

# Phyphox – Experimente mit dem Smartphone

Christian Radicke  
Berufliche Schule an der  
Universitätsmedizin Greifswald  
November 2021





Dein Smartphone ist ein mobiles Labor.

**RWTHAACHEN**  
UNIVERSITY

Kostenlos runterladen:



Folge uns:    

# Sensoren im Smartphone

- |                             |                                    |
|-----------------------------|------------------------------------|
| • Position (GPS , Galileo)  | Navigation                         |
| • Beschleunigung (x, y, z)  | Spiele, Navigation                 |
| • Gyroskop (Rotation)       | Spiele, Navigation                 |
| • Lichtstärke               | Displayhelligkeit, Kamera          |
| • Magnetisches Feld (x,y,z) | Kompass, Navigation                |
| • Luftdruck                 | Navigation (Höhe)                  |
| • Näherungssensor           | Displayabschaltung am Kopf         |
| • Schallpegel               | Telefonie Lautstärkeregelung       |
| • Temperatur                | intern: regelt Ladung und CPU-Takt |
| • Luftfeuchtigkeit          | intern: Schutzabschaltung          |

**Achtung:** Ausstattung von verschiedenen Smartphones mit Sensoren ist nicht identisch, Testen der Ausstattung mit App, z.B. AndroSensor

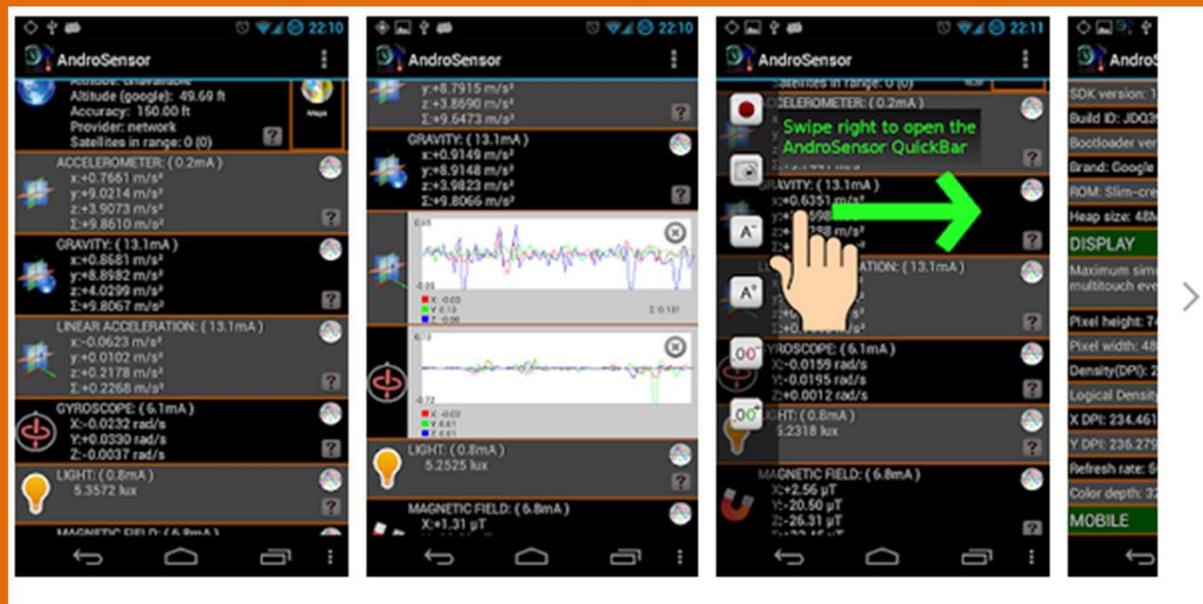
**Regel:** je teurer, desto mehr Sensoren sind eingebaut

**2021:** Trend zu größeren Displays und leistungsfähigen Kameras, spezielle Sensoren (Luftdruck) sind Exoten

# Sensoren erkunden



## AndroSensor (nur für Android):



Positiv: Anzeige und Erklärung der Sensoren,  
Info über Hardware , Messbereiche, Empfindlichkeit/Genauigkeit  
einfaches Daten-Recording möglich

Negativ: eingeblendete Werbung

# AndroSensor



## Einstellungen anpassen

**AndroSensor**  
Entfernung Einheit  
Metrisch (cm/m)

**GYROSKOP**  
rad/s

**Temperatureinheit**  
Celsius

**Leuchtkraft Einheit**  
lux

**Luftdruck-Einheit**  
hPa

**Location**  
n.n° N/S - e.e° W/E

**Accelerometer coords**  
Device coords

Einheiten

**Update Interval**

Langsam

Normal

Schnell

Sehr schnell

0.1 sec

0.5 sec

1 sec

5 sec

15 sec

ABBRECHEN

Messintervall

**Barometer Altitude**

Disabled

Sea-level pressure  
from webservice  
(openweathermap.org)

Current height to zero  
(height diff mode)

Sea-level pressure  
fixed 1013hpa

ABBRECHEN

Luftdruck-Basiswert

# Phyphox



phyphox

RWTH Aachen University Lernen

★★★★★ 2.111

USK ab 0 Jahren

Diese App ist mit allen deinen Geräten kompatibel.

Installiert



Wusstest du, dass du stets ein 3D-Magnetometer mit dir herumträgst? Dass dein Smartphone als Pendel die lokale Erdbeschleunigung messen kann? Dass man dein Smartphone als Sonar nutzen kann?

Kostenlos für Android  
und für IOS (Apple)

# Webseite <https://phyphox.org>

**phyphox**  
physical phone experiments

News Download Experimente Forum Mehr | Deutsch

## Experimente

### Featured

**Freier Fall**  
Smartphone-Experiment: Fr...  
Freier Fall

**Geschwindigkeit eines Aufzugs**  
Smartphone-Experiment: G...  
Geschwindigkeit eines Aufzugs

### Experiment-Liste

Experimente mit Video-Anleitungen  
Experimente mit Schulmaterialien  
Liste aller Experimente

Wir nehmen auch gerne Arbeitsblätter, neue Experimente oder Ähnliches auf, die wir nicht selbst erstellt haben. Die einzige Bedingung ist, dass das jeweilige Arbeitsblatt einer Creative Commons-Lizenz unterliegt, die diese Verwendung zulässt und dass diese Lizenz deutlich erkennbar ist. Das Material bitte einfach per Mail an [phyphox@phyphox.org](mailto:phyphox@phyphox.org) schicken.

### SOCIAL MEDIA

Suche...

### NEUE BEITRÄGE

- Strom mithilfe einer Spule messen
- Smartphone-Experimente auf dem Spielplatz
- Version 1.0.16: Japanische Übersetzung
- Lissajous-Figuren
- Version 1.0.14: Portugiesische Übersetzung

### ARCHIVE

- März 2019
- Februar 2019
- Januar 2019
- November 2018
- Oktober 2018
- September 2018
- August 2018
- Juni 2018
- April 2018
- März 2018
- Februar 2018
- Januar 2018
- Dezember 2017
- November 2017
- September 2017
- August 2017
- Juli 2017
- Juni 2017
- Mai 2017
- April 2017
- März 2017
- Februar 2017
- Januar 2017
- Dezember 2016
- November 2016
- Oktober 2016
- September 2016
- August 2016

- Video-Anleitungen
- Teilweise mit Schulmaterial
- Forum zum Austausch
- Datenbank für Smartphones mit Sensorausstattung
- Programmierumgebung

# Smartphone Datenbank

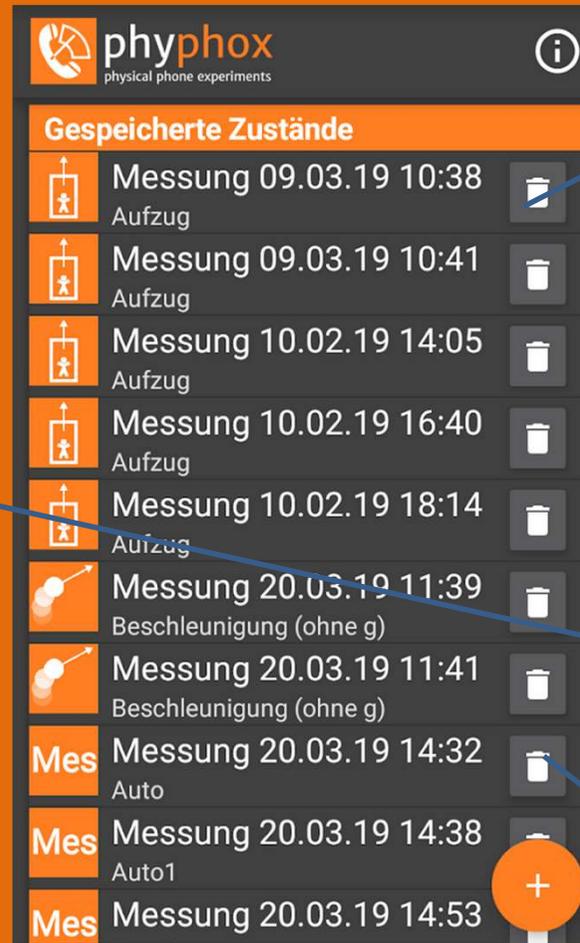
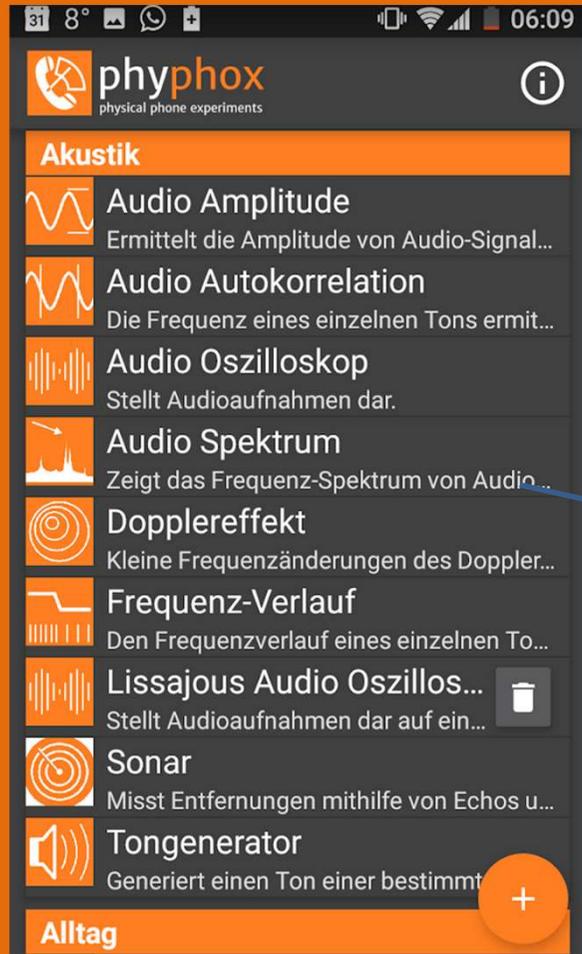
- <https://phyphox.org/sensordb/>
- Enthält Daten zu Sensoren in Smartphones
- werden freiwillig von Usern generiert und übertragen
- Zur Suche ist der genaue Typcode des Telefones erforderlich:  
*Einstellungen-System-Über das Telefon*  
für mein Sony Xperia: F5321
- Wichtig bei der Vor-Auswahl eines neuen Smartphones

Welcome to our sensor database. The information presented here has been collected by our users using the "Submit to sensor database" experiment. You can see how the data is obtained at the bottom of this page and general statistics across all devices [here](#).

