



---

**Prof. Dr.-Ing. Frank Kameier**

Strömungstechnik und Akustik

Fachbereich 4

Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Josef-Gockeln-Str. 9

40474 Düsseldorf

Phone (0211) 4351-848

Fax (0211) 4351-468

E-Mail [Frank.Kameier@fh-duesseldorf.de](mailto:Frank.Kameier@fh-duesseldorf.de)

<http://ifs.muv.fh-duesseldorf.de>

## Physik zum Fahrrad – Kooperationsprojekt Landeshauptstadt Düsseldorf mit der Fachhochschule, August 2010 bis Juli 2011

Düsseldorf, den 24.06.2011

### Fahrpläne der einzelnen Termine

#### 1. Sicherheit

Kennenlernspiel mit Gummibären, für jede Gummibären muss eine persönliche Eigenschaft etc. erzählt werden.

Ei-Crash; ein gekochtes Ei derart mit Strohhalmen (Knautschzone!) verpacken, dass man es aus 2 Metern Höhe fallen lassen kann.

Eine Melone mit und ohne Helm aus 2 Metern Höhe fallen lassen. Mit welcher Geschwindigkeit trifft die Melone am Boden auf, Einführung der Erdbeschleunigung.

#### 2. Historie und Reifen flicken

Wiederholung: Geschwindigkeit und Erdbeschleunigung.

Bilder aus der Mappe ausschneiden und historisch ordnen.

Ventil mit Luftballon und Murmel erklären, richtige Ventile zeigen.

Mit einer Nadel in einen Luftballon stechen, ohne dass der Ballon platzt. Oberflächenspannung als Begriff einführen und mit Tesafilm erhöhen.

Reifen flicken

Kleiner und großer Luftballon, Seifenblasen mit T-Stück verbinden. Großer Ballon (Seifenblase) mit niedrigem Druck, kleiner Ballon (Seifenblase) mit hohem Druck, Fazit LKW Reifen hält wegen des Krümmungsradius nur einen kleineren Druck aus als ein Fahrradreifen.

#### 3. Mechanik, Schaltung, Übersetzung

An einem Fahrrad mit einer Federwaage die Kräfte bei verschiedenen Übersetzungen messen, Gewicht an die Pedale hängen (siehe Excel Tabelle zum Experiment).

Mit Fischer-Technik ein Planetengetriebe bauen.

Gruppe aufteilen, jeweils eine Gruppe misst am Fahrrad, Begriff Kraft noch einmal erklären.

#### 4. Mechanik, Schaltung

Demontage und Montage einer Dreigangnabenschaltung. Erklären von Kugellager und Trommelbremse

Mit Spritzen Kompressibilität von Luft und Inkompressibilität von Wasser demonstrieren. Selber mit einer großen und einer kleinen Spritze, die über einen Schlauch verbunden sind, experimentieren.

Spritzen mit Wasser füllen; Flächenverhältnis im Vergleich zum Hub; Kreisgleichung einführen.

Flasche mit Loch fallen lassen; Wiederholung zur Gravitationskonstanten.

## 5. Bremsen und Hydraulik

Reibung erklären und anhand einfacher Bewegungen an einem schrägen Brett demonstrieren. Gleiten durch Seife verbessern. Zusammenhang zu Bremsen herstellen.

Einen Hydraulikarm zusammenbauen und mit dem Hydraulikarm spielen.

Temperatur an einer Bremsscheibe messen.

Sofern heißes Wasser vorhanden ist: Wasser in einer Spritze durch Vakuum zum Kochen bringen. Vergleich zu Bremsleitungen: Luft ist schädlich wegen Kompressibilität, Wasser ist schädlich wegen Temperatur und Kochen, Bremsflüssigkeit ist hydroskopisch (zieht Wasser an).

## 6. Kreiselkräfte und Federung

Kerze in einem Glas auf dem Drehteller, Zentrifugalwirkung demonstrieren.

Drehscheibe, Rotationsgeschwindigkeit mit veränderter Masseverteilung variieren: Zunächst auf den Drehteller stellen und zentrieren. Arme ausstrecken führt zum Bremsen. Mit ausgestreckten Armen andrehen und Arme Anlegen. Zwei Flaschen Wasser in die Hand nehmen.

Eimer (Pappbecher an Faden mit Wasser gefüllt) schleudern.

Levitron als schwebender Kreisel durch Magnetismus.

Kreiselbewegung am drehenden Rad studieren (Rad mit Handgriffen)

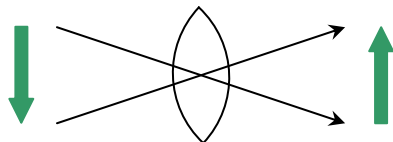
Drehteller und Rad mit Handgriffen kombinieren (Drehimpulsübertragung).

Druck- und Zugfeder demonstrieren (Kugelschreiber, Locher, Sattel, gutes Beispiel für Zugfeder fehlt.)

