Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler

Experimente mit dem Smartphone

Experimentelle Mechanik Wintersemester 2019/20

Steffen Mittelmann

Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler

Das Smartphone

https://www.apple.com

https://www.movertix.com

https://www.o2online.de

Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler

Das Smartphone

Sensoren

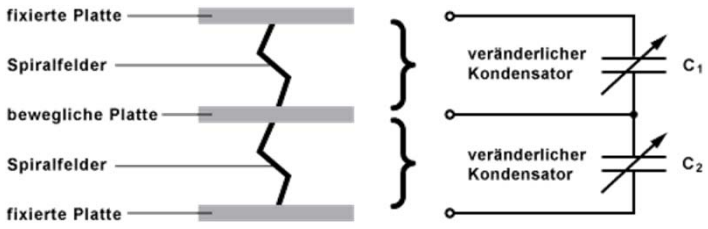
- Beschleunigungssensor
- Gyroskop
- Magnetfeldsensor
- Drucksensor
- Näherungssensor
- Luftfeuchtigkeitssensor
- Temperatursensor
- Lichtsensor (Kamera)
- GPS
- Bluetooth
- NFC
- ...

https://de.wikipedia.org/wiki/Modulares_Smartphone

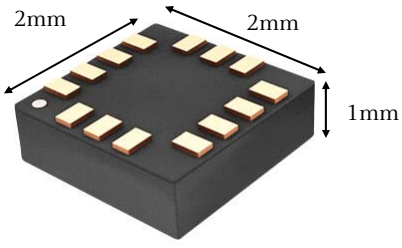
Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler

Beschleunigungssensor



https://www.elektronik-kompendium.de/sites/bau/1503041.htm



https://www.reichelt.de

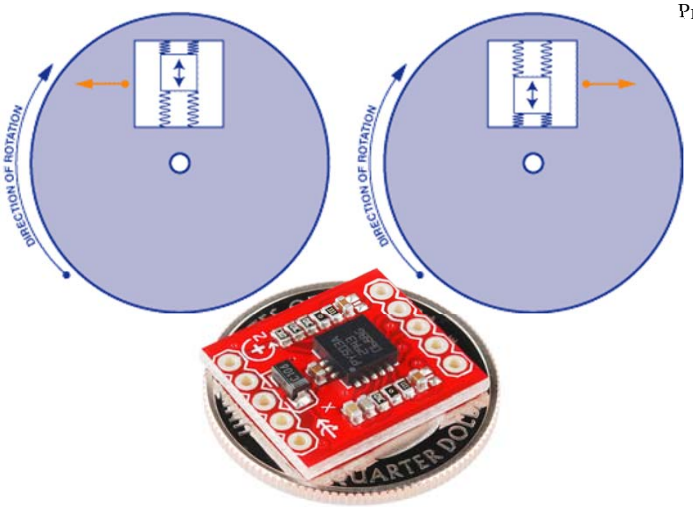
17.10.2019 Experimentelle Mechanik Wintersemester 2019/20

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler

Gyroskop

MEMS-Gyroskop

- MEMS: mikroelektromechanisches System
- Messung der Winkelgeschwindigkeit
- Testmasse bewegt sich im Kondensator



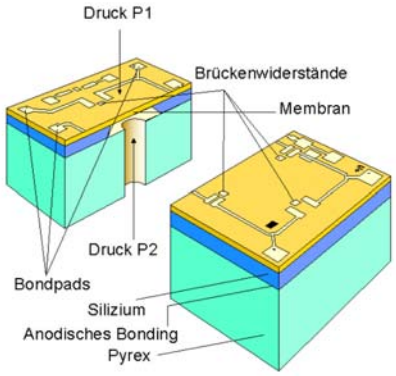
https://learn.sparkfun.com/tutorials/gyroscope/all

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler

Luftdrucksensor

Funktion
- 12 µm Membran
  5 µm Hohlraum
- Luftdruck ändert Verbiegung
- Wiederstand ändert sich bei Verspannung

