

5.5 Der Motorradunfall

Als Zweiradunfälle werden sowohl Motorrad-, Mofa- als auch Fahrradunfälle betitelt. Von Unfällen mit Fahrrädern grenzen sich Unfälle schwerer Motorräder einerseits durch die höhere Masse und andererseits durch das deutlich höhere Geschwindigkeitsniveau ab.

In Relation zum Führen eines Pkw ist zu berücksichtigen, dass ein Motorradfahrer sein Fahrzeug in der Bewegung lediglich über die aus der Drehbewegung der Räder resultierenden Kreiselkräfte stabilisieren kann. Während im Geschwindigkeitsbereich unter ca. 15 km/h im Wesentlichen der Fahrer für das Gleichgewicht des Motorrads verantwortlich ist, stabilisiert sich im Geschwindigkeitsbereich zwischen 15 und 40 km/h das Motorrad selbst durch die Kreiselkräfte der Räder. Bei Geschwindigkeiten über 40 km/h wird das System Motorrad / Fahrer in Bezug auf Geradeausfahrt wieder labiler. Man kann diesen Bereich auch als quasistabil bezeichnen. Die Dämpfung des Systems neigt allerdings dazu, durch Störgrößen induzierte Schwingungen zügig wieder abzubauen. Konstruktive Besonderheiten können sich in Bewegungsformen wie Flattern, Pendeln oder Lenkerschlagen auswirken.

Bei der Analyse von Unfällen mit Motorradbeteiligung kann man die Rekonstruktion in drei Phasen unterteilen. Die Übergänge sind fließend: Einlaufphase, Kollisionsphase und Auslaufphase. Die Einlaufphase ist geprägt durch die Verdichtung der Gefahr, die anschließende Reaktion und der sich aus der Situation ergebenden Abwehrstrategie. In der Kollisionsphase kommt es zum Impulsaustausch zwischen den Kollisionspartnern. In der Auslaufphase trennen sich Fahrer und Motorrad typischerweise voneinander. Aus diesem Grunde ist die Vorwärtssimulation (siehe «Programme zur Unfallanalyse») bei der Analyse von Motorradunfällen bislang von eher untergeordneter Bedeutung. Die Trennung von Zweirad und Aufsassen lässt sich derzeit in der Vorwärtssimulation nicht auf einfache Weise berücksichtigen. Wenn die Endlagen des Motorrads und des Aufsassen sich nicht wesentlich voneinander unterscheiden, kann eine Vorwärtssimulation zu sinnvollen Ergebnissen führen.

Für die Rekonstruktion von Motorradunfällen eignet sich deshalb i.d.R. eher die sog. Rückwärtsrechnung. Im ersten Rekonstruktionsschritt werden aus den Endstellungen der Fahrzeuge die Geschwindigkeiten unmittelbar nach der Kollision bestimmt. Anschließend können über Impulssatz, Drallsatz und / oder Energiebetrachtungen die Geschwindigkeiten der Kollisionspartner bestimmt werden. Die Geschwindigkeit zum Zeitpunkt der Unfalleinleitung wird

durch eine Analyse der Einlaufbewegung ermittelt. Deshalb werden im Folgenden die Rekonstruktionsschritte in rückwärts-chronologischer Reihenfolge behandelt.

5.5.1 Auslaufphase

5.5.1.1 Rutschverzögerungen

Die Auslaufphase des Motorrads gliedert sich in die Sturz- und in die Rutschphase, während für den Aufsassen zusätzlich eine Flugphase zu berücksichtigen ist, in der sich der Aufsasse je nach Anstoßkonfiguration am Motorrad oder am Kollisionspartner verhaken kann.

Für die Analyse der Auslaufphase müssen neben dem Kollisionsort die Endlagen des Motorrads und des Aufsassen bekannt sein. Diese sind bisweilen nicht in die Verkehrsunfallskizze eingetragen. Das Motorrad ist oft schon wieder aufgerichtet und der meist verletzte Fahrer wird durch Rettungskräfte versorgt. Ein Hinweis auf die Endpositionen sind Kraftstoff- oder Blutflecken auf der Fahrbahn oder Verbandsmaterial, das auf die Endlage hindeutet.

