

Empirische Untersuchung des Spurwechsels und Ausweichens von einspurigen Fahrzeugen

Von Hubert Rauscher*

Während es für Mehrspurfahrzeuge Berechnungsmethoden für den Fahrspurwechsel gibt, stehen solche für die Analyse bei einspurigen Fahrzeugen nicht zur Verfügung. Das Ingenieurbüro Plöching hat Fahrversuche mit verschiedenen Motorrädern und Motorradfahrern durchgeführt. Die Versuchsergebnisse werden mit bereits vorhandenen Rechenansätzen verglichen und es wird geprüft, ob ein bereits bestehendes Berechnungsverfahren durch einen Korrekturfaktor angepasst werden kann.

1 Problemstellung

In der täglichen Praxis sind regelmäßig die zeit- und wegmäßigen Zusammenhänge bezüglich eines Fahrspurwechsels von den verschiedenen Fahrzeugen (Einspurfahrzeuge oder Mehrspurfahrzeuge) zu beurteilen.

Als Beispiel soll hier eine regelmäßig auftretende Verkehrssituation dienen: Ein vorausfahrender Lkw beabsichtigt, ein Linksabbiegemanöver durchzuführen. Ein nachfolgender Motorradfahrer beabsichtigt, den vorausfahrenden Lkw zu überholen.

Wenn es während des Überholvorgangs des Motorradfahrers und des Abbiegevorgangs des Lkws zur Kollision kommt, ist die regelmäßige Fragestellung von Gerichtsseite an den unfallanalytischen Sachverständigen, ob der Motorradfahrer zu dem Zeitpunkt, als der Lkw-Fahrer den Abbiegevorgang letztendlich eingeleitet hatte, bereits als zu überholendes Fahrzeug zu erkennen war oder nicht.

Für die Beantwortung dieses Beweisthemas ist es erforderlich, dass das weg- und zeitmäßige Annäherungsverhalten der unfallbeteiligten Fahrzeuge (Lkw und Motorrad) gegenübergestellt wird.

Bei der Analyse des Annäherungsverhaltens des unfallbeteiligten Motorradfahrers tritt die Problematik dann voll zu Tage. Bis dato gibt es kein geeignetes Berechnungsverfah-

ren, welches auch nur annähernd die genauen weg- und zeitmäßigen Zusammenhänge des Fahrspurwechsels bei Einspurfahrzeugen wiedergibt.

2 Zielsetzung

Ziel der durchgeführten Realversuche war es, eine Bestandsaufnahme über mögliche Berechnungs- und Rekonstruktionsverfahren und deren Abweichungen festzustellen.

Darüber hinaus sollte nach Möglichkeit ein neues Berechnungsverfahren entwickelt bzw. ein bereits bestehendes Verfahren durch einen Korrekturfaktor abgeändert werden. Letztendlich sollten auch die Grenzen der Übertragbarkeit von Berechnungsverfahren auf das tatsächliche Realunfallgeschehen geprüft werden.

3 Bisher angewendete Verfahren (mehrspuriges Fahrzeug)

3.1 Schräge Sinuslinie

Im Rahmen einer Dissertationsarbeit entwickelte Spindler [2] diese Berechnungsmethode und veröffentlichte sie bereits im Jahre 1962 an der TU München. Aufgrund der damals gegebenen technischen Möglichkeiten wurden die Schwerpunktbahnen der Fahrzeuge beim Fahrspurwechsel durch fotografische Aufzeichnung festgehalten

und miteinander verglichen. Durch die gemessenen Bahnkurven konnte nun der Krümmungsradius der Kurve ermittelt und daraus folgend die jeweils auftretende Querbesehleunigung berechnet werden.

Die so genannte Wendeklothoide wäre die Funktion, die alle Bahnkurven am besten beschreibt. Da diese Funktion nur sehr schwer im kartesischen Koordinatensystem zu beschreiben ist, entwarf Spindler die Näherungsformel der schrägen Sinuslinie.

