

## Was passiert ohne Sicherheitsgurt oder Schutzhelm?

### Die SchülerInnen sollen behalten

- ◆ *Das Risiko, bei einem Unfall getötet zu werden, ist ohne Gurt sieben mal höher als mit Gurt.*
- ◆ *Im Jahr 2002, trugen 30 von 55 getöteten Autoinsassen keinen Gurt.*
- ◆ *Auch die beste Knautschzone hilft nur, wenn die Insassen angegurtet sind.*
- ◆ *Durch den Gurt werden die Insassen zurückgehalten und verringern ihre Geschwindigkeit in gleichem Maße wie das Fahrzeug.*
- ◆ *Rad-, Moped- und MotorradfahrerInnen sind durch fehlende Knautschzonen besonders gefährdet.*

### Fachbezogene Ziele

- Wirkung von Kräften.
- Bewegungsenergie.
- Lageenergie.
- Geschwindigkeit.
- Bremsverzögerung.
- Bremsweg.
- Aufprallwucht.

### Verkehrssicherheitsziele

- Die bei einem Zusammenstoß zu absorbierende kinetische Energie wird vorwiegend durch die Geschwindigkeit bestimmt:  
Doppelte Geschwindigkeit bedeutet bei einem Unfall vierfache kinetische Energie.
- Bereits bei relativ niedriger Fahrgeschwindigkeit, die auch mit dem Fahrrad erreicht werden kann, treten bei einem Aufprallunfall mit einem starren Hindernis gewaltige Kräfte auf.
- Nie ohne Gurt !  
(gilt für FahrerInnen und MitfahrerInnen)
- Nie ohne Schutzhelm !  
(gilt für Fahrrad-, Moped- und MotorradfahrerInnen)



(Quellennachweis: <http://www.kfv.at/aktionen/gurt1.htm>)

Dank des Gurtes wird das Kind zurückgehalten und **verringert seine Geschwindigkeit** in gleichem Maße wie das Fahrzeug.

Seinen Teddybären, den es in der Hand hielt, kann es jedoch nicht mehr festhalten, denn durch den Aufprall wurde sein Gewicht vervielfacht. Der Teddybär schießt gemäß Trägheitsgesetz ungebremst, mit der Geschwindigkeit, die der Wagen vor dem Aufprall hatte, weiter in Richtung Armaturenbrett.

## Schülerunterlagen

### 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 treten 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 ca. 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 die Lenksäule in ihren Brustkorb.  
Die Lunge wird perforiert und die Arterien werden zerfetzt.
- **0,2 Sek:** Ihre Füße werden aus den Schuhen gerissen und ihr 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 die Lenksäule und die Armaturen gepresst.  
Ein Blutschwall bricht aus ihrem Mund und ihren Ohren.  
Der Schock löst einen Herzstillstand aus.
- **0,0 Sek:** Sie sind tot.

(Quelle: Der Falter, Autor: Manfred Jurkowski)

„In Ordnung, nach der Lektüre dieser Zeilen, sehe ich ein, dass man einen Sicherheitsgurt auf Landstraßen und Autobahnen tragen soll, doch .....

## Wozu brauche ich einen Gurt in der Stadt ?

In der Stadt fahre ich doch bloß 50 km/h. Wenn ich so langsam fahre, stütze ich mich doch glatt am Lenkrad ab !“

### Wie schnell ist eigentlich 50 km/h ?

Rechnet man 50 km/h in m/s um, so erhält man:  $50 \text{ km/h} = 50 / 3,6 = 13,89 \text{ m/s} \approx 14 \text{ m/s}$

Folglich legt man 14 m pro Sekunde zurück, wenn man mit 50 km/h fährt.

### Wie kann man ohne Auto diese Geschwindigkeit erreichen ?

Stellen wir uns zum Beispiel einen Sprung vom 10 m-Turm im Schwimmbad vor und berechnen die Geschwindigkeit mit der der Springer ins Wasser eintaucht .

