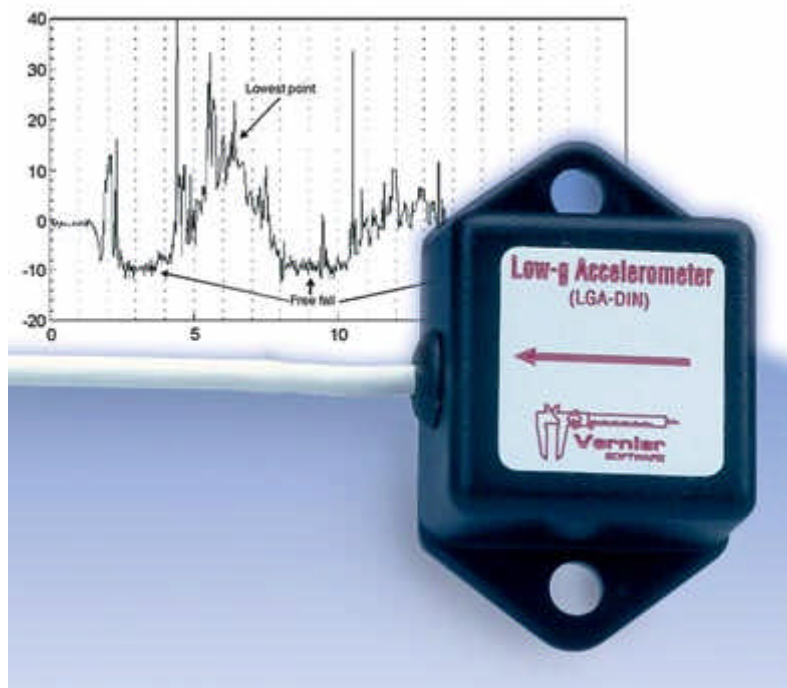


# Zweidimensionale Beschleunigungsmessung



**Wettbewerb "Jugend Forscht" 2006**

**Christopher Kunde (14 Jahre)**

**David Strasser (15 Jahre)**

**Arbeitsgemeinschaft "Jugend Forscht"  
des Christian-Gymnasiums Hermannsburg  
Leitung: StD Thomas Biedermann**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Physikalische Grundlagen</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Versuchsaufbau</b>	<b>4</b>
3.1	Federaufhängung und Mausantrieb	4
3.2	Probleme der Konstruktion	5
<b>4</b>	<b>Aufbau und Funktion des Visual-Basic-Programms</b>	<b>5</b>
4.1	Programmstruktur	5
4.2	Probleme mit der Programmierung	6
	<b>Danksagung</b>	<b>6</b>

# 1 Einleitung

Bei nahezu jeder Bewegung treten Beschleunigungen auf, die zu einer Änderung der Geschwindigkeit oder der Bewegungsrichtung führen. So wird zum Beispiel ein Airbag in einem Auto ausgelöst, wenn durch einen Unfall bestimmte Beschleunigungen überschritten werden. Aber auch bei Achterbahnen darf ein bestimmter Wert nicht überstiegen werden, damit die Fahrgästen nicht überlastet werden und dadurch Verletzungen erleiden.

Für unser erstes Projekt in Jugend Forscht kam uns die Idee einen Beschleunigungssensor zu entwickeln, der Beschleunigungen in zwei Richtungen messen kann und möglichst einfach aufgebaut sein sollte.

# 2 Physikalische Grundlagen

Wirkt auf einen Körper eine Kraft, so wird er verformt oder ändert seinen Bewegungszustand. Die Verformung sieht man z.B. bei einer Spiralfeder: wird sie mit einer Kraft  $F$  gedehnt, so ändert sich ihre Länge um die Strecke  $s$ . Es gilt das Hooke'sche Gesetz

$$F = D \cdot s \quad (1)$$

wobei  $D$  die Federkonstante ist, die bei jeder Feder unterschiedlich ist und von ihrem Material, der Drahtstärke und ihrer Länge abhängt.

