

# Physik und Sicherheit im Verkehr

## Die letzte Sekunde ohne Gurt

Wer glaubt Anschnallen ist nur etwas für Angsthasen, den lehrt eine Zeitstudie über die letzte Sekunde bei einem Frontalaufprall mit 80 km/h das Fürchten:

- 1,0 sek: Starr vor Schreck springen Sie auf die Bremse, ein Ausweichen ist nicht mehr möglich.
- 0,9 sek: Sie umklammern krampfhaft das Lenkrad und die Fingergelenke werden weiß.
- 0,8 sek: Noch zirka 30 cm bis zum Aufprall.
- 0,7 sek: Frontalaufprall - die Stoßstange beginnt, in das Fahrzeug einzudringen.
- 0,6 sek: Ihr Körper wird mit 80 km/h nach vorne geschleudert. Sie haben nun ein Gewicht von 3 t und werden mit 20-facher Schwerkraft aus dem Sitz gehoben. Ihre Beine brechen an den Kniegelenken. Ihr Bremsfuß drückt sich in das Becken, und es bricht.
- 0,5 sek: Ihr Körper löst sich mit verspanntem Nacken und starr aufgerichtetem Kopf aus dem Sitz, die gebrochenen Kniegelenke bohren sich in das Armaturenbrett und deformieren es. Das Lenkrad verbiegt sich unter dem Druck ihrer Hände.
- 0,4 sek: Ihr Auto ist nun um zirka 60 cm kürzer. Ihr Fahrzeug beginnt anzuhalten, Sie jedoch bewegen sich noch immer mit 80 km/h ihrem Lenkrad entgegen.
- 0,3 sek: Ihre Hände sind am Lenkrad verkrallt, die Daumen brechen, es folgen Gelenke und Unterarme. Schließlich bohrt sich das Lenkrad und Lenksäule in ihren Brustkorb. Die Lunge wird perforiert und die Arterien werden zerfetzt.
- 0,2 sek: Ihre Füße werden aus den Schuhen gerissen und der Kopf prallt gegen die Windschutzscheibe. Bisher hatten Sie noch keine Zeit zu Schreien. Sie werden auch nie mehr dazukommen.
- 0,1 sek: Das Fahrzeug vollbringt seine letzte Deformation und Ihr Oberkörper wird unbarmherzig gegen Lenksäule und Armaturen gepreßt. Ein Blutschwall bricht aus ihrem Mund und Ohren. Der Schock löst einen Herzstillstand aus.
- 0,0 sek: Sie sind tot.

Manfred Jurkowski,  
*Der Falter*

## Gurt für die Stadt? Helm beim Radfahren?

### Helmut Kühnelt

"Ich stütz mich doch am Lenkrad ab", sagt der Vater. "Der Helm ruiniert mir nur die Frisur", so die Tochter.

Die nebenstehende Schilderung "Die letzte Sekunde ohne Gurt", erschienen vor einiger Zeit im Falter, ist zwar physikalisch nicht in allen Einzelheiten korrekt, doch beschreibt sie die Folgen durchaus realistisch.

Dank Zeitlupenstudien von Crashtests steht für den Unterricht Anschauungsmaterial [1] zur Verfügung, das die quantitative Auswertung durch Schüler erlaubt und damit den einfachsten

Gesetzen der konstanten und beschleunigten Bewegung Lebensbezug gibt.

50 km/h oder 14 m/s im Stadtgebiet? So langsam? Bei einer Reaktionszeit, für die nach StVO etwa eine Sekunde anzusetzen ist, legt man 14 m zurück.

Wie kann man ohne Auto diese Geschwindigkeit erreichen? 14 m/s erreicht man beim Sprung vom 10 m-Turm im Schwimmbad, der Fall dauert 1,4 s. Die wichtige Beziehung

$$v^2 = 2gH, \text{ bzw. } t^2 = 2H/g$$

setzt Endgeschwindigkeit  $v$ , bzw. Fallzeit  $t$  mit der Fallhöhe  $H$  und der Fallbeschleunigung  $g$  in Beziehung.

(Noch ein paar Anmerkungen zum Wasserspringer. Da der Springer ins Wasser etwa halb so tief eintaucht, wird er mit einer mittleren Verzögerung von 2  $g$  abgebremst. Klar ist, daß ein Bauchfleck aus 10 m Höhe wahrscheinlich tödlich ist. Aus dem Luftwiderstand wird der Widerstand im Wasser: Die Dichte des Mediums ist tausendmal größer und  $c_w \rho A v^2 / 2$  beim Auftreffen läßt sich zu  $10^5$  N abschätzen, also mehr als das hundertfache Gewicht! Am Mond wäre Kunstspringen viel spektakulärer als auf der Erde: für die gleiche Endgeschwindigkeit könnte der Turm 60 m hoch sein und der Sprung würde 8,7 s dauern - viel Zeit für Akrobatik!)

