

F. Schueler, Th. Adolph, K. Steinmann,
P. Strohbeck-Kühner, R. Mattern
Institut für Rechtsmedizin und Verkehrsmedi-
zin, Universitätsklinikum Heidelberg

T. Niemz, N. Fecher, M. Mages, P. Seiniger,
H. Winner
Fachgebiet Fahrzeugtechnik, Technische Uni-
versität Darmstadt

QUADS - Verkehrssicherheitsaspek- te einer neuen Fahrzeugart Fahrdynamik, Verletzungspotential, Verlet- zungsschutz und Kompatibilität

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die interdisziplinäre Facharbeitsgruppe "Quad-Sicherheit" (AGQuS)* an den Universitäten Darmstadt und Heidelberg befasst sich mit einer prospektiven Studie zum Thema Fahrzeug- und Verkehrssicherheit sowie Passiver Unfallschutz von Quads.

Diese Untersuchung umfasst:

- Fahrzeugtechnik und Fahrdynamik
- Gefährdungsschwerpunkte und Unfallvermeidung
- Verletzungspotential und Verletzungsschutz
- Verkehrspsychologische Untersuchungen
- Anforderungen an die Fahrzeuglenker sowie
- Fragen der Kompatibilität.

Bestandteil der Untersuchung ist auch die Erfassung, Rekonstruktion und Auswertung von Unfallereignissen mit Quads.



Abb.1 Versuchsfahrzeug Nr. 1, Hersteller: Sachs Quads, Typ T-Rex 50, Einzylinder-2-Taktmotor, 49 cm³, 2,6 kW, Leermasse 97 kg, (FE-Kl. S)

2 EINLEITUNG

QUADS – vierrädrige, mehr oder weniger geländegängige Leichtkraftfahrzeuge (im angelsächsischen auch als All Terrain Vehicles / ATV bezeichnet), in der Regel mit kraftfahrzeugtechnischer Minimalausstattung und Hubraumklassen von 50 ccm (FE-Klasse S) und darüber – halten als neue Fahrzeuggattung zunehmend Einzug in das Verkehrsgeschehen.

Die Zulassungszahlen stiegen von 743 im Jahr 2001 auf deutlich über 50.000 Einheiten zu Beginn des Jahres 2005. Nicht nur die Einführung der neuen Fahrerlaubnisklasse "S" Anfang Februar 2005 (Vereinheitlichung der Führerscheinklassen in der EU), sondern auch andere Faktoren lassen einen weiteren starken Anstieg der Zulassungszahlen erwarten.

In Zeiten, da dem Thema Verkehrssicherheit sowohl unter technisch-physikalischen als auch unter verkehrsmedizinischen, verkehrspsychologischen und Umfeld-Aspekten hohe Wertigkeit zukommt und der Begriff Kompatibilität unter unterschiedlichen Gesichtspunkten fortgesetzt diskutiert wird, tauchen Vehikel auf, die hinter heutigen technischen Standard deutlich zurückfallen.

3 UNTERSUCHUNGSZIELE

Die nachfolgend aufgeführten Untersuchungsziele wie auch Methoden und Untersuchungsschwerpunkte gliedern sich generell in die Bereiche "Fahrzeugtechnik und Fahrdynamik" (Bearbeitungsschwerpunkt bei *fzd*, Darmstadt) sowie "Verletzungspotential und Verletzungsschutz" (Bearbeitungsschwerpunkt bei *TBU*, Heidelberg). Teil- und Endergebnisse der Untersuchungen werden jeweils in der Arbeitsgruppe*) – insbesondere auch hinsichtlich von Wechselwirkungen – diskutiert.

3.1 Fahrzeugtechnik und Fahrdynamik

Betrachtet man ein Quad aus fahrzeugtechnischer Sicht, fällt zunächst folgendes auf: Die starre Hinterachse ohne Differenzial und die in Relation zur Höhe des Fahrzeugschwerpunkts sehr geringe Spurweite. Außerdem unterscheidet sich diese Quadklasse durch die Bremsanlage vom Pkw, da diese ähnlich der beim Motorrad nicht als Integralbremse ausgeführt ist.

Aus dem Fehlen des Hinterachsdifferenzials und der daraus resultierenden Drehzahlgleichheit des rechten und linken Hinterachsrades auch bei enger Kurvenfahrt lässt sich die Hypothese ableiten, dass ein Quad ein zum an sich unkritischen Untersteuern tendierendes Fahrverhalten aufzeigt. Allerdings wird erwar-

tet, dass sich diese Eigenschaft bei höherer Geschwindigkeit verändert und insbesondere Gewichtsverlagerung sowohl seitlich als auch in der Längsrichtung (z.B. durch Lastwechsel) zu plötzlichem Übersteuern führen kann. Übersteuern jedoch ist ein für den Normalfahrer schwer zu beherrschendes Fahrverhalten.

