



## Verkehrspsychologie

# Wahrnehmung und Verhalten am Bahnübergang

**Jan Gripenkoven**, Leiter der Gruppe Tätigkeitsanalyse und Bewertung, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Verkehrssystemtechnik, Braunschweig

Angesichts der Tatsache, dass Straßenverkehrsteilnehmer national wie international den Großteil der Verursacher von Bahnübergangsunfällen darstellen, werden Diskussionen über Sicherheit am „neuralgischen Kreuzungspunkt“<sup>[1]</sup> zwischen Schiene und Straße zurzeit noch zu einseitig aus eisenbahnbetrieblicher Perspektive geführt. Aus der psychologischen Analyse der Ursachen von Fehlverhalten beim Überqueren von Bahnübergängen lassen sich Maßnahmen zur Unfallvermeidung ableiten, die bestehende Sicherungsmaßnahmen ergänzen.



Betrachtet man Unfälle an Bahnübergängen in Deutschland, Europa oder außereuropäischen Ländern, so fällt auf, dass in der Regel ein Verursacher benannt wird und vom „menschlichen Fehler“ gesprochen wird. Dieser Fehler wird in der Regel nicht dem Triebfahrzeugführer, sondern dem Straßenverkehrsteilnehmer zugeschrieben. Aber worin besteht dieser menschliche Fehler eigentlich genau und wie kann man ihn verhindern? Häufig liest man in diesem Zusammenhang in Unfallberichten, der Fahrer eines PKW habe den Vorrang des Schienenverkehrs missachtet, oder er habe einen Zug übersehen. Regelmäßig wird auch von Straßenverkehrsteilnehmern berichtet, die gesenkte Halbschranken umfahren oder an einem aktiven Rotlicht nicht halten.

Derartige Erklärungen vermitteln nur einen groben Eindruck. Sie sind allerdings nicht detailliert genug, wenn man der Situation angemessenere und kosteneffiziente Maßnahmen zur Verringerung der Anzahl an Bahnübergangsunfällen ableiten will, die keinen Rückbau des Bahnübergangs oder die Nachrüstung einer technischen Bahnübergangssicherungsanlage erfordern. Um dies zu erreichen, ist es hilfreich, ein besseres Verständnis menschlicher Fehlverhalten im Kontext der Bahnübergangsüberquerung anzustreben. Hierzu ist es erforderlich, bei jedem Ereignis weitere Fragen zu stellen, zum Beispiel wie genau es dazu kommen kann, dass durch Straßenverkehrsteilnehmer der Vorrang missachtet wird, warum genau der Zug übersehen wird oder weswegen Halbschranken umfahren werden.

Die folgenden Abschnitte widmen sich gezielt der verkehrspsychologischen Betrachtung des Straßenverkehrsteilnehmers mit seinem Erleben und Verhalten im Vorgang der Bahnübergangsquerung. Um den Gegenstand der Betrachtung einzugrenzen, wird im folgenden Abschnitt zunächst eine Sequenz derjenigen kognitiven Teilvorgänge des Straßenverkehrsteilnehmers beschrieben, die im Vorlauf der Überquerung des Bahnübergangs zum Tragen kommen. Anschließend wird auf Ebene dieser kognitiven Teilvorgänge ein Auszug häufig vorkommender Fehler der Straßenverkehrsteilnehmer sowie fehlerbegünstigenden Umstände erläutert. Zum Abschluss wird daran angelehnt ein Auszug von Maßnahmen zur Erhöhung der Bahnübergangssicherheit aus der nationalen und internationalen Fachliteratur dargestellt.

## Mentale Vorgänge in der Zufahrt

Die Beschreibung der Informationsverarbeitung und des Verhaltens des Menschen in seiner Rolle als Straßenverkehrsteilnehmer ist Gegenstand einer Vielzahl vergleichbarer psychologischer Modelle. Um die Querung eines Bahnübergangs aus Perspektive der Straßenverkehrsteilnehmer zu beschreiben, werden in Abbildung 1 anhand einer Anpassung des Modells der Informationsverarbeitung<sup>[2]</sup> nach Grippenkoven & Dietsch<sup>[3]</sup> die relevanten aufeinander folgenden kognitiven Teilprozesse dargestellt.

Zunächst müssen Verkehrsteilnehmer in der Annäherung an den Bahnübergang zumindest Teile der Bahnübergangsinfrastruktur detektieren. Der Begriff Detektieren meint in diesem Zusammenhang, dass Verkehrsteilnehmer vor der tieferen mentalen Verarbeitung zunächst kennzeichnende Elemente eines Bahnübergangs entdecken müssen, wie beispielsweise das Vorankündigungsschild, Baken oder das Andreaskreuz.



