

# Unfallrekonstruktion

## Effekte bei einer Vollbremsung mit überlagertem Ausweichen

von Dipl.-Ing. André Schrickel, Münster\*

*In der Unfallrekonstruktion spielt die Schadenkompatibilität immer dann eine wesentliche Rolle, wenn es darum geht, ob ein bestimmtes Fahrzeug einen Schaden verursacht haben kann und der Verdacht eines zufälligen Ereignisses vorliegt. Neben der Auswertung der Schadenintensitäten und des Anstoßwinkels ist auch die Lage des Kontakts relativ zur Fahrbahn von Bedeutung. Bei markanten Schadendetails kann überprüft werden, inwieweit zum Anstoßzeitpunkt fahrdynamische Einflüsse gewirkt haben. Bremsst der Verursacher vor der Kollision, senkt sich die Front des Fahrzeugs ab und der Kontakt erfolgt tiefer als im statischen Zustand. Was geschieht aber, wenn dem Abbremsen ein Ausweichen überlagert wird? Hebt sich der Effekt des Absenkens der Front durch ein Anheben des Fahrzeugaufbaus infolge einer Kurvenfahrt nicht wieder auf?*

### I. Einleitung

Bei einer Überlagerung eines Bremsvorgangs mit einer **Kurvenfahrt** muss der maximal mögliche Kraftschluss zwischen Reifen und Fahrbahn in Längs- und Querrichtung aufgeteilt werden. Eine solche Aufteilung ist bei blockierenden Rädern in stabiler Fahrt nicht möglich, weil keine Querkräfte übertragen werden. Das Fahrzeug wird in diesem Fall geradeaus rutschen. Die hier vorgestellten Effekte treten nur bei Fahrzeugen mit ABS auf, weil hier die Lenkfähigkeit den Vorrang hat. Bewegt sich ein solches Fahrzeug im querdynamischen Grenzbereich, wird die Bremswirkung drastisch herabgesetzt.

Ein Bremsvorgang wird dadurch erzielt, dass die Drehgeschwindigkeit der Räder abgesenkt wird. Sie bewegen sich dadurch langsamer als es für die eingehaltene Fahrzeuggeschwindigkeit erforderlich wäre. Dadurch bauen sich zwischen dem Reifen und der Fahrbahn Kräfte auf, die zur Verlangsamung des ge-

samten Fahrzeugs führen. Da der Fahrzeugaufbau mit den Rädern elastisch verbunden ist, bewegt er sich infolge der Massenträgheit zunächst mit der zuvor eingehaltenen Geschwindigkeit weiter. In Reaktion auf die an den Rädern angreifenden Bremskräfte entstehen im Fahrzeugschwerpunkt genau entgegengesetzt wirkende Massekräfte. Da der Schwerpunkt oberhalb der Fahrbahn liegt, wird ein Moment erzeugt, das eine Drehung des Fahrzeugaufbaus um die Querachse erzeugt. In der Folge senkt sich die Fahrzeugfront ab. Diese Bewegung des Aufbaus wird als Nicken bezeichnet.

Bei Kurvenfahrt tritt ein ähnlicher Effekt quer zum Fahrzeug auf. Die bei der Kurvenfahrt erzeugten Fliehkräfte greifen im Fahrzeugschwerpunkt an. Sie werden zwischen den Rädern und der Fahrbahn abgestützt. In der Folge entsteht ein Drehmoment um die Fahrzeuglängsachse, das dazu führt, dass sich die kurvenäußere Seite des Aufbaus absenkt. So neigt sich beim Durchfahren einer Linkskurve die rechte

\* Der Autor ist öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle im Ingenieurbüro Schimmelpfennig + Becke Münster.

Fahrzeugseite nach unten, während die linke Seite gleichzeitig angehoben wird. Diese Bewegung wird als Wanken bezeichnet.

Wird nun einer Kurvenfahrt eine Abbremsung überlagert, so kommt es einerseits zu einer Verstärkung und andererseits zu einer Abschwächung der Aufbaubewegungen. In einer Linkskurve wird sich die rechte vordere Ecke des Aufbaus weiter absenken, während sich die linke vordere Ecke dem statischen Zustand annähert.