Zurück zum Stadtverkehr! Reaktionsweg von 14 m und - bei einer kaum erreichbaren exzellenten Bremsverzögerung von  $a = 9,8 \text{ ms}^{-2}$  - Bremsweg von 10 m addieren sich zum beachtlichen Anhalteweg von 24 m (nach der Faustregel Bremsweg =  $(v/10)^2$ , entsprechend  $a = 4 \text{ ms}^{-2}$ , sogar zu 39 m).

Trifft das Auto allerdings mit 50 km/h frontal auf eine Mauer (oder ein gleichartiges Fahrzeug), so ist der Anhalteweg gleich dem Bremsweg und abhängig von der Verformbarkeit der Frontpartie.

Nehmen wir großzügig 1 m für Knautschzone und Bremsweg und eine konstante Verzögerung an, so sehen wir unmittelbar aus (1):

$$\text{Verzögerung} \times \text{Bremsweg} = \text{konstant.}$$

Daher beträgt im Beispiel die Bremsverzögerung 10  $g$ . Das Fahrzeug bleibt binnen 0,45 s stehen. Der unangeschnallte Fahrer bewegt sich jedoch mit 14 m/s weiter und legt in dieser Zeit über 6 m zurück. Um dies zu verhindern, müßte er sich am Lenkrad mit seiner zehnfachen Gewichtskraft abstützen.

Noch drastischer macht man sich die Schwierigkeit des Abbremsens mit der Vorstellung klar, man würde aus 10 m Höhe auf Beton springen und versuchen, den Fall mit den Händen abzufedern - dies würde niemand versuchen!

Doch wozu einen Fahrradhelm? Neben dem offensichtlichen Vorteil, daß er beim Sturz gegen scharfe Kanten Schutz bietet, ist er als Knautschzone nützlich.

15 km/h, ein geringes Tempo für Jugendliche, entspricht praktisch 4 m/s. Wie können wir diese Geschwindigkeit erreichen? Beim Fall aus Küchentischhöhe (80 cm)! Aber welchen Bremsweg haben wir, wenn wir mit dem Kopf aus dieser Höhe aufschlagen? Die Schädelschale wird sich kaum verformen,

was macht der Untergrund? Ein Bremsweg von 1 cm bedeutet bereits 80 g!

Ein kleines Handexperiment kann die Sinnhaftigkeit eines Sturzhelms verdeutlichen: Ein hartgekochtes Eis - harte Schale, weicher Kern - stehe als Modell für unseren Kopf. Aus Tischhöhe auf eine Styroporplatte fallen gelassen wird es meist unbeschädigt bleiben. Es braucht aber keine 80 cm, um beim Fall auf einen harten Boden das ungeschützte Ei zu zertrümmern.

Zum Abschluß: Das Argument, daß ein Sturz meist wegen des schrägen Auftreffens auf der Straße glimpflicher verlaufen müßte, trifft nicht zu. Die Vertikalgeschwindigkeit bestimmt sich aus der ursprünglichen Höhe des Schwerpunkts und diese ist größenordnungsmäßig 1 m - der Helm ist also bei allen Geschwindigkeiten nützlich.

(Hinweis: Beim Kuratorium für Verkehrssicherheit gibt es Sturzhelme für Eier. Mit Wassermelonen oder Kürbissen und ausgemusterten Helmen sind am Schulhof spektakuläre Versuche möglich.)

[1] Crashtests im AVI-Format, Informationen und Analyseprogramm unter <http://www.physik.uni-muenchen.de/sektion/didaktik/Computer/computer.htm>.

## Just for fun!?

### Ilsa-Maria Figl

5.Klasse AHS (RG), eine Woche vor Beginn der Osterferien: Wir haben ein Arbeitsprojekt über Kräfte hinter uns und den Themenbereich Verkehrssicherheit vor uns. Was machen wir in der letzten Stunde vor den Osterferien? Ich erinnere mich an den Experimentalvortrag von Prof. Kühnelt im Rahmen der Interpädagogika und an den Versuch zu folgendem Problem: "Wie schütze ich ein rohes Ei beim Aufprall, wie meinen Kopf als Zweiradfahrer?"

*Die Vorbereitung:* Für einen Gruppenwettbewerb teilen wir gegen Ende dieser Stunde die Klasse in vier Gruppen, jede Gruppe soll selbst Material mitbringen, um ein rohes Ei aus möglichst großer Höhe unbeschädigt landen zu lassen. Ich werde die rohen Eier mitbringen. Die Schüler beginnen sofort eifrig Strategien zu besprechen. Werden sie trotzdem darauf vergessen?

*Die letzte Stunde vor den Osterferien:* Zwei Gruppen sind voll ausgerüstet und ein wenig aufgeregt schon vor dem Läuten im Saal, die beiden anderen Gruppen kommen etwas verlegen, sie haben vergessen, trotzdem sind sie neugierig.

Gruppe I hat einen kleinen Fallschirm aus einem quadratischen Stück Abdeckfolie mit einer kegeltumpfförmigen Gondel gebastelt, braucht noch etwas Watte, verpackt ihr Ei sorgfältig und will die Konstruktion im Stiegenhaus ausprobieren.

