



PHYSIK-
JOURNAL

HISTORISCHE ENTWICKLUNG DER SICHERHEIT IM AUTO

Florian Fritz und Florian Sailer

1. Zeitstrahl
2. Die Geschichte der Autosicherheit

1. Zeitstrahl

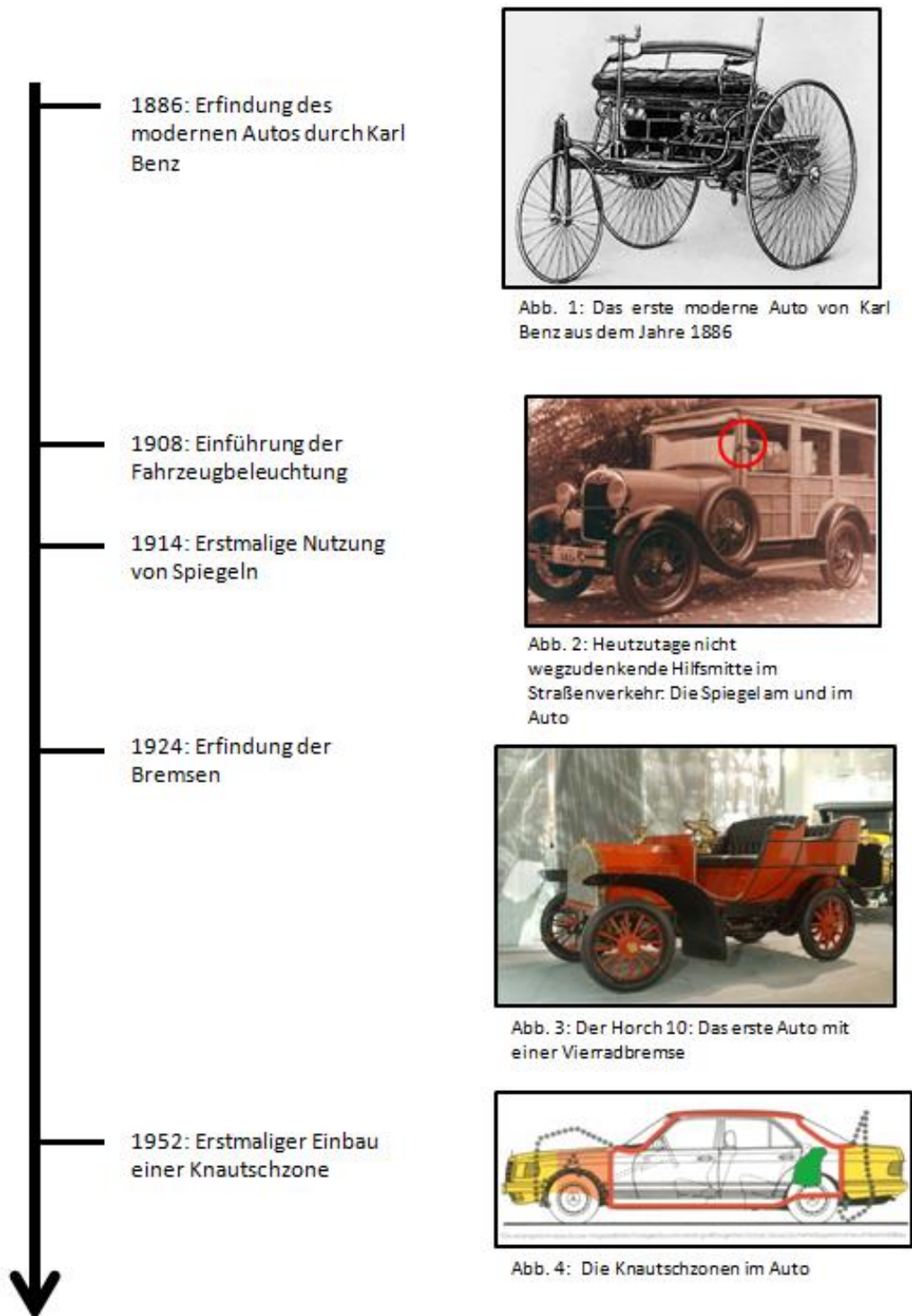


Abb. 1: Das erste moderne Auto von Karl Benz aus dem Jahre 1886



Abb. 2: Heutzutage nicht wegzudenkende Hilfsmittel im Straßenverkehr: Die Spiegel am und im Auto



Abb. 3: Der Horch 10: Das erste Auto mit einer Vierradbremse

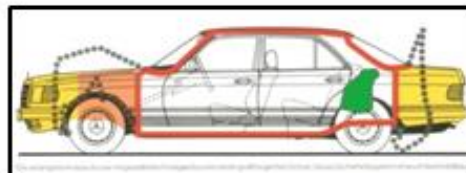


Abb. 4: Die Knautschzonen im Auto



1959: Erfindung des Dreipunktgurtes

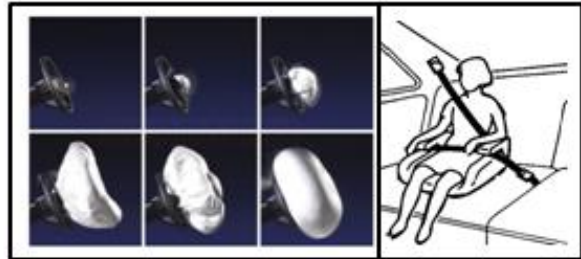


Abb. 5: 1968: Das Erfindungsjahr des Airbags

Abb. 6: Der moderne Dreipunktgurt

1968: Erfindung des modernen Airbags

1970er Jahre: Pflicht von Einbauen der Kopfstützen in Europa



Abb. 7: Die Kopfstütze: Nicht nur Komfort, sondern auch Schutz

01.01.1974: Einführung der Gurt-Einbaupflicht bei Neuwagen

1981: Mercedes Benz W 126 erstes deutsches Auto



Abb. 8: Ein echter Klassiker: Der Mercedes Benz W 126

1984: Einführung von Bußgeld beim Fahren ohne Sicherheitsgurt



ab 1990: Weiterentwicklung des Airbags (Knieairbag, Seitenairbag)



Abb. 9: Das moderne Automobil ist mit einer Vielzahl an Airbags ausgestattet.

2000er Jahre: Einführung des Gurtstraffers



Abb. 10: Der Gurtstraffer garantiert ein weiteres Stück mehr Sicherheit

2000er Jahre: Entwicklung der Assistenzsystem

2009: Aktive und Passive Kopfstütze als fester Teil bei Crashtests

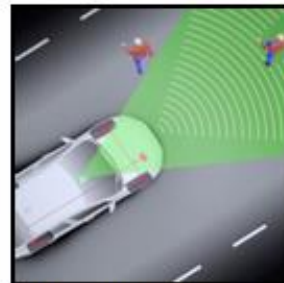


Abb. 11: Assistenzsystem - Ein Sensor für die

2012: Weiterentwicklung des Airbags (Knieairbag, Seitenairbag)



Abb. 12: Die Aktive und Passive Kopfstütze



Abb. 13: Volvo – Ein weltweiter Vorreiter in Sachen Fußgängerairbag

1. Die Geschichte der Autosicherheit

Das Jahr 1886 gilt als Geburtsjahr des modernen Automobils, da Karl Benz in diesem Jahr das erste Auto mit einem Verbrennungsmotor erfunden hat. Im weiteren zeitlichen Verlauf sind immer mehr Autos verkauft worden und Mitte des 20. Jahrhundert herrschte reger Betrieb auf den deutschen Straßen, wobei an dieser Stelle auch festzuhalten ist, dass mit dem stetig zunehmendem Verkehr auch die Zahl der Toten nach Autounfällen angestiegen ist. Diese negative Tatsache gilt als Anlass für viele Ingenieure und Autokonstrukteure die Sicherheit der Insassen fortlaufend zu verbessern [1].

Als erster Schritt zur Vermeidung von Unfällen kann die Entwicklung der Fahrzeugbeleuchtung im Jahre 1908 verzeichnet werden, wodurch die Fahrzeugführer damals schon andere Verkehrsteilnehmer früher erkennen, den Abstand richtig einschätzen und dadurch Unfälle vermeiden können. Dieses Entwicklungsbeispiel spiegelt eine frühe Entwicklung in der Automobilbranche zur Vergrößerung der Sicherheit auf den Straßen wieder [2]. Erste Fahrzeughersteller montierten ab 1914 Rückspiegel an die Personenkraftwagen, als Standardausstattung setzten sich die Innen- und Außenspiegel erst in den 1930er und 1940er Jahren durch. Im Jahr 1924 war es der Zwickauer Autohersteller Horch, der als erstes eine Vierradbremse in seinen Autos installierte. Erst im Jahr 1948 sind Scheibenbremsen eingebaut worden.

1952 hat der Ingenieur Bela Barenji das Patent auf die Erfindung der Knautschzone erhalten. Anders als die ersten Autos, die sich bei Unfällen nur geringfügig verformt haben und so die Insassen kaum geschützt worden sind, wurde dieser Teil des Gefährts so konstruiert, dass es sich leicht verformt und so Energie durch Verformungsarbeit absorbiert wird. Indem Mercedes-Benz im Jahr 1959 in ihren W111 als erster Automobilhersteller eine Knautschzone eingebaut hat, gelten sie bis heute diesbezüglich als weltweiter Vorreiter [3]. Im selben Jahr noch hat der Schwede Nils Ivar Bohlin den Dreipunktgurt erfunden. Bei Unfällen erfährt der menschliche Körper oft eine enorme Kraft, wobei der Gurt von nun an verhindert, dass der Mensch herumgeschleudert wird und bewahrt ihn zusätzlich vor schmerzhaftem Auftreffen auf Gegenstände und sogar vor dem Hinausfliegen aus dem Fahrzeug. Erst ab 1984 wurde das Nichtanlegen eines Sicherheitsgurtes im Auto mit einer Bußgeldstrafe reglementiert [4].

Allen K. Breed war es, der den modernen Airbag im Jahr 1968 entwickelt hat. Der Airbag (dt. Prallkissen) ist eine Art Luftsack, der die Insassen zurückhält und vor dem Auftreffen vor Gegenstände im Auto schützt. Wieder war es Mercedes-Benz, die als erstes in ein deutsches Auto einen Airbag eingebaut haben (1981; Modell: W 126).

Obwohl man diesbezüglich in den Vereinigten Staaten in der Entwicklung schon weiter gewesen ist, ist es in Deutschland erst ab den 1970er Jahre für die Autobauer Pflicht gewesen, eine integrierte Kopfstütze einzubauen. Die Amerikaner erkannten früh, dass eine Kopfstütze die Insassen vor Verletzungen schützen kann. Dies ist beim Heckaufprall zu erkennen, da bei diesem Ereignis die Trägheit eine ruckartige Bewegung nach hinten verursacht – dank der Kopfstütze können Verletzungen an der Halswirbelsäule und direkt am Kopf allerdings vorgebeugt werden [5].

Zu Beginn der 2000er Jahre wurde der Gurtstraffer, der schon die Jahrzehnte davor vereinzelt eingebaut worden ist [6], zum festen Bestandteil eines Autos. Ab dem Jahr 2009 ist die Aktive und Passive Kopfstütze ein fester Teil der verschiedenen Crashtests (Genauere Funktionserklärung im Themengebiet *Heckaufprall*).

Wie aus einer Studie vom Statistischen Bundesamt [7] hervorgeht, stieg im Jahr 2011 erstmals nach 20 Jahren die Zahl der bei einem Verkehrsunfall Getöteten wieder an. Allein im Februar starben 521 Menschen auf deutschen Straßen – das sind 28 Prozent mehr als im Jahr zuvor. Der Automobilhersteller Volvo griff diese Werte auf und spezialisierte sich bei ihren Entwicklungsprozessen auf die „bei Unfällen am wenigsten geschützt [...] Fußgänger, die insbesondere im Stadtverkehr häufig in tödliche Kollisionen involviert sind.“ [8] In Folge dessen arbeitet der schwedische Hersteller Volvo an der Produktion des ersten serienmäßigen Fußgänger-Airbags der Welt und kommt daher seiner Sicherheits-Vision um einen weiteren Meilenstein näher: „In Zukunft soll kein Mensch mehr in einem oder durch einen Auto zu Tode kommen oder eine schwere Verletzung erleiden. Der neue Volvo V40 verfügt als erstes Fahrzeug über einen serienmäßigen Fußgänger-Airbag. Außerdem fährt das kompakte Schrägheck-Modell auch mit dem erfolgreich eingeführten Notbremsassistenten inklusive automatischer Fußgängererkennung. Die Fahrer-Assistenzsysteme, von Volvo erhöhen nicht nur den Schutz für Insassen, sondern auch für Passanten.“ [9]

Man kann nun gespannt sein, wie sich das Auto in der Zukunft weiter entwickelt.

Literaturverzeichnis

- [1] wikipedia.org/wiki/Geschichte_des_Automobils. Stand vom: 30.10.2014.
- [2] wikipedia.org/wiki/Fahrzeugscheinwerfer. Stand vom: 30.10.2014.
- [3] wikipedia.org/wiki/Knautschzone. Stand vom: 30.10.2014.
- [4] wikipedia.org/wiki/Sicherheitsgurt#Dreipunktgurt. Stand vom: 30.10.2014.
- [5] wikipedia.org/wiki/Airbag. Stand vom: 30.10.2014.
- [6] wikipedia.org/wiki/Gurtstraffer. Stand vom: 30.10.2014
- [7] https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Internationales/Thema/Tabellen/Basistabelle_Verkehrstote.html. Stand vom: 30.10.2014
- [8], [9] http://www.autoeder.de/media/image/Pressemitteilung_2.pdf . Stand vom 30.10.2014

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Das erste moderne Auto von Karl Benz aus dem Jahre 1886
unter: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/1885Benz.jpg>. Stand vom: 05.12.2014
- Abb. 2: Die Spiegel am und im Auto
unter:
- Abb. 3: Der Horch 10: Das erste Auto mit einer Vierradbremse
unter: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/05/Horch_10-12_PS.jpg. Stand vom: 05.12.2014

- Abb. 4: Die Knautschzonen im Auto
unter: <http://5komma6.mercedes-benz-passion.com/der-w126-damals/innovationen/karosserie/>. Stand vom: 05.12.2014
- Abb. 5: 1968: Das Erfindungsjahr des Airbags
unter: http://www.kfztech.de/kfztechnik/sicherheit/airbag/airbag_mercedes.jpg. Stand vom: 05.12.2014
- Abb. 6: Der moderne Dreipunktgurt
unter: <http://www.vkwodw.de/Bilder/tipps/sitz6.gif>.
Stand vom: 05.12.2014
- Abb. 7: Die Kopfstütze: Nicht nur Komfort, sondern auch Schutz
unter: http://www.autogazette.de/asset/cms_image_asset/article_content_image/die-aktiven-kopfstuetzen-im-opel-insignia-119538.jpg.
Stand vom: 05.12.2014
- Abb. 8: Ein echter Klassiker: Der Mercedes Benz W 126
unter: <http://www.topcarrating.com/1985-mercedes-benz-560-sel-w126.php>. Stand vom: 05.12.2014
- Abb. 9: Das moderne Automobil ist mit einer Vielzahl an Airbags ausgestattet
unter: http://www.bmw.com/com/de/newvehicles/1series/sedan/2005/allfacts/ergonomics_pse.html. Stand vom: 05.12.2014
- Abb. 10: Der Gurtstraffer garantiert ein weiteres Stück mehr Sicherheit
unter: <http://www.kfztech.de/kfztechnik/sicherheit/airbag/gurte.htm>.
Stand vom: 05.12.2014
- Abb. 11: Assistenzsystem - Ein Sensor für die Erkennung von Fußgänger
unter: <http://www.badische-zeitung.de/auto-mobilitaet-1/eingreiftruppe-im-auto--33961241.html>. Stand vom: 05.12.2014

Abb. 12: Die Aktive und Passive Kopfstütze
unter: <http://www.sociologie-etc.com/med/merk/merkblatt-schleudertrauma.html>. Stand vom: 05.12.2014

Abb. 13 Volvo – Ein weltweiter Vorreiter in Sachen Fußgängerairbag
unter: http://www.volvocars.com/de/top/about/news_events/pages/press.aspx?itemid=284. Stand vom: 05.12.2014



PHYSIK-
JOURNAL

NCAP - STERNEVERGABE

Lena Depner und Verena Müller

1. NCAP & Sternevergabe
2. NCAP-Crashtests

1. NCAP & Sternevergabe

Um eine herstellerunabhängige Bewertung von Crashergebnissen zu erhalten, wurde 1997 ein Konsortium aus verschiedenen europäischen Verkehrsministerien, Automobilclubs, Versicherungsverbänden, Forschungsinstituten und Testlaboren gegründet, das NCAP (= New Car Assessment Programme). Die Verbraucherschutzorientierte Organisation möchte die Automobilkäufer über Sicherheitsmerkmale informieren und Innovation innerhalb der Automobilindustrie anregen. Dies geschieht durch die Vergabe von maximal fünf „Sternen“, die nur bei bestimmten Sicherheitsvorkehrungen eines Fahrzeugs durch NCAP vergeben werden. Die Anforderungen zum Erreichen der Höchstpunktzahl an die Hersteller werden immer wieder höher gestellt und somit der Anreiz zur Verbesserung der Sicherheitssysteme gegeben.

Man unterscheidet in vier Kategorien, in denen zunächst eine separate Bewertung erfolgt:

- Erwachsenen- Insassenschutz (50% Gewichtung bei der Gesamtwertung)
- Kindersicherheit (20% Gewichtung bei der Gesamtwertung)
- Fußgängerschutz (20% Gewichtung bei der Gesamtwertung)
- Fahrerassistenz/ Sicherheitsunterstützung, zum Beispiel das autonome Notbremssystem(AEB), welches einem Auffahrunfall automatisch entgegenwirken soll (10% Gewichtung bei der Gesamtwertung)

Für den Erwachsenen- Insassenschutz gehen mehrere Ergebnisse in den Test mit ein, der Frontaufprall, der Seitenaufpralltest und der Pfahltest. Bei der Beurteilung wird auf die verschiedenen Personengrößen und Sitzpositionen Rücksicht genommen.

Die Kindersicherheit basiert auf drei wichtigen Aspekten. Als erstes werden Dummies in Kindergröße in bestimmten Kinderrückhaltesystemen bei den oben schon genannten Crashes eingesetzt um den Schutz der bei diesen Tests vorhanden ist, zu überprüfen. Das NCAP führt eine Kindersitz-Einbauprüfung durch, um Probleme mit der Inkompatibilität herauszufinden. Außerdem wird darauf geachtet das Vorrichtungen zum Einbauen von Kinderrückhaltesystemen vorhanden sind.

Der Fußgängerschutz ist extrem wichtig, da Fußgänger zu den leicht verletzlichen Verkehrsteilnehmern gehören. Deshalb führt die Euro NCAP, mit den meist bei einem Crash mit einem Fußgänger beteiligten Frontstrukturen eines Fahrzeugs, wie Motorhaube, Windschutzscheibe, etc. Tests durch.