Abbildung 1: Erforderliche kognitive Teilschritte der Überquerung eines Bahnübergangs<sup>[3]</sup> Quelle: Grippenkoven/DLR

Nach der erfolgreichen Detektion müssen Verkehrsteilnehmer solche Elemente in einen semantischen Zusammenhang zu Bahnübergängen bringen, also sofern vorhanden, ein mentales Modell zum Thema Bahnübergang aktivieren. Dies ermöglicht den Abruf sogenannter „Skripte“.

Skripte stellen in der Psychologie eine Art mentaler Ablaufpläne dar, die sich auf das angebrachte Verhalten in spezifischen Situationen beziehen<sup>[4]</sup>, wie in diesem Fall auf den Vorgang der Überquerung eines Bahnübergangs. In der Phase des Wissensabrufs muss ein Verkehrsteilnehmer nach Möglichkeit korrektes Wissen über Regeln und das angemessene Verhalten an Bahnübergängen abrufen, das in Abhängigkeit zum aktuellen Zustand des Bahnübergangs steht. Daraus kann im Folgenden eine Handlungsintention abgeleitet werden, also die Absicht, ein bestimmtes Verhalten in der Folge auch motorisch umzusetzen. In der Bildung einer Handlungsintention spielen Aspekte wie die eigene Motivation, Regeln zu befolgen und die Abwägung von Risiken eine Rolle. Unabhängig davon, ob die gebildete Handlungsintention den Straßenverkehrsregeln entspricht oder nicht, folgt in der Kette der Informationsverarbeitung die (motorische) Ausführung einer konkreten Handlung.

Eine solch formale Beschreibung kognitiver Teilschritte ist von Nutzen zur Klassifizierung und Bewertung der Fehler von Straßenverkehrsteilnehmern. Darauf basierend ist es in der Folge möglich, gezielt nutzerzentrierte Gestaltungsmaßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit des Verhaltens der Straßenverkehrsteilnehmer abzuleiten.

## Menschliche Fehler bei der Überquerung

Auf jeder der im vergangenen Abschnitt beschriebenen Ebenen der Informationsverarbeitung kann es zu Fehlern kommen, die wiederum zu unsicheren Situationen an Bahnübergängen führen können. In den folgenden Abschnitten werden typische Fehler und fehlerbegünstigende Umstände auf den einzelnen Ebenen der Informationsverarbeitung beschrieben.

### Detektion

Eine notwendige Voraussetzung für das erfolgreiche Durchlaufen der ersten Ebene der Informationsverarbeitung, der Detektion des Bahnübergangs ist es, dass Elemente der Bahnübergangssicherung und Züge objektiv sichtbar sind und nicht verdeckt werden. Dies kann zum Beispiel aufgrund von Bewuchs oder falsch parkenden Fahrzeugen der Fall sein. Ist diese notwendige Bedingung erfüllt, hängt die Wahrscheinlichkeit der Detektion der relevanten Zielreize wie dem Schienenfahrzeug, der Bahnübergangsschilderung oder der Lichtzeichenanlagen neben der generellen Wahrnehmungsfähigkeit des Verkehrsteilnehmers davon ab, wie gut sich diese Zielreize von ihrer Umgebung abheben.<sup>[5]</sup> Je besser sich ein herannahendes Schienenfahrzeug von seiner Umgebung abhebt, beispielsweise aufgrund seiner Farbe, seiner Beleuchtung oder akustischer Signale, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass es durch den Straßenverkehrsteilnehmer nicht detektiert wird. Ein rostfarbener Güterzug vor einer Klinkerfassade in der Dämmerung ist beispielsweise schwerer zu detektieren als ein rotglänzender Regionalzug bei Tageslicht.

