

Anlage 3

Universität Bremen, Arbeitsgruppe Entwicklungs- und Pädagogische Psychologie

18.10.2010

Projekt

**„Verbesserung der Erkennbarkeit von Streifenfahrzeugen auf
Bundesautobahnen und autobahnähnlich ausgebauten
Straßen (VESBA)“**

Literaturrecherche

Prof. Dr. Malte Mienert

Anna Richter

Melanie Pupp

Inhalt

„Verbesserung der Erkennbarkeit von Streifenfahrzeugen auf Bundesautobahnen und autobahnähnlich ausgebauten Straßen (VESBA)“	1
1. Einleitung	4
2. Wahrnehmung	5
2.1. <i>Der Wahrnehmungsprozess</i>	5
2.2. <i>Physiologie der Wahrnehmung</i>	6
2.2.1. Foveales Sehen und peripheres Sehen	6
2.2.2. Adaptation	7
2.2.3. Sehschärfe	8
2.2.4. Blendung	8
2.2.5. Dynamische Sehschärfe	9
2.2.6. Bedeutung für die Erkennbarkeit von Fahrzeugen	9
2.3. <i>Farbwahrnehmung</i>	9
2.3.1. Funktionen der Farbwahrnehmung	9
2.3.2. Wie kommt unterschiedliche Farbwahrnehmung zu Stande?	10
2.3.3. Farbgesichtsfeld	11
2.3.4. Farbkonstanz und Helligkeitskonstanz	11
2.3.5. Farbsinnstörungen	12
2.3.6. Bedeutung für die Erkennbarkeit von Fahrzeugen	12
2.4. <i>Tiefenwahrnehmung</i>	13
2.4.1. Okulomotorische Tiefenreize	13
2.4.2. Monokulare Tiefenreize	13
2.4.3. Bewegungsinduzierte Tiefenreize	14
2.4.4. Binokulare Tiefenreize	15
2.5. <i>Größenwahrnehmung</i>	15
2.5.1. Sehwinkel	15
2.5.2. Größenkonstanz	15
2.5.3. Bedeutung für die Erkennbarkeit von Fahrzeugen	16
2.6. <i>Bewegungswahrnehmung</i>	16
2.6.1. Reafferenzprinzip	16
2.6.2. Ökologischer Ansatz	16
2.6.3. Wahrnehmung von Geschwindigkeit	17
2.6.4. Bedeutung für die Erkennbarkeit von Fahrzeugen	17
2.7. <i>Aufmerksamkeit</i>	18
2.7.1. Selektive und geteilte Aufmerksamkeit	18
2.7.2. Visuelle Aufmerksamkeit und Stimulussalienz	18
2.7.3. Modelle der Aufmerksamkeitssteuerung	20
2.7.4. Veränderungsblindheit (Change blindness)	20
2.7.5. Inattentional blindness	20
2.7.6. Situation Awareness	21
2.7.7. Bedeutung für die Erkennbarkeit von Fahrzeugen	21
2.8. <i>Wahrnehmungsschwellen</i>	21
2.8.1. Abstandsänderungen	22
2.8.2. Kontrastempfindlichkeit	22
2.8.3. Bedeutung für die Erkennbarkeit von Fahrzeugen	23
2.9. <i>Wahrnehmbarkeit von Objekten</i>	23
2.9.1. Sichtbarkeit	23
2.9.2. Überschwelligkeit	23
2.9.3. Auffälligkeit	24
2.9.4. Diskrimination von Figuren	25
2.9.5. Bedeutung für die Erkennbarkeit von Fahrzeugen	25
2.10. <i>Wahrnehmung im Straßenverkehr</i>	25
2.10.1. Fahren bei Tageslicht	26

2.10.2. Fahren bei Nacht	26
2.10.3. Fahren bei Nebel	26
2.10.4. Blickverhalten von Autofahrern	27
2.10.6. Abhängigkeit des Fahrverhaltens vom Alter	30
2.10.7. Bedeutung für die Erkennbarkeit von Fahrzeugen	30
3. Verwendung von Fahrzeugfolientechnik im Ausland	30
4. Projekte zur Beklebung von Dienstfahrzeugen in deutschen Bundesländern.....	32
4.1. Brandenburg	33
4.2. Berlin	33
4.3. Baden-Württemberg.....	33
4.4. Bremen.....	33
4.5. Hessen.....	33
4.6. Niedersachsen.....	34
4.7. Sachsen-Anhalt	34
4.8. Rheinland-Pfalz	34
5. Fahrzeugfolientechnik.....	34
6. Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse	35
7. Designvorschläge	36
7.1. Erster Vorschlag	37
7.2. Zweiter Vorschlag.....	38
7.3. Dritter Vorschlag.....	40
7.4. Viertes Vorschlag.....	40
8. Vorschläge zur Erprobung der Designvarianten.....	41
8.1. Laborversuche	41
8.2. Versuche im Realverkehr	41
9. Abbildungsverzeichnis	43
10. Literatur	45

1. Einleitung

Im Rahmen des Projektes „Verbesserung der Erkennbarkeit von Streifenfahrzeugen auf Bundesautobahnen und autobahnähnlich ausgebauten Straßen“ (VESBA) sollen Möglichkeiten erarbeitet werden, die Auffälligkeit von Polizeifahrzeugen im Schnellverkehr zu verbessern um somit eine höhere Sicherheit für Polizeibeamte bei der Dienstausbung zu gewährleisten.

In diesem Bericht soll speziell auf Möglichkeiten der zusätzlichen Beklebung von Streifenfahrzeugen mit reflektierenden Folien eingegangen werden. In einigen Bundesländern werden Polizeifahrzeuge bereits mit reflektierenden Folien beklebt, doch wurde bisher keine einheitliche Lösung für die farbliche Gestaltung und die Anordnung der Folien gefunden.

Es sollen in diesem Bericht auf Grundlage von wahrnehmungspsychologischen und psychomotorischen Erkenntnissen vier Designvorschläge für eine mögliche Beklebung von Dienstfahrzeugen vorgestellt werden, die die größte Wirksamkeit zur Verbesserung der Erkennbarkeit von Streifenfahrzeugen versprechen.

Zum besseren Verständnis von Wahrnehmungsvorgängen sollen zunächst in ersten Teil des Berichtes auf grundlegende Prinzipien der Wahrnehmung eingegangen werden. Es wird der Wahrnehmungsprozess beschrieben sowie eine kurze Einführung in die Physiologie der Wahrnehmung gegeben. Im Speziellen wird auf die Farbwahrnehmung, die Tiefen- und die Größenwahrnehmung, Bewegungswahrnehmung, Aufmerksamkeit, Wahrnehmungsschwellen, sowie die Wahrnehmbarkeit von Objekten eingegangen.

Diese Informationen sind notwendig, um nachvollziehen zu können, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, um ein Objekt (beispielsweise ein Fahrzeug) überhaupt wahrzunehmen und welche Merkmale zu einer besonders guten Erkennbarkeit führen können.

Anschließend wird speziell das Thema „Wahrnehmung im Straßenverkehr“ behandelt. Hier wird auf die Besonderheiten von Wahrnehmungsvorgängen im Straßenverkehr, spezielle Situationen wie Fahrten bei Tagesbeleuchtung oder bei Nacht und Gefahrenkognition eingegangen. Auch diese Informationen sind wichtig zum Verständnis wie sich Wahrnehmung im Straßenverkehr vollzieht und wie sich psychologische Faktoren auf Seiten des Fahrers auf die Interaktion im Straßenverkehr auswirken können.

Aus diesem ersten Teil ergeben sich Hinweise auf Möglichkeiten, die Wahrnehmbarkeit von Streifenfahrzeugen zu verbessern.

Im zweiten Teil dieses Berichtes sollen erste Modellversuche zur Beklebung von Streifenfahrzeugen in verschiedenen deutschen Bundesländern vorgestellt werden. Es folgt eine Darstellung der in Großbritannien eingesetzten Methode zur Beklebung von Einsatzfahrzeugen. Diese Vorschläge dienen als Grundlage für weitere Überlegungen zur möglichen Fahrzeug- Beklebung.

Anschließend sollen Erkenntnisse zur Fahrzeug- Folien- Technik vorgestellt werden, es wird auf die Eigenschaften und Verwendbarkeit von Tagesleucht- und Reflex- Folien eingegangen, um daraufhin konkrete Möglichkeiten der Fahrzeug- Markierung zu erarbeiten.

Diese Design- Vorschläge sollen in einem nächsten Abschnitt vorgestellt werden. Sie wurden auf Grundlage der oben genannten Informationen erarbeitet.

Abschließend folgen einige Vorschläge zu Möglichkeiten der Erprobung der Wirksamkeit dieser Designvorschläge, im Realverkehr und in Laborversuchen.

2. Wahrnehmung

In diesem Abschnitt wird der Wahrnehmungsprozess dargestellt. Es wird beschrieben, wie sich Wahrnehmung vollzieht und welche Vorgänge Wahrnehmung ermöglichen.

2.1. Der Wahrnehmungsprozess

In der Umwelt eines Menschen befinden sich unzählige verfügbare Stimuli, also Reize, die potentiell wahrgenommen werden könnten. Tatsächlich kann aber nur ein Teil davon, die beachteten Stimuli, auf die Personen ihre Aufmerksamkeit richten, bewusst wahrgenommen werden (Goldstein, 2008). Reize werden durch Rezeptoren aufgenommen, in Nervenimpulse umgewandelt und über neuronale Bahnen im Gehirn zur weiteren Verarbeitung weitergeleitet (Mayer, 2000). Bewusste Wahrnehmung entsteht erst nach kortikaler Informationsverarbeitung (Cohen, 1998). Wahrgenommenes wird gefiltert, strukturiert und gedeutet (Mayer, 2000). Es können aus der Wahrnehmung Handlungskonsequenzen abgeleitet und in Aktionen (Reaktionen) umgesetzt werden (Cohen, 1998).

Der Wahrnehmungsprozess kann durch Wissen beeinflusst werden. Eine Verarbeitung von Informationen, die auf Wissen basiert, wird als Top- down- Verarbeitung bezeichnet. Findet nur eine reizgesteuerte Verarbeitung statt nennt man dies Bottom- up- Verarbeitung (Goldstein, 2008).

Beim Autofahren werden 90 % der Informationen visuell und nur etwa 10 % über akustische und haptische Rezeptoren oder über die Propriozeption erfasst (Schlag, Petermann, Weller & Schulze, 2009).

Da sich aus den oben genannten Angaben schließen lässt, dass im Verkehr hauptsächlich die visuelle Wahrnehmung von Bedeutung ist, soll in diesem Bericht speziell darauf eingegangen werden.

Wir beginnen mit einer Einführung in die Physiologie der (visuellen) Wahrnehmung, da diese grundlegend zum Verständnis aller Vorgänge der visuellen Wahrnehmung ist.

2.2. Physiologie der Wahrnehmung

Der visuelle Prozess gliedert sich nach Schmidt- Clausen & Freiding (2004) in drei Schritte: Sehen, Wahrnehmen und Erkennen.

Damit Wahrnehmung stattfinden kann, müssen Informationen zunächst von den Rezeptoren aufgenommen werden (Goldstein, 2008). Bei der visuellen Wahrnehmung wird durch einen photochemischen Prozess auf der Netzhaut (Retina) Licht in Nervenimpulse umgewandelt, die über neuronale Bahnen zur Sehrinde im hinteren Teil des Cortex (Großhirnrinde) weitergeleitet werden (Mayer, 2000).

In der Retina befinden sich zwei Arten von visuellen Rezeptoren, Stäbchen und Zapfen. Zapfen ermöglichen das Farbsehen und haben ein hohes Auflösungsvermögen, wohingegen Stäbchen eine geringere Auflösung, dafür aber auch eine höhere Lichtempfindlichkeit besitzen (Mayer, 2000).

In der Netzhaut befinden sich etwa sieben Millionen Zapfen und etwa 120 Millionen Stäbchen (Schlag et al., 2009).

Die höchste Zapfendichte findet sich im gelben Fleck (Fovea), im zentralen Bereich der Retina. In Richtung der Netzhautperipherie nehmen die Dichte der Zapfen ab und die Dichte der Stäbchen zu (Cohen, 1986).

2.2.1. Foveales Sehen und peripheres Sehen

Wird ein Objekt fixiert so fällt es auf die Fovea, den Bereich des schärfsten Sehens, wodurch seine Auflösung maximiert wird (Mayer, 2000). Das foveale Sehen dient der Objekterkennung und arbeitet selektiv, das weitere Umfeld des Objektes wird vernachlässigt (Schlag et al., 2009).

Anders ist es beim peripheren Sehen. Hier werden Objekte nicht direkt fixiert und nur dann wahrgenommen, wenn sie überschwellig sind (z.B. in Farbe, Größe oder Kontrast). Das periphere Sehen besitzt eine Alarmfunktion: ein Gefahrenobjekt, das peripher aufgetaucht ist, kann durch Sakkaden (Blickbewegungen) ins Zentrum der visuellen Aufmerksamkeit verlagert werden (s. Abb. 1).

Das periphere Sehen ist gekennzeichnet durch eine schlechte Detailauflösung und geringe Kontrastempfindlichkeit, unbewegte Objekte werden schlecht wahrgenommen und die Verarbeitung von Gesehenem benötigt mehr Zeit als beim fovealen Sehen. Eine genaue Lokalisation und

Identifikation von Objekten ist nicht gut möglich (Schlag et al., 2009). Die Gesichtsfeldperipherie ist jedoch empfindlicher für bewegte Objekte als die Fovea (Factum Chaloupka & Risser OHG, 1999).

