

---

# Astronomische Smartphone-Experimente rund um die Exoplaneten-Lichtkurve



Alexander Küpper  
Gymnasium Frechen

Sebastian J. Spicker  
HfMT Köln

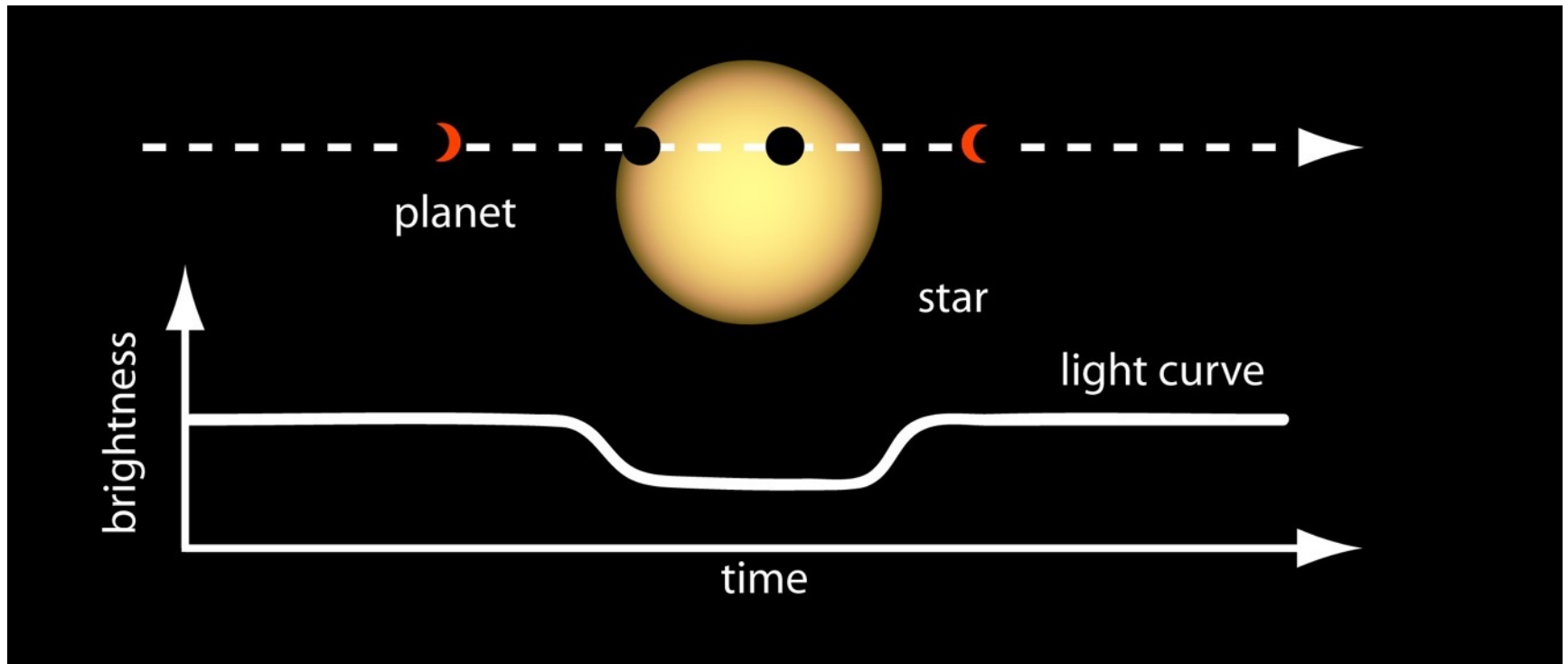
(equal contribution)

---

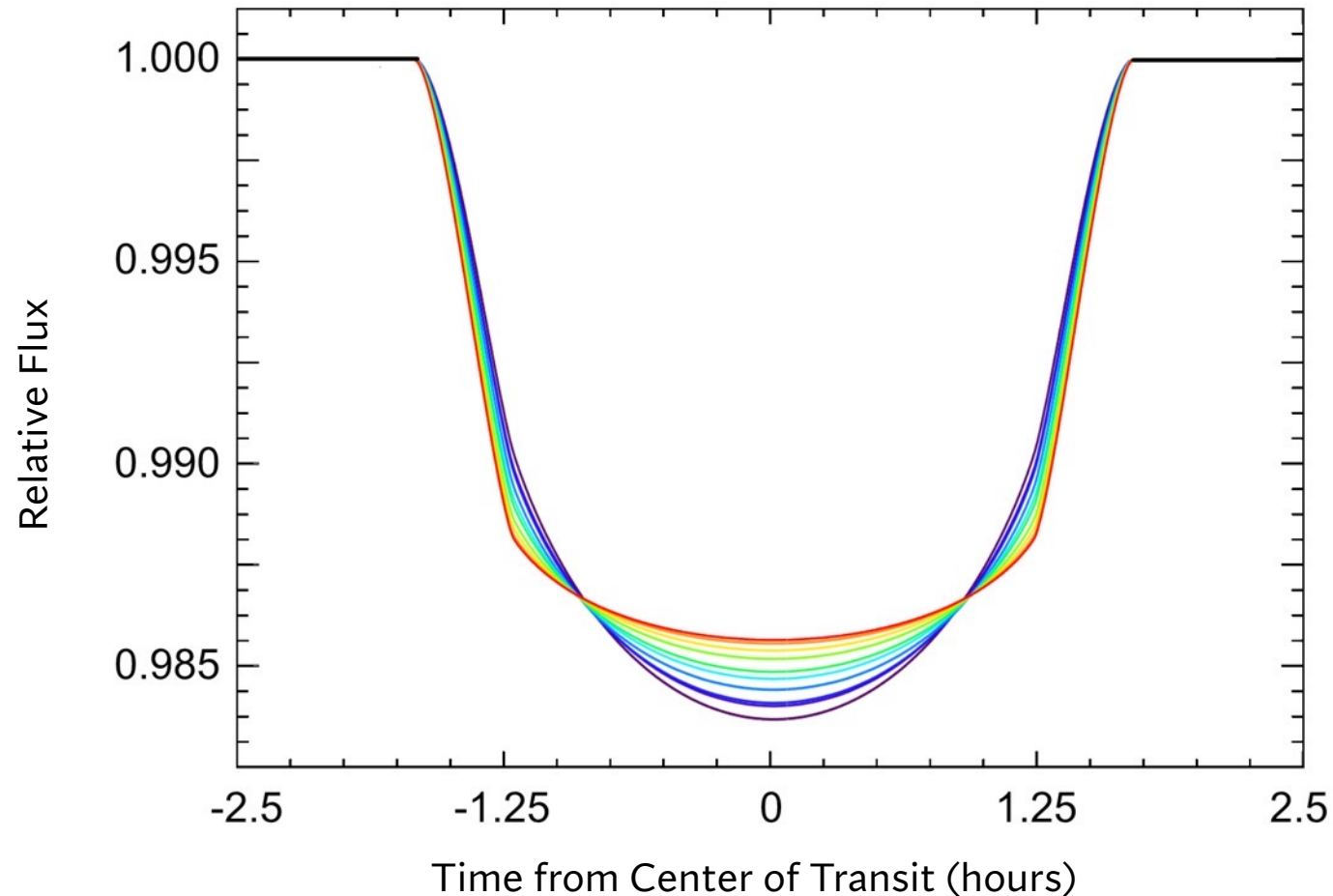
# Überblick

- Fachlicher/technischer Input (15 Minuten)
    - Exoplaneten Lichtkurve
    - Fehlvorstellungen
    - Smartphones und Sensoren als Experimentiertools
  - Experimentierteil (60 Minuten)
    - Vorstellung der verschiedenen Stationen
    - Freies Experimentieren und Ausprobieren mit Reflexionsauftrag
  - Abschluss (15 Minuten)
    - Zusammenfassung
    - Ausblick und Diskussion
-

