



# Saturday Morning Science

Smartphones als  
mobile Labore für die  
Hosentasche

Prof. Dr. Pascal Klein  
07. Mai 2022

Pascal Klein



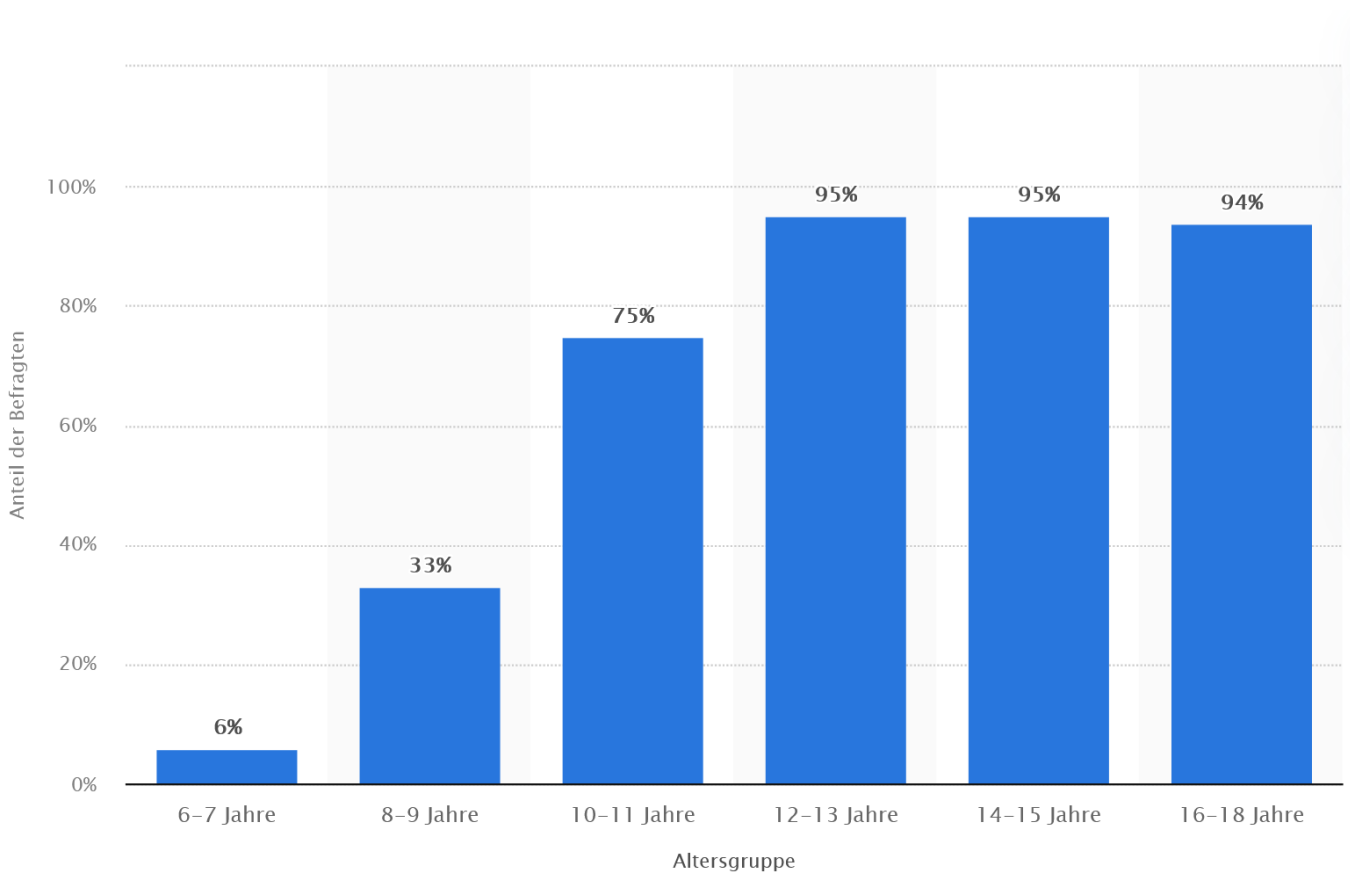
Simon Lahme



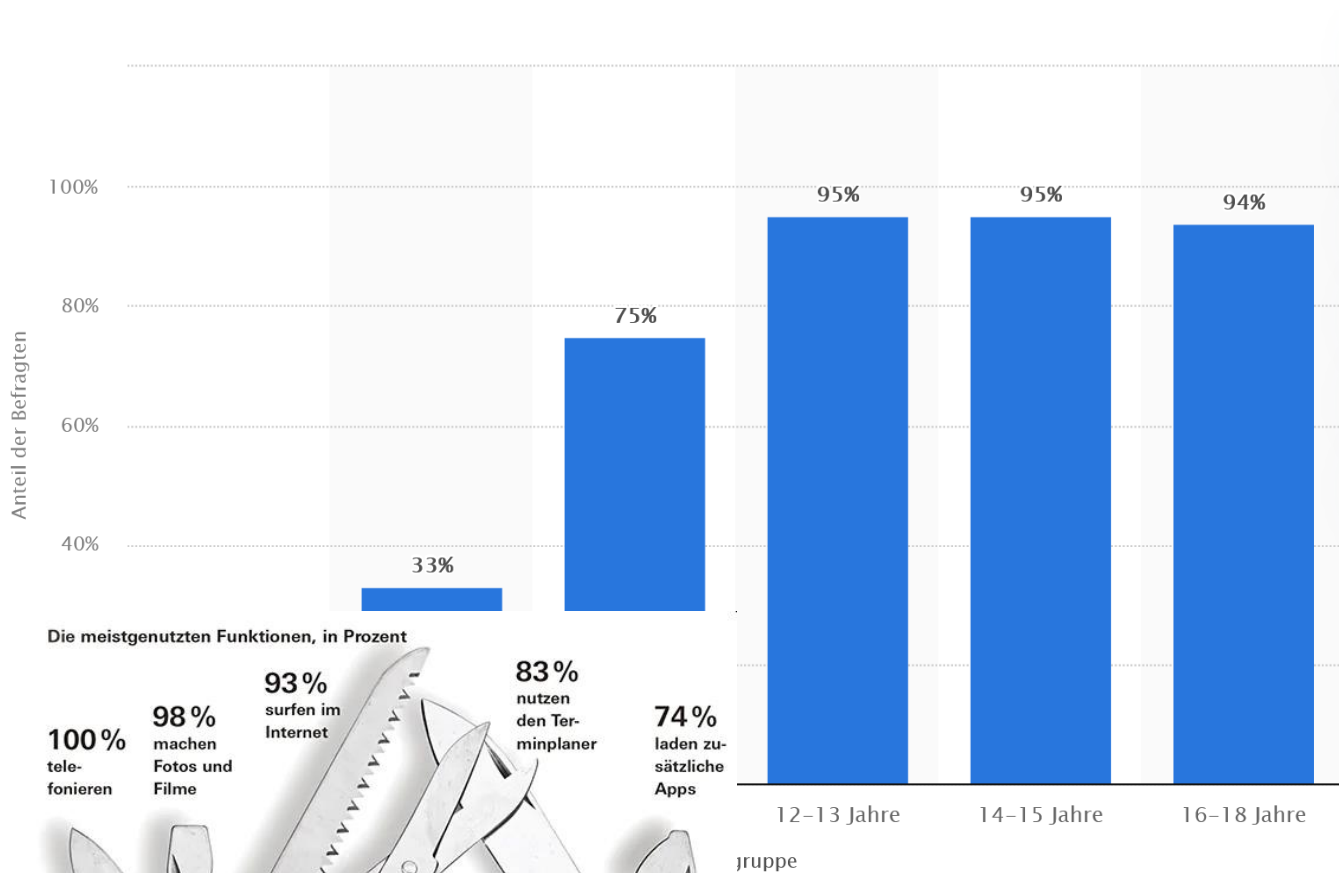
Larissa Hahn



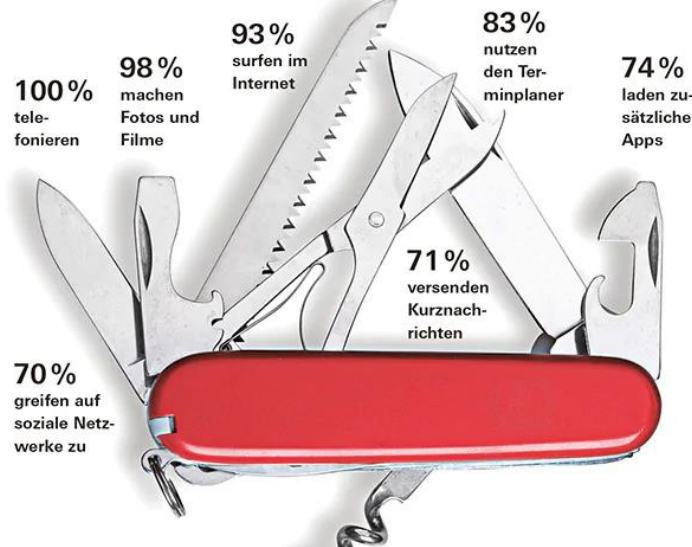
# Smartphone-Besitz bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland im Jahr 2019 nach Altersgruppe (statista)



# Smartphone-Besitz bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland im Jahr 2019 nach Altersgruppe (statista)

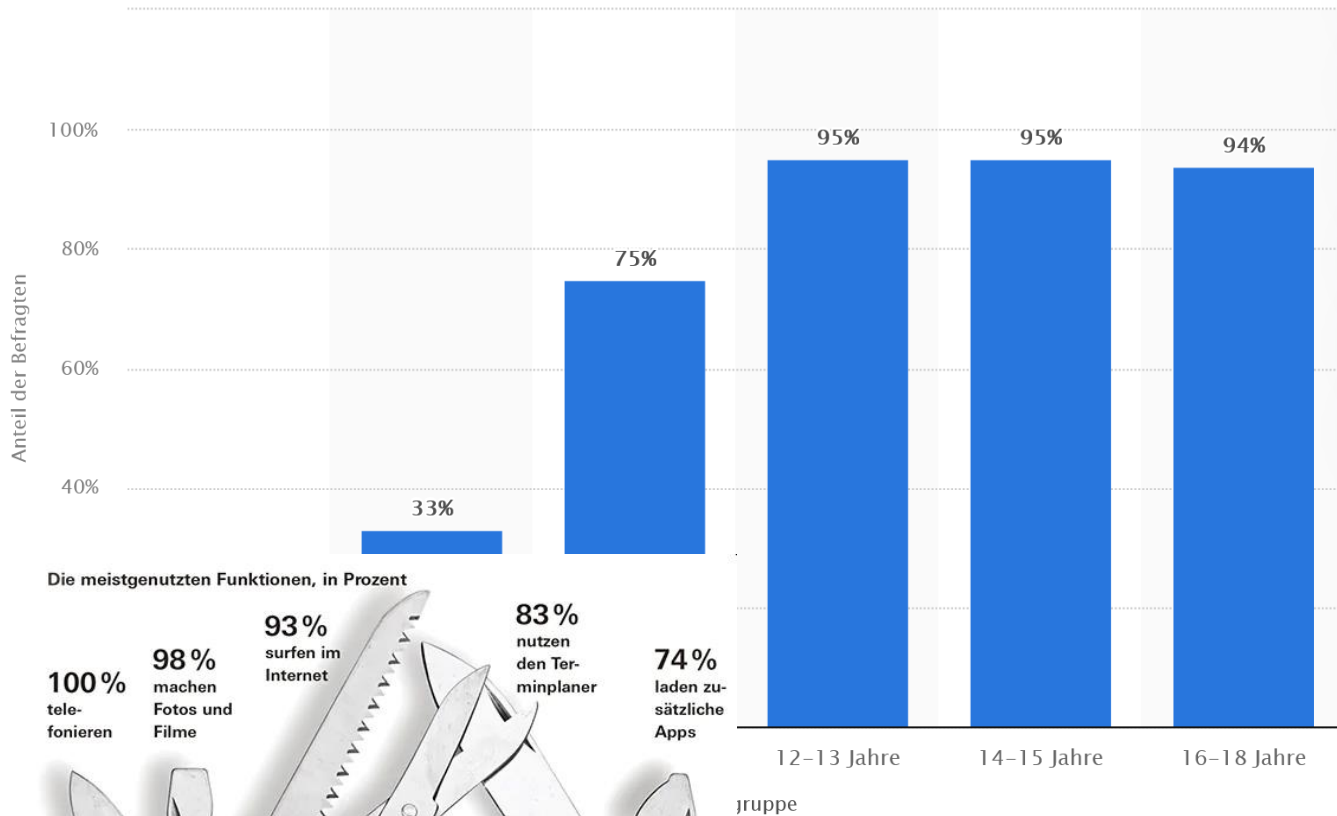


## Die meistgenutzten Funktionen, in Prozent





## Smartphone-Besitz bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland im Jahr 2019 nach Altersgruppe (statista)