Verwendung
- Indoor-Navigation
- Höhenmessung
- Wettervorhersage



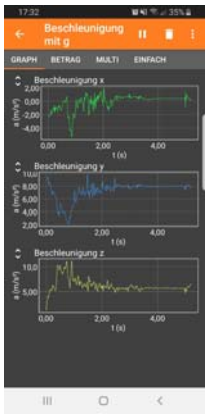
https://www.amsys.de/

https://www.mikrocontroller.net/topic/438371

Heinrich Heine Universität Düsseldorf

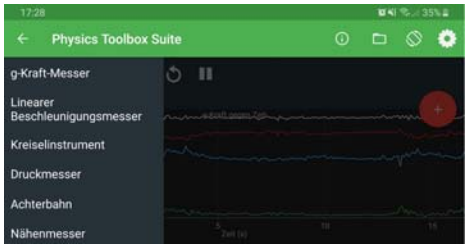
Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler

Software



phyphox
physical phone experiments

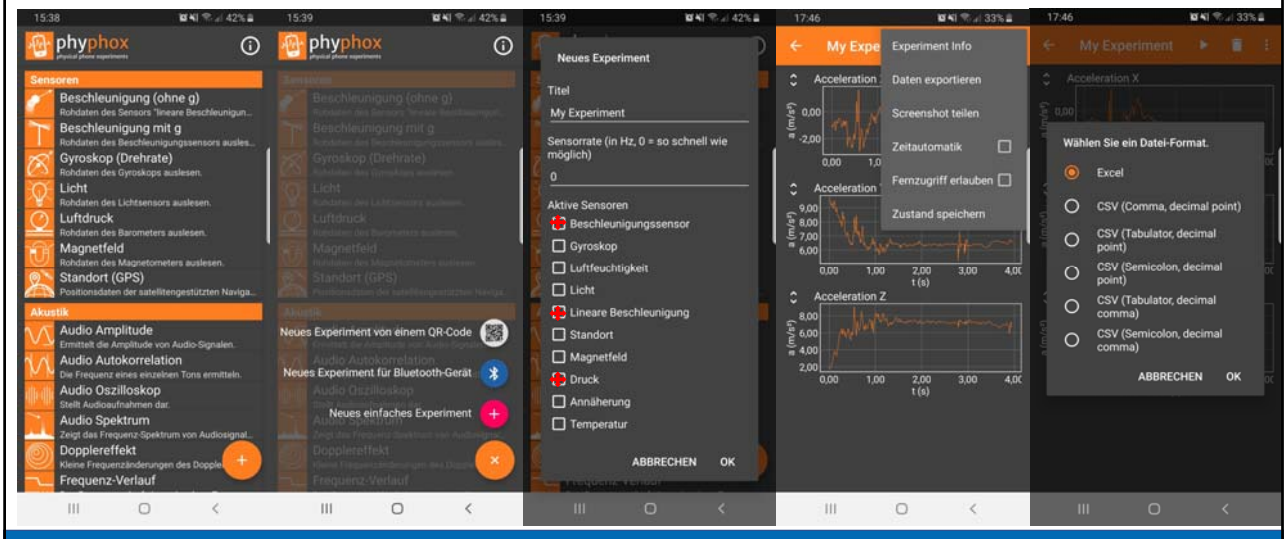
Suite



phyphox.org

Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler



17.10.2019 Experimentelle Mechanik Wintersemester 2019/20

Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler

Bitte das Smartphone beim Experimentieren nicht zerstören!

Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler

Aufzugsexperiment

Beschleunigung im Aufzug

Sensoren: Beschleunigungssensor, Luftdrucksensor (falls vorhanden)

- Das Smartphone ruhig auf dem Boden platzieren
- Datenaufnahme starten und eine Fahrt nach oben und eine nach unten machen
- Berechnung der Geschwindigkeit und Höhe
- Berechnung des „Rucks“ (siehe Vorlesung: $j<2 m/s^3$)
- **Tipp:** Sensorrate nicht zu hoch! (≈10 Hz)
- Z.B. Excel, OpenOffice Calc, MATLAB, Octave oder Origin zur Datenauswertung

17.10.2019 Experimentelle Mechanik Wintersemester 2019/20

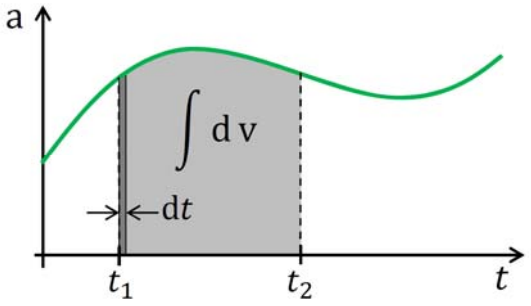
Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler

