Experimente im Physikunterricht zur Kraft

MNU-Tagung
Bremerhaven
2013

Hans-Otto Carmesin
Athenaeum Stade, Studienseminar Stade, Universität Bremen
www.hans-otto.carmesin.org, Hans-Otto.Carmesin@t-online.de

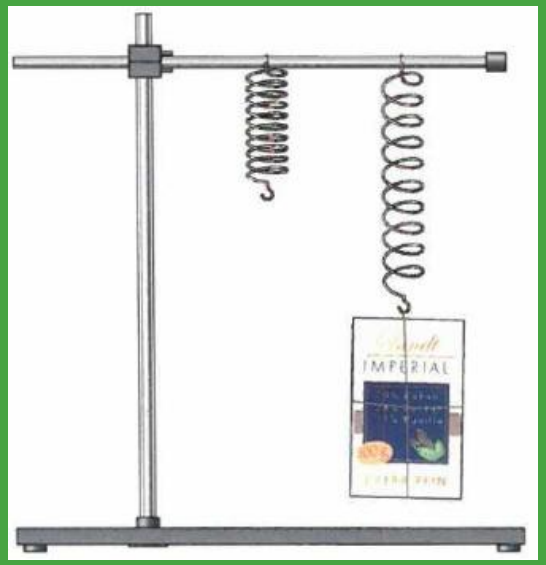
Ziele

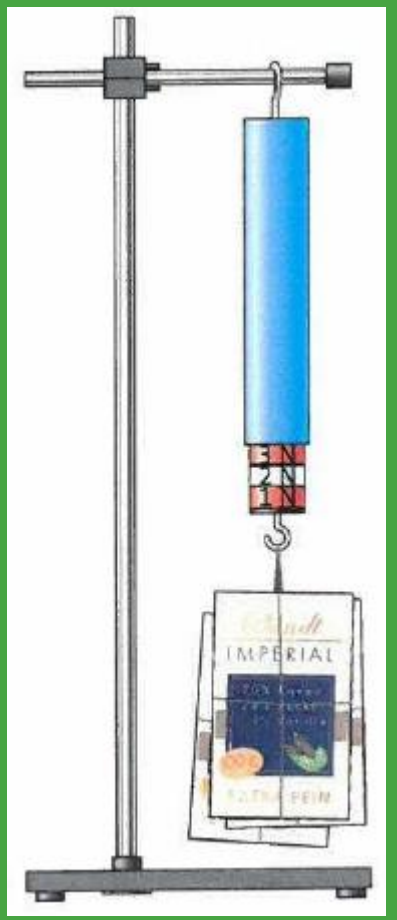
- Hohe Lernwirksamkeit [H09,M98,H98] Effektstärke d > 0,4
- SchülerInnen nehmen wahr [C04,K01] , erkunden & experimentieren
  - Auf Basis bisheriger Kompetenzen, d = 1,48
  - Mit sinnvollen Kontexten, d = 1,37
  - Erkennen bekannter Strukturen, d = 1,32
    - Lebenswelt
    - Physikalische Prinzipien
  - Grafisch darstellend, d = 1,24
  - Herausfordernde Aktivität, d = 1,23
  - Aufstellen und Testen von Hypothesen, d = 1,14
- Kraft
  - Vorher UE Kinematik mit Geschwindigkeit & Beschleunigung
  - UE für 12 Wochen mit je 90 min Unterricht in Klasse 7/8
  - SchülerInnen entdecken grundlegende Prinzipien auch mit ihren Sinnen
- SchülerInnen erleben sich als
  - wirksam Experimentierende
  - die Lebenswelt, Natur, Körperfunktionen und Technik **Verstehende**
  - physikalisch effizient **Handelnde**

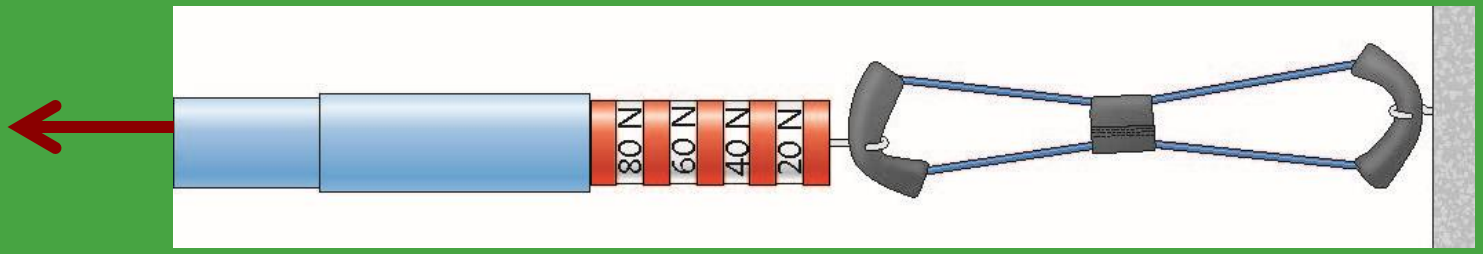
[H09] Hattie, John: Visible Learning, Routledge, London, 2009.
[M98] Marzano, Rober J.: A Theory-Based Meta-Analysis of Research on Instruction. Mid-continent Educational Laboratory, Aurora, Colorado, 1998. URL: www.mcrel.org. Download 2011.
[H98] Häußler, Peter; Bünder, Wolfgang; Duit, Reinders; Gräber, Wolfgang und Mayer, Jürgen: Perspektiven für die Unterrichtspraxis. Kiel, IPN, 1998.
[C04] Carmesin, Hans-Otto: Messung von Beschleunigungen mit einer Bogenwasserwaage im Physikunterricht einer 11. Klasse. In: Nordmeier, Volker; Oberländer, Arne (Hrsg.): Tagungs-CD Fachdidaktik Physik, 2004. ISBN 3-86541-066-9.
[K01] Kircher u. a.: Physikdidaktik. Berlin: Springer 2001.