## Leere Physiksäle während Schul-Lockdowns



# Inhalt

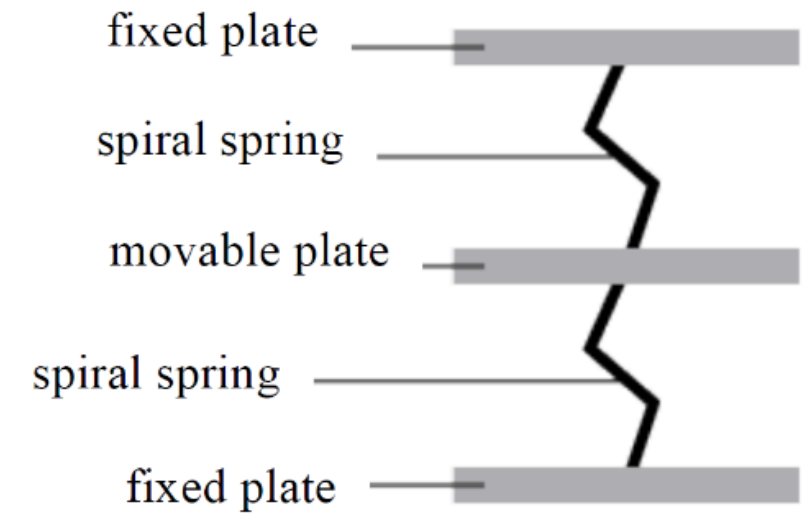
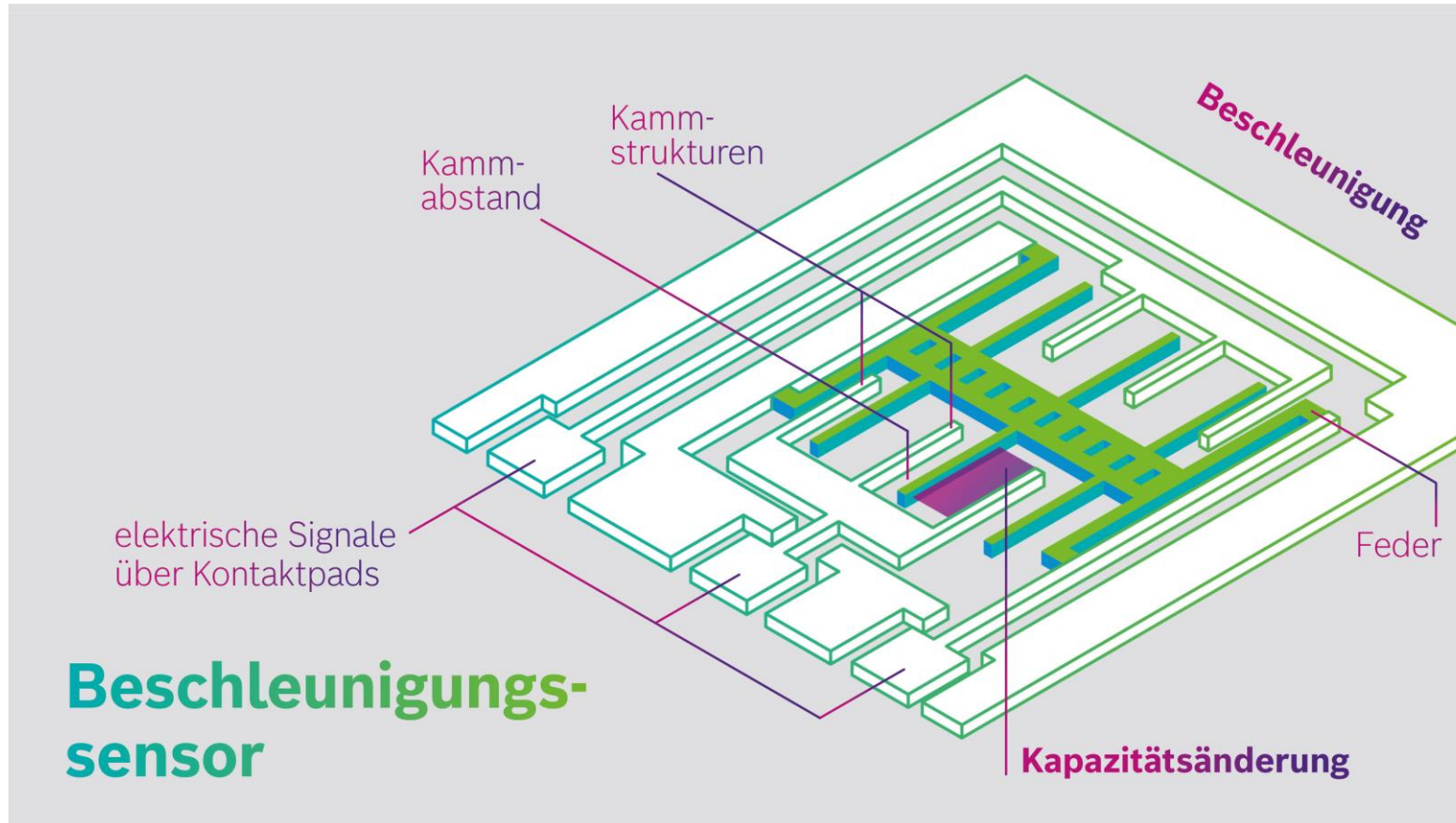
- Welche Experimentiermöglichkeiten gibt es?
- Demonstration konkreter Experimente
- Lern- und Motivationswirkung (was wissen wir darüber; hypothetisch, empirisch gesichert?)





<b>Sensor</b>	<b>Themenfeld</b>	<b>Messgröße</b>	<b>Beispiel</b>
Mikrofon (Lautsprecher)	Akustik	$L$ [dB], $f$ [Hz], $I$ [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]	Schwebung
Beschleunigungssensor	Mechanik	$a$ [ $\text{m}/\text{s}^2$ ]	Schwingungen
Magn. Feldstärkesensor	Elektrodynamik	$H$ [ $\text{A}/\text{m}$ ]	$H \sim I$
Lichtstärkesensor	Optik	$E$ [lux]	$E \sim r^{-2}$
GPS		$r$ [m]	Achterbahnfahrt
CCD-chip	Radioaktivität	$counts$ [1/min]	$N(d) = N_0 e^{-\mu d}$
Kameras	Mechanik	$r(t)$ [m]	Wurfbewegung
Drucksensor	Fluidmechanik	$p$ [Pa]	Barometrische Höhenformel

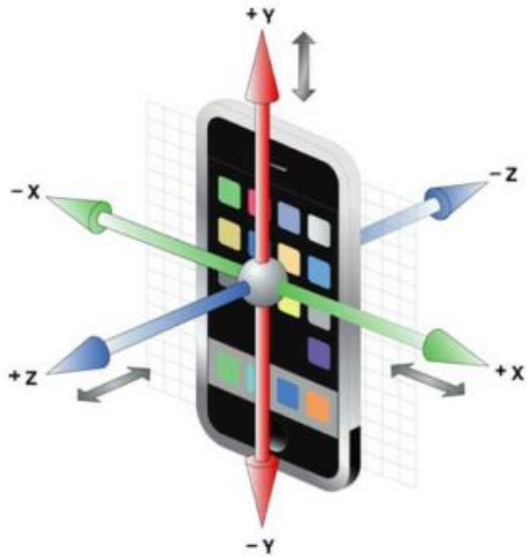
# Experimente mit dem Beschleunigungssensor



mikro-elektro-mechanisches System (MEMS)



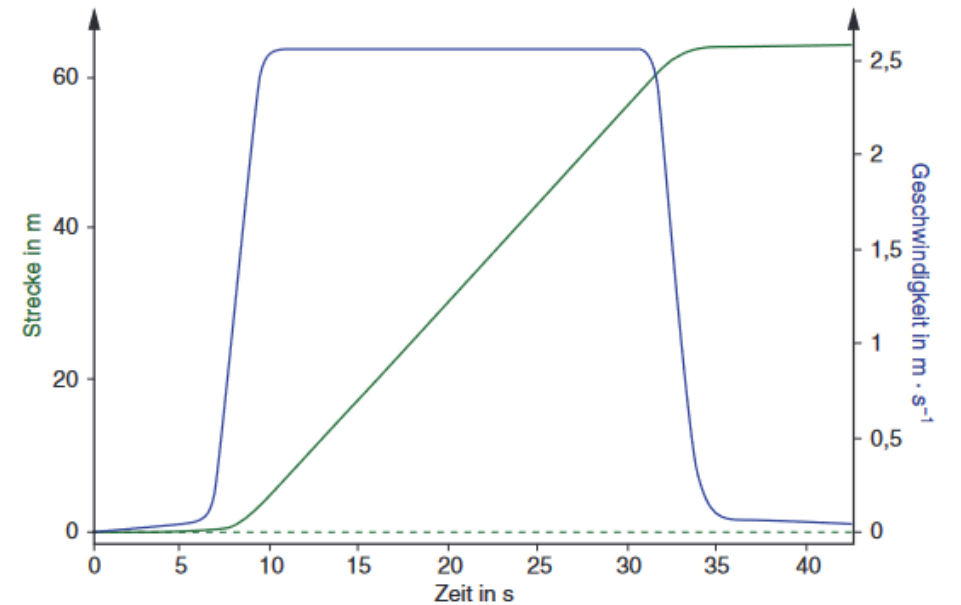
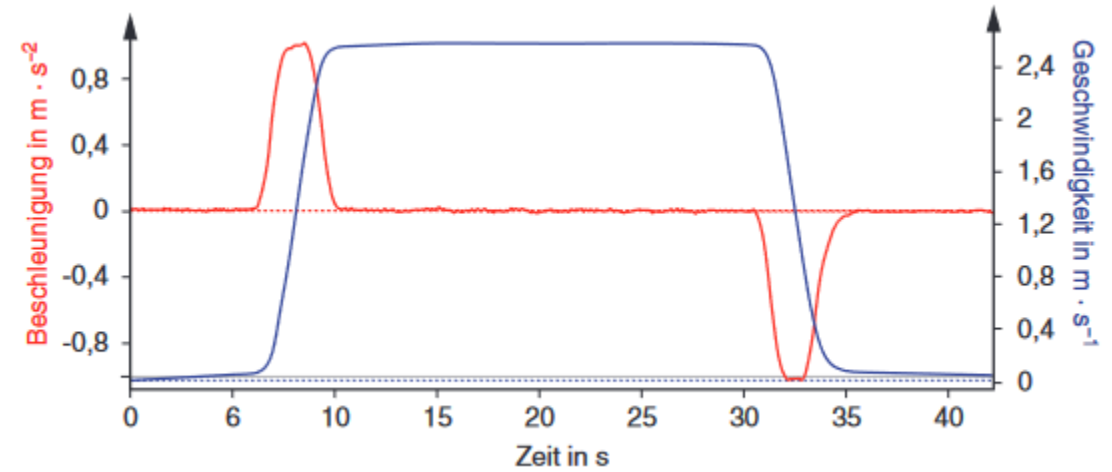
# Experiment 01: Wie hoch fährt der Fahrstuhl? (translatorische Beschleunigung)



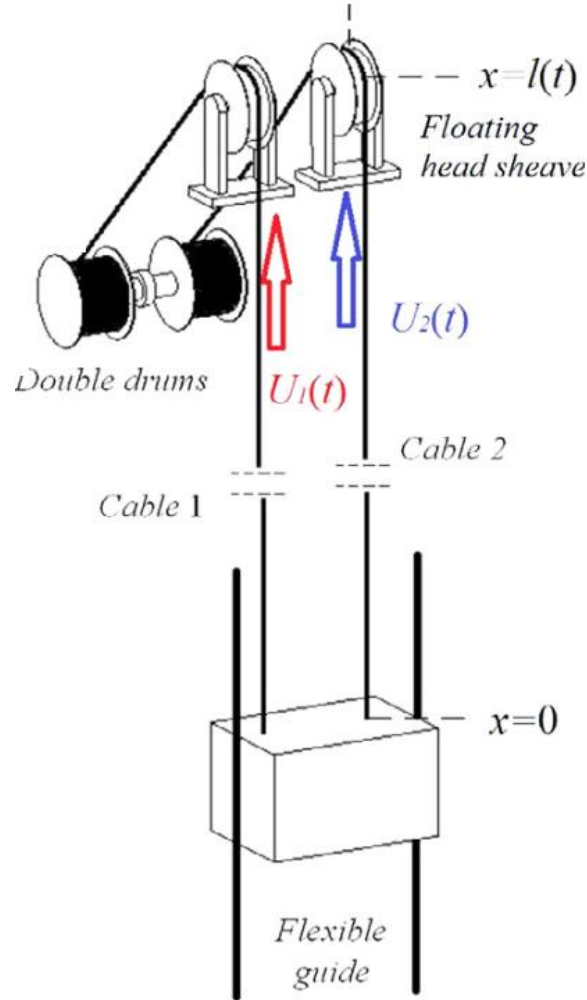
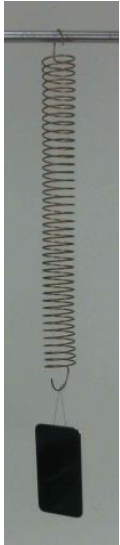
Demonstration der Beschleunigungsmessung



Fahrt von Erdgeschoss bis 21. Etage des Mercure Hotels in Chemnitz

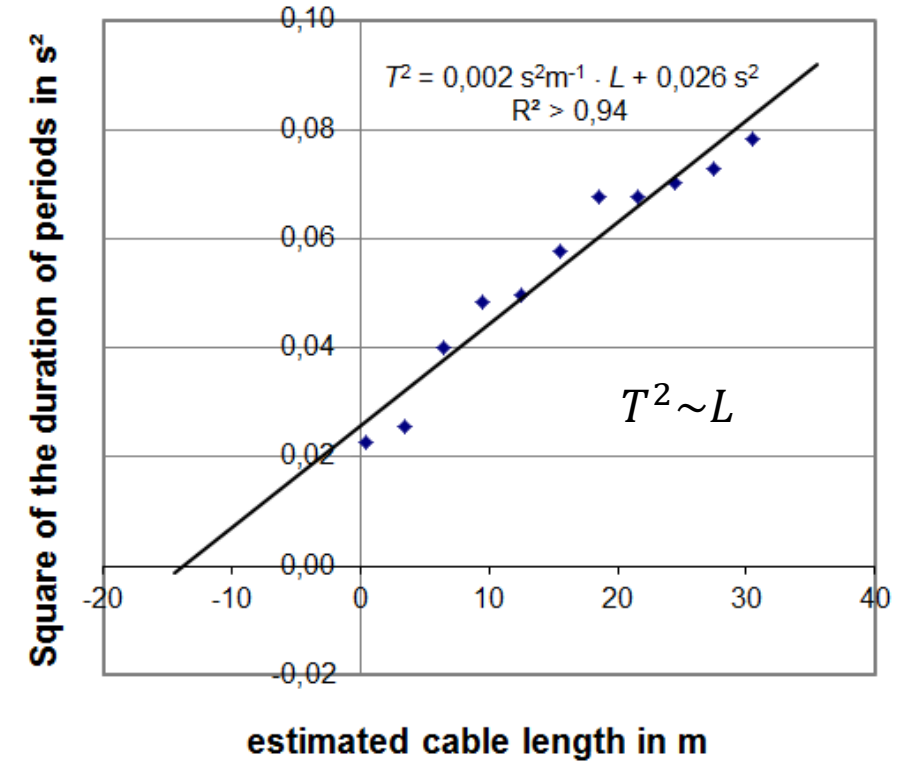
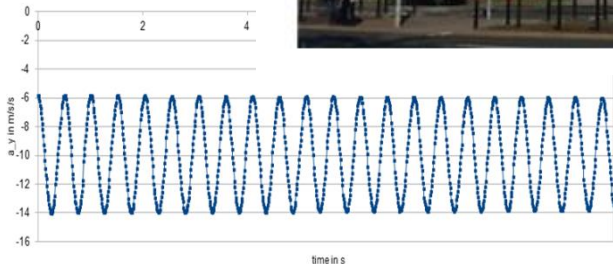