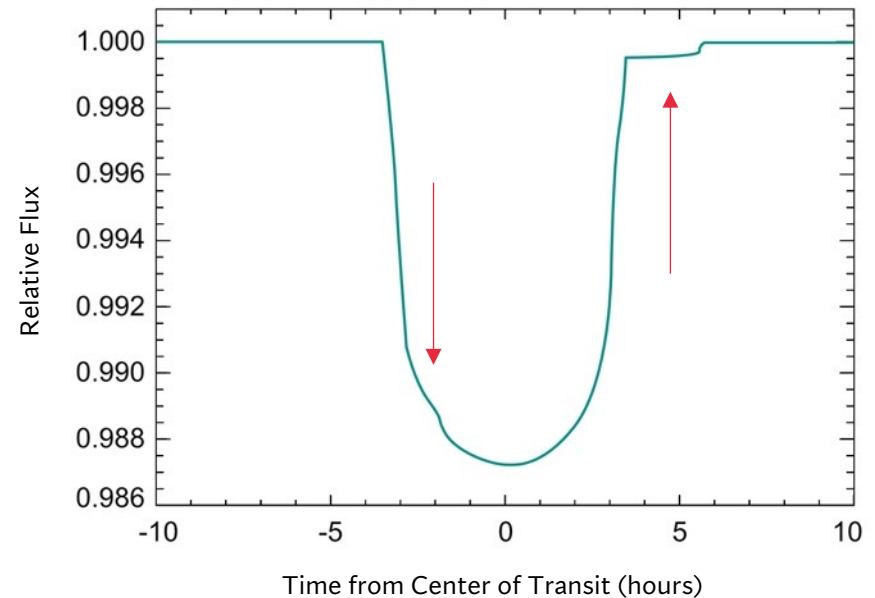
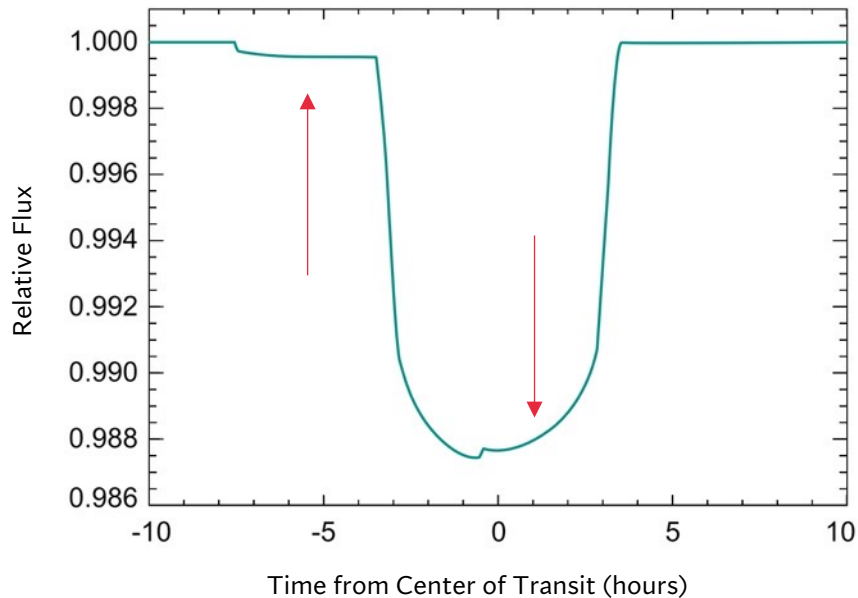
# Die Exoplaneten Lichtkurve



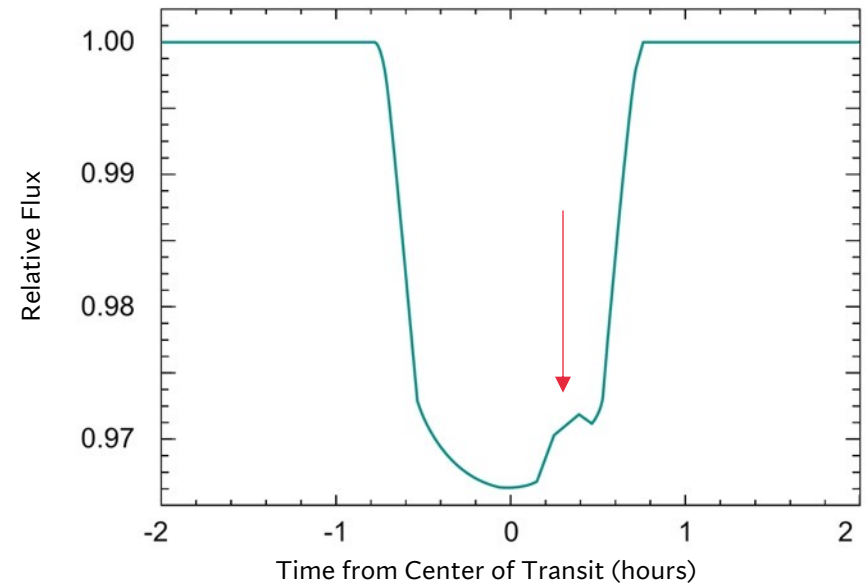
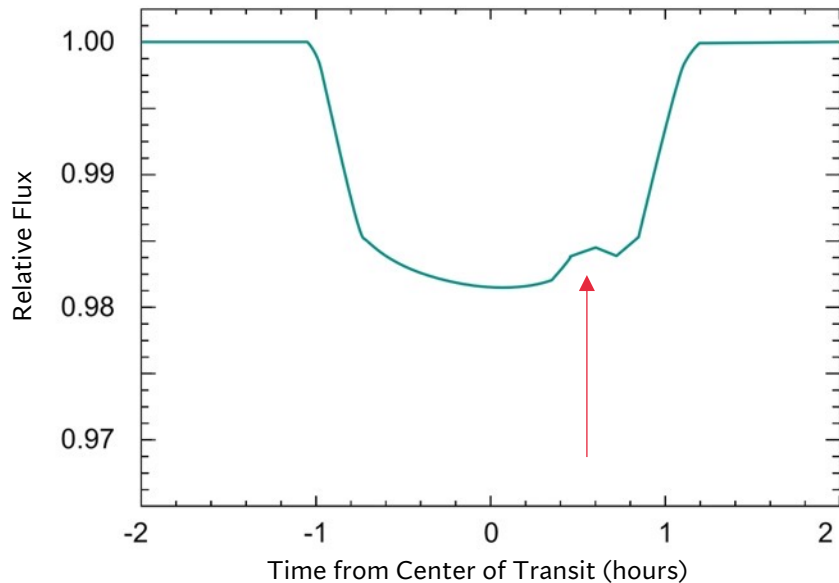
# Die Exoplaneten Lichtkurve, beobachtet in verschiedenen Wellenlängen



# Simulierte Lichtkurve eines Exoplanet-Exomond-Systems



# Simulierte Lichtkurve eines Exoplaneten um einen Stern mit Sternenfleck



---

# Anknüpfungspunkte zum Lehrplan im Fach Physik

- Schattenwurf
  - Sonnenfinsternis
  - Mondphasen
  - Farbfilter
  
  - Messungen mit digitalen Werkzeugen  
(Förderung der Medienkompetenz)
-

---

# Astronomie vermitteln: Kennen Sie Ihr Publikum?

- Lernende kommen mit individuellen Vorkenntnissen, Fähigkeiten, Überzeugungen und Konzepten in den Unterricht
  - ↳ Einfluss auf Wahrnehmung der Umwelt und Interpretation des Wahrgenommenen
  - ↳ individuell unterschiedlichen Fähigkeiten in Hinblick auf Problemlösen und Wissenserwerb





---

# Weitere Fehlvorstellungen

- „die Sonne ist die einzige Lichtquelle in der Galaxie“
- „Sonnenlicht reflektiert auf Planeten und Sternen, so dass wir sie sehen können“
- „Farbe und Temperatur eines Sterns sind unabhängig voneinander“
- „alle Planeten haben die gleiche Bahnneigung“
- „alle Sterne sind etwa so weit von der Erde entfernt wie der Mond“
- „Sonnenflecken sind besonders heiße Stellen auf der Sonnenoberfläche“

