

Entwicklung und Prüfung der Anforderungen an Schutzeinrichtungen zur Verbesserung der passiven Sicherheit von Motorradfahrern

FA 3.345

Forschungsstelle: DEKRA Automobil GmbH, Unfallforschung/ Crashzentrum, Stuttgart

Bearbeiter: Gärtner, M. / Rücker, P. / Berg, A.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: Juli 2005

1. Problemstellung

Passive Schutzeinrichtungen an Straßen sollen zum einen abirrende Fahrzeuge aufhalten und Dritte vor den damit verbundenen Gefahren schützen, und zum anderen die Insassen abirrender Fahrzeuge vor Gefahren neben der Fahrbahn schützen. Das Aufhaltevermögen von Schutzeinrichtungen variiert je nach Einsatzort und Gefährdungspotenzial. Der Insassenschutz wird für Pkw-Insassen optimiert, da diese die Verkehrsmajorität stellen. Hoher Insassenschutz und verlässliches Aufhaltevermögen stellen einen technologischen Zielkonflikt dar, der im Fall anprallender Motorradfahrer besonders deutlich zu Tage tritt.

Der Anprall von motorisierten Zweirädern an passiven Schutzeinrichtungen ist ein Anprall mit meist schwer wiegenden Folgen. Aktivitäten, die ausgehende Gefahr des Anpralls an der passiven Schutzeinrichtung zu verringern, gab es bereits in den 1990er Jahren. So wurde der deutlich weniger formaggressive Sigma-Pfosten zunehmend häufiger eingesetzt als der IPE-Pfosten. In Verbindung mit den Schutzplankenpostenumman-

telungen wurde die Gefährdung für anprallende Motorradfahrer weiter verringert. All diese Maßnahmen waren jedoch als Übergangs- bzw. Sofortmaßnahmen gedacht. Die Bundesanstalt für Straßenwesen rief 1998 das Forschungsprojekt "Anprallversuche mit Motorrädern an passiven Schutzeinrichtungen" ins Leben. Dessen Ziel war es, Erkenntnisse über die Auswirkungen und Verletzungsrisiken beim Anprall von Motorrädern bzw. deren Aufsassen an den verschiedenen in Deutschland verwendeten passiven Schutzeinrichtungen zu erhalten. Die aus den Ergebnissen ableitbaren Einsatzkriterien und konstruktiven Verbesserungsmöglichkeiten sollten dazu beitragen, schwere und tödliche Verletzungen bei verunglückten Motorradfahrern zu vermeiden. Das in diesem Projekt gefundene System Schweierv Kastenprofil mit Unterzug erhöht das Sicherheitspotenzial für anprallende Motorradfahrer erheblich. Der Einsatz dieses Systems bedarf jedoch erheblicher finanzieller Mittel.

2. Zielsetzung

Ziel des Projektes ist die mit Versuchsergebnissen nachgewiesene konstruktive Verbesserung bestehender Stahlschutzplankensysteme hinsichtlich der Verletzungsgefährdung anprallender Motorradfahrer.

Bestehende Standardschutzeinrichtungen (ESP, EDSP) müssen mittels der entwickelten Konstruktionen nachgerüstet werden können. Dabei sollen möglichst geringe negative Auswirkungen hinsichtlich der Qualifikation der Systeme für anprallende Pkw, Busse und Lkw nach den bestehenden Normen entstehen.



BASt 03.01

Versuch an EDSP mit auf der Seite rutschendem Motorrad



BASt 03.02

Versuch an EDSP mit aufrecht anprallendem Motorrad



BASt 04.01

Versuch an ESP mit auf der Seite rutschendem Motorrad



BASt 04.02

Versuch an ESP mit aufrecht anprallendem Motorrad



BASt 04.03

Versuch an EDSP mit aufrecht anprallendem Motorrad



BASt 04.04

Rutschender Anprall eines HIII-Dummys am Unterzug

Bild 1: Übersicht der durchgeführten Anprallversuche

3. Untersuchungsmethodik und Ergebnisse

3.1 Analyse des realen Unfallgeschehens

Um die Sicherheit für Motorradfahrer in Deutschland beim Anprall an passive Schutzeinrichtungen bewerten zu können, wurde von der BASt bereits im Jahr 1998 das Projekt "Anprallversuche mit Motorrädern an passive Schutzeinrichtungen" in Auftrag gegeben, welches von der DEKRA Unfallforschung bearbeitet wurde. Eine Aufgabe dieses Projektes bestand darin, das reale Unfallgeschehen hinsichtlich des Anpralls von Motorradfahrern an passiven Schutzeinrichtungen an Straßen in Deutschland zu erheben und zu analysieren. Die aus dem Vorgängerprojekt gewonnenen Daten zum realen Unfallgeschehen wurden beim vorliegenden Projekt aktualisiert und mit in die Betrachtung aufgenommen.