Neben der Sicherung durch eine gute Einsehbarkeit der Gleise, der Lichtsignalanlagen oder Schranken, ist am Bahnübergang insbesondere auch auf akustische Signale zu achten. Akustische Signale von Schienenfahrzeugen sind für Autofahrer jedoch nicht immer problemlos wahrzunehmen. In einer amerikanischen Studie<sup>[6]</sup> wurden 75 Unfälle an Bahnübergängen dahingehend analysiert, ob die Umgebungssituation am Ort des Unfalls das Hören der akustischen Warnsignale des Zuges problemlos zuließ. In 27 Fällen wurde die Schlussfolgerung gezogen, dass im Inneren des Kraftfahrzeugs das Pfeifsignal des Zuges nicht gut zu hören war. Angesichts verbesserter Dämmungsmethoden von Pkw, um den Innenraum möglichst effektiv von Störgeräuschen abzuschirmen, und der Tatsache, dass Fahrer teilweise Musik im Auto hören, ist die Möglichkeit des Überhörens von Pfeifsignalen kaum auszuschließen. Eine Eigenart bei Detektionsfehlern besteht darin, dass es sich um unbeabsichtigte Auslassungsfehler der Straßenverkehrsteilnehmer handelt.<sup>[7]</sup>

### Informationsverarbeitung und Wissensabruf

Nachdem Elemente der Bahnübergangssicherung detektiert wurden, müssen diese Sinneseindrücke weiterverarbeitet werden und mentale Modelle aus dem Langzeitgedächtnis aktiviert werden. Dann kann eine Handlungsintention gebildet werden, um im Folgenden den Bahnübergang sicher zu überqueren. Die Weiterverarbeitung der Sinneseindrücke nach der Detektion ist jedoch empfindlich gegenüber Ablenkungen, so dass auch in dieser Phase ein unbeabsichtigter Auslassungsfehler auftreten kann. Dabei kann es sich um eine externe Ablenkung, zum Beispiel durch Mitfahrer handeln, oder um eine interne Ablenkung. Eine interne Ablenkung kann zum Beispiel auftreten,

wenn man während der Fahrzeugführung konzentriert über einen komplexen Sachverhalt nachdenkt.

Ein erfolgreicher Wissensabruf eines Straßenverkehrsteilnehmers hängt jedoch vor allem davon ab, ob das korrekte Wissen überhaupt im Langzeitgedächtnis abgespeichert und abrufbar ist. Es gibt Befunde, die für die Annahme sprechen, dass Unverständnis in Bezug auf die Bahnübergangsschilderung und das rote Blinklicht am Bahnübergang eine gewichtige Rolle als Ursache für Fehlverhalten an Bahnübergängen spielt.<sup>[8],[9]</sup> In einer deutschlandweiten Befragung wurde 2006 festgestellt, dass ein Drittel von 1.241 befragten Führerscheinbesitzern sich nicht im Klaren über die Bedeutung des Andreaskreuzes war.<sup>[10]</sup> In der gleichen Befragung wurden die Teilnehmer mit der Aussage konfrontiert: „Ein rotes Blinklicht am Bahnübergang ist nur ein Warnhinweis. Erst wenn ein rotes Dauerlicht leuchtet, muss man anhalten!“ Nur 57 Prozent der Befragten waren in der Lage, diese Aussage als falsch zu beurteilen. 4 Prozent der Befragten gaben an, nicht zu wissen, ob diese Aussage stimmt oder nicht. 39 Prozent der Befragten stimmten der Aussage fälschlicherweise zu und bestätigten, dass ein rotes Blinklicht nur als Warnhinweis zu verstehen sei.

Untersuchungen des DLR<sup>[3],[11]</sup> im unmittelbaren Verkehrskontext weisen in eine ähnliche Richtung wie die Befragungsergebnisse und legen zudem die Annahme nahe, dass das mangelhafte Wissen von Verkehrsteilnehmern zu Bahnübergängen sich auch in tatsächlichem Fehlverhalten äußert. In einem Fahrversuch<sup>[3]</sup> wurde im realen Verkehrskontext unter Verwendung eines Blickbewegungsmesssystems das natürliche Blickverhalten von 24 Autofahrern untersucht, unter anderem in der Überfahrt eines nicht technisch gesicherten Bahnübergangs. Trotz der Tatsache, dass alle Teilnehmer Elemente der Bahnübergangsschilderung während der Zufahrt mit ihrem Blick fixierten, leiteten zwei Drittel der Teilnehmer in der Folge nicht das richtige Verhalten ab und unterließen eine Sichtprüfung nach einem möglicherweise herannahenden Schienenfahrzeug.

