

# Clevere Astronomen: Mit dem Smartphone vom Klassenzimmer ins Weltall



Pere Compte · Immacolata Ercolino · Philippe Jeanjacquot  
Gerhard Rath · Corina Toma



## 1 | Zusammenfassung

In dieser Lehreinheit geht es um Parallaxenmessungen – wie man Distanzen im Universum misst.

Die Entfernungen im Universum erscheinen unseren Schülern unwirklich. Der Parallaxeneffekt ist eine abstrakte Idee, die nur schwer zu verstehen ist. Beginnend mit praktischer Arbeit im Freien messen wir Abstände mit mobilen Endgeräten und simulieren Distanzmessungen im Klassenzimmer und auf dem Schulgelände sowie die Messung der Entfernung zum Mond. In einem internationalen Kooperationsprojekt können wir auch die Höhe der Internationalen Raumstation ISS bestimmen.

- ▶ **Stichwörter:** Parallaxenmethode
- ▶ **Fächer:** Physik, Astronomie, Mathematik, Geometrie, Trigonometrie
- ▶ **Altersgruppe der Schüler:** 14–18 Jahre
- ▶ **Android-Apps:** Distance and Parallax, Stellarium, ISS Detector, Theodolite droid, Compass, Smart Protractor, Smart Measure
- ▶ **iOS-Apps:** Stellarium, Theodolite, Angle Meter, Compass

## 2 | Vorstellung des Konzepts

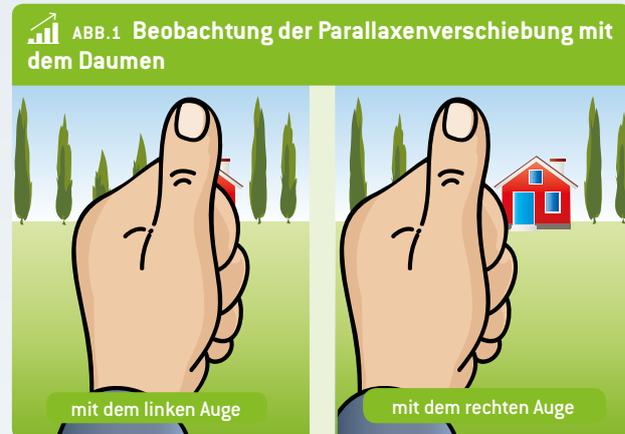
In den meisten europäischen Ländern ist Astronomie kein eigenes Schulfach, sondern wird in den Physikunterricht integriert. Parallaxenmessungen und -berechnungen sind auch Teil der Mathematik. In manchen Ländern wird Astronomie im ersten Jahr auf der weiterführenden Schule unterrichtet.

Eine Schwierigkeit im Astronomieunterricht ist die Bestimmung der Entfernung von Planeten, Sternen, Galaxien und anderen Himmelskörpern. Wie können Astronomen die Entfernung dieser Objekte messen? Für Objekte, die bis etwa 100 Lichtjahre entfernt sind, verwenden sie eine trigonometrische Methode zur Messung eines optischen Phänomens, das man den Parallaxeneffekt nennt.

**Voraussetzungen:** Die Schüler müssen das System zur Klassifizierung von Sternen kennen (Hertzsprung-Russell-Diagramm, Farbe und Temperatur), wissen, wie Sterne entstehen und wie astronomische Distanzen gemessen werden. Sie müssen die Grundlagen der Geometrie und trigonometrischer Funktionen kennen.