Da Fahrfehler eine der häufigsten Unfallursachen sind, sind die Sicherheitsunterstützungen, die dem Fahrer zu einer angemessenen und sicheren Fahrweise verhelfen sollen, ein wichtiges Kriterium des Aufprallschutzes. [1], [2]

2. NCAP Crashtests

Am Beispiel von „BMW 1 series“ [3], [4]:

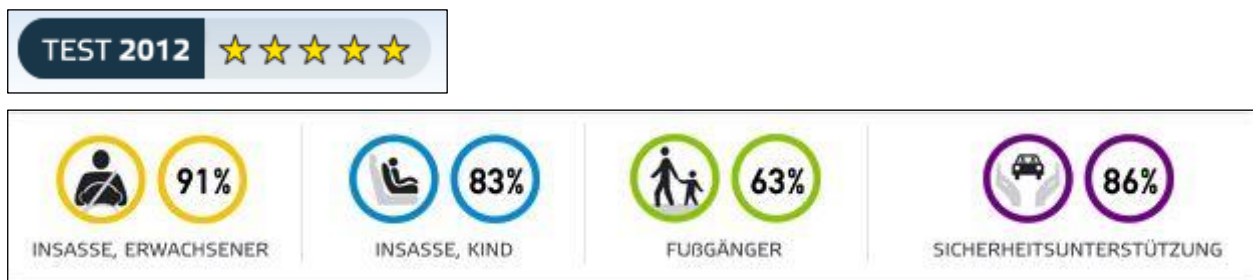


Abb. 1:NCAP Bewertung

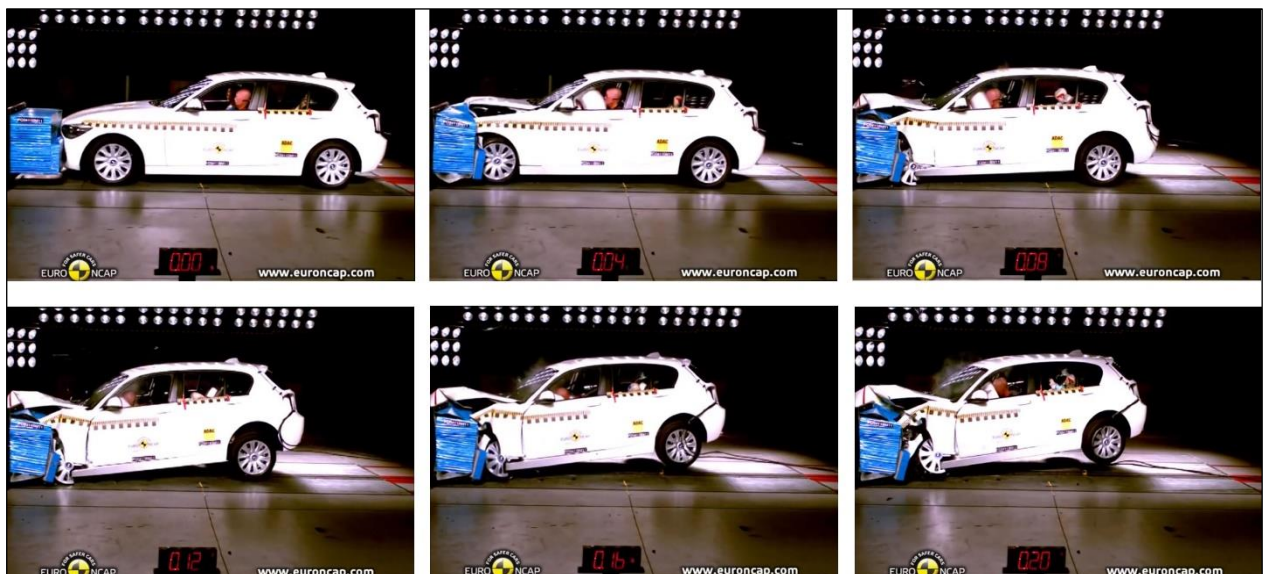


Abb. 2:Bilder aus Crashszenario

Testergebnisse:

- ❖ Insasse, Erwachsener:
 - Frontaufprall: 15.4 Punkte
 - Seitenaufprall Auto: 7.9 Punkte
 - Seitenaufprall Pfahl: 6.5 Punkte
 - Heckaufprall: 3.0 Punkte
 - GESAMT → 33 Punkte / 91%
- ❖ Insasse, Kind:
 - 18 Monate altes Kind:
 - Merkmale: 11.8 Punkte
 - Anleitung: 4.0 Punkte
 - Einbau: 2.0 Punkte
 - 3 Jahre altes Kind:
 - Merkmale: 12.0 Punkte
 - Anleitung: 4.0 Punkte
 - Einbau: 2.0 Punkte
 - Beurteilung nach Fahrzeug: 5.0 Punkte
 - GESAMT → 41 Punkte / 83%
- ❖ Fußgänger:
 - Kopf: 16.6 Punkte
 - Becken: 0.0 Punkte
 - Bein: 6.0 Punkte
 - GESAMT → 23 Punkte / 63%
- ❖ Sicherheitsunterstützung:
 - Geschwindigkeitsbegrenzung: 0.0 Punkte
 - Fahrdynamikregelung: 3.0 Punkte
 - DSC: JA
 - Anschnallerinnerung: 3.0 Punkte
 - Fahrer: JA
 - Beifahrer: JA
 - Hinten: JA
 - GESAMT → 6 Punkte / 86%

Literaturverzeichnis

- [1] http://de.wikipedia.org/wiki/Euro_NCAP. Stand vom: 20.03.15
- [2] vgl. <http://www.euroncap.com/de>. Stand vom: 20.03.15
- [3] http://de.euroncap.com/de/results/bmw/1_series/2012/447.aspx.
Stand vom: 04.11.14.
- [4] <http://de.euroncap.com/de/test/ratings.aspx>. Stand vom: 04.11.14.

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: NCAP Bewertung
unter: http://de.euroncap.com/de/results/bmw/1_series/2012/447.aspx.
Stand vom: 20.03.2015
- Abb. 2: Bilder aus Crasheszenario
unter: <http://www.euroncap.com/de/results/bmw/1-series/10913>.
Stand vom:20.03.15



Fabio Josepho und Tobias Hagen

1. NCAP
2. Bezug zur Realität
3. Mögliche Folgen eines Fahrradunfalls
4. Sicherheitsmaßnahmen zur Reduzierung von Fahrradunfällen
5. Video mit der Crasheschlittenbahn
6. Aufgaben

Radfahrer haben kaum eine Chance, wenn sie ein Autofahrer übersieht. 2012 gab es ca. 75000 Unfälle mit Radfahrern und Personenschaden, bei denen 417 Menschen gestorben, 14500 schwer verletzt und die restlichen 65000 leicht verletzt wurden. Die Zahl der Fahrradunfälle ist zwischen 2000-2012 nicht zurückgegangen. Die häufigsten Fehler der Radfahrer sind Fahren auf der falschen Fahrbahn oder Straßenseite, Alkohol und Einfahren in den fließenden Verkehr. Die häufigsten Fehler der Autofahrer sind Fehler beim Abbiegen, Nichtbeachten der Vorfahrt und auch Einfahren in den fließenden Verkehr [1].

1. NCAP

Seit 1996 werden in Europa Crashtest durchgeführt, d.h. ein Fahrzeug wird unter definierten Bedingungen gegen ein Hindernis gefahren [2]. Um eine herstellerunabhängige Bewertung der Crashtestergebnisse zu erhalten, wurde eine Gesellschaft aus europäischen Verkehrsministerien, Automobilclubs und Versicherungsverbänden gegründet [3]. Das Euro NCAP „European New Car Assessment – Europäisches Neuwagen-Bewertungs-Programm“. Sie führen Crashtest mit neuen Automobiltypen unter kontrollierten, realistischen Bedingungen durch und bewerten dann die Sicherheit des Fahrzeugs. Ein Automobiltyp kann maximal 5 Sternen als bestes Ergebnis erhalten [4].

Die hohen Anforderungen des Euro NCAP haben letztendlich dazu geführt, dass die Hersteller mehr in Sicherheit investierten, da sich Autos mit der Bestnote, vergeben von neutraler, sachverständiger Seite, wesentlich besser verkaufen. Die Fahrgastzellen wurden z. B. steifer und die Knautschzonen nehmen mehr Energie auf. Die Autos sind heute für viele Unfallsituationen besser ausgelegt [5].

Dieser Euro-NCAP-Crashtest wurde 2009 erweitert und besteht jetzt aus vier Bereichen [2]:

- Insassenschutz
- Kindersicherheit
- Fußgängerschutz

Fußgänger wie Fahrradfahrer sind bei Kollisionen mit Automobilen ungeschützte Unfallbeteiligte. Bei diesem Test werden Einzelcrashes mit Dummies mit einer Geschwindigkeit von 40 km/h durchgeführt. Es wird bewertet, welche Verletzungsgefahr die Frontpartie von Kraftfahrzeugen für Fußgänger darstellt. Mittlerweile wurden Systeme entwickelt die Fußgänger/Fahrradfahrer besser schützen sollen: Motorhauben mit mehr Deformationsraum und Airbags für den Frontbereich von Fahrzeugen.

- Aktive Sicherheit



Abb. 1: Simulation von einem Fahrradunfall

2. Bezug zur Realität

Der Vorgang in der Realität ähnelt dem des Videos sehr, hat jedoch ein paar kleine Unterschiede.

Auf dem Bild sieht man einen Stuntman, der einen Frontalaufprall eines Fahrrads mit einem Auto simuliert. Das Auto trifft auf dem vorderen Rad des Fahrrads auf und der Radfahrer wird nach vorne in Richtung des Autos geschleudert, prallt in den meisten Fällen mit dem Kopf auf, wird anschließend über das Auto geworfen und landet auf dem harten Asphalt. Hier kommt es schon bei geringen Geschwindigkeiten zu schweren Verletzungen [6].



Abb. 2: Crashtest mit Fahrradfahrer

Es gibt eine weitere Art, wie sich ein solcher Unfall abspielen kann. Hier ist ein Crashtest zur Gefahr der abbiegenden Autofahrer zu sehen. Der Abbiegeunfall zählt zu den gefährlichsten Unfällen für Radfahrer und ist der am öftesten vorkommende Unfall bei Fahrradunfällen. Dabei fährt der Radfahrer seitlich auf das Auto zu und prallt an der rechten oder linken Seite der Kühlerhaube auf.



Abb. 3: Crashtest mit Fahrradfahrer

Er wird über die Motorhaube katapultiert und landet mit dem Kopf voraus, wie in Abbildung 3 gut zu sehen ist, auf dem Boden. Durch den Aufschlag des Kopfes auf den Asphalt kommt es hier auch schon bei geringen Geschwindigkeiten zu lebensgefährlichen Verletzungen [7].

3. Mögliche Folgen eines Fahrradunfalls

Nach einigen Messungen der u_{dv} an einem Crashdumie, der bei den darüber liegenden dargestellten Bildern benutzt worden ist, ergeben sich Messwerte, die für einen Menschen schwerste bis sogar tödliche Verletzungen im Kopf- und Halsbereich als Folge hätten. Die Halsbelastung hat die axiale Nackenzugkraft deutlich überschritten. Diese Werte können jedoch noch gesteigert werden, da im schlimmsten Fall der verunglückte Radfahrer ohne ein Aufkommen auf dem Fahrzeug direkt auf die Fahrbahn prallt.

Weitere Verletzungen sind Verletzungen an Armen und Beinen, weil die Radfahrer mit ihnen auf dem Auto aufschlagen. Zum Teil gibt es auch schwere Brustkorbverletzungen, bei denen

die Lunge lebensbedrohlich gequetscht werden kann. In jedem vierten Fall kommt es auch zu einer schweren Kopfverletzung vor allem dann, wenn der Fahrer keinen Helm trägt [7].

4. Sicherheitsmaßnahmen zur Reduzierung von Fahrradunfällen

Mit der Zunahme des Radfahrerverkehrs erhalten Sicherheitstechniken für Radfahrer zur Unfallvermeidung immer größere Bedeutung:

1. Sicherheitssysteme die der Fahrradfahrer selbst anwenden kann:

- Fahrradhelm [8].
- Kopf- Airbag [9].
- Verbesserung der Sichtbarkeit von Fahrradfahrern(Fahrradbeleuchtung, Reflektoren, Kleider mit Reflexmaterialien) [8].



Abb. 4: Erhöhte Sicherheit durch Helmtragen

2. Sicherheitssysteme technischer Art an Kraftfahrzeugen wären:

- Abbiegeassisten für LKW's [9].
- Außenairbags an Kraftfahrzeugen [9;10].

- Warnsysteme für sich öffnende Türen [9].
- Fahrradfahrer-Erkennung, aufbauend auf Notbremsassistenten [10].



Abb. 5: Abbiegendes Auto gefährdet querender Radfahrer

3. Verantwortungsvolleres Beachten der Verkehrsregeln durch die Fahrradfahrer:

- Geschwindigkeit anpassen [9].
- keine Nutzung der Radwege in der falschen Richtung [9].
- kein Radfahren unter Alkoholeinfluss [9].



Abb. 6: Graphen für Unfallursachen bei Radfahrer

4. Verbesserung der Infrastruktur für Fahrradfahrer:

- Verbesserung der Radwege, [9].
- Beseitigung von Hindernissen auf vorhandenen Radwegen (Absperrpfosten) [9].

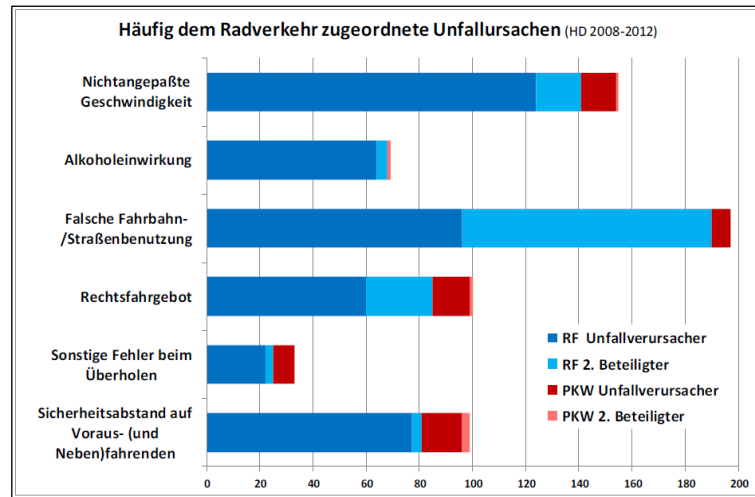
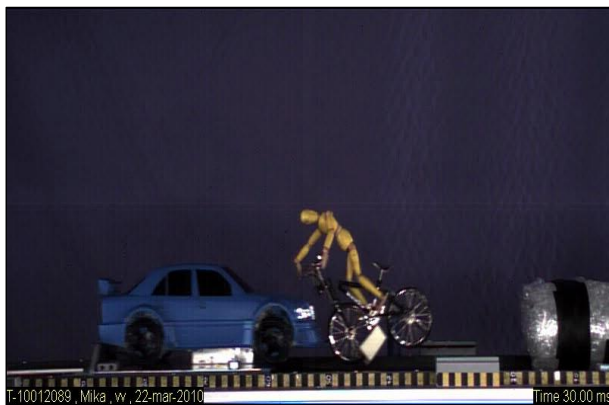


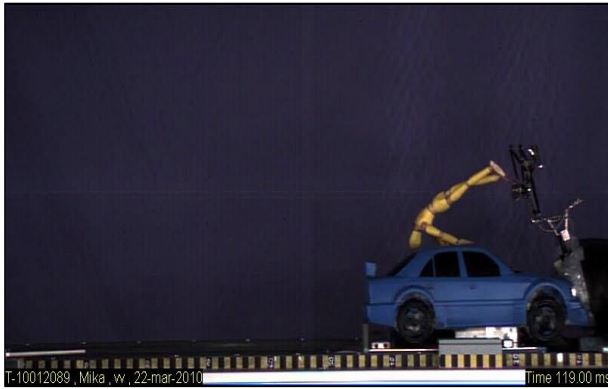
Abb. 7: Radweg mit Wegsperrern

5. Video mit der Crasheschlittenbahn

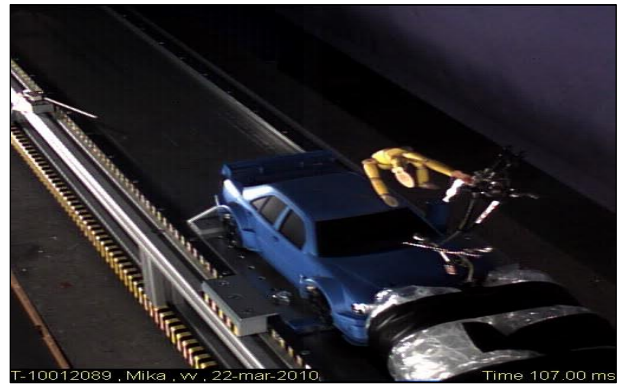


Im Video erfolgt der Aufprall des Autos am vorderen Rad des Fahrrads. Dadurch wird das vordere Rad nach hinten gedrückt und der Radfahrer wird nach oben geschleudert [11].

Er prallt mit den Armen an die Windschutzscheibe und mit dem Kopf an das Autodach [11].



Er rutscht mit dem linken Arm über das Auto und fällt schließlich auf der linken Seite des Autos auf den Boden. Das Fahrrad wird nach dem Zusammenprall erst verformt [11].



Und wird danach unkontrolliert weggeschleudert. Im Gegensatz dazu fährt das Auto weiterhin gerade aus bis es von dem Knautschelement gestoppt wird [11].

6. Aufgaben

1.1 Schauen Sie das Video „UDV Crashtest: Fahrradunfall mit und ohne Fahrradhelm“ in YouTube

von der „GDV Unfallforschung Berlin“ an. Entnehmen Sie die Informationen aus dem Video und der Beschreibung. Dabei runden Sie die Geschwindigkeit auf ganze Zehner. Berechnen Sie, was für eine Energie der Radfahrer beim Aufprall hatte.



Abb. 7: Aufgabenquelle in Youtube

$$E_{R1} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$E_{R1} = \frac{1}{2} \cdot 71,5kg \cdot \left(20 \frac{km}{h}\right)^2$$

$$E_{R1} = \frac{1}{2} \cdot 71,5kg \cdot \left(20 \cdot 3,6 \frac{m}{sh}\right)^2$$

$$E_{R1} = 1103 J$$

1.2 Wiederholen Sie die Rechnung noch einmal mit der Geschwindigkeit 60 km/h. Berechnen Sie, um wie viel die Verletzungen sich gesteigert haben, wenn man davon ausgeht, dass die Verletzungen proportional zur Energie steigen.

$$E_{R2} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$E_{R2} = \frac{1}{2} \cdot 71,5 \text{ kg} \cdot \left(60 \frac{\text{km}}{\text{h}}\right)^2$$

$$E_{R2} = 9930 \text{ J}$$

$$\frac{E_{R2}}{E_{R1}} = \frac{9930 \text{ J}}{1103 \text{ J}} = 9$$

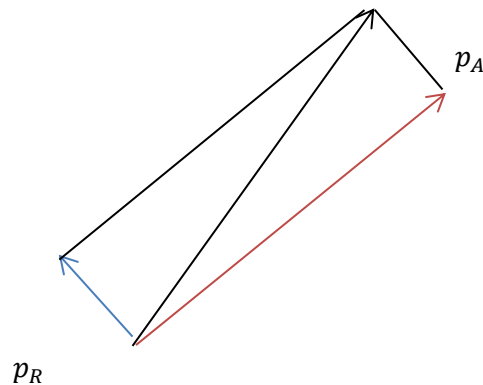
Antwort: Die Verletzungen werden 9-mal so groß.

2. Was für einen Impuls haben das Auto und der Radfahrer beim Aufprall? Zeichnen Sie ein Parallelogramm, das zeigt, wie der Radfahrer eigentlich fliegen müsste.

$$p = m \cdot v$$

$$p_R = 71,5\text{kg} \cdot 20 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 397 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$$

$$p_A = 1412,5\text{kg} \cdot 20 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 7847 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$$



2.1 Erläutern Sie, wieso der Radfahrer über die Kühlerhaube geschleudert wird.

Antwort: Der Radfahrer fliegt wegen dem Trägheit Satz weiter.

Dieser besagt, dass ein Körper seinen momentanen Bewegungszustand beibehalten will. Da der Schwerpunkt des Radfahrers oberhalb der Kühlerhaube ist, wird der Körper des Radfahres nicht wesentlich von der niedrigen Kühlerhaube aufgehalten oder abgelenkt. Lediglich die Beine erhalten einen Impuls vom Auto, der den Radfahrer leicht aus der ursprünglichen Richtung ablenkt. (siehe Parallelogramm).

Literaturverzeichnis

- [1] www.presseportal.de/pm/66358/2526330/neue-udv-studie-und-crashtests-fahrradunfaelle-sind-haeufig-schwer-und-oft-vermeidbar-abbiegende.
Stand vom: 07.12.2014
- [2] Wikimedia Deutschland – Gesellschaft zur Förderung Freien Wissens e. V.
Crashtest
de.wikipedia.org/wiki/Crashtest, Aktualisierung: 07. Oktober 2014
- [3] www.autobild.de/lexikon/euro-ncap-crashtest-221441.html. Stand vom:
10.12.2014
- [4] www.spiegel.de/auto/aktuell/zehn-jahre-euro-ncap-crashtests-fuenf-sterne-zwei-welten-a-389458.html. Stand vom: 09.12.2005

www.udv.de/de/mensch/radfahrer/strasse/wege-fuer-radfahrer/crashtest-abbiegender
- [5] www.pkw-gegen-fahrrad. Stand vom: 29.08.2014.
- [6] <http://www.tz.de/auto/fahrradunfaelle-sind-laut-unfallforschung-versicherer-udv-vermeidbar-zr-3036516.html>. Stand vom 2.09.2014.
- [7] Verkehrssicherheitsprogramm 2011

2.4 Radfahrer Seite 19 – 20

3.4 Radverkehr Seite 40 - 41

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Invalidenstr. 44,
10115 Berlin.

- [8] Forschung Radverkehr – Analysen A-6/2012
 Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH, Zimmerstraße 13 -15, 10969 Berlin
 Arbeitsbereich Mobilität und Infrastruktur
 Redaktion: Sebastian Korn, Jörg Thiemann-Linden
- [9] Volvo Pressezentrum

 „Bestwerte in weltweiten Crashtests beweisen: Volvo führend bei
 automobiler Sicherheit“ 2013 <https://www.media.volvocars.com/de/de-de/media/pressreleases/48494/bestwerte-in-weltweiten-crashtests-beweisen-volvo-fhrend-bei-automobiler-sicherheit> Stand vom: 02.04.14
- [10] Videos der Crasheschlittenbahn

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Simulation von einen Fahrradunfall unter:
 Verkehrssicherheitsprogramm 2011
 2.4 Radfahrer Seite 19 – 20
 3.4 Radverkehr Seite 40 – 41
 Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Invalidenstr. 44,
 10115 Berlin.
- Abb. 2: Crashtest mit Fahrradfahrer unter:
 Flyer „Sicher unterwegs mit dem Fahrrad“
 Unfallforschung der Versicherer, Wilhelmstraße 43/43G, 10117 Berlin
 Dipl.-Ing. Jörg Ortlepp
 Stand vom: 12.08.2014
- Abb. 3: Crashtest mit Fahrradfahrer unter:
 Analyse der Fahrradunfälle in Heidelberg 2008 – 201
 Dieter Teufel, Sabine Arnold, Petra Bauer

UPI-Bericht Nr. 77

3. erw. Auflage August 2014

UPI Umwelt- und Prognose-Institut e. V., Handschuhsheimer Landstr. 118a,
69121 Heidelberg

- Abb. 4: Erhöhte Sicherheit durch Helmtragen unter:Flyer
„Sicher unterwegs mit dem Fahrrad“
Unfallforschung der Versicherer, Wilhelmstraße 43/43G, 10117 Berlin
Dipl.-Ing. Jörg Ortlepp
Stand vom: 12.08.2014
- Abb. 5: Abbiegendes Auto gefährdet querender Radfahrer unter:
<http://www.news.de/panorama/855521321/rat-vom-news-de-expertenteam-wer-ist-bei-fahradunfaellen-haftbar/1/>. Stand vom: 12.08.14
- Abb. 6: Graphen für Unfallursachen bei Radfahrer unter:
<http://www.tz.de/auto/fahradunfaelle-sind-laut-unfallforschung-versicherer-udv-vermeidbar-zr-3036516.html> Stand vom: 13.08.14
- Abb. 7: Aufgabenquelle in Youtube unter:
<https://www.youtube.com/watch?v=eC2VCO9w4KY>. Stand vom: 07.12.14



PHYSIK-
JOURNAL

AUTO – FUßGÄNGER KOLLISION

Dominik Hillebrand und Eduard De Waal

1. Kollision zwischen Fußgänger und PKWs
2. Der Fußgängerairbag
3. Aufgaben

1. Kollision zwischen Fußgänger und PKWs

Kollisionen zwischen Fußgänger und PKWs jeder Art gibt es immer wieder, da entweder der Fußgänger oder der PKW-Lenker nicht aufmerksam ist. Pkw-Fußgänger-Unfälle erfordern aufgrund der häufig schweren Verletzungsfolgen für den ungeschützten Verkehrsteilnehmer eine detaillierte Rekonstruktion. Im Allgemeinen sind dabei insbesondere die Kollisionsgeschwindigkeit des Pkw, der Kollisionsort, sowie das Bewegungsverhalten des Fußgängers zu rekonstruieren [1].