---

# Anmerkungen zur Integration in den Unterricht

- Simulationen [5, 6]
  - Verwendung von Messdaten aus Datenbanken [7]
  - **Analogieexperimente**
    - Reale Maßstäbe können nicht nachgestellt werden.
    - Transittiefe fällt prozentual gesehen zu groß aus.
    - Periodische Planetenbewegung „aus der Hand“ erfordert Übung
    - Verschiedene Möglichkeiten zur Realisierung der kreisförmigen Bewegung des Exoplaneten und Aufnahme der Messwerte können aufwändig sein
-

---

# Smartphones als Experimentiertools

- Können positiv auf Motivation wirken
  - Interesse an Physik kann durch Nutzung gesteigert werden
  - Echtzeitauswertung und Visualisierung; dadurch Reduktion des Cognitive Load
  - Viele Sensoren bereits on-board
  - Einfache Erweiterung durch Bluetooth Geräte möglich
  - Mit gleichzeitiger Videoaufnahme können Vorteile von Simulation und Realexperiment kombiniert werden [8]
-

# Smartphone-Sensoren

- Sensoren-Zoo
- Ergebnisse daher schwer vergleichbar
- Eher qualitative Rückschlüsse
- Aufschluss welche Sensoren mit welcher Genauigkeit verbaut wurden gibt z.B. die phyphox Sensoren Datenbank



Welcome to our sensor database. The information presented here has been collected by our users using the "Submit to sensor database" experiment in [phyphox](#). We can not guarantee that this information is accurate. You can find details on how the data is obtained at the bottom of this page and general statistics across all devices [here](#).

Our database contains a total of **3515** devices, submitted by **29629** users. Last update was on 2023-06-18 02:41:20 (UTC) and took 1277 seconds. (Automated updates are usually scheduled once a day.)

Manufacturer	Model	Sample size	Variants	Accelerometer			Acceleratio...		G...	M...	Pr...	Te...	H...	Li...	Pr...
				Available	Rate	Std Dev	Available	Rate	Available	Available	Available	Available	Available	Available	
Apple	iPhone 11 (iPhone12,1)	518	1	✓	100.0 Hz	0.015 m/s²	✓	100.0 Hz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Apple	iPhone Xr (iPhone11,8)	451	1	✓	99.9 Hz	0.031 m/s²	✓	99.9 Hz	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓
Apple	iPhone Se 2nd Gen (iPhone12,8)	416	1	✓	100.0 Hz	0.018 m/s²	✓	100.0 Hz	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓
Apple	iPhone 8 (iPhone10,4)	403	1	✓	100.0 Hz	0.014 m/s²	✓	100.0 Hz	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓
Apple	iPhone 7 (iPhone9,3)	334	1	✓	99.9 Hz	0.021 m/s²	✓	99.9 Hz	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓
Apple	iPhone Xs (iPhone11,2)	330	1	✓	100.0 Hz	0.011 m/s²	✓	100.0 Hz	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓
samsung	SM-G950F	326	4	✓	499.4 Hz	0.014 m/s²	✓	106.1 Hz	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓

# TI SensorTag CC2650STK

Sensor	Modell	Messbereich	Genauigkeit	Samplingrate
Licht	OPT3001	0.01 bis 83.000 lx	$\pm 0.01$ lx	1.25 Hz
Druck	BMP280	300 bis 1.100 hPa	$\pm 0.01$ hPa	175 Hz
Temperatur	BMP280	-40 bis 85 °C	$\pm 0.01$ °C	175 Hz
	HDC1000	-40 bis 125 °C	$\pm 0.2$ °C	400 Hz
Feuchtigkeit	HDC1000	0 bis 100 % (rH)	$\pm 3$ %	400 Hz
Infrarot	TMP007	-40 bis 125 °C	$\pm 1$ °C	4 Hz
Drehung	MPU-9250	$\pm 2.000$ deg/s	$\pm 10$ $\mu$ dps/ $\sqrt{\text{Hz}}$ *	1.000 Hz
Beschleunigung	MPU-9250	$\pm 16$ g	$\pm 208,3$ $\mu$ g/LSB*	1.000 Hz
Magnetometer	MPU-9250	$\pm 4.800$ $\mu$ T	$\pm 0.15$ $\mu$ T/LSB*	100 Hz

# Espruino Puck.js

Sensor	Modell	Messbereich	Genauigkeit	Samplingrate
<b>Magnetometer</b>	MMC5603NJ	± 30 gauss	± 5 %	1.000 Hz
<b>Beschleunigung</b>	LSM6DS3TR-C	± 16 g	610 µg/LSB*	1.600 Hz
<b>Gyroskop</b>	LSM6DS3TR-C	± 2.000 deg/s	4.375 mdps/LSB*	1.600 Hz
<b>Temperatur</b>	PCT2075TP (calibrated)	-40 bis 125 °C	± 1 °C	10 Hz
<b>Licht</b>	<p>Der Puck.js hat keinen eigenen Lichtsensor, sondern die LEDs sind an analog-fähige Pins angeschlossen (D5=rot, D4=grün, D3=blau).</p> <p>Die LEDs erzeugen eine leichte Spannung, wenn Licht auf sie fällt, und diese kann zurückgelesen werden, um einen Lichtwert zu erhalten.</p>			

# Owon B35T Multimeter

Sensor	Messbereich	Genauigkeit	Samplingrate
<b>Spannung (AC/DC)</b>	60 bis 600 mV	$\pm 0.01$ mV	30 Hz
	600 mV bis 60 V	$\pm 0.1$ mV	
	600 bis 1.000 V	$\pm 1$ mV	
<b>Widerstand</b>	600 $\Omega$ bis 10 M $\Omega$	$\pm 0.1$ $\Omega$	30 Hz
	10 M $\Omega$ bis 60 10 M $\Omega$	$\pm 0.1$ M $\Omega$	
<b>Kapazität</b>	40 nF bis 400 nF	$\pm 0.01$ nF	30 Hz
	400 nF bis 40 $\mu$ F	$\pm 0.1$ nF	
	400 $\mu$ F bis 4.000 $\mu$ F	$\pm 0.1$ $\mu$ F	
<b>Frequenz</b>	10 Hz bis 10 Mhz	$\pm 1$ mHz	30 Hz
<b>Temperatur</b>	-50 bis 400 $^{\circ}$ C	$\pm 1$ $^{\circ}$ C	30 Hz



# Arduino Nano 33 BLE Sense

Sensor	Modell	Messbereich	Genauigkeit	Samplingrate
<b>Beschleunigung</b>	LSM9DS1 IMU	± 16 g	61 µg/LSB*	952 Hz
<b>Gyroskop</b>	LSM9DS1 IMU	± 2.000 deg/s	8.75 mdps/LSB*	952 Hz
<b>Magnetometer</b>	LSM9DS1 IMU	± 16 gauss	0.14 mgauss/LSB*	80 Hz
<b>Abstand</b>	APDS-9960	0 bis 30 cm	?	360 Hz
<b>Druck</b>	LPS22HB	260 bis 1260 hPa	± 0.1 hPa	75 Hz
<b>Temperatur</b>	HTS221	15 bis 40 °C 40 bis 60 °C	± 0.5 °C ± 1 °C	12.5 Hz
<b>Luftfeuchtigkeit</b>	HTS221	0 bis 100 %	0.004% rH/LSB*	12.5 Hz
<b>Licht und RGB</b>	APDS-9960	siehe nächste Folie		360 Hz

# Arduino Nano 33 BLE Sense: Licht und RGB I

**Optical Characteristics,  $V_{DD} = 3\text{ V}$ ,  $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $A_{GAIN} = 16\times$ ,  $AEN = 1$  (unless otherwise noted)**

