

## Einfache Experimente zur Bewegungslehre (Kinematik)



1. Modelleisenbahn und Metronom
2. Vorstellung der Luftkissenfahrbahn
3. Gleichmäßige Befüllung eines Messbechers
4. Bewegung des Leuchtpunktes auf dem Schirm eines Oszilloskops
5. Absinken eines Körpers in einem Standzylinder
6. Kurzvorstellung der Videoanalysesoftware VIANA
7. Die Fallschnur – ein Standardexperiment zur beschleunigten Bewegung

# Die Eisenbahn

Physikversuch zur gleichförmigen Bewegung

Annika Kleinfeld

Nicole Wissing



Material: eine Eisenbahn (Zug und Schienen)  
ein Metronom  
verschiedene kleine Puppen

Durchführung: Man lässt die Eisenbahn eine gerade Strecke mit gleich bleibender Geschwindigkeit fahren. Jedes Mal, wenn das Metronom schlägt, stellt ein/e Schüler/in eine Figur an die Strecke, wo der Zug zu dem Zeitpunkt war.

Ergebnis: Betrachtet man nun die Figuren an der Strecke, so stehen sie alle in gleichen Abständen. Man kann den Schülern/innen so verdeutlichen, dass bei einer gleichförmigen Bewegung in gleich bleibenden Zeitabständen der gleiche Weg zurückgelegt wird.

Erweiterung: lässt man die Geschwindigkeit des Zuges nun ansteigen, so sieht man anhand der Abstände der Figuren, dass sich die Abstände vergrößern. So könnte man in der Schule den Begriff Beschleunigung und ungleichförmige Bewegungen einführen.

Alternative: eine Luftkissenfahrbahn  
ein ferngesteuertes Auto auf dem Schulflur; bei jedem

Metronomschlag muss der Schüler vortreten, bei dem das Auto in dem Moment vorbei fährt.

# Die Luftkissenfahrbahn

Eva Zalewski

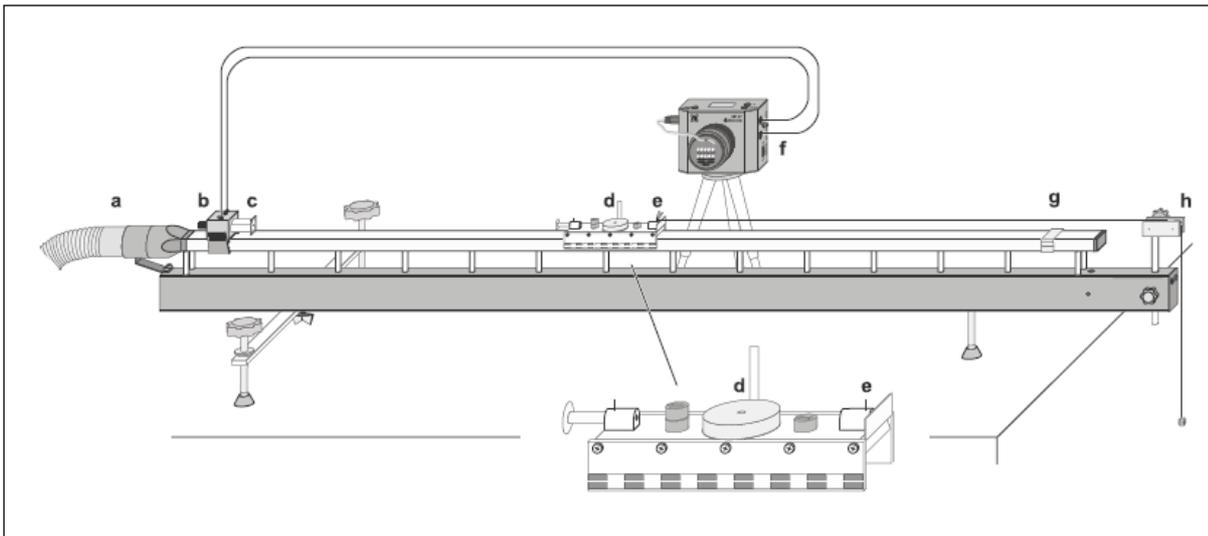


Abbildung 1.: Die Luftkissenfahrbahn ist hier kombiniert mit einer CCD-Kamera.