Eine Analyse der DEKRA Unfalldatenbank ergab, dass sich über 60 % der insgesamt 57 untersuchten Alleinunfälle, bei denen ein Anprall eines Motorrades an eine passive Schutzeinrichtung stattfand, an einer einfachen Stahlschutzplanke ereigneten. Mit deutlichem Abstand folgt als zweithäufigste Schutzeinrichtung mit rund 18 % die einfache Distanzschutzplanke. 70 % der untersuchten Unfälle ereignen sich in Kurven. Außerdem zeigte sich bei der Auswertung der DEKRA Unfalldaten, dass bei 51 % der Fälle der Anprall des Motorradfahrers an das Schutzsystem aufrecht und in 45 % der Fälle mit auf der Seite rutschendem Motorrad erfolgte.

3.2 Bewertung der Ergebnisse aus dem Vorgängerprojekt

Aufgrund der Erkenntnisse aus dem realen Unfallgeschehen waren im Vorgängerprojekt "Anprallversuche mit Motorrädern an passive Schutzeinrichtungen" insgesamt sechs unterschiedliche Einzelversuche mit drei verschiedenen konventionellen Schutzeinrichtungen festgelegt worden. Dabei kamen Systeme aus Stahl in Form der einfachen Stahlschutzplanke (ESP) und der einfachen Distanzschutzplanke (EDSP) sowie eine Betonschutzwand zum Einsatz. Durchgeführt wurde je Schutzsystem ein Anprallversuch mit auf der Seite rutschendem und einer mit aufrecht fahrendem Motorrad, jeweils mit einem Dummy als Aufsassen.

Verwendet wurde bei allen Versuchen ein Motorrad des Typs Kawasaki ER-5 Twister. Den Aufsassen repräsentierte ein instrumentierter Dummy Hybrid III 50th percentile male. Der Anprall fand mit 60 km/h unter einem Anprallwinkel von 12° für den Anprall mit aufrecht fahrendem und 25° für den Anprall mit auf der Seite rutschendem Motorrad statt.

Anhand der Erkenntnisse aus diesen Versuchen wurden Merkmale herausgearbeitet, die ein verbessertes System erfüllen sollte. Zwei Merkmale stellten sich dabei in Einklang mit Erkenntnissen aus dem realen Unfallgeschehen als besonders wichtig heraus. Erstens sollte der Anprall und das Hängen bleiben an einzelnen Schutzplankepfosten vermieden werden, da sonst schwere Verletzungen auftreten können. Zweitens sollte beim Aufprallen von oben und dem nachfolgenden Entlanggleiten am System die Gefahr schwerer Verletzungen durch Kontakte oder Verhakungen mit formaggressiven Teilen so gering wie möglich sein.

3.3 Identifizierung bereits existierender adaptiver Schutzsysteme und Systemkomponenten mit Schutzpotenzial für anprallende Motorradfahrer

Das Vorgängerprojekt zeigte Möglichkeiten auf, passive Schutzeinrichtungen zu errichten, die sowohl die Anforderungen für Pkw, Busse und Lkw erfüllen, als auch dem Motorradfahrer eine

verbesserte Anprallsituation mit geringerem Verletzungsrisiko bieten. Als Basis der weiteren Forschungs- und Entwicklungsarbeit wurde eine Übersicht über bereits existierende Konstruktionen zum Motorradfahrerschutz erarbeitet. Dabei wurde nach Systemen gesucht, die die Pfosten unterhalb des Holms abdecken und/oder beim Aufprallen des Motorradaufsassens von oben auf das Schutzsystem ein Abgleiten ermöglichen.