Parameter	Red Channel		Green Channel		Blue Channel		Units	Test Conditions
	Min	Max	Min	Max	Min	Max		
Irradiance responsivity [1]	0	15	10	42	57	100	%	$\lambda_D = 465\text{ nm}$ [2]
	4	25	54	85	10	45		$\lambda_D = 525\text{ nm}$ [3]
	64	120	0	14	3	29		$\lambda_D = 625\text{ nm}$ [4]

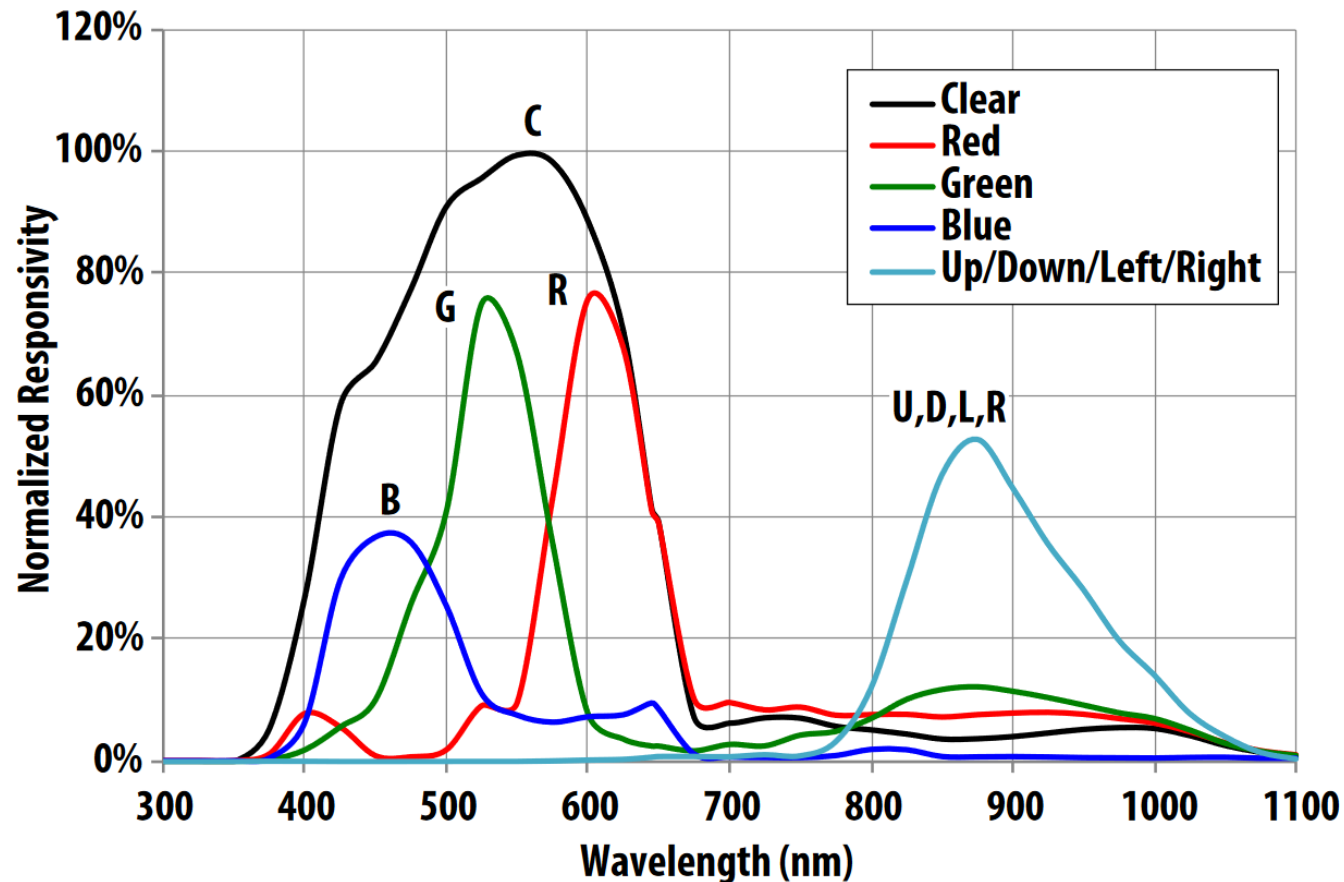
Notes:

1. The percentage shown represents the ratio of the respective red, green, or blue channel value to the clear channel value.
2. The 465 nm input irradiance is supplied by an InGaN light-emitting diode with the following characteristics: dominant wavelength  $\lambda_D = 465\text{ nm}$ , spectral halfwidth  $\Delta\lambda_{1/2} = 22\text{ nm}$ .
3. The 525 nm input irradiance is supplied by an InGaN light-emitting diode with the following characteristics: dominant wavelength  $\lambda_D = 525\text{ nm}$ , spectral halfwidth  $\Delta\lambda_{1/2} = 35\text{ nm}$ .
4. The 625 nm input irradiance is supplied by a AlInGaP light-emitting diode with the following characteristics: dominant wavelength  $\lambda_D = 625\text{ nm}$ , spectral halfwidth  $\Delta\lambda_{1/2} = 15\text{ nm}$ .

**RGBC Characteristics,  $V_{DD} = 3\text{ V}$ ,  $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $A_{GAIN} = 16\times$ ,  $AEN = 1$  (unless otherwise noted)**

Parameter	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions
Dark ALS count value		0	3	counts	$E_e = 0$ , $A_{GAIN} = 64\times$ , $ATIME = 0\times DB$ (100 ms)
ADC integration time step size		2.78		ms	$ATIME = 0\times FF$
ADC number of integration steps	1		256	steps	
Full scale ADC counts per step			1025	counts	
Full scale ADC count value			65535	counts	$ATIME = 0\times C0$ (175 ms)
Gain scaling, relative to 1x gain setting	3.6	4	4.4		4x
	14.4	16	17.6		16x
	57.6	64	70.4		64x
Clear channel irradiance responsivity	18.88	23.60	28.32	counts/( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	Neutral white LED, $\lambda = 560\text{ nm}$

# Arduino Nano 33 BLE Sense: Licht und RGB II



# Honorable Mentions

- Pasco
- SensorTag CC2541
- Arduino Nano mit beliebigem externen Sensor über analoge Eingänge
- PocketLab Voyager
- BBC micro:bit

Device	Type	Support
BBC:Microbit	Microcontroller	external
Calliope	Microcontroller	external
card10	Badge	external
Generic heart rate sensors	Health	direct
Generic HID mouse	Input device	direct
Leica Disto	Laser Distometer	external
MbientLab MetaWear (MetaMotionR)	Sensorbox	external
Owon Multimeter	Multimeter	external
Pasco (any device)	various	N/A
PocketLab One	Sensorbox	direct
PocketLab Voyager	Sensorbox	direct
Puck.js	Sensorbox	direct
Sensirion Smart Humigadget	Sensor	direct
Texas Instruments SensorTag CC2650/CC1350 STK	Sensorbox	direct
Texas Instruments SensorTag CC2541	Sensorbox	external
Vernier Go Direct	Sensor	N/A

# Lichtsensoren: Übersicht

Gerät	Lichtsensoren	Messbereich	Genauigkeit	Samplingrate
<b>Samsung Galaxy S8</b>	TMD4906	0 bis 100.000 lx	0.05 %	360 Hz
<b>TI SensorTag CC2650STK</b>	OPT3001	0.01 bis 83.000 lx	$\pm 0.01$ lx	1.25 Hz
<b>Pasco Wireless Light Sensor</b>	PS-3213	0 bis 131.000 lx	keine Angabe	20 Hz
<b>Arduino Nano 33 BLE Sense</b>	APDS-9960	0 bis 4097 a.u. (1-64x gain)	$\pm 0.1$	360 Hz
<b>Pocket Lab Voyager 2</b>	keine Angabe	0.01 bis 128.000 lx	$\pm 0.01$ lx	400 Hz
<b>Espruino Puck.js</b>	Spannung aus LED	0 bis 1 a.u.	$\pm 0.1$ a.u.	5 Hz
<b>BBC micro:bit</b>	Spannung aus LED	0 bis 255 a.u.	$\pm 1$ a.u.	keine Angabe
<b>Owon B35T</b>	Spannung aus Solarzelle	60 bis 600 mV 600 mV bis 60 V 600 bis 1.000 V	$\pm 0.01$ mV $\pm 0.1$ mV $\pm 1$ mV	30 Hz

Hinweis: der interne Umgebungslichtsensor kann nur unter Android und leider nicht unter iOS/iPadOS angesteuert werden.