## Ziel

Mit der Luftkissenfahrbahn lassen sich einige Experimente aus dem Bereich der Mechanik unter idealisierten Bedingungen durchführen. Reibung wird minimiert und kann als Fehlerquelle vernachlässigt werden. In Verbindung mit Lichtschranken, die an einen Computer angeschlossen werden, lässt der Versuchsaufbau sehr präzise Messungen zu den Zusammenhängen zwischen Weg, Zeit, Masse, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft, Impuls und Energie zu. Insbesondere können die Newtonschen Axiome experimentell nachvollzogen werden.

Leybold schlägt folgende Versuche mit der Luftkissenfahrbahn vor (<http://www.leybold-didactic.de/service/index.html?beratung.html>):

- Bestätigung des ersten und zweiten Newtonschen Axioms an geradlinigen Bewegungen
- Zusammenhang zwischen Weg, Zeit und Geschwindigkeit
- Zusammenhang zwischen Beschleunigung, Kraft und Masse
- Gleichmäßig beschleunigte Bewegung mit Richtungsumkehr
- Drittes Newtonsches Axiom und Stoßgesetze
- Kinetische Energie einer gleichmäßig beschleunigten Masse

## Aufbau

Die Luftkissenfahrbahn ist eine Schiene, durch deren Inneres Luft, die mit Hilfe eines „umgekehrten Staubsaugers“ eingelassen wird, strömen kann und durch kleine Löcher nach außen gelangt. Liegt ein Wagen auf, bildet sich zwischen Schiene und Wagen ein Luftpolster, das Reibung minimiert. Die Stärke der herausströmenden Luft kann durch einen Regler am Leistungsstellgerät

verstellt werden.

Die Wagen, die auf der Schiene gleiten, sind veränder- und erweiterbar. Z.B. können sie über eine Schnur und Gewichte verschieden beschleunigt werden, ihre Massen können variiert werden, etc. Mit den Messmodulen und der Auswertungssoftware von CASSY lässt sich der Versuchsaufbau leicht ausbauen (Einstellungen können über CASSY geladen werden, das sei besonders bei Impulserhaltung empfohlen).

### **Vor- und Nachteile**

Die Luftkissenbahn ist sehr vielseitig. An ihr können Zusammenhänge zwischen diversen Größen veranschaulicht werden. Das Phänomen der Reibung kann in Gegenüberstellung zu nicht reibungsfreien Versuchen herausgearbeitet werden. Fehlerdiskussion und die Hinführung zu physikalischen Arbeitsmethoden bieten sich an.

Der „umgekehrte Staubsauger“ sieht nicht nur so aus, sondern er verhält sich auch dementsprechend. Eingeschaltet ist er so laut, dass Ausführungen des Lehrers kaum noch möglich sind. Durch den Laborcharakter der Luftkissenbahn verlieren die Experimente den Alltagsbezug. Meistens werden sie nur vom Lehrer vorgeführt (geringe Schülerbeteiligung möglich, weil nur ein Exemplar vorhanden). Der Weg der Messwerterfassung mag sich als eine Blackbox darstellen, wenn beispielsweise die Funktionsweise von Lichtschranken nicht klar ist.