Als erstes Untersuchungsziel ergibt sich hiernach – aus der Bewertung dieser Kombination von Hypothese und Fahrerfähigkeit – das querdynamische Verhalten von Quads im Vergleich mit Pkw.

Die relativ zur Schwerpunktshöhe geringe Spurweite lässt auch für den Laien auf den ersten Blick die Frage nach der Kippsicherheit eines solchen Gefährtes aufkommen. Ein Umkippen, welches beim Pkw nur selten und nur beim Vorliegen bestimmter Randbedingungen auftritt [Baumann 2003], scheint beim 50er-Quad durchaus möglich. Allerdings kann der Quadfahrer durch Schwerpunktsverlagerung erheblichen Einfluss auf die Kippneigung nehmen.

Das zweite Ziel der bei *fzd* laufenden Untersuchungen besteht daher darin, die Randbedingungen, die zum Umkippen des Fahrzeugs führen, zu identifizieren.

Durch die separat betätigten Bremskreisläufe für die Vorder- und die Hinterachsbremse wird dem Fahrer – vergleichbar mit der Situation beim Motorrad – eine zusätzliche Aufgabe übertragen: die Regelung der Bremskraftverteilung zwischen Vorder- und Hinterachse. Diese ist beim Pkw fest vorgegeben und muss vom Fahrer nicht beeinflusst werden.

Diese zusätzliche Aufgabe bei der Führung des Fahrzeuges kann gerade in Extremsituationen den Normalfahrer überbeanspruchen, wie aus der bei *fzd* durchgeführten Motorradforschung bekannt ist [Funke 2004], [Weidele 1993].

Das dritte Ziel der Fahrdynamikuntersuchungen am Quad ist somit die Benennung der durch die Aufteilung in zwei getrennt anzusteuernde Bremskreise auftretenden Gefahrenpotentiale.

Bei allen angestellten Untersuchungen wird besonderes Augenmerk auf die fahrdynamischen Spezifika von Quads im Vergleich mit Pkw gerichtet.

Auch erfahrene Fahrlehrer sind in der Regel mit den speziellen Anforderungen, die das Führen eines Quads an den Lenker stellt, nicht vertraut. Diese Anforderungen gilt es zu benennen und entsprechende Empfehlungen abzuleiten.

3.2 Verletzungspotential und Verletzungsschutz

Teilt man - vorläufig arbeitshypothetisch - die Quad-Fahrzeuge in die Kategorie der "Kipper"-

Quads und die der "Drifter" - Quads ein, so ergibt sich hieraus in Verbindung mit weiteren Unfallgegebenheiten (z.B. Schutzplanken [Schueler et. al. 1984]), der Ausgangspunkt zur Feststellung eines quadspezifischen Verletzungspotentials.

Das erste Untersuchungsziel besteht in der Identifizierung dieses Verletzungspotentials als Voraussetzung zur Definition eines effizienten Verletzungsschutzes.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich bei Quad-Aufsassen um äußere Verkehrsteilnehmer ohne schützende Fahrzeugumgebung handelt, für die sowohl unter dem Gesichtspunkt des passiven Unfallschutzes als auch unter dem der aktiven Verkehrssicherheit die Funktion von Schutzhelmen [ECE R-22] von besonderer Bedeutung ist [Schueler et. al. 1985].

Bezüglich des Risikos von Kopfverletzungen teilen amerikanische Quellen mit, dass in den USA bei der Mehrzahl tödlich verunglückter Quadaufsassen Kopf und Halsverletzungen die Todesursache waren [ATV Injury Fact Sheet].

Aus der Untersuchung von Motorradunfällen unter besonderer Berücksichtigung des Verletzungsschutzes werden Untersuchungsaspekte deutlich, die weitgehend analog auch zur Erarbeitung von Erkenntnissen bezüglich des Verletzungsschutzes von Quad-Aufsassen übertragbar sind [Schueler 1986].