Ein Reiz kann bei einem Abstand von 58° vom Fixationspunkt entdeckt und bei einer Entfernung von 10° bis 15° sogar identifiziert werden (Factum Chaloupka & Risser OHG, 1999).

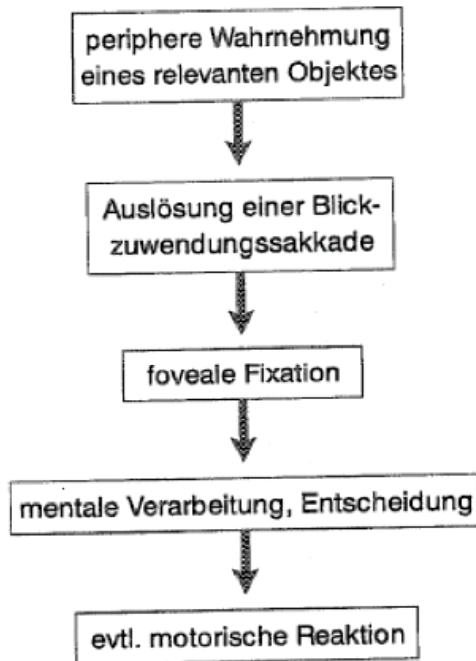


Abb. 1: Informationsverarbeitung des Kraftfahrers (Lachenmayr, 1995, S. 32).

Es macht offensichtlich einen großen Unterschied, ob ein Objekt, welches wahrgenommen werden soll, sich direkt im Blickzentrum befindet oder aber erst im Bereich des peripheren Sehens auftaucht. Im zweiten Fall wird es unwahrscheinlicher wahrgenommen und muss eine Reihe von Eigenschaften aufweisen, um mit hoher Wahrscheinlichkeit bemerkt zu werden. Ein peripher auftauchendes Objekt muss überschwellig sein (eine Definition dieses Begriffes wird weiter unten gegeben) und sich möglichst bewegen.

Im Folgenden wird der Begriff der Adaptation erläutert und es wird eine kurze Definition der Sehschärfe sowie von Blendung gegeben. Diese Informationen liefern erste Erkenntnisse zum Verständnis warum das Wahrnehmungsvermögen nachts eingeschränkt ist und welche Schwierigkeiten auftreten können.

2.2.2. Adaptation

Die Anpassung des menschlichen Auges an verschiedene Leuchtdichten im Gesichtsfeld nennt man

Adaptation. Der Adaptationszustand kann durch zwei Mechanismen erreicht werden, die neuronale und die photo- chemische Adaptation. Bei der neuronalen Adaptation findet ein Übergang vom Zapfen- zum Stäbchensehen oder eine Variation des Pupillendurchmessers statt und bei der photo- chemischen Adaptation eine Empfindlichkeitsänderung der Zapfen und Stäbchen.

Es gibt drei Adaptationszustände, das photopische Sehen (Sehen bei Tageslicht), bei dem überwiegend Zapfen aktiv sind, das mesopische Sehen (Dämmerungssehen), bei dem sowohl Stäbchen als auch Zapfen aktiv sind und das skotopische Sehen (Nachtsehen), bei dem fast nur noch Stäbchen aktiv sind.

Der Übergang auf ein höheres Leuchtdichteniveau benötigt eine kürzere Adaptationszeit als der Übergang auf ein niedrigeres Leuchtdichteniveau (Schmidt-Clausen & Freiding, 2004).

2.2.3. Sehschärfe

Sehschärfe gibt die Fähigkeit der Wahrnehmung von Einzelheiten wieder. Die maximale Sehschärfe liegt im Bereich des photopischen Sehens. Je geringer die Umfeldleuchtdichte ist, desto geringer ist auch die Sehschärfe (Schmidt-Clausen & Freiding, 2004).

Die zentrale Sehschärfe beträgt bei einem normal Sehtüchtigen bei Tage 1.0 (100 %) und reduziert sich in der Dämmerung auf 0.5 (Lachenmayr, 1995).

2.2.4. Blendung

Blendung entsteht entweder durch eine inhomogene Leuchtdichteverteilung oder zu hohe Leuchtdichten im Gesichtsfeld des Geblendeten. Sie führt zu einer so genannten Fehladaptation, durch die es nicht mehr möglich ist, Objekte oder Kontraste weiterhin zu erkennen.

Es wird zwischen zwei Arten von Blendung unterschieden, physiologische und psychologische Blendung. Physiologische Blendung ist messbar, sie ist durch eine Herabsetzung der Sehleistung gekennzeichnet, während psychologische Blendung subjektiv bewertet wird, sie gibt eine Beeinträchtigung des Sehkomforts wieder (Schmidt-Clausen & Freiding, 2004).

Nach einer Blendung ist die visuelle Leistungsfähigkeit beeinträchtigt. Das Auge braucht eine Weile, bis es sich an eine neu aufgetretene Lichtquelle angepasst hat und bleibt dann nach dem Abklingen der Blendungsquelle unangepasst an die wieder veränderten Lichtverhältnisse, bis erneut eine Adaptation stattgefunden hat (Cohen, 1986).

Da für diesen Bericht Wahrnehmungsvorgänge von Bedeutung sind, die sich auf bewegte Objekte beziehen, soll hier noch kurz der Begriff der dynamischen Sehschärfe erläutert werden.

2.2.5. Dynamische Sehschärfe

Unter Dynamischer Sehschärfe wird das Erkennen von bewegten Objekten (Eckert, 1993) bzw. die Fähigkeit verstanden, feine Details in Objekten zu erkennen, die sich relativ zum Betrachter bewegen (Benda, 1980). Die dynamische Sehschärfe nimmt mit zunehmender Geschwindigkeit zunächst zu, erreicht ein Maximum und fällt dann kontinuierlich ab (Schlag et al., 2009), dabei ist es gleichgültig, ob sich der Beobachter oder das betrachtete Objekt bewegt (Eckert, 1993). Hohe Beleuchtungsstärken können die dynamische Sehschärfe deutlich verbessern (Schlag et al., 2009).

2.2.6. Bedeutung für die Erkennbarkeit von Fahrzeugen

Objekte die nicht im Aufmerksamkeitsfokus (Fovea) stehen werden schlechter wahrgenommen. Um Objekte die am Rand des Sichtfeldes sind (peripheres Sehen) wahrnehmen zu können sind Objekte mit großem Kontrast und groben Strukturen erforderlich. Daher sind große Objekte (Quadrate, Dreiecke die kontrastreich abgesetzt sind) besser. Da Übergänge auf höhere Leuchtdichteniveaus besser wahrgenommen werden, sind reflektierende Materialien die ebensolches aufweisen zu bevorzugen. Die Leuchtdichte ist ebenso wichtig um bei Dunkelheit und im Dämmerungszustand eine höhere Sehschärfe, sprich bessere Erkennung von Objekten zu ermöglichen. Die Leuchtdichte darf allerdings nicht zu hoch sein, da sonst durch Blendung die Wahrnehmung herabgesetzt sein kann.

2.3. Farbwahrnehmung

In diesem Abschnitt soll erläutert werden, weshalb die Wahrnehmung von Farben wichtig für das (schnellere) Erkennen von Objekten ist und somit helfen könnte, die Sichtbarkeit von Streifenfahrzeugen zu erhöhen.

Außerdem soll auf Farbfehlsichtigkeit eingegangen werden und aufgezeigt werden, wie sich dieses Defizit auf die Wahrnehmung im Straßenverkehr auswirken kann.

2.3.1. Funktionen der Farbwahrnehmung

Farben erfüllen Signalfunktionen, erleichtern die Wahrnehmungsorganisation und helfen, einzelne Objekte voneinander zu unterscheiden (Goldstein, 2008). Objekte können vor einem unregelmäßigen Hintergrund besser erkannt werden, wenn sie sich farblich davon abheben (Abb.2). Zudem kann die Farbe eines Objektes dabei helfen, es schneller zu identifizieren, was etwa dann der Fall ist, wenn die Farbe spezifisch für das Objekt ist (zum Beispiel eine gelbe Banane oder ein

blau- weißes Polizeifahrzeug).



Abb. 2: Beeren in einem Strauch, als Farb- und Schwarz- Weiß- Fotografie. Die Farbe erleichtert das Erkennen (Goldstein, 2008, S. 157).

Zudem haben Menschen mit bestimmten Farben verschiedene Assoziationen. Die Farbe Rot beispielsweise wird mit Gefahr verbunden und macht Menschen aufmerksam (Spitzer, 2009).

2.3.2. Wie kommt unterschiedliche Farbwahrnehmung zu Stande?

Die Wahrnehmung von Farben wird durch die Fähigkeit des visuellen Systems ermöglicht, Licht verschiedener Wellenlänge zu unterscheiden (Lachenmayr, 1995). Die Farbwahrnehmung wird durch die Zapfen ermöglicht, deshalb können Farben nur im Bereich des photopischen Sehens (also bei Helligkeit) und in der Dämmerung (mesopisches Sehen) wahrgenommen werden.

Es gibt drei Zapfentypen die auf Licht unterschiedlicher Wellenlängen reagieren (Blau-, Rot- und Grünzapfen) (Schlag et al., 2009).

Der Bereich des Lichtspektrums, der für Menschen sichtbar ist umfasst Wellenlängen von 400 nm bis 700 nm, wobei Licht mit kurzen Wellenlängen als violett oder blau, Licht mit langen Wellenlängen als rot oder gelb wahrgenommen wird (Goldstein, 2008). Grünes Licht hat Wellenlängen im mittleren Bereich (Abb. 3).

reflektierte Wellenlänge	wahrgenommene Farbe
kurz	Blau
mittel	Grün
lang	Rot
lang und mittel	Gelb
lang und etwas mittel	Orange
lang und kurz	Violett
lang, mittel und kurz	Weiß

Abb. 3: Reflektierte Wellenlänge und wahrgenommene Farbe (Goldstein, 2008, S. 159).

Menschen können entlang des sichtbaren Spektrums ca. 200 verschiedene Farben unterscheiden. Ändert man Intensität (Helligkeit) und Sättigung (Buntheit) der Farben, so können noch weit mehr Farben (etwa 1 Million) unterschieden werden (Goldstein, 2008).

Farben von Objekten werden durch die Wellenlängen des Lichtes bestimmt, das von den Objekten reflektiert wird (Abb. 4) (Goldstein, 2008).

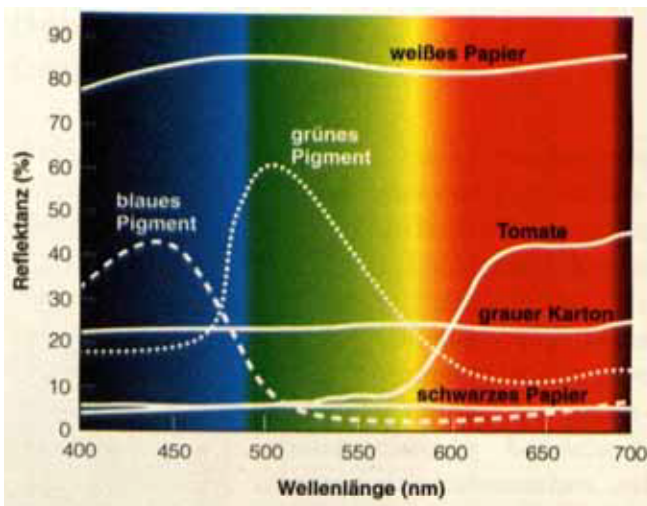


Abb. 4: Spektrale Reflektanzkurven (Goldstein, 2008, S. 159).

2.3.3. Farbgesichtsfeld

Das Gesichtsfeld ist für farbige Lichtreize kleiner als für nicht- farbige. Es gelten verschiedene Grenzwerte, je nach Wellenlänge des Lichtes. Bei gleicher Leuchtdichte und Sättigung ist das Farbgesichtsfeld für Gelb und Blau am größten, gefolgt von Rot, für Grün ist es am kleinsten. Achromatische Farben (also Schwarz, Weiß und Grau) werden in einem größeren Bereich erkannt. Diese Unterschiede nehmen bei steigender Leuchtdichte ab, sodass sie bei Tagesbeleuchtung praktisch nicht mehr feststellbar sind (Factum Chaloupka & Risser OHG, 1999).

2.3.4. Farbkonstanz und Helligkeitskonstanz

Die Farbe von Objekten wird selbst unter veränderter Beleuchtung als relativ konstant wahrgenommen (Goldstein, 2008). Ein Grund für das Auftreten dieser Farbkonstanz könnte die so genannte *Farbadaptation* sein. Bei längerer Betrachtung einer Farbe wird das entsprechende Zapfenpigment selektiv ausgebleicht. Dies senkt die Empfindlichkeit für diese Farbe, sodass die Farbe als weniger gesättigt wahrgenommen wird.

Ein anderer Grund könnte das Wissen über die Farbe von bestimmten Objekten sein. Wir wissen,

welche Farbe ein Objekt haben sollte und nehmen diese Farbe auch entsprechend wahr (z.B. bei einem roten Stoppschild) selbst wenn sie unter verschiedener Beleuchtung unterschiedlich aussieht. Auch achromatische Farben werden unter veränderter Beleuchtung als relativ konstant wahrgenommen. Die Wahrnehmung der Schattierung einer achromatischen Farbe bezeichnet man als Helligkeit. Das Auftreten von Helligkeitskonstanz lässt sich so erklären, dass die Wahrnehmung der Helligkeit eines Objektes nicht mit der Menge des von ihm reflektierten Lichtes zusammenhängt (die unter verschiedener Beleuchtung unterschiedlich ist) sondern vom Anteil des Lichtes, das ein bestimmtes Objekt reflektiert (= Reflektanz). Dieser Anteil liegt z.B. bei schwarzen Objekten etwa bei 5 % und ändert sich unter verschiedener Beleuchtung nicht (Goldstein, 2008).