Bestimmung von Federkonstanten. Federn aufhängen und Gewichte anhängen, Auslenkung messen. Erstellung einer Tabelle und eines Diagramms mit Excel. Steigung erklären und Steigung der Gerade ist die Federkonstante.

## 7. Optik

Versuch mit halbvoll gefülltem Glas, 2 Pfeile in unterschiedlicher Höhe auf ein Blatt malen und hinter das Glas stellen, Linse erklären, die den Pfeil bei richtigem Abstand zum Glas bei Wasserfüllung umdrehen lässt.



Experimente mit dem Laserpointer: erst Reflexion durch Wasser lässt den Laserstrahl im Wasser sichtbar werden.

Laserpointer durch Glasstab (Zylinderlinse) ergibt eine Linie (Fläche).

Mischung von Farben, Pixel am Bildschirm und bei gedruckten Bildern erklären. Red Green Blue am Rechner erklären. Addition von Farben ergibt weiß, Mischen am Farbkasten im Kontrast, Licht als elektromagnetische Wellen (vermutlich zu anspruchsvoll).

Reflexion erklären und helle Kleidung bei schwarzem Hintergrund demonstrieren (am Rechner oder live)

Demonstration mit USB-Lupen, Bildschirm vergrößern, damit die Pixel sichtbar werden.

Experiment mit Laserpointer durch ein weißes Papier mit einem Loch auf einen Fahrradreflektor. Ein Reflektor funktioniert anders als ein Spiegel (Einfallswinkel=Ausfallswinkel), da das Licht zum Ursprungsort etwas gestreut reflektiert wird.

## 8. Elektrizität

Messung der Leitfähigkeit von Materialien mit einem Multimeter (Durchgangsprüfer), Anfertigung einer Tabelle von Materialien mit Bezug zum Fahrrad.

Leitfähigkeit von Wasser messen, geht nicht mit dem Durchgangsprüfer, Einstellung Widerstand muss gewählt werden, Kinder kennen zumeist den Buchstaben Omega, Ohm und Ohm als deren Abkürzung erklären.

Fahrrad auf der Rolle, so dass Radbewegung für den Dynamo möglich ist, Messung einer Spannung am Dynamo mit dem Multimeter, Einstellungen am Multimeter erklären.

Dynamo als Motor betreiben (geht nur mit Märklin Trafo, der Wechselspannung erzeugt, Demonstrationsexperiment).

DasyLab am Laptop, wie sieht ein elektrisches Signal auf einem digitalen System aus. Erklärung zu Gleich- und Wechselspannung. Hörbar machen eines Sinus-Signals unter DasyLab.

Dynamo über die Soundkarte an Laptop mit DasyLab anschließen. Wechselstrom des Dynamos visualisieren (Präsentationsfolien der Stadtwerke München ergänzen die Grundprinzipien).

## 9. Akustik

Wiederholung: Mit DasyLab wird Gleich- und Wechselspannung demonstriert, auch wird die digitale Abtastung gezeigt. Analog ist ein vollständiger Faden, digital sind einzelne Stützstellen.

Abstrakte erklären, Zusammenhang zu Musik-CDs herstellen.

Geräusche visualisieren, Unterscheidung von Frequenzen.

Gummibänder anschnippen und Geräusche erzeugen, was bedeutet höher und tiefer bei Tönen, wie unterscheiden sich die Signale im Zeit- und im Frequenzbereich.

Eine einzelne eingespannte Speiche spannen und die Frequenzänderung messen.

Gläser anschlagen, um einen Klang (im Frequenzspektrum) und die Dämpfung (im Zeitsignal) eines Signals zu visualisieren.

Experiment mit einem mit Mehl gefüllten Luftballon zur Demonstration der Schallgeschwindigkeit (zuerst sieht man das Mehl, dann hört man den Knall). Die Schallgeschwindigkeit beträgt 340 m/s, die Lichtgeschwindigkeit beträgt 300.000 km/s.

Reaktionstest mit DasyLab, parallel Reaktionstest mit Stab den man fallen lässt; aus der Strecke lässt sich die Reaktionszeit berechnen:

(a) eine Stange oder ein Lineal fallen lassen und die Reaktion anhand des Fallweges messen ( $s = \frac{1}{2} * a * t^2$ )

(b) das DasyLab-Schaltbild „Reaktionstest“ laufen lassen, einer klatscht, der andere muss mit der Maus reagieren, die Reaktionszeit wird angezeigt

Stimmen die Zeiten aus den Versuchen einigermaßen überein? Wo liegen die Unterschiede in der Versuchsdurchführung?

## 10. Strömung

Demonstrationsversuche mit einem Kleingebläse (warum schwebt ein Tischtennisball im Strahl?)

Wie sieht der Windschatten von unterschiedlichen Körpern aus (Kleingebläse und Kerze)?

Windschatten mit Papierkugel und Münze.

Versuche mit dem Trichter: durchblasen, Papier ansaugen, Kerze anpusten.

Trichter mit Murmel oder Tischtennisball im Wasser, Kugel verschließt die Öffnung, solange etwas ausströmt, hält man unten zu, steigt der Tischtennisball auf, die Murmel nicht.