Während der Rutschphase zeichnet das Motorrad typischerweise Kratzspuren auf der Fahrbahn. Diese beginnen oft nicht gleich beim ersten Aufprall auf die Fahrbahnoberfläche, sodass die Kratzspuren lediglich die Mindestrutschstrecke belegen. Beginnen die Spuren erst deutlich hinter dem Kollisionsort, sollte man die maximale Sturzdauer berechnen (siehe Abschnitt 5.5.3.5) und darüber die rollend zurückgelegte Strecke bestimmen.

Dabei muss unterschieden werden, ob der Sturz durch die Kollision eingeleitet oder durch Fehler beim Bremsen verursacht wurde. Im ersten Fall ist von einer kürzeren Sturzdauer auszugehen. Die Rutschverzögerung wird üblicherweise dadurch ermittelt, dass ein Motorrad bei definierter Fahrgeschwindigkeit auf die Fahrbahn abgeworfen und die Rutschstrecke gemessen wird. Das Motorrad wird – aufrecht oder liegend – am Heck eines Pkw befestigt und während der Fahrt abgeworfen. Alternativ ist der Reibbeiwert dadurch zu bestimmen, dass das Zweirad an einer Handwaage über die Fahrbahnoberfläche gezogen wird. Diese Methode bietet sich vor allem bei der Unfallaufnahme an. Konstruktionsbedingt sind die Geschwindigkeiten, bei denen die Reibwerte ermittelt werden, niedriger als bei den Abwurfversuchen.

In frühen Untersuchungen zur Bestimmung der Rutschweite wurde noch nicht nach den Zweiradarten getrennt (Fahrrad, Mofa, Moped, Motorrad), sodass die daraus resultierende Bandbreite in der Verzögerung mit $5 \dots 9 \text{ m/s}^2$ ver-

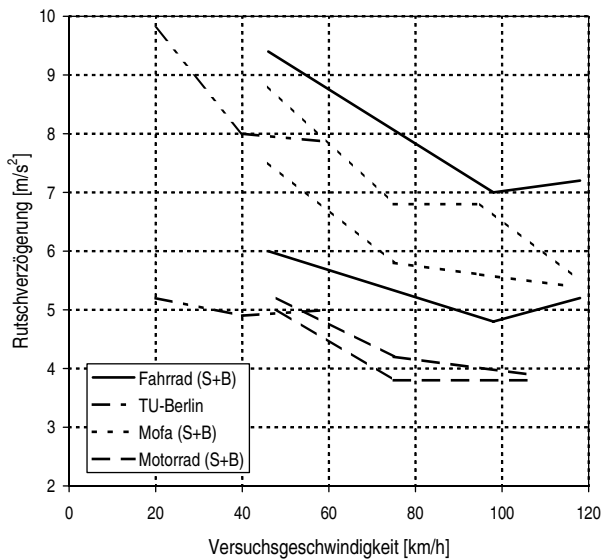


Abb. 5.5.1: Rutschverzögerungen von Motorrädern auf trockener Fahrbahn [B1]

gleichsweise groß war. Der Geschwindigkeitsbereich der Messungen lag zwischen 20 und 60 km/h. Eine Unterscheidung hinsichtlich der besagten Gruppen erfolgte erstmals in [B1]. Abb. 5.5.1 belegt, dass die Rutschverzögerung schwerer Motorräder weniger stark streut als diejenige von Fahrrädern und Mofas. Die Streubreite der Ergebnisse nimmt mit zunehmendem Fahrzeuggewicht ab, die Verzögerungen fallen im Allgemeinen mit steigender Geschwindigkeit geringer aus. Die Ursache der geringeren Streubreite schwerer Motorräder liegt darin, dass sich die Lage zur Fahrbahnoberfläche während des Rutschvorganges aufgrund der großen Masse nicht oder nur wenig ändert. Bei leichteren Fahrzeugen wie dem Mofa oder dem Fahrrad kann es zu Verhakungen mit dem Asphalt oder zu Überschlagen kommen.

