

## WIESO HABEN UNFÄLLE MIT UNANGEPASSTER GESCHWINDIGKEIT OFT SO DRAMATISCHE FOLGEN?

### Statistik

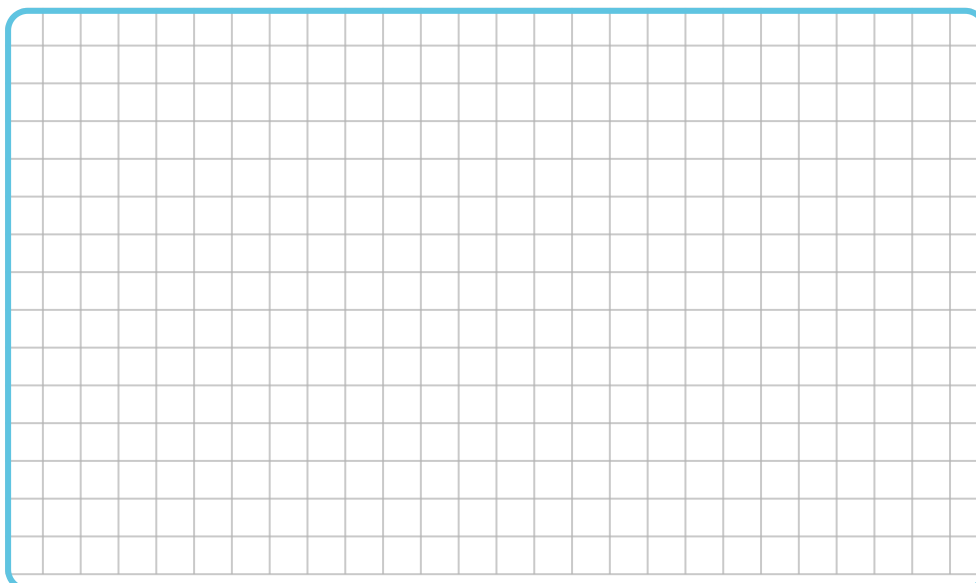
Laut des statistischen Bundesamtes ist die häufigste Ursache eines Verkehrsunfalls mit getöteten Menschen eine unangepasste Geschwindigkeit. So sind ca. **1/4 der Unfälle mit Todesfolge(n)** oder ca. **1/3 der Verkehrstoten** auf eine unangepasste Geschwindigkeit zurückzuführen. Was sind die physikalischen Ursachen dafür?



### Phase 1: Erkennen eines Hindernisses

Angenommen, Du fährst auf der Straße und nimmst vor dir ein Hindernis wahr. Du benötigst zuerst eine **Reaktionszeit**  $t_R$ , in der das Gehirn das Gesehene verarbeitet und die Information weitergibt, um mit dem Fuß eine Bremsung einzuleiten. In dieser Zeit legst Du ungebremst mit der konstanten **Anfangsgeschwindigkeit**  $v_0$  den **Reaktionsweg**  $s_R = v_0 t_R$  zurück. Die Länge der Reaktionszeit ist von Mensch zu Mensch verschieden und dauert in etwa 1 Sekunde. Sie kann aber auch durch Müdigkeit oder Ablenkung länger werden.

- ① Aufgabe Du fährst auf einer Landstraße und nimmst 50m vor dir einen stehenden LKW wahr. Berechne den **Reaktionsweg** (in m), bei einer Reaktionszeit von 1s und einer Anfangsgeschwindigkeit von
- 70km/h
  - 100km/h
  - 110km/h



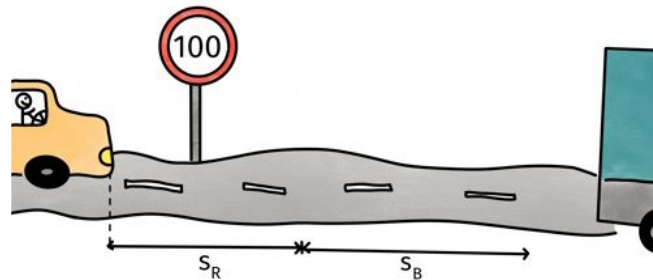
Um die Geschwindigkeit von km/h in m/s umzurechnen, teile durch 3,6.