Our database contains a total of **1908** devices, submitted by **11250** users. Last update was on 2020-11-04 03:28:48 (UTC) and took 527 seconds.

Manufacturer	Model	Sample size	Variants	Accelerometer			Acceleration (without g)			Gyroscope			
				Available	Rate	Average	Std Dev	Available	Rate	Std Dev	Available	Rate	Std Dev
Sony	F5321	18	1	✓	200.0 Hz	9.712 m/s <sup>2</sup>	0.021 m/s <sup>2</sup>	✓	200.0 Hz	0.013 m/s <sup>2</sup>	✓	200.0 Hz	0.0023 rad/s

# App auf dem Smartphone



Eigene Versuchsdaten mit  
Zeitstempel

Liste der Experimente,  
sortiert nach Thema

Löschen von Daten  
und eigenen  
Experimenten

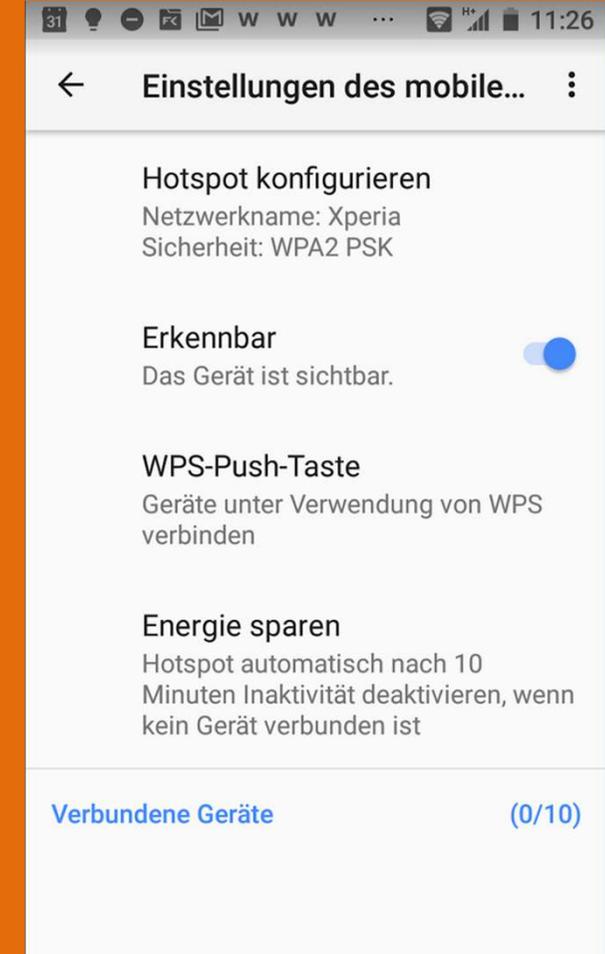
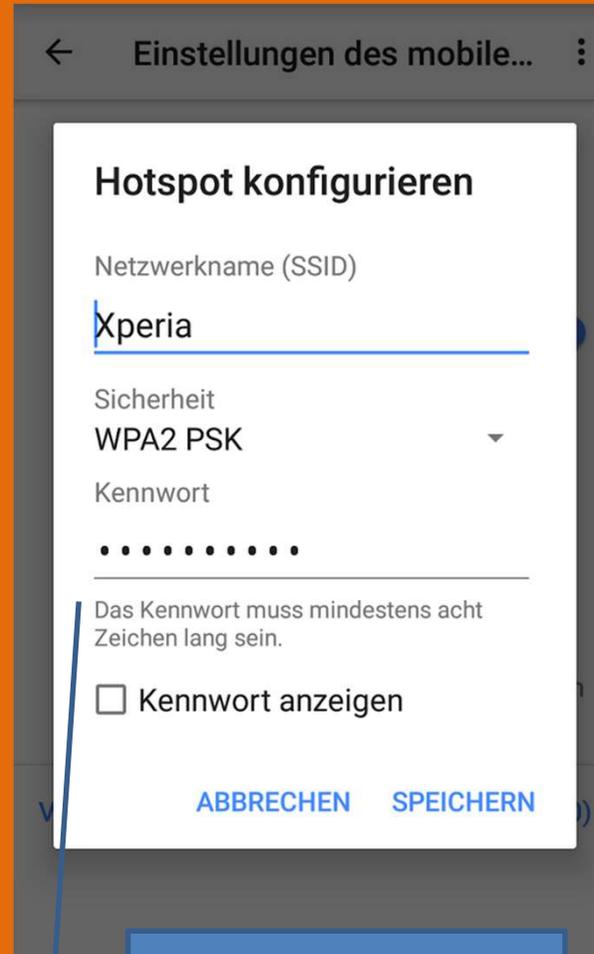
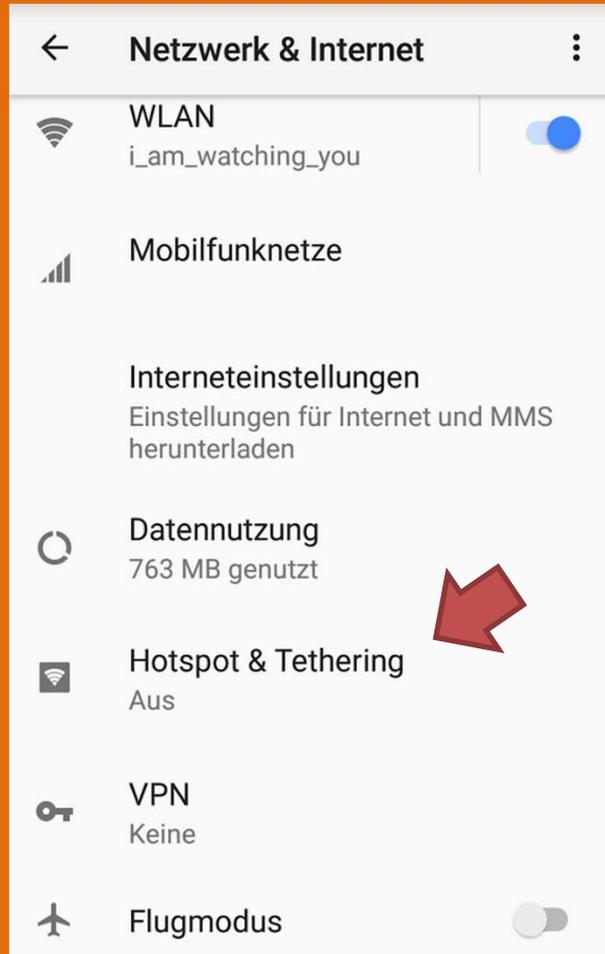
# Versuchsplanung

- Auswahl, Zubehör beschaffen
  - Einrichten
  - Durchführung
  - Datenspeicherung und Weiterverarbeitung
- 
- Testen!

# Allgemeines Vorgehen/Checkliste

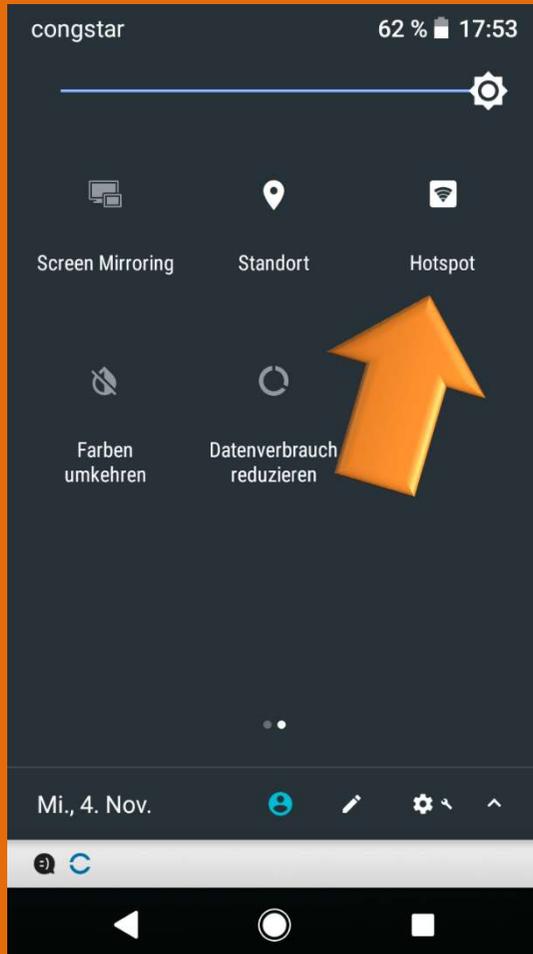
- Display-Abschaltzeit im Smartphone hochsetzen  
10 – 30 min - sonst bricht evtl. Verbindung im Experiment ab
- Benachrichtigungen anderer Apps möglichst ausschalten
- PC und Smartphone im gleichen WLAN-Netz verbinden  
Tethering vom Smartphone oder eigenes Netzwerk vom Windows-PC
- App starten, Versuch auswählen
- Für Projektion am PC: Fernzugriff erlauben  
IP Adresse für PC Browser wird angezeigt
- Im PC-Browser IP Adresse eingeben (Anzeige wird gespiegelt)
- Experiment starten / beenden (am Smartphone oder über PC-Browser)
- Daten live anzeigen
- Daten lokal in App speichern
- Übertragung der Daten auf PC als Excel- oder csv-Datei
- Daten am PC auswerten (z.B. mit Excel Diagramme erzeugen)