## II. Fahrversuche

Es wurden Versuche durchgeführt, die schwerpunktmäßig zur Bestimmung der dynamischen Bewegungen an der Fahrzeugfront dienen. Dabei kamen zwei Pkw (Mazda 6 und Ford Focus) und ein Transporter (Mercedes Sprinter) zum Einsatz. Die Messwerte wurden mit einem Data Logger der Firma Race Technology aufgenommen. Die Höhenänderungen erfassten optische Sensoren. Die Fahrten erfolgten auf einer asphaltierten Fahrbahn.

Die Ausgangsgeschwindigkeit betrug 55 – 73 km/h (Pkw) bzw. 90 – 95 km/h (Transporter).

Mit dem Pkw erfolgten zunächst Bremsversuche in Geradeausfahrt, um Referenzverzögerungen zu bestimmen und die Funktion der Höhensensoren zu überprüfen. Auf der trockenen Fahrbahn wurden mittlere Verzögerungen zwischen 8,5 und 9,3 m/s<sup>2</sup> erzielt. Die Front tauchte 4 – 5,4 cm ein. Zwischen dem Bremsbeginn und dem Erreichen der maximalen dynamischen Höhenänderung lagen nur 0,1 – 0,2 s.

Mit dem Ford wurden ungebremsste Kurvenfahrten mit Geschwindigkeiten von ca. 40 km/h durchgeführt. Dabei wirkten in der Spitze Querbeschleunigungen zwischen 4,7 und 5,2 m/s<sup>2</sup>, die Aufbaubewegungen zwischen 2,4 und 4,6 cm hervorriefen.

Mit allen drei Fahrzeugen fanden dann Versuche statt, bei denen zunächst voll gebremst und im Schnitt 0,6 s später eine Lenkbewegung überlagert wurde. Gravierende Höhenänderungen an der kurveninneren vorderen Ecke waren erst bei maximalen Querbeschleunigungen oberhalb von 3,5 m/s<sup>2</sup> zu verzeichnen. Es wurden Querbeschleunigungen bis zu 6,3 m/s<sup>2</sup> bei gleichzeitigem Abfall der Bremsverzögerung auf bis zu 6,2 m/s<sup>2</sup> ( $a_{res} = 8,8 \text{ m/s}^2$ ) erreicht. Dadurch hob sich die kurveninnere vordere Ecke trotz überlagerter Vollbremsung um 3,5 – 5 cm an, wodurch im Endeffekt wieder die statische Höhenlage erreicht wurde. Unterhalb von 1,5 m/s<sup>2</sup> fiel die Änderung dagegen mit nur etwa 1 cm minimal aus.

Mit den Pkw wurden zusätzlich die Auswirkungen einer der Vollbremsung vorangegangenen starken Lenkbewegung untersucht. Die Fahrzeuge wurden bereits bei der Kurvenfahrt im physikalischen Grenzbereich bewegt ( $a_{q,max} = 6,3 - 7,9 \text{ m/s}^2$ ). Die kurveninnere vordere Ecke hob sich dadurch beim Ford um ca. 2,5 cm und beim Mazda um ca. 5 cm an. Die anschließende Abbremsung war nur noch deutlich ver-

mindert möglich und konnte erst nach einem Gegenlenken verstärkt werden.

## III. Fallbeispiel

Die aus den Versuchen gewonnenen Erkenntnisse sollen an einem Beispiel erläutert werden. Dabei werden die beschränkten Möglichkeiten eines Ausweichens auf einer normal breiten Straße ebenso berücksichtigt wie mögliche Einlassungen eines potenziellen Versicherungsbetrügers. Hintergrund bildet ein Schadenergebnis, bei dem ein Kleintransporter mit einem neben der Fahrbahn geparkten Pkw kollidierte, weil der Fahrer einem von links kommenden Tier auswich. Der Fahrer gibt an, dass er den rechten Fahrstreifen mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h befuhr. Bevor er kollidierte, hatte er noch gebremst. Es kam zu einer Streifkollision, bei der die gesamte Pkw-Seite von hinten bis vorn beschädigt wurde.