In einer weiteren Untersuchung in Form einer zweiwöchigen Verkehrsbeobachtung an einem Bahnübergang mit Sicherung durch rote Blinklichtanlagen war festzustellen, dass sich auch die Fehlannahmen der Straßenverkehrsteilnehmer in Bezug auf das rote Blinklicht im Verhalten niederschlugen. Während 286 Rotlichtphasen wurden 46 kritische Rotlichtverstöße durch Straßenverkehrsteilnehmer festgestellt.<sup>[11]</sup> Als kritische Rotlichtverstöße wurden in der zitierten Studie dabei nur Rotlichtverstöße betrachtet, die mindestens 3 Sekunden nach Aktivierung des Blinklichts festgestellt wurden und damit nicht auf eine eingeschränkte Reaktionsmöglichkeiten zurückzuführen sind. Insgesamt scheint das Wissen zum angemessenen Verhalten an Bahnübergängen bei einer Vielzahl von Straßenverkehrsteilnehmern nicht besonders ausgeprägt zu sein.

### Bildung einer Handlungsintention

Die Handlungsintention spielt im Kontext der Bahnübergangsüberquerung eine wichtige Rolle, da hier motivationale Aspekte zum Tragen kommen, die ein Fehlverhalten bedingen können. Während Fehlverhaltensweisen aufgrund von Detektionsproblemen oder mangelhaftem Wissens in der Bahnübergangsquerung in der Regel als unbeabsichtigte Fehler zu klassifizieren sind, handelt es sich bei Fehlern im Bereich der Handlungsintention eher um ein erlerntes Fehlverhalten oder bewusste Regelverstöße.

| <b>HINTERGRUND</b>                               |   |
|--|---|
| <b>Stufe der Informationsverarbeitung</b>        | <b>Ansätze um die Wahrscheinlichkeit des Fehlverhaltens auf Seiten der Straßenverkehrsteilnehmer zu verringern</b>  |
| <b>Detektion</b>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Maßnahmen zur Erhöhung der Sichtbarkeit von Schienenfahrzeugen an Fahrzeugen und in der Umgebung<sup>[16],[17]</sup> und Erhöhung der Sichtbarkeit von Vorankündigungsschildern, zum Beispiel durch die Ausstattung mit pulsierenden Lichtquellen<sup>[18]</sup></li> <li>Maßnahmen zur frühzeitigen Verringerung der Geschwindigkeit auf Straßenseite zur Erhöhung der zur Verfügung stehenden Zeit um ein Schienenfahrzeug zu entdecken, zum Beispiel durch den Einsatz von Schwellen oder Rüttelstreifen<sup>[19],[20]</sup></li> <li>Farbliche oder gemusterte Bodenmarkierungen auf der Straße, oder in die Straße eingelassene LED-Markierungsleuchtknöpfe vor dem Bahnübergang zur Erhöhung der Aufmerksamkeit der Verkehrsteilnehmer am Bahnübergang<sup>[19]</sup></li> <li>PeriLight – periphere Lichtreize in der Bahnübergangsinfrastruktur werden in der Zufahrt des Straßenverkehrsteilnehmers an den Bahnübergang ausgelöst, um die Detektionswahrscheinlichkeit herannahender Schienenfahrzeuge zu erhöhen<sup>[21]</sup></li> </ul> |
| <b>Informationsverarbeitung und Wissensabruf</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Vermeidung aller externen Ablenkungsquellen wie Plakate oder ähnlichem in der Zufahrt auf den Bahnübergang</li> <li>Positionierung dynamischer Rückmeldesysteme, wie zum Beispiel Wechselverkehrszeichen mit gezielten Warnungen in der Zufahrt auf den Bahnübergang<sup>[22],[23]</sup></li> <li>Verwendung des Stoppschildes an Teilen der nichttechnisch gesicherten Bahnübergänge, aufgrund seiner besseren Verständlichkeit im Vergleich zum Andreaskreuz<sup>[10],[24],[25]</sup></li> <li>Ersetzen der häufig missverstandenen Blinklichtanlage durch gelb-rote Lichtsignalanlagen<sup>[26],[12],[11]</sup> oder Einsatz von dreifarbigem Lichtsignalanlagen aufgrund ihrer höheren Bekanntheit aus dem Straßenverkehrskontext<sup>[6]</sup></li> <li>Kampagnen zur Erhöhung des Bewusstseins für sicheres Verhalten an Bahnübergängen<sup>[27],[28]</sup> und Verstärkung der Bemühungen in der Verkehrserziehung in Schulen und Fahrschulen mit Bahnübergangsschwerpunkt<sup>[29]</sup></li> </ul>  |
| <b>Handlungsentention</b>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gezielte Warnungen an technisch gesicherten Bahnübergängen, wenn mehr als ein Schienenfahrzeug während einer Verschlussphase den Bahnübergang befährt<sup>[19]</sup></li> <li>Plakate an Bahnübergängen, die auf das hohe Risiko eines Verstoßes hinweisen<sup>[19]</sup></li> <li>Verstärkung von Verkehrskontrollen und Erhöhung des Strafmaßes bei gezielten Verstößen an technisch gesicherten Bahnübergängen<sup>[30]</sup></li> </ul>  |
| <b>Handlungsausführung</b>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ergänzende Warnungen für besondere Situationen, wie zum Beispiel Bahnübergänge an Straßen die parallel zu den Schienen geführt werden, zum Beispiel in Form von Wechselverkehrszeichen<sup>[22]</sup></li> <li>Einbau von Verkehrsinseln zur Erschwerung des Umfahrens von Halbschranken<sup>[19]</sup></li> <li>Installation von Hängeketten oder Gittersystemen an Schrankenanlagen zur Erschwerung absichtlicher Verstöße durch nichtmotorisierte Verkehrsteilnehmer<sup>[19]</sup></li> </ul>  |