2.3.5. Farbsinnstörungen

Es gibt angeborene und erworbene Farbsinnstörungen. 8, 2 % der Männer und 0,4 % der Frauen sind von einer angeborenen Farbsinnstörung betroffen (Lachenmayr, 1995).

Es gibt verschiedene Arten von Farbsinnstörungen. Eine Person, die keine Zapfen besitzt, nimmt überhaupt keine Farben wahr, dies bezeichnet man als Monochromasie (Farbenblindheit). Für eine Person mit einer Dichromasie (Farbfehlsichtigkeit) erscheint das Farbspektrum anders als für eine Person ohne Beeinträchtigung des Farbsinns. Es werden drei Hauptformen von Dichromasie unterschieden: Protanopie, Deutanopie und Tritanopie. Für Menschen mit den beiden erst genannten Störungen erscheint kurzwelliges Licht blau, bis es bei mittleren Wellenlängen in grau übergeht, längerwelliges Licht erscheint gelb. Eine Person mit Tritanopie nimmt nur die Farben blau und rot wahr (Goldstein, 2008).

2.3.6. Bedeutung für die Erkennbarkeit von Fahrzeugen

Für Straßenverkehr ist nach Lachenmayr (1995) die Rotblindheit von besonderer Bedeutung. Farbfehlsichtige sehen nicht alle Farben in gleicher Helligkeit und gleichem Kontrast wie normal Farbtüchtige, deshalb erkennen sie Objekte unter Umständen erst später.

Bei schlechter Sicht (z.B. Nebel) kann eine Gefahrensituation dadurch entstehen, dass der Farbsinngestörte rote Bremslichter erst aus kürzerer Entfernung und also später erkennt als ein Normalsichtiger. Farbfehlsichtige müssen über diese Gefahren aufgeklärt werden und ihr Fahrverhalten diesen Defiziten anpassen (Lachenmayr, 1995).

Es lässt sich zusammenfassend feststellen, dass Farben helfen, die Wahrnehmbarkeit von Objekten zu erhöhen. Sie erhöhen die Auffälligkeit eines Objektes und helfen, das Objekt zu identifizieren.

Die Farben Gelb und Blau werden als erstes wahrgenommen, wenn sie im peripheren Gesichtsfeld auftauchen. Da diese beiden Farben auch von den meisten Farbfehlsichtigen erkannt werden, eignen sie sich möglicherweise gut für die Markierung von Fahrzeugen, die schnell erkannt werden sollen. Lässt man den Aspekt der Farbfehlsichtigkeit außer Acht so ist auch die Farbe Rot für eine Beklebung von Fahrzeugen zu empfehlen, da diese „Signalfarbe“ die Aufmerksamkeit von Personen auf sich ziehen kann.

2.4. Tiefenwahrnehmung

Tiefen- und Größenwahrnehmung spielen für den Verkehr eine wichtige Rolle. Der Fahrer muss in der Lage sein zu erkennen, wie weit ein ungefähr Objekt entfernt ist, um eine Kollision zu vermeiden und seine Fahrgeschwindigkeit gegebenenfalls anzupassen.

Tiefenwahrnehmung wird über verschiedene Prinzipien erzeugt, die im Folgenden kurz vorgestellt werden.

2.4.1. Okulomotorische Tiefenreize

Okulomotorische Tiefenreize entstehen durch Konvergenz und Akkommodation. Konvergenz bezeichnet die nach innen gerichtete Bewegung der Augen beim Betrachten eines nahe gelegenen Objektes. Akkommodation, also eine Veränderung der Form der Augenlinse, tritt beim Fokussieren von Objekten in unterschiedlichen Entfernungen auf.

Eine Person ist in der Lage zu fühlen, wenn Konvergenz bzw. Akkommodation stattfindet und kann dadurch erkennen, dass ein Objekt nah ist (Goldstein, 2008).

2.4.2. Monokulare Tiefenreize

Monokulare Tiefenreize können schon mit nur einem Auge genutzt werden.

Als einige monokulare Tiefenreize sind zu nennen:

Verdeckung

Wird ein Objekt durch ein anderes verdeckt und ist dadurch nur noch teilweise zu erkennen, wird es als weiter entfernt wahrgenommen als das davor platzierte. Ein Beispiel hierfür sind die Berge auf Abbildung 5.

Relative Höhe

Objekte, deren tiefster Punkt im Gesichtsfeld höher liegt werden als weiter entfernt gesehen, so erscheint der Motorradfahrer weiter rechts auf Abbildung 5 als weiter entfernt als der linke.



Abb. 5: Monokulare Tiefenreize (Goldstein, 2008, S. 187).

Relative Größe

Dasjenige von zwei gleich großen Objekten, welches näher am Betrachter liegt, nimmt einen größeren Teil seines Gesichtsfeldes ein (Goldstein, 2008).

2.4.3. Bewegungsinduzierte Tiefenreize

Bewegungsinduzierte Tiefenreize können dann genutzt werden, wenn der Betrachter sich bewegt.

Bewegungsparallaxe

Für einen bewegten Betrachter scheinen sich nahe gelegene Objekte schnell, weiter entfernt gelegene dagegen langsamer an ihm vorbei zu bewegen.

Fortschreitendes Zu- oder Aufdecken von Flächen

Der Tiefenreiz des fortschreitenden Zudeckens von Flächen entsteht wenn ein weiter entferntes Objekt von einem näher gelegenen verdeckt wird, weil sich der Betrachter relativ zu den Objekten seitlich bewegt. Das Ausmaß dieser Verdeckung ändert sich durch die Bewegung des Betrachters. Das fortschreitende Aufdecken von Flächen beruht auf dem gegenteiligen Prinzip (Goldstein, 2008).

2.4.4. Binokulare Tiefenreize

Binokulare Tiefenreize werden durch den Unterschied zwischen den Bildausschnitten erzeugt, die von den beiden Augen aufgenommen werden. Der Unterschied zwischen den Abbildern in linkem und rechtem Auge wird als *Querdisparität* bezeichnet (Goldstein, 2008).

2.5. Größenwahrnehmung

2.5.1. Sehwinkel

Der Winkel eines Objektes in Relation zum Auge des Betrachters wird als Sehwinkel bezeichnet. Die Größe dieses Sehwinkels hängt von der Größe des betrachteten Objektes und seiner Entfernung zum Betrachter ab. Nähert sich ein Objekt dem Betrachter so wird der Sehwinkel größer. Objekte, die denselben Sehwinkel aufweisen erzeugen ein identisch großes Abbild auf der Retina (Goldstein, 2008).

Größenwahrnehmung wird durch die Abwesenheit von Tiefenreizen erschwert. Bei Größenschätzungen, die nur vom Sehwinkel beeinflusst werden kann es aufgrund des u.U. gleichen Retina- Abbildes zu großen Abweichungen von der tatsächlichen Objektgröße kommen (Goldstein, 2008).

Eine weitere Informationsquelle für die Größenwahrnehmung ist die relative Größe von Objekten. Die Größe vertrauter Objekte dient als Anhaltspunkt für die Beurteilung der Größe anderer Objekte (Goldstein, 2008).

2.5.2. Größenkonstanz

Als Größenkonstanz wird das Phänomen bezeichnet, dass die Größe eines Objektes normalerweise als relativ konstant wahrgenommen wird, auch wenn sich die Größe seines Abbildes auf der Retina verändert (Goldstein, 2008).

Wie oben bereits erwähnt ist es für die Wahrnehmung im Straßenverkehr wichtig, Tiefenreize wahrzunehmen und Größen von Objekten abzuschätzen. Größen- und Tiefenwahrnehmung sind insofern eng miteinander verbunden, dass die Abwesenheit von Tiefenreizen die Einschätzung von Größen sehr erschweren kann. Dies kann beispielsweise beim Fahren im Nebel eine wichtige Rolle spielen, wenn durch stark eingeschränkte Sicht entscheidende Möglichkeiten zur Tiefenwahrnehmung verloren gehen. Dann können Entfernungen zu anderen Fahrzeugen oder

sonstigen Objekten schlechter abgeschätzt werden und es kann zu schweren Unfällen kommen (siehe Abschnitt „Fahren bei Nebel“).

2.5.3. Bedeutung für die Erkennbarkeit von Fahrzeugen

Die Tiefenwahrnehmung und Größenwahrnehmung lässt das Einsatzfahrzeug näher erscheinen wenn es am nächsten zum Betrachter steht und nicht verdeckt wird. Es ist davon auszugehen, dass dann schneller darauf reagiert wird. Ob das im Einsatzgeschehen zu realisieren ist, ist nicht Bestandteil dieser Untersuchung. Es sollte ggf. darauf geachtet werden, dass Fahrzeuge z. B. nicht direkt hinter Verkehrsschildern o. ä. abgestellt werden.

2.6. Bewegungswahrnehmung

Wahrnehmung im Verkehr ist immer auch mit der Wahrnehmung von Bewegungen verbunden. Aus diesem Grund soll hier erläutert werden, auf welchen Prinzipien Bewegungswahrnehmung beruht. Eine besondere Bedeutung für den Straßenverkehr hat auch die Wahrnehmung von Geschwindigkeit und das Abschätzen der Geschwindigkeit, mit dem sich ein Objekt (ein Fahrzeug) nähert. Auch auf diesen Aspekt soll hier eingegangen werden.

2.6.1. Reafferenzprinzip

Nach dem Reafferenzprinzip hängt Bewegungswahrnehmung von drei Arten von Signalen ab, dem motorischen Signal, welches bei Bewegung der Augen an die Augenmuskulatur gesendet wird, einer Efferenzkopie, die eine Kopie des motorischen Signals darstellt und einem afferenten Signal, das durch ein sich über die Netzhaut bewegendes Abbild entsteht. Erreichen sowohl Efferenzkopie als auch afferentes Signal eine Struktur namens Komparator, so entsteht keine Bewegungswahrnehmung, wird der Komparator jedoch nur von einem der beiden Signale erreicht, so nimmt der Betrachter eine Bewegung wahr (Goldstein, 2008).

2.6.2. Ökologischer Ansatz

Ein Ansatz zur Erklärung der Bewegungswahrnehmung ist der ökologische Ansatz von Gibson (zusammenfassend s. Goldstein, 2008). Ein Betrachter nimmt dann eine Bewegung wahr, wenn Änderungen im so genannten optischen Feld, also den Strukturen, die durch Oberflächen, Texturen und Konturen in der Umwelt entstehen, auftreten.

Bewegt sich der Betrachter nicht selbst, sondern beobachtet einen bewegten Gegenstand, so nimmt er eine "lokale Bewegung im optischen Feld" wahr. Diese tritt auf, wenn ein bewegtes Objekt den stationären Hintergrund zu- und aufdeckt, sich also relativ zur Umwelt bewegt.

Für einen bewegten Betrachter bewegt sich das gesamte optische Feld, dies wird als “globaler optischer Fluss” bezeichnet, der dem Betrachter signalisiert, dass er selbst sich bewegt und nicht die Umwelt.

Beim Autofahren beispielsweise scheinen sich die Objekte in der unmittelbaren Umgebung des Fahrzeuges schnell daran vorbei zu bewegen, weiter entfernte Objekte jedoch langsamer (s. Abb. 6). Der Unterschied im Ausmaß des optischen Flusses hängt also von der Entfernung vom Fahrzeug ab und wird als Bewegungsgradient bezeichnet. Der Bewegungsgradient liefert dem Betrachter Informationen über seine Geschwindigkeit und die Bewegungsrichtung (Goldstein, 2008).



Abb. 6: Optischer Fluss (Goldstein, 2008, S. 239).

2.6.3. Wahrnehmung von Geschwindigkeit

Der Schwellenwert, ab dem die Bewegung eines Objektes gerade noch ausgemacht werden kann, ist abhängig vom jeweiligen Hintergrund, vor dem sich das Objekt bewegt.

Bewegt sich ein Objekt vor einem gut strukturierten Hintergrund, wie er für unsere Umwelt charakteristisch ist, muss es etwa $1/60^\circ$ des Seh winkels pro Sekunde zurücklegen, um als bewegt erkannt zu werden. Dies entspricht einer Geschwindigkeit von 0,025 cm pro Sekunde, wenn ein Objekt 50cm vom Auge entfernt ist (Factum Chaloupka & Risser OHG, 1999).

Menschen tendieren dazu, hohe Geschwindigkeiten zu unterschätzen, vor allem dann, wenn eine längere Adaptation an die hohe Geschwindigkeit stattgefunden hat (Hakkinen, 1963; zitiert nach Schlag et al., 2009).

2.6.4. Bedeutung für die Erkennbarkeit von Fahrzeugen

Die gefahrene Geschwindigkeit hat großen Einfluss auf das gesteuerte Blickverhalten. Bei gleich

bleibender Informationsdichte, die Anzahl der auf den Fahrer einströmenden Informationen steigen mit zunehmender Geschwindigkeit an. Nach Cohen (1987) können nur etwa drei Objekte pro Sekunde fixiert werden. Je mehr Objekte fixiert werden müssen, um eine ausreichende Übersicht zu erhalten, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass wichtige Informationen übersehen werden. Daher wird angenommen, dass sich die Fixationsentfernung vergrößert, um eine vollständige Übersicht zu erlangen. Wird der Straßenraum in größerer Entfernung fixiert, ist die Größe des Fixationsbereiches aufgrund der geometrischen Gegebenheiten kleiner. Daher wird vermutet, dass sich die Größe des Fixationsbereiches mit zunehmender Geschwindigkeit verringert.