Wir erkennen Kräfte

- SchülerInnen dehnen Expander:
  - spüren Muskelanspannung
  - üben F auf Gummis aus
  - sehen Verlängerung als Wirkung
  - Einheit: 100g-Tafel übt 1 N auf Schraubenfeder aus
  - kalibrieren Federkraftmesser
- Prinzip: Wenn ein Körper verformt wird, dann wird eine Kraft auf den Körper ausgeübt.
- Betrag, Richtung, Angriffspunkt → Pfeil

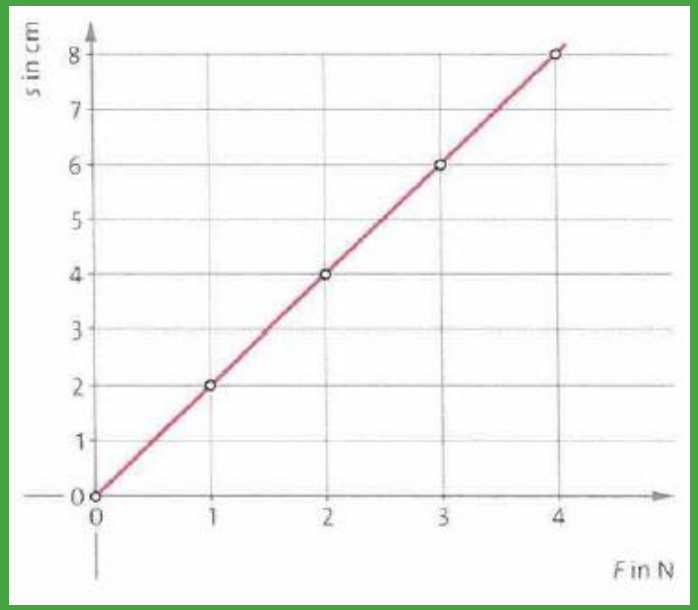






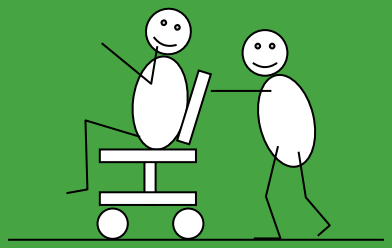
Wir erkunden und bauen Schraubenfedern

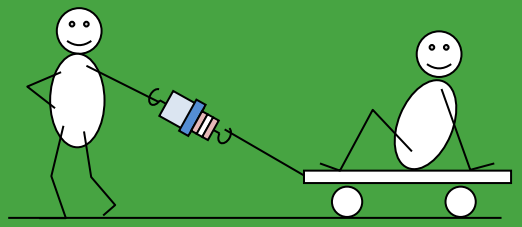
- SchülerInnen entdecken Proportionalität
  - Ursprungsgerade
  - Quotientengleichheit
  - Hooke‘sches Gesetz
  - Federkonstante D = F/s
- SchülerInnen bauen Schraubenfeder
  - Federstahldraht
  - Vergleiche
    - Dicker Draht → hart
    - Flacher Anstieg → weich
    - Viele Wicklungen → lang