Abb.2 Laboruntersuchung eines unfallbeanspruchten Schutzhelmes mit entnommener und vermessener Schutzpolsterung

Als zweites Untersuchungsziel liegt es daher nahe, unter diesem Gesichtspunkt die Rekonstruktion und Analyse ausgewählter Quadunfälle durchzuführen. Die Erhebung der Unfälle ist - zumindest temporär - in einem hinreichend großen Erfassungsgebiet angesetzt, um hiernach mögliche Aussagen mit den Ergebnissen einer ausreichenden Anzahl untersuchter Unfälle zu untermauern. Wesentliches Teilziel ist hierbei die Optimierung des Verletzungsschutzes von Quad-Aufsassen.



Abb.3 Untypische Frontalkollision zwischen einem Quad und einem Pkw mit einer Relativgeschwindigkeit von ca. 80 km/h; der Mitfahrer wurde tödlich verletzt; der Fahrer überlebte (!) mit schwersten multiplen Verletzungen.

Anhaltspunkte hierzu können einer amerikanischen Studie entnommen werden.

Nach dieser Studie der Universität Arkansas [Bhutta et. al. 2004] wurden im Zeitraum 1998 bis 2001 141 jugendliche und heranwachsende Aufsassen nach Quadunfällen hinsichtlich der erlittenen Verletzungen untersucht.

Zusammenfassend ergab sich, dass sich die Verletzungsschwerpunkte auf Frakturen der Extremitäten (Schwerpunkt Femurfraktur) in 38% beziehen; an zweiter Stelle standen Verletzungen des Zentralen Nervensystemes, hiervon Gehirnverletzungen in 19% der beobachteten Verletzungen (bei einer Helmtragequote von unter 70%). Als weiterer Verletzungsschwerpunkt wird der Körperrumpfbereich genannt.

Zur allgemeinen Verletzungssituation wird angegeben, dass knapp die Hälfte aller bei Quadunfällen erlittenen Verletzungen auf Jugendliche und Heranwachsende entfallen, wobei diese Altersgruppe nur 14% der Quadfahrer repräsentiert.

Für das Jahr 2000 wird für die USA eine Gesamtzahl von 344 tödlichen Quadunfällen genannt [Annual Report of ATV Death and Injuries, 2002]

Das dritte Untersuchungsziel besteht in der systematischen Ermittlung typischer Ursachen bei Quadunfällen und hiermit verbundenen typischen Fehlverhalten von Quadfahrern, bzw. Aufsassen. Diese Ergebnisse werden einbezogen bei der Formulierung von Verkehrssicherheitsempfehlungen für Quadnutzer.

4 METHODEN

Die drei Säulen wissenschaftlicher Forschung – Reproduzierbarkeit, Übertragbarkeit und Nachvollziehbarkeit – bilden auch innerhalb der Facharbeitsgruppe Quad-Sicherheit (Fag QS) den Maßstab für die Erarbeitung, die Diskussion und den Abgleich der Untersuchungsergebnisse.

Detaillierte Fahrdynamikuntersuchungen werden zunächst an einem 50er-Quad durchgeführt, welches auf eine Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h beschränkt ist (neue Fahrerlaubnisklasse S), wobei auch die Auswirkungen von Missbrauch (z.B. durch Tuning, zu große Zuladung, etc.) und der damit verbundenen erhöhten Fahrgeschwindigkeit bzw. veränderten fahrdynamischen Eigenschaften betrachtet werden.

Für die Untersuchungen wird das Fahrzeug mit umfangreicher Messtechnik ausgestattet. Hierzu gehören unter anderem ein hochgenauer optischer Geschwindigkeitsmesser, Sensoren zur Bestimmung der Wank- und Nickrate sowie eine Vorrichtung zur Bestimmung der Kippfahrt.

Das ausgewählte Versuchsfahrzeug Nr. 1 (s. Abb. 1) ist ein Standardfahrzeug im Bereich der unter die Kategorie S fallenden Kleinstquads mit 50 ccm Hubraum. Es ist vorne mit Einzelradaufhängung und Dreiecksquerlenkern (Pendelachse) und hinten mit einer Schwinge mit Starrachse ausgestattet; eine Konfiguration, die durchgängig bei Quads dieser Größe vorzufinden ist.

Um die Übertragbarkeit der am "S-Klasse-Quad" in den Fahrversuchen gewonnenen Ergebnisse auf die stärker motorisierten Fahrzeuge mit 400 ccm Hubraum und mehr zu gewährleisten, werden analoge Fahrversuche auch mit einem solchen "großen" Quad (Versuchsfahrzeug Nr. 2) durchgeführt.

Der Ablauf der Fahrversuche orientiert sich durchgehend an dem von Standardversuchen, wie sie aus dem Pkw-Bereich bekannt sind. Dies dient zum einen der Vergleichbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse mit denen aus dem Pkw-Bereich, zum anderen der Nachvollziehbarkeit der Untersuchungen durch einen fachkundigen Personenkreis.

