

Unfallrekonstruktion

Insassenbewegung: Knieanprall bei Heckkollisionen

von Dipl.-Ing. Joost Wolbers und Dipl.-Ing. Annika Fleitmann, Münster*

Immer häufiger wird bei der Erstellung von biomechanischen Gutachten mit heckseitiger Belastung nach einem möglichen Knieanprall des Fahrers im Bereich des Armaturenbrettes bzw. der Lenksäule gefragt. In erster Linie bewegt sich der Insasse bei einem Heckanstoß nach hinten. Durch die Elastizität der Rückenlehnen kommt es nach der Primärbewegung zu einer Rebound-Bewegung des Oberkörpers, die dann nach vorne gerichtet ist. Im Folgenden wird dargestellt, wie sich die Kniestellung in den einzelnen Phasen verändert.

I. Fallbeispiel

Das vorliegende Fallbeispiel zeigt eine Heckkollision zwischen einem Nissan Qashqai und einem VW Golf, Abb. 1 und 2. Die anhand von Crashversuchen ermittelte kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung im heckseitig angestoßenen Nissan Qashqai betrug etwa 15 km/h.



Abb. 1: Endstellungen

* Die Autoren sind Sachverständige für Straßenverkehrsunfälle im Ingenieurbüro Schimmelpfennig + Becke, Münster.



Abb. 2: Schäden am angestoßenen Fahrzeug

Die Fahrerin des Nissan Qashqai erlitt bei der Heckkollision einen Knieanprall an der Lenksäule. Die Abb. 3 zeigt das durch den Anstoß entstandene Hämatom an der Innenseite des rechten Knies.

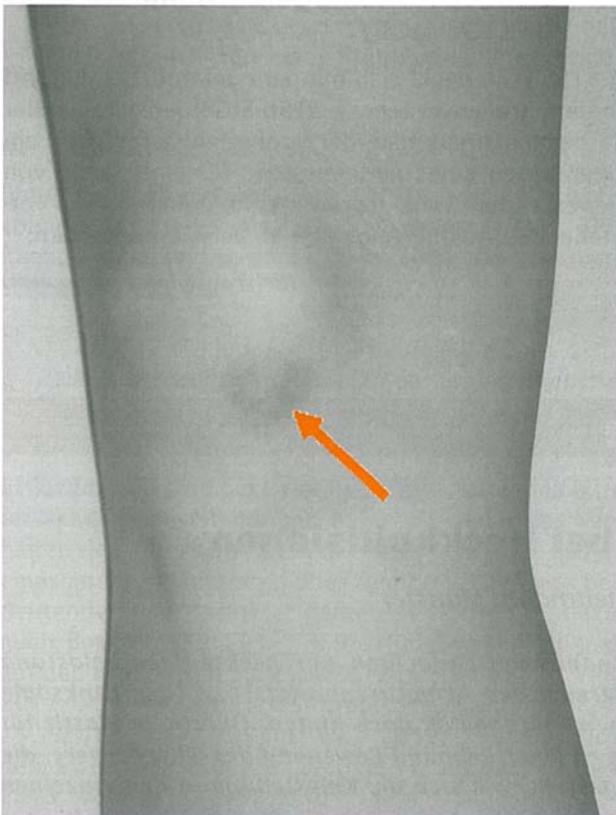


Abb. 3: Hämatom am rechten Knie

II. Versuchsauswertung

Um nachzuvollziehen, ob es bei einem Heckanstoß zu einem Knieanprall kommen kann, wurde ein Versuch hinzugezogen, bei dem die Beinbewegung eines auf dem Fahrersitz sitzenden angeschnallten Probanden gut erkennbar dokumentiert wurde, s. Abb. 4. Im Versuch erfuhr die heckseitig angestoßene Fahrgastzelle eine kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung von ca. 9,7 km/h.