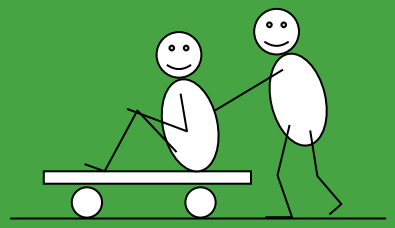


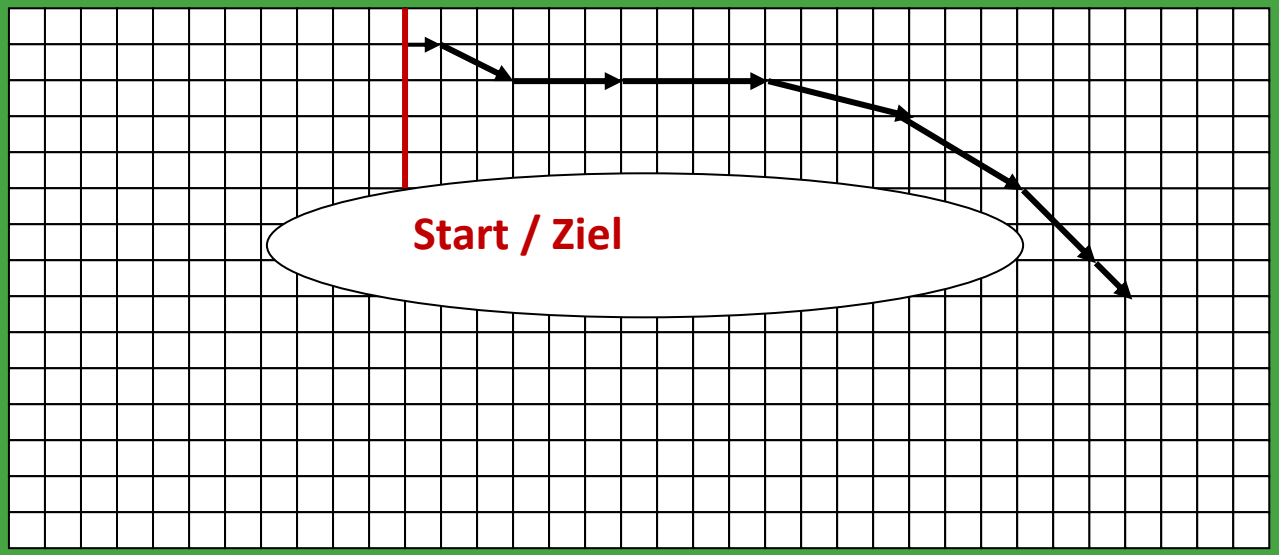
Wir beschleunigen

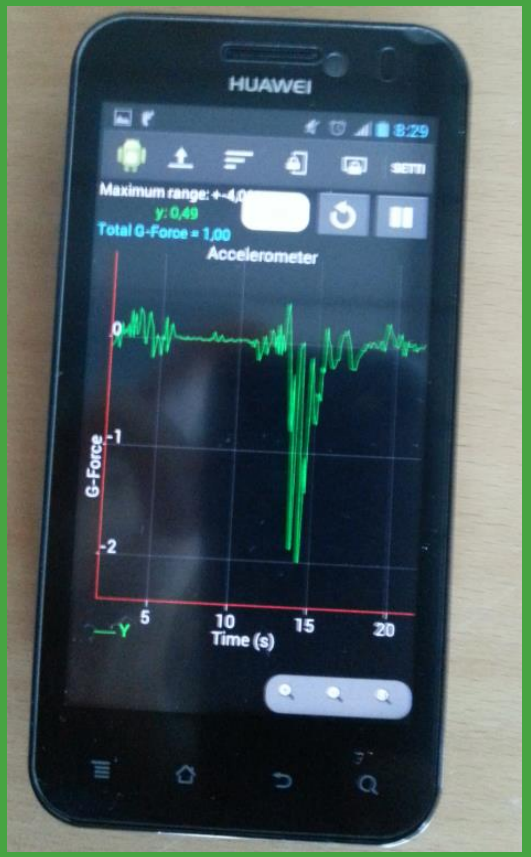
- SchülerInnen beschleunigen mit Beschleunigungssensor
  - Drehstuhl oder Katapult
  - Smartphone
  - Kraft bewirkt Beschleunigung
- Aktionsprinzip: Wenn sich die Geschwindigkeit eines Körpers ändert, dann übt ein Körper eine Kraft auf ihn aus.
- SchülerInnen als Formel 1-Piloten
  - Modellierung als Wettkampf



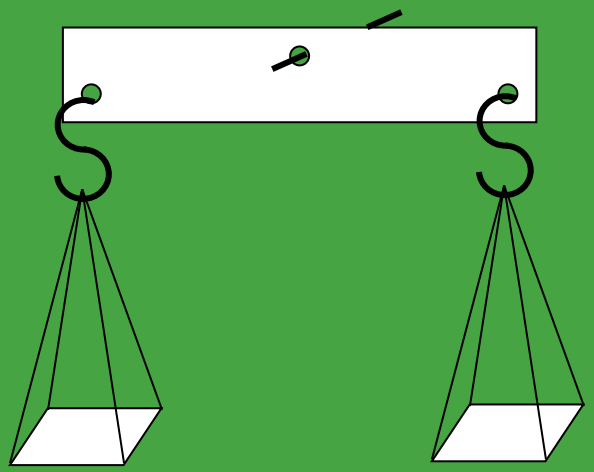


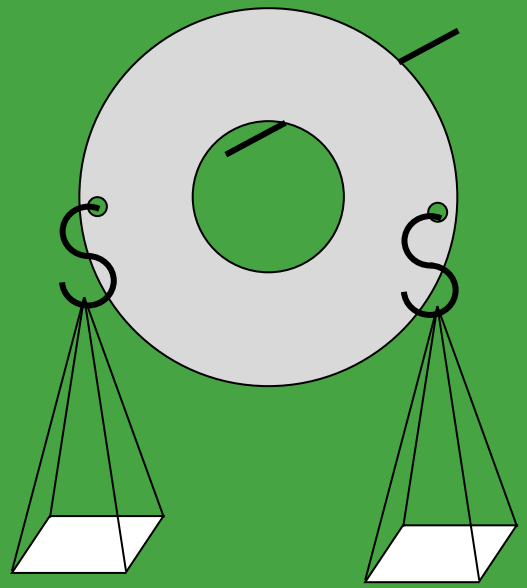






Wir bauen Balkenwaagen

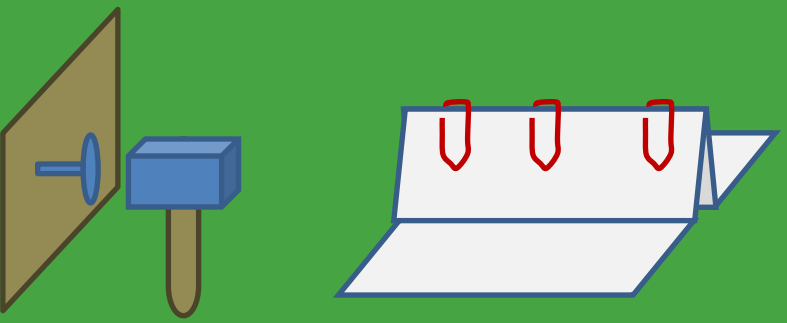




- Ruhelage: Massengleichheit
  - Prinzip: Schwerkraft
  - Einheit: Urkilogramm
  - Körpereigenschaft

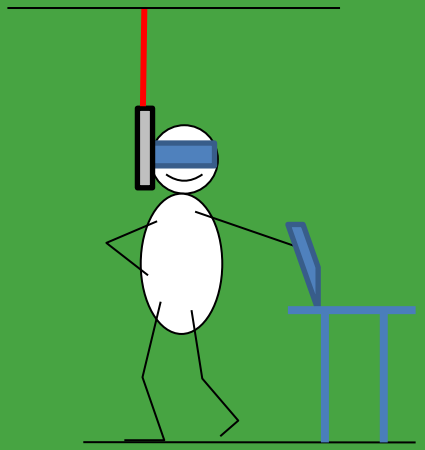
Wir nutzen Trägheit

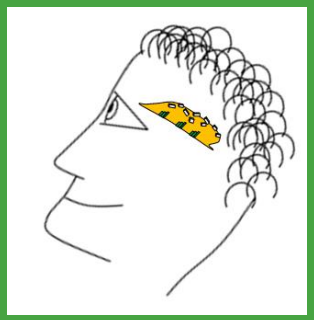
- SchülerInnen bringen Münze ins Glas
  - Glas unter Münze
  - Glas neben Münze
- Trägheitsprinzip: Ist ein Körper in Bewegung, dann bewegt er sich mit konstanter Geschwindigkeit in die gleiche Richtung weiter, solange keine Kraft auf ihn ausgeübt wird.
- Anwendungen
  - Hammer
  - Beschleunigungssensor: Modellversuch

