

Kfz-Transport von Personen im Rollstuhl

1. Einleitung

Mobilität ist heutzutage ein Grundrecht, das im täglichen Leben kaum zur Diskussion steht. Die Sicherheit wird dabei vorausgesetzt, wenngleich Unfälle die Öffentlichkeit aufrütteln und klar machen, dass die Weiterentwicklung von Sicherungssystemen eine ständige Aufgabe bleibt. Das Sicherheitsbewusstsein im Personenverkehr ist in der Vergangenheit erheblich gewachsen. Verbessert wurden die Sicherheitssysteme der öffentlichen Verkehrsträger wie Flugzeug und Bahn als auch im PKW, hier durch sinnvolle Sicherheitsausstattungen, angefangen vom Sicherheitsgurt bis hin zu den diversen Weiterentwicklungen der Airbags.

Behinderte Personen konnten während des Kfz-Transports an dieser Entwicklung teilhaben, sofern sie auf die serienmäßigen Kfz-Sitze übersetzen können. Probleme entstanden dann, wenn ein Transfer aufgrund der Behinderung nicht möglich war und die Person im Rollstuhl sitzend befördert werden musste. Zwar gab es bereits diverse Sicherungssysteme zur Rollstuhlsicherung und eine entsprechende Norm. Die DIN 75078 beschränkte sich jedoch in der Vergangenheit auf das Rückhaltesystem und die korrekte Anbringung am Rollstuhl; sie berücksichtigte jedoch den Rollstuhl selbst nur unzureichend. So wurden die technischen Prüfungen mit einem stabilen Versuchsträger statt mit einem realen Rollstuhl durchgeführt.

Das Risiko für die behinderte Person war dadurch relativ undefiniert. Dies führt nicht zuletzt zu einer rechtlich kritischen Situation für die Transportunternehmen, auf die eine Veröffentlichung der Berufsgenossenschaft des Behindertentransportgewerbes eingeht [3].

Mit dem Ziel, diese Lücke im Sicherheitsnetz zu schließen, wurde die Problematik von der Unfallforschung der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) aufgegriffen und Versuche mit Rollstühlen durchgeführt. In einer so genannten Ad-hoc-Arbeitsgruppe unter Mitwir-



Abb. 1 4-Punkt-Rückhaltesystem.

kung von Kfz-Herstellern, je einem Hersteller von Rückhaltegurten und von Rückhaltesystemen (Fa. AMF-Bruns) sowie den Rollstuhlherstellern MEYRA und ORTOPEDIA wurde die DIN-Norm überarbeitet

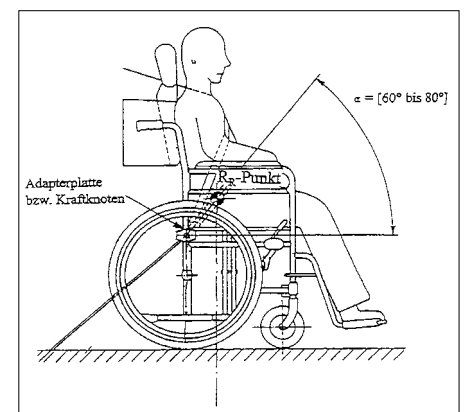


Abb. 2 Das Prinzip des modifizierten Personenrückhaltesystems.

und um Regeln zur Anbringung des Rückhaltesystems am Rollstuhl ergänzt.

Durchgeführte Crashversuche mit Rollstühlen bestätigten die getroffenen Annahmen und ergaben wichtige Anregungen für die Roll-



Abb. 3 Der MEYRA EUROCHAIR.



Abb. 4 Kraftknoten der Fa. AMF-Bruns mit vier Anschraubelementen, die die Gurtzungen tragen.

stuhlkonstruktion für den Behindertentransport, sowohl von manuellen als auch von Elektrorollstühlen. Die Neufassung der DIN-Norm 75078 wurde zum 1.10.1999 verabschiedet [2] und beschreibt seitdem den Stand der Technik, an dem sich ausgeführte Systeme messen lassen müssen. Weiterhin wurde zwischenzeitlich das von der Europäischen Kommission finanzierte Forschungsvorhaben TRANS-WHEEL abgeschlossen. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens [1, 7] wurde ein Elektrorollstuhl entwickelt, der als Sitz für behinderte Autofahrer die gleichen Sicherheitsstandards wie ein konventioneller Autositz erfüllt. Die Ergebnisse dieses Projektes lieferten die Grundlagen für Verbesserungen an den unten beschriebenen Serienrollstühlen.