Bei den oben beschriebenen Versuchsaufbauten wurde jeweils das Motorrad vom Heck eines Pkw abgekippt. Gemessen wurde die Abwurfgeschwindigkeit sowie die Rutschstrecke, ausgehend vom ersten Aufschlagpunkt auf der Fahrbahnoberfläche. Die Ausgangsgeschwindigkeit $v_{A,0}$ stimmt letztlich nicht mit der Abwurfgeschwindigkeit v_A überein

$$v_{A,0} = v_A - \Delta v. \quad (5.5.1)$$

D.h., dass durch den Formelzusammenhang

$$a_m = \frac{v^2}{2s} \quad (5.5.2)$$

der durch das Aufschlagen bedingte Geschwindigkeitsverlust in der mittleren Beschleunigung bereits enthalten ist.

Rechnet man nun einfach mit der Abwurfgeschwindigkeit, so berechnet sich zwangsläufig eine zu hohe Verzögerung. Die Frage des tatsächlich vorliegenden Geschwindigkeitsverlustes ist noch nicht untersucht. Geht man davon aus, dass Δv unterproportional mit v_A wächst, so schwächt sich der Effekt bei höheren Geschwindigkeiten ab. Geht man hingegen davon aus, dass Δv proportional mit v_A wächst, also

$$\Delta v = c v_A \quad (5.5.3)$$

so bleibt auch der Fehler konstant.

In [B2] wurden die Rutschversuche auf nasse Fahrbahnen erweitert. Diese führten infolge der reduzierten Verzögerung gegenüber der trockenen Fahrbahnoberfläche zu sich vergrößernden Rutschweiten, Abb. 5.5.2. Es wurde festgestellt, dass die aus Versuchen abgeleitete mittlere Rutschverzögerung zumindest bei Fahrrädern im unteren Geschwindigkeitsbereich in einem erheblichen Maße von der gewählten Versuchsanordnung abhängig ist. In unterschiedlichen Versuchsanordnungen wurde untersucht, welchen Einfluss die Art des Abwurfs (stehend oder liegend) auf die Gesamtverzögerung hat. Durch den Impulsverlust beim Aufschlagen des zuvor stehenden Fahrrads auf die Fahrbahnoberfläche errechnet sich gerade bei niedrigen Geschwindigkeiten eine höhere mittlere Rutschverzögerung als bei dem liegend

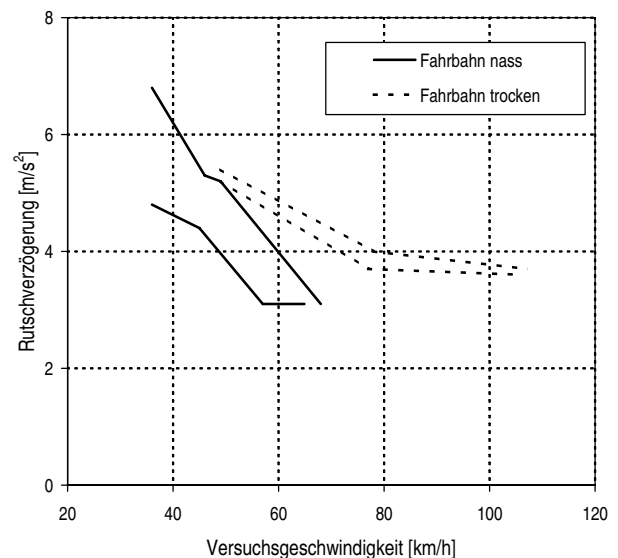


Abb. 5.5.2: Rutschverzögerungen von Motorrädern auf nasser Fahrbahn [B2]

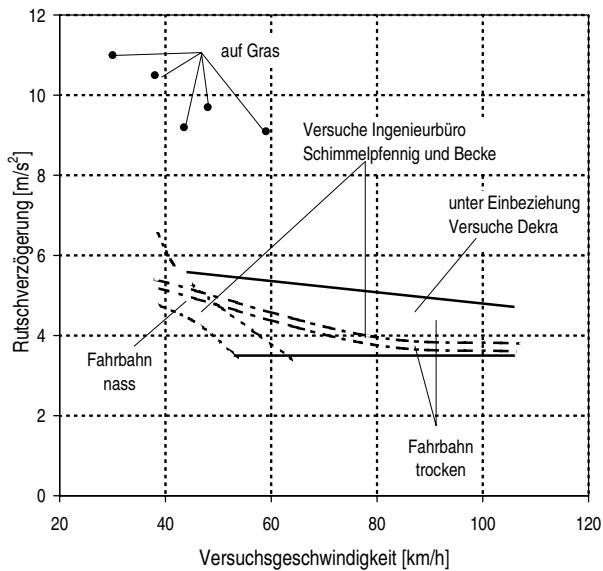


Abb. 5.5.3: Rutschverzögerungen unverkleideter Motorräder auf Asphalt und Gras [G1]