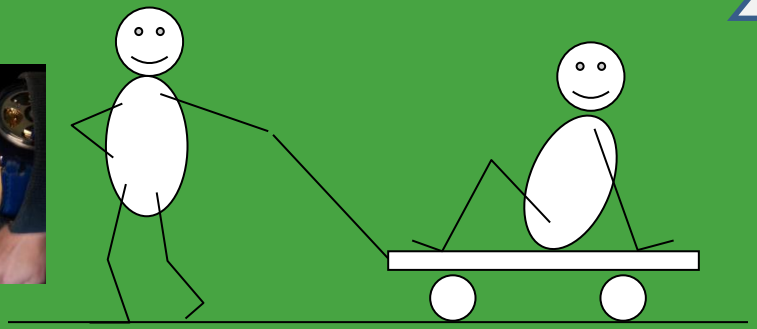


Wir stehen aufrecht

- SchülerInnen kompensieren Schräglage
  - Kompensierende Kraft auf Körper
  - Mit verschlossenen Augen
    - Gleichgewichtssinn spürt kleinste Schräglage
    - Modellversuch zum Maculaorgan
- SchülerInnen kompensieren Beschleunigung
  - Gleichgewichtssinn spürt kleinste Beschleunigung
- Gemeinsames Prinzip: Kraft auf Körper entgegen Macula-Verformung stabilisiert aufrechte Lage.



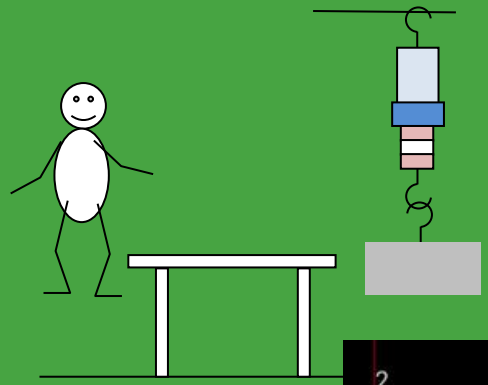




Wir erkunden Schwerkraft

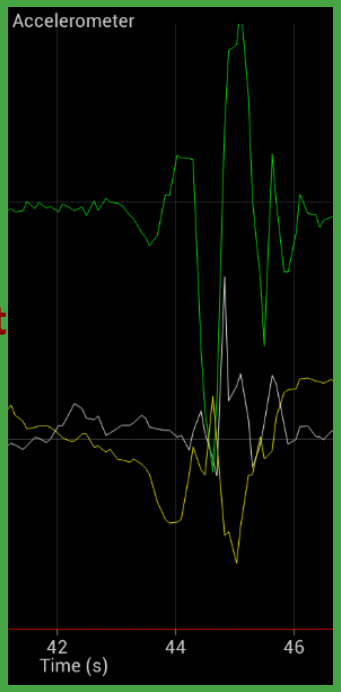
Massenabhängigkeit

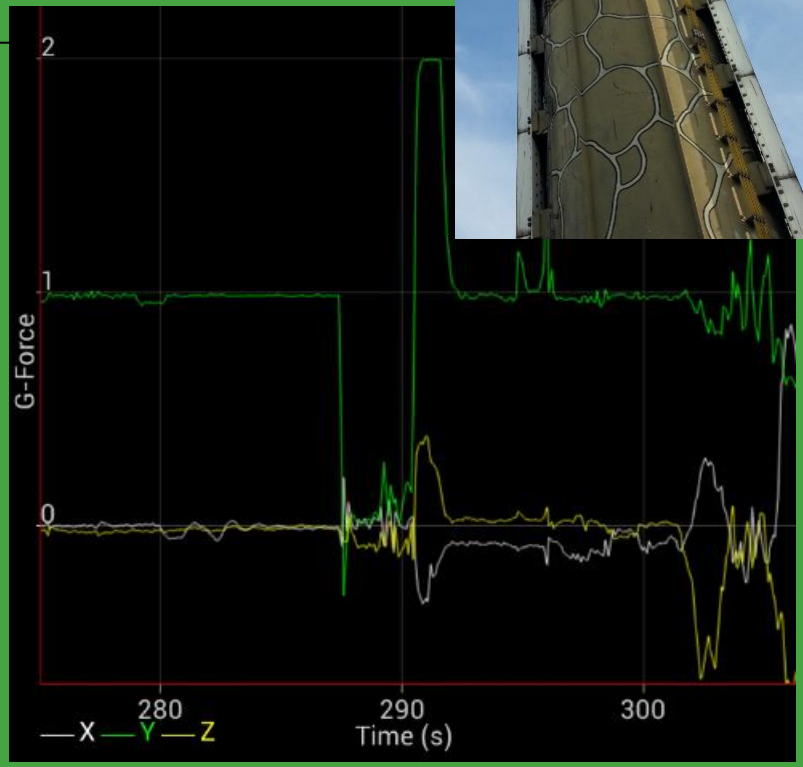
- Messung: F ~ m
- Ortsfaktor g = F/m = 9,8 N/kg
- Auf Mond: g = 1,6 N/kg
- Schwerkraftprinzip: 2 Massen nötig.



