen Probanden.

der Proband war, desto weniger lang wollte er die Augen während des Fahrens geschlossen halten, d.h. desto langsamer konnte er vermutlich die verfügbare visuelle Information verarbeiten.

Berthelon und Kollegen (1998) haben sich in einem Laborexperiment direkt mit dem möglichen Einfluss der Feldunabhängigkeit auf die Antizipationsfähigkeiten auseinandergesetzt. Die Aufgabe der Probanden bestand im Wesentlichen in der Einschätzung, ob ein computersimuliertes Fahrzeug vor oder nach dem (nicht selbst zu steuernden) Egofahrzeug an einer vorausliegenden Kreuzung eintreffen würde. Hierbei waren feldunabhängige Probanden signifikant akkurater als Feldabhängige. Zudem profitierten erstere offenbar mehr von einem zusätzlichen Hinweisreiz (Verkehrsschild, das sich unmittelbar an der Kreuzung befand) als dies bei feldabhängigen Personen der Fall war. Leider ist die Aussagekraft o.g. Resultate aber aufgrund der unzureichenden Operationalisierung der Antizipationsleistung deutlich eingeschränkt: Da auf Reaktionszeiten beim Tastendruck zurückgegriffen wurde, ist die Abgrenzung zu vorausschauendem Fahrverhalten auch bei diesem Experiment nicht möglich (vgl. Ausführungen in Kapitel 4.7.1.5, S. 54 ff.).

### **6.3.2 Selektive Aufmerksamkeit**

Mit Tests zur selektiven Aufmerksamkeit wird die individuelle Fähigkeit erfasst, die Aufmerksamkeit schnell auf relevante Reize ausrichten zu können ohne sich dabei von starken, aber irrelevanten Reizen stören zu lassen (= Interferenzneigung; vgl. Hörmann, 1960). Die Messung erfolgt i.d.R. entweder anhand des „Color-Word-Tests (CWT)“ von Stroop (1935) oder mit Hilfe der „Dichotic Listening Task (DLT)“ von Gopher und Kahneman (1971; zitiert nach Kahneman, Ben-Ishai & Lotan, 1973).

Beim CWT wird die benötigte Zeit gemessen, um die Tintenfarbe von Farbwörtern zu benennen, die nicht miteinander übereinstimmen (Beispiel: Wenn das Wort „blau“ mit grüner Tinte geschrieben wurde, muss der Proband „grün“ sagen). Dieser Wert kann dann ggf. verglichen werden mit der Bearbeitungszeit, die ohne interferierenden Reiz erzielt wurde (d.h. beim Vorlesen schwarz gedruckter Farbworte bzw. beim Benennen von farbigen Streifen) (vgl. Stroop, 1935).

Bei der DLT werden dem Probanden auf beiden Ohren gleichzeitig verschiedene Reize dargeboten, wobei nur einer davon (der zuvor durch einen Warnton in diesem Ohr als Ziel-Reiz definiert wurde) beachtet und vom Probanden wiederholt werden soll. Die anderen, ebenfalls um Aufmerksamkeit wetteifernden Reize sollen dagegen möglichst ignoriert werden (Gopher & Kahnemann, 1971; zitiert nach Kahneman et al., 1973).

Das Augenmerk liegt hierbei vor allem auf der Anzahl der Fehler (= Auslassungen und Intrusionen) nach dem Wechseln der Aufmerksamkeit zwischen den beiden Quellen.

Für einen möglichen Effekt der Fähigkeit zur selektiven Aufmerksamkeit auf Antizipationsleistung und vorausschauendes Fahren sprechen vorrangig die in diversen Studien berichteten Zusammenhänge mit Unfallzahlen. Beispielsweise fanden Kahneman und Kollegen (1973) eine hochsignifikante Korrelation von .37 zwischen der erzielten Leistung im DLT und der Unfallhäufigkeit von Busfahrern (wobei mögliche Störeffekte durch Alter und Fahrerfahrung kontrolliert wurden). Nach einem Ausschuss der Probanden mit mehr als 50 Fehlern im zweiten Teil des DLT (d.h. nach dem Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus) fanden Kahneman und Kollegen (1973) sogar einen Zusammenhang von .51 zwischen der DLT-Leistung und der Unfallhäufigkeit. Zu einem sehr ähnlichen Resultat kamen auch Mihal und Barrett (1976): bei ihnen lag die Korrelation zwischen der DLT-Leistung und den Unfallzahlen von Berufskraftfahrern während der vergangenen 5 Jahre bei .40 (hochsignifikant). Avolio, Kroeck und Panek (1985) fanden ebenfalls eine hochsignifikante Korrelation von .43 zwischen der Leistung im DLT (Wechselfehler) und der Unfallwahrscheinlichkeit in den vergangenen 10 Jahren.

Lediglich McKenna, Duncan und Brown (1986) fanden keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Leistung im DLT und der Unfallhäufigkeit von Busfahrern innerhalb der nachfolgenden zwei Jahre. Bei den Wechselfehlern gab es mit einem Korrelationswert von -.16 sogar eine Tendenz in die „falsche“ Richtung, d.h. Schwierigkeiten beim Aufmerksamkeitswechsel (= hohe Interferenzneigung) gingen eher mit *weniger* Unfällen einher als mit einer vermehrten Unfallhäufigkeit. Dasselbe trifft in abgeschwächter Form auch für die Leistung im CWT zu: hier fanden McKenna und Kollegen (1986) mit  $r = -.05$  fast gar keinen Zusammenhang zwischen Interferenzneigung und Unfallhäufigkeit.

Trotzdem spricht die Mehrzahl der veröffentlichten Befunde für einen signifikanten Einfluss auf die Unfallwahrscheinlichkeit, wie eine Meta-Analyse von Arthur, Barrett und Alexander (1991) zeigt: Demnach korrelieren Interferenzneigung und Unfallhäufigkeit durchschnittlich mit .257, wobei sich das 95%-Konfidenzintervall in einem Bereich von .205 bis .317 befindet.

Inwieweit sich dieser Zusammenhang allerdings auf Antizipationsfähigkeiten und vorausschauendes Fahren zurückführen lässt, bleibt aufgrund mangelnder diesbezüglicher Studien weiterhin ungeklärt.

## 6.4 Einflüsse durch die Fahrerpersönlichkeit

Da der Fahrer seinen Fahrstil für gewöhnlich selbst bestimmen und den Schwierigkeitsgrad der Fahraufgabe seinen Vorlieben entsprechend anpassen kann (z.B. Geschwindigkeitswahl, Zeitlücken-Minima), ist es durchaus möglich, dass bestimmte Persönlichkeitseigenschaften die Entscheidung für ein mehr oder weniger vorausschauendes Fahrverhalten mitbestimmen.

Beispielsweise könnte es sein, dass sich Personen, die mehr als andere nach neuen, komplexen und intensiven Empfindungen und Erfahrungen streben (= hoher Wert auf der „Sensation-Seeking“-Skala von Zuckerman, 1994, bzw. Arnett, 1994) bewusst gegen eine vorausschauende Fahrweise entscheiden, um so die Schwierigkeit der zu bewältigenden Fahraufgabe zu erhöhen (Fuller, 2005). Dazu würden auch die vielfach bestätigten Befunde passen, wonach sogenannte „High Sensation Seeker“ im Straßenverkehr besonders häufig gegen Verkehrsregeln verstoßen und so die erlebten Herausforderungen bzw. Risiken steigern (z.B. Fahren mit überhöhter Geschwindigkeit oder unter Alkoholeinfluss; vgl. Loo, 1979; Jonah, 1997; Jonah, Thiessen & Au-Yeung, 2001; Herzberg & Schlag, 2003).

Auf eine experimentelle Überprüfung des Einflusses von Persönlichkeitsmerkmalen wurde jedoch aus Gründen des Umfangs dieser Arbeit verzichtet – zumal sich diese vermutlich in erster Linie auf der Handlungsebene bemerkbar machen würden, wohingegen sich mögliche biographische und kognitiven Einflussfaktoren sowie Fahrerfahrung insbesondere auf der Antizipationsebene auswirken dürften.

## **II    EMPIRISCHER TEIL**



## **7      UNTERSUCHUNG I: DER UMFANG           ANTIZIPATIONSRELEVANTER MERKMALE**

### **7.1     Fragestellungen**

In Untersuchung I ging es vorrangig darum herauszufinden, auf wie viele Merkmale einer Verkehrssituation die Fahrer im Rahmen ihrer Antizipation zurückgreifen und um welche es sich dabei im Einzelnen handelt. Außerdem sollte überprüft werden, ob die verwendete experimentelle Methode geeignet ist zur Gewinnung eines schnellen und umfassenden Überblicks über die Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen von Fahrern in unterschiedlichen Verkehrssituationen.

### **7.2     Methode**

#### **7.2.1 Versuchspersonen**

An dem Experiment nahmen 21 Probanden mit überwiegend studentischem Hintergrund teil: 7 Teilnehmer studierten Psychologie, 8 waren Studenten sonstiger Fachrichtungen. Entsprechend bestand der weitaus größte Teil der Stichprobe aus jungen Fahrern (10 waren in der Altersgruppe 19-23 J. und 7 in der Gruppe 24-29 J.). Die restlichen 4 Teilnehmer waren 52-56jährig. Die Geschlechtsverteilung in der Stichprobe war mit 10 Männern und 11 Frauen beinahe ausgeglichen.

Alle Probanden waren im Besitz eines Pkw-Führerscheins und verfügten über eine (korrigierte) volle Sehschärfe. Bei 10 Personen handelte es sich um Wenigfahrer (unter 5.000 km im vergangenen Kalenderjahr) und bei weiteren 10 Probanden um Fahrer mit mittlerer Fahrpraxis (zwischen 5.000 und 20.000 km/J.). Lediglich ein Teilnehmer stufte sich als Vielfahrer ein (über 20.000 km/J.). Unter den Wenigfahrern sind mit einem Verhältnis von 7 zu 3 die Frauen leicht in der Überzahl, unter den Durchschnittsfahrern sind es mit 6 zu 4 die Männer.

Die Teilnahme am Experiment erfolgte auf freiwilliger Basis und wurde nicht entlohnt. Psychologie-Studenten erhielten allerdings auf Wunsch eine Bestätigung der absolvierten Versuchspersonenstunden, was ein Bestandteil der Anforderungen für die Zulassung zur Diplom-Vor- und –Hauptprüfung ist.

### 7.2.2 Versuchsmaterial

Die Grundlage von Untersuchung I bildete umfangreiches Filmmaterial, das 2005 im Rahmen einer anderen Forschungsarbeit (Sommer, 2006) erstellt wurde. Hierbei wurden mit einer Videokamera (Panasonic NV-DX90 Mini-DV) aus einem fahrenden Versuchsfahrzeug (BMW Limousine) heraus Verkehrssituationen im Münchner Innenstadtbereich aufgenommen. Die Kamera war dabei an der Kopfstütze des Beifahrersitzes befestigt und wurde mittels eines Stativ-Arms möglichst nah an den Kopf des Fahrers positioniert. Im Bildausschnitt waren neben der Windschutzscheibe auch ein Teil des Fahrzeughimmels und des Lenkrads zu sehen. Wetter- und Lichtverhältnisse waren in allen Situationen gleichermaßen gut.

Die Speicherung der Aufzeichnungen erfolgte im Format „Quick Time Film“, die Komprimierung mit dem „H.264 Codec“ von „QuickTime 7.0“. Dieses Computerprogramm wurde auch für die nachträgliche Entfernung der Audiospur sowie für den anschließenden Videoschnitt verwendet. Die Auflösung betrug 720 x 576 Pixel mit 16.7 Mio. darstellbaren Farben und 25 Bildern pro Sekunde.

Für Untersuchung I wurden aus diesem Material 10 Situationen ausgewählt und daraus wiederum wurden Videosequenzen mit einer Dauer von jeweils 10 Sekunden (vgl. Kapitel 4.4, S. 30 ff.) extrahiert. Jeder Videoausschnitt war dadurch gekennzeichnet, dass darin andere Verkehrsteilnehmer (Autofahrer, Radfahrer, Fußgänger) zu sehen waren, deren Verhalten der Fahrer im Egofahrzeug bei seinen eigenen Handlungen berücksichtigen musste. Manche dieser Verkehrsteilnehmer bewegten sich, andere wiederum standen während der gesamten Dauer des Videos still.

Die Filmsequenzen endeten – je nachdem was früher eintrat – entweder unmittelbar bevor

- (a) der Fahrer im Egofahrzeug auf die Situation reagierte (z.B. indem er in eine Lücke am rechten Fahrbahnrand auswich)  
oder bevor
- (b) der andere Verkehrsteilnehmer eine deutlich sichtbare Verhaltensänderung zeigte (z.B. indem er einen Spurwechsel vollzog).

In Tabelle 7-1 findet sich eine kurze Beschreibung der 10 Videosequenzen mit jeweils einem Standbild zur Veranschaulichung.


**Tabelle 7-1** Beschreibung der in Untersuchung I verwendeten Situationen

| Video-Nr. | Situationsbeschreibung (mit Antizipation)   |
|-----------|---|
| 1         | <p>Bei der Anfahrt an eine Kreuzung beschleunigt ein Folgefahrzeug stark und zieht rechts am Fahrer vorbei – und wird in Kürze vor ihm wieder einscheren.</p>  <p>Abbildung 7-1 Standbild aus Video Nr. 1</p>   |
| 2         | <p>Ein einparkendes Fahrzeug blockiert die rechte von drei Fahrspuren. Ein darauf befindliches Fahrzeug wird in Kürze von der rechten auf die mittlere Fahrspur wechseln und unmittelbar vor dem Fahrer einscheren.</p>  <p>Abbildung 7-2 Standbild aus Video Nr. 2</p> |
| 3         | <p>Ein Fahrzeug steht links eingeordnet und links blinkend auf der Fahrbahn (wartet auf eine Lücke im Gegenverkehr) – kann aber vom Fahrer rechts passiert werden.</p>  <p>Abbildung 7-3 Standbild aus Video Nr. 3</p>  |

| Video-Nr. | Situationsbeschreibung (mit Antizipation)   |
|-----------|---|
| 4         | <p>Ein Radfahrer passiert ein an der roten Ampel wartendes Vorderfahrzeug und wird kurz drauf mittig vor ihm einscheren (= Behinderung des Vorderfahrzeugs bei der Weiterfahrt)</p>  <p><b>Abbildung 7-4</b> Standbild aus Video Nr. 4</p>  |
| 5         | <p>Ein Vorderfahrzeug hält auf der Fahrbahn an, um einen Beifahrer aussteigen zu lassen und wird danach wieder weiterfahren.</p>  <p><b>Abbildung 7-5</b> Standbild aus Video Nr. 5</p>  |
| 6         | <p>Gegenverkehr auf einer sehr schmalen Straße macht gleichzeitiges Passieren problematisch. Das entgegenkommende Fahrzeug kann nicht ausweichen und wartet darauf, dass der Fahrer in eine Lücke am rechten Fahrbahnrand ausweicht.</p>  <p><b>Abbildung 7-6</b> Standbild aus Video Nr. 6</p> |

| Video-Nr. | Situationsbeschreibung (mit Antizipation)   |
|-----------|---|
| 7         | <p>Der Fahrer möchte links abbiegen, muss aber ein entgegenkommendes Fahrzeug abwarten und beim anschließenden Abbiegen auf einen „vorfahrtsberechtigten“ Fußgänger auf dem Bürgersteig achten.</p>  <p><b>Abbildung 7-7</b> Standbild aus Video Nr. 7</p>  |
| 8         | <p>Ein Vorderfahrzeug ordnet sich rechts ein, blinkt rechts und bleibt schließlich an einer vierarmigen Kreuzung stehen – um kurz darauf links zu blinken und nach links einzulenken. Es wird links abbiegen und dabei in einem großen Bogen fahren, da es rechts eingeordnet ist.</p>  <p><b>Abbildung 7-8</b> Standbild aus Video Nr. 8</p> |
| 9         | <p>Ein entgegenkommendes Fahrzeug überholt einen vor ihm fahrenden Radfahrer und kommt dem Fahrer in kurzem Abstand auf dessen Spur entgegen.</p>  <p><b>Abbildung 7-9</b> Standbild aus Video Nr. 9</p>  |



| Video-Nr. | Situationsbeschreibung (mit Antizipation)  |
|-----------|--|
| 10        | <p>Ein Vorderfahrzeug nutzt eine Kreuzung zum Wenden, wobei es den Fahrer beim Linksabbiegen behindert.</p>  <p><b>Abbildung 7-10</b> Standbild aus Video Nr. 10</p> |

### 7.2.3 Versuchsplan

Mit Hilfe von Untersuchung I sollte in erster Linie der Umfang der von Fahrern im Rahmen ihrer Antizipation genutzten Hinweisreize ermittelt werden. Außerdem sollte bestimmt werden, um welche Merkmale einer Verkehrssituation es sich dabei im Einzelnen handelt.

Zu diesem Zweck wurden Probandenbefragungen durchgeführt, wobei die Generierung der Merkmale durch die in Kapitel 7.2.2 (S. 90 ff.) beschriebenen Videosequenzen unterstützt wurde. Zur Kontrolle von Positionseffekten gab es drei verschiedene, zufallsgenerierte Darbietungsreihenfolgen der 10 Videos, die per Zufall jeweils 7 der insgesamt 21 Versuchspersonen zugewiesen wurden.

Um sicherzustellen, dass die genannten Situationsmerkmale tatsächlich bedeutsam für die Antizipation des Fahrers sind, wurden die Teilnehmer nach dem Betrachten der Videos zunächst nach dem weiteren Verlauf der jeweiligen Situation gefragt (d.h. nach ihrer Antizipation) und erst danach nach den dafür ausschlaggebenden Situationsmerkmalen:

- (a) „Wie wird sich die Situation Ihrer Meinung nach weiterentwickeln?“
- (b) „An welchen Kriterien erkennen Sie dies?“

Dadurch konnte zusätzlich überprüft werden, ob sich die gewählte Vorgehensweise auch zur Messung der Antizipationsleistung eignet. Außerdem konnte ein erster Eindruck des Schwierigkeitsgrads der in den gezeigten Verkehrssituationen erforderlichen bewussten Wahrnehmungen und Antizipationen gewonnen werden.

Zusätzlich zu den Situationen in den Videos hatten die Teilnehmer die Möglichkeit aus dem Gedächtnis bis zu sechs weitere (nicht gezeigte) Situationen zu beschreiben, in denen Antizipation ihrer Meinung nach hilfreich sein kann, und die dafür benötigten Hinweisreize zu benennen.

### **7.2.4 Versuchsaufbau**

Das Experiment wurde als Einzelversuch durchgeführt. Die Versuchsorte waren sehr unterschiedlich – ein Teil der Experimente fand in den Räumlichkeiten der Universität Regensburg statt, die weitaus meisten Teilnehmer wurden jedoch im privaten Umfeld (Wohnung des Probanden bzw. des Versuchsleiters) getestet. Gemeinsam war allen Orten, dass es sich um einen abgeschlossenen Raum handelte und dass auf gute Sichtbarkeit der präsentierten Videos geachtet wurde (ggf. mittels leichter Abdunkelung des Raums zur Kontrastverbesserung).

Die Versuchsperson saß vor dem Bildschirm eines Laptops bzw. Desktop-Computers, auf dem abwechselnd die Videosequenzen und die zugehörigen Fragebögen präsentiert wurden. Zum Abspielen der Videos und zum Wechseln auf die dazugehörigen Fragebögen gebrauchte der neben der Versuchsperson sitzende Versuchsleiter die Computermouse. Der exakte Startzeitpunkt wurde dabei jeweils vorher mit der Versuchsperson abgesprochen. Die einzige Bedienhandlung, die der Proband selbst am Computer durchführte, bestand in der Benutzung der QWERTZ-Tastatur zur Beantwortung der offenen Fragen und der Computermouse zum Ausfüllen der Formulardaten.

Die Videos waren im Format „QuickTime (.mov)“ auf dem Computer gespeichert und wurden mit Hilfe der Software „Quick Time Player“ im Vollbildmodus abgespielt. Eine Geräuschausgabe fand nicht statt.

Die Fragebögen hatten das Format „Microsoft Word 2003 (.doc)“ und wurden auch mit diesem Programm geöffnet. Der Proband konnte allerdings ausschließlich die Formulardaten (Kontrollkästchen, Textformularfelder) ausfüllen – darüber hinausgehende Veränderungen im Dokument (z.B. Löschen von Fragen) waren gesperrt und daher nicht möglich (siehe Anhang A, S. 264 ff.).

### **7.2.5 Versuchsablauf**

Das Experiment dauerte etwa 40 Minuten pro Teilnehmer im Einzelversuch (je nach Schnelligkeit bei der Beantwortung der Fragen).

Zunächst wurde der Proband über Zweck und Dauer des Versuchs informiert, er setzte ggf. seine Sehhilfe auf und bearbeitete anschließend den demographischen Teil des

Fragebogens. Dies nahm etwa drei Minuten in Anspruch. In der darauffolgenden circa siebenminütigen Instruktion wurde der Versuchsablauf erklärt. Beim Betrachten der Videos sollte die Versuchsperson aufmerksam den umgebenden Verkehr beobachten und sich vorstellen, dass sie tatsächlich mit dem Auto fährt. Jedes Video werde nur einmal gezeigt. Im Anschluss sollte sie jeweils einen Fragebogen ausfüllen, in dem sie den weiteren Verlauf der im Video dargestellten Situation prognostizieren sowie die zu diesen Annahmen führenden „Indizien“ (= antizipationsrelevante Merkmale der Fahr-situation) nennen sollte.

Um sicherzugehen, dass die Versuchsperson die an sie gestellte Aufgabe verstanden hat, wurde ihr außerdem ein Beispielvideo gezeigt, das in Aussehen und Länge vergleichbar war mit den Videos im nachfolgenden Experiment. Hierin sind Fußgänger und Radfahrer zu sehen, die angesichts einer grünen Fußgängerampel eine Straße überqueren, in die der Fahrer im Video rechts einbiegen will. Anschließend sollte sie die Fragen zum weiteren Situationsverlauf und den dafür relevanten Merkmalen beantworten, wobei sie sich ausnahmsweise mit dem Versuchsleiter besprechen konnte. Dieser wies sie ggf. auf Irrtümer hin und nannte abschließend die richtigen Antworten für die Beispielaufgabe.

Danach begann das eigentliche Experiment, welches ungefähr 30 Minuten in Anspruch nahm und in dem die Probanden am Computerbildschirm abwechselnd eines der insgesamt 10 Videosequenzen betrachteten (wobei sie keinerlei Eingriffsmöglichkeiten hatten) und einen einseitigen Fragebogen ausfüllten. Darin mussten sie in eigenen Worten beschreiben, wie sich die jeweilige Situation ihrer Meinung nach weiterentwickelt und an welchen Kriterien sie dies erkannt haben. Eine nachträgliche Ergänzung der Aussagen zu den früher gesehenen Videos war nicht gestattet; die Äußerungen bezogen sich immer auf die unmittelbar zuvor gesehene Verkehrssituation. Am Schluss des Experiments durften die Teilnehmer aus dem Gedächtnis bis zu sechs (nicht vorgeführte) Situationen zu beschreiben, in denen ihrer Meinung nach Antizipation hilfreich sein kann.

Der fertig ausgefüllte Fragebogen wurde anschließend unter Verwendung einer anonymen Kennung auf dem Computer gespeichert.

### **7.2.6 Versuchsauswertung**

Es erfolgte keinerlei Bewertung der Aussagen, sondern jede formulierte Antizipation und jedes genannte Merkmal wurde akzeptiert – auch wenn es sich um (vorläufige) „Nebenschauplätze“ handelte (z.B. in Video Nr. 1 die für den Fahrer grüne Ampel). Mehrgliedrige Aussagen wurden geteilt (z.B. „Fahrzeug wird weiter beschleunigen und



auf meine Spur wechseln“); Sinngemäß identische Aussagen verschiedener Probanden wurden zu einer Kernaussage zusammengefasst (z.B. „Fahrzeug vor mir blinkt links“ versus „links blinkendes Vorderfahrzeug“).

## 7.3 Ergebnisse

Es wurden insgesamt 176 antizipationsrelevante Einzelmerkmale genannt.<sup>9</sup> Ein Großteil davon findet sich in den gezeigten Videosequenzen wieder. Aufgrund der Möglichkeit weitere Beispiele antizipationsrelevanter Situationen zu nennen – was 17 der 21 Probanden nutzten und im Mittel 3.65 zusätzliche Situationen beschrieben – trifft dies aber bei weitem nicht auf alle Merkmale zu. So wurden z.B. auch Stimuli genannt, die sich vornehmlich auf Autobahnen bzw. Landstraßen beobachten lassen (z.B. „Reh steht neben der Fahrbahn“, „Haarnadelkurve“, „LKW zieht leicht nach links“) oder die nicht gezeigte Witterungs- und Lichtverhältnisse betreffen (z.B. „Dunkelheit“, „winterliche Straßenverhältnisse“). Außerdem wurden eine Reihe von innerstädtischen Situationen beschrieben, in denen Merkmale antizipationsrelevant waren, die nicht in den Videos vorkamen (z.B. „Blaulicht“, „Zusammenstoß eines Fahrzeugs mit vorausfahrendem Fahrzeug“). Alles in allem wurde ca. ein Viertel der 176 Einzelmerkmale ohne Unterstützung durch die Videosequenzen generiert.

### 7.3.1 Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen in den jeweiligen Situationen

Um einen ersten Eindruck von den Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen der Autofahrer in unterschiedlichen Verkehrssituationen zu gewinnen, wurden die Antworten der Probanden für jede der zehn Situationen, die in den Videosequenzen zu sehen waren analysiert. Wie viele der Teilnehmer jeweils den weiteren Situationsverlauf zutreffend vorhersagen konnten und welche Merkmale sie in diesem Zusammenhang als relevant bezeichneten, ist Tabelle 7-2 bis Tabelle 7-11 zu entnehmen.

Das rechts überholende Fahrzeug in **Video Nr. 1** wurde von knapp der Hälfte der Probanden korrekt vorhergesagt (vgl. Tabelle 7-2). Zudem erkannte ein gutes Viertel der Teilnehmer, dass das Fahrzeug aufgrund seiner starken Beschleunigung kein Hindernis darstellt, d.h. dass keine Anpassung des eigenen Fahrverhaltens vorgenommen werden muss.

---

<sup>9</sup> Eine umfassende Auflistung der Einzelmerkmale findet sich in Kapitel 8.3 (Tabelle 8-2 bis Tabelle 8-8).

**Tabelle 7-2** Anteil der Probanden mit zutreffenden Antizipationen und Nennung antizipationsrelevanter Merkmale in Video Nr. 1

|                                   | Inhalt   | Anteil Pbn      |
|-----------------------------------|--|-----------------|
| <b>Zutreffende Antizipationen</b> | Fahrzeug wird rechts überholen, d.h. vor dem eigenen Kfz einscheren        | 10 / 21 (= 48%) |
|                                   | ... aber kein größeres Hindernis darstellen, da es stark beschleunigt      | 6 / 21 (= 28%)  |
|                                   |  |                 |
| <b>Relevante Merkmale</b>         | Fahrzeug zieht [von rechts kommend] auf die Fahrspur des eigenen Fahrzeugs | 9 / 21 (= 43%)  |
|                                   | Fahrzeug passiert das eigene Fahrzeug rechts                               | 6 / 21 (= 28%)  |
|                                   | Fahrzeug beschleunigt stark  | 6 / 21 (= 28%)  |
|                                   | Ampel ist grün   | 6 / 21 (= 28%)  |

Bei **Video Nr. 2** bemerkten zwei Drittel der Teilnehmer, dass das auf der rechten Spur vorausfahrende Fahrzeug demnächst auf die mittlere Spur – und damit vor das Fahrzeug des Fahrers im Video – wechseln wird. Wie man an den aufgeführten Situationsmerkmalen sieht, wurde dies v.a. aufgrund des aufleuchtenden Blinklichts des anderen Fahrzeugs geschlussfolgert. Allerdings erkannte nur knapp ein Viertel den Grund dafür: Ein rangierendes Fahrzeug, das während eines Ein- bzw. Ausparkvorgangs die rechte Fahrspur blockiert (vgl. Tabelle 7-3).

**Tabelle 7-3** Anteil der Probanden mit zutreffenden Antizipationen und Nennung antizipationsrelevanter Merkmale in Video Nr. 2

|                                   | Inhalt  | Anteil Pbn      |
|-----------------------------------|---|-----------------|
| <b>Zutreffende Antizipationen</b> | Fahrzeug wird von der rechten Spur vor das eigene Fahrzeug (d.h. auf die mittlere Spur) wechseln        | 14 / 21 (= 67%) |
|                                   | (... und Grund dafür ist) ein ein-/ausparkendes Fahrzeug, das weiterhin die rechte Spur blockieren wird | 5 / 21 (= 24%)  |
|                                   |   |                 |
| <b>Relevante Merkmale</b>         | Vorderfahrzeug [auf der rechten Spur] blinkt  | 11 / 21 (= 52%) |
|                                   | Einparkendes Fahrzeug blockiert die rechte Spur   | 5 / 21 (= 24%)  |
|                                   | Aufleuchtende Rückscheinwerfer beim einparkenden Fahrzeug   | 2 / 21 (= 9%)   |
|                                   |   |                 |

Die weitere Entwicklung der Situation in **Video Nr. 3** war für etwa die Hälfte der Probanden vorherzusehen: 14 der 21 Teilnehmer begriffen, dass das auf der linken Abbiegespur eingeordnete Fahrzeug (aufgrund des Gegenverkehrs) fürs erste nicht abbiegen, sondern in naher Zukunft immer noch stehen wird. Weitere 12 Personen erkannten zudem, dass die Fahrspur breit genug ist, um rechts an diesem Fahrzeug vorbeizufahren und 9 Probanden gingen richtigerweise davon aus, dass das unmittelbar vorausfahrende Fahrzeug dies auch tun würde (vgl. Tabelle 7-4).

**Tabelle 7-4** Anteil der Probanden mit zutreffenden Antizipationen und Nennung antizipationsrelevanter Merkmale in Video Nr. 3

|                                   | Inhalt  | Anteil Pbn      |
|-----------------------------------|---|-----------------|
| <b>Zutreffende Antizipationen</b> | Fahrzeug auf der linken Spur wird weiterhin stehen [und erst nach Passieren des Gegenverkehrs links abbiegen] | 14 / 21 (= 57%) |
|                                   | Vorderfahrzeug wird rechts am stehenden Fahrzeug vorbeifahren   | 9 / 21 (= 43%)  |
| <b>Relevante Merkmale</b>         | Fahrzeug auf der linken Spur  | 14 / 21 (= 67%) |
|                                   | Fahrzeug blinkt links   | 12 / 21 (= 57%) |
|                                   | Bremslichter am [links stehenden] Fahrzeug leuchten auf   | 2 / 21 (= 9%)   |
|                                   | Fahrzeug bleibt [links] stehen  | 14 / 21 (= 67%) |
|                                   | Rechte Spur („geradeaus“) ist breit genug zum Passieren   | 12 / 21 (= 57%) |
|                                   | Gegenverkehr  | 6 / 21 (= 28%)  |
|                                   | Vorderfahrzeug schert nach rechts aus / ordnet sich rechts ein  | 9 / 21 (= 43%)  |

Die Tatsache, dass der Radfahrer in **Video Nr. 4** das (an einer roten Ampel wartende) Vorderfahrzeug überholen wurde, konnten mehr als die Hälfte der Teilnehmer antizipieren. Ein gutes Drittel sah zudem die damit verbundene Gefahr einer Behinderung des Vorderfahrzeugs bei der Weiterfahrt (nach Umschalten der Ampel auf Grün) vorher (vgl. Tabelle 7-5).

**Tabelle 7-5** Anteil der Probanden mit zutreffenden Antizipationen und Nennung antizipationsrelevanter Merkmale in Video Nr. 4

|                                   | Inhalt  | Anteil Pbn      |
|-----------------------------------|---|-----------------|
| <b>Zutreffende Antizipationen</b> | Radfahrer wird das stehende Vorderfahrzeug überholen              | 12 / 21 (= 57%) |
|                                   | Radfahrer wird das Vorderfahrzeug bei der Weiterfahrt behindern   | 8 / 21 (= 38%)  |
| <b>Relevante Merkmale</b>         | Vorderfahrzeug steht  | 11 / 21 (= 52%) |
|                                   | Aufleuchtende Bremslichter am Vorderfahrzeug                      | 3 / 21 (= 14%)  |
|                                   | Radfahrer passiert das Vorderfahrzeug                             | 12 / 21 (= 57%) |
|                                   | Radfahrer lenkt nach dem Passieren des Vorderfahrzeugs rechts ein | 9 / 21 (= 43%)  |
|                                   | Ampel ist rot   | 9 / 21 (= 43%)  |

Was in der Verkehrssituation von **Video Nr. 5** demnächst geschehen würde, war für die weitaus meisten Probanden (18 von 21) offensichtlich. Sie prognostizierten richtigerweise, dass das weiter „vorne“ auf der Fahrspur befindliche Fahrzeug in den nächsten Sekunden auf jeden Fall noch stehenbleiben und abwarten würde, bis der Beifahrer zu- bzw. ausgestiegen ist (vgl. Tabelle 7-6).

**Tabelle 7-6** Anteil der Probanden mit zutreffenden Antizipationen und Nennung antizipationsrelevanter Merkmale in Video Nr. 5

|                                   | Inhalt  | Anteil Pbn      |
|-----------------------------------|---|-----------------|
| <b>Zutreffende Antizipationen</b> | Vorderfahrzeug wird weiterhin stehenbleiben                                 | 18 / 21 (= 86%) |
|                                   | ... wird aber nach dem Ein/Aussteigen des Beifahrers wieder anfahren        | 18 / 21 (= 86%) |
| <b>Relevante Merkmale</b>         | Vorderfahrzeug steht  | 14 / 21 (= 67%) |
|                                   | Bremslichter am Vorderfahrzeug leuchten auf (d.h. Fahrer sitzt im Fahrzeug) | 7 / 21 (= 33%)  |
|                                   | Tür am Vorderfahrzeug ist geöffnet  | 6 / 21 (= 28%)  |
|                                   | Person am Vorderfahrzeug (steigt ein oder aus)                              | 17 / 21 (= 81%) |

Nach dem Betrachten von **Video Nr. 6** berichteten mehr als die Hälfte der Probanden (13 von 21), dass die Straße nicht breit genug für das eigene Auto und den Gegenverkehr sei. Angesichts des auf der rechten Straßenseite befindlichen freien Parkplatzes

vermuteten 12 Probanden, dass der Fahrer im entgegenkommenden Fahrzeug das Ausweichen des Egofahrzeugs in eben diese Lücke erwarte. Außerdem war ein Drittel der Teilnehmer davon überzeugt, dass der Gegenverkehr nicht versuchen würde seinerseits auszuweichen. Begründet wurde dies u.a. mit dem Aufblenden des entgegenkommenden Fahrzeugs sowie mit der Tatsache, dass auf der Gegenseite keinerlei Ausweichmöglichkeit bestand (vgl. Tabelle 7-7).

**Tabelle 7-7** Anteil der Probanden mit zutreffenden Antizipationen und Nennung antizipationsrelevanter Merkmale in Video Nr. 6

|                                   | Inhalt  | Anteil Pbn      |
|-----------------------------------|---|-----------------|
| <b>Zutreffende Antizipationen</b> | Das entgegenkommende Fahrzeug wird nicht ausweichen   | 7 / 21 (= 33%)  |
|                                   | ... und wird warten, bis das eigene Fahrzeug in die Lücke am rechten Fahrbahnrand ausweicht | 12 / 21 (= 57%) |
| <b>Relevante Merkmale</b>         | Entgegenkommendes Fahrzeug  | 18 / 21 (= 86%) |
|                                   | Sehr schmale Fahrbahn (nicht breit genug für zwei Fahrzeuge)                                | 13 / 21 (= 62%) |
|                                   | Entgegenkommendes Fahrzeug wird sehr langsam  | 3 / 21 (= 14%)  |
|                                   | Entgegenkommendes Fahrzeug blendet auf  | 2 / 21 (= 9%)   |
|                                   | Auf der Gegenseite besteht keine Ausweichmöglichkeit  | 2 / 21 (= 9%)   |
|                                   | Freier Parkplatz unmittelbar voraus auf der rechten Straßenseite                            | 12 / 21 (= 57%) |

Bei **Video Nr. 7** erkannten zwar 10 der 21 Probanden, dass nach dem Passieren des entgegenkommenden Fahrzeugs für das Egofahrzeug eine ausreichend große Lücke im Gegenverkehr vorhanden sein wird, um links abbiegen zu können. Jedoch bemerkte nur gut ein Fünftel (4 von 21 Pbn) den „vorfahrtsberechtigten“ Fußgänger auf dem linken Gehsteig, der beim Abbiegen unbedingt beachtet werden müsste (vgl. Tabelle 7-8).

**Tabelle 7-8** Anteil der Probanden mit zutreffenden Antizipationen und Nennung antizipationsrelevanter Merkmale in Video Nr. 7

|                                   | Inhalt   | Anteil Pbn      |
|-----------------------------------|--|-----------------|
| <b>Zutreffende Antizipationen</b> | Entgegenkommendes Fahrzeug wird das eigene Fahrzeug passieren (d.h. man kann danach links abbiegen)                                    | 10 / 21 (= 48%) |
|                                   | „Vorfahrtsberechtigter“ Fußgänger auf dem linken Gehsteig wird das eigene Fahrzeug passieren (d.h. ist beim Linksabbiegen zu beachten) | 4 / 21 (= 19%)  |
| <b>Relevante Merkmale</b>         | Nach Passieren des Fahrzeugs ist die Gegenfahrbahn frei  | 10 / 21 (= 48%) |
|                                   | Fußgänger auf dem linken Gehsteig  | 4 / 21 (= 19%)  |

Obwohl das vorausfahrende Fahrzeug in **Video Nr. 8** sich an der Kreuzung rechts eingeordnet und zunächst auch rechts geblinkt hatte, erkannten beinahe alle Probanden (19 von 21), dass es nicht rechts, sondern links abbiegen wird. Als Hinweisreiz hierfür nannten die meisten Teilnehmer (16 von 21) die Tatsache, dass es gegen Ende des Videoausschnitts konstant links blinkte. Drei Probanden fiel der Radeinschlag des Vorderfahrzeugs nach links auf. Immerhin vier Probanden schlussfolgerten außerdem, dass es aufgrund des vorherigen falschen Einordnens beim Linksabbiegen einen großen Bogen fahren würde (vgl. Tabelle 7-9).

**Tabelle 7-9** Anteil der Probanden mit zutreffenden Antizipationen und Nennung antizipationsrelevanter Merkmale in Video Nr. 8

|                                   | Inhalt  | Anteil Pbn      |
|-----------------------------------|---|-----------------|
| <b>Zutreffende Antizipationen</b> | Vorderfahrzeug wird links abbiegen  | 19 / 21 (= 90%) |
|                                   | ... dabei aber in einem großen Bogen fahren [da es sich rechts eingeordnet hat] | 4 / 21 (= 19%)  |
| <b>Relevante Merkmale</b>         | Vorderfahrzeug blinkt links   | 16 / 21 (= 76%) |
|                                   | Vorderfahrzeug blinkt zwar zunächst rechts, bleibt dann aber bei links          | 6 / 21 (= 28%)  |
|                                   | Radeinschlag des Vorderfahrzeugs nach links                                     | 3 / 21 (= 14%)  |
|                                   | Vorderfahrzeug hat sich rechts eingeordnet                                      | 6 / 21 (= 28%)  |
|                                   | Vorderfahrzeug steht schon ziemlich weit in der Querstraße                      | 3 / 21 (= 14%)  |

Nach dem Betrachten von **Video Nr. 9** konnte ebenfalls ein Großteil der Probanden richtig vorhersagen, wie sich die Situation weiterentwickeln wird: 17 der 21 Teilnehmer waren zu Recht davon überzeugt, dass das entgegenkommende Fahrzeug den begonnenen Überholversuch nicht abbrechen wird und sich deshalb zunächst weiter neben dem Fahrrad befinden wird. Außerdem stellten 9 Probanden fest, dass es dabei über die Grenzen seiner Fahrspur hinausfahren und dem Egofahrzeug auf dessen Spur entgegenkommen wird (vgl. Tabelle 7-10).

**Tabelle 7-10** Anteil der Probanden mit zutreffenden Antizipationen und Nennung antizipationsrelevanter Merkmale in Video Nr. 9

|                                   | Inhalt   | Anteil Pbn      |
|-----------------------------------|--|-----------------|
| <b>Zutreffende Antizipationen</b> | Entgegenkommendes Fahrzeug wird den Radfahrer überholen [wird den Überholvorgang nicht abbrechen]              | 17 / 21 (= 81%) |
|                                   | ... und dabei die Spur des eigenen Fahrzeugs mitbenutzen (d.h. wird dem Fahrer auf dessen Spur entgegenkommen) | 9 / 21 (= 43%)  |
| <b>Relevante Merkmale</b>         | Gegenverkehr schert aus / fährt neben Radfahrer  | 17 / 21 (= 81%) |
|                                   | Gegenverkehr fährt auf die Fahrspur des Egofahrzeugs   | 9 / 21 (= 43%)  |
|                                   | Straße ist zu eng für Radfahrer und die beiden Autos nebeneinander   | 6 / 21 (= 28%)  |
|                                   | Gegenverkehr ist während des Überholens schon sehr nah am eigenen Fahrzeug                                     | 3 / 21 (= 14%)  |
|                                   | Abstand des überholenden Gegenverkehrs zum Fahrradfahrer   | 2 / 21 (= 9%)   |

Bei **Video Nr. 10** war für mehr als die Hälfte der Teilnehmer (12 von 21) offensichtlich, dass das (ebenso wie das Egofahrzeug auf der linken Abbiegespur eingeordnete) Vorderfahrzeug nicht bloß abbiegen will, sondern die Kreuzung zum Wenden benutzen wird. Als relevantes Kriterium nannten sie mehrheitlich das für normales Linksabbiegen zu starke Einlenken der Fahrzeugräder. Vier Personen bemerkten zudem, dass das Wendemanöver des Vorderfahrzeugs das eigene Fahrzeug beim Linksabbiegen behindern wird (vgl. Tabelle 7-11).

**Tabelle 7-11** Anteil der Probanden mit zutreffenden Antizipationen und Nennung antizipationsrelevanter Merkmale in Video Nr. 10

|                                   | Inhalt  | Anteil Pbn      |
|-----------------------------------|---|-----------------|
| <b>Zutreffende Antizipationen</b> | Fahrzeug wird wenden  | 12 / 21 (= 57%) |
|                                   | ... und das eigene Fahrzeug behindern   | 4 / 21 (= 19%)  |
| <b>Relevante Merkmale</b>         | Vorderfahrzeug blinkt links   | 6 / 21 (= 28%)  |
|                                   | Vorderfahrzeug lenkt zu stark ein (fährt in einer zu scharfen Kurve) für bloßes Linksabbiegen | 9 / 21 (= 43%)  |

### 7.3.2 Antizipationsrelevante Merkmale

Betrachtet man die genannten Merkmale über alle Situationen hinweg, so lassen sich acht Stimuli identifizieren, die von einer Vielzahl der Versuchspersonen als relevant für deren (korrekte) Antizipation bezeichnet wurden. Sechs davon wurden zudem bei mindestens drei der zehn gezeigten Situationen erwähnt.

Zum einen ist dies die **Straßenbreite** in Relation zu der Breite nebeneinander fahrender Fahrzeuge und des Gegenverkehrs (mit Sicherheitsabständen). In Situation 3 galt es u.a. festzustellen, dass genügend Platz vorhanden war, um rechts an dem links eingeordneten Fahrzeug vorbeizufahren. Dies abzuschätzen war 12 der 21 Probanden bis zum Ende des Videoausschnitts möglich. In den Situationen 6 und 9 mussten die Teilnehmer stattdessen erkennen, dass die Straße *nicht* breit genug ist, damit zwei Pkw (bzw. zwei Pkw und ein Fahrradfahrer) aneinander vorbeifahren können. Auch dies war aber für etwa die Hälfte der Probanden (13 bzw. 9 von 21) kein Problem.

Ebenfalls besonders bedeutsam für die Antizipation scheint die **Fahrtrichtungsanzeige** anderer Fahrzeuge zu sein. In den Situationen 2, 3 und 8 wurde es von über der Hälfte der Probanden als entscheidend für die Prognose des weiteren Situationsverlaufs genannt. Während das Links-Blinken des auf der rechten Nebenspur befindlichen Vorderfahrzeugs in Situation 2 als Hinweis für einen bevorstehenden Spurwechsel vor das Egofahrzeug gewertet wurde, zeigte es in den Situationen 3 und 8 ein Abbiege-Vorhaben des stehenden Fahrzeugs an.

Im Zusammenhang mit Situation 10 wurde das Blinken lediglich von 6 der 21 Probanden genannt – allerdings war es in diesem Fall auch nicht so aufschlussreich wie in den zuvor genannten drei Situationen. Schließlich konnte an der bloßen Fahrtrichtungsanzeige noch nicht erkannt werden, dass das Vorderfahrzeug nicht einfach abbiegen, sondern wenden würde.



Ein weiteres, bevorzugt berücksichtigtes Antizipationsmerkmal ist offenbar das generelle Vorhandensein von **Gegenverkehr**. In den Situationen 6 und 9 wurde er jeweils von mehr als 80% der Teilnehmer als bedeutsam für den weiteren Situationsverlauf genannt. Aufgrund der (in diesen beiden Situationen ebenfalls relevanten) zu geringen Straßenbreite in Verbindung mit einer mangelnden Handlungsbereitschaft des Gegenverkehrs, muss der Fahrer hier unbedingt reagieren (bremsen, ausweichen), um eine kritische Situation zu verhindern.

Immerhin 10 Probanden erwähnten den Gegenverkehr auch in Situation 7, da dieser den Abbiege-Zeitpunkt des Egofahrzeugs wesentlich mitbestimmt. Sogar in Situation 3 wurde der Gegenverkehr noch von 6 Personen als relevant angesehen: Er weist darauf hin, dass das auf der linken Abbiegespur stehende Fahrzeug in den kommenden Sekunden (noch) nicht abbiegen wird.

Auch ein **Spurwechsel** (Ausscheren, Einordnen) anderer Fahrzeuge wurde von vielen Probanden oft als bedeutsam angesehen. Den Wechsel des in Situation 9 entgegenkommenden Fahrzeugs auf die Spur des Egofahrzeugs haben 17 der 21 Teilnehmer als antizipationsrelevant bezeichnet. In Situation 1 nannten 9 Probanden das „Herüberziehen“ des Fahrzeugs von der rechten Nebenspur nach links als Hinweis auf ein bevorstehendes Rechtsüberholen des betreffenden Pkws. Ebenfalls 9 Probanden fiel in Situation 3 der Einordnen des Vorderfahrzeugs nach rechts auf: Sie werteten dies als Zeichen, dass das stehende Linksabbieger-Fahrzeug rechts passiert werden kann.

Häufig wurde auch die aktuelle **Spurbenutzung** durch andere Fahrzeuge (d.h. auf welchen Spuren diese eingeordnet sind) unter den antizipationsrelevanten Merkmalen angeführt. Bei den Situationen 3 (Fahrzeug steht auf der Linksabbiegespur) und 4 (Radfahrer fährt auf dem Mittelstreifen / neben einem anderen Vorderfahrzeug) haben mehr als die Hälfte der Probanden Bezug darauf genommen.

In Situation 8 erschien die Spurbenutzung nur 6 Personen relevant. Allerdings ist sie isoliert betrachtet eher irreführend statt hilfreich (schließlich hat sich der Fahrer im Vorderfahrzeug fälschlicherweise rechts eingeordnet, wird aber später links abbiegen). Wenn der Proband jedoch zugleich auch die Fahrtrichtungsanzeige bzw. deren Wechsel von rechts auf links beachtet hat, konnte er aus der Spurbenutzung ableiten, dass das Vorderfahrzeug beim späteren Linksabbiegen einen großen Bogen fahren wird.

Einen Sonderfall stellt Situation 2 dar: Obwohl die Tatsache, dass sich auf der rechten Fahrspur ein rangierendes Fahrzeug befindet relevant ist für die Antizipation des weiteren Situationsverlaufs, haben dies nur 5 der 21 Versuchspersonen in ihren Antworten vermerkt.

Ein auf der Fahrbahn **stehendes Fahrzeug** (= Hindernis auf der Fahrbahn) spielt in vier der zehn gezeigten Situationen eine wichtige Rolle: In Situation 3 (Fahrzeug auf der linken Abbiegespur), Situation 4 (Fahrzeug an einer roten Ampel) und Situation 5 (Fahrzeug mit zu- bzw. aussteigendem Beifahrer) wurde es dementsprechend auch von über der Hälfte der Teilnehmer als relevant eingestuft. Anders verhält es sich in Situation 2: hier wurde das auf der rechten Fahrspur stehende bzw. rangierende Fahrzeug von lediglich 5 Probanden als antizipationsrelevantes Merkmal angegeben.

Das Merkmal „**ein- bzw. aussteigende Person am Vorderfahrzeug**“ war zwar nur in einer der zehn Situationen zu sehen (Situation 5), wurde aber dennoch von fast allen Versuchspersonen bemerkt und als bedeutsam eingestuft. Dasselbe gilt in abgeschwächter Form auch für die „**Ausweichmöglichkeit des Egofahrzeugs**“ (Situation 6): welche immerhin 12 Probanden als relevant bezeichnet haben.

In Tabelle 7-12 befindet sich eine Übersicht der oben genannten, oftmals als relevant bezeichneten Merkmale zusammen mit der Häufigkeit ihrer Nennung in jeder der 10 Videosequenzen.

**Tabelle 7-12** Besonders oft als relevant bezeichnete Merkmale zusammen mit deren Nennungshäufigkeit pro Situation (Maximum = 21 Nennungen/Situation)

| Merkmal                                     | Video-Nr. |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|   | 1         | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
| <b>Straßenbreite</b>                        | -         | -  | 12 | -  | -  | 13 | -  | -  | 9  | -  |
| <b>Fahrtrichtungsanzeige</b>                | -         | 11 | 12 | -  | -  | -  | -  | 16 | -  | 6  |
| <b>Gegenverkehr</b>                         | -         | -  | 6  | -  | -  | 18 | 10 | -  | 17 | -  |
| <b>Spurwechsel</b>                          | 9         | -  | 9  | -  | -  | -  | -  | -  | 17 | -  |
| <b>Spurbenutzung</b>                        | -         | 5  | 14 | 12 | -  | -  | -  | 6  | -  | -  |
| <b>Stehendes Fahrzeug</b>                   | -         | 5  | 14 | 11 | 14 | -  | -  | -  | -  | -  |
| <b>Person am Vorder-Fzg</b>                 | -         | -  | -  | -  | 17 | -  | -  | -  | -  | -  |
| <b>Ausweichmöglichkeit des Egofahrzeugs</b> | -         | -  | -  | -  | -  | 12 | -  | -  | -  | -  |

Auf der anderen Seite existieren aber auch einige Merkmale, die trotz ihrer Wichtigkeit für eine korrekte Antizipation nur von sehr wenigen Probanden identifiziert wurden. So bemerkten beispielsweise nur 4 Personen den „vorfahrtsberechtigten“ **Fußgänger**, der

sich in Situation 7 auf dem linken Gehsteig befindet und der beim Linksabbiegen des Egofahrzeugs unbedingt berücksichtigt werden muss.

Auch der Lenkwinkel der **Fahrzeugräder** (Einlenken) fand relativ wenig Beachtung: In Situation 4 (Einlenken des Radfahrers als Hinweis auf ein Einscheren vor dem Vorderfahrzeug) und in Situation 10 (wendendes Vorderfahrzeug) verwiesen nur jeweils 9 der 21 Probanden auf dieses aussagekräftige Merkmal; In Situation 8 (Vorderfahrzeug ist rechts eingeordnet, die Räder weisen aber nach links) waren es sogar bloß 3 Probanden.

Das **Beschleunigen bzw. Verzögern** anderer Fahrzeuge wurde ebenfalls von den meisten Probanden nicht erwähnt, obwohl es für die Antizipation des weiteren Situationsverlaufs mitunter bedeutsam war. So haben beispielsweise nur 6 Probanden die starke Beschleunigung des Rechts überholenden Fahrzeugs angeführt, obwohl dieses Merkmal entscheidend war für die Antizipation, dass das überholende Fahrzeug keine Behinderung für das Egofahrzeug darstellen wird. Bei Situation 6 vermerkten lediglich 3 Probanden das Verlangsamen des entgegenkommenden Fahrzeugs.

Auffallend ist außerdem, dass nur sehr wenige Probanden das **Aufleuchten von Bremslichtern** als antizipationsrelevant bezeichneten. In Situation 3 waren es zwei Personen, in Situation 4 drei und in Situation 5 sieben Personen, die dieses Merkmal anführten. Allerdings handelt es sich bei allen genannten Situationen um Fahrzeuge, die ohnehin bereits standen.

Schließlich finden sich unter den Antworten auch eine Reihe von „Exoten“, die in nur im Zusammenhang mit einer einzigen Situation und auch dort nur bei vereinzelt Teilnehmern Erwähnung fanden: beispielsweise nannten bloß jeweils 2 Personen die Merkmale „**aufleuchtende Rückscheinwerfer**“, „**Aufblenden**“ sowie „**Ausweichmöglichkeiten des Gegenverkehrs**“.

Auffällig ist weiterhin die Tatsache, dass ziemlich selten Bezug genommen wurde auf die **(Relativ-)Geschwindigkeiten** bewegter Fahrzeuge sowie auf räumliche oder zeitliche **Entfernungen** zu anderen Verkehrsteilnehmern. Das erste taten lediglich sechs Personen (Situation 1), das zweite sogar nur drei Teilnehmer (Situation 9).

Eine Übersicht dieser selten genannten Merkmale und deren Nennungshäufigkeiten in den verschiedenen Situationen ist Tabelle 7-13 zu entnehmen.

**Tabelle 7-13** Beispiele für selten als relevant bezeichnete Merkmale zusammen mit deren Nennungshäufigkeit pro Situation (Maximum = 21 Nennungen/Situation)

| Merkmal  | Video-Nr. |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|--|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
|  | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <b>Fußgänger (am Gehsteig)</b>                 | -         | - | - | - | - | - | 4 | - | - | -  |
| <b>Lenkwinkel der Fzg-Räder</b>                | -         | - | - | 9 | - | - | - | 3 | - | 9  |
| <b>Beschleunigen / Verzögern</b>               | 6         | - | - | - | - | 3 | - | - | - | -  |
| <b>Aufleuchten d. Bremslichter</b>             | -         | - | 2 | 3 | 7 | - | - | - | - | -  |
| <b>Aufleuchten d. Rückscheinwerfer</b>         | -         | 2 | - | - | - | - | - | - | - | -  |
| <b>Aufblenden</b>                              | -         | - | - | - | - | 2 | - | - | - | -  |
| <b>Ausweichmöglichkeiten des Gegenverkehrs</b> | -         | - | - | - | - | 2 | - | - | - | -  |
| <b>(Relativ-)Geschwindigkeit</b>               | 6         | - | - | - | - | - | - | - | - | -  |
| <b>Räuml. / zeitl. Entfernung</b>              | -         | - | - | - | - | - | - | - | 3 | -  |

## 7.4 Diskussion

Es zeigte sich, dass Autofahrer bei ihrer Antizipation eine Vielzahl von Situationsmerkmalen berücksichtigen. Insgesamt wurden in der oben geschilderten Untersuchung 176 Einzelmerkmale genannt. Dies ist in Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Forschungsarbeiten (Färber, 2000; Dahmen-Zimmer und Gründl, 2007a; Houtenbos, 2008; Rösler, 2010), die ebenfalls ein sehr breites Spektrum antizipationsrelevanter Einzelmerkmale feststellten.

Die Aussagen der Probanden zu den gezeigten Videosequenzen weisen darauf hin, dass die Antizipation der weiteren Situationsentwicklung nicht immer gleichermaßen schwer oder leicht ist. So war beispielsweise weniger als ein Viertel der Teilnehmer in der Lage, in Situation 2 das weitere Rangieren des auf der rechten Fahrspur befindlichen Fahrzeugs zu prognostizieren bzw. die Straßenüberquerung des Fußgängers in Situation 7 vorherzusehen. Demgegenüber war die Antizipation in den Situationen 5 (Vorderfahrzeug lässt Beifahrer zu- bzw. aussteigen) und 8 (falsch eingeordneter

Linksabbieger) offenbar ziemlich einfach: hier haben über 85% der Teilnehmer die richtige Vorhersage getroffen.

Ähnlich sieht es mit den in diesem Zusammenhang genannten Hinweisreizen aus. Auch hier finden sich einerseits Merkmale, die von sehr vielen Probanden wiederholt als relevant bezeichnet wurden und andererseits solche, die nur in einer einzigen Situation und auch dann nur von sehr wenigen Probanden als wichtig erachtet wurden. Sehr häufig wurde z.B. auf Spurwechsel sowie auf stehende Fahrzeuge (= Hindernisse auf der Fahrbahn) Bezug genommen (siehe auch Färber, 2000), während beispielsweise der Lenkwinkel der Fahrzeugräder als relativ „exotischer“ Hinweisreiz gewertet werden muss (siehe auch Houtenbos, 2008).

Interessanterweise gibt es zudem einige Merkmale, die zwar i.d.R. von sehr vielen Probanden genannt wurden, in manchen Verkehrssituationen aber anscheinend trotz hoher Antizipationsrelevanz übersehen wurden. Dabei sticht vor allem das in Situation 2 den rechten Fahrbahnrand blockierende Fahrzeug hervor, von dem lediglich 5 der 21 Teilnehmer berichteten. Der Ursache dafür ist vermutlich die Tatsache, dass sich dieser Hinweisreiz nicht unmittelbar vor dem Fahrer befand, sondern erst in einiger Entfernung zu sehen war.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Fahrer, die besonders gut in der Lage waren den weiteren Verlauf der gezeigten Verkehrssituationen zu antizipieren im Allgemeinen auch **distante Merkmale** berücksichtigten, d.h. solche, die sich nicht in unmittelbarer räumlicher Nähe zum Fahrer befinden.

Des Weiteren beachteten sie bei ihrer Vorhersage auch die **Historie** der Fahrszene, also deren bisherigen zeitlichen Verlauf. So haben sie zum Beispiel das Rechts-Einordnen und Rechts-Blinken des vorausfahrenden Fahrzeugs in Situation 8 richtig-erweise als „Irrtum“ des Fahrers interpretiert, da unmittelbar danach ein Links-Blinken sowie einem Einlenken der Fahrzeugräder nach links erfolgten.

Außerdem fiel auf, dass sie oftmals Vermutungen über die Intentionen anderer Fahrer („**Verkehrspartner**“) äußerten und mitunter sogar über deren Antizipationen spekulierten. Nach dem Betrachten von Situation 6 haben sie beispielsweise nicht bloß auf die für Egofahrzeug und Gegenverkehr zu enge Straße hingewiesen und die Möglichkeit zum Ausweichen in die rechte Parklücke erkannt: Zudem haben sie das Verlangsamten des entgegenkommenden Fahrzeugs als Hinweis darauf gewertet, dass der andere Fahrer dieses Problem ebenfalls erkannt hat – auf seiner Fahrbahnseite aber über keinerlei Ausweichmöglichkeiten verfügt.

Einschränkend gilt es zu bedenken, dass die o.g. Daten mit Hilfe von Videosequenzen entstanden und nicht während einer Fahrt im realen Straßenverkehr gewonnen wur-

den. Angesichts des vergleichsweise geringen Immersionsgrads (keinerlei Eingriffsmöglichkeit des Probanden, kleiner Bildschirm, relativ geringe Auflösung von nur 720 x 576 Pixeln) ist die Generalisierbarkeit der ermittelten Befunde noch ungeklärt.

Zudem war es anhand der in dieser Untersuchung gewonnenen Daten nicht immer möglich zu erkennen, ob ein selten genanntes Merkmal tatsächlich unwichtig ist und deshalb kaum erwähnt wurde. Oder ob es eigentlich bedeutsam ist, aber von den meisten Probanden übersehen wurde; beziehungsweise, ob es in manchen Situationen relevant ist, in anderen Situationen bzw. bei Vorhandensein zusätzlicher Stimuli hingegen irrelevant. Aufleuchtende Bremslichter können den Fahrer zum Beispiel vor dem abrupten Bremsen der Vorderfahrzeuge in einer Kolonne warnen und somit eine bedeutende Rolle bei der Antizipation spielen. In den hier untersuchten Situationen waren sie aber ausnahmslos bei ohnehin bereits stehenden Autos zu sehen und haben deshalb vermutlich stark an Aussagekraft eingebüßt.

Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich durch die schiere Anzahl der genannten Situationsmerkmale. Um die Übersicht zu erleichtern, müssen diese Stimuli deshalb in irgendeiner Form geordnet und/oder zusammengefasst werden. Während offensichtlich identische Aussagen relativ einfach identifiziert werden konnten, verbleiben immer noch 176 mehr oder weniger unterschiedliche Hinweisreize.

In welche Kategorien sich diese Hinweisreize einteilen lassen und wie relevant sie im Allgemeinen für die Antizipation der Autofahrer sind, wurde deshalb im Rahmen der nachfolgend beschriebenen Untersuchung II ermittelt.

## **8      UNTERSUCHUNG II: DIE STRUKTUR           ANTIZIPATIONSRELEVANTER MERKMALE**

### **8.1     Fragestellung**

Mit Hilfe dieses Experiments sollte explorativ erfasst werden, welche Struktur die in Untersuchung I gewonnenen 176 Antizipationsmerkmale in den mentalen Modellen der Autofahrer besitzen (d.h. wie sich die Stimuli zueinander verhalten und in welche Kategorien sie eingeteilt werden). Außerdem sollte ihre subjektive Relevanz für die Antizipation ermittelt werden. Die auf diese Weise gewonnenen Kriterien sollen die Grundlage liefern für eine Fokussierung auf besonders antizipationsrelevante Merkmale bei der Auswahl und Generierung der Situationen für die nachfolgenden Untersuchungen IV und V.

### **8.2     Methode**

#### **8.2.1 Versuchspersonen**

Die Teilnehmer dieser Studie waren 21 Personen mit einem vergleichbaren demographischen Hintergrund wie die Stichprobe in Untersuchung I. Auch hier handelte es sich überwiegend um Studenten (9 Probanden studierten Psychologie, 7 waren Studenten sonstiger Fachrichtungen) und die Altersgruppe bestand fast nur aus unter 30jährigen (11 Pbn waren 19-23jährig; 7 Pbn zwischen 24 und 29 Jahren; weitere 3 Pbn waren 51-56jährig). Die Geschlechtsverteilung war mit 11 Männern und 10 Frauen ebenfalls beinahe ausgeglichen.

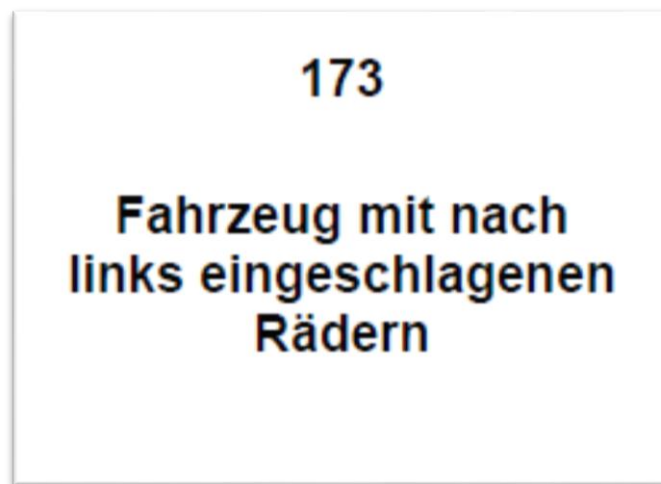
Des Weiteren waren (wie auch in Untersuchung I) alle Probanden im Besitz eines Pkw-Führerscheins und verfügten über eine (korrigierte) volle Sehschärfe. Unter den Teilnehmern befanden sich 7 Wenigfahrer (unter 5.000 km im vergangenen Kalenderjahr), 13 Personen mit mittlerer Fahrpraxis (zwischen 5.000 und 20.000 km/J) und 1 Vielfahrer (über 20.000 km/J). Bei den Wenigfahrern überwiegen mit einem Verhältnis von 5 zu 2 die Frauen, bei den Durchschnittsfahrern waren mit 8 zu 5 die Männer in der Überzahl.

Die Teilnahme am Experiment erfolgte auf freiwilliger Basis und wurde nicht entlohnt. Psychologie-Studenten erhielten allerdings auf Wunsch eine Bestätigung der absolvierten Versuchspersonenstunden, was ein Bestandteil der Anforderungen für die Zulassung zur Diplom-Vor- und –Hauptprüfung ist.

### 8.2.2 Versuchsmaterial

Die Grundlage des Experiments waren die von den Teilnehmern in Untersuchung I genannten Situationsmerkmale, wobei sinngemäß identische Aussagen bereits zu einer einzigen Kernaussage zusammengefasst und mehrgliedrige Aussagen aufgelöst waren (vgl. Kapitel 7.2.6, S. 96 ff.). Dadurch war jeweils nur ein einziger Fokus vorhanden und es bestand keine Gefahr andere Strukturen zu überdecken.

Die insgesamt 176 Merkmale wurden jeweils zusammen mit einer Kennziffer (zwischen 1 und 176) auf Karteikärtchen im Format DIN A7 gedruckt. Ein Beispiel zur Veranschaulichung (Merkmal 173 – Fahrzeug mit nach links eingeschlagenen Rädern) ist in Abbildung 8-1 zu sehen.



**Abbildung 8-1** Beispiel für die in Untersuchung II verwendeten Karteikärtchen

Neben den Karteikärtchen wurde außerdem ein Fragebogen erstellt. Dort wurde jedes der 176 Merkmale zusammen mit einer 5-stufigen Ratingskala dargeboten, in der es um dessen jeweilige Wichtigkeit bzw. Einflussstärke für die Antizipation ging. Hierbei war eine Einstufung von „völlig unwichtig“ über „eher unwichtig“ und „weder wichtig noch unwichtig“ bis hin zu „eher wichtig“ und „sehr wichtig“ möglich (siehe Anhang B, S. 270 ff.).

### 8.2.3 Versuchsplan

Um herauszufinden wie die identifizierten Antizipationsmerkmale von den Probanden eingeordnet werden und welche subjektive Relevanz sie jeweils besitzen, kam eine bereits bei Zimmer (1973; 1976) sowie von Benda und Hoyos (1983) beschriebene,



reliable und inzwischen relativ weit verbreitete Methode zur Anwendung, die Trochim als „Concept Mapping“ bezeichnete (Trochim, 1989; 1993; 1996).

William Trochim definierte „Concept Mapping“ als „a structured process, focused on a topic or construct of interest, involving input from one or more participants, that produces an interpretable pictorial view (concept map) of their ideas and concepts and how these are interrelated“ (Trochim, 2006).

Die Besonderheit dieser Methode ist einerseits, dass die mentalen Modelle mehrerer Probanden erfasst werden und andererseits, dass aus den gewonnenen Daten mittels bestimmter statistischer Verfahren ein Gesamtmodell errechnet und schließlich graphisch dargestellt wird. Das experimentelle Vorgehen gliedert sich in zwei Teile: Im ersten Teil sollen die Probanden eine möglichst umfangreiche Anzahl von Items zu einem bestimmten Oberbegriff generieren. Dies geschieht typischerweise mittels Brainstorming, kann aber auch über die Beantwortung offener Fragen erfolgen (vgl. Jackson & Trochim, 2002; Houtenbos et al., 2005). Im zweiten Teil werden diese Items dann von jedem Probanden individuell nach inhaltlicher Ähnlichkeit sortiert und hinsichtlich ihrer Wichtigkeit bewertet.

Die statistische Auswertung umfasst eine zweidimensionale multidimensionale Skalierung (MDS) der sortierten Items, eine hierarchische Clusteranalyse der MDS-Koordinaten sowie die Ermittlung der durchschnittlichen Ratings für jedes Item und jeden Item-Cluster. Die resultierende graphische Darstellung zeigt die generierten Items auf einer zweidimensionalen Karte, wobei diese umso näher nebeneinander liegen, je häufiger sie von Probanden als einander ähnlich bewertet wurden. Außerdem ist zu sehen, wo die Grenzen der ermittelten Cluster verlaufen, welche Items sie jeweils enthalten und wie bedeutsam sie laut Probandenurteil sind. Im letzten Schritt werden die Cluster jeweils mit einem Kategorien-Namen versehen, der ihren Inhalt möglichst gut wiedergibt. Eine detaillierte Beschreibung des Versuchsablaufs sowie der darauf folgenden statistischen Auswertung finden sich in den Kapiteln 8.2.5 (S. 114 ff.) und 8.2.6 (S. 115 ff.).

Der erste Teil des „Concept Mapping“-Verfahrens, die Generierung des Stimulus-Materials, erfolgte schon in Untersuchung I (vgl. Kapitel 8.2.2, S. 112 ff.) und wird deshalb an dieser Stelle nicht weiter beschrieben.

Als Messgrößen im hier beschriebenen zweiten Teil des „Concept Mappings“ fungierten zum einen die Gruppierung der Stimuli durch die einzelnen Probanden (d.h. welches Merkmal wurde mit welchen anderen Merkmalen zusammengefasst) und zum anderen deren jeweilige Antizipationsrelevanz-Bewertung auf einer 5-stufigen Ratingskala.

### 8.2.4 Versuchsaufbau

Die Untersuchung fand als Einzelversuch an sehr unterschiedlichen Orten statt: manche Experimente wurden in den Räumlichkeiten der Universität Regensburg durchgeführt; i.d.R. wurde jedoch im privaten Umfeld (Wohnung des Probanden bzw. des Versuchsleiters) getestet. Gemeinsam war allen Orten, dass es sich um einen abgeschlossenen Raum handelte und dass genügend Platz zum Sortieren der 176 Karteikärtchen vorhanden war (z.B. ein großer Tisch).

Zum Ausfüllen des Fragebogens befand sich dort außerdem ein Computer mit der Software „Microsoft Word 2003“. Der Proband konnte allerdings ausschließlich die Formulardaten (Kontrollkästchen, Textformularfelder) ausfüllen – darüber hinausgehende Veränderungen im Dokument (z.B. Löschen von Fragen) waren gesperrt und daher nicht möglich.

### 8.2.5 Versuchsablauf

Der Versuch dauerte etwa 60 Minuten pro Teilnehmer im Einzelversuch (je nach Schnelligkeit bei der Sortieraufgabe und beim Ausfüllen des Fragebogens).

Nachdem der Proband über Ablauf und Dauer des Versuchs in Kenntnis gesetzt wurde, füllte er den demographischen Teil des Fragebogens aus. Anschließend erhielt er die 176 Karteikärtchen zusammen mit der Instruktion, diese so zu sortieren „wie es in Ihren Augen am meisten Sinn macht“. Dabei gab es lediglich drei Einschränkungen:

- (1) Jede Aussage durfte nur ein einen Stapel (und nicht in mehrere gleichzeitig) platziert werden.
- (2) Es durften nicht alle Aussagen in einen einzigen Stapel gepackt werden.
- (3) Es durften nicht alle Aussagen für sich gestellt werden.

Nach Beendigung der Sortieraufgabe wurde der Proband über den Zweck der Untersuchung informiert und gebeten jedes der 176 Merkmale auf einer 5-stufigen Ratingskala im Hinblick auf ihre Wichtigkeit bzw. Einflussstärke auf die Antizipation zu bewerten, wobei die Spanne von „1 = völlig unwichtig“ über „3 = weder wichtig noch unwichtig“ bis hin zu „5 = sehr wichtig“ reichte.

In der zugehörigen Instruktion wurde besonders darauf hingewiesen, dass der Proband die mittlere Option wählen solle („Weder wichtig noch unwichtig“), sofern er einmal mit einer Situationsbeschreibung überhaupt nichts anfangen könne bzw. das Merkmal in bestimmten Fällen für sehr antizipationsrelevant, in anderen jedoch für völlig irrelevant

halte. Außerdem wurde er gebeten, nicht länger als jeweils ca. 5 Sekunden bei den einzelnen Merkmalen zu verweilen, da es um eine spontane Bewertung ginge.