2. Anforderung an das Rückhaltesystem

Die Aufgabe eines Rückhaltesystems besteht darin, den Rollstuhl mit Insassen im normalen Fahrtrieb zu sichern. Laut einer englischen Untersuchung aus dem Jahre 1985 treten ca. ein Drittel aller Transportunfälle mit Rollstuhlfahrern bei „normalen“ Fahrmanövern wie Bremsen und Ausweichen auf [4]. Dabei zeigten sich folgende Problembereiche:

- Durchtauchen der behinderten Person beim Frontalaufprall („Submarining“) infolge des ungünstigen Haltewinkels, insbesondere, wenn Becken- und

Diagonalgurt am Wagenboden befestigt sind.

- Zusammenbrechende Rollstühle beim Front- und Heckaufprall und resultierende Verletzungsgefahr für den Benutzer, verstärkt durch eine undefinierte Lage des Sicherheitsgurtes.
- Starkes Schlagen des Oberkörpers auf die Knie bei alleiniger Verwendung eines Beckengurtes („Klappmessereffekt“).
- Verrutschen des Schrägschultergurtes an der Schulter infolge nicht angepasster Gurtführung.

Aufgrund der Untersuchungen erscheint es günstig, das Rückhaltesystem in zwei Komponenten aufzuteilen: das Personenrückhaltesystem (PRS) und das Rollstuhlrückhaltesystem (RRS).

3. Ausführung des Rückhaltesystems

Folgende Anforderungen müssen bei Rückhaltesystemen technisch gelöst werden, sollen sie sich in der Praxis bewähren und am Markt durchsetzen [5]:

- Gurtlauf des PRS im Becken- und Schulterbereich mit möglichst geringem Verletzungsrisiko der inneren Organe.
- Anpassungsfähigkeit des PRS an besondere Bedürfnisse bei speziellen Behinderungen.
- Möglichst geringe Einengung des Benutzers durch das Rückhaltesystem.
- Möglichst geringe Belastung des Rollstuhls, der üblicherweise

nicht für den Personentransport im Kfz ausgelegt ist, insbesondere nicht für Unfallsituationen.

- Einfache, verwechslungsfreie und schnelle Bedienung für den Fahrdienst und gute Zugänglichkeit im Transportfahrzeug.
- Flexibilität des RRS hinsichtlich verschiedener Rollstuhltypen.
- Keine wesentliche Beeinträchtigung der universellen Nutzbarkeit des Fahrzeuginnenraums und der Transportkapazität.
- Geringes Zusatzgewicht.
- Möglichst geringe Herstellungs- und Anbaukosten.

Die genannten Anforderungen werden durch ein 4-Punkt-System recht gut erfüllt. Es besteht aus zwei vorderen und zwei hinteren Gurtabspannungen. Diese sind einerseits am Rollstuhl, andererseits mit Lochrasterschienen verbunden, die in den Fahrzeugboden eingelassen werden (Abb. 1). Derartige Fahrzeugbefestigungssysteme sind in Behindertentransportfahrzeugen (BTW) bereits recht verbreitet.

Bisher nicht einheitlich sind die Anbringungsmöglichkeiten am Rollstuhl. Als geeignete technische Lösung, die die genannten Anforderungen erfüllt, hat die BAST den „Kraftknoten“ vorgeschlagen. Es handelt sich dabei um ein festes Element am Rollstuhl, an dem das PRS, bestehend aus Becken- und Schultergurt, und das RRS mit den Abspanngurten zusammenläuft. In der Praxis kann dieses sowohl als festes, mit dem Rollstuhlrahmen verbundenes Konstruktionselement als auch als Anschraubelement ausgebildet sein, das nach-



Abb. 5 Der Schultergurt ist Teil des Behindertentransportfahrzeuges.

träglich an den Rollstuhl angebracht werden kann.

Abb. 2 zeigt das Prinzip des modifizierten Rückhaltesystems, wie es die Norm vorgibt [2]. Es ergeben sich folgende Vorteile gegenüber dem herkömmlichen Personenrückhaltesystem [5]:

- Der Beckengurt liegt auf dem Beckenknochen auf und der Abdomenbereich wird nicht belastet.
- Der Beckengurt bildet einen möglichst großen Winkel zur Horizontalen, so dass der Submarining-Effekt vermieden wird.
- Der Schultergurt verläuft diagonal über möglichst viele Rippen und das Brustbein.
- Der Schultergurt umschlingt die Schulter, ohne am Hals anzuliegen.



Abb. 7 Der SPRINT GT mit normgerechter Gurtgeometrie.



Abb. 6 Der Elektro-Rollstuhl SPRINT GT (MEYRA) mit Haltevorrichtungen.