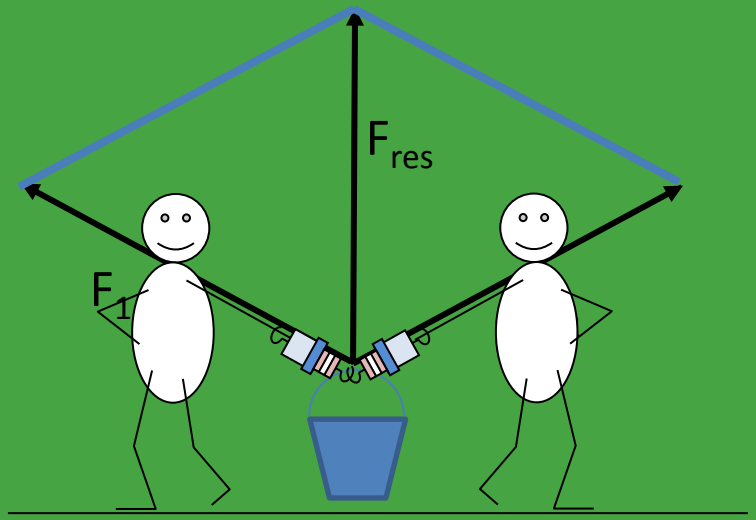
Fallen

- **Ruhender Fotograf: a=Δv/Δt>0**
- **Fallendes Smartphone: a = 0,**
- **Deutung:**
  - **Teile des Sensors fallen gleich**
  - **Keine Verformung → Keine Kraft**
  - **Zustand der Schwerelosigkeit**
- **Prinzipien**
  - **Bewegung des Beobachters wichtig**
  - **Beschleunigungssensor:**
  - **$\Delta a_{Fallen} = 1$**
  - **In Ruhe: a = 1**

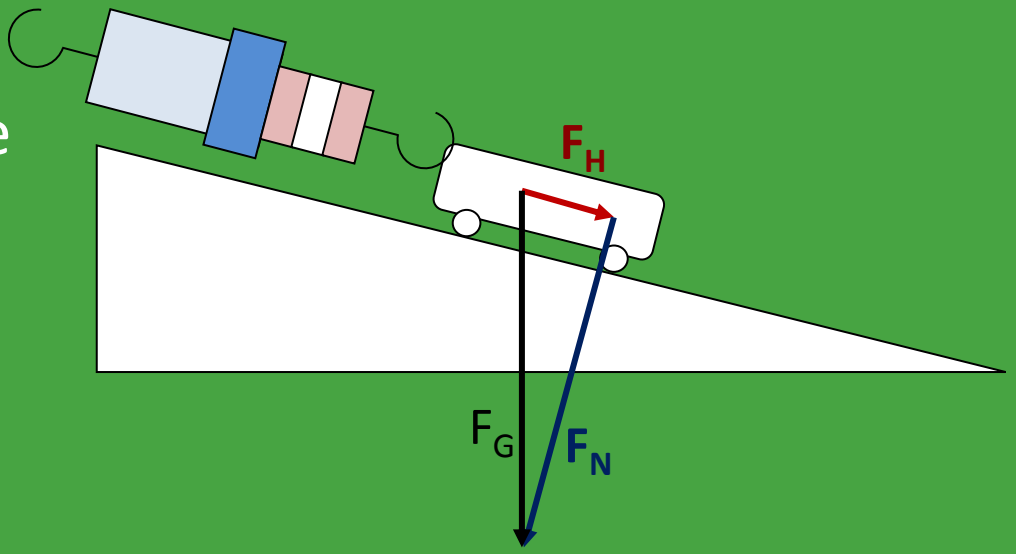




Wir kombinieren Kräfte

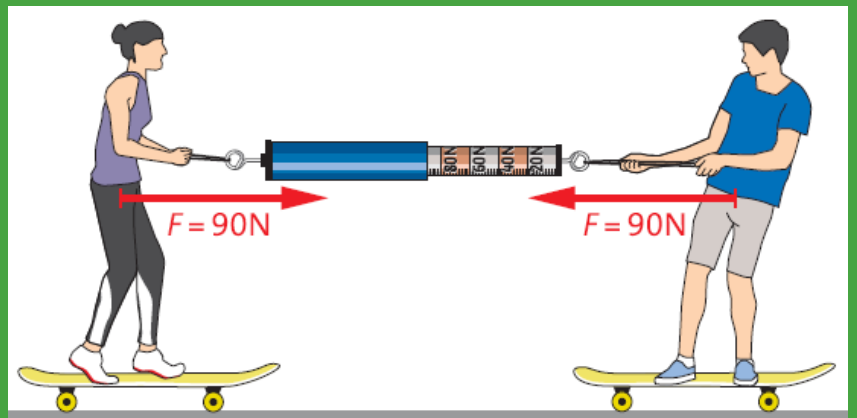


- Fallschirmsprung
  - v konstant → Kräftegleichgewicht
- SchülerInnen tragen Tasche
  - Parallel: $F_{res} = F_1 + F_2$
  - Kräfteparallelogramm
- SchülerInnen ziehen Wagen bergauf
  - Komponentenzerlegung



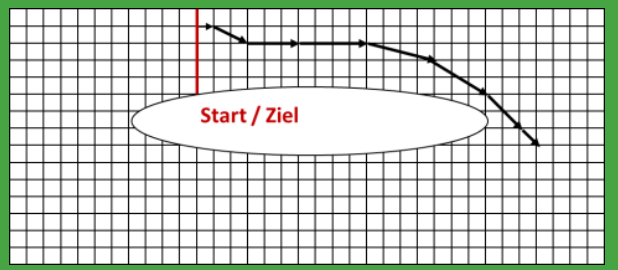
Wir starten Raketen

- SchülerInnen starten Rakete
  - Wasser abwärts beschleunigt
  - Kraft auf Wasser abwärts
  - Rakete aufwärts beschleunigt
  - Kraft auf Rakete aufwärts
- SchülerInnen vermuten
  - Beide Kräfte haben gleichen Betrag
  - Kontrollversuch → JA
- Wechselwirkungsprinzip
  - Wenn ein Körper A auf einen Körper B eine Kraft F ausübt, dann übt der Körper B auf den Körper A eine Kraft –F, die Gegenkraft, mit gleichem Betrag und entgegengesetzter Richtung aus.

