

Die beschleunigte Bewegung - Autofahrt



Zielsetzung:

In diesem Experiment ist es unser Ziel, die Bewegung eines Autos zu untersuchen und dabei die Beschleunigung zu messen. Als Sensor verwenden wir einen Beschleunigungsmesser, der mit der CBL oder dem LabPro verbunden wird. Die erfassten Daten werden im Grafikrechner gespeichert und können anschließend ebenso wie Beispieldaten entweder mit dem Rechner oder dem PC analysiert werden.

Materialien:

Auto, CBL, Beschleunigungsmesser und ein TI-83. Wenn Sie nur mit den Musterdaten arbeiten wollen, brauchen Sie nur den TI-83 oder einen PC mit Excel.

Eine Autofahrt

Datengewinnung (TI 83)

Bevor Sie mit dem Experiment beginnen, stellen Sie sicher, dass Sie die Programme ACCCAR und ACCCAL in Ihrem TI-83 Rechner haben.

Starten Sie das Programm ACCCAR. Zuerst erhalten Sie die Frage, ob der Beschleunigungsmesser kalibriert werden soll. Sie müssen ihn für jedes neue Experiment kalibrieren. Daher antworten Sie mit Y. Danach folgen die Anweisungen auf Ihrem Display. Als 0-Position benutzen Sie die Bewegungsrichtung des Autos. Es ist wichtig, dass der Beschleunigungsmesser während der Kalibrierung absolut ruhig gehalten wird.

Als nächstes werden Sie nach der Anzahl der Datenpunkte pro Sekunde gefragt. Die Antwort hängt von der Länge der Testfahrt ab. Geben Sie zum Beispiel 5 ein. Dann wird die Gesamtanzahl an Datenpunkten, zum Beispiel 100, verlangt, geben Sie auch diese ein. In diesem Beispiel werden während 500 Sekunden die Daten gemessen, d.h, etwas mehr als 6 Minuten. Jetzt erscheint auf dem Bildschirm ENTER, um mit dem Erfassen der Daten zu beginnen.

Bringen Sie den Beschleunigungsmesser horizontal an, damit er die Beschleunigung in der Vorwärtsbewegung des Autos misst. Starten Sie das Experiment, indem Sie ENTER drücken, und beginnen zu fahren.

Wenn das Experiment beendet ist, zeigt der Bildschirm des Rechners den Graphen der Beschleunigung (m/s^2) versus Zeit (s). Die Beschleunigung wird in Liste L2 und die Zeit in Liste L1 gespeichert. (Wenn das Experiment wiederholt wird, können Sie die Kalibrierung weglassen)

Wenn es Ihnen nicht möglich ist, das Experiment selber durchzuführen, gibt es vorgefertigte Dateien. Damit können Sie das Experiment untersuchen und bereits erfasste Daten analysieren. Die Optionen sehen Sie unterhalb:

So erhalten Sie Daten für Ihren TI83 oder TI83 Plus. (kurze Anweisungen zum Download)

Sie erhalten die benötigten Dateien für die Analyse in dem entsprechenden Ordner. Wenn Sie einen TI83 Plus-Rechner haben, laden Sie die Gruppe CARDATA herunter. Wenn Sie den Standard TI83 haben, müssen die Listen L1 und L2 herunter geladen werden.

Datenanalyse (TI 83)

Wenn Sie Probleme bei der Handhabung des Grafikrechners haben, benutzen Sie die Links.

Beginnen sie mit der Aufzeichnung der Beschleunigung versus Zeit in einem Streudiagramm .

Analyse 1: Diskussion der Beschleunigungsdaten

Untersuchen Sie das Diagramm und versuchen sie herauszufinden, wie sich das Auto während des Experimentes bewegt. Wenn Sie Musterdaten benutzen, müssen sie wissen, dass der Pfeil des Beschleunigungsmessers während des Experimentes bei der Datensammlung nach vorne zeigte. Jetzt versuchen sie das Diagramm zu erklären.

Analyse 2: Untersuchung der Geschwindigkeit als Funktion der Zeit

Als Erstes erstellen wir das Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm. Versuchen Sie es vorher zu skizzieren, indem Sie das Beschleunigungs-Zeit-Diagramm von oben benutzen.

