

### 5.11 Analyse leichter Pkw-Kollisionen

Unter dieser Überschrift ist die Rekonstruktion von Unfällen zusammengefasst, bei denen klassische Methoden wie die Stoßrechnung nicht zum Erfolg führen. Dies vor allem deshalb, weil es sich meist gar nicht um Stöße im eigentlichen Sinne handelt; d.h. die Voraussetzungen für die Anwendung des Stoßmodells sind nicht gegeben. Erfolgversprechender sind fahrdynamische Überlegungen. Weniger noch als bei anderen Unfallarten gibt es hier Patentrezepte, die einfach abgearbeitet werden können. Vielmehr muss jeder Fall für sich analysiert und mit passenden Verfahren bearbeitet werden. Die im Folgenden erörterten Unfallarten sollen beispielhaft zeigen, auf welche Weise man sich der Rekonstruktion solcher Unfälle annähern kann. Im Einzelnen werden folgende Fragen behandelt:

- Gefahren oder gestanden? Seitliche Kollisionen mit einbiegenden Fahrzeugen.
- Vorwärts oder rückwärts? War es ein Auffahrunfall oder fuhr der Vordermann plötzlich rückwärts?
- Wie weit war die Tür geöffnet? Zusammenstöße mit ganz oder teilweise geöffneten Pkw-Türen.
- Wer hat die Spur gewechselt? Kollisionen im gleich gerichteten Verkehr bei Stadtgeschwindigkeit.

Zunächst wird jeweils untersucht, welche theoretischen Lösungsansätze zur Klärung des Unfalltyps sinnvoll sind. Oft sind aber gerade die leichten Kollisionen allein mit theoretischen

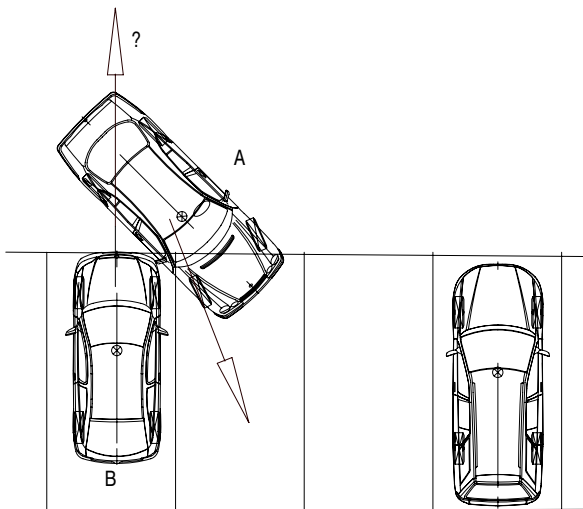


Abb. 5.11.1: Kollision beim Einfahren in eine Parkbucht

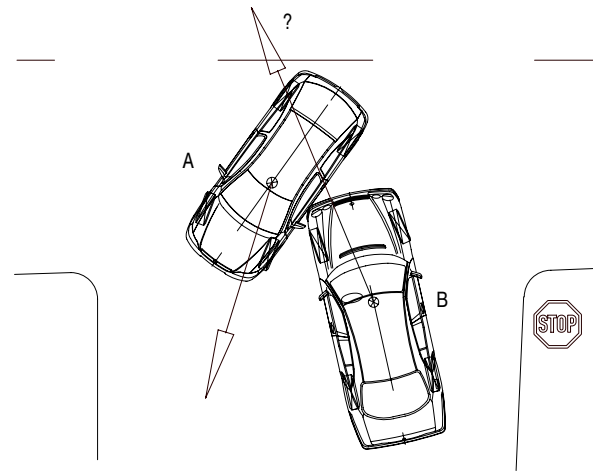


Abb. 5.11.2: Einbiegeunfall

Ansätzen nicht zu klären. Deshalb werden zahlreiche Kollisionsversuche vorgestellt, mit denen die Theorie überprüft und ergänzt wird.