## 3 | Aufgabe der Schüler

### 3 | 1 Allgemeine Einführung zur Parallaxenmethode – Messung von Abständen auf dem Schulgelände



#### 3 | 1 | 1 Entdeckung des Parallaxeneffekts mit dem Daumen

Man kann den Parallaxeneffekt ganz einfach erleben, indem man einen Arm vor dem Gesicht ausstreckt, den Daumen hebt und ein Objekt im Raum auswählt. Das linke Auge schließen und den Daumen in eine Linie zum ausgewählten Objekt bringen. Jetzt das linke Auge öffnen und das rechte schließen, ohne den Daumen zu bewegen, und wieder auf den Daumen sehen. Obwohl man den Daumen nicht bewegt hat, stellt man fest, dass er scheinbar die Position gewechselt hat. Diese Verschiebung der Position des Daumens bezüglich des Objekts im Hintergrund nennt man den Parallaxeneffekt. Der Effekt ergibt sich, weil jedes Auge aus einer anderen Position im Raum auf den Daumen sieht. Das ist die Parallaxenverschiebung. Der Abstand zwischen den beiden Punkten ist die Basislinie.



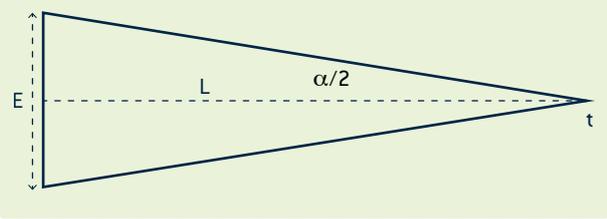
Man kann den Abstand zu einem Objekt schätzen, indem man sich die Parallaxenverschiebung zunutze macht und die folgende Formel anwendet:



ABB. 3 
$$L = \frac{E/2}{\tan(\alpha/2)}$$



**ABB. 4 E: Augenabstand (eyes), L: Länge des Arms, t: Position des Daumens (thumb)**



Dabei ist es wichtig, darauf hinzuweisen, dass der Abstand umgekehrt proportional zum Parallaxenwinkel ist. Ist der Abstand zwischen der Erde und einem Stern weit, dann ist der Parallaxenwinkel klein, ist der Abstand kurz, dann ist der Parallaxenwinkel groß.

### 3 | 1 | 2 **Gebrauch eines selbstgebauten Winkelmessers**

Wie können wir auf einfache Weise den Abstand zu nahegelegenen Objekten – z. B. im Klassenzimmer oder im Schulgarten – messen?

Wir ließen uns von „PARALLAX – IT’S SIMPLE!“ inspirieren. Die Autoren dieser Publikation haben sich zur Messung des Parallaxeneffekts ein Hilfsmittel aus Pappe gebastelt.

Wie in **ABB. 5** dargestellt, haben wir ein Gerät zur Messung des Parallaxenwinkels entwickelt. Es besteht aus einem Teil zum Finden der Richtung (drehbar und beweglich) und einem Steg (Basislinie = 1 Meter).

**ABB. 5 Messung auf dem Schulgelände**



### **EXPERIMENT 1 Entfernungsmessung mittels Parallaxenmethode im Klassenzimmer**

#### **Verwendetes Material**

- ▶ Winkelmesser (oder Smartphone mit Kompass-App)
- ▶ Messgerät
- ▶ Objekt

Für kurze Abstände ist diese Methode eigentlich nicht notwendig, aber so lernt man, wie sie funktioniert und wie man exakt misst.

Das Objekt (z. B. eine Flasche) kommt auf einen Tisch. Der Steg wird einige Meter entfernt im rechten Winkel zur Sichtlinie (Steg – Objekt) installiert. Der drehbare Teil wird in die andere Richtung auf das Objekt ausgerichtet (nach Augenmaß oder mit Hilfe eines Lasers) und der Winkel wird zwischen den beiden Sichtlinien gemessen. Der Abstand  $L$  lässt sich mit der Formel berechnen (**ABB. 3**).