## Phase 2: Gefahrenbremsung

Nachdem du die Situation realisiert hast, beginnst du mit einer **Gefahrenbremsung**. Das heißt du bremst so stark wie möglich, um die Folgen des Unfalls zu reduzieren. Bei einer Gefahrenbremsung auf trockener Straße beschleunigt man ungefähr mit der **Bremsbeschleunigung**  $a_B = 9 \frac{m}{s^2}$ . Wenn wir für diese Phase eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung annehmen, so können wir den **Bremsweg**  $s_B$  mit folgender Formel berechnen:

$$s_B = \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0^2}{a_B} \quad (2).$$



### Herleitung: Formel Bremsweg

Die Formel für den Bremsweg resultiert aus den Formeln für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung. Die Geschwindigkeit  $v(t) = v_0 - a_B t$  nimmt durch das Bremsen linear ab. Nachdem man vollständig gebremst hat, ist die Geschwindigkeit  $v(t) = 0$ . Man kann diese nach  $t$  auflösen und erhält als Bremszeit  $t_B = \frac{v_0}{a_B}$ . Der zurückgelegte Weg nach der Zeit  $t$  ist allgemein  $s(t) = v_0 t - \frac{1}{2} a_B t^2$ . Der gesamte Bremsweg bis zum Stopp ist also

$$s(t_B) = v_0 \frac{v_0}{a_B} - \frac{1}{2} a_B \left( \frac{v_0}{a_B} \right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0^2}{a_B}.$$

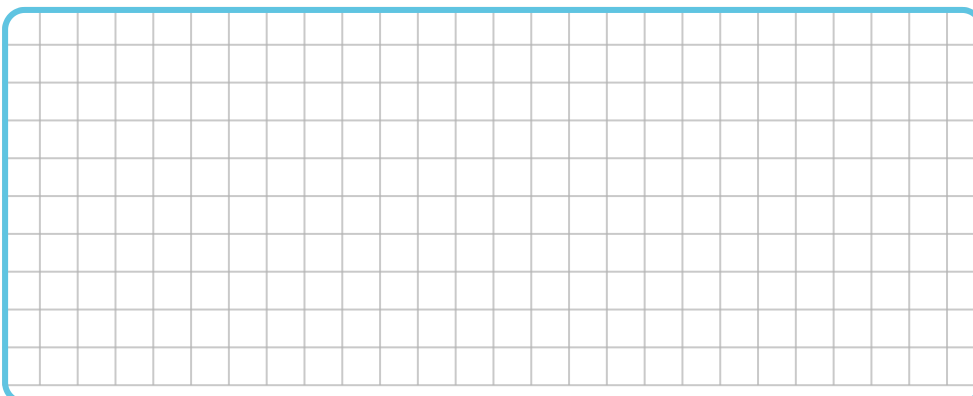
Der Bremsweg wächst also **quadratisch** mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$ !



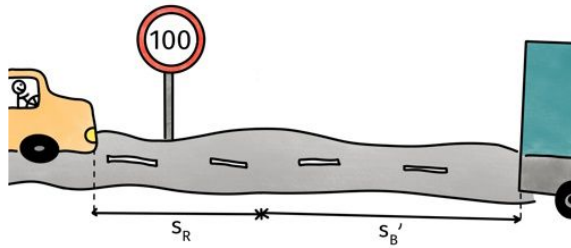
Das negative Vorzeichen bei der Beschleunigung bedeutet, dass die Geschwindigkeit kleiner wird. Es wird also gebremst.

- ② Die Situation ist wie in Aufgabe 1: Auf einer Landstraße erkennst du 50m vor dir einen stehenden LKW. Du realisierst die Situation und leitest danach eine Gefahrenbremsung ein. Berechne den **Bremsweg** (in m) für folgende Anfangsgeschwindigkeiten:

- 70km/h
- 100km/h
- 110km/h







Trotz Gefahrenbremsung kommt man nicht immer rechtzeitig vor dem Hindernis zum Stehen. In diesem Fall hat man einen **verkürzten Bremsweg**  $s'_B$ . Da man vor dem Hindernis noch nicht im Stillstand ist, trifft man mit einer **Aufprallgeschwindigkeit**  $v_A$  auf das Hindernis. Diese kann man mit der folgenden Formel berechnen:

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - 2a_B s'_B}$$

Für  $v_A = 0$  kommt wieder der eben berechnete Bremsweg heraus, wenn das Hindernis sofort kommt ( $s'_B = 0$ ) tritt man mit  $v_0$  auf das Hindernis.

#### Herleitung der Aufprallgeschwindigkeit

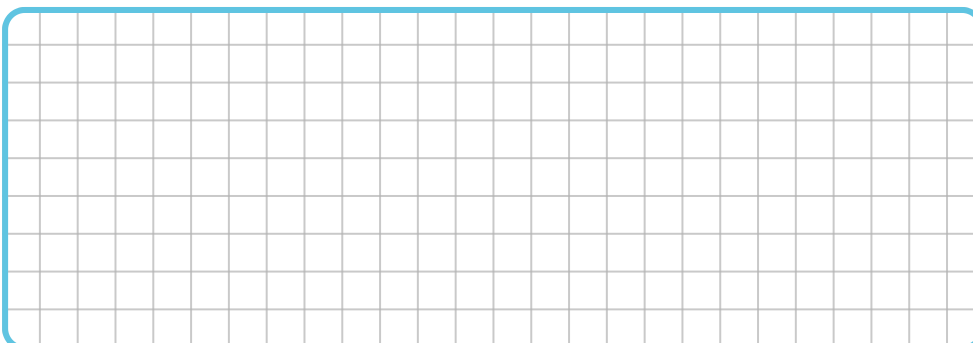
Für die Geschwindigkeit zur Zeit  $t$  gilt  $v(t) = v_0 - a_B t$ , und für den zurückgelegten Weg gilt  $s(t) = v_0 t - \frac{1}{2} a_B t^2$ . Die Zeit  $t(s)$  bis zum Ort  $s$  ergibt sich also als Lösung der quadratischen Gleichung  $t^2 - 2(v_0/a_B)t + 2(s/a_B) = 0$ . Aus der pq-Formel folgt  $t = (v_0 - \sqrt{v_0^2 - 2a_B s})/a_B$ .