Der fertig ausgefüllte Fragebogen wurde dann unter Verwendung einer anonymen Kennung auf dem Computer gespeichert und der Versuchsleiter hielt fest, welche Merkmale der Proband in der Sortieraufgabe zusammen gruppiert hatte. Dazu verwendete er die auf den Karteikärtchen notierten Kennziffern. Danach wurde der Proband verabschiedet.

Eine Übersicht des Versuchsablaufs mit Zeitangaben ist in Tabelle 8-1 wiedergegeben.

**Tabelle 8-1** Versuchsablauf von Untersuchung II mit Zeitangaben

|   |            |
|---|------------|
| Begrüßung, Demographie-Fragebogen                                 | ca. 3 min  |
| Instruktion zur Sortieraufgabe                                    | ca. 4 min  |
| Sortieren der 176 Karteikärtchen                                  | ca. 30 min |
| Instruktion zum Antizipationsrelevanz-Fragebogen, Beispielaufgabe | ca. 3 min  |
| Ausfüllen des Antizipationsrelevanz-Fragebogens                   | ca. 20 min |
| Gesamtes Experiment   | = 1 h      |

## 8.2.6 Versuchsauswertung

Um die Sortierungen in eine statistisch auswertbare Form zu bringen, wurde für jede der 21 Probanden eine 176x176 Zellen große Datenmatrix erzeugt, in der beschrieben ist, ob ein bestimmtes Merkmal A zusammen mit einem anderen Merkmal B gruppiert wurde (= 1) oder nicht (= 0).

Anschließend wurde mit Hilfe der Statistiksoftware SPSS über alle 21 Matrizen eine zweidimensionale<sup>10</sup> Multidimensionale Skalierung (MDS mit PROXSCAL-Methode) gerechnet. Diese weist jedem der 176 Merkmale einen Wert auf der x- und auf der y-Skala zu, so dass sie sich jeweils als Punkt auf einer zweidimensionalen Karte graphisch darstellen lassen. Der geometrische Abstand zweier Punkte entspricht hierbei

<sup>10</sup> Der Grund für die Beschränkung auf zwei Dimensionen lag zum einen in der einfacheren Handhabbarkeit gegenüber drei- oder mehrdimensionalen Lösungen – v. a. angesichts der nachfolgend mit diesen Daten durchzuführenden Clusteranalyse (Kruskal & Wish, 1978, zitiert nach Trochim, 1989). Außerdem haben sich in bisherigen Studien, die zwei- und mehrdimensionale MDS-Varianten miteinander verglichen haben, die zweidimensionalen Lösungen fast immer als ausreichend erwiesen (vgl. Trochim, 1989).

der Häufigkeit, mit der die entsprechenden Merkmale zusammen gruppiert wurden (je näher zusammen, desto häufiger wurden sie in dieselbe Gruppe einsortiert).

Um die der Merkmalsanordnung zugrundeliegenden Konzepte zu extrahieren, wurde eine hierarchische Clusteranalyse (Ward-Methode<sup>11</sup>) über die in der Multidimensionalen Skalierung erzeugten X-Y-Koordinaten eines jeden Merkmals durchgeführt. Unter Verwendung des „Elbow“-Kriteriums<sup>12</sup> als Entscheidungsgrundlage für die Anzahl der Cluster ergaben sich insgesamt 7 verschiedene Cluster, denen sich jedes der 176 Merkmale auf der zweidimensionalen Karte eindeutig zuordnen lässt.

Diese Cluster wurden als nächstes unter Berücksichtigung der darin enthaltenen Merkmale mit einem passenden Überbegriff versehen (z.B. „Spurwahl und Abbiegemanöver von Kfz“).

Danach wurde anhand der mittleren Ratings für jedes der 176 Merkmale jeweils ein Gesamtmittelwert für die einzelnen Cluster berechnet, um so die subjektive Wichtigkeit jedes Clusters für die Antizipation in Erfahrung zu bringen.

Schließlich wurden mit Blick auf die Inhalte der gefundenen Cluster sowie deren geometrische Anordnung noch die beiden Dimensionen der zweidimensionalen Karte interpretiert und mit einem Namen versehen. Dabei wurde eine Drehung der Koordinatenachsen um den Ursprung vorgenommen.<sup>13</sup>

Das Resultat ist eine zweidimensionale Karte, aus der die Position und Ausdehnung der jeweiligen Cluster, ihr Name und ihre jeweiligen mittlere Bewertung hinsichtlich Antizipationsrelevanz zu ersehen sind. Außerdem kann man erkennen, wie sich die Cluster zueinander verhalten und anhand welcher zwei Hauptkriterien (= Bezeichnungen der Achsen) die Probanden die Einordnung der Merkmale vermutlich vornahmen.

---

<sup>11</sup> Hierbei werden jeweils diejenigen Merkmale bzw. Merkmalscluster zusammengefasst, die die Fehlerquadratsumme am wenigsten erhöhen.

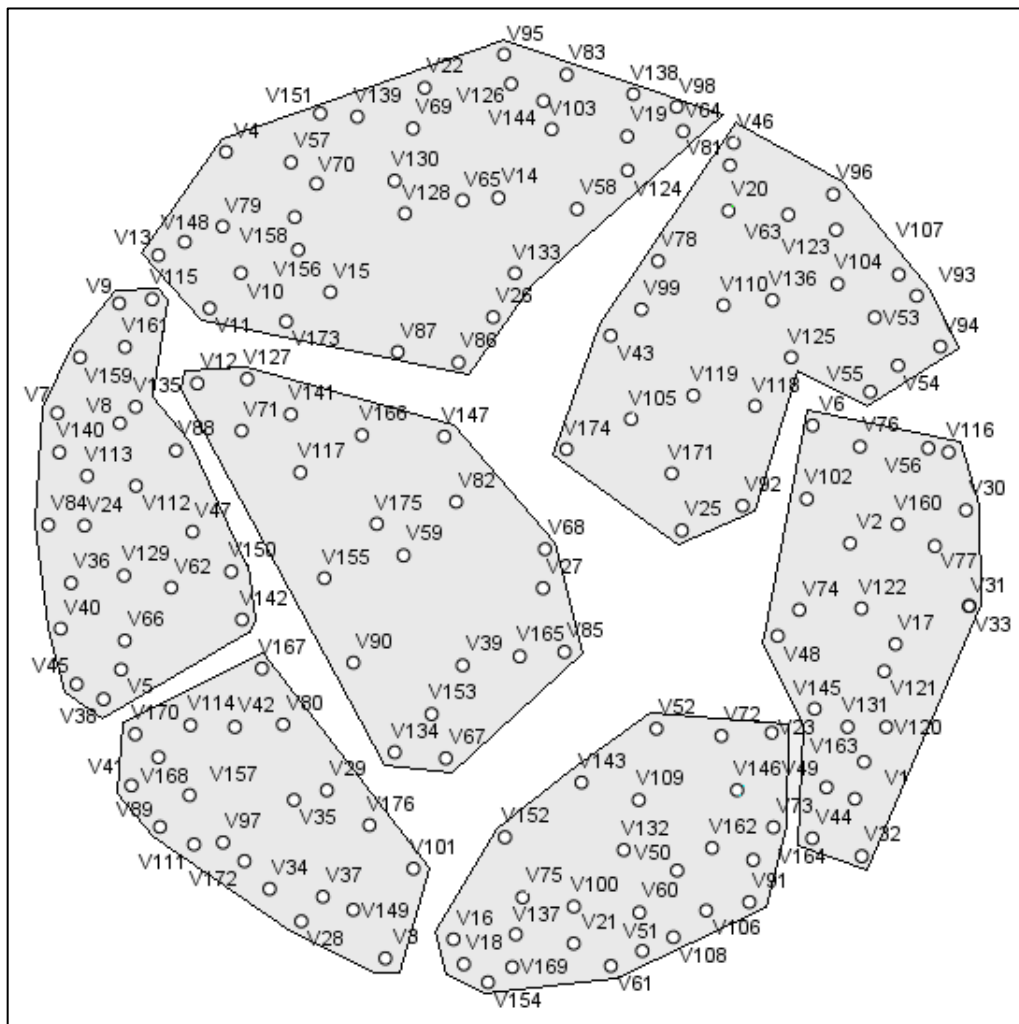
<sup>12</sup> Dies ist ein „Augenmaß“-Kriterium, wonach die optimale Clusterzahl erreicht ist, sobald es einen „Knick“ in der graphischen Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Fehlerquadratsumme und der Anzahl der Cluster gibt, d.h. sobald eine weitere Reduktion der Clusterzahl zu einer überproportionalen Erhöhung der Fehlerquadratsumme führt.

<sup>13</sup> Das ist zulässig, da sich dadurch nichts an der Merkmalskonfiguration ändert.

## 8.3 Ergebnisse

### 8.3.1 Anordnung und Gruppierung der Merkmale

Abbildung 8-2 zeigt die anhand der MDS errechnete Verortung der 176 Merkmale im zweidimensionalen Raum sowie deren Aufteilung in sieben verschiedene Kategorien durch die hierarchische Clusteranalyse. Die Nummern entsprechen hierbei den Kennziffern der Merkmale (z.B. erscheint „Merkmal 173 – Fahrzeug mit nach links eingeschlagenen Rädern“ in der Grafik als V173).



**Abbildung 8-2** Zweidimensionale graphische Darstellung der Anordnung und Gruppierung antizipationsrelevanter Merkmale in Untersuchung II

Mit der Zuordnung durch die MDS lässt sich knapp 84% der Streuung in den Daten erklären; der zugehörige normalisierte Roh-Stress-Wert ist mit .162 vergleichsweise niedrig.<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Trochim (1993) fand in einer Metaanalyse von 33 Untersuchungen mit der Methode „Concept Mapping“ Stresswerte zwischen .155 und .352, wobei der Mittelwert bei .285 lag.

Da zwei Merkmale in der graphischen Darstellung umso enger nebeneinanderstehen, je häufiger sie von den Probanden in eine gemeinsame Kategorie eingruppiert wurden, gibt die Clustergröße Aufschluss über die Heterogenität der darin enthaltenen Merkmale: Je größer der Cluster, desto heterogener ist seine Zusammensetzung.

Vergleicht man die sieben Cluster in Abbildung 8-2, so zeigen sich nur relativ geringe Größenunterschiede: die beiden oberen sowie der mittlere Cluster erscheinen größer als die übrigen vier. Die Anzahl der Merkmale pro Cluster ist mit 20 bis 35 ebenfalls recht ähnlich. Betrachtet man die Merkmalsdichte (d.h. setzt Clustergröße und Anzahl der enthaltenen Stimuli zueinander ins Verhältnis), so fällt insbesondere der mittlere Cluster ins Auge: obwohl er fast dieselbe Fläche einnimmt wie der 35 Items enthaltende obere Cluster, beinhaltet er mit 20 Items zugleich die geringste Anzahl an Merkmalen. Dies spricht dafür, dass es sich bei diesem Cluster um eine Art „Restkategorie“ handeln dürfte.

### 8.3.2 Die Inhalte der einzelnen Cluster

Im Folgenden werden die sieben Cluster mit den jeweils darin enthaltenen Merkmalen im Einzelnen vorgestellt. Die Reihenfolge der Nennung entspricht dabei sowohl innerhalb der einzelnen Cluster als auch zwischen den Clustern jeweils der gemittelten Bedeutung für die Antizipation (laut Einstufung durch die Probanden auf einer fünfstufigen Ratingskala). Außerdem wurde jeder Cluster mit einem Namen versehen, der die darin enthaltenen Merkmale zusammenfassend beschreibt.<sup>15</sup>

#### **Cluster „Kfz stellt ein Hindernis dar“:**

Der in Abbildung 8-2 unten links befindliche Cluster umfasste 21 Merkmale, die vom Probandendurchschnitt als außerordentlich bedeutsam für die Antizipation bewertet wurden: im Mittel erzielten die darin enthaltenen Merkmale auf einer Skala von 1 („völlig unwichtig“) bis 5 („sehr wichtig“) einen Wert von 4.41 ( $SD = 0.61$ ). Das wichtigste Merkmal in diesem Cluster (und auch generell in dieser Untersuchung) war „Fahrzeug fährt auf falscher Fahrbahn“: hier haben sich alle 21 Teilnehmer übereinstimmend für 5 (= „sehr wichtig“) entschieden. Allerdings erzielte selbst das unwichtigste Merkmal in diesem Cluster – „von links kommendes Auto“ – mit 3.81 immer noch einen recht hohen Mittelwert ( $SD = 1.03$ ).

<sup>15</sup> Entsprechend der zwar guten, aber nicht perfekten Erklärung der vorhandenen Streuung in den Daten durch die statistischen Verfahren (MDS und Clusteranalyse), ließ sich zwar für die weitaus meisten Merkmale eines Clusters ein gemeinsamer Oberbegriff finden – aber nicht für alle. Aus diesem Grund finden sich in fast jedem Cluster einige wenige Merkmale (i.d.R. 1-2), die nicht zum „Rest“ und damit auch nicht zum gewählten Clusternamen passen.

Mit Ausnahme von Merkmal 3 („Die Ampel schaltet auf grün“) lassen sich alle Merkmale des Clusters unter **„Kfz stellt ein Hindernis dar“** zusammenfassen. Beispiele dafür sind u.a. ein-/ausparkende, wendende, stark bremsende bzw. auf der Fahrbahn stehende Fahrzeuge sowie die Mitbenutzung der eigenen Spur durch den entgegenkommenden Verkehr. Eine Übersicht aller 21 in diesem Cluster befindlichen Merkmale kann Tabelle 8-2 entnommen werden.

**Tabelle 8-2** Die im Cluster „Kfz stellt ein Hindernis dar“ enthaltenen Merkmale (mit Mittelwert und Standardabweichung)

| Item-Nr. | Merkmal   | <i>M</i> | <i>SD</i> |
|----------|---|----------|-----------|
| 111      | Fahrzeug fährt auf falscher Fahrbahn                            | 5.00     | 0.00      |
| 114      | Auto bremsst stark  | 4.90     | 0.30      |
| 170      | Entgegenkommendes Fahrzeug bricht Überholvorgang nicht ab       | 4.90     | 0.30      |
| 89       | Auto schneidet meine Fahrbahn                                   | 4.86     | 0.36      |
| 172      | Zusammenstoß eines Fahrzeugs mit vorausfahrendem Fahrzeug       | 4.86     | 0.36      |
| 28       | Das entgegenkommende Auto überholt einen Radfahrer              | 4.67     | 0.48      |
| 167      | Einparkendes Fahrzeug blockiert Spur                            | 4.48     | 0.51      |
| 168      | Fahrzeug schafft es nicht Spur freizugeben                      | 4.43     | 0.51      |
| 3        | Die Ampel schaltet auf grün                                     | 4.38     | 0.67      |
| 29       | Vorausfahrendes Fahrzeug wendet                                 | 4.38     | 0.59      |
| 97       | Auto streift meine Fahrbahn                                     | 4.38     | 0.59      |
| 101      | Autotür öffnet sich   | 4.33     | 0.86      |
| 149      | unregelmäßiges Fahrverhalten anderer Fahrzeuge                  | 4.29     | 0.72      |
| 80       | Auto in Parklücke blinkt links                                  | 4.24     | 0.77      |
| 176      | LKW zieht leicht nach links                                     | 4.24     | 0.70      |
| 37       | Der Verkehr von rechts fährt sehr nahe am Vorderfahrzeug vorbei | 4.19     | 0.68      |
| 42       | Stehendes Fahrzeug vor mir erfordert Anhalten                   | 4.14     | 0.79      |
| 157      | PKW überholt stehenden PKW in Kreuzung                          | 4.14     | 0.79      |
| 34       | von rechts kommendes Auto                                       | 4.05     | 0.80      |
| 41       | Stehendes Fahrzeug muss links überholt werden                   | 3.86     | 0.96      |
| 35       | von links kommendes Auto  | 3.81     | 1.03      |

### **Cluster „Fußgänger und Radfahrer auf der Straße bzw. am Straßenrand“:**

Direkt neben dem Cluster „Kfz stellt ein Hindernis dar“ befindet sich (in Abbildung 8-2 unten mittig dargestellt) ein Cluster, dessen 26 Merkmale ebenfalls als sehr wichtig für die Antizipation erachtet wurden: hier wurde ein Durchschnitt von 4.33 ( $SD = 0.65$ ) erzielt, wobei das am höchsten bewertete Einzelmerkmal („Kinder laufen Richtung Straße“) mit 4.90 ( $SD = 0.44$ ) fast ebenso bedeutsam ist wie die wichtigsten Merkmale des zuvor beschriebenen Clusters. Lediglich die beiden am unwichtigsten eingestuften Merkmale dieses Clusters – „Fußgänger unterhalten sich neben der Fahrbahn“ sowie „Fußgänger auf dem Fußgängerweg“ – erzielen mit 3.57 ( $SD = 1.03$ ) bzw. 3.1 ( $SD = 1.26$ ) deutlich geringere Werte als die Merkmale von Cluster 1.

Die in Cluster 2 enthaltenen Merkmale beschreiben im Allgemeinen **„Fußgänger und Radfahrer auf der Straße bzw. am Straßenrand“**. Beispiele hierfür sind u.a.: „Kinder laufen Richtung Straße“, „Fahrradfahrer im toten Winkel“ und „Fußgänger überquert die Fahrbahn“.

Von den vier Merkmalen, welche nicht ganz in diese Kategorie passen (Nr. 51, 132, 52 und 108) betrifft eines stattdessen ein Tier auf der Fahrbahn; Die anderen drei Merkmale können zumindest als unmittelbarer Hinweis für das Auftauchen von Passanten gewertet werden („Spielzeug ist auf die Straße gefallen“, „Bus mit Warnblinkanlage“, „Straßenbahn hält an“). Eine vollständige Liste der Merkmale im Cluster ist in Tabelle 8-3 zu finden.

**Tabelle 8-3** Die im Cluster „Fußgänger und Radfahrer auf der Straße bzw. am Straßenrand“ enthaltenen Merkmale (mit Mittelwert und Standardabweichung)

| Item-Nr. | Merkmal   | <i>M</i> | <i>SD</i> |
|----------|---|----------|-----------|
| 50       | Kinder laufen Richtung Straße                                 | 4.90     | 0.44      |
| 51       | Spielzeug ist auf die Straße gefallen                         | 4.90     | 0.30      |
| 91       | alte Person überquert die Straße ohne den Verkehr zu beachten | 4.86     | 0.36      |
| 18       | Fahrradfahrer im toten Winkel                                 | 4.76     | 0.54      |
| 106      | unsicher fahrende Kinder auf Fahrrädern                       | 4.76     | 0.44      |
| 21       | Fußgänger kreuzt meinen Weg                                   | 4.62     | 0.59      |
| 146      | Fußgänger überquert die Fahrbahn                              | 4.62     | 0.50      |
| 132      | Bus mit Warnblinkanlage                                       | 4.57     | 0.51      |
| 154      | Fahrradfahrer fährt weit links auf der Fahrspur               | 4.57     | 0.75      |
| 16       | Überholender Fahrradfahrer                                    | 4.52     | 0.60      |
| 52       | Reh steht neben der Fahrbahn                                  | 4.52     | 0.87      |



| Item-Nr. | Merkmal  | <i>M</i> | <i>SD</i> |
|----------|--|----------|-----------|
| 61       | Nach links und rechts schauende Menschen am Straßenrand                    | 4.48     | 0.68      |
| 162      | Kleine Fußgänger zwischen parkenden Autos                                  | 4.48     | 0.68      |
| 60       | Zebrastreifen in meiner Fahrtrichtung und in der Nähe befindliche Menschen | 4.43     | 0.68      |
| 109      | Personen steigen aus (an einer Haltestelle stehendem) Bus/Straßenbahn aus  | 4.43     | 0.51      |
| 152      | Radfahrer schlägt vor PKW rechts ein                                       | 4.38     | 0.59      |
| 164      | Rad fahrende Kinder auf dem Bürgersteig                                    | 4.38     | 0.67      |
| 169      | Radfahrer gibt keine Richtungszeichen                                      | 4.24     | 0.62      |
| 137      | Fahrradfahrer bremst   | 4.14     | 0.65      |
| 108      | Straßenbahn hält an  | 3.95     | 0.67      |
| 75       | Fahrradfahrer steigt ab  | 3.90     | 0.83      |
| 100      | Fahrradfahrer mit Anhänger   | 3.81     | 0.75      |
| 143      | Person steht an einem Auto   | 3.81     | 0.75      |
| 72       | Fußgängergrüppchen (löst sich auf)   | 3.80     | 0.77      |
| 73       | Fußgänger unterhalten sich neben der Fahrbahn                              | 3.57     | 1.03      |
| 23       | Fußgänger auf dem Fußgängerweg   | 3.10     | 1.26      |

### **Cluster „unberechenbares Verhalten anderer Fahrer“:**

Der mittlere Cluster (siehe Abbildung 8-2) umfasst – wie bereits vermutet – 20 inhaltlich breit gefächerte Merkmale, die jedoch mitunter als sehr antizipationsrelevant eingestuft wurden. Der höchste Mittelwert für ein Einzelmerkmal liegt bei 4.81 („Pkw schneidet Radfahrer“), der niedrigste bei 2.86 („Fahrzeug hält sich rechts“). Im Mittel wurde die Wichtigkeit des Clusters mit 4.10 ( $SD = 0.70$ ) bewertet.

Einen gemeinsamen Oberbegriff zu finden, fällt aufgrund der Heterogenität der Merkmale nicht leicht. Am ehesten lässt sich der Cluster mit „**unberechenbares Verhalten anderer Fahrer, das Bremsbereitschaft erfordert**“ umschreiben. Dazu passen z.B. die Merkmale „unsichere Fahrweise“, „Fahrzeug blinkt wechselseitig (erst rechts, dann links)“ und „Fahrzeug fährt rückwärts“. Auch riskantes bzw. regelwidriges Verhalten ist in diesem Cluster zu finden (z.B. „Pkw schneidet Radfahrer“ sowie „nicht genügend Abstand“). Eine umfassende Merkmalsliste des Clusters gibt Tabelle 8-4 wieder.

**Tabelle 8-4** Die im Cluster „Unberechenbares Verhalten anderer Fahrer“ enthaltenen Merkmale (mit Mittelwert und Standardabweichung)

| Item-Nr. | Merkmal  | <i>M</i> | <i>SD</i> |
|----------|--|----------|-----------|
| 153      | Pkw schneidet Radfahrer  | 4.81     | 0.51      |
| 165      | Unsichere Fahrweise  | 4.67     | 0.48      |
| 67       | nicht genügend Abstand   | 4.62     | 0.50      |
| 90       | Auto mit Warnblinkanlage am Straßenrand                                  | 4.62     | 0.50      |
| 155      | Abstand zwischen mir und anderem PKW gering                              | 4.57     | 0.51      |
| 175      | Ladung des landwirtschaftlichen Fahrzeugs erschwert meine Sicht          | 4.48     | 0.60      |
| 141      | Auto versucht auf meine Spur zu wechseln                                 | 4.38     | 0.50      |
| 117      | Fahrzeug blinkt wechselseitig (erst rechts, dann links)                  | 4.33     | 0.58      |
| 127      | Fahrzeug fährt rückwärts   | 4.29     | 0.46      |
| 166      | PKW wechselt auf meine Spur  | 4.29     | 0.56      |
| 27       | Straße zu schmal für zwei Autos und Fahrradfahrer                        | 4.14     | 0.96      |
| 12       | Fahrzeug blinkt links  | 4.05     | 0.97      |
| 59       | Auto fährt aus einer Parklücke am Fahrbahnrand heraus                    | 3.95     | 0.74      |
| 82       | Auto neben Parklücke blinkt rechts                                       | 3.95     | 0.67      |
| 134      | Bus fährt an   | 3.95     | 0.92      |
| 85       | Auto wird langsamer  | 3.81     | 0.68      |
| 39       | Stehendes Auto mit geöffneter Autotür und rechts aussteigendem Beifahrer | 3.76     | 1.14      |
| 68       | Auto blinkt nicht  | 3.29     | 0.90      |
| 147      | Fahrzeug beschleunigt nicht sehr stark                                   | 3.19     | 1.12      |
| 71       | Fahrzeug hält sich rechts  | 2.86     | 0.73      |

**Cluster „Spurwahl und Abbiegemanöver von Kfz“:**

Eine im Vergleich zum mittleren Cluster etwas geringere Antizipationsrelevanz besitzt der in Abbildung 8-2 ganz links verortete Cluster: die darin enthaltenen 24 Merkmale wurden im Durchschnitt mit 3.93 ( $SD = 0.84$ ) bewertet. Allerdings sind keine größeren Abweichungen nach „unten“ zu verzeichnen: selbst die am unwichtigsten eingestufteten drei Merkmale dieses Clusters erreichen immer noch ein Rating im mittleren Bereich ( $M = 3.00 =$  „weder wichtig noch unwichtig“).

Auffällig ist, dass einige Merkmale mit überdurchschnittlich hoher Relevanz-Bewertung (z.B. Nr. 5, 142, 150, 66) inhaltlich eher zum (in Abbildung 8-2 darunter befindlichen) Cluster „Kfz stellt ein Hindernis dar“ passen als zu den anderen Merkmalen des vorliegenden Clusters. Da sie von der MDS tatsächlich in unmittelbarer Nähe der Items des

„Hindernis“-Clusters platziert wurden, ist bei diesen Merkmalen von einer fehlerhaften Einteilung durch die Clusteranalyse auszugehen. Die übrigen Items des Clusters lassen sich unter dem Oberbegriff **„Spurwahl und Abbiegemanöver von Kfz“** zusammenfassen. Typische Beispiele hierfür sind u.a. „Fahrzeug setzt zum Überholvorgang an“, „von rechts einbiegendes Auto“ und „Fahrzeug hat sich links eingeordnet“. Eine Liste sämtlicher Merkmale dieses Clusters findet sich in Tabelle 8-5.

**Tabelle 8-5** Die im Cluster „Spurwahl und Abbiegemanöver von Kfz“ enthaltenen Merkmale (mit Mittelwert und Standardabweichung)

| Item-Nr. | Merkmal  | <i>M</i> | <i>SD</i> |
|----------|--|----------|-----------|
| 5        | Fahrzeug hält auf der Straße an                                    | 4.57     | 0.68      |
| 45       | Ein Auto zieht langsam auf meine Straßenseite (von rechts kommend) | 4.48     | 0.81      |
| 88       | Fahrzeug setzt zum Überholvorgang an                               | 4.48     | 0.51      |
| 142      | einparkendes Fahrzeug blockiert Fahrbahn                           | 4.48     | 0.60      |
| 150      | Auto steht in der Mitte der Fahrbahn                               | 4.48     | 0.51      |
| 40       | Stehendes Fahrzeug muss rechts überholt werden                     | 4.38     | 0.80      |
| 159      | Verkehr auf meiner Spur fährt an den rechten Straßenrand           | 4.33     | 0.66      |
| 38       | Auto überholt rechts   | 4.29     | 0.84      |
| 129      | Fahrzeug schert nach links aus                                     | 4.29     | 0.72      |
| 66       | Fahrzeug steht auf der Kreuzung                                    | 4.10     | 0.89      |
| 36       | von rechts einbiegendes Auto                                       | 4.05     | 0.67      |
| 135      | Fahrzeug überholt mich   | 4.05     | 0.67      |
| 140      | Fahrzeug schert nach rechts aus                                    | 4.05     | 0.74      |
| 62       | Auto überholt links (einen Radfahrer)                              | 4.00     | 0.77      |
| 7        | Entgegenkommendes Auto blendet auf                                 | 3.81     | 0.93      |
| 115      | Gegenverkehr überholt mit zu viel Abstand                          | 3.76     | 1.37      |
| 161      | Fahrzeug biegt ohne Schulterblick links ab                         | 3.76     | 1.26      |
| 112      | Fahrzeug biegt links ab  | 3.71     | 0.87      |
| 113      | Fahrzeug biegt rechts ab   | 3.57     | 0.93      |
| 8        | Fahrzeug hat sich links eingeordnet                                | 3.38     | 0.97      |
| 84       | Auto fährt in einem großen Bogen/Kreis                             | 3.29     | 0.90      |
| 9        | Fahrzeug hat sich auf der Straße rechts eingeordnet                | 3.00     | 1.00      |
| 47       | Entgegenkommendes Auto wird sehr langsam                           | 3.00     | 1.18      |
| 24       | Fahrzeug auf der Linksabbiegerspur                                 | 3.00     | 0.95      |

**Cluster „Fußgänger bzw. Hinweise auf deren mögliches Erscheinen sowie Lichtsignale / Verkehrszeichen, die Bremsbereitschaft erfordern“:**

Der Cluster, der sich in Abbildung 8-2 ganz rechts befindet verfügt zwar mit einem Mittelwert von 3.77 ( $SD = 0.77$ ) über eine ähnliche mittlere Wichtigkeit wie der zuvor beschriebene ganz linke Cluster; Jedoch ist die Anzahl sehr relevanter Merkmale deutlich umfangreicher (allen voran „Blaulicht“ mit 4.95 und „Ampel rot“ mit 4.86). Dies wird ausgeglichen durch vier Merkmale, die den Fahrzeugtyp bestimmen („Lieferwagen“, „Limousine“, „Kleinwagen“ und „Kombi“): diese wurden mit einem Mittelwert zwischen 1.52 und 1.90 als ziemlich unwichtig eingestuft. Allerdings passen sie nicht so recht zu den übrigen zwanzig Merkmalen dieses Clusters, die vom Fahrer allesamt **Bremsbereitschaft erfordern** – sei es aufgrund von **Lichtsignalen** (Blaulicht, Ampel, Bremslichter), **Verkehrszeichen** (z.B. Vorfahrt-gewähren-Schild, Spielstraßen-Schild) oder **Fußgängern bzw. Hinweisen auf deren mögliches Erscheinen**.

Bei letzteren ist übrigens ein fließender Übergang zum benachbarten Cluster „Fußgänger und Radfahrer auf der Straße bzw. am Straßenrand“ festzustellen, d.h. es könnte sich teilweise auch um eine Fehlzuzuordnung durch die Clusteranalyse handeln.

Der vollständige Inhalt des Clusters kann Tabelle 8-6 entnommen werden.

**Tabelle 8-6** Die im Cluster „Fußgänger bzw. Hinweise auf deren mögliches Erscheinen sowie Lichtsignale/Verkehrszeichen, die Bremsbereitschaft erfordern“ enthaltenen Merkmale (mit Mittelwert und Standardabweichung)

| Item-Nr. | Merkmal   | <i>M</i> | <i>SD</i> |
|----------|---|----------|-----------|
| 160      | Blaulicht   | 4.95     | 0.22      |
| 1        | Ampel rot   | 4.86     | 0.36      |
| 49       | Spielende Kinder auf der Straße bzw. auf dem Gehweg | 4.67     | 0.58      |
| 6        | Bremslichter  | 4.62     | 0.59      |
| 2        | Ampel grün  | 4.52     | 0.60      |
| 44       | Haltestelle mit vielen Menschen                     | 4.52     | 0.68      |
| 121      | Schülerlotsen                                       | 4.52     | 0.51      |
| 102      | Vorfahrt gewähren - Schild                          | 4.38     | 0.86      |
| 122      | Schule  | 4.38     | 0.67      |
| 74       | Zebrastreifen                                       | 4.33     | 0.66      |
| 76       | Haarnadelkurve                                      | 4.29     | 0.85      |
| 163      | Beschäftigte Kinder                                 | 4.29     | 0.78      |
| 131      | Gruppe von Fahrradfahrern                           | 4.14     | 0.79      |
| 17       | Fahrradfahrer                                       | 4.10     | 0.89      |

| Item-Nr. | Merkmal                | <i>M</i> | <i>SD</i> |
|----------|------------------------|----------|-----------|
| 48       | Schild "Spielstraße"   | 4.10     | 1.00      |
| 77       | Bus                    | 3.76     | 0.94      |
| 56       | (Abblend-/Fern-)Licht  | 3.67     | 0.97      |
| 145      | stehende Fußgänger     | 3.33     | 1.20      |
| 120      | beschäftigte Fußgänger | 3.29     | 1.01      |
| 116      | Straßenbahn            | 3.10     | 1.04      |
| 30       | weißer Lieferwagen     | 1.90     | 0.83      |
| 32       | Limousine              | 1.62     | 0.80      |
| 33       | Kleinwagen             | 1.57     | 0.81      |
| 31       | Kombi                  | 1.52     | 0.81      |

### **Cluster „Eigenschaften der Fahrumgebung“:**

Unmittelbar oberhalb des zuvor beschriebenen Clusters befindet sich in Abbildung 8-2 ein Cluster, der mit einem mittleren Ratingwert von 3.34 ( $SD = 0.87$ ) als weder besonders wichtig noch völlig unbedeutend eingestuft wurde. Bei genauerem Betrachten zeigt sich allerdings, dass die Bewertung der darin enthaltenen 26 Merkmale eine sehr große Spannbreite aufweist: Auf der einen Seite finden sich darunter sehr relevante Merkmale, z.B. „Kreuzung (mit querenden Fahrzeugen)“ mit einem Mittelwert von 4.71 ( $SD = 0.46$ ) und „uneinsehbare Straßen/Einfahrten“ sowie „winterliche Straßenverhältnisse“ (jeweils  $M = 4.57$ ;  $SD = 0.51$ ). Auf der anderen Seite tauchen dort auch Items auf, die die Probanden für recht unwichtig erachteten – allen voran die Marke des Fahrzeugherstellers (Mercedes, Punto, Golf, Ford), welche lediglich Mittelwerte zwischen 1.67 und 1.76 erzielten.

Die Merkmale beschreiben i.d.R. allgemeine **Eigenschaften der Fahrumgebung**, wie z.B. Witterung, Lichtverhältnisse, Straßenzustand und Straßentyp sowie Verkehrsdichte. Die einzelnen Merkmale dieses Clusters stehen in Tabelle 8-7.

**Tabelle 8-7** Die im Cluster „Eigenschaften der Fahrumgebung“ enthaltenen Merkmale (mit Mittelwert und Standardabweichung)

| Item-Nr. | Merkmal                             | <i>M</i> | <i>SD</i> |
|----------|-------------------------------------|----------|-----------|
| 43       | Kreuzung (mit querenden Fahrzeugen) | 4.71     | 0.46      |
| 92       | uneinsehbare Straßen/Einfahrten     | 4.57     | 0.51      |
| 110      | winterliche Straßenverhältnisse     | 4.57     | 0.51      |
| 25       | Straße ist sehr schmal              | 4.10     | 0.70      |
| 99       | Dichter Verkehr                     | 4.05     | 0.67      |

| Item-Nr. | Merkmal   | <i>M</i> | <i>SD</i> |
|----------|---|----------|-----------|
| 136      | Stau  | 4.00     | 0.95      |
| 125      | Verkehrsschild Einbahnstraße                      | 3.95     | 0.86      |
| 171      | Durchgezogene weiße Linie                         | 3.86     | 1.01      |
| 105      | Fahrschulschild/-auto vor mir                     | 3.81     | 0.68      |
| 55       | Dunkelheit  | 3.76     | 0.70      |
| 118      | Straßenschäden                                    | 3.71     | 0.90      |
| 174      | landwirtschaftliches Fahrzeug auf Feldweg vor mir | 3.71     | 0.96      |
| 63       | freie Sicht                                       | 3.67     | 1.32      |
| 78       | Linke Autobahnspur                                | 3.67     | 1.02      |
| 104      | Ausland   | 3.62     | 1.02      |
| 54       | Stadtverkehr                                      | 3.29     | 0.85      |
| 119      | zugeparkte Straße                                 | 3.29     | 1.01      |
| 123      | Urlaubsgepäck                                     | 3.10     | 0.83      |
| 46       | freie Parklücke am rechten Straßenrand            | 2.90     | 1.14      |
| 53       | Landstraße  | 2.90     | 0.77      |
| 20       | kein Gegenverkehr mehr                            | 2.43     | 0.98      |
| 81       | Parklücke in großer Entfernung                    | 2.33     | 0.91      |
| 96       | Mercedes  | 1.76     | 1.04      |
| 93       | Punto   | 1.67     | 0.97      |
| 94       | Golf  | 1.67     | 0.97      |
| 107      | Ford  | 1.67     | 0.97      |

**Cluster „Position, Geschwindigkeit sowie Beschleunigungsverhalten von Kfz“:**

Der letzte Cluster (in Abbildung 8-2 ganz oben dargestellt) ist mit einer durchschnittlichen Relevanz-Bewertung von 3.29 ( $SD = 0.95$ ) der unwichtigste. Zugleich ist seine Zusammensetzung, wie man sowohl an seiner Ausdehnung als auch an den enthaltenen 35 Merkmalen erkennen kann (vgl. Tabelle 8-8), recht heterogen.

**Tabelle 8-8** Die im Cluster „Position und Geschwindigkeit sowie Beschleunigungsverhalten von Kfz“ enthaltenen Merkmale (mit Mittelwert und Standardabweichung)

| Item-Nr. | Merkmal                                    | <i>M</i> | <i>SD</i> |
|----------|--|----------|-----------|
| 26       | Straße nicht breit genug für zwei Autos    | 4.52     | 0.68      |
| 57       | Auto mit aufleuchtendem Rückfahrlicht      | 4.33     | 0.97      |
| 133      | Spurwechsel                                | 4.19     | 0.68      |
| 11       | Fahrzeug steht ziemlich weit in der Straße | 4.10     | 0.54      |

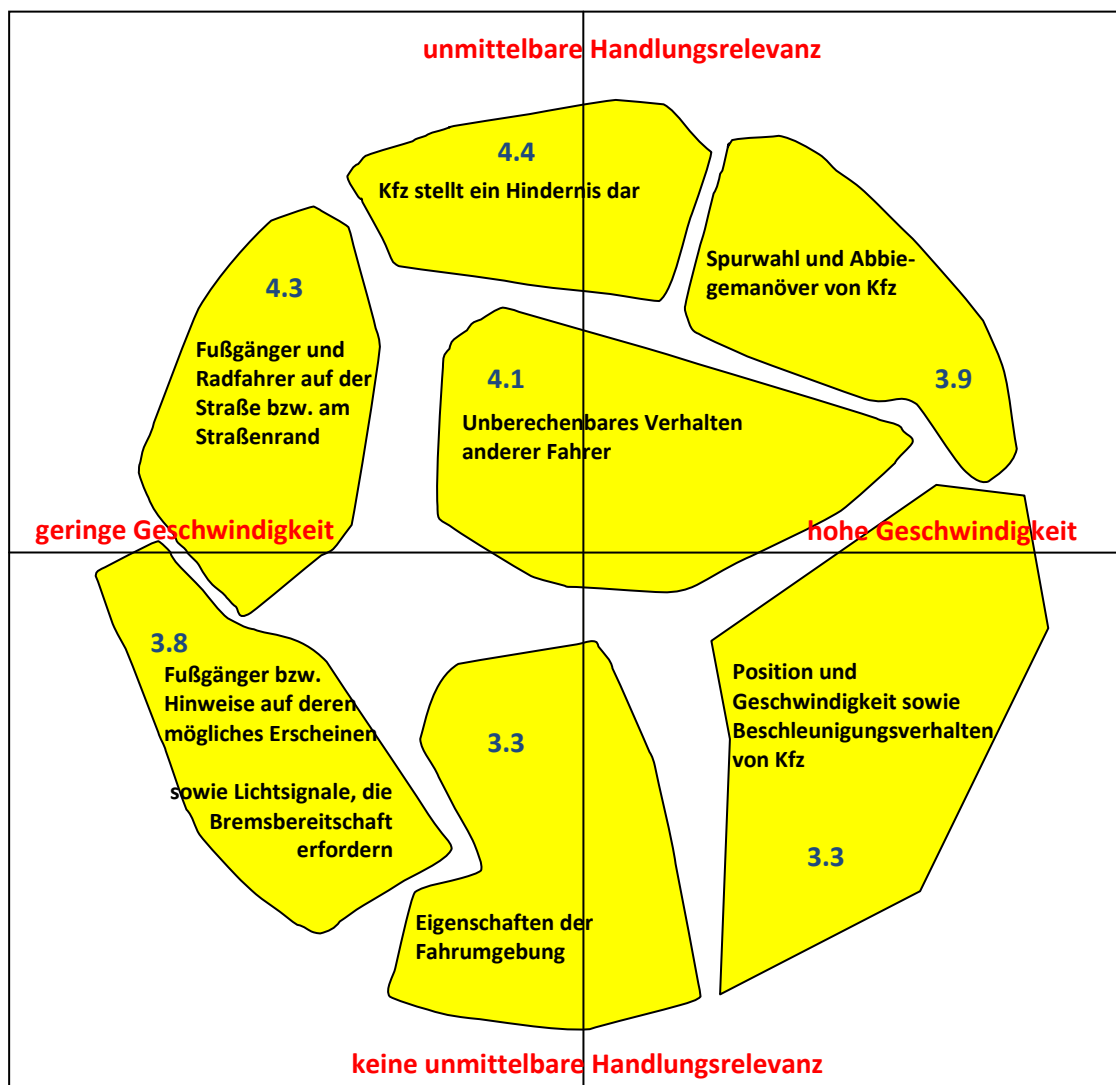
| Item-Nr. | Merkmal   | <i>M</i> | <i>SD</i> |
|----------|---|----------|-----------|
| 148      | Autos stoppen häufig und fahren wieder an                     | 4.00     | 0.63      |
| 19       | Gegenverkehr  | 4.00     | 0.84      |
| 4        | Fahrzeug steht  | 3.90     | 1.14      |
| 79       | Fahrzeug fährt sehr schnell                                   | 3.90     | 0.70      |
| 15       | Vorausfahrendes Fahrzeug fährt an                             | 3.86     | 0.79      |
| 70       | Fahrzeug weicht in Parklücke aus                              | 3.81     | 0.98      |
| 14       | Vorausfahrendes Fahrzeug                                      | 3.76     | 0.83      |
| 86       | Auto am Straßenrand parkt ein                                 | 3.71     | 0.96      |
| 13       | Fahrzeug blinkt rechts  | 3.67     | 0.86      |
| 173      | Fahrzeug mit nach links eingeschlagenen Rädern                | 3.67     | 1.06      |
| 156      | Fahrzeug beschleunigt stark                                   | 3.52     | 0.98      |
| 130      | Vorderfahrzeug schaltet Motor ab                              | 3.43     | 0.93      |
| 65       | langsames (Heran-)Fahren                                      | 3.29     | 0.64      |
| 128      | Beschleunigungsverhalten eines Fahrzeugs                      | 3.29     | 0.96      |
| 87       | Fahrzeug mit eingeschlagenen Vorderrädern                     | 3.24     | 1.18      |
| 158      | Fahrzeug beschleunigt   | 3.24     | 1.00      |
| 103      | unbekannte Straßennamen/Städte/Gegenden                       | 3.19     | 1.08      |
| 139      | Fahrzeuge links und rechts parken in gleicher Richtung        | 3.05     | 1.12      |
| 10       | Fahrzeug fährt auf die mittlere Spur                          | 3.00     | 0.95      |
| 22       | Am Seitenrand stehende Autos                                  | 3.00     | 1.00      |
| 138      | Fließender Verkehr  | 2.95     | 0.97      |
| 64       | gleichbleibende Geschwindigkeit                               | 2.90     | 0.77      |
| 69       | Auto hält die Spur  | 2.57     | 1.08      |
| 98       | Lücke im Gegenverkehr   | 2.57     | 1.03      |
| 144      | Fahrer sitzt im Auto  | 2.57     | 1.08      |
| 58       | Auto steht leicht schräg im Parkplatz                         | 2.52     | 1.17      |
| 151      | PKW und ich fahren aneinander vorbei                          | 2.48     | 1.12      |
| 124      | Straße (trotz parkender Autos) breit genug für zwei Fahrzeuge | 2.48     | 1.03      |
| 83       | Parklücke auf der Gegenspür                                   | 2.38     | 1.16      |
| 126      | Ortsfremdes Nummernschild                                     | 2.19     | 1.21      |
| 95       | BMW   | 1.76     | 1.04      |

Entsprechend schwer ist es, eine passende Bezeichnung für diesen Cluster zu finden. Schließlich wurde „**Position und Geschwindigkeit sowie Beschleunigungsverhalten von Kfz**“ gewählt, was immerhin auf die Mehrzahl der enthaltenen Items zutrifft.

Beispiele hierfür sind u.a.: „Fahrzeug steht ziemlich weit in der Straße“, „Fahrzeug fährt sehr schnell“ und „Fahrzeug beschleunigt stark“.

### 8.3.3 Inhalt und Antizipationsrelevanz der Cluster im Gesamtzusammenhang

Abbildung 8-3 zeigt die aus der multidimensionalen Skalierung und der Clusteranalyse resultierenden sieben Cluster zusammen mit ihrer inhaltlichen Beschreibung sowie ihrer mittleren Antizipationsrelevanz. Auf die Darstellung der einzelnen Merkmale wurde (im Gegensatz zu Abbildung 8-2) aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit verzichtet. Außerdem wurde (wie bereits in Kapitel 8.2.6, S. 115 ff. beschrieben) eine Drehung der Koordinatenachsen um den Ursprung vorgenommen und die beiden Dimensionen der zweidimensionalen Karte wurden jeweils mit einem Namen versehen.



**Abbildung 8-3** Inhalt und Antizipationsrelevanz der Cluster in Untersuchung II (mit Benennung der Achsen)



Die Anordnung der Cluster lässt vermuten, dass die Merkmale sowohl im Hinblick auf ihre **Geschwindigkeit** als auch im Hinblick auf ihre **unmittelbare Handlungsrelevanz** gruppiert wurden.

Als besonders bedeutsam für die Antizipation wurden hierbei solche Merkmale eingestuft, die sich sowohl durch eine hohe Handlungsrelevanz als auch durch eine geringe Geschwindigkeit auszeichnen: „**Kraftfahrzeug stellt ein Hindernis dar**“ (4.41 von 5) sowie „**Fußgänger und Radfahrer auf der Straße bzw. am Straßenrand**“ (4.33 von 5). Bezeichnenderweise grenzen diese beiden Cluster unmittelbar aneinander. Schließlich können auch Fußgänger und Radfahrer das Egofahrzeug behindern, obwohl sie mitunter als nicht so handlungsrelevant wie ein Kfz-Hindernis angesehen werden – sei es aufgrund des geringeren Platzbedarfs, der höheren Flexibilität (Ausweichen des Verkehrspartners) oder der Tatsache, dass sie sich i.d.R. eher am Straßenrand und nicht unmittelbar auf der Straße befinden.

Eine genauso geringe Geschwindigkeit, aber weniger Handlungsrelevanz als Fußgänger auf der Straße, hatten **Fußgänger in der Peripherie (bzw. Hinweise auf deren mögliches Erscheinen)**: Dieser Cluster befand sich direkt neben dem anderen „Fußgänger“-Cluster, war aber mit einem Wert von 3.77 (von 5) nicht ganz so bedeutsam für die Antizipation. Der Übergang zwischen den beiden Clustern ist fließend.

Der Cluster „**Spurwahl und Abbiegemanöver von Kfz**“ ist mit durchschnittlich 3.93 von 5 Punkten im Hinblick auf die Antizipationsrelevanz in etwa vergleichbar mit Fußgängern in der Peripherie. Allerdings waren die darin enthaltenen Merkmale handlungsrelevanter und zeichneten sich durch eine höhere Dynamik aus. Ebenso wie die umgebenden Cluster hatte auch der „Spurwahl und Abbiegemanöver“-Cluster Verhaltensweisen der anderen Kraftfahrzeuge zum Thema: Auf der handlungsrelevanten Seite befand sich der bereits erwähnte „Hindernis“-Cluster; auf der relativ unbedeutenden Seite lag der Cluster „**Position und Geschwindigkeit sowie Beschleunigungsverhalten**“ (mittlerer Antizipationsrelevanz-Wert: 3.29 von 5).

Die „**Eigenschaften der Fahrumgebung**“ hatten von allen sieben Clustern die geringste unmittelbare Handlungsrelevanz und waren auch für die Antizipation nicht besonders wichtig (3.34 von 5 Punkten auf der Ratingskala). Dieser Cluster befand sich zwischen dem „Fußgänger und Lichtsignale“-Cluster und dem „Position, Geschwindigkeit und Beschleunigungsverhalten“-Cluster, die ebenfalls i.d.R. keine sofortige Reaktion des Fahrers erforderlich machten.

Eine mittlere Position in der Grafik nahm das „**unberechenbare Verhalten anderer Fahrer**“ ein. Es ist zu allen anderen Clustern in etwa gleich nah und ließ sich weder im Hinblick auf Geschwindigkeit noch hinsichtlich der Handlungsrelevanz sinnvoll veror-

ten. Tendenziell wurde es als eher handlungsrelevant angesehen. Auch bei der Antizipationsrelevanz erzielten die Merkmale dieses Clusters einen überdurchschnittlich hohen Wert (4.10 von 5).

## 8.4 Diskussion

Anhand der „Concept Mapping“-Methode gelang es, die große Anzahl der in Untersuchung I genannten Antizipationsmerkmale so zusammenzufassen, dass sie gut überblickt werden können. Da die Einteilung mit Hilfe von Versuchspersonen-Daten vorgenommen wurde, gibt sie zudem auch einen Einblick, wie die Merkmale in den mentalen Modellen der Autofahrer angeordnet sind. Demnach sortierten die Probanden die Stimuli i.d.R. unter Berücksichtigung der zwei Faktoren **Geschwindigkeit** und **Handlungsrelevanz**.

Die zusätzlichen Relevanz-Ratings durch die Probanden gestatteten eine Einschätzung der generellen Bedeutsamkeit der einzelnen Merkmale für die Antizipation der Autofahrer. Als besonders aufschlussreich erwies sich allerdings die Kombination der Ratings mit den Ergebnissen der Methoden MDS und Clusteranalyse: Auf diesem Weg war es sowohl möglich eine Aussage über die mittlere Antizipationsrelevanz der verschiedenen Merkmalskategorien vorzunehmen als auch die einzelnen Cluster diesbezüglich miteinander zu vergleichen.

Es zeigte sich, dass in erster Linie solche Stimuli für antizipationsrelevant gehalten wurden, die sich sowohl durch unmittelbaren Handlungsbedarf als auch durch geringe (Eigen-)Geschwindigkeit auszeichneten. Mit anderen Worten: **Hindernisse auf der eigenen Fahrspur** – sei es ein anderes Kfz, ein Radfahrer oder ein Fußgänger.

Am unbedeutendsten wurden die Eigenschaften der Fahrumgebung sowie Informationen über Position, Geschwindigkeit und Beschleunigungsverhalten anderer Kraftfahrzeuge eingestuft. Dazwischen lagen die Werte für Fußgänger in der Peripherie und für Abbiege- bzw. Spurwechselmanöver der umgebenden Verkehrsteilnehmer. Interessanterweise handelt es sich bei all diesen Clustern um Merkmale, die laut der Definition von Rauch (2009; vgl. Kapitel 4.5 dieser Dissertation, S. 37 ff.) zwar für das Situationsbewusstsein wichtig sind – nicht jedoch für Antizipation im engeren Sinne: Sie richtig erfasst zu haben dient eher der Handlungsabsicherung als der Handlungssteuerung.

Die Tatsache, dass die Probanden offenbar bereits bei der Sortieraufgabe zwischen typischen Antizipationsmerkmalen auf der einen Seite und „Situationsbewusstseins-Merkmalen“ auf der anderen Seite trennten zeigt zudem: Diese Unterscheidung ent-

spricht nicht nur der wissenschaftlichen Auffassung, sondern ist auch in den mentalen Modellen der Autofahrer verankert.<sup>16</sup>

Die Merkmale im Cluster „Unberechenbares Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer“ wurden als an sich antizipationsrelevant beurteilt. Allerdings reichten sie allein wohl nicht aus, um eine zutreffende Prognose der weiteren Situationsentwicklung formulieren zu können. Ein typisches Beispiel hierfür ist das wechselseitige Blinken des Vorderfahrzeugs, das isoliert betrachtet wenig informativ ist, sondern erst in Kombination mit anderen Merkmalen (z.B. Radeinschlag, gewählte Abbiegespur) eine korrekte Antizipation ermöglicht.

Angesichts der in Untersuchung II gewonnenen Erkenntnisse empfiehlt es sich, bei zukünftigen Untersuchungen der Antizipationsleistung insbesondere solche Situationen auszuwählen, in denen Hindernisse (z.B. stehende bzw. langsame Kraftfahrzeuge, Radfahrer, Fußgänger) auf der Fahrspur vorkommen.

Bevor dieses Wissen in den Untersuchungen IV und V umgesetzt wird, steht zunächst allerdings noch die Frage im Raum, auf welche Faktoren die (sich bereits in Untersuchung I abzeichnenden) großen interindividuellen Unterschiede in der Antizipationsleistung zurückzuführen sind. Dieses Thema wird in der nachfolgend beschriebenen Untersuchung III behandelt.

---

<sup>16</sup> Eine Beeinflussung der Sortier-Kriterien durch den Versuchsleiter ist unwahrscheinlich, da die Probanden (a) erst nach dem Sortieren über den Zweck der Untersuchung aufgeklärt wurden, (b) keinerlei Vorgaben erhielten, sondern so sortieren durften wie sie es für sinnvoll hielten, und (c) die Antizipationsrelevanz der Merkmale erst nach Beendigung der Sortieraufgabe einstufen.

## 9 UNTERSUCHUNG III MIT VIDEOAUFNAHMEN VON REALEM STRASSENVERKEHR

### 9.1 Fragestellung

In diesem Versuch sollte mittels Videoaufnahmen von realem Straßenverkehr ermittelt werden, wie groß die interindividuellen Unterschiede hinsichtlich Wahrnehmung und Antizipationsleistung sind und inwiefern die Faktoren Geschlecht, Alter, Fahrpraxis, Feldunabhängigkeit und Interferenzneigung diese Unterschiede erklären können. Die beiden letzteren Variablen wurden gewählt, weil sie die individuellen visuellen Wahrnehmungsleistungen im Sinne von Dispositionen moderieren.

### 9.2 Methode

#### 9.2.1 Versuchspersonen

An dem Experiment nahmen 82 Probanden teil – darunter 13 Psychologie-Studenten und 23 Studenten sonstiger Fachrichtungen.

Eine Übersicht zur Zusammensetzung der Stichprobe im Hinblick auf Alter, Geschlecht und Fahrpraxis ist Tabelle 9-1 zu entnehmen.

**Tabelle 9-1** Stichprobe von Untersuchung III (mit Videoaufnahmen von realem Straßenverkehr)

| <b>Fahrpraxis</b><br><b>Geschlecht</b> | <b>Wenigfahrer</b><br><b>(unter 5.000 km/J)</b>     | <b>Durchschnittsfahrer</b><br><b>(5.000-20.000 km/J)</b> | <b>Vielfahrer</b><br><b>(über 20.000 km/J)</b>     |
|--|---|--|--|
| <b>Männlich</b>                        | 5 Pbn 18-23 J.<br>3 Pbn 24-29 J.<br>2 Pbn 30-62 J.  | 7 Pbn 18-23 J.<br>4 Pbn 24-29 J.<br>2 Pbn 30-62 J.       | 3 Pbn 18-23 J.<br>3 Pbn 24-29 J.<br>8 Pbn 30-62 J. |
| <b>Weiblich</b>                        | 12 Pbn 18-23 J.<br>6 Pbn 24-29 J.<br>4 Pbn 30-62 J. | 3 Pbn 18-23 J.<br>5 Pbn 24-29 J.<br>6 Pbn 30-62 J.       | 5 Pbn 18-23 J.<br>3 Pbn 24-29 J.<br>1 Pbn 30-62 J. |

Insgesamt waren 37 Personen männlich und 45 weiblich. Alle Probanden verfügten über eine (korrigierte) volle Sehschärfe, waren nicht farbfahlsichtig und im Besitz eines

Pkw-Führerscheins. Mit 35 Personen bestand der überwiegende Teil aus Fahranfängern zwischen 18 und 23 Jahren. Es wurden aber auch 24 Probanden zwischen 24 und 29 Jahren sowie 23 Probanden im Alter zwischen 30 und 62 Jahren getestet.

Bei 32 Probanden handelte es sich um Wenigfahrer (unter 5.000 km im vergangenen Kalenderjahr), bei 27 Personen um Fahrer mit mittlerer Fahrpraxis (zwischen 5.000 und 20.000 km/J) und bei 23 Personen um Vielfahrer (über 20.000 km/J).

Wie man aus Tabelle 9-1 ersehen kann, war die Fahrpraxis nicht gleichmäßig über die zwei Geschlechter verteilt, d.h. es handelte sich um ein unbalanciertes Design. Insbesondere finden sich unter den Männern vergleichsweise viele Vielfahrer und unter den Frauen relativ viele Wenigfahrer. Dies ist in Übereinstimmung mit Veröffentlichungen anderer Forscher, die bei weiblichen Fahrzeuglenkern generell eine geringere durchschnittliche Jahresfahrleistung als bei männlichen Fahrern feststellten (vgl. Gründl, 2005; Schrammel et al., 1995).

Allerdings ist diese Ungleichverteilung in der hier vorliegenden Stichprobe nicht derart stark ausgeprägt, dass man von einer stochastischen Abhängigkeit zwischen den beiden Variablen sprechen könnte ( $\chi^2(2, N = 82) = 4.89, p = .09 = \text{n.s.}$ ).

Die Teilnahme am Experiment erfolgte auf freiwilliger Basis und wurde nicht entlohnt. Psychologie-Studenten erhielten allerdings auf Wunsch eine Bestätigung der absolvierten Versuchspersonenstunden, was ein Bestandteil der Anforderungen für die Zulassung zur Diplom-Vor- und –Hauptprüfung ist.

### 9.2.2 Versuchsmaterial

Die Grundlage des Experiments waren die in Untersuchung I bereits beschriebenen 10 Videoaufnahmen mit Verkehrsszenen des Münchner Innenstadtbereichs aus Fahrerperspektive (vgl. Kapitel 7, S. 89 ff.). Durch die Verwendung von Videos ist sichergestellt, dass trotz hoher Realitätsnähe für alle Probanden vergleichbare Bedingungen hinsichtlich Tageszeit, Witterungsverhältnisse und Verkehrsgeschehen herrschen. Zudem hat sich das Material bereits in Untersuchung I bewährt, wo sich ein mittlerer Schwierigkeitsgrad hinsichtlich Wahrnehmung relevanter Merkmale sowie korrekter Prognosen abzeichnete (vgl. Kapitel 7, S. 89 ff.).

Außerdem wurden der „Color-Word-Test (CWT)“ von Stroop (1935) sowie der „Group-Embedded-Figures-Test (GEFT)“ von Witkins und Kollegen (1971) eingesetzt.




Mit dem **CWT** wird die Interferenzneigung, d.h. das Ausmaß der Beeinflussbarkeit bzw. Störanfälligkeit des Fahrers gegenüber starken, aber irrelevanten Reizen bei der Informationsverarbeitung gemessen (Hörmann, 1960). Eine Person mit geringer Interfe-

renzneigung besitzt demnach die Fähigkeit, ihre Aufmerksamkeit schnell und selektiv auf die jeweils relevanten Merkmale auszurichten.

Der CWT besteht aus einer Übungstafel und insgesamt 9 Testtafeln. Auf dreien stehen je 72 schwarz gedruckte Farbwörter, die lediglich vorgelesen werden sollen. Auf weiteren drei Tafeln befinden sich je 72 bunte Streifen, deren jeweilige Farben vom Probanden zu benennen sind. Die drei sogenannten „Interferenztafeln“ beinhalten schließlich je 72 Farbwörter, die in einer nicht übereinstimmenden Tintenfarbe gedruckt sind (z.B. das Wort „blau“ in grüner, gelber oder roter Tinte). Der Proband muss in diesem Fall die jeweilige Tintenfarbe angeben und soll sich dabei möglichst wenig von den abweichenden Farbwörtern irritieren lassen.

Zur Veranschaulichung ist in Tabelle 9-2 die beispielhafte Item-Abfolge „blau – rot – grün“ für jede der drei Bedingungen „Farbwörter-Lesen“, „Farbstriche-Benennen“ und „Interferenz“ abgebildet.

**Tabelle 9-2** Beispielitems zu den drei Testtafel-Arten im CWT (als richtig wird in allen drei Fällen die Antwort „blau – rot – grün“ gewertet)

| Farbwörter-Lesen (FWL)                   | Farbstriche-Benennen (FSB)  | Interferenz (INT)                        |
|--|---|--|
| <b>BLAU</b><br><b>ROT</b><br><b>GRÜN</b> | <br><br> | <b>GELB</b><br><b>BLAU</b><br><b>ROT</b> |

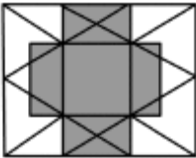

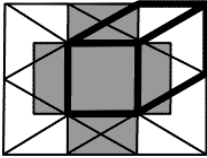
Der Grund für die Verwendung des CWT statt der vergleichbar etablierten „Dichotic Listening Task (DLT)“ von Gopher und Kahnemann (1971; zitiert nach Kahneman, Ben-Ishai & Lotan, 1973) besteht in dem angesprochenen Sinneskanal. Während bei der DLT sowohl Zielreize als auch interferierende Reize auditiv dargeboten werden, sind sie beim CWT visueller Natur und somit näher an den ebenfalls (überwiegend) visuell wahrgenommenen antizipationsrelevanten Merkmalen sowie den ggf. in der Verkehrsumwelt vorhandenen interferierenden Stimuli.

Der **GEFT** dient der Erfassung der „Feldabhängigkeit“. Damit bezeichnet man das Ausmaß, in dem die Wahrnehmung eines Stimulus vom umgebenden „Feld“ (Kontextreizen) beeinflusst wird (Witkin, 1954; Witkin et al., 1972). Feldabhängig ist eine Person, die in ihrer „Wahrnehmung durch Umgebungsreize derart geleitet wird, dass eine vom umgebenden „Feld“ unabhängige Wahrnehmungsleistung nicht gelingt“ (Hergovich, 1999). Ansonsten gilt sie als feldunabhängig.

Die vorhandenen Tests zur Messung der Feld(un)abhängigkeit sind ausschließlich als (eindimensionale) Fähigkeitstests operationalisiert. Es gibt richtige und falsche Antworten und die „Schwierigkeit“ eines Items kann als Funktion der Anzahl von richtig beantworteten Problemen berechnet werden (Sternberg, 1997). Das bedeutet, Feldabhängige unterscheiden sich nicht in der *Art* der Lösungsfindung von den Feldunabhängigen, sondern lediglich in der weniger stark ausgeprägten *Fähigkeit* „Felder“ differenziell wahrnehmen zu können (d.h. verschiedene Strukturen gewinnen zu können statt an der vorherrschenden Struktur festzuhalten).

Der GEFT besteht aus insgesamt 7 Übungs- und 18 Testaufgaben, in denen der Proband jeweils eine zuvor gesehene einfache Figur innerhalb eines größeren und komplexeren Musters lokalisieren muss, das die einfachere Figur einbettet. Die einfache und die komplexe Figur können hierbei nicht gleichzeitig betrachtet werden, sondern nur hintereinander. Ein Beispiel für eine solche einfache und komplexe Figur sowie die zugehörige Lösung finden sich in Tabelle 9-3.

**Tabelle 9-3** Beispielitem aus dem GEFT mit komplexer Figur, darin eingebetteter einfacher Figur sowie der zugehörigen Lösung

| Komplexe Figur  | Einfache Figur  | Lösung  |
|---|---|---|
|  |  |  |

Der GEFT wurde deshalb gewählt, weil er ökonomischer in der Anwendung ist als der sehr ähnliche „Embedded Figures Test (EFT)“ (Witkin, 1950). Zudem ist beim GEFT die Bearbeitungszeit vorgegeben und entfällt somit als zusätzlich zur Anzahl der gelösten Aufgaben zu berücksichtigende Variable.

### 9.2.3 Versuchsplan

Der Fokus von Untersuchung III lag zum einen auf der Identifikation des Ausmaßes interindividueller Unterschiede hinsichtlich der Faktoren „Wahrnehmung“ sowie „Antizipationsleistung“.

Zum anderen ging es in diesem Versuch um das Erklärungspotential diverser Probandeneigenschaften sowie um etwaige Interaktionseffekte zwischen diesen Eigenschaften.

Im Einzelnen wurden hierbei folgende Variablen berücksichtigt:

- Alter
- Fahrpraxis
- Geschlecht
- Feldunabhängigkeit (operationalisiert als Leistung im Group-Embedded-Figures-Test, Witkin et al., 1971)
- Interferenzneigung (erfasst mit Hilfe des Color-Word-Tests, Stroop, 1935)

Der Faktor „Fahrpraxis“ betraf ausschließlich die aktuelle Fahrhäufigkeit, welche anhand der im vergangenen Jahr als Pkw-Fahrer zurückgelegten Kilometer erfasst wurde. Hierbei wurde zwischen drei Stufen unterschieden:

- (1) Wenigfahrer (unter 5.000 km im letzten Jahr)
- (2) Durchschnittsfahrer (5.000 bis 20.000 km)
- (3) Vielfahrer (über 20.000 km).

Bei der Feldunabhängigkeit, die anhand des GEFT erfasst wurde, konnte der Proband zwischen 0 und 18 Punkten erreichen. Der jeweilige Wert ergab sich durch die Gesamtzahl richtig eingezeichneter Figuren, wobei es für jede gelöste Aufgabe einen Punkt gab. Ausgelassene Aufgaben wurden als falsch gewertet, desgleichen unvollständig eingezeichnete oder mit zusätzlichen Linien ausgeschmückte Figuren. Je höher die erzielte Punktzahl, desto feldunabhängiger ist der Proband.

Die Interferenzneigung wurde anhand der Bearbeitungszeit für das Benennen der Farben auf den drei Interferenztafeln des CWT bestimmt. Als letztendlicher Messwert diente dabei die im Median benötigte Zeit in Sekunden. Je länger der Proband benötigte, desto interferenzanfälliger ist er.

Zur Messung der **Wahrnehmungsleistung** wurden die Teilnehmer nach dem Betrachten eines jeden Videos hinsichtlich der in dieser Situation für den Fahrer relevanten Verkehrsteilnehmer, deren Verortung und bisheriger Verhaltensweise befragt. Dies wurde als offene Frage formuliert (siehe Anhang C, S. 273 ff.). Je mehr der insgesamt 20 antizipationsrelevanten Merkmale der Proband entdeckte und korrekt benennen konnte, desto höher wird seine Wahrnehmungsleistung eingestuft. Um welche Merkmale es sich dabei im Einzelnen handelte, wird in Kapitel 9.2.6 (S. 139 ff.) beschrieben.

Ähnlich wurde bei der Messung der **Antizipationsleistung** vorgegangen. Im Anschluss an jedes Video musste neben der Bestimmung der relevanten Verkehrsteilnehmer nämlich außerdem erklärt werden, wie sich diese in den nächsten 5-10 Sekun-



den höchstwahrscheinlich verhalten werden. Auch in diesem Fall handelte es sich um eine offene Frage. Die Antizipationsleistung des Probanden ist umso besser, je mehr der insgesamt 20 korrekten Prognosen sich in seinen Antworten wiederfinden. Eine Liste aller mit Punkten versehenen Antizipationen steht in Kapitel 9.2.6 (S. 139 ff.).

Weder bei der Wahrnehmungsleistung noch bei der Antizipationsleistung gab es einen Punktabzug für „falsche“ bzw. nicht im Lösungskatalog (vgl. Kapitel 9.2.6, S. 139 ff.) vorhandene Antworten. Auf der anderen Seite wurden auch keine Extra-Punkte vergeben, falls die Vorhersagen zwar im Sinne eines guten Situationsbewusstseins generell möglich waren, sich aber im tatsächlichen weiteren Verlauf der aktuellen Situation nicht bewahrheiteten (z.B. „Fußgänger am Bürgersteig könnte auf die Straße laufen“).

### 9.2.4 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau war im Prinzip identisch mit demjenigen in Untersuchung I (vgl. Kapitel 7.2.4, S. 95 ff.). Es gab lediglich zwei Abweichungen: Die erste bezieht sich auf die Software zum Abspielen der Videos. In Untersuchung III wurde statt des „Quick Time Players“ der „VLC Media Player 0.8.6“ verwendet. Die zweite Abweichung von Untersuchung I betrifft die zusätzliche Durchführung des GEFT und des CWT, weshalb das hierfür benötigte Versuchsmaterial in Reichweite des Versuchsleiters aufbewahrt werden musste.

### 9.2.5 Versuchsablauf

Das Experiment fand als Einzelversuch statt und dauerte zwischen 1 bis 1.5 h pro Teilnehmer (je nach Schnelligkeit beim Ausfüllen der Fragebögen).

Nachdem der Proband über den Zweck und die voraussichtliche Dauer des Versuchs informiert wurde und ggf. seine Sehhilfe aufgesetzt hat, begann er mit der Bearbeitung des demographischen Teils des Fragebogens. Anschließend wurde der Versuchsablauf erklärt. Beim Betrachten der Videos sollte die Versuchsperson aufmerksam den umgebenden Verkehr beobachten und sich vorstellen, dass sie tatsächlich mit dem Auto fährt. Jedes Video werde nur einmal gezeigt.

Im Anschluss sollte sie sich jeweils dem Fragebogen widmen und die zum jeweiligen Video gehörigen Fragen beantworten. Im Einzelnen ginge es dabei immer um

- (a) die in dieser Situation für den Fahrer relevanten Verkehrsteilnehmer, deren Verortung und bisherige Verhaltensweise sowie
- (b) eine Vorhersage, wie sich diese relevanten Verkehrsteilnehmer in den nächsten 5-10 Sekunden höchstwahrscheinlich verhalten werden.

Um sicherzugehen, dass die Versuchsperson die an sie gestellte Aufgabe verstanden hat, wurde ihr außerdem ein Beispielvideo gezeigt, das in Aussehen und Länge vergleichbar war mit den Videos im nachfolgenden Experiment. Hierin sind Fußgänger und Radfahrer zu sehen, die angesichts einer grünen Fußgängerampel eine Straße überqueren, in die der Fahrer im Video rechts einbiegen will. Anschließend sollte sie die Fragen zu relevanten Verkehrsteilnehmern und deren zukünftiger Handlung beantworten, wobei sie sich ausnahmsweise mit dem Versuchsleiter besprechen konnte. Dieser wies sie ggf. auf Irrtümer hin und nannte abschließend die richtigen Antworten für die Beispielaufgabe.

Danach begann das eigentliche Experiment, in dem der Proband abwechselnd eines der insgesamt 10 Videosequenzen betrachtete (wobei er keinerlei Eingriffsmöglichkeit hatte) und einen einseitigen Fragebogen ausfüllte, in dem er in eigenen Worten die im jeweiligen Video relevanten Verkehrsteilnehmer und deren vermutetes zukünftiges Verhalten beschrieb. Eine nachträgliche Ergänzung der Aussagen zu den früher gesehenen Videos war nicht gestattet; die Äußerungen bezogen sich immer auf die unmittelbar zuvor gesehene Verkehrssituation.

Zur Kontrolle von Positionseffekten wurde die Darbietungsreihenfolge der 10 Videos zweimal durch Zufallsauswahl festgelegt und der Zufall bestimmte auch darüber, welche von zwei Reihenfolgen der Versuchsperson gezeigt wurde. Insgesamt wurden die Videos 41 Teilnehmern in Reihenfolge A präsentiert und den restlichen 41 Teilnehmern in Reihenfolge B.

Der fertig ausgefüllte Fragebogen wurde anschließend unter Verwendung einer anonymen Kennung auf dem Computer gespeichert. Abschließend bearbeitete die Versuchsperson (nach entsprechenden Instruktionen durch den Versuchsleiter) den GEFT sowie den CWT.

Eine Übersicht des Versuchsablaufs mit Zeitangaben ist in Tabelle 9-4 wiedergegeben.