Die Gurtgeometrie ist umso besser gewährleistet, je näher der Kraftknoten an den sog. „R-Punkt“ rückt. Der R-Punkt ist der angenommene Drehpunkt zwischen Oberkörper und Rumpf. In der Praxis ergeben sich Probleme, diesen Punkt zu treffen, da er einerseits von den Körpermaßen des Rollstuhlfahrers (und seiner Kleidung) abhängt, andererseits in diesem Bereich des Rollstuhls das Seitenteil angeordnet ist. Versuche haben gezeigt, dass Maßverschiebungen, wie sie in der Skizze bereits angedeutet und in der Praxis unumgänglich sind, recht unkritische Gurtwinkelveränderungen ergeben.

Ein inzwischen am Markt befindliches Nachrüstsystem für manuelle Rollstühle ist der Kraftknoten der Fa. AMF-Brunns. Es wurde zusammen mit einem MEYRA EURO-



CHAIR erfolgreich erprobt (Abb. 3). Das System besteht aus vier Anschraubelementen, die zwischen die Rahmenrohre des Rollstuhls eingefügt werden (Abb. 4). Die Anschraubelemente tragen die Gurtzungen, die als Normelemente eine rasche Befestigung des Rollstuhls im BTW ermöglichen. Während der Beckengurt am Rollstuhl verbleibt, ist der Schultergurt zusammen mit dem Umlenkpunkt Teil des BTWs (Abb. 5).

Dieses gilt auch für die Kopfstütze, die ebenfalls fahrzeugfest ausgeführt werden muss. Für die Anbringung und das Aussehen der Kopfstütze ist eine Normung in Vorbereitung. Wie bereits vermerkt, sind die Rückenlehnen der Rollstühle nicht dazu geeignet, die bei einem Auffahrunfall auftretenden Kräfte aufzunehmen. Andererseits haben die Crash-Versuche bei der BAST ergeben, dass beim statistisch häufiger vorkommenden Frontcrash der „Reboundeffekt“, d. h. das Rückschnellen des Oberkörpers, nachdem das Fahrzeug zum Stillstand gekommen ist, für den Rollstuhlfahrer recht unkritische Belastungswerte ergibt: Durch das Nachgeben der Rückenlehne ist die Gefahr für das Abknicken des Kopfes im Bereich der Nackenwirbel nach hinten und damit für das bekannte HWS-Syndrom als Unfallfolge gering.

Manche Transportunternehmen fordern, Rollstuhlfahrer nur mitzunehmen, wenn der Rollstuhl mit einer an die Rückenlehne angeschraubten Kopfstütze ausgerüstet ist. Der Sicherheitsgewinn wurde seitens der Rollstuhlhersteller bereits in der Vergangenheit bezweifelt, da die Rollstuhl-Kopfstützen nur für die Abstützung und ggfs. zur Fixierung des Kopfes während des normalen Rollstuhlgebrauchs vorgesehen sind. Die Ergebnisse der Crashtests beim BAST zeigen, dass der Unfall günstiger für den Rollstuhlfahrer verläuft, wenn sich keine Teile im Nackenbereich befinden, die sich beim Crash nach vorn bewegen oder sich evtl. vom Rollstuhl lösen können.

Die Personenrückhaltesysteme bei manuellen und Elektro-Rollstühlen unterscheiden sich im Prinzip wenig voneinander. Der Elektrorollstuhl mit einem Eigengewicht zwischen 80 und 120 kg stellt jedoch erheblich höhere Anforder-

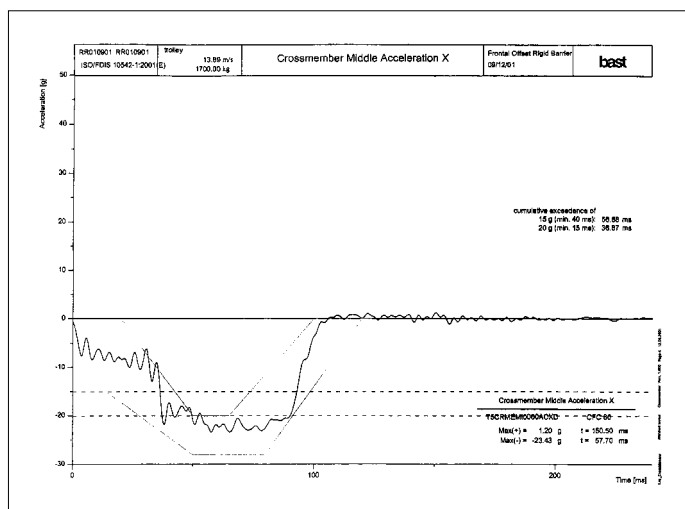


Abb. 8 Ergebnis eines Crashversuches mit maximaler Bremsbeschleunigung von 23,4 g.



