

Protokoll Demonstrationsübungen II

Zentripetal-/Zentrifugalkraft

Referent: Florian Wetzel
Vortragsdatum: 12.12.2008



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Inhalt

1.....Carrera-Bahn	2
2.....Zentrifuge	3
3.....Kettenkarussell	4
4.....David und Goliath	5
5.....Quantitative Untersuchung der Abhängigkeiten der Zentripetalkraft	6

1. Carrera-Bahn

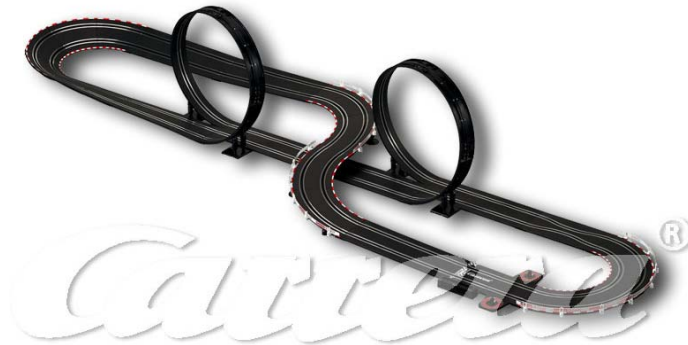
1.1. Zielsetzung und Rahmen

Motivation zur Unterrichtsreihe Zentripetal-/Zentrifugalkraft

1.2. Als bekannt vorausgesetzte Begriffe

Trägheit

1.3. Prinzipaufbau



Quelle: <http://www.carrera-toys.de>

1.4. Durchführung und Auswertung

Jeweils zwei Schüler treten gegeneinander an und beschreiben anschließend, worauf beim Fahren zu achten ist, bzw. warum es nicht ausreicht mit einer konstanten Geschwindigkeit zu fahren. Dabei sollte erarbeitet werden, dass Kurven möglichst langsam durchfahren müssen, da die Fahrzeuge sonst „aus der Kurve fliegen“ und Loopings möglichst schnell, da die Fahrzeuge andernfalls herunterfallen.

1.5. Geräteliste

Carrera-Bahn mit Looping und engen Kurven

1.6. Begleitend genutzte Hilfsmittel

-

1.7. Sicherheitsvorkehrungen

-

1.8. Erfahrungen

1.8.1. Grenzen des Experiments

1.8.2. Verbesserungen

1.8.3. Besonders zu beachten, Tipps und Tricks

-

1.9. Allgemeine Bemerkungen

-

2. Zentrifuge

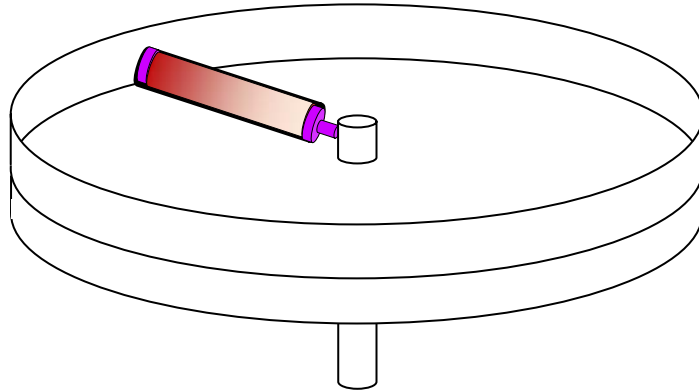
2.1. Zielsetzung und Rahmen

Qualitativer Versuch zur Massenabhängigkeit (alternativer Versuch: Kerze in Zentrifuge → Flamme neigt sich nach innen)

2.2. Als bekannt vorausgesetzte Begriffe

Zentripetal-/Zentrifugalkraft, Masse

2.3. Prinzipaufbau



2.4. Durchführung und Auswertung

Man befestigt ein Röhrchen frisches Blut in der Zentrifuge und betreibt diese mit ca. 6000 U/min. Nach ca. 3 min schaltet wird die Zentrifuge wieder ausgeschaltet und man kann erkennen, dass das Blut im Röhrchen in seine Bestandteile aufgetrennt ist und zwar so, dass sich die zellulären Bestandteile mit der höheren Dichte außen und das Blutplasma innen befindet.