**Tabelle 9-4** Versuchsablauf von Untersuchung III mit Zeitangaben

|   |              |
|---|--------------|
| Begrüßung, Demographie-Fragebogen                                 | ca. 3 min    |
| Instruktion, Bearbeiten der Übungsaufgabe                         | ca. 7 min    |
| Videoexperiment (10 Videos à 10 sec. Fragebogen nach jedem Video) | ca. 30 min   |
| Instruktion zum GEFT, Durchführung des GEFT                       | ca. 20 min   |
| Instruktion zum CWT, Durchführung des CWT                         | ca. 20 min   |
| Gesamtes Experiment   | = 1 h 20 min |

### 9.2.6 Versuchsauswertung

Unter Berücksichtigung der Antworten aus Untersuchung I (vgl. Kapitel 7, S. 89ff.) wurde eine „Musterlösung“ erstellt mit vier richtigen Antworten pro Video (zwei für Wahrnehmung und zwei für Antizipation). Für jede richtige Antwort gab es einen Punkt, so dass maximal 20 Punkte bei „Wahrnehmung“ und 20 Punkte bei „Antizipation“ möglich waren. Negative Punkte wurden nicht vergeben.

In Tabelle 9-5 findet sich eine Übersicht dieser insgesamt 40 richtigen Aussagen. Für eine Punktvergabe kam es weniger auf den exakten Wortlaut als vielmehr auf die sinn-gemäße Übereinstimmung mit der Musterlösung an. So wurden z.B. auch die Verwendung synonyme Formulierungen (z.B. „vor mir befindlicher Pkw steht“ versus „stehendes Vorderfahrzeug“) sowie zusätzliche Detaillierungen anstelle des abstrakten Begriffs (z.B. Benennung der Herstellermarke des Vorderfahrzeugs) akzeptiert.

**Tabelle 9-5** Übersicht der in Untersuchung III als richtig bewerteten Antworten

| <b>Video-Nummer</b> | <b>Richtige Wahrnehmung antizipationsrelevanter Merkmale</b>   | <b>Richtige Antizipation</b>   |
|---------------------|--|--|
| <b>1</b>            | 1. Fahrzeug zieht [nach dem Rechts-Passieren des eigenen Fahrzeugs] nach links<br>2. ... und beschleunigt stark                            | 1. Fahrzeug wird rechts überholen [d.h. vor dem eigenen Fahrzeug einscheren]<br>2. ... wird aber kein Hindernis darstellen, da es stark beschleunigt   |
| <b>2</b>            | 1. Fahrzeug auf der rechten Spur blinkt [links]<br>2. [Weiter vorn] auf der rechten Spur befindet sich ein ein- bzw. ausparkendes Fahrzeug | 1. Fahrzeug wird von der rechten Spur vor das eigene Fahrzeug wechseln [d.h. auf die mittlere Spur]<br>2. [... und Grund dafür ist] ein ein-/ausparkendes Fahrzeug, das weiterhin die Spur blockieren wird |

| Video-<br>Nummer | Richtige Wahrnehmung antizi-<br>pationsrelevanter Merkmale  | Richtige Antizipation  |
|------------------|---|--|
| 3                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Stehendes Fahrzeug auf der linken Abbiegespur [blinkt links]</li> <li>2. Vorderfahrzeug ordnet sich geradeaus/rechts ein [d.h. schert nach rechts aus]</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fahrzeug auf der linken Spur wird weiterhin stehen [bzw. nach Passieren des Gegenverkehrs links abbiegen]</li> <li>2. Vorderfahrzeug wird rechts am stehenden Fahrzeug vorbeifahren</li> </ol>   |
| 4                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Stehendes Vorderfahrzeug</li> <li>2. Radfahrer fährt links neben das Vorderfahrzeug</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Radfahrer wird das stehende Vorderfahrzeug überholen</li> <li>2. Radfahrer wird das Vorderfahrzeug evtl. bei der Weiterfahrt behindern</li> </ol>  |
| 5                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Stehendes Vorderfahrzeug</li> <li>2. Person befindet sich am Vorderfahrzeug [steigt ein oder aus]</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vorderfahrzeug wird weiterhin stehenbleiben</li> <li>2. ... wird aber nach dem Ein/Aussteigen des Beifahrers wieder anfahren</li> </ol>  |
| 6                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entgegenkommendes Fahrzeug</li> <li>2. .. bei sehr schmaler Fahrbahn [nicht breit genug für zwei Fahrzeuge]</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Das entgegenkommende Fahrzeug wird nicht ausweichen</li> <li>2. ... und wird warten, bis das eigene Fahrzeug in die Lücke am rechten Fahrbahnrand ausweicht</li> </ol>   |
| 7                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ein Fahrzeug kommt entgegen [und eins ist eben vorbeigefahren]</li> <li>2. Fußgänger kommt auf dem linken Bürgersteig entgegen</li> </ol>                         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entgegenkommendes Fahrzeug wird das eigene Fahrzeug passieren [d.h. man kann danach links abbiegen]</li> <li>2. „Vorfahrtsberechtigter“ Fußgänger am linken Gehsteig wird das eigene Fahrzeug passieren [d.h. ist beim Linksabbiegen zu beachten]</li> </ol> |

| <b>Video-<br/>Nummer</b> | <b>Richtige Wahrnehmung antizi-<br/>pationsrelevanter Merkmale</b>  | <b>Richtige Antizipation</b>  |
|--------------------------|---|---|
| <b>8</b>                 | 1. Vorderfahrzeug blinkt links<br>[und zuvor kurz rechts]<br><br>2. ... und hat sich rechts ein-<br>geordnet                  | 1. Vorderfahrzeug wird links abbie-<br>gen<br><br>2. ... dabei aber in einem großen<br>Bogen fahren [da es sich rechts<br>eingeeordnet hat]   |
| <b>9</b>                 | 1. Ein Radfahrer kommt entge-<br>gen<br><br>2. Entgegenkommendes Fahr-<br>zeug schert [wegen Radfah-<br>rer] aus              | 1. Entgegenkommendes Fahrzeug<br>wird den Radfahrer überholen<br>[wird den Überholvorgang nicht<br>abbrechen]<br><br>2. ... und wird dabei die Spur des ei-<br>genen Fahrzeugs mitbenutzen<br>[d.h. dem Fahrer auf dessen Spur<br>entgegenkommen] |
| <b>10</b>                | 1. Ein Vorderfahrzeug fährt<br>nach links [bzw. blinkt links]<br><br>2. ... lenkt aber zu stark ein für<br>einfaches Abbiegen | 1. Vorderfahrzeug wird wenden<br><br>2. ... und das eigene Fahrzeug even-<br>tuell behindern  |

Allerdings mussten alle Teilaspekte der jeweiligen Musterlösungs-Aussage abgedeckt sein, damit ein Punkt vergeben wurde. Zum Beispiel beinhaltet „stehendes Vorderfahrzeug“ neben der Information, dass ein Fahrzeug gesichtet wurde auch dessen Ort („vorne“) sowie dessen aktuellen Zustand („steht“). Fehlte einer dieser Aspekte, so wurde die komplette Antwort als falsch gewertet. Halbe Punkte bzw. Teilpunkte wurden nicht vergeben. Lediglich Aussagen, die in der Musterlösung in eckigen Klammern stehen waren für die Punktvergabe entbehrlich. Sie dienen vorrangig dem besseren Situationsverständnis des Lesers.

Die Auswertung des GEFT und des CWT erfolgten so, wie es im zugehörigen Handbuch beschrieben wurde (vgl. Witkin et al., 1971 bzw. Stroop, 1935). Für die nachfolgende statistische Auswertung diente die Anzahl gelöster Testaufgaben im GEFT (zwischen 0 und 18) als Messwert für die Feldunabhängigkeit. Die mittlere der Bearbeitungsdauern für die drei Interferenztafeln des CWT (= Median) wurden als Maß für die Interferenzanfälligkeit des Probanden genommen.

## 9.3 Ergebnisse

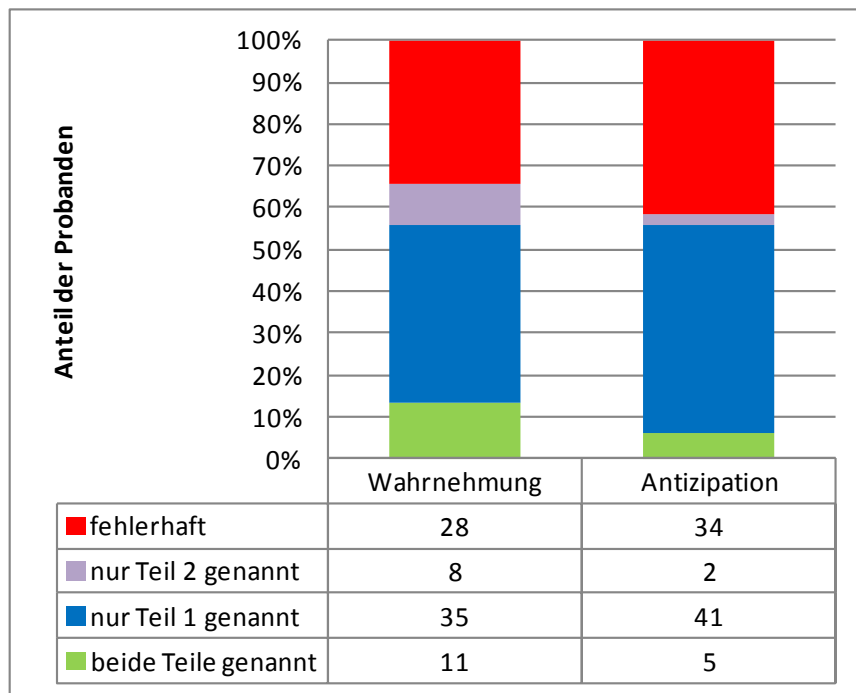
In der aktuell beschriebenen Untersuchung erzielten die Probanden im GEFT zwischen 2 und 18 Punkte; Der Mittelwert lag bei 13.50, die Standardabweichung bei 3.86. Für den Inferenz-Teil des CWT benötigten sie im Durchschnitt 70.56 Sekunden ( $SD = 13.20$ ), wobei die Spanne zwischen 47 und 102 Sekunden betrug.

Bevor auf die Gesamtleistungen hinsichtlich Wahrnehmung und Antizipation eingegangen wird, werden diese Kriterien zunächst für jede der zehn untersuchten Situationen getrennt analysiert. Dabei wird jeweils sowohl für Wahrnehmung als auch für Antizipation der Anteil der Probanden aufgeführt, die (a) beide Teilaspekte der Musterlösung genannt haben, (b) nur den ersten Teil, (c) nur den zweiten Teil oder (d) keinen der beiden Teile.

### 9.3.1 Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen in den jeweiligen Situationen

Bei **Situation 1** haben nur 11 der 82 Teilnehmer beide antizipationsrelevanten Merkmale genannt. Demgegenüber hat etwa die Hälfte der Probanden nur einen der beiden Aspekte erwähnt: 35 Teilnehmern fiel auf, dass das auf der rechten Fahrspur befindliche Fahrzeug nach dem Passieren des Egofahrzeugs nach links zieht – sie registrierten aber nicht dessen starke Beschleunigung; weiteren 8 Probanden erging es umgekehrt. Ein Drittel (28 Probanden) bemerkte weder das eine, noch das andere (vgl. Abbildung 9-1).

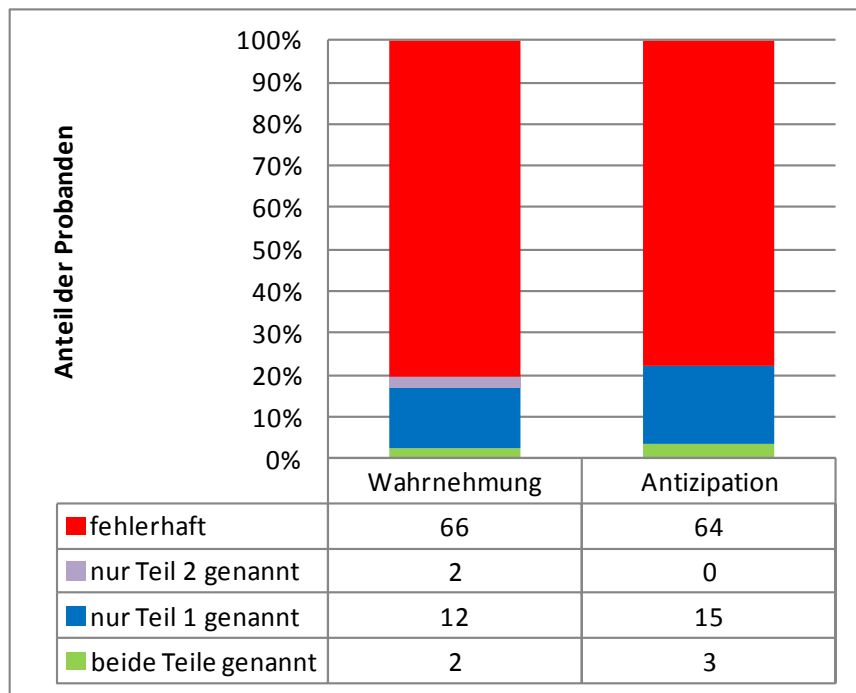
Wie ebenfalls in Abbildung 9-1 zu sehen ist, weist die Antizipationsleistung eine ähnliche Verteilung auf wie die Wahrnehmungsleistung: nur 5 Probanden antizipierten sowohl, dass das Fahrzeug rechts überholen wird als auch, dass es aufgrund seines starken Beschleunigungsverhaltens kein Hindernis für den Fahrer des Egofahrzeugs darstellen wird. 41 Teilnehmer prognostizierten lediglich den bevorstehenden Überholvorgang und 2 Personen erklärten nur, dass das zukünftige Verhalten des anderen Fahrzeugs aufgrund dessen starker Beschleunigung wohl keinen Einfluss auf das Egofahrzeug haben wird. In Übereinstimmung mit der oft unzureichenden Wahrnehmung antizipationsrelevanter Merkmale gelang den übrigen 34 Probanden überhaupt keine zutreffende Antizipation der bevorstehenden Situationsentwicklung.



**Abbildung 9-1** Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen der Probanden in Situation 1

Die Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen in **Situation 2** lagen allerdings noch deutlich unter denen von Situation 1. Hier nannten nur 2 Probanden beide Antizipationsmerkmale. 12 Teilnehmer bemerkten immerhin, dass das Fahrzeug auf der rechten Nachbarspur den Fahrtrichtungsanzeiger links betätigt hatte und weiteren 2 Teilnehmer fiel das darauf befindliche ein- bzw. ausparkende Fahrzeug auf. Über vier Fünftel (66 Probanden) bemerkten hingegen keines der beiden Merkmale (vgl. Abbildung 9-2).

Entsprechend unzureichend war in den meisten Fällen die Antizipation der Teilnehmer: Nur 3 Probanden erkannten sowohl, dass das blinkende Fahrzeug von der rechten Nachbarspur vor das Egofahrzeug auf die mittlere Spur wechseln wird als auch, dass die rechte Spur noch eine Weile durch das rangierende Fahrzeug blockiert sein wird. Ersteres war immerhin 15 Teilnehmern klar. Demgegenüber argwöhnten 64 Teilnehmer zu diesem Zeitpunkt weder das eine, noch das andere.



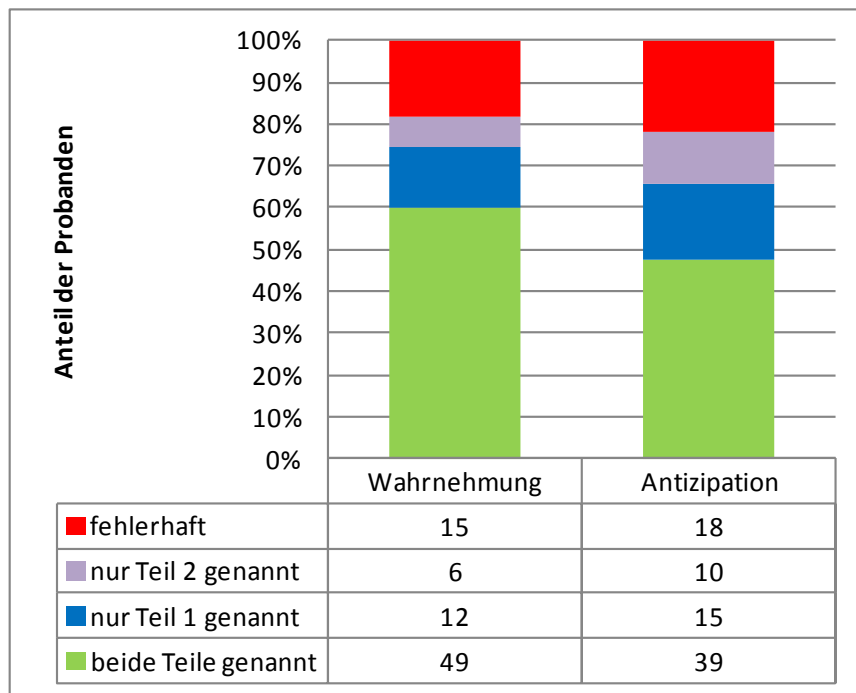
**Abbildung 9-2** Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen der Probanden in Situation 2

Bei **Situation 3** hingegen gelang mit 49 bzw. 39 Personen etwa der Hälfte der Teilnehmer eine umfassende Wahrnehmung der antizipationsrelevanten Merkmale bzw. eine vollständige Antizipation. 12 Probanden hielten lediglich das auf der linken Abbiegespur stehende, links blinkende Fahrzeug für antizipationsrelevant, bemerkten aber nicht, dass das vorausfahrende Fahrzeug nach rechts ausgeschert bzw. sich auf der Geradeaus-/Rechtsabbiegespur eingeordnet hat; bei 6 Personen galt der umgekehrte Fall. Lediglich 15 Teilnehmer beachteten keines der beiden Merkmale.

Während 39 Probanden beide Aspekte des zukünftigen Situationsverlaufs richtig vorhersagten, waren weitere 25 Teilnehmer zumindest in der Lage einen Teil korrekt zu antizipieren: 15 Probanden gingen nur davon aus, dass das Fahrzeug auf der linken Abbiegespur auch in den nächsten Sekunden noch stehen wird (und erst nach dem Passieren des Gegenverkehrs links abbiegt); die anderen 10 Probanden prognostizierten bloß, dass das unmittelbare Vorderfahrzeug auf der rechten Fahrspur ungehindert weiterfahren wird. Allerdings hat auch in dieser Situation mit 18 Personen etwa ein Fünftel der Teilnehmer gar nicht bzw. fehlerhaft antizipiert.

Die beschriebenen Leistungen in Situation 3 werden in Abbildung 9-3 noch einmal im Zusammenhang präsentiert.





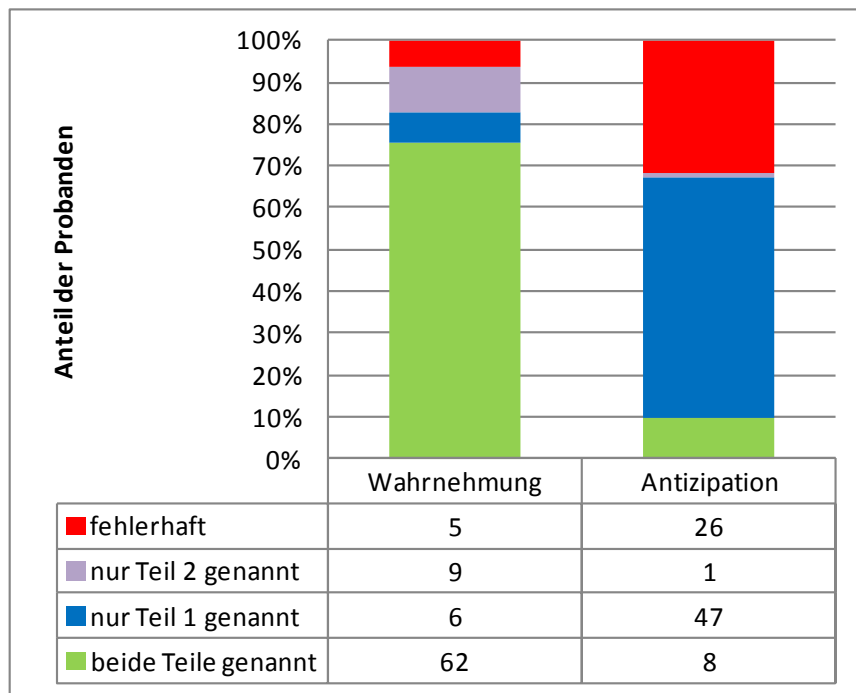
**Abbildung 9-3** Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen der Probanden in Situation 3

Während in den vorangegangenen drei Situationen die Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen jeweils recht nah beieinanderlagen, gab es in **Situation 4** größere Unterschiede zwischen den zwei Kriterien.

Die Wahrnehmung der antizipationsrelevanten Merkmale „stehendes Vorderfahrzeug“ sowie des Radfahrers, der entlang der Leitlinie links neben dem Vorderfahrzeug fuhr gelang 62 Teilnehmern – also etwa drei Viertel der Stichprobe. Von den verbliebenen 20 Personen haben 6 nur das Vorderfahrzeug erwähnt, 9 nur den Radfahrer und bloß 5 Probanden keinen von beiden.

Demgegenüber waren lediglich 8 Personen zu einer vollständigen Antizipation in der Lage, d.h. sie bemerkten sowohl, dass der Radfahrer das stehende Vorderfahrzeug überholen wird als auch, dass er es vermutlich bei der späteren Weiterfahrt (nach dem Umschalten der Ampel auf Grün) behindern wird. Gut die Hälfte der Probanden (47 von 82) erkannten nur ersteres; Einer der Teilnehmer ging zwar von einer Behinderung des Vorderfahrzeugs durch den Radfahrer aus, brachte dies aber nicht mit dessen Einscheren in Zusammenhang. Das restliche Drittel (26 von 82 Probanden) antizipierte weder das eine, noch das andere.

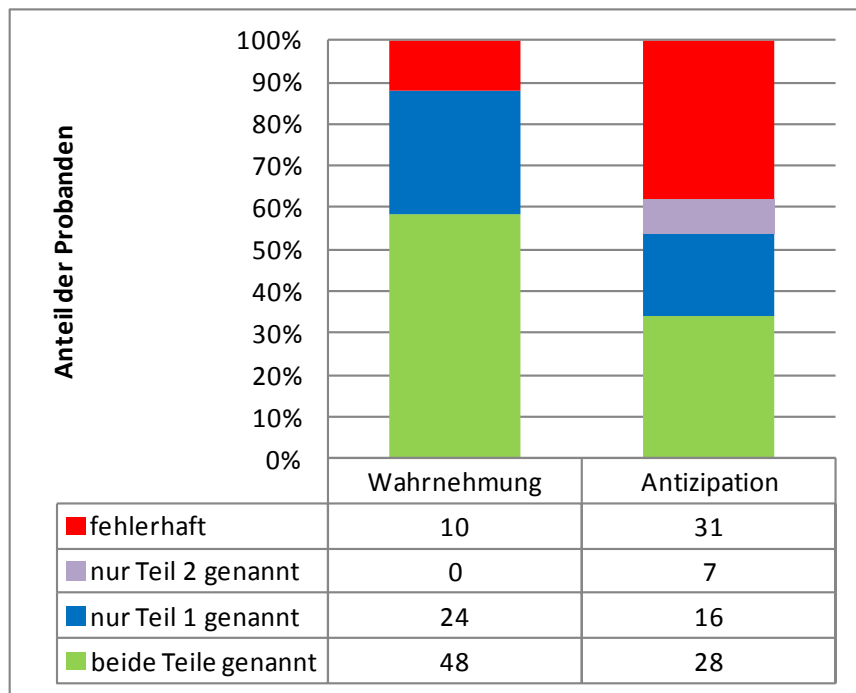
Eine Übersicht dieser Befunde kann Abbildung 9-4 entnommen werden.



**Abbildung 9-4** Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen der Probanden in Situation 4

Auch in **Situation 5** lassen sich bessere Wahrnehmungs- als Antizipationsleistungen beobachten. Mit 48 Personen haben mehr als die Hälfte der Teilnehmer bemerkt, dass vor ihnen ein Auto auf der Fahrbahn steht, an dessen geöffneter Beifahrertür sich eine Person befindet. Weitere 24 Personen haben zumindest das stehende Vorderfahrzeug wahrgenommen und nur 10 Probanden ist nichts davon aufgefallen.

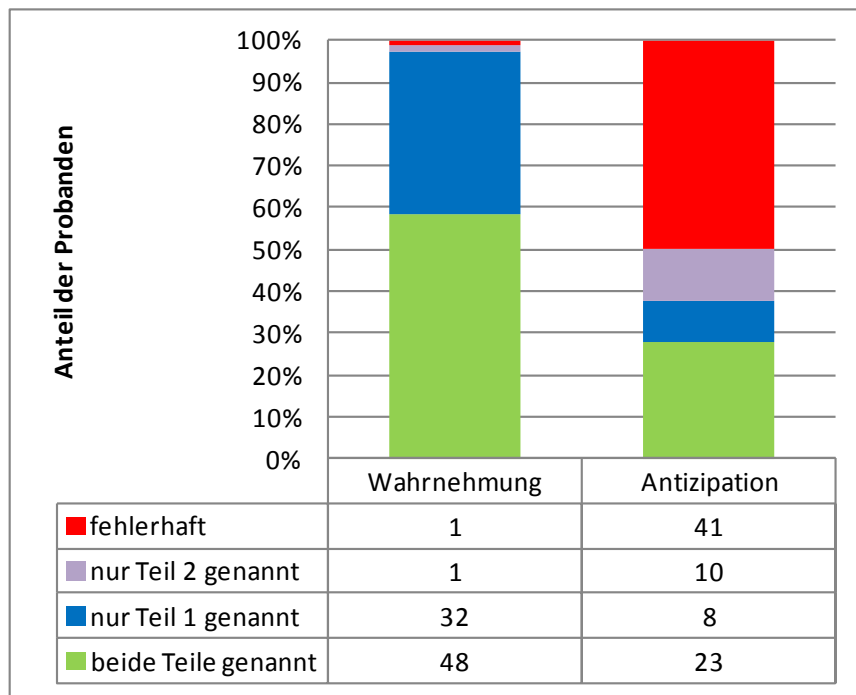
Hingegen haben bloß 28 Teilnehmer antizipiert, dass das Vorderfahrzeug zwar in den nächsten Sekunden noch immer stehen wird, aber nach dem Ein-/Aussteigen des Beifahrers wieder anfahren wird. 16 Probanden gingen davon aus, dass das Vorderfahrzeug über einen längeren Zeitraum stehen bleiben wird und 7 Personen spekulierten darauf, dass der Beifahrer augenblicklich aus-/zusteigen und das Auto sofort (d.h. noch bevor das Egofahrzeug es erreicht) wieder anfahren wird. Immerhin 31 der 82 Probanden konnten keine der beiden Vorhersagen treffen (vgl. Abbildung 9-5).



**Abbildung 9-5** Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen der Probanden in Situation 5

Bei **Situation 6** war die Wahrnehmung der antizipationsrelevanten Merkmale offenbar ebenfalls leichter als die eigentliche Antizipation. Genauso wie in Situation 5 haben 48 Personen (also mehr als die Hälfte der Teilnehmer) beide Stimuli genannt: das entgegenkommende Fahrzeug und die sehr schmale Fahrbahn, die nicht genug Platz bietet für zwei aneinander vorbeifahrende Fahrzeuge. Weitere 32 Probanden nannten lediglich das entgegenkommende Fahrzeug und einem Teilnehmer fiel nur die schmale Straße auf. Bloß ein einziger Proband erwähnte weder das eine, noch das andere.

Demgegenüber gelang eine umfassende Vorhersage der künftigen Situationsentwicklung nur 23 Probanden, während 41 Personen stattdessen eine fehlerhafte (oder überhaupt keine) Antizipation formulierten. Acht weitere Teilnehmer erkannten zumindest, dass das entgegenkommende Fahrzeug nicht ausweichen wird und immerhin 10 Probanden vermuteten zu Recht, dass der andere Verkehrsteilnehmer darauf vertraut, dass das Egofahrzeug in die Haltebucht am rechten Fahrbahnrand ausweichen wird. Eine graphische Übersicht dieser Ergebnisse ist in Abbildung 9-6 zu sehen.



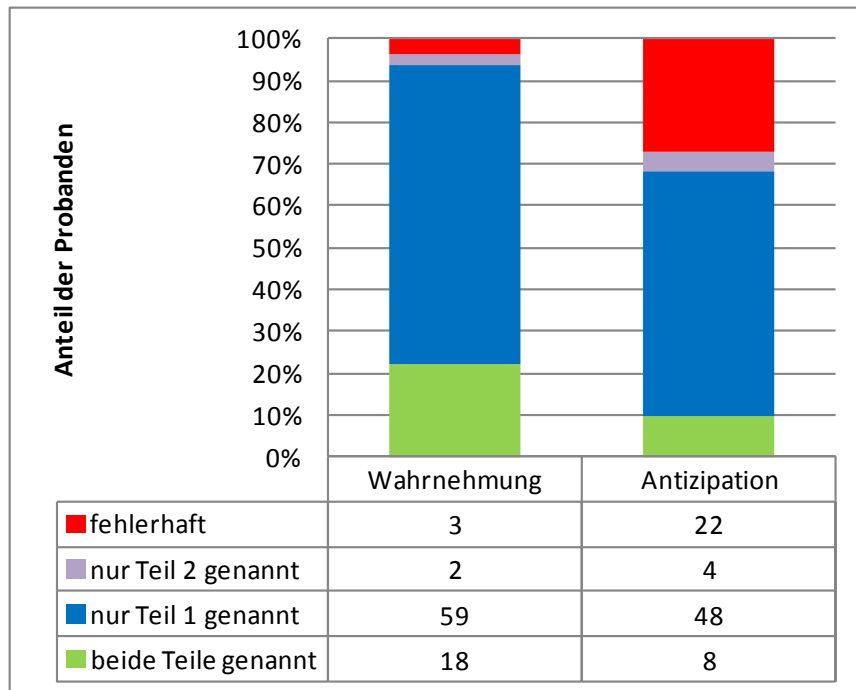
**Abbildung 9-6** Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen der Probanden in Situation 6

Sehr interessant ist die Verteilung der Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen bei **Situation 7** (vgl. Abbildung 9-7), in der der Fahrer des Egofahrzeugs links abbiegen will. Hier wurde zwar i.d.R. das entgegenkommende Fahrzeug bemerkt – und auch dessen zukünftiges Verhalten vorhergesagt – aber der ebenfalls vorfahrtsberechtigte Fußgänger auf dem linken Gehsteig wurde von den meisten Teilnehmern übersehen.

Nur etwa einem Viertel der Probanden ist dieser Fußgänger aufgefallen: davon haben 18 Teilnehmer sowohl den Fußgänger als auch den Gegenverkehr bemerkt, 2 Personen haben sich hingegen ausschließlich auf den Fußgänger konzentriert. Von den restlichen 62 Probanden haben 59 nur das entgegenkommende, vorfahrtsberechtigte Fahrzeug erwähnt und 3 Personen ist keins der beiden Merkmale aufgefallen.

In Übereinstimmung mit der oft unzureichenden Wahrnehmung gelang es nur wenigen Probanden, den Fußgänger in ihre Antizipation des weiteren Situationsverlaufs einzu-beziehen. Nur 8 Personen wollten zu Recht mit dem Abbiegen warten, bis der Gegenverkehr am Egofahrzeug vorbeigefahren ist und auch der vorfahrtsberechtigte Fußgänger die Zielstraße überquert hat. Und weitere vier Personen hätten zwar auf den Fußgänger gewartet, aber nicht auf das entgegenkommende Fahrzeug. Demgegenüber steht eine Mehrheit von 48 Probanden, die lediglich die Kollision mit dem vorfahrtsberechtigten Gegenverkehr vermieden hätte, den ebenfalls vorfahrtsberechtigten Fußgänger aber ignorierte. Bedenklich ist, dass die restlichen 22 Personen – also mehr als ein Viertel der Teilnehmer – zum Ende der Videosequenz sogar eine „freie Fahrt“

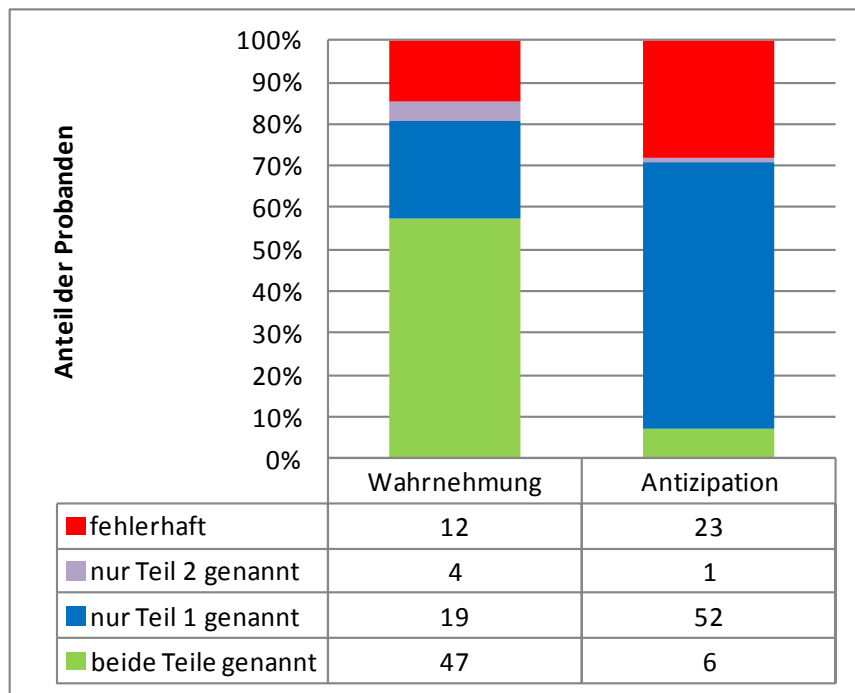
für den Fahrer des Egofahrzeugs antizipierten, d.h. sowohl Gegenverkehr als auch Fußgänger missachteten.



**Abbildung 9-7** Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen der Probanden in Situation 7

In **Situation 8** nahmen hingegen wieder mehr als die Hälfte der Probanden (47 Vpn) beide antizipationsrelevanten Merkmale wahr: Sie berichteten sowohl davon, dass das Vorderfahrzeug (nach vorherigem Rechts-Blinken) den Fahrtrichtungsanzeiger nach links betätigt hatte als auch, dass es auf der rechten Abbiegespur eingeordnet war. Einem knappen Viertel (19 Vpn) fiel immerhin ersteres auf und weitere vier Personen bemerkten bloß letzteres. Nur 12 Teilnehmer registrierten nichts davon.

Anhand der o.g. Hinweisreize gelang es mehr als 70% der Teilnehmer (58 Vpn) das bevorstehende Linksabbiegen des Vorderfahrzeugs zu antizipieren. Sechs davon erkannten zudem, dass es aufgrund des Einordnens auf der rechten Spur in einem großen Bogen fahren wird. Eine weitere Versuchsperson ging zwar ebenfalls davon aus, dass das Vorderfahrzeug wohl nicht rechts abbiegen und deshalb bei seiner Weiterfahrt mehr als üblich ausholen muss, spezifizierte aber nicht, wie es danach weiterfahren wird (links oder geradeaus). Die verbleibenden 23 Probanden gingen entweder irrtümlich davon aus, dass das Vorderfahrzeug rechts abbiegen bzw. geradeaus fahren wird, oder äußerten sich überhaupt nicht zum zukünftigen Verhalten des Vorderfahrzeugs. Eine Übersicht dieser Befunde kann Abbildung 9-8 entnommen werden.

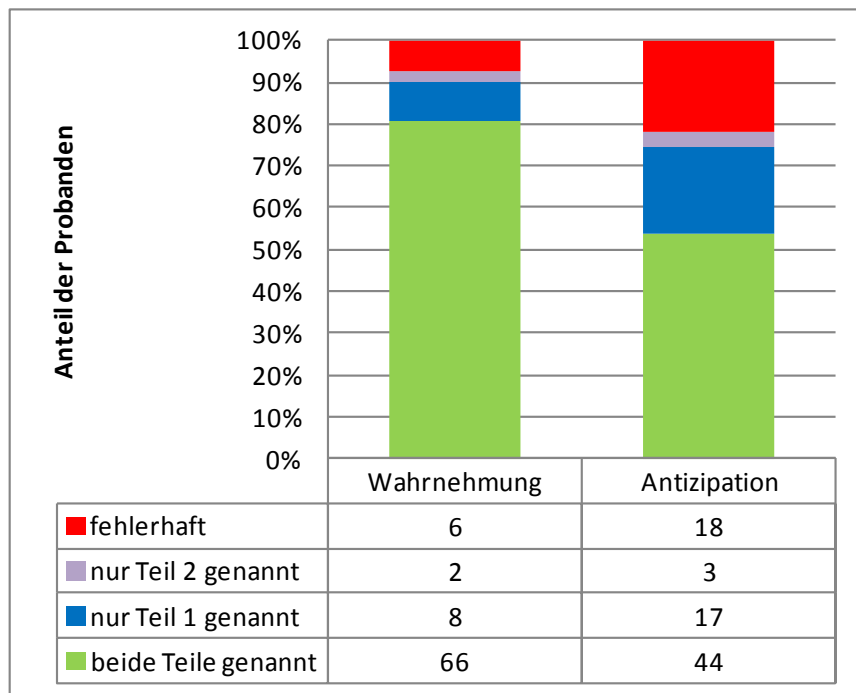


**Abbildung 9-8** Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen der Probanden in Situation 8

Die Vorhersage des weiteren Verlaufs von **Situation 9** war für die meisten Probanden kein Problem, was wohl auch mit der überwiegend sehr guten Wahrnehmungsleistung zusammenhängen dürfte. Mehr als 80% der Teilnehmer (66 Vpn) bemerkten sowohl den entgegenkommenden Radfahrer als auch die Tatsache, dass das ebenfalls entgegenkommende Auto (deswegen) ausschert (vgl. Abbildung 9-9).

Von den übrigen 16 Probanden erwähnten nur 6 keines der beiden Antizipationsmerkmale; 8 Personen nannten nur den entgegenkommenden Radfahrer und 2 Personen fiel bloß auf, dass das entgegenkommende Auto ausschert.

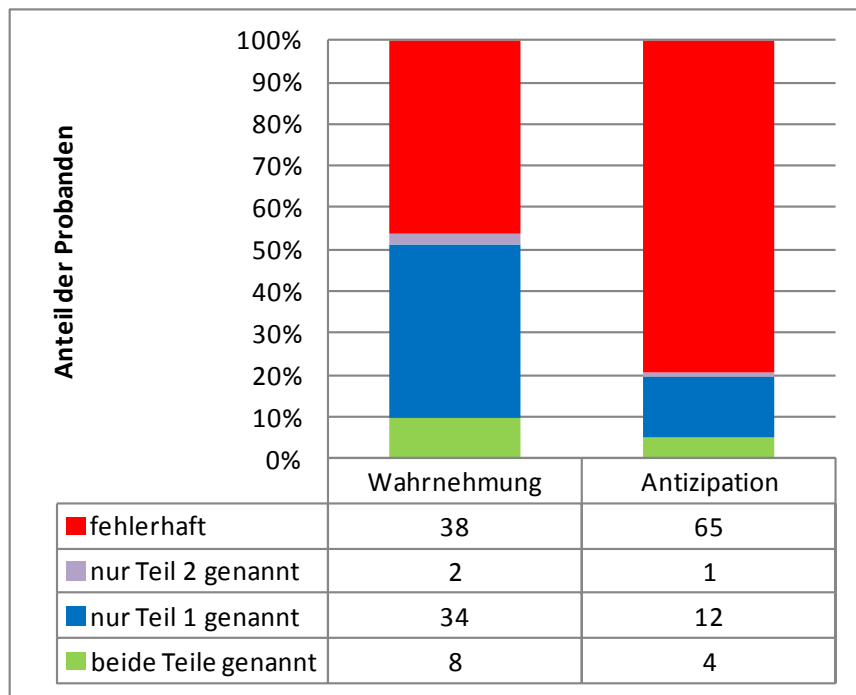
Schlechter, aber immer noch vergleichsweise gut, ist die Antizipationsleistung in dieser Situation: Mit 44 Personen erkannte mehr als die Hälfte der Teilnehmer, dass das entgegenkommende Fahrzeug den Radfahrer überholen wird (d.h. den begonnenen Überholvorgang nicht abbrechen wird) und dabei die Spur des Egofahrzeugs mitbenutzen wird. Weitere 17 Probanden waren zumindest von dem bevorstehenden Überholvorgang überzeugt; 3 Personen waren sich sicher, dass der Gegenverkehr weiterhin auf der Fahrspur des Egofahrzeugs fahren würde, äußerten sich aber nicht bezüglich des Überholmanövers. Die restlichen 18 Probanden nannten wiederum keine der beiden zutreffenden Antizipationen.



**Abbildung 9-9** Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen der Probanden in Situation 9

Bei **Situation 10** hatten außerordentlich viele Teilnehmer Schwierigkeiten: Abgesehen von Situation 2 waren hier die geringsten Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen zu verzeichnen. Mit 38 Versuchspersonen hat knapp die Hälfte der Teilnehmer weder das erste, noch das zweite Antizipationsmerkmal erwähnt. 34 Personen registrierten einzig und allein, dass das Vorderfahrzeug nach links fährt (und auch links blinkt), zwei Teilnehmer wunderten sich bloß über das starke Einlenken des Vorderfahrzeugs und nur 8 Probanden nannten beide Aspekte.

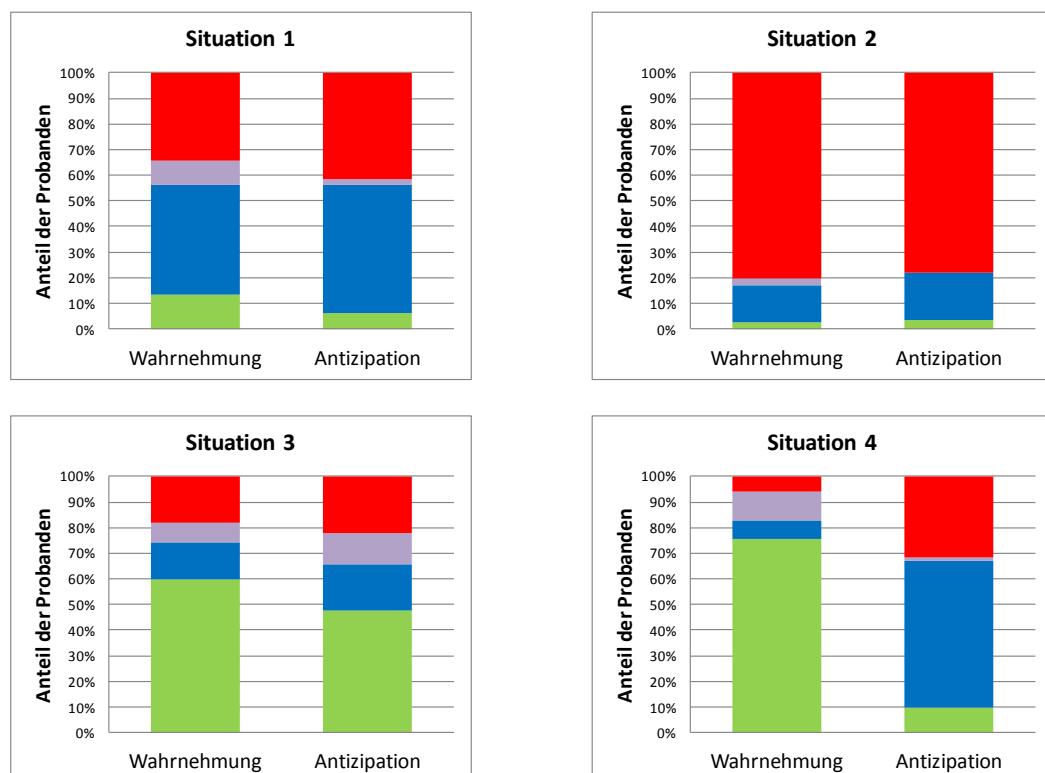
Die Antizipationsleistungen lagen allerdings noch deutlich unter den Wahrnehmungsleistungen: 65 Teilnehmer erkannten weder, dass das Vorderfahrzeug wenden wird, noch, dass es (aufgrund dieses Manövers) das Egofahrzeug wohl behindern wird. Von den verbliebenen 17 Probanden antizipierten bloß 4 Personen beides; Weitere 12 sahen zumindest das Wendemanöver vorher und ein Teilnehmer argwöhnte lediglich eine generelle Behinderung durch das sehr langsame Vorderfahrzeug, ging aber von einem normalen Linksabbiegen aus (vgl. Abbildung 9-10).



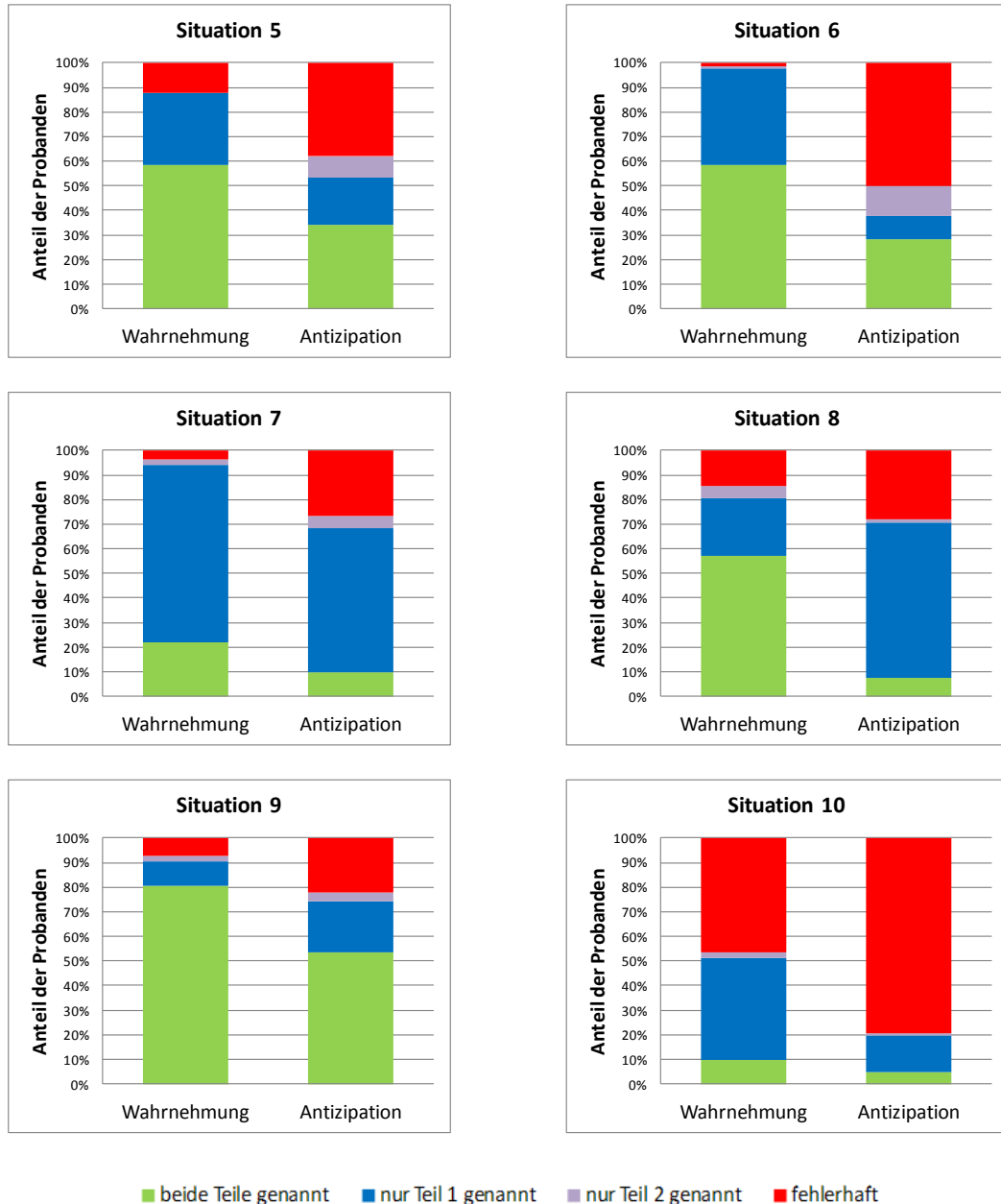
**Abbildung 9-10** Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen der Probanden in Situation 10

In Tabelle 9-6 sind die Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen der Probanden noch einmal für alle 10 Situationen in der Übersicht zu sehen.

**Tabelle 9-6** Übersicht der Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen der Probanden in den 10 Situationen







### 9.3.2 Interindividuelle Unterschiede bei Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen sowie deren Ursachen

Wie man an den vorangehend beschriebenen Ergebnissen sehen kann, gab es teils erhebliche Leistungsunterschiede zwischen den 10 gezeigten Situationen, d.h. Wahrnehmung und Antizipation fielen den Teilnehmern je nach Situation mal „leichter“ und mal „schwerer“. Allerdings gab es in jeder Situation zumindest zwei Probanden, die die vollen zwei Punkte erhielten, d.h. alle in der Musterlösung geforderten Aspekte genannt hatten. Auf der anderen Seite war aber auch in jeder Situation mindestens ein Teilnehmer dabei, der bezüglich Wahrnehmung oder Antizipation komplett versagte und somit gar keinen Punkt erzielte.

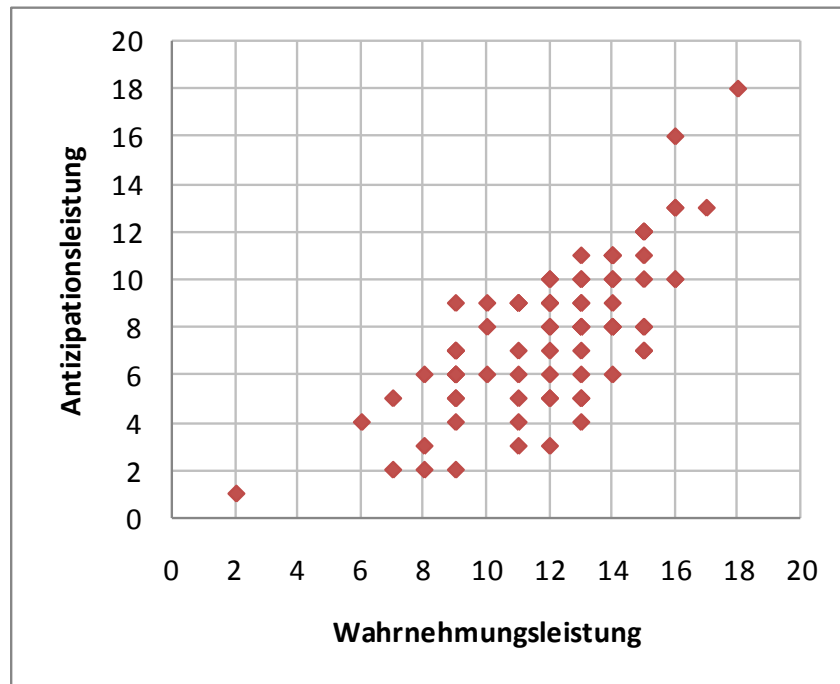
Um herauszufinden, ob es i.d.R. dieselben Personen sind, die bei Wahrnehmung sowie Antizipation besonders gut bzw. sehr schlecht abschnitten – ob es also Fahrer gibt, die situationsübergreifend hohe bzw. niedrige Leistungen vollbringen, oder ob diese Leistungsunterschiede situationsabhängig sind – wurde für jeden Probanden ein Gesamtscore für Wahrnehmung sowie für Antizipation errechnet (vgl. Kapitel 7.2.6, S. 96 ff.).

Wie der Kolmogorov-Smirnoff-Test zeigte, kann man von einer Normalverteilung der resultierenden zwei abhängigen Variablen in der Stichprobe ausgehen. Bei „(bewusster) Wahrnehmung“ erzielten die Probanden im Mittel 12.13 von 20 Punkten ( $SD = 2.81$ ), bei Antizipation 7.88 von 20 Punkten ( $SD = 3.17$ ).

Außerdem korrelierten die Messgrößen „Wahrnehmung“ und „Antizipation“ hochsignifikant mit einem Pearson-Koeffizient von .74, wobei der Wert für „Wahrnehmung“ bei allen 82 Probanden mindestens genauso groß war wie der Wert für „Antizipation“, z.T. aber auch erheblich höher (vgl. Abbildung 9-11). Das heißt: trotz vergleichbarer (bewusster) Wahrnehmungsleistung antizipierten manche Probanden offenbar besser als andere.

Bei einem knappen Viertel der Teilnehmer (18 Vpn) betrug die Differenz zwischen Wahrnehmungs- und Antizipationsleistung maximal 2 Punkte. Beinahe 50% (40 Vpn) wiesen eine Abweichung von 3 bis 5 Punkten auf. Das übrige Viertel (24 Vpn) hatte mit 6 bis 9 Punkten Unterschied zwischen Wahrnehmung und Antizipation die größten Schwierigkeiten bei der Umsetzung des Gesehenen in eine zutreffende Vorhersage des weiteren Situationsverlaufs.

Wie in Abbildung 9-11 zu sehen ist, gab es des Weiteren sowohl bei der (bewussten) Wahrnehmungsleistung als auch bei Antizipationsleistung große interindividuelle Unterschiede. Der „schlechteste“ Proband erzielte bei bewusster Wahrnehmung 2 von 20 Punkten und bei Antizipation 1 von 20 Punkten. Der „beste“ Proband erreichte sowohl bei bewusster Wahrnehmung als auch bei Antizipation 18 von 20 Punkten.



**Abbildung 9-11** Zusammenhang zwischen Wahrnehmungsleistung und Antizipationsleistung (individuell erzielte Punkte von jeweils maximal 20 möglichen Punkten für Wahrnehmungsleistung und für Antizipationsleistung)

Eine mögliche Erklärung für diese interindividuellen Unterschiede könnten die Faktoren Geschlecht, Alter, Fahrpraxis, Feldunabhängigkeit und Interferenzneigung sein. Um dies zu überprüfen, wurden multiple lineare Regressionsanalysen mit den abhängigen Variablen Wahrnehmungsleistung bzw. Antizipationsleistung durchgeführt.

Testet man den Einfluss der o.g. Faktoren auf die (bewusste) **Wahrnehmungsleistung**, so wird bereits das gesättigte Regressionsmodell (das alle 5 unabhängigen Variablen enthält) hochsignifikant ( $F(5, 76) = 3.76, p < .01$ ). Der Anteil der aufgeklärten Varianz ist laut Cohen (1988) von einer mittleren Größe ( $R^2 = .20$ ; angepasstes  $R^2 = .15$ ).

Von den getesteten 5 Variablen haben aber lediglich 2 einen signifikanten Einfluss auf die bewusste Wahrnehmungsleistung: das Geschlecht (standardisierter Koeffizient = .270) und die Fahrpraxis (standardisierter Koeffizient = .232) (vgl. Tabelle 9-7).

**Tabelle 9-7** Koeffizienten, die in die Gleichung des gesättigten Regressionsmodells mit aufgenommen wurden (abhängige Variable: Wahrnehmungsleistung)

|                           | <b>B (unstandardisiert)</b> | <b>Standardfehler von B (unstandardisiert)</b> | <b>Beta (standardisiert)</b> | <b>t</b> | <b>p</b> |
|---------------------------|-----------------------------|--|------------------------------|----------|----------|
| <b>(Konstante)</b>        | 9.925                       | 2.470  | -                            | 4.018    | < .001   |
| <b>Interferenzneigung</b> | -.020                       | .023   | -.093                        | -.870    | .387     |
| <b>Geschlecht</b>         | 1.517                       | .811   | .270                         | 2.481    | .015     |
| <b>Alter</b>              | .011                        | .030   | .041                         | .363     | .718     |
| <b>Feldunabhängigkeit</b> | .082                        | .082   | .113                         | .995     | .323     |
| <b>Fahrpraxis</b>         | .799                        | .382   | .232                         | 2.093    | .040     |

Verwendet man die schrittweise Rückwärts-Methode, d.h. beginnt mit dem gesättigten Regressionsmodell und schließt dann jeweils diejenigen unabhängigen Variablen mit dem kleinsten partiellen Korrelationskoeffizienten aus, soweit der zugehörige Regressionskoeffizient nicht signifikant ist, dann bleiben Geschlecht und Fahrpraxis als einzige Einflussfaktoren übrig. Die Variablen Interferenzneigung, Alter und Feldunabhängigkeit werden hingegen aus der Regressionsgleichung ausgeschlossen.

Das reduzierte Regressionsmodell bleibt hochsignifikant ( $F(2, 79) = 8.44$ ,  $p < .01$ ), während sich die aufgeklärte Varianz gegenüber dem gesättigten Modell geringfügig verbessert ( $R^2 = .18$ ; angepasstes  $R^2 = .16$ ).

In Tabelle 9-8 sieht man die Koeffizienten der verbliebenen zwei Variablen.

**Tabelle 9-8** Koeffizienten, die in die Gleichung des reduzierten Regressionsmodells mit aufgenommen wurden (abhängige Variable: Wahrnehmungsleistung)

|                    | <b>B (unstandardisiert)</b> | <b>Standardfehler von B (unstandardisiert)</b> | <b>Beta (standardisiert)</b> | <b>t</b> | <b>p</b> |
|--------------------|-----------------------------|--|------------------------------|----------|----------|
| <b>(Konstante)</b> | 9.853                       | .730   | -                            | 13.501   | < .001   |
| <b>Geschlecht</b>  | 1.649                       | .591   | .294                         | 2.790    | .007     |
| <b>Fahrpraxis</b>  | .813                        | .362   | .236                         | 2.244    | .028     |

Da sowohl Geschlecht als auch Fahrpraxis kategorial erfasst wurden, kann auch auf etwaige Interaktionseffekte zwischen diesen beiden Variablen getestet werden. Zu diesem Zweck wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Geschlecht und Fahrpraxis als Faktoren und Wahrnehmungsleistung als abhängiger Variable gerechnet.

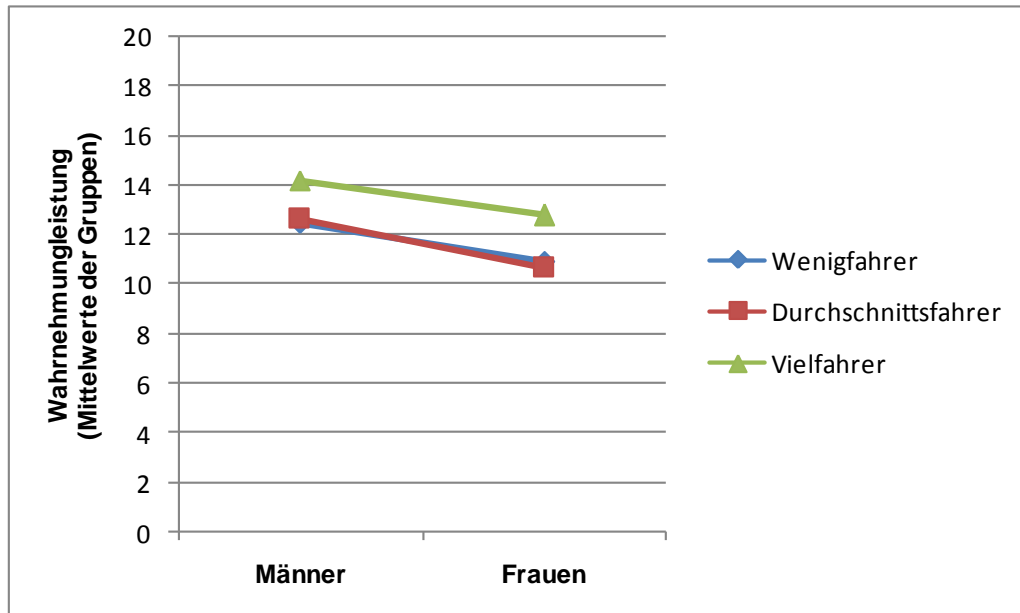
Das Modell wird hochsignifikant ( $F(5, 76) = 3.82, p < .01$ ), wobei die Effektstärke als mittel bis groß bezeichnet werden kann (partiell  $\eta^2 = .201$ ). Geschlecht hat einen hochsignifikanten, moderaten Einfluss auf die Wahrnehmungsleistung ( $F(1, 76) = 7.68, p < .01$ , partielles  $\eta^2 = .092$ ). Die Fahrpraxis hat ebenfalls einen signifikanten, moderaten Einfluss ( $F(2, 76) = 3.69, p = .03$ , partielles  $\eta^2 = .088$ ). Ein Interaktionseffekt lässt sich hingegen nicht feststellen ( $F(2, 76) = 0.08, p = .93$ , partielles  $\eta^2 = .002$ ).

Wie aus Tabelle 9-9 sowie Abbildung 9-12 abzulesen ist, zeigten Männer im Mittel eine bessere Wahrnehmungsleistung als Frauen.

**Tabelle 9-9** Mittlere Wahrnehmungsleistung von Männern und Frauen in den drei getesteten Fahrpraxis-Gruppen

|                                  | <b>Wenigfahrer</b>                          | <b>Durchschnittsfahrer</b>                  | <b>Vielfahrer</b>                           | <b>Randhäufigkeit Geschlecht</b>            |
|----------------------------------|---|---|---|---|
| <b>Männer</b>                    | <b>M = 12.50</b><br>(SD = 1.58)<br>(N = 10) | <b>M = 12.69</b><br>(SD = 2.10)<br>(N = 13) | <b>M = 14.21</b><br>(SD = 2.16)<br>(N = 14) | <b>M = 13.22</b><br>(SD = 2.10)<br>(N = 37) |
| <b>Frauen</b>                    | <b>M = 10.95</b><br>(SD = 3.17)<br>(N = 22) | <b>M = 10.71</b><br>(SD = 2.76)<br>(N = 14) | <b>M = 12.78</b><br>(SD = 2.86)<br>(N = 9)  | <b>M = 11.24</b><br>(SD = 3.02)<br>(N = 45) |
| <b>Randhäufigkeit Fahrpraxis</b> | <b>M = 11.44</b><br>(SD = 2.84)<br>(N = 32) | <b>M = 11.67</b><br>(SD = 2.62)<br>(N = 27) | <b>M = 13.65</b><br>(SD = 2.50)<br>(N = 23) | <b>M = 12.13</b><br>(SD = 2.81)<br>(N = 82) |

Post-hoc durchgeführte t-Tests zeigen außerdem, dass sich Wenig- und Durchschnittsfahrer nur unerheblich unterscheiden ( $t(57) = -.32, p = .75$ ), während beide sich durch eine signifikant schlechtere Wahrnehmungsleistung im Vergleich zu Vielfahrern auszeichnen ( $t(53) = -3.00, p < .01$  für Wenig- vs. Vielfahrer;  $t(48) = -2.73, p < .01$  für Durchschnitts- vs. Vielfahrer).



**Abbildung 9-12** Liniendiagramm der mittleren Wahrnehmungsleistung von Männern und Frauen in den drei getesteten Fahrpraxis-Gruppen (bei einer maximalen Wahrnehmungsleistung von 20 Punkten)

Überprüft man nun den Einfluss der Faktoren Alter, Geschlecht, Fahrpraxis, Interferenzneigung und Feldunabhängigkeit auf die **Antizipationsleistung**, dann wird auch hier bereits das gesättigte Regressionsmodell (das alle 5 unabhängigen Variablen enthält) hochsignifikant ( $F(5, 76) = 3.45, p < .01$ ). Der Anteil der aufgeklärten Varianz ist moderat ( $R^2 = .19$ ; angepasstes  $R^2 = .13$ ).

Ebenso wie bei der Wahrnehmungsleistung haben von den getesteten 5 Variablen lediglich 2 einen signifikanten Einfluss auf die Antizipationsleistung: das Geschlecht (standardisierter Koeffizient = .240) und die Fahrpraxis (standardisierter Koeffizient = .257) (vgl. Tabelle 9-10).

**Tabelle 9-10** Koeffizienten, die in die Gleichung des gesättigten Regressionsmodells mit aufgenommen wurden (abhängige Variable: Antizipationsleistung)

|                           | <b>B (unstandardisiert)</b> | <b>Standardfehler von B (unstandardisiert)</b> | <b>Beta (standardisiert)</b> | <b>t</b> | <b>p</b> |
|---------------------------|-----------------------------|--|------------------------------|----------|----------|
| <b>(Konstante)</b>        | 3.099                       | 2.811  | -                            | 1.102    | .274     |
| <b>Interferenzneigung</b> | .010                        | .026   | .043                         | .396     | .693     |
| <b>Geschlecht</b>         | 1.523                       | .696   | .240                         | 2.189    | .032     |
| <b>Alter</b>              | -.015                       | .034   | -.049                        | -.436    | .664     |
| <b>Feldunabhängigkeit</b> | .141                        | .094   | .172                         | 1.506    | .136     |
| <b>Fahrpraxis</b>         | .997                        | .434   | .257                         | 2.297    | .024     |

Verwendet man die schrittweise Rückwärts-Methode, d.h. beginnt mit dem gesättigten Regressionsmodell und schließt dann jeweils diejenigen unabhängigen Variablen mit dem kleinsten partiellen Korrelationskoeffizienten aus, soweit der zugehörige Regressionskoeffizient nicht signifikant ist, dann bleiben Geschlecht, Fahrpraxis und Feldunabhängigkeit als Einflussfaktoren übrig. Die Variablen Interferenzneigung und Alter werden hingegen aus der Regressionsgleichung ausgeschlossen.

Das reduzierte Regressionsmodell bleibt hochsignifikant ( $F(3, 78) = 5.78, p < .01$ ), während sich die aufgeklärte Varianz gegenüber dem gesättigten Modell geringfügig verbessert ( $R^2 = .18$ ; angepasstes  $R^2 = .15$ ).

In Tabelle 9-11 sieht man die Koeffizienten der verbliebenen drei Variablen.

**Tabelle 9-11** Koeffizienten, die in die Gleichung des reduzierten Regressionsmodells mit aufgenommen wurden (abhängige Variable: Antizipationsleistung)

|                           | <b>B (unstandardisiert)</b> | <b>Standardfehler von B (unstandardisiert)</b> | <b>Beta (standardisiert)</b> | <b>t</b> | <b>p</b> |
|---------------------------|-----------------------------|--|------------------------------|----------|----------|
| <b>(Konstante)</b>        | 3.449                       | 1.478  | -                            | 2.334    | .022     |
| <b>Geschlecht</b>         | 1.517                       | .685   | .239                         | 2.214    | .030     |
| <b>Fahrpraxis</b>         | .936                        | .415   | .241                         | 2.255    | .027     |
| <b>Feldunabhängigkeit</b> | .146                        | .087   | .178                         | 1.689    | .095     |

Da sowohl Geschlecht als auch Fahrpraxis kategorial erfasst wurden, kann auch auf etwaige Interaktionseffekte zwischen diesen beiden Variablen getestet werden. Zu diesem Zweck wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Geschlecht und Fahrpraxis als Faktoren, Feldunabhängigkeit als Kovariate und Antizipationsleistung als abhängiger Variable gerechnet.

Das Modell wird hochsignifikant ( $F(6, 75) = 2.91, p = .01$ ), wobei die Effektstärke als mittel bis groß bezeichnet werden kann (partiell  $\eta^2 = .189$ ). Geschlecht hat einen signifikanten, kleinen Einfluss auf die Antizipationsleistung ( $F(1, 75) = 4.43, p = .04$ ; partiell  $\eta^2 = .056$ ). Die Fahrpraxis hat lediglich einen tendenziell signifikanten, kleinen bis moderaten Einfluss ( $F(2, 75) = 2.44, p = .09$ ; partiell  $\eta^2 = .061$ ) und die Feldunabhängigkeit einen tendenziell signifikanten, kleinen Einfluss ( $F(1, 75) = 3.02, p = .09$ ; partiell  $\eta^2 = .039$ ). Ein Interaktionseffekt zwischen Geschlecht und Fahrpraxis lässt sich nicht bestätigen ( $F(2, 76) = .21, p = .81$ ; partiell  $\eta^2 = .006$ ).

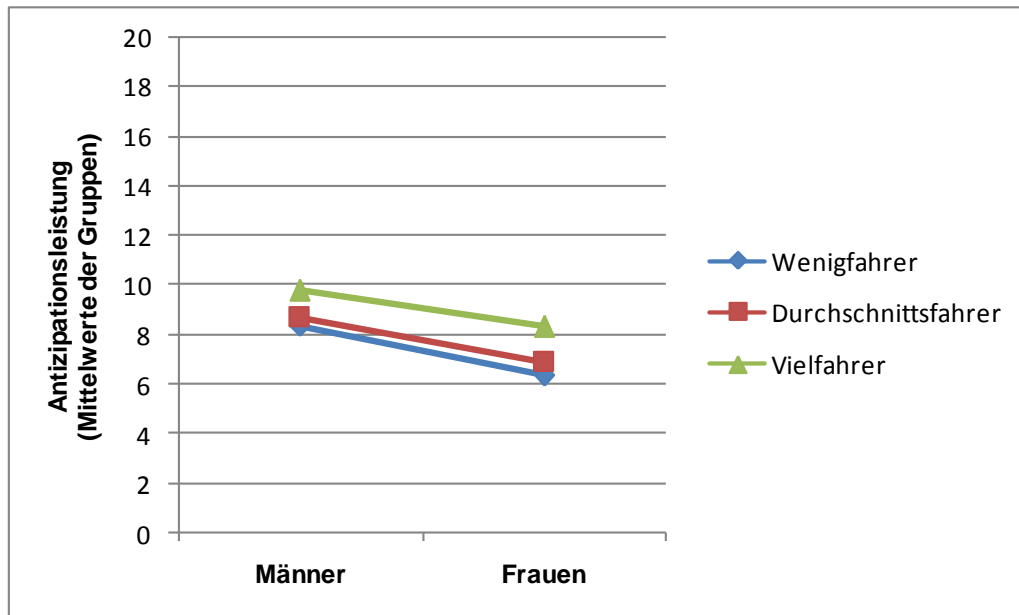
Wie aus Tabelle 9-12 sowie Abbildung 9-13 abzulesen ist, zeigten Männer im Mittel eine bessere Antizipationsleistung als Frauen.

**Tabelle 9-12** Mittlere Antizipationsleistung von Männern und Frauen in den drei getesteten Fahrpraxis-Gruppen

|                                  | Wenigfahrer   | Durchschnittsfahrer   | Vielfahrer  | Randhäufigkeit Geschlecht                                       |
|----------------------------------|---|---|---|---|
| <b>Männer</b>                    | <b><math>M = 8.40</math></b><br>( $SD = 2.76$ )<br>( $N = 10$ ) | <b><math>M = 8.69</math></b><br>( $SD = 2.72$ )<br>( $N = 13$ ) | <b><math>M = 9.79</math></b><br>( $SD = 3.17$ )<br>( $N = 14$ ) | <b><math>M = 9.03</math></b><br>( $SD = 2.89$ )<br>( $N = 37$ ) |
| <b>Frauen</b>                    | <b><math>M = 6.36</math></b><br>( $SD = 2.50$ )<br>( $N = 22$ ) | <b><math>M = 6.93</math></b><br>( $SD = 3.27$ )<br>( $N = 14$ ) | <b><math>M = 8.33</math></b><br>( $SD = 4.03$ )<br>( $N = 9$ )  | <b><math>M = 6.93</math></b><br>( $SD = 3.11$ )<br>( $N = 45$ ) |
| <b>Randhäufigkeit Fahrpraxis</b> | <b><math>M = 7.00</math></b><br>( $SD = 2.71$ )<br>( $N = 32$ ) | <b><math>M = 7.78</math></b><br>( $SD = 3.09$ )<br>( $N = 27$ ) | <b><math>M = 9.22</math></b><br>( $SD = 3.52$ )<br>( $N = 23$ ) | <b><math>M = 7.88</math></b><br>( $SD = 3.17$ )<br>( $N = 82$ ) |

Post-hoc durchgeführte t-Tests zeigen außerdem, dass sich Wenig- und Durchschnittsfahrer nur unerheblich unterscheiden ( $t(57) = -1.03, p = .31$ ). Auch gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen Durchschnitts- und Vielfahrern ( $t(48) = -1.54, p = .13$ ). Allerdings zeichnen sich Wenigfahrer durch eine hochsignifikant schlechtere Antizipationsleistung im Vergleich zu Vielfahrern aus ( $t(53) = -2.64, p = .01$ ).