2.7. Aufmerksamkeit

Aufmerksamkeit ist einer der Hauptmechanismen der Wahrnehmung, nach Ansicht vieler Forscher sogar notwendig für die Wahrnehmung. Informationsverarbeitung läuft an dem Ort, auf den die Aufmerksamkeit gerichtet ist, effizienter ab (Goldstein, 2008).

Da Aufmerksamkeit also für den Wahrnehmungsprozess eine sehr wichtige Rolle spielt, sollen hier einige Aspekte der Aufmerksamkeit dargestellt werden. Auch hier wird im Speziellen die visuelle Aufmerksamkeit behandelt, sowie einige Modelle der Aufmerksamkeitssteuerung. Das Phänomen der „Veränderungsblindheit“ sowie der „Inattentional blindness“ können beim Autofahren zu Komplikationen führen. Deshalb sollen sie hier Erwähnung finden. Abschließend soll der Begriff „Situation Awareness“ als ein Aufmerksamkeitsprozess im Straßenverkehr erklärt werden.

2.7.1. Selektive und geteilte Aufmerksamkeit

Wird in einer Situation vielen Dingen gleichzeitig Aufmerksamkeit gewidmet, bezeichnet man dies als geteilte Aufmerksamkeit. Dieser Fall tritt beim Autofahren ein, wenn gleichzeitig beispielsweise andere Fahrzeuge, Verkehrszeichen etc. beachtet werden müssen und ein Gespräch mit dem Beifahrer geführt wird.

Als selektive Aufmerksamkeit wird die Konzentration auf spezifische Dinge und das gleichzeitige Ignorieren von anderen Dingen bezeichnet (Goldstein, 2008).

2.7.2. Visuelle Aufmerksamkeit und Stimulussalienz

Dinge, auf die die visuelle Aufmerksamkeit gerichtet werden soll, werden üblicherweise durch Augenbewegungen ins Zentrum des Blickfeldes gerückt. Es ist allerdings auch möglich, Dingen Aufmerksamkeit zu widmen, die sich nicht im Blickzentrum befinden oder umgekehrt Dinge, die direkt betrachtet werden, nicht zu beachten. Aufmerksamkeit hat somit auch eine „mentale Seite“.

In einer visuellen Szenerie gibt es meist bestimmte Areale, die häufiger fixiert werden als andere, diese zeichnen sich durch helle Farbtöne, hohen Kontrast oder hochgradig sichtbare Orientierungen aus. Solche Areale besitzen eine hohe Stimulussalienz, sie sind besonders auffällig und ziehen dadurch die Aufmerksamkeit des Betrachters an (vergl. Abb. 7). Wird die Aufmerksamkeit des Betrachters durch Stimulussalienz gebunden, so findet damit ein Bottom- up-Prozess statt. Haben bestimmte Objekte in der Szenerie für den Betrachter jedoch eine Bedeutung widmet er möglicherweise seine Aufmerksamkeit gezielt diesen Objekten, sodass ein Top- down- Prozess stattfindet (Goldstein, 2008).



Saliency Map



Visual Scene

Abb. 7: „Salienz- Karte“. Merkmale, die im unteren Bild eine hohe Stimulussalienz besitzen, sind auf der Salienz- Karte (obere Abbildung) hell hervorgehoben (Parkhurst, Law & Niebur, 2002).

2.7.3. Modelle der Aufmerksamkeitssteuerung

Flaschenhalsmodell (Broadbent, 1958; zitiert nach Factum Chaloupka & Risser OHG, 1999)

Durch eine „Verengung“ der Übertragungskanäle an einer bestimmten Stelle findet eine Reduktion und Selektion sensorischer Informationen statt. Durch diese Filterung werden nicht alle ankommenden Informationen verarbeitet.

Kapazitätsmodell (Kahneman, 1973; zitiert nach Factum Chaloupka & Risser OHG, 1999)

Durch eine begrenzte Verarbeitungskapazität können nicht alle Informationen verarbeitet werden, sodass eine Selektion stattfindet. Es ist aber bis zu einem gewissen Grad eine parallele Informationsverarbeitung möglich, wenn mehrere Aufgaben gleichzeitig die Aufmerksamkeit beanspruchen (wie beispielsweise beim Autofahren).

2.7.4. Veränderungsblindheit (Change blindness)

Veränderungen einer Szene werden oft nicht bemerkt, dies bezeichnet man als Veränderungsblindheit. Veränderungsblindheit kann ein Grund für zu spät oder nicht erkannte Gefahren im Straßenverkehr sein. Sie tritt vor allem dann auf, wenn durch Blicksprünge oder durch Lidschläge des Betrachters eine Unterbrechung der visuellen Wahrnehmung stattfindet. Treten die Veränderungen genau während dieser Zeit, in der keine Informationsaufnahme stattfindet, auf, so werden sie häufig nicht wahrgenommen. Auch können relevante Veränderungen u.U. dann nicht bemerkt werden, wenn der Betrachter durch ein anderes Ereignis (eine andere Veränderung) abgelenkt ist oder wenn eine graduelle Veränderung sehr langsam stattfindet.

Veränderungen im Straßenverkehr werden nach am schlechtesten während Sakkaden bemerkt (Dornhoefer, Helmert, Rothert, Unema & Velichkovsky, 2004). Die physikalischen Eigenschaften der Veränderung (Größe, Farbe, Form...) haben einen Einfluss auf die Entdeckungswahrscheinlichkeit (Dornhoefer et al., 2004).

2.7.5. Inattentional blindness

Als „Inattentional blindness“ (Blindheit durch Nichtaufmerksamkeit) bezeichnet man das Phänomen, dass manche Reize nicht bemerkt werden, weil die Aufmerksamkeit auf anderes gerichtet ist. Wird z.B. ein Gefahrenobjekt fixiert, so werden periphere Reize unter Umständen nicht oder schlechter wahrgenommen als normalerweise.

Erfahrenen Fahrern gelingt es besser, periphere Reize wahrzunehmen während sie einen anderen Stimulus betrachten als Anfängern (Crundall, Chapman, France, Underwood & Phelps, 2005).

2.7.6. Situation Awareness

Mit der Aufmerksamkeit im Straßenverkehr ist der Begriff der „Situation Awareness (Situationsbewusstsein) verbunden (Schlag et al., 2009). Der Begriff stammt ursprünglich aus der Flugpsychologie, lässt sich aber auf das Autofahren übertragen.

Ein Autofahrer muss die relevanten Elemente einer Situation wahrnehmen, die Situation verstehen und Vorhersagen über die Entwicklung der Situation treffen, um sein eigenes Verhalten entsprechend anzupassen (Rösler, Baumann & Krems, 2008).

Für den Aufbau und die Aufrechterhaltung der Situation Awareness beim Autofahren spielt das Arbeitsgedächtnis eine wichtige Rolle. Der Autofahrer gleicht wahrgenommene Informationen aus der Umwelt mit seinem im Langzeitgedächtnis gespeicherten Wissen ab um die Bedeutung der Situation einschätzen zu können (Rösler et al., 2008).

2.7.7. Bedeutung für die Erkennbarkeit von Fahrzeugen

Es lässt sich feststellen, dass Aufmerksamkeit eine entscheidende Funktion für die Wahrnehmung erfüllt. Bei nicht vorhandener Aufmerksamkeit können wichtige Informationen übersehen bzw. nicht wahrgenommen werden. Aufmerksamkeit lässt sich bewusst steuern, kann aber auch durch auffällige Reize gefördert werden. So ziehen helle Farbtöne, ein hoher Kontrast oder hochgradig sichtbare Orientierungen durch ihre hohe Stimulussalienz die Aufmerksamkeit des Betrachters an. Diese Eigenschaften sollten also bei einer Markierung von Streifenfahrzeugen gegeben sein, um ihre Wahrnehmbarkeit zu erhöhen. Die Nachteile einer Aufmerksamkeitslenkung müssen der Verhältnismäßigkeit angemessen sein. Die Wahrnehmung auf ein Objekt zu lenken impliziert das Risiko Gefahren im peripheren Sehfeld nicht angemessen verarbeiten zu können. Andererseits sollte eine Einsatz- bzw. Gefahrenstelle auch als solche gekennzeichnet sein um Verkehrsteilnehmer auf weitere Gefahren sensibilisieren zu können.

2.8. Wahrnehmungsschwellen

Damit ein Reiz entdeckt werden kann, muss er überschwellig sein, das heißt bestimmte Wahrnehmungsschwellen überschreiten (Lachenmayr, 1995).

Sollen Möglichkeiten gefunden werden, die Entdeckungswahrscheinlichkeit eines Objektes zu erhöhen so ist also die Kenntnis von Wahrnehmungsschwellen von großer Bedeutung.

Die *absolute Schwelle* bezeichnet den kleinsten Betrag an Reizenergie, der benötigt wird, um einen Stimulus zu entdecken. Es gibt verschiedene Methoden diese Schwelle zu bestimmen, die

Grenzmethode, die Herstellungsmethode und die Konstanzmethode.

Die *Unterschiedsschwelle* bezeichnet den kleinsten Unterschied zwischen zwei Stimuli, der gerade noch wahrgenommen werden kann. Auch diese Schwelle kann mit den oben genannten Methoden bestimmt werden. Nach dem Weber- Fechner- Gesetz bleibt das Verhältnis der Unterschiedsschwelle zum Standardreiz über ein breites Spektrum von Intensitäten konstant. Für Lichtreize gilt, dass die Intensität des Lichtes um acht Prozent erhöht werden muss, bevor ein Unterschied wahrnehmbar ist (Goldstein, 2008).

Die Unterschiedsempfindlichkeit ist eng mit der Wahrnehmung von Kontrasten verbunden, da sie uns befähigt, geringe Helligkeitsunterschiede (Leuchtdichtekontraste) wahrzunehmen.

Ein Objekt wird nur dann wahrgenommen, wenn sein Kontrast größer als der Schwellenkontrast ist. Der Schwellenkontrast bezeichnet den Leuchtdichteunterschied zum Umfeld, der gerade noch wahrnehmbar ist. Er hängt vom Sehwinkel und damit von Objektgröße und -entfernung und von der Adaptationsleuchtdichte des Beobachters ab. Je dunkler das Umfeld ist, desto geringer müssen Leuchtdichteunterschiede sein, um einen Kontrast wahrzunehmen.

Ferner besitzen sich langsam bewegende Objekte einen geringeren Schwellenkontrast als statische Objekte, wohingegen der Schwellenkontrast bei Objekten, die sich schneller bewegen, größer wird und mit zunehmender Geschwindigkeit stark ansteigt (Schlag et al., 2009).

2.8.1. Abstandsänderungen

Die Wahrnehmungsschwellen für Abstandsänderungen werden mit zunehmender Entfernung größer, d.h. je weiter ein Objekt entfernt ist, um so schlechter wird eine Abstandsänderung entdeckt. Eine Abstandsänderung zu einem 100 m vorausfahrenden Fahrzeug wird beispielsweise erst dann wahrgenommen, wenn sie 10 bis 20 m beträgt (Grimm, 1988).

2.8.2. Kontrastempfindlichkeit

Damit ein Objekt wahrgenommen werden kann, muss es gegenüber der Umgebung einen Kontrast aufweisen, welcher den Schwellenkontrast überschreiten muss (Schmidt-Clausen & Freiding, 2004).

Kontraste können sich durch Farbunterschiede (Schmidt-Clausen & Freiding, 2004) oder einen Leuchtdichteunterschied zwischen Objekt und Umgebung ergeben. Es können positive Kontraste (das Objekt ist heller als die Umgebung) oder negative Kontraste (die Umgebung ist heller als das Objekt) auftreten. Sind Objekt und Umgebung gleich oder sehr ähnlich hell, spricht man von Reiztarnung (Schlag et al., 2009).

Bei nächtlichen Fahrten wird ein Kontrast von 1:3 als hoch, von 1: 1,1 als gering bezeichnet (Cohen, 1986).

2.8.3. Bedeutung für die Erkennbarkeit von Fahrzeugen

Für die Fragestellung dieses Berichtes ist die Bedeutung der Wahrnehmung von Kontrasten besonders hervorzuheben. Ausgeprägte Farb- und Helligkeitskontraste (zur Umgebung) erleichtern die Wahrnehmung von Objekten. So sollte bei der Markierung von Fahrzeugen darauf geachtet werden, dass sie mit Material beklebt werden, welches entweder zur Untergrundfarbe des Fahrzeuges oder zu anderen darauf angebrachten Folien einen hohen Kontrast aufweist.

2.9. Wahrnehmbarkeit von Objekten

Dieses Kapitel soll nun nochmals auf Eigenschaften eingehen, die Objekte besitzen müssen, um besser wahrgenommen zu werden.

Es werden einige schon genannte Aspekte nochmals aufgegriffen sowie einige neue genannt, beispielsweise die Auffälligkeit von fluoreszierendem und reflektierendem Material.

Wenn möglich sollten alle diese Aspekte beim Einsatz von Folien zur Beklebung von Fahrzeugen einbezogen werden, um deren Sichtbarkeit zu maximieren. Ob ein Fahrer ein Objekt wahrnimmt, hängt von mehreren Kriterien ab (Lachenmayr, 1995):

2.9.1. Sichtbarkeit

Das Objekt muss geometrisch- optisch sichtbar sein, das heißt es muss sich innerhalb des aktuellen binokularen Gesichtsfelds des Fahrers befinden und es darf nicht verdeckt sein (Lachenmayr, 1995).