#### 5.11.1 Gefahren oder gestanden?

Bei eindimensionalen Vorgängen, also z.B. bei geraden Auffahrunfällen mit voller Überdeckung, wird diese Frage meistens nicht zu klären sein. Auf die beschränkten Möglichkeiten, über die Anstoßhöhen auch hier zu einer Lösung zu kommen, wird in Abschnitt 5.11.2 eingegangen.

Weit besser sind die Voraussetzungen für die Rekonstruktion bei zweidimensionalen Zusammenstößen, z.B. bei der Konstellation, die in Abb. 5.11.1 dargestellt ist.

Fahrzeug A ist im Begriff, neben Fahrzeug B in eine senkrecht zur Fahrbahn angeordnete Parkbucht einzufahren. Dabei kommt es zur Berührung der rechten Seite von A mit der rechten Frontecke von B. Fahrzeug A hat nach dem Zusammenstoß eine Schramme mit Deformation, die über beide rechte Türen geht. Fahrzeug B weist Kratzer an der rechten vorderen Ecke des Stoßfängers auf.

Fahrer A gibt an, mit ausreichendem seitlichen Abstand zu B in die Parktasche eingefahren zu sein, als B plötzlich losgefahren sei und ihn gerammt habe. B sagt dagegen von sich, er habe die ganze Zeit gestanden. A habe den Bogen zu eng genommen und ihn gestreift.

Ähnliche Konstellationen gibt es in zahlreichen Varianten, auch im fließenden Verkehr. Ein Beispiel dafür zeigt Abb. 5.11.2. Im Folgenden wird stets das einbiegende Fahrzeug mit dem Buchstaben A bezeichnet und das andere, dessen Bewegungszustand zu klären ist, mit dem Buchstaben B.

Allen diesen Konstellationen ist die Fragestellung gemeinsam: Konnten die Schäden allein durch die Bogenfahrt von A entstehen oder muss auch B in Bewegung gewesen sein? Wenn die Endstellungen der Fahrzeuge bekannt und die Spuren am Unfallort gut dokumentiert sind, dürfte die Beantwortung dieser Frage i.d.R. problemlos möglich sein. Leider ist das die Ausnahme. Wir müssen deshalb versuchen, allein mit der Interpretation der Schadenbilder ans Ziel zu kommen.

Wenn B in Bewegung ist und gegen die Seite des anderen Fahrzeugs stößt, sind mit Sicherheit tiefere Deformationen zu erwarten, als wenn die Berührung alleine durch die Bo-

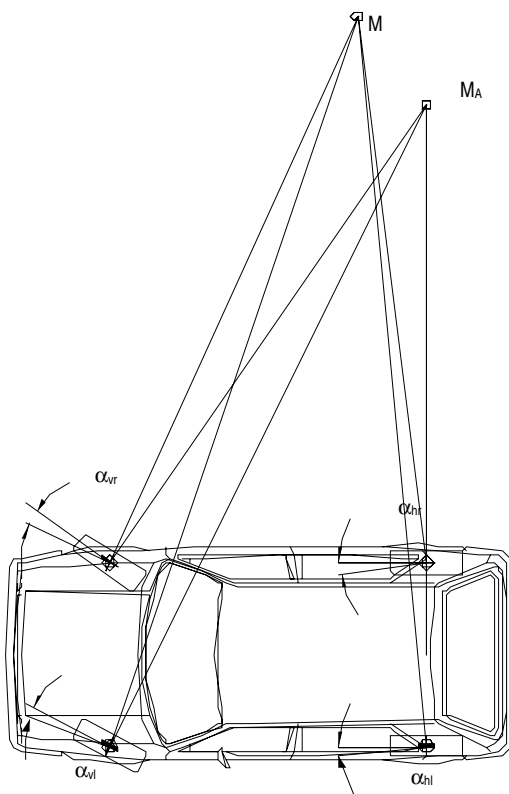


Abb. 5.11.3: Ermittlung des Momentanpols bei Kurvenfahrt

genfahrt von A zu Stande kommt. Wo aber liegt der Grenzwert?