**Abbildung 9-13** Liniendiagramm der mittleren Antizipationsleistung von Männern und Frauen in den drei getesteten Fahrpraxis-Gruppen (bei einer maximalen Antizipationsleistung von 20 Punkten)

## 9.4 Diskussion

Wie sich bereits in Untersuchung I angedeutet hat (vgl. Kapitel 7, S. 89 ff.), gab es auch in der vorliegenden Studie sehr große situative Unterschiede bei den Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen der Fahrer. Besonders auffällig waren in beiden Experimenten die Antworten zu den Situationen 2 und 7.

Bei Situation 2 wurde oftmals das rangierende Fahrzeug auf der rechten Nebenspur übersehen und dementsprechend auch dessen zukünftiges Verhalten i.d.R. nicht antizipiert. Die Ursache dafür könnte in der relativ großen Entfernung zum Egofahrzeug und der damit verbundenen geringeren Auffälligkeit des Merkmals liegen.

Ähnlich verhält es sich vermutlich mit dem Fußgänger bei Situation 7, der trotz „Vorfahrtsrecht“ von vielen Probanden nicht beachtet wurde, während sie nach einer passenden Gelegenheit zum Linksabbiegen suchten. Er befand sich zwar lediglich auf der anderen Straßenseite (und war somit deutlich näher als das rangierende Fahrzeug in Situation 2); Allerdings war er vergleichsweise unscheinbar und deshalb ggf. ebenfalls schwer wahrzunehmen. Dazu mag noch kommen, dass er die eigentliche Fahrbahn bislang nicht betreten hatte, sondern nach wie vor auf dem Bürgersteig unterwegs war – einem Bereich, in dem die Fahrer laut Untersuchung II weniger antizipationsrelevante Merkmale als auf der Straße vermuten (vgl. Kapitel 8, S. 111 ff.).

Während sich die o.g. Schwierigkeiten in beiden Studien gleichermaßen wiederfinden, zeigen sich dennoch in Untersuchung III im Allgemeinen geringere Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen als in Untersuchung I. Augenfällig ist dies v.a. in ...

- Situation 2 (durch Betätigung des Fahrtrichtungsanzeigers angekündigter Spurwechsel des Fahrzeugs auf der rechten Nachbarspur)
- Situation 5 (aus- bzw. zustiegender Beifahrer am Vorderfahrzeug)
- Situation 8 (Linksabbiegen des falsch eingeordneten Vorderfahrzeugs)
- Situation 10 (Wendemanöver des Vorderfahrzeugs statt einfachem Abbiegen).

All diese Situationen haben miteinander gemeinsam, dass die jeweils antizipationsrelevanten Merkmale erst gegen Ende der Videosequenz (gut) zu sehen sind. In Untersuchung I wurde jedes Video nach dem Abspielen vom Versuchsleiter manuell geschlossen. Dies dauerte zwar i.d.R. weniger als eine Sekunde lang, aber in der Zwischenzeit blieb das letzte Bild des zuvor betrachteten Videos für die Versuchsperson sichtbar. In Untersuchung III hingegen ermöglichte die nun verwendete Software ein unmittelbares, automatisches Schließen nach Beendigung der Videosequenz. Es könnte sein, dass dieser – wenn auch sehr kurze – Zeitunterschied den Probanden in Untersuchung I den Vorteil verschaffte, die Situation sowie die darin enthaltenen Merkmale eingehender zu inspizieren als dies den Teilnehmern in Untersuchung III möglich war.

Doch trotz dieser „verschärften Bedingungen“ gab es in Untersuchung III bei jeder der 10 Situationen mindestens zwei Personen mit vollständiger Wahrnehmungs- bzw. Antizipationsleistung. Auf der anderen Seite war aber auch jedes Mal zumindest eine Person dabei, die keines der relevanten Merkmale nennen konnte bzw. zu keiner korrekten Vorhersage der Situationsentwicklung imstande war.

Diese großen interindividuellen Leistungsunterschiede beschränkten sich nicht nur auf die jeweiligen Einzelsituationen: Auch über alle Situationen hinweg gab es offenbar eine sehr breite Spanne bezüglich der Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen der Fahrer, welche beinahe das gesamte Spektrum abdeckt.

Interessanterweise gingen dabei Wahrnehmung und Antizipation nicht zwangsläufig Hand in Hand: Während erstere bei allen Probanden besser war als letztere, gab es durchaus einige Personen mit erheblich geringerer Antizipations- als Wahrnehmungsleistung. Dies bestätigt die bereits in Kapitel 2 (S. 6 ff.) formulierte Annahme, dass die Wahrnehmung der relevanten Merkmale eine zwar notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung für eine korrekte Antizipation darstellt.

Von den unabhängigen Variablen Geschlecht, Alter, Fahrpraxis, Feldunabhängigkeit und Interferenzneigungen haben sich vor allem das Geschlecht und die Fahrpraxis als

mögliche Ursachen für die aufgetretenen Leistungsunterschiede zwischen den Probanden erwiesen. Sowohl bei der Wahrnehmung als auch bei der Antizipation erbrachten Männer im Allgemeinen höhere Leistungen als Frauen und Vielfahrer schnitten besser ab als Wenigfahrer und – im Falle der Wahrnehmung – Durchschnittsfahrer. Bei der Antizipationsleistung zeigte sich zudem, dass die Probanden tendenziell umso besser waren, je höher ihr Feldunabhängigkeits-Wert lag.

Dennoch sollten die in Untersuchung III nicht signifikanten Variablen „Alter“ und „Interferenzneigung“ allein aufgrund dieser Ergebnisse noch nicht verworfen werden. Schließlich wurden Wahrnehmungs- und Antizipationsleistung nur für denjenigen Moment erfasst, der zeitlich unmittelbar vor der Reaktion des Fahrers im Egofahrzeug bzw. vor einer deutlich sichtbaren Verhaltensänderung eines relevanten Verkehrsteilnehmers lag (vgl. Kapitel 7.2.2, S. 90 ff.). Die weiter oben beschriebenen Unterschiede zwischen Untersuchung I und III weisen aber darauf hin, dass der Faktor „Zeit“ eine nicht unwesentliche Rolle bei den erbrachten Leistungen der Probanden spielen dürfte.

Es könnte also durchaus sein, dass eine noch viel feinere Differenzierung der Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen möglich ist, als dies bislang erfolgte: Möglicherweise haben manche Probanden schon einige Sekunden vor dem Ende der jeweiligen Filmsequenzen die relevanten Situationsmerkmale wahrgenommen und wären bereits zu diesem (früheren) Zeitpunkt zu einer umfassenden Antizipation im Stande gewesen – hatten aber keine Gelegenheit dies zu demonstrieren. Die in diesem Fall für den Leistungsunterschied ausschlaggebenden Faktoren könnten durchaus auch die in der vorliegenden Untersuchung insignifikanten Variablen „Alter“ und „Interferenzneigung“ sein.

Dieser Fragestellung wurde in zwei weiteren Untersuchungen nachgegangen, welche im nachfolgenden Kapitel (S. 164 ff.) beschrieben werden. Außerdem wurden die bisher nicht behandelten Aspekte „Entscheidung“ und „Handlung“ als zusätzliche Messgrößen aufgenommen und mit der Wahrnehmungs- und Antizipationsleistung in Zusammenhang gebracht.

## 10 UNTERSUCHUNGEN IV UND V MIT VIDEOS EINER SIMULIERTEN FAHRT BZW. FAHRSIMULATION

### 10.1 Fragestellung

Ziel dieser beiden Experimente war es, die Variablen Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Handlungsleistung im zeitlichen Verlauf zu messen, so dass sich situationsspezifische Aussagen hinsichtlich Zeitpunkt und Dauer der jeweiligen Informationsverarbeitungsstufen treffen lassen. Außerdem sollte das situationsübergreifende Ausmaß interindividueller Unterschiede – insbesondere auch im Hinblick auf die Handlung, d.h. das vorausschauende Fahren – ermittelt werden sowie den Einfluss der bereits im vorhergehenden Versuch (siehe Kapitel 9, S. 132 ff.) betrachteten Faktoren Geschlecht, Alter, Fahrpraxis, Feldunabhängigkeit und Interferenzneigung auf die o.g. Variablen abgeschätzt werden.

### 10.2 Methode

#### 10.2.1 Versuchspersonen

An **Untersuchung IV** (einem Versuch mit Videos einer simulierten Fahrt) nahmen 36 Probanden teil, die zwischen 23 und 65 Jahre alt waren (Durchschnitt = 37.06, SD = 2.31). Bei der Auswahl der Probanden wurde eine Parallelisierung hinsichtlich Geschlecht, Fahrpraxis und Alter vorgenommen (vgl. Tabelle 10-1).

**Tabelle 10-1** Stichprobe von Untersuchung IV (mit Videos einer simulierten Fahrt)

| <b>Fahrpraxis</b><br><b>Geschlecht</b> | <b>Wenigfahrer</b><br><b>(unter 10.000 km/J)</b> | <b>Durchschnittsfahrer</b><br><b>(10.000-20.000 km/J)</b> | <b>Vielfahrer</b><br><b>(über 20.000 km/J)</b> |
|--|--|---|--|
| <b>Männlich</b>                        | 3 Pbn 23-35 J.                                   | 3 Pbn 23-35 J.  | 3 Pbn 23-35 J.                                 |
|  | 3 Pbn 36-65 J.                                   | 3 Pbn 36-65 J.  | 3 Pbn 36-65 J.                                 |
| <b>Weiblich</b>                        | 3 Pbn 23-35 J.                                   | 3 Pbn 23-35 J.  | 3 Pbn 23-35 J.                                 |
|  | 3 Pbn 36-65 J.                                   | 3 Pbn 36-65 J.  | 3 Pbn 36-65 J.                                 |

Abweichend von Untersuchung III wurde in den Untersuchungen IV und V die Schwelle zwischen Wenig- und Durchschnittsfahrer auf 10.000 km/J festgelegt und keine Personen unter 23 J. getestet. Bei Untersuchung V geschah dies auf Wunsch des an der

Untersuchung beteiligten Lehrstuhls für Ergonomie der TU München. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden diese Kriterien auch für Untersuchung IV übernommen.

Die Lebensfahrleistung der Probanden war vergleichbar breit gestreut wie ihre gegenwärtige Fahrpraxis: 11 Pbn hatten zum Versuchszeitpunkt maximal 100.000 km zurückgelegt, 16 Pbn 100.000 bis 500.000 km und 9 Pbn über 500.000 km. Stadtfahrten unternahmen 19 Teilnehmer beinahe täglich und 10 Probanden mindestens einmal wöchentlich. Auf der Landstraße waren 15 Teilnehmer beinahe täglich und 13 Teilnehmer mindestens einmal pro Woche unterwegs. Lediglich Autobahnen wurden etwas seltener genutzt: sie wurden von lediglich 7 Personen beinahe täglich befahren und von immerhin 16 Teilnehmern noch mindestens einmal pro Woche.

Keiner der Probanden litt unter Farbfeldsichtigkeit; Eine ggf. vorhandene Sehschwäche wurde durch Tragen von Brille/Kontaktlinsen korrigiert, so dass von einer hundertprozentigen Sehschärfe ausgegangen werden kann. Des Weiteren waren alle Teilnehmer seit mindestens 5 Jahren im Besitz einer Kfz-Fahrerlaubnis, die i.d.R. im Alter von 18 Jahren erworben wurde (nur bei 3 Pbn war dies erst in den 20ern der Fall). Zusätzlich hatten jeweils 3 Personen einen Taxischein bzw. Lkw-Führerschein und 10 Personen einem Motorradführerschein. Die berufliche Tätigkeit der Teilnehmer war breit gefächert, wobei Studenten unterschiedlicher Fachrichtung mit 15 Personen vertreten sind.

**Untersuchung V** fand im Fahrsimulator statt. Es wurden 42 Probanden getestet, wovon jedoch 12 das Experiment aufgrund von Simulatorkrankheit nicht beenden konnten. Von den verbliebenen 30 Probanden besaßen 11 Personen Vorerfahrungen mit Fahrsimulationen; 8 davon kannten den aktuell verwendeten Simulator von vorangegangenen Versuchsteilnahmen.

Die Stichprobe bestand aus 18 Männern und 12 Frauen. Ihr Alter lag zwischen 23 und 64 Jahren ( $M = 35.70$ ;  $SD = 13.11$ ). In Tabelle 10-2 ist die Verteilung der Stichprobe im Hinblick auf Geschlecht, Fahrpraxis und Alter zu sehen.

**Tabelle 10-2** Stichprobe von Untersuchung V (Fahrsimulatorversuch)

| Fahrpraxis<br>Geschlecht | Wenigfahrer<br>(unter 10.000 km/J) | Durchschnittsfahrer<br>(10.000-20.000 km/J) | Vielfahrer<br>(über 20.000 km/J) |
|--------------------------|------------------------------------|---|----------------------------------|
|                          |                                    |   |                                  |
| <b>Männlich</b>          | 3 Pbn 23-35 J.                     | 4 Pbn 23-35 J.                              | 3 Pbn 23-35 J.                   |
|                          | 2 Pbn 36-65 J.                     | 3 Pbn 36-65 J.                              | 3 Pbn 36-65 J.                   |
| <b>Weiblich</b>          | 1 Pbn 23-35 J.                     | 5 Pbn 23-35 J.                              | 2 Pbn 23-35 J.                   |
|                          | 1 Pbn 36-65 J.                     | 3 Pbn 36-65 J.                              | 0 Pbn 36-65 J.                   |

Abgesehen von der unvollständigen Parallelisierung war die Stichprobe in Untersuchung V jedoch derjenigen in Untersuchung IV sehr ähnlich. Die Lebensfahrlleistung belief sich bei 10 der 30 Probanden auf maximal 100.000 km, bei 15 Probanden auf 100.000 bis 500.000 km und bei 5 Probanden auf mehr als 500.000 km. Innerstädtische Fahrten unternahmen 17 Personen beinahe täglich, 7 mindestens einmal pro Woche. Ähnlich sieht es bei Landstraßen aus, die von 15 Personen fast jeden Tag und von 8 zumindest einmal wöchentlich genutzt wurden. Auf der Autobahn waren schließlich 10 Teilnehmer beinahe täglich und 8 mindestens einmal pro Woche unterwegs.

Auch im Probandenkollektiv von Untersuchung V war niemand von Farbfehlsichtigkeit betroffen und sofern es für das Fahren im Straßenverkehr erforderlich war wurde eine Sehhilfe getragen. Ebenso hatten die Teilnehmer seit mindestens 5 Jahren einen Kfz-Führerschein; Die meisten davon haben diesen im Alter von 18 Jahren erworben (lediglich 4 Probanden bestanden die Führerscheinprüfung erst mit 19 bis 22 Jahren). Ein zusätzlicher Motorrad-Führerschein war bei 11 Teilnehmern vorhanden und 2 Teilnehmer besaßen außerdem eine Fahrberechtigung für Lastkraftwagen. Der Anteil an Studenten war mit 8 von 30 Probanden etwas geringer als in Untersuchung IV; die beruflichen Hintergründe der übrigen Probanden waren vergleichbar vielfältig.

### 10.2.2 Versuchsmaterial

In Übereinstimmung mit den in Kapitel 3.4 (S. 24 ff.) genannten Anforderungen an das Versuchsdesign wurde Wert darauf gelegt, dass sich die in den Versuchen dargebotenen antizipationsrelevanten Merkmale ausnahmslos entweder auf der Straße selbst oder zumindest in unmittelbarer räumlicher Nähe zum Fahrbandrand befinden. Außerdem sollten in allen Szenen gute Sichtbedingungen herrschen, weshalb auf gute Wetterverhältnisse (kein Nebel, Regen etc.) sowie Tageslicht-Helligkeit geachtet wurde.

Die Grundlagen für die Auswahl geeigneter Szenen bildeten einerseits die in Kapitel 4.7 (S. 45 ff.) geforderten Aspekte:


- Die Situationen müssen allesamt eine Verhaltensanpassung erforderlich machen (d.h. es sollten keine unkritischen Stimuli präsentiert werden) und
- es darf für den Fahrer nur eine einzige Handlungsmöglichkeit geben – und zwar eine Reduktion der Fahrgeschwindigkeit.

Zum anderen wurde auf die Befunde aus den Untersuchungen I und II zurückgegriffen (siehe Kapitel 7, S. 89 ff., und 8, S. 111 ff.), in denen situationsspezifische Antizipationsleistungen erfasst sowie antizipationsrelevante Merkmale erhoben, klassifiziert und bewertet wurden.

Aufgrund der in Untersuchung I deutlich gewordenen Antizipationsschwierigkeiten in der Situation „Vorderfahrzeug zwischen Fahrer und relevantem Merkmal ‚einparkendes Fahrzeug‘ bzw. ‚Radfahrer‘“ wurde eine solche Konstellation abermals in den Situationskatalog aufgenommen. Durch eine Mitberücksichtigung dynamischer Antizipationsmerkmale (= andere Verkehrsteilnehmer) wurde außerdem der Tatsache Rechnung getragen, dass die Probanden in Untersuchung I wiederholt Vermutungen über die Intentionen und Antizipationen anderer Fahrer aufstellten und dabei auch den bisherigen zeitlichen Verlauf der Fahrszene beachteten.

Letztlich wurden für die Untersuchungen IV und V insgesamt 13 Verkehrssituationen ausgewählt, die sich teils in der Stadt, teils auf der Landstraße und teils auf der Autobahn abspielen. In allen Situationen stellen die antizipationsrelevanten Merkmale zugleich Gründe für eine Geschwindigkeitsreduktion des Fahrers dar. In Tabelle 10-3 findet sich eine kurze Beschreibung dieser Situationen mit jeweils einem Standbild zur Veranschaulichung.

**Tabelle 10-3** Beschreibung der in den Untersuchungen IV und V verwendeten Situationen

| Situations-<br>Nummer | Situationsbeschreibung (mit Antizipation)   |
|-----------------------|---|
| 1                     | <p>In dieser Situation auf der Landstraße gilt aktuell ein Tempolimit von 70 km/h. Ab einer Entfernung von 335 m ist ein weiteres Geschwindigkeitsbegrenzungsschild (50 km/h erlaubte Höchstgeschwindigkeit) zu sehen.</p>  |

**Abbildung 10-1** Standbild aus Situation Nr. 1

| Situations-<br>Nummer | Situationsbeschreibung (mit Antizipation)   |
|-----------------------|---|
| 2                     | <p>Hier befindet sich der Fahrer auf einer Landstraße mit erlaubter Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h. Er nähert sich einem Ortsschild, das ab einer Entfernung von 611 Metern zu erkennen ist.</p>  <p><b>Abbildung 10-2</b> Standbild aus Situation Nr. 2</p>  |
| 3                     | <p>In dieser Situation befindet sich der Fahrer auf einer Autobahn mit aktuell erlaubter Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h. Es ist jedoch ab einer Entfernung von 300 m eine weitere Geschwindigkeitsbegrenzung auf 100 km/h zu sehen.</p>  <p><b>Abbildung 10-3</b> Standbild aus Situation Nr. 3</p> |



| Situations-<br>Nummer | Situationsbeschreibung (mit Antizipation)  |
|-----------------------|--|
| 4                     | <p>In dieser Situation ist ab 430 m Entfernung eine Baustelle auf der Landstraße zu sehen, die die Spur des Fahrers blockiert. Der stetig fließende Gegenverkehr verhindert einen sofortigen Überholvorgang.</p>  <p><b>Abbildung 10-4</b> Standbild aus Situation Nr. 4</p>   |
| 5                     | <p>Auch in dieser Landstraßen-Situation befindet sich eine Baustelle auf der Spur des Fahrers, während der Gegenverkehr einen sofortigen Überholvorgang unmöglich macht. Im Gegensatz zur vorherigen Situation ist die Baustelle aber aufgrund einer Linkskurve erst in 335 m Entfernung sichtbar.</p>  <p><b>Abbildung 10-5</b> Standbild aus Situation Nr. 5</p> |

| Situations-<br>Nummer | Situationsbeschreibung (mit Antizipation)  |
|-----------------------|--|
| 6                     | <p>In dieser innerstädtischen Situation blockiert ein am rechten Seitenrand einparkendes bzw. halb in die Fahrbahn ragendes Auto die Spur des Fahrers. Dies ist ab einer Entfernung von 156 m zu sehen. Der stetige Gegenverkehr verhindert auch diesmal einen sofortigen Überholvorgang.</p>  <p><b>Abbildung 10-6</b> Standbild aus Situation Nr. 6</p> |
| 7                     | <p>Wie in Abbildung 10-7 dargestellt, herrscht in dieser Situation auf jeder der drei Autobahns Spuren zähfließender Verkehr (60 km/h), welcher mindestens ab 240 m Entfernung für den Fahrer sichtbar ist.</p>  <p><b>Abbildung 10-7</b> Standbild aus Situation Nr. 7</p>  |

| Situations-<br>Nummer | Situationsbeschreibung (mit Antizipation)   |
|-----------------------|---|
| 8                     | <p>In dieser Autobahn-Situation staut sich der Verkehr auf allen drei Fahrspuren, was aber aufgrund einer vorgelagerten Kurve erst ab 309 m Entfernung zu sehen ist.</p>  <p><b>Abbildung 10-8</b> Standbild aus Situation Nr. 8</p>  |
| 9                     | <p>In dieser Situation auf der Landstraße gilt zwar eigentlich ein Tempolimit von 100 km/h, aber ab einer Entfernung von mindestens 238 m wird ein langsames Vorderfahrzeug (80 km/h) sichtbar. Dieses darf aufgrund eines Verbotsschildes nicht überholt werden.</p>  <p><b>Abbildung 10-9</b> Standbild aus Situation Nr. 9</p> |



| Situations-<br>Nummer | Situationsbeschreibung (mit Antizipation)   |
|-----------------------|---|
| 10                    | <p>Hier gilt ebenfalls ein Tempolimit von 100 km/h und es befindet sich ein langsames Vorderfahrzeug (60 km/h) auf der Landstraße, das ab mindestens 285 m Entfernung für den Fahrer erkennbar ist. Der Überholvorgang wird diesmal durch den stetigen Gegenverkehr verhindert.</p>  <p><b>Abbildung 10-10</b> Standbild aus Situation Nr. 10</p>  |
| 11                    | <p>In dieser Landstraßen-Situation befindet sich ein Auto vor dem Fahrer, das mit 100 km/h unterwegs ist. Vor diesem Vorderfahrzeug befindet sich allerdings ein weiteres, langsames Fahrzeug (80 km/h), das für den Fahrer in spätestens 190 m Entfernung zu sehen ist. Das Vorderfahrzeug läuft dabei so lange auf das andere Fahrzeug auf, bis es einen Abstand von ca. 37 m erreicht hat und bremst dann auf 80 km/h ab. Der stetig fließende Gegenverkehr verhindert einen Überholvorgang.</p>  <p><b>Abbildung 10-11</b> Standbild aus Situation Nr. 11</p> |

| Situations-<br>Nummer | Situationsbeschreibung (mit Antizipation)  |
|-----------------------|--|
| 12                    | <p data-bbox="448 324 1398 517">Wie in Abbildung 10-12 zu sehen ist, muss der Fahrer in dieser innerstädtischen Situation an einer roten Ampel vor einer kleinen Kreuzung (eine Spur je Fahrtrichtung) anhalten. Aufgrund einer vorhergehenden Linkskurve ist diese Ampel erst in 119 m Entfernung sichtbar.</p>  <p data-bbox="448 1025 1034 1059"><b>Abbildung 10-12</b> Standbild aus Situation Nr. 12</p> |
| 13                    | <p data-bbox="448 1126 1398 1319">Genau wie in der vorhergehenden Situation nähert sich der Fahrer auch hier einer (diesmal mit zwei Spuren pro Fahrtrichtung etwas größeren) Kreuzung und muss aufgrund der roten Ampel anhalten. Diese ist allerdings bereits in 299 m Entfernung erkennbar.</p>  <p data-bbox="448 1827 1034 1861"><b>Abbildung 10-13</b> Standbild aus Situation Nr. 13</p>              |

Für **Untersuchung V**, in der neben der Wahrnehmung vor allem die Handlung des Fahrers erfasst werden sollte, wurde mit Hilfe der Fahrsimulationssoftware SILAB des Würzburger Instituts für Verkehrswissenschaften (WIVW) am Lehrstuhl für Ergonomie der TU München ein Parcours erstellt, in dem jede der o.g. 13 Situationen genau einmal vorkommt. Das Abfahren der Gesamtstrecke dauert im Fahrsimulator etwa 15-20 Minuten.

Der Parcours diene auch als Grundlage für **Untersuchung IV**, die die Messung der Antizipations- und Entscheidungszeitpunkte zum Ziel hatte. Zu diesem Zweck wurden zunächst 6 Varianten des o.g. Parcours erstellt, in denen der Streckenhintergrund (Bebauung, Bepflanzung, Oberflächengestaltung etc.) so verändert wurde, dass trotz identischer Strecke ein Wiedererkennen der Situationen erschwert wird. Dann wurden Videos aufgezeichnet, die diese 6 Streckenvarianten aus Fahrerperspektive zeigen. Die gefahrene Geschwindigkeit entsprach dabei der aktuell zulässigen Höchstgeschwindigkeit. Auf Autobahnabschnitten ohne Tempolimit wurde eine Geschwindigkeit von 150 km/h gewählt.

Das entstandene Videomaterial wurde anschließend so geschnitten, dass insgesamt 108 Videos mit einer Länge von jeweils 10 Sekunden entstanden. Die gefahrene Geschwindigkeit war jeweils über die gesamte Dauer des Videos konstant (mit einer Abweichung von maximal 3 km/h) und wurde mit Hilfe der Software „Adobe Flash“ als simulierte „Head-Up-Display“-Anzeige im unteren Teil des Videos eingeblendet (vgl. Abbildung 10-1 bis Abbildung 10-13).

In 78 Videos waren die o.g. 13 Situationen zu sehen, wobei die Entfernung zum antizipationsrelevanten Merkmal (= Hindernis) systematisch variiert wurde: Jede Situation endete je einmal bei einer Zeitlücke bzw. TTC von 10 sec., 7 sec., 5 sec., 4 sec., 3 sec. und 2 sec. bis zum Erreichen des Merkmals, das die Geschwindigkeitsreduktion erforderlich macht. Außerdem wurde für jede dieser 6 Entfernungsvarianten ein anderer Streckenhintergrund gewählt, um trotz wiederholter Präsentation derselben Situation Lerneffekte zu verhindern. Der Grund für die Auswahl eines Zeitfensters von 2-10 sec. liegt darin, dass (wie in Kapitel 4.4, S. 30 ff., dargelegt wurde) die Antizipation des Fahrers höchstwahrscheinlich irgendwo in diesem Bereich erfolgen dürfte.

Zur Überprüfung der Relevanz der ausgewählten Merkmale für Antizipation bzw. vorausschauendes Fahren sowie zur Verbesserung der Validität wurden auch Szenen erstellt, in denen die o. g. antizipationsrelevanten Merkmale zwar vorhanden sind, aber vom Fahrer aufgrund von Verdeckungen (noch) nicht gesehen werden können, so dass lediglich eine generelle Reaktionsbereitschaft (Berücksichtigung der einge-

schränkten Antizipationsmöglichkeiten) möglich ist. Dies ist bei den folgenden drei Videos der Fall:

- Situation 3: Ende des Videos bei einer Zeitlücke von 10 sec. bis zur Geschwindigkeitsbegrenzung
- Situation 8: Ende des Videos bei einer Zeitlücke von 10 sec. bis zum Stauende
- Situation 12: Ende des Videos bei einer Zeitlücke von 10 sec. bis zur Ampel

Aus demselben Grund wurden neben den erwähnten 78 Videos mit antizipationsrelevanten Situationen außerdem 30 Szenen erstellt, in denen gar keine Merkmale vorhanden sind, die eine Geschwindigkeitsreduktion nahelegen. Diese dienten im Versuch als Distraktor-Situationen.

Des Weiteren wurden – wie bereits in Untersuchung III – sowohl in Untersuchung IV als auch in Untersuchung V der „Group-Embedded-Figures-Test“ (GEFT, Witkins et al., 1971) und der „Color-Word-Test“ (CWT, Stroop, 1935) verwendet (Details hierzu finden sich in Kapitel 9 dieser Arbeit, S. 132 ff.).

Außerdem wurde mit Hilfe der „Skala zur Erfassung subjektiv erlebter Anstrengung – SEA“ (Eilers, Nachreiner & Hänecke, 1986) die subjektive kognitive Beanspruchung der Probanden gemessen. Bei diesem Test mussten die Teilnehmer ihre erlebte Anstrengung auf einer eindimensionalen, kontinuierlichen „Thermometer“-Skala angeben, die von 0 bis 220 reicht und bei sieben, durch die Größenschätzmethode bestimmten Werten mit zusätzlichen Ankerbegriffen versehen ist (z.B. „einigermaßen anstrengend“) (vgl. Eilers et al., 1986).

Der Hauptgrund für die Verwendung der SEA zur Erfassung der kognitiven Beanspruchung liegt darin, dass diese – bei einer mit dem etablierten NASA Task Load Index (Hart & Staveland, 1988) vergleichbaren Validität (Seifert, 2002) – aufgrund des deutlich geringeren Umfangs erheblich schneller bearbeitet werden konnte und somit innerhalb der zur Verfügung stehenden Versuchszeit eine Vielzahl von Messungen erlaubte. Physiologische Messverfahren kamen aufgrund des damit verbundenen technischen Aufwands und der Anfälligkeit für Störvariablen (Seifert, 2002) nicht in Frage. Von einem Zweitaufgabenparadigma wurde Abstand genommen, um eine etwaige Beeinflussung der Wahrnehmungs- und Antizipationsleistung zu vermeiden (siehe auch Kapitel 3.3, S. 21 ff. und Kapitel 3.4, S. 24 ff.).

Während des Fahrsimulator-Versuchs (Untersuchung V) wurde außerdem das am Lehrstuhl für Ergonomie der TU München entwickelte „Digitale kabellose Blickerfassungssystem – Dikablis“ eingesetzt, um das Blickverhalten der Probanden zu erfassen. Ein wesentlicher Vorteil dieses Systems ist, dass es kopfbasiert ist. Somit sind eventu-

elle, durch die Blickerfassung verursachte, Einschränkungen der Sicht und/oder Bewegungsfreiheit auszuschließen. Eine detaillierte Beschreibung der technischen Eigenschaften sowie der Funktionsweise von „Dikablis“ findet sich bei Wohlfarter und Lange (2008).

### 10.2.3 Versuchsplan

Im Rahmen der Untersuchungen IV und V wurde der Einfluss verschiedener antizipationsrelevanter Merkmale der Fahrumgebung (siehe Kapitel 10.2.2, S. 166 ff.) auf die folgenden abhängigen Variablen untersucht:

- Wahrnehmungsleistung (Untersuchung V)
- Entscheidungsleistung (Untersuchung IV)
- Antizipationsleistung (Untersuchung IV)
- Reaktionsleistung („vorausschauendes Fahren“) (Untersuchung V)

Zur Messung der **Wahrnehmungsleistung** wurde in Untersuchung V das Blickverhalten der Probanden aufgezeichnet und bei jeder der untersuchten 13 Situationen (siehe Kapitel 10.2.2, S. 166 ff.) die Entfernung zum antizipationsrelevanten Merkmal registriert, sobald der erste Blick (mit einer Dauer von mindestens 200 ms) darauf erfolgte. Je früher dieser Blick stattfindet, desto besser ist die Wahrnehmungsleistung.

Unter „**Entscheidungsleistung**“ wird verstanden, wie gut der Proband entscheiden kann, ob in einer bestimmten Situation eine Geschwindigkeitsreduktion erforderlich ist. Hierzu musste der Proband in Untersuchung IV nach jeder der 108 Videosequenzen auf einer 8-stufigen Ratingskala angeben, ob er anstelle des Fahrers im Video innerhalb der nächsten 10 Sekunden (vgl. Kapitel 4.4, S. 30 ff.) eine Geschwindigkeitsreduktion vornehmen würde (wobei gilt: 1 = „nein, sicher nicht“, 8 = „ja, auf jeden Fall“). In Situationen mit antizipationsrelevantem Hindernis ist die Entscheidungsleistung umso besser, je näher sie an dem Wert 8 („ja, auf jeden Fall“) liegt. In Situationen ohne Hindernis wird die Entscheidungsleistung umso höher bewertet, je näher der Wert bei 1 („nein, sicher nicht“) liegt. Aufgrund der Mehrfachpräsentation der antizipationsrelevanten Situationen mit jeweils unterschiedlicher Distanz zum Hindernis kann außerdem eine Aussage zur Veränderung der Entscheidungsleistung in Abhängigkeit von der Entfernung getroffen werden.

Die **Antizipationsleistung** wurde ebenfalls im Rahmen von Untersuchung IV gemessen. Zu diesem Zweck wurde nach jedem Video direkt im Anschluss an die Frage nach der Geschwindigkeitsentscheidung des Probanden auch nach dessen Begründung (im Sinne einer Vorhersage der Entwicklung der jeweiligen Verkehrssituation) gefragt:



„Falls Sie Gründe dafür sehen, innerhalb der nächsten 10 Sekunden Ihr Tempo zu verringern: Beschreiben Sie bitte die dafür verantwortlichen Situationsmerkmale (Aussehen und Ort sowie – bei anderen Verkehrsteilnehmern – deren aktuelles und vermutetes zukünftiges Verhalten)!“

Benannte der Proband daraufhin das im Video dargestellte antizipationsrelevante Merkmal, so wurde seine Antwort als „richtig“ (= 1) gewertet – ansonsten als „falsch“ (= 0). Wegen der Mehrfachpräsentation der Situationen mit variierter Distanz zum Hindernis ist es möglich, die entfernungsabhängige Änderung der Antizipationsleistung zu messen.

Die **Reaktionsleistung** wurde in Untersuchung V (Fahrsimulator) gemessen. Für jede der 13 ausgewählten Situationen wurde – beginnend mit dem Zeitpunkt der ersten Blickzuwendung des Probanden zum antizipationsrelevanten Merkmal – analysiert, in welcher Entfernung dieser den Fuß vom Gaspedal nahm. Je größer die Entfernung beim Loslassen des Gaspedals ist, desto besser ist die jeweilige Reaktionsleistung.

Außerdem wurde in Untersuchung IV die **subjektive Beanspruchung** der Probanden mit Hilfe der SEA sowohl in Abhängigkeit von der Entfernung zum antizipationsrelevanten Merkmal (d.h. unmittelbar nach Präsentation eines jeden Videos) als auch über alle gezeigten Situationen hinweg erfasst. In Untersuchung V wurde die subjektive Beanspruchung lediglich am Ende des Parcours gemessen.

Als unabhängige bzw. Moderator-Variablen fungierten sowohl in Untersuchung IV als auch in Untersuchung V folgende Probandeneigenschaften:

- Alter
- Fahrpraxis
- Geschlecht
- Leistung im Group-Embedded-Figures-Test (Witkin et al., 1971)
- Leistung im Color-Word-Test (Stroop, 1935)

Bei „Fahrpraxis“ erfolgte eine Zuordnung der Probanden nach Gruppen mit Wenigfahrern (unter 10.000 km im letzten Jahr), Durchschnittsfahrern (zwischen 10.000 und 20.000 km) und Vielfahrern (über 20.000 km).

Im Group-Embedded-Figures-Test konnten maximal 18 Aufgaben gelöst werden, wobei es für jede gelöste Aufgabe einen Punkt gab. Je höher die erzielte Punktzahl, desto feldunabhängiger ist der Proband.

Die Leistung im Color-Word-Test bezog sich auf die im Median verstrichene Zeit für das Benennen der Farben auf den drei Interferenztafeln. Je länger der Proband für diese Aufgabe benötigte, desto interferenzanfälliger ist er.

### 10.2.4 Versuchsaufbau

Als experimentelle Methode wurde in Untersuchung IV die Videosimulation gewählt, in Untersuchung V die Fahrsimulation. Beides hat den Vorteil, dass dadurch eine größtmögliche Standardisierung im Hinblick auf Tageszeit, Witterungsverhältnisse und Verkehrsgeschehen erreicht wird (vgl. Kapitel 3.4, S. 24 ff.).

**Untersuchung IV** (Videosimulation) fand als Einzelversuch für alle Probanden in demselben abgeschlossenen Raum des psychologischen Instituts der Universität Regensburg statt. In der Raummitte befand sich ein Schreibtisch, hinter dem die Versuchsperson Platz nahm. Auf der gegenüberliegenden weiß gestrichenen Wand wurden mit Hilfe eines Projektors die Videosequenzen dargeboten. Rechts von der Versuchsperson war der Platz des Versuchsleiters, der über einen mit dem Videoprojektor verbundenen – für den Probanden nicht einsehbaren – Laptop die jeweiligen Videos starten konnte. Zudem reichte er der Versuchsperson die auszufüllenden Fragebögen bzw. das Testmaterial für die Durchführung des CWT und des GEFT. Eine Photographie der Versuchsanordnung ist in Abbildung 10-14 zu sehen.



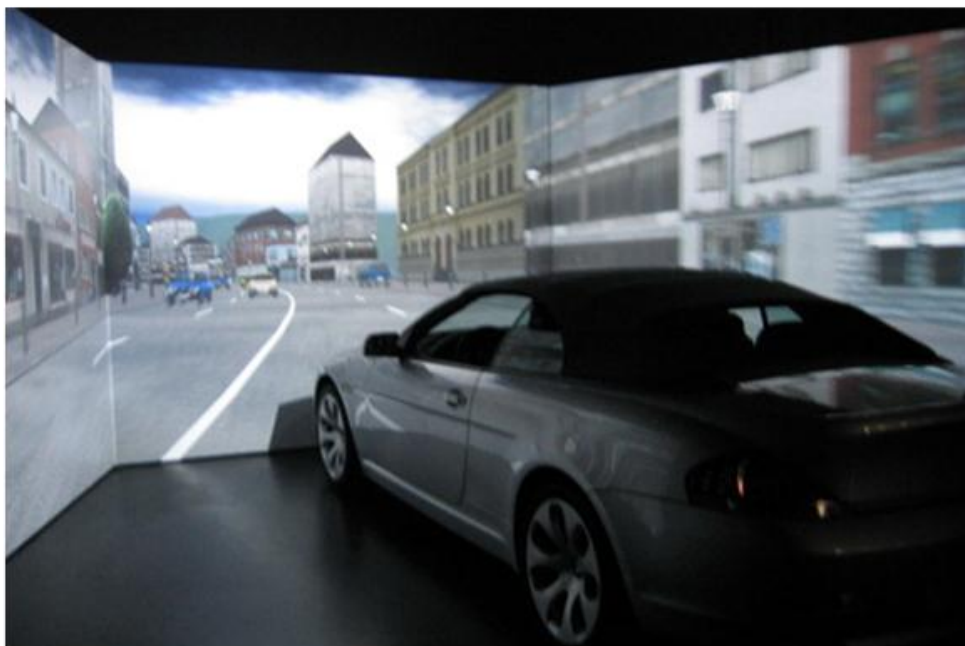
**Abbildung 10-14** Versuchsanordnung in Untersuchung IV

Die Videos selbst waren im Format „Shockwave Flash (.swf)“ auf dem Laptop gespeichert und wurden mit Hilfe der Software „Zoom Player 5.01“ im Vollbildmodus abgespielt. Das projizierte Bild war 1.45 x 0.92 m groß, wobei die Entfernung zum Tisch der Versuchsperson ca. 1 m betrug. Der Projektor war dabei so ausgerichtet, dass die Ho-

horizontlinie der Videoszene in etwas der Augenhöhe der Versuchsperson entsprach. Eine Geräuschausgabe fand nicht statt. Zur Verbesserung der Kontrastverhältnisse wurde der Raum leicht abgedunkelt.

**Untersuchung V** (Fahrsimulator-Versuch) wurde – ebenfalls als Einzelversuch – im statischen Fahrsimulator des Lehrstuhls für Ergonomie an der Technischen Universität München durchgeführt. Als Mock-Up diente ein mit der Simulator-Umgebung vernetztes BMW Cabrio der 6er-Reihe (BMW E64) mit allen Anzeige- und Bedienelementen des Serienfahrzeugs, einem simulierten Vier-Gang-Automatikgetriebe und einem Drehmomentmotor am Ende der Lenkradstange zur Simulation der auftretenden Lenkradrückstellmomente. Die Messung der Gaspedalstellung wurde mit Hilfe eines eingebauten Potentiometers gemessen, die Bremspedalstellung über einen Druckaufnehmer (Rommerskirchen, 2009).

Das Simulator-Fahrzeug stand in einer voll abgedunkelten Halle. Vor dem Fahrzeug befand sich eine trapezförmige Projektionsfläche, bestehend aus drei Leinwänden mit einer Größe von 3.4 x 3.6 Metern, die in einem Winkel von 110 Grad angeordnet sind und die aufgrund ihrer Größe den Sichtbereich des Probanden nahezu vollständig abdeckten. Mit Hilfe der Ausleuchtung der Leinwände durch drei synchronisierte Projektionssysteme entstand eine sehr realistisch wirkende 180-Grad-Sicht. Begleitend zur optischen Rückmeldung wurden außerdem Motor- und Umgebungsgeräusche simuliert (vgl. Wohlfarter & Lange, 2008). Eine Photographie der Versuchsanordnung ist in Abbildung 10-15 zu sehen. Das Ausfüllen der Fragebögen und psychologischen Tests erfolgte an einem separaten Tisch.



**Abbildung 10-15** Versuchsanordnung in Untersuchung V

### 10.2.5 Versuchsablauf

**Untersuchung IV** fand als Einzelversuch statt. Die Dauer betrug – je nach Schnelligkeit beim Ausfüllen der Fragebögen – zwischen 2.5 bis 3 Stunden pro Proband.

Nach einer kurzen Begrüßung wurde die Versuchsperson über Dauer und Zweck des Experiments unterrichtet:

Vorausschauendes Fahren ist von großer Bedeutung sowohl für die Verkehrssicherheit, als auch für eine sparsame Fahrweise. In unserer Studie werden Verkehrssituationen daraufhin untersucht, wie gut ein vorausschauender Fahrstil möglich ist. Zu diesem Zweck zeigen wir Ihnen eine Reihe kurzer Videosequenzen und fragen Sie nach Ihrer Einschätzung des weiteren Verkehrsgeschehens.

Anschließend füllte die Versuchsperson einen Vorabfragebogen mit überwiegend demographischen Angaben aus. Bekräftigte sie die Frage nach einer Sehhilfe, wurde sie gebeten diese während der Durchführung des Experiments zu tragen.

Als nächstes wurde anhand einer standardisierten schriftlichen Instruktion der Versuchsablauf beschrieben. Die vorgelegten Fragebögen könnten und sollten relativ zügig beantwortet werden, wobei die Versuchsperson nicht zu bereits abgelegten Fragebögen zurückblättern solle. Zur Veranschaulichung wurde außerdem noch ein Beispielvideo gezeigt. Hierbei ist ein Schild mit einem Tempolimit von 100 km/h auf der Autobahn zu sehen, was jedoch der aktuell gefahrenen Geschwindigkeit entspricht, d.h. es gibt keinen Grund für eine weitere Geschwindigkeitsreduktion des Fahrers. In diesem Zusammenhang wurde der Proband darauf hingewiesen, dass in einem Teil der Videos im Experiment ebenfalls keine Gründe für eine Geschwindigkeitsreduktion zu finden seien und es somit auch nicht „schlimm“ sei, wenn der Proband in dem einen oder anderen Video mit dem bisherigen Tempo weiterfahren würde.

Danach begann das eigentliche Experiment, in dem die Versuchsperson insgesamt 108 Videosequenzen betrachtete und im Anschluss an jedes Video einen zweiseitigen Fragebogen ausfüllte, der auf Papier ausgedruckt war: Zunächst kreuzte sie auf der SEA-Skala an, wie anstrengend das Durchfahren der gerade gezeigten Situation war. Anschließend sollte sie auf einer 8-stufigen Ratingskala angeben, ob sie innerhalb der nächsten 10 Sekunden ihre Geschwindigkeit verringern würde – und, wenn ja, die dafür verantwortlichen Situationsmerkmale beschreiben (siehe Anhang D, S. 277 ff.).

Um Positionseffekte zu kontrollieren, wurde die Abfolge der 108 Videosequenzen folgendermaßen permutiert: Zunächst wurden 12 Blöcke à 9 Videos generiert, wobei der Zufall die Zuweisung der Videos zu den einzelnen Blöcken bestimmte. Es wurde lediglich darauf geachtet, dass keine Situation mehrfach innerhalb desselben Blockes gezeigt wurde. Anschließend wurde die Präsentationsreihenfolge der 12 Blöcke durch

Zufallsauswahl festgelegt, so dass zwar die Reihenfolge der Videos innerhalb eines Blocks für alle Probanden identisch war, die Reihenfolge der Blöcke sich aber bei jedem der 36 Probanden unterschied.

Zwischen den 12 Videoblöcken bearbeitete die Versuchsperson jeweils einen Teil des CWT von Stroop (1935) bzw. des GEFT von Witkins und Kollegen (1971). Gegen Ende des Experiments wurde dem Probanden ein letzter Fragebogen vorgelegt, in dem zunächst auf der SEA-Skala die Gesamtbeanspruchung über alle gezeigten Videos hinweg angegeben werden sollte. Des Weiteren wurde gefragt, zu welchem Zeitpunkt der Proband in den gezeigten Situationen normalerweise seine Geschwindigkeit verringern würde (siehe auch Anhang D, S. 277 ff.)

Abschließend erhielt der Proband – wie vereinbart – eine Entlohnung für seine Teilnahme: Personen unter 35 Jahren bekamen 25 Euro, Personen über 35 Jahren erhielten 50 Euro.

Eine Übersicht des Versuchsablaufs mit Zeitangaben ist Tabelle 10-4 zu entnehmen.

**Tabelle 10-4** Versuchsablauf von Untersuchung IV mit Zeitangaben

|  |            |
|--|------------|
| Begrüßung, Demographie-Fragebogen  | ca. 5 min  |
| Übung zum Videoexperiment  | ca. 5 min  |
| Videoexperiment Block 1 (9 Videos à 10 sec. Fragebogen nach jedem Video) | ca. 9 min  |
| Instruktion zum CWT, Durchführung des CWT (Bogen 1)                      | ca. 4 min  |
| Videoexperiment Block 2 (9 Videos à 10 sec. Fragebogen nach jedem Video) | ca. 9 min  |
| Durchführung des CWT (Bogen 2)   | ca. 2 min  |
| Videoexperiment Block 3 (9 Videos à 10 sec. Fragebogen nach jedem Video) | ca. 9 min  |
| Durchführung des CWT (Bogen 3)   | ca. 2 min  |
| Videoexperiment Block 4 (9 Videos à 10 sec. Fragebogen nach jedem Video) | ca. 9 min  |
| Durchführung des CWT (Bogen 4)   | ca. 2 min  |
| Videoexperiment Block 5 (9 Videos à 10 sec. Fragebogen nach jedem Video) | ca. 9 min  |
| Durchführung des CWT (Bogen 5)   | ca. 2 min  |
| Videoexperiment Block 6 (9 Videos à 10 sec. Fragebogen nach jedem Video) | ca. 9 min  |
| Durchführung des CWT (Bogen 6)   | ca. 2 min  |
| ----- PAUSE -----  | ca. 10 min |
| Videoexperiment Block 7 (9 Videos à 10 sec. Fragebogen nach jedem Video) | ca. 9 min  |

|   |              |
|---|--------------|
| Durchführung des CWT (Bogen 7)  | ca. 2 min    |
| Videoexperiment Block 8 (9 Videos à 10 sec. Fragebogen nach jedem Video)  | ca. 9 min    |
| Durchführung des CWT (Bogen 8)  | ca. 2 min    |
| Videoexperiment Block 9 (9 Videos à 10 sec. Fragebogen nach jedem Video)  | ca. 9 min    |
| Durchführung des CWT (Bogen 9)  | ca. 2 min    |
| Videoexperiment Block 10 (9 Videos à 10 sec. Fragebogen nach jedem Video) | ca. 9 min    |
| Instruktion und Übungsaufgaben zum GEFT                                   | ca. 7 min    |
| Videoexperiment Block 11 (9 Videos à 10 sec. Fragebogen nach jedem Video) | ca. 9 min    |
| Durchführung des GEFT (Teil A)  | 5 min        |
| Videoexperiment Block 12 (9 Videos à 10 sec. Fragebogen nach jedem Video) | ca. 9 min    |
| Durchführung des GEFT (Teil B)  | 5 min        |
| Abschlussfragebogen   | ca. 5 min    |
| Gesamtes Experiment   | = 2 h 50 min |

**Untersuchung V** fand ebenfalls als Einzelversuch statt. Die Dauer betrug – je nach Schnelligkeit beim Ausfüllen der Fragebögen und beim Durchfahren des Parcours – zwischen 2.5 bis 3 Stunden pro Proband.

Nach einer kurzen Begrüßung wurde der Proband über Dauer und Zweck des Experiments unterrichtet. Danach füllte er einen Vorabfragebogen mit überwiegend demographischen Angaben aus. Bekräftigte er die Frage nach einer Sehhilfe, wurde er gebeten diese während der Durchführung des Experiments zu tragen. Im Anschluss daran wurde dem Probanden der Versuchsablauf erklärt und er erhielt die Gelegenheit anhand eines Übungs-Parcours mit dem Fahrsimulator sowie mit dem kopfgetragenen Blickerfassungssystem vertraut zu werden. Nach einer Übungszeit von ca. 15 bis 30 min. wurde er gebeten, die Blickerfassungsbrille abzusetzen, aus dem Fahrsimulator auszusteigen und sich an einen in der Nähe befindlichen Tisch zu setzen. Dort bearbeitete er dann (nach einer entsprechenden Instruktion und der dazugehörigen Übung) den kompletten GEFT.

Danach begab er sich zurück zum Fahrsimulator und durchfuhr – nach einer erneuten Anpassung der Blickerfassungsbrille – die erste von insgesamt drei Strecken. In dem Parcours, von dem in dieser Dissertation die Rede ist, erhielt der Proband keinerlei Hinweise auf die darin enthaltenen Situationen. Während dem Durchfahren der beiden anderen Strecken wurde er über ein Anzeigesystem jeweils vorab darüber informiert.

Zur Vermeidung von Lerneffekten waren die Abfolge der Situationen sowie der Streckenhintergrund (d.h. Bebauung, Bepflanzung etc.) bei jeder der drei Strecken unterschiedlich. Außerdem wurde die Präsentationsreihenfolge der drei Strecken permutiert. Im Folgenden wird allerdings nur auf das Blickverhalten sowie die Reaktionsleistungen beim Durchfahren des Parcours ohne Unterstützungssystem eingegangen.

Nach dem Absolvieren der ersten Strecke und dem Ausfüllen eines kurzen Fragebogens wurde dem Probanden eine ca. 10-minütige Pause gewährt. Danach kamen die zweite und dritte Strecke an die Reihe (auch hier jeweils wieder mit neu angepasster Blickerfassungsbrille und anschließendem Beantworten eines Fragebogens). Anstelle einer erneuten Pause wurde allerdings zwischen Strecke 2 und Strecke 3 der CWT durchgeführt.

Nach dem Ausfüllen eines letzten Fragebogens (siehe Anhang E, S. 288 ff.) erhielt die Versuchsperson abschließend eine Aufwandsentschädigung von 15 Euro pro Stunde, also i.d.R. insgesamt 45 Euro. Probanden, die das Experiment aufgrund von Simulator-Krankheit vorzeitig beenden mussten, erhielten entsprechend weniger.

Eine Übersicht des Versuchsablaufs mit Zeitangaben ist Tabelle 10-5 zu entnehmen.

**Tabelle 10-5** Versuchsablauf von Untersuchung V mit Zeitangaben

|   |               |
|---|---------------|
| Begrüßung, Demographie-Fragebogen   | ca. 10 min    |
| Übung der Fahrt im Simulator und Gewöhnung an die Blickerfassungsbrille   | ca. 15-30 min |
| Durchführung des GEFT   | ca. 20 min    |
| Anpassen der Blickerfassungsbrille  | ca. 5 min     |
| Fahrt im Simulator (Strecke 1)  | ca. 20 min    |
| Fragebogen zu subjektiver Beanspruchung (SEA) bei Strecke 1 sowie ggf. zur Akzeptanz des Unterstützungskonzepts | ca. 5 min     |
| ----- PAUSE -----   | ca. 10 min    |
| Anpassen der Blickerfassungsbrille  | ca. 5 min     |
| Fahrt im Simulator (Strecke 2)  | ca. 20 min    |
| Fragebogen zu subjektiver Beanspruchung (SEA) bei Strecke 2 sowie ggf. zur Akzeptanz des Unterstützungskonzepts | ca. 5 min     |
| Durchführung des CWT  | ca. 20 min    |
| Anpassen der Blickerfassungsbrille  | ca. 5 min     |
| Fahrt im Simulator (Strecke 3)  | ca. 20 min    |

|   |              |
|---|--------------|
| Fragebogen zu subjektiver Beanspruchung (SEA) bei Strecke 3 sowie ggf. zur Akzeptanz des Unterstützungskonzepts | ca. 5 min    |
| Abschlussfragebogen   | ca. 5 min    |
| Gesamtes Experiment   | = 2 h 50 min |

### 10.2.6 Versuchsauswertung

Zunächst erfolgten getrennt für jede der 13 Situationen eine **deskriptive Auswertung** bezüglich der durchschnittlichen Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistungen sowie deren Veränderung bei Annäherung an die relevanten Merkmale.

**Untersuchung IV:** Um Antizipations- und Entscheidungsleistung besser vergleichen zu können, wurde letztere im Rahmen der deskriptiven Auswertung dichotomisiert. Hierbei wurde eine Entscheidung zwischen 1 (= „nein, sicher nicht“) und 4 als falsch eingestuft, eine Entscheidung von 5 bis 8 (= „ja, auf jeden Fall“) hingegen als richtig bewertet.

**Untersuchung V:** Damit die Wahrnehmungs- und Reaktionsleistungen (Untersuchung V) in Relation mit den Antizipations- und Entscheidungsleistungen (Untersuchung IV) gebracht werden können, wurden die im Rahmen von Untersuchung V erhobenen Daten transformiert. Dazu wurde zunächst überprüft, bei wie vielen Metern Entfernung zum antizipationsrelevanten Merkmal die Filmsequenzen aus Untersuchung IV enden. Da zu jeder der 13 getesteten Situationen 6 Videoausschnitte erstellt wurden, die in unterschiedlicher Entfernung zum Merkmal enden, gibt es folglich pro Situation 6 Distanzwerte. Im nächsten Schritt wurde getrennt für jede Situation analysiert, welcher Anteil der Probanden in Untersuchung V bei diesen 6 Entfernungen jeweils bereits einen Blick auf das antizipationsrelevante Merkmal geworfen hat und welcher Anteil schon den Fuß vom Gaspedal genommen hat.

Auf diese Weise kann für jede Situation eine Aussage getroffen werden, wie hoch bei einer bestimmten Entfernung zum Merkmal die durchschnittliche Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistung ist und wie sich diese – sowohl für sich genommen als auch im Vergleich mit den anderen Leistungen – mit der Annäherung an das Merkmal ändert.

Um eine **Analyse der interindividuellen Unterschiede** und der dafür verantwortlichen Faktoren (z.B. Alter des Probanden) vornehmen zu können, wurden außerdem die Gesamtleistungen der einzelnen Probanden über das komplette Experiment hinweg berechnet.



**Untersuchung IV:** Bei der Berechnung der Gesamt-Antizipationsleistung wurden für jede korrekte Vorhersage bei einem Video, das bei einer Entfernung von 10 sec zum antizipationsrelevanten Merkmal endete, 10 Punkte vergeben. Analog konnten bei 7 sec Entfernung und entsprechender Antizipation 7 Punkte erreicht werden, bei 5 sec Entfernung 5 Punkte, bei 4 sec 4 Punkte, bei 3 sec 3 Punkte und bei 2 sec 2 Punkte. Konnte der Proband nach Betrachten eines Videos keine korrekte Vorhersage treffen, dann wurden 0 Punkte vergeben. Somit erzielte z.B. ein Proband, der in einer bestimmten Situation ab einer Entfernung von 7 sec deren weiteren Verlauf antizipieren konnte  $7 + 5 + 4 + 3 + 2 = 21$  Punkte. Ein Proband, der bereits bei 10 sec eine richtige Vorhersage traf, erreichte hingegen 31 Punkte während ein Proband, der in keiner der 6 Entfernungen eine richtige Prognose abgeben konnte, 0 Punkte erhielt. Es konnten also pro Situation zwischen 0 und 31 Punkte vergeben werden, wodurch sich für alle 13 Situationen zusammengenommen eine Punktezahl zwischen 0 und 403 ergibt.

**Untersuchung V:** Ein vergleichbares Vorgehen wurde bei der Berechnung der Gesamt-Wahrnehmungs- sowie der Gesamt-Reaktionsleistung gewählt. Erfolgte der erste Blick bzw. die Reaktion des Probanden noch vor Erreichen der größten der 6 betrachteten Entfernungen (siehe oben, Beschreibung zur deskriptiven Auswertung), dann werden 31 Punkte vergeben ( $= 10 + 7 + 5 + 4 + 3 + 2$ ), bei der zweitgrößten Entfernung wurden entsprechend 21 Punkte vergeben ( $= 7 + 5 + 4 + 3 + 2$ ), und so weiter. Wurde gar kein Blick auf das Merkmal registriert bzw. nicht durch Loslassen des Gaspedals auf das Hindernis reagiert, so erhielt der Proband 0 Punkte. Folglich ist bei der Wahrnehmungs- und der Reaktionsleistung – genauso wie bei der Antizipationsleistung – eine Punktezahl zwischen 0 und 403 möglich.

Der einzige Unterschied zur Auswertung der Antizipationsleistung liegt darin, dass bei der Wahrnehmung bzw. Reaktion kein plötzliches „Versagen“ in einer Situation möglich ist, in der bereits in verhältnismäßig großer Entfernung geblickt bzw. reagiert wurde. Bei der Antizipation kam es hingegen – zwar sehr selten, aber immerhin – vor, dass ein Proband z. B. bei einer Entfernung von 10, 5, 4, 3 und 2 sec. eine korrekte Vorhersage traf, bei einer Entfernung von 7 sec. jedoch nicht dazu imstande war.

Beim Fahrsimulator-Versuch (Untersuchung V) kam es bei einigen Versuchspersonen – u.a. aufgrund von Problemen mit dem Blickerfassungssystem – in manchen Situationen zu fehlenden Daten. In diesem Fall wurde der zum jeweiligen Messzeitpunkt erzielte Mittelwert über die verbliebenen Versuchspersonen hinweg eingesetzt.

**Untersuchung IV:** Eine Besonderheit stellt die Auswertung der Entscheidungsleistung dar. Da der Proband hier im Prinzip nur eine Ja-Nein-Antwort (mit Abstufungen) geben sollte, müssen neben den Antworten auf Situationen mit antizipationsrelevanten Merk-

malen unbedingt auch Antworten auf die Distraktor-Videos betrachtet werden, damit sich eine eventuelle Antworttendenz des Probanden nicht in der Bewertung seiner Entscheidungsleistung niederschlägt. Aus diesem Grund wurde für jeden Probanden über alle 108 Entscheidungen hinweg eine ROC-Kurve erstellt, wobei in den antizipationsrelevanten Situationen die Antwort 8 („ja, auf jeden Fall“) die ideale Antwort darstellte, in den Distraktor-Situationen hingegen die Antwort 1 („nein, sicher nicht“) als optimal gewertet wurde. Anhand der ROC-Kurve lässt sich für jeden beliebigen Cut-Off-Wert zwischen 1 und 8 die Sensitivität und Spezifität der Entscheidungen einer Versuchsperson ablesen. Erstere bezieht sich auf die relative Häufigkeit der korrekten Entscheidung *für* eine Geschwindigkeitsreduktion (bei Vorhandensein eines antizipationsrelevanten Merkmals), letztere auf die relative Häufigkeit der korrekten Entscheidung *gegen* eine Geschwindigkeitsreduktion (bei Distraktor-Situationen).

Der Wert des von der jeweiligen ROC-Kurve überdeckten Bereichs, der sogenannten ROC-Area, wurde schließlich als Entscheidungsleistung des Probanden verwendet. Liegt er bei 1, dann hat zeigte der Proband eine Entscheidungsleistung von 100%, hat also keinen einzigen Fehler gemacht. Liegt er bei 0.5, dann entspricht dies der reinen Ratewahrscheinlichkeit, d.h. der Proband war nicht in der Lage, Situationen mit Grund für eine Geschwindigkeitsreduktion von solchen ohne Grund für eine Geschwindigkeitsreduktion zu trennen.

Im Gegensatz zur Entscheidungsleistung wurde bei der Messung der Antizipationsleistung (d.h. der richtigen Benennung der ggf. vorhandenen antizipationsrelevanten Merkmale) auf eine Auswertung der Antworten zu den Distraktor-Situationen verzichtet. Der Grund dafür besteht darin, dass Spekulationen des Probanden (z.B.: „möglicherweise tritt aus dem Wald demnächst ein Tier auf die Fahrbahn“) nicht zwangsläufig schlechter sein müssen als ein leeres Antwortfeld – zumal wenn sich der Proband trotz der geäußerten Spekulation für „eher nicht bremsen“ entscheidet. Mitunter (wenn auch nicht immer) ist ersteres sogar ein Zeichen für ein gutes Situationsbewusstsein: der Fahrer spielt in Gedanken auch Situationsentwicklungen durch, die zwar im Prinzip möglich sind, aber für die es im Moment noch keinen konkreten Hinweisreiz gibt. Taucht ein solcher Reiz später irgendwann tatsächlich auf (d.h. wird z.B. am Waldrand plötzlich ein Tier sichtbar), dann kann er schnell auf diese geänderten Ausgangsbedingungen reagieren (vgl. Kapitel 4.5, S. 37 ff.).

**Untersuchung IV und V:** Zur Auswertung der SEA (subjektiv erlebte Anstrengung) wurden die Markierungen der Probanden auf der Skala zunächst unter Zuhilfenahme eines Lineals millimetergenau erfasst und anschließend in eine Punktezahl zwischen 0 und 220 (= Anfangs- und Endpunkte des SEA) umgerechnet. Die Auswertung des GEFT und des CWT erfolgten so, wie es im zugehörigen Handbuch beschrieben wurde

(vgl. Witkin et al., 1971 bzw. Stroop, 1935). Für die nachfolgende statistische Auswertung diente die Anzahl gelöster Testaufgaben im GEFT (zwischen 0 und 18) als Messwert für die Feldunabhängigkeit. Die mittlere der Bearbeitungsdauern für die drei Interferenztafeln des CWT (= Median) wurden als Maß für die Interferenzanfälligkeit des Probanden genommen.

### 10.3 Ergebnisse

Laut Mann-Whitney-U-Test kann von einer vergleichbaren Verteilung der GEFT Leistungen in den beiden Untersuchungen IV und V ausgegangen werden ( $U = 434.50$ ,  $p = .172$ ). In Untersuchung IV erreichten die Teilnehmer im Mittel 12.36 Punkte ( $SD = 4.65$ ), wobei die Spanne von 3 bis 18 Punkten reichte. In Untersuchung V wurden bei einem Durchschnittswert von 13.63 Punkten ( $SD = 4.71$ ) zwischen 2 und 18 Punkte erzielt.

Auch bei der Interferenzanfälligkeit gab es laut U-Test in beiden Stichproben eine recht ähnliche Verteilung ( $U = 447.50$ ;  $p = .233$ ). In Untersuchung IV benötigten die Probanden zwischen 40 und 105 Sekunden ( $M = 61.93$ ,  $SD = 14.04$ ), in Untersuchung V dagegen 45 bis 97 Sekunden ( $M = 66.23$ ,  $SD = 13.46$ ).

Im Folgenden werden zunächst getrennt für jede der 13 untersuchten Situationen die durchschnittlichen Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistungen über die erwähnten sechs Messzeitpunkte dargestellt und situative Unterschiede herausgearbeitet. Im Anschluss daran geht es um die Gesamtleistungen hinsichtlich dieser Kriterien sowie um die interindividuellen Unterschiede.

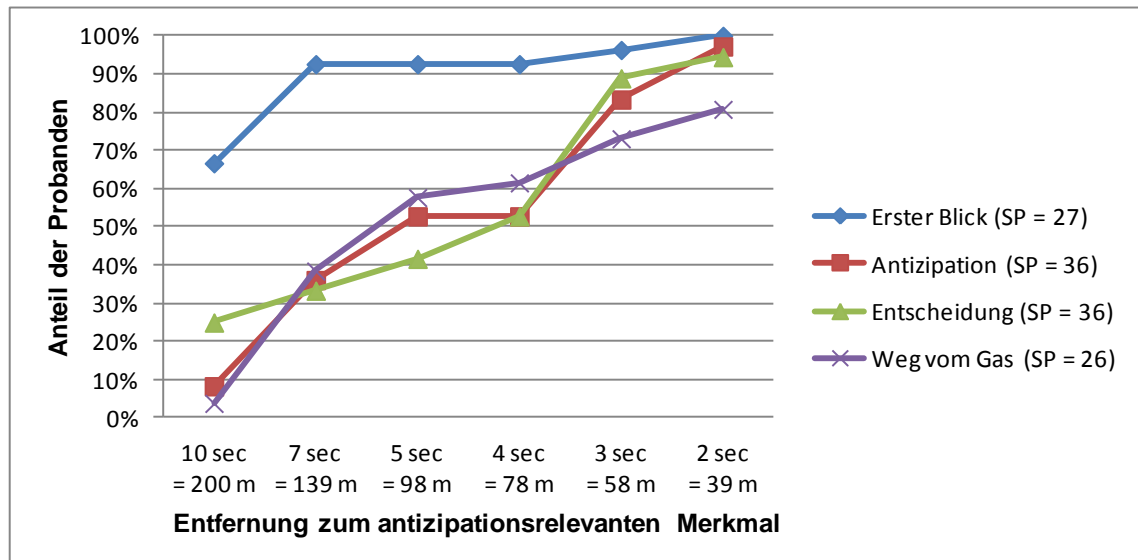
#### 10.3.1 Die situationsspezifischen Leistungen im zeitlichen Verlauf

In **Situation 1** galt es bei einem aktuell gültigen Tempolimit von 70 km/h auf der Landstraße ein weiteres Geschwindigkeitsbegrenzungsschild (**50 km/h erlaubte Höchstgeschwindigkeit**) sowie eine enge Linkskurve zu erkennen, was ab einer Entfernung von 335 m theoretisch möglich war. Tatsächlich haben zwei Drittel der Probanden (18 von 27 Teilnehmer<sup>17</sup>) dieses Merkmal 200 m vor dem Erreichen (= 10 sec) – oder gar noch früher – fixiert und spätestens bei einer Entfernung von 7 sec (= 139 m) haben es über 90% gesehen. Lediglich zwei „Ausreißer“ blickten erst 3 bzw. 2 sec vor dem Erreichen des Schilds darauf.

---

<sup>17</sup> Bei den übrigen 3 Probanden traten während Situation 1 technische Probleme mit dem Blickfassungssystem auf, weshalb deren Wahrnehmungsleistung nicht gemessen werden konnte.

Bei Antizipation, Entscheidung und Handlung („weg vom Gas“) hingegen zeigte sich ein annähernd linearer Verlauf, der von fast 0% bis knapp 100% reicht. Zudem lagen die Messwerte der drei Variablen recht eng beieinander. Eine Übersicht der o.g. Leistungen in Situation 1 kann Abbildung 10-16 entnommen werden.



**Abbildung 10-16** Durchschnittliche Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistungen in Situation 1 (über die sechs Messzeitpunkte hinweg)

Während in einer Entfernung von 10 sec zum antizipationsrelevanten Merkmal zwar – wie zuvor erwähnt – zwei Drittel der Teilnehmer bereits auf das Tempolimit geblickt hatten, hat sich lediglich ein Viertel zu diesem frühen Zeitpunkt für eine Geschwindigkeitsreduktion entschieden und weniger als 10% konnten diese Entscheidung ggf. richtig begründen (Antizipation). Nur ein Proband (von insgesamt 26 Teilnehmern)<sup>18</sup> hat schon den Fuß vom Gaspedal genommen.

In einer Entfernung von 7 sec (139 m) hat immerhin ein (gutes) Drittel der Teilnehmer korrekt antizipiert, entschieden sowie gehandelt und bei 4 sec (78 m) mehr als die Hälfte. Danach steigt der Anteil der korrekten Antworten rapide an: in einer Entfernung von 3 sec (58 m) war über 80% der Probanden klar, dass sie aufgrund des bevorstehenden Tempolimits vom Gas gehen müssen und knapp drei Viertel der Teilnehmer haben dies auch bereits getan. Zwei Sekunden vor dem Erreichen des Schilds (39 m) schließlich lag der Anteil richtiger Antizipationen und Entscheidungen bei über 90%. Jeder

<sup>18</sup> Bei drei Teilnehmern konnten die Reaktionszeitpunkte nicht ermittelt werden, da diese aufgrund fehlender Blickdaten nicht am Zeitpunkt der ersten Blickzuwendung ausgerichtet werden konnten (vgl. Kapitel 10.2.3). Ein vierter Proband wurde von der Analyse ausgeschlossen, da er trotz erfolgtem Blick auf das Antizipationsmerkmal den Fuß nicht vom Gaspedal nahm und selbst nach Passieren des Schilds mit unverminderter, überhöhter Geschwindigkeit weiterfuhr.

Teilnehmer hat das Schild bis dahin wahrgenommen und gut 80% haben bereits verzögert. Die übrigen knappen 20 % nahmen den Fuß spätestens dann vom Gaspedal, als sie das Schild erreicht hatten.

Bei **Situation 2** befand sich der Fahrer auf einer Landstraße mit erlaubter Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h und näherte sich einem **Ortsschild**, das ab einer Entfernung von 611 m zu erkennen war. Die Wahrnehmungsleistung ist in dieser Situation beinahe identisch zu derjenigen in der vorangehend beschriebenen Situation 1 (Tempolimit 50 km/h): Während in einer Entfernung von 10 sec (277 m) zum Ortsschild bereits zwei Drittel der Probanden auf das Antizipationsmerkmal „Schild“ geblickt haben, sind es bei einem Abstand von 7 sec (194 m) schon fast 90% und bei spätestens 3 sec (93 m) Entfernung ein jeder der Teilnehmer.

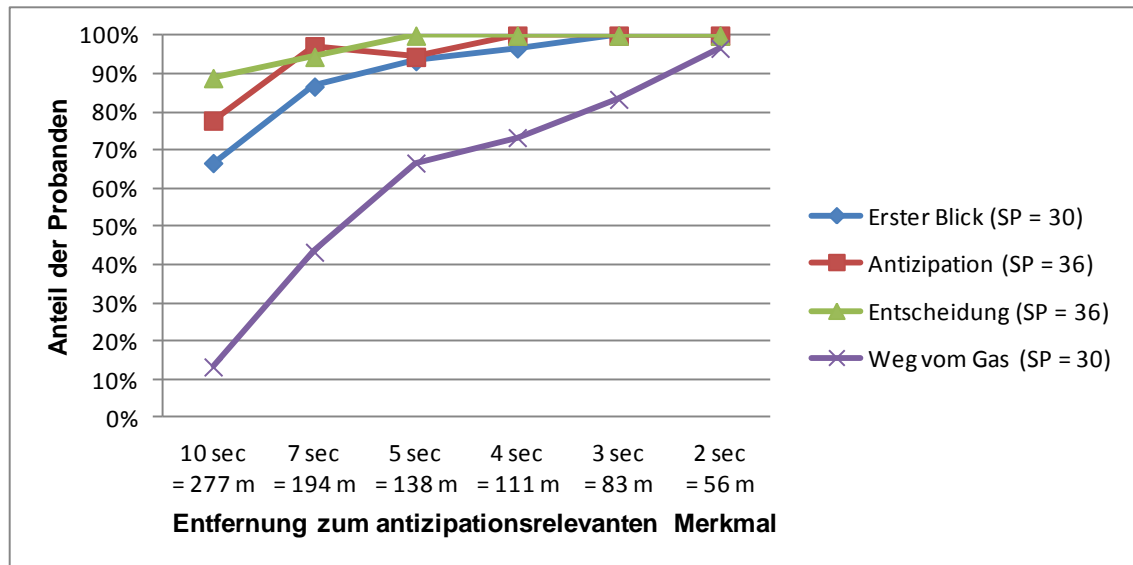
Anders als in Situation 1 waren die Antizipations- und Entscheidungsleistungen in Situation 2 jedoch in etwa gleichauf mit den Wahrnehmungsleistungen, d.h. es klappte diesmal keine größere Zeitlücke zwischen dem Erkennen des Schilds und der entsprechenden Antizipation und (Verzögerungs-)Entscheidung.<sup>19</sup> Spätestens 7 sec vor Erreichen des Ortsschildes haben über 90% der Versuchsteilnehmer eine zutreffende Antizipation formuliert und sich für eine Geschwindigkeitsreduktion entschieden (vgl. Abbildung 10-17).