Forschungs- und Entwicklungsprojekte zur Verbesserung von Stahlschutzplanken in Bezug auf die Sicherheit für anprallende Motorradfahrer wurden nicht nur in Deutschland, sondern auch in anderen europäischen Ländern (vor allem Frankreich) durchgeführt. Das Resultat sind mehrere verschiedene Systemkomponenten, welche adaptiv an bestehende Stahlschutzplankensysteme angebracht werden können. Keines der identifizierten Systeme jedoch weist einen Schutz für aufrecht anprallende Motorradfahrer auf. Die Recherche nach Systemen, die den oberen Bereich der Schutzplanke abdecken sollten, verlief erfolglos.

Um geeignete Systeme zu finden, die auch dem aufrecht anprallenden Motorradfahrer mehr Schutz bieten, wurde daher in den Standardwerken recherchiert, welche existierenden Schutzelemente verändert werden könnten, um den Anforderungen gerecht zu werden; außerdem wurden eigene Ideen aufgefasst und konstruktiv umgesetzt.

3.4 Bewertung der gefundenen Systeme

Die gefundenen Systeme und Systemkomponenten wurden hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit miteinander verglichen und bewertet. Um eine einfache und schnelle Übersicht über die vorhandenen adaptiven und neuen Systeme zu bekommen, wurden alle Systeme in einer Merkmalsübersicht zusammengefasst. Diese Übersichten enthalten alle wichtigen Daten für die Systeme und bilden die Grundlage für eine Matrix, anhand derer die verschiedenen Systeme bewertet werden konnten.

Eine objektive Auswahl der zu testenden Systeme wurde mittels einer Bewertungsmatrix durchgeführt. In dieser Matrix sind die Systeme in verschiedenen Kategorien unterschiedlich gewichtet bewertet worden. Die Bewertung erfolgte mittels des Schulnotenprinzips und resultierte in einer Rangfolge für die jeweilige Schutzplanke. Die Vergabe der einzelnen Noten erfolgte in einem Expertengremium, das alle Kategorien diskutierte und verglich.

Aufgrund der Rangfolge, die sich aus den Bewertungsmatrizen ergab, war es möglich eine objektive Auswahl der zu testenden Systeme zu treffen. Angedacht waren drei Versuchsreihen zu je zwei Versuchen. Die Übersicht (Bild 1) stellt die sechs durchgeführten Versuche chronologisch dar.

3.5 Durchführung der Anprallversuche

Versuche mit rutschend anprallendem Motorrad

Für die Versuche mit rutschend anprallendem Motorrad wurden die gleichen Parameter gewählt wie beim Vorgängerprojekt. Die gewählte Anprallgeschwindigkeit betrug 60 km/h. Bei Beginn des Anpralls bildeten die Längsachse des Motorrades und die Schutzeinrichtung einen Winkel von 25°. Als Motorrad kam eine Kawasaki ER-5 Twister und als Dummy der MATD (Motorcyclist Anthropometric Test Device) zum Einsatz.

Der erste Versuch mit rutschend anprallendem Motorrad fand an dem, auf dem Unterzug Typ Euskirchen basierenden, Unterzug Euskirchen^{Plus} statt. Der Unterzug war an einer Schutzplanke des Typs einfache Distanzschutzplanke (EDSP) angebracht. Die EDSP wurde hierbei zuerst getestet, da ein Unterzug in Kombination mit der EDSP noch nie zuvor getestet wurde. Der

Unterzug sollte für die ESP und die EDSP möglichst gleichartig sein. Die EDSP erschien für den ersten Versuch kritischer und wurde daher zuerst durchgeführt, um eventuelle konstruktive Änderungen noch berücksichtigen zu können. Aufgrund der zufrieden stellenden Ergebnisse des ersten Versuchs wurde ein weiterer Versuch mit dem Unterzug Euskirchen^{Plus} durchgeführt, um seine Eignung auch für den Anprall an der ESP zu bestätigen.



Bild 2: Versuch mit rutschend anprallendem Krad

Versuche mit aufrecht fahrendem Motorrad

Bei den aufrechten Versuchen wurden dieselben Parameter übernommen wie beim Vorgängerprojekt. Der Anprall mit dem aufrechten Motorrad fand unter 12° und mit einer Geschwindigkeit von 60 km/h statt. Als Motorrad wurde die Kawasaki ER-5 Twister und als Dummy der MATD verwendet.