# Experiment 02: In welchem Stockwerk befinden wir uns gerade? (Oszillationen)

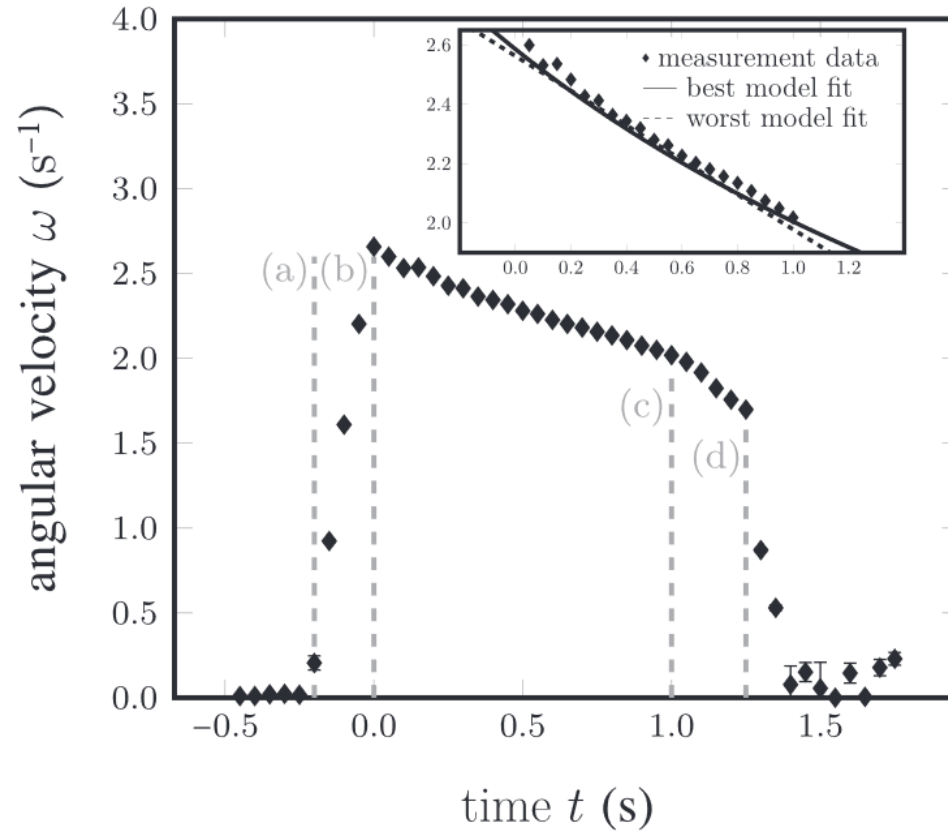


$$k = \frac{E \cdot A}{L} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{M \cdot L}{E \cdot A}} \rightarrow T^2 \propto L$$

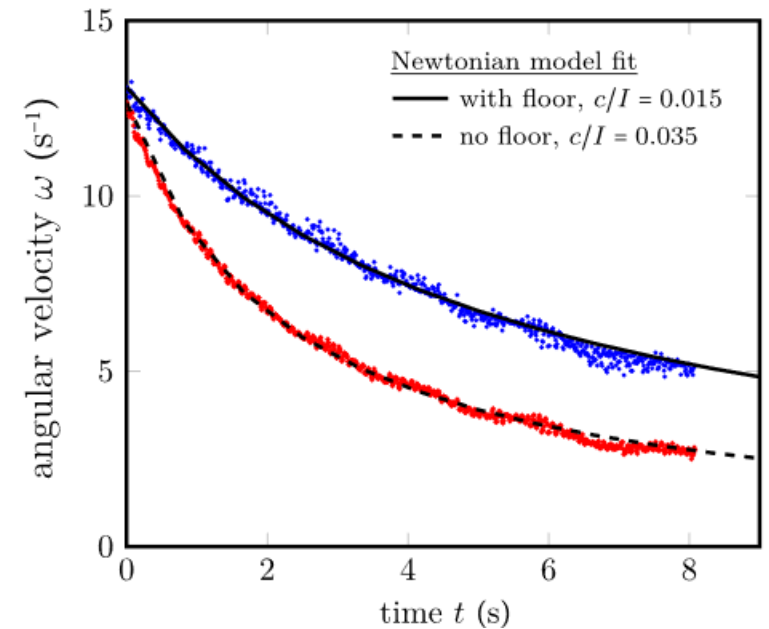
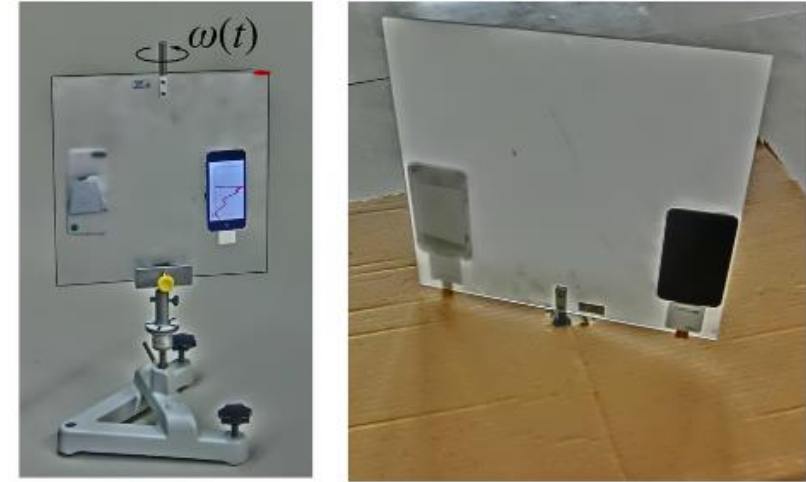
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}}$$



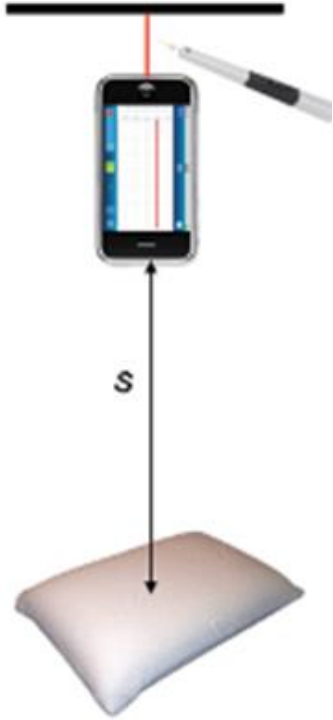
# Experiment 03: Türe zuschlagen (Rotationsbewegungen)



$$\omega_{DSN}(t) = \frac{2\omega_0 c + b - \gamma \tan(\gamma t / 2I)}{2c [1 + (2\omega_0 c + b) \tan(\gamma t / 2I) / \gamma]} - \frac{b}{2c}$$

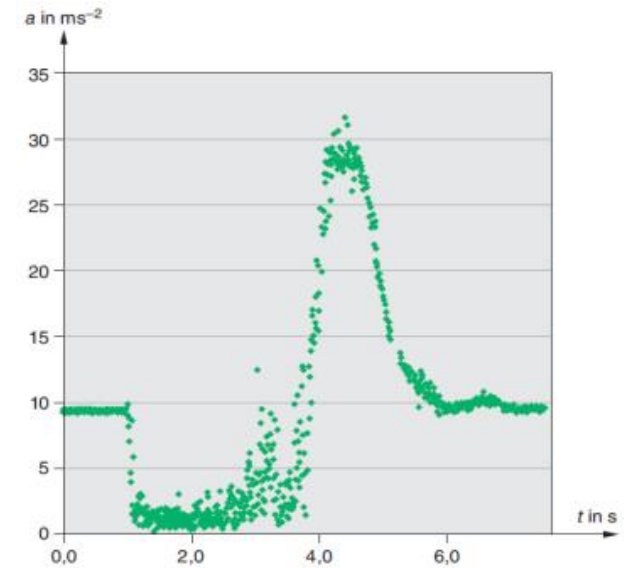
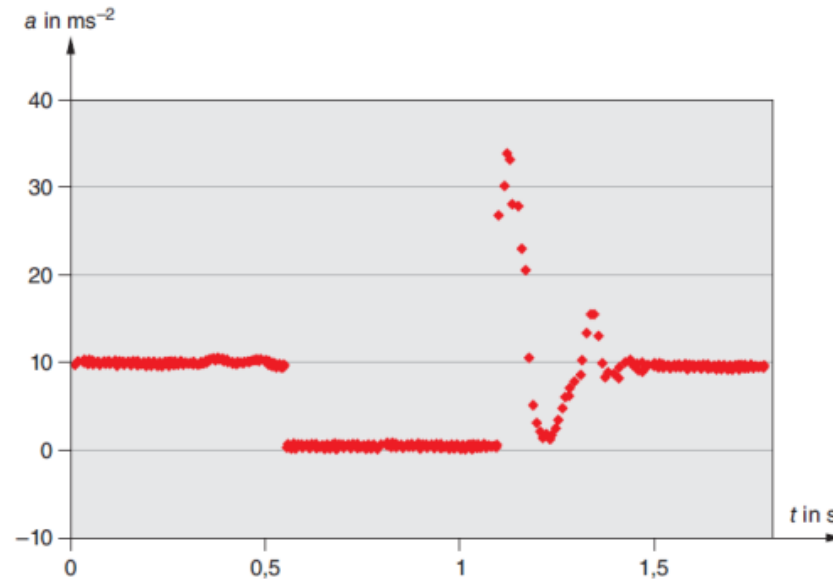


# Experiment 04: Smartphones im freien Fall



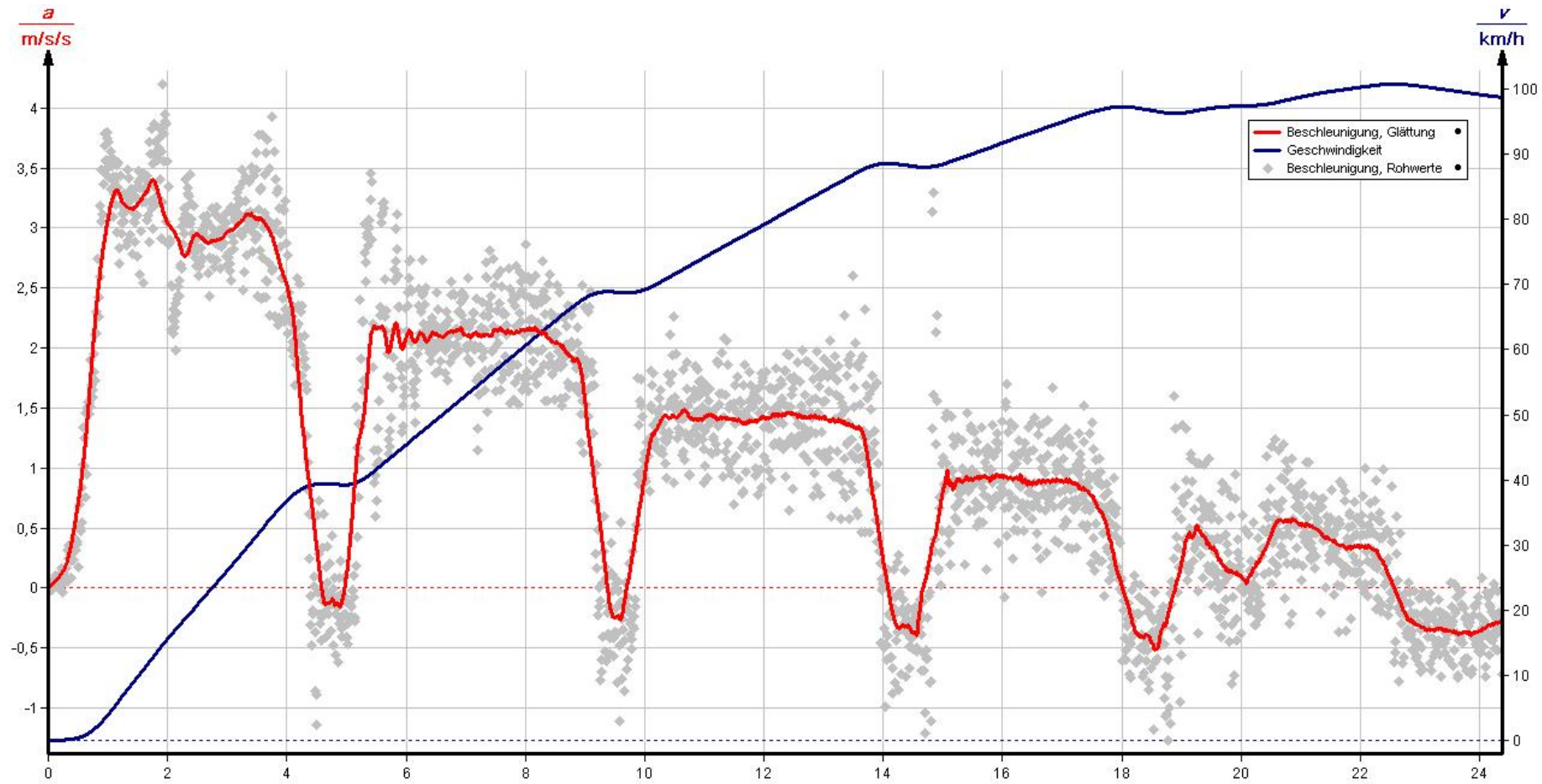
$$s = 0,5 \cdot g \cdot \Delta t^2$$

$$g = \frac{2 \cdot s}{\Delta t^2} = (10,0 \pm 0,2) \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