Eine mögliche Definition der **PKW-Fußgänger-Kollision** ist, wenn der auf der Fahrbahn befindliche Fußgänger von einem Fahrzeug mit dessen Frontbereich erfasst wird [1].

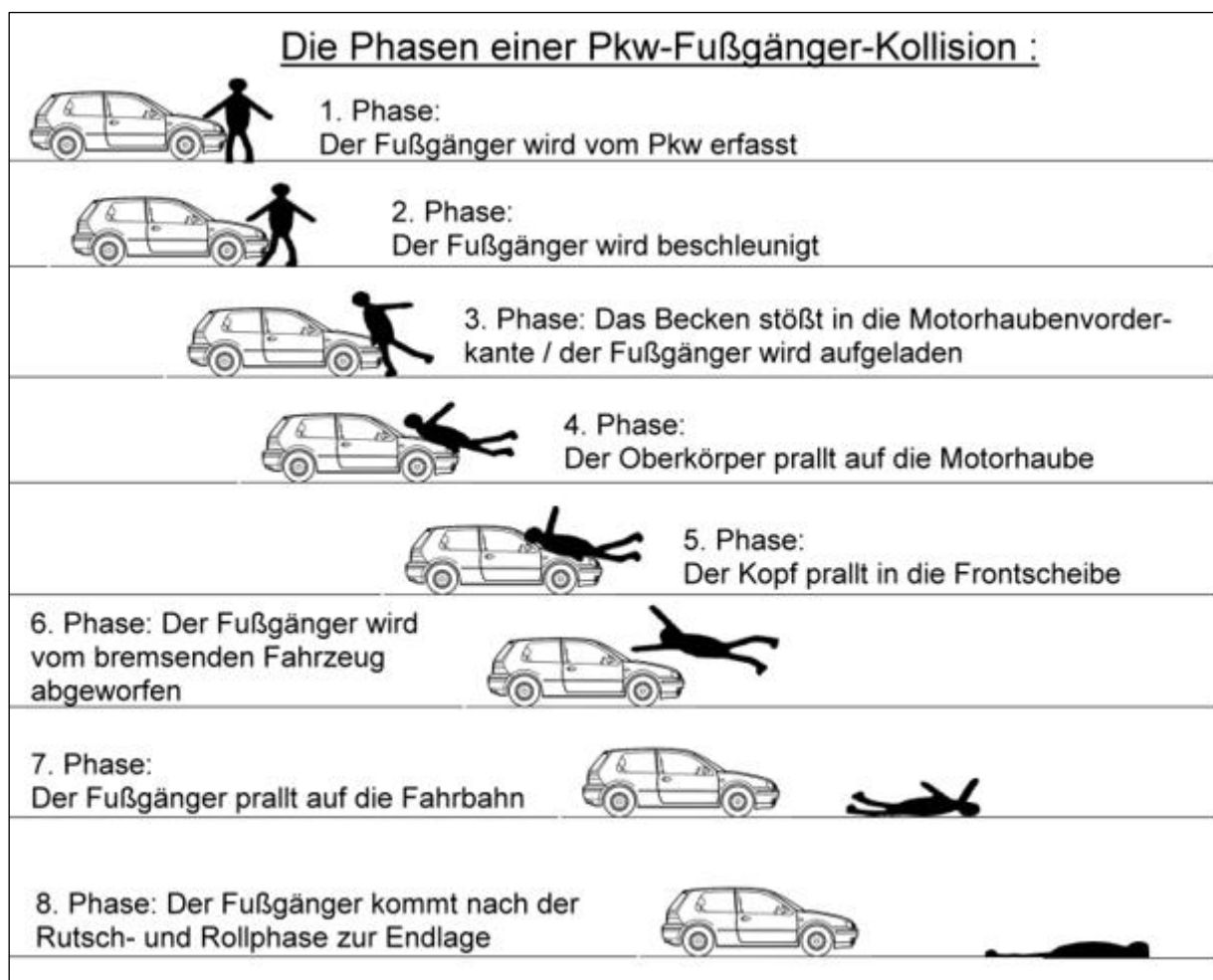


Abb. 1: Die Phasen einer PKW-Fußgänger Kollision

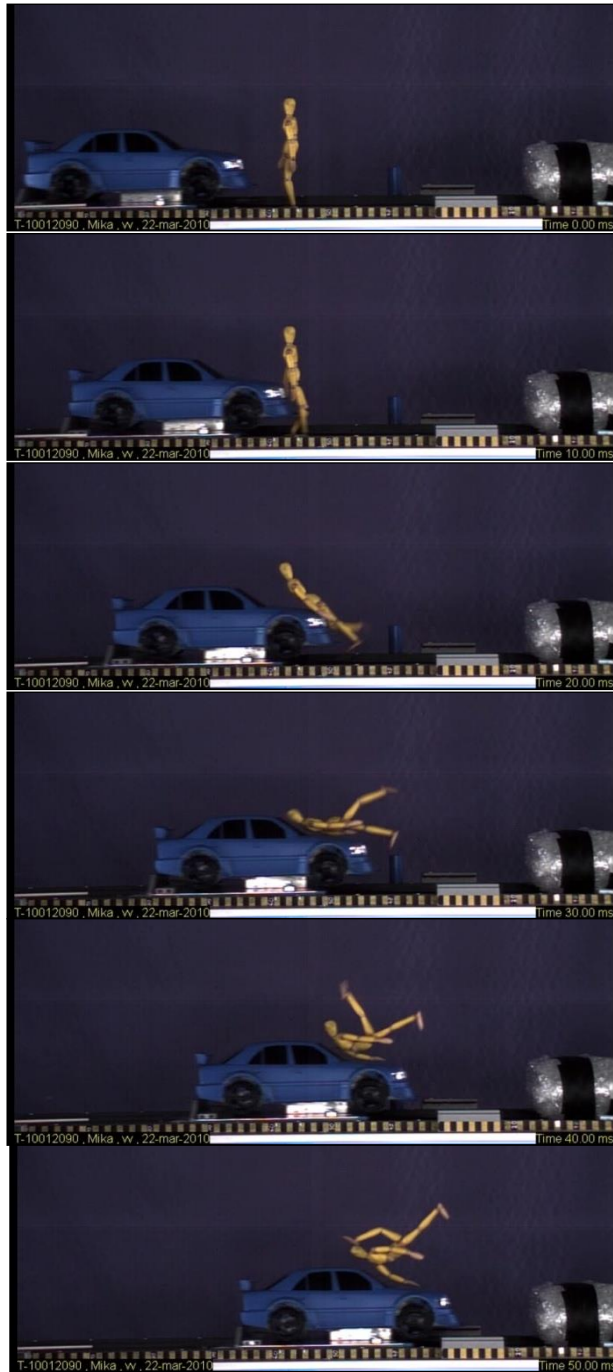


Abb. 2: Crashtestsimulation mit
Crashschlittenbahn

Die **Rekonstruktion der Unfallphase** unterteilt sich in 8. Phasen:

Zusatzinformationen zu Phasen 1 – 5:

- Fußgänger wird unterhalb seines Schwerpunktes (Becken/Oberschenkel) getroffen
- Faustregel: der Kopf einer 1,70m großen Person berührt:
 - die hintere Hauben Kante bei einer Kollisionsgeschwindigkeit von **30-40 km/h**
 - die Frontscheibe bei einer Kollisionsgeschwindigkeit **ab 40 km/h**

Zusatzinformationen zu den Phasen 6 – 8:

- Bei **ungebremster Weiterfahrt** oder **sehr hohen Kollisionsgeschwindigkeit (> 80km/h)**:
 - ➔ „aufgenommene“ Person fliegt/rutscht über den PKW hinweg
- **Bei spontan abgebremsten Fahrzeugen:**
 - ➔ die durch den Anstoß beschleunigte Person löst sich vom Fahrzeug, rutscht nach vorn vom Fahrzeugvorbau und trifft nach einer Flugphase auf die Fahrbahn auf. (➔ Abwurf)

Als Abwurfweite wird die Entfernung zwischen Kollisionsstelle und der ersten Kontaktstelle des Fußgängers mit der Fahrbahn definiert.

- ➔ nach dem Auftreffen auf die Fahrbahn rutscht der Fußgänger je nach Kollisionsgeschwindigkeit eine gewisse Wegstrecke auf der Fahrbahn bis zur Endlage bzw. rollt auf der Fahrbahn bis zum Bewegungsstillstand ab. (➔ Rutschweite)

Als Rutschweite wird die Entfernung von der ersten Kontaktstelle des Fußgängers mit der Fahrbahn und der Endlage definiert [1].

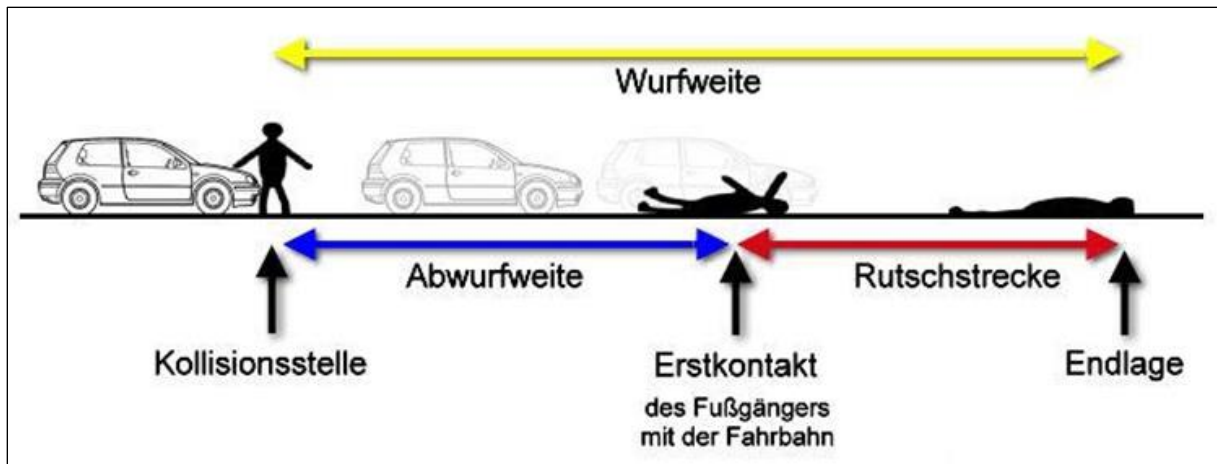


Abb. 3 :Die Wurfweite nach einer abgebremschten PKW-Fußgänger-Kollision

Bei der Bestimmung der Kollisionsgeschwindigkeit ist ein Toleranzbereich von in etwa 5 km/h zu berücksichtigen!

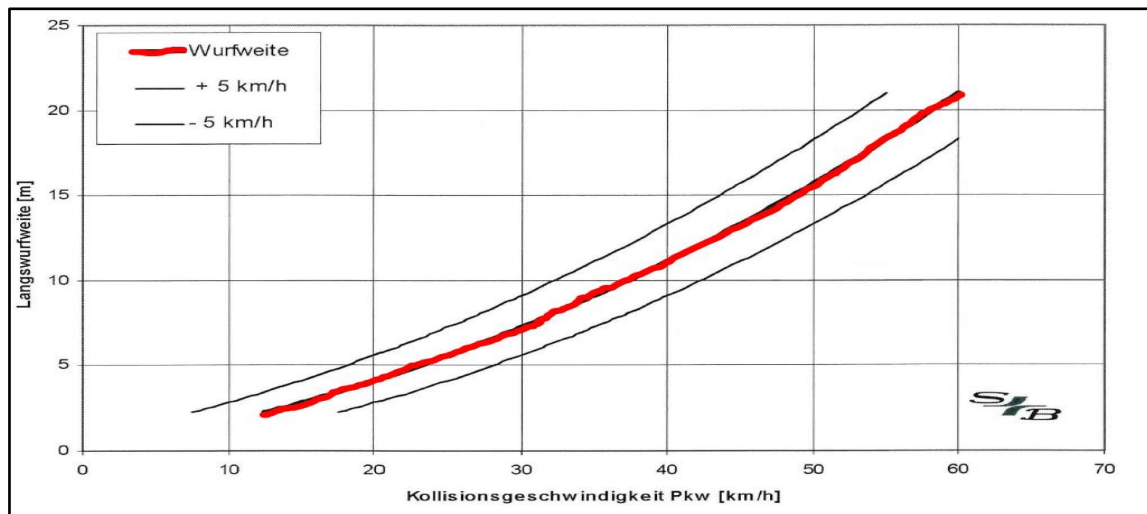
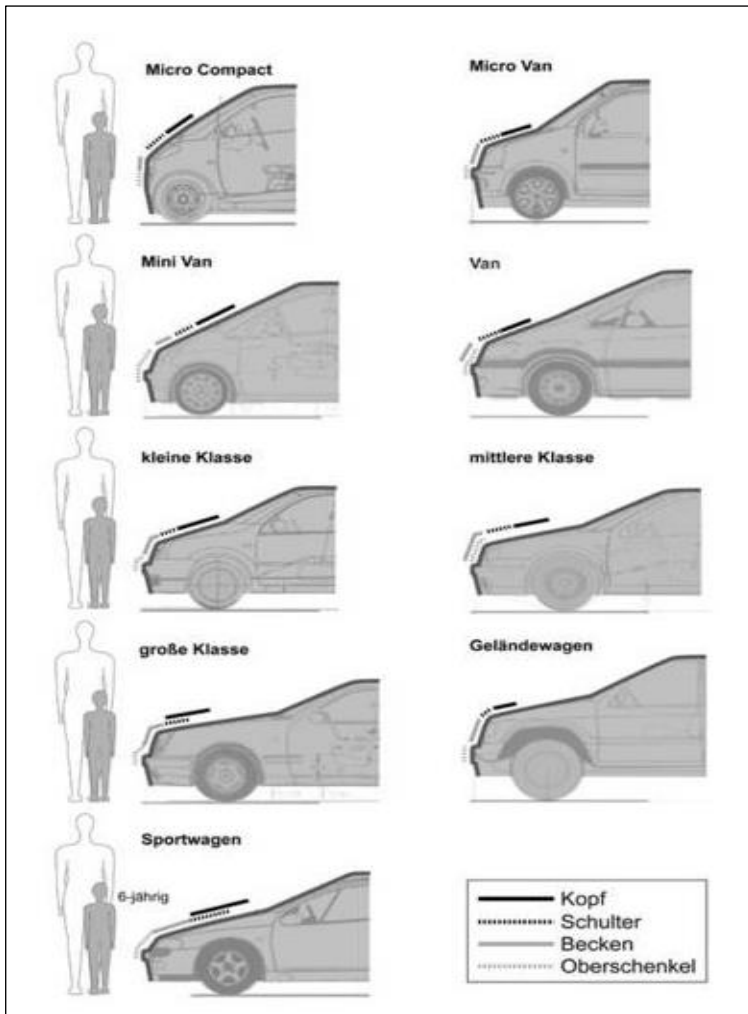


Abb. 4: Exponentieller Anstieg der Wurfweite durch erhöhen der Geschwindigkeit

Der Aufprall variiert je nach Fahrzeugtyp:



Die Abwickellänge ist die Länge zwischen der Fahrbahn und der Kopfaufprallstelle entlang der Fahrzeugkontur [1].

Abb. 5: Die Abwickellänge von diversen Fahrzeugtypen

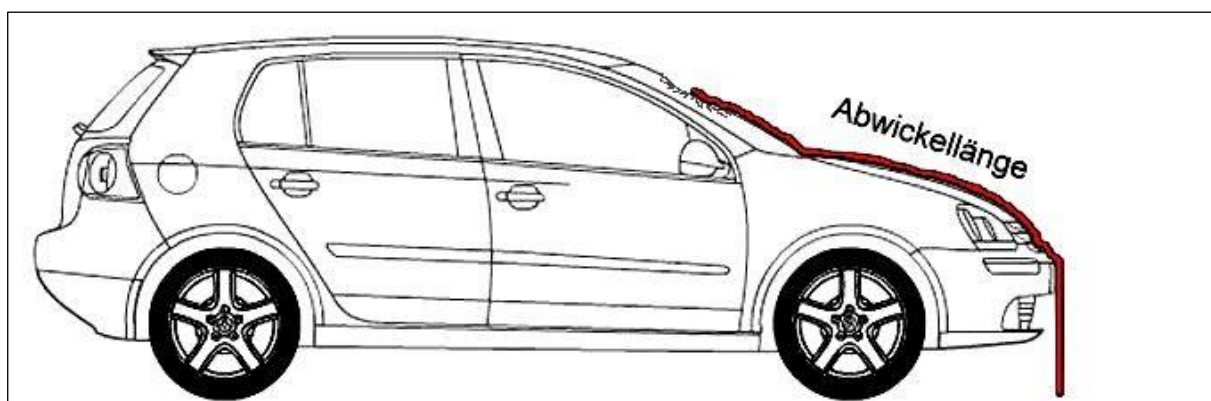


Abb. 6: Die Abwickellänge anhand eines Kleinwagens

So funktioniert der Airbag:

1. Das Sicherheitssystem scannt ständig mit einer Kamera die Umgebung nach Gefahrenpotenzial, dabei kann es einen starren Gegenstand von einem Fußgänger mit mindestens 80 cm Größe erkennen unterscheiden, jedoch nur wenn die Kamera die komplette menschliche Kontur wahrnehmen kann.
2. Nähert der sich nun ein Passant dem Auto wird in Bruchteilen von Sekunden ein Mechanismus ausgelöst.
3. Zuerst wird der Fahrer durch ein akustisches und optisches Signal im Frontdisplay der Windschutzscheibe alarmiert.
4. Wenn nun der Fahrer nicht darauf reagiert und ein ausweichen unmöglich ist wird in weniger als einer Sekunde 100% der Bremskraft aktiviert. Das System schafft es jedoch nur ein Fahrzeug mit maximal 35 km/h vollständig zu bremsen.
5. Ist nun die Kollision unvermeidbar schiebt sich die Motorhaube zurück und der Airbag kommt nun zum Vorschein, der sich in 50 Millisekunden auf die Windschutzscheibe legt, um einen eventuellen Fußgängeraufprall abzufedern [2,3].



Abb. 8: Die Meldung des Fußgänger Warnsystems

Airbag Test:

Natürlich müssen die Airbags auch getestet werden, hierzu werden zylinderförmige Prüfkörper, welche dem Gewicht und der Größe eines Menschenkopfes in etwa entsprechen, mehrmals hintereinander mit 40 km/h auf verschiedene Zonen der Motorhaube katapultiert. Diese Tests sind jedoch der Realität sehr fern, da die Fußgängerunfälle auf unseren Straßen nicht nach definierten Schemen ablaufen. „Die Crashtests reichen nicht aus, da sie das reale Unfallgeschehen nicht ausreichend abbilden“, kritisieren die Unfallforscher der Versicherungen (UDV). Trotz all der Kriterien fährt Volvo mit den Tests fort, um weiterhin bei der EuroNCAP-Organisation Pluspunkte und Sicherheitssterne zu erhalten [2].

Federmechanismus:

Eine weitere Methode zur Bewerkstelligung der Fußgängersicherheit ist der Federmechanismus, welcher die Motorhaube im Fall eines Zusammenstoßes anhebt, um so den Abstand und damit auch den Bremsweg zwischen Fußgänger und Motor zu vergrößern. Dieser Raum dient also quasi als Knautschzone. Jedoch ist auch diese Methode in den realen Umständen nur eine „marginale Verbesserung“ der Fußgängersicherheit im Straßenverkehr. Im Fall einer PKW-Fußgänger-Kollision kommt es nur in ca. 6% der Fälle, dass das Opfer mit dem Kopf auf der Motorhaube aufkommt. Weitaus häufiger kommen Unfälle vor bei denen der Kopf Fahrzeugteile wie Kühlergrill oder Dach trifft. So lautet das Resümee einer Untersuchung der BMW-Sicherheitsentwicklung von 710 Unfällen. „In der Praxis ist die Effektivität der Maßnahmen, die den Aufprall auf die Motorhaube abfedern sollen, recht gering“, sagt Klaus Kompass, der die Unfälle analysierte [2].

3. Aufgaben

Michael fährt mit seinem Auto durch die Stadt. Seine Geschwindigkeit v beträgt 50 km/h. Wegen eines ankommenden Anrufes achtet er für kurze Zeit nicht auf die Straße und erwischt dabei eine auf die Straße gelaufene Person. Daraufhin macht er eine Notbremsung!

a) Wie weit wird die Person nach dem Unfall „abgeworfen“?

b) Wie weit beträgt die sog. Rutschstrecke, die nach dem Aufprall auf dem Asphalt zurückgelegt wird bis zum endgültigen Stillstand des Körpers?

c) Welche Länge hat die komplette Wurfweite?