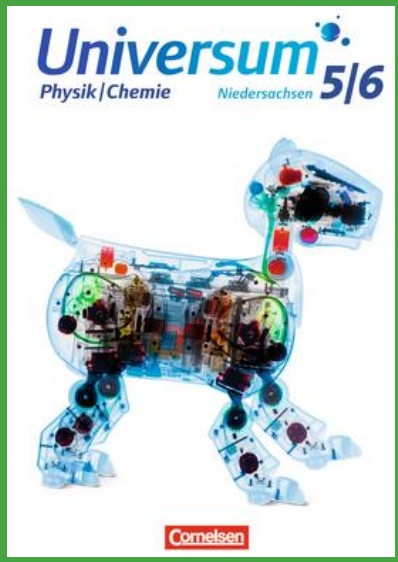


Zusammenfassung

- **Erfahrung aus dem Unterricht: Schüler …**
  - entwickeln experimentelle Kompetenz
  - entdecken Prinzipien, u. a. die drei genialen Newton‘sche Axiome propädeutisch
  - erleben, beobachten, spüren & deuten Beschleunigungen & Schwerelosigkeit ruhend & bewegt
  - erkunden Schwerkraft, aufrechten Gang, Gleichgewichtssinn, Kräftekombinationen, Komponentenzerlegung, Trägheit & Gegenkräfte
  - bauen & erkunden Balkenwaagen und Schraubenfedern
  - modellieren begeistert und professionell im Formel 1 Wettkampf
  - Optional: Reibung, Hebel, goldene Regel der Mechanik , Dichte
- Viele Schüler sind motiviert
  - Z. B. für Schülerprojekte, Jugend forscht …
- Passende Experimente machen den Unterricht
  - lebendig, gehaltvoll & lernwirksam



Universum, Cornelsen 2012/2013



- **3 Seiten: Verständliche Themendarstellung**
  - Sanfte Einstiege anhand Lebenswelt
  - Einleuchtende Bilder und Texte regen zu Entdeckungen an
  - Erklärungen
  - Merksätze
  - Aufgaben: Progressiv
- **+ 1 Seite: Aktivierendes Material**
  - Heimversuche
  - Lernmaterial mit Aufgaben: Vielseitig, binnendifferenzierend
- **Methodenseiten**
  - befähigen Schülerinnen & Schüler zu eigenständigem Handeln
  - Binnendifferenzierung
- **Blickpunkte**: Highlights, Vernetzung, Binnendifferenzierung, Zukunftsbedeutung
- Löser mit didaktischen Hinweisen
- Durch Binnendifferenzierung auch für Oberschulen zugelassen
- Band 7/8 Vorabdruck

Anhang: Formel 1

Hans-Otto Carmesin 2013

Formel 1 Rennen

Ein spannendes Spiel

Spielplan: Die Rennstrecke ist auf kariertem Papier dargestellt und enthält eine Startlinie, die zugleich Ziellinie ist (siehe Abb. 1). In der Mitte befindet sich ein unbefahrbares Oval. Man fährt im Uhrzeigersinn.

Gewinner: Das Spiel gewinnt, wer als erster das Oval im Uhrzeigersinn umfahren und die Ziellinie erreicht hat.

Anzahl der Spieler: 2-6

Altersstufe: 12-99

Spielfigur: Jeder Spieler markiert die aktuelle Position seines Rennautos durch ein Kreuz seiner Farbe.

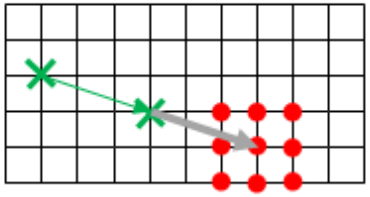
Spielfelder: Erlaubte Felder sind die Kreuzungspunkte des Karogitters auf dem Spielplan. Wer die erlaubten Felder verlässt, hat sofort verloren und kann nicht mehr ziehen.

Startspieler: Zunächst würfeln die Spieler. Wer die größte Zahl hat, ist Startspieler. Bei gleich großen Zahlen entscheidet ein Stechen.

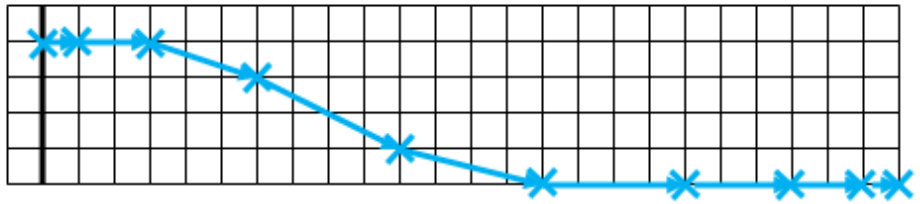
Zugfolge: Die Spieler ziehen beginnend mit dem Startspieler im Uhrzeigersinn entsprechend ihren Sitzplätzen.

Startpositionen: Jeder Spieler wählt eine Startposition auf der Startlinie und platziert dort sein Fahrzeug in Form seines Kreuzes. Dabei wählen die Spieler in der Zugfolge unter den noch freien Startplätzen aus.

Geschwindigkeitspfeil: Am Anfang hat der Geschwindigkeitspfeil die Länge null.
Ansonsten zeichnet man einen Pfeil von der vorherigen zur aktuellen Position, den Geschwindigkeitspfeil.
Beispielsweise fuhr das grüne Auto nach rechts unten.



Zug: Bei einem Zug trägt man zunächst in Gedanken oder vorübergehend mit Bleistift den Geschwindigkeitspfeil an den aktuellen Standort an. Beispielsweise erreicht das grüne Auto so in Gedanken den Platz, der drei Felder weiter rechts und einen Platz weiter unten ist. Nun entscheidet der Spieler:
Wenn er rollen lässt, nimmt er den in Gedanken gefundenen Platz ein.
Wenn er beschleunigt, bremst und/oder lenkt, dann nimmt er einen der umliegenden 8 Plätze ein.
So kann der Spieler also einen der 9 rot markierten Plätze wählen.
Eine mögliche Fahrtstrecke ab der Startlinie ist für das blaue Auto dargestellt.