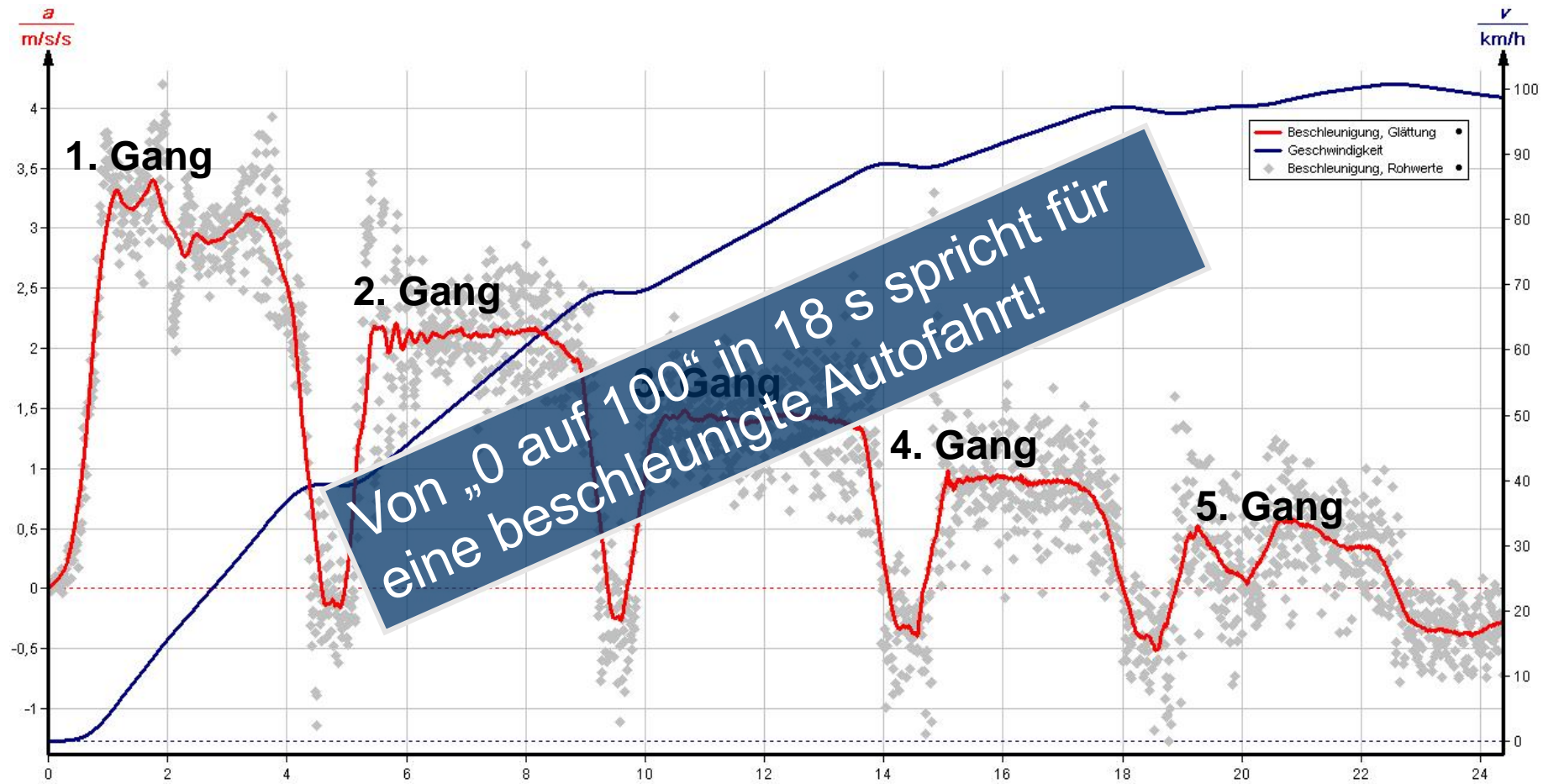


# Experiment 05: Welche Bewegung ist hier dargestellt?

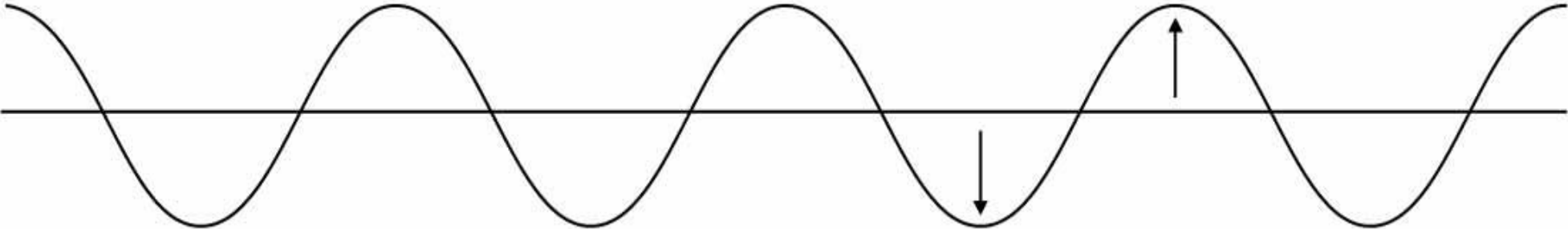
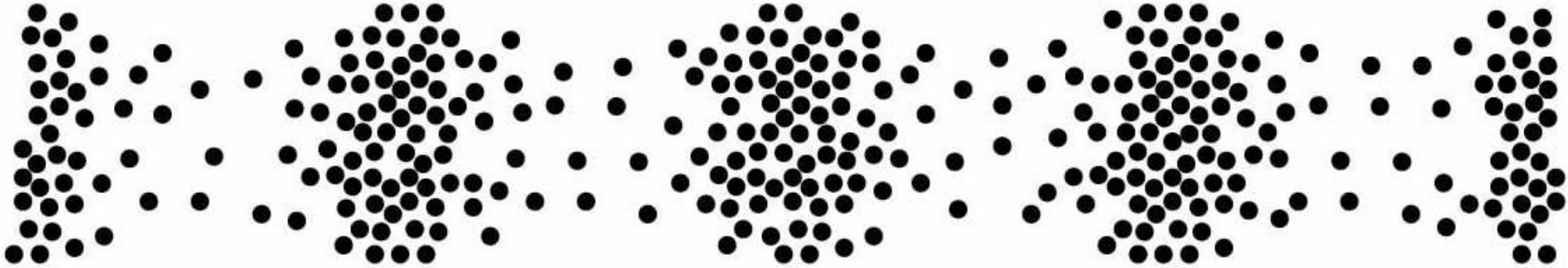