Der erste Versuch mit aufrecht fahrendem Motorrad wurde an der EDSP mit einer einfachen Abdeckung des oberen Bereichs durch geschlossene Prallbleche durchgeführt. Der Versuch zeigte nicht den gewünschten Verlauf, da eine Sekundärkollision zwischen Dummy und Motorrad stattfand; außerdem traten zu hohe Brustbelastungen auf. Aufgrund dieser Resultate und auf Basis betrieblicher Überlegungen wurden statt der geschlossenen Prallbleche Lochbleche eingesetzt und die Querschnittsform der Bleche verbessert. Der so modifizierte Überzug wurde zunächst in einem Anprallversuch an die ESP getestet und führte zu den gewünschten Ergebnissen: Der Reibwert des Überzugs wurde durch die Verwendung von Lochblech erhöht und die Eindrückung der Brust wurde durch Entschärfung der Kante verkleinert. Diese Ergebnisse wurden bei einem weiteren Versuch an der EDSP nochmals verbessert.



Bild 3: Versuch mit aufrecht fahrendem Krad

Versuch mit rutschend anprallendem Dummy

Bei keinem der zuvor erläuterten Versuche hatte der Dummy aufgrund der Wechselwirkung mit dem Motorrad direkten Kontakt mit dem Unterzug. Um die Leistungsfähigkeit des Unterzugs für anprallende Motorradfahrer zu untersuchen, wurde ein Versuch mit Dummyanprall direkt am Unterzug ohne Motorrad durchgeführt.

Die Konstellation für diesen Versuch wurde ähnlich eines bereits durchgeführten Versuchs bei der L.I.E.R. gewählt. Der Anprall des Dummies am Unterzug erfolgte mit ca. 45 km/h. Als Winkel wurden die 25° aus den vorherigen Versuchen mit rutschend anprallendem Motorrad beibehalten. Der Dummy prallte

auf dem Bauch liegend mit dem Kopf zuerst an. Als Dummy kam ein HIII-Dummy zum Einsatz.



Bild 4: Versuch mit rutschend anprallendem Dummy

4. Beurteilung und Analyse der Versuchsergebnisse

4.1 Beurteilung und Analyse der rutschenden Anpralle

Der erste Versuch zeigte, dass der Unterzug Euskirchen^{Plus} erhebliches Sicherheitspotenzial hinsichtlich des rutschend anprallenden Motorradfahrers besitzt. Weder konnte ein Versagen des Unterzugs beim Anprall des Motorrads beobachtet werden noch ein Anprall des Aufsassen am Schutzplankenpfosten. Die abgeänderte Befestigung des Unterzugs über die eigens entwickelten Bügel erwies sich als sehr geeignet.

Beim zweiten Versuch an der einfachen Stahlschutzplanke zeigte sich, dass der Unterzug mit der gewählten Befestigung als sehr positiv einzustufen ist. Nahezu alle Messwerte des Dummies waren weit unterhalb der zugehörigen biomechanischen Grenzwerte. Ein weiteres positives Ergebnis war, dass es nach dem Anprall nur wenig zu ersetzende Bauteile an dem System gab.

Beim Versuch mit allein anprallendem Dummy zeigte sich, dass der Unterzug sowohl für den Dummy-Alleinanprall als auch für den kombinierten Anprall von Motorrad und Dummy wiederum sehr gut geeignet ist. Der alleinige Anprall eines Dummies ohne den gefährdenden Einfluss des Motorrads simuliert allerdings einen günstigen Unfallverlauf.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass mit der eingesetzten Anbringung des Unterzuges bei rutschend anprallenden Motorrädern sowohl bei der ESP als auch bei der EDSP das Hauptziel des Projektes, nämlich ein nachrüstbarer, wirksamer Schutz des Motorradfahrers, erreicht wurde. In eine abschließende Bewertung muss allerdings ein Pkw-Anprall nach DIN EN 1317 mit einbezogen werden.

4.2 Beurteilung und Analyse der Anpralle mit aufrecht fahrendem Motorrad

Der erste Versuch mit aufrecht anprallendem Motorrad fand an der EDSP statt. Bei diesem Versuch wurde die Schutzplanke oben mit einfachen Stahlblechen als Überzug abgedeckt. Diese Bleche sollten ein Hineingreifen in den Raum zwischen Holm und Distanzstück verhindern und so einem Verhaken entgegenwirken. Diese gestellten Anforderungen wurden erfüllt, jedoch gab es noch Optimierungsbedarf.