2.5. Geräteliste

Zentrifuge,
Kanüle mit Blut

2.6. Begleitend genutzte Hilfsmittel

-

2.7. Sicherheitsvorkehrungen

Sicherheitsscheibe zwischen Apparatur und Schüler

2.8. Erfahrungen

2.8.1. Grenzen des Experiments

2.8.2. Verbesserungen

2.8.3. Besonders zu beachten, Tipps und Tricks

- Um Unwuchten zu vermeiden, Kanüle vorher wiegen und ein gleich schweres Massstück an der gegenüberliegenden Seite der Kanüle in der Zentrifuge befestigen.

2.9. Allgemeine Bemerkungen

Kanülen verfügen meist über ein gerinnungshemmendes Mittel, welches die Bestandteile durch einfaches schütteln wieder vermischen lässt.

3. Kettenkarussell

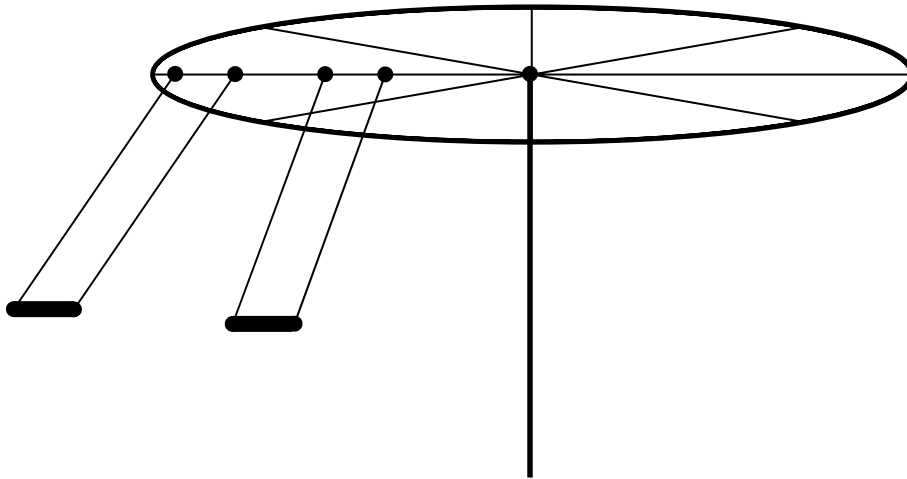
3.1. Zielsetzung und Rahmen

Qualitativer Versuch zur Abhängigkeit vom Radius

3.2. Als bekannt vorausgesetzte Begriffe

Zentripetal-/Zentrifugalkraft, Radius

3.3. Prinzipaufbau



3.4. Durchführung und Auswertung

Bei dem Karussell reicht zur Demonstration eine handbetriebene Rotation. Man kann sehr schön erkennen, dass die massegleichen Gondeln unterschiedlich weit nach außen gezogen werden, je nach Abstand der Befestigung zur Mitte.

3.5. Geräteliste

Karussell aus diversen Einzelteilen

(z.B.: Fahrradreifen, Montagegestange, Kordel, Holzplättchen, Gewichte)

3.6. Begleitend genutzte Hilfsmittel

-

3.7. Sicherheitsvorkehrungen

-

3.8. Erfahrungen

3.8.1. Grenzen des Experiments

3.8.2. Verbesserungen

3.8.3. Besonders zu beachten, Tipps und Tricks

- Nicht zu viele Gondeln befestigen, verwirrt nur.

