

Wahrnehmungspsychologische Aspekte (Human Factors) von Kraftfahrern und deren Einfluss auf die Gestaltung von Landstraßen

FA 2.366

Forschungsstellen: Technische Universität Dresden, Fakultät für Verkehrswissenschaften, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl für Verkehrspsychologie (Prof. Dr. phil. habil. B. Schlag)

Technische Universität Dresden, Fakultät für Verkehrswissenschaften, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen (Prof. Dr.-Ing. C. Lippold)

Bearbeiter: Schlag, B. / Anke, J. / Lippold, C. / Wittig, J. / Walther, A.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bonn

Abschluss: November 2017

1 Veranlassung und Methodik

Die Forschung im Straßenwesen konzentriert sich vorrangig auf die Definition und Weiterentwicklung der entwurfstechnischen Parameter im Detail oder in deren Zusammenspiel. Fahrpsychologische Aspekte sind ein Bestandteil dieser Untersuchungen. Die explizite Betrachtung der menschlichen Fähigkeiten und Grenzen, zum Beispiel der Informationsaufnahme und Wahrnehmung sowie deren Einfluss auf das Fahrverhalten, erfolgt allerdings bisher nicht hinreichend. Solche Aspekte werden heute im Allgemeinen als "Human Factors" bezeichnet.

Die Arbeit soll es ermöglichen, wahrnehmungspsychologische Aspekte von Kraftfahrern zu untersuchen und Vorschläge zu erarbeiten, diese in allgemeingültiger Form verstärkt in das Regelwerk zur Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen einfließen zu lassen. Dazu erfolgte eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den Fachgebieten der Verkehrspsychologie und des Straßenentwurfs.

Zunächst wurde eine umfangreiche Analyse der nationalen und internationalen Literatur zu im Straßenentwurf maßgebenden Human Factors durchgeführt. Sonderfälle, wie zum Beispiel Human Factors bei Nacht oder speziell bei älteren Personen, wurden nicht gesondert betrachtet. Darauf aufbauend wurden alle maßgebenden Entwurfsmerkmale recherchiert, die für die Berücksichtigung der Human Factors bei der Gestaltung von Landstraßen für die Fahraufgabe von Bedeutung sind. Im Anschluss daran wurde überprüft, inwieweit die aus der Literaturanalyse als maßgebend identifizierten wahrnehmungspsychologischen Human Factors bereits in den aktuellen Regelwerken für den Entwurf von Landstraßen Berücksichtigung finden (Schnittstellenanalyse). Auf dieser Grundlage wurden Handlungsansätze formuliert, wie die für den Straßenentwurf relevanten Human Factors beim Entwurf und bei Straßen des Bestandsnetzes berücksichtigt werden sollten. Für die praktische Anwendung wurden Vorschläge für ein Wissensdokument erar-

beitet, die neben den bisherigen Empfehlungen der Planungspraxis als ergänzendes Instrumentarium zur Verbesserung der Verkehrssicherheit zur Verfügung gestellt werden können.

2 Human Factors im Straßenentwurf

Im Straßenentwurf beschreiben Human Factors alle physiologischen und psychologischen Fähigkeiten und Grenzen des Menschen, die das Zusammenspiel von Straße und Straßennutzer beeinflussen können. Davon ausgenommen sind vorübergehende Beeinträchtigungen der Fahrtüchtigkeit, zum Beispiel durch Alkohol, die Einnahme von Medikamenten oder Erkrankungen. Human Factors werden bereits seit Beginn des Straßenbaus berücksichtigt, jedoch nicht explizit unter dem Begriff "Human Factors".

Die Human Factors leiten sich aus der Fahraufgabe, der Informationsaufnahme und -verarbeitung, der Aufmerksamkeit, der Wahrnehmung, der Beanspruchung, den Erwartungen und den mentalen Modellen des Straßennutzers ab.

Die Fahraufgabe lässt sich hierarchisch in drei Ebenen gliedern, welche sich durch einen unterschiedlichen Grad an Bewusstheit und Beanspruchung unterscheiden (Michon, 1985; Rasmussen, 1983). Verhaltensrelevante Hinweisreize sollten dabei, neben übergreifenden Navigationsempfehlungen, auf der Manöver- und der Kontrollebene gegeben werden.