## **Füllstand eines Messbechers als Beispiel für eine gleichförmige Bewegung**

Referentinnen: Marion Bergmann und Katharina Reining

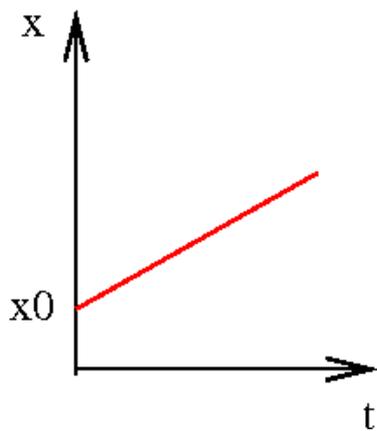
Datum: 23.06.2007

### Thema: Gleichförmige Bewegung

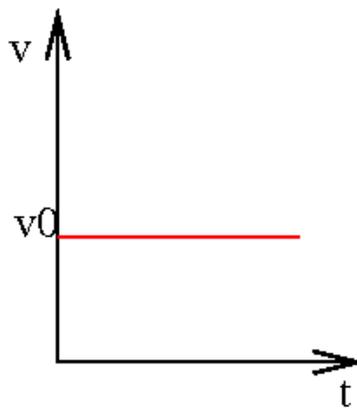
Eine gleichförmige Bewegung ist ein Vorgang, bei dem sich die Geschwindigkeit zeitlich nicht ändert. Die Beschleunigung ist also null. Dies gilt beispielsweise beim Befüllen eines Messbechers mit Wasser oder beim stationären Sinken eines Körpers in einer Flüssigkeit. Hier liegt ein Vorgang mit konstanter Geschwindigkeit vor. Folglich werden dann in gleichen Zeitintervallen jeweils übereinstimmend lange Streckenabschnitte zurückgelegt. Dazu gehört also ein linearer Weg-Zuwachs.

Theoretisch hätten sich in unserem Versuch folgende graphische Darstellungen ergeben müssen.

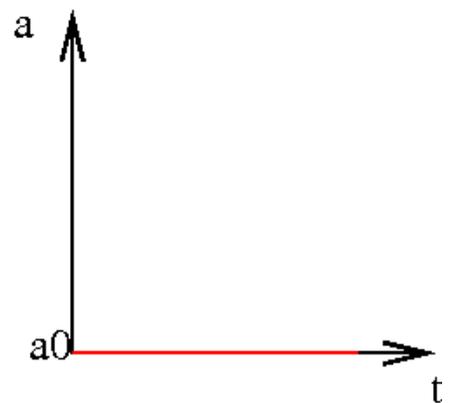
## Weg-Zeit



## Geschw.-Zeit



## Beschl.-Zeit



### Praktischer Teil

Experiment: Das Befüllen eines Messbechers

#### Versuchsmaterialien:

2 durchsichtige Messbecher (je 1 Liter)

Wasser

1 Stoppuhr

eine ruhige Hand

#### Versuchsaufbau + Versuchsdurchführung:

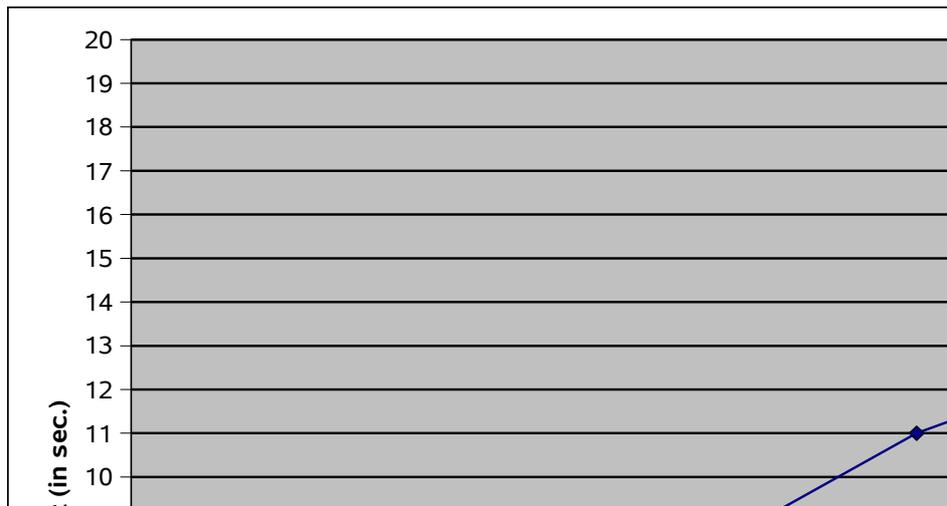
Einer der Messbecher wird vor dem Experiment mit Wasser befüllt. Dieses Wasser wird versucht gleichmäßig in den zweiten Messbecher umzuschütten. Alle 100 ml wird die Zeit gestoppt.