Hilfsmittel:

$$m_A = 1,2 \text{ t}$$

$$m_P = 80 \text{ kg}$$

$$\text{Impuls: } p = m \cdot v$$

$$\text{Strecke: } \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = F_R \cdot s$$

$$x_A = \frac{v^2 \cdot \sin(2 \cdot \alpha)}{g}$$

$$x_A = \text{Abwurfweite}$$

$$F_R = \mu \cdot m \cdot g$$

$$\mu = 1,2$$

Literaturverzeichnis

[1] www.unfallaufnahme.info/content/typische-unfallablaeufe/pkw-fugaenger-kollision/.

Stand vom: 23.02.2014

[2] www.welt.de/motor/article113713104/Warum-der-Passanten-Airbag-kaum-etwas-bringt.html.

Stand vom: 23.02.2014

[3] www.volvocars.com/at/top/about/safety/new_safety_systems/Pages/pedestrian-detection.aspx.

Stand vom: 23.02.2014

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Crashtestsimulation mit Craschschlittenbahn unter:
selbst erstellt

Abb. 2: Die Phasen einer PKW-Fußgänger-Kollision unter:
<http://www.unfallaufnahme.info/images/pictures/543d632a/phasenpkwfussgaenger.gif?w=750&h=628>. Stand vom: 23.02.2014

Abb. 3: Die Wurfweite nach einer abgebremsten PKW-Fußgänger-Kollision unter:
<http://www.unfallaufnahme.info/images/pictures/543d632a/wurfweite.jpg?w=666&h=253>. Stand vom: 23.02.2014

Abb. 4: Exponentieller Anstieg der Wurfweite durch erhöhen der Geschwindigkeit unter: Quelle unbekannt

Abb. 5: Die Abwickellänge von diversen Fahrzeugtypen unter:
<http://www340.admin3.yco.de/sites/default/files/t3Pages/c5e6a6b2a1.jpg>.
Stand vom: 23.02.2014

- Abb. 6: Die Abwickellänge anhand eines Kleinwagens unter:
<http://www.unfallaufnahme.info/images/pictures/543d632a/abwickellaenge.jpg>
Stand vom: 23.02.2014
- Abb. 7: Die Airbags des neuen Volvo V40 unter:
<http://www.move-info.de/wp-content/uploads/2012/05/volvo-fussgaenger-airbag.jpg>
Stand vom: 23.02.2014
- Abb. 8: Die Meldung des Fußgänger Warnsystems unter:
http://www.vkuonline.de/fm/springer_fachmedien_01.a.4436.de/sixcms_file_name/Volvo_Fussgaenger-airbag_2.jpg
Stand vom: 23.02.2014



Lena Depner & Verena Müller

1. Historische Entwicklung des Seitenaufprallschutzes
2. Crash-Szenarien
3. Sternevergabe
4. Typische Verletzungen beim Seitenaufprall
5. Beispielaufgaben: Seitenaufprall
6. Fazit

Im Jahre 1999 starben zwei der getöteten Autoinsassen bei einem Aufprall gegen einen Baum. Bei einem Seitenaufprall mit 25 km/h sind die Überlebenschancen niedriger als bei einem Frontaufprall mit 50km/h [1]. Aber das Schutzsystem des Seitenaufpralls ist nur begrenzt besserbar, da an der Seite eines PKWs keine Knautschzone vorhanden ist. Außerdem werden Schwachstellen auch anhand durchgeführter Crash-Szenarien nicht deutlich ersichtlich, da es bei einer Seitenkollision auf den Gegenstand, den Aufprallwinkel und die Auftrefffläche (A-, B-Säule, etc.) ankommt. Im Folgenden wird die historische Weiterentwicklung des Seitenaufprallschutzes erläutert.

1. Historische Entwicklung des Seitenaufprallschutzes

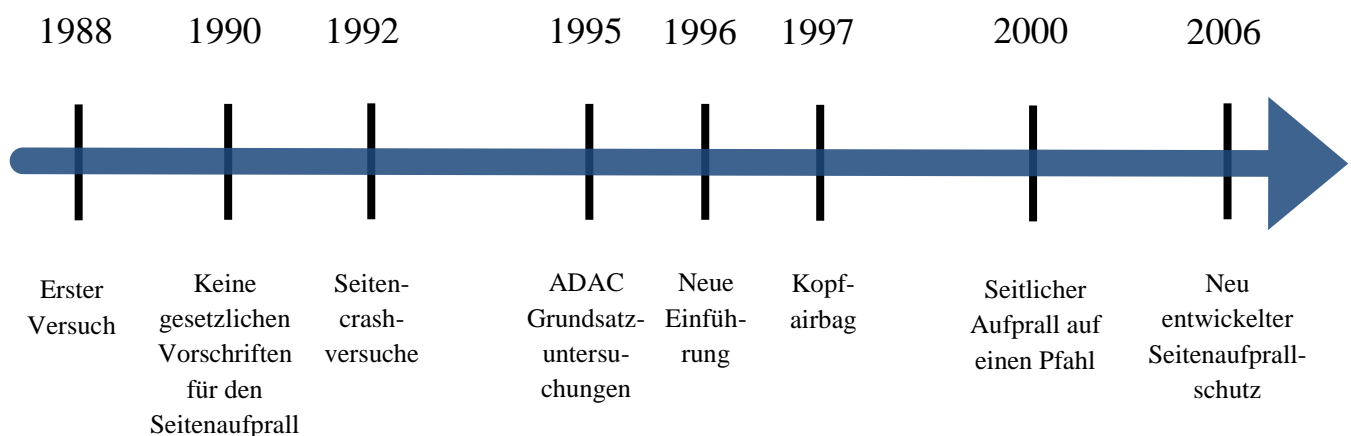


Abb. 1: Zeitstrahl zur historischen Entwicklung des Seitenaufprallschutzes

1988: Erster Versuch

Bei einem Kleinwagenvergleich des ADAC, wurde ein statischer Eindruck-Versuch an der Fahrerseite durchgeführt. Da die Sicherheit an den Seiten eines Autos mehr in den Hintergrund gerückt ist, fiel das Ergebnis bei allen getesteten Autos extrem schlecht aus.

1990: Keine gesetzlichen Vorschriften für den Seitenaufprall

Es gibt für ein Seitenaufprallschutzsystem keine gesetzlichen Vorschriften. Der ADAC erkennt, dass das ein Problem darstellt, da bei einer Seitenkollision erhebliche Unfallfolgen auftreten können und führt deswegen zwei Seitencrashes mit einem serienmäßigen Auto und einem durch den ADAC optimierten VW Golf durch. Bei diesem optimierten Fahrzeug soll die Fahrgastzelle stabil bleiben, das Lenkrad darf nicht eindringen, das Armaturenbrett muss ein Sicherheitselement sein, der Fußraum darf sich nicht verformen, Sitze und Gurte sollen intakt bleiben und die Batterie darf nicht im Aufprallbereich platziert sein.

- ➔ Bei dem vom ADAC optimierten VW Golf ist die Belastung für die Insassen deutlich niedriger
- ➔ Anforderung an die Autohersteller, den Seitenaufprallschutz zu verbessern

1995: ADAC Grundsatzuntersuchungen

Der ADAC bestätigt die vom Gesetzgeber überlegten Richtlinien für den Seitencrashversuch. Denn er findet heraus, dass die tragende Struktur der meisten Autos höher als 26 cm über dem Boden liegt. Somit wird die bewegliche Barriere (die zur Simulation des Seitenaufpralls eingesetzt wird) 30 cm über dem Boden auf das Auto zubewegt. Der ADAC führt mit drei unterschiedlichen Fahrzeugen (und somit unterschiedlichen Schutzsystemen) die Seitenaufprallsimulation durch.

- ➔ Toyota Carina mit Aufprallschutzrohren in den Türen
- ➔ Mercedes C mit Aufprallschutzrohren und zusätzlicher versteifter Karosseriestruktur
- ➔ Volvo 850 mit Seitenairbag (SIPS)

Die Volvo Messwerte der Kräfte, die auf die Insassen wirken, liegen 50% unter den biomechanischen Grenzen, also können die Anforderungen an das Schutzsystems erfüllt werden. Außerdem führt der ADAC eine weitere Untersuchung für die Festlegung der Richtlinien mit einem VW Polo durch.

- ➔ Erst Fahrzeug gegen Fahrzeug
- ➔ Dann Offset-Crash gegen eine starre Barriere
- ➔ Dann Offset-Crash gegen eine verformbare Barriere

Diese Crash-Szenarien haben ergeben, dass die verformbare Karosserie besser ist, da sie zumal das Unfallgeschehen realistischer nachstellen kann und zum anderen kann man an der Verformung der Barriere sehen, wie „aggressiv“ das zu testende Fahrzeug ist, also wie stark der Unfallgegner beim Crash beansprucht wird.

1996: Neue Entscheidung

Am 29.02.1996 entscheidet sich das europäische Parlament einstimmig für die Einführung einer Seitencrashpflicht mit einer Barriere 30 cm über dem Boden. Dieses neue Gesetz soll am 1.10.1998 in Kraft treten.

1997: Kopfairbag

Der Hersteller BMW bietet im 5er und 7er einen Kopfairbag, um bei einem Seitenaufprall auch auf ein hohes Hindernis (z.B. Baum) den Kopfbereich zu schützen.

2000: Seitlicher Aufprall auf einen Pfahl

In diesem Jahr wird auch der seitliche Aufprall auf einen Pfahl getestet und Autos mit einem zusätzlichen Kopfschutz bekommen den fünften Stern von NCAP.

2006: Neu entwickelter Aufprallschutz

Vom 5. – 7. April auf der SafetyExpo in Aschaffenburg stellen Wissenschaftler des Fraunhoferinstituts für Betriebsfestigkeit & Systemzuverlässigkeit LBF einen neu entwickelten Seitenaufprallschutz für PKWs vor. Bei dieser Entwicklung leiten Kamera - & Radarsensoren ihre Aufzeichnungen ununterbrochen an ein Kontrollsystem weiter, welches die Daten auswertet und einen potenziellen Unfall vorab erschließen kann und somit Gegenmaßnahmen (z.B. Verriegelungsmechanismus, damit die Seiten des Fahrzeugs verstärkt werden) einleitet, was die möglichen Unfallfolgen vermindert ausfallen lassen kann. [1], [2]

2. Crash-Szenarien

Es gibt mehrere Möglichkeiten einen Seitenaufprall zu simulieren. Die zwei häufigsten Crash-Szenarien sind zum einen „Auto auf Auto – Seitenaufprall“ und zum anderen der „Seitenaufprall auf einen Pfahl“.

- **Seitenaufprall „Auto auf Auto“**

Um die Kollision von zwei Autos (ein Fahrzeug trifft seitlich auf das andere) nachzustellen, wird eine bewegliche und verformbare Barriere, die sich mit 50 km/h auf Höhe der Fahrertür auf das zu testende Fahrzeug zubewegt, verwendet [3].

Somit können die möglichen Unfallfolgen bei einem Zusammentreffen von zwei Autos (meist auf Kreuzungen) ermittelt werden.

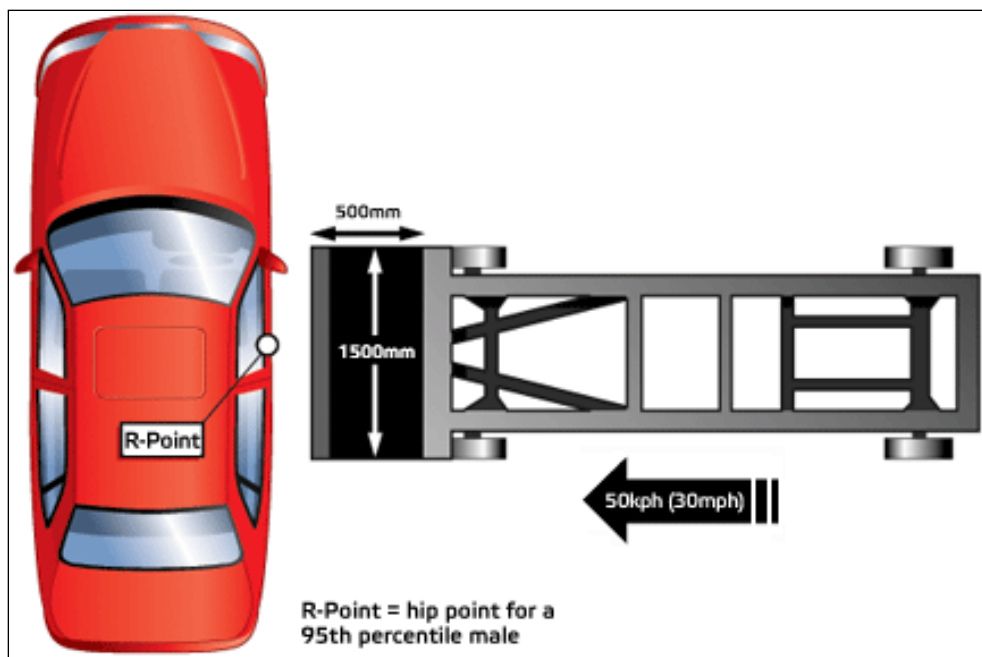


Abb. 2: Crashaufbau des Seitenaufpralls beim ADAC

- **Seitenaufprall auf einen Pfahl**

Die Kollision mit einer Laterne oder einem Baum ist sehr wahrscheinlich bei ins Schlingern geratenen Fahrzeugen (meist durch Nässe, Eis, usw.), weswegen dieses Crash-Szenario oft durchgeführt wird. Dabei wird das Fahrzeug mit 32 km/h auf einen unbeweglichen Pfahl (relativ schmaler Pfahl, damit er tief in das Auto eindringt) zubewegt [4].

Früher wurde dieser Test nur zum Beurteilen der Verletzungen im Kopfbereich durchgeführt und seit 2009 ist dieser Test auch für die Beurteilung der möglichen Brust und Unterleibsverletzungen zuständig.

3. Sternevergabe

Seit Ende der 1990er Jahre haben sich europäische Verkehrsministerien, Autoclubs und Kfz-Versicherern zu einem Konsortium zusammengeschlossen. Diese Tests von der NCAP („**New Cars Assessment Programm**, auf Deutsch: Neuwagenbewertungsprogramm) gehen über die vom Gesetzgeber gegebenen Standardtests weit hinaus [5].

Ein zu testendes Fahrzeug muss den Seitenaufpralltest bei einem rechtwinkligen Aufprall unmittelbar an der B-Säule mit 50 km/h mit den vorgegebenen Richtlinien bestehen, um eine möglichst hohe Punktzahl zu erreichen.

4. Typische Verletzungen beim Seitenaufprall

Insbesondere beim Seitenaufprall kommt es verstärkt zu sehr schweren bis tödlichen Verletzungen. Wegen der kaum vorhandenen Knautschzone können die auf die Insassen wirkenden Kräfte fast nicht abgeschwächt werden. Daher kommt es dazu, dass Seitenaufprälle mit einem Anteil von zwei Dritteln eine sehr häufige Ursache von tödlichen Unfällen darstellen. Dabei machen sie jedoch nur ein Drittel der PKW-Unfälle aus [6].

Bei einem Seitenaufprall bewegt sich der Oberkörper (Thorax) und der Kopf der Insassen in ihrer seitlichen Bewegungsrichtung weiter, was durch den Sicherheitsgurt nicht verhindert werden kann. Sie prallen mit ihrer ursprünglichen Geschwindigkeit an die Seitenträger oder Fensterscheibe der Fahrgastzelle, was bei 80% der PKW-Seitenaufprallunfälle zu schweren Kopfverletzungen und äußeren wie inneren Thoraxverletzungen führt [7]. Dazu gehören unter anderem Rippenbrüche, Lungenverletzungen oder Verletzungen am Herzen bzw. der Blutgefäße. Andere typische Unfallfolgen sind z.B. Leber-/Milzrupturen, Oberarmbrüche,

Beckenfrakturen oder eine HWS-Verrenkung[8]. Bei einer sogenannten Halswirbelschleudertrauma-Verrenkung verschieben sich zunächst die Wirbelkörper der Halswirbelsäule seitlich gegeneinander, bevor es zu einem seitlichen Abknicken des Kopfes kommt [9]. Das Trauma bringt regelmäßige, starke Nackenkopfschmerzen innerhalb der nächsten 24 Stunden nach dem Unfall mit sich [10].

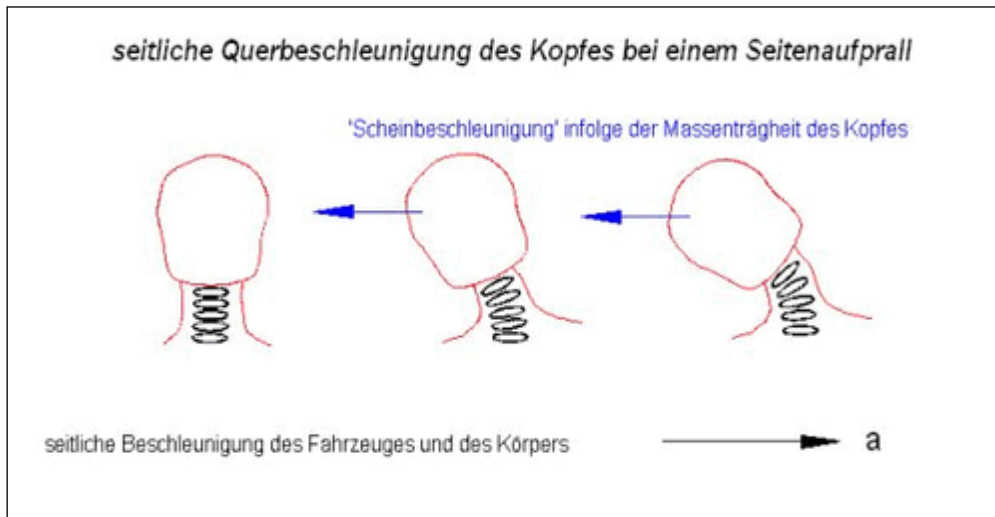


Abb. 2: Halswirbelschleuder-Trauma

5. Beispielaufgaben: Seitenaufprall

Im Folgenden sind Beispielaufgaben und ihre Lösungen rund um den Seitenaufprall aufgeführt, welche im Physikunterricht einen praktischen Bezug zur Mechanik liefern können.

(Die Energieumwandlung durch Verformung der Trägersäulen des Fahrzeugs wurde bei der Lösung der Aufgaben vernachlässigt.)

1) Sieh dir das Video „Seitenaufprall mit Scheibe“ an.

- a. Beschreibe die Bewegung des Modellschlittens und die von Mikas Kopf.

Der Modellschlitten befindet sich in beschleunigter Bewegung auf den Stopper zu und wird beim Aufprall von den schwarzen Gummipollen abgebremst. Nachdem seine Geschwindigkeit 0 m/s erreicht hat

ändert sich seine Bewegungsrichtung entgegengesetzt. Mikas Kopf bewegt sich gleichmäßig in Fahrtrichtung. Nach dem Aufprall behält er seine Bewegungsrichtung wegen des Trägheitssatzes erst einmal bei. Er prallt somit gegen die Scheibe, da der Schlitten bereits abgebremst worden ist und bewegt sich erst danach in die entgegengesetzte Richtung zurück.

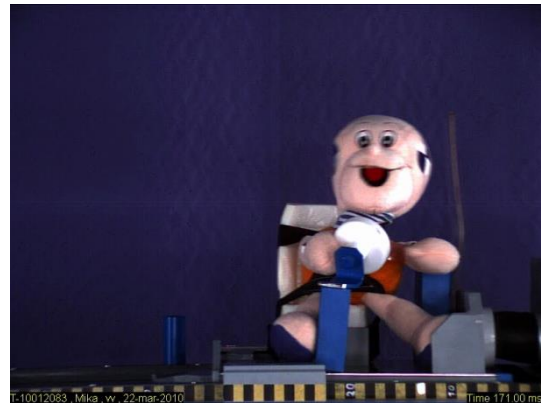


Abb. 4: Mika beim Seitenaufprall

- b. Erstelle mithilfe des Schulprogramms ein t-x- und ein t-v-Diagramm zu dem Video.

Diese Aufgabe konnte ich wegen der fehlenden Software nicht bearbeiten.

- c. Beschreibe diese Diagramme. Was kannst du aus ihnen ablesen?

t-x-Diagramm: Beide Graphen steigen zunächst gleichmäßig an (Bewegung in Richtung des Stoppers) und sinken dann wieder gleichmäßig ab (Bewegung in entgegengesetzte Richtung nach Aufprall). Mikas Graph ist zeitlich nach hinten versetzt (Trägheit).

t-v-Diagramm: Beide Graphen bleiben einige Zeit auf gleicher Höhe und sinken dann abrupt ab (Aufprall). Auch hier ist der Graph von Mika zeitlich etwas verzögert. Danach steigen beide Graphen wieder gleichmäßig an (Bewegung in entgegengesetzte Richtung $\rightarrow F = m \cdot a$)

- 2) Mit welcher Geschwindigkeit trifft Mikas Kopf auf die Scheibe?

Welches physikalische Gesetz wirkt hier?

Sein Kopf trifft die Scheibe mit seiner Ursprungsgeschwindigkeit, d.h. mit der Fahrgeschwindigkeit des Schlittens \rightarrow Trägheitssatz.

3) Lies dir den folgenden Ausschnitt aus einem Unfallbericht durch:

“Unfall auf Hebertshausener Landstraße

Gestern fuhr ein 40-jähriger Hebertshausener Richtung Feldmoching und kam wegen der regennassen Straße von der Fahrbahn ab. Er prallte mit etwa 50 km/h seitlich gegen einen Baum. Die Fahrzeugflanke wurde durch den Baum um 30 cm ins Fahrzeuginnere gedrückt“ [11].

a. Wie stark wird der Körper des Fahrers bei dem Aufprall abgebremst?