# Kein gemeinsames WLAN: Tethering nutzen



nur einmalig  
notwendig

# Tethering Schnellzugriff

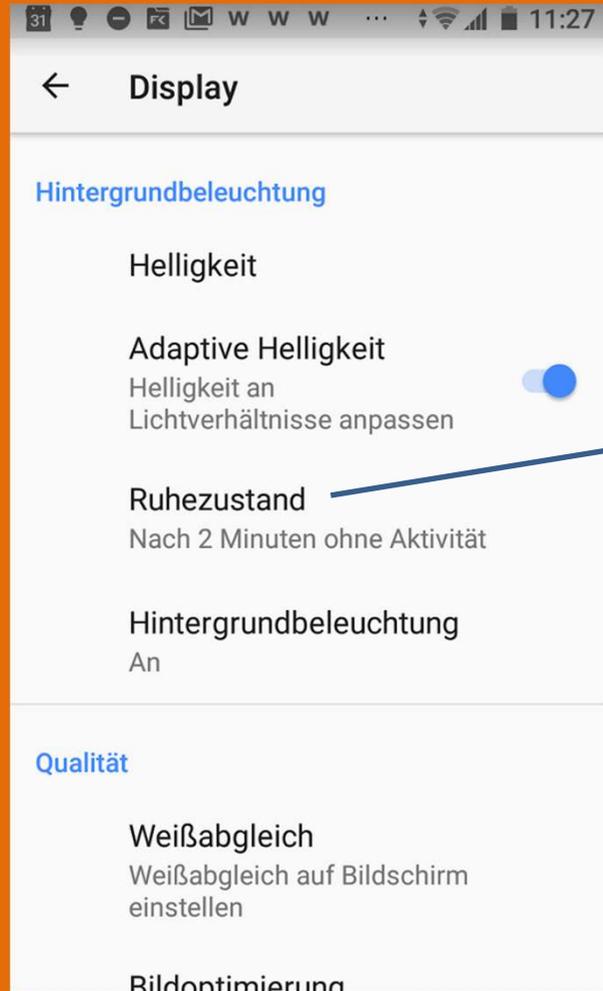


Unter Einstellungen  
der Statusleiste  
aktivieren

Anzeige als Symbol  
in der Statusleiste

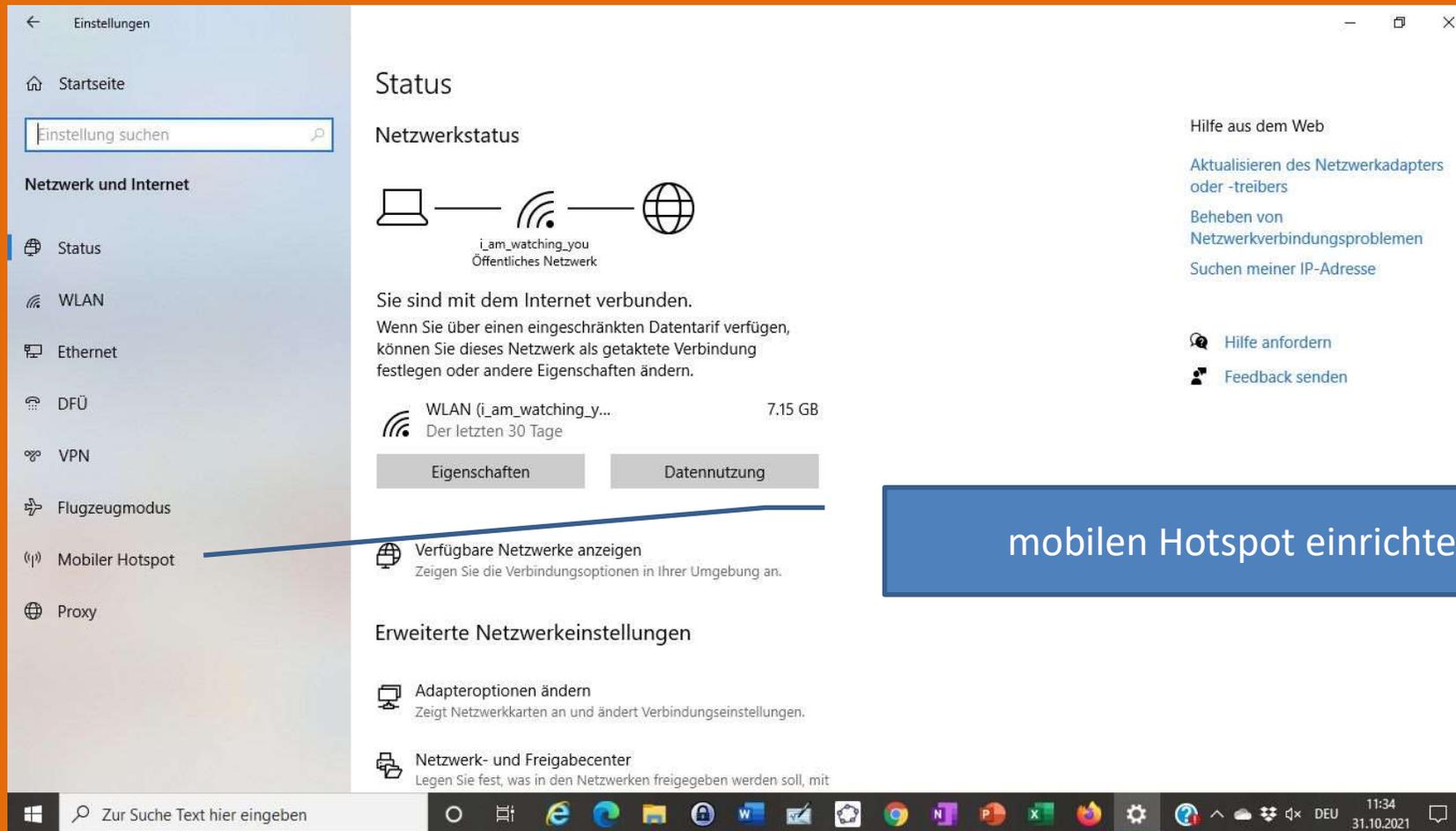


# Wichtig: Display aktivieren



Zeit für Ruhezustand  
erhöhen: 30 min  
empfohlen

# Win10 Hotspot



Einstellungen: Netzwerk und Internet

# Win10 Hotspot

The screenshot shows the Windows 10 'Mobile Hotspot' settings page. On the left is a navigation pane with 'Einstellungen', 'Startseite', a search bar, and a list of network-related settings. The main area is titled 'Mobiler Hotspot' and contains several sections: a toggle for 'Meine Internetverbindung für andere Geräte freigeben' (set to 'Ein'), a dropdown for 'Eigene Internetverbindung freigeben von' (set to 'WLAN'), and radio buttons for 'Meine Internetverbindung freigeben über' (set to 'WLAN'). Below this are fields for 'Netzwerkname' (PC\_HP) and 'Netzwerkkenwort' (12345678) with a 'Bearbeiten' button. A table shows 'Verbundene Geräte' with one device listed. At the bottom, there is a section for 'Energiesparmodus'. On the right side of the screenshot, five blue callout boxes with white text are connected to the settings by blue lines: 'Einschalten' points to the toggle, 'Verbindung wählen' points to the dropdown, 'Hotspot einrichten' points to the network name and password fields, and 'Übersicht' points to the connected devices table. A fifth box, 'Einschalten', is also present at the top right of the callout area.

**Einstellungen**

Startseite

Einstellung suchen

**Netzwerk und Internet**

- Status
- WLAN
- Ethernet
- DFÜ
- VPN
- Flugzeugmodus
- Mobiler Hotspot**
- Proxy

## Mobiler Hotspot

Meine Internetverbindung für andere Geräte freigeben

Ein

Eigene Internetverbindung freigeben von

WLAN

Meine Internetverbindung freigeben über

WLAN

Bluetooth

Netzwerkname: PC\_HP

Netzwerkkenwort: 12345678

Bearbeiten

Verbundene Geräte: 1 von 8

Gerätename	IP-Adresse	Physische Adresse (MAC)
Unbekannt	192.168.137.150	d4:38:9c:02:f7:ed