Besonders bemerkenswert ist hierbei, dass die Dauer der Ausweichzeit nach der Berechnungsmethode der schrägen Sinuslinie vollkommen unabhängig von der gefahrenen Geschwindigkeit ist und hauptsächlich vom maximalen Seitenversatz abhängig ist.

Durch genaue Überprüfung lässt sich dies leicht bestätigen. Fährt ein Fahrzeug mit niedriger Geschwindigkeit, wird ein geringerer Ausweichweg benötigt, wogegen bei höheren Geschwindigkeiten ein längerer Weg erforderlich ist.

Die Tatsache, dass die Ausweichzeit geschwindigkeitsunabhängig ist, gilt selbstverständlich weder für extrem niedrige noch für extrem hohe Geschwindigkeiten, die an die Grenze des Könnens eines Normalfahrers heranreichen.

3.2 Kreisbogenverfahren

Des Öfteren wird in der Unfallanalytik für die Beurteilung von Fahrspurwechseln auch das Kreisbogenverfahren angewendet.

Das Kreisbogenverfahren wurde von Runkel [3] zur Rekonstruktion des Fahrspurwechsels im Rahmen einer Dissertationsarbeit im Jahre 1969 weiter empfohlen. Die Schwerpunktbahn des fahrspurwechselnden Fahrzeugs setzt sich dabei aus

zwei aneinander gesetzten, gegenläufig gekrümmten Kreisbögen zusammen.

Der Krümmungsradius wird dabei an jeder Stelle der Kurve als konstant angenommen.

Dies würde bedeuten, dass zu Beginn der Kurvenfahrt die daraus resultierende Querbeschleunigung sprunghaft ansteigt. Eine Gegebenheit, die bei realen Fahrspurwechseln sicher nicht gegeben sein kann und bei einspurigen Fahrzeugen (zum Beispiel Motorrad) aufgrund der Schwerpunktverlagerung außerhalb der Fahrspur unweigerlich zum Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug führen würde.

Burg und Rau [4] erkannten die Ungenauigkeiten beider Berechnungsmethoden (schräge Sinuslinie und Kreisbogenverfahren) und machten daher den Vorschlag, das arithmetische Mittel von der schrägen Sinuslinie und der Kreisbogenformel zu bestimmen, da nach Meinung beider Verfasser die Kreisbogenformel zu geringe, die schräge Sinuslinie aber zu große Werte liefere.

4 Fahrdynamische Vorgänge

4.1 Unterschiedliches Fahrverhalten von Auto und Motorrad

Der Fahrspurwechsel von ein- und zweispurigen Fahrzeugen unterscheidet sich im Wesentlichen durch zwei Einflussgrößen.

Zum einen hat das Fahrkönnen eines Motorradfahrers bei normalem Fahrspurwechsel einen viel höheren Einfluss als beim Auto. Während sich der Autofahrer in seiner Fahrgastzelle befindet, in der die Verlagerung des Körpergewichts sicherlich keine merkliche Auswirkung auf das Fahrverhalten haben kann, verschmelzen Motorrad und Motorradfahrer zu einer Einheit.

In dieser Verbindung muss der Fahrzeuglenker, gegebenenfalls auch der Beifahrer, jede Bewegung des Fahrzeugs anpassen, um nicht das harmonische Zusammenspiel zwischen Mensch und Maschine empfindlich zu stören. Eine Störung

würde eine Verringerung der Bahnstabilität hervorrufen. Dies wiederum könnte zum Verlust der Kontrolle über das Motorrad führen.

Kurvenfahrten sind wesentlich geprägt von Flieh- und Gewichtskräften. Die Fliehkräfte entstehen aufgrund der Zentrifugalbeschleunigung, diese wiederum hat ihren Ursprung in der Änderung der Richtung des Geschwindigkeitsvektors, **BILD 1**.

Aus der Zentrifugalkraft F_z unter Höhe des Schwerpunkts h_s entsteht ein Kippmoment, welches das Fahrzeug aus der Kurve nach außen abdrängen möchte. Um diesem Moment entgegenzuwirken, muss der Fahrer das Motorrad um den Winkel α nach innen legen und ein weiteres entgegengesetztes Moment erzeugen, das resultierend aus der Gewichtskraft G und dem Schwerpunktabstand s zur Fahrspurmitte entsteht und dem Kippmoment entgegenwirkt.

