

2. Airbagsensor: Modell

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs- niveau	Durchführungs- niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SI, SII	Mechanik Elektrik	Trägheit inelastischer Stoß Piezoeffekt	● ●	■	Tage ca. 15 min. ca. 15 min.

Die Funktionsweise des Airbagsensors (Auslösemechanismus) soll simuliert werden.

Materialien

- Piezokristall (Seignette-Kristall)
- Wägelchen (selbstgebaut aus Märklinbaukasten)
- Holzbrett (1 m lang, 20 cm breit)
- Rolle mit Halterung
- Glühbirne mit Fassung
- Gleichspannungsverstärker
- Schnur (1 m)
- Schnur (10 cm)
- Holzklotz mit dünnem Schaumstoff
- 2 Kabel (200 cm)
- 2 Kabel (30 cm)
- Klebestreifen
- Fahrradöl
- Massestück (100 g)
- Stahlkugel ($m = 100 \text{ g}$, $r = 1 \text{ cm}$)
- Metermaßstab

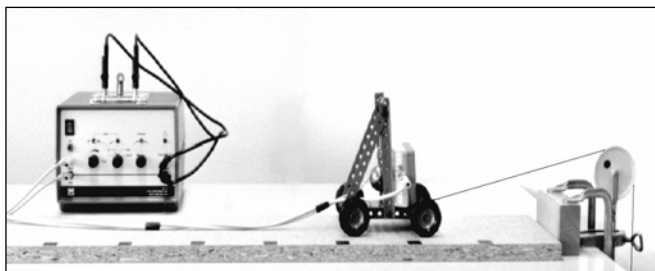


Abb. 1: Gesamtaufbau

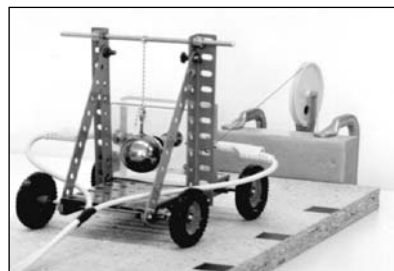


Abb. 2: Wagen mit Kugel und Piezokristall

Aufbau/Vorbereitung

Die durch kurzes, aber festes Drücken des Piezokristalls erzeugte Spannung muß zunächst so verstärkt werden, damit die Glühbirne zum Leuchten gebracht werden kann.

Auf das Wägelchen schraubt man mit Bauteilen aus dem Märklinbaukasten eine Halterung, an der man die Stahlkugel aufhängen kann. Bevor man nun den Piezokristall auf dem Wägelchen über den Verstärker mit der Glühbirne verbindet, klebt man das Kästchen mit dem Piezokristall so auf das Wägelchen, daß es ungefähr einen Abstand von 0,5 cm zur Kugel hat. Die Kugel sollte nun so positioniert werden, daß sie bei einer Auslenkung genau das Ende des Kristalls trifft. Danach verklebt man die beiden 2 m langen Kabel zwischen Piezokristall und Verstärker zu einem Strang, damit man sie später hochhalten kann und sie nicht hinderlich sind.

Das Holzbrett ist in 10 cm Schritte einzuteilen, das Aufbringen der Skalierung geschieht mittels kurzen Klebestreifen. An einem Ende wird der mit Schaumstoff beklebte Holzklotz positioniert, der nun als Aufprallkörper dient.

Eine Masse von 100 g wird mit einer Schnur über eine Rolle hängend am Wägelchen befestigt, wodurch dieses beschleunigt wird.

Durchführung

Das Wägelchen wird nun aus bestimmten Abständen zum Holzklotz rollen gelassen. Damit es besser rollt, können die Achsenaufhängungen noch geölt werden. Die Verbindungskabel können mit einer Hand in die Höhe gehalten werden, damit sie keinen Einfluß auf die gleichmäßig beschleunigte Bewegung des Wägelchens haben. Der Wagen rollt nun gegen den Aufprallkörper, und die Stahlkugel schlägt gegen das eine Ende des Piezokristalls, das Glühbirnchen leuchtet auf. Wie hell es

aufleuchtet, hängt unmittelbar von der zurückgelegten Strecke ab. Je länger die Strecke, desto heller leuchtet es beim Aufprall. Eine bestimmte Leuchtstärke, die zuvor als Auslösemoment des Airbags definiert wurde, wird nach der Strecke h erreicht.