Bernoulli-Effekt zwischen zwei Papierblättern oder über ein Blatt pusten (Papier wird hoch gesaugt).

Experimente mit Tischtennisball und Eierbecher.

Teebeutel abbrennen und schweben lassen (thermische Konvektion).

Brauserakete (Schubkraft durch ab gesprengten Deckel).

Das große Gebläse wird aufgebaut, wie groß ist Windgeschwindigkeit (Messung mit einem Halbschalenanemometer).

## 11. Energie und Bewegung

Wie langsam kann man fahren, ohne dass man umkippt?

Wie langsam kann man mit dem Fahrrad durch einen Parcours fahren, mit der Stoppuhr Zeiten stoppen. Weg messen, um Geschwindigkeit berechnen zu können. Radumfang mit Kreide messen (Reifen anmalen und abrollen lassen), Kreiszahl PI wiederholen.

Wie funktioniert das Lenken beim Fahrrad: schräg in die Kurve legen, gerade sitzen und Lenker einen Schubst geben, in welcher Richtung bewegt sich das Fahrrad?

Wie schnell kann man Treppen steigen und wie viel Energie verbraucht man dabei; Zeiten stoppen.

Wiederholung der Experimente zum Kreiseffekt und freihändig Fahren erklären und mit Vorsicht praktizieren, Rollentrainer für Gleichgewichtsübung einsetzen. Gyrotwister einsetzen und erklären.

Etwas zum Rechnen:

1. Wie viel Liter Wasser kann man mit einer Tafel Schokolade zum Kochen bringen?  
Materialkonstante „spezifische Wärmekapazität von Wasser“ 4200 J/(kg K)  
Nährwert Schokolade 2300 kJ für 100 g

$$\frac{2300000}{4200} \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \frac{1}{80 \text{ K}} = 6,8 \text{ kg} \quad \rho_{\text{Wasser}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \Rightarrow 6,8 \text{ kg} = 6,8 \text{ Liter}$$

2. Wie schätzt man die Energie, die ein Torwart beim Sprung aufbringt, um einen Fußball über die Querlatte zu befördern?

$$\begin{aligned} \text{Kraft} &= \text{Masse} \cdot \text{Beschleunigung} && [\text{Newton}] \\ \text{Arbeit} &= \text{Kraft} \cdot \text{Weg} && [\text{Newton} \cdot \text{Meter}] = [\text{Joule}] \end{aligned}$$

1 Joule = 1 Watt Sekunde = 1/3600 Watt Stunde

Gewicht Torwart ca. 80 kg

$$80 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \text{ (zur Überwindung der Erdanziehung)} = 785 \text{ N}$$

0,5 m muss der Torwart hochspringen

$$785 \text{ N} \cdot 0,5 \text{ m} = 392,5 \text{ Nm} = 392,5 \text{ J}$$

$$392,5 \text{ J} / 3600 = 0,11 \text{ Wh}$$

Mit der Energie einer Tafel Schokolade kann man wie oft einen Ball über die Torlatte lenken?  
 $2300000 \text{ J} / 392 \text{ J} = 5867$  Mal bei einem Wirkungsgrad von 100% ohne Berücksichtigung von Schwitzen, Reibung oder anderen Verlusten.

Der Energiebedarf eines Menschen beträgt:

Alter	Grundumsatz (kJ) (Frau/Mann)	Leistungsumsatz (kJ) (Frau/Mann)	Gesamtenergiebedarf (kJ) (Frau/Mann)
25 Jahre	6000/7300	3200/3600	9200/10900
45 Jahre	5600/6800	2800/3200	8400/10000
65 Jahre	5200/6200	2300/3000	7500/9200

Gesamtenergieverbrauch* bei einem Körpergewicht von 60 kg Tätigkeiten	kJ	Deckung des Energieverbrauchs z.B. durch folgende Lebensmittel möglich
1 h 10 min Treppensteigen	2340	1 Tafel Vollmilchschokolade
1 h 10 min Tischtennispielen	1470	1 Bratwurst (100g)
1 h 12 min Fensterputzen	1415	1 Stück Sahnetorte
1 h 10 min Brustschwimmen	1330	1 Portion Erdnüsse (50g)
25 min Tanzen	660	1 Glas Bier (0,3 l)
2 h 40 min Kartenspielen	225	1 Glas Weinbrand (20 ml)
45 min Radfahren (10 km/h)	370	1 Apfel
40 min Abwaschen	315	1 Apfelsine
40 min Schreiben	85	1 Stück Würfelzucker

\*Gesamtenergieverbrauch = Grundumsatz + Leistungsumsatz

## 12. Gruppendynamische Experimente

„Flottes Rohr“ (Geschicklichkeitsspiel in der Gruppe).

<http://www.metalog.de/de/fuehrungskompetenzen/flottes-rohr-scoop.html>

„Das spannende Tuch“ (Stehen, Drehen und Reden im Kreis (gespanntem Tuch))

<http://www.metalog.de/de/teamentwicklung/band-1.html> .