4.2 Kippmoment beim Bremsen in Schräglage

Bedingt durch die Schwerpunktverlagerung erzeugt die Bremskraft bei Motorrädern ein zusätzliches Moment.

Der Schwerpunkt der Einheit Motorrad und Motorradfahrer wandert durch die Seitenneigung um den Neigungswinkel α aus der Verbindungslinie der Radaufstandsfläche nach innen.

4.3 Kreiselkräfte

Einen entscheidenden Einfluss auf die Stabilitätsbedingungen eines einspurigen Fahrzeugs haben die Kreiselkräfte. Stößt man einen schnell laufenden Kreisel senkrecht zu seiner Drehachse an, so weicht er nicht in Richtung der Störkraft aus, sondern senkrecht dazu.

Dies zeigt die Dreifinger-Regel der linken Hand:

- Zeigefinger = Drehachse
- Daumen = Stoßrichtung
- Mittelfinger = Ausweichrichtung.

Die Größe des Kreiselmomentes ist abhängig vom Trägheitsmoment des Kreisels, von der Winkelgeschwindigkeit und von der Ausweichgeschwindigkeit.

Beginnt eine Maschine aus der Geradeausfahrt nach links zu kippen, so erhält das Vorderrad ein Kreiselmoment, das die Lenkung in die Kipprichtung einschlagen will. Neben der schnell zunehmenden Zentrifugalkraft erzeugt der Lenkeinschlag aber nun selbst ein Kreiselmoment und beide bemühen sich, die Maschine wieder aufzurichten. Wie weit diese Eigenstabilisierung ohne jedes Zutun des Fahrers gelingt, hängt neben den Daten der Maschine vom zeitlichen Ablauf der auftretenden Kräfte, in entscheidendem Maße also von der Geschwindigkeit der Maschine ab.

Schlägt man dagegen bei Geradeausfahrt den Lenker nach rechts ein, so werden Kreiselkraft und Zentrifugalkraft sofort versuchen, die Maschine nach links zu kippen.

Folgende Regel gilt: Linkskurven werden durch Einschlag des Lenkers nach rechts eingeleitet und umgekehrt – eine physikalische Tatsache, die oft selbst unter Fachleuten noch immer ungläubiges Erstaunen hervorruft – und den Anfängern das Erlernen des Radfahrens so schwer macht [1].

5 Fahrversuche

Im Rahmen einer Diplomarbeit beim Ingenieurbüro Plöchingen wurden mehr als 300 Fahrversuche mit