Für das Fahren auf Landstraßen sind die visuelle, auditive, haptische und vestibulare Informationsaufnahme von Bedeutung. Die meisten Informationen werden beim Fahren über den visuellen Kanal aufgenommen (Sivak, 1996). Daher sollten die dabei maßgebenden Hinweisreize auch unter schlechten Sichtbedingungen gut erkennbar sein. Die auditive und die haptische Informationsaufnahme eignen sich für Warn- oder Alarmsignale (zum Beispiel Rüttelstreifen). Auch die vestibulare Informationsaufnahme ist für die Wahrnehmung der Geschwindigkeit und der Beschleunigung des eigenen Fahrzeugs von Bedeutung.

Über das SEEV-Modell kann die Rolle der Aufmerksamkeit bei der Wahrnehmung beschrieben werden. Die Einflussfaktoren der Aufmerksamkeit sind die Auffälligkeit, die Anstrengung, die Erwartung und der Wert (Wickens et al., 2013). Über die bottom-up-Verarbeitung (datengestützt) wird die Aufmerksamkeit durch physikalische Eigenschaften des Objekts selbst bestimmt. Die top-down-Verarbeitung (kontextgestützt) ist dagegen abhängig von den mentalen Modellen, Schemata und Erwartungen des Fahrers. Beide Prozesse greifen ineinander und helfen, Modelle und Schemata nach und nach durch Erfahrungen zu verbessern. Beim Autofahren müssen verschiedene Aufgaben bewältigt werden, die unterschiedliche Anforderungen an den Fahrer stellen. Fahrer sind dabei bestrebt, ihre Beanspruchung auf einem optimalen Niveau konstant zu halten (Fuller, 2005). De Waard (1996) stellte heraus, dass sich sowohl Über- als auch Unterforderung negativ auf die Leistungen und damit die Fahrsicherheit auswirken.

Erwartungen, Schemata, Skripte und mentale Modelle sind vor allem für die subjektive Wahrnehmung der Straßentypen (und

das damit verbundene Fahrverhalten) ausschlaggebend. Probleme treten auf, wenn die Situationsentwicklung nicht mit den Erwartungen des Fahrers übereinstimmt. Daher sollten Straßen möglichst standardisiert und selbsterklärend gestaltet sein.

3 Maßgebende Entwurfsmerkmale zur Berücksichtigung der Human Factors

Für die Berücksichtigung von Human Factors ist vor allem eine Kategorisierung des Straßennetzes sowie die Definition von standardisierten und wiedererkennbaren Straßentypen von Bedeutung. Dabei sollen die Straßen eines Straßentyps einheitlich und die Straßen unterschiedlicher Straßentypen eindeutig voneinander unterscheidbar sein. Die Wiedererkennbarkeit eines Straßentyps kann durch wenige eindeutige Merkmale gewährleistet werden. Zur Umsetzung von standardisierten Straßentypen sollten für jeden Straßentyp die maßgebenden Gestaltungsmerkmale definiert werden. Um bei dem Fahrer eine gleichmäßige, dem Streckenverlauf angepasste und damit sichere Fahrweise erreichen zu können, sollten die Gestaltungsmerkmale entsprechend der gewünschten Fahrtgeschwindigkeiten festgelegt werden.

Bei der Querschnittsgestaltung sollte berücksichtigt werden, dass für angestrebte höhere Fahrgeschwindigkeiten breitere beziehungsweise für angestrebte geringere Fahrgeschwindigkeiten (optisch) schmalere Querschnitte definiert werden. Dabei ist stets auf ein angemessenes Überholprinzip zu achten.

Hinsichtlich der Linienführung ist vor allem auf die Gestaltung eines erwartungskonformen Streckenverlaufs zu achten. Dabei ist unter anderem die Gewährleistung der Relationstrassierung und der Sichtweiten von Bedeutung. Zudem sollten Brüche in der Streckencharakteristik, vor allem aber kritische Bereiche, rechtzeitig eindeutig erkennbar sein. Für den Verkehrsteilnehmer sollten Knotenpunkte rechtzeitig erkennbar, übersichtlich, begreifbar, befahr- und begehbar gestaltet sein. Zur Berücksichtigung der Human Factors sollten Knotenpunkte weiterhin fehlervermeidend und fehlerrückmeldend gestaltet sein.

Auch die Ausstattungsmerkmale einer Straße sind wichtig. Diese sollten rechtzeitig erkennbar und auffällig gestaltet sein. Um Überforderungen des Fahrers zu vermeiden, sollten nur die wichtigsten Ausstattungselemente angeordnet werden.