# Experiment 05: Welche Bewegung ist hier dargestellt?

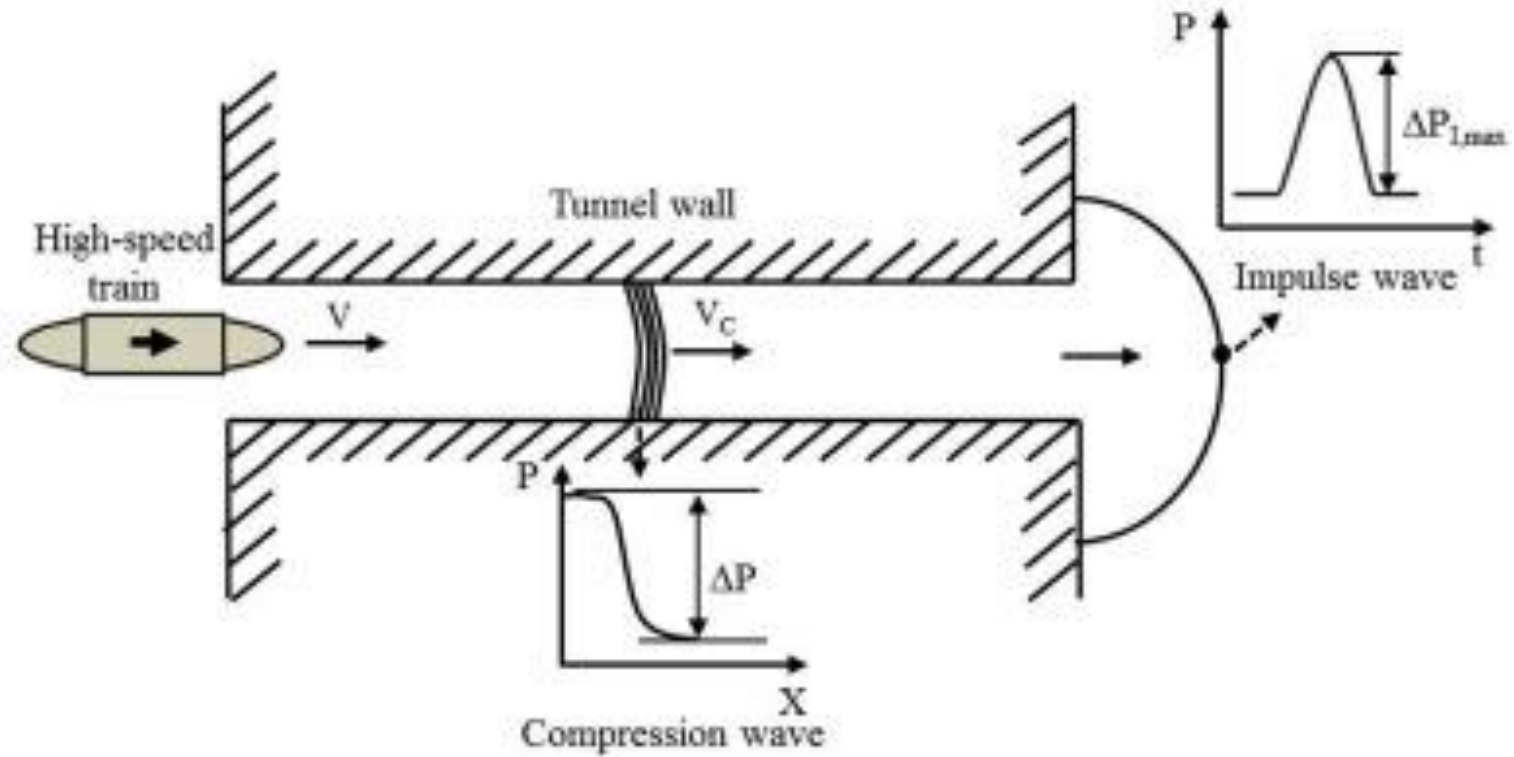


# Experimente zum Schall und Luftdruck (Akustik mit Mikrofon, Lautsprecher und Drucksensor)



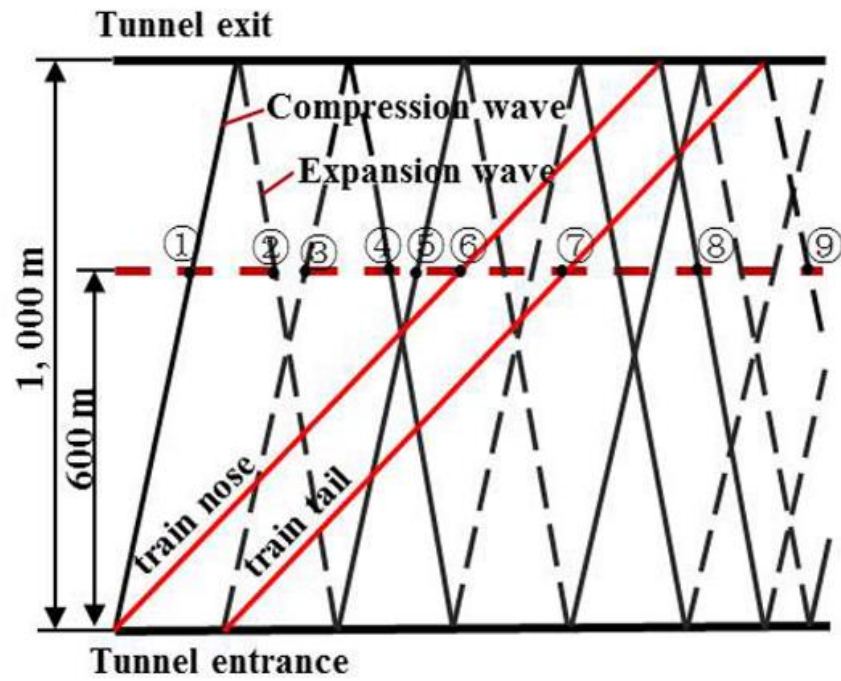
Experiment: Drucksensor

## Experiment 06: Wie lang ist der Tunnel?

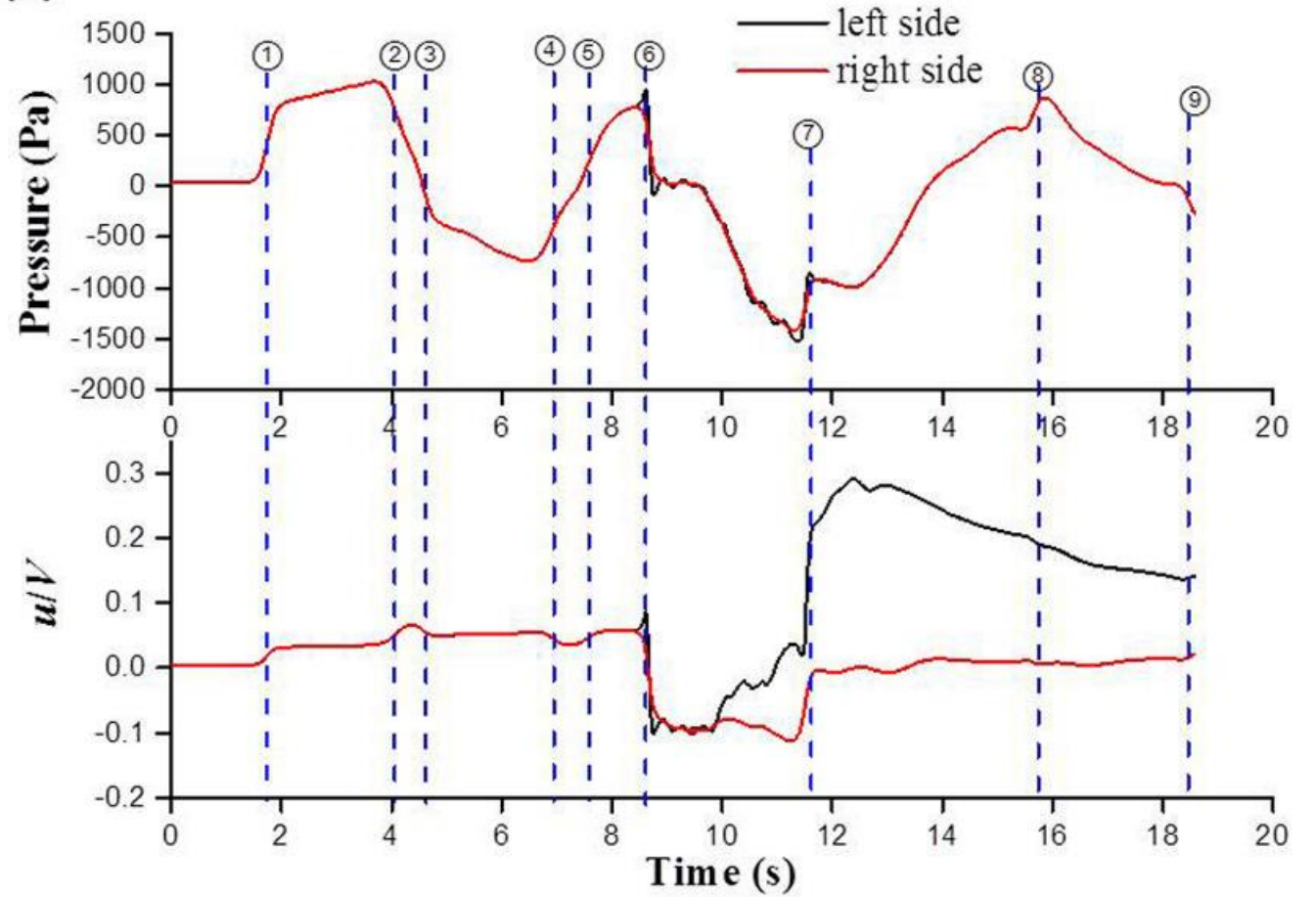


# Experiment 06: Wie lang ist der Tunnel?

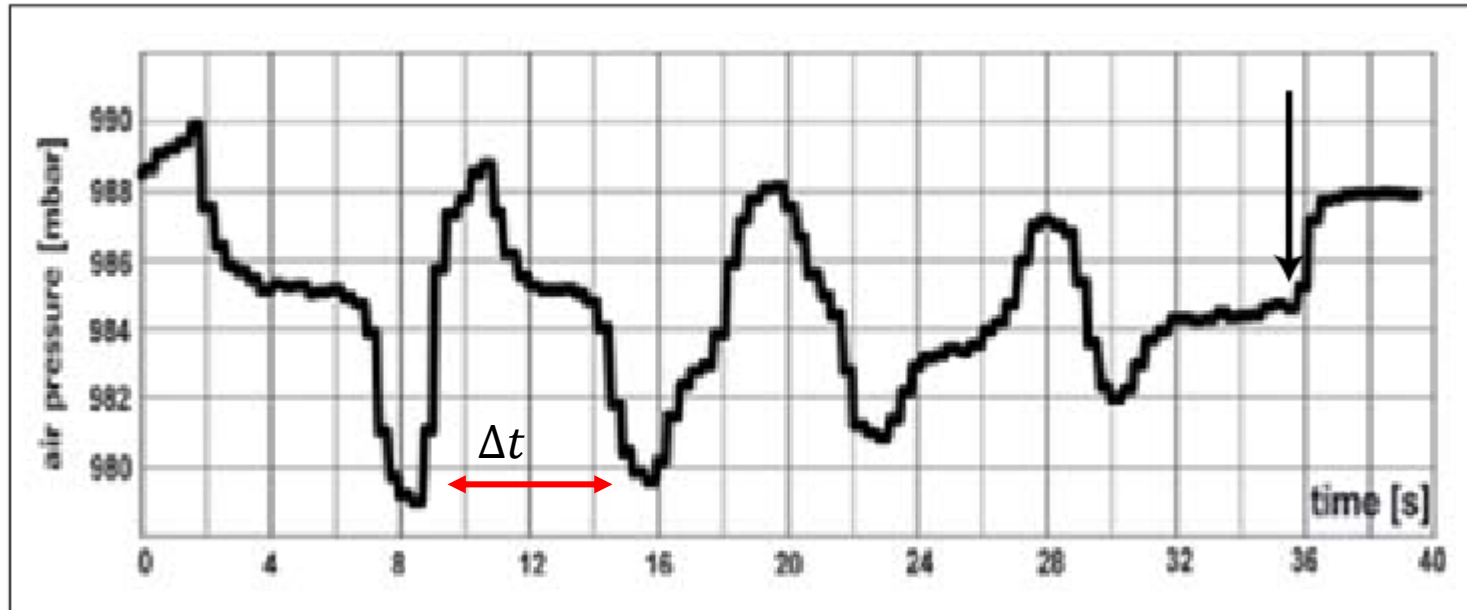
(a)



(b)



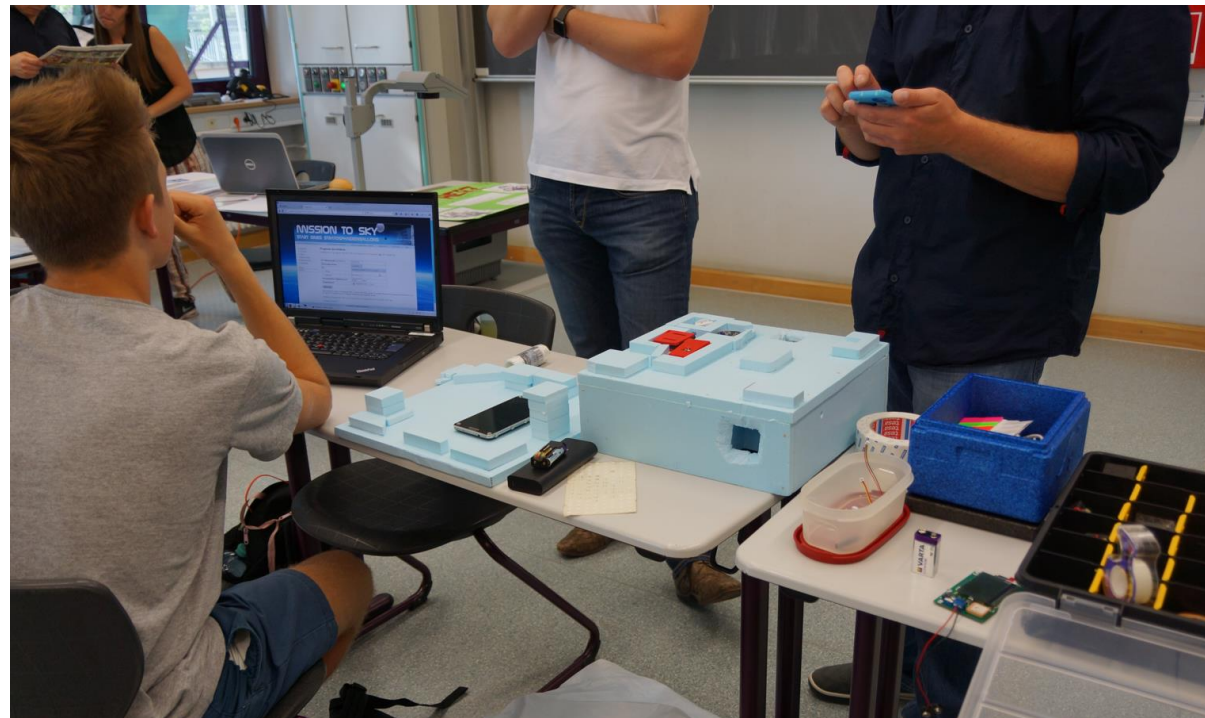
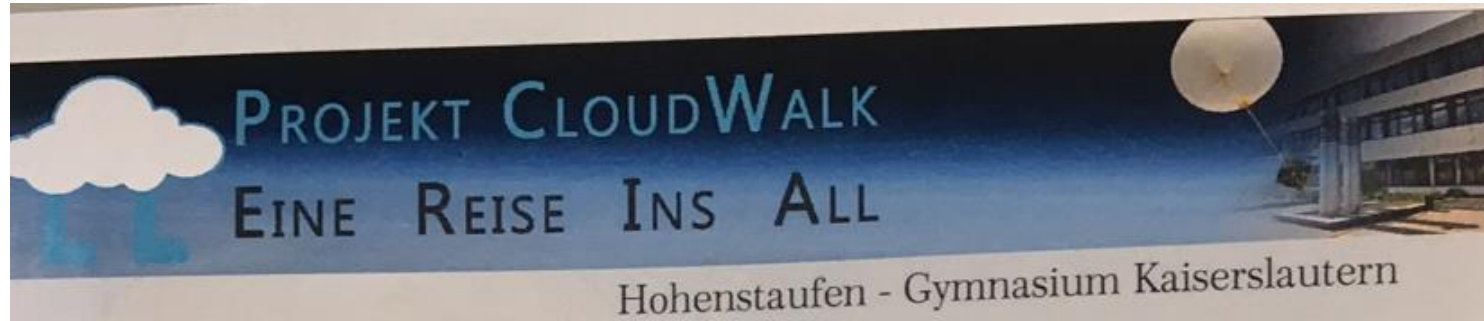
## Experiment 06: Wie lang ist der Tunnel?



$$l = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{2} \Delta t / t_p\right)^{-1} \Delta t v_s$$



## Experiment 07: Mit Smartphone ins All





## Experiment 07: Mit Smartphone ins All



## Experiment 07: Mit Smartphone ins All





## Experiment 07: Mit Smartphone ins All



## Experiment 07: Mit Smartphone ins All





## Experiment 07: Mit Smartphone ins All





## Experiment 07: Mit Smartphone ins All





## Experiment 07: Mit Smartphone ins All

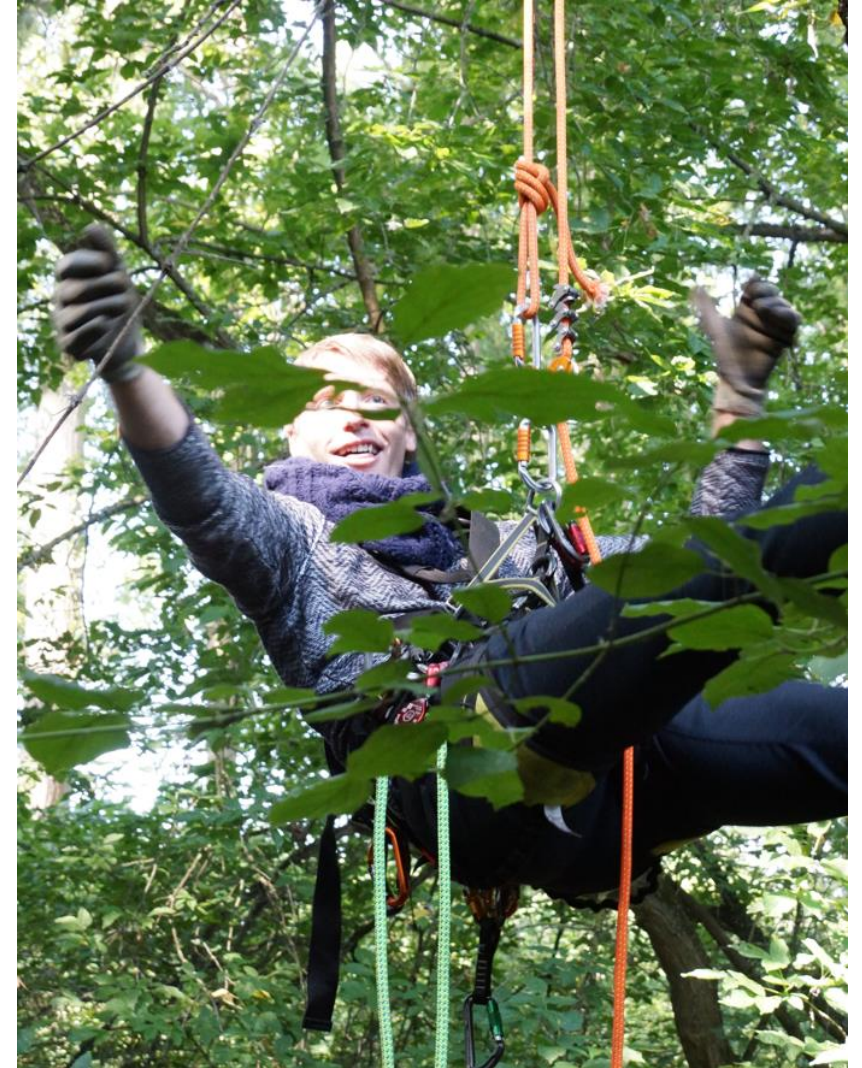
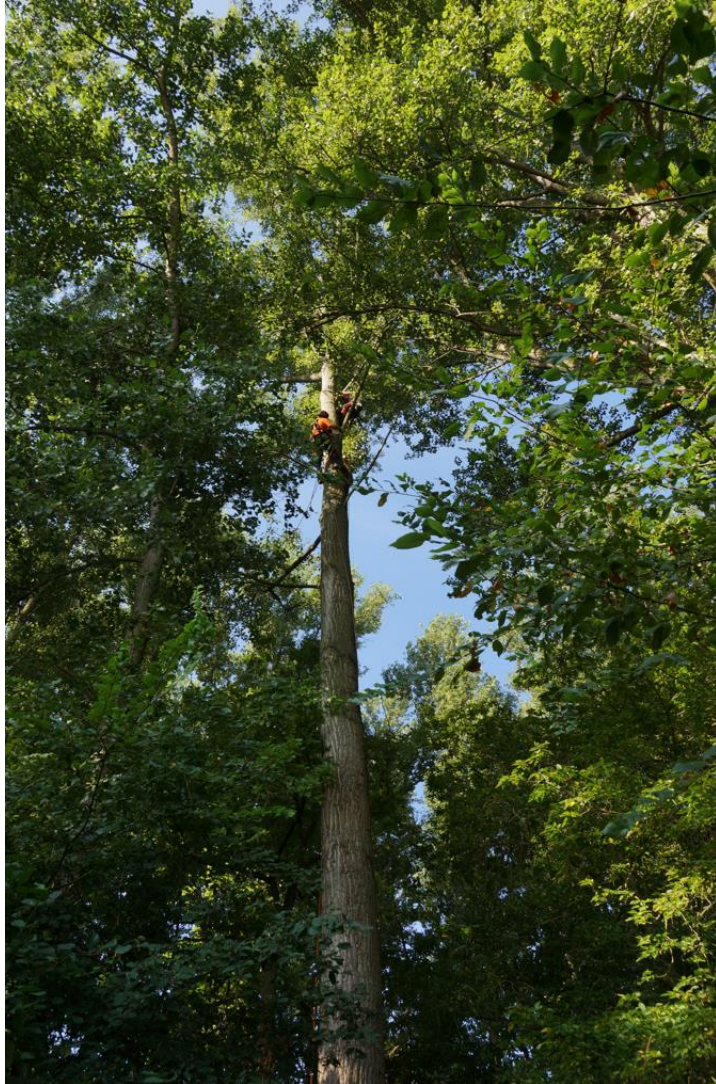