Beschleunigung wird definiert als $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, was als $\Delta v = a * \Delta t$

geschrieben werden kann. Auf der linken Seite der Gleichheitszeichen haben wir den Geschwindigkeitswechsel und auf der rechten die Länge des Zeitintervalls der Beschleunigung.

Berechnen Sie für jedes Zeitintervall den Geschwindigkeitswechsel unter der Voraussetzung, dass die Beschleunigung in diesem kurzen Zeitintervall konstant ist. Benutzen Sie Liste L3 zur Berechnung der Änderung der Geschwindigkeit

Um die Geschwindigkeit als eine Funktion der Zeit zu errechnen, müssen wir die Änderung der Geschwindigkeiten summieren. Dabei gehen wir davon aus, dass sie bei 0 beginnen. Dazu benutzen wir den Befehl CumSum (kummulierte Summe) , der sich unter LIST befindet, Ops (Optionen) oder, ganz einfach, im Katalog. Benutzen Sie Liste L4 zur Berechnung der kummulierten Summe von Liste L3.

Zeichnen Sie die Geschwindigkeits-Zeit-Daten in ein Streudiagramm. Sieht es aus wie erwartet ?

Betrachten sie das Diagramm und versuchen Sie es zu erklären. Z.B: Was bedeuten die Plateaus? Wo ist die größte Beschleunigung? Warum? Was bedeutet eine negative Steigung? Wie hoch ist die größte Geschwindigkeit?

Analyse 3: Untersuchung der Entfernung als Funktion der Zeit

Jetzt ist es Zeit herauszufinden, wie weit das Auto gefahren ist. Versuchen Sie ein Weg-Zeit-Diagramm zu skizzieren, indem Sie das Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm aus Analyse 2 benutzen.

Geschwindigkeit wird definiert als $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, was als $\Delta s = v * \Delta t$ geschrieben werden kann. Auf der linken Seite der Gleichheitszeichen haben wir die Änderung der Entfernung und auf der rechten die Länge des Geschwindigkeitsintervalls.

Jetzt kann man den Ablauf aus dem vorherigen Abschnitt wieder erkennen. So verfahren sie auf dieselbe Art und benutzen die Listen L5 und L6, um die neuen Werte zu speichern.

Erklären Sie den Graphen und beantworten die Fragen von oben.

Wenn Sie Ihre Arbeit beendet haben können Sie Ihre Schlussfolgerungen mit der vollständigen (Muster-)Analyse vergleichen.

Datenanalyse (mit Excel)

Die Beschleunigungsdaten aus unserem Experiment wurden mit dem Graph-Link-Verbindungskabel in ein Excel-Tabellenblatt übertragen. Öffnen Sie die Datei car_ride.

Sie finden sie [hier](#). Während des Experimentes betrug die Datenrate 2 Punkte pro Sekunde, das bedeutet 0,5 s zwischen den Proben. Die Anzahl der Messpunkte beträgt 290. Das Experiment dauert 145 Sekunden, also etwas mehr als 2 Minuten.

Die Zeitdaten (Einheit s) sind in Spalte A und die Beschleunigungsdaten (Einheit m/s²) in Spalte B angetragen.

Zeichnen Sie die Beschleunigung versus Zeit in einem Streudiagramm.

Analyse 1: Diskussion der Beschleunigungsdaten

Untersuchen Sie das Diagramm und versuchen sie herauszufinden, wie sich das Auto während des Experimentes bewegt. Wenn Sie Musterdaten benutzen, müssen sie wissen, dass der Pfeil des Beschleunigungsmessers während des Experimentes bei der Datensammlung nach vorne zeigte. Jetzt versuchen sie das Diagramm zu erklären.

Analyse 2: Untersuchung der Geschwindigkeit als Funktion der Zeit

Als Erstes erstellen wir ein Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm.

Beschleunigung wird definiert als $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, was als $\Delta v = a * \Delta t$ geschrieben werden kann. Auf der linken Seite der Gleichheitszeichen haben wir die Änderung der Geschwindigkeit und auf der rechten die Länge des Zeitintervalls der Beschleunigung.