---

# Experimentierteil: QR-Codes



Download  
phyphox  
Android



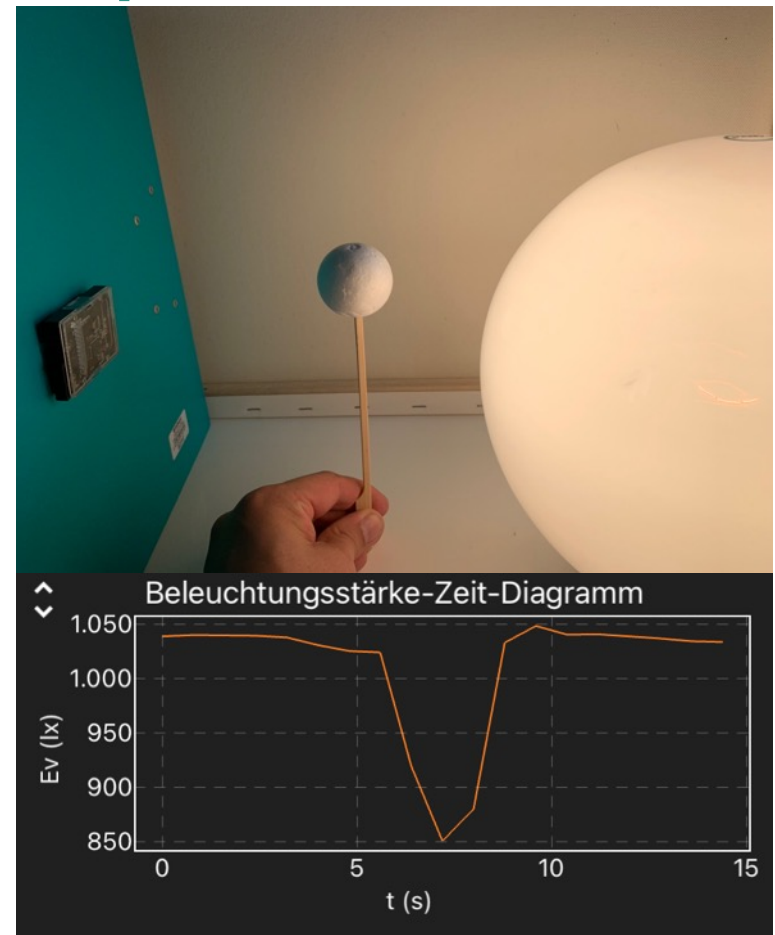
Download  
phyphox iOS



Experiment-  
Sammlung

# Station 1: Transitmethode zur Detektion von Exoplaneten

- Erkennen der periodischen Schwankungen in der aufgenommenen Lichtkurve.
- Erarbeitung der daraus ableitbaren Informationen über einen möglichen Exoplanet.
- **Sensor-Tag / Puck.js**

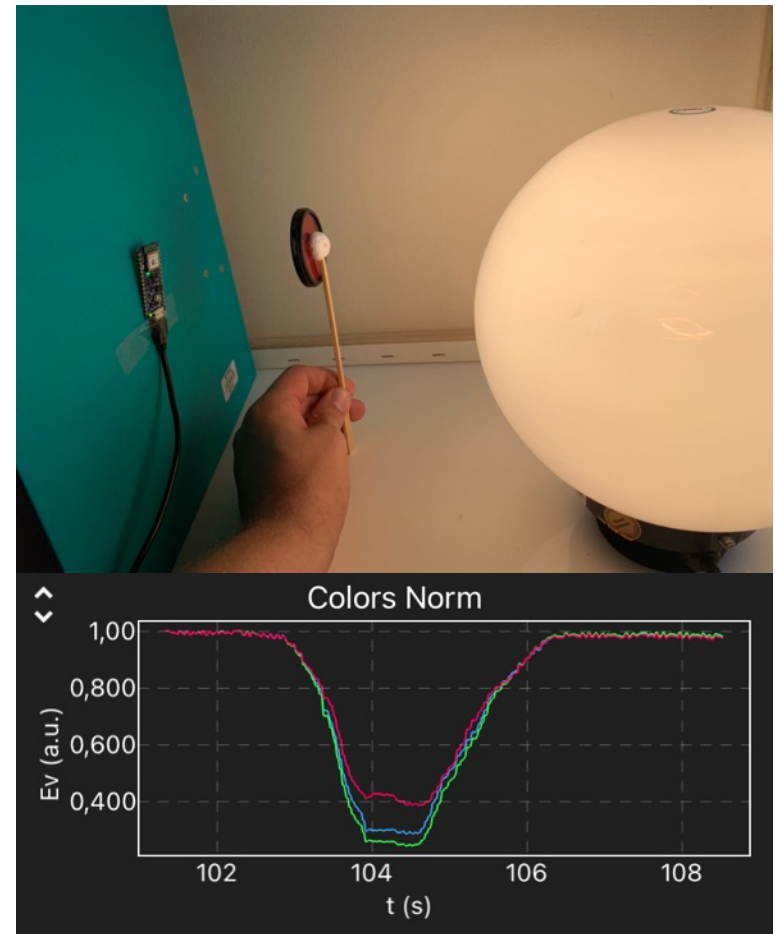


Umsetzung in der Schule ausführlich beschrieben in [9]:

[https://www.mint-digital.de/fileadmin/user\\_upload/Spicker\\_und\\_Kuepper-Die\\_Transitmethode\\_-\\_Einsatz\\_von\\_Smartphones\\_in\\_Experimenten\\_zur\\_Suche\\_nach\\_Exoplaneten.pdf](https://www.mint-digital.de/fileadmin/user_upload/Spicker_und_Kuepper-Die_Transitmethode_-_Einsatz_von_Smartphones_in_Experimenten_zur_Suche_nach_Exoplaneten.pdf)

# Station 2: Atmosphäre von Exoplaneten mit der Lichtkurve

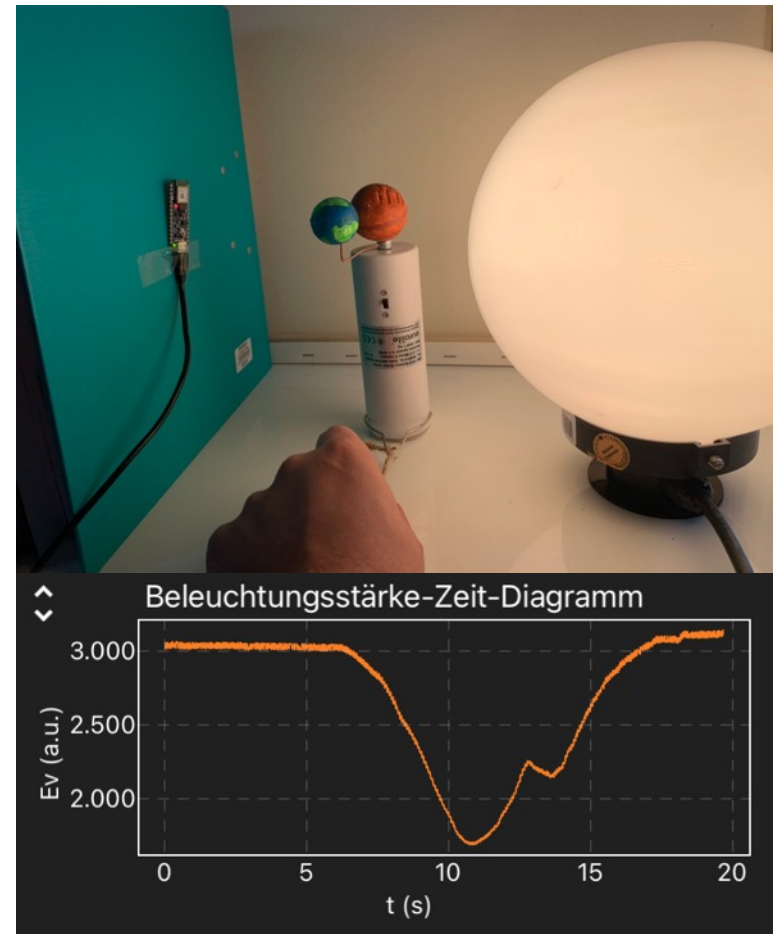
- Verwenden eines Filters als „Atmosphäre“ und Analyse des Einflusses auf die RGB-Werte.
- Erarbeitung der daraus ableitbaren Informationen über die Atmosphäre des Exoplaneten.
- **Arduino**