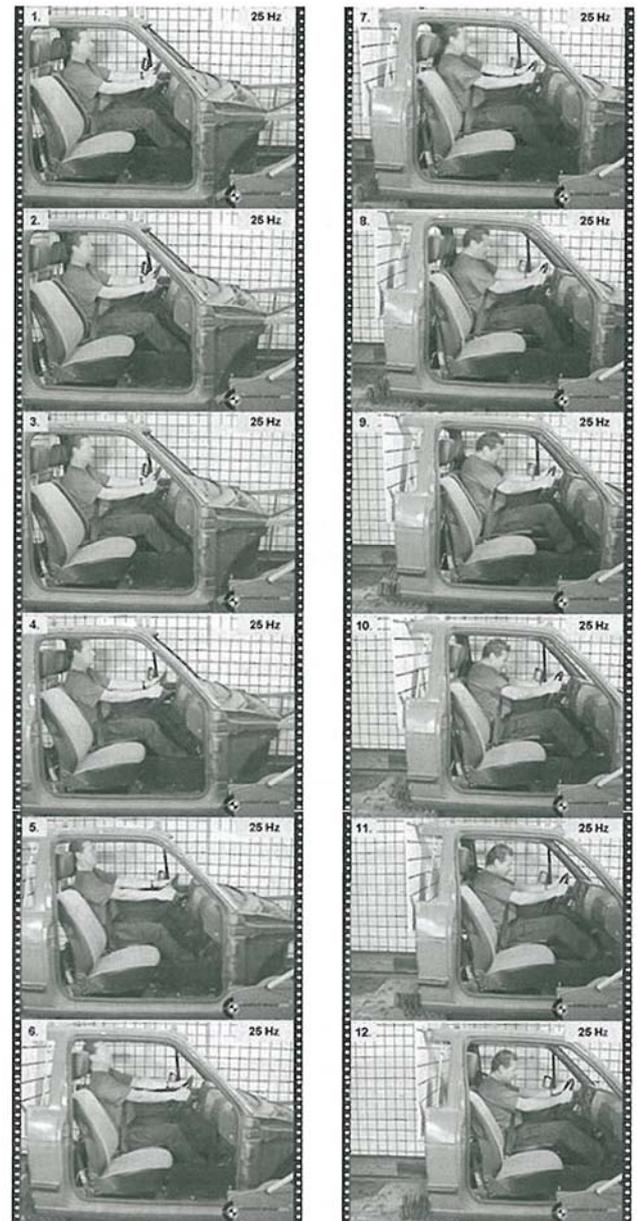


Abb. 4: Insassenvideosequenzen bei einem Heckanstoß ($\Delta v = 9,7 \text{ km/h}$)

Um die Relativbewegung des Insassen im Fahrzeug optisch darstellen zu können, wurden drei Sequenzen, die den Bewegungsablauf visualisieren, aus dem Insassenvideo herausgeschnitten und die jeweilige Position des Insassen zur besseren Erkennbarkeit unterschiedlich umrandet.

Die Abb. 5 gibt die Ausgangsposition des Insassen wieder. Als Festpunkte im Fahrzeug dienen das Lenkrad und das Zündschloss. Sowohl die Kopfposition als auch die Position des rechten Beins sind in dieser Position umrandet und mit „I.“ gekennzeichnet worden.

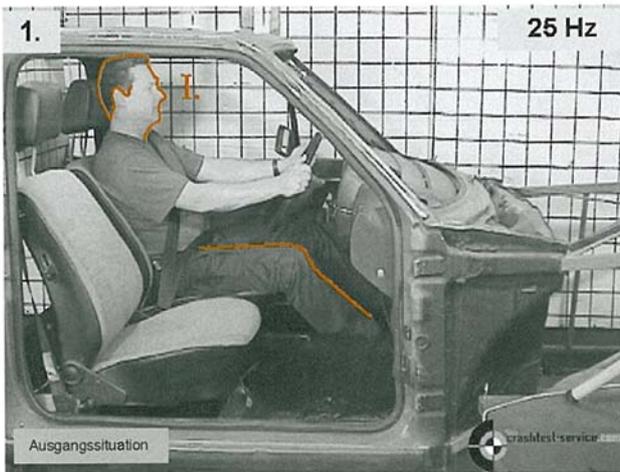


Abb. 5: Ausgangssituation

Die Abb. 6 zeigt das Ende der Primärbewegung, in der der Insasse mit stark gestreckten Armen stark nach hinten verlagert im Fahrzeug sitzt. Diese Position wurde mit „II.“ gekennzeichnet. Gegenüber der Ausgangsposition „I.“ ist ersichtlich, dass eine deutliche Rückverlagerung des Kopfes und des Knies stattfand. Der gesamte Körper hat sich aufgrund der von hinten einwirkenden Belastung und der elastischen Rückenlehne nach hinten verlagert. Eine Anhebung des Knies geschieht in dieser Phase nicht.