## Experiment 07: Mit Smartphone ins All



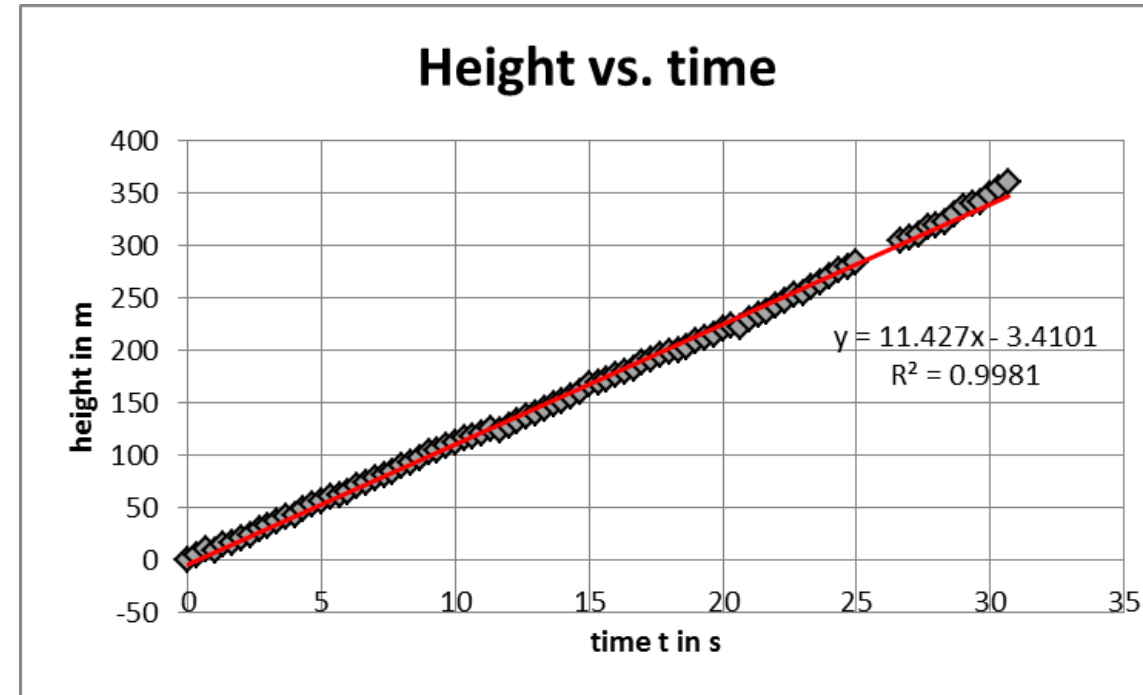
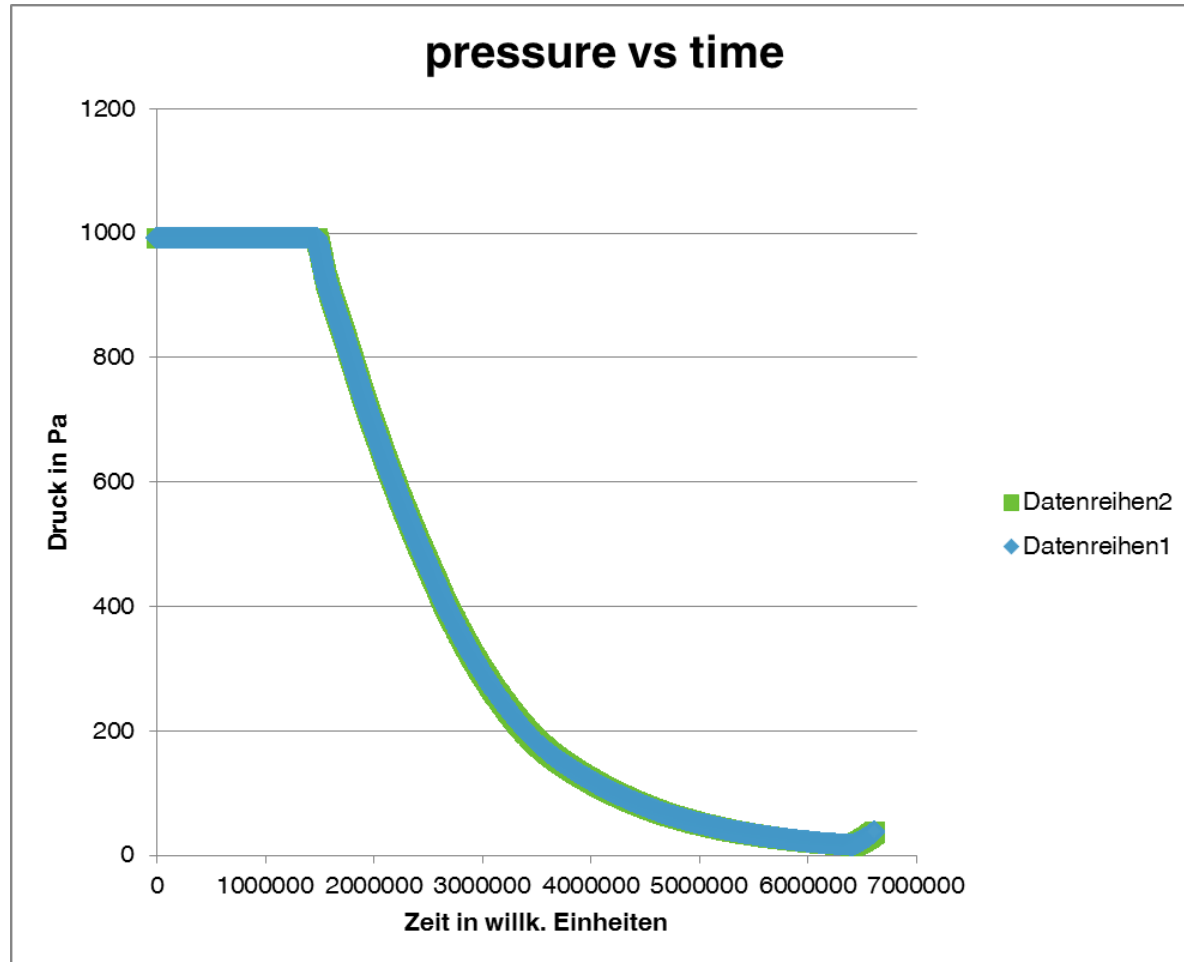


## Experiment 07: Mit Smartphone ins All

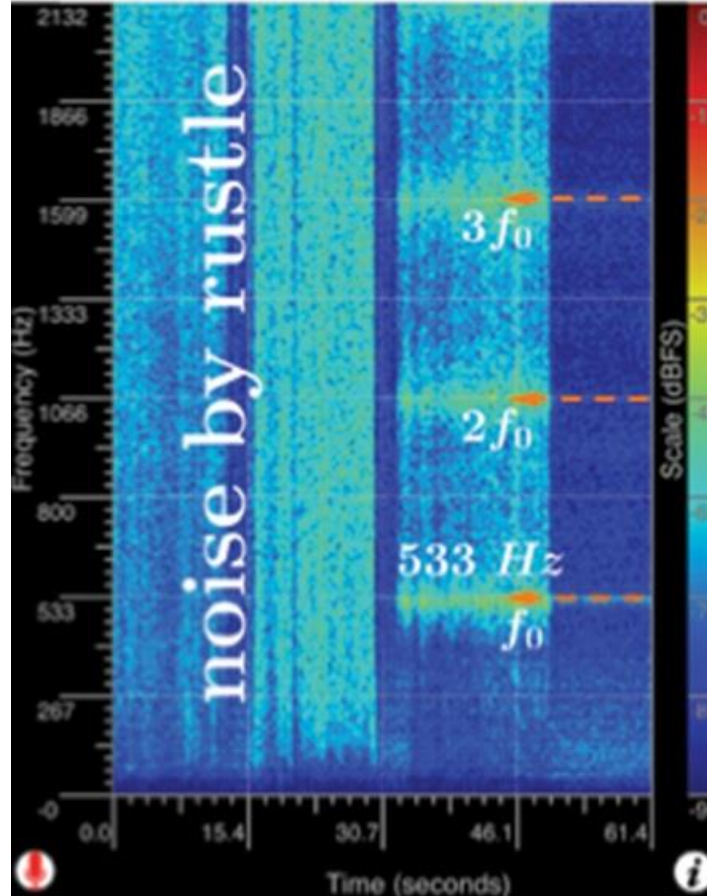
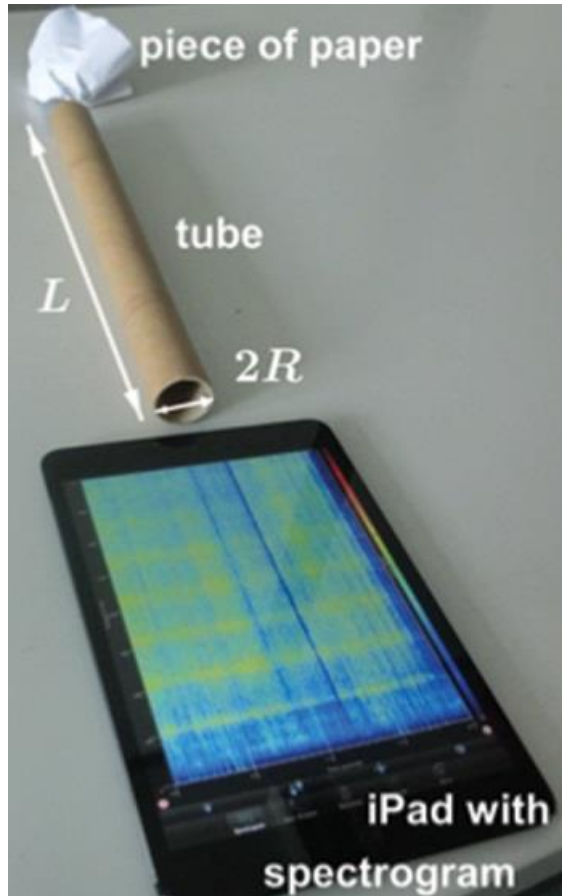




# Experiment 07: Mit Smartphone ins All



## Experiment 08: Bestimmung der Schallgeschwindigkeit



$$f_0 = \frac{c}{2 \cdot (L + 2a)} \quad a = 0.61R$$

$$f_k = (k + 1) \cdot f_0 \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

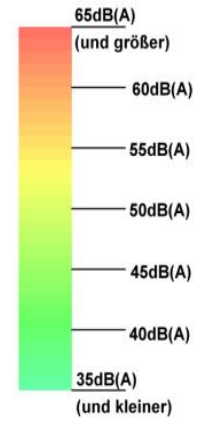
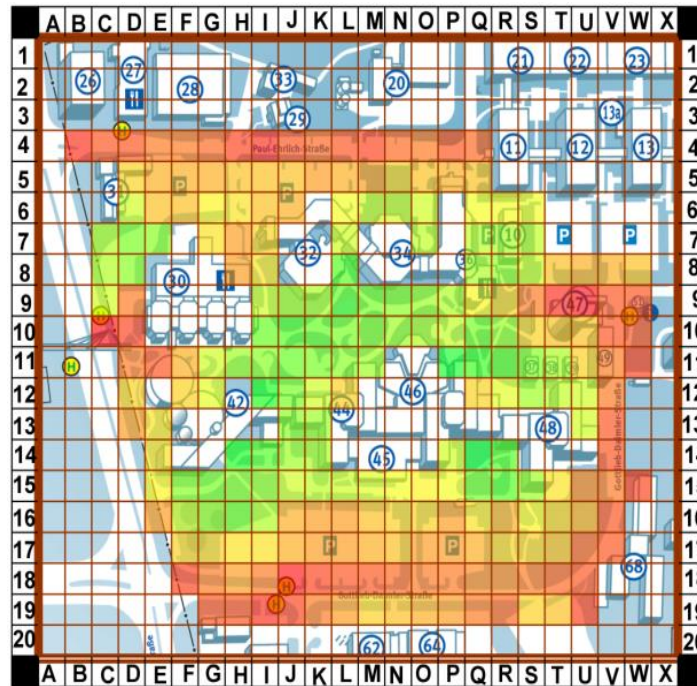
$$L = 30.5 \text{ cm}$$