### **EXPERIMENT 2 Mit der Parallaxenmethode Abstände auf dem Schulgelände messen**

#### **Verwendetes Material**

- ▶ Messgerät
- ▶ Winkelmesser (oder Smartphone mit Kompass-App)
- ▶ Straßenlaterne am Schulgelände

Das Messgerät in einem bestimmten Abstand vom Objekt platzieren. Von beiden Enden des Gestells auf das Objekt zeigen und den Winkel zwischen den beiden Sichtlinien bestimmen. Statt eines klassischen Winkelmessers kann man auch ein Smartphone (mit Kompass-App) verwenden. Mit einem magnetischen Kompass ist das Messen des Winkels eher schwierig. Es ist wichtig, dass sich keine Gegenstände aus Eisen in der Nähe des Messgeräts befinden. Anstelle dieses Geräts kann man auch eine Messskala oder eine Tischkante mit bekannter Länge verwenden. Die Messung wird exakter, wenn man eine längere Messskala wählt, z. B. drei Meter.

### 3 | 1 | 3 **Mit Hilfe von Apps die Parallaxenmethode üben und durchdenken**

Es gibt viele Apps zur Messung (kurzer) Strecken, z. B. Smart Measure. Diese nutzen die Kamera des Smartphones. Man misst einige Entfernungen innerhalb des Schulgeländes, misst mit dem Maßband nach und vergleicht die Ergebnisse.

Mit Hilfe von **ABB. 6** kann erklärt werden, wie die Messung funktioniert. Die Kamera wird dazu verwendet, das Objekt zu lokalisieren. Mit dem Beschleunigungssensor (G-Sensor) bestimmt das Smartphone das Gefälle. Der Abstand wird mit Hilfe der bekannten Höhe  $h$  (Input) und des Winkels von  $90^\circ$  unten berechnet.

Smart Measure ist ein geeignetes Hilfsmittel zur Messung der Höhe eines Objekts sowie seines Abstands zum Smartphone. Diese App misst auf dem Smartphone die Entfernung, Höhe,

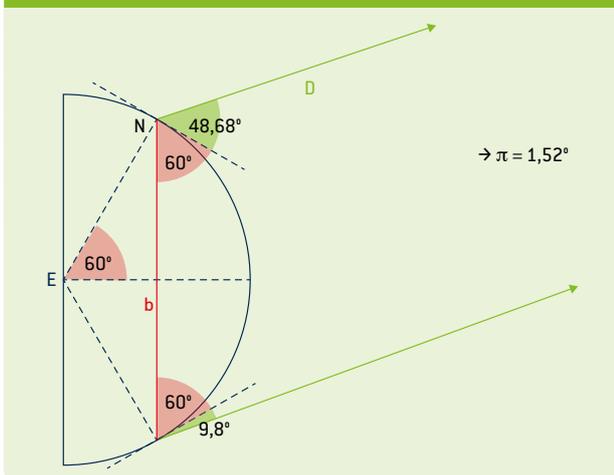




**ABB.9 Mondaten, südlicher Himmel**


Wir sehen:  $h$  (Norden):  $48^{\circ}41' = 48,68^{\circ}$ ;  $h$  (Süden):  $9^{\circ}48' = 9,8^{\circ}$

Daraus ergibt sich folgende Situation:

**ABB.10 E: Erde, D: Distanz des Mondes**


Die Basislinie  $b$  (N-S) lässt sich berechnen mit:  
 $\sin 60^{\circ} = b/2 : 6.370 \text{ km} \rightarrow b = 11.033 \text{ km}$

Wenn man jedem Höhenwinkel  $60^{\circ}$  hinzuzählt, erhält man für den Parallaxenwinkel  $\pi$ :  $180^{\circ} - 60^{\circ} - 60^{\circ} - 48,68^{\circ} - 9,8^{\circ} = 1,52^{\circ}$ .

**Vereinfachung:** Die Berechnung mit einem rechten Winkel  $\rightarrow \tan \pi = b/D$  ergibt  $D = 415.786 \text{ km}$ . Im Vergleich zur tatsächlichen Entfernung des Mondes von  $398.733 \text{ km}$  ist dies um 4 % zu weit.