Die Auswertung der Schäden und der nahezu unveränderten Position des Pkw führt zu den Ergebnissen, dass der Anstoß unter einem flachen Winkel erfolgte. Eine dynamische Absenkung der Front lässt sich nicht erkennen.

Die weitere Analyse erfolgt mit einem Simulationsprogramm (DSD PC-Crash). Damit können die Angaben des Verursachers auf ihre Plausibilität überprüft werden.

Ein flacher Anstoßwinkel konnte innerhalb der rechten Fahrspur nur erzielt werden, wenn der Ausweichvorgang wenig abrupt erfolgte (vgl. Abb. 1).

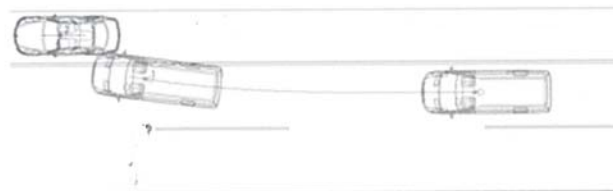


Abb. 1

Da dabei nur geringe Querbeschleunigungen wirkten, hob sich die stoßzugewandte vordere Ecke nicht nennenswert an (vgl. Abb. 2).



Abb. 2

Bei einer überlagerten Vollbremsung wäre somit ein deutliches Absenken der Front zu erwarten, weil auch genug Zeit für eine Abwehrhandlung vorhanden war. Bei spontaner Reaktion hätte die ursprüngliche Geschwindigkeit bis zur Kollision auf unter 20 km/h verringert werden können. Ein Abgleiten an der kompletten Pkw-Seite wäre dann ebenfalls nicht mehr plausibel. Statische Anstoßhöhen wären bei einer Vollbremsung nur mit sehr abrupthem Ausweichen zu erklären (vgl. Abb. 3).

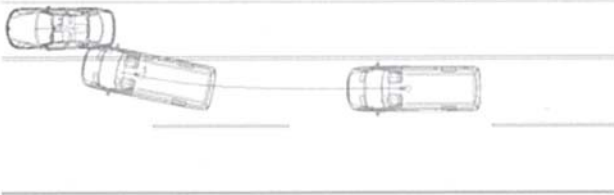


Abb. 3

Der Transporter führte dabei ein intensives Wanken aus (vgl. Abb. 4).

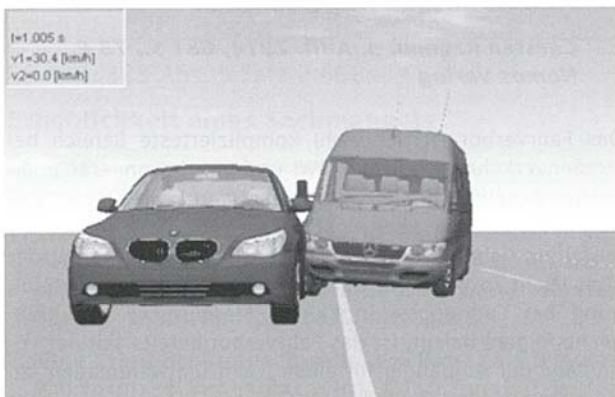


Abb. 4

Da die Abwehrreaktion auf einer kürzeren Strecke erfolgte, konnte die Geschwindigkeit bis zum Anstoß nur auf etwa 30 km/h herabgesetzt werden. Gleichzeitig stellte sich ein größerer Kollisionswinkel ein. Beides führt dazu, dass der geparkte Pkw mit dem Heck herumgeschoben wird, weil es zu einem Vollstoß mit großer Intensität kommt. Obwohl die Anstoßhöhe im statischen Bereich liegt, ergibt sich ein Kollisionsablauf, der sowohl mit der Endposition als auch den Ausdehnungen und Intensitäten der Schäden im Widerspruch steht.

#### IV. Fazit

Wenn dem starken Abbremsen ein Ausweichen überlagert wird, hebt sich der Effekt des Absenkens der Front durch ein Anheben des Fahrzeugaufbaus infolge einer Kurvenfahrt nur auf, wenn Querbeschleunigungen über  $3,5 \text{ m/s}^2$  vorliegen.