Demgegenüber war der Zeitpunkt, an dem die Probanden Antizipation und Handlungsentscheidung tatsächlich in die Tat umsetzten (d.h. den Fuß vom Gaspedal nahmen) i.d.R. erheblich später und ähnelte eher demjenigen in Situation 1. Obwohl 10 sec vor Erreichen des Ortsschildes zwei Drittel der Teilnehmer das Merkmal bereits wahrgenommen hatten, entsprechend antizipierten und sich für eine Geschwindigkeitsreduktion entschieden hatten, haben erst 4 der 30 Probanden diese schon in die Tat umgesetzt. Und selbst in einer Entfernung von 5 sec (138 m) – bei der der Anteil korrekter Wahrnehmungen, Antizipationen und Entscheidungen mehr als 90% betrug – haben gerade einmal zwei Drittel der Teilnehmer das Gaspedal losgelassen. Erst bei einer Zeitlücke von 2 sec zum Ortsschild (56 m) überstieg der Anteil die 90%-Grenze. Ein

---

<sup>19</sup> Mitunter waren die Antizipations- und Entscheidungsleistungen sogar noch besser als die zum Messzeitpunkt ermittelte Wahrnehmungsleistung – obwohl letztere eigentlich die Vorbedingung für erstere ist. Der Grund für dieses Phänomen – das auch vielen der nachfolgend beschriebenen Situationen auftauchte – liegt zum einen vermutlich darin, dass die betreffenden Variablen in zwei verschiedenen Untersuchungen (IV und V) und mit einem unterschiedlichen Probandenkollektiv erhoben wurden (Between-Subjects-Design). Zum anderen könnte die Nebenaufgabe „Fahrzeugbedienung“ bei Untersuchung V – in deren Rahmen auch die Blickerfassung erfolgte – die visuelle Wahrnehmung erschwert haben, wohingegen sich die Probanden in Untersuchung IV voll auf die jeweilige Verkehrssituation konzentrieren konnten.

Proband (von 30) verlangsamte auch in dieser Situation erst danach – aber immerhin noch vor dem tatsächlichen Erreichen des Schilds.



**Abbildung 10-17** Durchschnittliche Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistungen in Situation 2 (über die sechs Messzeitpunkte hinweg)

In **Situation 3** fuhr der Proband auf einer Autobahn mit aktuell erlaubter Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h und sollte eine weitere **Geschwindigkeitsbegrenzung auf 100 km/h** wahrnehmen, die in einer Entfernung von 300 m sichtbar wurde. Ebenso wie in Situation 2 lagen auch hier Wahrnehmungs-, Antizipations- und Entscheidungsleistung recht nah beieinander und grenzten sich deutlich gegenüber der viel später erfolgenden Handlung ab.

Allerdings war das Gesamt-Leistungsniveau erheblich niedriger als in der zuvor beschriebenen Situation: Während in einer Entfernung von 10 sec (335 m) zum Antizipationsmerkmal aufgrund von Verdeckungen keine Möglichkeit bestand das Schild wahrzunehmen, wurde es auch nach dem Sichtbarwerden (bei 300 m) von den meisten Teilnehmern zunächst nicht beachtet. Erst in 4 sec (137 m) Entfernung zum Merkmal hatten zumindest 12 der 26 Probanden, also knapp die Hälfte, das Schild fixiert<sup>20</sup>; Bei knapp 85% erfolgte dies immerhin bis spätestens 2 sec (68 m) Entfernung, wohingegen die verbliebenen 4 Probanden sogar noch länger dafür benötigten.

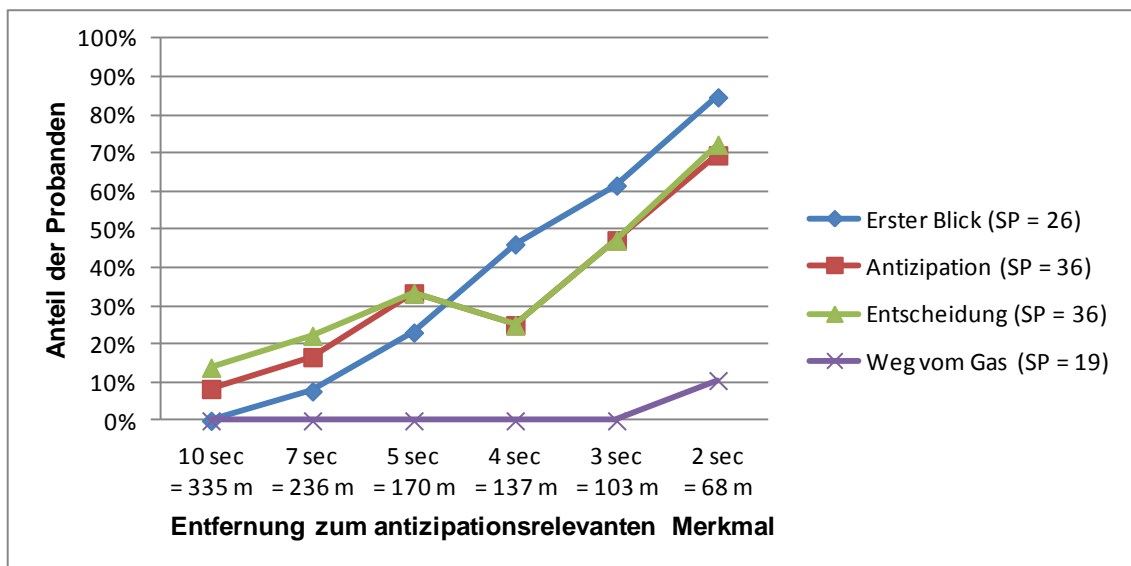
Antizipation und Handlungsentscheidung erfolgten bei knapp der Hälfte der Teilnehmer in einer Entfernung von mindestens 3 sec (103 m). Ein weiteres Viertel bewältigte dies

<sup>20</sup> Bei den übrigen vier Probanden traten während Situation 3 technische Probleme mit dem Blickerfassungssystem auf, weshalb deren Wahrnehmungsleistung nicht gemessen werden konnte.

bis 2 sec (68 m) vor dem Eintreffen bei der Geschwindigkeitsbegrenzung, wohingegen das restliche Viertel noch später korrekt antizipierte und die richtige Entscheidung traf.

Sowohl bei Wahrnehmungs- als auch bei Antizipations- und Entscheidungsleistung zeigte sich ein ungefähr linearer Anstieg bei Annäherung an das Antizipationsmerkmal, wie man in Abbildung 10-18 erkennen kann.

Auffallend spät erfolgte in dieser Situation die Reaktion der Probanden: Selbst zum Zeitpunkt 3 sec (103 m) hat noch keiner der 19 Probanden<sup>21</sup> seine Ausgangsgeschwindigkeit reduziert und auch 2 sec (68 m) vor dem Antizipationsmerkmal waren dies erst jeder Zehnte (2 von 19). Die übrigen 17 Personen verlangsamten erst unmittelbar vor dem Eintreffen an der Geschwindigkeitsbegrenzung.

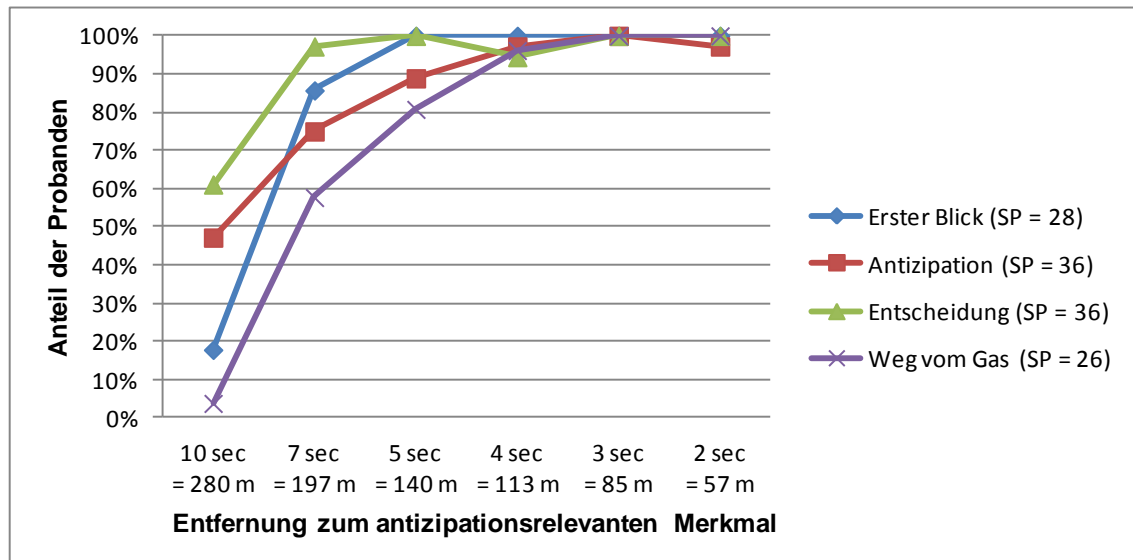


**Abbildung 10-18** Durchschnittliche Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistungen in Situation 3 (über die sechs Messzeitpunkte hinweg)

In **Situation 4** galt es eine **Baustelle** auf der Landstraße zu erkennen, die die Spur des Fahrers blockierte und ab einer Entfernung von 430 m zu sehen war. Der stetig fließende Gegenverkehr verhinderte dabei einen sofortigen Überholvorgang.

<sup>21</sup> Bei vier Teilnehmern konnten die Reaktionszeitpunkte nicht ermittelt werden, da diese aufgrund fehlender Blickdaten nicht am Zeitpunkt der ersten Blickzuwendung ausgerichtet werden konnten (vgl. Kapitel 10.2.3). Weitere sieben Probanden wurden von der Analyse ausgeschlossen, da kein Reaktionszeitpunkt bestimmbar war: Drei davon waren bereits während des ersten Blicks auf das Schild so langsam, dass keine weitere Geschwindigkeitsreduktion erforderlich war; Drei hatten das Gaspedal schon losgelassen, bevor sie das erste Mal auf das Schild blickten und haben danach das Fahrzeug einfach weiter ausrollen lassen; Ein Teilnehmer nahm trotz erfolgtem Blick auf das Antizipationsmerkmal den Fuß nicht vom Gaspedal und fuhr auch nach Passieren des Schilds mit unverminderter, überhöhter Geschwindigkeit weiter.

Hierbei zeigte sich sowohl bei Wahrnehmung als auch bei Antizipation, Entscheidung und Handlung ein annähernd negativ logarithmischer Anstieg der Leistungen bei Annäherung an das Antizipationsmerkmal. Zudem lagen die vier Messgrößen sehr eng beieinander, wie man in Abbildung 10-19 sieht.



**Abbildung 10-19** Durchschnittliche Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistungen in Situation 4 (über die sechs Messzeitpunkte hinweg)

In Untersuchung V haben nur 5 von 28 Probanden<sup>22</sup> die Baustelle bereits 10 sec (280 m) vor deren Erreichen fixiert. Allerdings sprechen die in Untersuchung IV erfassten Antizipations- und Entscheidungsleistungen dafür, dass – zumindest ohne die zusätzliche Nebenaufgabe „Fahrzeugbedienung“ – deutlich höhere Wahrnehmungsleistungen möglich sind, welche in einer Größenordnung von mindestens 50% liegen dürften (vgl. Fußnote 19).

Spätestens bei einer Entfernung von 7 sec (197 m) haben aber auch im vorliegenden Fall über 85% der Teilnehmer das Antizipationsmerkmal gesehen. Weitere zwei Sekunden später (bei 140 m) war es dann jeder der Probanden. Ähnlich verhielt es sich mit der Antizipations- und Entscheidungsleistung, bei denen in 7 sec (197 m) Abstand mindestens drei Viertel der Teilnehmer eine korrekte Leistung zeigten und zwei Sekunden später (bei 140 m) dann über 90%.

Knapp nachdem Wahrnehmung, Antizipation und Handlungsentscheidung erfolgt waren, schloss sich i.d.R. eine angemessene Handlung an (d.h. die Versuchspersonen

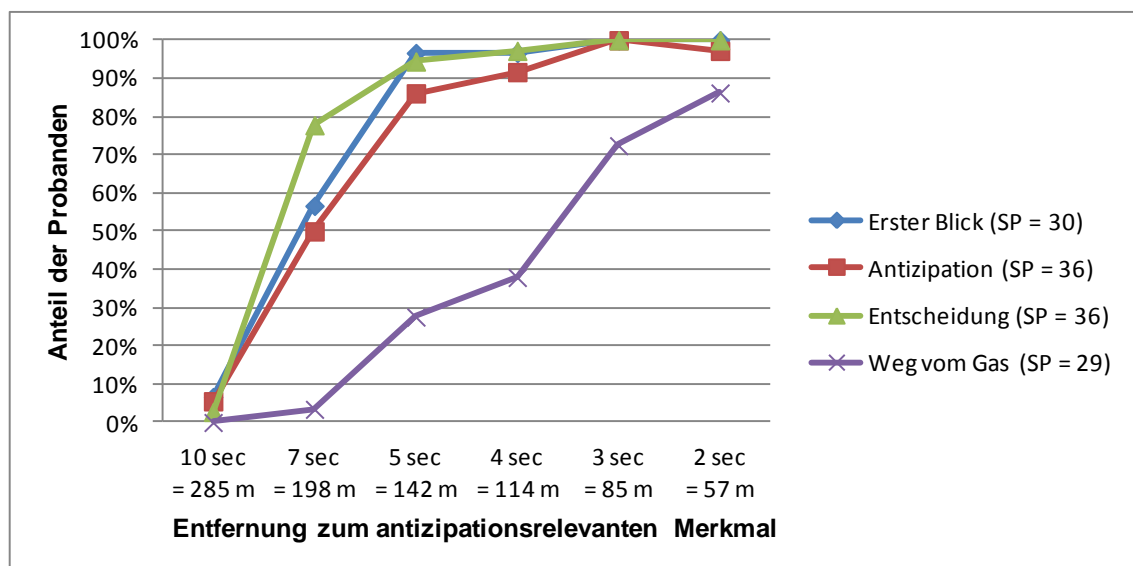
<sup>22</sup> Bei den übrigen zwei Probanden traten während Situation 4 technische Probleme mit dem Blickerfassungssystem auf, weshalb deren Wahrnehmungsleistung nicht gemessen werden konnte.



ließen das Gaspedal los). Während bei 10 sec (280 m) Entfernung zur Baustelle erst einer von 26 Probanden<sup>23</sup> verzögerte, war es bei 7 sec (197 m) bereits mehr als die Hälfte der Teilnehmer und bei 5 sec (140 m) über 80%. In einer Entfernung von 3 sec (85 m) hatten schließlich alle Personen das Gaspedal losgelassen.

Auch bei **Situation 5** handelte es sich um eine Landstraßen-Situation, in der sich eine **Baustelle** auf der Spur des Fahrers befand, während der Gegenverkehr einen sofortigen Überholvorgang unmöglich machte. Im Gegensatz zur vorherigen Situation war die Baustelle aber aufgrund einer engen Linkskurve für den Fahrer erst in 335 m Entfernung sichtbar.

Ebenso wie in Situation 4 war der Anstieg der Wahrnehmungs-, Antizipations- und Entscheidungsleistung auch in diesem Fall annähernd negativ logarithmisch und die Werte der drei Messgrößen lagen sehr nah beieinander. Demgegenüber stieg die Reaktionsleistung eher linear mit Annäherung an das antizipationsrelevante Merkmal, wodurch sich v.a. im Bereich zwischen 7 und 4 sec (198 bis 114 m) eine deutliche Lücke zwischen Wahrnehmung und Kognition auf der einen und Handlung auf der anderen Seite ergab (vgl. Abbildung 10-20).



**Abbildung 10-20** Durchschnittliche Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistungen in Situation 5 (über die sechs Messzeitpunkte hinweg)

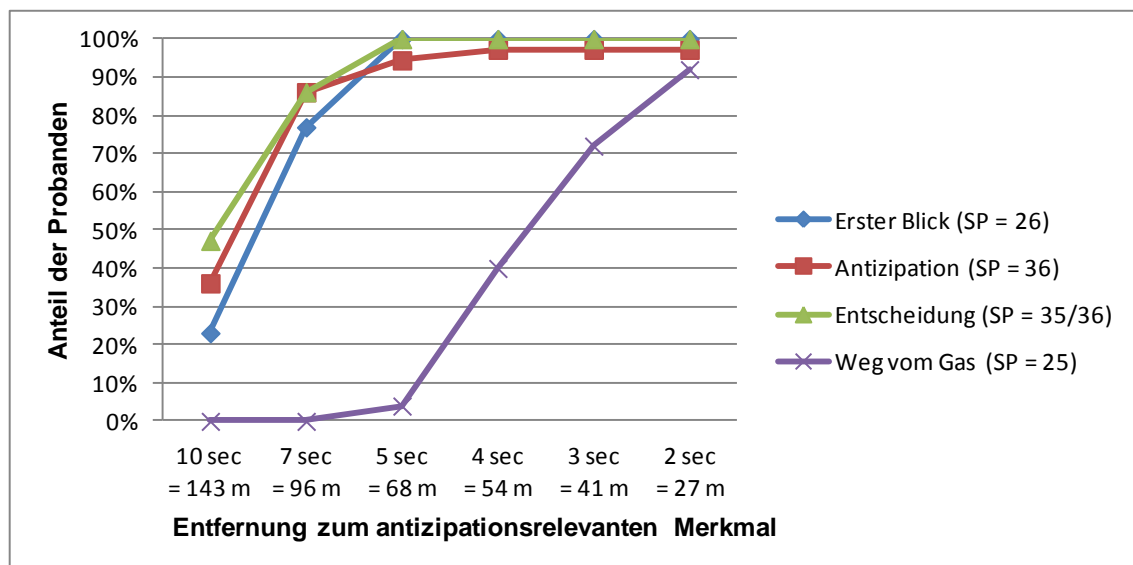
<sup>23</sup> Bei zwei Teilnehmern konnten die Reaktionszeitpunkte aufgrund fehlender Blickdaten nicht ermittelt werden (vgl. Kapitel 10.2.3). Weitere zwei Probanden wurden von der Analyse ausgeschlossen, da sie das Gaspedal schon losgelassen hatten, bevor sie das erste Mal auf das Antizipationsmerkmal blickten und danach das Fahrzeug einfach weiter ausrollen ließen.

Während Wahrnehmungs-, Antizipations- und Entscheidungsleistung in 10 sec (285 m) Abstand zur Baustelle bei weniger als 10% lagen, waren es drei Sekunden später (198 m) bereits über 50% und weitere zwei Sekunden später (142 m) mehr als 85%.

In Übereinstimmung mit der geringen Wahrnehmungsleistung in einer Entfernung von 10 sec (285 m), hat zu diesem frühen Zeitpunkt noch keine der 29 Probanden<sup>24</sup> mit dem Verzögern des Fahrzeugs begonnen. Drei Sekunden später (198 m) hatte zumindest ein Teilnehmer reagiert und bis zu einer Entfernung von 5 sec (142 m) immerhin gut ein Viertel der Probanden. Bei 3 sec (85 m) vor dem Eintreffen an der Baustelle waren dann knapp drei Viertel der Teilnehmer vom Gaspedal gegangen. Das übrige Viertel verzögerte erst 2 sec (57 m) vorher (4 von 29 Probanden) oder gar noch später (ebenfalls 4 Probanden).

In der innerstädtischen **Situation 6** blockierte ein am rechten Seitenrand **einparkendes bzw. halb in die Fahrbahn ragendes Auto** die Spur des Fahrers. Dies war ab einer Entfernung von 156 m zu sehen. Der stetige Gegenverkehr verhinderte auch diesmal einen sofortigen Überholvorgang.

Hierbei zeigte sich – wie auch in den zuvor beschriebenen Situationen 4 und 5 – über die Zeit hinweg ein annähernd negativ logarithmischer Anstieg von Wahrnehmungs-, Antizipations- und Entscheidungsleistungen, die allesamt recht nah beieinander lagen (vgl. Abbildung 10-21).



**Abbildung 10-21** Durchschnittliche Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistungen in Situation 6 (über die sechs Messzeitpunkte hinweg)

<sup>24</sup> Ein Proband wurde von der Analyse ausgeschlossen, da er das Gaspedal schon vor dem ersten Blick aufs Antizipationsmerkmal losgelassen hatte und danach einfach weiter verzögerte.

Allerdings waren die Leistungen zum ersten Messzeitpunkt (10 sec bzw. 143 m vor dem Hindernis) deutlich höher als bei den beiden „Baustellen“-Situationen: sechs von 26 Probanden<sup>25</sup>, also knapp ein Viertel, haben hier schon das erste Mal auf das Hindernis geblickt; Bei den ohne die Nebenaufgabe „Fahrzeugbedienung“ erfassten Variablen „Antizipation“ und „Entscheidung“ waren es sogar mehr als ein Drittel der Teilnehmer (vgl. Fußnote 19).

Diese relativ hohen Prozentsätze korrekter Antworten steigerten sich bis zur nächstspäteren Messung (bei 7 sec bzw. 96 m Entfernung zum Hindernis) nochmals gravierend und umfassten dann mehr als drei Viertel der Versuchspersonen. Bei weiterer Annäherung an das Antizipationsmerkmal (bei 5 sec bzw. 68 m) hatte es schließlich (fast) jeder der Probanden gesehen, entsprechend antizipiert und sich zu einer Geschwindigkeitsreduktion entschlossen.

Völlig anders gestaltete sich hingegen der Verlauf der Reaktionsleistungen, der sich eher als linear bis s-förmig beschreiben lässt. Während in 7 sec (96 m) Entfernung zwar bereits mehr als drei Viertel der Teilnehmer auf das Hindernis geblickt haben, hatte zu diesem Zeitpunkt noch keiner seine Geschwindigkeit verringert. Zwei Sekunden später haben dann alle das einparkende Fahrzeug gesehen – aber noch immer hat erst eine einzige von 25 Personen<sup>26</sup> den Fuß vom Gaspedal genommen. Eine Sekunde später (bei 4 sec bzw. 54 m Entfernung) waren es allerdings schon 10 Personen (40%), bei 3 sec (41 m) waren es 18 Teilnehmer (72%) und bei 2 sec (27 m) schließlich 23 Probanden (92%). Die übrigen zwei Versuchspersonen verlangsamten noch später.

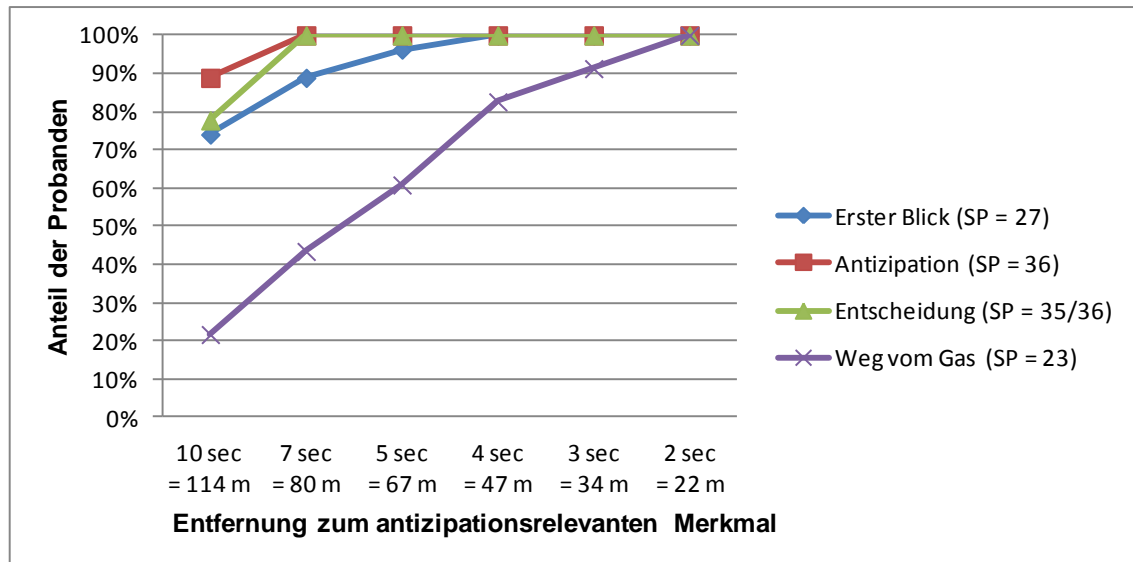
In **Situation 7** galt es den **zähfließenden Verkehr** (60 km/h) auf jeder der drei Autobahnspuren zu erkennen, welcher mindestens ab 240 m Entfernung für den Fahrer sichtbar wurde.

Die Wahrnehmungs-, Antizipations- und Entscheidungsleistungen lagen auch in dieser Situation wieder sehr nah beieinander und grenzten sich deutlich gegenüber der viel später erfolgenden Handlung ab (vgl. Abbildung 10-22).

---

<sup>25</sup> Bei den übrigen vier Probanden traten während Situation 6 technische Probleme mit dem Blickerfassungssystem auf, weshalb deren Wahrnehmungsleistung nicht gemessen werden konnte.

<sup>26</sup> Bei vier Teilnehmern konnten die Reaktionszeitpunkte aufgrund fehlender Blickdaten nicht ermittelt werden (vgl. Kapitel 10.2.3). Ein weiterer Proband wurde von der Analyse ausgeschlossen, da er das Gaspedal schon losgelassen hatte, bevor er das erste Mal auf das Antizipationsmerkmal blickte und danach das Fahrzeug einfach weiter ausrollen ließ.



**Abbildung 10-22** Durchschnittliche Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistungen in Situation 7 (über die sechs Messzeitpunkte hinweg)

Die weitaus meisten Probanden entdeckten den zählfließenden Verkehr schon ziemlich früh: Etwa drei Viertel der Teilnehmer hatten ihn schon bei einer Entfernung von 10 sec (114 m) fixiert, entsprechend antizipiert und die Entscheidung für eine Geschwindigkeitsreduktion gefällt. Drei Sekunden später (bei 7 sec bzw. 80 m Entfernung) lag der Anteil richtiger Antizipationen und Entscheidungen dann bei 100%.

Die Wahrnehmungsleistungen, die bekanntlich neben der Zweitaufgabe „Fahrzeugbedienung“ zu erbringen waren (vgl. Fußnote 19), lagen ein wenig darunter: In 10 sec (114 m) Entfernung haben zwar, wie bereits erwähnt, schon etwa drei Viertel der Teilnehmer auf das Merkmal geblickt, aber erst bei einer Entfernung von 4 sec (47m) wurde eine Quote von 100% erzielt. Allerdings haben auch unter diesen erschwerten Bedingungen immerhin knapp 90% (24 von 27 Probanden)<sup>27</sup> das Merkmal bereits in 7 sec (80 m) Entfernung wahrgenommen. Von den verbliebenen drei Personen blickten zwei in einer Entfernung von 5 sec (67 m) und einer bei 4 sec (47 m) zum ersten Mal darauf.

Demgegenüber wuchs der Anteil der Probanden, die das Gaspedal losgelassen hatten mit der Annäherung an den zählfließenden Verkehr in etwa linear: 10 Sekunden vor

<sup>27</sup> Die übrigen drei Probanden wurden von der Analyse ausgeschlossen, da sich bei ihnen die Situation nicht in derselben Weise ergab wie bei den anderen 27 Teilnehmern: Ein Proband war beim ersten Blick auf den vorausfahrenden Verkehr langsamer als dieser und ein weiterer fuhr zu diesem Zeitpunkt mit annähernd demselben Tempo wie die eigentlich als behindernd vorgesehenen Vorderfahrzeuge. Der dritte Proband bewegte sich – im Gegensatz zu allen anderen Versuchsteilnehmern – auf der ganz rechts befindlichen Fahrspur und konnte die langsamen Vorderfahrzeuge deshalb statt in 240 m erst in frühestens 60 m Entfernung sehen.

dem Eintreffen (114 m) waren es gerade einmal 5 von 23 Personen<sup>28</sup>, bei 7 sec (80 m) Entfernung immerhin 10 Teilnehmer und bei 5 sec (67 m) waren es mit 14 Personen schon deutlich mehr als die Hälfte der Stichprobe. Weitere 5 Teilnehmer verlangsamten 4 sec (47 m) vor den langsamen Vorderfahrzeugen und jeweils 2 in 3 sec (34 m) bzw. 2 sec (22 m) Entfernung.

Bei der sich ebenfalls auf der Autobahn ereignenden **Situation 8** kam es auf allen drei Fahrspuren zu einem **Verkehrsstau**, was aber aufgrund einer vorgelagerten Kurve erst ab 309 m Entfernung zu sehen war.

Aus diesem Grund war den Probanden 10 sec (417 m) vor dem Stau weder eine Wahrnehmung noch eine korrekte Antizipation möglich. Die vier Personen (von insgesamt 36), welche schon zu diesem frühen Zeitpunkt die Entscheidung einer Geschwindigkeitsreduktion gefällt hatten, taten dies aus anderen Gründen – z.B. wegen der engen Kurve, die sie gerade mit relativ hoher Geschwindigkeit (150 km/h) durchfuhren.

Aber auch in einer Entfernung von 7 sec (293 m), in der der Stau bereits gut zu sehen war, erblickten ihn nur 3 der 25 Teilnehmer<sup>29</sup> und nur eine von 36 Probanden formulierte die richtige Antizipation. Tatsächlich verlangsamt hatte in dieser Entfernung noch niemand.

Das änderte sich allerdings rapide, als 5 sec (209 m) vor dem Stau schließlich mehr als drei Viertel der Versuchspersonen das Hindernis wahrgenommen, entsprechend antizipiert und sich zu einer Geschwindigkeitsreduktion entschieden hatten. Nun lag der Anteil der Fahrer, die den Fuß vom Gaspedal genommen hatten bereits bei 28% (7 von 25 Pbn).

Eine Sekunde später (bei 4 sec bzw. 169 m) hatten dann fast alle Teilnehmer (24 von 25 Pbn) den Stau bemerkt – nur einem einzigen Fahrer fiel dieser erst 2 sec (84 m) vor der Kollision auf. Die ohne die Nebenaufgabe „Fahrzeugbedienung“ getesteten Probanden in Untersuchung IV antizipierten und entschieden sich spätestens in 3 sec (127 m) Entfernung zum Stau korrekt.

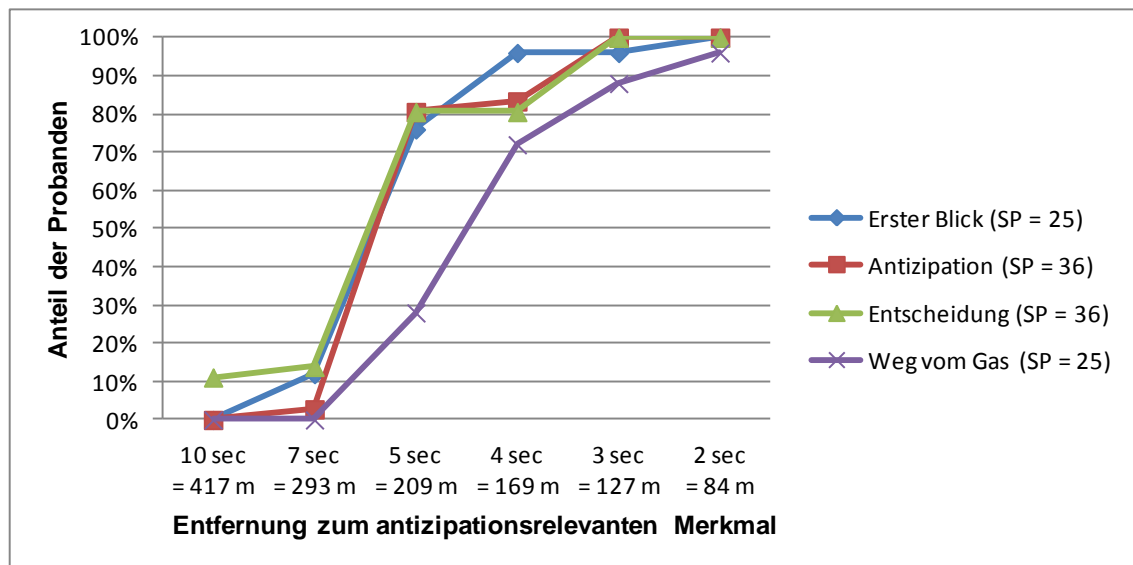
---

<sup>28</sup> Bei drei Teilnehmern konnten die Reaktionszeitpunkte aufgrund fehlender Blickdaten nicht ermittelt werden (vgl. Kapitel 10.2.3). Weitere vier Probanden wurden von der Analyse ausgeschlossen, da sie das Gaspedal nicht komplett losgelassen hatten, sondern lediglich den Druck darauf verringerten.

<sup>29</sup> Bei drei Probanden traten während Situation 8 technische Probleme mit dem Blickerfassungssystem auf, weshalb deren Wahrnehmungsleistung nicht gemessen werden konnte. Weitere zwei Teilnehmer wurden von der Analyse ausgeschlossen, da sich aufgrund ihrer niedrigen Geschwindigkeit keine Stausituation ergab (d.h. die Vorderfahrzeuge zwischenzeitlich schon wieder anfahren).

Knapp drei Viertel der Teilnehmer (18 von 25 Pbn) hatten bis 4 sec (169 m) vor dem Eintreffen beim Stau das Gaspedal losgelassen; Weitere vier Personen taten dies in einer Entfernung von 3 sec (127 m) und zwei Probanden bei spätestens 2 sec (84 m). Einer der 25 Fahrer reagierte noch später.

Insgesamt zeigte sich sowohl bei Wahrnehmungs- als auch bei Antizipations-, Entscheidungs- und Handlungsleistungen ein ungefähr s-förmiger Anstieg mit Annäherung an den Stau, wie man in Abbildung 10-23 sehen kann.



**Abbildung 10-23** Durchschnittliche Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistungen in Situation 8 (über die sechs Messzeitpunkte hinweg)

In **Situation 9**, welche sich auf der Landstraße abspielte, galt zwar eigentlich ein Tempolimit von 100 km/h, aber ab einer Entfernung von mindestens 238 m wurde ein **langsamerer Vorderfahrzeug** (80 km/h) sichtbar. Dieses durfte aufgrund eines Verbotsschildes nicht überholt werden.

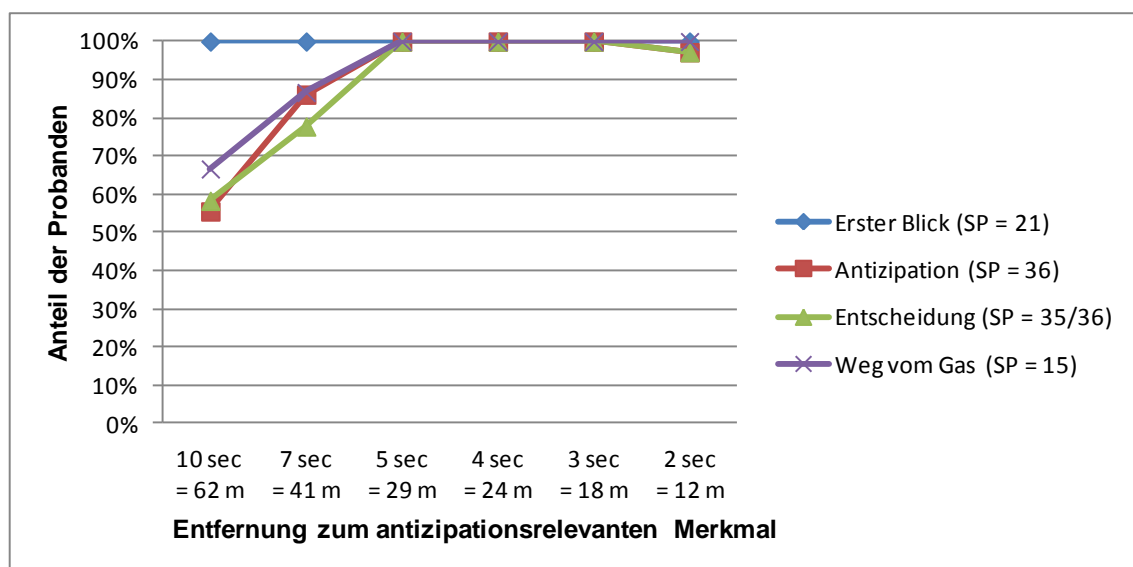
Die Wahrnehmung des Vorderfahrzeugs war in dieser Situation offenbar gar kein Problem: Mindestens 10 Sekunden (62 m) vor einer potenziellen Kollision mit diesem hatte es bereits ausnahmslos jeder der 21 Probanden<sup>30</sup> bemerkt.

Schwieriger war hingegen offenbar die Feststellung, dass das Vorderfahrzeug erheblich langsamer fuhr als der Proband. Dies lässt sich an den zutreffenden Antizipationen und Entscheidungen ablesen, zu denen in 10 sec (62 m) Entfernung gerade mal gut die Hälfte der Teilnehmer im Stande waren und bei 7 sec (41 m) immerhin mehr als

<sup>30</sup> Die übrigen 9 Probanden wurden von der Analyse ausgeschlossen, da sie zum Zeitpunkt des ersten Blicks auf das Vorderfahrzeug langsamer als dieses waren und sich die Situation deshalb nicht in derselben Weise ergab wie bei den anderen 21 Teilnehmern.

drei Viertel. Erst bei einer Lücke von 5 sec (29 m) wurden (nahezu) perfekte Antizipations- und Entscheidungsleistungen erbracht.

In Abbildung 10-24 ist der oben geschilderte Sachverhalt noch einmal im Überblick dargestellt. Außerdem ist dort auch der Verlauf der Zeitpunkte wiedergegeben, an denen die Fahrer den Fuß vom Gaspedal nahmen. Dieser ist fast identisch mit den jeweiligen Verläufen der Antizipations- und Entscheidungsleistungen: 10 der verbliebenen 15 Probanden<sup>31</sup> reduzierten ihre Geschwindigkeit bereits in 10 sec (62 m) Entfernung und drei Probanden bei 7 sec (41 m). Die beiden am wenigsten vorausschauend handelnden Fahrer reagierten immerhin 5 sec (29 m) vor einem drohenden Zusammenstoß mit dem Vorderfahrzeug.



**Abbildung 10-24** Durchschnittliche Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistungen in Situation 9 (über die sechs Messzeitpunkte hinweg)

Während **Situation 10** galt ebenfalls ein Tempolimit von 100 km/h und es befand sich ein **langsames Vorderfahrzeug** (60 km/h) auf der Landstraße, das ab mindestens 285 m Entfernung für den Fahrer erkennbar war. Der Überholvorgang wurde diesmal jedoch durch den stetigen Gegenverkehr verhindert.

Wie auch in der zuvor beschriebenen Situation 9, war auch hier die Wahrnehmungsleistung der Probanden recht hoch: 26 der 30 Teilnehmer hatten das Vorderfahrzeug bereits 10 sec (113 m) vor dessen Erreichen fixiert. Von den übrigen vier Personen

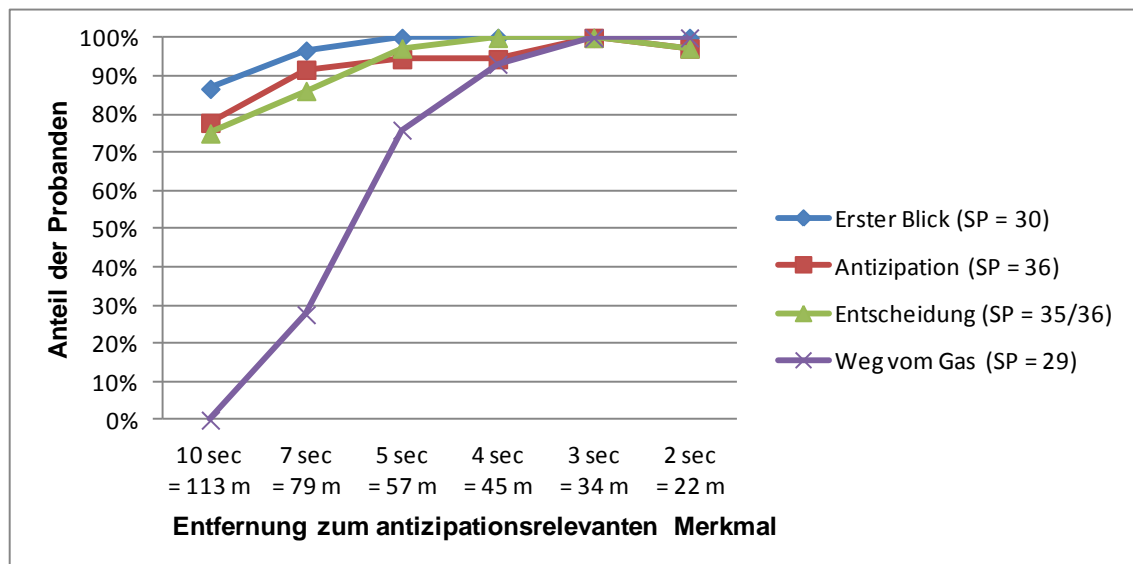
<sup>31</sup> Bei 9 Teilnehmern konnten die Reaktionszeitpunkte aufgrund fehlender Blickdaten nicht ermittelt werden (vgl. Kapitel 10.2.3). Weitere 6 Probanden wurden von der Analyse ausgeschlossen, weil sie entweder das Gaspedal schon zum Zeitpunkt des ersten Blicks losgelassen hatten (1 Teilnehmer) oder weil sie das Gaspedal nicht komplett losgelassen hatten, sondern lediglich den Druck darauf verringerten (5 Teilnehmer).

sahen es drei in einer Entfernung von mindestens 7 sec (79 m) und einer 5 sec (57 m) vor einem potenziellen Zusammenstoß.

Knapp darunter befanden sich die Antizipations- und Entscheidungsleistungen: Während drei Viertel der Probanden schon bei 10 sec (113 m) richtig antizipiert und entschieden hatte, waren es spätestens bei einer Entfernung von 5 sec (57 m) fast alle Teilnehmer.

Die Reaktionsleistung nahm hingegen einen eher s-förmigen Verlauf, so dass vor allem bei 10 sec (113 m) und 7 sec (79 m) Entfernung zum Antizipationsmerkmal ein großer Unterschied zwischen der Entscheidung zur Geschwindigkeitsreduktion und dessen realer Umsetzung bestand. Bei einem Abstand von 10 sec (113 m) hatte noch keiner der 29 Versuchspersonen<sup>32</sup> den Fuß vom Gaspedal genommen. Drei Sekunden später waren es immerhin gut ein Viertel der Teilnehmer und in einer Entfernung von 5 sec (57 m) schließlich drei Viertel der Fahrer. Vom übrigen Viertel griffen 5 Personen erst 4 sec (34 m) vor einer potenziellen Kollision mit dem Vorderfahrzeug in das Geschehen ein und zwei Personen handelten sogar nur 3 sec (34 m) davor.

In Abbildung 10-25 sind die Leistungen bei Situation 10 im zeitlichen Verlauf dargestellt.



**Abbildung 10-25** Durchschnittliche Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistungen in Situation 10 (über die sechs Messzeitpunkte hinweg)

<sup>32</sup> Ein Proband wurde von der Analyse ausgeschlossen, da er das Gaspedal nicht komplett losgelassen hatte, sondern lediglich den Druck darauf verringerte.



Bei **Situation 11** war – ebenso wie in den vorherigen beiden Situationen – eine Landstraße mit einem vorausfahrenden Fahrzeug zu sehen. Diesmal war es mit der erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h unterwegs, stellte also für den Fahrer kein Hindernis dar. Jedoch befand sich **vor dem Vorderfahrzeug ein weiteres, langsames Fahrzeug** (80 km/h), das für den Probanden in spätestens 190 m Entfernung zu sehen war. Das Vorderfahrzeug lief dabei so lange auf das andere Fahrzeug auf, bis es einen Abstand von ca. 37 m erreicht hatte und bremste dann auf 80 km/h ab. Der stetig fließende Gegenverkehr verhinderte einen Überholvorgang.

Die bloße Wahrnehmung des zweiten Vorderfahrzeugs gestaltete sich hierbei vergleichsweise einfach: Alle 22 Versuchsteilnehmer<sup>33</sup> hatten das Antizipationsmerkmal spätestens bei einer Entfernung von 10 sec (89 m) gesehen.

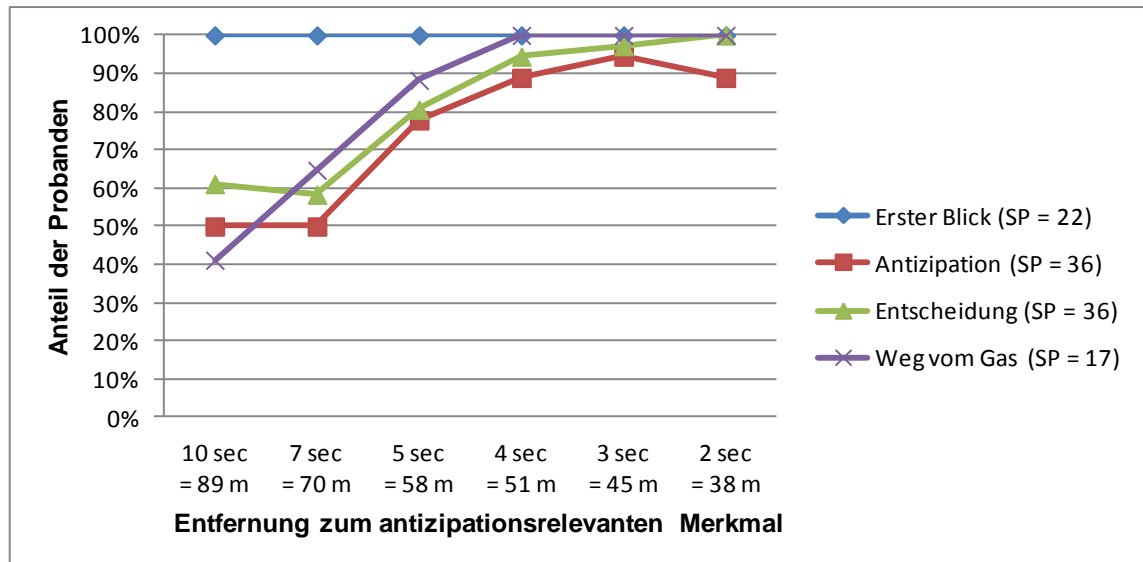
Die Antizipation, dass das unmittelbare Vorderfahrzeug aufgrund des langsameren zweiten Vorderfahrzeugs seine Geschwindigkeit bald reduzieren würde sowie die Entscheidung selbst langsamer zu werden, gelang hingegen bei einer Entfernung von 10 sec (89 m) erst jeder zweiten Versuchsperson. Ein weiteres Viertel der Teilnehmer schaffte dies immerhin 5 sec (58 m) vor dem zweiten Vorderfahrzeug, wohingegen das verbleibende Viertel noch länger dafür benötigte.

Einen sehr ähnlichen Verlauf nahmen die Reaktionszeitpunkte der Probanden, wie man in Abbildung 10-26 sehen kann. Während in einer Entfernung von 10 sec (89 m) weniger als die Hälfte der Teilnehmer den Fuß vom Gaspedal genommen hatte waren es drei Sekunden später (7 sec bzw. 70 m vor dem zweiten Vorderfahrzeug) bereits fast zwei Drittel (11 von 17 Probanden<sup>34</sup>) und bei 5 sec (58 m) Entfernung knapp 90% der Teilnehmer. Lediglich zwei Personen reagierten erst bei 4 sec (51 m) mit einem Loslassen des Gaspedals.

---

<sup>33</sup> Die übrigen acht Probanden wurden von der Analyse ausgeschlossen, da sich bei ihnen die Situation nicht in derselben Weise ergab wie bei den anderen 22 Teilnehmern: Ein Proband fuhr noch langsamer als das zweite Vorderfahrzeug, weshalb für ihn keine Handlungsnotwendigkeit bestand. Drei weitere Probanden fuhren so langsam, dass eine Geschwindigkeitsreduktion erst dann erforderlich wurde, als die Vorderfahrzeuge bereits kurz vorm Linksabbiegen waren und beide deutlich unter 80 km/h fuhren (1 Proband) bzw. als das erste der beiden Vorderfahrzeuge bereits abgebogen war (2 Probanden). Bei vier Teilnehmern hatte das Vorderfahrzeug zum Zeitpunkt des frühestmöglichen Blicks auf das Antizipationsmerkmal „zweites Vorderfahrzeug“ seine Geschwindigkeit schon reduziert, d.h. war bereits auf das Vorderfahrzeug aufgelaufen.

<sup>34</sup> Bei 8 Teilnehmern konnten die Reaktionszeitpunkte aufgrund fehlender Blickdaten nicht ermittelt werden (vgl. Kapitel 10.2.3). Weitere 5 Probanden wurden von der Analyse ausgeschlossen, weil sie das Gaspedal nicht komplett losgelassen hatten, sondern lediglich den Druck darauf verringerten.



**Abbildung 10-26** Durchschnittliche Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistungen in Situation 11 (über die sechs Messzeitpunkte hinweg)

In der innerstädtischen **Situation 12** musste der Fahrer an einer **roten Ampel** vor einer kleinen Kreuzung (eine Spur je Fahrtrichtung) anhalten. Aufgrund einer vorhergehenden Linkskurve war diese Ampel erst in 119 m Entfernung sichtbar.

Aus diesem Grund konnten die Probanden 10 sec (171 m) vor der Ampel diese weder wahrnehmen noch korrekt antizipieren. Dass dennoch immerhin 15 der 36 Probanden schon zu diesem frühen Zeitpunkt zu einer Geschwindigkeitsreduktion entschlossen waren, hatte andere Gründe (z.B. wurde oft die enge Linkskurve als Begründung angeführt).

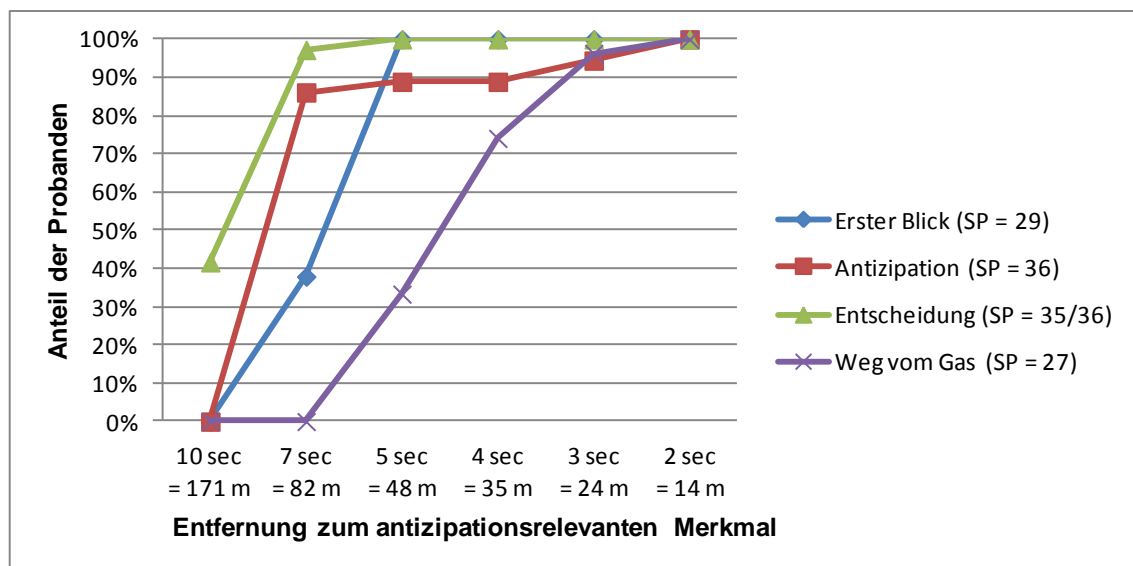
Danach ging jedoch alles sehr schnell: Drei Sekunden später (bei einer Entfernung von 7 sec bzw. 82 m) hatten bereits um die 90% der Teilnehmer korrekt antizipiert und sich zum Verlangsamten entschieden. Spätestens 2 sec (14 m) vor der Ampel gelang dies dann jedem Probanden.

Die Teilnehmer des Fahrsimulator-Versuchs (Untersuchung V) benötigten – vermutlich aufgrund der zusätzlichen Aufgabe „Fahrzeugbedienung“ (vgl. Fußnote 19) – etwas länger: Hier hatten zum Zeitpunkt 7 sec (82 m) erst 11 der 29 Probanden<sup>35</sup> einen Blick auf die Ampel geworfen. Allerdings wurde auch unter diesen erschwerten Bedingungen spätestens in einer Entfernung von 5 sec (48 m) eine Wahrnehmungsquote von 100% erreicht.

<sup>35</sup> Bei einem Probanden traten während Situation 8 technische Probleme mit dem Blickerfassungssystem auf, weshalb seine Wahrnehmungsleistung nicht gemessen werden konnte.

Die Reaktion der Fahrer erfolgte meist etwa 1-2 Sekunden nachdem sie die rote Ampel gesehen hatten: Während 7 sec (82 m) vor der roten Ampel noch keiner der 27 Probanden<sup>36</sup> das Gaspedal losgelassen hatte, traf dies in 5 sec (48 m) Entfernung immerhin auf jeden dritten Teilnehmer zu und bei 4 sec (35 m) hatten bereits knapp drei Viertel der Fahrer entsprechend reagiert. Von dem verbliebenen Viertel reduzierten 6 Personen 3 sec (24 m) vor dem Eintreffen bei der roten Ampel ihre Geschwindigkeit und eine Person sogar erst 2 sec vorher.

In Abbildung 10-27 sind all diese Werte noch einmal im Zusammenhang dargestellt.



**Abbildung 10-27** Durchschnittliche Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistungen in Situation 12 (über die sechs Messzeitpunkte hinweg)

Ebenso wie in Situation 12 näherte sich der Fahrer auch in **Situation 13** einer (diesmal mit zwei Spuren pro Fahrtrichtung etwas größeren) Kreuzung und musste aufgrund der **roten Ampel** anhalten. Diese war allerdings bereits in 299 m Entfernung erkennbar.

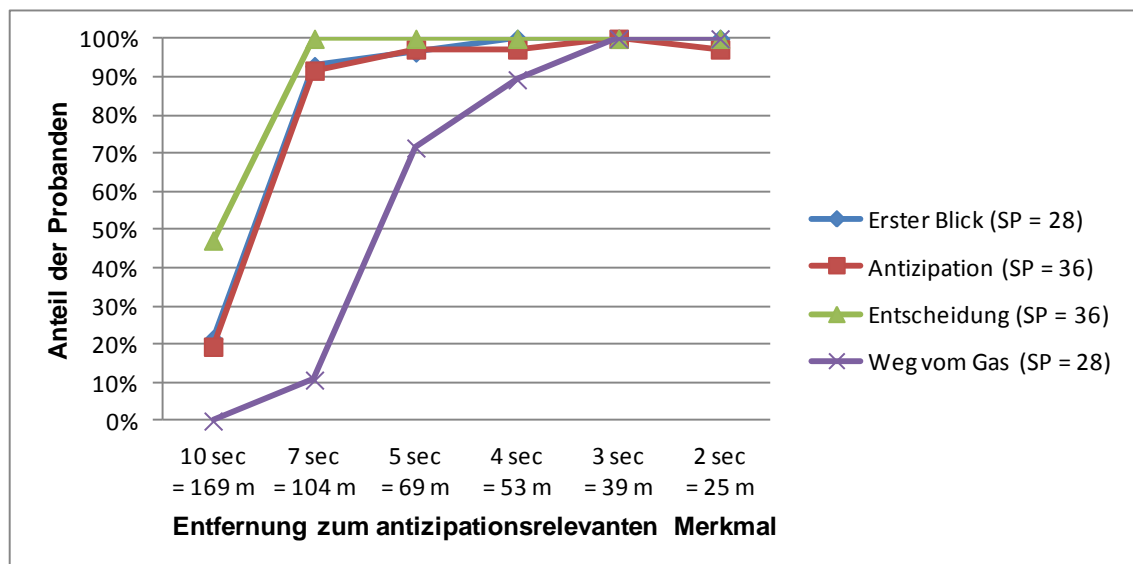
Wahrnehmungs- und Antizipations- und Entscheidungsleistung lagen in diesem Fall sehr eng beieinander, die beiden ersteren waren sogar beinahe identisch: Zwar war die Ampel in dieser Situation bereits 10 sec (169 m) vor dem Eintreffen des Fahrers gut zu erkennen, aber sie tatsächlich wahrgenommen (und entsprechend antizipiert) haben nur circa ein Fünftel der Teilnehmer. Demgegenüber waren es drei Sekunden später

<sup>36</sup> Bei einem Teilnehmer konnte der Reaktionszeitpunkt aufgrund fehlender Blickdaten nicht ermittelt werden (vgl. Kapitel 10.2.3). Weitere 2 Probanden wurden von der Analyse ausgeschlossen, weil sie so langsam fuhren (unter 35 km/h), dass die Ampel zum Zeitpunkt des ersten Blicks bereits grünes Licht anzeigte und somit keine Handlungsnotwendigkeit gegeben war.

(bei 7 sec bzw. 104 m Entfernung) schon über 90% und spätestens 4 sec (53 m) vor deren Erreichen hatte jeder der 28 Probanden<sup>37</sup> die rote Ampel gesehen.

Somit ergab sich insgesamt ein ungefähr negativ exponentieller Verlauf. Der Anteil der Probanden, die während der Annäherung an das antizipationsrelevante Merkmal jeweils schon mit einer Geschwindigkeitsreduktion begonnen hatten, verlief hingegen eher s-förmig. Bei einer Entfernung von 10 sec (169 m) hatte noch keiner der Teilnehmer reagiert und bei 7 sec (104 m) gerade einmal drei von 28 Probanden. Dafür lag die Quote zwei Sekunden später (5 sec bzw. 69 m vom Merkmal entfernt) bereits bei über 70% und eine weitere Sekunde darauf (in einer Entfernung von 4 sec bzw. 53 m) waren es fast 90% der Teilnehmer. Die übrigen 3 Personen ließen das Gaspedal erst 3 sec (39 m) vor der Ampel los.

Eine Übersicht der o.g. Resultate findet sich in Abbildung 10-28.



**Abbildung 10-28** Durchschnittliche Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistungen in Situation 13 (über die sechs Messzeitpunkte hinweg)

### 10.3.2 Die Lücke zwischen Wahrnehmungs-, Antizipations- und Entscheidungsleistung versus Reaktionsleistung

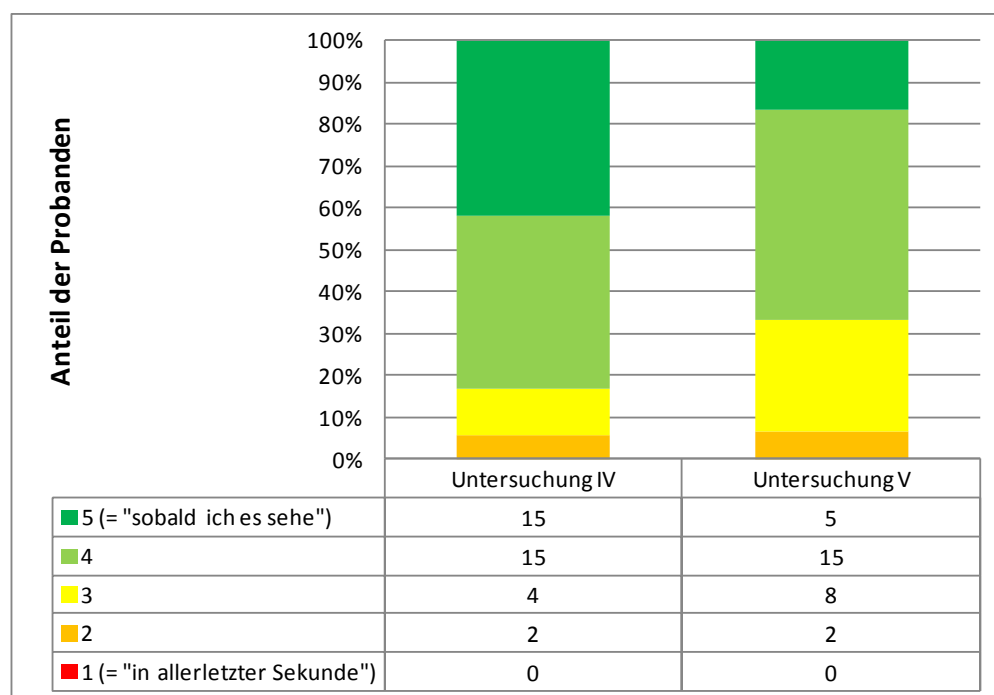
Wie in Abbildung 10-16 bis Abbildung 10-28 zu sehen ist, klaffte z.T. eine erhebliche Lücke zwischen Wahrnehmungs-, Antizipations- und Entscheidungsleistung auf der einen Seite und der Reaktionsleistung auf der anderen Seite. Um einen Hinweis darauf zu erhalten, inwieweit dies auf eine bewusste Entscheidung des Fahrers zurückzuführen

<sup>37</sup> Bei 2 Teilnehmern konnten die Reaktionszeitpunkte aufgrund fehlender Blickdaten nicht ermittelt werden (vgl. Kapitel 10.2.3).

ren ist, wurden die 36 Teilnehmer von Untersuchung IV sowie die 30 Teilnehmer von Untersuchung V darum gebeten auf einer 5-stufigen Ratingskala anzugeben, wann sie normalerweise ihre Geschwindigkeit verringern (wobei gilt: 5 = „sobald ich es sehe“, 1 = „in allerletzter Sekunde“).

Obwohl die Teilnehmer in Untersuchung IV nach eigenen Angaben eine kleinere Zeitspanne zwischen Wahrnehmung und Handlung verstreichen ließen als dies bei den Teilnehmern in Untersuchung V der Fall war ( $M_{IV} = 4.19$ ,  $SD_{IV} = 0.86$ ;  $M_V = 3.77$ ,  $SD_V = 0.82$ ;  $t(64) = 2.064$ ;  $p = .04$ ), so erklärten doch in beiden Stichproben mehr als die Hälfte der Probanden, dass sie normalerweise nicht sofort auf ein wahrgenommenes Hindernis reagieren. Einige wenige (jeweils 2 Pbn in Untersuchung IV und V) behaupteten sogar mit ihrer Reaktion fast bis zur allerletzten Sekunde zu warten.

Abbildung 10-29 gibt die Verteilung der Antworten in den beiden Stichproben noch einmal in der Übersicht wieder.



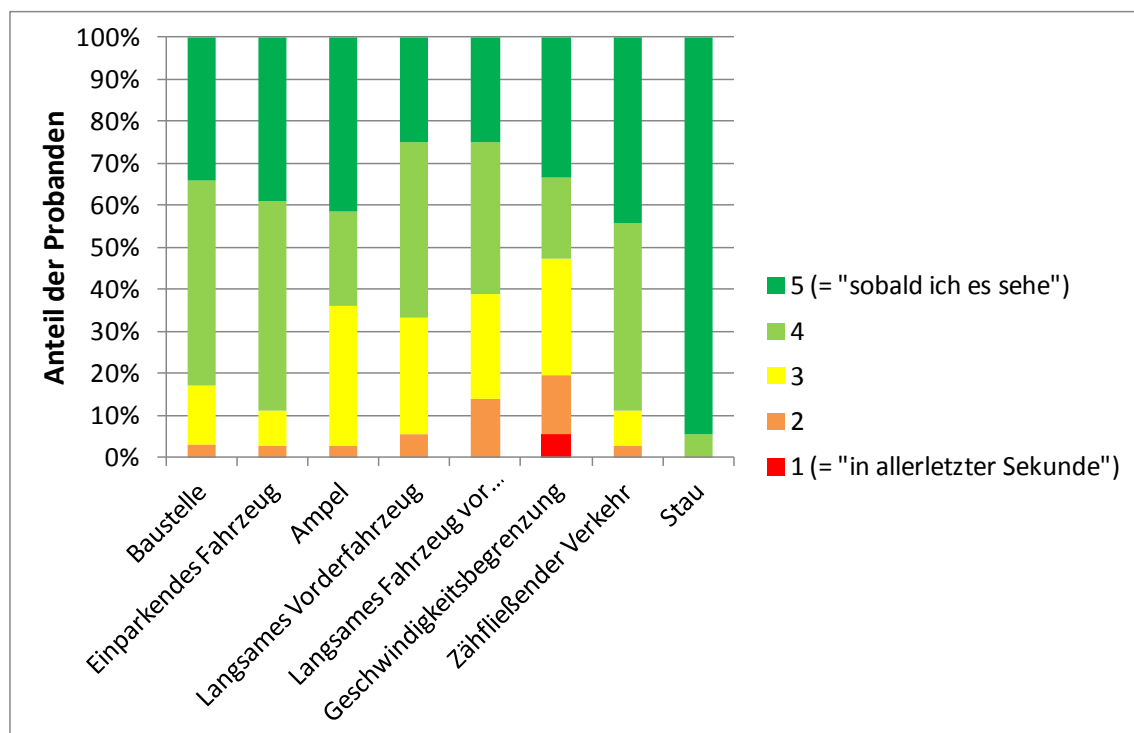
**Abbildung 10-29** Antworten der Probanden in Untersuchung IV und V auf die Frage nach dem normalerweise gewählten Zeitpunkt der Geschwindigkeitsreduktion nach Wahrnehmung eines Hindernisses

Allerdings ist mit diesen Aussagen immer noch nicht geklärt, warum in manchen Situationen größere Zeitabstände zwischen Wahrnehmung und Handlung bestanden als in anderen. Zu diesem Zweck erhielten die Teilnehmer in Untersuchung IV im Abschlussfragebogen überdies die Aufgabe, die o.g. Einstufung des Zeitpunkts der Geschwindigkeitsreduktion für die acht zuvor dargebotene Situationskategorien getrennt vorzunehm-

men („Baustelle“, „einparkendes Fahrzeug“, „Ampel“, „langsames Vorderfahrzeug“, „Langsames Fahrzeug vor Vorderfahrzeug“, „Geschwindigkeitsbegrenzung“, „zähfließender Verkehr“ und „Stau“).

Wie man in Abbildung 10-30 sehen kann, würden 34 der 36 Probanden unmittelbar nach dem Erkennen eines Staus ihre Geschwindigkeit reduzieren. Bei einer Geschwindigkeitsbegrenzung würden dies dagegen lediglich 12 Probanden tun. Zwei Probanden würden sogar bis zur „allerletzten Sekunde“ damit warten. Die Antworten zu den anderen Situationskategorien liegen irgendwo zwischen diesen beiden Extremen, wobei die Bereitschaft zur frühzeitigen Reaktion bei den Kategorien „zähfließender Verkehr“, „Baustelle“ und „einparkendes Fahrzeug“ etwas größer war als bei Ampeln sowie langsamen Fahrzeugen, die sich mittelbar oder unmittelbar vor dem Fahrer befinden.

Alles in allem lassen diese Ergebnisse darauf schließen, dass die Zeitlücke zwischen Wahrnehmung und Reaktion zumindest teilweise auf eine bewusste Entscheidung der Probanden zurückzuführen ist.



**Abbildung 10-30** Situationsspezifisch gewählter Zeitpunkt der Geschwindigkeitsreduktion nach Wahrnehmung eines Hindernisses (Untersuchung IV)

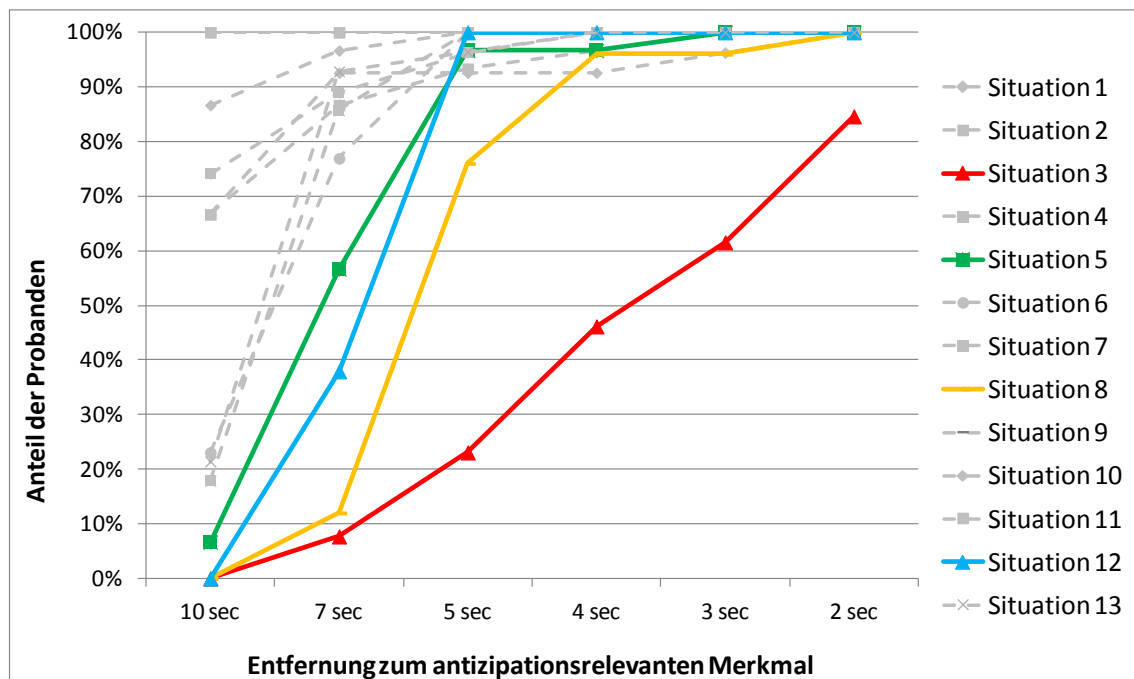
### 10.3.3 Situative Leistungsunterschiede

Vergleicht man die **Wahrnehmungsleistungen** der Probanden in den 13 dargebotenen Situationen miteinander, so zeigte sich i.d.R., dass spätestens in einer Entfernung von 7 sec zum Antizipationsmerkmal mehr als drei Viertel der Probanden den Blick dorthin gerichtet hatten und es spätestens bei 5 sec mehr als 90% der Teilnehmer gesehen hatten. Noch frühzeitiger wurden langsam fahrende Vorderfahrzeuge fixiert (Situationen 7, 9, 10 und 11).

Demgegenüber gab es vier Situationen, in denen die Wahrnehmung deutlich später erfolgte, und zwar die Situationen 3, 5, 8 und 12. In all diesen Situationen verhinderte jeweils eine vorgelagerte Kurve die frühzeitige Wahrnehmung des Antizipationsmerkmals: in Situation 5 war es bei einer Entfernung von 10 sec erst seit kurzem für den Fahrer sichtbar, in den Situationen 3, 8 und 12 überhaupt noch nicht. Hier bestand erst beim darauffolgenden Messzeitpunkt (7 sec) überhaupt eine Chance für den Fahrer, das Antizipationsmerkmal zu erblicken.

Während aber in den beiden innerstädtischen bzw. Landstraßen-Situationen 5 und 12 die Wahrnehmung nach dem Sichtbarwerden des Merkmals schnell nachgeholt wurde und spätestens bei 5 sec eine mit den übrigen Situationen vergleichbare Quote von mehr als 90% erreicht wurde, gestaltete sich dies in den beiden Autobahnsituationen 3 und 8 weitaus schwieriger. Für die Wahrnehmung des Verkehrsstaus in Situation 8 benötigten die Probanden im Mittel etwa 1 Sekunde länger als in den anderen Situationen und erreichten erst bei einer Entfernung von 4 sec eine Wahrnehmungsquote jenseits der 90%. Noch extremer verhielt es sich in Situation 3, bei der der Fahrer ein Tempolimit auf der Autobahn erkennen sollte. Hier lag die Wahrnehmungsleistung selbst in einer Entfernung von 5 sec noch bei weniger als 25% und auch 2 sec vor dem Schild lag der Anteil der erfolgten Blicke mit knapp 85% noch unter der 90%-Marke.