2.9.2. Überschwelligkeit

Das Objekt muss über einer der relevanten physiologisch- optischen Schwellen zu liegen kommen. Diese sind unter anderem räumliches Auflösungsvermögen (Sehschärfe), Farbwahrnehmung (Wahrnehmung eines Farbkontrastes), Lichtunterschiedsempfindlichkeit (Wahrnehmung eines Helligkeitskontrastes) und Bewegungswahrnehmung. Oft sind in einer Fahrsituation mehrere Schwellenkriterien gleichzeitig relevant für die Wahrnehmung eines Objektes (Lachenmayr, 1995). Die Wahrnehmungsschwellen hängen auch von Aufmerksamkeitsbeanspruchung des Fahrers ab (siehe hierzu „Aufmerksamkeit“) (Lachenmayr, 1995), sowie von den Lichtbedingungen. Reduzierte Lichtintensität setzt die Sehschärfe herab, besonders bei älteren Autofahrern. Dadurch werden Erkennungsabstände während der Nachtfahrt kürzer als am Tage (Cohen, 1986).

2.9.3. Auffälligkeit

Ein Objekt muss hinreichend auffällig sein. In verschiedenen Situationen (je nach aktuellem Umfeld) kann dasselbe Objekt verschieden auffällig sein, je nachdem, was für andere Reize es umgeben. Selbst wenn ein Objekt weit überschwellig ist kann es unter Umständen nicht wahrgenommen werden, weil andere Objekte auffälliger sind (Lachenmayr, 1995).

Nach Harrison (2004) sind farbige Blöcke, die möglichst quadratisch sein sollten, am auffälligsten. Ein gleichmäßiges Muster aus möglichst großen quadratischen Blöcken in zwei verschiedenen Farben, die einen hohen Kontrast zueinander aufweisen, ist besonders geeignet, um die Aufmerksamkeit eines Betrachters anzuziehen. Der Autor empfiehlt eine Kombination aus den Farben Gelb und Blau, um einen maximalen Kontrast und die größte Auffälligkeit zu erreichen. Streifen sollten vermieden werden, da sie eher als „Tarnung“ wirken. XX Hinweis XX Hierzu liefert Harrison keinen wissenschaftlichen Nachweis (siehe 7.2).

Fluoreszierende Farben sind aus weiterer Entfernung sichtbar als nicht- fluoreszierende Farben, dies ist jedoch hauptsächlich bei Tagesbeleuchtung von Bedeutung, da sie nur unter UV- Licht ihre Wirkung entfalten (allerdings ist fluoreszierendes Gelb auch unter Straßenbeleuchtung sehr gut zu sehen). Nachts ist es deshalb angebrachter, retro- reflektierendes Material zu verwenden, um eine große Auffälligkeit zu erreichen (Harrison, 2004).

Ein Objekt kann nur dann vom Fahrer wahrgenommen und verarbeitet werden, wenn es sichtbar, überschwellig und ausreichend auffällig ist (Lachenmayr, 1995).

Auch Schlag et al. (2009) betonen, dass die „Entdeckung [leichter]fällt [...], wenn etwas auffällig, bunt und laut ist, sich stark abhebt und dadurch in die Wahrnehmung eindringt.“

Der Erkennungsabstand und die Entdeckung eines Objektes hängen zudem von der visuellen Größe des Objektes (d.h. der Größe seiner Projektion auf der Retina), seiner Leuchtdichte und der Nähe und Intensität von Blendungsquellen ab. Ein Objekt wird umso besser entdeckt, je höher seine Leuchtdichte und je größer seine physikalische Größe ist (Cohen, 1986).

Auch kognitive Faktoren wie die Erwartungen des Fahrers können Auswirkungen auf die Objekterkennung haben. So ist der Erkennungsabstand für erwartete Objekte doppelt so groß wie für unerwartete (Shinar, 1985; zitiert nach Schlag et al., 2009).

2.9.4. Diskrimination von Figuren

Die Diskrimination, also die Wahrnehmung eines Gegenstandes unter anderen, wird erleichtert, wenn die Figur möglichst einfach (schnellere Diskrimination) ist und möglichst viele Unterschiede zwischen den Figuren vorhanden sind (richtigere Diskrimination) (Factum Chaloupka & Risser OHG, 1999).

2.9.5. Bedeutung für die Erkennbarkeit von Fahrzeugen

Daher scheint es angebracht kontrastreiche Grundmuster zu applizieren um vom Fahrzeug-Grundlackierung und Form unabhängig zu sein. Blau und gelb retroreflektierend bzw. fluoreszierend einzusetzen bietet sich an um sowohl bei Tageslicht als auch bei Dunkelheit beste Erkennbarkeit zu gewährleisten, Bei zusätzlichem optischen Signal (hier sog. „Blaulicht“) wird dieses, gerade bei Dunkelheit, stärker wahrgenommen werden. Allerdings wird bei Tageslicht, je nach Lichteinfall und Reflektion die Beklebung einen größeren Effekt auf die Wahrnehmung haben. Ebenso sollte hier der Ausfall der optischen Signalanlage bedacht werden.

2.10. Wahrnehmung im Straßenverkehr

In diesem Abschnitt soll nun speziell die Wahrnehmung im Straßenverkehr behandelt werden. Es wird die Wichtigkeit von kognitiven, emotionalen und motivationalen Aspekten beim Autofahren betont und auf spezielle Fahrsituationen wie das Fahren bei Tageslicht und in der Nacht eingegangen. Wichtig zu erwähnen ist auch das Blickverhalten von Kraftfahrern, welches sich je nach Witterungslage, Geschwindigkeit und Straßenart ändert. Ein Punkt, der außerdem genannt werden soll ist der Einfluss des Alters auf die Wahrnehmung und das Verhalten im Straßenverkehr.

Die Informationsaufnahme des Kraftfahrers besteht nach Lachenmayr (1995) aus der Folge „Wahrnehmen“, „Erkennen“ und „Reaktion“. Fahrer müssen für die aktuelle Fahrsituation relevante Objekte und Ereignisse wahrnehmen und deren Bedeutung für das eigene Verhalten erkennen (Rösler et al., 2008).

Kognitive Faktoren, sowie emotionale und motivationale Aspekte spielen beim Autofahren eine wichtige Rolle (Schlag et al., 2009).

Probleme entstehen gerade bei jungen Fahrern weniger aufgrund schlechter Wahrnehmungsleistungen als in Folge einer Überschätzung der eigenen Fähigkeiten und persönlichen Bewältigungsmöglichkeiten. So überschätzen viele Fahrer beispielsweise ihr

Wahrnehmungsvermögen bei Nachtfahrten (Schlag et al., 2009).

Wie ein Fahrer sich verhält und in welchem Maße eine Situation eine Beanspruchung für ihn darstellt, hängt von seiner personellen Ressourcen und von der Bewertung der Situation ab (Schlag et al., 2009).

2.10.1. Fahren bei Tageslicht

Am Tag besteht im Straßenverkehr meist ein Überangebot an Informationen (vor allem im Stadtbereich). Bei Tagesbeleuchtung sind die meisten Reize überschwellig, sodass eine Reizselektion stattfinden muss; die wichtigen Informationen müssen aus den vielen visuellen Reizen herausgefiltert werden.

Auch bei Tage gibt es jedoch Situationen, in denen wichtige Reize nicht überschwellig sind, beispielsweise bei einer Fahrt im Nebel oder bei ungünstigen Beleuchtungsverhältnissen (z.B. wenn sich dunkle Schattenzonen mit hell beleuchteten Stellen abwechseln) (Lachenmayr, 1995).

2.10.2. Fahren bei Nacht

Während Fahrten bei Nacht, wenn die Fahrbahn nur von Straßenlampen oder Scheinwerfern beleuchtet wird, treten Leuchtdichten im mesopischen Bereich auf (Schmidt-Clausen & Freiding, 2004). Während der Fahrer bei Tagesbeleuchtung meist eine Reizselektion durchführen muss, steht bei Nachtfahrten eher die Suche nach Informationen im Vordergrund (Schlag et al., 2009).

Das Sehen bei Nacht zeichnet sich durch eine geringere Unterschiedsempfindlichkeit und reduziertes Farbsehen aus. Nachts machen sich Störungen des Sehvermögens besonders stark bemerkbar (Lachenmayr, 1995).

Bei Nacht müssen Objekte beleuchtet werden, um wahrgenommen zu werden, das vom Objekt reflektierte Licht muss die Wahrnehmungsschwelle erreichen, bzw. überschreiten (Cohen, 1986). Für viele Objekte ergeben sich nachts durch die verminderte Beleuchtung geringere Kontraste als am Tage. Dies ist besonders dann der Fall, wenn die Objekte nur mit Scheinwerferlicht beleuchtet werden (Schlag et al., 2009).

Fährt ein Fahrer nicht auf Sichtdistanz, ist also der Anhalteweg länger als die Sichtweite des Fahrers, so kann bei unerwartet auftretenden Hindernissen eine Kollision oft nicht mehr verhindert werden. Dies kann bei Nachtfahrten besonders bei hohen Geschwindigkeiten der Fall sein (Cohen, 1986).

2.10.3. Fahren bei Nebel

Das Fahren im Nebel wird von Fahrern als die zweit- unangenehmste Bedingung beim Fahren auf

der Autobahn beurteilt. Bei Nebel passieren weit schwerere Unfälle als im Gesamtunfallgeschehen, es gibt mehr Verletzte und Getötete und es sind oft mehr Personen beteiligt als bei anderen Unfällen (Richter & Schlag, 1999).

Bei Nebel können unter sehr ungünstigen Sichtbedingungen die Möglichkeiten zur Informationsaufnahme auf bis zu einem Zehntel der normalen Tagessehschärfe sinken. In der Dämmerung kann sich die Sicht noch weiter einschränken (Richter & Schlag, 1999). Laut Cavallo et al. (1997; zitiert nach Schlag et al., 2009) werden Entfernungen bei Nebel bis zu 60% überschätzt. Bei Nebel zeigt sich häufig eine erhöhte visuelle Aktivierung, vor allem durch häufigere Blicksprünge. Die Peripherie wird mit häufigeren Sakkaden abgetastet, bis ein Objekt entdeckt werden kann. Dieses wahrgenommene Objekt wird bei Nebel allerdings weniger häufig als bei klarer Sicht fixiert. Gibt es ein vorausfahrendes Fahrzeug so werden die Blicke häufig auf dieses fixiert und es finden weniger Sakkaden statt. Auch die Aufmerksamkeitssteuerung ändert sich bei Nebel. Es finden mehr top- down- Prozesse statt als bottom- up- Prozesse (Richter & Schlag, 1999).

Die Reaktionsleistungen sind bei Nebel signifikant schlechter als bei klarer Sicht, Fahrer brauchen mehr Zeit zum reagieren und machen mehr Fehler. Fahren bei Nebel ist angstbesetzt und führt zu erhöhter Unsicherheit und Überforderung. Personen gehen unterschiedlich mit diesen „schwierigen Verkehrssituationen“ um. Die einen fahren besonders vorsichtig, die anderen ignorieren die Gefahr um ihre ursprünglichen Handlungsintentionen durchzusetzen (Richter & Schlag, 1999).

Die Autoren Richter und Schlag (1999) regen eine „Umsetzung technischer straßenseitiger und fahrerseitiger Möglichkeiten für Informations- und Warnsysteme, vor allem zur Unterstützung der Gefahrenkognition und der Gefahrenantizipation“ an, um eine Reduktion der Unfallhäufigkeit- und Schwere bei Nebel zu erreichen.

2.10.4. Blickverhalten von Autofahrern

Nach der „Theorie des visuellen Abtastens“ (Cohen, 1997) muss ein Autofahrer seine Aufmerksamkeit zwischen allen Informationsträgern verteilen, um seinen Bedarf an Informationen für alle untergeordneten Fahraufgaben möglichst gut zu decken.

Das Blickverhalten eines Fahrers unterscheidet sich in verschiedenen Verkehrssituationen.

In komplexen Verkehrskonstellationen wird vorwiegend das foveale Sehen zur Informationsaufnahme genutzt, während bei einer Fahrt auf einer geraden, einfachen Strecke (wie auf einer freien Autobahn) etwa 50% der Informationsaufnahme durch das periphere Sehen erfolgt (Cohen, 1987).

Blickverhalten während nächtlicher Fahrten

Während Fahrten bei Nacht fixieren Autofahrer den Blick in kürzeren Distanzen als am Tag. In der Nacht wird eher die eigene Fahrbahn fixiert, am Tage streuen die fixierten Stellen mehr. Außerdem verlängert sich die mittlere Fixationsdauer in der Nacht und die Amplitude der sakkadischen Blickbewegungen ist kleiner als am Tag (d.h. der Lenker beachtet in der gleichen Zeitspanne einen geringeren Teil seiner Umwelt). Unter gleicher Fahrgeschwindigkeit können Fahrer in der Nacht weniger Informationen aufnehmen als am Tage und die Wahrscheinlichkeit steigt, relevante Informationen zu übersehen. Dieses veränderte Blickverhalten in der Nacht ist auf die Beleuchtungsverhältnisse zurückzuführen (Cohen, 1986).

Fixationsverteilung auf Autobahnfahrten

Generell wird bei Autobahnfahrten eine Häufung von Fixationen oberhalb des Horizonts und knapp rechts von der Fahrtrichtung beobachtet.

Fährt ein Fahrer hinter einem anderen Verkehrsteilnehmer, folgt also einem anderen Fahrzeug, so konzentrieren sich die Fixationen auf das vorausfahrende Fahrzeug und der Fixationsabstand rückt näher. Bei freier Fahrt findet eine räumlich größere Aufmerksamkeitsverteilung statt (Cohen, 1987).