#### Versuchsbeobachtung:

Dadurch, dass man per Hand das Wasser umschütet, entstehen leichte Zeitverzögerungen, sodass nicht alle 100 ml die gleiche Zeitdifferenz entsteht. Trotzdem ist das Ergebnis relativ gleichförmig.

#### Versuchsergebnis:

Füllhöhe (in ml)	Zeit (in Sekunden)
100	2,2
200	4,7
300	7,2
400	9,0
500	11,0
600	12,3
700	14,8
800	16,0
900	17,6
1000	19,4



Dieser Versuch eignet sich in leichter Umwandlung auch als Übung zum Lesen und Zuordnen von Graphen.

1.) In einen Messbecher wird ein kompakter Gegenstand gestellt und dann gleichmäßig mit Wasser befüllt.

*Wie verändert sich das Weg-Zeit Diagramm?*

2.) Statt eines Messbechers werden andere zu befüllende Gegenstände gewählt (z. B. Stehkolben, Standzylinder, Wanne, etc.) welche eine Skalierung in ml besitzen.

*Wie könnte ein Weg-Zeit Diagramm für dieses Gefäß bei gleichmäßiger Befüllung aussehen? Überprüfe deine Vermutung!*

Man kann auch den Schülerinnen und Schülern verschiedene Diagramme zeigen. *Welches Weg-Zeit Diagramm gehört zu welchem Gefäß?*

3.) Um eine wirklich gleichförmige Bewegung zu erhalten könnte man auch einen Schlauch an einen Wasserhahn anschließen und so ein Gefäß befüllen. Dadurch ist die Fließgeschwindigkeit konstant.

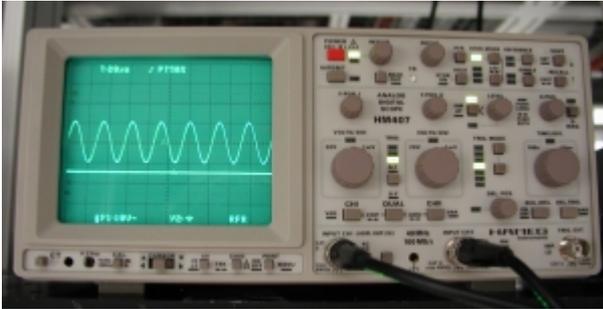
*Was passiert wenn man den Wasserhahn mehr/ weniger aufdreht? Also das Wasser schneller/ langsamer einfließen lässt?*

#### Vor- und Nachteile:

Ein Vorteil dieses Versuchs ist natürlich, dass Versuche mit Wasser stets gefahrlos durchführbar sind. Außerdem ist Wasser günstig und leicht beschaffbar. Trotzdem wäre es sicherlich nicht schlecht, wenn man das Wasser im Vorfeld einfärben würde (zum Beispiel mit Lebensmittelfarben) um es besser sichtbar zu machen, schließlich muss man alle 100 ml die Zeit stoppen.

# Experiment zur gleichförmigen Bewegung eines Leuchtpunktes auf einem Bildschirm: Das Oszilloskop

(Referentinnen: Alexandra Fenk und Mareike Leinich)



Das Oszilloskop ist ein elektronisches Messgerät zur Darstellung des zeitlichen Verlaufes einer Spannung. Das Oszilloskop stellt einen Verlaufsgraphen auf einem Bildschirm dar, wobei üblicherweise die (horizontale) X-Achse (Abszisse) die Zeitachse ist und die Spannungen auf der (vertikalen) Y-Achse (Ordinate) abgebildet werden. Das so entstehende Bild wird als Oszillogramm bezeichnet.

In einem Versuch kann man zeigen, dass die Bewegung des Leuchtpunktes auf dem Bildschirm eine gleichförmige Bewegung ist.

Um das zu zeigen, sollten mehrere Stoppuhren an die Schüler verteilt werden. Dann können die Schüler die Zeit stoppen, die der Leuchtpunkt für eine bestimmte Strecke benötigt. Es zeigt sich, dass der Leuchtpunkt für gleichlange Strecken immer die gleiche Zeit benötigt, er bewegt sich also gleichförmig.