Das blaue Auto hat in den ersten vier Zügen beschleunigt und teils gelenkt, rollte und lenkte in den nächsten zwei Zügen und hat in den letzten drei Zügen gebremst.

Unfall: Wenn zwei Autos zur gleichen Zeit auf dem gleichen Feld stehen, so kommt es zum Unfall. Beide haben dann sofort verloren und können nicht mehr ziehen.

Fortgeschrittene: Erfahrene Spieler können die Rennbahn in Abb. 1 variieren und/oder mit mehr als sechs Spielern starten.

Hintergrund: Das Spiel entspricht den Newton'schen Axiomen.

© Hans-Otto Carmesin

Anhang: Formel 1

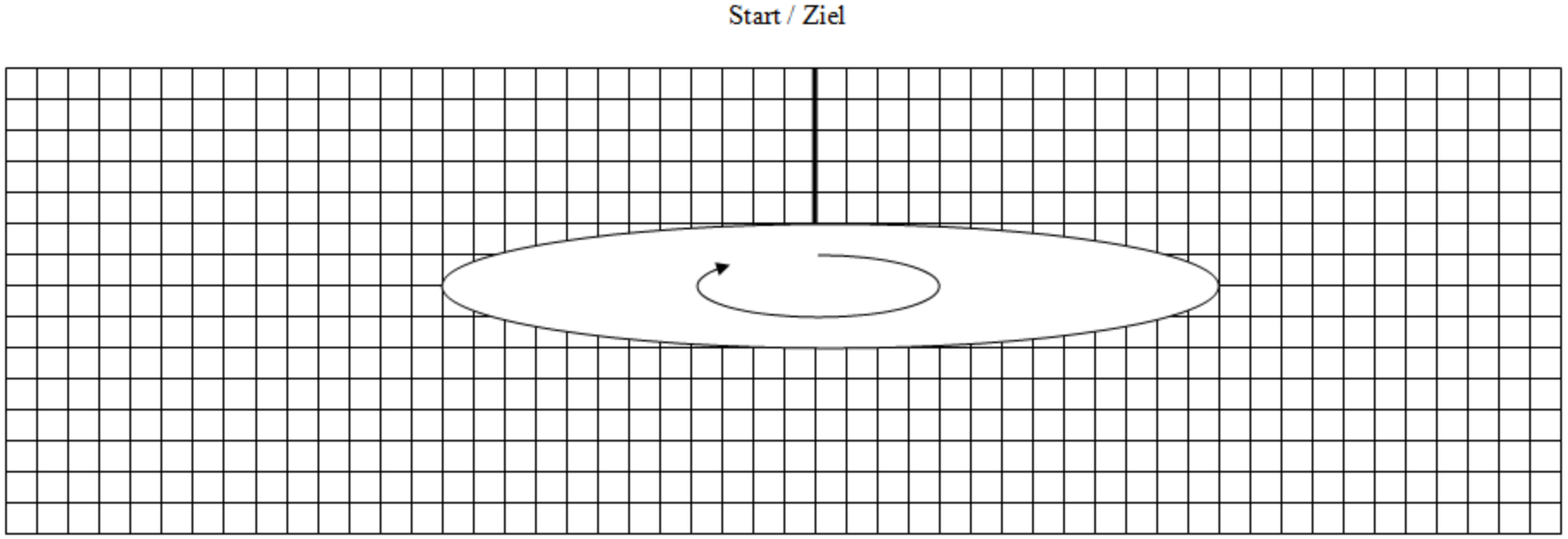


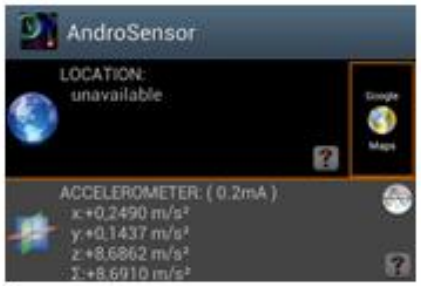
Abb. 1: Rennbahn

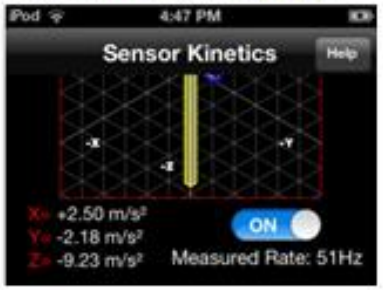
© Hans-Otto Carmesin

Anhang: Physikalische Messungen mit dem Smartphone

Infoblatt, Klasse 10, Dr. Carmesin, 2013

Wie messe ich die Beschleunigung mit dem Smartphone?





Zuerst lade ich eine passende App herunter:

- „AndroSensor" für Android zeigt den Betrag a sowie die drei Komponenten a_x, a_y und a_z in m/s^2 als Zahlen an.
- „Physic Toolbox Accelerometer" für Android zeigt den Betrag a sowie die drei Komponenten a_x, a_y und a_z in g als Graph an.
- „Sensor Kinetics" für iOS zeigt die drei Komponenten ax, ay und az in m/s^2 als Zahlen an.

So mache ich einen Screenshot beim Galaxy S4:

- Ich drücke Ein- und Hometaste gleichzeitig.
- Ich rufe die Galerie auf.