Bei der Änderung eines Bewegungszustandes ändert sich die Geschwindigkeit des Körpers. Die Änderung der Geschwindigkeit pro Zeiteinheit bezeichnet man als Beschleunigung. Dabei muss eine Kraft deshalb aufgewendet werden, weil der Körper wegen seiner Masse  $m$  eine Trägheit besitzt. Je größer die Masse des Körpers ist, desto mehr Kraft muss man aufbringen, um die Geschwindigkeit zu ändern. Es gilt:

$$F = m \cdot a \quad (2)$$

Um Beschleunigungen zu messen, befestigt man eine Masse  $m$  an einer Feder mit der Federkonstanten  $D$ . Wird die Feder zusammen mit der Masse beschleunigt, wird die Feder durch die Trägheit der Masse gedehnt. Durch Messen der Längenänderung  $s$  kann man die Beschleunigung bestimmen:

$$D \cdot s = m \cdot a \Rightarrow a = \frac{D}{m} \cdot s \quad (3)$$

In unserem Aufbau verwenden wir zwei gleiche Federn, mit denen die Masse in einem Rahmen eingespannt ist. In diesem Fall wirken die beiden Federn wie eine einzige, aber mit der doppelten Federkonstante.

Wir der Rahmen so gehalten, dass die Federn senkrecht stehen, wird die obere Feder gedehnt und die untere Feder entspannt. Ohne die Gewichtskraft  $F_g$  sind beide Federn gleich stark gespannt, es gilt:

$$F_1 + F_2 = 0 \quad (4)$$

Durch die Gewichtskraft verändert sich die Position der Masse, die Feder  $F_1$  wird um die Strecke  $s$  gedehnt und die Feder  $F_2$  um die gleiche Strecke  $s$  entspannt. Nun gilt:

$$F_1' + F_2' + F_g = 0 \quad (5)$$

Die hinzugekommene Kraft ist nach Glg. (1)  $D \cdot s$ . Nun kann man einsetzen und erhält:

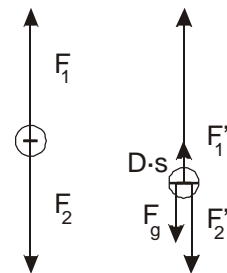


Abb. 1: Feder ohne und mit  $F_g$

$$F_1' = F_1 + D \cdot s \quad \text{und} \quad F_2' = F_2 + D \cdot s \quad (6)$$

Daraus erhält man für Glg. (5) die Formel

$$F_1 + D \cdot s + F_2 + D \cdot s + F_g = 0 \quad (5a)$$

Nach Gleichung (4) ergeben  $F_1 + F_2$  zusammen den Wert Null, also bleibt:

$$F_g = -2 \cdot D \cdot s \quad (7)$$

Die Strecke  $s$  können wir mit unserer Apparatur messen,  $D$  ist eine Konstante, also können wir  $F_g$  bestimmen. Wenn die Masse nun beschleunigt wird, kommt zu  $F_g$  eine weitere Kraft hinzu, die wir auf die gleiche Weise bestimmen können. Deswegen ist dieses Prinzip zum Messen von Beschleunigungen geeignet.

### 3 Versuchsaufbau

Spannt man eine Kugel als Masse zwischen zwei Federn, so kann man wie eben beschrieben Beschleunigungen in Längsrichtung der Federn messen. Diese erlauben aber auch eine Bewegung der Kugel zu Seite hin, wobei ebenfalls die Federkraft die Kugel in ihre Ruhelage zurückziehen kann. Damit können wir also Beschleunigungen in zwei Richtungen messen.

#### 3.1 Federaufhängung und Mausantrieb

Der Rahmen unseres Beschleunigungssensors besteht aus einem Kunststoffring. In der Mitte haben wir die Kugel einer Computermaus mit zwei gleichen Federn befestigt, die zum Positionieren der Kugel in ihrer Ausgangsposition benötigt werden.

Die Bewegungen werden mit Hilfe von Schnüren, die von kleinen Federn auf Spannung gehalten werden, auf die Räder einer handelsüblichen Computermaus übertragen, mit denen sonst die Bewegung der Maus- kugel abgetastet wurde. Dazu haben wir eine alte Maus aufgemacht und mit der Bodenplatte am Rahmen festgeschraubt. Damit die Schnüre ohne anzuecken auf die Räder gelangen können, wurde der Rand des Mausgehäuses an den entsprechenden Stellen ausgefeilt. Die Drehung dieser Räder wird von Lichtschranken gemessen und von der Mauselektronik an den Computer übertragen. Da der Durchmesser der Radachsen nur 2 mm beträgt, machen die Räder pro Zentimeter Wegänderung knapp zwei Umdrehungen. Zur Umlenkung der Schnüre verwenden wir Fischertechnikrollen, die an einem Aluminiumträger befestigt sind. Die Rollen sind durch Schrauben und gekonterte Muttern beweglich und gleichzeitig fest - frei nach dem Motto: "Passt, wackelt und hat Luft." Damit wir nicht zu viele Umlenkrollen benötigen, haben wir einen Radsatz der Maus zusammen mit der zugehörigen Lichtschranke ausgebaut und an geeigneter Stelle wieder auf dem Rahmen befestigt.