Alle Untersuchungen werden von fahrzeugtechnischen Experten mit geeigneter persönlicher Schutzkleidung auf einem der TU Darmstadt eigenen abgesperrten Testgelände durchgeführt.

Parallel zu den Fahrdynamikuntersuchungen erfolgen die Untersuchungen quadeigentümlicher Unfallrisiken und Verletzungspotentiale. Neben den o.g. Erkenntnisquellen wird hier ein Abgleich der Fortschrittsergebnisse von fahrzeugtechnischen und fahrdynamischen Untersuchungen mit den Fortschrittsergebnissen der Gefährdungsanalyse und Unfalluntersuchungen auf beiden Seiten neue Fragen zur Beantwortung offen legen, eine gemeinsame interdisziplinäre Sicht schärfen und die letztlich zu erarbeitenden Empfehlungen nachvollziehbar machen.

5 UNTERSUCHUNGSSCHWERPUNKTE

5.1 Fahrzeugtechnik und Fahrdynamik

In Voruntersuchungen wurden bereits die fahrdynamischen Besonderheiten eines Quads identifiziert. Hieraus ergeben sich die folgenden Schwerpunkte für die geplanten Untersuchungen:

- Kippverhalten
- Ausweichen (Doppelter Spurwechsel)
- Bremsen bei Kurvenfahrt
- Eigenlenkgradient
- Bremsweg
- Einfluss der Bremskraftverteilung

Zur Durchführung der Fahrversuche können auf dem abgesperrten Testgelände gesicherte Fahrparcours aufgebaut und vermessen werden.

Alle Fahrversuche werden mit Hilfe des am Fachgebiet vorhandenen Know-hows auf den Gebieten der Fahrdynamik, der Messtechnik und der Datenverarbeitung ausgewertet.

5.2 Verletzungspotential und Verletzungsschutz

Aus dem Ansatz der hypothesengestützten Identifizierung quadspezifischen Verletzungspotentiales einerseits und der prospektiven Analyse von Quadunfällen andererseits ergeben sich die Schwerpunkte dieser Untersuchungen:

- Kinematische Gegebenheiten, exponierte Körperregionen
- Typische Unfallkonstellationen
- Situation beim Anprall gegen Schutzplanken
- Nachstürzendes Quad
- Besonderheiten bei Soziusbetrieb
- Zu erwartender Verletzungsschutz durch Schutzhelme und Schutzausrüstung

Die Ermittlung des quadspezifischen Verletzungspotentiales und die Durchführungen der Unfallanalysen erfolgen mit der am Institut für Rechts- und Verkehrsmedizin Heidelberg aus Projekten der Unfallforschung vorhandenen Erfahrung und der traumatomechanischen Wissensgrundlage.

6 VERKEHRSPSYCHOLOGISCHE UNTERSUCHUNG

Im Hinblick darauf, dass angenommen werden kann, dass es sich bei den Fahrerinnen und Fahrern von Quads um ein spezifisches Populationskollektiv mit speziellen Persönlichkeitseigenschaften, möglicherweise auch speziellem Risikobewusstsein handelt, soll unter verkehrspsychologischen Gesichtspunkten eine persönlichkeitsdiagnostische Untersuchung durchgeführt werden. Hierzu werden einerseits standardisierte Persönlichkeitsfragebogen, andererseits projektbezogene Fragebogen eingesetzt, die vor allem Aspekte des Risikoverhaltens, des „Sensation-Seekings“ und der Fähigkeit der Bewältigung sozialer Konflikte im Straßenverkehr erfassen.

Die Untersuchungskollektive setzen sich aus „erfahrenen“ Quadfahrern sowie aus Quad-Fahrschülern zusammen.

7 KOMPATIBILITÄT

Bezüglich der Kompatibilität von Quads werden zwei Gesichtspunkte untersucht:

Die Aktive Sicherheit im Sinne einer gemeinsamen, sicheren Nutzung des Verkehrsraumes, sowie die Passive Sicherheit von Quads, d. h. ein spezifisches Risiko bei Unfällen mit anderen Verkehrsteilnehmern.

8 UMSETZUNG DER ERGEBNISSE

Die Ergebnisse sollen in ihrer Umsetzung nutzbar gemacht werden für „freiwilliges Dazulernen“ und für Aufklärung der betroffenen Fahrzeuglenker zur Vermeidung typischer Fahrfehler sowie bzgl. der Nutzung persönlicher Schutzausrüstung. Sie sollen auch nutzbar gemacht werden hinsichtlich der Ergänzung und Vertiefung von Fahrausbildung und Prüfungsanforderungen.