Aus den Formeln

$$x(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t \quad \text{und} \quad v(t) = at + v_0$$

ergibt sich die Formel $v^2 - v_0^2 = 2ax$.

$$\text{Aus } v^2 - v_0^2 = 2ax \text{ ergibt sich } a = \frac{v^2 - v_0^2}{2x}.$$

$$\text{Einsetzen: } a = \frac{(0 \frac{m}{s})^2 - (13,9 \frac{m}{s})^2}{2 \cdot 0,3m} \approx -322,0 \frac{m}{s^2} \approx -32,8g$$

Der Körper des Fahrers wird um $322,0 \frac{m}{s^2}$ abgebremst, was dem ca. 32,8-fachen der Erdbeschleunigung entspricht.

b. Wie wird die Beschleunigung durch einen Seitenairbag (+20cm Bremsweg) verringert?

$$\text{Verwendete Formel: } a = \frac{v^2 - v_0^2}{2x}$$

$$\text{Einsetzen: } a = \frac{(0 \frac{m}{s})^2 - (13,9 \frac{m}{s})^2}{2 \cdot (0,3 + 0,2)m} = -193,2 \frac{m}{s^2} \approx -19,7g$$

Die Beschleunigung wird durch einen Seitenairbag um $128,8 \frac{m}{s^2} \approx 13,1g$, also um ca. 40% verringert.

- c. Wie verändert sich die Beschleunigung bei halber Geschwindigkeit?

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2x} \Rightarrow \text{bei halber Geschwindigkeit: viertel Beschleunigung,}$$

bei viertel Geschwindigkeit: achteil Beschleunigung,

usw...

- d. Welche Kräfte wirken auf den 80kg-schweren Fahrer aus dem Unfallbericht, wenn er keinen Seitenairbag besitzt? Berechne.

$$F = m \cdot a$$

$$\text{Einsetzen: } F = 80\text{kg} \cdot 322,0 \frac{m}{s^2} = 25760\text{N} \approx 25,8\text{kN}$$

Es wirken ca. 25,8kN auf den Fahrer.

- 4) Welche Sicherheitsmaßnahmen könnte man ergreifen, um die Insassen bei einem Seitenaufprall zu schützen?

Sicherheitsgurte verändern, Seitenairbags, nachgiebige seitliche Kopfstützen, Knautschzone seitlich...

- 5) Recherchiere:

- a. Welche Sicherheitsmaßnahmen für einen Seitencrash gibt es/werden entwickelt?

Zum Insassenschutz bei Seitenaufprällen gibt es Seitenairbags, Knieairbags,

Vorhangairbag [12]...

- b. Welche Unfallfolgen können bei den Insassen auftreten?

Siehe „Typische Verletzungen bei Seitenaufprällen“.

6. Fazit

Abschließend lässt sich sagen, dass der Seitenaufprall eine ernstzunehmende Unfallart darstellt, da er schon bei geringer Geschwindigkeit sehr schwere Verletzungen mit sich bringt. Um PKW-Fahrer bei einem Seitenaufprall bestmöglichst zu schützen, sind bereits einige gute Sicherheitssysteme entwickelt worden, doch die Automobilindustrie muss sich zum Ziel setzen, die Zahl der durchschnittlich 3600 tödlich Verunglückten pro Jahr im Straßenverkehr [13] durch Innovation immer weiter zu reduzieren.

Literaturverzeichnis

- [1] www.adac.de/_mmm/pdf/20_jahre_crashtest_24429.pdf. Stand vom: 01.11.14
- [2] www.innovations-report.de/html/berichte/automotive/futuristischer-seitenaufprallschutz-57561.html . Stand vom: 01.11.14
- [3] www.euroncap.com/de/fahrzeugsicherheit/die-bedeutung-der-bewertungen/insassenschutz-fuer-erwachsene/seitenaufprall/. Stand vom: 20.03.2015
- [4] www.euroncap.com/de/fahrzeugsicherheit/die-bedeutung-der-bewertungen/insassenschutz-fuer-erwachsene/pfahlaufpralltest/. Stand vom: 20.03.2015
- [5] www.code-knacker.de/euro_ncap.htm. Stand vom: 20.03.2015
- [6] Langwieder, K. (Hrsg.): *RESIKO Retroperspektive Sicherheitsanalyse von PKW-Kollisionen mit Schwerverletzten*, 1998.
- [7] Ruchholtz, S., Nast-Kolb, D., Waydhas, C., Schweiberer, L.: Das Verletzungsmuster beim Polytrauma. In: *Unfallchirurg*, 1996, S. 633-641.
- [8] Bengel, J.: *Taschenatlas Notfall und Rettungsmedizin*, 2006, S.279.
- [9] www.hms-gutachter.de/leistungen/biomechanische-gutachten/. Stand vom: 01.11.14.
- [10] www.brennecke.pro/77905/Halswirbelschleudertrauma-HWS-Verletzungen. Stand vom: 01.11.14
- [11] www.ingenieur.de/Branchen/Verkehr-Logistik-Transport/Seitenaufprall-birgt-toedliches-Risiko. Stand vom: 01.11.14
- [12] www.adac.de/_mmm/pdf/vm_fahrzeuginsassen_richtig_gesichert_flyer_52042_158317.pdf, S.9. Stand vom: 01.11.14.

[13] www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/Tabellen/UnfaelleVerunglueckte.html. Stand vom: 01.11.14

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Zeitstrahl zur historischen Entwicklung des Seitenaufprallschutzes
Autorenzeichnung
- Abb. 2: Crashaufbau des Seitenaufpralls beim ADAC
unter: www.oeamtc.at/html_seiten/crashtest/testing/side_test.gif. Stand vom 04.11.2014
- Abb. 3: Halswirbel-Schleudertrauma
unter: www.hms-gutachter.de/leistungen/biomechanische-gutachten/. Stand vom 04.11.2014.
- Abb. 4 : Mika beim Seitenaufprall



Christian Schuster & Philipp Knössl

1. Historie
2. Heutige Zeit
 - 2.1 Knautschzone und Frontalaufprall
 - 2.2 Euro NCAP
3. Aufgabe

Als Knautschzone bezeichnet man diejenigen Bereiche eines Fahrzeugs, die sich im Falle einer Kollision definiert verformen und somit Energie absorbieren können.

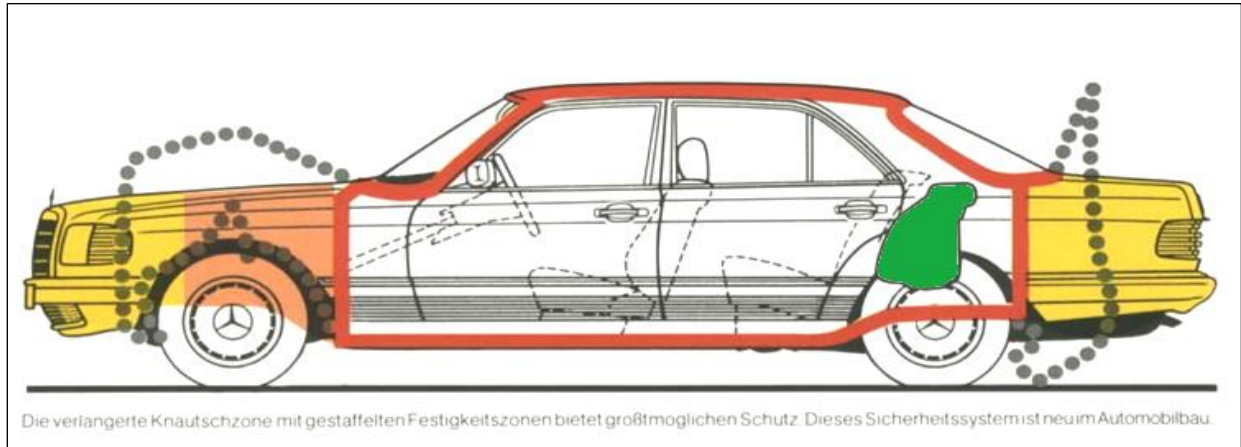


Abb. 1 Die Knautschzonen am Auto

Gelb:verlängerte Knautschzone; Orange:härtere Knautschzone für mehr Absorption; rot umrandet: Stabile Fahrgastzelle; Grün: Tank;

Graue Punkte: Nach Aufprall geknautscht

Als Pionier bei der Entwicklung der definierten Knautschzone gilt Bela Barenyi, Konstrukteur bei Mercedes Benz, der bereits in den frühen 1950er Jahren erste Versuche bezüglich der Unfallsicherheit von Fahrzeugen durchführte und die passive Sicherheit von Autos zu seinem Berufs- und Lebensziel machte.

1. Historie

Vor den 1950er Jahren wurden die Karosserien der Fahrzeuge möglichst steif gebaut, sodass es bei einer Kollision zu wenig bis gar keiner Kollision kommt. Dies hatte zur Folge, dass ein Großteil der Aufprallenergie auf die Insassen übertragen wurde und es somit oft für die Personen im Fahrzeug tödlich endete.

Im Jahre 1951 entwickelte Bela Barenyi für Mercedes Benz den ersten Prototyp mit Knautschzonen. Seine Intention war es lieber das Auto verformen zu lassen, als seine Insassen. Nach ein paar geglückten Crashtests entschied sich Benz, diese neue Karosserieart in Serie zu produzieren. Da Barenyi das Patent auf seine Entwicklung hatte, war Mercedes zu diesem Zeitpunkt das sicherste Auto auf dem Markt.

1954 hatte der Ingenieur seine zweite bahnbrechende Entwicklung patentieren lassen. Hierbei handelt es sich um das knautschende Lenkradzwischenstück, dass das Lenkrad mit dem Amaturenbrett verbindet.

Volvo hat im Jahre 1966 Mercedes als sicherstes Auto abgelöst, da sie ein Auto mit integriertem Überrollbügel und Knautschzonen vorne und hinten konstruierten und erfolgreich testeten.

Von da an wurde nur noch mit verschiedenen Materialien und Größen der Knautschzone experimentiert um die bestmögliche Energieabsorption zu erhalten.



Abb. 2: Einer der ersten Prototypen mit Knautschzone

2. Heutige Zeit

2.1 Knautschzonen und Frontalaufprall

Bei einem Aufprall werden die Bereiche vorne bzw. hinten zusammengeschoben. Dabei wird ein Teil der Aufprallenergie in Verformungsarbeit umgewandelt. Somit wird der Stoß abgeschwächt und die Fahrgäste werden nicht mit voller Wucht vor- bzw. zurückgeschleudert. Bei einem „Frontalzusammenstoß“ wird der Motor unter den Fußraum des Fahrers gedrückt und die Lenksäule knickt ab, schiebt sich aber in den Innenraum. Ein weiteres Aufprallschutzsystem sorgt dafür, dass beim Frontalaufprall die Lenksäule eingefahren wird und damit das gefährliche Steuerrad vom Körper des Fahrers weggezogen wird. Das System wird „Procon-ten (programmed contraction-tension)“ genannt. Die sog. Deformationszonen eines Automobils teilt man in die Bereiche Fahrzeugfront, Seite und Heck ein.

Front: Während eines Frontaufpralls haben Fahrzeuge normalerweise die höchste Relativgeschwindigkeit. In den meisten Automobilen liegt in diesem Bereich der Motor, der trotz der hohen auftretenden Kräfte praktisch nicht verformbar ist und somit keine Energie aufnimmt. Die meiste Kraft wird durch die Längsträger aus Stahlblech absorbiert, aber auch durch Querträger wird bei ungleichmäßiger Krafteinteilung die Kraft gleichmäßig, auch auf die stoßabgewandten Seite übertragen.

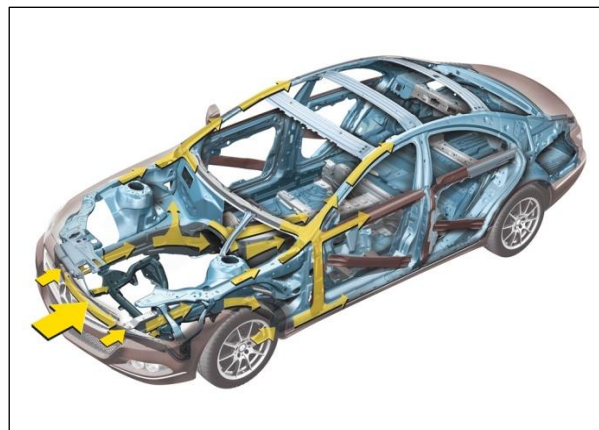


Abb. 3: Kraftverteilung beim Frontaufprall

Seite: In die Tür eingebauten Teile werden durch die Türinnenverkleidung abgeschirmt. Die Seitenairbags wirken also Deformationszone zwischen Passagier und Seitenwand. Der Seitenaufprall ist die gefährlichste Art des Aufpralls, da dort am wenigsten Material zwischen Mensch und Fahrzeug vorhanden ist.

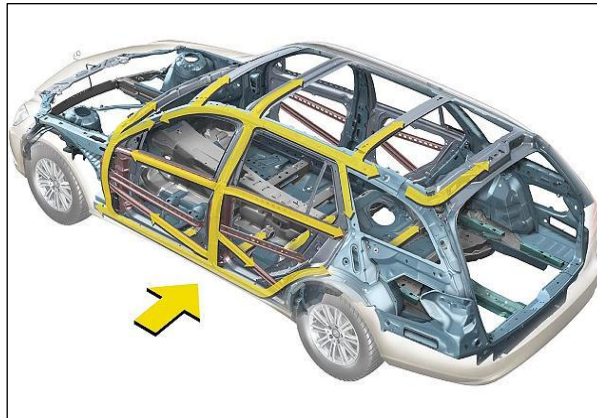


Abb. 4: Kraftverteilung beim Seitenaufprall

Heck: Beim Heckaufprall ist die Relativgeschwindigkeit zum Hindernis üblicherweise eher gering und es liegt ein großer Deformationsweg frei von störenden Elementen wie z.B. einem Motorblock vor.

In modernen Automobilen ist die Karosserie gezielt auf Crashverhalten ausgelegt. Die Karosserie lässt sich in drei Zonen einteilen:

1.Zone für geringen Aufprall. Für diesen Fall wird das Automobil durch elastische Elemente geschützt.

2.Zone für weniger schwere Kollisionen (bis ca. 20km/h). Sie soll dafür sorgen dass die tragende Struktur des Fahrzeugs nicht beschädigt wird und eine Reparatur möglichst kostengünstig durchgeführt werden kann. Dazu werden sog. Crashtubes verwendet. Diese bestehen aus Stahlblech mit Hohlprofil.

3.Der dritte Bereich ist der sog. Überlebensraum, welcher maximal steif ausgelegt ist, um das Überleben der Insassen zu sichern.

2.2 Euro NCAP

Die Euro NCAP in Brüssel ist eine Organisation, die Neufahrzeuge auf den Prüfstand stellt und diese in verschiedenen Kategorien testet. Unter anderem im Falle eines Front- und Seitenaufpralls. Hierbei wird auf die Insassensicherheit von Erwachsenen und Kindern geachtet. Da Knautschzonen ein immer zentraleres Thema in der Autoindustrie werden, hat die Euro NCAP nun auch ein Augenmerk darauf gelegt. Die Tests werden mit einer Endgeschwindigkeit von 64km/h durchgeführt, da diese die Durchschnittsgeschwindigkeit bei Unfällen ist.

Hierbei wird darauf geachtet wie viel der Energie absorbiert wird, um den besten Schutz der Insassen zu gewährleisten. Sollte die umgewandelte Energie unter einen bestimmten Wert fallen, oder die Karosserie die Personen in der Fahrgastzelle verletzen, gibt es einen Stern weniger.

Da die Autohersteller darauf erpicht sind alle fünf Sterne zu erhalten müssen diese sich nun auch mehr auf die Knautschzonen konzentrieren. Das heißt bessere Materialien testen, die Größe der Zonen anpassen und Lösungen für das „Seitenaufprallproblem“ finden.

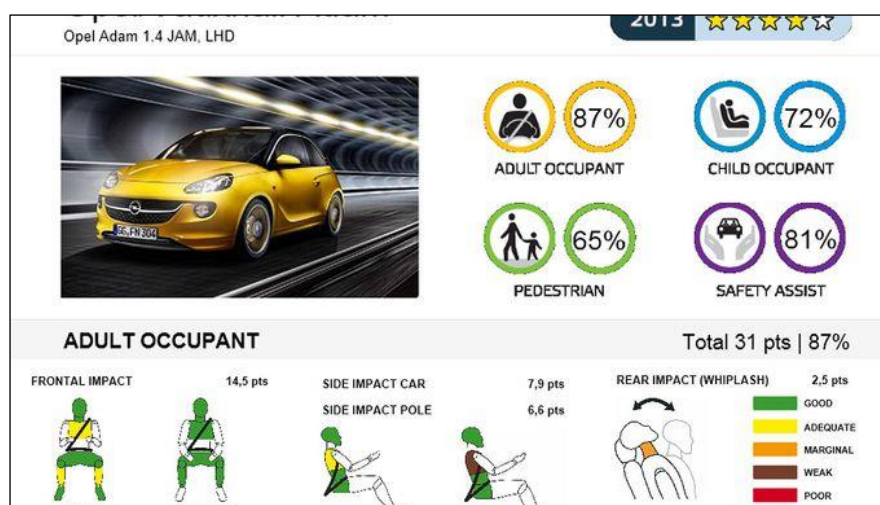


Abb. 5: Crashtestauswertung des Opel Adam durch Euro NCAP

3. Aufgabe

In der TV-Show „Das Duell um die Welt“ muss der Kandidat Joko C. Winterscheid (70 kg) mit einem Auto, das 72 km/h schnell ist, gegen eine Mauer fahren. Sein Auto hat eine Frontknautschzone von 0,5m.

- a) Wie groß ist seine mittlere Bremsverzögerung und wie lange dauert der Abbremsvorgang?
- b) Wie groß ist die Kraft, die auf Joko wirkt?
- c) Wie ändert sich das Verhältnis der Kraft auf Joko, wenn die Knautschzone seines Fahrzeuges doppelt so lang wären
- d) Zeige an Hand einer Skizze, warum die Knautschzone wichtig für die Sicherheit von Joko bzw. allgemein für Insassen eines Fahrzeuges ist.

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: 5komma6.mercedesbenzpassion.com/wpcontent/uploads/2008/09/knautschzonen.jpg. Stand vom 30.10.2014
- Abb. 2: www.kaeferblog.com/wp-content/uploads/2013/12/NSU-Prinz-von-1958-eines-der-ersten-Autos-mit-einer-frontalen-Knautschzone-Unfall-Crash.jpg. Stand vom 30.10.2014
- Abb. 3: blog.mercedes-benz-passion.com/wp-content/uploads/1024_797928_1464872_3508_2480_10C414_291.jpg
Stand vom 30.10.2014
- Abb. 4: <http://p5.focus.de/img/fotos/origs1125601/4309138041-w630-h418-o-q75-p5/Knautzone-MB-E-TModell.jpg>. Stand vom 30.10.2014
- Abb. 5: <http://img2.auto-motor-und-sport.de/EuroNCAP-Crashtest-Opel-Adam-articleTitle-a98e4a0-715890.jpg>. Stand vom 30.10.2014

Literaturverzeichnis

- [1] www.autobild.de/lexikon/knautschzone-221549.html. Stand vom 30.10.2014
- [2] www.tagesspiegel.de/mobil/die-knautschzone-im-auto-ein-lebensretter-wird-60/6263292.html. Stand vom 30.10.2014
- [3] www.ka-de-a.de/service/lexikon/knautschzone.html. Stand vom 30.10.2014
- [4] www.welt.de/motor/article4226634/Vor-50-Jahren-ging-die-Knautschzone-in-Serie.html. Stand vom 30.10.2014
- [5] www.kfz-tech.de/SicherheitG.htm. Stand vom 30.10.2014



PHYSIK-
JOURNAL

HECKAUFPRALL

Florian Fritz und Florian Sailer

1. Historische Entwicklung
2. Der Bewegungsablauf beim Heckaufprall
3. Historische Entwicklung des Autos im Zusammenhang mit dem Heckaufprall
 - 3.1. Aktive und Passive Kopfstütze
4. Verletzungen beim Heckaufprall
5. Heckaufprall und Autobewertung
6. Analyse der Filme
7. Aufgaben

1. Einleitung

Die meisten Forschungsaktivitäten zur Verbesserung des Unfallschutzes bei Pkw-Insassen in den vergangenen Jahrzehnten beschäftigten sich mit dem Frontaufprall. Weiter wurde auch eine Verbesserung des Seitenaufprallschutzes angestrebt. An der Erforschung des Bewegungsablaufes von Pkw-Insassen beim Heckaufprall und den daraus ableitbaren Verbesserungsmöglichkeiten für den Insassenschutz wurde anfangs nahezu nicht gearbeitet. Ingenieure erkannten die Gefahren, die bei einem Heckaufprall drohen, erst spät und versuchen aber diese nun zu mindern.

2. Der Bewegungsablauf beim Heckaufprall

Grundsätzlich lässt sich der Bewegungsablauf laut C. Deutscher [1] während eines Heckaufpralls in drei Phasen unterteilen.