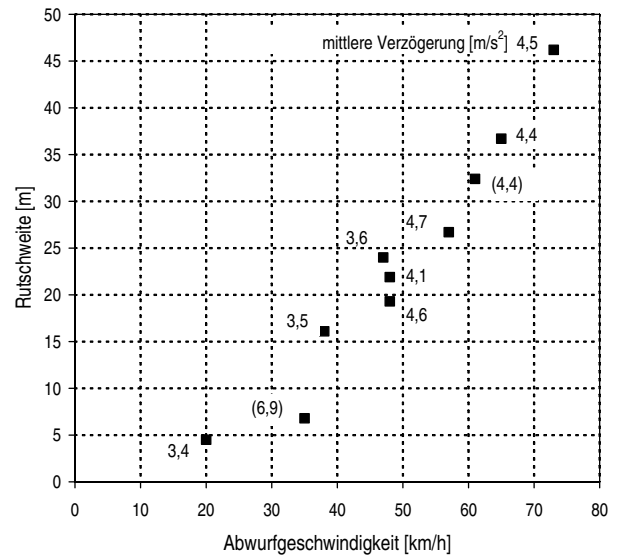


Abb. 5.5.5: Rutschweite und Rutschverzögerung eines ausgewählten Motorrollers [W1]

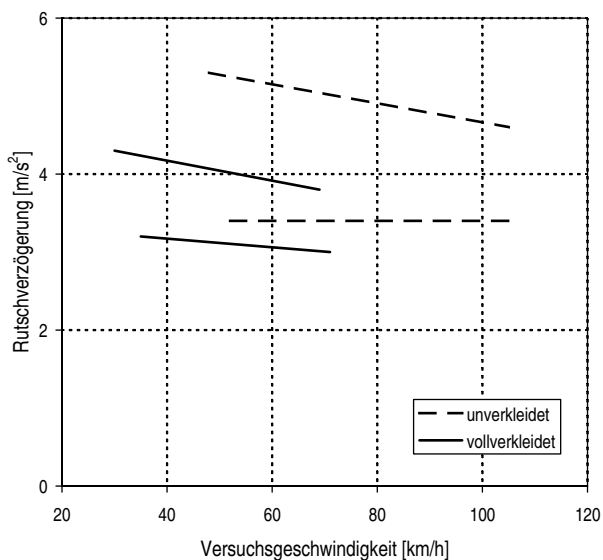


Abb. 5.5.4: Rutschverzögerungen vollverkleideter und unverkleideter Motorräder auf trockener Fahrbahn [G1]

abgeworfenen Fahrrad. Diese Tatsache wirkt sich bei deutlich schwereren Motorrädern insbesondere in höheren Geschwindigkeitsbereichen vernachlässigbar gering aus.

Weil vollverkleidete Motorräder weniger exponierte Bauteile aufweisen, sind die Rutschverzögerungen gegenüber unverkleideten Motorrädern noch deutlich geringer, Abb. 5.5.3 und Abb. 5.5.4 [G1]. Auch seitlich montierte Koffer vermindern die Rutschverzögerung, da exponierte Bauteile wie Fußrasten etc. die Fahrbahnoberfläche nicht mehr berühren.

Allen Versuchen zur Bestimmung der Rutschverzögerung ist gemeinsam, dass der Versuchsaufbau das Ergebnis beeinflusst. Je stärker der Geschwindigkeitsabbau des Motorrads beim Aufschlag auf die Fahrbahnoberfläche, desto größer ist natürlich auch die aus Abwurfgeschwindigkeit und Rutschweite errechnete Rutschverzögerung.