Bei jedem Versuch kann man die Amplitude und die Frequenz individuell einstellen, so dass man das optimale Bild für die Schüler erreicht.

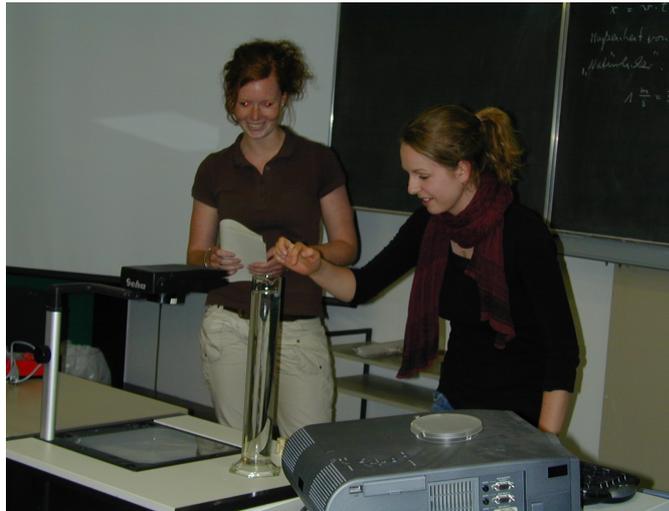
Bei unserem Versuch haben wir die Amplitude und die Frequenz möglichst klein eingestellt, damit es so aussieht, als würde der Leuchtpunkt waagrecht über den Bildschirm laufen, da es so einfacher war, die Zeit für einen Bildschirmdurchlauf zu messen.

# Sinken eines Körpers in Wasser

Carolin Kober  
Susann Röwekamp

## Was man braucht:

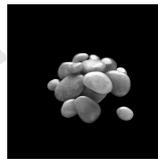
- einen mit Wasser gefüllten Standzylinder
- Gegenstände, die auf Wasser schwimmen (Stück Holz, Korken)
- Gegenstände, die in Wasser untergehen (Stein, Metalle)
- Gegenstände, die langsam in Wasser untergehen (Dinge, die sich langsam mit Wasser voll saugen)
- (Metronom + Edding)



## Versuchsaufbau:



Korken



Stein



Stück Stoff

## Durchführung:

Gegenstände nacheinander in den mit Wasser gefüllten Standzylinder legen und die Sinkgeschwindigkeit beobachten und ggf. ausrechnen mittels Metronom und Edding, mit dem man den zurückgelegten Weg der Gegenstände in gewisser Zeit markiert.  
Was fällt auf?

**Beobachtung:** Die Gegenstände sinken unterschiedlich schnell. Der Stein sinkt am schnellsten, das Stück Stoff geht langsam unter und führt dabei eine annähernd geradlinige gleichförmige Bewegung durch. Der Korken schwimmt auf der Wasseroberfläche.

Bei Ausführung des Versuches an Luft kann man beobachten, dass alle Gegenstände aufgrund der Schwerkraft mit etwa der gleichen Beschleunigung, nämlich  $9,8\text{m/s}^2$ , ziemlich schnell zu Boden fallen.

### **Auswertung:**

Allgemein kann man sagen, dass die Gegenstände aufgrund der Auftriebskraft, die entgegen der Schwerkraft wirkt, in Wasser langsamer sinken als dass sie in Luft zu Boden fallen.

Bei dem Korken ist die Auftriebskraft größer als die Schwerkraft, d.h. der Korken schwimmt.

Der Stein sinkt, da seine Dichte größer ist als die Dichte von Wasser. Bei ihm ist die Schwerkraft ( $F_g = m \cdot g$ ) größer als die Auftriebskraft, durch die er aber dennoch gebremst wird. Daher ist seine Fallgeschwindigkeit kleiner als die in Luft.

Das Stück Stoff sinkt annähernd geradlinig gleichförmig, d.h. seine Sinkgeschwindigkeit ist annähernd konstant, die Beschleunigung ist fast gleich Null.