Tabelle 1: Menschzentrierte Ansätze zur Erhöhung der Sicherheit des Verhaltens an Bahnübergängen

Quelle: Grippenkoven/DLR

Ein erlerntes Fehlverhalten kann leicht entstehen, wenn ein Straßenverkehrsteilnehmer einen bestimmten Bahnübergang regelmäßig befährt, dieser Bahnübergang auf Schienenseite jedoch selten befahren wird.<sup>[12]</sup> Dies kann auf Seiten des Straßenverkehrsteilnehmers dazu führen, dass er die Neigung entwickelt, unvorsichtig zu agieren, da er fälschlicherweise davon ausgeht, dass an dem Bahnübergang generell kein Zug erscheinen wird. Sanders und Wertheim<sup>[13]</sup> postulieren dementsprechend, dass das Ausmaß des Suchverhaltens an Bahnübergängen negativ mit der Häufigkeit der Bahnübergangsüberquerung korreliert. Je häufiger der Bahnübergang befahren wird (ohne dass einem Schienenfahrzeug Vorfahrt zu gewähren ist), desto seltener wird geprüft, ob ein Schienenfahrzeug herannaht. Werden durch eine Person ausschließlich Bahnübergänge überquert, an denen tatsächlich fast nie ein Zug erscheint, wird ein erlerntes Fehlverhalten möglicherweise folgenlos bleiben.

Gefährlicher ist es hingegen, wenn das erlernte Fehlverhalten übergeneralisiert wird und unvorsichtiges Verhalten auch auf andere Bahnübergänge übertragen wird, die häufiger von Schienenfahrzeugen frequentiert werden. Weiterhin kann das erlernte Fehlverhalten sich auch gefährlich auswirken, wenn ein vertrauter Bahnübergang zu einer ungewohnten Zeit befahren wird. Wenn ein bestimmter Bahnübergang von einem Anwohner ausschließlich zu festen Zeiten überquert wird, zu denen fahrplanmäßig kein Zug kommt, beispielsweise auf dem Arbeitsweg, können sich fatale Fehlannahmen und Fehlverhaltensweisen entwickeln. Diese Fehlannahmen

und Verhaltensweisen können zum Zusammenprall führen, wenn der Anwohner den Bahnübergang zu anderen Zeiten befährt, zu denen ein Zug kommt. In einer australischen Untersuchung wurde die Feststellung gemacht, dass 73 von 85 Fahrern, die an einem Bahnübergangsunfall beteiligt waren, mit dem Bahnübergang wohlvertraut waren.<sup>[14]</sup>

Ähnliche öffentlich zugängliche Untersuchungen sind aus dem deutschsprachigen Raum nicht bekannt. Es ist allerdings anzunehmen, dass auch hierzulande ein nennenswerter Anteil der Bahnübergangsunfälle durch Anwohner verursacht wird.

Neben einem gelernten Fehlverhalten sind im Kontext von technisch gesicherten Bahnübergängen regelmäßig absichtliche Regelverstöße festzustellen. Während im Falle des Überfahrens des roten Blinklichts an Bahnübergängen zumindest in manchen Fällen ein Unverständnis des Straßenverkehrsteilnehmers angenommen werden kann, ist dies insbesondere an Bahnübergängen mit Halbschranken nicht der Fall. Eine Schranke stellt eine physische Barriere dar. Das Umfahren ist ein gezieltes Manöver, das zweifellos einen eigenmotivierten, bewussten Verstoß darstellt. Als Motiv solcher riskanten Manöver ist vor allem Ungeduld aufgrund langer Verschlusszeiten zu vermuten<sup>[12]</sup>, sowie unangebrachter Wagemut der Fahrer, gepaart mit einer Überschätzung der eigenen Fähigkeiten und einer Unterschätzung des Risikos des Umfahrens der geschlossenen Schranken.<sup>[15]</sup> Dennoch spielen bei illegalen Umfahrungsmanövern vermutlich auch Fehlannahmen aufgrund vorheriger Erfahrungen mit