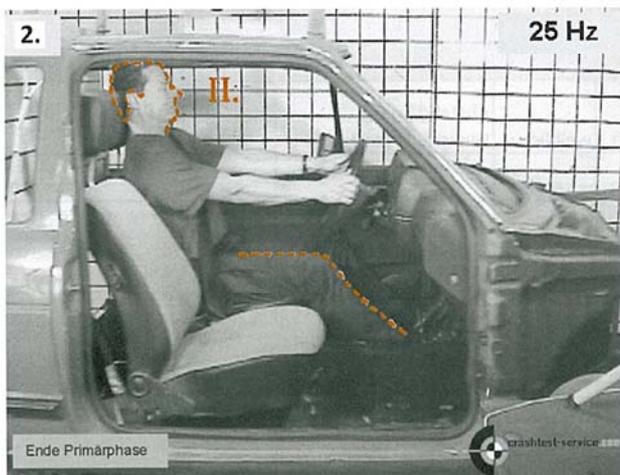


Abb. 6: Ende Primärbewegung

In der Abb. 7 ist die am stärksten vorverlagerte Position in der Rebound-Bewegung dargestellt. Diese Position wurde mit „III.“ gekennzeichnet. Es zeigt sich, dass der Kopf, ausgehend von der Position „II.“ um nahezu eine gesamte Kopfgröße nach vorn verlagert wurde, wobei eine Nickbewegung wie bei einer Frontalkollision eingesetzt hat. Die Position des Knies ist gegenüber der Ausgangsposition „I.“ und auch gegenüber der Zwischenstellung „II.“ am Ende der Rebound-Bewegung deutlich verändert.

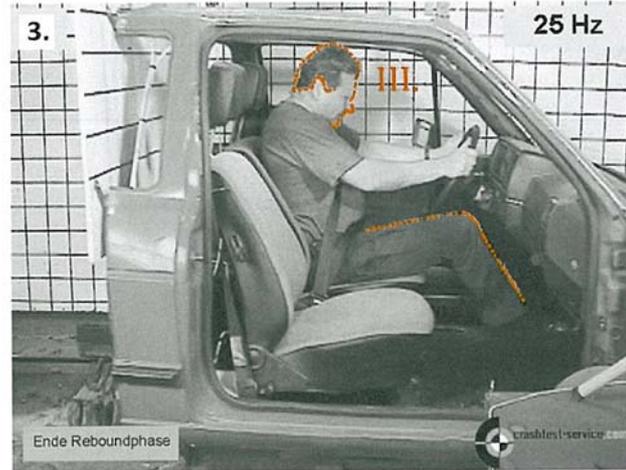


Abb. 7: Ende Rebound-Bewegung

Das Knie befindet sich sowohl höher als auch weiter vorn als in der Ausgangsposition. Eine Bildauswertung ergab eine Anhebung und Vorverlagerung des Knies um etwa 10 cm, Abb. 8.

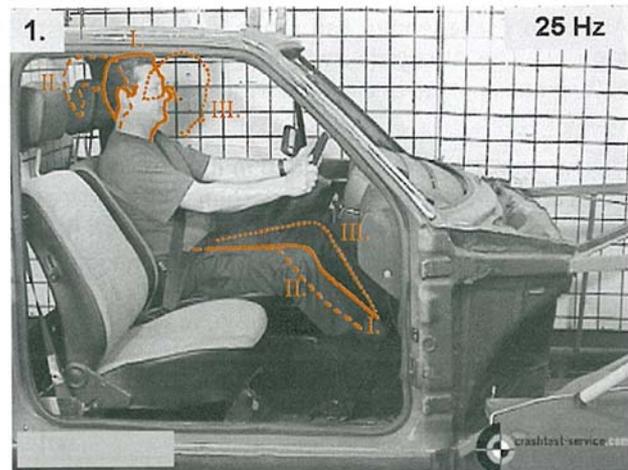


Abb. 8: Gesamter Bewegungsablauf

Ursache für die Anhebung des Knies ist, dass in der Primärphase der Körper deutlich nach hinten bewegt wird, wodurch sich auch der Fuß gegenüber seiner Aufstandsfläche mit nach hinten bewegt und im Anschluss allerdings bei der Vorwärtsbewegung in der neuen Fußposition verharret, sodass sich der Unterschenkel aufstellt.