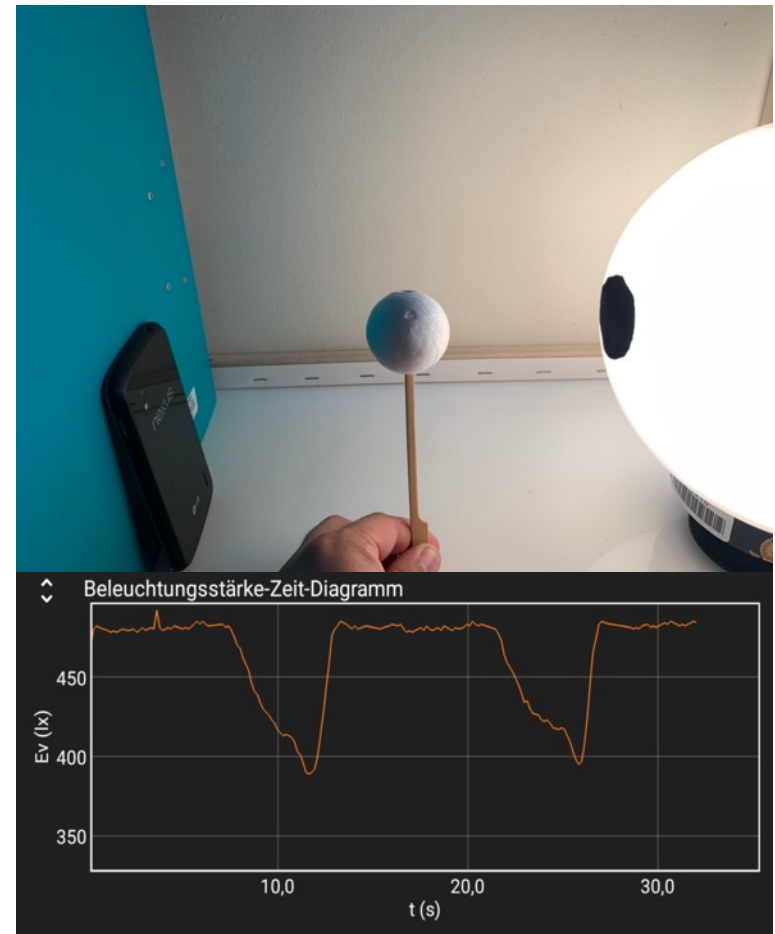
# Station 3: Exomonde mit der Lichtkurve detektieren

- Nutzen eines Exoplanet-Exomond-Systems statt eines Exoplaneten zum Vergleich mit der reinen Exoplanet-Kurve.
- Erarbeitung der charakteristischen Signaturen, die auf einen Exomond hindeuten könnten.
- **Arduino / SensorTag**



# Station 4: Sternenflecken mit der Lichtkurve detektieren

- Ergänzung eines Sterns um einen Sternenfleck
- Erarbeitung des Einflusses des Sternenflecks auf die aufgenommene Lichtkurve.
- **Sensor im Android Smartphone**

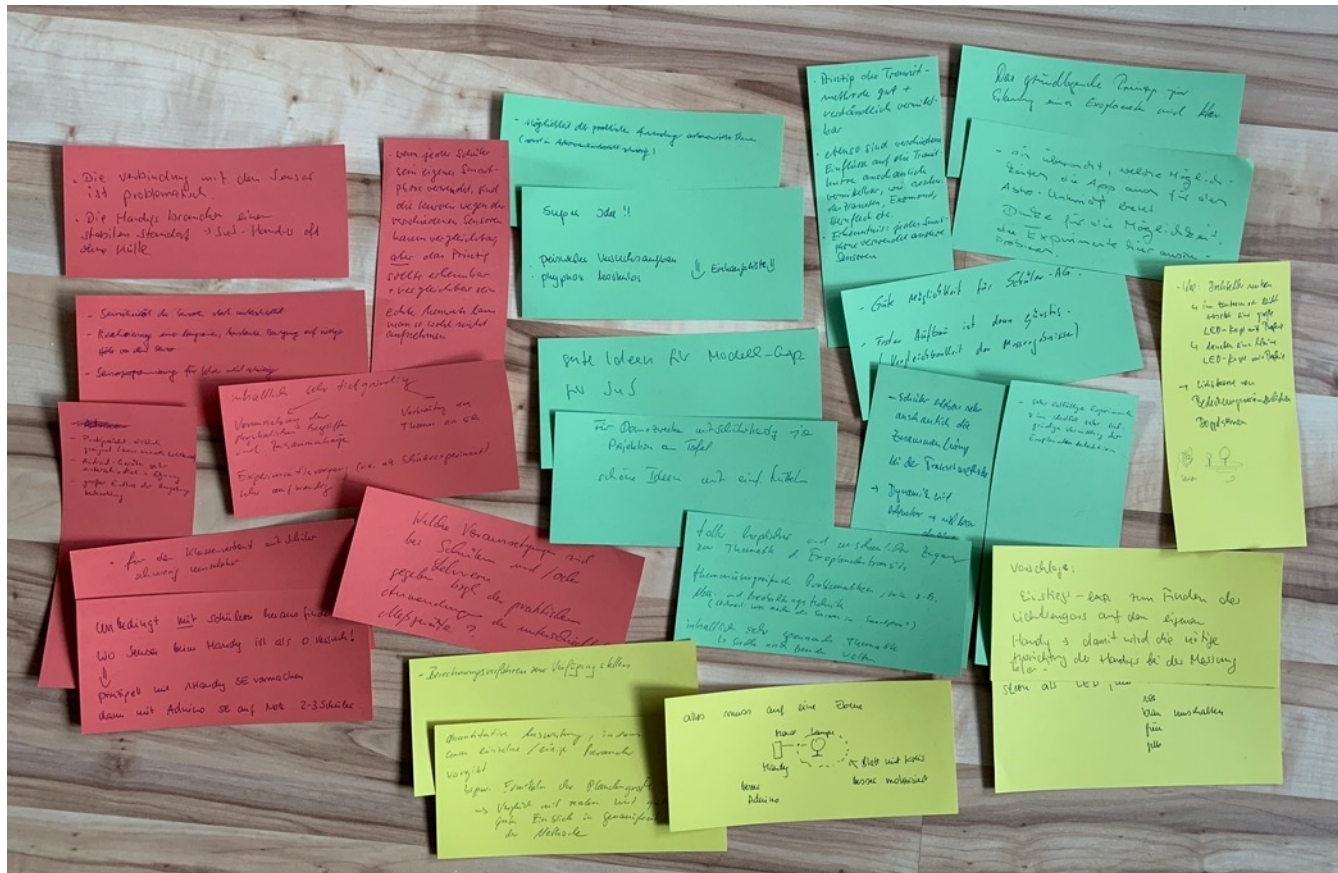


# Allgemeiner Arbeitsauftrag

- Führen Sie die Experimente an den einzelnen Stationen mit den zur Verfügung stehenden Materialien durch.
- Diskutieren Sie **Chancen** und **Schwierigkeiten**, die sich jeweils bei der Durchführung des Experiments (mit den vorhandenen Materialien) bzw. der Analyse der Daten ergeben.
- Sammeln Sie Ideen für **Möglichkeiten zur Weiterentwicklung** der Stationen.
- Nutzen Sie dafür die **bereitgestellten Karten**.



