

## **Beschleunigung zur Sicherheit gemessen – Der Airbagsensor<sup>1</sup>**

Auch die Sensortechnik hat große Vorbilder in der Natur: Die körpereigenen Beschleunigungssensoren des Menschen sind um Größenordnungen kleiner als ein Airbagsensor und haben einen um Größenordnungen größeren Messbereich.

### **Wie nimmt der Mensch Beschleunigung eigentlich wahr?**

Mit dem so genannten Vestibularapparat im Innenohr können alle notwendigen Arten von Beschleunigung registriert werden. Er besteht aus drei Bogengängen zur Erkennung von Drehbewegungen und einem Vorhof, welcher für die Erkennung von Linearbeschleunigungen zuständig ist. Er enthält zwei miteinander verbundene Säckchen, die mit einer Flüssigkeit gefüllt sind und in deren Wand sich jeweils die Makula, ein Sinnesfeld befindet. Die Makula besteht aus Haarzellen, die sich zum Erfassen der Beschleunigungen verbiegen. Kleine Kristalle auf den Sinneshärchen sind für die Auslenkung der Haarzellen verantwortlich. Je nach Verbiegung werden unterschiedlich starke Nervenimpulse erzeugt. Diese Haarzellen können Kräfte von  $100 \cdot 10^{-15}$  N erkennen!

### **Ausgangsversuch Beschleunigungsmesser**

#### Material

Marmeladenglas mit Schraubverschluss

Öl

Faden

Styroporkugel

Kleber

#### Vorbereitung

Das Marmeladenglas wird mit Öl gefüllt. An einem Faden wird nun an einem Ende die Styroporkugel befestigt und das andere Ende wird an den Deckel des Marmeladenglases geklebt. Die Länge des Fadens wird dabei so gewählt, dass sich bei umgedrehtem Glas der Styroporkörper im oberen Drittel des Glases befindet. Die Styroporkugel entspricht in diesem Modell damit der seismischen Masse des Airbagsensors, deren Auslenkung die Beschleunigung anzeigt.

#### Versuche

Wichtig ist bei allen Versuchen die Bewegung der Styroporkugel zu beobachten!!

- Nimm nun das Glas in die Hand und führe einfache Bewegungen aus (z. B. Loslaufen, Anhalten, ...)
- Beobachte dabei genau die Auslenkung der Styroporkugel in Abhängigkeit der Bewegung und halte deine Beobachtungen schriftlich fest.  
Bei welchen Bewegungen kannst du stärkere, bei welchen weniger starke Beschleunigungswerte feststellen?
- Versuche nun die Bewegung der Styroporkugel bei komplizierteren Bewegungen (Kurvenlaufen, Kurvenlaufen bei gleichzeitiger Änderung der Bahngeschwindigkeit) zu beschreiben!

---

<sup>1</sup> vgl. dazu Geßner, Th.: „Beschleunigungen mit anderen Augen sehen“ in Naturwissenschaften im Unterricht Physik 17, Heft 91, 2006

## Weitere Infos zum Airbag

Der am weitesten verbreitete **Wirkungsmechanismus** eines Airbags besteht darin, dass bei einer Kollision mit Hilfe einer Zündpille ein feuerwerkstechnischer Treibstoff gezündet wird, der in Sekundenbruchteilen den Airbag mit Stickstoff aufbläst. Der Airbag sollte sich schon entfaltet haben, bevor der Insasse den Sack berührt. Damit wird vermieden, dass der Airbag ihn zurückschleudert. Ein Sicherheitsabstand von 12 cm gilt als optimal. Beim Aufprall des Insassen wird die Bewegungsenergie des Körpers aufgenommen und die zu schützende Person „weich“ aufgefangen, wobei sich der Airbag teilweise wieder entleert. Das ist wichtig, weil unter Umständen der Fahrer die Kontrolle über sein Fahrzeug zurückgewinnt und dabei nicht durch den Airbag behindert werden darf. Die Stickstofffüllung kann über mehrere Öffnungen im Airbag entweichen. Diese Öffnungen verhindern aber den Aufblasvorgang nicht, weil dieser sehr schnell und mit hohem Druck abläuft. Die Füllung des Airbags erfolgt beim Fahrer in etwa 30 ms, dabei bewegt er sich mit rund 250 km/h auf den Fahrer zu. Beim Beifahrer sind etwa 50 ms ausreichend, da der Abstand zwischen Beifahrer und dem Airbag im Armaturenbrett größer ist als derjenige zwischen Fahrer und Lenkradairbag. Für Seitenairbags reichen sogar nur ca. 10 ms.<sup>2</sup>