3.9. Allgemeine Bemerkungen

- Scheinbares Paradoxon: Massenunabhängigkeit (2 Gondeln hintereinander mit gleichen Radien werden gleich weit nach außen gezogen, egal ob eine Person (oder Masse) in der Gondel sitzt oder nicht) obwohl Zentripetalkraft doch massenabhängig (Bsp.: Zentrifuge)

Aufklärung: Unabhängigkeit durch Gleichgewicht von Zentripetal- und Gewichtskraft in der

4. David und Goliath

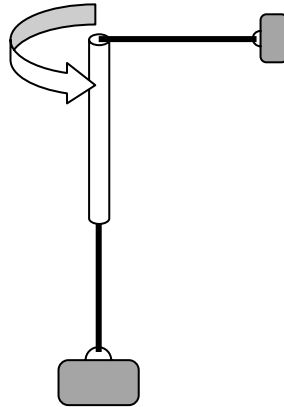
4.1. Zielsetzung und Rahmen

Qualitativer Versuch zur Abhängigkeit von der Winkelgeschwindigkeit

4.2. Als bekannt vorausgesetzte Begriffe

Zentripetal-/Zentrifugalkraft, Winkelgeschwindigkeit

4.3. Prinzipaufbau



4.4. Durchführung und Auswertung

Man führt einen Faden durch einen Zylinder und befestigt an den Enden des Fadens zwei Massen. Hält man nun den Zylinder mit einer Hand fest und lässt die obere Masse rotieren, so zieht diese je nach Rotationsgeschwindigkeit die untere Masse mehr oder weniger nach oben.

Dass diese unterschiedlich starken Kräfte nicht bloß vom Radius abhängen, lässt sich damit überprüfen, dass man zweimal hintereinander den gleichen Radius vorgibt und so schnell rotiert, dass einmal die untere Masse hochgezogen wird und einmal nach unten.

4.5. Geräteliste

Zylinder (Kugelschreiberhülse)

Faden

2 Massen (50g, 100g)

4.6. Begleitend genutzte Hilfsmittel

-

4.7. Sicherheitsvorkehrungen

-

4.8. Erfahrungen

4.8.1. Grenzen des Experiments

4.8.2. Verbesserungen

4.8.3. Besonders zu beachten, Tipps und Tricks

- Schwerere Masse unten befestigen

- Im Voraus Fadenlänge so wählen, dass einem die obere Masse selbst bei maximalem Radius nicht gegen den Kopf schlägt!

4.9. Allgemeine Bemerkungen

-

5. Quantitative Untersuchung der Abhängigkeiten der Zentripetalkraft

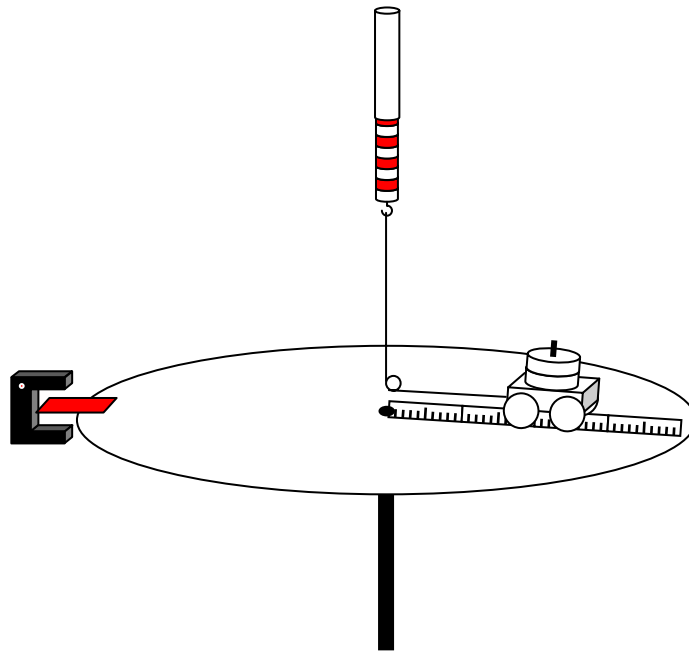
5.1. Zielsetzung und Rahmen

Abhängigkeit zwischen Zentripetalkraft und Masse, Radius sowie Winkelgeschwindigkeit erarbeiten

5.2. Als bekannt vorausgesetzte Begriffe

Zentripetal-/Zentrifugalkraft, Masse, Radius, Winkelgeschwindigkeit

5.3. Prinzipaufbau



5.4. Durchführung und Auswertung

Für diesen Versuch habe ich zunächst den digitalen Kraftmesser und die Lichtschranke über ein Interface an den PC angeschlossen.