# Sammlung der Ergebnisse



---

# Feedback: Schwierigkeiten

- Nicht alle Sensoren gleichermaßen geeignet
- Große Streuung in der Qualität der Messdaten, wenn Smartphones der SuS genutzt werden
- Realistische Dimensionen quasi unmöglich
- Gleichmäßige Bewegung wie in der Realität aus der Hand schwierig
- Halterung für Smartphone und Sensor fehlte (SuS Smartphones oft ohne Hülle o.ä.)
- Verbindungsabbrüche bei den Sensoren\*
- Programmierung für Lehrkräfte schwierig (umsetzbar)

---

\* Die Powerbanks haben die Arduinos nicht als Verbraucher erkannt und sind nach einigen Minuten in den Stand-By gegangen. Folge: Verbindungsabbrüche. Dies kann durch die Nutzung von Knopfzellen oder einem Netzteil umgangen werden

---

# Feedback: Chancen

- Kostengünstige Materialien für vielfältige Modellexperimente, die auch tiefgründige Vermittlung der Inhalte zulassen (Differenzierung)
  - Einfacher „Hands-on“ (haptischer) Einstieg in ein sonst komplexes Thema; viel besser als nur eine Abbildung zum Transit
  - Anleitungen, sodass Programmierkenntnisse nicht nötig sind
  - Einkaufslisten für günstige Materialien, was Lehrkräften unheimlich Zeit einspart
  - Themenübergreifende Problematiken können aufgegriffen werden, z.B. Mess- und Beobachtungstechnik sowie Sensoren
  - Lebensnahe Thematik („fremde Welten“) schüler- und praxisnah umgesetzt
  - Auch Themen wie Sternenflecke, Atmosphäre, Exomonde oder Inklination können einfach und anschaulich gemeinsam mit den SuS erarbeitet werden
-

---

# Feedback: Weiterentwicklung

- Einfluss der Umgebungsbeleuchtung sollte thematisiert oder der Raum abgedunkelt werden
  - Da das Thema inhaltlich sehr tiefgründig ist, sollten die physikalischen Begriffe und Zusammenhänge mit den SuS vorbereitet und besprochen werden
  - In einer vorangestellten Sitzung sollte mit den SuS erarbeitet werden, die App zu benutzen, die Sensoren zu verbinden sowie die Position der Sensoren am eigenen Handy zu erkunden
  - Quantitative Auswertung durch ein standardisiertes Setup (z.B. vorgegebene Werte) mehr in den Fokus rücken und mit realen Messdaten vergleichen
  - Berechnungsverfahren in der App zur Verfügung stellen und mit den SuS besprechen
-

---

# Feedback: Weiterentwicklung

- Aufbau mit geeignetem Stativmaterial versehen und so die Sensoren mit dem Stern auf eine optische Achse/Ebene bringen
- Einen einfachen Drehteller mit Leuchte im Zentrum nutzen; daneben eine kleine batteriebetriebene LED, um Lichtkurve von bedeckungsveränderlichen Doppelsternen zu thematisieren
- In fächerübergreifendem Unterricht oder AGs können einzelne Themen vertiefend betrachtet werden: Informatik -> Programmierung, Mathematik/Physik -> Herleitung der Formeln/Sensoren, um dann im Astronomieunterricht die Transitmethode vertiefend zu betrachten

Vielen Dank für Ihre  
Rückmeldungen und Anmerkungen!

---



---

# Zusammenfassung I

## Chancen

- „wissenschaftliche“ Messungen mit dem Smartphone
- Ermutigung zu „nicht perfekten“ Messkurven: Qualitative Zusammenhänge
- Durch gleichzeitige Videographie Kombination mit Vorteilen einer Simulation
- ...

## Grenzen

- Sensorenvielfalt bzw. einheitliche Sensoren müssen organisiert werden
  - Quantitative Zusammenhänge erfordern ggf. Eichmessungen oder zusätzliche Kalibrierung
  - Mindestens ein weiteres Gerät notwendig
  - ...
-

---

# Zusammenfassung II

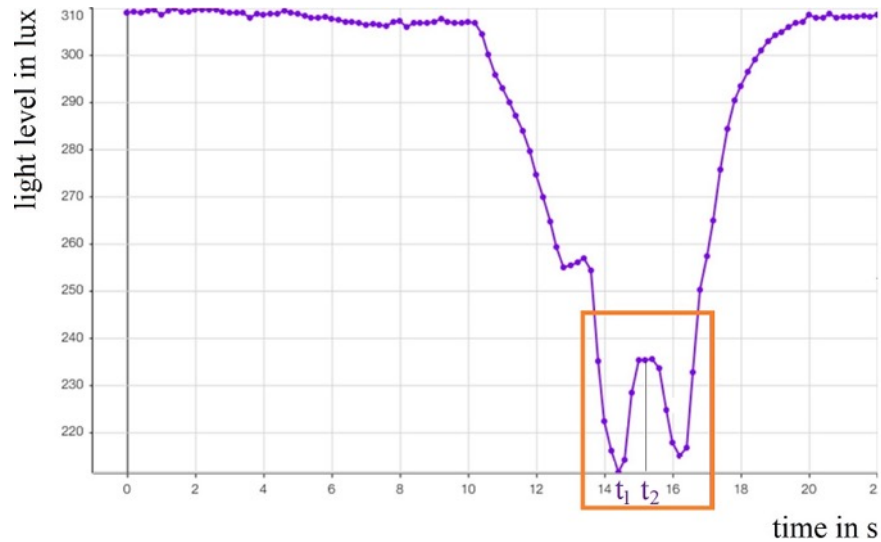
## Chancen

- Potential für fächerübergreifenden Unterricht (z.B. Programmierung)
- Einfache und haptische Vermittlung komplexer Inhalte
- Weiterführende Themen (Sternenflecke, Atmosphäre, Exomonde Inklination) können ergänzend betrachtet werden
- ...

## Grenzen

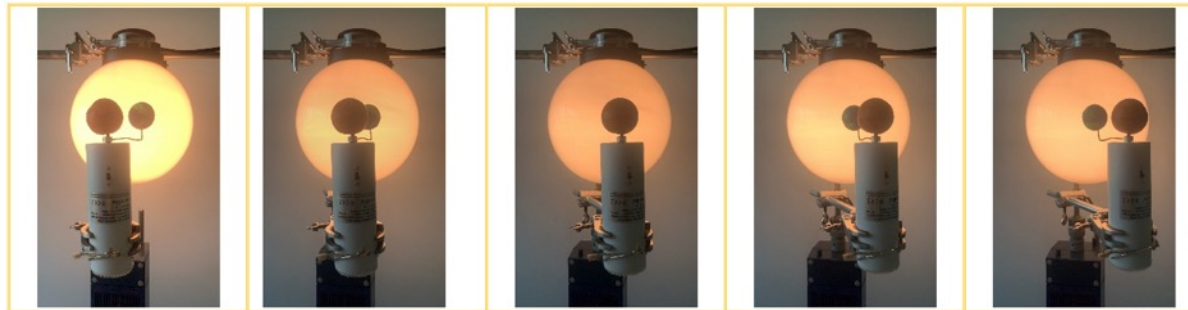
- Fehlende Programmierkenntnisse bei Lehrkräften oder SuS
  - Experimentsetup sollte vereinheitlicht sein
  - Methodik sollte mit den Lernenden geübt werden, um Ergebnisse zu sichern
  - ...
-

# Beispiel: Videographie



resultiert aus der  
Fläche des  
Exoplaneten

resultiert aus der  
Fläche des  
Exomonds



# Ausblick: astro-lab.app

- Lehr-Lern-Materialien
- Smartphone-Experimente
- Anleitungen
- Einkaufslisten
- Durchführungsvideos

The screenshot shows the astro-lab.app website. The top navigation bar includes 'HOME', 'EXPERIMENTS', 'ABOUT', and 'CONTACT'. The main header features the text 'astro-lab.app' and 'astronomical smartphone experiments and other open educational resources' over a background image of an astronaut on the moon. A blue button labeled 'EXPERIMENTS & OUR DATABASE' is visible.