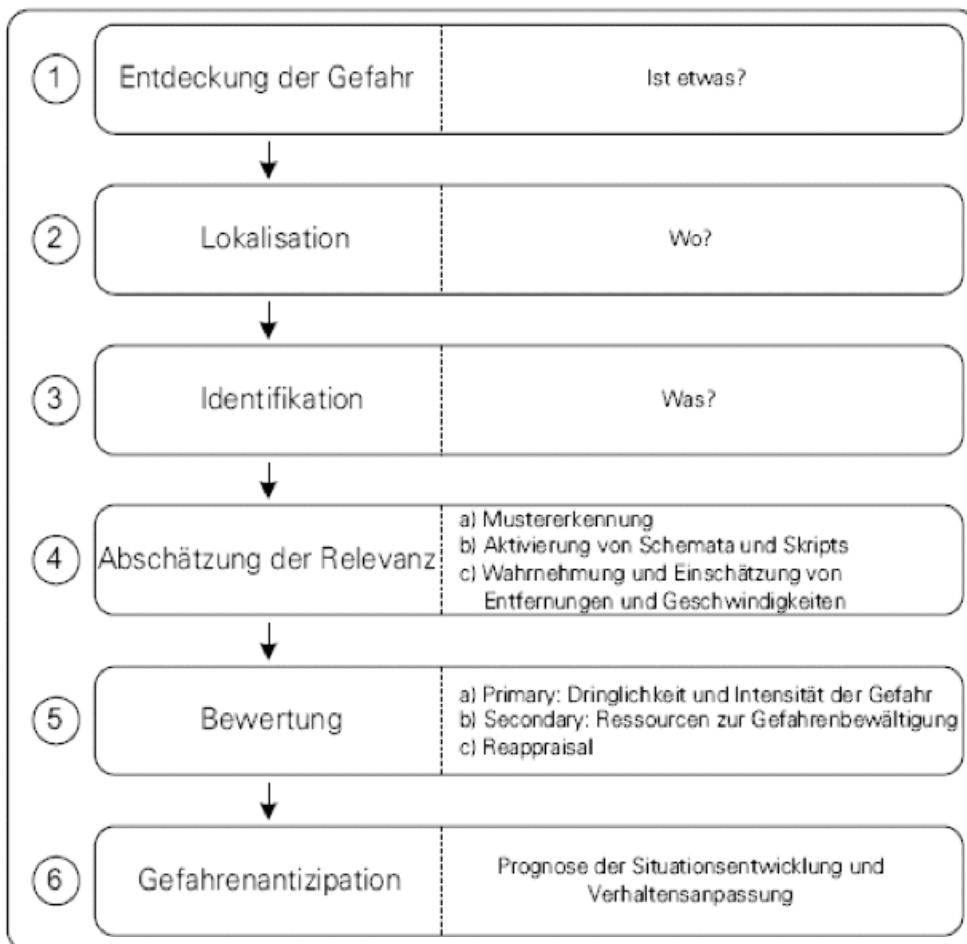
Schlag et al. (2009) merken an, dass bei trockener, gerader Fahrbahn die häufigsten Fixationen in der Nähe der rechten Fahrbahnmarkierung auftreten, während bei nasser Straße der Fixationsschwerpunkt an das Fahrzeug heran rückt und eher in der Fahrbahnmitte des eigenen Fahrstreifens liegt.

Sehfeldumfang

Das Sehfeld (visuelles Feld) des Autofahrers wird mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit eingeschränkt. Bei einer Geschwindigkeit von 100km/h vermindert sich die Sehleistung verglichen mit dem Stillstand des Fahrzeuges um die Hälfte. Es ändert sich nicht nur die Größe des Sehfeldes sondern auch dessen Form in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit (Factum Chaloupka & Risser OHG, 1999).

Nach Kayser und Heß (1990) findet bei höheren Geschwindigkeiten eine Verlagerung der visuellen Aufmerksamkeit statt. Die durchschnittliche Anzahl der Fixationen nimmt ab, die mittlere Dauer der Fixationen wächst aber an, sodass davon ausgegangen werden kann, dass verstärkt fahraufgabenrelevante Objekte fixiert und weniger relevante Informationen außer Acht gelassen werden. Die Autoren betonen jedoch, dass auch Objekte in der Netzhautperipherie eine Blickzuwendung erfahren, wenn sie auffällig sind und eine Bedeutung für den Fahrer besitzen.

Das nutzbare Sehfeld des Fahrers kann auch durch dessen Überbeanspruchung eingeengt werden. In Extremsituationen ist das Sehfeld auf die Ausdehnung der Fovea eingeschränkt („Tunnelsehen“) (Cohen, 1998). Gerade in Situationen, in denen schlechte Sichtverhältnisse vorliegen (beispielsweise bei Nachtfahrten oder Fahrten im Nebel) kann dies dazu führen, dass wichtige Informationen im seitlichen Blickfeld nicht wahrgenommen werden (Schlag et al., 2009).



2.10.5. Stufenmodell der Gefahrenkognition

Abb. 8: Modell der Gefahrenkognition (Schlag et al., 2009, S. 56).

Nach dem Modell der Gefahrenkognition von Schlag et al. (2009) (Abb. 8) muss eine vorhandene Gefahr zunächst entdeckt werden. Eine wichtige Aufgabe für den Fahrer ist es dann zu erkennen, wo die Gefahr sich befindet, die Gefahr zu identifizieren und abzuschätzen, welche Bedeutung sie für ihn hat. Nun folgt eine Einschätzung und Bewertung der Gefahr, persönliche Vorerfahrungen können einbezogen werden und es werden Möglichkeiten zur Bewältigung abgeschätzt. Der Begriff der „Gefahrenantizipation“ bezieht sich auf das Voraussehen der Situationsentwicklung und der möglichen Anpassung der eigenen Verhaltens an die Situation. Kann der Fahrer eine mögliche

Gefahr schon frühzeitig vorhersehen so ist es ihm unter Umständen möglich, diese ganz zu umgehen (Schlag et al., 2009).

2.10.6. Abhängigkeit des Fahrverhaltens vom Alter

Im Alter lassen perzeptive, kognitive und motorische Leistungsfähigkeiten nach. Die statische und die dynamische Sehschärfe verschlechtern sich (Schlag et al., 2009), wobei die dynamische Sehschärfe im Alter relativ stärker abnimmt als die statische Sehschärfe (Benda, 1980). Zudem vermindert sich die Kontrastempfindlichkeit (Schlag et al., 2009) und das Dämmerungssehvermögen (Lachenmayr, 1995), welches bereits ab etwa 40 Jahren abnimmt (Schmidt-Clausen & Freiding, 2004; zitiert nach Schlag et al., 2009). Ältere Fahrer weisen eine höhere Blendempfindlichkeit auf und erholen sich nach einer Blendung langsamer. Der Adaptations- Vorgang gelingt schlechter und dauert länger als bei jungen Fahrern und es treten Akkomodationsprobleme auf, wodurch u. a. Blicksprünge zwischen Nah- und Fernbereich erschwert werden (Schlag et al., 2009).

2.10.7. Bedeutung für die Erkennbarkeit von Fahrzeugen

Es lässt sich diesem Abschnitt entnehmen, dass die Erhöhung der Sichtbarkeit von Polizeifahrzeugen besonders bei Nacht von großer Bedeutung ist. Fällt es tagsüber möglicherweise schwer, ein Polizeifahrzeug zwischen anderen Fahrzeugen zu erkennen (weshalb es sich möglichst gut von seiner Umgebung unterscheiden sollte) so muss nachts dafür Sorge getragen werden, dass das Fahrzeug überhaupt wahrgenommen wird und die oben genannten Wahrnehmungsschwellen überschreitet. Dies ist durch eine gute Beleuchtung zu erreichen, außerdem durch die oben schon erwähnten Merkmale. Auf diese kann Einfluss genommen werden, wohingegen es schwierig erscheint, die den Fahrer betreffenden Aspekte zu beeinflussen. Auf diese könnte in einem anderen Projekt eingegangen werden, welches sich mit der Schulung von Kraftfahrern befassen könnte, die lernen sollten, ihr Verhalten so anzupassen, dass die höchste Verkehrssicherheit gewährleistet wird.

3. Verwendung von Fahrzeugfolientechnik im Ausland

Die Einbeziehung von Erkenntnissen zur Markierung von Streifenfahrzeugen aus anderen Ländern erschien für die Erstellung des Berichtes ratsam. An dieser Stelle sollen die „Battenburg-Markierungen“ beschrieben werden, welche in Großbritannien eingesetzt werden, um die Sichtbarkeit von Polizeifahrzeugen zu erhöhen. Ähnliche Markierungen werden auch in den Ländern Hong Kong, Irland, Neuseeland, Schweden und in der Schweiz eingesetzt (siehe auch http://en.wikipedia.org/wiki/Battenburg_markings).



Abb. 9: Battenburg- Markierungen (Harrison, 2004).

In Großbritannien werden für die Beklebung von Polizeifahrzeugen so genannte „Battenburg-Markierungen“ angewendet, um eine erhöhte Sichtbarkeit und Auffälligkeit zu erzielen (Harrison, 2004) (Abb.9). Diese wurden vom Police Scientific Development Branch entwickelt und 1998 erstmalig eingeführt (Harrison, 2004).

Polizeifahrzeuge werden mit gelben und blauen Rechtecken beklebt, die einen hohen Kontrast zueinander aufweisen sollten. Dabei sollte Folie in fluoreszierenden, bzw. retro- reflektierenden Materialien verwendet werden, um sowohl bei Tag als auch bei Nacht eine große Auffälligkeit zu erreichen (Harrison, 2004). In der Literatur finden sich sehr konkrete Hinweise, wie die Folien-Beklebung anzubringen ist (Harrison, 2004):

Vorderseite

Die Vorderseite des Wagens wird nicht beklebt, da die Wirkung von reflektierendem Material durch die Frontscheinwerfer des Wagens abgeschwächt würde und es sich dadurch hier weniger lohnt, eine Beklebung anzubringen (Harrison, 2004).

Seitenansicht

An den Seiten des Fahrzeuges sollte mittig ein blaues Rechteck aus retro- reflektierender Folie angebracht werden, daneben Rechtecke aus retro- reflektierender Folie in fluoreszierendem Gelb (Abb. 9).

Die Rechtecke sollten mindestens 60 cm breit sein und möglichst alle gleich breit, außer diejenigen

ganz an den Seiten. Die Rechtecke sollten mindestens 30 cm hoch sein.

Es soll ein „Karamuster“ aus gelben und blauen Rechtecken zusammengesetzt werden, wobei sich am Ende des Fahrzeuges jeweils ein gelbes Rechteck befinden soll, das kürzer als 60 cm sein darf, allerdings möglichst nicht kürzer als 40 cm sein sollte.

Die Beklebung sollte nicht direkt bis an die „Ecken“ des Fahrzeuges heranreichen, sondern z.B. um die Fenster herum einen kleinen Rand lassen.

Zwischen die Seitenfenster sollte entweder dieselbe gelbe Folie angebracht werden, die für das „Karamuster“ verwendet wird oder silber-weißes, bzw. weißes retro-reflektierendes Material.

Silber-weißes bzw. weißes retro-reflektierendes Material sollte auch für die Fahrzeugumrandung genutzt werden (Harrison, 2004).

Fahrzeugrückseite

Die Fahrzeugrückseite wird mit Streifen aus retro-reflektierendem Material beklebt, die in einem bestimmten Winkel zueinander stehen, der von der Fahrzeugbreite abhängig ist. Die Streifen sollten mindestens 15 cm breit sein und es sollten abwechselnd orange-farbene und gelbe Streifen angebracht werden. Das Rückfenster soll mit einem mindestens 2,5 cm breiten Streifen aus dem gelbem Material umklebt werden (Harrison, 2004).

Bei der Fahrzeugbeklebung spielt die Untergrundfarbe nach Harrison (2004) keine Rolle, wenn die Beklebung richtig angewandt wird.

Es sollte über die Folienbeklebung nichts anderes geklebt werden, da dies die Auffälligkeit mindert. Soll also der Schriftzug „Polizei“ am Fahrzeug angebracht werden, dann so, dass er unterhalb der beklebten Fläche angebracht wird.

Der Schriftzug „Polizei“ sollte in einer Farbe gehalten werden, die einen hohen Kontrast zur Farbe des Fahrzeuges aufweist (z.B. fluoreszierendes grün-gelb auf blauem Wagen oder blaue Buchstaben auf weißem oder silbernem Hintergrund) (Harrison, 2004).

4. Projekte zur Beklebung von Dienstfahrzeugen in deutschen Bundesländern

In einigen deutschen Bundesländern wurden bereits Pilotprojekte zu einer optimierten Beklebung von Streifenfahrzeugen durchgeführt. Hier soll zusammenfassend dargestellt werden, welche Art der Beklebung jeweils gewählt wurde und (wenn Informationen vorhanden sind) welche Kosten entstanden sind.

In den Bundesländern Bayern, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Nordrhein-Westfalen, Saarland, Schleswig-Holstein, Sachsen und Thüringen wurden bislang keine Pilotprojekte durchgeführt. Die Beklebung ihrer Fahrzeuge entspricht der technischen Richtlinie, die eine blaue Bauchbinde auf silbernem Grund mit reflektierenden „Gaps“ vorschreibt. Auch von der Bundespolizei wurde bisher kein Pilotprojekt durchgeführt.

4.1. Brandenburg

In Brandenburg wurden 28 Fahrzeuge mit rot-weißer Folie (nach DIN 30710) am Heck beklebt. Die Materialkosten betragen etwa 70 Euro pro Fahrzeug.