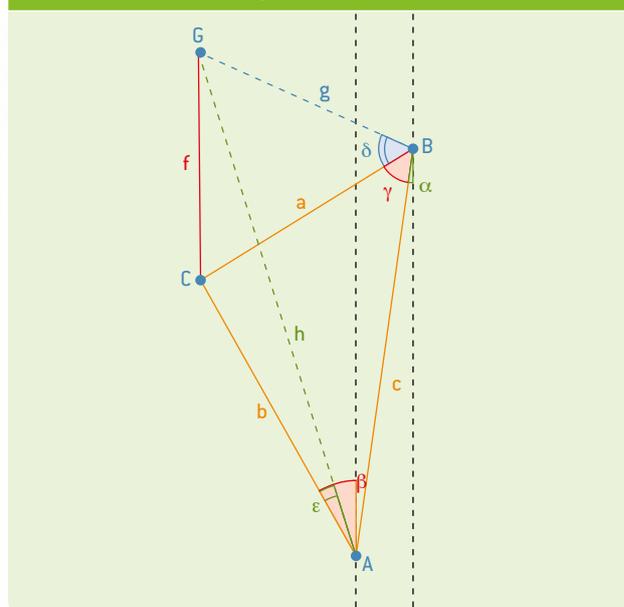
#### 4 | Option zur Kooperation

##### Die Höhe der ISS – ein internationales Kooperationsprojekt

Die Internationale Raumstation ISS ist ein sehr helles Objekt, das gut zu beobachten ist. Da sie der Erde sehr nah ist (300–400 km Höhe), kann die Parallaxenmethode zur Berechnung der Höhe eines solchen astronomischen Objekts herangezogen werden.

Die Höhe der ISS kann mit Hilfe von Winkelmessungen an zwei Orten zur selben Zeit berechnet werden.

- ▶ 1. Verwendung der App ISS Detector: An jedem Ort muss ein guter Beobachtungspunkt gefunden werden. Die Messzeit muss abgesprochen werden. Diese Zeit sollte so exakt wie möglich eingehalten werden (sekundengenau), denn die ISS bewegt sich sehr schnell.
- ▶ 2. Zu bestimmen sind die Luftliniendistanz sowie die Abweichung dieser Linie nach Norden hin.
- ▶ 3. Zwei Winkel sind gleichzeitig zu messen: die Höhe und der Kompasspunkt (Winkel nach Norden). Dafür können zwei Apps verwendet werden: Smart Protractor (Höhe) und der Kompass. Alternativ kann die App Theodolite ausprobiert werden, die beide Winkel gleichzeitig angibt.
- ▶ 4. Die Daten weitergeben.
- ▶ 5. Die Höhe berechnen, dann analysieren und die Ergebnisse besprechen. Wie lässt sich die Höhe berechnen?

**ABB.11 Berechnung**


In dieser Abbildung sind A und B die beiden Orte.  $c$  steht für die Luftliniendistanz und  $\alpha$  für die Abweichung.

$\beta$  und  $\gamma$  sind die Richtungen zur ISS (hier G), gerichtet auf den virtuellen Basispunkt C. Das rote Dreieck befindet sich also auf der Erde und verbindet die Beobachtungspunkte mit dem Basispunkt der ISS.

Mit Hilfe dieses Dreiecks lassen sich die Erdabstände  $a$  und  $b$  unter Verwendung des Sinussatzes berechnen:

$$\pi = 180^{\circ} - \alpha - \beta$$

$$c / \sin \pi = a / \sin (\beta + \alpha) = b / \sin (\gamma - \alpha)$$



Dann wird die Höhe ( $f$ ) der ISS berechnet. Hier gezeigt für Ort B. Gemessen wurde der Erdabstand  $a$  und die Höhe  $\delta$ . So ergibt sich  $f$ :  $\tan \delta = f/a$

### Beispiel:

- ▶ Orte: Graz (A) und Neapel (I). Luftliniendistanz: 700 km, Abweichung zum Meridian:  $8^\circ$ .
- ▶ Datum: 20. Februar 2014. Der ISS Detector zeigt, was wir erwarten können.

In Graz sehen wir, wie sich die ISS von West nach Südwest bewegt, in Neapel sehen wir, wie sie sich von Nordwest nach Nord bewegt.