Man kann relativ leicht geometrisch ermitteln, wie tief die Deformation an Fahrzeug A maximal werden kann falls B steht. Dazu muss zunächst die Bewegungsbahn des Fahrzeugs eingegrenzt werden, Abb. 5.11.3. Nach der Bedingung für die stationäre Kurvenfahrt nach ACKERMANN wird zunächst angenommen, dass das Fahrzeug nicht driftet, der Schwimmwinkel der Räder also Null ist. Das ist bei den geringen Querbeschleunigungen, die hier zur Debatte stehen, eine realistische Annahme. Alle Punkte des Fahrzeugs bewegen sich dann auf konzentrischen Kreisen. Der Kreismittelpunkt bzw. Momentanpol ( $M_A$ ) liegt dort, wo sich die gedachte Verlängerung der Hinterachse mit den gedachten Verlängerungen der Vorderradachsen schneidet. Wenn man davon ausgeht, dass die Lenkung maximal eingeschlagen war, kann man den Mittelpunkt feststellen, indem man den in den Fahrzeugdaten angegebenen Wendekreisradius zu Hilfe nimmt,  $M_A$  in Abb. 5.11.3.

Auf ähnliche Weise lässt sich der Momentanpol grundsätzlich auch dann ermitteln, wenn die Räder einen Schräglaufwinkel aufweisen, die **ACKERMANN-Bedingung** also nicht mehr gilt. Statt Geraden durch die Radachsen muss man dann Normalen zur Bewegungsrichtung der Räder zeichnen. Als grobe Faustregel zur Ermittlung des Schräglaufwinkels  $\alpha$  kann etwa ein Grad pro einem  $m/s^2$  Querbeschleunigung angenommen werden. Der Momentanpol verlagert sich dann nach vorne, M in Abb. 5.11.3.

Wenn das Fahrzeug mit der Seite gegen ein festes und unbewegtes Hindernis stößt, kann das Hindernis nur so weit in die Seite des Pkw eindringen, wie sich die Seitenlinie des Fahrzeugs relativ zum Hindernis seitwärts bewegt, Abb. 5.11.4. Bei maximalem Lenkradeinschlag und ohne Schräglaufwinkel ist diese theoretisch mögliche Eindringtiefe sehr groß.

Prinzipiell gilt: An der Kurven**innenseite** kann die Berührung nicht hinter der Hinterachse beginnen, wenn Fahrzeug B nicht in Bewegung ist. Alle Punkte hinter der Hinterachse schwenken bei einer Bogenfahrt nämlich nach außen.

An der Kurven**außenseite** ist es umgekehrt: Hier kann es durch das Ausschwenken allenfalls hinter der Hinterachse zu einem Kontakt kommen, nicht aber davor.


I.d.R. kann man zusätzlich eingrenzen, wie weit die Lenkung von Fahrzeug A tatsächlich eingeschlagen war. Der maximale Lenkwinkel wird sicher nur bei Parkmanövern eine Rolle spielen. Handelt es sich dagegen um eine Kollision im fließenden Verkehr, etwa bei einem Spurwechsel,

kann der Lenkwinkel nur wenige Grad betragen haben. Entsprechend dieser Vorgabe über den maximal möglichen (oder realistischen) Lenkwinkel und unter Berücksichtigung eines potenziellen Schräglaufs der Räder kann dann nach dem Muster von Abb. 5.11.4 die theoretisch maximale Eindringtiefe konstruiert werden. Sind die Deformationen im konkreten Fall tiefer, war Fahrzeug B in Bewegung.