In Abbildung 10-31 sind die Wahrnehmungsleistungen in den 13 dargebotenen Situationen noch einmal im Überblick dargestellt, wobei die o.g. vier Situationen mit auffallend später Wahrnehmung farblich hervorgehoben wurden (Situation 5 in grün, Situation 12 in hellblau, Situation 8 in orangerot und Situation 3 in rot).



**Abbildung 10-31** Wahrnehmungsleistungen in allen 13 Situationen über die 6 Messzeitpunkte hinweg (Situationen mit auffallend später Wahrnehmung wurden farblich hervorgehoben)

Bei den Variablen „**Antizipationsleistung**“ und „**Entscheidungsleistung**“ gab es sehr viel größere situationsspezifische Unterschiede als bei der Wahrnehmungsleistung. Allerdings galt auch hier in immerhin 8 der 13 untersuchten Situationen: Spätestens 7 sec vor Erreichen des relevanten Merkmals hatten sich mehr als drei Viertel der Probanden für eine Geschwindigkeitsreduktion entschieden und dies anhand des Antizipationsmerkmals begründen können; ab einer Entfernung von 5 sec waren es dann knapp 90% der Teilnehmer.

Mehr oder weniger große Schwierigkeiten bei Antizipation und Entscheidung traten hingegen in den Situationen 1, 3, 5, 8 und 11 auf. Drei davon – die Situationen 3, 5 und 8 – sind schon wegen der vergleichsweise späten Wahrnehmungsleistungen der Probanden aufgefallen. In diesen drei Situationen wurde das Antizipationsmerkmal zunächst von einer vorgelagerten Kurve verdeckt, so dass die späte Antizipation und Handlungsentscheidung zumindest teilweise den mit diesen Situationen verbundenen Wahrnehmungsschwierigkeiten geschuldet sind.

Hinzu kommen noch die beiden Situationen 1 und 11, bei denen trotz frühzeitiger Wahrnehmung erst relativ spät antizipiert und entschieden wurde.

In Situation 11 wurde das zweite (weiter entfernte) der beiden Vorderfahrzeuge schon sehr früh fixiert (alle Teilnehmer hatten es bereits bei einer Entfernung von spätestens 10 sec gesehen); Aber die Antizipation, dass es aufgrund seiner langsameren Ge-



schwindigkeit das unmittelbare Vorderfahrzeug bald zum Verzögern bringen wird – und in der Folge auch der Fahrer im Egofahrzeug die Geschwindigkeit reduzieren muss – dauerte deutlich länger. Selbst bei einer Entfernung von 7 sec zum zweiten Vorderfahrzeug hatte erst etwa die Hälfte der Teilnehmer richtig antizipiert und sich zum Verlangsamen entschieden. Bei einer Zeitlücke von 5 sec waren es dann immerhin mehr als drei Viertel und bei noch späteren Messungen lag die Quote bei etwa 90%.

In Situation 1 wurde das Geschwindigkeitsbegrenzungs-Schild (50 km/h) ebenfalls relativ früh fixiert (mehr als 90% der Teilnehmer hatten es spätestens in einer Entfernung von 7 sec fixiert). Die entsprechende Antizipation und Handlungsentscheidung erfolgte hingegen erst sehr viel später. Selbst in 5 bzw. 4 sec Entfernung zum Schild hat gerade einmal die Hälfte der Teilnehmer antizipiert bzw. eine Geschwindigkeitsreduktion beschlossen. Erst bei einem Abstand von nur 3 sec wurde eine Quote von über 75% erzielt und erst bei 2 sec lag der Anteil richtiger Antworten bei mehr als 90%.

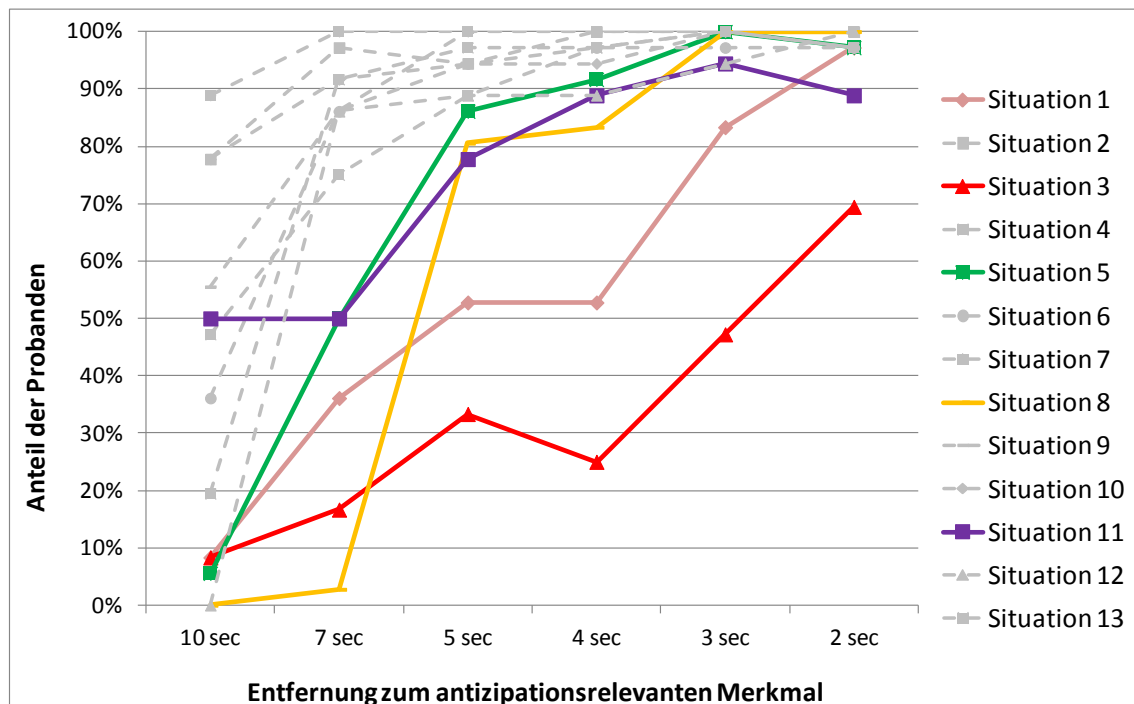
Noch schlechtere Antizipations- und Entscheidungsleistungen wurden lediglich in Situation 3 erbracht, in der es ebenfalls ein Geschwindigkeitslimit zu erkennen galt - allerdings diesmal auf der Autobahn, mit einer Ausgangsgeschwindigkeit von 120 km/h und einer erforderlichen Temporeduktion auf 100 km/h. Erschwerend kam noch eine vorgelegte Kurve hinzu, die das Schild zunächst verdeckte.

Dass letzteres nicht der alleinige Grund für die außerordentlich späte Antizipation und Entscheidung gewesen sein kann, zeigen die Leistungen in den Situationen 5 und 8: Dort wurde trotz der anfänglichen Wahrnehmungsbehinderung aufgrund einer Kurve immerhin bei einer Entfernung von 5 sec die 75%-Marke überschritten und 1-2 Sekunden später von annähernd 90% der Teilnehmer die richtige Antizipation und Entscheidung formuliert. In Situation 3 hingegen hatten selbst in einer Entfernung von 3 sec noch nicht einmal die Hälfte der Probanden zutreffend antizipiert und entschieden. Eine Sekunde später (also bei einer Zeitlücke von nur noch 2 sec bis zum Schild) waren es dann gerade einmal ca. 70%.

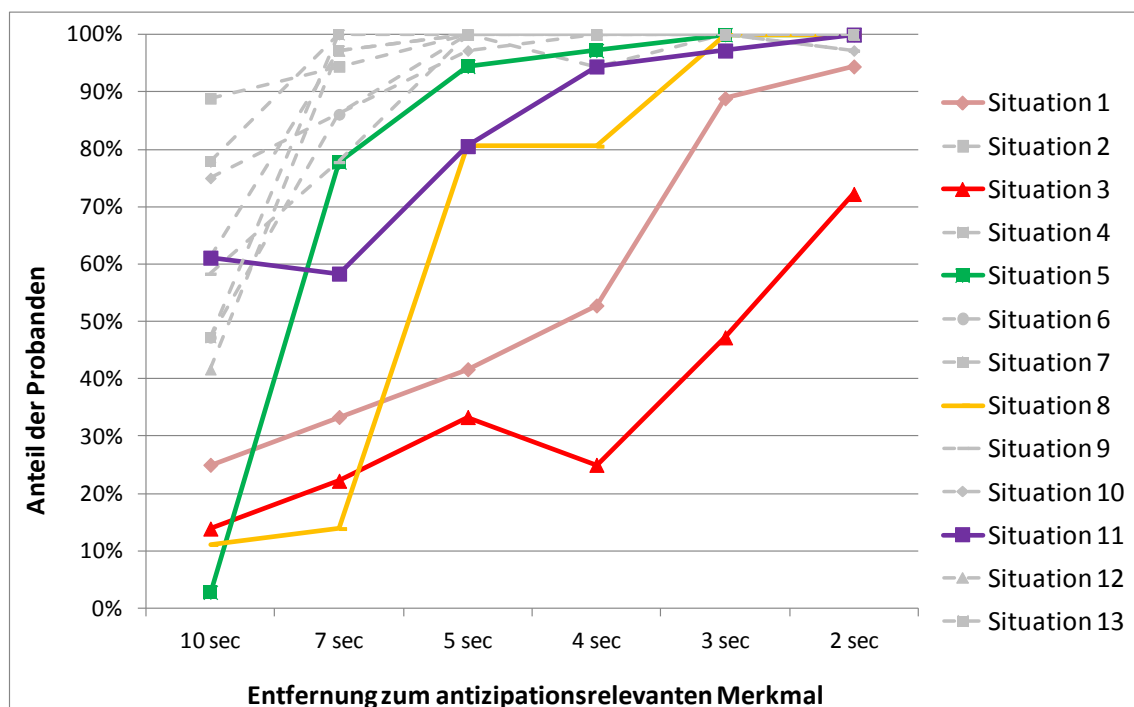
Abbildung 10-32 zeigt eine Zusammenfassung der Antizipationsleistungen in den untersuchten 13 Situationen. Die fünf zuvor erwähnten Situationen mit besonders später Antizipation wurden farblich hervorgehoben: die Situationen 3, 5 und 8, welche bereits im Zusammenhang mit der Wahrnehmungsleistung aufgefallen sind, wurden wieder in rot, grün bzw. orangerot dargestellt. Für die darüber hinaus auffällig gewordenen Situationen 1 und 11 wurden die Farben rosa und lila gewählt.

Ein beinahe identisches Bild ergab sich hinsichtlich der Entscheidungsleistungen, wie ein Vergleich von Abbildung 10-32 mit Abbildung 10-33 zeigt. Auch hier war die rot markierte Leistung in Situation 3 am schlechtesten und in Situation 1 (rosa) am

zweitschlechtesten, wohingegen die Leistungen in den Situationen 8 (orangerot), 11 (lila) und 5 (grün) nur ein wenig unter denen in den übrigen Situationen lagen.



**Abbildung 10-32** Antizipationsleistungen in allen 13 Situationen über die 6 Messzeitpunkte hinweg (Situationen mit auffallend später Antizipation wurden farblich hervorgehoben)



**Abbildung 10-33** Entscheidungsleistungen in allen 13 Situationen über die 6 Messzeitpunkte hinweg (Situationen mit auffallend später Entscheidung wurden farblich hervorgehoben)

Die **Reaktionszeitpunkte** wiesen von allen abhängigen Variablen die größten situationsspezifischen Unterschiede auf. Eine überdurchschnittlich bis durchschnittlich frühe Reaktion war in den vier Situationen mit langsameren Vorderfahrzeugen (Situation 7, 9, 10 und 11), bei der Einfahrt in eine Ortschaft (Situation 2) sowie den frühzeitig sichtbaren Merkmalen „Baustelle“ (Situation 4) sowie „Ampel“ (Situation 13) zu verzeichnen. Hier hatte bei einer Entfernung von 5 sec zum Antizipationsmerkmal bereits mindestens jede zweite Versuchsperson das Gaspedal losgelassen. Bei 4 sec waren es dann schon etwa drei von vier Teilnehmern und spätestens 2 sec vor Erreichen des Merkmals lag die Quote bei über 90%.

Die übrigen 6 Situationen zeichneten sich hingegen durch eine vergleichsweise späte Reaktion aus. Fünf davon (Situation 1, 3, 5, 8 und 12) fielen bereits durch eine vorausgegangene unterdurchschnittliche Wahrnehmung und/oder Antizipation bzw. Entscheidung auf. In der sechsten Situation (Situation 6: Einparkendes Fahrzeug) gab es allerdings keine derartige „Vorgeschichte“: Wahrnehmungs-, Antizipations- und Entscheidungsleistung waren hier vergleichsweise gut und lediglich die entsprechende Handlungsausführung ließ im Mittel deutlich länger auf sich warten.

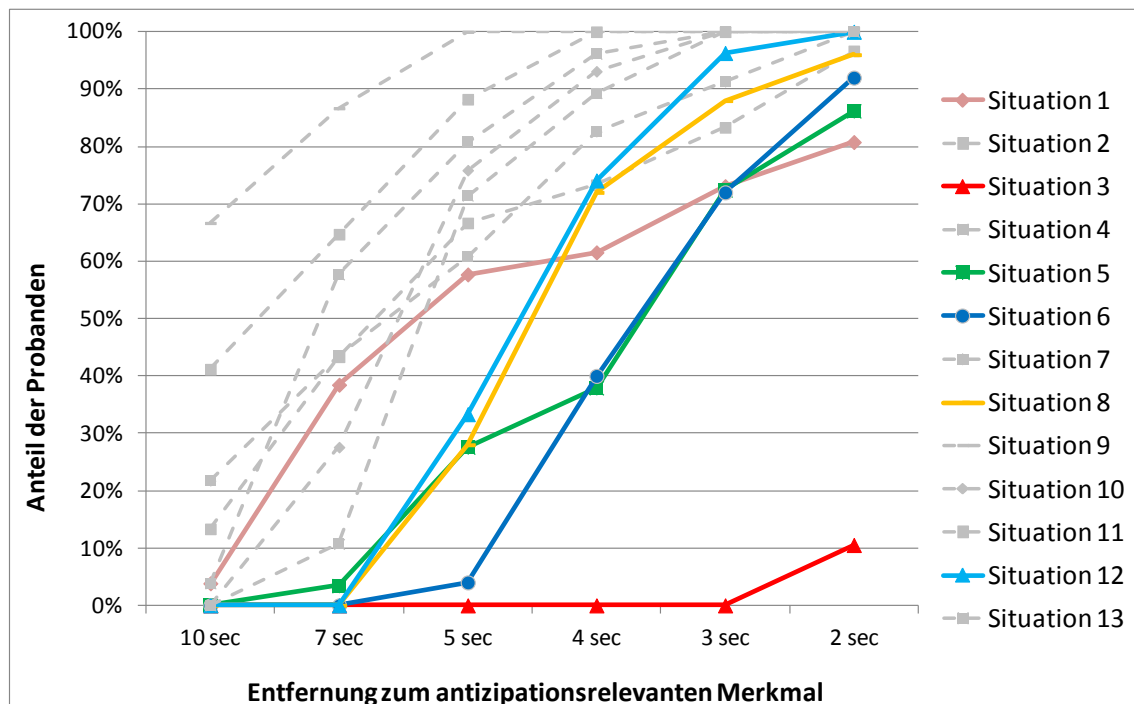
In den beiden Situationen 8 und 12, in denen das Antizipationsmerkmal „Stau“ bzw. „Ampel“ jeweils zunächst hinter einer Kurve verborgen war, reagierten zwar bei den „frühen“ Messzeitpunkten (10 sec, 7 sec und 5 sec) deutlich weniger Probanden – aber eine Sekunde später (bei einer Entfernung von 4 sec) wurde schließlich eine mit den sieben „guten“ Situationen vergleichbare Quote von ca. 75% erzielt.

Einen ähnlichen Verlauf, der allerdings auf der Achse um ca. 1 sec nach „rechts“ (d.h. zum Merkmal hin) verschoben ist, nahmen die Reaktionsleistungen in den Situationen 5 und 6, in denen es eine Baustelle hinter einer Kurve bzw. ein einparkendes Fahrzeug zu erkennen galt. Hier hatte in einer Entfernung von 4 sec gerade einmal ein gutes Drittel der Teilnehmer den Fuß vom Gaspedal genommen und erst bei 3 sec lag der Anteil zumindest bei knapp drei von vier Teilnehmern.

Dazwischen lagen die Reaktionsleistungen bei Situation 1, in der eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 70 auf 50 km/h gefordert war. Während der Anteil erfolgreicher Reaktionen zunächst ebenso stark anstieg wie in den Situationen mit überdurchschnittlich guten Leistungen und 5 sec vor Erreichen des Schilds bereits mehr als die Hälfte der Probanden umfasste, ließ sich die andere Hälfte deutlich mehr Zeit: Erst bei einer Entfernung von 3 sec wurde die 75%-Quote zumindest knapp erreicht und etwa jeder Fünfte hatte selbst beim letzten Messzeitpunkt (2 sec vor Erreichen des Schilds) noch immer den Fuß auf dem Gaspedal.

Fast nicht vorhanden waren die Reaktionen schließlich in Situation 3, in der es ebenfalls um eine Geschwindigkeitsbegrenzung ging – diesmal allerdings von 120 auf 100 km/h auf der Autobahn. Hier hatte sogar bei einer Zeitlücke von nur noch 3 sec noch kein einziger Proband reagiert; bei 2 sec war es gerade einmal jeder Zehnte.

In Abbildung 10-34 sind die Reaktionsleistungen in den 13 Situationen im Zusammenhang dargestellt. Ebenso wie in den vorangegangenen Abbildungen wurden die o.g. sechs Situationen mit unterdurchschnittlichen Leistungen farbig markiert. Die fünf Situationen, welche schon beim Vergleich der Wahrnehmungs-, Antizipations- und/oder Entscheidungsleistungen auffielen, wurden in dieselben Farbtönen wie zuvor dargestellt (Situation 1 in rosa, Situation 3 in rot, Situation 5 in grün, Situation 8 in orangerot und Situation 12 in hellblau). Für die „neue“ Situation 6 wurde ein dunkelblauer Farbton gewählt.



**Abbildung 10-34** Reaktionsleistungen in allen 13 Situationen über die 6 Messzeitpunkte hinweg (Situationen mit auffallend später Reaktion wurden farblich hervorgehoben)

### 10.3.4 Interindividuelle Leistungsunterschiede und deren Ursachen

Neben den aus Abbildung 10-31 bis Abbildung 10-34 abzulesenden ausgeprägten situativen Unterschieden im Hinblick auf Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsverhalten der Probanden waren auch sehr große interindividuelle Unterschiede zu verzeichnen.

Bildet man (so wie in Kapitel 10.2.6, S. 184 ff., erläutert) für jeden Teilnehmer je einen Gesamtwert seiner Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistungen über alle 13 Situationen hinweg so zeigt sich:

- Bei der **Wahrnehmungsleistung** kam der schlechteste Proband auf 235 von 403 Punkten, der beste auf 340 Punkte.
- Von 403 möglichen Punkten bei der **Antizipationsleistung** erzielte der schwächste Teilnehmer 172 Punkte, der stärkste 325 Punkte.
- Die schlechteste **Entscheidungsleistung** eines Probanden lag bei 0.798 (auf einer Skala von 0 bis 1), die beste bei 0.961.
- Während der am wenigsten vorausschauende Fahrer bei der **Reaktionsleistung** lediglich 99 von 403 Punkten erreichte, schaffte der vorausschauendste Teilnehmer 225 Punkte.

Die vier abhängigen Variablen waren in der Stichprobe normalverteilt.

Bei der Wahrnehmungsleistung erzielten die Probanden im Mittel 292.88 von 403 Punkten ( $SD = 27.58$ ); die Entscheidungsleistung lag im Durchschnitt bei 0.89 (von maximal 1.0) ( $SD = .04$ ). Die mittlere Antizipationsleistung betrug 269.03 (von maximal 403 Punkten) ( $SD = 36.12$ ) und die durchschnittliche Reaktionsleistung 168.45 (von 403 Punkten) ( $SD = 27.58$ ).

Dass eine Selbsteinschätzung der Probanden kaum dazu imstande ist, derartige individuelle Unterschiede aufzudecken, kann man an den Antworten auf die Frage ablesen, „als wie vorausschauend“ die Teilnehmer von Untersuchung IV und V ihre Fahrweise bezeichnen würden.

Es wurde kein signifikanter Unterschied im Antwortverhalten der beiden Stichproben festgestellt ( $t(64) = -.70$ ,  $p = .49$ ). Auf einer 5-stufigen Skala (mit 1 = „überhaupt nicht vorausschauend“ und 5 = „sehr vorausschauend“) kreuzten in beiden Stichproben jeweils 10 Personen „5“ an (= 28% bzw. 33% der Teilnehmer), 19 bzw. 16 Personen „4“ (= jeweils 53%) und 7 bzw. 4 Personen „3“ (= 19% bzw. 13%). Als unterdurchschnittlich vorausschauend (d.h. „1“ oder „2“) beschrieb sich kein einziger der getesteten 66 Probanden.

Zudem korrespondierten die Selbsteinschätzungen der Probanden kaum mit den objektiven Messungen ihres Fahrverhaltens: der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman ergab gerade einmal einen Zusammenhang von .12 zwischen den beiden Werten. Die Zusammenhänge mit den übrigen Variablen waren sogar negativ (-.12 bzgl. Wahrnehmung, -.07 bzgl. Antizipation und -.14 bzgl. Entscheidung).

Dennoch sahen die meisten Probanden noch Verbesserungspotenzial hinsichtlich ihres Fahrverhaltens: Mehr als 80% der Teilnehmer (22 von 27 Probanden<sup>38</sup>) in Untersuchung V antworteten auf die Frage nach einem – wie auch immer gearteten – System zur Unterstützung vorausschauenden Fahrens, dass sie dieses „unbedingt“ bzw. „gerne“ würden haben wollen. Die übrigen 5 Probanden zogen es mit der Antwort „teils/teils“ zumindest in Erwägung (4 Pbn) bzw. schlossen es mit „vielleicht“ (1 Pb) nicht komplett aus.

Im Folgenden wird der Frage nachgegangen, worauf die festgestellten interindividuellen Leistungsunterschiede zurückzuführen sind. Wie schon in Untersuchung III wurden auch für die Untersuchungen IV und V die Faktoren Geschlecht, Alter, Fahrpraxis, Feldunabhängigkeit und Interferenzneigung als mögliche Erklärung in Betracht gezogen. Zur Überprüfung dieser Vermutung wurden multiple lineare Regressionsanalysen mit den abhängigen Variablen Wahrnehmungsleistung, Antizipationsleistung, Entscheidungsleistung und Reaktionsleistung durchgeführt.

Testet man den Einfluss der o.g. Faktoren auf die **Wahrnehmungsleistung**, so wird weder das gesättigte Regressionsmodell (das alle 5 unabhängigen Variablen enthält) noch eines der mit Hilfe der schrittweisen Rückwärts-Methode reduzierten Modelle signifikant ( $F(5, 24) = .44$  und  $p = .81$  für das gesättigte Modell;  $F(1, 28) = 1.54$  und  $p = .23$  für das reduzierte Modell, das nur noch den stärksten Faktor, „Alter“, enthält). Offenbar kann also keiner der getesteten Faktoren die interindividuellen Unterschiede in der Wahrnehmungsleistung hinreichend erklären.

Betrachtet man den Einfluss der 5 Faktoren auf die **Antizipationsleistung**, dann wird hingegen bereits das gesättigte Regressionsmodell signifikant ( $F(5, 30) = 2.79$ ,  $p = .04$ ). Der Anteil der aufgeklärten Varianz ist laut Cohen (1988) mittelgroß ( $R^2 = .32$ ; angepasstes  $R^2 = .20$ ).

Von den getesteten 5 Variablen hatte aber lediglich das Alter einen signifikanten Einfluss auf die Antizipationsleistung (standardisierter Koeffizient = -.451). Das Geschlecht hatte einen tendenziell signifikanten Effekt (standardisierter Koeffizient = .323) (vgl. Tabelle 10-6).

---

<sup>38</sup> Die übrigen drei Teilnehmer machten bei dieser Frage keine Angaben.

**Tabelle 10-6** Koeffizienten von Untersuchung IV, die in die Gleichung des gesättigten Regressionsmodells mit aufgenommen wurden (abhängige Variable: Antizipationsleistung)

|                           | <b>B (unstandardisiert)</b> | <b>Standardfehler von B (unstandardisiert)</b> | <b>Beta (standardisiert)</b> | <b>t</b> | <b>p</b> |
|---------------------------|-----------------------------|--|------------------------------|----------|----------|
| <b>(Konstante)</b>        | 289.022                     | 40.451   | ---                          | 7.145    | < .001   |
| <b>Interferenzneigung</b> | -.024                       | .439   | -.009                        | -.055    | .956     |
| <b>Geschlecht</b>         | 23.006                      | 11.842   | .323                         | 1.943    | .061     |
| <b>Alter</b>              | -1.177                      | .480   | -.451                        | -2.450   | .020     |
| <b>Feldunabhängigkeit</b> | .150                        | 1.457  | .019                         | .103     | .919     |
| <b>Fahrpraxis</b>         | 5.891                       | 6.768  | .135                         | .870     | .391     |

Verwendet man die schrittweise Rückwärts-Methode, d.h. beginnt mit dem gesättigten Regressionsmodell und schließt dann jeweils diejenigen unabhängigen Variablen mit dem kleinsten partiellen Korrelationskoeffizienten aus, soweit der zugehörige Regressionskoeffizient nicht signifikant ist, dann bleiben Alter und Geschlecht als einzige Einflussfaktoren übrig. Die Variablen Fahrpraxis, Interferenzneigung und Feldunabhängigkeit werden hingegen aus der Regressionsgleichung ausgeschlossen.

Das reduzierte Regressionsmodell ist hochsignifikant ( $F(2, 33) = 7.05$ ,  $p < .01$ ), wobei sich die aufgeklärte Varianz gegenüber dem gesättigten Modell geringfügig verbessert ( $R^2 = .30$ ; angepasstes  $R^2 = .26$ ).

Tabelle 10-7 zeigt die Koeffizienten der verbliebenen zwei Variablen.

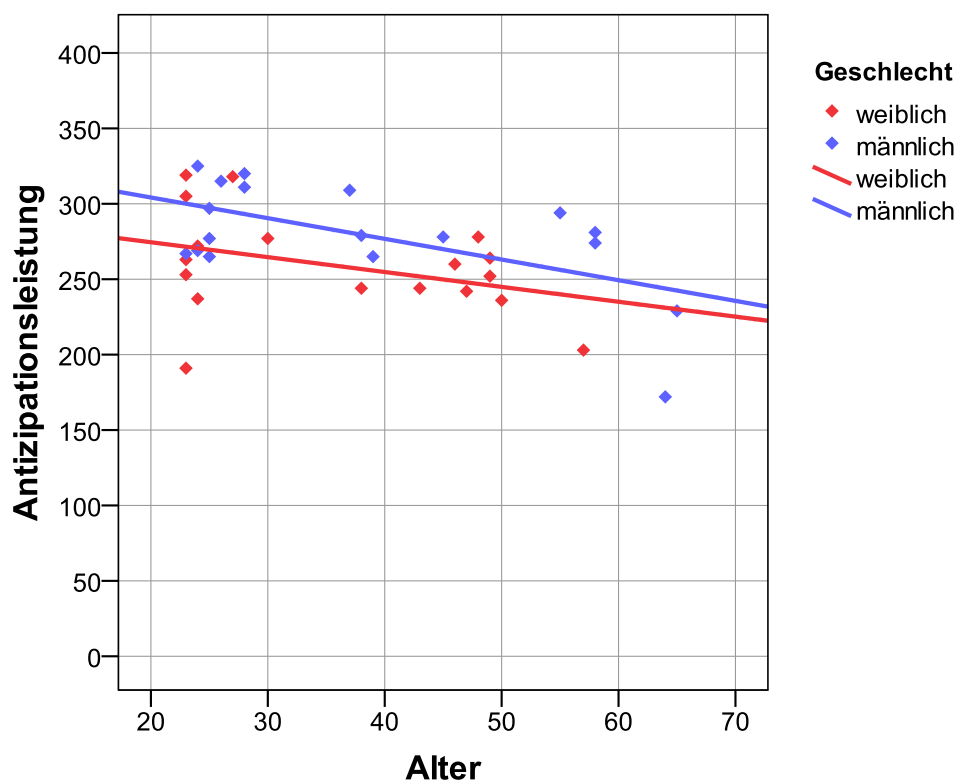
**Tabelle 10-7** Koeffizienten aus Untersuchung IV, die in die Gleichung des reduzierten Regressionsmodells mit aufgenommen wurden (abhängige Variable: Antizipationsleistung)

|                    | <b>B (unstandardisiert)</b> | <b>Standardfehler von B (unstandardisiert)</b> | <b>Beta (standardisiert)</b> | <b>t</b> | <b>p</b> |
|--------------------|-----------------------------|--|------------------------------|----------|----------|
| <b>(Konstante)</b> | 302.567                     | 15.559   | ---                          | 19.447   | < .001   |
| <b>Geschlecht</b>  | 23.207                      | 10.414   | .326                         | 2.229    | .033     |
| <b>Alter</b>       | -1.218                      | .382   | -.467                        | -3.192   | .003     |

Demnach zeigten Frauen eine signifikant geringere Antizipationsleistung als Männer, was bei einem standardisierten Koeffizienten von .326 auch praktische Bedeutung hat.

Des Weiteren wurde die Antizipationsleistung in der getesteten Altersgruppe (23 bis 65 Jahre) mit zunehmendem Alter hochsignifikant schlechter. Auch hier kann aufgrund des standardisierten Beta-Gewichts von  $-.467$  von einem bedeutsamen Effekt gesprochen werden.

In Abbildung 10-35 sind die Auswirkungen von Alter und Geschlecht auf die Antizipationsleistung in einem Streudiagramm dargestellt, wobei auch die geschlechtsspezifischen Regressionsgeraden eingezeichnet wurden.



**Abbildung 10-35** Streudiagramm der altersspezifischen Antizipationsleistungen (erreichte Punkte von 403 möglichen Punkten) von Frauen (rot) und Männern (blau) zusammen mit den jeweiligen Regressionsgeraden

Ein vergleichbares Ergebnis zeigte sich bei der **Entscheidungsleistung**: Auch hier wurde bereits das gesättigte Modell (mit allen 5 Faktoren) signifikant ( $F(5, 30) = 3.09$ ,  $p = .02$ ) und der Anteil der aufgeklärten Varianz war laut Cohen (1988) mittelgroß ( $R^2 = .34$ ; angepasstes  $R^2 = .23$ ).

Einen signifikanten Einfluss auf die Entscheidungsleistung hatten von diesen 5 Variablen aber nur zwei, nämlich Alter (standardisierter Koeffizient =  $-.479$ ) und Geschlecht (standardisierter Koeffizient =  $.363$ ) (vgl. Tabelle 10-8).



**Tabelle 10-8** Koeffizienten von Untersuchung IV, die in die Gleichung des gesättigten Regressionsmodells mit aufgenommen wurden (abhängige Variable: Entscheidungsleistung)

|                           | <b>B (unstandardisiert)</b> | <b>Standardfehler von B (unstandardisiert)</b> | <b>Beta (standardisiert)</b> | <b>t</b> | <b>p</b> |
|---------------------------|-----------------------------|--|------------------------------|----------|----------|
| <b>(Konstante)</b>        | .989                        | .046   | ---                          | 21.316   | < .001   |
| <b>Interferenzneigung</b> | <.001                       | .001   | -.147                        | -.079    | .387     |
| <b>Geschlecht</b>         | .030                        | .014   | .363                         | 2.222    | .034     |
| <b>Alter</b>              | -.001                       | .001   | -.479                        | -2.645   | .013     |
| <b>Feldunabhängigkeit</b> | -.001                       | .002   | -1.06                        | -.573    | .571     |
| <b>Fahrpraxis</b>         | -.009                       | .008   | -.175                        | -1.147   | .261     |

Genau diese beiden Variablen, d.h. Alter und Geschlecht, blieben auch bei der schrittweisen Rückwärts-Methode als Einflussfaktoren übrig, während die Variablen Fahrpraxis, Interferenzneigung und Feldunabhängigkeit aus der Regressionsgleichung ausgeschlossen wurden.

Das reduzierte Regressionsmodell ist hochsignifikant ( $F(2, 33) = 6.37, p < .01.$ ), wobei sich die aufgeklärte Varianz gegenüber dem gesättigten Modell auch hier wieder minimal verbessert ( $R^2 = .28$ ; angepasstes  $R^2 = .24$ ).

In Tabelle 10-9 sind die Koeffizienten der verbliebenen zwei Variablen aufgelistet.

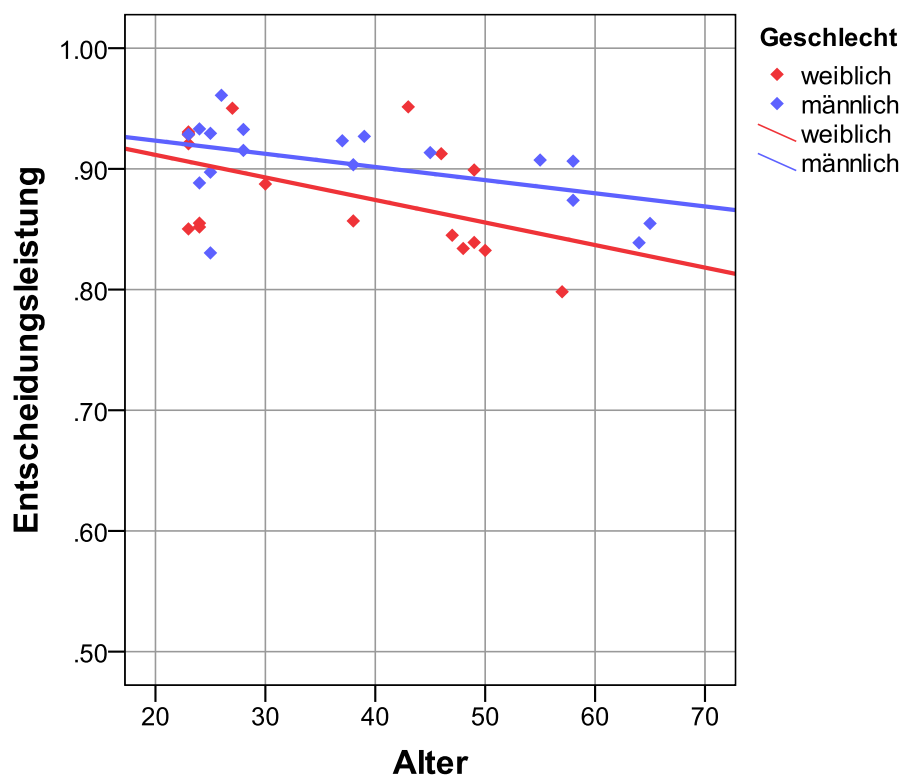
**Tabelle 10-9** Koeffizienten aus Untersuchung IV, die in die Gleichung des reduzierten Regressionsmodells mit aufgenommen wurden (abhängige Variable: Entscheidungsleistung)

|                    | <b>B (unstandardisiert)</b> | <b>Standardfehler von B (unstandardisiert)</b> | <b>Beta (standardisiert)</b> | <b>t</b> | <b>p</b> |
|--------------------|-----------------------------|--|------------------------------|----------|----------|
| <b>(Konstante)</b> | .932                        | .018   | ---                          | 50.615   | < .001   |
| <b>Geschlecht</b>  | .025                        | .012   | .300                         | 2.019    | .052     |
| <b>Alter</b>       | -.001                       | < .001   | -.459                        | -3.097   | .004     |

Wie man aus Tabelle 10-9 ersehen kann, waren bei der Entscheidungsleistung die Frauen wieder signifikant und – mit einem Beta-Gewicht von .300 – auch bedeutsam schlechter als die Männer.

Zugleich nahm die Entscheidungsleistung (zumindest innerhalb der getesteten Altersgruppe 23-65 J.) mit den Jahren linear ab. Dieser Effekt ist hochsignifikant und hat angesichts des hohen standardisierten Koeffizienten ( $-.459$ ) auch praktische Relevanz.

Abbildung 10-36 veranschaulicht die Auswirkungen von Alter und Geschlecht auf die Entscheidungsleistung in einem Streudiagramm zusammen mit den geschlechtsspezifischen Regressionsgeraden.



**Abbildung 10-36** Streudiagramm der altersspezifischen Entscheidungsleistungen (auf einer Skala von 0 bis 1, wobei 0.5 der Ratewahrscheinlichkeit entspricht) von Frauen (rot) und Männern (blau) zusammen mit den jeweiligen Regressionsgeraden

Untersucht man den Einfluss der 5 Faktoren auf die **Reaktionsleistung**, so wird das gesättigte Regressionsmodell nicht signifikant ( $F(5, 24) = 1.02, p = .43$ ). Erst wenn man das Modell mit Hilfe der schrittweisen Rückwärts-Methode reduziert, ergibt sich ein signifikantes Modell ( $F(1, 28) = 5.48, p = .03$ ) mit einer moderaten Effektstärke ( $R^2 = .16$ ; angepasstes  $R^2 = .13$ ). Dieses enthält allerdings nur noch einen einzigen Faktor, nämlich „Alter“.

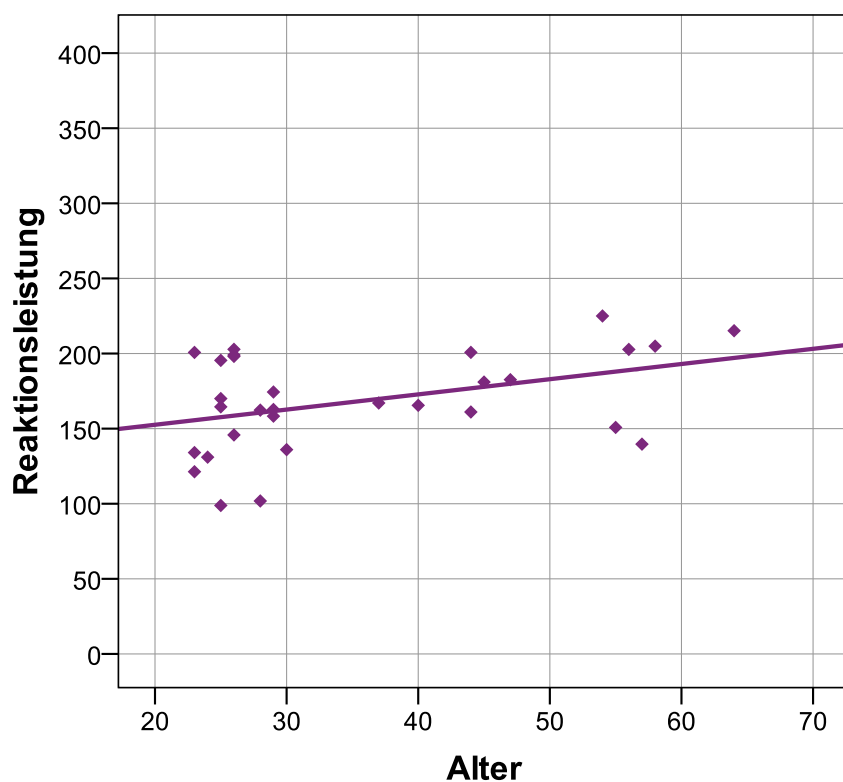
Tabelle 10-10 können die Koeffizienten der übriggebliebenen Variable entnommen werden.

**Tabelle 10-10** Koeffizienten aus Untersuchung V, die in die Gleichung des reduzierten Regressionsmodells mit aufgenommen wurden (abhängige Variable: Reaktionsleistung)

|                    | <b>B (unstandardisiert)</b> | <b>Standardfehler von B (unstandardisiert)</b> | <b>Beta (standardisiert)</b> | <b>t</b> | <b>p</b> |
|--------------------|-----------------------------|--|------------------------------|----------|----------|
| <b>(Konstante)</b> | 132.343                     | 16.395   | ---                          | 8.072    | < .001   |
| <b>Alter</b>       | 1.011                       | .432   | .405                         | 2.341    | .027     |

Wie man an dem standardisierten Beta-Gewicht der Variable „Alter“ (= .405) erkennen kann, wirkte sich im Hinblick auf die Reaktionsleistung (zumindest innerhalb der untersuchten Alterspanne 23-65 J.) ein höheres Alter günstig aus.

Dieser Effekt wird auch in Abbildung 10-37 deutlich, in der die altersspezifischen Reaktionsleistungen in einem Streudiagramm (mit Regressionsgerade) dargestellt sind.



**Abbildung 10-37** Streudiagramm der altersspezifischen Reaktionsleistungen (erreichte Punkte von 403 möglichen Punkten) zusammen mit der Regressionsgerade

Obwohl ältere Versuchsteilnehmer also deutlich später antizipierten und eine schlechtere Entscheidungsleistung zeigten als jüngere Probanden, reagierten sie signifikant früher als diese. Mit anderen Worten: Je älter die Testperson, desto kleiner war die Zeitlücke zwischen den kognitiven Prozessen (d.h. Antizipation und Handlungsentscheidung) einerseits und der tatsächlichen Handlung andererseits. Hierbei gelang es den älteren Personen nicht nur, ihre vergleichsweise späte Antizipation und Entscheidung wieder wettzumachen, sondern sie reagierten sogar noch früher als die jüngeren Probanden dies taten.

### **10.3.5 Die kognitive Beanspruchung und deren Veränderung bei Annäherung an die Antizipationsmerkmale**

Vergleicht man die subjektive Beanspruchung der Probanden während Untersuchung IV mit derjenigen während der Baseline-Fahrt (ohne Anzeigesystem zur Unterstützung vorausschauenden Fahrens) in Untersuchung V, so zeigt sich bei letzterer ein hochsignifikant höherer Wert ( $t(34.67) = -4.36, p < .01$ )<sup>39</sup>.

Bei normalverteilten Werten in beiden Stichproben betrug die durchschnittliche Beanspruchung (gemessen mit dem SEA, dessen Umfang von 0 bis 220 Punkten reicht) in Untersuchung IV nur 37.00 ( $SD = 16.42$ ), wohingegen sie bei Untersuchung V im Mittel bei 76.97 lag ( $SD = 47.95$ ). In Worten entspricht ersteres ungefähr der Aussage „etwas anstrengend“, wohingegen letzteres mit „einigermaßen anstrengend“ übersetzt werden kann (vgl. Eilers et al., 1986). Selbst der höchste Messwert in Untersuchung IV befand sich mit 73 von 220 Punkten immer noch unterhalb des Mittelwerts in Untersuchung V. Demgegenüber kreuzte in Untersuchung V der am stärksten beanspruchte Proband einen Wert von 180 an, was knapp unter dem Ankerbegriff „sehr stark anstrengend“ liegt.

In Untersuchung IV wurde zusätzlich zur Gesamt-Beanspruchung auch gemessen, wie anstrengend jede einzelne der 108 Videosequenzen empfunden wurde. Trennt man zwischen den 78 Videos mit Antizipationsmerkmal (13 Situationen à 6 Videos) einerseits und den 30 Distraktor-Situationen (ohne Antizipationsmerkmal) andererseits und errechnet für beide Untergruppen den Durchschnitt, so zeigen sich bereits an den deskriptiven Werten erhebliche Unterschiede. Die durchschnittliche Beanspruchung in den Situationen mit Antizipationsmerkmal lag bei 36.60 ( $SD = 18.41$ ), d.h. diese wurden als „etwas anstrengend“ eingestuft. Situationen ohne Antizipationsmerkmal hinge-

---

<sup>39</sup> Laut Levene-Test kann nicht von gleichen Varianzen in den beiden Gruppen ausgegangen werden. Statt des t-Tests für unabhängige Stichproben wurde deshalb der Welch-Test verwendet.

gen wurden mit einem Durchschnittswert von 20.78 als „kaum anstrengend“ beurteilt ( $SD = 9.94$ ). Dieser Unterschied ist auch statistisch hochsignifikant, wie ein t-Test bei gepaarten Stichproben zeigt ( $t(35) = 7.076, p < .01$ )<sup>40</sup>.

Betrachtet man nur die 13 Situationen mit Antizipationsmerkmalen, so findet sich bei Annäherung an das jeweilige Merkmal i.d.R. ein deutlicher Anstieg der empfundenen Beanspruchung. Lediglich in vier Situationen (Situation 2 „Stadteinfahrt“, Situation 6 „einparkendes Fahrzeug“ sowie in den beiden „Ampel“-Situationen 12 und 13) betrug die mittlere Differenz zwischen den beiden Extrempunkten (10 sec und 2 sec) höchstens 10 Punkte. In den übrigen 9 Situationen waren hingegen Steigerungen um bis zu 36 Punkte zu verzeichnen.

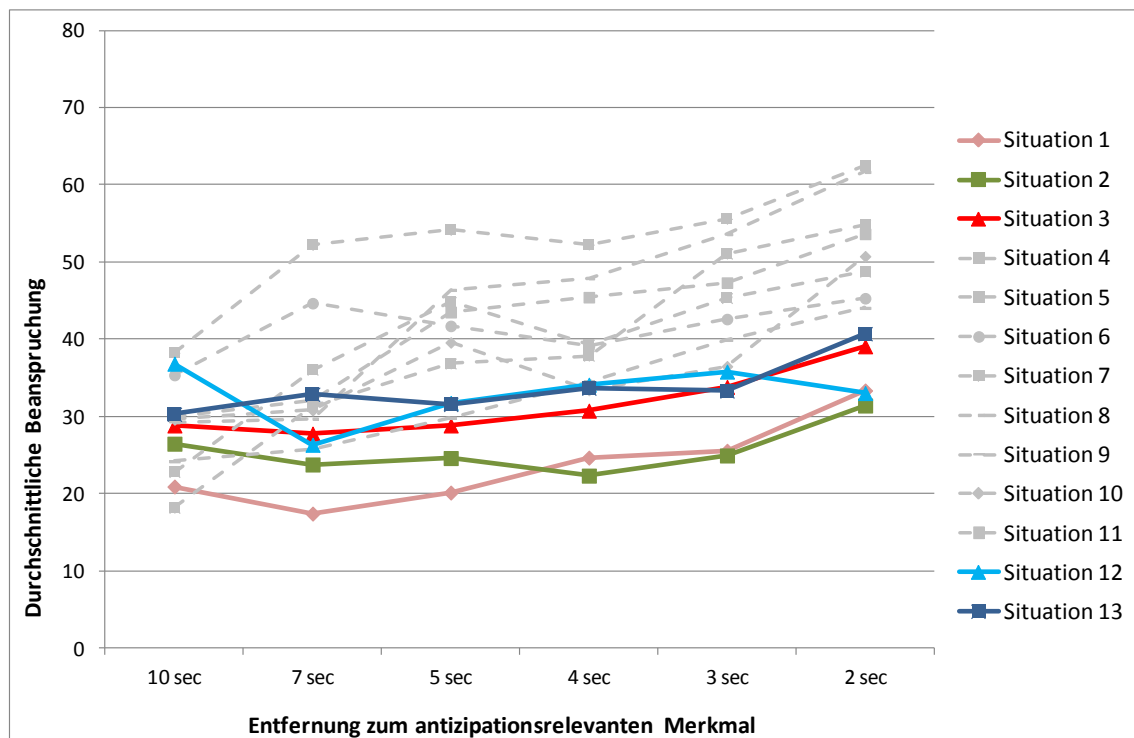
Während die „Ausgangsbeanspruchung“ bei einer Entfernung von 10 sec zum Merkmal je nach Situation einen Wert zwischen 18.17 („kaum anstrengend“) und 38.22 („etwas anstrengend“) annahm, wurde bei der „letzten“ Messung in 2 sec Entfernung zum Merkmal eine situative mittlere Beanspruchung zwischen 31.42 und 62.50 („einigermaßen anstrengend“) festgestellt.

Fünf der 13 Situationen (Nr. 1, 2, 3, 12 und 13) zeichneten sich durch eine vergleichsweise geringe Beanspruchung aus, welche einen Wert von 40 SEA-Punkten („etwas anstrengend“) selbst bei einem Abstand von nur 2 sec nicht überstieg. Diese wenig beanspruchenden Situationen haben eine Gemeinsamkeit: die darin enthaltenen antizipationsrelevanten Merkmale betreffen allesamt Verkehrsregelungen. In den Situationen 1, 2 und 3 sollte ein Tempolimit erkannt werden, das unterhalb der aktuell gefahrenen Geschwindigkeit lag und in den Situationen 12 und 13 ging es um eine Ampel, die den Probanden zum Anhalten aufforderte.

Abbildung 10-38 zeigt die Verläufe der kognitiven Beanspruchung in den 13 Situationen im Überblick, wobei die o.g. fünf Situationen mit besonders geringer Beanspruchung farblich hervorgehoben wurden (Situation 1 in rosa, Situation 2 in olivgrün, Situation 3 in rot, Situation 12 in hellblau und Situation 13 in graublau). Die auf der y-Achse abgetragene Beanspruchung ist dabei verkürzt dargestellt und gibt nur das „untere“ Drittel der SEA-Skala wieder, da in Untersuchung IV – wie bereits erwähnt – keiner der SEA-Werte die Grenze von 73 Punkte überstieg.

---

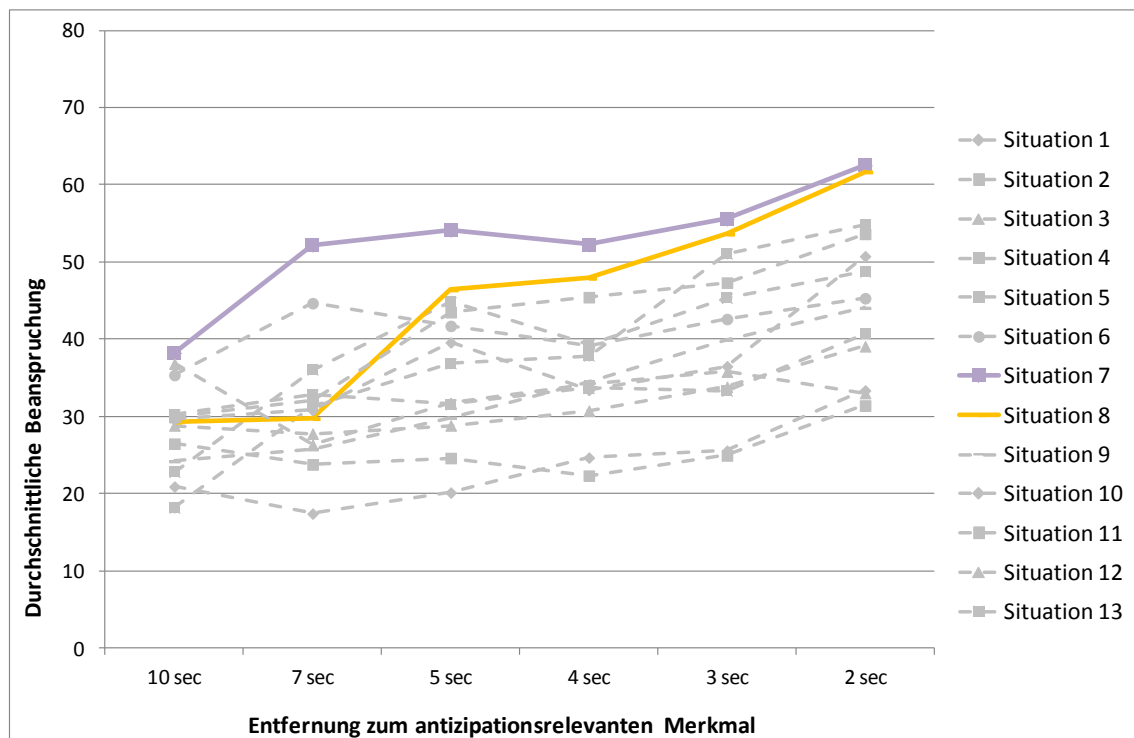
<sup>40</sup> Die mittleren Beanspruchungs-Werte sind sowohl in der Gruppe der Videos mit Antizipationsmerkmalen als auch in derjenigen ohne Antizipationsmerkmale als normalverteilt anzusehen.



**Abbildung 10-38** Durchschnittliche Beanspruchung (auf einer Skala von 0 bis 220) in den 13 Situationen in Abhängigkeit von der Entfernung zum antizipationsrelevanten Merkmal (Situationen mit vergleichsweise geringer Beanspruchung wurden farblich hervorgehoben)

Durch eine relativ hohe Beanspruchung fielen die Situationen 7 und 8 auf. Hier wurde bei der „letzten“ Messung in einer Entfernung von 2 sec zum Antizipationsmerkmal auf dem SEA-Fragebogen im Durchschnitt mehr als 60 („einigermaßen anstrengend“) angekreuzt. Beide Situationen spielten sich auf der Autobahn ab und das Egofahrzeug war mit einer Geschwindigkeit von 150 km/h unterwegs. Im einen Fall (Situation 7) waren in einiger Entfernung zum Fahrer deutlich langsamere Vorderfahrzeuge zu sehen (60 km/h), die sämtliche Fahrspuren belegten. Im anderen Fall (Situation 8) befand sich weiter vorne ein Stau, der ebenfalls alle Fahrspuren betraf.

In Abbildung 10-39 ist – ebenso wie in Abbildung 10-38 – die Beanspruchung in den 13 Situationen und deren Veränderung bei Annäherung an die antizipationsrelevanten Merkmale dargestellt. Allerdings wurden diesmal die beiden vergleichsweise „anstrengenden“ Situationen farblich hervorgehoben (Situation 7 in helllila, Situation 8 in orange), wohingegen die Verläufe in den übrigen 11 Situationen grau und strichliert wiedergegeben wurden. Die y-Achse gibt auch hier nur das „untere“ Drittel der SEA-Skala wieder.



**Abbildung 10-39** Durchschnittliche Beanspruchung (auf einer Skala von 0 bis 220) in den 13 Situationen in Abhängigkeit von der Entfernung zum antizipationsrelevanten Merkmal (Situationen mit vergleichsweise hoher Beanspruchung wurden farblich hervorgehoben)

Die Beanspruchung in den übrigen 6 Situationen lag zwischen den o.g. Extremen und erreichte bei einem Abstand von 2 sec zum Antizipationsmerkmal einen Maximalwert von 40 bis 60 SEA-Punkten. In diesen Situationen ging es ebenfalls um Hindernisse auf der Fahrbahn (Baustellen, langsame Vorderfahrzeuge, einparkendes Fahrzeug), aber die Fahrgeschwindigkeit lag (im Gegensatz zu den stärker beanspruchenden Situationen 7 und 8) bei nur 50 bis 100 km/h.

## 10.4 Diskussion

Die Analyse des zeitlichen Verlaufs der Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen brachte einen deutlichen Informationsgewinn gegenüber den einmalig erfolgten Messungen in Untersuchung III (Kapitel 9, S. 132 ff.): sie ermögliche Aussagen hinsichtlich Zeitpunkt und Dauer dieser beiden Informationsverarbeitungsstufen.

Die zusätzlich im Rahmen einer Fahrsimulator-Studie durchgeführten Messungen der Reaktionszeitpunkte gestattete zudem einen Vergleich zwischen den kognitiven Leistungen („Antizipation“) auf der einen Seite und deren Umsetzung in situationsadäquates und rechtzeitiges Handeln („vorausschauendes Fahren“) auf der anderen Seite.

### **Situative Leistungsunterschiede:**

In den vorliegenden Untersuchungen zeigten sich teils erhebliche situative Unterschiede: Während in manchen Situationen (z.B. Behinderung durch einen Verkehrsstau auf der Autobahn) Antizipation und Handlung beinahe Hand in Hand gingen, gab es in anderen Situationen (z.B. Behinderung durch ein einparkendes Fahrzeug) beträchtliche Zeitlücken zwischen den beiden Messwerten.

Die Daten der ebenfalls durchgeführten Probandenbefragung weisen darauf hin, dass diese Differenz zumindest teilweise auf eine bewusste Entscheidung der Fahrer zurückzuführen ist. Demnach ist die Bereitschaft zu einer frühzeitigen Reaktion bei einem Verkehrsstau am größten: hier gab beinahe jeder Proband an sofort seine Geschwindigkeit reduzieren zu wollen. Angesichts einer bloßen Geschwindigkeitsbegrenzung (deren Übertretung nicht zwangsläufig aversive Konsequenzen mit sich bringt) wollte dies hingegen nur etwa jeder Dritte und einige wenige wollten sogar bis zur „allerletzten Sekunde“ damit warten.

Dies bestätigt die Notwendigkeit der in Kapitel 4.7 (S. 45 ff.) propagierten Trennung zwischen Antizipationsleistung und vorausschauendem Fahren: Es ist unzulässig von einer späten Reaktion auf mangelnde Antizipationsfähigkeiten zu schließen. Ein Fahrer kann seine vergleichsweise späte Antizipation „wettmachen“, indem er dieser augenblicklich Taten folgen lässt und dadurch mitunter sogar vorausschauender handeln als ein frühzeitig antizipierender Fahrer, der sich bewusst für einen sehr späten Eingriff entscheidet.

Die **Blickzuwendung** auf die antizipationsrelevanten Merkmale erfolgte i.d.R. spätestens in einer Entfernung von 7 bzw. 5 sec zum Antizipationsmerkmal (Blickzuwendung von über 75% bzw. über 90% der Probanden). Besonders frühzeitig wurden langsam fahrende Vorderfahrzeuge fixiert. Schlechtere durchschnittliche Wahrnehmungsleistungen lagen in der vorliegenden Untersuchung ausnahmslos bei anfänglicher **Verdeckung** des jeweiligen Merkmals vor. Verschärfend wirkte sich in diesem Fall vermutlich eine **hohe Eigengeschwindigkeit** des Fahrers aus (wie dies in den beiden Autobahnsituationen 3 und 8 der Fall war) sowie eine vergleichsweise **geringe Salienz** des Antizipationsmerkmals (Geschwindigkeitsbegrenzung in Situation 3 vs. Stau auf allen Fahrspuren in Situation 8).

**Antizipation** und **Entscheidung** gingen i.d.R. Hand in Hand und ihre Verläufe waren meist kaum zu unterscheiden. Bei keiner der dargebotenen Situationen fiel die Antizipationsleistung auffallend geringer aus als die Entscheidungsleistung. Dies zeigt, dass der Anteil nicht verbalisierbarer Antizipationen – zumindest in der vorliegenden Untersuchung – als vernachlässigbar einzustufen ist.



Auch die Lücke zwischen Blickzuwendung und Antizipation war meist recht gering, d.h. es gelang den Fahrern im Normalfall recht gut angesichts eines relevanten Merkmals schnell eine entsprechende Antizipation (und Handlungsentscheidung) zu bilden. Ebenso wie bei der Blickzuwendung haben spätestens 7 bzw. 5 sec vor Erreichen des Merkmals mehr als 75% bzw. knapp 90% der Teilnehmer antizipiert und sich für eine angemessene Handlung entschieden.

Schlechtere Leistungen waren meist die bloße Konsequenz von vorausgegangenen Wahrnehmungsschwierigkeiten (aufgrund der bereits erwähnten Faktoren „Verdeckung“, „hohe Eigengeschwindigkeit“ sowie „geringe Salienz“).

Auch die trotz frühzeitiger Blickzuwendung vergleichsweise späte Antizipation und Entscheidung in Situation 1, bei der es ein Geschwindigkeitsbegrenzungs-Schild zu erkennen galt, ist vermutlich auf ein – evtl. durch die Auflösung der Fahrsimulation (mit)bedingtes – Wahrnehmungsproblem zurückzuführen: Während das Schild selbst (kreisrund, weiß mit rotem Rand) und damit dessen generelle Bedeutung (Angabe der zulässigen Höchstgeschwindigkeit) bereits in großer Entfernung zu sehen war, konnte die darin enthaltene Zahl offenbar von vielen Probanden erst in einer Entfernung von 2 bis 3 sec gelesen werden. Bis dahin war weder eine konkrete Antizipation möglich noch eine Entscheidung für oder gegen eine Geschwindigkeitsveränderung.

In der anderen Situation, die eine Geschwindigkeitsbegrenzung zeigte, erfolgten Antizipation und Entscheidung ebenfalls erst kurz vor dem Eintreffen des Fahrers beim Schild. Allerdings kamen hier zusätzlich zu den Schwierigkeiten beim Ablesen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit noch die Faktoren „Verdeckung“ sowie „hohe Eigengeschwindigkeit“, weshalb auch der Zeitpunkt der ersten Blickzuwendung deutlich später ausfiel.

Demgegenüber wurde angesichts eines Ortsschilds (Situation 2) sehr früh antizipiert und die Entscheidung für eine Geschwindigkeitsreduktion gefällt. Dies könnte damit zusammenhängen, dass im Falle des Ortsschilds die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h fest an das Aussehen des Schilds (viereckig, gelb) gekoppelt ist, wohingegen das rot-weiße Tempolimit-Schild für unterschiedliche Werte stehen kann. Somit kann der Fahrer sich im ersten Fall bereits auf die demnächst geforderte Höchstgeschwindigkeit einstellen, während er im zweiten Fall noch abwarten muss, bis er den konkreten Zahlenwert ablesen kann.

Die einzige Situation, in der viele Fahrer vermutlich „echte“ (d.h. nicht auf Wahrnehmungsprobleme zurückzuführende) Antizipationsschwierigkeiten hatten betraf die Vorhersage einer notwendigen Geschwindigkeitsreduktion angesichts eines weiter entfernten zweiten Vorderfahrzeugs, das deutlich langsamer unterwegs war als das unmittel-

bare Vorderfahrzeug (Situation 11). Zwar sahen die Versuchsteilnehmer schon extrem früh, dass sich vor dem Vorderfahrzeug ein weiteres Fahrzeug befand, aber dessen (Relativ-)Geschwindigkeit wurde offenbar bloß von jedem zweiten Probanden beachtet. Nur diesen 50% gelang es bereits in einer Entfernung von 10 sec zum zweiten Vorderfahrzeug (oder noch früher) vorherzusagen, dass das unmittelbare Vorderfahrzeug demnächst seine Geschwindigkeit reduzieren wird.

Die andere Hälfte der Teilnehmer begann erst bei einer Zeitlücke von 5 sec bis zum zweiten Vorderfahrzeug eine Verlangsamung des unmittelbaren Vorderfahrzeugs zu antizipieren – einem Zeitpunkt, zu dem das unmittelbare Vorderfahrzeug zwangsläufig handeln musste, um einen Auffahrunfall zu verhindern. Es steht zu vermuten, dass diese spät antizipierenden Probanden das weiter vorn befindliche zweite Vorderfahrzeug für irrelevant hielten und bei ihrer Antizipation sowie Geschwindigkeitsentscheidung lediglich die aufleuchtenden Bremslichter des ersten Vorderfahrzeugs sowie dessen Verzögerung zu Rate zogen (die ab dieser Entfernung zu sehen waren).

Die tatsächliche **Umsetzung** der Handlungsentscheidung (Wegnahme des Fußes vom Gaspedal) erfolgte (mit zwei Ausnahmen) spätestens in einer Entfernung von 4 bis 2 sec zum Antizipationsmerkmal (Reaktion von über 75% bzw. 90% der Probanden). Selbst vorangegangene Wahrnehmungs- und/oder Antizipationsschwierigkeiten wirkten sich auf diese beiden „unteren“ Grenzwerte kaum aus: In diesem Fall war lediglich der Anteil der Fahrer mit besonders frühzeitiger Reaktion geringer, d.h. die Handlungszeitpunkte streuten weniger stark.

Auffällig war das vergleichsweise späte Eingreifen angesichts eines einparkenden Fahrzeugs auf der Spur des Fahrers (Situation 6), obwohl dieses früh in den Focus der Fahrer gelangte und auch Antizipation sowie Handlungsentscheidung nicht später als in andern Situationen erfolgten. Möglicherweise hofften hier mehr Probanden als sonst darauf, dass eine Verzögerung möglicherweise doch noch abzuwenden ist – sei es, weil das Vorderfahrzeug das Parkmanöver bis zum Eintreffen des Fahrers abgeschlossen hat oder weil eine plötzliche Lücke im Gegenverkehr ein Ausweichen ermöglicht. Bis in einer Entfernung von 3 sec hatten sich dann aber dennoch ca. drei von vier Teilnehmern zu einer Reaktion entschlossen.

Die beiden oben angesprochenen Ausnahmen betreffen Situationen, in denen aufgrund eines **Tempolimits** eine Reduktion der Geschwindigkeit um 20 km/h gefordert war: In einer davon (Situation 1) sollte der Fahrer von 70 auf 50 km/h verlangsamen, in der anderen (Situation 3) wurde die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 120 auf 100 km/h herabgesetzt. Während die Versuchsteilnehmer im ersten Fall zwar später als in den anderen Situationen vom Gas gingen und etwa ein Fünftel selbst beim letz-

ten Messzeitpunkt (2 sec vor Erreichen des Schilds) noch immer nicht eingegriffen hatte, haben im zweiten Fall alle Fahrer (fast) bis zum letzten Moment gewartet: bloß 10% der Teilnehmer handelten immerhin in einer Entfernung von 2 sec zum Schild – die übrigen 90% warteten noch länger damit, gingen aber spätestens beim Eintreffen am Schild vom Gas.

Ein Grund für die vergleichsweise späte Reaktion in den beiden Tempolimit-Situationen ist sicherlich in den bereits erläuterten Schwierigkeiten beim Ablesen des Zahlenwerts zu sehen. Dazu kommt noch die relativ geringe Bereitschaft zu einer frühzeitigen Handlung (nur ca. jeder dritte Fahrer gab an, im Allgemeinen unmittelbar nach der Wahrnehmung eines Tempolimits zu reagieren). Anders als in der Situation „Ortseinfahrt“, in der die Geschwindigkeit um 50 km/h reduziert werden musste, ging es in den beiden Tempolimit-Situationen überdies nur um eine Differenz von 20 km/h – was die Motivation zu einer sofortigen Umsetzung der Handlungsentscheidung weiter herabgesetzt haben mag.

Das im Vergleich zu Situation 1 noch erheblich spätere Eingreifen in Situation 3 lässt sich zum einen durch die unterschiedlich stark ausgeprägten Wahrnehmungsprobleme (Verdeckung des Schilds aufgrund einer Kurve in Situation 3) erklären. Zum anderen gab es in den beiden Situationen unterschiedliche Gründe für das Tempolimit, wie jeweils aus einem Zusatzzeichen hervorging: In Situation 1 handelte es sich um die nachfolgende, sehr enge Linkskurve, während in Situation 3 als Begründung „Lärmschutz“ angegeben war. Es ist gut möglich, dass der erste Grund für die Probanden überzeugender war als der zweite – zumal sie die betreffende Kurve in Situation 1 bereits sehen konnten und sie vermutlich früher oder später auch allein aufgrund der Kurve vom Gas gegangen wären.

### **Interindividuelle Leistungsunterschiede:**

Nicht nur die situativen Unterschiede waren gravierend. Ebenso wie in Untersuchung III fanden sich in den Untersuchungen IV und V, welche die Leistungen im zeitlichen Verlauf statt punktuell erfassten, auch erhebliche **interindividuelle Unterschiede** hinsichtlich Wahrnehmungs- und Antizipationsleistung sowie hinsichtlich der bislang nicht erfassten Variablen Entscheidungs- und Reaktionsleistung.

Die größten Leistungsunterschiede waren bezüglich der Antizipationsleistung festzustellen: hier betrug die Differenz zwischen dem besten und dem schlechtesten Probanden 153 Punkte (wobei insgesamt maximal 403 Punkte erzielt werden konnten). Die geringsten interindividuellen Unterschiede fanden sich bei der Wahrnehmungsleistung mit einer Differenz von immerhin 105 Punkten (von insgesamt 403 Punkten) zwischen

Minimal- und Maximalleistung. Die Reaktionsleistung nahm mit einer Spanne von 126 Punkten eine mittlere Position ein.

Die Tatsache, dass bei keiner der vier Messgrößen (Wahrnehmung, Antizipation, Entscheidung und Reaktion) Decken- oder Bodeneffekte auftraten, aber – bei Normalverteilung und Mittelwerten im mittleren Bereich der Skalen – dennoch recht große interindividuelle Unterschiede zu verzeichnen waren, spricht für die Qualität der Testentwürfe.

Wie bereits in Kapitel 4.7.1.1 (S. 47 ff.) vermutet, erwies sich eine **Selbsteinschätzung** der Probanden als ungeeignet zur Messung vorausschauenden Fahrens und zur Aufdeckung interindividueller Unterschiede. Zum einen ließen sich erhebliche kognitive Verzerrungen bei den Befragten beobachten, die in Richtung einer selbstwertdienlichen Überschätzung der eigenen Fähigkeiten ging: kein einziger Teilnehmer beschrieb sich selbst als unterdurchschnittlich vorausschauend, mehr als 80% der Probanden hielten sich hingegen für deutlich vorausschauender als andere Fahrer.

Zum anderen gab es nur einen sehr schwachen, nicht signifikanten Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung des Fahrverhaltens und der tatsächlichen Reaktionsleistung – sei es aufgrund fehlender Vergleichsmöglichkeiten mit anderen Fahrern, aufgrund von Erinnerungslücken oder aufgrund mangelnden Feedbacks (vgl. Kapitel 4.7.1.1, S. 47 ff.).

Während keiner der ausgewählten Faktoren **Alter**, **Geschlecht**, **Fahrpraxis**, **Feldabhängigkeit** und **Interferenzneigung** die interindividuellen Unterschiede in der Wahrnehmungsleistung hinreichend erklären konnte, hatten Alter und Geschlecht einen signifikanten und bedeutsamen Einfluss auf die Antizipations- und Entscheidungsleistung der Fahrer. Ebenso wie bereits in Untersuchung III schnitten die Frauen jeweils signifikant schlechter ab als die Männer. Zudem zeigten sich innerhalb der getesteten Altersgruppe (23 bis 65 Jahre) mit zunehmendem Alter hochsignifikant schlechtere Leistungen.

Beides ist konform mit den in Kapitel 6.1 (S. 77 ff.) formulierten Annahmen, die sich auf geschlechts- und altersspezifisch unterschiedliche Unfallursachen gründeten. Es ist allerdings recht unwahrscheinlich, dass Geschlecht und Alter per se über die Antizipationsfähigkeiten des Fahrers entscheiden. Vermutlich spielen dabei eine oder mehrere Mediatorvariablen eine Rolle, die entsprechend hoch mit dem Geschlecht bzw. dem Alter korrelieren. Welche das sind, gilt es in weiteren Untersuchungen zu ermitteln.

Interessanterweise wirkte sich im Hinblick auf die Reaktionsleistungen ein höheres Alter hingegen günstig aus (und das Geschlecht hatte keinen signifikanten Einfluss), so dass sich zusammenfassend sagen lässt: Je älter der Fahrer, desto kleiner war die

Zeittücke zwischen den kognitiven Prozessen und der tatsächlichen Handlung. Dabei konnten die älteren Fahrer nicht nur ihre vergleichsweise späte Antizipation und Entscheidung wieder wettmachen, sondern sie reagierten sogar noch früher als die jüngeren Fahrer dies taten. Es scheint plausibel anzunehmen, dass im Sinne der Expertise-Forschung ältere Versuchspersonen über Schemata verfügen, die fest mit entsprechenden Entscheidungen gekoppelt sind. Bei jungen Fahrern tragen hingegen, wie diverse Untersuchungen nahelegen (vgl. Kapitel 6.1, S. 77 ff.), motivationale Faktoren sowie die Überschätzung der eigenen Fähigkeiten in Kombination mit einer Unterschätzung der Gefahren riskanten Fahrverhaltens vermutlich dazu bei, dass sich die vergleichsweise guten Antizipationsleistungen nicht in einer vorausschauenderen Fahrweise niederschlagen.