III. Übertragung der Versuchsergebnisse auf das Fallbeispiel

Um die Anprallmöglichkeit der Nissan Qashqai-Fahrerin beurteilen zu können, wurde eine Sitzprobe durchgeführt, Abb. 9. Im vorliegenden Fall beträgt der Abstand zwischen Knie und Lenksäule ca. 3 cm, wie die Abb. 10 visualisiert. Somit ist ein Knieanprall aus technischer Sicht bezogen auf das Fallbeispiel nachvollziehbar.



Abb. 9: Sitzprobe – Übersicht –

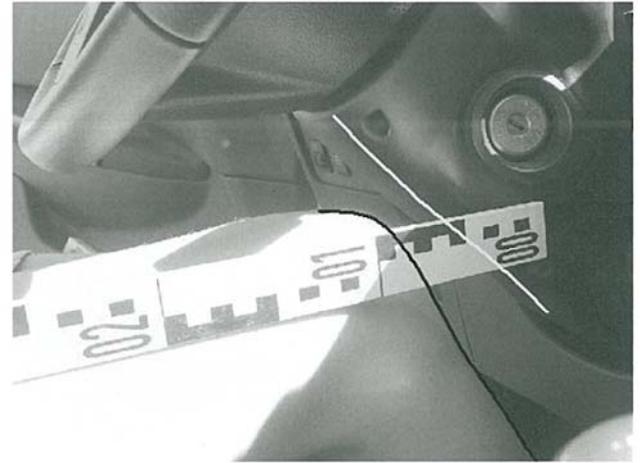


Abb. 10: Sitzprobe – Abstand –

IV. Vergleich von Abständen zwischen Knie und Lenksäule/Armaturenbrett bei unterschiedlichen Fahrzeugen und Probanden

Aus dem vorliegenden Fall ergab sich die Fragestellung, welche Abstände zwischen Knie und Lenksäule/Armaturenbrett bei einem „Normal-Fahrer“ zu erwarten sind.

Hierfür wurde bei 16 Probanden in ihrem jeweils eigenen Fahrzeug der Abstand zwischen Knie und Lenksäule sowie zwischen Knie und Armaturenbrett vermessen. Der Abstand ist in jedem Fall abhängig von

dem Fahrzeug, der Körpergröße und der Sitzposition des Fahrers. Die Sitzposition war vom Proband selbst eingestellt. Um vergleichbare Werte bei der Messung zu erzielen, wurden Kupplung und Bremse betätigt bzw. Bremse in Automatikfahrzeugen. In der Abb. 11 sind alle gemessenen Werte tabellarisch aufgeführt. Dieser Tabelle und der Abb. 12 lässt sich entnehmen, dass der Abstand zwischen Knie und Lenksäule/Armaturenbrett im Peugeot 206 [11] mit einem 193 cm großen Fahrer am geringsten war und der Abstand im BMW 5er (E 34) [3] mit einem 187 cm großen Fahrer am größten.

	Fahrzeug	Körpergröße [cm]	männlich	weiblich	Abstand Knie / Lenksäule [cm]	Abstand Knie / Armaturenbrett [cm]
1	Audi 100	187	x		4	10
2	Audi A 2	178		x	10	20
3	BMW 5er (E34)	187	x			24
4	BMW 5er (E39)	165		x	10	13
5	BMW 7er (E38)	182	x		6	12
6	Mazda 6	178	x			10
7	Mercedes-Benz E-Klasse (W 210)	184	x			15
8	Opel Astra G	180	x		5	10
9	Opel Corsa B	187	x		3	12
10	Opel Corsa C	177	x		3	7
11	Peugeot 206	193	x		1	10
12	Peugeot 207	170		x	10	20
13	Toyota Corolla	188	x		12	20
14	VW Golf IV	190	x		3	10
15	VW Golf V	187	x		7	14
16	VW Scirocco	162		x	4	6