Energiesparmodus

**Einschalten**

Verwandte Einstellungen

Adapteroptionen ändern

Netzwerk- und Freigabecenter

**Verbindung wählen**

Einrichten eines mobilen Hotspots

**Hotspot einrichten**

**Übersicht**

Zur Suche Text hier eingeben

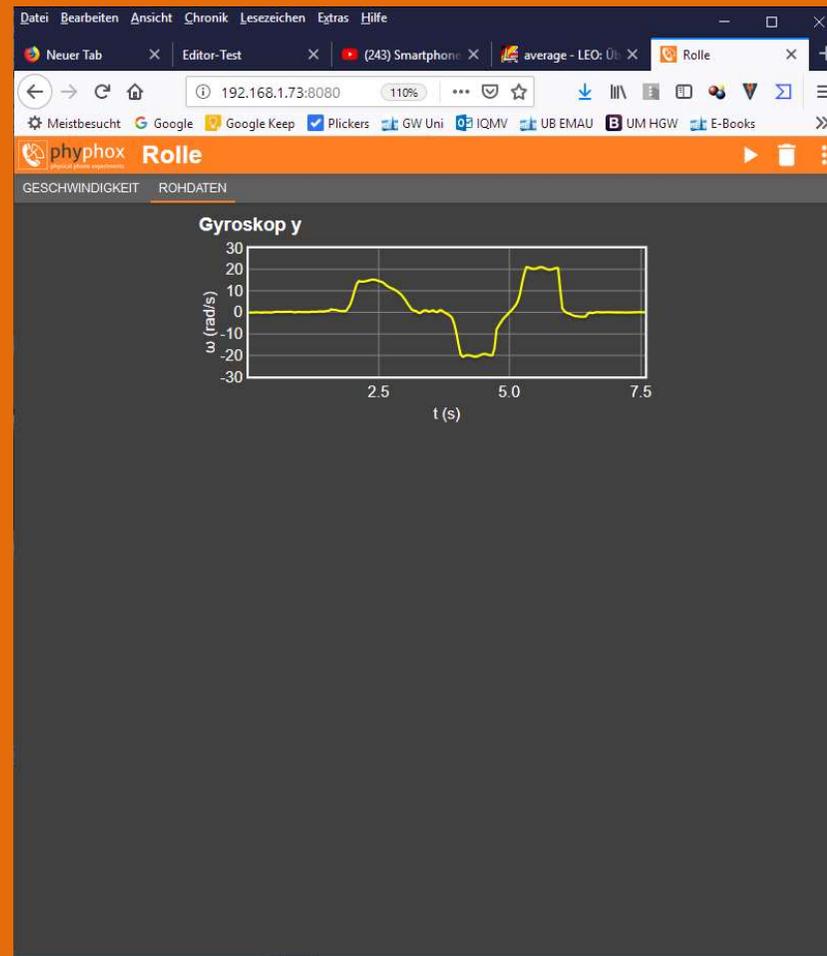
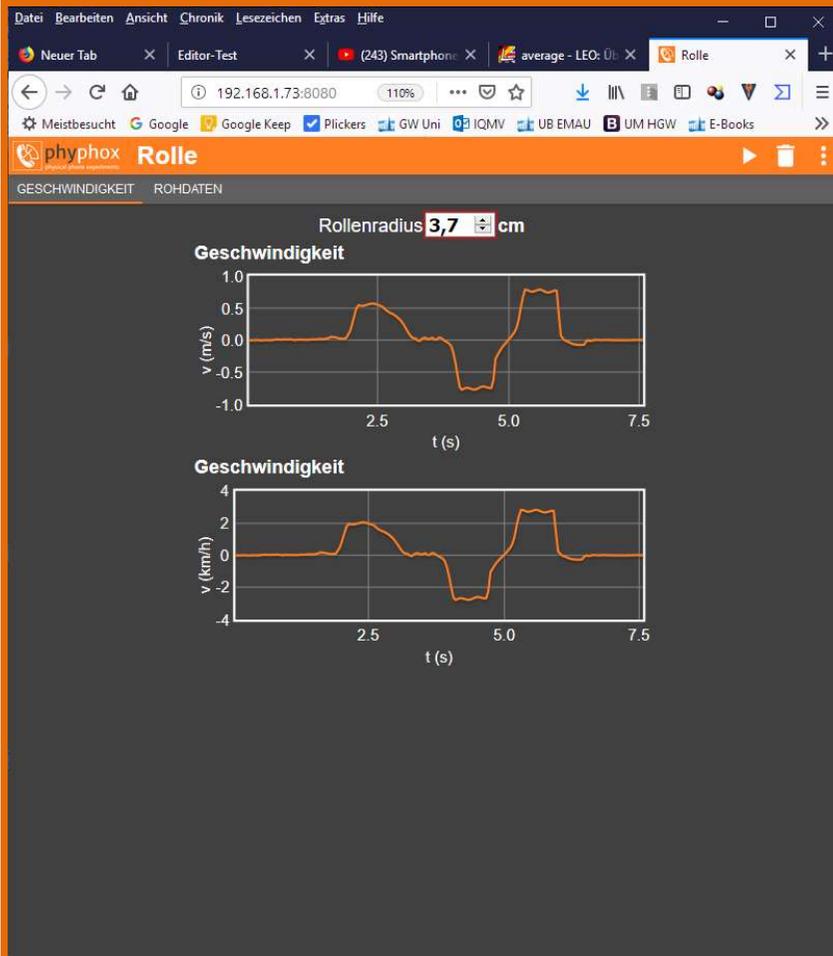
11:37 31.10.2021

# Experimente ohne Aufwand

- Geschwindigkeit : Smartphone in Papprolle
- Radialbeschleunigung:  
Phone am Fahrrad (auch in Salatschleuder, auf Plattenspieler)  
kleiner und großer Radius  
langsame und schnelle Drehbewegung
- Luftdruck messen
- Flugzeug oder Fahrstuhl
- Beachte bei jedem Experiment:  
Phone gegen Beschädigungen schützen,  
z.B. in Luftpolsterfolie einwickeln und sicher befestigen (Klettbänder)  
Besser: geschützte Tasche  
  
Messbereiche der Sensoren sind begrenzt  
(angepasst an den normalen Gebrauch)

# Messung der Geschwindigkeit einer Rolle

<https://phyphox.org/de/experiment/?material=1>



# Messung der Radialbeschleunigung I



$$a_r = r \omega^2$$
$$F_r = m r \omega^2$$

# Messung der Radialbeschleunigung II



$$a_r = r \omega^2$$

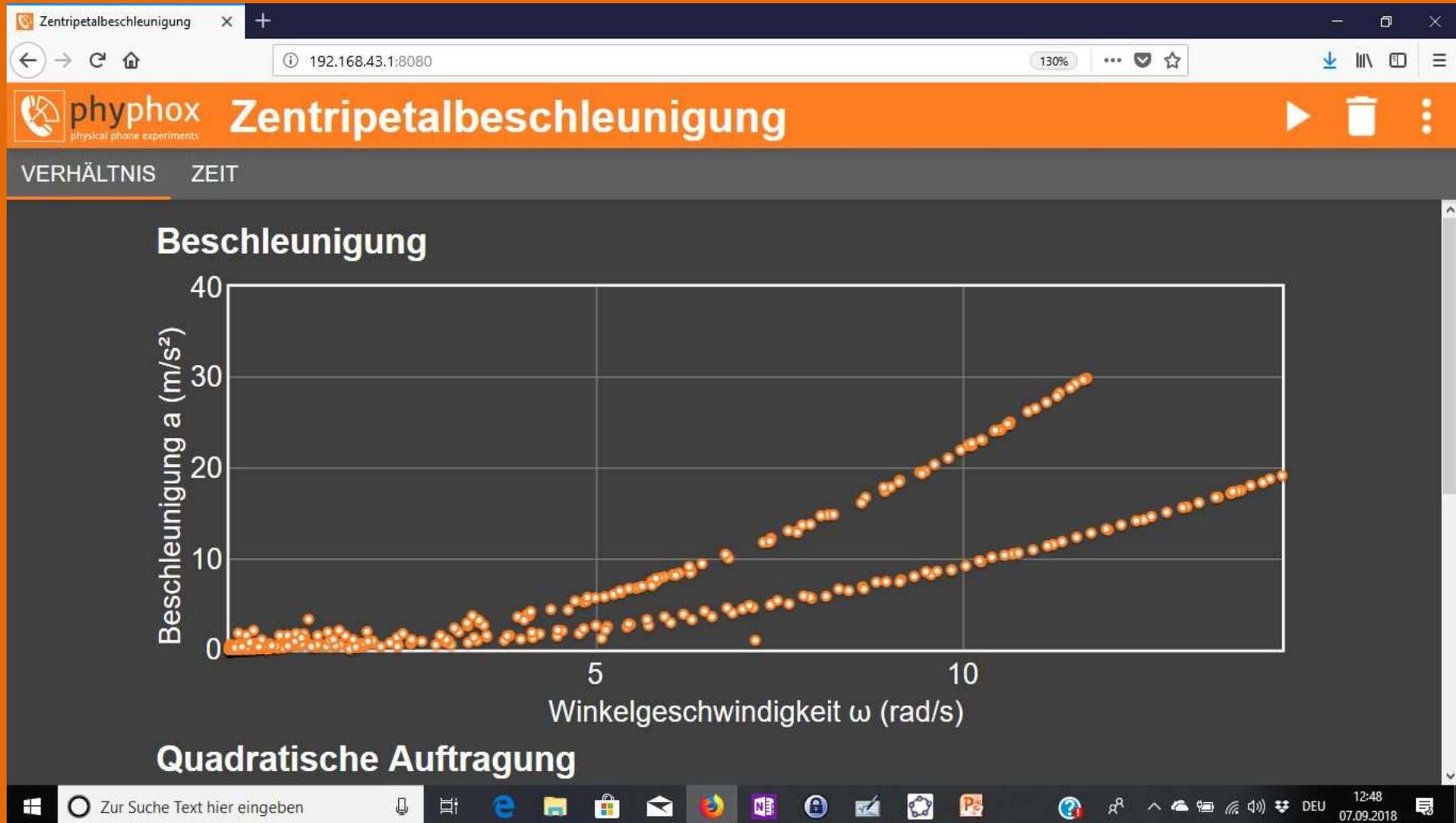
# Befestigung am Rad



Bild Halterung

Tipp: Sichere Halterung vorab ausprobieren und dokumentieren!

# Radialbeschleunigung am Fahrrad



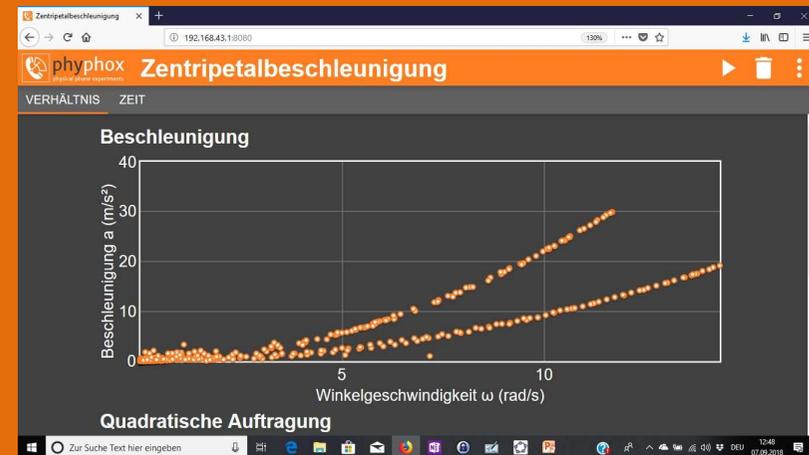
# Radialbeschleunigung am Fahrrad

Sichere Befestigung am Fahrrad:  
Smartphone Tasche für Läufer  
verschiedene Radien  
(innen und außen am Rad befestigen)

Langsames Drehen (Achtung  
Beschädigung Smartphone vermeiden!)