Bahnübergängen eine wichtige Rolle. Manche Straßenverkehrsteilnehmer machen die Erfahrung, dass in der Regel eine gewisse Zeit vergeht, bis ein Zug nach dem Schrankenverschluss erscheint. Es kann sein, dass daraus in der Folge die Verallgemeinerung abgeleitet wird, diese Dauer zwischen Verschluss und Zugquerung sei immer zu erwarten.

Insbesondere an Bahnübergängen, an denen unterschiedlich schnelle Züge verkehren, kann diese Annahme im Falle eines Verstoßes hochgefährlich sein. Wenn die Einschaltung der Bahnübergangssicherung auf die höchste Streckenseitig gefahrene Geschwindigkeit ausgelegt ist und sich für langsamere Züge proportional erhöht, ist die Dauer zwischen Bahnübergangverschluss und dem Eintreffen des Zuges am Bahnübergang entsprechend variabel und für den Straßenverkehrsteilnehmer nicht vorhersagbar.<sup>[12]</sup>

Ebenso ist die Fehlannahme bekannt, dass während einer Bahnübergangverschlussphase nur ein einziger Zug den Bahnübergang passiert. Dies kann den Straßenverkehrsteilnehmer zum Irrglauben verleiten, es liege ein Defekt der Bahnübergangssicherungsanlage vor, wenn sich beispielsweise die Halbschranken nach dem Passieren eines Zuges nicht unmittelbar wieder öffnen.

Ein solcher Irrglauben kann die Bereitschaft zu einer gefährlichen Umfahrung erhöhen. Für den geneigten Bahnexperten mag eine solche Annahme nicht nachvollziehbar sein, im Falle eines Laien ohne Systemverständnis der Bahn ist sie jedoch nicht auszuschließen.

**Handlungsausführung**

In der Kette der Informationsverarbeitung am Bahnübergang muss zuletzt die intendierte Handlung motorisch korrekt umgesetzt werden. Fehler der Straßenverkehrsteilnehmer, die zu Unfällen an Bahnübergängen führen, sind in der Regel eher in den früheren Stufen der Informationsverarbeitung zu erwarten, wenn etwa relevante Informationen übersehen werden, Wissensdefizite bestehen, oder bewusste Verstöße beabsichtigt werden. Fehler in der Handlungsausführung bezeichnen keine beabsichtigten Fehler, sondern solche Fehler, bei denen zwar eine der Situation am Bahnübergang angemessene Handlung ausgewählt wird, aber deren motorische Ausführung fehlerhaft oder deren Timing unpassend ist. Ein Abwürgen des Motors eines Fahrzeuges im Gefahrenraum des Bahnübergangs ist ein Beispiel für einen Fehler auf der Ebene der Handlungsausführung.

Ein weiteres Beispiel ist ein schlechtes Timing beim Befahren des Gefahrenraums des Bahnübergangs bei erhöhtem Verkehrsaufkommen, das in der Folge zu einer Rückstausituation führen kann. Insbesondere für längere Fahrzeuge wie Busse oder LKW ist erhöhte Vorsicht vor einem Rückstau geboten. Ein erhöhtes Risiko des Rückstaus besteht zum Teil auch an Bahnübergängen, die von zuvor parallel geführten Straßen in einem Abbiegevorgang überfahren werden müssen. Eine solche Lage kann den Verkehrsteilnehmern die Prognose des Verkehrsflusses in Fahrtrichtung jenseits des Bahnübergangs erschweren. Auch Wende- und Rangiermanöver in Bahnübergangsnähe, zum Beispiel von Sattelkraftfahrzeugen, bei denen Teile des Sattelauflegers in den Gefahrenraum

**Literatur**

[1] K. Tietz und M. Köppel, „Der Bahnübergang – ein neuralgischer Kreuzungspunkt,“ *El-Spezial Bahnübergänge*, pp. 23–36, November 2011.

[2] C. Wickens and J. G. Hollands, *Engineering Psychology and Human Performance*, Addison Wesley Longman, 1999.

[3] J. Gripenkoven und S. Dietsch, „Gaze direction and driving behavior of drivers at level crossings,“ *Journal of Transportation Safety and Security*, pp. 4–18, 5. November 2015.