Abb. 11: Tabelle Knieabstand

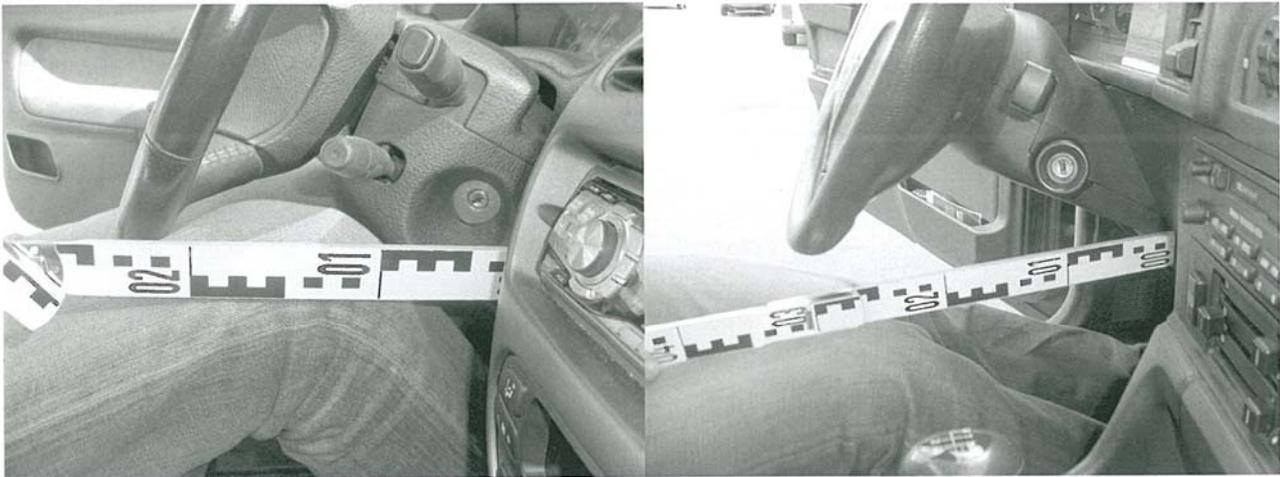


Abb. 12: Abstand im Peugeot 206 und im BMW 5er (E34)

Der Unterschied im Platzangebot basiert auf den unterschiedlich gestalteten Lenksäulen der Fahrzeuge und der Sitzposition der Fahrer. Die Abb. 13 gibt die Lenksäule des Peugeot 206 wieder. Hierauf

ist zu erkennen, dass die Lenksäule eine Breite von ca. 26 cm aufweist und dass sich der Abstand zwischen Lenksäule und Mittelarmatur auf ca. 7 cm beläuft.



Abb. 13: Lenksäule Peugeot

Im Gegensatz dazu kann der Abb. 14 der geräumige Innenbereich des BMW 5er (E34) entnommen werden. Der Abstand zwischen Lenksäule und Mittelarmatur

weist eine Breite von ca. 12 cm auf zudem ist die Lenksäule flacher gestaltet.

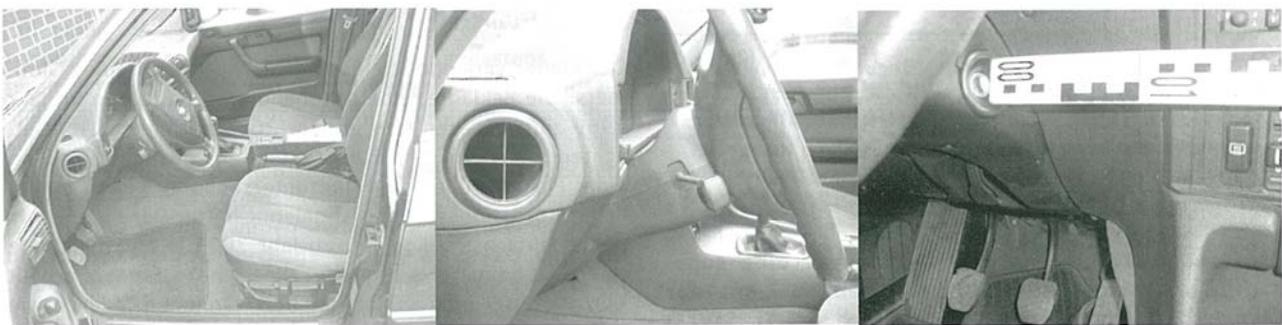


Abb. 14: Lenksäule BMW 5er (E34)