Fernsteuerung über PC-Browser  
Trennung der Funktionen:  
Experimentator am Rad und  
Assistent am PC (Start, Stopp, Daten sichern!)

[Video Praktischer Unterricht](#)



# Auswertung

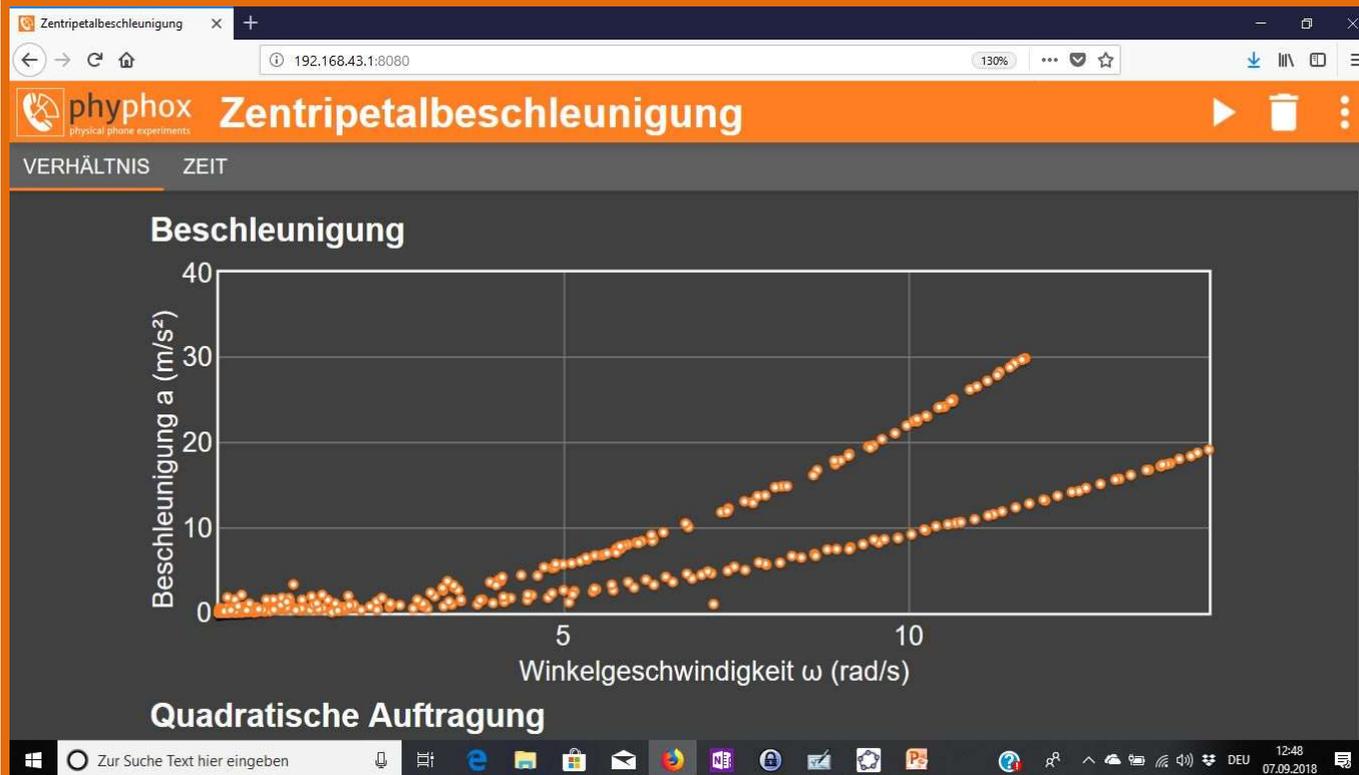
$$a_r = r \omega^2$$

$$F_r = m r \omega^2$$

Einfluss von Winkelgeschwindigkeit und Radius auf die Radialkraft:  
Kurven für zwei Radien und variable Winkelgeschwindigkeiten  
quadratischer Zusammenhang zwischen Beschleunigung und  $\omega$

Grundlagen für  
Verständnis Zentrifuge

Handzentrifuge  
13 g  
Laborzentrifuge  
3800 g  
Ultrazentrifuge  
800.000 g



# Luftdruck messen

Sensor ist „Sonderausstattung“

Experimente:

- Druck im Folienbeutel
- Messung des Drucks einer Wassersäule
- Ermittlung der Höhe vom Schulhaus
- Messungen von Luftdrücken im Gebirge (Hochhaus, Fernsehturm...)

# Druckmessung in Folienbeutel

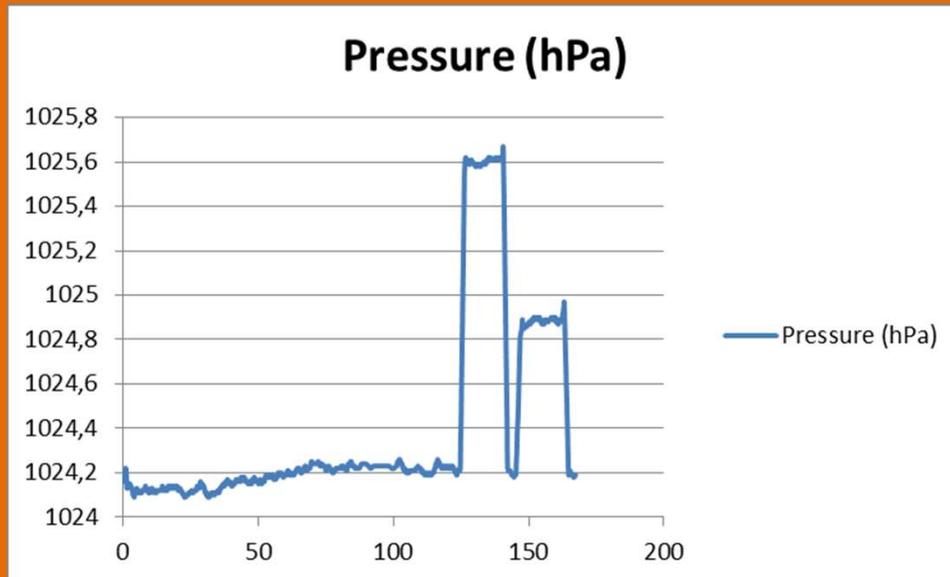
- Qualitative Luftdruckänderung bei Belastung mit unterschiedlichen Massestücken



Dichter Folienbeutel  
(Gefrierbeutel)

# Druckmessung in Folienbeutel

- Qualitative Luftdruckänderung bei Belastung mit unterschiedlichen Massestücken



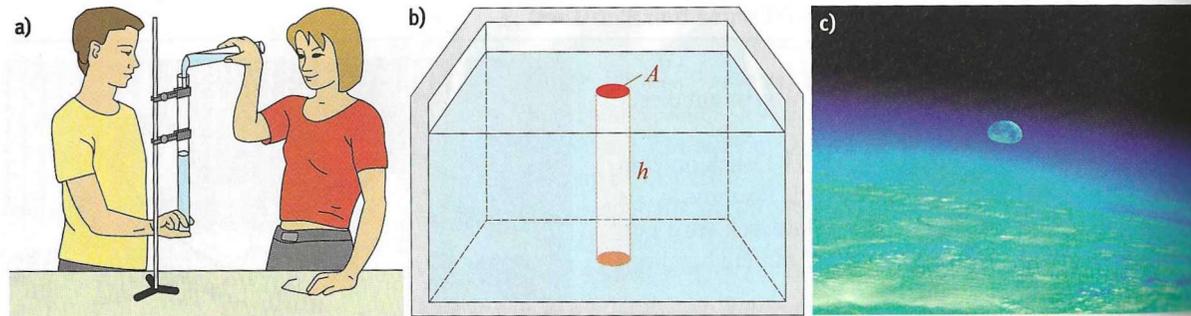
Normaldruck  
100g Belastung  
200g Belastung

# Schweredruck in Wassersäule messen



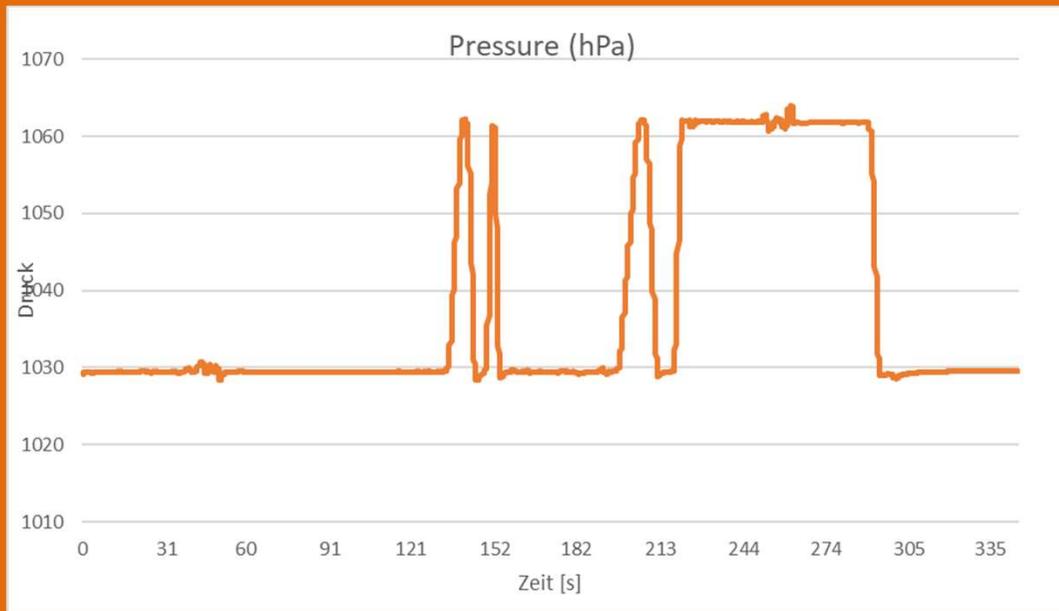
- Messung Luftdruck einstellen und mit PC koppeln
- Phone in Folie gut verpacken und mit Klebestreifen abdichten, an Latte befestigen
- Vor Beginn am PC die Messung starten (Abschirmung der Funkverbindung durch Wasser)
- Eintauchen und wieder heraus nehmen
- Experiment stoppen und Daten sichern
- Hoffen, das Smartphone noch trocken ist ;-)
- Auswertung





**B 1:** a) Das Wasser „drückt“ auf den Daumen. b) Wassersäule als drückender Kolben c) Die Erde von oben

Abbildung aus Lehrbuch



Daten aus Excel Datei:

Luftdruck                      1029 hPa  
 Druck unter Wasser: 1062 hPa  
 Differenz                      33 hPa

$$p = \rho g h$$

$$h = \frac{p}{\rho g}$$

$$h = \frac{3300}{1000 \cdot 9,81} \frac{N/m^2}{\left(\frac{kg}{m^3}\right) \left(\frac{m}{s^2}\right)}$$

$$h = 0,336 \text{ m}$$

Die Position des Sensors im Smartphone ist unbekannt, eine genaue Bestimmung der Wasserhöhe ist nicht möglich.