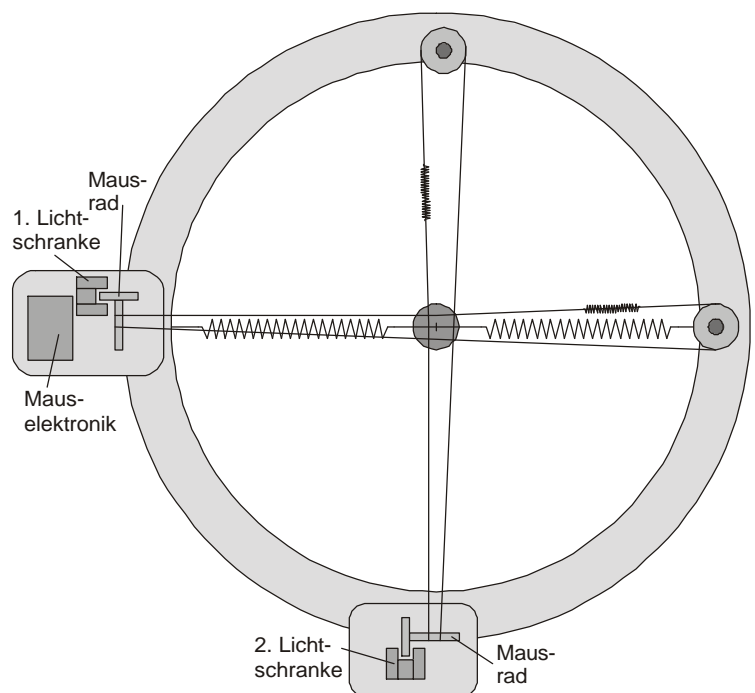


Abb. 2: Schematische Darstellung des Messrahmens

### 3.2 Probleme der Konstruktion

Es ergaben sich einige Probleme bei der Konstruktion des Sensors. Zum einen war das Gerät sehr schwergängig. Ein weiteres Problem war es, die Halterung der Maus so anzubringen, dass die Schnüre senkrecht auf die Räder treffen sowie die Federn aus dem Weg der Schnüre zu halten. Das erste Problem haben wir gelöst, indem wir die zweite Lichtschranke und den Radsatz aus der Maus ausgebaut und an eine Stelle auf dem Rahmen montiert haben, bei der wir nur noch eine Umlenkrolle benötigen. Damit war auch das zweite Problem weitgehend gelöst.

## 4 Aufbau und Funktion des Visual-Basic-Programms

Aufgabe dieses Programms ist das Anzeigen der Signale des Sensors, die Auswertung der dabei gewonnenen Daten und ihre Export zur späteren Darstellung in einem Diagramm mit Hilfe von Excel. Zur Übertragung der Daten haben wir die Technik einer handelsüblichen Maus verwendet, da diese mit Lichtschranken arbeiten und sehr genau rechts / links bzw oben / unten unterscheiden können. Obwohl unser Sensor prinzipiell 3-dimensional messen könnte, haben wir uns auf 2 Dimensionen beschränkt, weil sonst eine weitere Maus nötig wäre, um die dritte Lichtschranke zu erfassen, was aber mit einem normalen PC nicht so ohne weiteres geht. Unser Sensor verhält sich am Computer wie eine ganz normale Maus, das heißt, sie steuert den Mauspfad über den Bildschirm. Dieses Verhalten nutzen wir in unserem Programm aus.

### 4.1 Programmstruktur

Das Programm ist in Visual Basic geschrieben. Es besteht aus einem Formular, auf dem 3 Schaltflächen, 6 Textboxen und 3 Pictureboxen angeordnet sind (Abb. 3).