[4] S. Tomkins, „Script Theory,“ in *The Emergence of Personality*, New York, Springer Publishing Company, 1987, pp. 147–216.

[5] D. Green und J. A. Swets, *Signal detection theory and psychophysics*, New York: John Wiley, 1966.

[6] National Transportation Safety Board, „Passenger/commuter train and motor vehicle collisions at grade crossings (1985). Safety Study NTSB/SS-86/04,“ Washington, DC., 1986.

[7] M. Yeh und J. Multer, „Driver Behavior at Highway-Railroad Grade Crossings: A Literature Review from 1990–2006,“ National Technical Information Service, Springfield, VA, 2008.

[8] M. G. Lenné, C. M. Rudin-Brown, J. Navarro, J. Edquist, M. Trotter und N. Tomasevic, „Driver behaviour at rail level crossings: Responses to flashing lights, traffic signals and stop signs in simulated rural driving,“ *Applied Ergonomics*, pp. 548 Driver Behavior at Highway-Railroad Grade Crossings 554, 2011.

[9] H. Manz und R. Slovak, „SELCAT – Safer European Level Crossing Appraisal and Technology (Report TCA5-CT-2006-031487),“ European Commission, 2008.

[10] D. Ellinghaus und J. Steinbrecher, „Das Kreuz mit dem Andreas-kreuz – Eine Untersuchung über Konflikte an Bahnübergängen,“ Continental AG, Hannover, 2006.

[11] J. Gripenkoven, K. Gimm, M. Stamer, A. Naumann und L. Schnieder, „Fehlverhalten von Verkehrsteilnehmern an Bahnübergängen mit Blinklichtsicherung,“ *Signal + Draht*, pp. 2–6, 12/2015.

[12] W. Seehafer, „Verkehrsgerechte Sicherung von Bahnübergängen,“ in *Eisenbahningenieurkalender 7*, Hamburg, Tetzlaff Verlag, 1997, pp. 109–134.

[13] A. F. Sanders und A. H. Wertheim, „The relation between physical stimulus properties and the effect of foreperiod duration on reaction time,“ *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, pp. 201–206, 1973.

[14] E. C. Wigglesworth, „The epidemiology of road-rail crossing accidents in Victoria, Australia,“ *Journal of Safety Research*, pp. 162–171, 1979.

[15] J. Gripenkoven, S. Giesemann und S. Dietsch, „The Role of Human Error in Accidents on German Half-Barrier Level Crossings,“ in *Global Level Crossing and Trespass Symposium*, 7. – 12. Oktober 2012, London, England., 2012.

[16] A. Caroll, J. Multer und S. H. Markos, „Safety of Highway-Railroad Grade Crossings: Use of Auxiliary External Alerting Devices to Improve Locomotive Conspicuity,“ U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., 1995.

[17] E. J. Schöne, *Ein risikobasiertes Verfahren zur Sicherheitsbeurteilung von Bahnübergängen*, Dresden: Dissertationsschrift TU Dresden, 2012.

des Bahnübergang hereinragen, sind Fehler in der Handlungsausführung, die hin und wieder im Zusammenhang mit Zusammenprallen berichtet werden.

## Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit des Verhaltens

Aus den im vorherigen Abschnitt beschriebenen Fehlern auf den einzelnen Ebenen der Kette der Informationsverarbeitung ist es möglich, Ansätze für spezifische Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit des Verhaltens der Straßenverkehrsteilnehmer abzuleiten. In der Tabelle 1 wird ein Auszug bestehender Ansätze aus nationaler und internationaler Forschung und Entwicklung zum Thema der Bahnübergangssicherheit gegeben. Von einer detaillierten Erläuterung und Bewertung der Ansätze wird in diesem Artikel abgesehen. Zu diesem Zweck wird die Lektüre der Originalquellen empfohlen. Bei den aufgeführten Ansätzen handelt es sich weitestgehend um Maßnahmen, die eine Auswirkung auf das Erleben und Verhalten des Straßenverkehrsteilnehmers haben, mit dem Ziel die Wahrscheinlichkeit eines Fehlverhaltens zu verringern. Diese Ansätze sind nicht als Ersatz bewährter Bahnübergangssicherheitstechnik zu verstehen, sondern eher als Ergänzung oder Modifikation.