Am Anfang ist das Auto im Ruhezustand. Wir wissen also, dass die anfängliche Geschwindigkeit Null ist. Wir können die Änderung der Geschwindigkeit für jedes Zeitintervall berechnen, indem wir die Beschleunigung während dieses Intervalls und die Intervalllänge benutzen. Dann ist es auch möglich die Summe der Änderungen der Geschwindigkeit zu berechnen. Berechnen Sie die Änderungen der Geschwindigkeit pro Zeitintervall und summieren Sie diese. Auf der Website finden Sie eine Anleitung dazu.

Zeichnen Sie die Geschwindigkeitsdaten versus Zeit in ein Streudiagramm. Da die Spalten nicht nebeneinander liegen, funktioniert das anders als oben

beschrieben.

Betrachten sie den Graphen und versuchen Sie ihn zu erklären. Z.B: Was bedeuten die Plateaus? Wo finden Sie die größte Beschleunigung? Warum? Was bedeutet eine negative Steigung? Wie hoch ist die größte Geschwindigkeit?

Analyse 3: Untersuchung der Entfernung als Funktion der Zeit

Können Sie irgendwelche Aussagen darüber treffen, wie weit das Auto zu unterschiedlichen Zeiten während der Studie gefahren ist? Um diese und ähnliche Fragen zu beantworten zeichnen wir ein Weg-Zeit-Diagramm.

Geschwindigkeit wird definiert als $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, was als $\Delta s = v * \Delta t$ geschrieben werden kann. Auf der linken Seite der Gleichheitszeichen haben wir die Änderung der Entfernung und auf der rechten die Länge des Geschwindigkeitsintervalls.

Jetzt kann man den Ablauf aus dem vorherigen Abschnitt wiedererkennen. Fahren sie auf dieselbe Art fort.

Erklären sie den Graphen. Wie weit ist das Auto gefahren?

Wenn Sie Ihre Arbeit beendet haben, können Sie Ihre Schlussfolgerungen mit der vollständigen (Muster-) Analyse vergleichen.

Vollständige Analyse (TI83)

Unten sehen Sie die Grafik der Beschleunigungsdaten der Autofahrt (auch im Internet erhältlich).

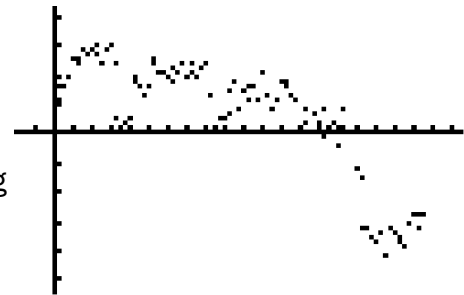
Analyse 1

Wir sehen, dass die Datenpunkte etwas verstreut sind. Das wird hauptsächlich durch die Vibrationen des Autos verursacht. Es scheinen aber verschiedene konstante Abschnitte enthalten zu sein. Zwischen ihnen ist die Beschleunigung nahe Null. Am Ende fällt die Beschleunigung unter Null auf einen ziemlich großen negativen Wert.

Die unterschiedlichen konstanten Abschnitte repräsentieren die Beschleunigung in den unterschiedlichen Gängen:

Erster, zweiter und dritter Gang. Wir sehen, dass jeder konstante Abschnitt kleiner wird, das zeigt, dass die Beschleunigung im ersten Gang am größten ist und dann fällt. Die schmalen Abschnitte dazwischen mit nahezu Null-Beschleunigung stehen für den Gangwechsel, wenn die Kupplung den Motor von den Rädern "trennt". Keine Vorwärtskraft ergibt natürlich auch keine Beschleunigung.

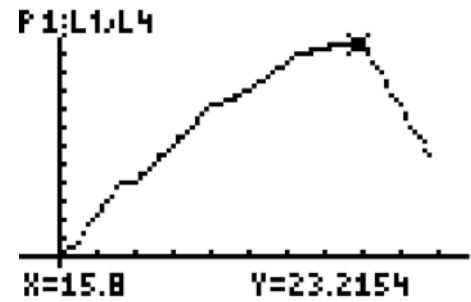
Der letzte, negative Teil, der Grafik gibt den Bremsvorgang des Fahrers wieder, wenn er die Geschwindigkeit des Autos verringern will.