Berechnung der **Geschwindigkeit**:

*Bewegungsenergie = Lageenergie*

$$\begin{aligned}
 E_{kin} &= E_{pot} \\
 \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 &= m \cdot g \cdot h \\
 v^2 &= 2 \cdot g \cdot h & \left. \begin{array}{l} g = 9,81 \text{ m/s}^2 \\ h = 10 \text{ m} \end{array} \right\} \\
 v^2 &= 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m} \\
 v^2 &= 196,2 \text{ (m/s)}^2 \\
 \underline{v} &= \underline{14 \text{ m/s}}
 \end{aligned}$$

Die Geschwindigkeit die man bei einem Sprung vom 10 m-Turm erreicht beträgt 14 m/s, oder 50 km/h.

Da ein Springer ins Wasser etwa halb so tief eintaucht, wird er mit einer mittleren Verzögerung von 2g abgebremst. Klar ist, dass ein Bauchfleck aus 10 m Höhe wahrscheinlich tödlich ist.

### Schülerarbeit

Aus welcher Höhe müsste man springen, um 20, 40, 80 km/h zu erreichen?

| Geschwindigkeit<br>[ km/h ]<br>$v$ | Geschwindigkeit<br>[ m/s ]<br>$v' =$ | Höhe des Sprungbrettes<br>[ m ]<br>$h =$ |
|------------------------------------|--------------------------------------|--|
| 20                                 |                                      |  |
| 40                                 |                                      |  |
| 60                                 |                                      |  |

## Zurück zum Stadtverkehr !

### 1) Anhalteweg

Der Anhalteweg setzt sich zusammen aus Reaktionsweg und Bremsweg:

$$\text{Anhalteweg} = \text{Reaktionsweg} + \text{Bremsweg}$$

#### Reaktionsweg:

Setzen wir eine Reaktionszeit von 1 Sekunde voraus, so erhalten wir für eine Fahrgeschwindigkeit von 50 km/h (14 m/s) einen Reaktionsweg von 14 m.

#### Bremsweg:

Die physikalische Formel für den Bremsweg  $s_{Brems}$  in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit  $v$  lautet:

$$s_{Brems} = \frac{v^2}{2 \cdot a}$$

$v$  : Geschwindigkeit des Fahrzeuges in m/s

$a$  : Bremsverzögerung des Fahrzeuges in  $m/s^2$

Setzen wir eine Bremsverzögerung von  $8 \text{ m/s}^2$  voraus (geübter Fahrer, trockene Fahrbahn, gute Reifen, ...) so erhalten wir für eine Fahrgeschwindigkeit von 50 km/h (14 m/s) einen Bremsweg von 12,3 m.

$$= 14 \text{ m} + 12,3 \text{ m}$$

$$\underline{\underline{\text{Anhalteweg} = 26,3 \text{ m}}}$$

Fährt ein Fahrzeug mit 50 km/h, so beträgt der Anhalteweg 26,3 m.

Zu dem Bremsvorgang soll noch folgende **Bemerkung** gemacht werden.

Bedingt durch das Trägheitsgesetz, werden die mitfahrenden Personen und die ungenügend gesicherten Ladungen während einer plötzlichen Bremsung, z.B. einer Vollbremsung, nach vorne geschleudert.

Bei diesem Vorgang kann es zu **Verletzungen** kommen, bedingt durch:

- Nicht angeschnallte, völlig überraschte Bei- und Mitfahrer die gegen das Armaturenbrett oder die Rückenlehne der Vordersitze geschleudert werden
- ungenügend gesicherte, herumfliegende Gegenstände

## 2) Frontalzusammenstoß

Trifft das Auto allerdings mit 50 km/h (14 m/s) frontal auf eine Mauer, oder ein gleichartiges stehendes Fahrzeug, so ist der Anhalteweg gleich dem Bremsweg und abhängig von der Verformbarkeit der Frontpartie (Knautschzone) des Autos.

Nehmen wir großzügig 1 m für die Länge der Knautschzone, respektiv des Bremsweges an. Dies bedeutet, dass der Wagen nach etwa 0,15 s zum Stehen kommt.

Die Geschwindigkeit ändert sich also von  $v = 14$  m/s auf Null, also ist  $\Delta v = -14$  m/s (das Minuszeichen bedeutet, dass die Geschwindigkeit abnimmt).