Der Streckenverlauf kann durch den Fahrer visuell besser wahrgenommen werden, wenn der Seitenraum angemessen gestaltet ist. Dabei sollte auf eine abwechslungsreiche Seitenraumgestaltung geachtet werden. Mögliche Blendwirkungen und wechselnde Helligkeiten sollten vermieden werden. Für eine angemessene Erkennbarkeit der Kurve sollte diese außen parallel und lückenlos gefasst sowie innen frei von Sichthindernissen sein.

4 Schnittstellenanalyse

In der Schnittstellenanalyse wurde überprüft, inwieweit die aus der Literaturanalyse als maßgebend identifizierten Human Factors beziehungsweise Entwurfsmerkmale bereits in den aktuellen für Landstraßen geltenden Regelwerken berücksichtigt werden und wo Ergänzungen diskutiert oder neue Erkenntnisse empirisch geprüft werden sollten. Im Ergebnis hat sich gezeigt, dass ein Teil bereits berücksichtigt wird.

Folgende Ergänzungshinweise werden empfohlen:

- Gewährleistung, dass die Menge aufzunehmender Informationen dem Geschwindigkeitsniveau entspricht
- RWB: Gewährleistung eines angemessenen Kontrasts zwischen Beschilderung und Hintergrund
- RWB: Optimierung der Darstellung der Vorwegweiser
- RAL: Einführung des Einsatzes akustischer und taktischer Warn- und Alarmsignale im Bereich besonderer Stellen
- RSAS: Empfehlung zu Streckenbesichtigungen im Zusammenhang mit Blendungen beziehungsweise wechselnden Helligkeiten
- RAL: Gewährleistung von ausreichenden Adaptionszeiten durch frühzeitige Geschwindigkeitssenkung bei Alleen
- RAL: Ergänzungen bezüglich der visuellen Führung durch den Straßenseitenraum und der Widerspruchsfreiheit zwischen Straße und Umfeld
- ESLa: Ergänzung von konkreten Angaben zur visuellen Führung durch Bepflanzungen
- RAL: Verweis auf ESLa bezüglich Forderung, den Kurvenverlauf durch Bepflanzung zu verdeutlichen
- RAL: Verweis auf RAS 06 und ESLa bezüglich der Gestaltung von Ortseinfahrten
- ESLa: Ergänzungen zur Gestaltung von Ortseinfahrten, zum Beispiel bezüglich der Gestaltung des Annäherungsbereichs
- RAL: Verweis auf ESLa bezüglich Erkennbarkeit von Knotenpunkten im Zuge der freien Strecke
- ESLa: Ergänzungen zur abwechslungsreichen Seitenraumgestaltung
- RAL: Verweis auf ESLa bezüglich Vermeidung negativer Beanspruchungsfolgen, wie Ermüdung und Monotonie

Folgender Forschungsbedarf wurde identifiziert:

- Ableitung konkreter Maßzahlen zum "useful field of view" (UFOV)
- Trennschärfe zwischen Straßen der EKL 2 und EKL 3
- Untersuchung, ob durch einen vergrößerten Abstand der seitlichen Leitlinien ein Schutzstreifen für den Radverkehr interpretiert werden kann und ob eine solche Interpretation negative Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit von Straßen der EKL 4 hätte
- (langfristige) Wirksamkeit und möglicher Einsatzbereich von verschiedenen Varianten optischer Bremsen
- Aufbereitung der Erkenntnisse zur Time-to-Collision (TTC) als konkrete Maßzahlen
- fehlervermeidende und -rückmeldende Gestaltung von Knotenpunkten

- Aufbereitung der Erkenntnisse zum von Fahrern eingehaltenen Mindestabstand zur Fahrstreifenbegrenzung bei Kurvendurchfahrt
- Quantifizierbarkeit und Auswirkungen höher wahrgenommener Fliehkräfte
- Quantifizierbarkeit der Verhaltensaufforderung einer Straße
- Untersuchung, wie subjektiv empfundene Gefährlichkeit (bei gleicher objektiver Gefahr) bewusst erhöht werden kann

5 Anwendung der Handlungsansätze

Die im Ergebnis der Schnittstellenanalyse erarbeiteten Handlungsansätze wurden erfolgreich auf Beispielstrecken angewendet. Dadurch konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