Zwei Fahrzeuge wurden am Heck mit gelb-roter Folie beklebt, hier betragen die Materialkosten etwa 600-700 Euro pro Fahrzeug.

4.2. Berlin

In Berlin sind derzeit 12 Einsatzfahrzeuge mit rot-weißer Folie beklebt, wobei auch hier vor allem die Fahrzeugrückseite beklebt ist, sowie ein Streifen an der Fahrzeugfront.

4.3. Baden-Württemberg

In Baden-Württemberg wurde ein Pilotversuch (AG „Arbeitssicherheit für Polizeibeamte auf BAB“) mit zwei Streifenfahrzeugen durchgeführt, der inzwischen abgeschlossen ist. Die Fahrzeuge wurden mit blauer und gelber Folie beklebt, am Heck sowie mit einem gelben Streifen an der Fahrzeugvorderseite. Auch unterhalb der vorderen Scheinwerfer wurde ein Streifen gelb-blauer Folie angebracht. Die Kosten betragen pro Fahrzeug in etwa 240 Euro.

4.4. Bremen

In Bremen werden Streifenfahrzeuge seit mehreren Jahren am Heck mit rot-weißer Folie beklebt. Es sind 15 solcher Fahrzeuge im Einsatz.

4.5. Hessen

In Hessen sind wurden im Jahr 2008 100 Streifenwagen am Heck mit rot-gelber Folie beklebt. 2009 wurden 80 weitere Fahrzeuge mit leuchtgelber und retroreflektierender Folie beklebt, jeweils mit einem Streifen an der Fahrzeugfront, an der Fahrzeugseite und einigen Flächen am Heck des Fahrzeuges. Die Materialkosten betragen jeweils etwa 80 Euro pro Fahrzeug. Es sollen noch 100 weitere beklebte Fahrzeuge eingesetzt werden.

4.6. Niedersachsen

In Niedersachsen führte die AG "Eigensicherung auf BAB und Schnellstraßen" ein Pilotprojekt zur Beklebung von Einsatzfahrzeugen durch. Es wurden 22 Einsatzwagen beklebt. Jedes Fahrzeug wurde mit zwei leuchtgelben Streifen am Heck und an der Seite, sowie zwei Streifen an der Fahrzeugfront beklebt. Die Kosten hierfür betragen etwa 240 Euro pro Fahrzeug.

4.7. Sachsen-Anhalt

In Sachsen-Anhalt soll eine noch unbekannte Anzahl von Streifenfahrzeugen mit gelber Kontrastbklebung ausgestattet werden. Es sollen gelbe Streifen an das Fahrzeugheck sowie die Seiten des Fahrzeuges angebracht werden, auch die Vorderseite wird mit einem schmalen gelben Streifen beklebt.

4.8 Rheinland-Pfalz

In Rheinland-Pfalz wurden etwa 140 Polizeifahrzeuge am Heck mit gelb- roter Folie beklebt. Es wäre wünschenswert eine Art der Beklebung zu finden, die die höchste Sichtbarkeit aufweist und diese wenn möglich einheitlich im gesamten Bundesgebiet einzusetzen.

5. Fahrzeugfolientechnik

Folien, die sich zu einer Fahrzeugbklebung eignen, sind von den Firmen Reflexite in Irland und von der deutschen Firma Orafol zu erhalten.

Von der Firma Reflexite sind retro- reflektierende Folien in den Farben gelb, weiß, rot, blau und grün (Reflexite ® VC312 Daybright) erhältlich, sowie in weiß, rot und gelb (Reflexite® VC104+ Rigid Grade), fluoreszierendem „lime“ (grün- gelb) und rot- schraffiert (Reflexite® Daybright Chevron Fluorescent Lime & Red) und silber- rot- schraffiert (Reflexite® VC30710 / Reflexite® Dumpster Sheeting). Diese Folie entspricht der DIN 30710.

Von der Firma Orafol ist die Serie ORALITE® 5821 High Intensity Fleet Marking Grade zu erhalten. Die Folie ist retro- reflektierend und rot- weiß- schraffiert. Die Serie entspricht den Anforderungen der DIN 30710.

6. Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse

Es wurde die Wichtigkeit betont, die Sichtbarkeit und Wahrnehmbarkeit von Streifenfahrzeugen auf Bundesautobahnen und autobahnähnlich ausgebauten Straßen zu erhöhen.

Zum besseren Verständnis, wie sich Wahrnehmung vollzieht, wurde der Wahrnehmungsprozess beschrieben, sowie eine kurze Einführung in die Physiologie der (visuellen) Wahrnehmung gegeben.

Ein besonderes Gewicht wurde auf die Wahrnehmung von Farben, Tiefen, Größen und Bewegung gelegt, da diese für die Wahrnehmung im Straßenverkehr von großer Bedeutung sind.

Der Begriff der Aufmerksamkeit wurde vorgestellt als ein Prozess, der für die Wahrnehmung eine entscheidende Rolle spielt.

Es wurde auf Wahrnehmungsschwellen und die Wahrnehmbarkeit von Objekten eingegangen, das heißt auf Eigenschaften, die Objekte erfüllen müssen, um besser erkannt zu werden. Diese Erkenntnisse sind unabdingbar für die Überlegungen zu Möglichkeiten der Verbesserung der Wahrnehmbarkeit von Streifenfahrzeugen.

Nach der allgemeinen Einführung von Wahrnehmungsprinzipien wurde speziell auf die Wahrnehmung im Straßenverkehr eingegangen, um ergänzend einige wichtige Aspekte zu diesem Thema zu erläutern. Es wurden Wahrnehmungsprozesse im Straßenverkehr bei verschiedenen Beleuchtungs- und Witterungsbedingungen vorgestellt, sowie das Blickverhalten von Autofahrern beschrieben. Zum besseren Verständnis wie die Gefahrenerkennung sich auf die Handlungen von Fahrern auswirken können und weshalb eine frühzeitige Gefahrenerkennung wichtig ist, wurde das Modell der Gefahrenkognition vorgestellt. Abschließend wurden Unterschiede in den physiologischen Leistungsfähigkeiten zwischen älteren und jüngeren Fahrern beschrieben.

Um einen Überblick über mögliche Varianten der Fahrzeugbeklebung zu geben wurden die „Battenburg- Markierungen“ vorgestellt, die in Großbritannien verwendet werden, um Streifenfahrzeuge auffälliger zu gestalten, sowie verschiedene Pilotprojekte zu einer optimierten Beklebung von Polizeifahrzeugen in deutschen Bundesländern.

Es wurden zudem zwei Firmen vorgestellt, die unterschiedliche Fahrzeugfolien vertreiben und die entsprechenden Modelle beschrieben.

Aus dem Abschnitt über Wahrnehmung lassen sich einige Folgerungen ziehen, welche Merkmale Objekte (in unserem Fall Fahrzeuge) besonders auffällig machen:

- Eine große Bedeutung wird *hohen Kontrasten* beigemessen, dies können Farb- oder Leuchtdichteunterschiede sein. Als besonders geeignete Farben zur Verbesserung der Sichtbarkeit sind die Farben Gelb, Blau und Rot zu nennen, fluoreszierende Farben werden aus dem größten Abstand erkannt.
- Für die Beklebung der Streifenfahrzeuge sollte retro- reflektierendes Material verwendet werden. Es sollte ein Muster aus großen verschieden farbigen Rechtecken („Karomuster“) oder verschieden farbigen Streifen, die in einem bestimmten Winkel zueinander angeordnet werden müssen, gebildet werden. Eine horizontale Anordnung der Streifen sollte vermieden werden.
- Gelbe, rote und blaue retro- reflektierende Folie ist für den Fahrzeugbau zu erhalten. Es gibt verschiedene Folienarten, welche zum Teil bereits rot und weiß oder silbern, bzw. fluoreszierend-gelb schraffiert sind. Eine Beklebung mit gelber, blauer und rot- weißer, bzw. rot- gelber Folie wurde schon in verschiedenen Pilotprojekten in deutschen Bundesländern durchgeführt. Außerdem wird eine entsprechende Beklebung in Großbritannien seit mehreren Jahren zur Markierung von Streifenfahrzeugen angewandt.
- Bei der Beklebung von Streifenfahrzeugen, die auf Autobahnen eingesetzt werden sollen, ist ein besonderes Gewicht auf die Beklebung der Fahrzeugrückseite zu legen.

7. Designvorschläge

Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse zur Verbesserung der Wahrnehmbarkeit von Streifenwagen werden nun vier Designvorschläge vorgestellt, die auf ihre Erkennbarkeit hin getestet werden sollten, sodass das beste Design in Zukunft für möglichst viele Streifenfahrzeuge eingesetzt werden kann.

In Anbetracht dessen, dass ein Streifenfahrzeug auch nach der Beklebung mit reflektierender Folie noch als solches erkennbar sein sollte und sich möglichst gut von anderen (Einsatz-) Fahrzeugen unterscheiden sollte, könnte es ratsam sein, das Fahrzeug mit blauer und gelber retro- reflektierender Folie zu markieren, bzw. ein Fahrzeug, welches der momentanen technischen Richtlinie (blaue Bauchbinde auf silbernem Grund mit reflektierenden „Gaps“) entspricht, zusätzlich mit gelber Leuchtfolie zu bekleben.

Damit die blaue Bauchbinde und die reflektierenden „Gaps“, sowie der seitliche Schriftzug

„Polizei“ beibehalten werden können, ist eine Beklebung der Streifenwagen in der Art, wie sie in Großbritannien praktiziert wird genau so nicht zu empfehlen, jedoch ist es möglich, einige Elemente dieser Beklebung zu übernehmen.

7.1. Erster Vorschlag

Eine Beklebung in der Art, die in Baden-Württemberg in einem Pilotprojekt getestet wurde, könnte eine gute Möglichkeit darstellen, die Erkennbarkeit von Streifenfahrzeugen zu erhöhen und dabei das spezifische Erscheinungsbild von Polizeiwagen nicht zu sehr zu verändern.

Die Fahrzeugrückseite sollte mit gelb- fluoreszierender und blauer retro- reflektierender Folie in der Art beklebt werden, wie sie auf Abbildung 10 zu sehen ist.



Abb. 10: Beklebung in Baden-Württemberg, Heckansicht (Synopsis „Erhebung der Sicherheitsbeklebung von Funkstreifenwagen“).

Die blau- gelben Flächen an der Fahrzeugseite, bzw. -front (s. Abb. 11 und 12) könnten unter Umständen vergrößert werden (im Idealfall sollten sie, wie von Harrison (2004) empfohlen, 60 cm breit und 30 cm hoch sein). So könnte eine optimale Sichtbarkeit gewährleistet werden und gleichzeitig die Mitte der Fahrzeugseite von der Markierung unberührt bleiben, sodass die blaue Bauchbinde und die reflektierenden „Gaps“, sowie der Schriftzug „Polizei“ noch sichtbar sind.



Abb. 11 und 12: Beklebung in Baden-Württemberg, Seitenansicht (Synopsis „Erhebung der

Sicherheitsbeklebung von Funkstreifenwagen“)

Nach den oben beschriebenen theoretischen Überlegungen ist eine solche Beklebung besonders zu favorisieren. Die Farben Blau und Gelb werden sehr gut wahrgenommen, gerade dann, wenn retro-reflektierende Folie eingesetzt werden kann. Diese Art der Beklebung ähnelt der in Großbritannien erfolgreich eingesetzten, sodass davon ausgegangen werden kann, dass sie auch in Deutschland eine hohe Sichtbarkeit gewährleisten wird. Zudem wird die Farbe Blau derzeit nach der momentanen technischen Richtlinie ohnehin für den Bau von Polizeifahrzeugen verwendet, sodass diese Farbe wahrscheinlich eher mit der Polizei in Verbindung gebracht wird als beispielsweise Rot, welches wahrscheinlicher dazu führen könnte, dass das Fahrzeug mit einem Rettungstransport oder Einsatzfahrzeug der Feuerwehr verwechselt wird.

7.2. Zweiter Vorschlag

Eine weitere vielversprechende Möglichkeit zur Beklebung von Streifenfahrzeugen stellen die Lösungen dar, die in Niedersachsen verwendet werden (Abb. 13, 14 & 15) bzw. in Sachsen-Anhalt getestet werden sollen (Abb. 16 & 17).



Abb. 13, 14 und 15: Beklebung in Niedersachsen (Synopsis „Erhebung der Sicherheitsbeklebung von Funkstreifenwagen“).

Bei diesen Designvarianten wird ein Polizeifahrzeug, welches der momentanen technischen Richtlinie entspricht mit fluoreszierend gelbem, retro-reflektierendem Material beklebt. Wie oben bereits beschrieben ist der Einsatz von fluoreszierend gelber und retro-reflektierender Farbe zur Erhöhung der Sichtbarkeit des Streifenwagens zu empfehlen und auch in dieser zweiten Variante sollte gewährleistet sein, dass das Polizeifahrzeug noch als solches erkannt wird, da der blaue Lack nicht überklebt wird. Diese Varianten hätten den Vorteil, dass weniger Folie eingesetzt werden muss als in der oben genannten Lösung, allerdings den Nachteil, dass kein retro-

reflektierendes Blau eingesetzt wird.

Soll eine Beklebung in der Art eingesetzt werden, wie sie in Sachsen-Anhalt verwendet werden soll, so kann die Fahrzeugrückseite in der Art beklebt werden, wie sie auf Abbildung 17 gezeigt wird, jedoch sollte der Schriftzug „Polizei“ wenn möglich auf die Stoßstange verlagert werden und statt dessen ein größerer Teil des Hecks mit gelber fluoreszierender Folie beklebt werden. Der Schriftzug könnte aus blauer Reflexfolie bestehen.