### **Hintergrund:**

Mit Auftrieb wird eine Kraft bezeichnet, die eine Flüssigkeit oder ein Gas auf einen Körper (oder auf ein Gasvolumen) ausübt. Eine physikalisch gesehen gleiche Kraft wie der Auftrieb, die aber in die entgegengesetzte Richtung wirkt, nennt man Abtrieb.

#### **Auftriebsarten**

Man unterscheidet den entgegen der Schwerkraft wirkenden statischen Auftrieb vom rechtwinklig zur Anströmung wirkenden dynamischen Auftrieb.

Der statische Auftrieb ist eine Kraft, die entgegen der Schwerkraft wirkt. Auftrieb entsteht, wenn sich ein Körper in einem Fluid (also einer Flüssigkeit oder einem Gas) befindet, es also verdrängt. Dieser Effekt wird mit dem Archimedischen Prinzip beschrieben.

#### **Formel**

Für die Auftriebskraft gilt:  $F = \rho \cdot V \cdot g$

Dabei ist  $V$  das verdrängte Fluid-Volumen,  $\rho$  ist dessen Dichte Rho, also ist  $\rho \cdot V$  die verdrängte Masse, und  $\rho \cdot V \cdot g$  ihre Gewichtskraft. Das Archimedische Prinzip ist also erfüllt.

#### **Beispiel für statischen Auftrieb**

Ballons steigen auf, weil sie mit einem Traggas (Helium oder heiße Luft) gefüllt sind, das eine geringere Dichte hat als die umgebende (kalte) Luft.

# Videoanalyse im Unterricht

von Leif-E. Lange und Eike Andela

## A. Was brauche ich?

1. digitale Videokamera mit Anschlusskabel, evtl. Stativ,
2. PC oder Laptop mit:
  - „Firewire“-Buchse (fürs Anschlusskabel von Videokameras)
  - Video-Bearbeitungsprogramm, z.B. „Nero“ oder mit der Kamera gelieferte Software
  - Evtl. Videodatei-Konvertierungsprogramm, z.B. „StoikVideoConverter“
  - Videoanalyse-Programm, z.B. „Viana“ der Uni Essen (download unter [www.didaktik.physik.uni-essen.de/viana](http://www.didaktik.physik.uni-essen.de/viana) )
3. Beamer etc.
4. Gute Portion Glück

## B. Der Ablauf

Schritt 1:

Der Versuch oder das Experiment wird mit der Videokamera gefilmt. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass die Kamera während der Aufnahme nicht bewegt wird, die zu analysierende Bewegung in ihrem Bildausschnitt aber voll erfasst. Außerdem sollte der Film möglichst nur von sehr kurzer Dauer sein (z.B. eine Sekunde) – die Sequenz kann aber nachträglich eingeschränkt werden. Wenn eine automatische Analyse mit „Viana“ geplant ist, sollte das Messobjekt sich farblich besonders deutlich vom Hintergrund abheben.

Schritt 2:

Das Video wird im PC so bearbeitet, dass es dem Videoanalyse-Programm zur Verfügung steht, d.h. als .avi-Datei bei Gebrauch von „Viana“. Eventuell muss die Videodatei konvertiert werden.

Schritt 3:

Das Videoanalyse-Programm wird geöffnet und die Videodatei geladen. Jetzt lässt sich der Filmausschnitt mit den Optionen des Programms bearbeiten und die Analyse graphisch und tabellarisch auswerten.

Gerade die Möglichkeit, ein vorher beobachtetes Experiment kurz darauf in verschiedenen Diagrammen darzustellen, könnte für den Unterricht nützlich sein. Wenn der Ablauf erst reibungsfrei funktioniert, könnten Experimente gezielt variiert und die physikalischen Zusammenhänge deutlich gemacht werden.

## C. Das Programm „Viana“

Große Vorteile von „Viana“ sind seine Übersichtlichkeit und seine einfache Bedienung. Sie erleichtern zum einen die Vorführung dieses komplexen Unterrichtsaufbaus und ermöglichen zum anderen auch Schülern mit relativ wenig Erfahrung an Computern selbstständiges Arbeiten mit dem Programm. (Ob die Schüler allerdings auch zur Dateikonvertierung etc. fähig sind, ist die nächste Frage...)