Analyse 2

Wenn wir die Geschwindigkeit als eine Funktion der Zeit darstellen, erhalten wir die folgende Grafik:

Wenn wir die kummulierte Summe berechnen sind die Messabweichungen, die von den Vibrationen des Autos im ersten Graphen erzeugt werden, fast ganz verschwunden (siehe Grafik). Das liegt daran, dass sie umgerechnet werden und in der Addition eine Summe von Null ergeben.



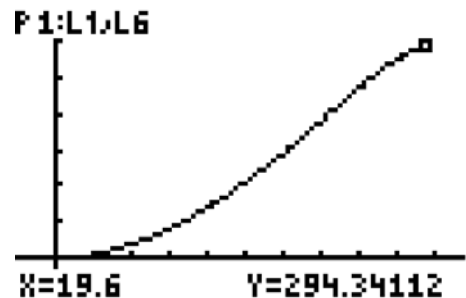
In diesem Graphen ist es sehr offensichtlich, dass die Beschleunigung am Anfang am größten und deshalb die Steigung des Graphen am steilsten ist. Diesem steilen Wechsel in der Geschwindigkeit folgt ein Plateau, wenn der Fahrer den Gang wechselt. Dann folgt die Beschleunigung im zweiten Gang. Das wiederholt sich noch einmal, bevor der Fahrer die Geschwindigkeit reduziert und mit dem Bremsen beginnt. Die Datenerfassung stoppt, bevor der Wagen ganz anhält.

In dem Graphen oben haben wir TRACE benutzt, um die höchste Geschwindigkeit herauszufinden. In dieser Autofahrt war es 23 m/s oder 84 km/h.

Analyse 3

Wenn wir das wiederholen, erhalten wir das folgende Weg-Zeit-Graphen.

Diese Grafik sieht vielleicht etwas überraschend aus. Wir sehen überhaupt keine Werte der unterschiedlichen Beschleunigungen im ersten, zweiten und dritten Gang und ebenso keine Werte, wenn der Fahrer den Gang wechselt. Das liegt daran, dass das Wechseln des Ganges den Graphen von einer Kurve 2. Grades zu einer linearen umwandelt - allerdings nur für eine kurze Zeit. Dann geht es weiter, aber mit einer etwas kleineren Beschleunigung.



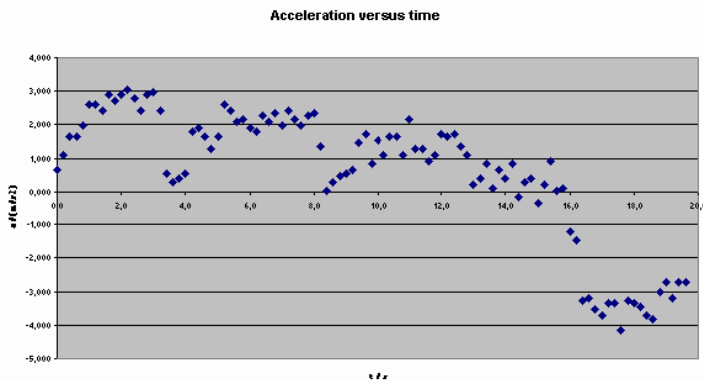
Eine andere Überraschung ist das Ende der Kurve. Der Teil, in dem der Fahrer bremst, ist nicht allzu sehr ausgeprägt. Das liegt daran, dass sich das Auto immer noch mit einer relativ hohen Geschwindigkeit vorwärts bewegt. Wir sehen den Wechsel erst in den letzten Punkten.

Schließlich mag es überraschend sein, dass eine relativ entspannte Autofahrt von 20 s den Wagen fast 300 Meter weit gebracht hat!

Vollständige Analyse (mit Excel)

Vollständige Analyse 1

Die Grafik unten zeigt die Beschleunigung versus Zeit.



Wie wir sehen, sind die Datenpunkte etwas verstreut. Der Hauptgrund dafür sind die Vibrationen des Autos, die den Beschleunigungsmesser beeinflussen. Trotz dieser Geräusche können wir recht konstante Abschnitte der Beschleunigung in der Vorwärtsrichtung erkennen.