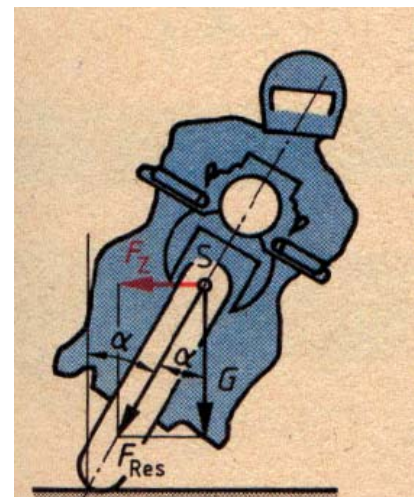


BILD 1: Kräfte und Momente am Motorrad bei Kurvenfahrt

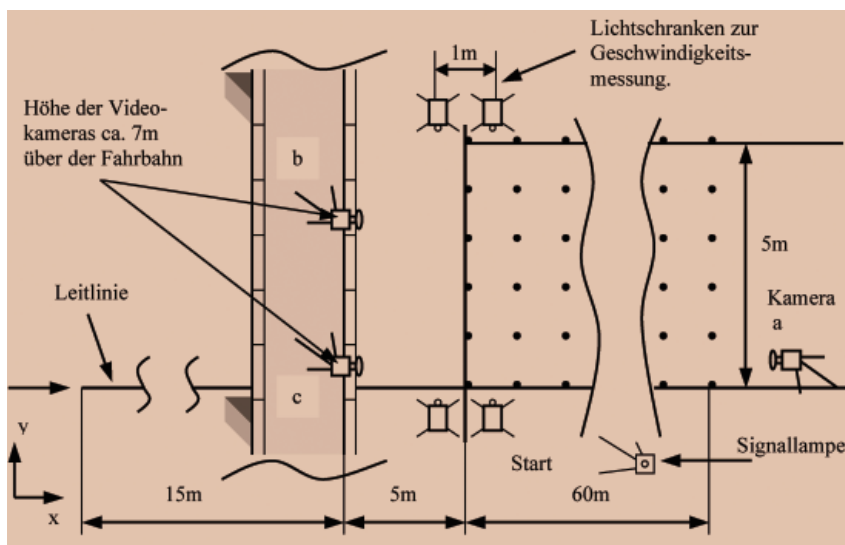


BILD 2: Versuchsaufbau

neun verschiedenen Motorrädern und neun verschiedenen Motorradfahrern durchgeführt. Diese Fahrversuche wurden bildlich dokumentiert und entsprechend ausgewertet. Anschließend wurden die tatsächlich ermittelten Fahrspurwechsel verglichen mit den Ergebnissen der bereits bekannten Berechnungsverfahren (Kreisbogenverfahren, schräge Sinuslinie).

5.1 Verwendete Motorräder

Bei den durchgeführten Versuchen wurden folgende Motorräder eingesetzt:

- Aprilia, Roller, 125 cm³, 9 kW
- Suzuki, Enduro, 350 cm³, 25 kW
- Honda, Chopper, 500 cm³, 36 kW
- Honda, Chopper, 650 cm³, 37 kW
- Honda, Chopper, 500 cm³, 37 kW
- Honda, Straße, 1000 cm³, 72 kW
- Ducati, Straße, 916 cm³, 74 kW
- Triumph, Straße, 955 cm³, 96 kW
- Yamaha, Straße, 1000 cm³, 105 kW.

5.2 Versuchsfahrer

Um eine möglichst große Aussagekraft für die Messergebnisse zu erhalten, wurden die Fahrversuche mit acht verschiedenen Fahrern durchgeführt.

Der jüngste Fahrer hatte ein Alter von 17 Jahren, der älteste war über 50 Jahre alt.

Es wurde auch Wert darauf gelegt, dass die Fahrerfahrung der Piloten unterschiedlich war. So konnte ein

Fahrer eine Fahrleistung von über 100.000 km vorweisen, während andere nur eine Fahrpraxis von wenigen Kilometern hatten.

5.3 Versuchsgelände und Messtechnik

Um einen reibungslosen Versuchsablauf zu ermöglichen, wurde jedem Testfahrer eine Startnummer zugeteilt. Ferner wurde die Versuchsreihe in vier Blöcke aufgeteilt; der erste Block wurde mit einem Seitenversatz von 2 m gefahren, der zweite mit 3 m und der dritte Block mit einem Seitenversatz von 4 m. Jeder einzelne Versuchsblock wurde nochmals, abhängig von der Geschwindigkeit, unterteilt. So mussten alle Fahrer nacheinander den 2-m-Seitenversatz mit 50 km/h, mit 80 km/h und zuletzt mit 120 km/h Richtgeschwindigkeit durchfahren. Als zweiter Versuchsblock wurde mit 3 m Seitenversatz gefahren und als dritter der Versuchsblock mit 4 m Seitenversatz.

Das Einhalten der Richtgeschwindigkeit erwies sich bei allen Versuchen als die eher schwierige Aufgabe für die Testpiloten, da insbesondere bei den verschiedenen Motorrädern die Tachoeinrichtungen von der Realität abweichende Werte anzeigten. Es war daher nicht erstaunlich, dass die Richtgeschwindigkeiten um bis zu +/-10 km/h differierten. Die tatsächlichen Geschwindigkeiten

wurden mit einer Tag-/Heuer-Lichtschranke gemessen. Die Ergebnisse wurden über ein Formblatt festgehalten.