Das Programm ist schnell und vor allem kostenlos heruntergeladen und dürfte auch noch eine Weile unter dem Link zu finden sein. Auf der angegeben Homepage findet sich außerdem eine Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Anwendung des Programms.

Leider kann das Programm ausschließlich Dateien im .avi-Format bearbeiten.

**Es ist zu bedenken, dass Murphy's Law ganz besonders für dieses Vorhaben gilt!**

# Die Fallschnur

von Sonja Lindmüller

## Freihandversuch zur Beschleunigung - Freier Fall

### Ziel des Versuchs:

Demonstrieren des Zusammenhangs zwischen Fallzeit und der beim Fallen zurück gelegten Strecke. Der freie Fall als Beispiel für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung.

**! Problem !:** Die Gesetzmäßigkeit gilt streng genommen nur für den Fall das kein Luftwiderstand existiert. Aber da der Versuch als Freihandversuch ausgelegt ist, die fallen gelassenen Gewichtsstücke alle die gleiche Masse besitzen und die „gemessenen“ Zeitspannen geschätzt werden, kann diese Voraussetzung vernachlässigt werden.

### Benötigtes Material:

- Dünner, fester Faden (z.B. Angelschnur, Zwirn)
- 12 – 16 Schrauben, -muttern, Knöpfe oder ähnliches
- Leere Blechdose (Konserve, Keksdose)
- Schere, Maßband, evtl. Klebefilm

### Aufbau:

Es sind zwei Fallschnüre zum Vergleichen anzufertigen.

Eine Schraubenmutter wird an das Ende des Bindfadens geknotet. Die nächsten 5 (bzw. mehr Schraubenmutter) sind so an die Schnur zu kneten, dass die Abstände zwischen den Schraubenmuttern sich wie 1:3:5:7:... verhalten.

Beispiel:  $5\text{cm} + 15\text{cm} + 25\text{cm} + 35\text{cm} + 45\text{cm} + 55\text{cm} = 180\text{cm}$

Die zweite Fallschnur hat die gleiche Länge wie die Erste, an ihr wird die gleiche Anzahl von Schraubenmuttern so verteilt, dass die Abstände zwischen den Schraubenmuttern gleich sind.

### Durchführung:

Die Schnur wird so weit über den Boden gehalten, dass die erste Schraubenmutter gerade noch den Boden berührt.

Aufgrund der Länge der Schnur ist es am einfachsten wenn der Versuch im Treppenhaus stattfindet. Dann können die Abstände entsprechend vergrößert werden, um die Zeitdifferenzen zwischen den einzelnen Aufschlägen deutlicher hervor zu heben. Das Treppenhaus hat zu gleich gegenüber einen „Freiluftversuch“ den Vorteil, dass kein Wind das Resultat beeinflusst.



Unter die erste Schraubenmutter wird die Blechdose gestellt.  
Lässt man die erste Schnur fallen, so sind die Zeitspannen zwischen den einzelnen Aufschlägen der Schraubenmutter konstant. Bei der zweiten Schnur werden die Zeitspannen immer kürzer.

**Erklärung:**

Für den zurück gelegten Weg beim Freien Fall gilt:

$$s(t) = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad \text{mit } g = \text{örtliche Fallbeschleunigung}$$

nach Umstellen, ergibt sich für die Zeit t:

$$t(s) = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

Nach dem Loslassen der Schnüre fallen die Schraubenmutter alle gleichzeitig. Für die Zeit t bedeutet das unter der Bedingung von konstanten Zeitspannen:

$$t_1 : t_2 : t_3 : \dots = 1 : 2 : 3 : \dots$$

so das für die Abstände der Schraubenmutter gilt:

$$s_1 : s_2 : s_3 : \dots = 1 : 4 : 9 : \dots$$

Bei der zweiten Schnur (gleiche Abstände zwischen den Schraubenmutter) gilt für die Abstände:

$$s_1 : s_2 : s_3 : \dots = 1 : 2 : 3 : \dots$$

Schlussfolgernd lässt sich für die Zeitspannen t festlegen, das gilt:

$$t_1 : t_2 : t_3 : \dots = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} : \dots$$