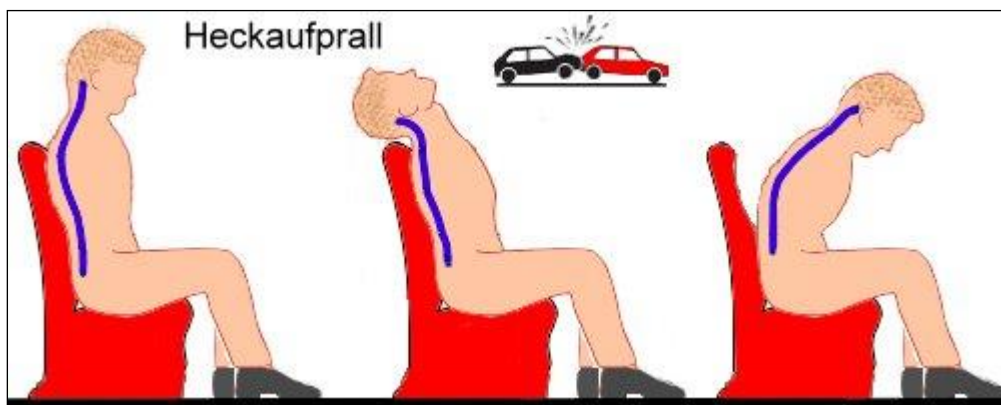


Abb. 1: Bewegungsablauf beim Heckaufprall ohne Kopfstütze

1. Phase:

Während der ersten Phase, die vom Aufprallzeitpunkt bis zum Kopfkontakt mit der Kopfstütze definiert wird, findet keine Drehbewegung des Kopfes nach hinten statt. Sobald der Oberkörper jedoch vollständig an der Rückenlehne anliegt, verformt sich diese elastisch aufgrund der Belastung durch den Probanden. Rückenlehne und Torso drehen sich auf Grund dieses Einwirkens geringfügig um den Drehpunkt der Rückenlehne. Abhängig von der Lehnenneigung und der Reibung zwischen Sitzbezug und Kleidung gleitet der Körper relativ zur Rückenlehne nach oben. Diese Relation bewirkt eine Veränderung des Abstands zwischen Kopfoberkante und der Kopfstützoberkante um bis zu 30 mm. Zwischen Oberkörper und Kopf findet eine Translationsbewegung nach hinten statt, bis der Kopf Kontakt mit der Kopfstütze hat. Währenddessen können keine nennenswerten Kopfbeschleunigungen auftreten. Für das Ausmaß der Translationsbewegung stellt der horizontale Abstand zwischen Kopf und Kopfstütze die Haupteinflussgröße dar.

2. Phase:

In der anschließenden Bewegungsphase bis zum Zeitpunkt, bei dem der Kopf die größte Auslenkung relativ zum Sitz erreicht, tritt eine Drehbewegung des Kopfes auf. Der Winkel zwischen Kopf und Torso erreicht hier seinen Maximalwert, der anhand verschiedener Versuche zwischen 4° und 53° liegen kann. Hierbei kann der vertikale Abstand zwischen Kopfoberkante und Kopfstützenoberkante als die entscheidende Einflußgröße für diese extremen Unterschiede genannt werden.

3. Phase:

Die Auslaufbewegung stellt die dritte Bewegungsphase dar. Bedingt durch die Federkräfte von Rückenlehne und Kopfstütze erfährt der Proband eine Bewegungsumkehr relativ zum Sitz. Es treten dabei energiearme Drehbewegungen um das Hüftgelenk und zwischen Kopf und Torso auf, wobei das Ausmaß der Bewegung sehr stark von der Muskelspannung der Probanden abhängig ist.

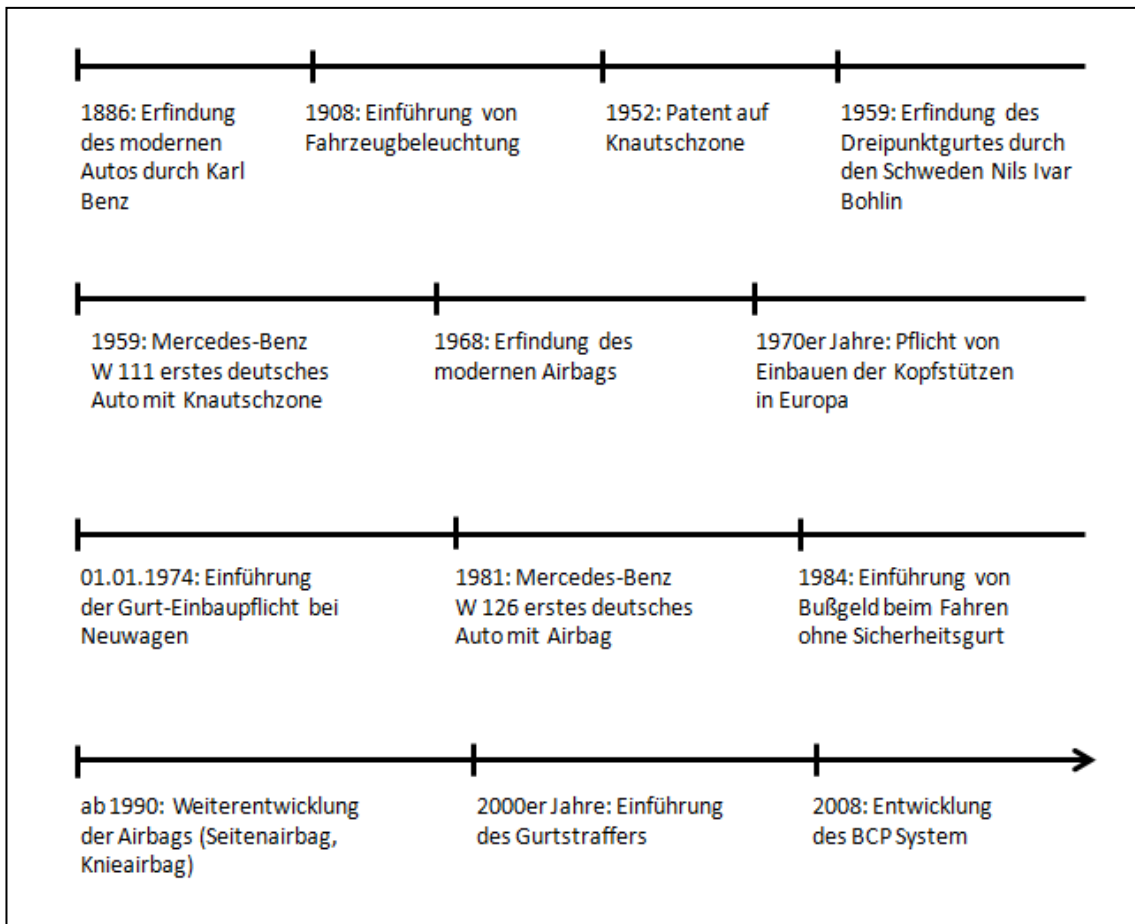


Abb. 2: Geschichte der Automobilentwicklung

3. Historische Entwicklung des Autos im Zusammenhang mit dem Heckaufprall

Das Jahr 1886 gilt als Geburtsjahr des modernen Automobils, da Karl Benz in diesem Jahr das erste Auto mit einem Verbrennungsmotor erfunden hat. Im weiteren zeitlichen Verlauf sind immer mehr Autos verkauft worden und Mitte des 20. Jahrhundert herrschte reger Betrieb auf den deutschen Straßen, wobei an dieser Stelle auch zu festzuhalten ist, dass mit dem stetig zunehmendem Verkehr auch die Zahl der Toten nach Autounfällen angestiegen ist. Diese negative Tatsache gilt als Anlass für viele Ingenieure und Autokonstrukteure die Sicherheit der Insassen fortlaufend zu verbessern [2].

Als erster indirekter Schritt zur Vermeidung von Heckaufprällen kann die Entwicklung der Fahrzeugbeleuchtung im Jahre 1908 verzeichnet werden, wodurch die Fahrzeugführer damals schon andere Verkehrsteilnehmer früher erkennen, den Abstand richtig einschätzen

und dadurch Unfälle vermeiden können. Dieses Entwicklungsbeispiel spiegelt eine frühe Entwicklung in der Automobilbranche zur Vergrößerung der Sicherheit auf den Straßen wieder [3].

1952 hat der Ingenieur Bela Barenyi das Patent auf die Erfindung der Knautschzone erhalten. Anders als die ersten Autos, die sich bei Unfällen nur geringfügig verformt haben und so die Insassen kaum geschützt worden sind, wurde dieser Teil des Gefährts so konstruiert, dass es sich leicht verformt und so Energie durch Verformungsarbeit absorbiert wird. Indem Mercedes-Benz im Jahr 1959 in ihren W111 als erster Automobilhersteller eine Knautschzone eingebaut hat, gelten sie bis heute diesbezüglich als weltweiter Vorreiter [4]. Im selben Jahr noch hat der Schwede Nils Ivar Bohlin den Dreipunktgurt erfunden. Auch beim Heckaufprall erfährt der menschliche Körper eine enorme Kraft, wobei der Gurt von nun an verhindert, dass der Mensch herumgeschleudert wird und ihn zusätzlich vor schmerzhaftem Auftreffen auf Gegenstände und sogar vor dem Hinausfliegen aus dem Fahrzeug bewahrt. Erst ab 1984 wurde das Nichtanlegen eines Sicherheitsgurtes im Auto mit einer Bußgeldstrafe reglementiert [5].

Allen K. Breed war es, der den modernen Airbag im Jahr 1968 entwickelt hat. Der Airbag (dt. Prallkissen) ist eine Art Luftsack, der die Insassen zurückhält und vor dem Auftreffen vor Gegenstände, die eine Verletzung verursachen können, im Auto schützt. Auch hier ist diese Erfindung im Hinblick auf den Heckaufprall ein elementarer Punkt, da durch das Aufblasen des Airbags in Millisekunden Schnelle der Körper in der dritten Phase des Bewegungsablaufs bei einem Heckaufprall maßgeblich geschützt wird. Wieder war es Mercedes-Benz, die als erstes in ein deutsches Auto einen Airbag eingebaut haben (1981; Modell: W 126). Obwohl man diesbezüglich in den Vereinigten Staaten in der Entwicklung schon weiter gewesen war, ist es in Deutschland erst ab den 1970er Jahre für die Autobauer Pflicht gewesen, eine integrierte Kopfstütze, eine Halterung des Kopfes die fest am Sitz montiert ist, einzubauen. Die Amerikaner erkannten früh, dass eine Kopfstütze die Insassen vor Verletzungen schützen kann. Dies ist abermals beim Heckaufprall zu erkennen, da bei diesem Ereignis ohne eine Stütze in der zweiten Bewegungsphase der Kopf stark zurückgedrückt wird – dank der Kopfstütze können Verletzungen an der Halswirbelsäule und direkt am Kopf allerdings vorgebeugt werden [6].

Zu Beginn der 2000er Jahre wurde der Gurtstraffer, der schon die Jahrzehnte davor vereinzelt eingebaut worden ist [7], regelmäßig eingebaut und zusätzlich im Jahre 2008 wurde das BCP System entwickelt. „Die Heckaufprall-Vermeidung BCP funktioniert wie eine Art erweiterte Parkhilfe, indem beim Einlegen des Rückwärtsganges Sensoren am Heck und an den Fahrzeugseiten den Bereich hinter dem Auto überwachen. Wird ein Hindernis entdeckt, ertönt ein Warnsignal und im direkten Anschluss werden die Bremsen aktiviert, um beispielsweise beim Zurücksetzen aus einer Parklücke einen Zusammenstoß zu verhindern [8].“

3.1 Aktive-Passive Kopfstütze

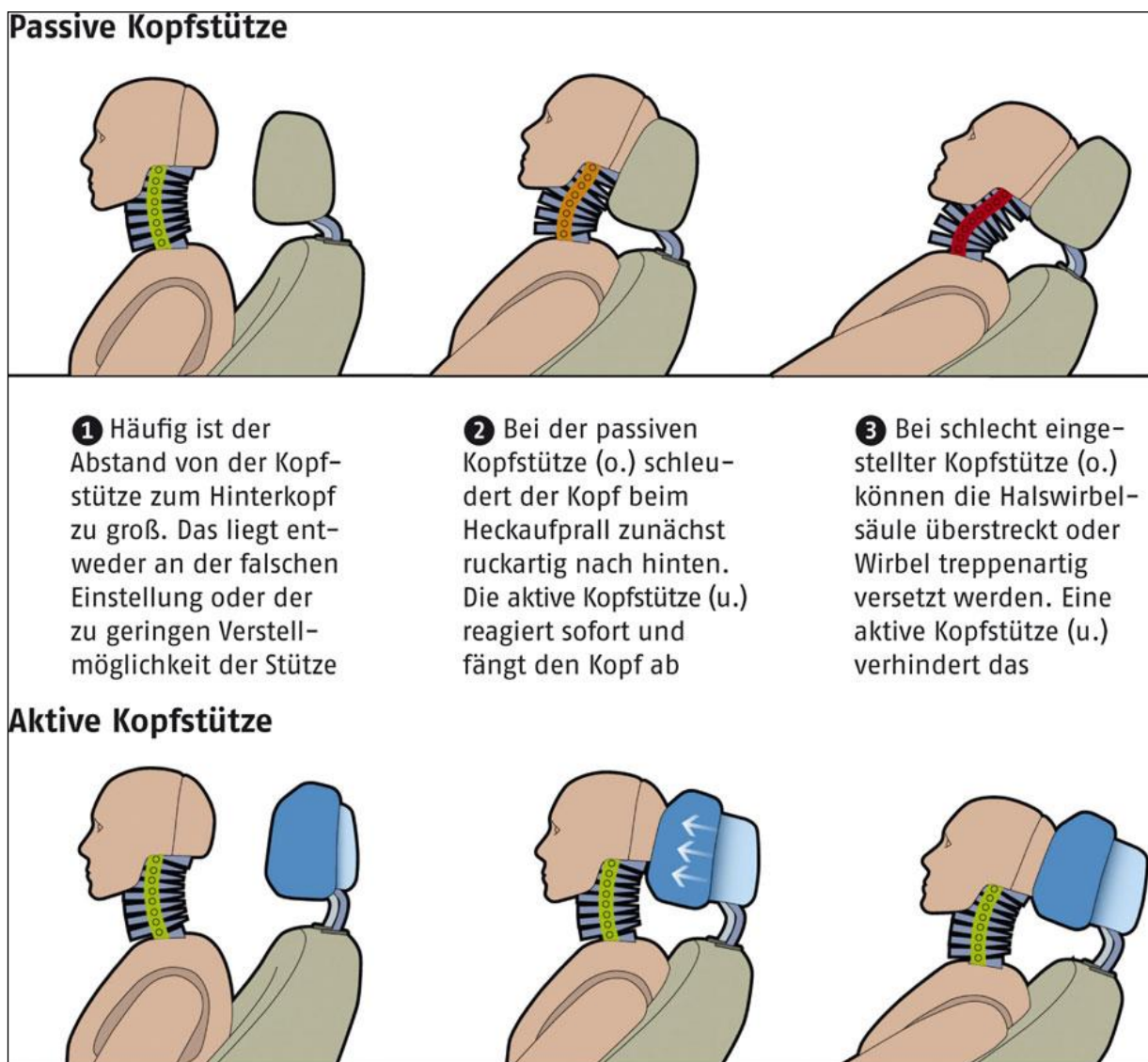
Viele Leute verbinden die Kopfstützen in Autos mit dem Komfort. Doch nach einer genauen Untersuchung lässt sich erkennen, dass diese gerade beim Heckaufprall ein nicht wegzudenkender Schutz für die Autoinsassen sind. Die am häufigsten auftretende Verletzung der Betroffenen ist das Halswirbelsäulensyndrom (HWS, im Volksmund auch „Schleudertrauma“). Um diesem vorzubeugen haben Wissenschaftler die aktive Kopfstütze entwickelt, die heute durch ihre integrierte Form im Fahrzeug als „passiv“ bezeichnet wird. Ein HWS droht den Autoinsassen, wenn das Gefährt in dem sie sitzen einen Heckaufprall erfährt und somit abrupt beschleunigt wird. Hierbei wird dem Auto sowie den Körpern aller Insassen die gleiche Beschleunigung zu teil, was der Trägheitssatz bestätigt. Der Kopf hingegen wird ruckartig nach hinten gerissen – bis ihn die Kopfstütze auffängt. Aus diesem Grund ist die richtige Einstellung, nahe dem Hinterkopf, sehr wichtig, damit durch das frühzeitige Abfangen des Kopfes mit Hilfe der aktiven Kopfstütze, das Verletzungsrisiko verringert werden kann. Man unterscheidet zwischen dem reaktiven- und pro-aktiven System. Voraussetzung dieser Systeme ist die richtige Einstellung der Kopfstütze.

Reaktives System: Durch das nach hinten Pressen des Kopfes wird eine Mechanik in der Sitzlehne ausgelöst. So wird gesorgt, dass die Kopfstütze blitzschnell nach vorne bewegt wird. Im Idealfall dauert dieser Prozess 50ms (z.B.: Opel Astra).

Pro-aktives System: Elektronische Sensoren melden, wenn beim Heckaufprall die Grenzwerte überschritten werden. Dann sprengt eine Zündpille den Sperrbolzen frei, der eine vorgespannte Feder in der Kopfstütze blockiert.

Dieses System reagiert noch schneller als das reaktive System. Die Dauer dieses Prozesses beträgt 25ms, abhängig von der Statur und Gewicht der Person (z.B.: 5er BMW) [9].

Abb. 3: Vergleich der Aktiven- und passiven Kopfstütze



4. Verletzungen beim Heckaufprall

Einer Analyse des Datenmaterials des HUK-Verbands nach gab es im Jahr 1990 10.655 PKW-PKW-Unfälle. Mit weniger als 5% ist der Anteil an getöteten Menschen, deren Auto am Heck getroffen worden ist, sehr gering. Doch mit einem Anteil bei mäßigen Verletzungen von 25% ist die Rate ebenso groß, wie bei Frontalkollisionen. Im Vergleich zu anderen Unfallarten dominieren hingegen die Leichtverletzten mit 54%. Untersucht man diese Unfallgruppe genauer, stellt man fest, dass 94% der Leichtverletzten eine Verletzung im Bereich der Halswirbelsäule davongetragen haben. Dies zeigt, dass diese Körperregion deutlich überrepräsentiert ist.





Das Allianz-Zentrum für Technik in Ismaning hat vier Haupteinflussparameter ermittelt:

1. Die Geschwindigkeitsänderung des PKW durch den Aufprall
2. Deformationsverhalten der PKW's (Höhe der Beschleunigung)
3. Konstruktion von Sitz und Kopfstütze
4. Vertikaler und horizontaler Abstand zwischen Kopf und Kopfstütze [10]

Um in der Entwicklung auch in Zukunft das Verletzungsrisiko bei Heckaufprallunfällen zu vermindern, müssen vor allem diese wichtigen Faktoren beachtet werden.

5. Heckaufprall und Autobewertung

Das Unabhängige Unternehmen EURO NCAP, veröffentlicht seit 2009 eine gesamt Sternebewertung mit maximal 5 Sternen für Autos. Diese Bewertung setzt sich aus 4 Teilbereichen zusammen [11]:

- Fußgängerschutz 
- Insassenschutz für Erwachsene 
- Insassenschutz für Kinder 
- Sicherheitsunterstützung 

Als Punkte zur Beurteilung des Insassenschutzes für Erwachsene, gehen die Ergebnisse, von den Frontal-¹ und Seitenaufpralltests², sowie vom Pfahltest³ ein. Diese Ergebnisse werden durch den erst später hinzugekommenen Schleudertraumatest⁴, der auf dem Fahrer- und Beifahrersitz durchgeführt wird, ergänzt.

Bewertung des Heckaufpralltests (Schleudertrauma):

Da ein Schleudertrauma bei einem Heckaufprall keine Seltenheit darstellt, ist bekannt, dass die Anordnung der Rückhaltesysteme für Sitz und Kopf Einfluss auf das Verletzungsrisiko haben. Diese Rückhaltesysteme des Sitzes für den Kopf bewertet EURO NCAP bei drei verschiedenen aufprallstärken (hoch, mittel, niedrig). Diese Bewertung erfolgt mittels Punkten und Farben. So steht grün für gut, gelb für mittel und rot für schlecht.

Punkteverteilung: < 3 Pkt. = grün, < 1,5 Pkt. = gelb, >1,5 Pkt. = rot

¹ Auftreffen eines Fahrzeuges mit 64 km/h auf ein verformbares Hindernis in versetzter Spur.

² Aufprall einer beweglichen und verformbaren Barriere mit 50 km/s auf die Fahrertür.

³ Seitenaufprall des Autos auf einen Pfahl zur Überprüfung des Kopfschutzes .

⁴ Auftreffen einer Barriere auf das Heck des Autos zur Ermittlung der Verletzungsursache bei einem Schleudertrauma

Beispiel:

Hersteller und Modell	Sitzbeschreibung	Kopfstützentyp	Punktzahl
Opel/Vauxhall Astra (2009)	Standard, cloth, 2 way manual adjust	Reactive	3,7
Toyota iQ (2009)	Standard, cloth trim	Passiv	2,7
Citroen C3 Picasso (2009)	Standard, cloth trim	Passiv	0,3

Abb. 4: Bewertung der Kopfstützen verschiedener Automobilhersteller

6. Analyse der Filme

Heckaufprall ohne Kopfstütze:

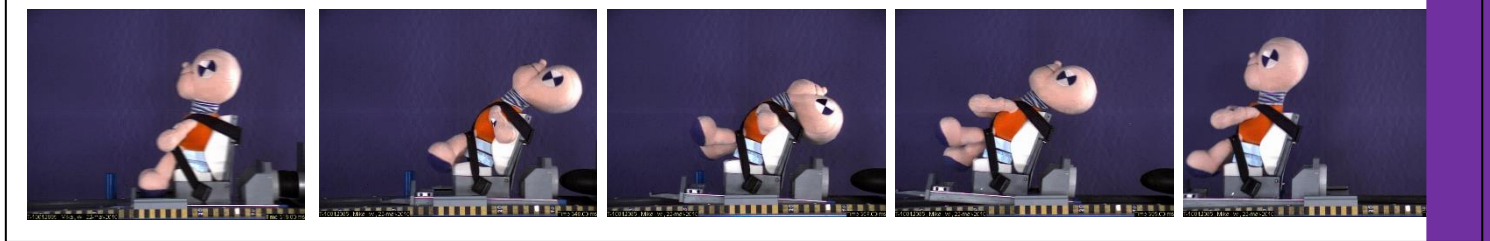


Abb. 5: Der Heckaufprall ohne Kopfstütze

Ohne eine Kopfstütze, die wie zuvor dargestellt, bei einem Heckaufprall eine entscheidende Rolle zur Verletzungsminderung spielt, lässt sich eine äußerst starke Beugung der Halswirbelsäule erkennen. Diese Beugung würde ganz sicher zu einem sehr starken Schleudertrauma und einer lebensgefährlichen Verletzung führen.