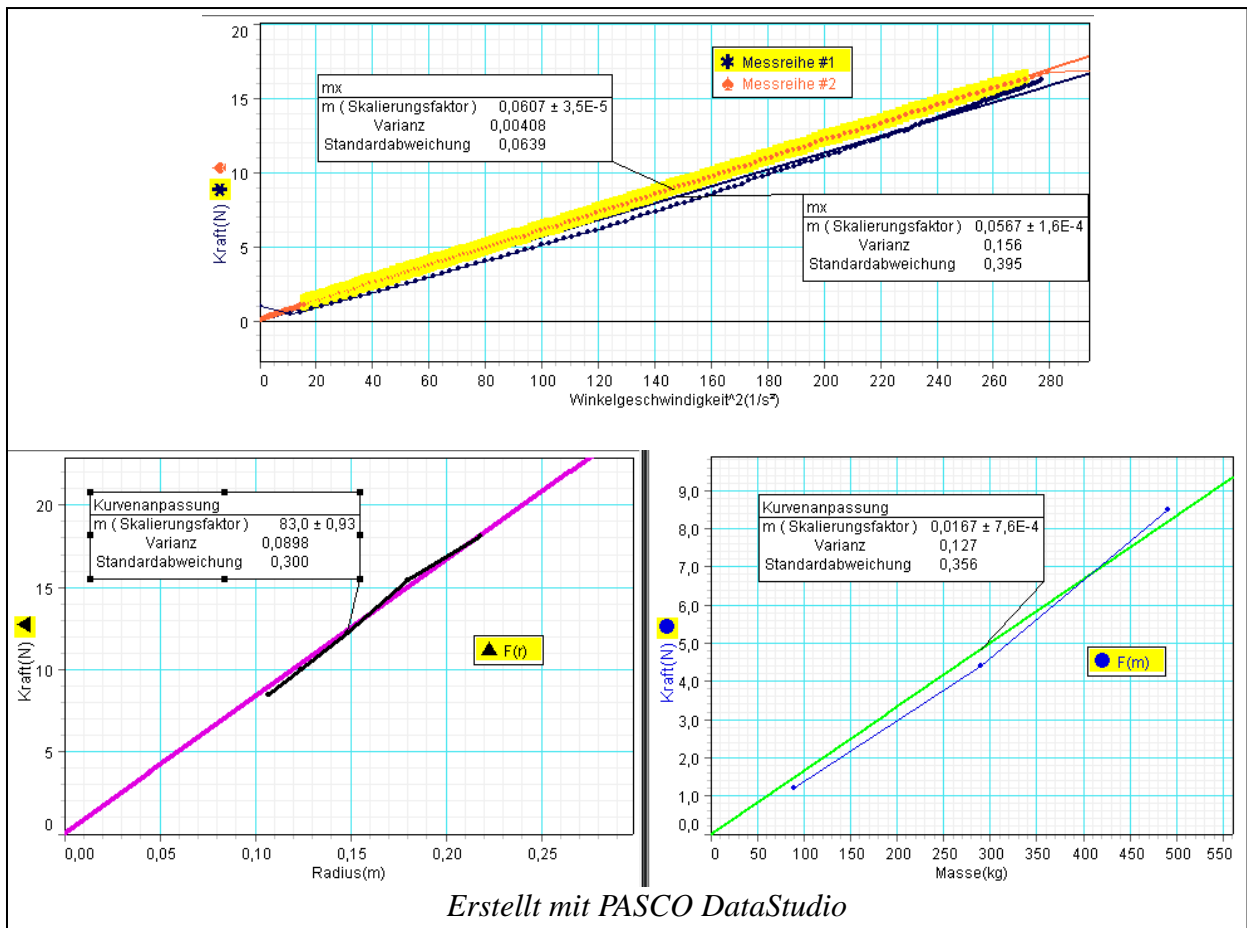
Das Signal der Lichtschranke wurde so ausgewertet, dass die Winkelgeschwindigkeit ausgegeben wurde ($\omega = \frac{2\pi}{T}$, mit T als Zeitdifferenz zwischen zwei Auslösern der Lichtschranke).