### Woher weiß ein Airbag, wann er sich aufblasen muss?<sup>2</sup>

Neben mechanischen gibt es auch elektronische Airbagsensoren und auch diese wiederum in verschiedenen Ausführungen (Drucksensor, Sensoren mit Piezoeffekt, ...). Die modernsten Beschleunigungssensoren in Airbags arbeiten aber kapazitiv. Dabei ist auf einem kleinen Chip (ca. 4 mm<sup>2</sup>) eine kleine seismische Masse – z. B. in Form eines Balkens – zwischen zwei Federsystemen verankert. Am Balken ist eine kleine Kondensatorplatte befestigt, die in eine Zelle mit zwei weiteren Platten hineinragt. Der Balken und die Kondensatorplatten bewegen sich in Abhängigkeit von den Beschleunigungskräften. Dabei verändern sich die Kapazitäten der beiden Kondensatoren, die jeweils aus einer festen Platte und der beweglichen bestehen. Die Differenz der beiden Kondensatorladungen wird von einer Schaltung gemessen, die sich ebenfalls noch auf dem Chip befindet. Sie erzeugt eine Ausgangsspannung, die proportional zur Beschleunigung des Autos ist. Die Messspannung wird vom Steuergerät ausgewertet.

### Funktionsmodell: Kapazitiver Beschleunigungssensor<sup>2</sup>

#### Aufbau

Einen derartigen Sensor kann am einfachsten mit einem großen Plattenkondensator veranschaulicht werden. Die Platten des Kondensators werden dabei in zwei Reiter geklemmt, wie sie bei einer optischen Bank üblich sind. Man setzt die Platten dann in einem Abstand von 5 bis 10 cm auf die optische Bank und schraubt einen Reiter fest. Der andere mit der zweiten Kondensatorplatte lässt sich lose verschieben. Wichtig ist dabei dass die beiden Platten isoliert befestigt sind!!

#### Versuchsmöglichkeiten (Lehrer/innenversuch!!)

Mit Hilfe eines Kapazitätsmessgerätes misst man die Kapazität des Plattenkondensators und verändert dabei den Abstand der Platten. Je kleiner der Abstand  $d$  ist, desto größer ist die Kapazität  $C$ .

Mit Hilfe eines Hochspannungsgerätes wird der Kondensator so weit aufgeladen, dass ein Elektroskop Vollausschlag zeigt. Dann wird das Hochspannungsgerät abgeschaltet. Wenn jetzt der

<sup>2</sup> siehe auch Brandt, R.: „Der Airbag“ in Naturwissenschaften im Unterricht Physik 12, Heft 66, 2001

Plattenabstand zuerst verringert und dann wieder vergrößert wird, zeigt das Elektroskop ein Absinken bzw. Ansteigend er Spannung auf den ursprünglichen Wert an.

---

### **Weitere Fragen zum Airbag**

Wo werden Airbags im Auto eingebaut?

Chemie des Airbags – Was sind die Hauptbestandteile der Füllung eines Airbags?

Was hat ein Airbag mit dem Reaktionsvermögen des Menschen zu tun? Kann man einem vermeintlichen Unfall nicht einfach ausweichen?

### **Internetadressen zum Thema**

Fahrzeugsicherheit, Crashtests:

[www.nhtsa.dot.gov/airbags/abvideos.html](http://www.nhtsa.dot.gov/airbags/abvideos.html)

[www.euroncap.com](http://www.euroncap.com)

Sensortechnik, Forschung:

[www.isit.fhg.de](http://www.isit.fhg.de)