Heckaufprall mit Kopfstütze:

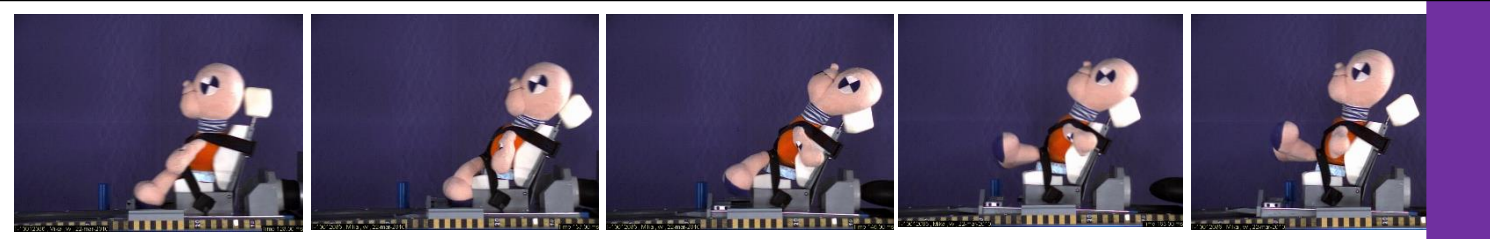


Abb. 6: Der Heckaufprall mit Kopfstütze

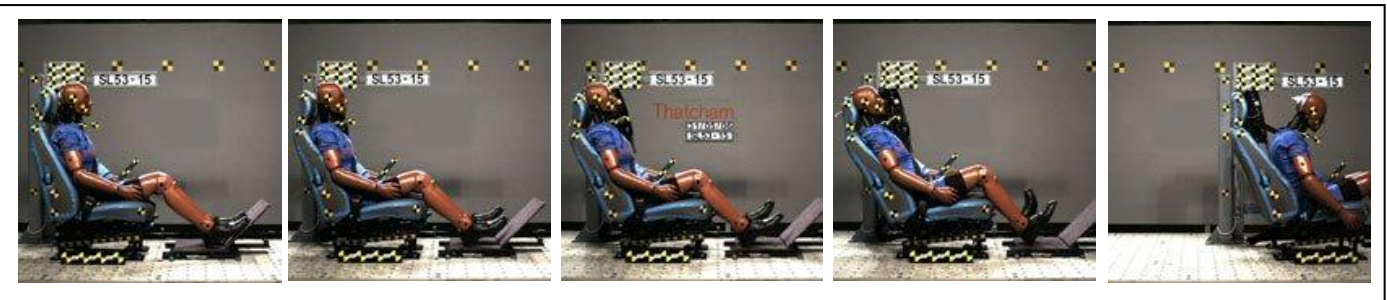


Abb. 7: Bewegung des Körpers beim Heckaufprall

Im Grunde lassen sich Parallelen im Bewegungsablauf zwischen den Stoffdummy und dem echten Dummy erkennen, die kleinen Abweichungen sind wahrscheinlich durch die unterschiedliche Geschwindigkeit entstanden. Auch kann man erkennen, dass die Kopfstütze bei dem Stoffdummy sehr nachgibt, sodass die Halswirbelsäule in diesem Fall stärker gebeugt wird als bei dem echten Crashtestdummy.

Des Weiteren kann man feststellen, dass der Sitz, der auch eine entscheidende Rolle zur Verletzungsverminderung beim Heckaufprall spielt, bei dem Stoffdummy nicht so viel Kraft absorbiert wird, wie ein serienmäßiger Autositz in der unteren Fotostrecke aufzeigt.

7. Aufgaben



1a) Ein LKW ($m = 30 \text{ t}$; $v = 108 \frac{\text{km}}{\text{h}}$) fährt auf der Autobahn auf ein Ende des Staus zu. Da seine Bremsen kaputt sind, fährt er mit voller Geschwindigkeit in ein am Ende des Staus stehendes Auto ($m = 2 \text{ t}$). Mit welcher Geschwindigkeit fahren beide Wagen weiter, wenn sie sich verkeilen?

Gegeben: $m_1 = 30000 \text{ kg}$ $v_1 = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 $m_2 = 2000 \text{ kg}$ $v_2 = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Gesucht: u_{ges}

Rechnung: \rightarrow Impulserhaltungssatz

$$\begin{aligned}v_1 + m_2 \cdot v_2 &= u_{\text{ges}}(m_1 + m_2) \\30.000 \text{ kg} \cdot 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 0 &= u_{\text{ges}}(30.000 \text{ kg} + 2.000 \text{ kg}) \\900.000 \text{ J} &= u_{\text{ges}}(32.000 \text{ kg}) \\ \frac{900.000 \text{ J}}{32.000 \text{ kg}} &= u_{\text{ges}} \\28,125 \frac{\text{m}}{\text{s}} &= u_{\text{ges}}\end{aligned}$$

1b) Vergleiche die Bewegungsenergie vorher und nachher! Wo geht die verlorene Energie hin?

$$E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$E_{kin_{vorher}} = \frac{1}{2} \cdot 30.000kg \cdot \left(30 \frac{m}{s}\right)^2 = 13.500.000J$$

$$E_{kin_{vorher}} = 13.500 \text{ kJ}$$

$$E_{kin_{nachher}} = \frac{1}{2} \cdot 32.000kg \cdot \left(28,125 \frac{m}{s}\right)^2$$

$$E_{kin_{nachher}} = 12.656,25 \text{ kJ}$$

Die Energie geht im Verformungsprozess verloren.

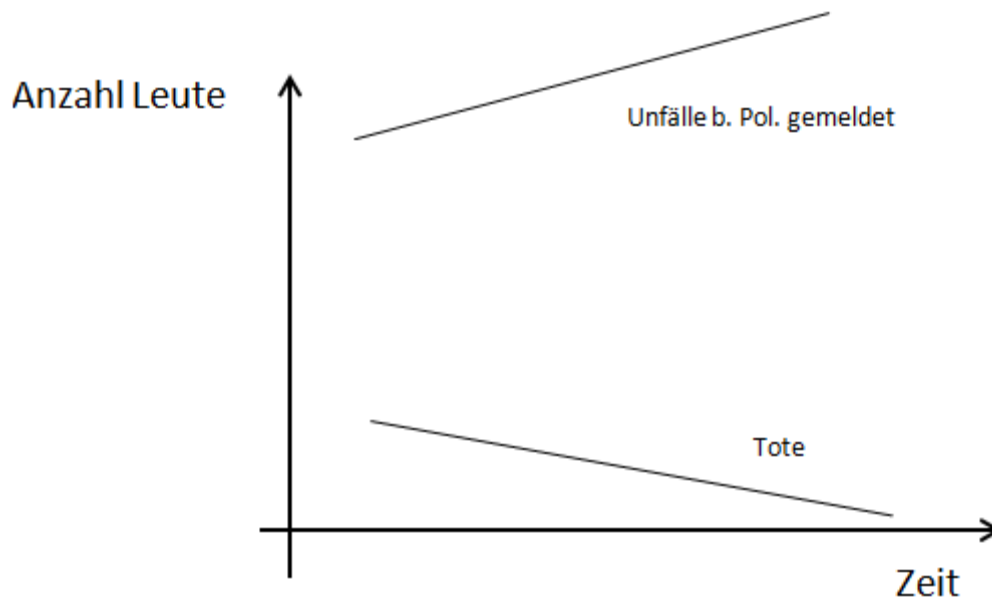
1c) Stelle dir die Situation umgekehrt vor. Das Auto fährt mit $108 \frac{km}{h}$ in den still stehenden LKW! Interpretiere das Ergebnis!

Gleiche Vorgehensweise

$$\rightarrow v = 1,875 \frac{m}{s}$$

Auf Grund der hohen Masse des LKWs haben wir zwei komplett unterschiedliche Ergebnisse. Zum einen werden die hohe Geschwindigkeit und die damit verbundene hohe Bewegungsenergie auf das Auto übertragen. Nur sehr wenig geht dabei verloren (Knautschzone bei dieser Masse und Geschwindigkeit mit sehr geringer Wirkung). Bei dem anderen Ergebnis kann die Geschwindigkeit in Verbindung mit der hohen Masse des LKWs kaum Bewegungsenergie übertragen. Die meiste Energie wird hier bei der Verformungsarbeit umgewandelt.

2) Das statistische Bundesamt hat seit vielen Jahren die polizeilich erfassten Unfälle, sowie die die Anzahl der Toten in einer Tabelle festgehalten. Erklären sie den Verlauf der Zahlen und



skizzieren Sie den Verlauf eines Diagrammes mit diesen Werten

Jahr	Polizeilich erfasste Unfälle	Getötete Personen
1970	1392007	19193
1980	1684604	13041
1990	2010575	7906
2000	2350227	7503
2013	2414011	3339

Verbesserung der Sicherheitsmaßnahmen

- *Beispiele aus 2.*

Beachtung des Faktors!

$$\rightarrow \frac{19193}{1392007} = 0,013788 \text{ und im Vergleich dazu } \frac{3339}{2414011} = 0,0013831$$

Literaturverzeichnis

- [1], [10] Deutscher, C.: Bewegungsablauf von Fahrzeuginsassen beim Heckaufprall. In: Manuelle Medizin. Heft 37. Berlin 1999.
- [2] wikipedia.org/wiki/Geschichte_des_Automobils. Stand vom: 30.10.2014.
- [3] wikipedia.org/wiki/Fahrzeugscheinwerfer. Stand vom: 30.10.2014.
- [4] wikipedia.org/wiki/Knautschzone. Stand vom: 30.10.2014.
- [5] wikipedia.org/wiki/Sicherheitsgurt#Dreipunktgurt. Stand vom: 30.10.2014.
- [6] wikipedia.org/wiki/Airbag. Stand vom: 30.10.2014.
- [7] wikipedia.org/wiki/Gurtstraffer. Stand vom: 30.10.2014
- [8] Otterbach, B.: Prototyp mit Rundumüberwachung. In: Automobil Industrie. 2008.
Unter: <http://www.automobil-industrie.vogel.de/sicherheit/articles/140729/>.
Zugriff zuletzt am 29.10.2014.
- [9] adactestblog.wordpress.com/2011/04/07/aktive-kopfstutze-wie-funktioniert-die-denn/. Stand vom: 31.10.2014.
- [11] euroncap.com/Content-Web-Page/b8102c33-2d19-4b1d-93a9-285f109b703c/die-bewertungen.aspx. Stand vom: 30.10.2014.

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Bewegungsablauf beim Heckaufprall ohne Kopfstütze
unter: code-knacker.de. Stand vom: 30.10.2014.
- Abb. 2: Geschichte der Automobilentwicklung
- Abb. 3: Vergleich der aktiven und passiven Kopfstütze
unter: <https://adactestblog.wordpress.com/2011/04/07/aktive-kopfstutze-wie-funktioniert-die-denn/>. Stand vom: 30.10.2014.
- Abb. 4: Bewertung der Kopfstützen verschiedener Automobilhersteller
- Abb. 5: Der Heckaufprall ohne Kopfstütze
- Abb. 6: Der Heckaufprall mit Kopfstütze
- Abb. 7: Bewegung des Körpers beim Heckaufprall
unter: http://www.adac.de/infoteststrat/tests/crash-test/sitz_und_kopfstuetze/default.aspx?ComponentId=25039&SourcePagelId=31799#tabid=tab2. Stand vom: 30.10.2014.



Julia Düring & Luisa Höhn

1. Historik
2. Bezug zur Realität
3. Folgen
4. Sterne Bewertungssystem
5. Fragen und Antworten

Experten warnen immer wieder vor den Gefahren bei einer falschen Sitzposition während dem Autofahren, die meistens vom Beifahrer eingenommen wird. Vor allem bei langen Fahrten neigen diese dazu, es sich gemütlicher zu machen, indem sie die Rückenlehne schräg stellen und das Armaturenbrett als Fußablage nutzen. Diese Sitzposition führt bei einem Aufprall dazu, dass der Beifahrer unter dem Gurt durch rutscht, was die Verletzungsgefahr erheblich steigert und zu starken bis tödlichen Verletzungen führen kann.

Was für Auswirkungen hat die Sitzposition auf die Fahrzeugsicherheit und was kann bei einem Aufprall passieren? Und warum beschäftigen sich Experten heutzutage verstärkt mit solchen Themen? Im Folgenden sollen diese Fragen und mehr behandelt werden.

1. Historik

Laut der statistischen Untersuchung der IIHS wurden zwischen den Jahren 1986 bis 1998 rund 3100 Unfallopfer durch einen Airbag gerettet, jedoch erfasste sie auch 113 Unfallopfer, die wegen des Auslösens eines Airbags starben. Diese Fälle waren meist jedoch unangeschnallt oder in der sogenannten Out-of-Position, das heißt sie befanden sich in einer ungünstigen Sitzposition beispielsweise nach vorne gebeugt oder liegend. Andere Beispiele für die Out-of-Position(OOP) wären das Lesen einer Zeitung oder das Halten von Gegenständen auf dem Schoß. Nicht nur die OOP ist gefährlich bei dem Auslösen eines Airbags. Auch Sondergrößen, wie beispielsweise Kinder oder sehr große Erwachsene, und die falsche Benutzung von Sitzhilfen können das Risiko von starken vom Airbag verursachten

Abb. 1 : Crashtest Frontalaufprall

Verletzungen sein. Um dem entgegen zu wirken, verschärften die USA seit 1998 die Testanforderungen, denen die Automobilbranche gerecht werden will. Seitdem versuchen Experten Lösungen für diese Probleme zu finden. Lösungsansätze wären alternative Einbaulagen der Airbags, individuelle Anpassung an den Insassen durch Anpassung der Airbaggröße, Füllmenge und -geschwindigkeit, Anpassung der Energieverteilung sowie der Airbagauslösung und Steuerung der Ventile durch den Innendruck um ein schnelles Zusammenfallen des Airbags zu vermeiden[1].

2. Bezug zur Realität

Man stelle sich folgendes Szenario vor: Ein Pärchen im Auto auf dem Weg in den Sommerurlaub. Die Beiden fahren schon seit Stunden und langsam wird die Freundin müde. Sie denkt sich, sie könnte es sich gemütlicher machen, also begibt sie sich mit der Rückenlehne in eine liegende Position und stellt ihre Füße am Armaturenbrett ab. Der Freund biegt ab, doch aus dem Nichts kommt ein Auto mit rasender Geschwindigkeit auf die Beiden zu. Der Freund ist kurz abgelenkt von seiner Freundin, bemerkt das Auto nicht und es kommt zu einem Aufprall. Die Beiden zieht es nach vorne, die Airbags lösen aus. Der Beifahrerairbag sprengt das Handschuhfach und reißt die Beine der Freundin auseinander, sodass die Füße an die Windschutzscheibe gepresst werden. Den einen Fuß drückt es sogar durch die Scheibe. Die Beifahrerin rutscht nach unten („Submarining“) in Richtung Autoboden. Der Gurt schneidet sich in ihren Hals- und Bauchbereich. Knochenbrüche an den Füßen und Einschnittwunden bzw. Schürfwunden an Hals und Bauch sind einige mögliche Verletzungen, die sie erlitten hat. Was für Verletzungen möglich sind und durch was sie hervorgerufen werden wird im folgenden Absatz näher behandelt.



Abb. 1 & 2: Crashtest mit Füßen auf dem Armaturenbrett

3. Folgen

Die am häufigsten auftretenden Verletzungen sind am Brustkorb(14,0%), nicht so häufig treten Verletzungen an den Extremitäten (10,8%) auf und mit 5,8% Wahrscheinlichkeit treten Kopfverletzungen auf. Wenn der Airbag auslöst und der Insasse sich in einer Out-of-Position befindet (liegend) erkennen Ärzte meist stumpfe Thoraxtrauma (Prellungen des Brustkorbes ohne offene äußere Verletzung), penetrierende Thoraxtrauma (Offene Verletzungen des Brustkorbes von außen und/oder innen) , Pippenserienfrakturen (Bruch mehrerer Rippen einer Brustkorbseite übereinander), Pneumothorax (Teil-/vollständiger Lungenkollaps durch Eindringen von Luft zwischen Brustkorbwand und Lunge), Haut-/Weichteil-Emphyseme (Luftansammlung innerhalb Haut, Unterhaut oder Muskulatur), Hämatorax (Blutansammlung in der Brustkorbhöhle), Prikardergüsse (Flüssigkeitsansammlung im Herzbeutel), Contusio cordis (Prellung des Herzens und seiner Hüllen). Dies sind alle Verletzungen, die im/auf/am Brustkorb auftreten und durch den Gurt, der in den Brust-/Bauchbereich schneidet hervorgerufen werden. Bei dem Aufprall kann es zu Halswirbelsäulenverletzung(z.B.Bewegungseinschränkungen an Kopf und Nacken, Beschwerden beim Schlucken, Gelenkkapselrisse, Muskelzerrungen, ausgeprägte Nackensteife, Bandscheiben- zerreiung, Rupturen(Zerrisse), Brüche) kommen. Durch die

hohe Beschleunigung und der ungünstigen Sitzposition sind die Kräfte auf den ganzen Körper sehr hoch und somit die Verletzungen zum Teil auch tödlich [2].

4. Sterne Bewertungssystem

Sicherheitsstandards in Europa:

Europäische Unternehmen wie ADAC und BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) greifen auf die Sicherheitstest von Euro NCAP zurück. Euro NCAP ist ein Unternehmen, das europaweit anerkannte Crashtests durchführt. Sie bieten eine realistische und unabhängige Beurteilung verschiedener Sicherheitsmerkmale. Die Sterne setzen sich aus den Ergebnissen verschiedener Tests zusammen, welche aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet werden.

Die Tests:

1. *Frontalaufprall:*

Der Frontalaufprall erfolgt mit 64 km/h, wobei das Fahrzeug auf ein verformbares Hindernis in versetzter Spur trifft.

2. *Seitenaufprall:*

Die zweitwichtigste Testkonfiguration bildet der Aufprall eines Fahrzeugs auf die Seite eines anderen Fahrzeugs. Euro NCAP simuliert diesen Aufprall mithilfe einer beweglichen, verformbaren Barriere, die mit 50 km/h auf die Fahrertür trifft.

3. *Fußgängeraufprall:*

Herbei wird ein Aufprall mit 50 km/h simuliert.

4. *Seitenaufprall auf einen Pfahl:*

Bei Autos mit Kopfairbags wird das geprüfte Fahrzeug seitwärts mit 29 km/h auf einen unbeweglichen Pfahl zu bewegt.

5. *Schleudertraumatest:*

Ein auf einen Schlitten montierter Sitz wird unterschiedlich stark belastet, um die Dynamik zu analysieren. Durch diesen Test wird die optimale Größe und Form der Autositze festgelegt. Ziel ist es das Verletzungsrisiko zu verringern [3].

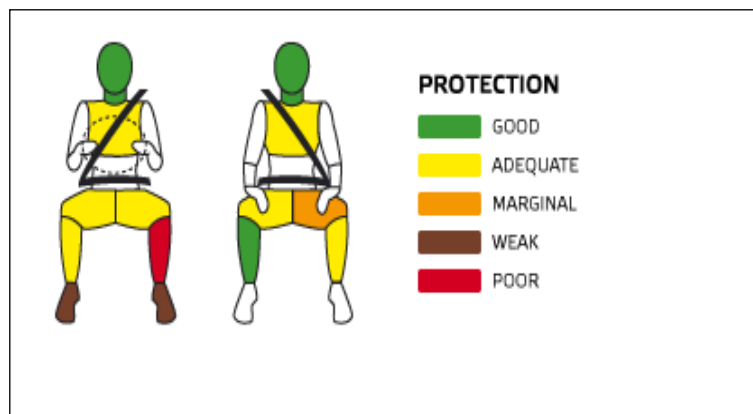


Abb. 3: Schutzvisualisierung

Beurteilung:

1. Insassenschutz für Erwachsene:

Hierbei werden anhand der Tests (außer Fußgängeraufprall), die Ergebnisse von unterschiedlichen Personengrößen in verschiedenen Sitzpositionen ermittelt.

2. Insassenschutz für Kinder:

Es werden Dummies in Kindergröße verwendet, die bei Frontal- und Seitenaufprall in Kindersitzen gesichert sind.

3. Fußgängerschutz:

Zum Fußgängerschutz gehören Rad- und Motorradfahrer. Euro NCAP analysiert die Auswirkung frontaler Kollisionen auf das Auto, und die Nutzung von Systemen wie Motorhaubenaufstellern oder externen Airbags.

4. Sicherheitsunterstützung:

Vielfalt von Systemen zu Vermeidung von Fahrfehlern und Reduzierung des potentiellen Verletzungsrisikos durch Technologien, wie z.B. Bremskraftverstärker [3].