Tritt also bei  $s = s'_B$  das Auto auf das Hindernis, ergibt sich die **Aufprallgeschwindigkeit** durch Einsetzen dieser Zeit in

$$v(t) = v_0 - a_B \left( (v_0 - \sqrt{v_0^2 - 2a_B s'_B}) / a_B \right), \text{ woraus folgt:}$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - 2a_B s'_B}$$

- ④ Die Situation ist wieder wie zuvor. Berechne die **Aufprallgeschwindigkeit** (in km/h), mit der du auf den LKW triffst, wenn deine Anfangsgeschwindigkeit
- 100km/h
  - 110km/h ist.





- c) Erkläre den Unterschied zwischen den Ergebnissen aus a) und b).  
(Hinweis: Die Argumentation ist dieselbe wie in Aufgabe 2d.)

---

---

---

---

---



- d) Statistisch gesehen ist die Gruppe der 20-24 jährigen am häufigsten in Verkehrsunfälle verwickelt. Unangemessene Geschwindigkeit, Unaufmerksamkeit, Alkohol, Drogen, Medikamente und Müdigkeit gehören zu den häufigsten Unfallursachen. Diskutiert in Tischgruppen, auf welche Weise die Parameter des **Bremsweges** und der **Aufprallbeschleunigung** mit diesen Ursachen zusammenhängen.



**Fallen Euch noch weitere Ursachen für Verkehrsunfälle ein?**



## VIDEOANALYSE CRASH-TEST

Bis jetzt sind wir die Phasen eines Auffahrunfalls theoretisch durchgegangen. Nun wollen wir uns die Beschleunigungen bzw. Kräfte bei einem Auffahrunfall in der Praxis anschauen. Dazu greifen wir auf sogenannte Crash-Tests renommierter Organisationen zurück.

**Euro NCAP** führt normierte Crash-Tests an Fahrzeugen durch, um die Sicherheit der Fahrzeuge zu bewerten. Beim sogenannten „Frontalversatzaufprall“ lässt Euro NCAP die Fahrzeuge frontal mit 64 km/h leicht versetzt auf ein Hindernis treffen. (Dies entspricht ungefähr der in Aufgabe 4 berechneten Aufprallgeschwindigkeit bei der Ausgangsgeschwindigkeit von 100 km//h.). Ein Beispielvideo ist rechts verlinkt.

Der **ADAC** hat als Vergleich einen Crash-Test unter den gleichen Bedingungen durchgeführt. Der einzige Unterschied ist die Aufprallgeschwindigkeit, die für diesen Crashtest bei 80 km/h liegt (vgl. wieder Aufprallgeschwindigkeit aus Aufgabe 2 für 110 km/h).

### Du brauchst:

- Computer
- Video-Analyse-Software „Tracker“  
(Download: <https://physlets.org/tracker/>)
- Video Euro NCAP/ADAC + Anleitung zur Videoanalyse mit Tracker

### Durchführung:

- 1) Bildet eine Vierergruppe und teilt diese in Zwei Teams. Jedes Team sucht sich unabhängig je ein Crash-Video aus.
- 2) Welche Beschleunigungen lassen sich im Video messen?
- 3) Befolgt dabei die Anleitung zur Videoanalyse mit Tracker

### Beobachtung:

Beschreibe jeweils die Auswirkungen des Unfalls. Welche Beschleunigungen treten auf? Wie steht es jeweils um die Sicherheit des Fahrers?




[Smart 1 im Crashtest](#)



## VIDEOANALYSE CRASH-TEST

### Auswertung:

Notiere die Werte für die Beschleunigung, die jeweils aus der Videoanalyse resultieren.

64 km/h 80 km/h

_____	_____
_____	_____

### Vergleich Theorie / Praxis

Vergleiche die berechneten Kräfte mit denen aus der Videoanalyse. Wie kannst du Unterschiede erklären?

_____
_____
_____
_____
_____
_____

### Reflexion:

Ein Bekannter erzählt dir: „Auf der Landstraße fahre ich grundsätzlich 10 km/h über dem Tempolimit. Wenn ich da geblitzt werde, ist es ja nicht so teuer ...“

Wie würdest du jetzt, nach der Bearbeitung dieser Aufgaben, darauf antworten?

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