The 'astro-lab.app in a nutshell' section contains three columns:

- Smartphone Experiments**: Most measurements are performed with smartphones (and external sensors), but can also be performed with classic school materials. We publish all experiments in German as well as in English.
- Open Educational Resources**: All resources published on astro-lab.app are open educational resources and can be downloaded and used for teaching free of charge.
- Videos**: To make it easier to get started and increase understanding, matching explanatory videos and tutorial videos are linked to each experiment.

The 'About astro-lab.app' section states: 'astro-lab.app is a free physics educational resource with the main topics astronomy and space travel and is mainly aimed at people interested in astronomy as well as teachers and students. On astro-lab.app, innovative teaching-learning arrangements in the field of astronomy and space travel are offered, such as smartphone experiments, board games, etc., which can be used in class or for homeschooling. Most experiments are available in English as well as in German. We are always working on new materials to continuously improve our portfolio.'

# Aufbereitet für Interessierte, Lehrer:innen und Schüler:innen

astro-lab.app



## Exoplaneten entdecken mit der Transitmethode

Dieses Experiment beschäftigt sich mit der Frage, wie Exoplaneten gefunden werden können. Dazu lassen die Schüler einen „Planeten“ um einen Stern rotieren und untersuchen die Lichtkurve. Sie lernen, warum Exoplaneten auf diese Weise „entdeckt“ werden können und welche Eigenschaften eines Exoplaneten aus der Lichtkurve abgeleitet werden können (Küpper, Spicker & Schadschneider, 2020). Das phyphox-Experiment berechnet als optische Stoppuhr automatisch die Transittiefe, -dauer und die Dauer eines Jahres. Außerdem wird die Lichtkurve in Echtzeit angezeigt.

### Übersicht

- Jahrgangsstufe: 7-10
- Unterrichtsfach: Physik, Naturwissenschaften
- Methode: Schülerexperiment
- Dauer: variabel.
- DIY: möglich.
- Verfügbar für: Android // iOS nur mit externem Lichtsensor

## Einkaufsliste / benötigte Materialien

- Kugelleuchte (z.B. Gartenleuchte)
- Styroporkugel
- Zahnstocher
- Smartphone // bei Apple-Produkten ist ein zusätzlicher Lichtsensor nötig
- Befestigung Smartphone

Die genannten Materialien sind exemplarisch und stellen nur eine Auswahl möglicher Gegenstände dar.

## Versuchsaufbau- und Durchführung

Die Kugelleuchte wird in die Mitte eines Tisches gestellt. Das Smartphone wird so aufgestellt, dass der Lichtsensor in Richtung Lampe zeigt. Bei Verwendung von Apple-Produkten ist der externe Lichtsensor ebenso auf diese Weise aufzustellen. Über den QR-Code wird das entsprechende Modul bei phyphox geöffnet.

Der Zahnstocher wird in die Styroporkugel gesteckt. Nun wird die Kugel (mit der Hand am Zahnstocher) so um die Lampe bewegt, dass die Kugel in periodischen Abständen immer wieder am Lichtsensor vorbeikommt.

## Video der Durchführung



## Alternative(n)

Die Bewegung der Kugel mit der Hand erzeugt in der Regel keine periodische Bewegung. Wenn ein Motor vorhanden ist, sollte die Kugel mit dem Motor um die Lampe bewegt werden (Küpper, Spicker &

---

# Vielen Dank!



Dr. Alexander Küpper

Gymnasium Frechen  
alexkuepper@yahoo.de

Sebastian J. Spicker

HfMT Köln  
sebastian.spicker@hfmt-koeln.de

(equal contribution)

---

# Literatur

- [1] Knutson, H. A., Charbonneau, D., Noyes, R. W., Brown, T. M., & Gilliland, R. L. (2007). Using Stellar Limb-Darkening to Refine the Properties of HD 209458b. *The Astrophysical Journal* 655 (1), 564–75.
- [2] Tusnski, L. R. M. & Valio, A. (2011). Transit Model of Planets with Moon and Ring System. *The Astrophysical Journal*, 743(1), 97.
- [3] Bransford, J. D., Brown, A. L., and Cocking, R. R. (Hrsg.) (1999). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*, Washington: National Academy of Sciences.
- [4] Favia, A., Comins, N. F., & Thorpe, G. L. (2013). The Elements of Item Response Theory and its Framework in Analyzing Introductory Astronomy College Student Misconceptions. I. Galaxies.
- [5] Della-Rose, D. J., Carlson, R. R., De La Harpe, K., Novotny, S. R. & Polsgrove, D. (2018). Exoplanet Science in the Classroom: Learning Activities for an Introductory Physics Course. *The Physics Teacher*, 56(3), 170–173.
- [6] Archer, A., Sederberg, D., Kondapaneni, G. & Sands, P. (2020). The Search for Exoplanets: A Capstone Project in Service Learning and Outreach. *The Physics Teacher*, 58(5), 356–358.
- [7] George, S. J. (2011). Extrasolar planets in the classroom. *Physics Education*, 46(4), 403–406.
- [8] Spicker S. J. & Küpper, A. (2023, im Druck). Exoplanet Hunting in the Classroom: An Easy-to-Implement Experiment based on Video-Aided Light Curve Analysis with Smartphones. *The Physics Teacher*.
- [9] Spicker, S. J. & Küpper, A. (2022). Die Transitmethode – Einsatz von Smartphones in Experimenten zur Suche nach Exoplaneten. MINTdigital. Joachim Herz Stiftung.
- [10] Küpper, A. & Spicker, S. J. (2023). Ein Analogieexperiment zur Suche nach Exomonden. *MNU-Journal*, 76 (3), pp. 223-227.
-

---

# Bildnachweis

Alle genutzten Bilder sind von Alexander Küpper und Sebastian J. Spicker, es sei denn sie sind nachfolgend aufgezählt:

Title Slide: NASA/Tim Pyle, [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/kepler/news/new\\_planetary\\_system.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/kepler/news/new_planetary_system.html)

Slide 2: NASA/Ames, <https://exoplanets.nasa.gov/resources/280/light-curve-of-a-planet-transiting-its-star>

Slide 3: in Anlehnung an [1]

Slide 4, 5: in Anlehnung an [2]

Slide 8: brgfx on Freepik: [https://www.freepik.com/free-vector/student-classroom-template\\_4428227.htm](https://www.freepik.com/free-vector/student-classroom-template_4428227.htm)

Slide 12: Screenshot aus der „phyphox sensor db“ der RWTH Aachen University; <https://phyphox.org/sensordb/>

Slide 17, 18: Broadcom APDS-9960 Documentation, <https://www.broadcom.com/products/optical-sensors/integrated-ambient-light-and-proximity-sensors/apds-9960>

Slide 19: Screenshot aus dem Phyphox-Wiki: [https://phyphox.org/wiki/index.php/Bluetooth\\_device\\_database](https://phyphox.org/wiki/index.php/Bluetooth_device_database)

Slide 34: [10]

Thank You Slide: Museums Victora@unsplash: [https://unsplash.com/photos/6hh\\_EgZpqD8](https://unsplash.com/photos/6hh_EgZpqD8)

---