Zum Starten und Stoppen der Erfassung reicht ein Mausklick in die große Picturebox, die aktuelle Position wird in zwei Textfenstern angezeigt und die Bewegung der Maus durch Linien dargestellt. Ein Klick auf die Schaltfläche „Löschen“ löscht diese Box und versieht sie jeweils mit x- und y-Achse, wobei x die horizontalen und y die vertikalen Bewegungen des Sensors darstellt. Unter dieser Picturebox liegen zwei

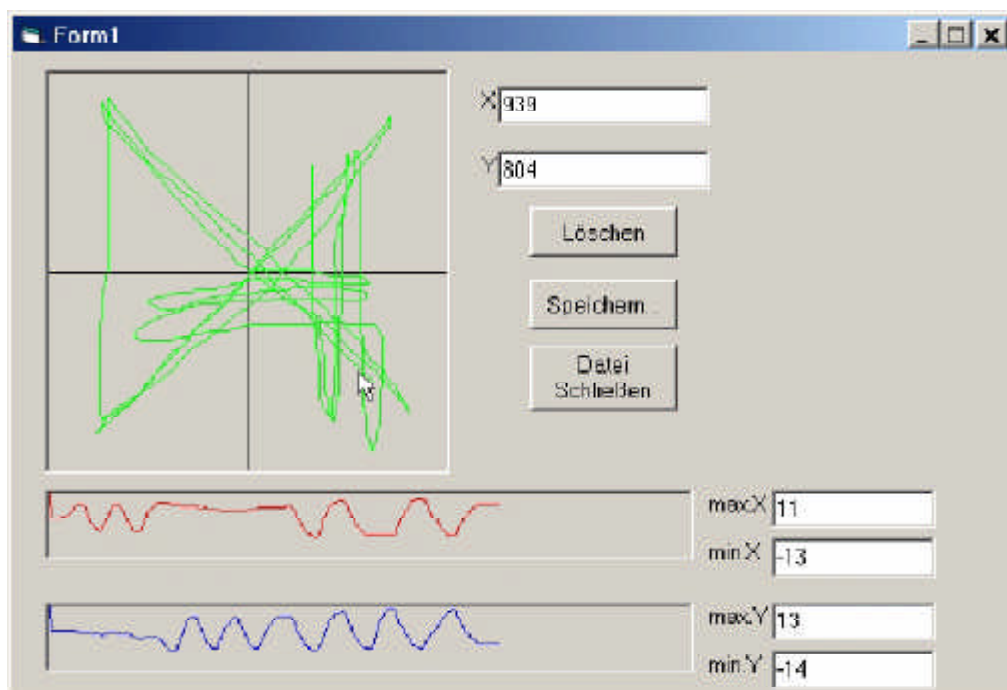


Abb. 3: Programmoberfläche zum Erfassen der Sensordaten

weitere Fenster, die jeweils die x- bzw die y-Bewegung in zeitlicher Abfolge darstellen, wobei ihre maximalen und minimalen Werte in den daneben angeordneten Textfeldern angezeigt werden, sodass positive wie negative Beschleunigungen festgehalten werden können. Um die Daten in einem Diagramm darzustellen, werden die Werte gespeichert und in Excel wieder aufgerufen. Die Speicherung startet mit einem Mausklick auf „Speichern“, wobei auch der Dateiname abgefragt wird. Mit der Schaltfläche „Datei schließen“ wird die Speicherung beendet und die Datei geschlossen.

## **4.2 Probleme mit der Programmierung**

Abgesehen von den häufig auftretenden Tippfehlern gab es noch einige etwas schwerwiegendere Probleme zu lösen. Unser erstes Problem ergab sich, als wir nach einer Lösung suchten, die Daten des Sensors graphisch anzuzeigen und auszuwerten, da wir zuvor nicht viel mit Programmiersprachen zu tun hatten. Damit stand fest, einer von uns musste sich möglich schnell mit Visual Basic auseinandersetzen. Nachdem wir einen "Crashkurs" bekommen hatten, standen wir vor dem nächsten Problem. Wie sollte man die Daten speichern und in einem Diagramm darstellen? Nach langen Versuchen zeigte uns Herr Biedermann, wie man über eine Datendatei die Daten des Programms in Excel übertragen kann und so konnte auch das gelöst werden.

## **Danksagung**

Wir danken Herrn Biedermann, dass er uns die benötigten Materialien zur Verfügung gestellt hat.