Bei Unfallversuchen zeigt sich jedoch, dass die Beulen bei derartigen Unfällen meist viel schwächer ausgeprägt sind, als sie es nach der theoretischen Ermittlung sein könnten. Zum einen nämlich federn die Fahrzeuge beim Zusammenstoß seitlich aus, zum anderen wird bei Erreichen eines bestimmten Kraftniveaus auch die Seitenführungskraft der Reifen überschritten. Statt die Fahrzeuge weiter zu deformieren, drückt die Stoßkraft sie auseinander.

Wenn man also lediglich auf die geometrische Ermittlung der Deformationstiefe setzt, wird man in den meisten Fällen, bei denen überhaupt eine Bogenfahrt von Fahrzeug A zur Debatte steht, nicht ausschließen können, dass Fahrzeug B gestanden hat. Das bedeutet, dass sehr viele Fälle sind auf diese Weise nicht zu klären sind.

Im Rahmen einer Diplomarbeit [W1] wurde deshalb eine Reihe von Versuchen durchgeführt. Es wurde untersucht, welche Deformationstiefen tatsächlich auftreten und aus welchen Merkmalen sonst noch Schlussfolgerungen über den Bewegungszustand der Fahrzeuge möglich sind. Bei den Versuchen wurde jeweils mit maximalem Lenkradeinschlag und relativ hoher Geschwindigkeit gefahren. Auf diese Weise sollte das tatsächliche Maximum der Deformation ausgelotet werden, das noch allein durch Bewegung des Fahrzeugs A entstehen kann. Bei einigen Versuchen fuhr Fahrzeug B auch aktiv gegen die Seite von A. Damit sollten die Unterschiede zwischen den beiden Varianten herausgearbeitet werden.

In Abb. 5.11.5 und Abb. 5.11.6 sind die Schäden von insgesamt acht Versuchen einander gegenübergestellt. Videoclips aller acht Versuche befinden sich auf der DVD .

Wenn Fahrzeug B in Bewegung ist, wird die absolute Eindringtiefe größer. Vor allem aber setzen die Deformationen von der ersten Berührung an unmittelbar stark ein. Bei Anstößen allein aufgrund des Einbiegens nimmt die Deformation dagegen erst allmählich zu. Dies wird z.B. beim Vergleich von Abb. 5.11.5a und b deutlich. Die dort dokumentierten Versuche unterscheiden sich nur hinsichtlich des Bewegungszustands von Fahrzeug B. Ein sehr typisches Schadenbild zeigt auch das mittlere Foto in Abb. 5.11.6b.

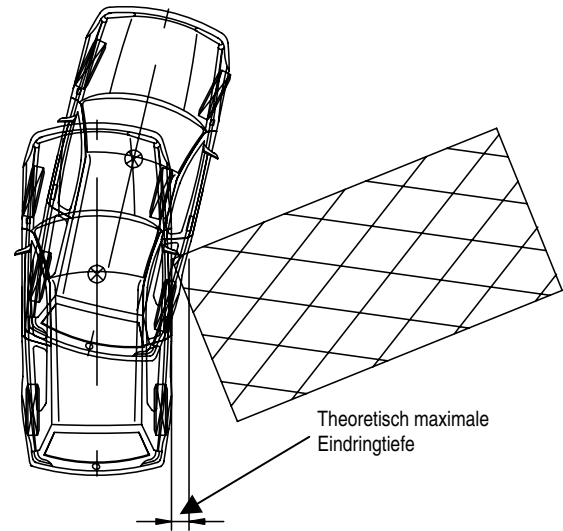


Abb. 5.11.4: Geometrische Ermittlung der Eindringtiefe

Daran, wie der Kontakt an der Tür dort punktuell einsetzt, erkennt man sofort, dass Fahrzeug B in Bewegung war. Auch wenn Schrammspuren so unvermittelt stark beginnen wie in Abb. 5.11.6c, gibt es daran keinen Zweifel.