Dieser sollte beim zweiten Versuch umgesetzt werden. Es wurden zum ersten Mal profilierte Lochbleche (Langlöcher) als Abdeckung des oberen Bereichs der ESP eingesetzt. Mit dem Überzug aus Lochblech wurden die beiden identifizierten Probleme, zu hohe Brusteingdrückung und zu wenig Geschwindigkeitsabbau, beseitigt.

Die aus dem zweiten Versuch gewonnenen Erkenntnisse wurden beim dritten Versuch mit aufrecht anprallendem Motorrad auf die EDSP übertragen. Bei diesem Versuch wurde erneut das vorher erfolgreich eingesetzte Lochblech als Überzug verwendet, allerdings mit anderer Profilierung, entsprechend den

unterschiedlichen geometrischen Anforderungen der Schutzeinrichtungen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ein Überzug aus Lochblech ein sinnvolles und wirtschaftliches adaptives System zur Steigerung der passiven Sicherheit von anprallenden Motorradfahrern ist. Bei den beiden untersuchten Schutzplankentypen konnten entscheidende Fortschritte bezüglich der passiven Sicherheit anprallender Motorradfahrer gemacht werden.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse des Vorgängerprojekts zeigten, dass mit relativ einfachen Maßnahmen das Potenzial passiver Schutzeinrichtungen zur Milderung von Unfallfolgen beim Motorradfahreranprall deutlich erhöht werden kann. Die gefundenen Systemkomponenten erforderten jedoch Maßnahmen, bei denen komplette Schutzeinrichtungen hätten ausgetauscht werden müssen, was nicht praktikabel und außerdem zu teuer ist. Es wurden jedoch zwei Merkmale herausgearbeitet, die eine passive Schutzeinrichtung beim Anprall von Motorradfahrern aufweisen sollte. Eine zusätzliche Komponente im unteren Bereich der Schutzeinrichtung muss verhindern, dass ein rutschender Motorradfahrer direkt gegen einen Schutzplankenpfosten prallt oder unter der Schutzplanke hindurchrutscht und den Gefahren hinter der Schutzplanke ausgesetzt ist. Dies ist insbesondere bei Unfällen mit auf der Seite rutschend anprallenden Motorrädern wichtig. Bei aufrecht fahrend anprallenden Motorrädern kommt es vor, dass der Motorradfahrer von oben auf die

Schutzplanke geschleudert wird und im weiteren Verlauf am oberen Bereich der Schutzplanke entlangrutscht. Hierbei entstehen Verletzungsgefahren an scharfen Kanten und offenen Profilen der rückwärtigen Befestigungselemente des Schutzsystems. Dies erfordert Zusatzelemente, die eine geschlossene, möglichst homogene Fläche im oberen Bereich der Schutzeinrichtung bilden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass mit den gefundenen Lösungsvorschlägen die passive Sicherheit für Motorradfahrer beim Anprall an Stahlschutzeinrichtungen deutlich erhöht werden kann. Entwickelt und erprobt wurden konstruktive Verbesserungen, die an bestehenden Stahlschutzplanken ohne Neuaufstellung vorgenommen werden können und die die Verletzungsgefährdung anprallender Motorradfahrer reduzieren.

Bei den Versuchen mit oben auf die Schutzeinrichtung anprallenden Zweiradaufsassen wurden Lösungen gefunden, die die Anforderungen an eine zweiradfahrerfreundliche Schutzplanke erfüllen. Für den Anprall auf die beiden am meisten verwendeten Schutzplankentypen konnte ein Verhaken und damit einhergehende schwerste Verletzungen verhindert werden. Die Montage an bereits installierte Stahlschutzplanken ist ohne Probleme möglich.

Für den rutschend anprallenden Zweiradaufsassen wurde mit den Anprallversuchen bewiesen, dass ein System gefunden wurde, welches die gestellten Anforderungen des Forschungsprojektes erfüllt. Das hierbei verwendete System könnte so bereits jetzt kostengünstig und flächendeckend auf Straßen mit besonderer Gefährdung installiert werden. □