- Nicht in jeder Entwurfsphase sind alle maßgebenden Informationen zur Anwendung der Handlungsansätze vorhanden. Genauso wie im Planungs- und Entwurfsprozess der Streckenentwurf iterativ immer detaillierter erarbeitet und dargestellt wird, sind auch die Human Factors von den grundsätzlich, allgemeinen Forderungen bis zur detaillierten Umsetzung in einzelnen Entwurfsituationen zu bewerten. So werden in der Vorplanung und im Vorentwurf (Leistungsphasen 2 und 3 nach HOAI) die grundsätzlichen Entwurfselemente und Abmessungen festgelegt. Aspekte der Markierung und der optischen Führung können erst später (Leistungsphase 5) auf der Grundlage von zum Beispiel Markierungs- und Bepflanzungsplänen beurteilt werden.
- In den Planunterlagen der Ausführungsplanung wurden keine Sichtweitenbänder dargestellt. Für eine Sichtweitenprüfung über den gesamten Planungsprozess hinweg wäre dies jedoch notwendig.
- Im Allgemeinen wurde festgestellt, dass in den untersuchten Abschnitten die Streckenbepflanzung keine beziehungsweise nur eine nachgeordnete Bedeutung hat. Dies liegt vor allem daran, dass es sich um Bestandsstrecken handelte. Da in der Arbeit festgestellt wurde, dass die Bepflanzung einen großen Einfluss auf das Fahrverhalten haben kann, sollte diese stärker berücksichtigt werden.
- Nur anhand von Plänen können nicht alle Human Factors überprüft werden, zum Beispiel die Erkennbarkeit der Markierung und der Beschilderung. Dafür ist eine Streckenbesichtigung vor der Inbetriebnahme oder während des Betriebs notwendig. Werden jedoch die Vorgaben der entsprechenden Regelwerke (zum Beispiel ZTV M 13 oder ZTV VZ) umgesetzt, sollte auch dies gewährleistet sein.
- Bei der Erstellung und Anwendung der Handlungsansätze an den Beispielstrecken hat sich gezeigt, dass es umfangreiche Redundanzen zu dem Prüfverfahren im Rahmen der Sicherheitsaudits an Straßen gibt. Insofern ist ein Großteil der "Human-Factors-Aspekte" bereits durch die Prüfkriterien aus dem Sicherheitsaudit abgedeckt. Ein Abgleich der erarbeiteten Handlungsansätze mit den Fragestellungen des Sicherheitsaudits ergab, dass die folgenden Punkte (im Zuge der Erarbeitung der RSAS) noch in das Sicherheitsaudit aufgenommen beziehungsweise deutlicher formuliert werden könnten:
 - Überprüfung der Erkennbarkeit von Beschilderung und Markierung (bei Nacht) (vor der Verkehrsfreigabe)
 - Prüfung des Einsatzes akustischer und taktischer Warn-Alarmsignale an Stellen, die besondere Aufmerksamkeit erfordern
 - Widersprüche zwischen Straße und Umfeld sind zu vermeiden
 - Verwendung der geforderten Größen der Entwurfselemente und des Querschnitts je EKL
 - Erkennbarkeit der unter- und übergeordneten Straße am Knotenpunkt
 - Vermeidung von gleichmäßiger Anordnung der Bepflanzung, vor allem bei langen Geraden
- Der Anteil der zu berücksichtigenden Human Factors ist bei neu geplanten Straßen höher als bei Straßen im Bestandsnetz. Dort gibt es vor allem Abweichungen in der Linienführung und im Querschnitt.
- Eine Anwendung der Handlungsansätze an Bestandsstrecken könnte Defizite bezüglich nicht adressierter Human Factors aufdecken. In der Folge könnten kompensatorische Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit eingeleitet werden, wenn die Straße nicht vollständig nach den Vorgaben der RAL gestaltet werden kann.

6 Fazit

Im Ergebnis kann festgestellt werden, dass die für den Landstraßenentwurf maßgebenden Human Factors bereits in Teilen durch die Festlegungen in den verschiedenen Regelwerken berücksichtigt sind. Sie werden allerdings nicht unter dem Begriff "Human Factors" geführt.

Für die noch nicht beziehungsweise nicht ausreichend im Regelwerk berücksichtigten Human Factors wurde der Ergänzungsbedarf respektive Forschungsbedarf aufgezeigt. Die erarbeiteten Handlungsansätze lassen sich in unterschiedlichem Maße in den einzelnen Planungsstufen anwenden. Sie können für den Bestand als Instrument dienen, Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit zu erarbeiten. Aus den erarbeiteten Handlungsansätzen wurden Vorschläge für ein Wissensdokument erarbeitet, das neben den bisherigen Empfehlungen der Planungspraxis als ergänzendes Instrumentarium zur Verfügung gestellt werden kann.