Die Fahrzeugseite kann in der auf Abbildung 16 und 17 dargestellten Weise mit gelber fluoreszierender Folie markiert werden. Statt der horizontalen Streifen könnten die reflektierenden „Gaps“ beibehalten werden. Soll weniger Material verbraucht werden wäre es auch denkbar, nur das Fahrzeugheck zu bekleben.



Abb. 16 und 17: Beklebung in Sachsen-Anhalt (Synopsis „Erhebung der Sicherheitsbeklebung von Funkstreifenwagen“).

Bei einer Beklebung in der Art, wie sie in Niedersachsen verwendet wird, ist von Vorteil, dass wenig Material eingesetzt werden muss und dieses in einer recht einfachen Art angebracht werden kann.

Harrison bezieht sich in seinen Ausführungen auf Streifen im generellen (stripes), nicht auf horizontale Streifen. Er mutmaßt das Streifen eine Form „aufbrechen“ können, wie dies beispielsweise bei Tarnanstrichen der Fall ist. Einen Beweis dafür bleibt er schuldig. Die Autoren Siegel & Federman (1965), die er zitiert, schreiben ebenfalls nichts über einen solchen Effekt. Es scheint natürlich stimmig große differenzierte Objekte zu kleben, da sie sich durch einen guten Kontrast voneinander abheben, während Linien eher die Form des Grundobjektes verschleiern können. Es kann jedoch getestet werden, ob dies auch bei der Markierung mit retro-reflektierendem Material zutrifft.

Es wurden die Gründe aufgeführt, die dafür sprechen, eine Farbkombination aus Blau und Gelb zur Markierung von Streifenfahrzeugen zu verwenden. Es sollte jedoch auch überprüft werden, ob Kombinationen, die die Farbe Rot enthalten, möglicherweise doch eine höhere Sichtbarkeit gewährleisten.

Aus diesem Grund werden als zwei weitere Designvorschläge noch die Kombinationen der Farben rot und weiß, sowie rot und gelb aufgenommen.

7.3. Dritter Vorschlag

Eine Beklebung ähnlich der in Rheinland-Pfalz, Hessen und Brandenburg getesteten (s. Abb. 18) könnte auf ihre Wahrnehmbarkeit hin untersucht werden. Die Folie sollte möglichst fluoreszierend und retro- reflektierend sein. Wie oben beschrieben gibt es Folie, die bereits gelb- rot schraffiert ist, was die Anbringung der Folie sehr erleichtern könnte.



Abb. 18: Beklebung in Rheinland-Pfalz (Synopsis „Erhebung der Sicherheitsbeklebung von Funkstreifenwagen“).

7.4. Vierter Vorschlag

Eine Lösung ähnlich der in Bremen angewandten könnte daraufhin untersucht werden, ob sie besser wahrgenommen wird als der oben genannte Vorschlag (s. Abb. 19). Auch rot- weiß oder silber- schraffierte, reflektierende Folie ist von den oben genannten Folienherstellern erhältlich.



Abb. 19: Beklebung in Bremen (Synopsis „Erhebung der Sicherheitsbeklebung von Funkstreifenwagen“).

Die Problematik bei den zwei letztgenannten Vorschlägen könnte darin bestehen, dass die markierten Fahrzeug gerade im nächtlichen Schnellverkehr wahrscheinlich eher mit anderen Einsatzfahrzeugen wie beispielsweise Krankenwagen verwechselt werden könnten als die blau-gelb markierten Fahrzeuge.

8. Vorschläge zur Erprobung der Designvarianten

Um zu testen, wie sich die Designvarianten bei ihrem Einsatz bewähren, müssen Versuche durchgeführt werden. Es ist denkbar, diese unter experimentellen Bedingungen im Labor oder auch in einer realen Fahrumgebung durchzuführen.

8.1. Laborversuche

Die in Großbritannien verwendeten „Battenburg- Markierungen“ wurden zunächst unter experimentellen Bedingungen auf ihre Auffälligkeit hin untersucht.

Zu diesem Zweck wurden Probanden Bilder von Polizeifahrzeugen mit „Battenburg“- Beklebung zusammen mit anderen Fahrzeugen gezeigt, die Präsentationszeit betrug 0,3 Sekunden. Die Probanden wurden nicht aufgefordert, das Polizeifahrzeug zu suchen, sondern sollten notieren, welches Fahrzeug in der Szene das auffälligste war. Die Sichtbarkeit der Polizeifahrzeuge wurde so mit gewöhnlichen Autos und Fahrzeugen wie beispielsweise Krankenwagen verglichen.

Durch eine Befragung von Probanden wurde ermittelt, ob derart beklebte Polizeifahrzeuge immer noch gut als solche erkannt wurden (Harrison, 2004).

8.2. Versuche im Realverkehr

Ein Versuch zur Erprobung der Auffälligkeit der Designvarianten sollte möglicherweise zunächst in

einem Fahrsimulator (wie beispielsweise von Rösler et al. (2008) verwendet) durchgeführt werden.

Möglicherweise lässt sich die Schnelligkeit der Entdeckung von Streifenfahrzeugen jedoch auch im Realverkehr testen.

Es besteht die Möglichkeit, die Blickbewegungen von Fahrern mit einer Blickbewegungsmessapparatur zu erfassen. Zudem können in einem Fahrzeug, beispielsweise neben dem Lenkrad, Knöpfe angebracht werden, die der Fahrer drückt, wenn er einen bestimmten Zielreiz wahrnimmt. So lässt sich die Zeit ermitteln, in der der Zielreiz wahrgenommen wird (Nunes & Recarte, 2005). Zur Erprobung der Designvarianten könnte ein Testfahrer bei Wahrnehmung eines Polizeifahrzeuges einen solchen im Fahrzeug installierten Antwort- Knopf drücken. Der Abstand des Streifenwagens vom Testfahrer könnte durch im Streckenabschnitt verlegte Induktionsschleifen überprüft werden (vergl. Richter & Schlag, 1999).

Nach Möglichkeit sollten auch Umfragen unter den Polizeibeamten, die die markierten Streifenfahrzeuge fahren, durchgeführt werden. Sie können Angaben dazu machen, ob die Beklebung nach ihrem Empfinden eine positive Veränderung in Bezug auf Sicherheit und Sichtbarkeit mit sich bringt (Harrison, 2004).

9. Abbildungsverzeichnis

Nummer	Name	Quelle
Abb. 1	Informationsverarbeitung des Kraftfahrers.	Lachenmayr (1995)
Abb. 2	Beeren in einem Strauch, als Farb- und Schwarz- Weiß-Fotografie.	Goldstein (2008)
Abb. 3	Reflektierte Wellenlänge und wahrgenommene Farbe.	Goldstein (2008)
Abb. 4	Spektrale Reflektanzkurven.	Goldstein (2008)
Abb. 5	Monokulare Tiefenreize.	Goldstein (2008)
Abb. 6	Optischer Fluss.	Goldstein (2008)
Abb. 7	„Salienz- Karte“.	Parkhurst, Law & Niebur (2002)
Abb. 8	Modell der Gefahrenkognition.	Schlag et al. (2009)
Abb. 9	Battenburg- Markierungen.	Harrison (2004)
Abb. 10	Beklebung in Baden-Württemberg, Heckansicht.	Synopse „Erhebung der Sicherheitsbeklebung von Funkstreifenwagen“
Abb. 11	Beklebung in Baden-Württemberg, Seitenansicht.	Synopse „Erhebung der Sicherheitsbeklebung von Funkstreifenwagen“
Abb. 12	Beklebung in Baden-Württemberg, Seitenansicht.	Synopse „Erhebung der Sicherheitsbeklebung von Funkstreifenwagen“
Abb. 13	Beklebung in Niedersachsen.	Synopse „Erhebung der Sicherheitsbeklebung von Funkstreifenwagen“
Abb. 14	Beklebung in Niedersachsen.	Synopse „Erhebung der Sicherheitsbeklebung von Funkstreifenwagen“

Abb. 15	Beklebung in Niedersachsen.	Synopse „Erhebung der Sicherheitsbeklebung von Funkstreifenwagen“
Abb. 16	Beklebung in Sachsen-Anhalt.	Synopse „Erhebung der Sicherheitsbeklebung von Funkstreifenwagen“
Abb. 17	Beklebung in Sachsen-Anhalt.	Synopse „Erhebung der Sicherheitsbeklebung von Funkstreifenwagen“
Abb. 18	Beklebung in Rheinland-Pfalz.	Synopse „Erhebung der Sicherheitsbeklebung von Funkstreifenwagen“
Abb. 19	Beklebung in Bremen.	Synopse „Erhebung der Sicherheitsbeklebung von Funkstreifenwagen“

10. Literatur

Benda, H. v. (1980). Dynamische Sehschärfe und ihre Bedeutung für das Verkehrsverhalten. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 26 (2), 59-63.

Cohen, A. S. (1986). Möglichkeiten und Grenzen visueller Wahrnehmung im Straßenverkehr. *Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr (Heft 57)*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für Neue Wissenschaft.

Cohen, A. S. (1987). Blickverhalten und Informationsaufnahme von Kraftfahrern. *Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bereich Unfallforschung, Nr. 168*. Bergisch Gladbach.

Cohen, A. S. (1997). Verkehrsgerechte visuelle Informationsaufnahme. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 43(2), 83-85.

Cohen, A. S. (1998). Visuelle Orientierung im Straßenverkehr. Eine empirische Untersuchung zur Theorie des visuellen Abtastens. *BfU-Report, Nr. 34*. Bern: Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung.

Crundall, D., Chapman, P., France, E., Underwood, G. & Phelps N. (2005). What attracts attention during police pursuit driving? *Applied cognitive psychology*, 19, 409- 420.

Dornhoefer, S. M., Helmert, J., Rothert, A., Unema, P. J. A. & Velichkovsky, B. M. (2004). Veränderungsblindheit im Straßenverkehr. In B. Schlag (Hrsg.), *Verkehrspsychologie Mobilität – Sicherheit – Fahrerassistenz* (S. 219-234). Lengerich: Pabst Science Publishers.

Eckert, M. (1993). *Lichttechnik und optische Wahrnehmungssicherheit im Straßenverkehr*. Berlin: Verlag Technik.

Factum Chaloupka & Risser OHG (Hrsg.). (1999). Visuelle Orientierung im Straßenverkehr: Optimierung von Verkehrsinformationseinrichtungen. *Forschungsarbeiten aus dem Verkehrswesen, Band 96*. Wien: Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr.

Goldstein, B. (2008). *Wahrnehmungspsychologie Der Grundkurs* (7. Aufl.). Berlin: Spektrum.

Grimm, H. G. (1988). Wahrnehmungsbedingungen und sicheres Verhalten im Strassenverkehr: Situationsuebergreifende Aspekte. *Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bereich Unfallforschung, Nr. 176*. Bergisch Gladbach.

Harrison, P. (2004). *High-Conspicuity Livery for Police Vehicles*. (PSDB Publication No. 14/ 04). Sandridge: Police Scientific Development Branch.

Kayser, H.J. & Heß, M. (1990). Die Abhängigkeit des Blickverhaltens des Kraftfahrers von der gefahrenen Geschwindigkeit und der Straßenraumgestaltung. In H. Derkum (Hrsg.), *Sicht und Sicherheit im Straßenverkehr* (S.103 - 108). Köln: Verlag TÜV Rheinland.

Lachenmayr, B. J. (1995). Sehen und gesehen werden: Sicher unterwegs im Straßenverkehr. *Berichte aus der Medizin*. Aachen: Shaker.

Mayer, H. O. (2000). *Einführung in die Wahrnehmungs-, Lern- und Werbepsychologie*. München: Oldenbourg.

Nunes, L. M. & Recarte, M. A. (2005). Speed, traffic, complexity and visual performance: a study on open road. In G. Underwood (Ed.), *Traffic and transport psychology* (pp. 339 – 354). Amsterdam: Elsevier.

Parkhurst, D., Law, K. & Niebur, E. (2002). Modeling the role of salience in the allocation of overt visual attention. *Vision Research*, 42, 107–123.

Richter, S. & Schlag, B. (1999). Wahrnehmung und Interaktion von Kraftfahrern bei Nebel. In B. Schlag (Hrsg.), *Empirische Verkehrspsychologie* (S. 9 – 28). Lengerich: Pabst.

Rösler, D., Baumann, M. & Krems, J. F. (2008). Visuelle Wahrnehmung und Arbeitsgedächtnis als Grundlage für Situation Awareness beim Autofahren. In J. Schrade & A. Engeln (Hrsg.), *Fortschritte der Verkehrspsychologie. Beiträge vom 45. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie* (S. 183 – 195). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.

Schlag, B., Petermann, I., Weller, G. & Schulze, C. (2009). *Mehr Licht - mehr Sicht - mehr Sicherheit? Zur Wirkung verbesserter Licht- und Sichtbedingungen auf das Fahrerverhalten*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.

Schmidt-Clausen, H.-J. & Freiding, A. (2004). Sehvermögen von Kraftfahrern und Lichtbedingungen im nächtlichen Straßenverkehr. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Mensch und Sicherheit (Heft M158)*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für Neue Wissenschaft.

Spitzer, M. (2009). Die Farben des Denkens. *Nervenheilkunde*, 28 (5), 320-323.

Synopse „Erhebung der Sicherheitsbeklebung von Funkstreifenwagen“ - Arbeitspapier der Polizeidirektion Rottweil, Stand: 11.11.09.