Bewertung in anderen Ländern:

In Amerika gibt es eine ähnliche Organisation, das „Insurance Institute For Highway Safety“(IIHS), welches die gleichen Tests verwendet. Allerdings kommt beim IIHS noch ein weiter Crashtest hinzu, der sogenannte „Roof strenght test“, wobei die Widerstandsfähigkeit des Daches getestet wird. Dabei wird eine Metallplatte mit langsamer aber konstanter Geschwindigkeit seitlich gegen das Dach gepresst. Die Geschwindigkeiten für die Tests unterscheiden sich nur minimal. Für Korea gibt es das KNCAP, ein Partnerunternehmen von Euro NCAP, welches noch einen zusätzlichen „Roll over Test“ (Überschlag-Test) beinhaltet. NCAP gibt es ebenfalls in anderen Ländern wie Australien und China, wo die Kriterien allerdings nur minimal variieren [4]



Abb. 4 : Crashtest mit Füßen auf dem Armaturenbrett

Die Sitzposition, in diesem Fall „Füße auf Armaturenbrett“, fließt nicht mit in die Bewertung der verschiedenen Organisationen ein. Die Bewertung der Crashtests beinhaltet nur die technischen Merkmale des Autos im Bezug auf verschiedene Personengruppen. Bei den Ergebnissen wird vorausgesetzt, dass die Personen in einer idealen Position sitzen. Es ist nicht möglich, die Sicherheitsvorkehrungen auf alles, wie z.B. alle Sitzpositionen, anzupassen. Allerdings werden Systeme, die Personenfehler verhindern sollen (z.B. Anschnallerinnerung), mit in die Bewertung aufgenommen.

5. Fragen und Antworten

1) Welche Maßnahmen könnte man treffen, um zu verhindern, dass die Füße auf das Armaturenbrett gelegt werden?

- Warnsystem

- Sitzbereich so formen, dass das Füße hochlegen unbequem oder nicht möglich ist

2) Welche Kraft wirkt beim Aufprall der Füße auf die Scheibe, wenn man annimmt, dass diese ca. 2,5kg wiegen und sie in 0,02 Sekunden vom Airbag auf 250 km/h beschleunigt werden?

$$- F = m \cdot a \rightarrow F = 2,5 \text{ kg} \cdot \left(\frac{69 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,02 \text{ s}} \right) = 3,45 \text{ N}$$

3) Welche Gefahren entstehen durch das Füße hochlegen?

- „Submarining“

- „Out-of-Position“-> Erhöhte Verletzungsgefahr

4) Gibt es eine Möglichkeit, diese Sitzposition sicherer zu machen?

- Sensoren die die Sitzposition bestimmen und den Airbag ausschalten, falls Füße auf dem Armaturenbrett liegen.



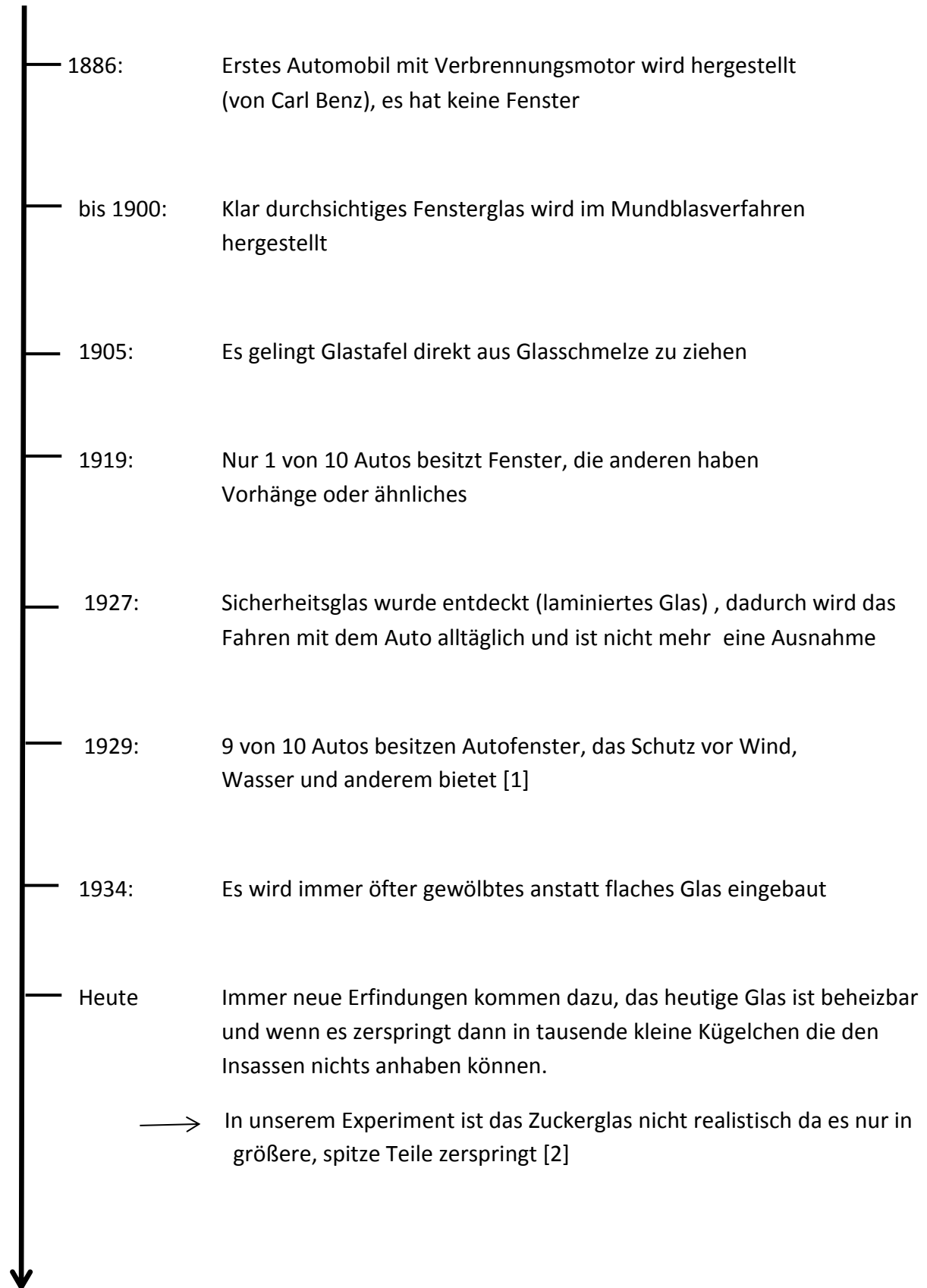
PHYSIK-
JOURNAL

FLUG DURCH DIE WINDSCHUTZSCHEIBE

Kim-Daniel Lechner und Levent Duran

1. Einleitung
2. Videoanalyse
 - 2.1 Erklären des Sachverhaltes
 - 2.2 Physikalische Daten
3. Verschiedene Fälle
 - 3.1 Flug durch Scheibe von innen
 - 3.2 Flug durch Scheibe von außen
4. Verletzungen und Folgen
5. Aufgaben mit Musterlösung

1. Historische Entwicklung



2. Videoanalyse

Jeder kennt Actionfilme in denen Leute durch Scheiben geworfen werden und diese in tausende Teile zerbrechen. In der Realität sieht alles ganz anders aus. Es wurden auf der Crasheschlittenbahn verschiedene Versuche durchgeführt. Im Folgenden werde ich einen dieser Versuche näher beschreiben.

2.1 Erklären des Sachverhaltes

In dem Video ist ein Ausschnitt der Crasheschlittenbahn zu sehen. Der Dummy „Mika“ fährt in einem selbstgebauten Wagen auf einen Stopper zu, der den Wagen sofort zum Stehen bringt. Er ist nicht angeschnallt und es ist kein Airbag vorhaben. Als Frontscheibe dient selbstgemachtes Zuckerglas. Es besteht aus Zucker dass in warmem Wasser gelöst wurde.

Das Fahrzeug beschleunigt auf der kurzen Strecke von ca. 2 Metern auf eine Geschwindigkeit von 40 km/h. Sobald Mika am Ende der Bahn mit dem Fahrzeug auf den Stopper auftrifft, fliegt der Dummy durch das leicht zerbrechliche Zuckerglas. Das Auto jedoch bleibt stehen und es wird nach hinten geschleudert. Das Glas zerspringt in mehrere Stücke. Mika fliegt weiter und in Fahrtrichtung und überschlägt sich. Die Folgen und der Ablauf des Videos sind relativ realistisch. Jedoch gibt es in der Realität ein paar Abweichungen wie z.B., dass eine normale Person angeschnallt wäre.

2.2 Physikalische Daten

In diesem Versuch herrschen verschiedene Kräfte und Gesetze.

Das wichtigste ist das Trägheitsgesetz: **Jeder Körper behält seine Geschwindigkeit nach Betrag und Richtung so lange bei, wie er nicht durch äußere Kräfte gezwungen wird, seinen Bewegungszustand zu ändern. Man sieht, dass Mika aus dem Auto fliegt als dieses gestoppt wird. Er behält seine Geschwindigkeit bei, nur das Zuckerglas bremst ihn ab.**

Außerdem ist die Beschleunigung ein wichtiger Faktor. Das Auto beschleunigt auf die kurze Distanz auf 40 km/h. Als das Auto dann abgebremst wird liegt eine negative Beschleunigung vor[3].

3. Verschiedene Fälle

Beim Flug durch die Windschutzscheibe kann man hauptsächlich zwischen 2 verschiedenen Fällen unterscheiden:

3.1 Flug durch Scheibe von innen

Brummi-Fahrer überlebt Flug durch Windschutzscheibe

Die Aufnahmen gleichen einem Actionfilm. Aus ungeklärter Ursache krachen zwei Brummis ineinander. Dabei wird der Fahrer des entgegenkommenden Fahrzeugs durch den heftigen Aufprall aus der Fahrerkabine geschleudert.

Durch die Windschutzscheibe hindurch landet er auf der Fahrbahn, auf beiden Beinen, dem Anschein nach unverletzt. Mega-Dusel und ein spektakulärer Stunt zugleich, den es im Video oben zu sehen gibt

Dieser Artikel stammt aus der Lokalzeitung Express und zeigt, dass es durchaus verschiedene Vorfälle gibt, in denen Fahrer aus ihrem Auto geschleudert werde. Genauso flog auch ein Opel-Fahrer nach einem Zusammenstoß mit einem Bagger durch die Frontscheibe. Er zog sich mehrere Schnittverletzungen zu[4].

3.2 Flug durch Scheibe von außen



Abb. 2: Wildunfall

Auf dem Bild ist ein Reh zu sehen, dass durch die Windschutzscheibe in das Auto geflogen ist. Auch viele andere Gegenstände fliegen durch die Windschutzscheibe wie z.B. auf der A9, auf der sich ein Dachgepäckträger löste und in die Windschutzscheibe des hinteren Autos hineinflog.

4. Verletzungen und Folgen

Bei einem Flug durch die Windschutzscheibe oder wenn ein Gegenstand in das Auto fliegt können verschiedene, verheerende Verletzungen entstehen.

- Schnittwunden
- Prellungen
- Kopfverletzungen, Hirnschäden
- Brüche an sämtlichen Körperteilen
- Organschäden und innere Blutungen

Dies führt zu...

- Querschnittslähmung
- Gedächtnisverlust
- Organversagen
- ... bis hin zum Tod

Viele dieser Unfälle enden mit dem Tod, da die Verletzungen sehr schwerwiegend sind und oft bei hoher Geschwindigkeit passieren und da der Körper diesen Kräften oft nicht gewachsen ist, hält er nicht stand. Natürlich gibt es glückliche Ausnahmefälle, jedoch sind diese leider nur sehr selten [5].



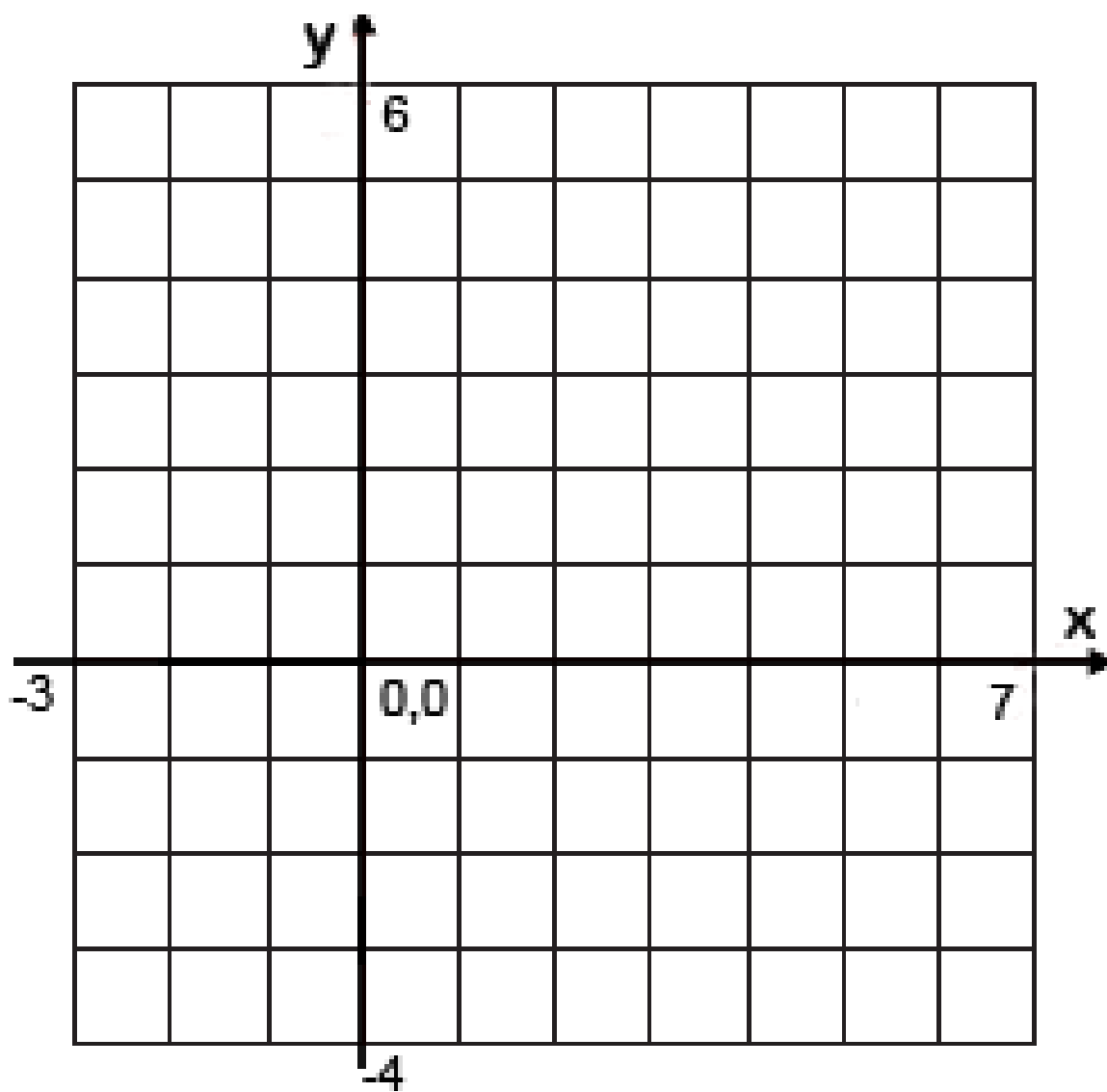
Abb. 2 Schwerer Autounfall

Aufgaben mit Musterlösung

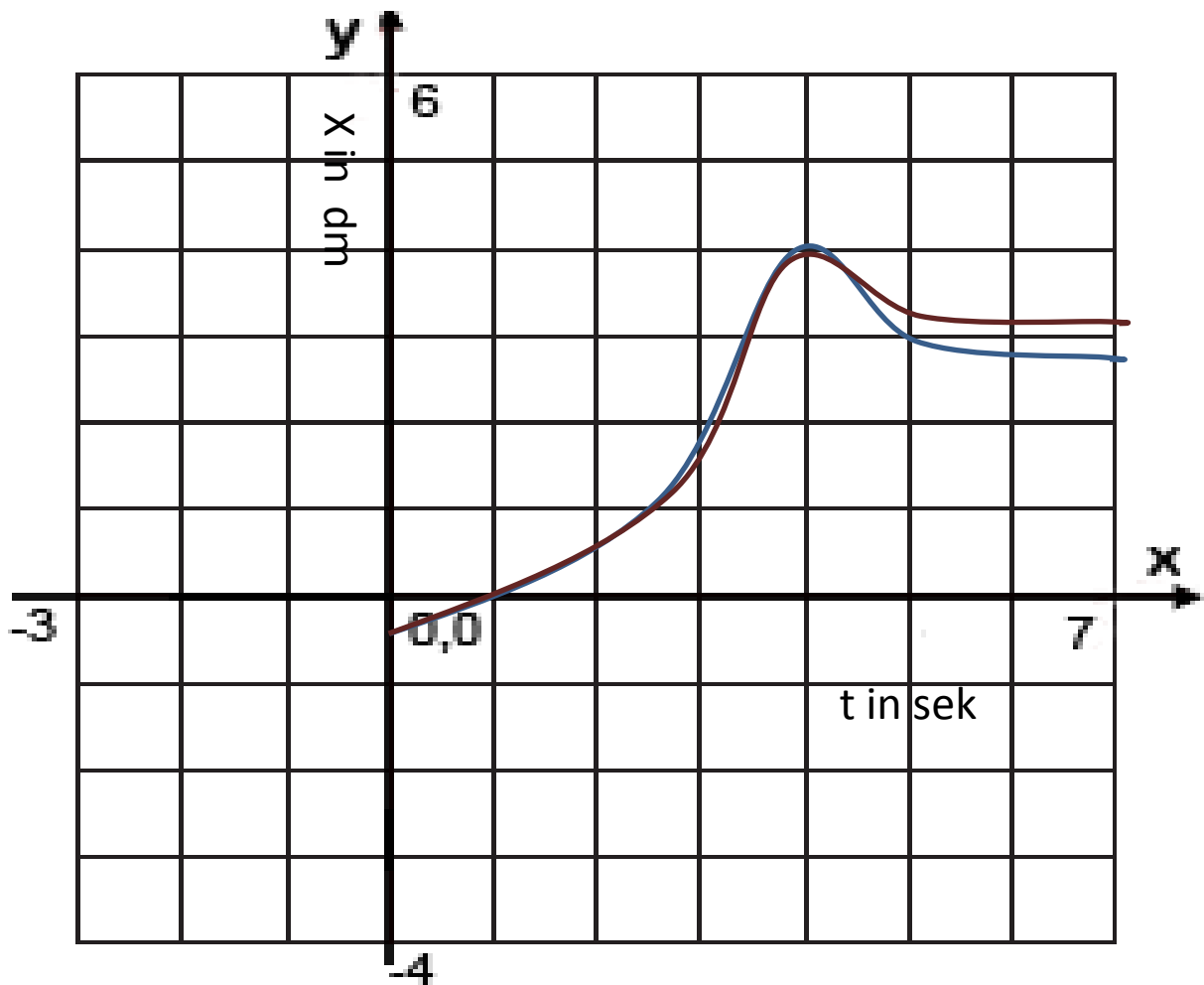
1a) Zeichne in das t - x -Diagramm die Bewegung des Autos, wenn es vom Stopper gebremst wird. Bei Startpunkt $t=0$ s startet das Auto und wird beschleunigt. Das Auto trifft beim Zeitpunkt $t=4$ s auf das Hindernis auf.

b) Wie verändert sich der Graph, wenn anstatt dem Stopper eine Knautschzone vorhanden ist? Zeichne den Graphen in einer anderen Farbe ein.

c) Wie verändert sich der Ablauf, wenn es statt des Gummistoppers eine Knautschzone verwendet wird? Nenne eine Auswirkung auf den Fahrer.



Musterlösung Aufgabe 1 a und b



Aufgabe 1c) Wenn es statt eines Gummistoppers eine Knautschzone vorhanden ist, dann hat das Auto einen längeren Bremsweg und der Wagen hat mehr Zeit und Platz um die gleiche Kraft die auf das Auto wirkt abzufangen.

Auf den Fahrer wirkt auch weniger Kraft und er hat ein geringeres Risiko verletzt zu werden.

2) Beim Frontcrash des ADAC prallt das Testfahrzeug mit 80 km/h gegen eine feststehende deformierbare Barriere. Besetzt ist das Fahrzeug vorne mit 2 Erwachsenendummies, an denen die biomechanischen Belastungen an Kopf, Hals, Brustkorb und Beinen gemessen werden. Die Dummies durchschlagen mit ihren Köpfen die Windschutzscheibe.

Nun könnte man meinen, dass ein Mensch den Unfall, durch das Abstützen am Lenkrad, verhindern kann.

Warum funktioniert das nicht?

Musterlösung Aufgabe 2

Während das Auto bei einem Aufprall schnell stoppt, bewegt sich der Mensch aufgrund des Trägheitssatzes mit der Anfangsgeschwindigkeit von 80 km/h weiter und durchschlägt die Scheibe. Auch erwachsene, kräftige Personen können sich bei dieser Anfangsgeschwindigkeit nicht am Lenkrad abstützen[6].

Quellenverzeichnis

[1] <http://www.lawreysautoglass.com/history.html> Stand vom: 05.02. 2015

[2] <http://de.wikipedia.org/wiki/Automobil> Stand vom: 02.10.2012

[3] <http://www.frustfrei-lernen.de/mechanik/traegheitsgesetz.html>

Stand vom: 04.03.2015

[4] <http://www.Donaukurier.de> Stand vom: 24.05.2013

[5] http://www.paradisi.de/Health_und_Ernaehrung/Verletzungen/

Stand vom: 04.03.2015

[6] <http://www.Leifiphysik.de> Stand vom: 04.03.2015

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Auto auf Straße unter

www.wdr5.de/sendungen/leonardo/service/servicecomputer/autofahren110_v-ARDFotogalerie.jpg. Stand vom: 30.10.2014.

Abb. 2: Wildunfall unter

www.merkuronline.de/bilder/2013/05/29/2931159/1891493205-rehbock-5rwbyqVs09.jpg. Stand vom: 30.10.2014.

Abb. 3: Schwerer Autounfall unter

bilder.bild.de/fotos-skaliert/fibvupalling2-jpg_41742880_mbqf-1414924211-38395870/2,w=650,c=0.bild.jpg. Stand vom: 30.10.2014.