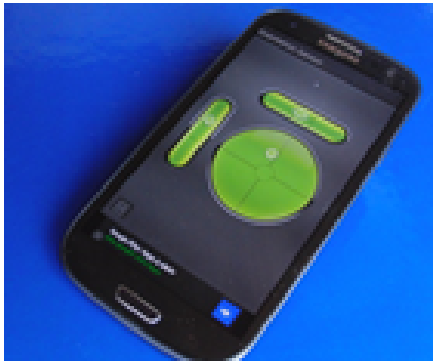
So zeichne ich mit Physics Toolbox Daten auf:

- Ich wähle „Record"
- Ich wähle „Stop"
- Ich wähle Email und versende oder speichere die Daten

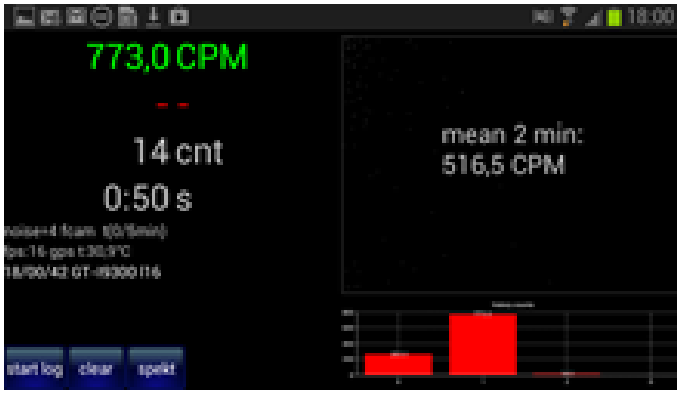
Anhang: Physikalische Messungen mit dem Smartphone

Applets für physikalische Messungen

Andro sensor
Beschleunigung
Winkelgeschwindigkeit
Licht
Magnetfeld/magnetische Flussdichte
Orientierung
Luftdruck
Schall
Entfernung



Android Sensor Box
Beschleunigung
Winkelgeschwindigkeit
Licht
Magnetfeld/magnetische Flussdichte
Wasserwaage/Orientierung
Luftdruck
Schall
Entfernung

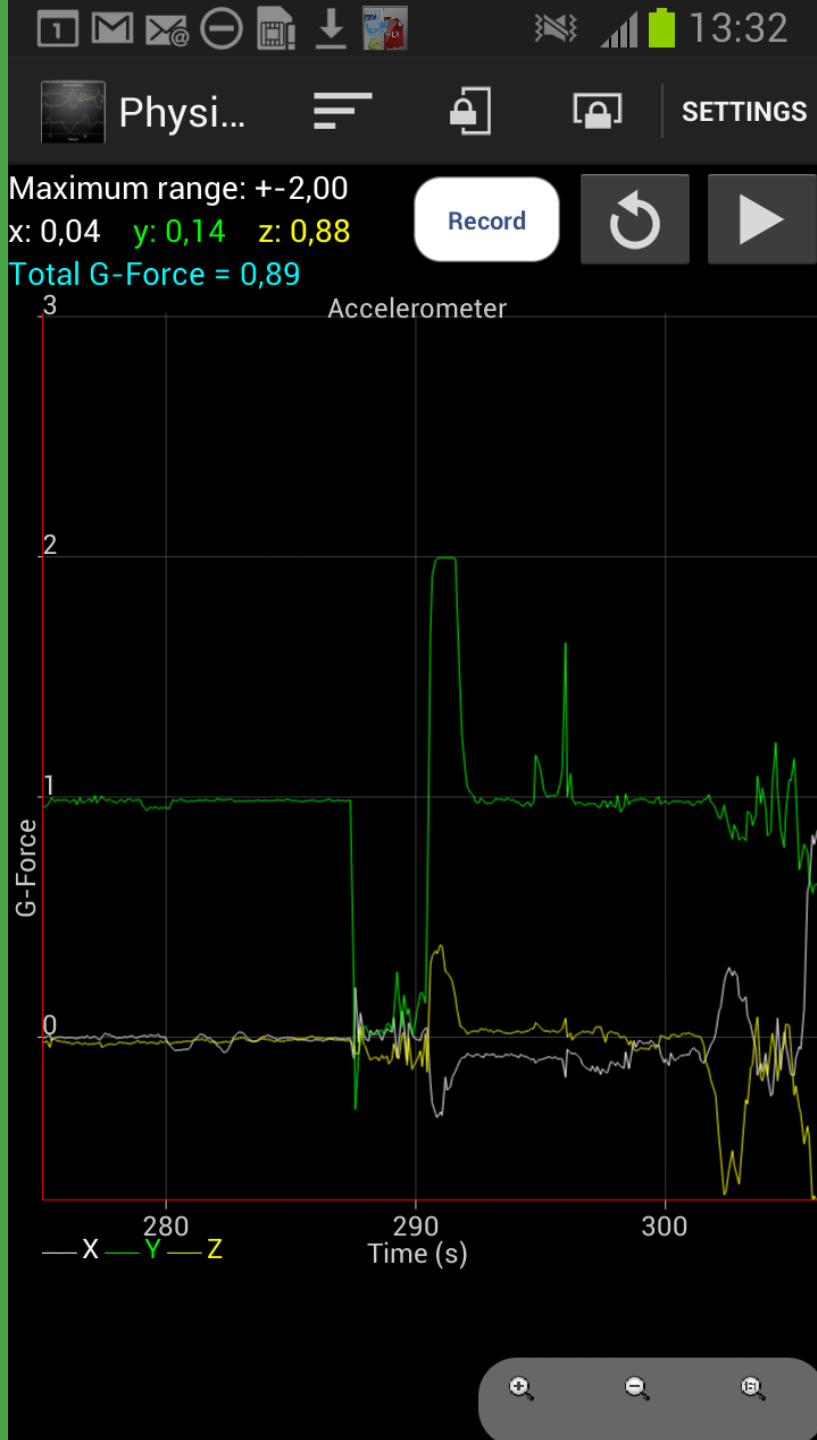


Radioaktivitätszähler

Anhang: Physikalische Messungen mit dem Smartphone

Physics Tollbox Accelerometer

Graph zur Beschleunigung



Anhang: Physikalische Messungen mit dem Smartphone

Physics Tollbox Gyroscope

Graph zur Winkelgeschwindigkeit