Ein Einfluss durch die Fahrpraxis auf die Messgrößen Wahrnehmung, Antizipation, Entscheidung und Reaktion ließ sich – ebenso wie bei Whelan und Kollegen (2004), Summala und Kollegen (1998) sowie Duncan und Kollegen (1991) – nicht feststellen. Der Hauptgrund dafür ist vermutlich, dass die untersuchten Wenigfahrer keine Novizen waren, sondern mit einer Jahresfahrleistung von bis zu 10.000 km (und mindestens 5 Jahren Führerscheinbesitz) lediglich seltener mit dem Auto fuhren als der Durchschnitt. In Untersuchung III hingegen – in der ein signifikanter Effekt der Fahrpraxis auf die Antizipationsleistung gefunden wurde – bestand die Gruppe der Wenigfahrer aus Personen mit einer deutlich niedrigeren Jahresfahrleistung (unter 5.000 km/J), die sich zudem zu mehr als 50% in der Altersgruppe der 18 bis 23jährigen Fahranfänger befanden.

Ein weiterer Grund könnte darin bestehen, dass die verwendeten Antizipationsmerkmale allesamt entweder auf der Fahrbahn selbst oder in deren unmittelbarer Nähe positioniert waren. Studien anderer Forscher (z.B. Crundall & Underwood, 1998; Chapman & Underwood, 1998; Underwood et al., 2002; 2003a; 2003b; Rösler, 2010) zeigten aber, dass sich das Blickverhalten zwischen unterschiedlich erfahrenen Fahrern hauptsächlich in der Horizontale unterscheidet – nicht jedoch in der Vertikale (d.h. dem „Vorausschauen“).

Die kognitiven Fähigkeiten „Feldunabhängigkeit“ und „selektive Aufmerksamkeit“ haben sich, trotz der in Kapitel 6.3 (S. 82 ff.) beschriebenen Zusammenhänge mit Unfallzahlen, in den vorliegenden Untersuchungen nicht als bedeutsam erwiesen für die Leistungen der Fahrer hinsichtlich Wahrnehmung, Antizipation, Entscheidung und vorausschauendem Handeln. Andere Faktoren, wie z.B. der Expertise-Erwerb, aber auch die im Straßenverkehr insgesamt hohe Komplexität der Situationen, wirken dem Einfluss dieser Dispositionen offenbar entgegen.

**Kognitive Beanspruchung:**

Die höhere **kognitive Beanspruchung** in Untersuchung V gegenüber Untersuchung IV lässt sich durch die (neben der Wahrnehmung relevanter Situationsmerkmale, Antizipation und Entscheidung) zusätzlich erforderlichen Aspekte „Handlungsausführung“ sowie „generelle Fahrzeugbedienung“ erklären. Dennoch wurde die Fahr Simulator-Fahrt im Mittel lediglich als „einigermaßen anstrengend“ (76.97 von 220 Punkten) bewertet, d.h. die induzierte Beanspruchung war auch hier nicht besonders hoch.

Dass die durchschnittliche Beanspruchung in den Situationen mit Antizipationsmerkmal signifikant über der in den Distraktor-Situationen lag, bestätigt die Befunde von Rösler (2010), die ebenfalls einen Zusammenhang zwischen der kognitiven Beanspruchung in einer Situation und der Relevanz der darin enthaltenen Merkmale feststellte.

Zudem zeigte sich in Untersuchung IV bei Annäherung an die betreffenden Antizipationsmerkmale i.d.R. ein deutlicher Anstieg der kognitiven Beanspruchung. Lediglich in den drei innerstädtischen Situationen, in denen aufgrund der geringen Fahrgeschwindigkeit jeweils nur wenige Meter zwischen den sechs Messzeitpunkten lagen, sowie in der bereits außerordentlich früh (in 611 m Entfernung) sichtbaren Stadteinfahrt-Situation änderte sich die Beanspruchung der Fahrer über die Zeit hinweg nicht mehr gravierend.

Dies stimmt mit Fullers (2000; 2005) TCI-Modell überein, wonach sich die Annäherung an ein Hindernis (bzw. Bremsen „in letzter Sekunde“) in einer deutlich ansteigenden Beanspruchung niederschlägt. Laut Fuller wird dies als aversiv erlebt und motiviert den Fahrer zu einer Reaktion (i.d.R. in Form einer Geschwindigkeitsanpassung), die diese Beanspruchung auf einen als angenehm empfundenen Wert senkt. In der vorliegenden Untersuchung war jedoch kein Eingreifen seitens des Probanden möglich: Die Videosequenzen zeigten in den ausgewählten 13 Situationen jeweils eine Annäherung bis zu einer Zeitlücke von 2 sec zum Antizipationsmerkmal. So ließ sich das weitere Ansteigen der Beanspruchung auch über den Punkt hinaus beobachten, an dem der Proband eigentlich eingegriffen hätte.

Interessanterweise wurden Situationen, in denen es um Verkehrsregelungen ging (Tempolimit, Ampel) als vergleichsweise wenig beanspruchend empfunden. Die Ursache dafür ist höchstwahrscheinlich, dass – im Gegensatz zu den anderen untersuchten Situationen – eine verspätete bzw. ganz ausbleibende Reaktion in diesem Fall nicht zwangsläufig zu negativen Konsequenzen führt (Unfall, Entzug der Fahrerlaubnis etc.) und deshalb eine Annäherung an diese Merkmale als nicht so aversiv erlebt wurde wie in den potentiell „kritischen“ übrigen Situationen.

Demgegenüber wurden Situationen, die im Vorfeld des Fahrers einen Stau bzw. zähfließendem Verkehr auf der Autobahn zeigten als besonders anstrengend bewertet – deutlich anstrengender als die anderen Situationen mit Hindernissen auf der Fahrbahn (Baustellen, langsame Vorderfahrzeuge, einparkendes Fahrzeug). Abgesehen von den mehr oder weniger sicheren aversiven Konsequenzen bei einem „Versagen“ des Fahrers spielt also vermutlich noch ein weiterer (untergeordneter) Aspekt eine Rolle dabei, wie beanspruchend ein Antizipationsmerkmal für den Fahrer ist. Dabei handelt es sich vermutlich um die Fahrgeschwindigkeit, die in den beiden Autobahn-Situationen „Stau“ und „zähfließender Verkehr“ bei 150 km/h lag, wohingegen sie in den übrigen Situationen mit Hindernissen auf der Fahrbahn nur 50 bis 100 km/h betrug. Womöglich wurde aufgrund der hohen Geschwindigkeit die ohnehin aversive Konsequenz „Unfall“ als noch bedrohlicher empfunden – schließlich steigt das Verletzungsrisiko sowie die Wahrscheinlichkeit eines tödlichen Ausgangs mit zunehmender Geschwindigkeit bekanntlich stark an (vgl. Ottensmeyer, 1985).

## 11 ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG

Auf den vorangegangenen Seiten wurde ein auf bisherigen Forschungen aufbauendes Methodeninventar vorgestellt, das die Identifikation antizipationsrelevanter Reize in der Fahrumwelt sowie die Erfassung von Antizipationskompetenz und vorausschauendem Fahrverhalten ermöglicht. Dieses wurde anschließend in einer Reihe von Untersuchungen eingesetzt, die vorrangig der Beantwortung folgender Fragen dienten:

- Auf wie viele Situationsmerkmale greifen Fahrer im Rahmen ihrer Antizipation zurück und um welche handelt es sich dabei? Welche Struktur besitzen diese Merkmale in den mentalen Modellen der Autofahrer? Wie relevant sind sie für deren Antizipation?
- Wann entlang der Zeitachse erfolgt im Durchschnitt die sensorische Wahrnehmung der antizipationsrelevanten Stimuli, wann die Antizipation selbst und wann beginnt der Fahrer entsprechend zu handeln? Wie groß ist im Allgemeinen die Lücke zwischen Antizipation und Handlung?
- Gibt es situative Einflüsse auf frühzeitige Antizipation und/oder vorausschauendes Handeln? Lassen sich Verkehrssituationen identifizieren, in denen dies den Fahrern im Allgemeinen besonders schwerer bzw. leicht fällt?
- Wie groß sind die interindividuellen Unterschiede bei Antizipationsleistung und vorausschauendem Fahrverhalten? Auf welcher Stufe der Informationsverarbeitung treten diese Unterschiede zutage? Können sie zurückgeführt werden auf Unterschiede bezüglich Fahrpraxis, kognitiver und/oder visueller Fähigkeiten (Feldunabhängigkeit, selektive Aufmerksamkeit) oder spielen vor allem demographische Faktoren (Alter, Geschlecht) eine Rolle?

Im Folgenden werden die aus den Untersuchungen gewonnenen Antworten im Überblick dargestellt und bewertet. Danach wird ein Fazit zum Evaluationskonzept gezogen. Abschließend geht es um die praktische Relevanz der neuen Erkenntnisse: In diesem Zusammenhang erfolgt eine Analyse des Unterstützungspotentials von Training sowie Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsystemen bei Antizipation und vorausschauendem Fahren.

### 11.1 Antizipationsrelevante Merkmale und deren Struktur

Die Resultate von Untersuchung I zeigen, dass Fahrer bei ihrer Antizipation auf eine Vielzahl verschiedener Situationsmerkmale zurückgreifen. Allein anhand der dargebotenen 10 innerstädtischen Situationen wurden bereits 176 mehr oder weniger unter-



schiedliche Einzelmerkmale identifiziert. Andere Forschungsarbeiten (Färber, 2000; Dahmen-Zimmer und Gründl, 2007a; Houtenbos, 2008; Rösler, 2010) gelangten zu Ergebnissen in einer ähnlichen Größenordnung.

Eine Kategorisierung der Merkmale mit der sogenannten „Concept Mapping“-Methode (Untersuchung II), die neben der verbesserten Übersicht auch einen Einblick in die Anordnung der Merkmale in den mentalen Modellen der Autofahrer ermöglicht, zeigte: Die Stimuli werden i.d.R. anhand der Dimensionen „**Geschwindigkeit**“ und „**Handlungsrelevanz**“ bewertet.

Als besonders antizipationsrelevant werden solche Stimuli angesehen, die sich sowohl durch unmittelbaren Handlungsbedarf als auch durch geringe (Eigen-)Geschwindigkeit auszeichneten. Mit anderen Worten: **Hindernisse auf der eigenen Fahrspur** – sei es ein anderes Kfz, ein Radfahrer oder ein Fußgänger.

Niedriger eingestuft werden Merkmale, die eher der Handlungsabsicherung als der Handlungssteuerung dienen, d.h. die zwar für das Situationsbewusstsein wichtig sind – nicht jedoch für Antizipation im engeren Sinn. Dazu gehören Fußgänger in der Peripherie sowie Abbiege- bzw. Spurwechselmanöver der umgebenden Verkehrsteilnehmer. Noch unbedeutender – wenn auch nicht irrelevant – sind die (statischen) Eigenschaften der Fahrumgebung sowie Informationen über Position, Geschwindigkeit und Beschleunigungsverhalten anderer Kraftfahrzeuge.

Außerdem findet sich eine Art Restkategorie mit „unberechenbarem Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer“. Die darin enthaltenen Merkmale werden zwar als antizipationsrelevant beurteilt, reichen aber allein wohl nicht aus, um eine zutreffende Vorhersage formulieren zu können. Ein typisches Beispiel hierfür ist das wechselseitige Blinken des Vorderfahrzeugs, das isoliert betrachtet wenig informativ ist, sondern erst in Kombination mit anderen Merkmalen (z.B. Radeinschlag, gewählte Abbiegespur) eine korrekte Antizipation ermöglicht.

Ein Abgleich zwischen den genannten Situationsmerkmalen und den Antizipationsleistungen zeigt, dass Fahrer, die besonders gut in der Lage sind den weiteren Verlauf der gezeigten Verkehrssituationen zu antizipieren sich darüber hinaus durch die Berücksichtigung der folgenden drei Aspekte auszeichnen:

- Sie bemerken auch **distante Merkmale**, d.h. solche, die sich nicht in unmittelbarer räumlicher Nähe befanden. Beispiele dafür sind ein vor dem unmittelbaren Vorderfahrzeug befindliches, am rechten Fahrbahnrand einparkendes Fahrzeug (Untersuchung I und III) sowie ein langsames Fahrzeug vor dem unmittelbaren Vorderfahrzeug (Untersuchung IV und V).

- Sie beachten bei ihrer Vorhersage auch die **Historie** der Fahrszene, d.h. deren bisherigen zeitlichen Verlauf. Beispielsweise können sie anhand des Wechsels der Fahrtrichtungsanzeige von rechts auf links sowie des Einlenkens der Fahrzeugräder nach links das Rechts-Einordnen des vorausfahrenden Fahrzeugs richtigerweise als „Irrtum“ interpretieren (Untersuchung I und III).
- Sie äußern Vermutungen über die Intentionen anderer Fahrer („**Verkehrspartner**“) und spekulieren mitunter sogar über deren Antizipationen. Angesichts einer für Egofahrzeug und Gegenverkehr zu engen Straße (Untersuchung I und III) werten sie z.B. das Verlangsamen des entgegenkommenden Fahrzeugs als Hinweis darauf, dass der andere Fahrer dieses Problem ebenfalls erkannt hat – auf seiner Fahrbahnseite aber über keinerlei Ausweichmöglichkeiten verfügt.

Angesichts dieser Erkenntnisse sollten zukünftige Untersuchungen der Antizipationsleistung und des vorausschauenden Fahrens insbesondere anhand von solchen Situationen erfolgen, in denen Hindernisse auf der Fahrspur zu sehen sind, die eine Geschwindigkeitsreduktion erfordern (z.B. stehende bzw. langsame Kraftfahrzeuge, Radfahrer, Fußgänger). Die zusätzliche Berücksichtigung der Aspekte „Distanz“, „Historie“ und/oder „Verkehrspartner“ bei der Auswahl der Situationen ist unter dem Gesichtspunkt einer Steigerung der Aufgabenschwierigkeit ebenfalls zu erwägen.

## 11.2 Zeitraum der jeweiligen Informationsverarbeitungsstufen

Die im Theorieteil dieser Arbeit (Kapitel 4.4, S. 30 ff.) geäußerte Vermutung, dass sich die Antizipation des Fahrers i.d.R. in einem **Zeitfenster von 2 bis 10 Sekunden** vor Erreichen des handlungsrelevanten Merkmals abspielt, hat sich bestätigt. Zudem zeigte sich, dass in diesem Zeitraum im Durchschnitt auch die sensorische Wahrnehmung der antizipationsrelevanten Stimuli erfolgt, die Handlungsentscheidung und ebenso deren Umsetzung (Loslassen des Gaspedals).

Obwohl die Untersuchungen deutlich machen, dass die **sensorische Wahrnehmung** der relevanten Merkmale eine zwar notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung für eine korrekte **Antizipation** darstellt, d.h. die Antizipationsleistung durchaus deutlich geringer sein kann als die Wahrnehmungsleistung, folgten beide doch meist recht eng aufeinander. Es gelingt den Fahrern also i.d.R. recht gut angesichts eines relevanten Merkmals schnell eine entsprechende Antizipation zu bilden. Normalerweise erfolgt beides spätestens in einer Entfernung von **7 bzw. 5 sec** zum Merkmal (Blickzuwendung und Antizipation von 75% bzw. 90% der Probanden).

Antizipation und **Entscheidung** gingen in den untersuchten Situationen meist Hand in Hand. Insbesondere fiel die Antizipationsleistung nirgends auffallend geringer aus als die Entscheidungsleistung, was zeigt, dass der Anteil nicht verbalisierbarer Antizipationen als vernachlässigbar einzustufen ist.

Die tatsächliche **Umsetzung** der Handlungsentscheidung (Wegnahme des Fußes vom Gaspedal) erfolgte i.d.R. spätestens in einer Entfernung von **4 bis 2 sec** zum Antizipationsmerkmal (Reaktion von über 75% bzw. 90% der Probanden). Selbst vorangegangene Wahrnehmungs- und/oder Antizipationsschwierigkeiten wirkten sich auf diese beiden „unteren“ Grenzwerte kaum aus: In diesem Fall war lediglich der Anteil der Fahrer mit besonders frühzeitiger Reaktion geringer, d.h. die Handlungszeitpunkte streuten weniger stark.

Folglich kann im Mittel von einer ca. 3 Sekunden dauernden Lücke zwischen Antizipation und Handlung ausgegangen werden. Befragungen weisen allerdings darauf hin, dass diese Differenz zumindest teilweise auf eine bewusste Entscheidung des Fahrers zurückzuführen ist, die interindividuellen und situativen Einflüssen unterliegt. Beispielsweise ist angesichts eines Verkehrsstaus die Bereitschaft der Fahrer zu einer frühzeitigen Reaktion erheblich größer als bei einer bloßen Geschwindigkeitsbegrenzung, deren Übertretung nicht zwangsläufig aversive Konsequenzen hat.

Alles in allem bestätigen die gewonnenen Daten die Notwendigkeit einer Unterscheidung zwischen sensorischer Wahrnehmung und Antizipation und in noch größerem Ausmaß zwischen Antizipation und vorausschauendem Fahren.

### 11.3 Situative Einflüsse auf Antizipation und vorausschauendes Fahren

Die durchgeführten Untersuchungen weisen auf sehr große situative Einflüsse sowohl hinsichtlich der Wahrnehmungs- und Antizipationsleistungen als auch hinsichtlich einer vorausschauenden Fahrweise hin.

Besonders frühzeitig wurden langsam fahrende Vorderfahrzeuge fixiert. Größere **Wahrnehmungs- und damit auch Antizipationsschwierigkeiten** waren hingegen in folgenden Situationen zu beobachten:

- Wenn das betreffende Antizipationsmerkmal anfänglich **verdeckt** war (d.h. erst vergleichsweise spät gesehen werden konnte) – v.a. wenn dies mit einer hohen Eigengeschwindigkeit des Fahrers sowie einer geringen Auffälligkeit des Antizipationsmerkmals einherging;

- Angesichts eines **(schlecht ablesbaren) Tempolimits**;
- Bei **geringer Salienz** des Merkmals, sei es aufgrund einer beträchtlichen Entfernung zum Egofahrzeug (z.B. das rangierende Fahrzeug in den Untersuchungen I und III) oder aufgrund einer vergleichsweise geringen Größe (z.B. die im Rahmen eines bevorstehenden Wendemanövers stark eingelenkten Fahrzeugräder in den Untersuchungen I und III);
- Wenn sich das Merkmal in einem **Bereich** befand, **in dem der Fahrer keine besonders relevanten Stimuli erwartet** (z.B. der auf dem linken Gehweg befindliche, demnächst die Zielstraße querende Fußgänger in den Untersuchungen I und III).

„Echte“, d.h. nicht auf Wahrnehmungsprobleme zurückzuführende **Antizipations-schwierigkeiten** traten in den vorliegenden Untersuchungen nur in einer einzigen Situation auf: Bei der Vorhersage einer notwendigen Geschwindigkeitsreduktion aufgrund eines weiter entfernten **zweiten Vorderfahrzeugs**, das deutlich langsamer unterwegs ist als das unmittelbare Vorderfahrzeug (in Kombination mit mangelnden Überholmöglichkeiten).

Obwohl die Wahrnehmung des Stimulus „zweites Vorderfahrzeug“ bei allen Teilnehmern bereits extrem früh erfolgte, gelang die o.g. Antizipation nur jedem zweiten Probanden. Die übrige Hälfte antizipierte erst dann eine Verlangsamung des unmittelbaren Vorderfahrzeugs, als dieses zwangsläufig handeln musste, um einen Auffahrunfall zu verhindern. Es ist anzunehmen, dass sie das weiter vorn befindliche zweite Vorderfahrzeug für irrelevant hielten und lediglich die aufleuchtenden Bremslichter des ersten Vorderfahrzeugs sowie dessen Verzögerung beachteten.

Eine vergleichsweise **wenig vorausschauende Fahrweise** trotz frühzeitiger Wahrnehmung und Antizipation war festzustellen, wenn das **Hindernis** offenbar nur **für sehr kurze Zeit existierte** und sich das „Problem“ bis zum Eintreffen des Fahrers durchaus von selbst gelöst haben könnte (Beispiel: **einparkendes Fahrzeug** auf der Spur des Egofahrzeugs in den Untersuchungen IV und V);

Die bei weitem spätesten Reaktionen (z.T. weniger als 2 sec vor dem Merkmal) fanden sich allerdings dann, wenn ein **Tempolimit** eine **geringfügige Geschwindigkeitsanpassung** erforderlich machte (von 70 auf 50 km/h bzw. von 120 auf 100 km/h). Zu den bereits erläuterten Wahrnehmungsschwierigkeiten (v.a. späte Lesbarkeit des Zahlenwerts) gesellen sich hier noch Motivationsprobleme: Laut Probandenaussagen besteht generell eine relativ geringe Bereitschaft angesichts eines Tempolimits frühzeitig zu handeln. Das mag damit zusammenhängen, dass eine verspätete bzw. ganz ausbleibende Reaktion in diesem Fall nicht zwangsläufig aversive Konsequenzen hat und der

Anblick sowie die Annäherung an eine Geschwindigkeitsbegrenzung deshalb als nicht so beanspruchend erlebt wird als an andere, vergleichsweise „kritische“ Merkmale wie z.B. „Stau“ (vgl. Untersuchung IV).

Die vorliegenden Daten weisen zudem darauf hin, dass die Geringfügigkeit der Geschwindigkeitsreduktion (im Vergleich zu einer Differenz von z.B. 50 km/h) sowie eine für den Fahrer **unzureichende Begründung der Maßnahme** (z.B. „Lärmschutz“ statt „enge Kurve“) die Motivation zu einer sofortigen Umsetzung der Handlungsentscheidung weiter herabsetzen.

## 11.4 Interindividuelle Einflüsse auf Antizipation und vorausschauendes Fahren

Sowohl bei einer punktuellen Erfassung der Leistungen (Untersuchung III) als auch bei Messungen im zeitlichen Verlauf (Untersuchungen IV und V) fanden sich **erhebliche interindividuelle Unterschiede** hinsichtlich der Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistungen der getesteten Autofahrer.

Allerdings konnte keiner der in Untersuchung V getesteten Faktoren Alter, Geschlecht, Fahrpraxis, Feldunabhängigkeit und Interferenzneigung die interindividuellen Unterschiede hinsichtlich des Zeitpunkts der ersten Blickzuwendung auf die antizipationsrelevanten Merkmale hinreichend erklären. In Untersuchung III fanden sich hingegen signifikante Effekte der Faktoren „Geschlecht“ und „Fahrpraxis“ auf die Wahrnehmungsleistung.

Der Hauptgrund für die abweichenden Befunde in Untersuchung III und V ist wohl in der unterschiedlichen Operationalisierung der Messgröße „Wahrnehmungsleistung“ zu sehen: In Untersuchung V wurde mithilfe eines Blickerfassungssystems der Zeitpunkt der ersten Blickzuwendung auf das antizipationsrelevante „Zielmerkmal“ erhoben. Demgegenüber mussten die Probanden in Untersuchung III zu einem vom Versuchsleiter festgelegten Zeitpunkt (unmittelbar vor der Reaktion des Fahrers im Egofahrzeug bzw. vor einer deutlich sichtbaren Verhaltensänderung des relevanten Verkehrsteilnehmers) das ihrer Ansicht nach antizipationsrelevante Merkmal benennen. Wurde das „Zielmerkmal“ nicht erwähnt, so galt es als nicht wahrgenommen.

Alles in allem lässt sich sagen, dass in Untersuchung V eine rein sensorische Wahrnehmung der Merkmale geprüft wurde, während in Untersuchung III die eingegangene Information vom Fahrer bereits grundlegend kognitiv verarbeitet worden sein musste. Insofern wurde in Untersuchung III eine „antizipationsnähere“ Wahrnehmungsleistung gemessen als in Untersuchung V.

Die ausgewählten Faktoren Alter, Geschlecht, Fahrpraxis, Feldunabhängigkeit und Interferenzneigung haben somit offenbar **keinen signifikanten Einfluss** auf den **Zeitpunkt der ersten Blickzuwendung** zum Antizipationsmerkmal. Jedoch gibt es Hinweise auf **Geschlechts- und Fahrpraxiseffekte** bei der **kognitiven Verarbeitung des Merkmals** durch den Fahrer. Demnach erbringen Wenigfahrer (unter 5.000 km/J) geringere Leistungen als Durchschnittsfahrer und diese sind wiederum schlechter als Vielfahrer (über 20.000 km/J). Zudem schneiden Frauen weniger gut ab als Männer.

Dieselben Einflussfaktoren – **Geschlecht** und **Fahrpraxis** – finden sich bei der ebenfalls im Rahmen von Untersuchung III gemessenen **Antizipationsleistung** wieder: Auch hier erbrachten Männer im Allgemeinen höhere Leistungen als Frauen und Vielfahrer waren besser als Wenigfahrer.

Bei den **Antizipationszeitpunkten** (Untersuchung IV) ergab sich ebenfalls ein signifikanter und bedeutsamer **Geschlechtseffekt**: Wie bereits in Untersuchung III schnitten die Frauen jeweils schlechter ab als die Männer. Zudem zeigten sich innerhalb der getesteten Altersgruppe (23 bis 65 Jahre) mit zunehmendem **Alter** hochsignifikant geringere Leistungen – ein Effekt, der bei punktueller Erfassung der Antizipationsleistung (Untersuchung III) nicht in Erscheinung getreten war. Eine signifikante Auswirkung der Fahrpraxis auf den Antizipationszeitpunkt war hingegen nicht festzustellen.

Während die Befundlage also eindeutig auf einen Geschlechtsunterschied bei der Antizipationsleistung hinweist – egal, ob diese punktuell oder im zeitlichen Verlauf erfasst wurde, sind die Ergebnisse zu Alters- und Fahrpraxis-Einflüssen uneinheitlich. Das Alter des Fahrers wirkt sich demnach offenbar nur auf den Antizipationszeitpunkt aus, nicht jedoch auf die generelle Qualität der Antizipationen. Die nur in Untersuchung III festgestellten Antizipationsunterschiede von Wenig- vs. Vielfahrern haben ihre Ursache vermutlich in der „strengerer“ Definition des Begriffs „Wenigfahrer“: Im Gegensatz zu Untersuchung IV wurde die obere Grenze bei einer Jahresfahrleistung von 5.000 km statt 10.000 km festgesetzt. Zudem befand sich ein größerer Anteil (mehr als 50%) der Wenigfahrer in der Altersgruppe der 18 bis 23jährigen Fahranfänger, wohingegen alle Teilnehmer in Untersuchung IV seit wenigstens 5 Jahren im Besitz eines Pkw-Führerscheins waren und mindestens 23 Jahre zählten.

Dieselben Einflüsse wie bei den Antizipationszeitpunkten zeigen sich hinsichtlich der **Entscheidungszeitpunkte**: Männer entschließen sich signifikant früher als Frauen zu einer Geschwindigkeitsreduktion und mit zunehmendem Alter verschiebt sich der Entscheidungszeitpunkt immer weiter nach „hinten“, d.h. der ältere Fahrer entscheidet sich im Schnitt später für einen Eingriff als sein jüngerer Gegenpart.

Demgegenüber wirkt sich auf die **Reaktionszeitpunkte** ein höheres **Alter** sogar günstig aus. Mit anderen Worten: Je älter der Fahrer, desto kleiner ist die Zeittücke zwischen den kognitiven Prozessen und der tatsächlichen Handlung. Ältere Fahrer machen dabei, den Ergebnissen von Untersuchung V zufolge, nicht nur ihre vergleichsweise späte Antizipation und Entscheidung wieder wett, sondern reagieren im Allgemeinen sogar noch früher als jüngere Fahrer.

Ursächlich dafür dürfte das Vorhandensein von Schemata sein, die bei älteren Fahrern fest mit entsprechenden Entscheidungen gekoppelt sind. Auf der anderen Seite tragen bei jüngeren Fahrern motivationale Faktoren sowie die Überschätzung der eigenen Fähigkeiten in Kombination mit einer Unterschätzung der Gefahren riskanten Fahrverhaltens wahrscheinlich dazu bei, dass sich die vergleichsweise guten Antizipationsleistungen nicht in einer vorausschauenden Fahrweise niederschlagen. Ob sich diese Hypothesen bewahrheiten und welche weiteren Variablen die beobachteten Alterseffekte noch erklären könnten, gilt es jedoch in weiterführenden Untersuchungen zu prüfen.

Desgleichen sollte in zukünftigen Studien der Frage nachgegangen werden, ob und, wenn ja, welche Mediatoren verantwortlich sind für den festgestellten Einfluss des Geschlechts auf die Messgrößen kognitive Verarbeitung, Antizipation und Handlungsentscheidung.

Die Fähigkeiten „Feldunabhängigkeit“ und „selektive Aufmerksamkeit“ hängen zwar, wie andere Forschungsarbeiten zeigten (vgl. Kapitel 6.3, S. 82 ff.), mit der Unfall-Wahrscheinlichkeit zusammen, haben sich jedoch in den vorliegenden Untersuchungen nicht als bedeutsam erwiesen für die Wahrnehmungs-, Antizipations- und Entscheidungsleistungen der Fahrer sowie für vorausschauendes Handeln. Möglicherweise kommen diese Faktoren jedoch beim freien Fahren zum Tragen, wenn zusätzlich zur Fahraufgabe noch Nebenaufgaben wie z.B. die Bedienung des Radios durchgeführt werden. Dies sollte ebenfalls Gegenstand weiterführender Untersuchungen sein.

## 11.5 Fazit zum Evaluationskonzept

Die **Erfassung antizipationsrelevanter Merkmale** mittels einer Probandenbefragung ist als sinnvoll einzustufen. Dabei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Antworten zunächst mittels einer einleitenden Frage auf die Antizipation des Probanden zu lenken. Anschließend soll die Vorhersage der Weiterentwicklung der Situation begründet werden. Die Probandenbefragung hat den großen Vorteil, dass sie sehr ökonomisch ist. Mit ihr kann innerhalb sehr kurzer Zeit ein breites Spektrum antizipationsrelevanter

Merkmale gefunden werden. Außerdem kann man auch solche Merkmale identifizieren, die bei einer rein theoriegeleiteten Untersuchung nicht bedacht worden wären (konkretes Beispiel: Aus der Wahrnehmung des Radeinschlags kann auf die Intention eines anderen Fahrers geschlossen werden).

Zur Ermittlung der Antizipationsrelevanz eines bestimmten Merkmals genügt es jedoch nicht nur dessen Nennungshäufigkeit zu analysieren: Zum einen kann es trotz seiner Bedeutsamkeit von den Fahrern häufig übersehen werden; zum anderen mag es bloß unter bestimmten Vorbedingungen wichtig sein<sup>41</sup>. In diesem Zusammenhang hat sich die Relevanz-Einstufung durch die Probanden selbst (anhand einer 5-stufigen Ratingskala) bewährt.

Ebenfalls vielversprechend, aber aufwendig, stellt sich das experimentelle Vorgehen dar, in der alle „Merkmal-Gegeben“-/„Merkmal-Nicht-Gegeben“-Kombinationen realisiert werden müssen. Erfasst werden jeweils die Antizipations- und die Entscheidungsleistungen. Dieses Vorgehen setzt allerdings schon konkrete Hypothesen über antizipationsrelevante Merkmale voraus, da sonst die Anzahl der Kombinationen explodiert. Die experimentelle Methode ist gut geeignet, um in einer vorhergehenden Befragung gefundene Merkmale zu validieren und deren Einflussstärke zu testen.

Um eine Übersicht der gewonnenen Antizipationsmerkmale sowie einen Einblick in die **Anordnung der Merkmale in den mentalen Modellen der Autofahrer** zu gewinnen, empfiehlt sich eine Methode, die Trochim (1989) als „Concept Mapping“ bezeichnete. Hierbei werden die Merkmale zunächst von den einzelnen Probanden nach inhaltlicher Ähnlichkeit gruppiert und die Sortierergebnisse anschließend mittels der statistischen Methoden „multidimensionale Skalierung“ und „Clusteranalyse“ über alle Versuchsteilnehmer hinweg ausgewertet. Die Kombination der erzielten Resultate mit den (unabhängig von der Gruppierung vorgenommenen) Relevanz-Einstufungen ermöglicht darüber hinaus Aussagen hinsichtlich der mittleren Antizipationsrelevanz der verschiedenen Merkmalskategorien sowie einen diesbezüglichen Vergleich der einzelnen Cluster.

Alles in allem hat sich die Notwendigkeit der in Kapitel 4.7 (S. 45 ff.) propagierten **Trennung zwischen Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Handlungsleistungen** in den durchgeführten Untersuchungen bestätigt.

Ein unmittelbarer Schluss von antizipierendem Blickverhalten auf die resultierenden Verarbeitungsprozesse des Fahrers bzw. von den kognitiven Leistungen („Antizipation“) auf deren Umsetzung in situationsadäquates und rechtzeitiges Handeln („voraus-

---

<sup>41</sup> Zum Beispiel ist das Verhalten des Verkehrs auf der Gegenfahrbahn in innerstädtischen und Landstraßen-Situationen i.d.R. erheblich relevanter als auf der Autobahn, bei der die Richtungsfahrbahnen baulich voneinander getrennt sind (vgl. Rösler, 2010).



schauendes Fahren“) ist nicht möglich. Ebenso ist es unzulässig, aus einer wenig vorausschauenden Handlung mangelnde Antizipationsfähigkeiten zu folgern bzw. aus einer späten Antizipation auf Wahrnehmungsprobleme zu schließen.

Zwar ist die vorherige Wahrnehmung des relevanten Merkmals unabdingbar für die Antizipation und gehen Antizipation und Handlungsentscheidung immer der eigentlichen Handlung voraus, dazwischen liegen jedoch individuell sowie situativ variierende Zeitintervalle. Befragungen zeigen, dass dies – zumindest teilweise – auf bewusste Entscheidungen der Fahrer zurückzuführen ist. So geben z.B. fast alle befragten Personen an, dass sie bei Erkennen eines Staus auf der Autobahn sofort verzögern würden. Bei einem Tempolimit würden hingegen manche Fahrer erst in allerletzter Sekunde ihre Geschwindigkeit vorschriftenkonform anpassen. Ein Fahrer kann also seine vergleichsweise späte Antizipation „wettmachen“, indem er dieser augenblicklich Taten folgen lässt und dadurch mitunter sogar vorausschauender handeln als ein frühzeitig antizipierender Fahrer, der sich bewusst für einen sehr späten Eingriff entscheidet.

Zur **Messung von Antizipationen und Handlungsentscheidungen** haben sich die Videopräsentation von einzelnen Verkehrssituationen aus Fahrerperspektive und die anschließende Befragung als zweckdienlich erwiesen. Dies zeigt sich durchgängig sowohl in der Literatur (vgl. Kapitel 4.7.1, S. 47 ff.) als auch in den Untersuchungen I, III und IV (vgl. Kapitel 7, S. 89 ff., Kapitel 9, S. 132 ff., und Kapitel 10, S. 164 ff.). Hierbei besteht für die Versuchspersonen – anders als in der Fahrsimulation – keine Möglichkeit zum Eingreifen in das gezeigte Geschehen, damit Antizipation und Handlungsentscheidung direkt untersucht werden können. Mit dieser Methodik lassen sich zudem antizipationsrelevante Reize darstellen, die unterhalb der Auflösung bei der Fahrsimulation liegen. Durch sog. „Distraktor-Situationen“, also Situationen, die keine Geschwindigkeitsreduktion notwendig machen, aber hinsichtlich der Szenen hoch komplex sind, kann erreicht werden, dass ein realitätsnahes Antizipations- und Entscheidungsverhalten erhalten bleibt und nicht immer und automatisch mit Geschwindigkeitsreduktion reagiert wird.

Obwohl Antizipations- und Entscheidungsverhalten hoch korrelieren, ist es dennoch erforderlich, neben der Entscheidung auch nach der zugehörigen Begründung, d.h. der Antizipation, zu fragen, um den Anteil der verbalisierbaren Antizipation von der nicht verbalisierbaren zu trennen. Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit erhobenen Daten sprechen allerdings für einen sehr geringen Anteil nicht verbalisierbarer Antizipationen: Zumindest bei den in Untersuchung IV verwendeten Antizipationsmerkmalen erfolgte die Handlungsentscheidung in keiner Situation deutlich vor der Formulierung einer korrekten Begründung (Antizipation).

Mehrfache Messungen der Antizipationsleistungen während der Annäherung an das Antizipationsmerkmal (anstelle von einmalig erfolgenden Erhebungen) ermöglichen zudem Erkenntnisse hinsichtlich Zeitpunkt und Dauer dieser Informationsverarbeitungsstufe. Allerdings sind sie mit einem deutlich erhöhten Aufwand verbunden: Zum einen erhöht sich die Versuchsdauer gegenüber der Einfachmessung um die Anzahl der Datenerhebungen je Situation<sup>42</sup>. Zum anderen muss entsprechend mehr Versuchsmaterial generiert werden, wobei darauf zu achten ist, dass der „Hintergrund“ bei der Mehrfachpräsentation einer Situation jeweils leicht abgewandelt werden muss, um Lerneffekte zu vermeiden.

Man muss also einen Kompromiss finden zwischen der Granularität der Messung und den damit verbundenen Kosten. Eine metergenaue Erfassung der Antizipations- und Entscheidungsleistung ist deshalb zwar theoretisch möglich, aber in der Praxis kaum durchführbar. Werden Situationen mit unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten analysiert, so empfiehlt sich darüber hinaus aufgrund der besseren Vergleichbarkeit der Situationen die Auswahl der Messzeitpunkte anhand der zeitlichen anstelle der räumlichen Entfernung zum Merkmal. In den vorliegenden Untersuchungen hat es sich bewährt, die obere Grenze auf 10 sec festzulegen. Weitere Messungen fanden in 7, 5, 4, 3 und 2 sec Entfernung zum Merkmal statt. Angesichts der Tatsache, dass die Antizipationen in den meisten Situationen spätestens bei 5 sec erfolgten, ist allerdings die Erhöhung der Messungshäufigkeit im Bereich 10-5 sec zu erwägen, um zumindest die Zeitpunkte 8 sec und 6 sec ebenfalls abzudecken. Falls aus ökonomischen Gründen keine acht Messungen möglich sind, könnten dafür ggf. die Messungen bei 3 sec und bei 2 sec entfallen.

Als völlig ungeeignet zur **Erfassung von vorausschauendem Fahren** und zur Aufdeckung interindividueller Unterschiede hat sich die Selbsteinschätzung der Probanden erwiesen: Dabei kam es nicht nur zu einer erheblichen Verzerrung der Daten aufgrund von selbstwertdienlichen Überschätzungen der eigenen Fähigkeiten<sup>43</sup>; zudem fand sich auch bloß ein sehr schwacher, nicht signifikanter Zusammenhang mit den objektiven Reaktionsleistungen der Probanden, d.h. man kann von der Selbsteinschätzung eines Probanden in keiner Weise auf sein tatsächliches Fahrverhalten schließen.

Bewährt haben sich hingegen Fahrsimulationsexperimente, in denen der Proband durch Lenken, Bremsen oder Beschleunigen in das Verkehrsgeschehen eingreifen

---

<sup>42</sup> In Untersuchung IV (vgl. Kapitel 10) wurden pro Verkehrssituation mit antizipationsrelevantem Merkmal sechs Messungen vorgenommen (jeweils bei einer TTC von 10, 7, 5, 4, 3 und 2 sec).

<sup>43</sup> Keiner der Probanden in Untersuchung IV und V bezeichnete sich selbst als unterdurchschnittlich, mehr als 80% hingegen als überdurchschnittlich vorausschauend.

kann und in denen Merkmale präsentiert werden, die eine Reduktion der Geschwindigkeit erforderlich machen. Ein großer Vorteil dieses Vorgehens ist, dass sich unter kontrollierten Bedingungen die Reaktionen des Fahrers auf verschiedene, zuvor definierte Situationen erfassen lassen. Zur Identifikation von Störvariablen bzw. Artefakten ist allerdings die Blickregistrierung notwendig; beispielsweise kann bei einem Stau auf der Autobahn nur unter Zuhilfenahme des Blickverhaltens entschieden werden, ob der Fahrer bereits auf diesen reagiert hat oder lediglich seine Geschwindigkeit an eine Kurve anpassen wollte.

Erhoben wird dann – ab dem ersten Blick auf ein antizipationsrelevantes Merkmal – die Entfernung zu diesem Stimulus, sobald der Proband den Fuß vom Gaspedal nimmt. Je frühzeitiger die Reaktion erfolgt, desto vorausschauender fährt der Proband. Mit dieser Methode können interindividuelle Unterschiede quantitativ erfasst werden und Aussagen bezüglich der Handlungszeitpunkte getroffen werden.

Die Betätigung des Bremspedals eignet sich aus mehreren Gründen weit weniger gut zur Bewertung der Reaktionsleistung als das Loslassen des Gaspedals. Zwar gehen beide Handlungen meist Hand in Hand, so dass sich die Werte in der Regel nur unerheblich voneinander unterscheiden. Jedoch ist bereits das Loslassen des Gaspedals als antizipative Reaktion zu werten.

Des Weiteren gibt es Situationen, in denen es völlig ausreichend ist den Fuß lediglich frühzeitig vom Gaspedal zu nehmen, d.h. das Fahrzeug ausrollen zu lassen ohne unterstützend zu bremsen. Würde man nur das Bremsverhalten betrachten, dann würden diese fehlenden Bremswerte den Datenpool deutlich reduzieren. Wenn auf der anderen Seite ein Proband bereits zum Zeitpunkt des ersten Blicks auf das Hindernis den Fuß nicht mehr auf dem Gaspedal hatte und in der Folge nur noch gebremst hat, dann ist der eigentliche Reaktionszeitpunkt, d.h. die Entscheidung das Gaspedal nicht mehr zu betätigen, verdeckt, weshalb der Wert ohnehin aus dem Datenpool entfernt werden muss.

Interessant sind Bremswerte nur, wenn ausschließlich auf diesem Weg eine drohende Kollision verhindert werden kann. Schafft es der Proband aber auch ohne ein Bremsmanöver die Kollision zu vermeiden, dann muss dieses Verhalten hingegen sogar als besonders energieeffizient gewertet werden.

Bei der Errechnung einer Gesamt-Reaktionsleistung ist es angesichts unterschiedlicher Ausgangsgeschwindigkeiten in den verschiedenen Situationen nicht sinnvoll, lediglich die Entfernung in Metern zum Hindernis zu addieren, bei der in den jeweiligen Situationen reagiert wurde. Würde man eine einfache Addition der Entfernungen vornehmen, dann könnte z.B. ein Proband, der auf der Autobahn 100 m früher reagiert als ein an-

derer Proband, damit seine 100 m später erfolgte Reaktion auf eine rote Ampel kompensieren.

Abhilfe schafft hier eine „Übersetzung“ in TTC-Werte, bei denen die in der jeweiligen Situation erlaubte Höchstgeschwindigkeit als Norm zugrunde gelegt wurde. Demnach gilt beispielsweise eine Reaktion, die 70 m vor einem innerstädtisch austauchenden Hindernis erfolgt als vorausschauender als ein Eingreifen in 100 m Entfernung auf der Landstraße: Ersteres entspricht (bei einer erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h) einer TTC von 5 sec, letzteres (bei einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 100 km/h) lediglich einer TTC von 3.6 sec.

Ein weiterer Vorteil dieser Vorgehensweise liegt in der besseren Vergleichbarkeit mit den Daten zu Antizipations- und Entscheidungsleistungen, die im Rahmen eines Videoexperiments gewonnen wurden und sich auf zeitliche anstelle räumlicher Entfernungen beziehen.

Eine direkte Verwendung der Zeitlücken (d.h. der TTC-Werte zum Zeitpunkt der Reaktion) zur Bewertung der Reaktionsleistung ist hingegen nicht zu empfehlen, da in diesem Fall bei identischem Reaktionsort immer derjenige Fahrer mit der niedrigeren Geschwindigkeit „gewinnen“ würde. Das würde bedeuten: Je langsamer der Fahrer unterwegs ist, desto vorausschauender wird er eingestuft.

Die vorgeschlagene Methode produziert hingegen Reaktionsleistungs-Werte, die nicht von der individuell bevorzugten Geschwindigkeit des Fahrers beeinflusst werden. Auf diesem Weg wird z.B. auch ein sportlicher Fahrstil als „vorausschauend“ klassifiziert, sofern der Fahrer sofort nach dem Sichtbarwerden eines Hindernisses seine Geschwindigkeit entsprechend reduziert. Umgekehrt wird ein sehr langsamer Fahrer als „wenig vorausschauend“ bewertet, wenn er erst wenige Meter vor Erreichen des Hindernisses auf dieses reagiert – auch wenn die Zeitlücke zum Reaktionszeitpunkt bei beiden Fahrern dieselbe ist.

Bei der **Bewertung der Wahrnehmungsleistung** hat sich die Verwendung von Blickdaten als aufschlussreicher erwiesen als die Benennung der antizipationsrelevanten Merkmale durch die Probanden, da sich die damit gewonnenen Daten stärker von denen der nachfolgenden Antizipation abgrenzen. Schließlich muss die eingegangene Information erst grundlegend kognitiv verarbeitet worden sein, bevor der Fahrer sie berichten kann, wohingegen es bei der Blickerfassung lediglich um die sensorische Wahrnehmung geht. Ein Merkmal gilt demnach als wahrgenommen, sobald der erste Blick (mit einer Dauer von mindestens 200 ms) darauf erfolgt ist. Je früher dieser Blick stattfindet, desto besser ist die Wahrnehmungsleistung.

Allerdings ist eine einfache Summierung der in den jeweiligen Situationen gemessenen räumlichen Entfernungen– ebenso wie bei der Reaktionsleistung – nur dann sinnvoll zur Berechnung der Gesamt-Wahrnehmungsleistung, wenn die Ausgangsgeschwindigkeiten in allen Situationen identisch sind. Ansonsten sollte auch hier eine Umrechnung in zeitliche Entfernungen (TTC-Werte) erfolgen, bei denen anstelle der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit die in der aktuellen Situation erlaubte Höchstgeschwindigkeit zugrunde gelegt wird.

Gegen eine direkte Verwendung der TTC-Werte sprechen – abgesehen von der bereits erwähnten Problematik, dass bei identischem Wahrnehmungsort immer derjenige mit der geringeren Fahrgeschwindigkeit „siegen“ würde – vor allem die folgenden beiden Aspekte, die einen Vergleich zwischen Wahrnehmungs- und Reaktionsleistungen deutlich erschweren würden: Zum einen wären in diesem Fall bei der Wahrnehmungsleistung auch negative Werte möglich, was sich aber zum Zeitpunkt der Reaktion wieder deutlich ändert (z.B. wenn ein Proband während des ersten Blicks langsamer fährt als sein Vordermann, in der Folge aber so stark beschleunigt, dass eine Geschwindigkeitsreduktion unumgänglich ist). Zum anderen ist die Zeitlücke mitunter beim ersten Blick kleiner als zum Zeitpunkt der Reaktion, da das Gaspedal zunächst nicht komplett losgelassen wird und sich somit die Geschwindigkeit bereits in der Zeit zwischen den beiden Messungen um einige km/h reduziert. Diese Schwierigkeiten werden bei der vorgeschlagenen Methode (Verwendung der erlaubten Höchstgeschwindigkeit anstelle der Fahrgeschwindigkeit) vermieden.

## **11.6 Praktische Relevanz der Ergebnisse – Unterstützungspotential durch technische Systeme und Fahrertraining**

Zur kontinuierlichen Fein Anpassung der auszuführenden Handlungen an die Gegebenheiten des unmittelbar vorausliegenden, in den nächsten Sekunden zu passierenden Streckenabschnitts ist die frühzeitige Wahrnehmung und Interpretation relevanter Hinweise erforderlich sowie die darauf aufbauende Formulierung einer entsprechenden Antizipation (vgl. Michon, 1985). Je früher dies erfolgt, desto mehr Zeit hat der Fahrer zur Verfügung, um (z.B. durch Verlangsamen) günstige Vorbedingungen für die Bewältigung einer potenziell kritischen Situation zu schaffen (Braess & Donges, 2006) und Fehlhandlungen zu vermeiden. Davon wiederum sind positive Auswirkungen auf die erlebte Beanspruchung und das Komfortempfinden (Tanida & Pöppel, 2006), auf die Verkehrssicherheit (Ungerer, 1994, zitiert nach Schweigert, 2003) sowie langfristig auf den Verkehrsfluss (Nöcker, Mezger & Kerner, 2005), die Energieeffizienz und die Schadstoff- und CO<sub>2</sub>-Emissionen (Neunzig & Benmimoun, 2002) zu erwarten.

Allerdings können sich Versäumnisse des Fahrers bei Wahrnehmung, Antizipation und vorausschauendem Handeln aufgrund der fehlenden unmittelbaren Rückmeldung unbemerkt über einen längeren Zeitraum manifestieren (Reichart, 2001). Dies spiegelt sich auch in den Befunden der vorliegenden Arbeit wieder, wonach Fahrer nicht im Entferntesten dazu in der Lage sind, eine zutreffende Einschätzung ihrer diesbezüglichen Leistungen abzugeben.

Damit möglichst viele Personen in vollem Umfang von den o.g. Vorteilen antizipationsgelenkten Fahrverhaltens profitieren können, ist deshalb die Entwicklung eines entsprechenden Informationssystems zu erwägen, das dem Fahrer bei der Antizipation sowie den ggf. darauf aufbauenden Entscheidungen hilft. Im Fokus sollten dabei insbesondere solche Situationen stehen, in denen Hindernisse auf der Fahrspur zu sehen sind, die eine Geschwindigkeitsreduktion erfordern (z.B. stehende bzw. langsame Kraftfahrzeuge, Radfahrer, Fußgänger).

Die vorangehend beschriebenen Untersuchungen haben gezeigt, dass Antizipationsprobleme i.d.R. nicht genuin auftreten, sondern größtenteils die Folge von Wahrnehmungsschwierigkeiten sind. Ein typisches Beispiel hierfür sind **Verdeckungen der antizipationsrelevanten Merkmale aufgrund von baulichen Gegebenheiten** (Kurven, Bebauung, Bepflanzung etc.), die eine Wahrnehmung – und damit auch Antizipation und Handlung unmöglich machen. Hier könnte der Fahrer in besonderem Ausmaß von einer Unterstützung durch technische Systeme profitieren, die ihn frühzeitig über das Vorhandensein des betreffenden Merkmals informieren (z.B. „Stau hinter einer Kurve auf der Autobahn“).

Aber auch bei generell bereits sichtbaren Merkmalen ist eine Unterstützung durch ein Fahrerinformationssystem (FIS) mitunter als sinnvoll anzusehen. Insbesondere wenn es sich um **Merkmale mit geringer Salienz** handelt, sei es aufgrund einer beträchtlichen Entfernung zum Egofahrzeug (distant Merkmale) oder aufgrund einer vergleichsweise geringen Größe (z.B. stark eingelenkte Fahrzeugräder des Vorderfahrzeugs), ist ein zusätzlicher Hinweis im FIS sicherlich für die weitaus meisten Fahrer nützlich. Einen Spezialfall stellen Geschwindigkeitsbegrenzungen dar: diese werden zwar i.d.R. frühzeitig fixiert, aber die konkreten Zahlenwerte können erst spät abgelesen werden, weshalb hier ebenfalls eine technische Unterstützung wünschenswert ist.

Ebenso vielversprechend ist die Unterstützung durch ein FIS bei der Wahrnehmung von **Merkmalen**, die sich **abseits der Fahrbahn** und damit in einem Bereich befinden, in dem der Fahrer keine besonders relevanten Stimuli erwartet (z.B. auf dem Gehweg oder Radweg). Alternativ ist hier – ebenso wie bei wenig salienten Merkmalen – aber auch eine Leistungsverbesserung durch ein entsprechendes Training denkbar. Bei

Verdeckungen sowie spät ablesbaren Schildern verbleibt hingegen nur die Möglichkeit einer technischen Assistenz.

Demgegenüber wird die Berücksichtigung des **bisherigen zeitlichen Verlaufs der Fahrszene** (z.B. wechselnde Fahrtrichtungsanzeige des Vorderfahrzeugs) sowie der **vermuteten Intentionen und Antizipationen anderer Fahrer** bei der eigenen Antizipation wohl vorerst allenfalls durch ein Fahrertraining zu vermitteln sein. Es erscheint unwahrscheinlich, dass ein FIS derart komplexe mentale Operationen in absehbarer Zeit wird nachbilden können.

Technisch schwer umzusetzen dürfte auch eine Unterstützung bei den einzigen „echten“, d.h. nicht auf Wahrnehmungsprobleme zurückzuführenden Antizipationsschwierigkeiten sein, die Fahrer in den vorliegenden Untersuchungen gezeigt haben: die Vorhersage einer notwendigen Geschwindigkeitsreduktion aufgrund eines weiter entfernten **zweiten Vorderfahrzeugs**, das deutlich langsamer unterwegs ist als das unmittelbare Vorderfahrzeug (in Kombination mit mangelnden Überholmöglichkeiten). Hier könnte ein Training dabei helfen, nicht nur das unmittelbare Vorderfahrzeug zu beachten, sondern auch das Verhalten weiter vorn befindlicher Fahrzeuge in die Antizipation des weiteren Situationsverlaufs mit einfließen zu lassen.

Generell sollte bei der Entwicklung von technischen Unterstützungskonzepten berücksichtigt werden, dass eine späte Reaktion auf ein antizipationsrelevantes Merkmal auch die Folge einer **bewussten Entscheidung des Fahrers** sein kann und nicht zwangsläufig aus Wahrnehmungs- und/oder Antizipationsschwierigkeiten resultiert.

Der motivationale Grund für eine „absichtlich“ wenig vorausschauende Fahrweise ist insbesondere in unwahrscheinlichen und/oder geringfügigen aversiven Konsequenzen eines solchen Verhaltens zu sehen (z.B. bei Überschreiten eines Tempolimits – v.a. wenn die Geschwindigkeitsdifferenz vergleichsweise unbedeutend ist und/oder die Maßnahme unzureichend begründet wird). Des Weiteren können auch Unsicherheiten über das weitere Bestehen eines Hindernisses bis zum Eintreffen des Fahrers (z.B. bei einem einparkenden Fahrzeug auf der Spur des Egofahrzeugs) ursächlich für ein spätes Eingreifen sein. Welche Faktoren darüber hinaus noch eine Rolle spielen (z.B. mangelndes Risikobewusstsein, „Sensation Seeking“ etc.) sollte in einer weiterführenden Untersuchung analysiert werden.

Sind die Gründe bekannt, kann ggf. über eine, wie auch immer geartete, Beeinflussung der Fahrermotivation (z.B. im Rahmen des Fahrschulunterrichts) eine Verringerung der Zeitlücke zwischen Antizipation und Handlung erzielt werden. Eine technische Unterstützung sollte sich aufgrund der „Motivationsproblematik“ hingegen darauf beschränken, den Fahrer über das aktuell relevante Merkmal zu informieren und höchstens eine

Handlungsempfehlung abzugeben, nicht jedoch mittels Fahrerassistenzsystemen in das eigentliche Fahrverhalten eingreifen. Andernfalls ist seitens des Benutzers mit einer deutlichen Ablehnung des Systems zu rechnen<sup>44</sup>.

Die **sehr großen interindividuellen Unterschiede** im Hinblick auf Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs- und Reaktionsleistung zeigen, dass manche Fahrer vermutlich in erheblich größerem Ausmaß von einer Unterstützung profitieren würden als andere.

Will man mit Hilfe von Fahrerinformationssystemen die kognitiven Prozesse „Antizipation“ und „Geschwindigkeitsentscheidung“ unterstützen, so wird dies den Fahrerinnen eher zugutekommen als den Fahrern und Fahranfängern mit wenig Fahrpraxis (Jahresfahrleistung unter 5.000 km) eher als Vielfahrern (Jahresfahrleistung über 20.000 km). Außerdem werden die Nutzer dieser Systeme mit zunehmendem Alter immer stärkeren Gewinn daraus ziehen. Ein Training der Informationsverarbeitungs- und Antizipationsfähigkeiten sollte sich ebenfalls vorrangig an (weibliche) Fahranfänger mit wenig Fahrpraxis sowie an ältere Fahrer(innen) richten.

Das Gegenteil gilt, wenn es um die Unterstützung vorausschauenden Fahrverhaltens geht. Hiermit würde man in erster Linie den jüngeren Fahrern helfen. Schulungsmaßnahmen, die die objektive Fahrleistung (Zeitpunkt der Geschwindigkeitsreduktion) verbessern sollen, sollten sich dementsprechend primär an diese Zielgruppe wenden. Insbesondere bei jungen Männern besteht ein sehr hohes Optimierungspotential, da bei ihnen die Lücke zwischen Antizipationszeitpunkt und Handlungszeitpunkt vergleichsweise groß ist. Neben einer Unterstützung bei der Entwicklung geeigneter Schemata und Skripte bieten sich im Rahmen eines Trainings v.a. Maßnahmen zur Erhöhung des Risikobewusstseins sowie zur korrekten Einschätzung der eigenen Fähigkeiten an.

Die großen interindividuellen Leistungsunterschiede sollten unbedingt auch bei der Auswahl von Versuchsteilnehmern für zukünftige Evaluationen von Trainings und Unterstützungssystemen berücksichtigt werden. Außerdem zeigt es, dass es zwingend erforderlich ist, zwischen einer Unterstützung der kognitiven Prozesse (d.h. der Antizipation) auf der einen und einer Unterstützung des vorausschauenden Fahrens auf der anderen Seite zu unterscheiden. Möchte man dem Fahrer bei der Antizipation helfen, dann eignet sich ein Videoexperiment mit anschließender Befragung (wie in Kapitel 10.2 beschrieben, S. 164 ff.) am besten für die Evaluation der entwickelten Informationssysteme. Soll mit den Systemen das vorausschauende Fahren verbessert werden,

---

<sup>44</sup> Zumindest, solange dieser nicht hinreichend motiviert ist zu einem vorausschauenden Fahrverhalten.



dann ist eine Fahrsimulationsstudie (ebenfalls in Kapitel 10.2 dargestellt, S. 164 ff.) das Mittel der Wahl.

Um einen umfassenden Überblick über alle beteiligten Prozesse zu gewinnen, sind jedoch aufgrund der methodischen Unvereinbarkeit von Video- und im Fahrsimulationsexperiment getrennte Untersuchungen erforderlich. Der dafür notwendige hohe Aufwand muss aber im Verhältnis zu den zu erwartenden Erkenntnissen gesehen werden: Es sind durchaus wichtige grundlagenwissenschaftliche Ergebnisse zu Antizipationsprozessen in komplexen Situationen zu erwarten, da bislang in diesem Feld primär Laborbefunde in vergleichsweise einfachen Settings vorliegen. Ob aber zusätzliche, d. h. für die technische Umsetzung wichtige Parameter identifiziert werden können, ist offen.

Beim Videoexperiment ist ein besonders hoher Aufwand für die Auswertung der freien Antworten bezüglich der Antizipation notwendig, bei der Fahrsimulationsstudie entsteht der erhöhte Aufwand durch die vergleichsweise häufigen Ausfälle infolge Simulator-Krankheit sowie durch die zeitintensive Auswertung der notwendigen Blickerfassung.

Einen effizienten Kompromiss könnte die Kombination des Videoexperiments mit Fragen nach dem jeweils präferierten Handlungszeitpunkt darstellen. Die Validität dieses Vorgehens müsste in einem gesonderten Experiment geprüft werden, das allerdings vergleichsweise wenig aufwändig wäre.

## LITERATURVERZEICHNIS

- Aarts, H. & Dijksterhuis, A. (2000). Habits as knowledge structures: Automaticity in goal-directed behavior. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78, 53-63.
- Ach, N. (1935). *Analyse des Willens*. Berlin, Wien: Urban & Schwarzenberg.
- Adams, S. (1998). Practical considerations for measuring Situational Awareness. *Proceedings for the third annual symposium and exhibition on situational awareness in the tactical air environment*, 157-164.
- Adams, M. J., Tenney, Y. J. & Pew, R. W. (1995). Situation awareness and the cognitive management of complex systems. *Human Factors*, 37, 85-104.
- Arnett, J. (1994). Sensation Seeking: a new conceptualization and a new scale. *Personality and Individual Differences*, 16, 289-296.
- Arthur, W., Barrett, G. V. & Alexander, R. A. (1991). Prediction of vehicular accident involvement: A meta-analysis. *Human Performance*, 4, 89-105.
- Avolio, B. J., Kroeck, K. G. & Panek, P. E. (1985). Individual differences in information-processing ability as a predictor of motor vehicle accidents. *Human Factors*, 27, 577-587.
- Ball, K., & Owsley, C. (1993). The useful field of view test: A new technique for evaluating age-related declines in visual function. *Journal of the American Optomological Association*, 63, 71-79.
- Ball, K., Owsley, C., Sloane, M. E., Roenker, D. L., & Bruni, J. R. (1993). Visual attention problems as a predictor of vehicle crashes in older drivers. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 34, 3110-3123.
- Barrett, G. V., Thornton, C. L., & Cabe, P. A. (1969). Relation between embedded figures test performance and simulator behavior. *Journal of Applied Psychology*, 53, 253-254.
- Bartlett, F.C. (1932). *Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Baumann, M., Petzoldt, T., Groenewoud, C., Hogema, J. & Krems, J. F. (2008). The Effect of Cognitive Tasks on Predicting Events in Traffic. *Proceedings of European Conference on Human Centered Design for Intelligent Transport Systems*, 3-11.
- Berlyne, D. E. (1950). Novelty and curiosity as determinants of exploratory behavior. *British Journal of Psychology*, 41, 68-80.
- Berthelon, C., Mestre, D., Pottier, A. & Pons, R. (1998). Is visual anticipation of collision during self-motion related to perceptual style? *Acta Psychologica*, 98, 1-16.
- Betsch, T. (2005). Wie beeinflussen Routinen das Entscheidungsverhalten? *Psychologische Rundschau*, 56, 261-270.
- Bogenberger, K., Belzner, H. & Kates, R. (2003). Ein hybrides Modell basierend auf einem Neuronalen Netz und einem ARIMA-Zeitreihenmodell zur Prognose lokaler Verkehrskenngrößen. *Straßenverkehrstechnik*, 47, 5-12.

- Bootsma, R. J., & Craig, C. M. (2003). Information used in detecting upcoming collision. *Perception*, 32, 525-544.
- Bootsma, R. J. & Oudejans, R. R. D. (1993): Visual information about time-to-collision between two objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 1041-1052.
- Boyce, T. E., & Geller, E. S. (2002). An instrumented vehicle assessment of problem behavior and driving style: Do younger males really take more risks? *Accident Analysis and Prevention*, 34, 51-64.
- Braess, H.-H. & Donges, E. (2006): Technologien zur aktiven Sicherheit von Personenkraftwagen – „Konsumierbare“ oder echte Verbesserungen? *Tagung „aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz“*, Garching bei München, 4.-5. April 2006.
- Brandt, T., Dichgans, J. & Koenig, E. (1973). Differential effects of central versus peripheral vision on egocentric and exocentric motion perception. *Experimental Brain Research*, 16, 476-491.
- Brewer, F. W. (2002). Mental Models. In L. Nadel (Hrsg.), *Encyclopedia of cognitive science* (Band 3). London: Wiley
- Brijs, T., Karlis, D. & Wets, G. (2008). Studying the effect of weather conditions on daily crash counts using a discrete time-series model. *Accident Analysis and Prevention* 40, 1180-1190.
- Brown, I. D. (1982). Exposure and experience are a confounded nuisance in research on driver behaviour. *Accident Analysis and Prevention*, 14, 345-352.
- Brown, I. D. (2005). *Road Safety Research No. 60: Review of the 'Looked but Failed to See' Accident Causation Factor*. London: Department for Transport.
- Burg, H. & Moser, A. (2009). *Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion – Unfallaufnahme, Fahrdynamik, Simulation* (2. Auflage). Wiesbaden: Vieweg & Teubner.
- Caird, J. K. & Hancock, P. A. (1991). The Perception of Arrival Time for Different Oncoming Vehicles at an Intersection. *Ecological Psychology*, 6, 83-109.
- Caretta, T. R., Perry, D. C. & Ree, M. J. (1996). Predicting situational awareness in F 15-pilots. *International Journal of Aviation Psychology*, 21-41.
- Cavallo, V. & Cohen, A. (2001). Perception. In P.E. Barjonet (Hrsg.): *Traffic Psychology Today*. Boston: Kluver, 63-89.
- Chapman, P. R. & Underwood, G. (1998): Visual search of driving situations: Danger and experience. *Perception*, 27, 951-964.
- Clarke, D. D., Forsyth, R. & Wright, R. (1999). Junction road accidents during cross-flow turns: a sequence analysis of police case files. *Accident Analysis and Prevention*, 31, 31-43.
- Cohen, A. S. (1985). Visuelle Informationsaufnahme während der Fahrzeugsteuerung in Abhängigkeit der Umweltmerkmale und der Fahrpraxis. *Schweizerische Zeitschrift für Psychologie*, 44, 249-288.

- Cohen, A. (1998). *Visuelle Orientierung im Straßenverkehr – Eine empirische Untersuchung zur Theorie des visuellen Abtastens*. Bern: Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. Auflage). Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- Conchillo, A., Recarte, M. A., Nunes, L. & Ruiz, T. (2006). Comparing speed estimations from a moving vehicle in different traffic scenarios: Absence versus presence of traffic flow. *The Spanish Journal of Psychology*, 9, 32-37.
- Crundall, D. E. & Underwood, G. (1998). Effects of experience and processing demands on visual information acquisition in drivers. *Ergonomics*, 41, 448-458.
- Dahmen-Zimmer, K. & Gründl, M. (2007a). *Abschlussbericht zum Kooperationsprojekt TUMMIC, Phase 4, Teilprojekt Fahrerantizipation*. Regensburg: Lehrstuhl für Allgemeine und Angewandte Psychologie.
- Dahmen-Zimmer, K. & Gründl, M. (2007b). *Antizipation*. Präsentation zu TUMMIC IV. Regensburg: Lehrstuhl für Allgemeine und Angewandte Psychologie.
- DeLucia, P. R. (1991). Pictorial and Motion-Based Information for Depth Perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17, 738-748.
- DeLucia, P. R. & Warren, R. (1994). Pictorial and Motion-Based Information during Active Control of Self-Motion: Size-Arrival Effects on Collision Avoidance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 783-798.
- Denton, G. G. (1980). The influence of visual patterns on perceived speed. *Perception*, 9, 393-402.
- Deutschle, S. (2005). Wer fährt? – Der Fahrer oder das System? *SVR Straßenverkehrsrecht*, 6, 201-206.
- Diem, C. (2004). *Blickverhalten von Kraftfahrern im dynamischen Straßenverkehr*. Dissertation an der TU Darmstadt.
- Dilling, J. (1973). *Fahrverhalten von Kraftfahrzeugen auf kurvigen Strecken*. Bonn, Bad Godesberg: Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 151.
- Donges, E. (1975). Experimentelle Untersuchung des menschlichen Lenkverhaltens bei simulierter Straßenfahrt (Teil 1). *Automobiltechnische Zeitschrift*, 77, 141-146.
- Dorsch, F., Häcker, H. & Stapf, K. H. (2004). *Psychologisches Wörterbuch* (14. Auflage). Bern: Huber.
- Dück, M. (2001). *Der Raum und seine Wahrnehmung*. Würzburg: Königshausen u. Neumann.
- Duncan, J., Williams, P. & Brown, I. (1991). Components of driving skill: experience does not mean expertise. *Ergonomics*, 34, 919 — 937.
- Eilers, K., Nachreiner, F. & Hänecke, K. (1986). Entwicklung und Überprüfung einer Skala zur Erfassung subjektiv erlebter Anstrengung. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 40, 215-224.

- Elander, J., West, R. & French, D. (1993). Behavioral Correlates of Individual Differences in Road-Traffic Crash Risk: An Examination of Methods and Findings. *Psychological Bulletin*, 113, 279-294.
- Endsley, M. R. (1988). Situation Awareness global assessment technique (SAGAT). In *Proceedings of the National Aerospace and Electronics Conference (NAECON)* (S. 789-795). New York: IEEE.
- Endsley, M. R. (1995a). Measurement of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37, 65-84.
- Endsley, M. R. (1995b). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors* 37, 32-64.
- Endsley, M. R. (2000a). Direct Measurement of Situation Awareness: Validity and Use of SAGAT. In M.R. Endsley & D.J. Garland (Hrsg.): *Situation awareness: analysis and measurement*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Endsley, M. R. (2000b). Theoretical underpinnings of situation awareness: a critical review. In M.R. Endsley & D.J. Garland (Hrsg.): *Situation awareness: analysis and measurement*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Endsley, M. R., Bolté, B. & Jones, D. G. (2003). *Designing for Situation Awareness – An Approach to User-Centered Design*. London: Taylor & Francis.
- Evans, L. (2004). *Traffic safety*. Bloomfield Hills, Mich.: Science Serving Society.
- Färber, B. (2000). "Alte" Methoden zur Analyse von Nutzeranforderungen an neue Technologien – dargestellt am Beispiel ACC<sup>IB</sup>. In: *Informations- und Assistenzsysteme im Auto benutzergerecht gestalten – Methoden für den Entwicklungsprozess. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen – Mensch und Sicherheit, Heft M 116*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Fajen, B. R. (2001). Steering toward a goal by equalizing taus. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 953-968.
- Fajen, B. R. & Warren, W. H. (2003). Behavioral dynamics of steering, obstacle avoidance, and route selection. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 343-362.
- Fastenmeier, W. (1995). *Autofahrer und Verkehrssituation – Neue Wege zur Bewertung von Sicherheit und Zuverlässigkeit moderner Straßenverkehrssysteme*. Köln: Verlag TÜV Rheinland.
- Fastenmeier, W. & Gstalter, H. (2008). Beitrag psychologischer Erkenntnisse und Methoden zur Bewertung von Fahrerassistenzsystemen (FAS). *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 39, 15-24.
- Fildes, B. N. & Triggs, T. J. (1985). The effect of changes in curve geometry on magnitude estimates of road-like perspective curvature. *Perception & Psychophysics*, 37, 218-224.
- Finn, P. & Bragg, B. W. E. (1986). Perception of the risk of an accident by young and older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 18, 289-298.

- 
- Fracker, M. L. & Davies, S. A. (1991). *Explicit, implicit, and subjective rating measures of Situation Awareness in a monitoring task* (AL-TR-1991-0091). Wright Patterson Air Force Base.
- Fridstrøm, L., Ifver, J., Ingebrigtsen, S., Kulmala, R. & Krogsgard Thomsen, L. (1995). Measuring the contribution of randomness, exposure, weather, and daylight to the variation in road accident counts. *Accident Analysis and Prevention* 27, 1–20.
- Fuller, R. (1984). A conceptualization of driver behavior as threat avoidance. *Ergonomics*, 27, 1139-1155.
- Fuller, R. (2000). The task-capability interface model of the driving process. *Recherche Transports Sécurité*, 66, 47-59.
- Fuller, R. (2005). Towards a general theory of driver behaviour. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 461-472.
- Gawron, V. J. (2008). *Human Performance, Workload, and Situational Awareness Measures Handbook* (2. Auflage). Boca Raton: CRC Press.
- Gibson, J. J. (1986). *The ecological approach to visual perception*. Hillsdale (New Jersey): Lawrence Erlbaum.
- Gibson, J. J. & Crooks, L. E. (1938): A theoretical field-analysis of automobile-driving. *The American Journal of Psychology*, 51, 453-471.
- Godthelp, H. (1988). The limits of path error-neglecting in straight lane driving. *Ergonomics*, 31, 609 - 619.
- Godthelp, H., Milgram, P. & Blaauw, G. J. (1984). The development of a time-related measure to describe driving strategy. *Human Factors*, 26, 257-268.
- Goldstein, E. B. (2007). *Sensation and Perception* (7. Auflage). Belmont: Wadsworth.
- Gopher, D. & Kahneman, D. (1971). Individual differences in attention and the prediction of flight criteria. *Perceptual and Motor Skills*, 33, 1335-1342.
- Gray, R. and Regan, D. (1998) Accuracy of estimating time to collision using binocular and monocular information *Vision Research*, 38, 499–512.
- Groeger, J. A., & Chapman, P. R. (1996). Judgment of Traffic Scenes: The Role of Danger and Difficulty. *Applied Cognitive Psychology*, 10, 349-364.
- Gronlund, S. D., Ohrt, D. D., Dougherty, M. R. P., Perry, J. L. & Manning, C. A. (1998). Role of memory in air traffic control. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 4, 263-280.
- Gründl, M. (2005). *Fehler und Fehlverhalten als Ursache von Verkehrsunfällen und Konsequenzen für das Unfallvermeidungspotenzial und die Gestaltung von Fahrerassistenzsystemen*. Dissertation an der Universität Regensburg.
- Gugerty, L. J. (1997). Situation awareness during driving: explicit and implicit knowledge in dynamic spatial memory. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3, 42-66.