Das Formblatt wurde später bei genauer Auswertung der Bilder, die mit einer Highspeed-Videokamera aufgezeichnet worden sind, vervollständigt.

Die Grafik in BILD 2 dokumentiert den Versuchsaufbau.

Auf der Fahrbahnoberfläche wurde ein Messraster mithilfe von Farbkreide aufgetragen. Im Abstand von 5 m zur Brücke wurde eine Startlinie für die Zeit- und Geschwindigkeitsmessung markiert. Im 90°-Winkel dazu wurden zwei parallele Linien mit einer Länge von zirka 60 m in Längsrichtung zur Fahrbahn gezogen.

Länge und Winkel wurden mit einem Lasermessgerät ausgemessen und auf der Fahrbahnoberfläche markiert.

Zur genauen Aufzeichnung des gesamten Fahrspurwechsels wurden drei Kameras in unterschiedlicher Stellung positioniert. Die Kamera A, mit Position in Front der Versuchsanordnung, nahm den gesamten Bewegungsablauf der Motorräder in der Vorderansicht auf. Diese Aufzeichnungen waren das wichtigste Anknüpfungsmaterial für die spätere Auswertung. BILD 3 zeigt einen Versuch mit 2 m Seitenversatz aus Sicht der Kamera A.

In Position C wurde eine weitere Kamera positioniert. Der Aufnahmebereich dieser Kamera erstreckte sich über die ersten 5 m vor der Startlinie bis zirka 40 m danach. Somit war es möglich festzustellen, ob ein Testfahrer bereits vor der Startlinie mit dem Ausweichmanöver begonnen hatte oder nicht. BILD 4 stellt eine Momentaufnahme aus Sicht der Kamera C dar.

Der letzte Bereich von zirka 30 bis 120 m nach dem Startpunkt wurde von der Kamera B aufgezeichnet.

Zur Geschwindigkeits- und Zeitmessung wurde ein Zeitnehmer, der über eine Lizenz vom DMSB für die Messung im Rennsport verfügt, beauftragt. Die dazu benötigten Lichtschrankenpaare wurden paral-

lel zur Startlinie angebracht. Damit die Kameras synchronisiert werden konnten, wurde ein Lichtsignal auf der Fahrstrecke aufgestellt.

Das Lichtsignal blitzte einmal grell auf, wenn die Maschine die Lichtschranken durchquert hatte. Dadurch konnte bei der Auswertung ein gemeinsamer Startpunkt für die Kameras bestimmt werden.

5.4 Auswertung der Fahrversuche

Der gesamte Bewegungsablauf des Fahrspurwechsels bei Motorrädern ist für eine genaue Betrachtung in drei verschiedene Bereiche zu unterteilen. Der erste Teilabschnitt gilt in dem Moment, in dem der Fahrer den Ausweichvorgang bewusst einleitet.

Dieser Abschnitt benötigt eine Zeitspanne von zirka 0,7 bis 1,0 s. Dieser erste Abschnitt endet mit dem sichtbaren Verlassen der geraden Fahrspur. Der zweite Teilabschnitt beginnt mit dem Erreichen des vorgegebenen Seitenversatzes, wenn der Motorradfahrer wieder beginnt, eine gerade Linie, parallel zur Fahrbahn, zu erreichen.

Der dritte Abschnitt beginnt nun seinerseits in diesem Punkt und endet, wenn die Maschine genau senkrecht zur Fahrbahn steht und die Kreiselkräfte keinen Einfluss mehr auf die Fahrspur haben, das heißt wenn sich das Fahrzeug auf einer geraden Linie stabilisiert hat.