Der Radius des Wagens ließ sich über ein auf der Scheibe befestigtes Maßband ablesen (Schwerpunkt als Messpunkt).

Der Wagen konnte mithilfe von Massen beschwert werden.

Der Vorteil des digitalen Kraftmessers liegt zusätzlich zur besseren Ablesegenauigkeit darin, dass ein herkömmlicher Kraftmesser mit einer Feder bei einer größeren Kraft nachgibt und sich dadurch in der Apparatur der Radius des Wagens mit ändern würde.

Nun kann man nacheinander jeweils zwei der drei Messgrößen (Winkelgeschwindigkeit, Radius, Masse) konstant halten und die Kraft gegenüber der dritten Messgröße auftragen:



Zur Messung der Winkelgeschwindigkeitsabhängigkeit wurden zwei Messungen durchgeführt – eine beim Erhöhen und eine beim Verringern der Winkelgeschwindigkeit. Die Hysterese in der Darstellung der Kraft gegenüber der Winkelgeschwindigkeit zum Quadrat rührt von der unterschiedlichen Kraftmessung des Sensors bei der Kraftzu- bzw. Kraftabnahme.

Alle Messdaten wurden mit linearen Ursprungsgeraden angenähert, da die Linearität sehr eindeutig ist und der Nullpunkt in allen Messreihen logischerweise zur Messung gehört.

Betrachtet man nun noch die Skalierungsfaktoren, so stellt man fest, dass diese stets dem Produkt der konstant gehaltenen Messgrößen, bzw. der Winkelgeschwindigkeit zum Quadrat, entsprechen, so dass sich als Formel für die Zentripetalkraft ergibt:

$$F_Z = m * \omega^2 * r, \text{ bzw. } F_Z = m * \frac{v^2}{r}$$

5.5. Geräteliste

- Zentripetalkraftscheibe
- Motor
- Kraftmesser
- Lichtschranke
- Massen
- Tischklemmen
- Stangen
- Muffen
- Interface
- PC
- Software (z.B.: PASCO Data Studio)

5.6. Begleitend genutzte Hilfsmittel

PC

5.7. Sicherheitsvorkehrungen

-

5.8. Erfahrungen

5.8.1. Grenzen des Experiments

5.8.2. Verbesserungen

5.8.3. Besonders zu beachten, Tipps und Tricks

- Scheibe kommt sehr schnell ins Schlingern – deshalb ausreichend befestigen!
- Nach Möglichkeit digitalen Kraftmesser verwenden, da herkömmlicher Kraftmesser mit Feder gibt nach, wodurch der Radius des Wagens direkt beeinträchtigt wird.

5.9. Allgemeine Bemerkungen

- Auf den scheinbaren Widerspruch der Radiusabhängigkeit zwischen $F_Z = m * \omega^2 * r$ und $F_Z = m * \frac{v^2}{r}$ muss unbedingt eingegangen werden! (Zusammenhang zwischen Bahn- und Winkelgeschwindigkeit klären, beispielsweise durch eine Kreisscheibe mit zwei wie in der Skizze angeordneten Punkten und der Frage, welcher der beiden Punkte denn wohl schneller sei.)