Abb. 9 Beschädigungen nur an der Verrastung der Beinstützen und der Verschraubung der vorderen Kastorbuchsen.

rungen an das Rollstuhlrückhaltesystem, das beim „Normcrash“ mit dem 16- bzw. 22-fachen des Eigengewichts von Rollstuhl und Fahrer (DIN oder ISO-Test) belastet wird. Dies entspricht einer Kraft in der Größenordnung von rund 20.000 N (oder einer „Gewichtskraft“ von rd. 2 t).

Andererseits werden E-Rollstühle stabiler gebaut und die Erreichbarkeit der Greifreifen ist nicht notwendig, so dass mehr Möglichkeiten bestehen, Haltevorrichtungen bereits in der Standardausstattung des Rollstuhls zu integrieren.

Abb. 6 zeigt einen SPRINT GT von MEYRA mit entsprechenden Haltevorrichtungen. Während vorn am Querträger der Vorderachse Befestigungsschlaufen angebracht sind, ermöglichen hinten stabile Stahlbügel am Sitzrahmen die getrennte Befestigung von PRS-Sicherheitsgurten und RRS-Rückhaltgurten entsprechend der Norm (Abb. 7).



Abb. 10 Auch unter dynamischer Belastung verändert sich der Gurtverlauf kaum.

4. Ergebnisse der Crashversuche

Auf der Anlage der BAST wurden Versuche mit manuellen Rollstühlen wie auch mit verschiedenen Elektro-Rollstühlen durchgeführt. Die Vorversuche zeigten dabei, dass die Standard-Rückhaltesysteme durch das erwähnte hohe Eigengewicht der Elektro-Rollstühle (üblich 80 – 120 kg) sehr beansprucht und z. T. überlastet werden. Diese Ergebnisse führten zu notwendigen Verstärkungen, die in der Überarbeitung der DIN 75078, Teil 2, Berücksichtigung fanden.

Positive Ergebnisse liegen derzeit für folgende MEYRA-Modelle vor:

- den Elektro-Rollstuhl SPRINT GT
- den manuellen Rollstuhl EURO-CHAIR.

Abb. 7 zeigt den SPRINT GT mit normgerechter Gurtgeometrie. Verwendet werden die Kraftknoten-Elemente der Fa. AMF. Die Prüfung



Abb. 11 Rollstuhl mit Dummy beim „Rebound“, dem Zurückschnellen des Prüfmusters nach Stillstand der Prüfplattform.

wurde mit einer maximalen Bremsbeschleunigung von 23,4 g, entsprechend der ISO-Norm durchgeführt. Obwohl sich durch die Testanordnung ein „harter“ Verzögerungsablauf ergab (Abb. 8), wurde die Prüfung vorbildlich bestanden:

- Die Gurtgeometrie blieb trotz der erheblichen Verformungen der Rollstuhl-Struktur während des Crashes erhalten.
- Die Rollstuhl-Struktur blieb erhalten. Es ergaben sich keine Beschädigungen, die zu einer Verletzungsgefahr für den Insassen geführt hätten.
- Alle Belastungswerte des Dummies lassen auf eine unkritische Verletzungsgefahr des Rollstuhlfahrers schließen [6].

Am Rollstuhl selbst brachen die Beinstützen aus der Verrastung und die Verschraubung der vorderen verstellbaren Kastorbuchsen versagte (Abb. 9). Da hierdurch Energie abgebaut wurde, führte dies zu einer positiven Bewertung durch die Sachverständigen. Wichtig erscheint der Nachweis, dass auch mit einem Leichtrollstuhl aus Aluminium ein Behindertentransport im Rollstuhl zulässig ist, sofern ein Rückhaltesystem gemäß Norm verwendet sowie sachgemäß installiert und angelegt wird.

Die Abb. 10 und 11 zeigen Sequenzen vom Crash-Test mit dem Elektro-Rollstuhl SPRINT GT. Die eingestellte Bremsbeschleunigung von 17 g übertrifft die Anforderungen der DIN 75078 deutlich, mit der die Belastung eines üblicherwei-

se größeren BTWs beim Aufprall auf ein deformierbares Hindernis simuliert wird.