Ferner dienen die Ergebnisse möglicherweise zur Vorbereitung von Entscheidungen im Rechtsraum und bei forensischen Begutachtungen.

Schließlich könnten die Untersuchungsergebnisse auch hinsichtlich Konstruktion und Gestaltung von Quads ihren Niederschlag finden.

Da das vorgestellte Projekt der „AGQuS“ in Zusammenarbeit des Institutes für Rechts- und Verkehrsmedizin, TBU, Universitätsklinikum Heidelberg mit dem Fachgebiet Fahrzeugtechnik der Technischen Universität Darmstadt als Inhouse-Forschung angeschoben wurde, ist unter Berücksichtigung der Entwicklung der Themenrelevanz einerseits in besonderem Maße auf eine kostenschonende, effiziente Bearbeitung zu achten, zum anderen ist eine

materielle und finanzielle Unterstützung von außen willkommen, wenn nicht erforderlich.

9 LITERATUR

Baumann F (2003), Untersuchungen zur dynamischen Rollstabilität von Personenkraftwagen, Dissertation an der TU Darmstadt, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Bericht Nr. 552, VDI-Verlag, Düsseldorf

Funke J, Winner H (2004), Anforderungen an künftige Kraftrad-Bremssysteme zur Steigerung der Fahrsicherheit, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (bast), Fahrzeugtechnik, Heft F 46, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven

Weidele A (1993), Untersuchungen zum Bremsverhalten von Motorrädern unter besonderer Berücksichtigung der ABS-geregelten Kurvenbremsung, Dissertation an der TU Darmstadt, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Bericht Nr. 210, VDI-Verlag, Düsseldorf

Schueler F, Bayer G, Mattern R, Helbling M (1984), Der Körperanprall gegen Schutzplanke beim Verkehrsunfall motorisierter Zweiradbenutzer, Forschungshefte Zweiradsicherheit, Band 2 des Inst. f. Zweiradsicherheit e.V., Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven

ECE-Regelung Nr. 22 "Schutzhelme und Visiere", Änderung 05, Ergänzung 1 vom 20. 02. 2002, 51. Ergänzungslieferung 01/05; Fz-Technik ECE, Ordner 6, Kirschbaum Verlag, Bonn

Schueler F, Mattern R, Helbling M (1985), Wirksamkeit von Elementen des passiven Unfallschutzes, in: Schutzhelme für motorisierte Zweiradfahrer, Band 3, Forschungsheft 114 Hrg.: Bundesanstalt für Straßenwesen Bergisch-Gladbach

ATV Injury Fact Sheet (2004), Washington (DC): NSKC; http://www.preventinjury.org/PDFs/ATV_INJURY.pdf

Schueler F (1986), Der Beitrag von Straße, Verkehrseinrichtungen und persönlicher Schutzausrüstung zur passiven Sicherheit von Motorradaufsassen, Tagung VDI Gesellschaft Fahrzeugtechnik, München, Bericht Nr. 577, VDI-Verlag, Düsseldorf

Bhutta S T, Greenberg S B, Fitch S J, Parnell D (2004), All-terrain vehicle injuries in children: injury patterns and prognostic implications; *Pediatr. Radiol.* 34: 130-133

US Consumer Product Safety Commission (2002) Annual Report of ATV Death and Injuries, Washington DC

10 ANSCHRIFTEN DER AUTOREN

*) Anm.: die Autoren sind Mitglieder der Facharbeitsgruppe "Quad-Sicherheit" / (AGQuS)

Heidelberg:
Dipl.-Ing. F. Schueler; (e-mail: florian.schueler@med.uni-heidelberg.de)
Institut für Rechtsmedizin und Verkehrsmedizin (Direktor: Prof. Dr. med. R. Mattern)
Universitätsklinikum Heidelberg,
Fachgebiet Technologische Biomechanik und Unfallforschung / TBU
Voss-Str. 2; 69020 Heidelberg

Darmstadt:
Dipl.-Ing. Tobias Niemz;
(e-mail: niemz@fzd.tu-darmstadt.de)
Fachgebiet Fahrzeugtechnik / fzd
(Leiter: Prof. Dr. rer. nat. H. Winner;
e-mail: winner@fzd.tu-darmstadt.de),
Technische Universität Darmstadt,
Petersenstr. 30; 64287 Darmstadt