Da die Lenksäule beim BMW 5er (E34), Mercedes-Benz W 210 und Mazda 6 nicht im Bereich des Knies des Probanden verlaufen, wurde bei diesen Fahrzeugen auch

kein Knie-/Lenksäulenabstand eingemessen, sondern nur der Abstand zwischen Knie und Armaturenbrett (Abb. 15).

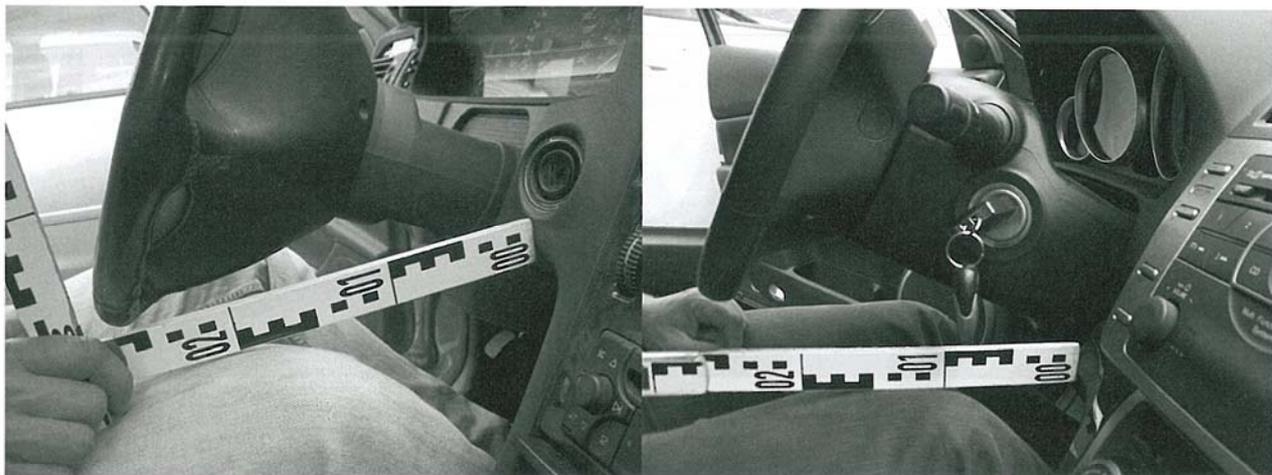


Abb. 15: Messungen im Mercedes-Benz und Mazda

Bezieht man die ermittelten Sitzpositionen auf die vorherige Versuchsauswertung, zeigt sich, dass bei 12 Probanden der Abstand zwischen Knie und Lenksäule ≤ 10 cm ist und dass ein Kniekontakt bei einer kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung ab 10 km/h bei einer Heckkollision aus technischer Sicht nicht auszuschließen ist.

V. Fazit

Immer häufiger wird bei Unfällen mit Insassenbelastung bei heckseitig angestoßenen Fahrzeugen ein Knieanprall des Fahrers geschildert.

Um diese zu untersuchen wurden verschiedene Bewegungsabläufe von Probanden bei Versuchen mit heckseitigem Anstoß ausgewertet. Die Versuchsauswertung hat gezeigt, dass es bei einer heckseitigen Belastung des Insassen zu einer Relativbewegung des Knies nach vorne und nach oben kommt. Inwieweit dies zu einem Anstoß führt, ist abhängig von der Höhe der kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung, der Gestaltung des Fahrzeuginnenraums, der Größe der Person und von der eingenommenen Sitzposition.

Inwieweit ein Kniekontakt zu einer Verletzung führt, kann nur durch eine medizinische Begutachtung geklärt werden.