Die Versuchsergebnisse brachten einen weiteren bemerkenswerten Unterschied im Fahrverhalten zwischen Pkw und Motorrad zu Tage. Während ein zweispuriges Fahrzeug in den oben genannten gekennzeichneten Abschnitten 1 und 3 kaum Zeit benötigt, da keine Momente und keine Stabilitätsverluste ausgeglichen werden müssen, braucht ein Auto im Bereich 2 wesentlich länger als ein Motorrad. Diese Tatsache lässt sich folgendermaßen erklären: Jeder Motorradfahrer hat anscheinend in gewisser Weise den kompletten Bewegungsablauf und vor allem die Zeitdauer eines Spurwechselforgangs unterbewusst abgespeichert. Um den selbst vorgegebenen Zeitrahmen von zirka 3,0 bis 3,5 s einzuhalten, bringt der Mo-

torradfahrer bei einem größeren Seitenversatz das Motorrad deutlich in stärkere Schräglage. Dieses Verhalten könnte als Reaktion des vegetativen Nervensystems angesehen werden. Jeder Mensch hat solche Reaktionen verinnerlicht, zum Beispiel beim Stolpern oder beim unterbewussten Verhalten bei einer Vollbremsung (Reflex).

Als ein weiterer Grund ist sicherlich die Lenkradübersetzung zu sehen. Diese ist bei Motorrädern 1:1, während sie bei Pkws meist von zirka 15:1 bis 20:1 variiert.

1° Lenkeinschlag ist bei Motorrädern gleich 1° Reifeneinschlag, während bei Pkws bei einer Übersetzung von 15:1 15° Lenkeinschlag erst 1° Reifeneinschlag bedeutet. Außerdem wird die Kurvenlage bei einspurigen Fahrzeugen noch zusätzlich durch die Verlagerung des Körpergewichts beeinflusst; ein Motorrad reagiert daher nach Kompensation der Kreiselkräfte direkter auf den Lenkeinschlag als ein Pkw.

Aufgrund der beiden genannten Gründe folgt wiederum auf die Zeitdauer, dass der Seitenversatz bei einspurigen Fahrzeugen keinen so hohen Einfluss hat wie bei zweispurigen Fahrzeugen.

Dieses ist bei Kurvenfahrten anzunehmen, die nicht besonders extrem sind, also nicht bei sehr niedrigen oder bei sehr hohen Geschwindigkeiten und auch nicht bei einer Querbeschleunigung, die kleiner als 2 m/s² oder größer als 5 m/s² ist. Die beiden Werte der Querbeschleunigung sind als Grenzwerte zu betrachten, da bei Unter- bzw. Überschreiten des jeweiligen Wertes der extreme Bereich beginnt.

6 Vorschlag für eine neue Berechnungsmethode

Um eine neue Berechnungsmethode zu entwickeln, war eine Gegenüberstellung der Testergebnisse der bekannten Formeln (schräge Sinuslinie und Kreisbogenverfahren) durchzuführen.

Beide Methoden berücksichtigen die Abschnitte 1 und 3 des Fahrspurwechsels bei Motorrädern fast nicht.



BILD 3: Versuch mit 2 m Seitenversatz aus Sicht der Kamera A

Vergleicht man die Berechnungsformeln für schräge Sinuslinien und für Kreisbogenverfahren, so stellt man fest, dass beide Berechnungsmethoden hauptsächlich vom Seitenversatz abhängig sind, im Gegensatz zu den ermittelten Realversuchsergebnissen.

Mit zunehmendem Seitenversatz werden Zeit und Weg, die man benötigt, immer größer, wobei diese Steigerung bei den Testergebnissen flacher verlief. Die Querbeschleunigung hat bei beiden Berechnungsmethoden eine ebenso hohe Bedeutung wie der Seitenversatz.

Durch die Ergebnisse der Fahrversuche gelangt man jedoch zu der Erkenntnis, dass sowohl der Seitenversatz als auch die Querbeschleunigung nur in dem Abschnitt 2 des Fahrspurwechsels einen hohen Einfluss auf das Fahrverhalten haben.

Durch Überprüfung der Messergebnisse und der Formeln gelangt man zu dem Ergebnis, dass für den ersten Abschnitt des Fahrspurwechsels eine Zeitspanne von 0,7 bis 1,0 s zusätzlich zu berücksichtigen ist, bei einer Geschwindigkeit von zirka 50 km/h ein Zeitraum von etwa 1 s, bei einer Geschwindigkeit im Bereich von zirka 120 km/h oder mehr eine Zeitspanne von zirka 0,8 s und ab zirka 150 km/h eine Zeitspanne von rund 0,7 s.