Nutzen: prinzipieller Nachweis des Wasserdrucks  
 Umgang mit Formeln und Einheiten

# Anwendung der barometrischen Höhenformel (Ma, Physik)

1. Ermitteln Sie für verschiedene Höhen den Luftdruck mit der barometrischen Höhenformel
2. Messen Sie im (Schul-) Haus den Luftdruck im Erdgeschoss und unter dem Dach. Berechnen Sie daraus die Höhe des Hauses.

# Anwendung der barometrischen Höhenformel (Ma, Physik)

1. Ermitteln Sie für verschiedene Höhen den Luftdruck mit der barometrischen Höhenformel

$$p(h) = p_0 e^{-\frac{\rho_0 g h}{p_0}}$$

$p_0 = \text{Druck auf Meereshöhe} = 1013 \text{ hPa}$

$\rho_0 = \text{Dichte der Luft auf Meereshöhe} = 1.2920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (\text{bei } 0^\circ \text{C})$

$g = \text{Fallbeschleunigung} = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$h = \text{Höhe in Metern}$

h [m]	Beschreibung	$p(h)$ [hPa]
0	Meereshöhe	1013
30	Hochhaus (10 Etagen)	1009,20
856	Brocken	910,11
1746	Zugspitze	814,21
4697	Mont Blanc	562,84
8848	Mount Everest	334,83
12000	Flughöhe Passagierflug	225,71

# Anwendung der barometrischen Höhenformel

## Keine Angst vor Formeln!

1. Messen Sie im (Schul-) Haus den Luftdruck im Erdgeschoss  $p_0$  und unter dem Dach  $p(h)$  und berechnen Sie daraus die Höhe des Hauses.
2. Schüler ermitteln die 2 Werte durch Messung mit Smartphone.

$$p(h) = p_0 e^{-\frac{\rho_0 g h}{p}} = p_0 e^{k h} \quad \text{mit } k = -\frac{\rho_0 g}{p_0} \quad (p_0 \text{ in Pa einsetzen})$$

$$\frac{p}{p_0} = e^{k h} \quad \ln\left(\frac{p}{p_0}\right) = k h \quad h = \frac{\ln\left(\frac{p}{p_0}\right)}{k}$$

Gleichung durch Logarithmieren lösen,  
gemessene Werte einsetzen und Höhe berechnen.

Vergleich der berechneten Höhe mit bekannter Höhe des Hauses oder Schätzung.

# Luftdruckmessungen in wechselnden Höhen (Gebirge) - Geo, Physik -

Messen Sie beim Aufenthalt im Gebirge in verschiedenen Höhen den Druck (an einem Tag):

Ort	Luftdruck gemessen*	Höhe lt. Karte
Masner	731 hPa	2450 m
Frommes Alp	834 hPa	1700 m
Serfaus Ort	865 hPa	1429 m

\* am 1.1.2020



# Alltag: Fahrstuhl

## Geschwindigkeit eines Aufzugs



- App bestimmt Höhe und Geschwindigkeit des Fahrstuhles
- Anleitung und Video auf „[phyphox.org](http://phyphox.org)“
- Phone flach auf den Boden legen und Experiment starten
- Fahrt absolvieren
- Experiment stoppen, Daten sichern

# Fahrstuhl Messung I



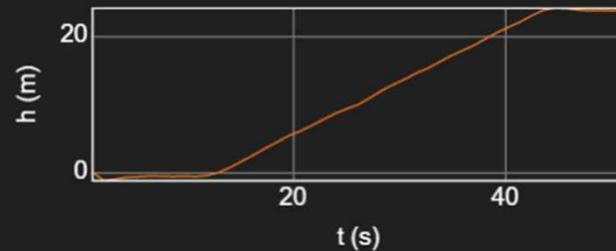
phyphox  
physical phone experiments

## Aufzug

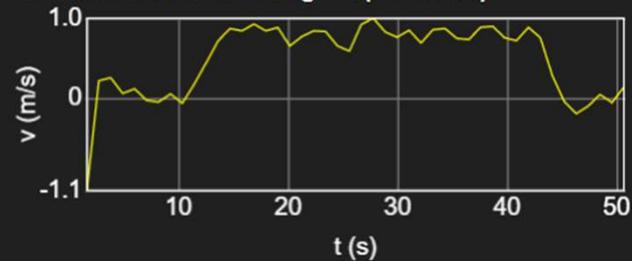


BEWEGUNG ROHDATEN

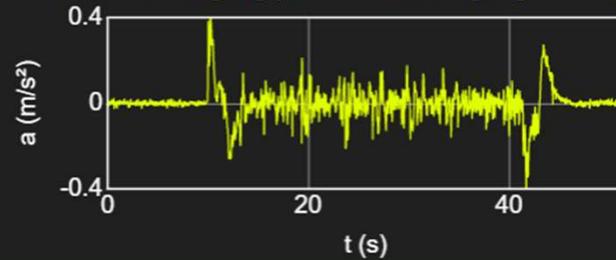
↕ Höhe (über Barometer)



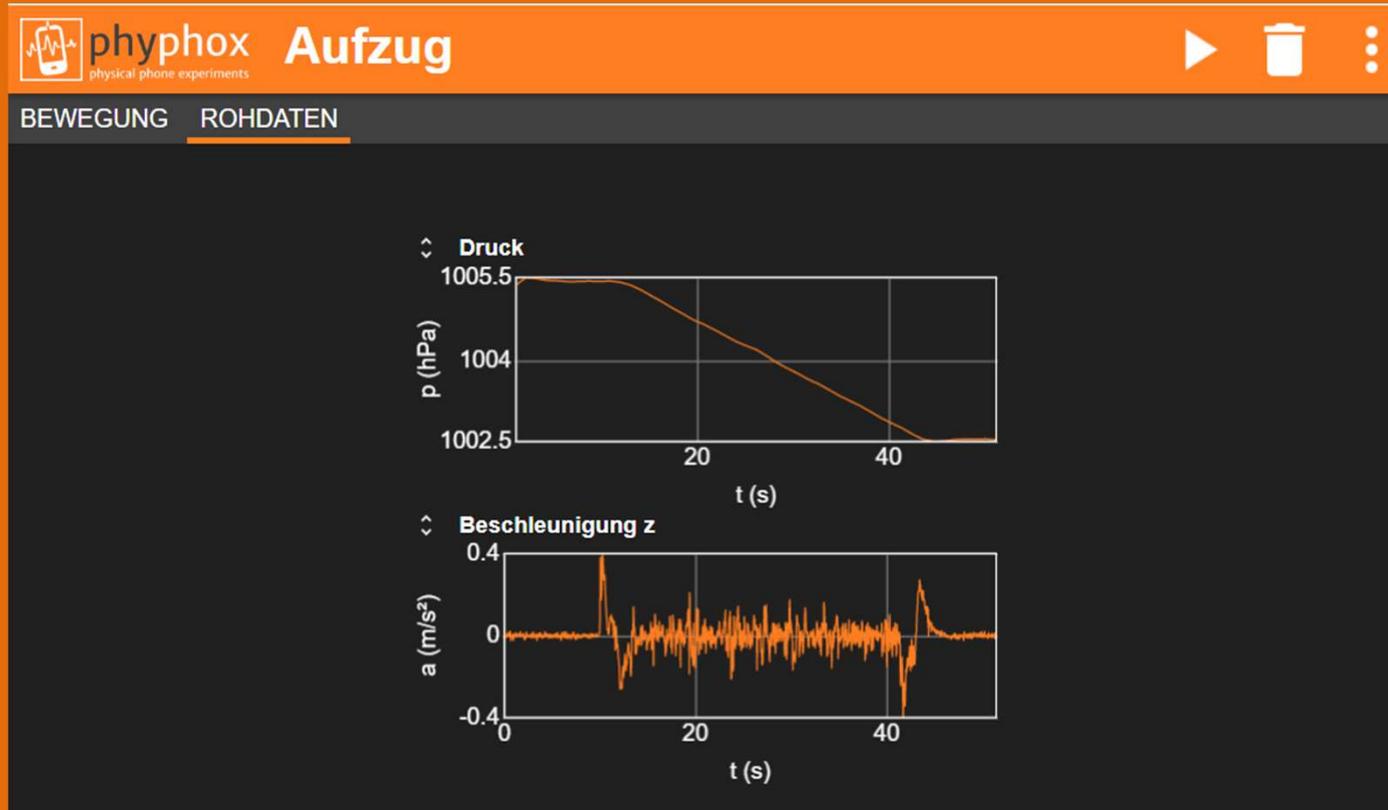
↕ Vertikale Geschwindigkeit (aus Höhe)



↕ z-Beschleunigung (über Beschleunigungssensor)