In Abb. 10 ist zu erkennen, dass sich der Gurtverlauf auch unter dynamischer Belastung kaum verändert. Die Ergebnisse entsprechen den getroffenen Annahmen und bestätigen die Wirksamkeit des Kraftknoten-Elements. Da Elektro-Rollstühle – wie erwähnt – üblicherweise stabiler ausgeführt sind, waren die Beschädigungen am Rollstuhl selbst äußerst gering. So war der Rollstuhl nach dem Test noch betriebsbereit.

Abb. 11 zeigt den Rollstuhl mit dem Testdummy beim so genannten „Rebound“, dem Zurückschnellen des Prüfmusters nach dem Stillstand der Prüfplattform. Der Rollstuhl kippt dabei über die Hinterräder, soweit es die Lose der vorderen Abspann Gurte und die System-Elastizitäten zulassen. Der Oberkörper der Prüfpuppe wird durch die Rückenlehne des Rollstuhls abgefangen, die sich dadurch leicht verformt. Interessant ist die begrenzte Bewegung des Kopfes nach hinten: Durch das „Mitgehen“ des Rollstuhls findet keine Überstreckung der Nackenwirbel statt. Eine Kopfstütze hätte bei diesem Test keine Verbesserung der Sicherheit ergeben. Bei unsachgemäßer Befestigung wäre eher zu befürchten, dass die Kopfstütze sich in der Verzögerungsphase mit nach vorn bewegt und beim „Rebound“ im Schulterbereich im Wege gewesen wäre. Der beschriebene Versuch bestätigt die Skepsis, die bereits oben gegenüber entsprechenden Ausrüstungsanforderungen an die Rollstühle geäußert wurde.

Zusammenfassung

Die Crash-Versuche von Rollstühlen, die von der Bundesanstalt für Straßenwesen mit MEYRA-Rollstühlen und AMF-Rückhaltesystem durchgeführt wurden, bestätigen die Wirksamkeit der technischen Richtlinien in der neuen verabschiedeten Norm DIN 75078 – Teil 2. In dieser Norm wird die Anbringung von Rückhaltesystemen an Rollstühlen mit einem so genannten „Kraftknoten“ beschrieben. Die Versuche zeigen, dass der korrekte Gurtverlauf auch bei den hohen Verzögerungswerten beim Norm-Crash gewährleistet bleibt und der

Rollstuhlfahrer so gut wie möglich geschützt wird.

Von den Rollstühlen selbst ist eine solide Struktur zu fordern, damit bei der resultierenden elastischen und z. T. plastischen Verformung der Rollstuhlkomponenten keine Verletzungsgefahr für den Rollstuhlfahrer ausgeht. Dass dies auch mit leichten Aluminium-Rollstühlen möglich ist, zeigt der MEYRA EUROCHAIR, der sogar den harten ISO-Norm-Crash ohne Verletzungsgefahr für den Rollstuhlnutzer überstanden hat.

Bei E-Rollstühlen muss der Fahrer vor schweren Komponenten, wie z. B. den Batterien, geschützt werden. Er sollte sich weiterhin nicht an festen Komponenten, wie Armlehnen und Bediengerät, verletzen können. Dies ist z. B. beim MEYRA-SPRINT GT gewährleistet, der seit Ende 2001 bereits mit den notwendigen Haltepunkten für das Rückhaltesystem serienmäßig ausgestattet wird.

Literatur:

- [1] Bekiaris, E.: Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben TRANSWHEEL – Transportation Wheelchair with High Impact Safety and Advanced Sensor Comfortability for People with Mobility Problems, Projekt DE3013 – Telematic Application Program der EU, März 2000
- [2] DIN 75078 – Behindertentransportkraftwagen, Teil 1: Begriffe, Anforderungen, Prüfungen, November 1990, Teil 2: Rückhaltesysteme, Oktober 1999
- [3] Dinsen, S.: Sicherheit bei der Beförderung behinderter Menschen in Kraftfahrzeugen. Extrablatt der Berufsgenossenschaft für Gesundheitswesen und Wohlfahrtspflege, Hamburg 1998
- [4] Gläser, K.P.: Rückhaltesysteme für Rollstühle und Rollstuhlfahrer in Behindertentransportwagen, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bericht 8/90
- [5] Seek, A.: Passive Sicherheit von Rollstuhlbenutzern in Behindertentransportwagen, Tagung „Behindertengerechte Fahrzeuge“ im Haus der Technik, Essen 1996
- [6] Seek, A.: Crashversuch mit Faltrollstuhl, unveröffentlichtes Testprotokoll der BASt vom 12.9.2001
- [7] Wahlen, H.-J., H. Lücking: The Wheelchair as a Drivers Seat in a Motorcar – aus: Assistive Technology on the Threshold of the New Millennium, IOS Press, Amsterdam (1999), 209-213