Der dritte und letzte Abschnitt des Fahrspurwechsels bei Motorrädern ist pauschal mit einer Zeitspanne von zirka 0,9 bis 1,2 s zu berücksichtigen. Er unterliegt den gleichen physikalischen Gesetzen wie der Abschnitt 1. Es erweist sich jedoch offensichtlich als schwieriger, ein Motorrad in eine Spur zu bringen als ein Motorrad aus einer Spur herauszubringen.

Bei einer Geschwindigkeit von zirka 50 km/h sind Zeitspannen bis 1,2 s anzusetzen, bei einer Geschwindigkeit von zirka 120 km/h eine Zeit von zirka 1,0 s, ab 150 km/h ist eine Zeitspanne für den 3. Abschnitt von zirka 0,9 s zu berücksichtigen.

Die Methode der schrägen Sinuslinie liefert für ein Motorrad zu große Werte, daher ist es sinnvoller, das Kreisbogenverfahren für den Abschnitt 2 zu verwenden. Da der Seitenversatz bei zweispurigen Fahrzeu-



BILD 4: Momentaufnahme aus Sicht der Kamera C

gen keinen so hohen Einfluss hat, muss die Formel jedoch korrigiert bzw. abgeändert werden. Berücksichtigt man nur $\frac{1}{4}$ des Seitenversatzes, so kommen die errechneten Ergebnisse denen aus den Fahrversuchen am nächsten.

Die Gesamtformel für die Zeit und den Weg setzt sich somit aus allen drei Abschnitten zusammen, Gln. (1) bis (3).

$$\text{Gesamtausweichzeit } t_{\text{ges}} = t_1 + t_2 + t_3$$

$$t_{\text{ges}} = [0,7 \dots 0,9] + 2 \sqrt{\frac{B}{4a_y}} + [0,9 \dots 1,2] \quad \text{Gl. (1)}$$

$$\text{Gesamtausweichweg } s_{\text{ges}} = s_1 + s_2 + s_3$$

$$s_{\text{ges}} = [0,7 \dots 0,9] v_0 + v_0 \cdot 2 \sqrt{\frac{B}{4a_y}} + [0,9 \dots 1,2] v_0 \quad \text{Gl. (2)}$$

Querbeschleunigung a_y

$$a_y = g \mu$$

g Erdbeschleunigung in m/s^2

μ Reibwert zwischen Reifen und

Fahrbahn

$$\text{Gl. (3)}$$

Um zu belegen bzw. zu dokumentieren, dass die neu entwickelte Formel der Wirklichkeit weit gehend entspricht, mussten die Berechnungsergebnisse der nun neu vorliegenden Formel mit den Testergebnissen verglichen werden.

Bei der durchgeführten Auswertung zeigte sich, dass die sich zwangsläufig ergebende Bandbreite bei der Berechnung mit der neuen Berechnungsformel die ermittelten Werte bei den durchgeführten Realversuchen weit gehend abdeckt.

7 Zusammenfassung

Fahrspurwechsel von Motorrädern sind geprägt von Flieh- und Gewichtskräften.

Diese Tatsache darf man bei der genauen Analyse des Bewegungsablaufes von Motorrädern nicht außer Acht lassen. Betrachtet man das Fahrverhalten von einspurigen Fahrzeugen nur oberflächlich, dann ist es nicht verwunderlich, dass man zu dem Schluss gelangt, Motorräder

weisen ein ähnliches Fahrverhalten wie Autos auf; zudem müssten Motorräder aufgrund der geringen Masse wendiger und leichter kontrollierbar sein.

Diese viel verbreitete These wurde durch die beim Ingenieurbüro Plöching durchgeführte empirische Realversuchsreihe widerlegt.