Viele der in Tabelle 1 dargestellten Ansätze eignen sich als kostengünstige Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit an nicht technisch gesicherten Bahnübergängen. Dynamische Rückmeldesysteme entlang der zuführenden Straße, zusätzliche Fahrbahnmarkierungen, Einrichtungen zur Verkehrsverlangsamung

oder das Blicklenkungssystem PeriLight stellen dabei Systeme dar, die nicht mit einer technischen Bahnübergangssicherung gleichzusetzen sind. Sie sind als Zusatzsysteme zu betrachten, die vor allem eine Erhöhung der Sicherheit des Verhaltens an nicht technisch gesicherten Bahnübergängen bewirken könnten, ohne gleich eine kostspielige technische Bahnübergangssicherungsanlage installieren zu müssen. In ihrem Wesen als Zusatzsysteme bewegen sich die aufgeführten Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit zum Teil in einem Rechtsbereich, der durch die Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung bzw. die Straßenverkehrsordnung nicht klar definiert ist.<sup>[31],[32]</sup> Es wird angeregt, eine rechtliche Grundlage für den Einsatz solcher effektiven, kostengünstigen und menschenzentrierten Maßnahmen zu schaffen, um die Anzahl der Unfälle an Bahnübergängen in Zukunft weiter zu senken. ■

- 
- [18] D. A. Noyce und D. B. Fambro, „Enhanced traffic control devices at passive highway-railroad grade crossings,“ in 78th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., 1998.
- [19] E. Aigner-Breuss, M. Aleksa, E. Braun, K. Machata, D. Knowles, K. Runda, C. Stefan und E. Tomasch, „MANEUVER - Maßnahmen zur Vermeidung von Fehlverhalten an Eisenbahnkreuzungen mit Hilfe der Verkehrspsychologie,“ Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, ÖBB-Infrastruktur AG, Wien, Österreich, 2011.
- [20] L. S. Tey, G. Wallis, S. Cloete und L. Ferreira, „Modelling driver behaviour towards innovative warning devices at railway level crossing,“ Accident Analysis and Prevention, pp. 104–111, 2013.
- [21] J. Grippenkov, B. Thomas und K. Lemmer, „PeriLight – effektive Blicklenkung am Bahnübergang,“ EI-Eisenbahningenieur, pp. 48–51, Januar 2016.
- [22] T. Rösiger, Evaluation dynamischer Rückmeldungen am Bahnübergang, Saarbrücken: VDM, 2008.
- [23] C. Z. Chen und H. Hsiao, „How to Make Railroad Level Crossings Safer and Smarter,“ Moxa Inc., 2013.
- [24] E. Schöne und J. Buder, „Einsatz von Stoppschildern an nicht-technisch gesicherten Bahnübergängen,“ EI-Eisenbahningenieur, pp. 25–29, März 2011.
- [25] J. Grippenkov, H. Rawert und A. Naumann, „The Potential of the Stop Sign to Unravel the Mystery Named St. Andrew,“ in Fifth International Rail Human Factors Conference – Book of Proceedings (pp. 492–501), London: Rail Safety and Standards Board, 2015.
- [26] H. Erke und P. Wimber, „Wirksamkeit von Lichtsignalanlagen zur Sicherung von Bahnübergängen,“ Bundesanstalt für Straßenwesen, Köln, 1980.
- [27] UIC, „ILCAD – Act safely at level crossings,“ 2017. [Online]. Available: [www.ilcad.org](http://www.ilcad.org).
- [28] Kommunikation Infrastruktur und Dienstleistungen Deutsche Bahn AG, „Geblickt? Sicher drüber!,“ 2016. [Online]. Available: [http://www.deutschebahn.com/de/nachhaltigkeit/verantwortung\\_gesellschaft/unfallpraevention/sicher\\_drueber.html](http://www.deutschebahn.com/de/nachhaltigkeit/verantwortung_gesellschaft/unfallpraevention/sicher_drueber.html).
- [29] Networkrail, „Safety education,“ 19. März 2014. [Online]. Available: <http://www.networkrail.co.uk/safety-education/>.
- [30] I. Naish und D. Blais, „Mitigating risky behaviour of delayed road users at occupied highway-railway crossings: review of research and issues,“ in Proceedings of the 2014 Global Level Crossing Symposium 4–8 August 2014, Urbana, IL, USA, 2014.
- [31] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, „Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung,“ 10.10.2016. [Online]. Available: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/ebo/gesamt.pdf>.
- [32] Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz, „Straßenverkehrs-Ordnung,“ 30.11.2016. [Online]. Available: [https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/stvo\\_2013/gesamt.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/stvo_2013/gesamt.pdf).