Nehmen wir zusätzlich an, dass es sich beim Bremsvorgang um eine gleichmäßig verzögerte Bewegung handelt, so können wir die Bremsverzögerung (= negative Beschleunigung) einfach ermitteln:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{\Delta v}{\Delta t} \\
 &= \frac{-14 \text{ m/s}}{0,15 \text{ s}} \\
 \underline{\underline{a &= -93 \text{ m/s}^2}}
 \end{aligned}$$

Das ist etwa der zehnfache Betrag der Fallbeschleunigung.

Auf den Fahrer wirkt die Kraft  $F = m \cdot a$ . Sie ist fast zehnmal so groß wie seine Gewichtskraft!

Das Fahrzeug bleibt binnen 0,15 s stehen.

Der nicht angeschnallte Fahrer bewegt sich jedoch mit 14 m/s weiter und legt in dieser Zeit 2,1 m zurück.

Um dies zu verhindern, müsste er sich am Lenkrad mit seiner **zehnfachen Gewichtskraft** abstützen, was schier unmöglich ist !

Noch drastischer macht man sich die Schwierigkeit des Abbremsens mit unserem 10 m-Turmspringer klar.

**Welcher Springer würde aus 10 m Höhe auf Beton springen und versuchen, den Fall mit den Händen abzufedern ?**

Dies würde niemand versuchen !

**Der Gurt reduziert die Häufigkeit und Schwere von:**

- Brustkorbverletzungen
- Kopfverletzungen
- Gesichts- und Augenverletzungen
- Verletzungen an Beinen und Füßen

und verhindert

- dass Insassen aus dem Fahrzeug geschleudert werden.

**Apropos Airbag**

Der Airbag schützt nur in Verbindung mit dem Sicherheitsgurt.

Der Airbag verhindert den Aufprall von Kopf und Brust am Lenkrad oder Armaturenbrett.

**Aber nur der Gurt kann den ganzen Körper am Sitz festhalten !**

**Wie schnallt man sich richtig an ?**

- Die Gurtbänder dürfen nicht verdreht sein.
- Der Beckengurt muss über dem Becken liegen, nicht über dem Bauch.
- Der Becken- und der Schultergurt sollen eng am Körper liegen – nach dem Anschnallen, Gurt straff ziehen.
- Der obere Verankerungspunkt soll so eingestellt werden, dass der Gurt den Hals nicht berührt.

**Erst nach dem Anlegen und Straffen der Gurte sollte das Fahrzeug gestartet werden !**

## Wozu brauchen wir einen Fahrradhelm ?

Neben dem offensichtlichen Vorteil, dass er beim Sturz gegen scharfe Kanten Schutz bietet, könnte er doch auch als Knautschzone nützlich sein ?

Nehmen wir an, wir fahren mit einer Geschwindigkeit von 15 km/h mit unserem Fahrrad, was in etwa 4 m/s entspricht. Zugegeben, dies ist eine geringe Geschwindigkeit für Jugendliche.

## Wie können wir diese Geschwindigkeit erreichen ?

Stellen wir uns zum Beispiel einen Fall aus Tischhöhe (80 cm) vor.

Berechnung der **Geschwindigkeit**:

$$\text{Bewegungsenergie} = \text{Lageenergie}$$

$$\begin{aligned} E_{kin} &= E_{pot} \\ \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 &= m \cdot g \cdot h \\ v^2 &= 2 \cdot g \cdot h & \left. \begin{array}{l} g = 9,81 \text{ m/s}^2 \\ h = 0,8 \text{ m} \end{array} \right\} \\ v^2 &= 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,8 \text{ m} \\ v^2 &= 15,7 \text{ (m/s)}^2 \\ v &= 3,96 \text{ m/s} \\ \underline{\underline{v}} &= \underline{\underline{4 \text{ m/s}}} \end{aligned}$$

Die Geschwindigkeit die man beim Fall von der Tischkante erreicht, beträgt 4 m/s, oder 15 km/h.

## Welchen Bremsweg haben wir, wenn wir mit dem Kopf aus dieser Höhe aufschlagen ?

Beim Frontalzusammenstoß eines Wagens mit einer Mauer, respektiv mit einem gleichartigen stehenden Auto, haben wir gesehen, dass der Bremsweg identisch ist mit der Knautschzone! Im vorliegenden Fall, wo wir ein Zusammentreffen zwischen Kopf und Fußboden haben, wird sich der Fußboden kaum verformen, was wird also die Schädelschale machen ?