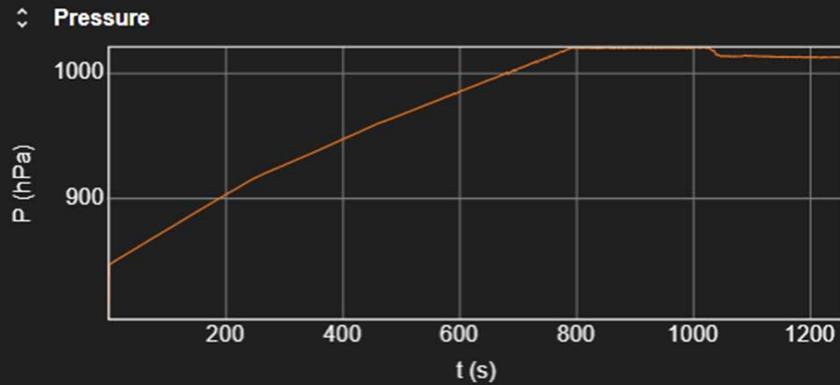


# Fahrstuhl Messung II



Druck- und Beschleunigungssensor liefern Daten;  
intern wird Höhe aus Druck berechnet  
Geschwindigkeit wird aus Ableitung der Höhenänderung gebildet  
Beschleunigung zeigt Anfahren und Abbremsen und „Rauschen“ (Erschütterungen)

# Landung Linienflug

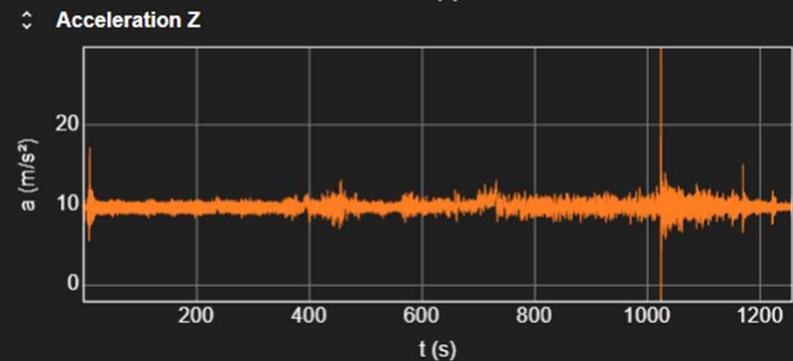
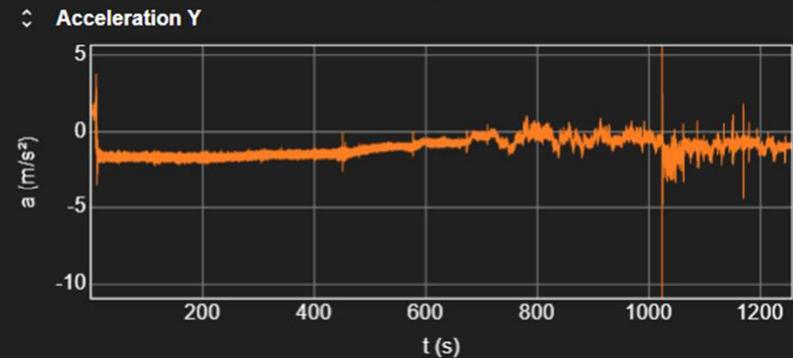
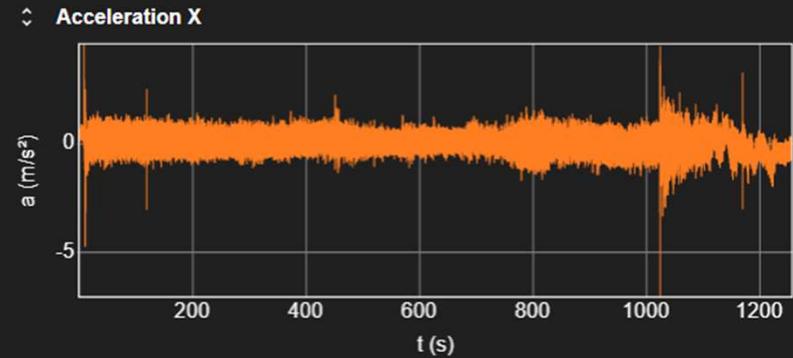


Druckanstieg in Kabine messbar

Aufsetzen bei ca. Sekunde 800

Beschleunigungen sichtbar

„Rumpeln“ bei Fahrt auf Landebahn



# Projekt CO2 Sensor

„Bastelprojekt“ mit Sensor und Mini-Controller ESP32

<https://phyphox.org/de/co2/>

Kopplung per Bluetooth an Smartphone

Messung von  $CO_2$ , *rel. Luftfeuchte* und  $T$

Aufwand

(Beschaffung ca. 1 Woche)

Platinen Herstellung und Bauteile ca. 75 €

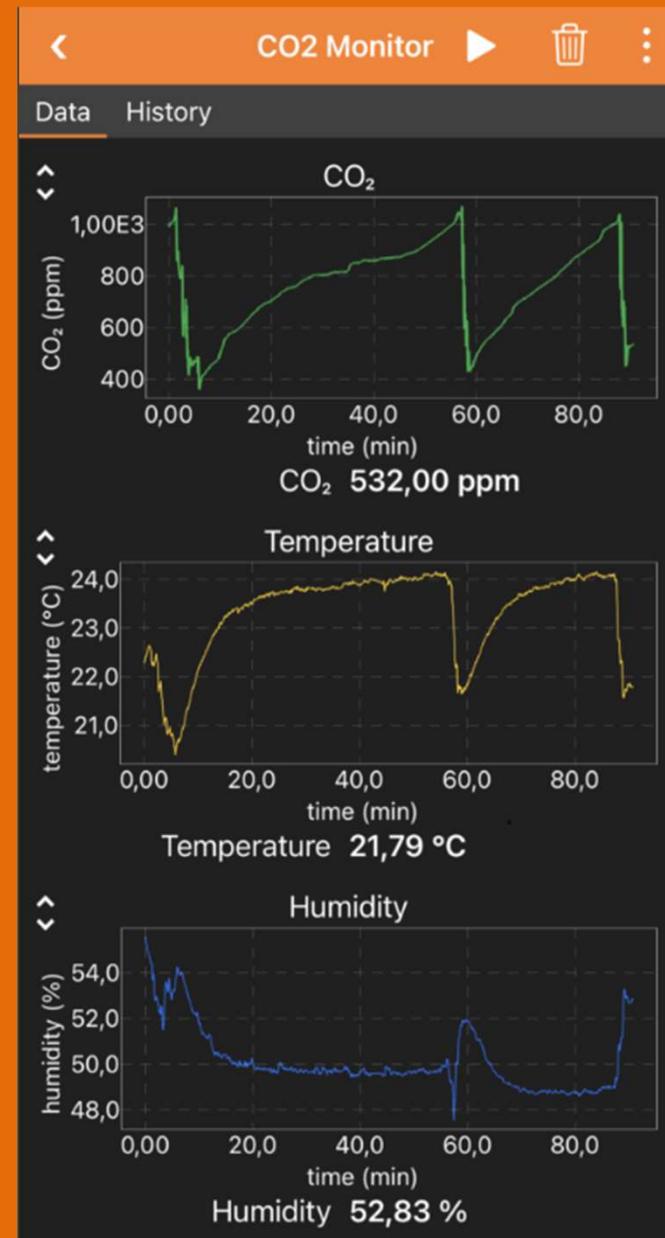
Lötarbeiten 2 h

Gehäuse ???

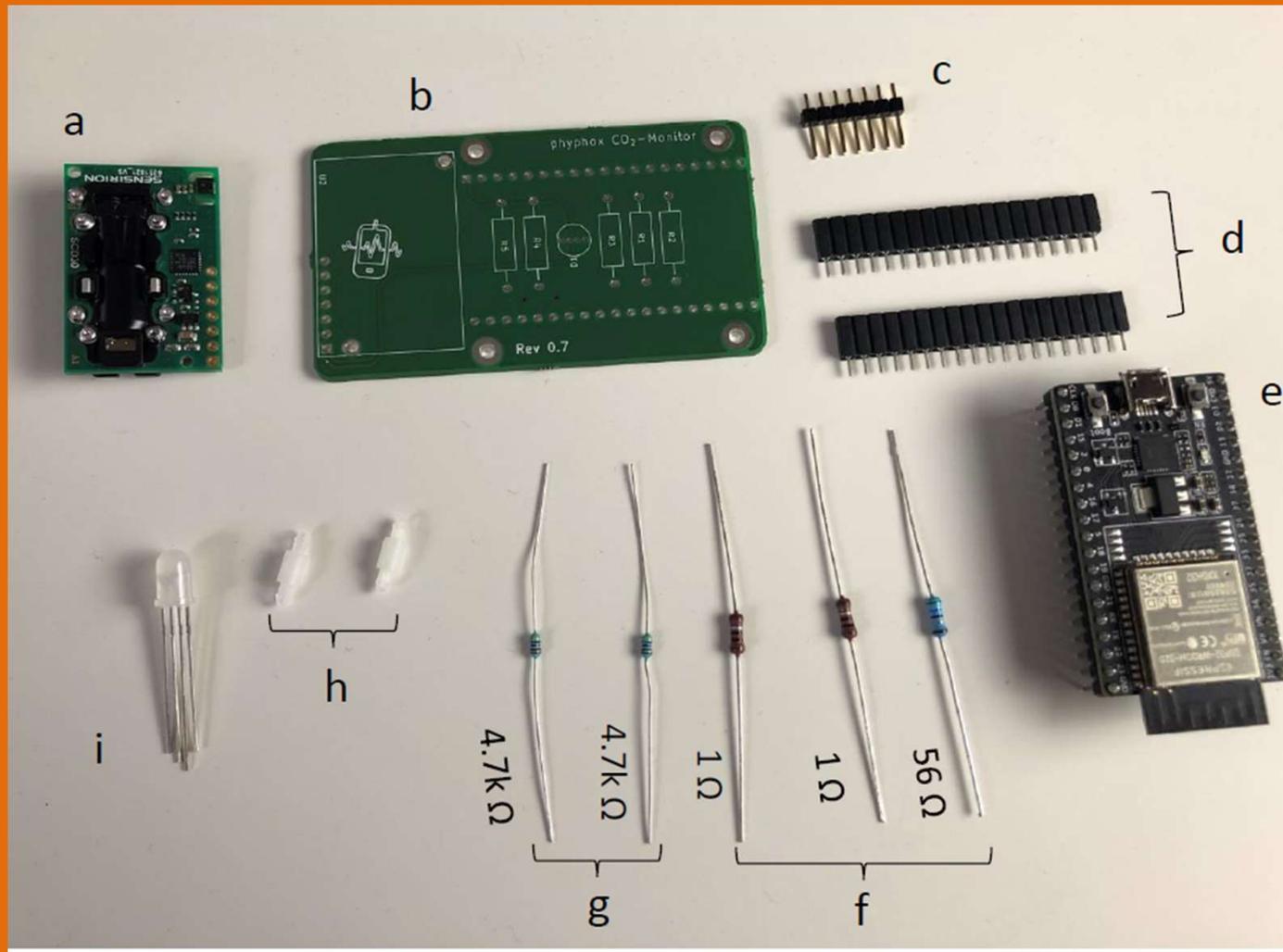
Programmierung 3-5 h



Das in phyphox über „Neues Experiment für Bluetooth-Gerät“ (+ im Menü) automatisch erstellte CO<sub>2</sub>-Sensor-Experiment zeigt neben dem CO<sub>2</sub>-Gehalt auch Temperatur und Luftfeuchtigkeit ab Start der Messung (▶) an.