Außer vom Bewegungszustand der Fahrzeuge hängt die Deformationstiefe wesentlich von der Anstoßstelle ab. Je näher an der Hinterachse des einbiegenden Pkw der Anstoß erfolgt, desto geringer wird die Eindringtiefe ausfallen. Signifikant ist insbesondere der Unterschied zwischen Anstößen vor und hinter der A-Säule. Dies verdeutlichen die Vergleichsbilder von Abb. 5.11.5c und d.


Diese Feststellungen gelten gleichermaßen, wenn Fahrzeug A in flachem Winkel zu Fahrzeug B einspurt, um neben Fahrzeug B vorwärts einzuparken. Abb. 5.11.6a und b zeigen dies.

Ob Fahrzeug B gerade oder mit eingeschlagener Lenkung gegen A stößt, wirkt sich dagegen nicht signifikant auf das Schadenbild aus. Man kann mithin bei diesen Konstellationen aus den Fahrzeugschäden nicht schließen, ob B geradeaus fuhr oder ausscherte.


Beim auf Abb. 5.11.6d dargestellten Versuch fuhren beide Pkw rechtwinklig zueinander. Beide waren beim Zusammenstoß in Bewegung. Bemerkenswert ist hier, dass sich weder am Polo noch an dem anstoßenden Citroën CX waagerechte Streifspuren gebildet haben, obwohl der Polo bei der Kollision eine Geschwindigkeit von 18 km/h inne-

Versuchsanordnung

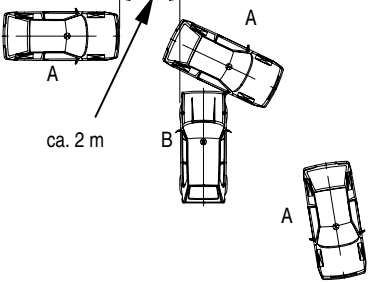
Schäden Fahrzeug A

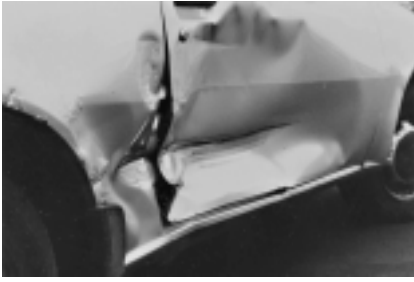



Schäden Fahrzeug B



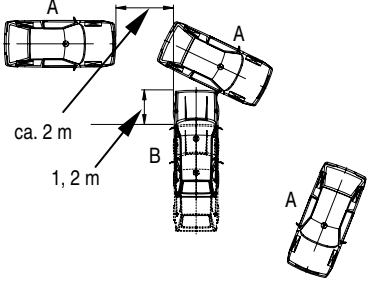
a) VW Golf I (B) steht. Mitsubishi Colt (A) erfasst beim Einbiegen mit seiner Beifahrertür die rechte Frontecke des VW Golf.









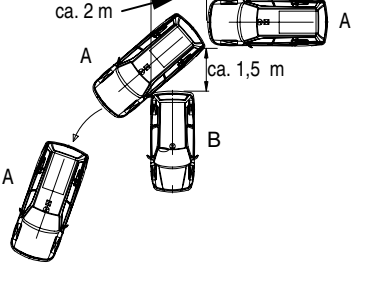
b) VW Golf I (B) fährt an und stößt mit seiner rechten Frontecke gegen die Beifahrertür des gleichzeitig einbiegenden Mitsubishi Colt (A).









c) VW Polo (B) steht. Citroën CX (A) erfasst beim Einbiegen mit seiner Fahrertür die rechte Heckecke des VW Polo.







d) VW Polo (B) steht. Citroën CX (A) erfasst beim Einbiegen mit seinem vorderen rechten Radausschnitt die linke Heckecke des VW Polo.

Abb. 5.11.5: Unfallversuche mit einschwenkenden Pkw. Anstöße vor und hinter der A-Säule des einschwenkenden Fahrzeugs [W1]