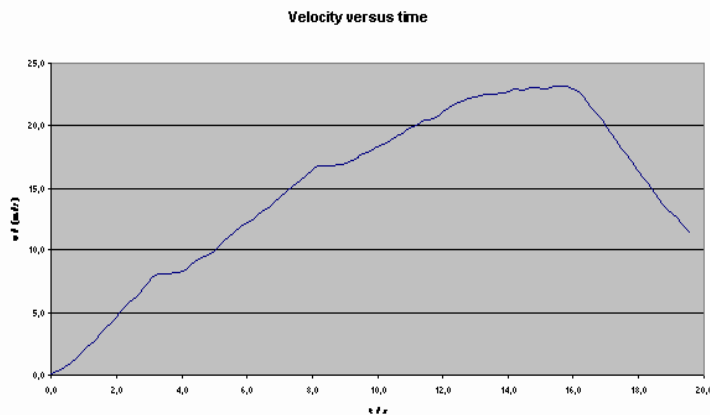
Zwischen den drei Abschnitten der Beschleunigung fällt die

Beschleunigung für einen kurzen Moment auf Null, während der Fahrer den Gang wechselt: Vom ersten zum zweiten und vom zweiten zum dritten. In diesen Momenten gibt es keine Vorwärtskraft und die Reibungskräfte können während dieser kurzen Zeit nicht erkannt werden.

Bei ungefähr 13 Sekunden gibt es eine Reduzierung der Beschleunigung, da der Fahrer den Geschwindigkeitszuwachs drosselt. Ab der 16. Sekunde bremst der Fahrer, um die Geschwindigkeit zu reduzieren.

Vollständige Analyse 2

Wenn wir Geschwindigkeit versus Zeit zeichnen, erhalten wir den folgenden Graphen:

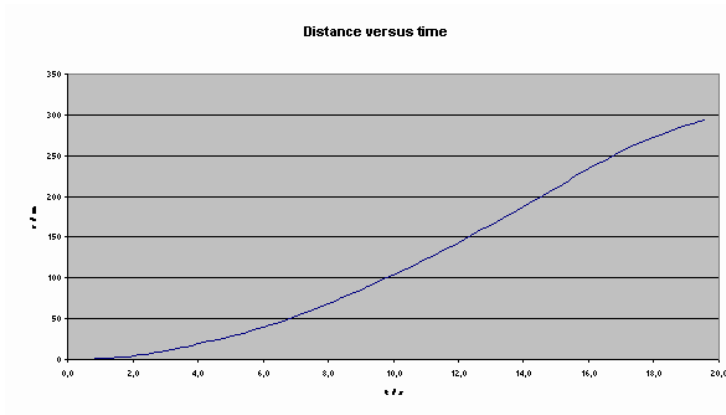


Aus dem Graphen wird ersichtlich, dass die Beschleunigung des Autos im ersten Gang am höchsten ist, da die Steigung hier am steilsten ist. Die Gangwechsel werden in den Abschnitten in denen die Steigung Null ist dargestellt. Schließlich haben wir eine negative Steigung, eine Geschwindigkeitsabnahme oder eine negative Beschleunigung am Ende, wenn der Fahrer bremst. Aus dem Graphen erkennen wir, dass der Fahrer

den Gang bei 8,0 m/s und bei 16 m/s wechselt, dass die Maximalgeschwindigkeit 23 m/s beträgt und die Endgeschwindigkeit bei 11 m/s liegt. Wandeln Sie das in km/h bzw. miles/hour um, um die entsprechenden Tachoangaben zu sehen.

Vollständige Analyse 3

Das Weg-Zeit-Diagramm sieht wie folgt aus:



Es ist überraschend, dass fast keine Werte für die Beschleunigungswechsel zwischen den unterschiedlichen Gängen zu sehen sind. Außerdem kann man die Wechsel selbst nicht sehen. Am Ende des Experiments gibt es einen deutlichen Wechsel der Kurvensteigung, die den Bremsvorgang des Fahrzeuges anzeigt. Während des Experiments legt das Auto fast 300 Meter zurück.