Die Geschwindigkeit des Wägelchens mit Masse M , auf die es nach der Strecke h durch das Massestück m beschleunigt wurde bzw. mit der es aufprallt und somit der Airbag gezündet würde, läßt sich leicht mit dem Energieerhaltungssatz $1/2 Mv^2 = mgh$ bestimmen. Die zu Beginn festgelegte Leuchtstärke wurde in diesem speziellen Fall nach $h = 40$ cm erreicht, d. h. bei $v \approx 10$ km/h hätte dann der Airbag gezündet.

Erklärung/Funktionsweise

Wird der Piezokristall durch mechanische Kräfte deformiert, so werden die Ladungen in seinem Innern verschoben bzw. umverteilt. Die durch den Piezoeffekt bedingte Ladungsverteilung ist von der Art der mechanischen Deformation, also Zug oder Druck, abhängig.

Im simulierten Airbagsensor ist die Intensität der Glühbirne proportional zu der Größe der Kraft, die durch die Stahlkugel auf den Piezokristall wirkt. Diese Kraft wiederum ist abhängig von der Beschleunigung des Wägelchens.

In der Realität¹ wird die Karosseriebeschleunigung des Fahrzeugs in Längsrichtung mittels eines piezoelektrischen Biegebalkens registriert, d. h. eine bestimmte Masse bewegt sich ab einer definierten Bremsbeschleunigung und deformiert den Kristall. Diese Ausführung von Airbagsensoren liefert Spannungswerte, die, nachdem sie einem Analog-Digital-Umsetzer zugeführt wurden, von einem Rechner ausgewertet werden. Erreicht die Spannung einen bestimmten Wert, d. h. ist die Bremsbeschleunigung des Wagens entsprechend hoch, dann wird der Airbag ausgelöst.

Variation

Alternativ zum Glühbirnchen läßt sich auch ein Speicheroszilloskop (oder ein PC mit Interface) anschließen. Die auf ihm zu beobachtenden Spannungsausschläge nehmen mit zunehmender Rollstrecke zu. Es läßt sich anschaulich ein Schwellwert (Spannungswert) bestimmen, ab dem der Airbag zünden würde.

Die Beschleunigung des Wagens ist auch ohne ziehendes Gewicht zu realisieren, indem man ihn eine schiefe Ebene herunterrollen läßt. Das Wägelchen wird dann ohne den Aufbau mit der Kugel, d. h. nur mit dem am vorderen Ende befestigten Piezokristall, gegen den Aufprallkörper laufen gelassen. Die beschleunigte Masse des Wägelchens würde somit den Airbag auslösen.

Unterschiedlich dicker Schaumstoff am Holzklötzchen simuliert unterschiedliche Knautschzonen.

Abschätzung

Warum zündet der Airbag nicht, wenn ein Auto in einem bestimmten Winkel gegen ein Hindernis prallt? Dieser Aspekt läßt sich aufgreifen, indem man den Wagen nicht senkrecht, sondern etwas schräg auf den Aufprallkörper rollen läßt. Der Airbag zündet nicht wie im vorherigen Experiment, sondern erst bei höheren Beschleunigungen, da die Kraft auf den Piezokristall, mit zunehmendem Winkel abnimmt. Auch die Richtungen und Beträge der Kraftvektoren und die Energien, die in der Realität wirken, lassen sich abschätzen (z. B.: die Energie beim Aufprall, die Bremsbeschleunigung, die Zeit des Auslösens etc.).

Methodischer Einsatz

Dieser Versuch kann sowohl bei der Behandlung der Energieerhaltung auf motivierende Art und Weise eingesetzt werden, als auch zur Darstellung einer Einsatzmöglichkeit des Piezokristalls. Auch Schüler und Schülerinnen können den Versuch vorbereiten und durchführen (z. B. in Form eines Projekts).

¹ Vgl.: Mercedes Benz: Der Airbag, von der Idee zur Serie, Mercedes Benz AG, Öffentlichkeitsarbeit, Abteilung PR/UP, D-70322 Stuttgart.