Aufzugsexperiment

Beschleunigung: $a(t)$ → Sensordaten

Geschwindigkeit: $v(t) = \int a(t)dt$



Skript Experimentelle Mechanik 2019/20 Prof. Pretzler

Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler

Aufzugsexperiment

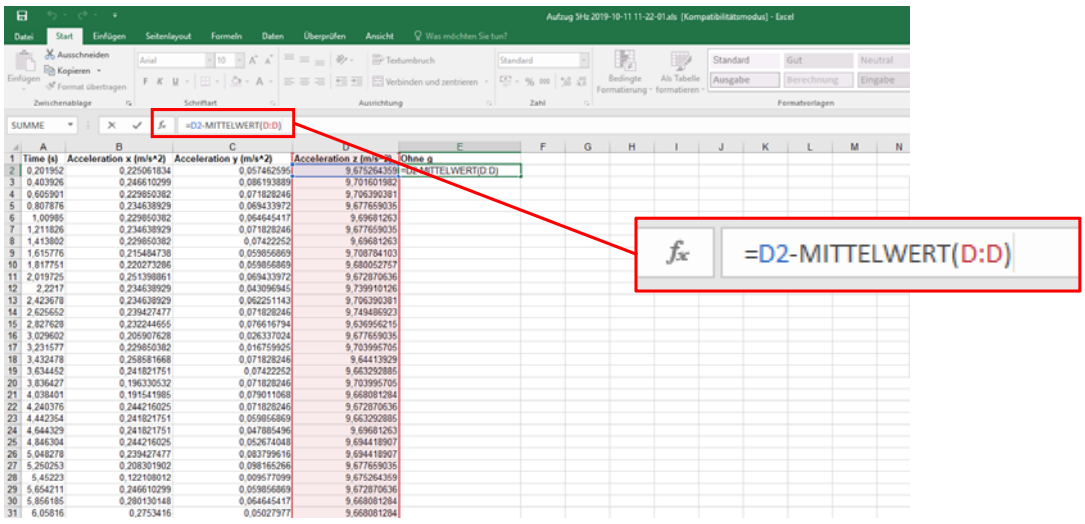
Beschleunigung: $a(t)$ → Sensordaten

Geschwindigkeit: $v(t) = \int a(t)dt$ → $v_i = \sum_{i=1}^{N} a_i \cdot \Delta t$ $\quad \Delta t = t_i - t_{i-1}$

17.10.2019 Experimentelle Mechanik Wintersemester 2019/20

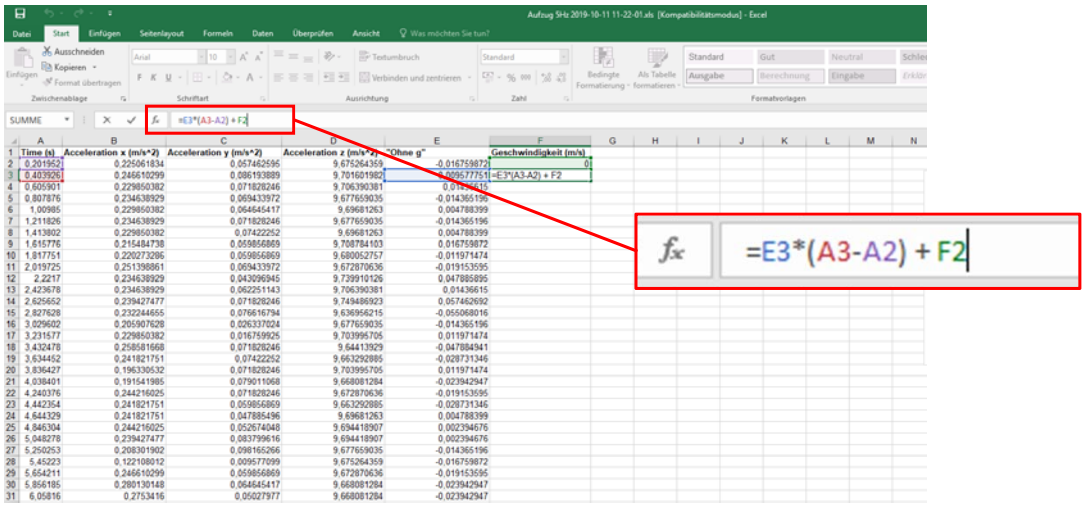
Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler



Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler



17.10.2019 Experimentelle Mechanik Wintersemester 2019/20

Heinrich Heine Universität Düsseldorf

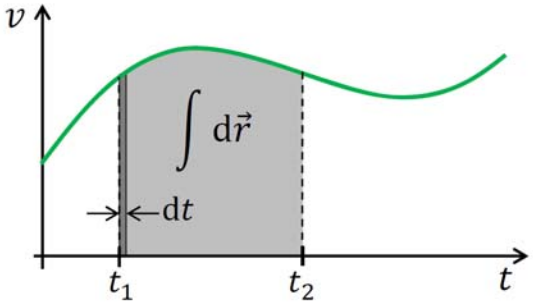
Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler

Aufzugsexperiment

Beschleunigung: $a(t)$ → Sensordaten

Geschwindigkeit: $v(t) = \int a(t)dt$

Position (Höhe): $z(t) = \int v(t)dt$



Skript Experimentelle Mechanik 2019/20 Prof. Pretzler

Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler

Aufzugsexperiment

Beschleunigung: $a(t)$ → Sensordaten

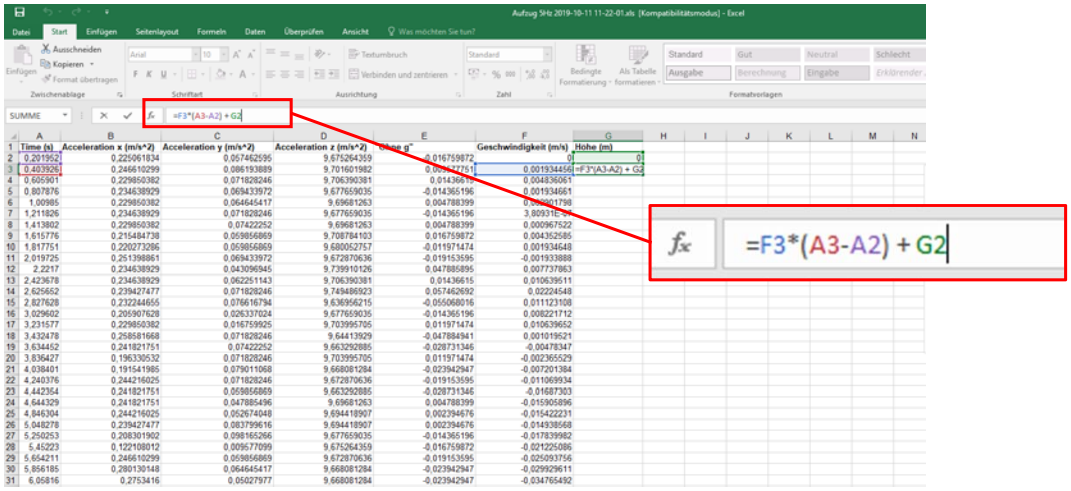
Geschwindigkeit: $v(t) = \int a(t)dt$

Position (Höhe): $z(t) = \int v(t)dt$ → $z_i = \sum_{i=1}^{N} v_i \cdot \Delta t \qquad \Delta t = t_i - t_{i-1}$