$$R = 1.35 \text{ cm}$$

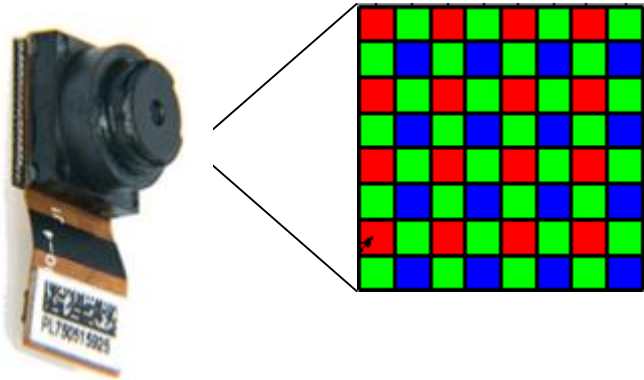
$$f_0 = 533 \text{ Hz}$$

$$c = (343 \pm 9.63) \text{ m/s}$$

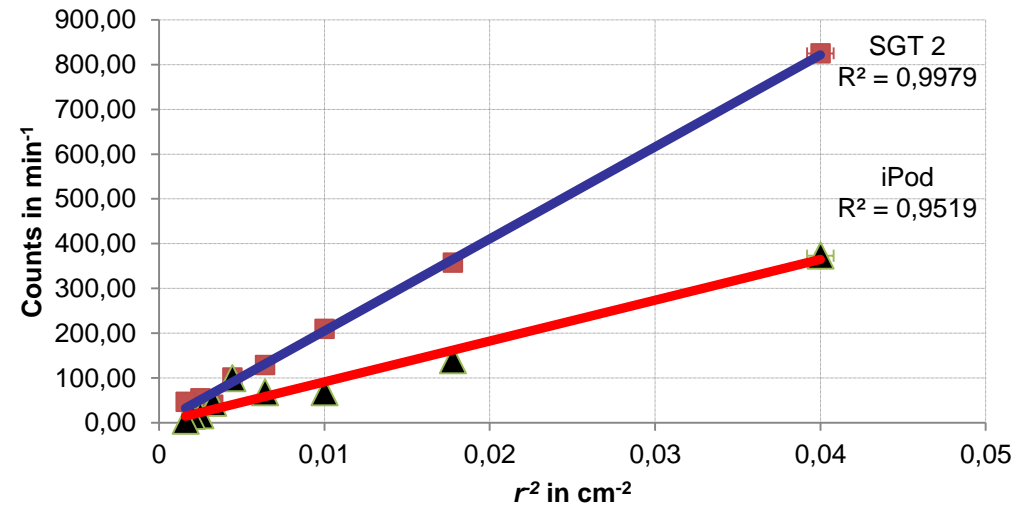
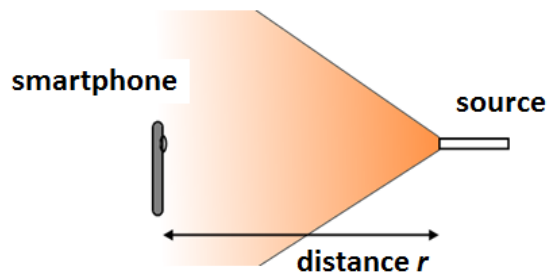
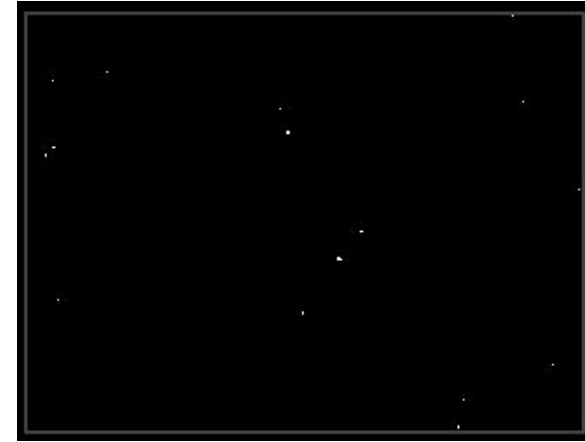
# Experiment 08: Bestimmung der Schallgeschwindigkeit



# Experiment 09: Nicht-sichtbare Strahlung messen

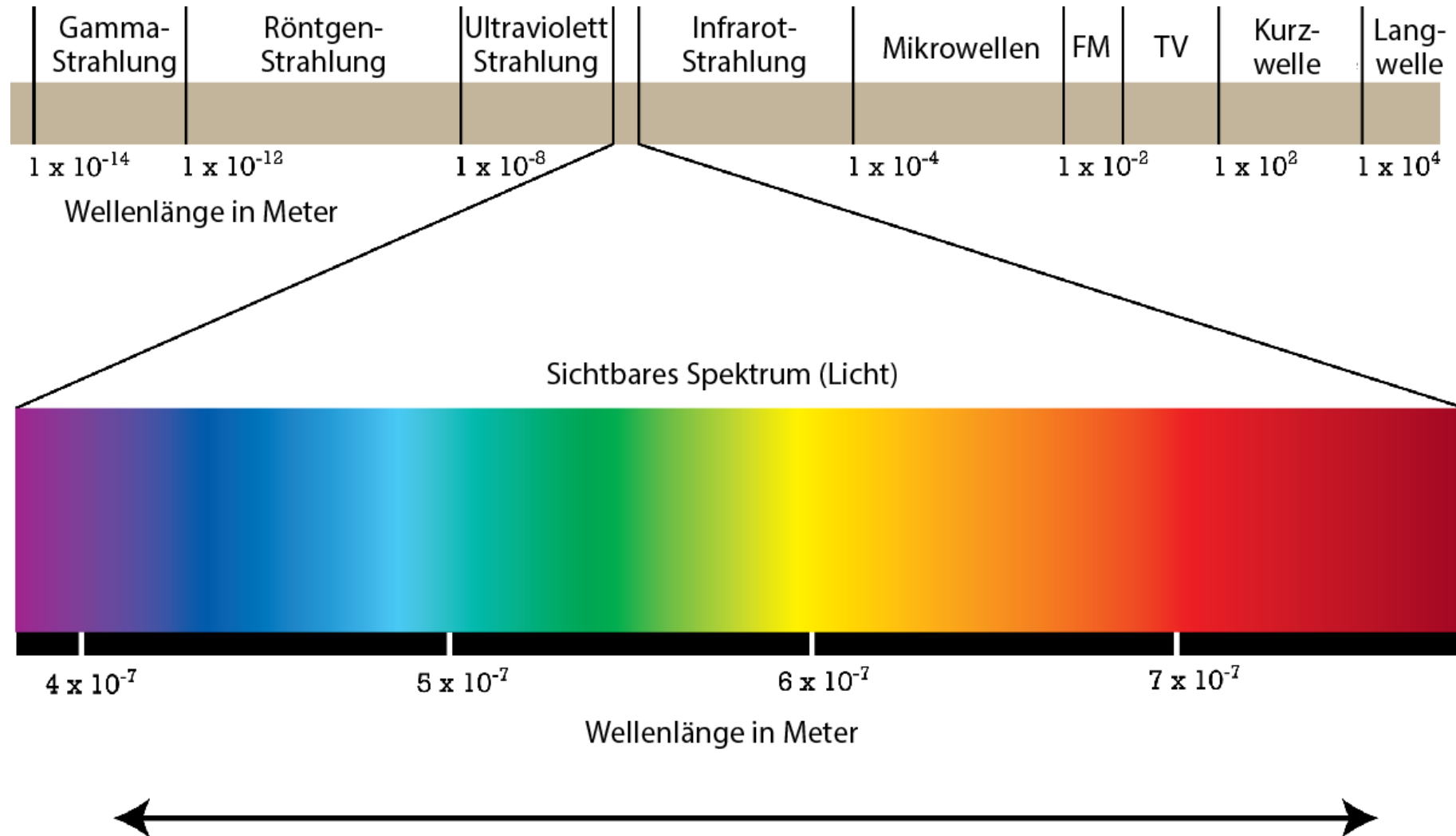


Cover





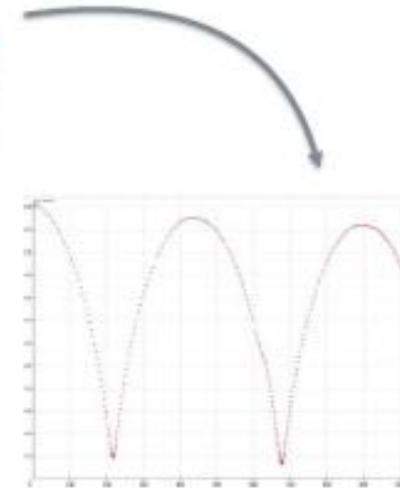
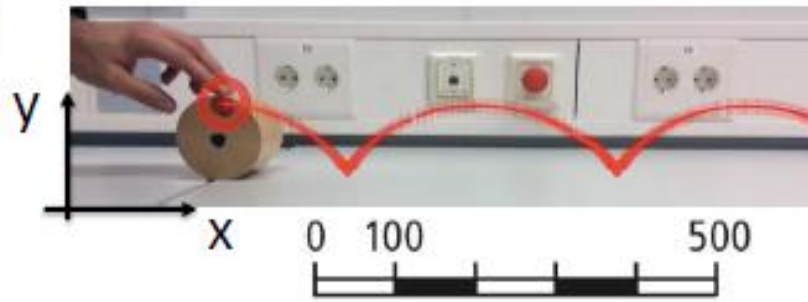
# Experiment 09: Nicht-sichtbare Strahlung messen



# Experiment 10: Videoanalyse

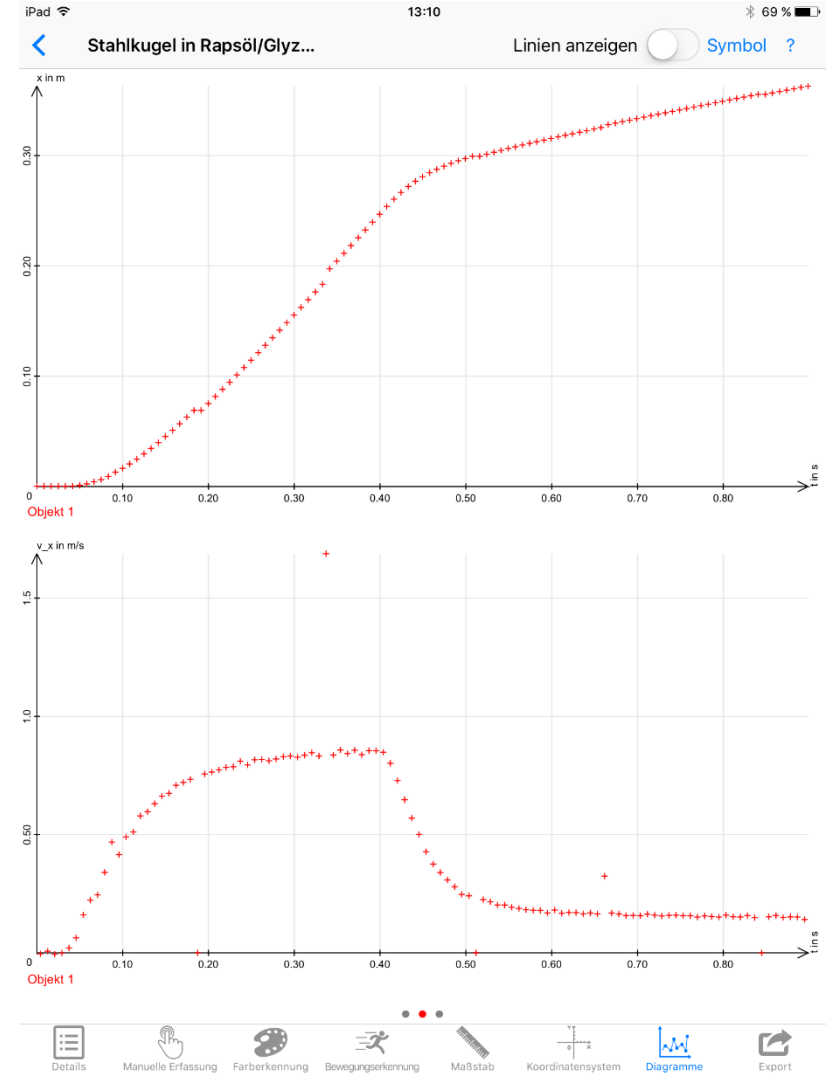
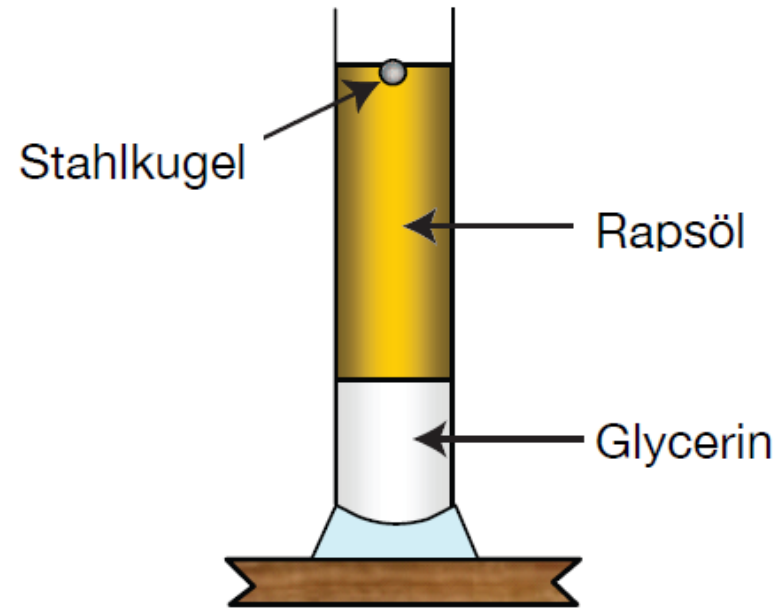


fps: frames per second  
(Bilder pro Sekunde)

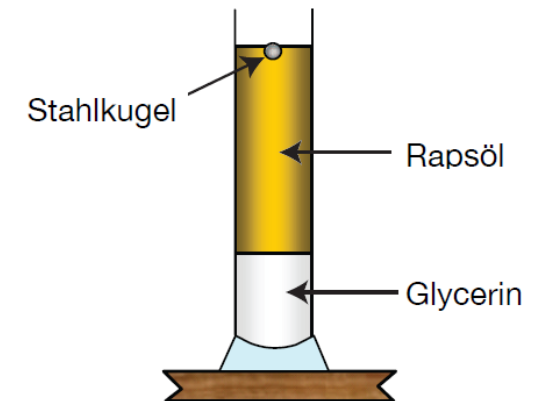
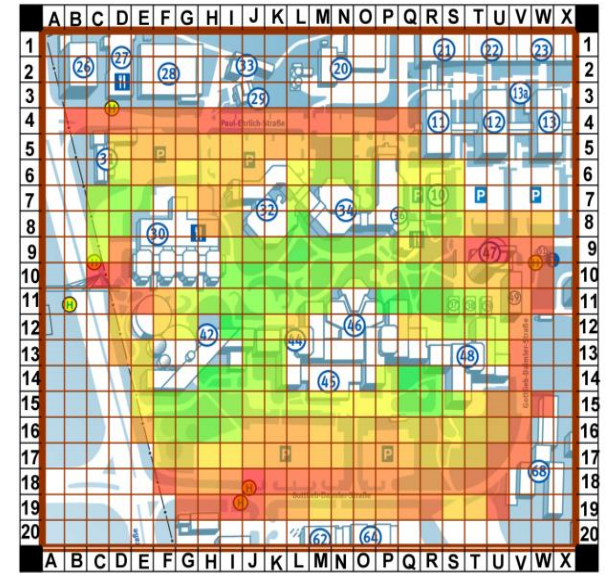