Die Ergebnisse der durchgeführten Realversuche bei einspurigen Fahrzeugen haben gezeigt, dass sowohl die Formel der schrägen Sinuslinie als auch die Formel des Kreisbogenverfahrens nicht realitätsgetreu wiedergegeben werden.

Die neue bzw. abgeänderte Berechnungsformel spiegelt bei Berücksichtigung eines entsprechenden Toleranzfeldes die Realität in verblüffendem Maße wider. Trotzdem ist es erforderlich, dass jeder einzelne individuelle Fahrspurwechsel auf seine Besonderheiten bewertet wird und dies bei der Analyse von Verkehrsunfällen berücksichtigt wird.

Insbesondere ist eine kritische Betrachtung bei extremer Fahrweise mit maximalen Querbeschleunigungen bzw. niedrigsten Querbeschleunigungen vorzunehmen.

Herkömmliche Berechnungsverfahren, die mit Pkws entwickelt worden sind, dürfen keinesfalls für die Analyse des Fahrspurwechsels bei Motorrädern übertragen werden.

Die durchgeführten Realversuche haben gezeigt, dass sowohl die Formel der schrägen Sinuslinie als auch das Kreisbogenverfahren die Wirklichkeit bei einspurigen Fahrzeugen nicht realitätsgetreu wiedergeben.

Ein Grund dafür ist der relativ geringe Einfluss der Querbeschleunigung und des Seitenversatzes auf den Spurwechsellvorgang. Der Einfluss der Querbeschleunigung ist kleiner, weil diese in den Abschnitten 1 und 3 erst aufgebaut wird. Der Einfluss des Seitenversatzes ist bei einspurigen Fahrzeugen geringer als bei mehrspurigen Fahrzeugen. Es ist anzunehmen, dass Motorradfahrer den Ablauf des Spurwechsellvorgangs im Unterbewusstsein abgespeichert haben und daraus resultierend immer ungefähr die gleiche Zeit benötigen, bis der Spurwechsellvorgang

Hier steht eine Anzeige.



abgeschlossen ist. Dieser Zeitraum schwankt von zirka 2,8 bis 3,4 s. Dieses unterbewusste Verhalten ist mit höchster Wahrscheinlichkeit im vegetativen Nervensystem begründet und ist auch aus anderen Situationen gut bekannt, zum Beispiel beim Stolpern oder bei fluchtartigen Reaktionen (von der Gefahr weg).

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass der Zeitverlauf des Spurwechsels nicht völlig geschwindigkeitsunabhängig ist, wie die beiden Formeln (schräge Sinuslinie und Kreisbogenformel) dies wiedergeben, sondern der Zeitverlauf bei höheren Geschwindigkeiten leicht abnimmt. Die Erklärung hierfür liegt unter anderem darin, dass die Neigungswinkel der Schwerpunkte außerhalb der Schwerpunktbahn bei höheren Geschwindigkeiten geringer werden. Dieses hat wiederum seinen Ursprung in der Querschleunigung. Bei höheren Geschwindigkeiten wird das Lenkrad weniger eingeschlagen als bei niedrigeren, daher ist die Querschleunigung bei höheren Geschwindigkeiten kleiner und die Schwerpunktbahn des Spurwechsels verläuft flacher.

Literaturhinweise

- [1] Bönsch, Helmut Werner: Einführung in die Motorradtechnik. Motorbuchverlag
- [2] Spindler: Wege, Querschleunigung und die Wahl der Überholwege bei der Kurvenfahrt von Kraftfahrzeugen. Dissertation, TH München, 1962
- [3] Runkel: Die Bedeutung der Sichtbehinderung durch Lastkraftwagen für Überholvorgänge auf zweispurigen Landstraßen. Dissertation, TH Stuttgart, 1969
- [4] Burg/Rau: Handbuch der Verkehrsunfallrekonstruktion. Verlag Information Ambs GmbH, 1981

* Autor

Dipl.-Ing. (FH) Hubert Rauscher ist von der Regierung von Niederbayern öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle sowie für Kfz-Schäden und -Bewertungen im Ingenieurbüro Plöching in Tiefenbach/Passau. ::