17.10.2019 Experimentelle Mechanik Wintersemester 2019/20

Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler



Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler

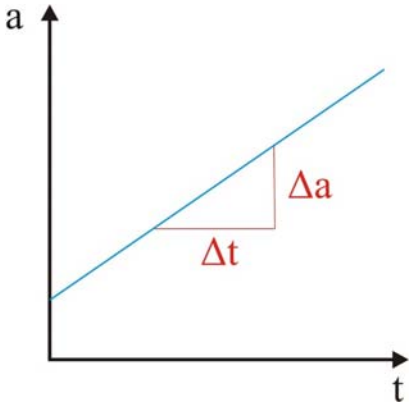
Aufzugsexperiment

Beschleunigung: $a(t)$ ⟶ Sensordaten

Geschwindigkeit: $v(t) = \int a(t)dt$

Position (Höhe): $z(t) = \int v(t)dt$

Ruck: $j(t) = \frac{da(t)}{dt}$



Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler

Aufzugsexperiment

Beschleunigung: $a(t)$ → Sensordaten

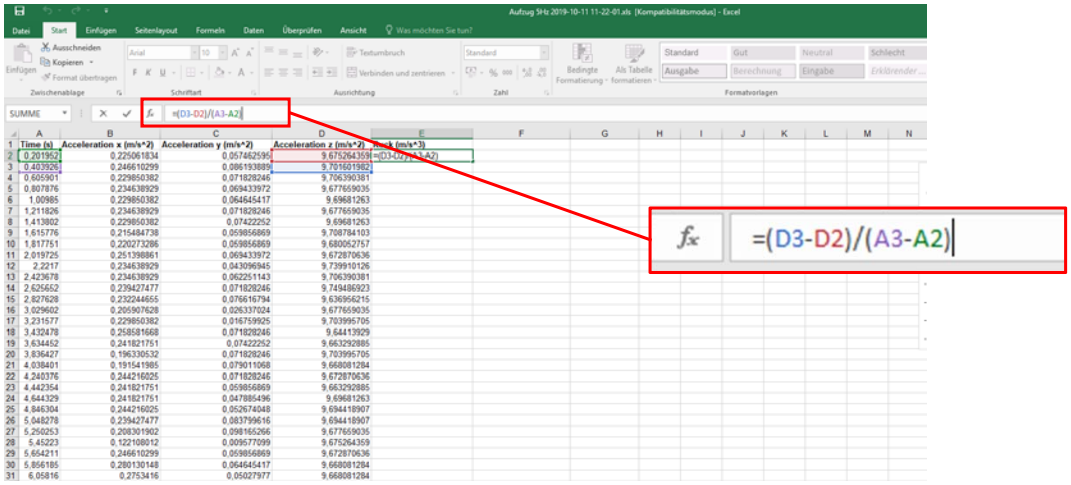
Geschwindigkeit: $v(t) = \int a(t)dt$

Position (Höhe): $z(t) = \int v(t)dt$

Ruck: $j(t) = \frac{da(t)}{dt}$ → $j_i = \frac{a_i - a_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}$

Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler



17.10.2019 Experimentelle Mechanik Wintersemester 2019/20

Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler

Aufzugsexperiment

Höhenmessung mit Drucksensor

Internationale Höhenformel in Standardatmosphäre

Temperatur: $15°C = 288{,}15K$

Luftdruck: $1013{,}25\ hPa$

Temperaturgradient: $0{,}0065\ \frac{K}{m}$

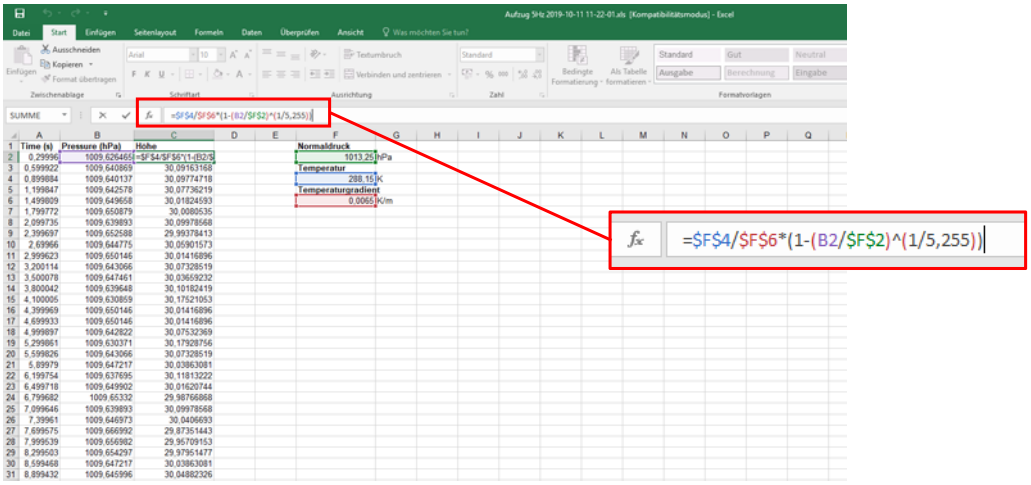
$$p(h) = 1013{,}25hPa \cdot \left(1 - \frac{0{,}0065\frac{K}{m} \cdot h}{288{,}15K}\right)^{5{,}255}$$

$$\longrightarrow h = \frac{288{,}15K}{0{,}0065\frac{K}{m}} \cdot \left(1 - \left(\frac{p(h)}{1013{,}25hPa}\right)^{\frac{1}{5{,}255}}\right)$$

https://de.wikipedia.org/wiki/Barometrische_Höhenformel

Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Institut für Laser- und Plasmaphysik
Prof. Pretzler



17.10.2019 Experimentelle Mechanik Wintersemester 2019/20