$(x,y,t)$

# Experiment 10: Videoanalyse



# Experimentelle Möglichkeiten sind groß...





# ... und es gibt lerntheoretische Bezugsrahmen...

Auf affektiver Ebene:

- Authentizität I (ein Gerät aus der Lebenswelt der SuS)
- Authentizität II (Mobilität: realitätsnahe Messungen)
- Neugierde und Interesse (Kontext; Situierung)
- Ownership of data (eigene Daten)

Auf kognitiver Ebene:

- Verfügbarkeit multipler Repräsentationen
- Automatisierung der Datendarstellung:  
Reduzierte kognitive Belastung, wenn ansonsten mühselige (redundante) Routine-Prozesse angewendet werden müssen

# ... doch was weiß man über die Lernwirkung?

ZfDN (2018) 24:17–34  
<https://doi.org/10.1007/s40573-018-0070-2>

ORIGINAL PAPER



## Förderung von Repräsentationskompetenz und Experimentbezug in den vorlesungsbegleitenden Übungen zur Experimentalphysik

Empirische Untersuchung eines videobasierten Aufgabenformates

Pascal Klein<sup>1</sup> · Jochen Kuhn<sup>1</sup> · Andreas Müller<sup>2</sup>



ELSEVIER

Learning and Instruction

Volume 69, October 2020, 101350

## Using mobile devices to enhance inquiry-based learning processes ☆

Sebastian Becker<sup>a</sup> ✉, Pascal Klein<sup>b</sup>, Alexander Gößling<sup>c</sup>, Jochen Kuhn<sup>a</sup>

Show more ▾

ZfDN (2020) 26:123–142  
<https://doi.org/10.1007/s40573-020-00116-9>

ORIGINAL PAPER



## Investigating Dynamic Visualizations of Multiple Representations Using Mobile Video Analysis in Physics Lessons

Effects on Emotion, Cognitive Load and Conceptual Understanding

Sebastian Becker<sup>1</sup> · Pascal Klein<sup>2</sup> · Alexander Gößling<sup>3</sup> · Jochen Kuhn<sup>1</sup>

Open Access | [Published: 19 February 2020](#)

## Using Smartphones as Experimental Tools—a Follow-up: Cognitive Effects by Video Analysis and Reduction of Cognitive Load by Multiple Representations

[Katrin Hochberg](#) ✉, [Sebastian Becker](#), [Malte Louis](#), [Pascal Klein](#) & [Jochen Kuhn](#)

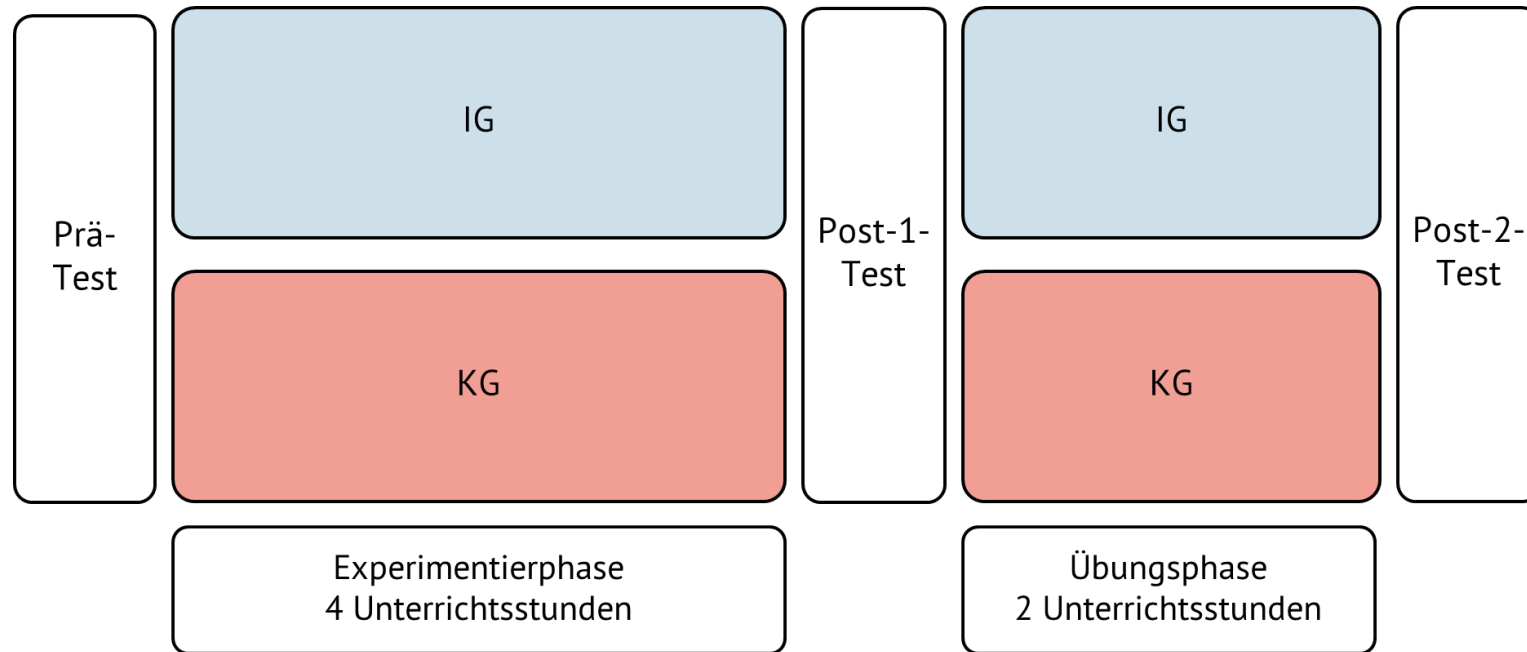
*Journal of Science Education and Technology* **29**, 303–317 (2020) | [Cite this article](#)

## Using Smartphones as Experimental Tools—Effects on Interest, Curiosity, and Learning in Physics Education

Katrin Hochberg<sup>1</sup> · Jochen Kuhn<sup>1</sup> · Andreas Müller<sup>2</sup>

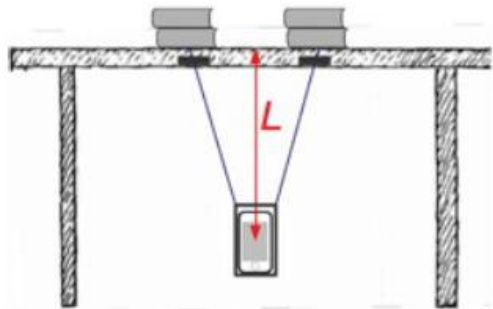
Published online: 6 April 2018

# ... empirische Physikdidaktik: Nach Vorbild der evidenzbasierten Medizin

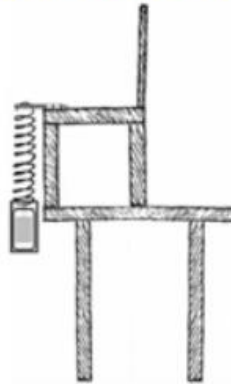


# ... empirische Physikdidaktik: Nach Vorbild der evidenzbasierten Medizin

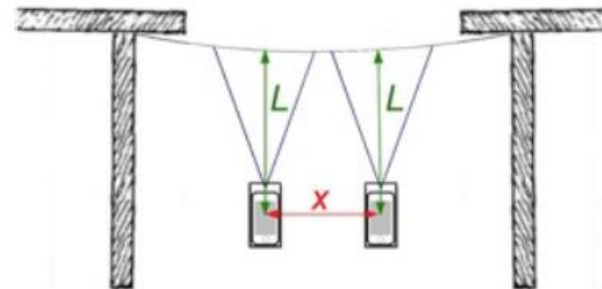
**Fadenpendel**



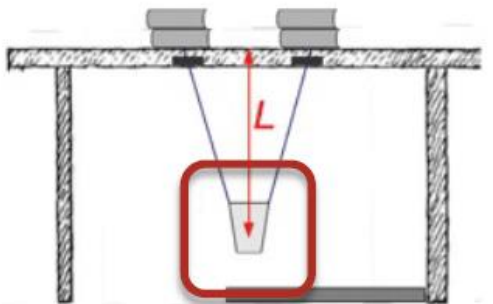
**Federpendel**



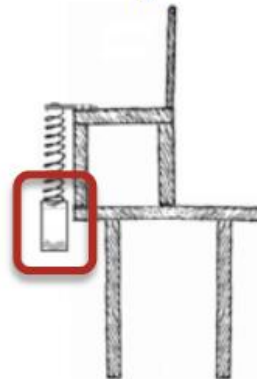
**gekoppelte Pendel**



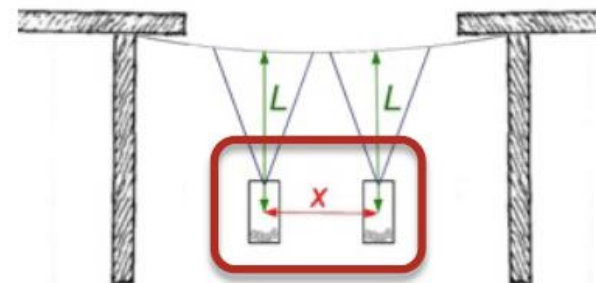
**Fadenpendel**



**Federpendel**

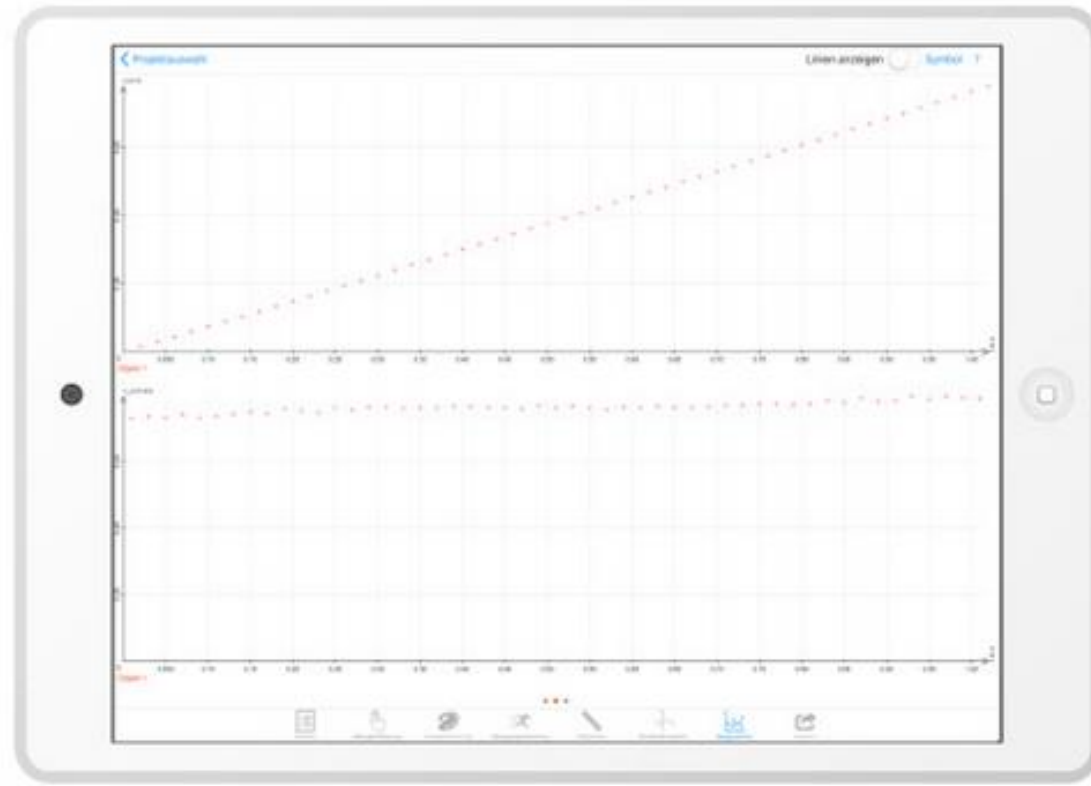
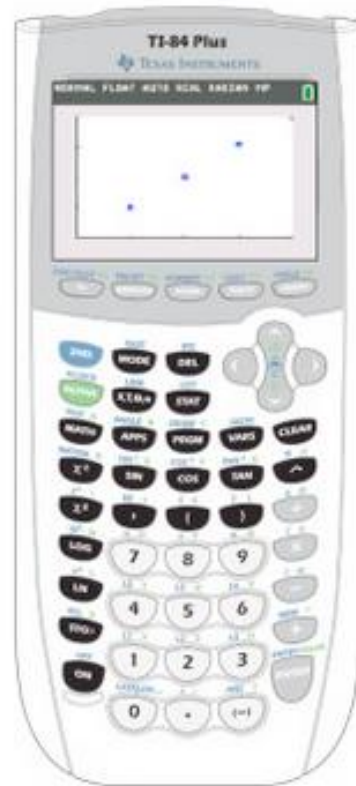


**gekoppelte Pendel**





... empirische Physikdidaktik: Nach Vorbild der evidenzbasierten Medizin



# ... empirische Physikdidaktik: Nach Vorbild der evidenzbasierten Medizin

- Steigerung von Interesse und Neugierde
- Steigerung von Leistung beim Einsatz der Videoanalyse von Bewegungen
- Entlastung des Arbeitsgedächtnisses durch Routineprozesse und einfache Handhabe
- Reiner Ersatz von Experimentiermaterialien führt zu keinem Vorteil, aber auch zu keinem Nachteil
- Komplette parallele (faire) Vergleiche sind schwierig, da so das Potential unausgeschöpft bleibt (mobiles Experimentieren, Hausaufgaben)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!