Zwei kleine Experimente sollen uns das veranschaulichen.

### Experiment 1

Ein hartgekochtes Ei – harte Schale, weicher Kern – stehe als Modell für unseren Kopf.

#### **Versuch 1**

Aus Tischhöhe lassen wir das Ei auf eine Styroporplatte fallen.

*Ergebnis:* Das Ei bleibt unbeschädigt !

#### **Versuch 2**

Aus Tischhöhe lassen wir das Ei auf den harten Fußboden fallen.

*Ergebnis:* Das Ei zerbricht !

Wenn wir diesen Versuch wiederholen, merken wir schnell, dass wir keine 80 cm brauchen, um das ungeschützte Ei auf einer harten Unterlage zu zerschmettern.

#### **Versuchsergebnis:**

Die Styroporplatte dient als Knautschzone und verhindert das Zerbrechen des Eies !

## Experiment 2

Ein Kürbis oder eine Wassermelone stehe als Modell für unseren Kopf.

### **Versuch 1**

Wir stülpen dem Kürbis einen ausgemusterten Helm über.

Aus Tischhöhe, oder auch größeren Höhen, lassen wir den Kürbis mit Helm fallen.

*Ergebnis:* Der Kürbis bleibt unbeschädigt !

### **Versuch 2**

Aus den entsprechenden, in Versuch 1 bestimmten Höhen, lassen wir den Kürbis auf den harten Fußboden fallen.

*Ergebnis:* Der Kürbis platzt auf !

### **Versuchsergebnis:**

Der Helm dient als Knautschzone und verhindert das Zerplatzen des Kürbisses !

**Beide Experimente verdeutlichen auf einfachste Weise den Sinn und Zweck eines Schutzhelmes.**

Da

1. Rad-, Moped- und Motorradfahrer durch fehlende **Knautschzonen** bei Aufprallunfällen besonders gefährdet sind
2. Die bei einem Zusammenstoß zu absorbierende **kinetische Energie** proportional zum Quadrat der gefahrenen Geschwindigkeit ist  
(Doppelte Geschwindigkeit bedeutet bei einem Unfall vierfache kinetische Energie !)
3. Der **Kopf** der gefährdetste Körperteil beim Rad-, Moped- und Motorradfahrens ist,

sollte man **NIE ohne Schutzhelm** fahren !

## Lehrerunterlagen

### Zu der Schilderung: Die letzte Sekunde ohne Gurt

Die Schilderung „Die letzte Sekunde ohne Gurt“ ist zwar physikalisch nicht in allen Einzelheiten korrekt, doch beschreibt sie die Folgen durchaus realistisch.

Empfohlen wird diese Schilderung im Unterricht mit Zeitlupenstudien von Crashtests zu untermauern. Durch dieses Anschauungsmaterial wird die quantitative Auswertung durch Schüler erlaubt und damit den einfachsten Gesetzen der konstanten und beschleunigten Bewegung Lebensbezug gegeben.

### Zu der Berechnung der Höhe

| Geschwindigkeit<br>[ km/h ]<br>$v$ | Geschwindigkeit<br>[ m/s ]<br>$v' = v / 3,6$ | Höhe des Sprungbrettes<br>[ m ]<br>$h = v'^2 / 2g$ |
|------------------------------------|--|--|
| 20                                 | 5,56   | 1,57   |
| 40                                 | 11,11  | 6,29   |
| 60                                 | 22,22  | 25,17  |

### Zu der Frage: Wozu brauchen wir einen Fahrradhelm ?

Um die Schüler einzubinden, sollten die Schüler aufgefordert werden, das für die Experimente benötigte Material, z.B. einen ausrangierten Helm, oder einen durch einen Sturz beschädigten Helm, mitzubringen.

## Literaturverzeichnis

Zur Erstellung der vorliegenden „Fiche pédagogique“ wurden folgende Unterlagen herangezogen:

- Bader Franz, Dorn Friederich, *Physik - Mittelstufe*  
Schroedel Schulbuchverlag GmbH, Hannover, 1998
- Kuhn Wilfried, *Physik 1 Band 1.2*  
Westermann Schulbuchverlag GmbH, Braunschweig, 2000
- Internetadressen:  
<http://www.kfv.at/aktionen/gurt1.htm>