- Gugerty, L., Rakauskas, M. & Brooks, J. (2004). Effects of remote and in-person verbal interactions on verbalization rates and attention to dynamic spatial scenes. *Accident Analysis and Prevention*, 36, 1029-1043.
- Hancock, P. A., Caird, J. K., Shekhar, S. & Vercruyssen, M. (1991). Factors Influencing Drivers' Left-Turn Decisions. *Proceedings of the Human Factors Society*, 35, 1139-1143.
- Harano, R. M. (1970). Relationship of field dependence and motor vehicle accident involvement. *Perceptual and Motor Skills*, 31, 272-274.
- Harrington, D. M., & McBride, R. S. (1970). Traffic violations by type, age, sex and marital status. *Accident Analysis and Prevention*, 2, 67-79.
- Hart, S. G. & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In: P.A. Hancock & N. Meshkati (Hrsg.): *Human Mental Workload* (S. 239-250). Amsterdam: North Holland Press.
- Hergovich, A. (1999). Vorstellung und Validierung des Gestaltwahrnehmungstests zur Messung der Feldabhängigkeit. *Diagnostica*, 45, 20-34.
- Herslund, M.-B. & Jorgensen, N. O. (2003). Looked-but-failed-to-see-errors in traffic. *Accident Analysis and Prevention* 35, 885–891.
- Herzberg, P. Y. & Schlag, B. (2003). Sensation Seeking und Verhalten im Straßenverkehr. In: M. Roth & P. Hammelstein (Hrsg.). *Sensation Seeking – Konzeption, Diagnostik und Anwendung*. Göttingen: Hogrefe.
- Hörmann, H. (1960). *Konflikt und Entscheidung. Experimentelle Untersuchungen über das Interferenzphänomen*. Göttingen: Hogrefe.
- Hoffman, L., McDowd, J. M., Atchley, P., & Dubinsky, R. (2005). The Role of Visual Attention in Predicting Driving Impairment in Older Adults. *Psychology and Aging*, 20, 610-622.
- Hoffmann, E. R. & Mortimer, R. G. (1994). Drivers' estimates of time to collision. *Accident Analysis & Prevention*, 26, 511-520.
- Hoffmann, J. (1993). *Vorhersage und Erkenntnis*. Göttingen: Hogrefe.
- Houtenbos, M., Jagtman, H. M., Hagenzieker, M. P., Wieringa, P. A. & Hale, A. R. (2005). Understanding road users' expectations: an essential step for ADAS development. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 5, 253-266.
- Houtenbos, M. (2008). *Expecting the unexpected – A study of interactive driving behaviour at intersections*. Dissertation an der TU Delft.
- Hristov, B. (2009). *Untersuchung des Blickverhaltens von Kraftfahrern auf Autobahnen*. Dissertation an der TU Dresden.
- Jackson, K. & Trochim, W. (2002). Concept mapping as an alternative approach for the analysis of open-ended survey responses. In: *Organizational Research Methods*, 5, 7-36.
- James, W. (1891). *The principles of psychology* (Vol. 2). Cambridge, MA.: Harvard University Press.

- Johansson, Ö., Wanvik, P. O. & Elvik, R. (2009). A new method for assessing the risk of accident associated with darkness. *Accident Analysis and Prevention*, 41, 809-815.
- Johnson, H. M. (1946). The detection and treatment of accident prone drivers. *Psychological Bulletin*, 43, 489-532.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness*. Cambridge: Cambridge University.
- Jonah, B. A. (1986). Accident risk and risk-taking behaviour among young drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 18, 255-271.
- Jonah, B. A. (1997). Sensation seeking and risky driving: a review and synthesis of the literature. *Accident Analysis & Prevention*, 29, 651-665.
- Jonah, B. A., Thiessen, R. & Au-Yeung, E. (2001). Sensation seeking, risky driving and behavioral adaptation. *Accident Analysis and Prevention*, 33, 679-684.
- Jones, D. G. (2000). Subjective measures of situation awareness. In: M.R. Endsley & D. J. Garland (Hrsg.). *Situation awareness analysis and measurement* (S. 113-128). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kahneman, D., Ben-Ishai, R. & Lotan, M. (1973). Relation of a test of attention to road accidents. *Journal of Applied Psychology*, 58, 113-115.
- Kelly, G. A. (1955). *The psychology of personal constructs*. London: Routledge.
- Klebensberg, D. (1982). *Verkehrspsychologie*. Berlin: Springer.
- Koelega, H. S. (1995). Alcohol and Vigilance Performance: A Review. *Psychopharmacology*, 118, 233-249.
- Koustanai, A., Boloix, E., Elslande, P. & Bastien, C. (2008). Statistical analysis of "looked but-failed-to-see-accidents": Highlighting the involvement of two distinct mechanisms. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 461-469.
- Kruskal, J. B. & Wish, M. (1978). *Multidimensional scaling*. Beverly Hills, CA: Sage Publications.
- Lamble, D., Kauranen, T., Laakso, M. & Summala, H. (1999). Cognitive load and detection thresholds in car following situations: safety implications for using mobile (cellular) telephones while driving. *Accident Analysis and Prevention*, 31, 617-623.
- Land, M. & Horwood, J. (1995). Which parts of the road guide steering? *Nature*, 377, 339-340.
- Land, M. F. & Lee, D.N. (1994). Where we look when we steer. *Nature*, 369, 742-744.
- Larsson, A. (2005). *Pedestrian detection and driver attention. Cues needed to determine risky pedestrian behaviour in traffic*. Masterarbeit an der Universität von Linköping (Schweden).
- Lee, D. N. (1976). A theory of visual control of braking based on information about time-to-collision. *Perception*, 5, 437-459.



- Lee, D. N. (1980). The optic flow field: the foundation of vision. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences*, 290, 169–179.
- Leutner, R. (1974). *Fahrraum und Fahrverhalten*. Dissertation an der Universität Karlsruhe.
- Loo, R. (1978). Individual differences and the perception of traffic signs. *Human Factors*, 20, 65-74.
- Loo, R. (1979). Role of primary personality factors in the perception of traffic signs and driver violations and accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 11, 125-127.
- Lorenz, E. H. H. (1971). *Trassierung und Gestaltung von Straßen und Autobahnen*. Wiesbaden & Berlin: Bauverlag GmbH.
- Luck, S. J. & Vecera, S. P. (2002). Attention. In H. Pashler & S. Yantis (Hrsg.): *Stevens' Handbook of Experimental Psychology: Vol. 1. Sensation and Perception* (3. Auflage, S. 235-286). New York: Wiley.
- Mathews, M. L., & Moran, A. R. (1986). Age differences in male drivers' perception of accident risk: The role of perceived driving ability. *Accident Analysis and Prevention*, 18, 299-313.
- Mayhew, D. R., Donelson, A. C., Beirness, D. J. & Simpson, H. M. (1986). Youth, alcohol and relative risk of accident involvement. *Accident Analysis and Prevention*, 18, 273-287.
- McKenna, F. P. (1983). Accident proneness: A conceptual analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 15, 65-71.
- McKenna, F. P. (1984). Measures of field dependence: Cognitive style or cognitive ability? *Journal of Personality and Social Psychology*, 47, 593-603.
- McKenna, F. P., Duncan, J. & Brown, I. D. (1986). Cognitive abilities and safety on the road: A re-examination of individual differences in dichotic listening and search for embedded figures. *Ergonomics*, 29, 649-663.
- McLeod, R.W. & Ross, H.E. (1983). Optic-Flow and Cognitive Factors in Time-to-Collision Estimates. *Perception*, 12, 417-423.
- Michon, J. A. (1985). A critical view of driver behavior models: what do we know, what should we do? In L. Evans & R. C. Schwing (Hrsg.), *Human behavior and traffic safety* (S. 485 - 524). New York: Plenum Press.
- Mihal, W C., & Barrett, G. V (1976). Individual differences in perceptual information processing and their relation to automobile accident involvement. *Journal of Applied Psychology*, 61, 229-233.
- Mourant, R. R. & Rockwell, T. H. (1972). Strategies of visual search by novice and experienced drivers. *Human Factors*, 14, 325-335.
- Myers, R. S., Ball, K. K., Kalina, T. D., Roth, D. L. & Goode, K. T. (2000). Relation of useful field of view and other screening tests to on-road driving performance. *Perceptual and Motor Skills*, 91, 279-290.
- Näätänen, R., & Summala, H. (1974). A model for the role of motivational factors in drivers' decision-making. *Accident Analysis and Prevention*, 6, 243-261.

- Neisser, U. (1976). *Cognition and reality: Principles and implications of cognitive psychology*. San Francisco: Freeman.
- Neunzig, D. & Benmimoun, A. (2002). Potentiale der vorausschauenden Fahrerassistenz zur Reduktion des Kraftstoffverbrauchs. In: 11. Aachener Kolloquium Fahrzeug-und Motorentechnik, 1205-1238.
- Nöcker, G., Mezger, K. & Kerner, B. (2005). *Vorausschauende Fahrerassistenzsysteme*. Walting: Workshop Fahrerassistenzsysteme. In: [http://www.prevent-ip.org/download/Events/20050406%20DC%20Workshop/PR-22000-SLI-050406-v10-DC-Workshop%20Vorausschauende\\_FAS.pdf](http://www.prevent-ip.org/download/Events/20050406%20DC%20Workshop/PR-22000-SLI-050406-v10-DC-Workshop%20Vorausschauende_FAS.pdf) (abgerufen am 31.10.2011).
- Olson, P. L. (1974). Aspects of driving performance as a function of field dependence. *Journal of Applied Psychology*, 59, 192-196.
- Ottensmeyer, H.-U. (1985): Einfluss der Geschwindigkeit auf das Unfallgeschehen im Straßenverkehr. *Unfall und Fahrzeugtechnik*, 23, 233-236.
- Owsley, C., Ball, K., McGwin, G., Sloane, M. E., Roenker, D. L., White, M. F., Overly, E. T. (1998) Visual processing impairment and risk of motor vehicle crash among older adults. *Journal of the American Medical Association* 279, 1083-1088.
- Owsley, C., Ball, K., Sloane, M. E., Roenker, D. L., & Bruni, J. R. (1991). Visual / Cognitive Correlates of Vehicle Accidents in Older Drivers. *Psychology and Aging*, 6, 403-415.
- Panek, P. E., Barrett, G. V., Sterns, H. L. & Alexander, R. A. (1977). A review of age changes in perceptual information processing ability with regard to driving. *Experimental Aging Research*, 3, 387-449.
- Philip, P., Sagaspe, P., Moore, N., Taillard, J., Charles, A., Guilleminault, C. & Bioulac, B. (2005). Fatigue, sleep restriction and driving performance. *Accident Analysis and Prevention* 37, 473-478.
- Pritchett, A. R. & Hansman, R. J. (2000). Use of testable responses for performance-based measurement of situation awareness. In: M.R. Endsley & D.J. Garland (Hrsg.), *Situation awareness analysis and measurement*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ranney, T. A. (1994). Models of Driving Behavior: A Review of their Evolution. *Accident Analysis and Prevention*, 26, 733-750.
- Rantanen, E. M., & Goldberg, J. H. (1999). The effect of mental workload on the visual field size and shape. *Ergonomics*, 42, 816-834.
- Rauch, N. (2009). *Ein verhaltensbasiertes Messmodell zur Erfassung von Situationsbewusstsein im Fahrkontext*. Dissertation an der Universität Würzburg.
- Recarte, M. A. & Nunes, L. M. (2003). Mental Workload While Driving: Effects on Visual Search, Discrimination, and Decision Making. *Journal of Experimental Psychology*, 9, 119-137.
- Reichart, G. (2001). *Menschliche Zuverlässigkeit beim Führen von Kraftfahrzeugen* (Dissertation an der TU München). Düsseldorf: VDI.
- Reinisch, R. (2010). *Wahrnehmung von Verkehrszeichen und Straßenumfeld bei Nachtfahrten im übergeordneten Straßennetz*. Dissertation an der TU Darmstadt.

- Reymond, G., Kemeny, A., & Droulez, J. (2001). Role of lateral acceleration in curve driving: Driver model and experiments on a real vehicle and a driving simulator. *Human Factors*, 43, 483-495.
- Riemersma, J. B. J. (1981). Visual control during straight road driving. *Acta Psychologica*, 48, 215-225.
- Riemersma, J. B. J. (1988). An empirical study of subjective road categorization. *Ergonomics*, 31, 621 – 630.
- Riesenhuber, M. (2006). *Die Fehlentscheidung – Ursache und Eskalation*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Rönsch-Hasselhorn, B. (2003). Sichtbeeinträchtigung für Autofahrer durch Sonnenblendung. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 49, S.21-26.
- Rösler, D. (2010). *Fahrrelevanz von Elementen des Straßenverkehrs – Beschreibung, Erfassung und Anwendung*. Dissertation an der TU Chemnitz.
- Rommerskirchen, C. (2009). *Zeitliche Anforderungen zur Unterstützung von vorausschauendem Fahren unter Optimierung von Effizienz und Akzeptanz*. Unveröffentlichte Diplomarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie der TU München.
- Ronen, A., Gershon, P., Drobiner, H., Rabinovich, A., Bar-Hamburger, R. Mechoula, R., Cassuto, Y. & Shinar, D., 2008. Effects of THC on driving performance, physiological state and subjective feelings relative to alcohol. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 926-934.
- Rothengatter, T. (1988). Risk and the absence of pleasure: a motivational approach to modeling road user behavior. *Ergonomics*, 31, 599-607.
- Rumar, K. (1985). The role of perceptual and cognitive filters in observed behaviour. In: L. Evans & R.C. Schwing (Hrsg.): *Human Behaviour and Traffic Safety*. Plenum Press, New York.
- Rumar, K. (1990): The basic driver error: late detection. *Ergonomics*, 33, 1281-1290.
- Salvucci, D. D. & Liu, A. (2002). The Time Course of a Lane Change: Driver Control and Eye Movement Behavior. *Transportation Research Part F* 5, 123-132.
- Sanders, A. F. (1970). Some aspects of the selective process in the functional visual field. *Ergonomics*, 13, 101-117.
- Sarter, N. B. & Woods, D. D. (1991). Situation awareness: a critical but ill defined phenomenon. *International Journal of Aviation Psychology*, 1, 45-57.
- Schermer, F. J. (2006). *Lernen und Gedächtnis* (4. Auflage). Stuttgart: Kohlhammer.
- Schlag, B. (1994). Risikoverhalten im Straßenverkehr. In A. Flade (Hrsg.): *Mobilitätsverhalten* (S. 131-138). Weinheim: Beltz / PVU.
- Schlag, B., Richter, S. (2000): Wahrnehmungs- und sozialpsychologische Hintergründe von Nebelunfällen. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 46, 114-120.
- Schrammel, E., Kaba, A., Risku, H. & Machata, K. (1995). *Frau am Steuer. Geschlechtsspezifisches Verkehrsverhalten?* Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit.

- Schweigert, M. (2003). *Fahrerblickverhalten und Nebenaufgaben*. Dissertation an der TU München.
- Seifert, A. (2007). *Gefährlichkeitseinschätzung von Autofahrern, Motorradfahrern und Radfahrern*. Dissertation an der Universität Bielefeld.
- Seifert, K. (2002). *Evaluation multimodaler Computer-Systeme in frühen Entwicklungsphasen. Ein empirischer Ansatz zur Ableitung von Gestaltungshinweisen für multimodale Computer-Systeme*. Dissertation an der TU Berlin.
- Shinar, D., McDowell, E. D., Rackoff, N. J. & Rockwell, T. H. (1978). Field dependence and driver visual search behavior. *Human Factors*, 20, 553-559.
- Sivac, M., Soler, J., Tränkle, U. & Spagnhol, J. M. (1989). Cross-cultural differences in driver risk-perception. *Accident Analysis and Prevention*, 21, 353-362.
- Smith, K. & Hancock, P. A. (1995). Situation awareness is adaptive, externally directed consciousness. *Human Factors*, 37, 137-148.
- Snowden, R., Thompson, P. & Troscianko, T. (2006). *Basic Vision – An Introduction to Visual Perception* (1. Auflage). Oxford: University Press.
- Sommer, K. (2006). *Eine experimentelle Untersuchung zur Darstellung kontaktanaloger Navigationsinformation im Head-Up-Display*. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Allgemeine und Angewandte Psychologie der Universität Regensburg (Prof. Zimmer).
- Sommer, K., Dahmen-Zimmer, K. & Zimmer, A. (2010). *ISPA III – Abschlussbericht des Lehrstuhls für Allgemeine und Angewandte Psychologie* (unveröffentlichter Forschungsbericht). Regensburg: Lehrstuhl für Allgemeine und Angewandte Psychologie (Prof. Zimmer).
- Statistisches Bundesamt (2010). *Unfallentwicklung auf deutschen Straßen 2010*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Staubach, M. (2010). *Identifikation menschlicher Einflüsse auf Verkehrsunfälle als Grundlage zur Beurteilung von Fahrerassistenzsystem-Potentialen*. Dissertation an der TU Dresden.
- Sternberg, R. J. (1997). *Thinking styles*. Cambridge: University Press.
- Stewart, D., Cudworth, C. J. & Lishman, J. R. (1993). Misperception of Time-to-Collision by Drivers in Pedestrian Accidents. *Perception*, 22, 1227-1244.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-661.
- Summala, H. (1996). Accident risk and driver behavior. *Safety Science*, 22, 103-117.
- Summala, H., Lamble, D. & Laakso, M. (1998). Driving experience and perception of the lead car's braking when looking at in-car targets. *Accident Analysis and Prevention*, 30, 401-407.
- Tanida, K. & Pöppel, E. (2006). A hierarchical model of operational anticipation windows in driving an automobile. *Cognitive Processing*, 7, 275-287.
- Taylor, D. H. (1964). Drivers' galvanic skin response and the risk of accident. *Ergonomics*, 7, 439-451.

- Taylor, R. M. (1989). Situation awareness rating technique (SART): The development of a tool for aircrew systems design. In *Situational Awareness in aerospace operations: AGARD Conference Proceedings No. 478*; S. 3/1-3/17.
- Theofanou, D. (2002). *Maße zur Erfassung von visueller Ablenkung bei verschiedenen komplexen Streckenabschnitten*. Dissertation an der Universität Regensburg.
- Todd, J. T. (1981). Visual information about moving objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 795-810.
- Tresilian, J. R. (1999a). Analysis of recent empirical challenges to an account of interceptive timing. *Perception & Psychophysics*, 61, 515-528.
- Tresilian, J. R. (1999b). Visually timed action: time-out for 'tau'? *Trends in Cognitive Sciences*, 3, 301 - 310.
- Trochim, W. (1989). An Introduction to Concept Mapping for Planning and Evaluation. In: *A Special Issue of Evaluation and Program Planning*, 12, 1-16.
- Trochim, W. (1993). *Reliability of concept mapping*. Dallas: Annual Conference of the American Evaluation Association.
- Trochim, W. (1996). *An internet-based concept mapping of accreditation standards for evaluation*. Atlanta: Annual Conference of the American Evaluation Association.
- Trochim, W. (2006). *The Research Methods Knowledge Base – Concept Mapping*. In: <http://www.socialresearchmethods.net/kb/conmap.php> (Abgerufen am 22.10.2010).
- Underwood, G., Chapman, P., Berger, Z. & Crundall, D. (2003a). Driving experience, attentional focusing, and the recall of recently inspected events. *Transportation Research, Part F*, 6, 289-304.
- Underwood, G., Chapman, P., Bowden, K. & Crundall, D. (2002). Visual search while driving: skill and awareness during inspection of the scene. *Transportation Research Part F*, 5, 87-97.
- Underwood, G., Chapman, P., Brocklehurst, N., Underwood, J. & Crundall, P. (2003b). Visual attention while driving: sequences of eye fixations made by experienced and novice drivers. *Ergonomics*, 46, 629-646.
- Ungerer, D. (1994). Aufbau und Grenzen des vorausschauenden Fahrens. In E. Marx: *Informationsaufnahme des Verkehrsteilnehmers, Heft 24* (S. 9-16). Wien: Institut für Verkehrswesen der Universität für Bodenkultur.
- Van der Horst, R. (1991). Time-to-collision as a cue for decision making in braking. In A. G. Gale, I. D. Brown, C. M. Haslegrave, I. Morrehead & S. P. Taylor (Hrsg.): *Vision in Vehicles – III* (S. 19-26). Amsterdam: Elsevier.
- Van der Hulst, M., Rothengatter, T. & Meijman, T. (1998). Strategic adaptations to lack of preview in driving. *Transportation Research Part F* 1, 59-75.
- Van der Hulst, M., Meijman, T. & Rothengatter, T. (1999). Anticipation and the adaptive control of safety margins in driving. *Ergonomics*, 42, 336-345.
- Van der Hulst, M., Meijman, T. & Rothengatter, T. (2001). Maintaining task set under fatigue: a study of time-on-task effects in simulated driving. *Transportation Research Part F* 4, 103-118.

- Van Winsum, W., & Godthelp, H. (1996). Speed Choice and Steering Behavior in Curve Driving. *Human Factors*, 38, 434-441.
- Velichkovsky, B. M., Rothert, A., Kopf, M., Dornhoefer, S. M. & Joos, M. (2002). Towards an express diagnostics for level of processing and hazard perception. *Transportation Research Part F* 5, 145-156.
- Viano, D. C, Culver, C. C, Evans, L., Frick, M. C. & Scott, R. (1990). Involvement of older drivers in multivehicle side-impact crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 22, 177-199.
- Vollrath, M., Maciej, J., Howe, J., & Briest, S. (2009). Fahren Ältere situationsbewusster als Jüngere? *Zeitschrift für Arbeitswissenschaften*, 63, 23-31.
- Von Benda, H. & Hoyos, C. G. (1983). Estimating Hazards in traffic situations. *Accident Analysis and Prevention*, 15, 1-9.
- Wanvik, P. O. (2009). Effects of road lighting: An analysis based on Dutch accident statistics 1987–2006. *Accident Analysis and Prevention* 41, 123-128.
- Warren, W. H., & Hannon, D. J. (1988). Direction of self-motion is perceived from optical flow. *Nature*, 336, 162-163.
- Warren, W. H., & Hannon, D. J. (1990). Eye movements and optical flow. *Journal of the Optical Society of America A*, 7, 160-169.
- Warren, W. H., Kay, B. A., Zosh, W. D., Duchon, A. P., & Sahuc, S. (2001). Optic flow is used to control human walking. *Nature Neuroscience*, 4, 213–216.
- Warren, W. H., Mestre, D. R., Blackwell, A. W., & Morris, M. W. (1991). Perception of Circular Heading from Optical Flow. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17, 28-43.
- Warren, W. H., Morris, M. W., & Kalish, M. (1988). Perception of translational heading from optical flow. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 646-660.
- Whelan, M., Senserrick, T., Groeger, J., Triggs, T. & Hosking, S. (2004). *Learner Driver Experience Project* (Report No. 221). Monash University: Accident Research Centre.
- White, R. W. (1959). Motivation reconsidered: the concept of competence. *Psychological Review*, 66, 297-333.
- Wickens, C. D. (1992). *Engineering psychology and human performance* (2. Auflage). New York: HarperCollins.
- Wickens, C. D. (1996). Situation Awareness: Impact of Automation and Display Technology. In: *NATO AGARD Aerospace Medical Panel Symposium on Situation Awareness* (Neuilly-Sur-Seine, Frankreich).
- Wickens, C. D. & Carswell, C. M. (2006). Information Processing. In: G. Salvendy (Hrsg.): *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (3. Auflage, S. 111-149). Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons.
- Wickens, C. D. & Hollands, J.G. (2000). *Engineering psychology and human performance* (3. Auflage). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

- 
- Wickens, C. D., & McCarley, J. (2008). *Applied attention theory*. BocaRaton, FL: Taylor & Francis.
- Wilde, G. J. S. (1982). The theory of risk homeostasis: implications for safety and health. *Risk Analysis*, 2, 209-225.
- Wilde, G. J. S. & Murdoch, P. (1982). Incentive systems for accident-free and violence-free driving in the general population. *Ergonomics*, 25, 879-890.
- Wilkie R. M. & Wann J. P. (2003a). Controlling steering and judging heading: Retinal flow, visual direction and extra-retinal information. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 363-378.
- Wilkie, R. M. & Wann, J. P. (2003b). Eye-movements aid the control of locomotion. *Journal of Vision*, 3, 677-684.
- Williams, L. J. (1995a). Peripheral target recognition and visual field narrowing in aviators and nonaviators. *International Journal of Aviation Psychology*, 5, 215-232.
- Williams, L. J. (1995b). Visual field tunneling in aviators induced by memory demands. *The Journal of General Psychology*, 122, 225-235.
- Williamson, A. M., Feyer, A.-M., Mattick, R. P., Friswell, R. & Finlay-Brown, S. (2001). Developing measures of fatigue using an alcohol comparison to validate the effects of fatigue on performance. *Accident Analysis and Prevention* 33, 313-326.
- Witkin, H. A. (1950). Individual differences in ease of perception of embedded figures. *Journal of Personality*, 19, 1-15.
- Witkin, H. A. (1954). *Personality through perception*. New York: Harper.
- Witkin, H. A., Lewis, H.B., Hertzman, M., Machover, K., Meissner, P.B. & Wappner, S. (1972). *Personality through perception: an experimental and clinical study*. Westport: Greenwood Press.
- Witkin, H. A., Oltman, P.K., Raskin, E. & Karp, S.A. (1971). *A manual for the embedded figures test*. Palo Alto: Consulting Psychologist Press.
- Wundt, W. (1907). *Grundriss der Psychologie*. Leipzig: Engelmann.
- Yan, X. & Radwan, E. (2007). Effect of restricted sight distances on driver behaviors during unprotected left-turn phase at signalized intersections. *Transportation Research Part F* 10, 330-344.
- Zimmer, A. (1973). *Die Bildung von Ordnungen im menschlichen Gedächtnis*. Dissertation an der Universität Münster.
- Zimmer, A. (1976). Die Beeinflussung der Informationsverarbeitungskapazität durch Berücksichtigung der subjektiven Organisation. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 23, 521-529.
- Zimmer, A. (2002). Über die Ergonomie hinaus – Neue Wege zu einer menschengerechten Technikgestaltung. In: J. Kubitzki (Hrsg.): *Der sichere Fahrer – ein Mythos* (S. 75-83). Köln: TÜV-Verlag.
- Zuckerman, M. (1994). *Behavioral expressions and biosocial bases of sensation seeking*. New York: Cambridge University Press.

## ANHANG A: Fragebogen aus Untersuchung I

Vor Beginn des Experiments möchte ich Sie noch um ein paar demographische Angaben bitten.

1) Sind Sie Student/in?

☐

Ja

☐

Nein

2) Wenn ja, was ist Ihr Studienfach?

3) Geschlecht:

☐

männlich

☐

weiblich

4) Alter:

Jahre

5) Wie viele km/Jahr fahren Sie durchschnittlich?

☐

Bis 5.000 km/Jahr

☐

5.001 bis 10.000 km/Jahr

☐

10.001 bis 15.000 km/Jahr

☐

15.001 bis 20.000 km/Jahr

☐

Über 20.000 km/Jahr



Nun kommen wir zum eigentlichen Experiment. Im Folgenden werden Sie 10 Videos von Verkehrssituationen sehen. Stellen Sie sich bitte beim Betrachten der Videos vor, dass Sie tatsächlich mit dem Auto fahren und beobachten Sie aufmerksam den Sie umgebenden Verkehr. Wenn nach 10 Sekunden das Video stoppt, so kehren Sie bitte zu diesem Fragebogen zurück und beantworten die beiden folgenden Fragen:

- (a) Wie wird sich die Situation Ihrer Meinung nach weiterentwickeln?
- (b) An welchen Kriterien erkennen Sie dies?

*Beispiel:*

- (a) Ein oder mehrere Kinder werden gleich vom Bürgersteig auf die Straße – und damit vor mein Auto – laufen.
- (b) Kinder mit einem Ball spielen am Bürgersteig und der Ball rollt vor mir auf die Straße.

Anschließend sehen Sie sich das zweite Video an und beantworten auch dazu wieder die beiden Fragen (a) und (b) usw.

Nachdem Sie das 10. Video betrachtet und die zugehörigen Fragen beantwortet haben, werde ich Sie abschließend bitten aus dem Gedächtnis weitere Situationen zu nennen, in denen vorausschauendes Fahren Ihrer Meinung nach wichtig ist. Auch dazu sollen Sie wieder Kriterien nennen, an denen Sie die weitere Entwicklung der Situation ablesen können.

Haben Sie bis hierher noch Fragen?

Dann probieren wir das doch gleich einmal aus: Sie haben jetzt die Möglichkeit sich ein „Demovideo“ anzusehen, das in Aussehen und Länge vergleichbar ist mit den Videos im Experiment. Versuchen Sie auch die beiden Fragen

- (a) Wie wird sich die Situation Ihrer Meinung nach weiterentwickeln?
- (b) An welchen Kriterien erkennen Sie dies?

zu beantworten. Dabei können Sie sich ausnahmsweise mit dem Versuchsleiter (von dem Sie auch diesen Fragebogen erhalten haben) besprechen, da diese Antworten noch nicht in die Auswertung des Experiments eingehen.

Sind Sie bereit? Dann starten wir mit dem Experiment!

## (1) Fragen nach Video R\_2\_2

(a) Wie wird sich die Situation Ihrer Meinung nach weiterentwickeln?

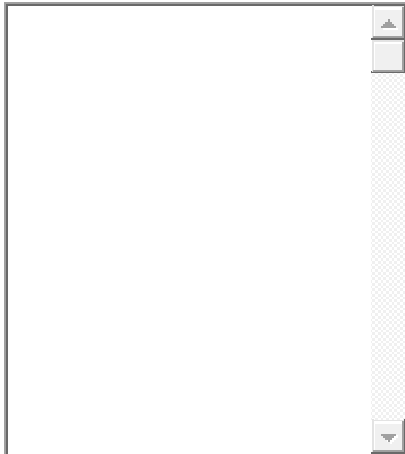
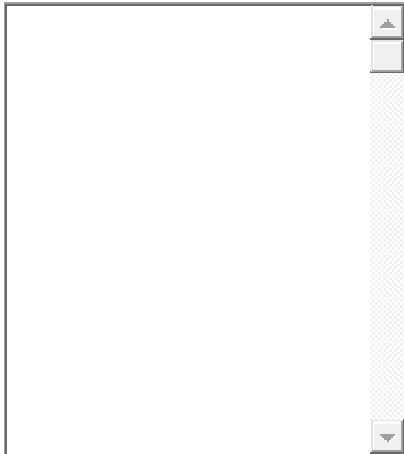
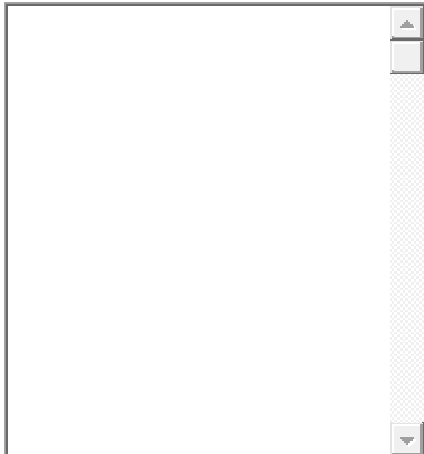
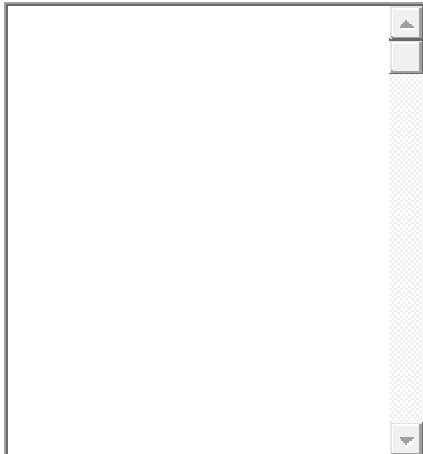
A large, empty rectangular text input area with a thin black border. On the right side, there is a vertical scrollbar with a small upward-pointing arrow at the top and a downward-pointing arrow at the bottom.

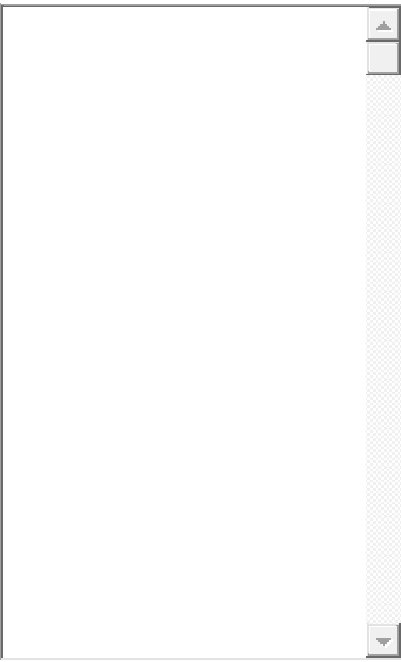
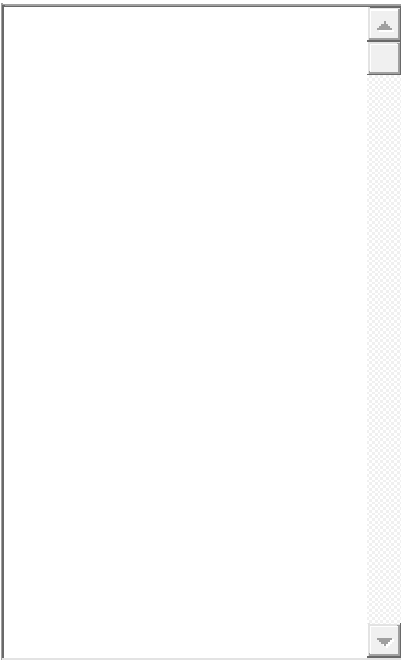
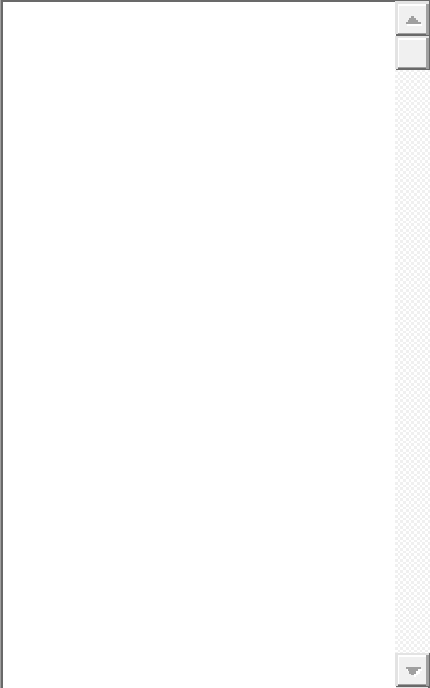
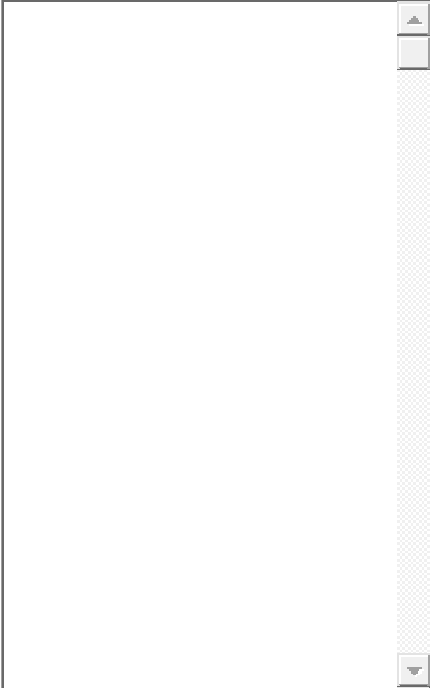
(b) An welchen Kriterien erkennen Sie dies?

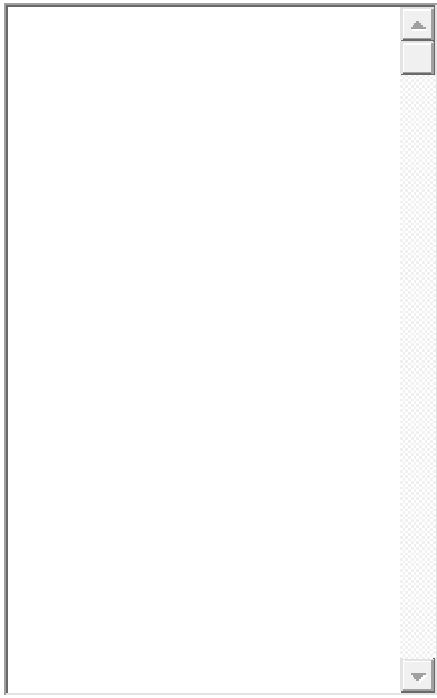
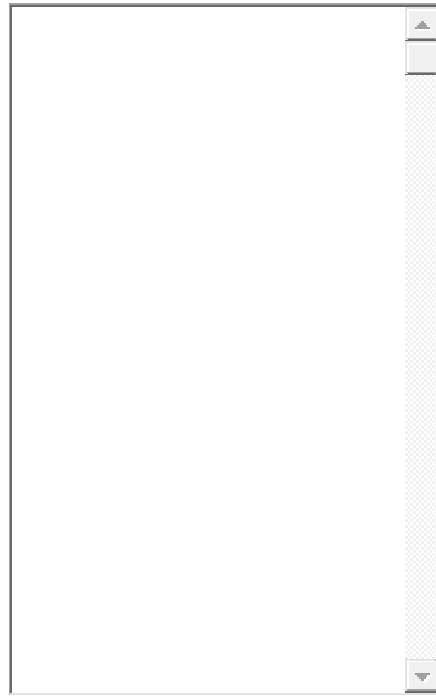
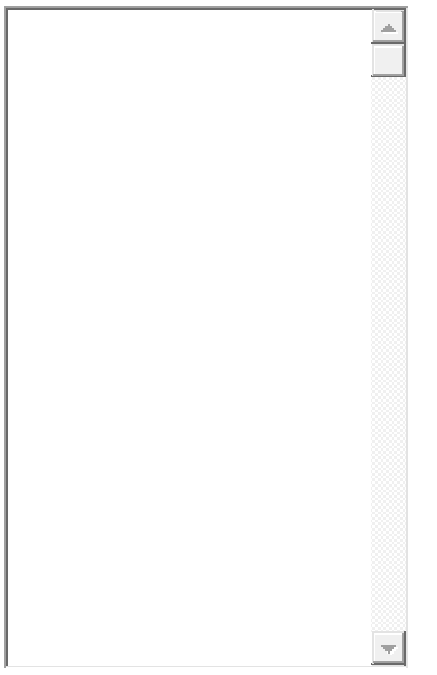
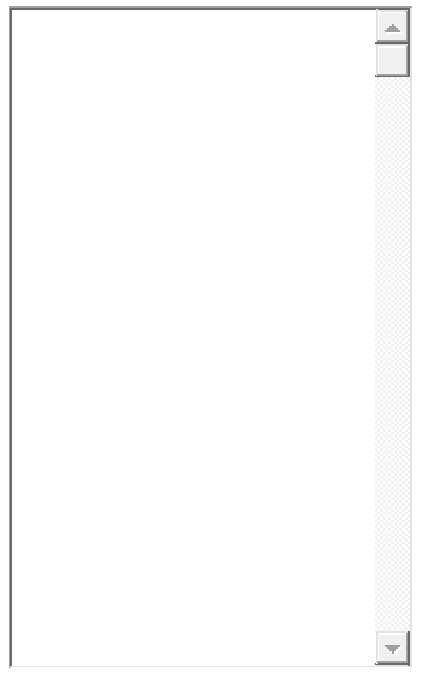
A large, empty rectangular text input area with a thin black border. On the right side, there is a vertical scrollbar with a small upward-pointing arrow at the top and a downward-pointing arrow at the bottom.

usw. für die übrigen 9 Situationen

Abschließend haben Sie – wie oben angekündigt – die Gelegenheit aus dem Gedächtnis bis zu 6 weitere Situationen zu nennen, in denen vorausschauendes Fahren Ihrer Meinung nach wichtig ist. Auch dazu sollen Sie wieder Kriterien nennen, an denen Sie die weitere Entwicklung der Situation ablesen können.

|             | <b>Situationen</b> , in denen vorausschauendes Fahren Ihrer Meinung nach wichtig ist: | <b>Kriterien</b> , an denen Sie die weitere Entwicklung der beschr. Situation ablesen können: |
|-------------|---|---|
| Situation 1 |     |            |
| Situation 2 |    |           |

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Situation 3 |   |   |
| Situation 4 |  |  |

|             |   |  |
|-------------|---|--|
| Situation 5 |  An empty rectangular box with a vertical dashed line on the right side. At the top of the dashed line is a small square with an upward-pointing triangle, and at the bottom is a small square with a downward-pointing triangle.  |  An empty rectangular box with a vertical dashed line on the right side. At the top of the dashed line is a small square with an upward-pointing triangle, and at the bottom is a small square with a downward-pointing triangle.  |
| Situation 6 |  An empty rectangular box with a vertical dashed line on the right side. At the top of the dashed line is a small square with an upward-pointing triangle, and at the bottom is a small square with a downward-pointing triangle. |  An empty rectangular box with a vertical dashed line on the right side. At the top of the dashed line is a small square with an upward-pointing triangle, and at the bottom is a small square with a downward-pointing triangle. |

Vielen Dank!

## ANHANG B: Fragebogen aus Untersuchung II

Vor Beginn des Experiments möchte ich Sie noch um ein paar demographische Angaben bitten.

1) Sind Sie Student/in?

☐

Ja

☐

Nein

2) Wenn ja, was ist Ihr Studienfach?

3) Geschlecht:

☐

männlich

☐

weiblich

4) Alter:

Jahre

5) Wie viele km/Jahr fahren Sie durchschnittlich?

☐

Bis 5.000 km/Jahr

☐

5.001 bis 10.000 km/Jahr

☐

10.001 bis 15.000 km/Jahr

☐

15.001 bis 20.000 km/Jahr

☐

Über 20.000 km/Jahr

Nun kommen wir zum eigentlichen Experiment. Im Folgenden sehen Sie eine Liste mit Situationsbeschreibungen und sollen bewerten, wie wichtig diese in Ihren Augen für die Antizipation bzw. das vorausschauende Fahren im Straßenverkehr sind.

Unten sehen Sie ein Beispiel für eine solche Situationsbeschreibung, wobei hier ausnahmsweise schon eine Bewertung vorgenommen wurde.

| Nr. | Situationsbeschreibung               | Für Antizipation / vorausschauendes Fahren ... |                       |                              |                       |                       |
|-----|--------------------------------------|--|-----------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|     |                                      | Völlig unwichtig                               | Eher unwichtig        | Weder wichtig noch unwichtig | Eher wichtig          | Sehr wichtig          |
| 1   | Schild „nächster McDonald's in 500m“ | <input checked="" type="radio"/>               | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Wollen Sie sich bei einer Bewertung noch mal umentscheiden, so brauchen Sie nur auf das Feld zu klicken, dass Sie stattdessen wählen wollen – die „alte“ Markierung verschwindet dann automatisch.

Falls Sie diesen Fragebogen in Papierform erhalten haben, so streichen Sie bitte das „alte“ Textfeld gut sichtbar durch und machen dann ein Kreuzchen im „neuen“ Feld.

Wenn Sie mit einer Situationsbeschreibung überhaupt nichts anfangen können, so wählen Sie bitte die mittlere Option aus („Weder wichtig noch unwichtig“). Das gleiche gilt, wenn Sie eine Situation zwar in bestimmten Fällen für sehr antizipationsrelevant halten, in anderen jedoch für völlig irrelevant.

*Beispiel:* Falls Sie gerne bei McDonald's essen wollen, dann könnte das o. g. Schild für Sie ein wichtiger Hinweis sein, sich in der näheren Umgebung schon mal nach einem Parkplatz umzusehen.

Bevor wir starten noch ein letzter Hinweis: Es ist nicht notwendig und auch nicht sinnvoll bei einer Situationsbeschreibung länger als ca. 5 Sekunden zu verweilen. Es geht vielmehr darum, Ihre spontane Bewertung festzuhalten.

Haben Sie noch Fragen? Dann beginnen wir mit dem Experiment.

| Nr. | Situationsbeschreibung                              | Für Antizipation / vorausschauendes Fahren ... |                       |                              |                       |                       |
|-----|---|--|-----------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|     |   | Völlig unwichtig                               | Eher unwichtig        | Weder wichtig noch unwichtig | Eher wichtig          | Sehr wichtig          |
| 1   | Ampel rot   | <input type="radio"/>                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2   | Ampel grün  | <input type="radio"/>                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3   | Die Ampel schaltet auf grün                         | <input type="radio"/>                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 4   | Fahrzeug steht                                      | <input type="radio"/>                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 5   | Fahrzeug hält auf der Straße an                     | <input type="radio"/>                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 6   | Bremslichter  | <input type="radio"/>                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 7   | Entgegenkommendes Auto blendet auf                  | <input type="radio"/>                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 8   | Fahrzeug hat sich links eingeordnet                 | <input type="radio"/>                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 9   | Fahrzeug hat sich auf der Straße rechts eingeordnet | <input type="radio"/>                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 10  | Fahrzeug fährt auf die mittlere Spur                | <input type="radio"/>                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 11  | Fahrzeug steht ziemlich weit in der Straße          | <input type="radio"/>                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 12  | Fahrzeug blinkt links                               | <input type="radio"/>                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 13  | Fahrzeug blinkt rechts                              | <input type="radio"/>                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 14  | Vorausfahrendes Fahrzeug                            | <input type="radio"/>                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| ... | ...   | <input type="radio"/>                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 176 | LKW zieht leicht nach links                         | <input type="radio"/>                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Vielen Dank!



## ANHANG C: Fragebogen aus Untersuchung III

Vor Beginn des Experiments möchte ich Sie noch um ein paar demographische Angaben bitten.

1) Sind Sie Student/in? ☐ Ja ☐ Nein

2) Wenn ja, was ist Ihr Studienfach?

3) Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich

4) Alter:  Jahre

5) Wie viele km sind Sie im letzten Jahr mit dem Auto gefahren?

- ☐ Bis 5.000 km/Jahr
- ☐ 5.001 bis 10.000 km/Jahr
- ☐ 10.001 bis 15.000 km/Jahr
- ☐ 15.001 bis 20.000 km/Jahr
- ☐ Über 20.000 km/Jahr

Nun kommen wir zum eigentlichen Experiment. Im Folgenden werden Sie 10 Videos von Verkehrssituationen sehen. Stellen Sie sich bitte beim Betrachten der Videos vor, dass Sie tatsächlich mit dem Auto fahren und beobachten Sie aufmerksam den Sie umgebenden Verkehr. Wenn nach 10 Sekunden das Video stoppt, so kehren Sie bitte zu diesem Fragebogen zurück und beantworten die folgenden Fragenkomplexe:

- (c) **Welche** anderen Verkehrsteilnehmer (z.B. PKWs, LKWs, Busse, Krafträder, Radfahrer, Fußgänger) gibt es in dieser Situation?  
**Was** haben diese **bis jetzt** getan?  
**Wo** befinden sie sich jeweils zum Ende des Videoausschnitts?
- (d) **Wie** werden sich die unter (a) beschriebenen anderen Verkehrsteilnehmer **in den nächsten 5-10 Sekunden** höchstwahrscheinlich verhalten?  
**Wie sicher** (auf einer Skala von 0 bis 100%) sind Sie diesbezüglich?

*Beispiel:*

- (c) Drei Kinder: Sie befinden sich (ca. 40 m vor mir) auf dem rechten Bürgersteig und spielen dort mit einem Ball, der vor mir über die Straße rollt.  
Ein Pkw: Er nähert sich (etwa 100 m vor mir) von links kommend einer Kreuzung.
- (d) Ein oder mehrere Kinder werden vom Bürgersteig auf die Straße - und damit vor mein Auto - laufen (Wahrscheinlichkeit: 80%).  
Der Pkw wird von links kommend meine Straße überqueren und dann geradeaus weiter fahren (Wahrscheinlichkeit: 95%).

Anschließend sehen Sie sich das zweite Video an und beantworten auch dazu wieder die beiden Fragen (a) und (b) usw.

Haben Sie bis hierher noch Fragen?

Dann probieren wir das doch gleich einmal aus: Sie haben jetzt die Möglichkeit sich ein „Demovideo“ anzusehen, das in Aussehen und Länge vergleichbar ist mit den Videos im Experiment. Versuchen Sie auch die beiden Fragenkomplexe

- (a) **Welche** anderen Verkehrsteilnehmer (z.B. PKWs, LKWs, Busse, Krafträder, Radfahrer, Fußgänger) gibt es in dieser Situation?

**Was** haben diese **bis jetzt** getan?

**Wo** befinden sie sich jeweils zum Ende des Videoausschnitts?

- (b) **Wie** werden sich die unter (a) beschriebenen anderen Verkehrsteilnehmer **in den nächsten 5-10 Sekunden** höchstwahrscheinlich verhalten?

**Wie sicher** (auf einer Skala von 0 bis 100%) sind Sie diesbezüglich?

zu beantworten. Dabei können Sie sich ausnahmsweise mit dem Versuchsleiter (von dem Sie auch diesen Fragebogen erhalten haben) besprechen, da diese Antworten noch nicht in die Auswertung des Experiments eingehen.

Sind Sie bereit? Dann starten wir mit dem Experiment!

**(1) Fragen nach Video R\_2\_2**

- (a) **Welche** anderen Verkehrsteilnehmer (z.B. PKWs, LKWs, Busse, Krafträder, Radfahrer, Fußgänger) gibt es in dieser Situation? **Was** haben diese **bis jetzt** getan? **Wo** befinden sie sich jeweils zum Ende des Videoausschnitts?

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for handwritten answers. On the right side, there is a vertical scrollbar with a small upward-pointing triangle at the top and a downward-pointing triangle at the bottom.

- (b) **Wie** werden sich die unter (a) beschriebenen anderen Verkehrsteilnehmer **in den nächsten 5-10 Sekunden** höchstwahrscheinlich verhalten? **Wie sicher** (auf einer Skala von 0 bis 100%) sind Sie diesbezüglich?

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for handwritten answers. On the right side, there is a vertical scrollbar with a small upward-pointing triangle at the top and a downward-pointing triangle at the bottom.

usw. für die übrigen 9 Situationen.

## ANHANG D: Fragebögen aus Untersuchung IV

### A Allgemeine Angaben (vor der Versuchsdurchführung)

- 1) Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich
- 2) Alter: \_\_\_\_\_ Jahre
- 3) Beruf: \_\_\_\_\_
- 4) Pkw-Führerschein (Kl. 3 bzw. B) erworben mit \_\_\_\_\_ Jahren
- 5) Zusätzliche Fahrberechtigung(en) (ggf. ankreuzen):
- ☐ Motorrad (Kl. A bzw. 1)
  - ☐ LKW (Kl. C bzw. 2)
  - ☐ Bus (Kl. D)
  - ☐ Taxischein
  - ☐ Sonstige: \_\_\_\_\_

- 6) Wie viele Kilometer sind Sie im letzten Jahr mit dem Auto gefahren?

| Bis<br>5.000 km       | 5.001 -<br>10.000 km  | 10.001 -<br>15.000 km | 15.001 -<br>20.000 km | Mehr als<br>20.000 km |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

- 7) Wie häufig sind Sie im letzten Jahr mit dem Auto auf folgenden Straßentypen gefahren?

|            | Überhaupt<br>nicht    | Weniger<br>als einmal<br>pro Monat | Mindestens<br>einmal pro<br>Monat | Mindestens<br>einmal pro<br>Woche | (Fast)<br>täglich     |
|------------|-----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Stadt      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>              | <input type="radio"/>             | <input type="radio"/>             | <input type="radio"/> |
| Landstraße | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>              | <input type="radio"/>             | <input type="radio"/>             | <input type="radio"/> |
| Autobahn   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>              | <input type="radio"/>             | <input type="radio"/>             | <input type="radio"/> |

- 8) Wie viele Kilometer sind Sie in Ihrem Leben insgesamt mit dem Auto gefahren?

| Bis<br>25.000 km      | 25.001 -<br>50.000 km | 50.001 -<br>100.000 km | 100.001 -<br>500.000 km | Mehr als<br>500.000 km |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>  |

- 9) Als wie vorausschauend würden Sie Ihre Fahrweise bezeichnen?

| Überhaupt nicht<br>vorausschauend | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Sehr voraus-<br>schauend |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|

- 10) Wann vermindern Sie normalerweise Ihre Geschwindigkeit, wenn Sie sich einem Hindernis nähern (z.B. rote Ampel)?

| In allerletzter<br>Sekunde | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Sobald ich es<br>sehe |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|

- 11) Berücksichtigen Sie bei der Verminderung Ihrer Geschwindigkeit den nachfolgenden Verkehr? ☐ ja ☐ nein

Wenn ja, inwiefern?

---



---



---



---

- 12) Liegt bei Ihnen eine Sehschwäche vor? ☐ ja ☐ nein

- 13) Haben Sie eine Farbfehlsichtigkeit? ☐ ja ☐ nein

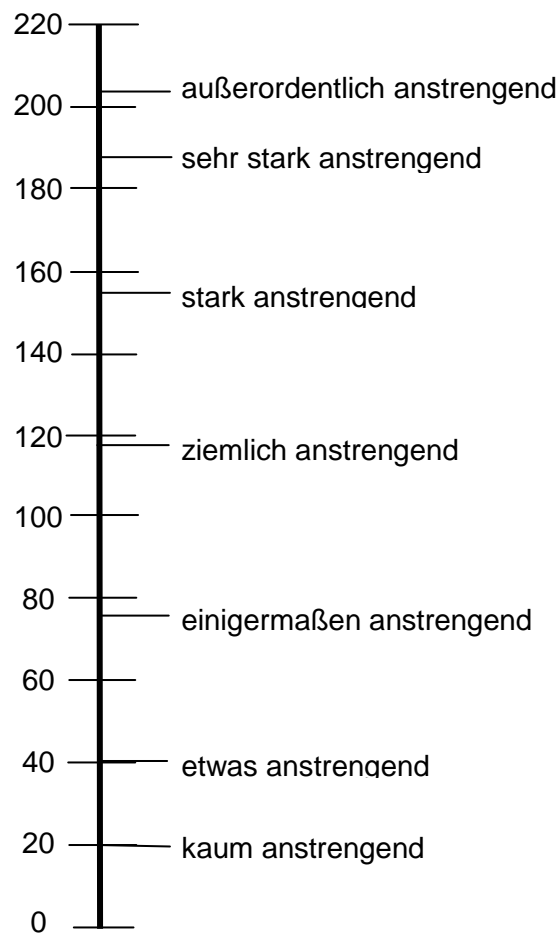
- 14) Benötigen Sie eine Sehhilfe? ☐ ja ☐ nein

- 15) Benötigen Sie beim Fahren eine Sehhilfe? ☐ ja ☐ nein

- 16) Wenn ja: Tragen Sie diese Sehhilfe jetzt? ☐ ja ☐ nein

Nun kommen wir zum eigentlichen Experiment. Im Folgenden werden Sie 108 Videos von Verkehrssituationen sehen. Stellen Sie sich bitte beim Betrachten der Videos vor, dass Sie tatsächlich mit dem Auto fahren und beobachten Sie aufmerksam den Sie umgebenden Verkehr. Wenn nach 10 Sekunden das Video stoppt, so kehren Sie bitte zum Fragebogen zurück und beantworten die folgenden drei Fragen:

- 1) Bitte kreuzen Sie auf der folgenden Skala an, wie **anstrengend** das Durchfahren der gerade gezeigten **Situation** für Sie als Fahrer war. Hierbei können Sie das Kreuz an jeder beliebigen Stelle der Skala machen – auch zwischen den Markierungsstrichen.



- 2) Angenommen Sie sind der Fahrer: Würden Sie **innerhalb der nächsten 10 Sekunden** Ihre **Geschwindigkeit verringern**?

|                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Nein,<br>sicher nicht | ←                     |                       | Eher nein             |                       | Eher ja               |                       | →                     |                       | Ja, auf<br>jeden Fall |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |                       |

- 3) **Falls** Sie Gründe dafür sehen, innerhalb der nächsten 10 Sekunden Ihr **Tempo** zu **verringern**: Beschreiben Sie bitte die dafür **verantwortlichen Situationsmerkmale (Aussehen und Ort** sowie – bei anderen Verkehrsteilnehmern – deren **aktuelles und vermutetes zukünftiges Verhalten**)!

*Beispiel für relevantes Objekt:* „ca. 50 m vor mir befindet sich ein „Tempo-80-Schild“. Ich muss langsamer werden, da ich im Moment mit 100 km/h unterwegs bin.“

*Beispiel für relevante Verkehrsteilnehmer:* „ca. 150 m vor mir fährt ein LKW; er ist sehr viel langsamer unterwegs als ich und wird vermutlich auch in den nächsten 10 Sekunden nicht schneller werden. Ich kann aufgrund des ständigen Gegenverkehrs nicht überholen. Falls ich meine Geschwindigkeit nicht reduziere, werde ich mit dem LKW kollidieren.“

---

---

---

---

---

---

---

---

Haben Sie alle drei Fragen zum ersten Video beantwortet, dann sehen Sie sich das zweite Video an und beantworten auch dazu wieder die nachfolgenden Fragen usw. Nach jedem neunten Video kommt eine kurze Unterbrechung, in der sie sich 2-5 Minuten mit einer völlig anderen Aufgabenart beschäftigen und bei Bedarf auch eine kleine Pause einlegen dürfen. Dazu später mehr.

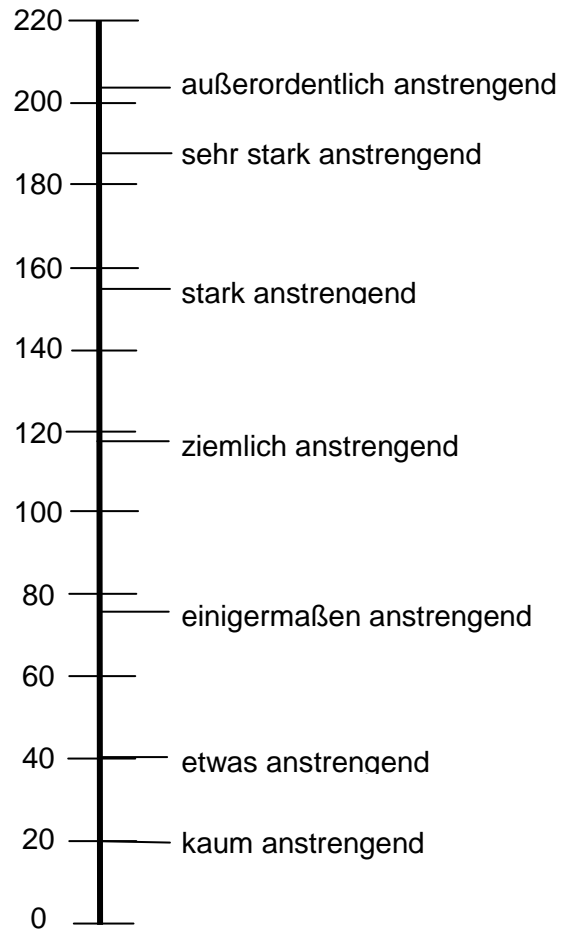


Haben Sie bis hierher noch Fragen?

Dann probieren wir das doch gleich einmal aus: Sie haben jetzt die Möglichkeit sich ein „Demovideo“ anzusehen, das in Aussehen und Länge vergleichbar ist mit den Videos im Experiment. Versuchen Sie auch die drei o.g. Fragen zu beantworten. Dabei können Sie sich ausnahmsweise mit dem Versuchsleiter (von dem Sie auch diesen Fragebogen erhalten haben) besprechen, da diese Antworten noch nicht in die Auswertung des Experiments eingehen.

## Fragen nach dem Beispielvideo

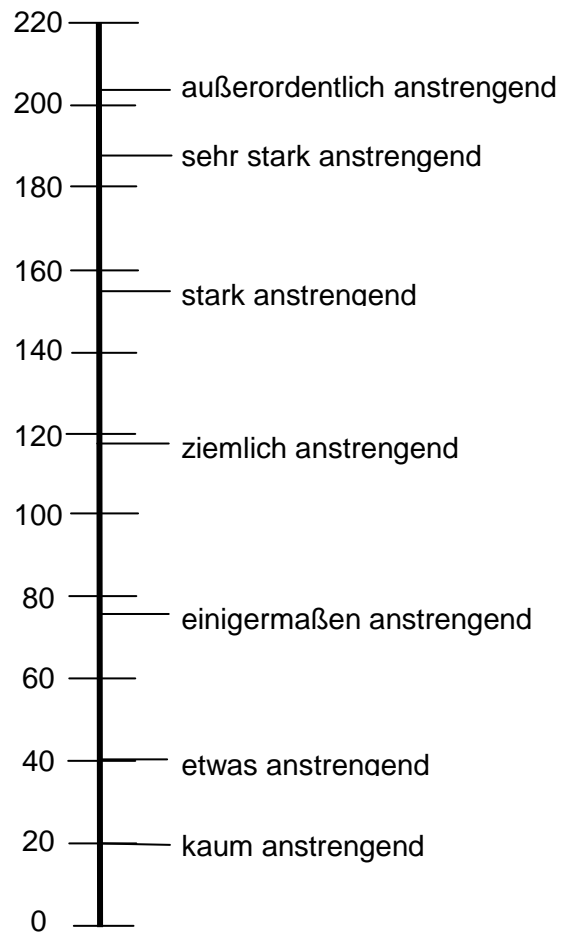
- 1) Bitte kreuzen Sie auf der folgenden Skala an, wie **anstrengend** das Durchfahren der gerade gezeigten **Situation** für Sie als Fahrer war. Hierbei können Sie das Kreuz an jeder beliebigen Stelle der Skala machen – auch zwischen den Markierungsstrichen.





**B01 Block 01****Fragen nach Situation 01010014**

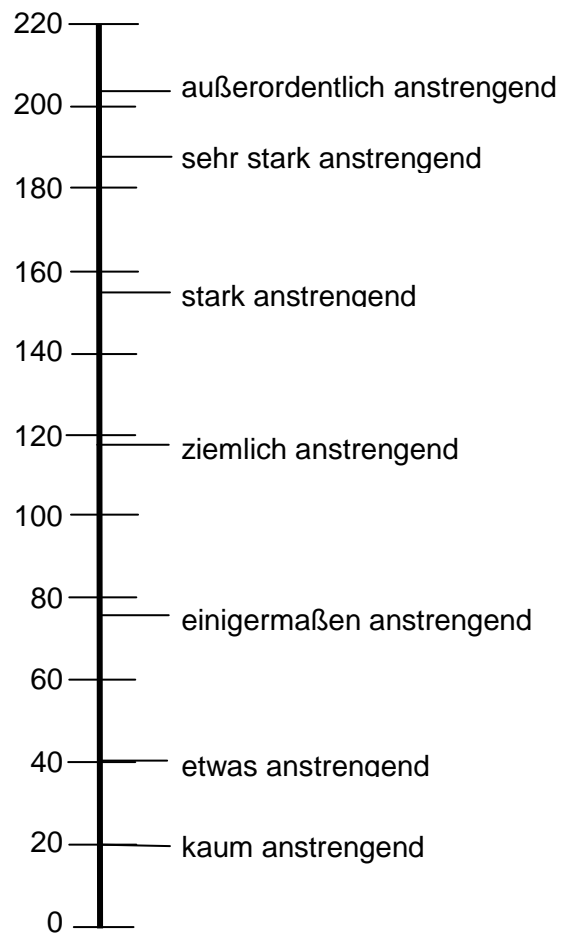
- 1) Bitte kreuzen Sie auf der folgenden Skala an, wie **anstrengend** das Durchfahren der gerade gezeigten **Situation** für Sie als Fahrer war. Hierbei können Sie das Kreuz an jeder beliebigen Stelle der Skala machen – auch zwischen den Markierungsstrichen.





## C Abschlussfragebogen

- 1) Bitte kreuzen Sie auf der folgenden Skala an, wie **anstrengend** das Durchfahren der im Experiment gezeigten **Situationen** für Sie als Fahrer war. Hierbei können Sie das Kreuz an jeder beliebigen Stelle der Skala machen – auch zwischen den Markierungsstrichen.



- 2) **Wann verringern** Sie bei den folgenden Hindernisarten normalerweise ihre **Geschwindigkeit**?

|   | In allerletzter Sekunde |                       |                       |                       | Sobald ich es sehe    |
|---|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Baustelle                                 | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Einparkendes Vorderfahrzeug               | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ampel                                     | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Langsames Vorderfahrzeug                  | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Langsames Fahrzeug vor dem Vorderfahrzeug | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Geschwindigkeitsbegrenzung                | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Zähfließender Verkehr                     | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Stau                                      | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

- 3) Haben Sie weitere Anmerkungen zum Experiment? Bitte notieren Sie diese hier:

---



---



---



---



---



---



---



---

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

## ANHANG E: Fragebogen aus Untersuchung V

### A Allgemeine Angaben (vor der Versuchsdurchführung)

- 1) Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich
- 2) Alter: \_\_\_\_\_ Jahre
- 3) Beruf: \_\_\_\_\_
- 4) Pkw-Führerschein (Kl. 3 bzw. B) erworben mit \_\_\_\_\_ Jahren
- 5) Zusätzliche Fahrberechtigung(en) (ggf. ankreuzen):
- ☐ Motorrad (Kl. A bzw. 1)
  - ☐ LKW (Kl. C bzw. 2)
  - ☐ Bus (Kl. D)
  - ☐ Taxischein
  - ☐ Sonstige: \_\_\_\_\_

- 6) Wie viele Kilometer sind Sie im letzten Jahr mit dem Auto gefahren?

| Bis<br>5.000 km       | 5.001 -<br>10.000 km  | 10.001 -<br>15.000 km | 15.001 -<br>20.000 km | Mehr als<br>20.000 km |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

- 7) Wie häufig sind Sie im letzten Jahr mit dem Auto auf folgenden Straßentypen gefahren?

|            | Überhaupt<br>nicht    | Weniger als<br>einmal pro<br>Monat | Mindestens<br>einmal pro<br>Monat | Mindestens<br>einmal pro<br>Woche | (Fast) täglich        |
|------------|-----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Stadt      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>              | <input type="radio"/>             | <input type="radio"/>             | <input type="radio"/> |
| Landstraße | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>              | <input type="radio"/>             | <input type="radio"/>             | <input type="radio"/> |
| Autobahn   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>              | <input type="radio"/>             | <input type="radio"/>             | <input type="radio"/> |



8) Wie viele Kilometer sind Sie in Ihrem Leben insgesamt mit dem Auto gefahren?

| Bis<br>25.000 km      | 25.001 -<br>50.000 km | 50.001 -<br>100.000 km | 100.001 -<br>500.000 km | Mehr als<br>500.000 km |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>  |

9) Als wie vorausschauend würden Sie Ihre Fahrweise bezeichnen?

|                                   |                       |                       |                       |                       |                       |                          |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| Überhaupt nicht<br>vorausschauend | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Sehr voraus-<br>schauend |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|

10) Wann vermindern Sie normalerweise Ihre Geschwindigkeit, wenn Sie sich einem Hindernis nähern (z.B. rote Ampel)?

|                            |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| In allerletzter<br>Sekunde | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Sobald ich es<br>sehe |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|

11) Berücksichtigen Sie bei der Verminderung Ihrer Geschwindigkeit den nachfolgenden Verkehr? ☐ ja ☐ nein

Wenn ja, inwiefern?

---



---



---



---

12) Sind Sie vor diesem Versuch schon mal im Fahrsimulator am Lehrstuhl für Ergonomie der TU München gefahren? ☐ ja ☐ nein

13) Wenn nein, ist dies Ihre erste Fahrt in einem Fahrsimulator? ☐ ja ☐ nein

14) Liegt bei Ihnen eine Sehschwäche vor? ☐ ja ☐ nein

15) Haben Sie sonstige Augenerkrankungen, die Sie beeinträchtigen? ☐ ja ☐ nein

16) Haben Sie eine Farbfehlsichtigkeit? ☐ ja ☐ nein

17) Benötigen Sie eine Sehhilfe? ☐ ja ☐ nein

- 
- |     |  |                          |                            |
|-----|--|--------------------------|----------------------------|
| 18) | Benötigen Sie beim Fahren eine Sehhilfe?                                 | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| 19) | Tragen Sie diese Sehhilfe jetzt im Fahrsimulator?                        | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| 20) | Leiden Sie manchmal unter Gleichgewichtsstörungen?                       | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| 21) | Leiden Sie manchmal unter Schwindelgefühl?                               | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| 22) | Wird Ihnen schwindelig, wenn Sie aus einer großen Höhe hinabschauen?     | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| 23) | Sind Sie beim Hören beeinträchtigt?                                      | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| 24) | Sind Sie in Ihrer körperlichen Beweglichkeit z.B. Nacken beeinträchtigt? | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| 25) | Leiden Sie unter niedrigen Blutdruckwerten?                              | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| 26) | Leiden Sie unter hohen Blutdruckwerten?                                  | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| 27) | Leiden Sie unter Herzstörungen?  | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |
| 28) | Sonstige Beschwerden?  | <input type="radio"/> ja | <input type="radio"/> nein |

Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

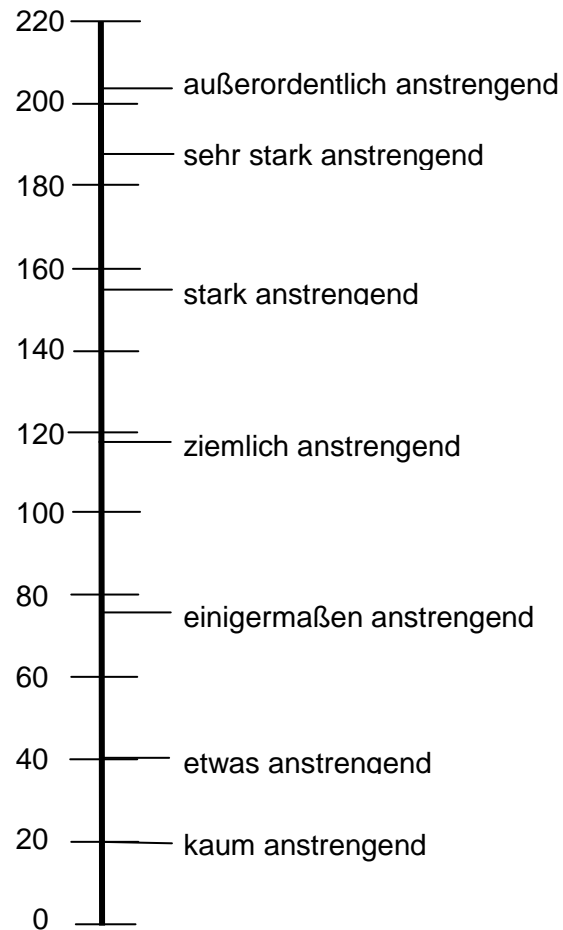
- 29) Nehmen Sie täglich Medikamente? ☐ ja ☐ nein

Wenn ja, wofür? \_\_\_\_\_

- 30) Vor wie viel Stunden/Minuten haben Sie zuletzt etwas gegessen? \_\_\_\_\_

## B Fragen nach der Fahrt ohne Unterstützung beim vorausschauenden Fahren (Baseline)

Bitte kreuzen Sie auf der folgenden Skala an, wie **anstrengend** die gerade absolvierte **Fahrt** für Sie war. Hierbei können Sie das Kreuz an jeder beliebigen Stelle der Skala machen – auch zwischen den Markierungsstrichen.



## C Abschlussfragebogen

Wenn Sie sich ein Auto nach Ihren **Wünschen** zusammenstellen könnten, hätten Sie darin gern ein **System zur Unterstützung vorausschauenden Fahrens**?

| Auf keinen Fall       | Vielleicht            | Teils/teils           | Gerne                 | unbedingt             |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Haben Sie weitere Vorschläge oder Anmerkungen? Bitte notieren Sie diese hier:

---

---

---

---

---

---

---

---

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!