Die Rutschweiten eines Motorrollers (Honda Lead 125) auf trockener Asphaltfahrbahn sind in Abb. 5.5.5 dargestellt [W1]. Der Roller wurde aus aufrechter Position hinter einem Pkw abgekippt und war mit einer Windschutzscheibe ausgerüstet. Bei den in Klammern gesetzten Versuchen überschlug sich der Roller in der Auslaufbewegung. Daraus lässt sich die hohe Verzögerung von knapp 7 m/s² erklären. Bei dem Rutschversuch mit der Ausgangsgeschwindigkeit 61 km/h stellte sich trotz des Überschlags eine mit den üb-



Abb. 5.5.6: Versuchsanordnung

rigen Rutschverzögerungen auf gleichem Niveau liegende Auslaufverzögerung ein. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Überschlag bereits in der ersten Flugphase erfolgte.

Um Aufschluss über die postkollisionäre Geschwindigkeit zu bekommen, wurden bei der niederländischen Polizei im Rahmen der Unfallaufnahme teilweise mit dem verunfallten Motorrad noch an der Unfallstelle Schleppversuche durchgeführt. Die erforderliche Zugkraft zur Überwindung der Reibung wurde durch eine Kraftmessdose gemessen. Hierüber wurde anschließend die Rutschverzögerung bestimmt. In [B3] wurde versucht, durch eine geeignete Versuchsan-

ordnung im herkömmlichen Stil, bei der das bereits um 90° gekippte Motorrad knapp oberhalb der Fahrbahnoberfläche ausgeklinkt wurde, die mit Hilfe der Kraftmessdose gemessenen Verzögerungswerte während des Schleppvorgangs zu verifizieren, Abb. 5.5.6. Die Versuche in Tab. 5.5.1 beziehen sich auf eine nasse Fahrbahnoberfläche mit unterschiedlichen Motorradtypen (Straßenmotorrad vollverkleidet, Enduro, Roller).

Es fällt auf, dass zwischen den Rutsch- und den Schleppversuchen teilweise Unterschiede von mehr als 1 m/s² in der mittleren Verzögerung auftreten. Die Abweichung zwischen den unterschiedlichen Versuchsmethoden ist nicht stets gleich. Mal ist die Verzögerung beim Schleppversuch, mal beim Rutschversuch größer. Daraus folgt, dass allein anhand eines Zugversuches kein eindeutiger Rückschluss auf die Rutschverzögerung erfolgen kann.

Interessant ist ferner die sowohl bei der Honda wie auch bei der Suzuki vorliegende geringere Rutschverzögerung bei geringeren Ausgangsgeschwindigkeiten. In früheren Versuchen, bei denen das Zweirad aus einer aufrechten Position abgeworfen wurde, resultierten eher geringere Verzögerungen bei höheren Ausgangsgeschwindigkeiten, die sich GOLDER mit dem Geschwindigkeitsabbau durch das Aufschlagen auf die Fahrbahn erklärt. Warum im vorliegenden Fall bei der liegenden Anordnung des Motorrads die Rutschverzögerung bei niedrigen Geschwindigkeiten geringer ist, bleibt offen. Möglicherweise ist es in der geringen Anzahl der Versuche begründet.

Der Vergleich der Messmethoden verdeutlicht jedenfalls, dass die über den Zugversuch bestimmten Verzögerungen

S+B Rutschversuche				LVBT Schleppversuche			
		Gewicht [kg]			Gewicht [kg]		
Honda BoldÓr		250		Honda	248		
Suzuki DR 650 RS		170		Suzuki	165		
Hercules Roller SR 50		75		Hercules	81		
Motorradtyp	v [km/h]	Rutschabstand [m]	a [m/s ²]	a [m/s ²]	Schleppabstand [m]	Gemessene F [N]	T Asphalt [°C]
Honda	77	56,6	4,0 ± 0,2	4,3 ± 0,1	58	1060	18
Honda	55	40,4	2,9 ± 0,0	4,3 ± 0,1	160	1060	20
Honda	35	20,6	2,3 ± 0,1	3,5 ± 0,1	166	860	19
Suzuki	77	49,4	4,6 ± 0,3	3,8 ± 0,2	110	620	19
Suzuki	55	31,8	3,7 ± 0,1	3,4 ± 0,4	107	560	19
Suzuki	35	18,7	2,5 ± 0,1	-	-	-	-
Hercules	77	63,7	3,6 ± 0,2	4,7 ± 0,4	92	380	20

Tab. 5.5.1: Vergleich der auf nasser Fahrbahn gemessenen Rutschverzögerungen [B3]; Messung des Gewichts mittels Kraftmessdose