Gruppe II hat nichts mit, aber zwei Vorstellungen, die sie unbedingt ausprobieren will! Sie fül-

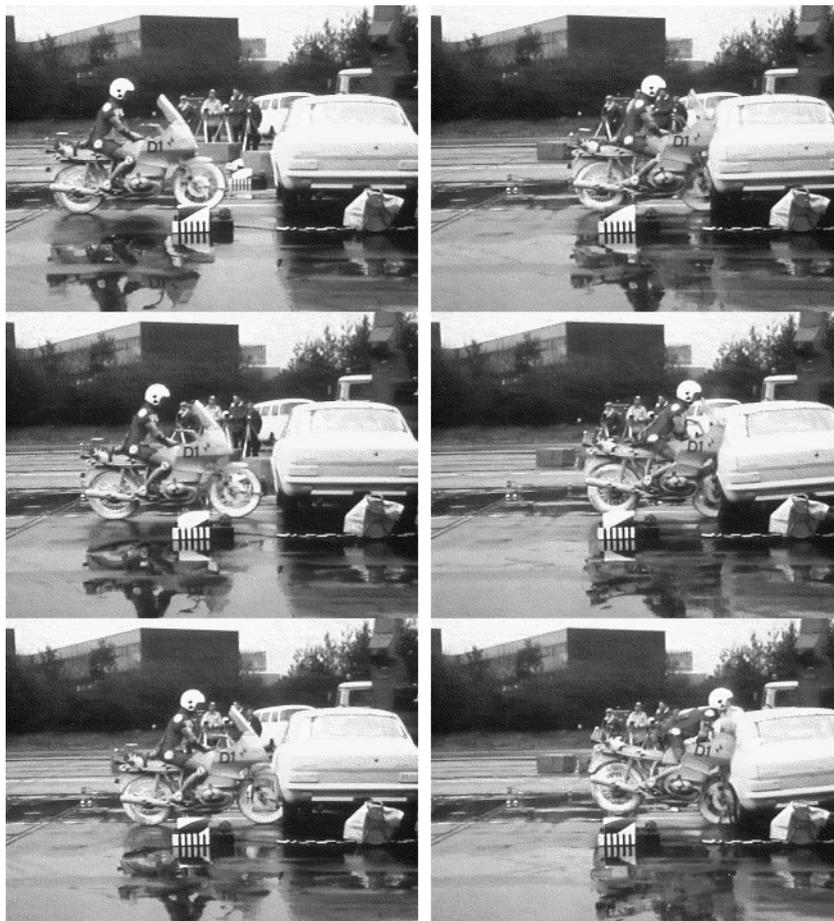
len eine Kunststoffwanne mit Wasser. Das Ei fällt von Tischkantenhöhe und ist kaputt. Sie lassen nicht locker, wollen noch unbedingt den Schwamm, machen ihn nass. Bevor sie das Ei darauf verschütten, müssen sie es in ein Jausensackerl packen - so kann ich den ärgsten Gatsch verhindern. Da ich auch mit den anderen beschäftigt bin, wollen sie mir zwar sehr charmant ein unversehrtes Ei präsentieren, was die anderen heftig protestierend nicht zulassen.

Gruppe III schaltet sich jetzt ein. Sie haben eine oben abgeschnittene große Getränkeflasche aus Kunststoff mit, die sie fast voll mit Wasser füllen. Ihr Ei überlebt den Sturz aus etwa 40 cm. Bei der Steigerung der Höhe trifft die Kante und zerplatzt - ein Lot muss her und jetzt gelingt eine Höhe von ca 70 cm. APPLAUS! Weitere Höhen wurden wegen der Treffunsicherheit nicht mehr ausprobiert. Sie haben ihre Lösung daheim ausprobiert und beobachtet, dass das Ei in einem schmalen Gefäß nicht so tief eintaucht. Ihre Vermutung war, dass dies mit einer günstigeren Druckverteilung auf das Ei verbunden sei.

Gruppe IV: hat ganz vergessen.

Jetzt wird der Fallschirm der Gruppe I ausprobiert, ein zentriertes Loslassen im Stiegenhaus ist schwierig. So schlägt die Gondel zweimal an die Wand, das Ei hat zwar einen kleinen Sprung, lässt sich aber durchaus noch hartkochen.

Gruppe I und III bekommen als Sieger Überraschungseier. Während die Eier hartkochen, zeige ich einen passenden Videozuschnitt zum Thema Kräfte.



Motorrad-Crash mit Dummy

Geschwindigkeit 60 km/h, Bilder im Abstand von 1/40 sec. Durch Ausmessen an den Bildern lassen die Beschleunigungen der einzelnen Teile des Motorrads, des Fahrers und des Autos abschätzen, das einen kräftigen Stoß erhält. Quelle: CD-Rom Multimedia Motion von Cambridge Science Media, <http://www.cityscape.co.uk/csm>