# Hardware



a) CO2 Sensor  
SCD30

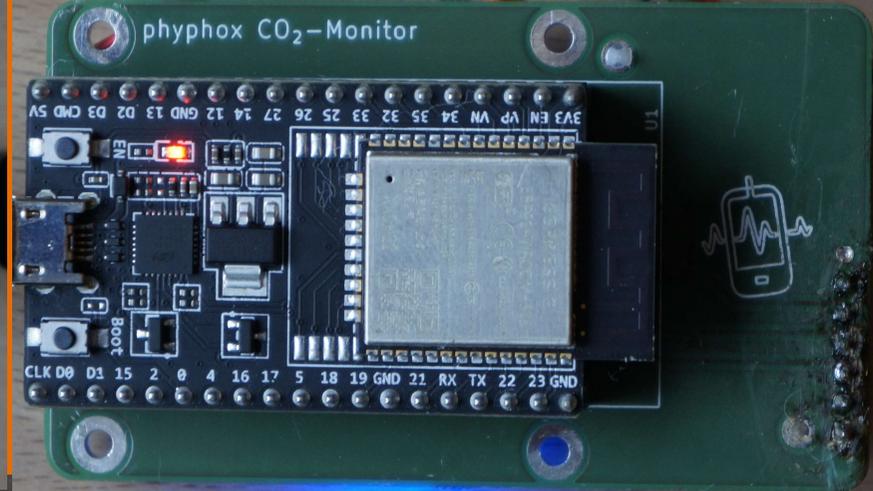
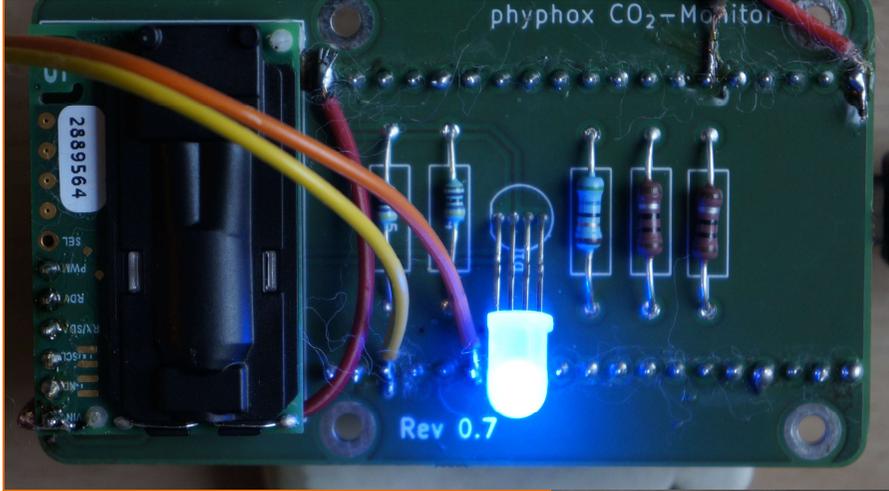
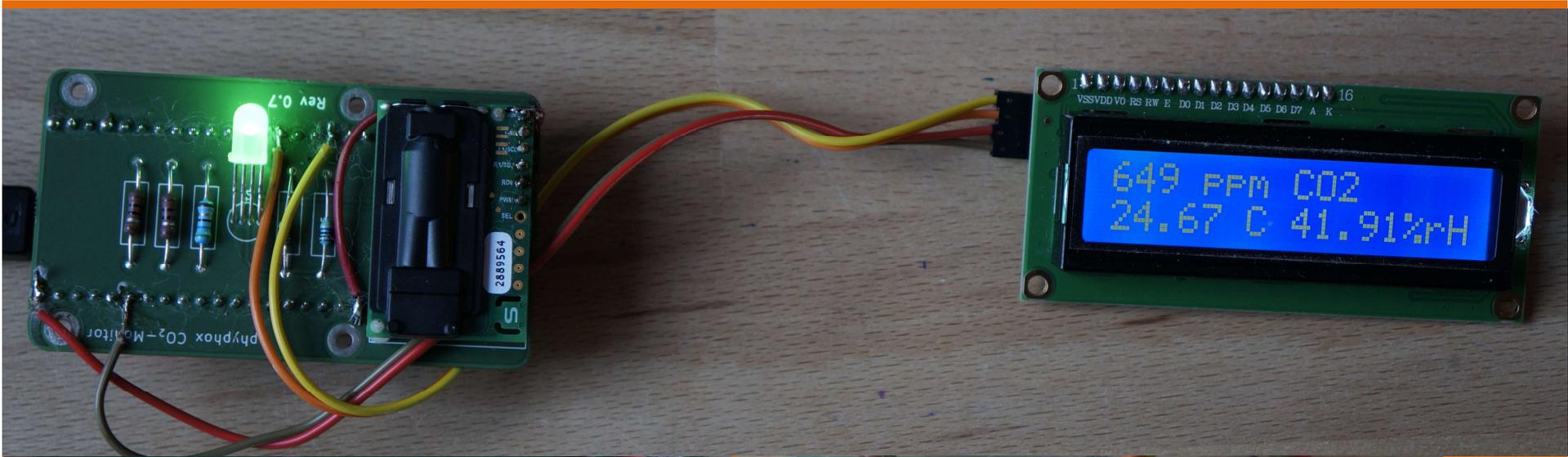
b) Platine

e) ESP32  
Mikrocontroller

i) Drei-Farben LED

# Modifikation

- Erweiterung mit Display zur Anzeige
- Programmierung mit Arduino-Umgebung
- 3-Farben nach eigenen Kriterien
- Anzeige CO<sub>2</sub>, rel. Luftfeuchte und Temperatur am Sensor
- Stromversorgung mit Powerbank
- Offen: Gehäuse



# Arduino Programmierung

```
91 void loop()
92 {
93   if (airSensor.dataAvailable())
94   {
95     CO2 = airSensor.getCO2(); // ohne offset
96     CO2 = CO2 + co2offset;    // offset berücksichtigen
97     T = airSensor.getTemperature();
98     HUM = airSensor.getHumidity();
99     updateLED(CO2);
100    updateLCD();
101    delay(1000);
102  }
103 }
```

- C-Dialekt
- Bibliotheken für viele Plattformen und Konfigurationen
- Programmierung auf dem PC
- Laden auf ESP32
- Autostart nach Reset oder Neustart

# Anknüpfungspunkte

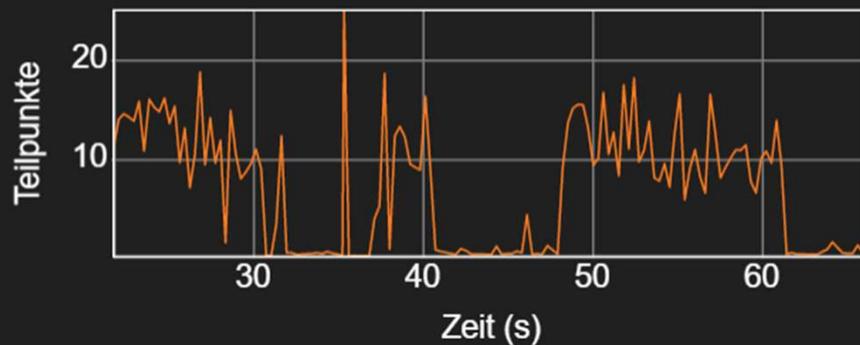
- Wie funktionieren die Sensoren?
- Experimente zu Hause nachmachen
- Daten erfassen und auswerten
  
- CO2 Sensor zur Luftüberwachung in Klassenräumen einsetzen

# Was mich überzeugt...

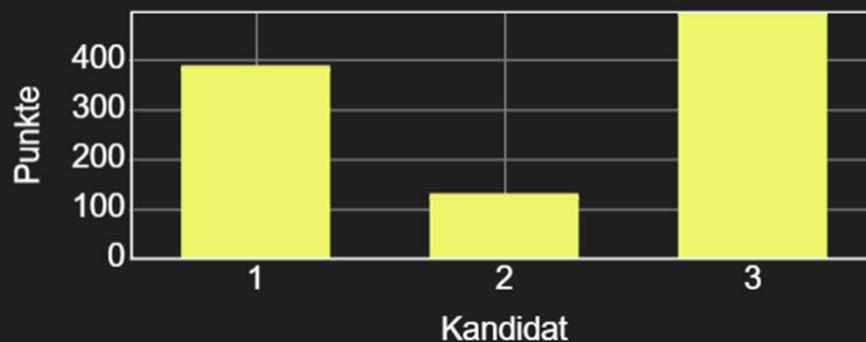
- Nutzung von vorhandener (eigener) Hardware und Gegenständen aus dem Haushalt
- Pflege und Weiterentwicklung der App durch Uni-Team in Aachen
- Experimente mit Erklärvideos und Unterrichtsmaterial
- Erweiterbar für eigene Experimente (Editor)
- Kostenlos und werbefrei

# Gadget: Applausmeter

<> Verlauf



<> Punkte



Punkte **494**

Start

Stop

Nächster Kandidat

Messung von Lautstärke und Länge des Applauses

Zählung und Vergleich der Kandidaten

Tribüne mit Wertung

<https://phyphox.org/de/news-de/applaus-meter-vom-rwth-science-slam/>

Danke!

[christian.radicke@uni-greifswald.de](mailto:christian.radicke@uni-greifswald.de)