**ABB.12 ISS von Graz aus gesehen (links) und ISS von Neapel aus gesehen (rechts)**



Um 19:35 Uhr messen wir die Winkel in **ABB. 13**.

Das rote Dreieck zeigt den Bodenpunkt der ISS, zu diesem Zeitpunkt in der Nähe von Verona. Mit Hilfe der o.g. Formel bestimmen wir  $a$  mit 450 km und  $b$  mit 540 km.

- ▶ Höhenmessung: Graz:  $56^\circ$ , Neapel:  $31^\circ$

Mit der o.g. Formel berechnen wir die Höhe  $f$  mit ca. 320 km.

### 5 | Fazit

Was die Schüler aus diesem Experiment lernen sollen:

- ▶ Verständnis für die Methode der Messung und Berechnung astronomischer Distanzen (bis zu einhundert Lichtjahren von der Erde).
- ▶ Fähigkeiten zum Gebrauch mobiler Endgeräte zur Winkelmessung und für Berechnungen.

**ABB.13 Dreieck mit den gemessenen Winkeln**  
(Kartenquelle: OpenStreetMap)



- ▶ Verständnis für die Beziehung zwischen der Variabilität der eigenen Messungen und der Genauigkeit astronomischer Messungen.

Nach den Experimenten sollten die Schüler in der Lage sein, mit Hilfe sehr einfacher Instrumente, wie z. B. dem Parallaxenmessgerät und einer Smartphone-App, die tatsächliche Distanz zwischen zwei Objekten zu berechnen. Mitmachaktivitäten binden die Schüler direkt in den Lernprozess ein und helfen ihnen, den Umgang mit wissenschaftlichen Hilfsmitteln zu erlernen.

Bei den Experimenten waren die Schüler begeistert bei der Sache und haben sich aktiv eingebracht. Unsere Schüler haben auch gelernt, dass trigonometrische Funktionen nicht nur im Mathematikunterricht, sondern auch im echten Leben, z. B. in der GPS-Navigation und in der Vermessungstechnik, eingesetzt werden. Astronomen nutzen täglich Parallaxenwinkel und andere Techniken zur Ermittlung der Entfernung von Sternen. Diese Einheit erklärt außerdem, wie Parallaxenwinkel zu Sternen gemessen werden und stellt andere Techniken zur Ermittlung der Entfernung des Mondes vor.

### 6 | Quellen

- ▶ „Parallax – it’s simple!“, Ilgonis Vilks und Alexandre Costa, EAAE Summer School Working Group, Lettland – Portugal, [www.eaae-astronomy.org/WG3-SS/WorkShops/pdf/ws7\\_2007.pdf](http://www.eaae-astronomy.org/WG3-SS/WorkShops/pdf/ws7_2007.pdf) [29.08.2014]
- ▶ OpenStreetMap: [www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org)



# Impressum

## Entnommen aus

iStage 2 - Smartphones im naturwissenschaftlichen Unterricht erhältlich in Deutsch und Englisch [www.science-on-stage.de/istage2](http://www.science-on-stage.de/istage2)

## Herausgeber

Science on Stage Deutschland e.V.  
Poststraße 4/5  
10178 Berlin

## Revision und Übersetzung

TransForm Gesellschaft für Sprachen- und Mediendienste mbH  
[www.transformcologne.de](http://www.transformcologne.de)

## Text- und Bildnachweise

Die Autoren haben die Bildrechte für die Verwendung in dieser Publikation nach bestem Wissen geprüft und sind für den Inhalt ihrer Texte verantwortlich.

## Gestaltung

WEBERSUPIRAN.berlin

## Illustration

tacke -atelier für kommunikation  
[www.ruperttacke.de](http://www.ruperttacke.de)

## Bestellungen

[www.science-on-stage.de](http://www.science-on-stage.de)  
[info@science-on-stage.de](mailto:info@science-on-stage.de)

Zur besseren Lesbarkeit wurde auf die Verwendung der weiblichen Form verzichtet. Mit der männlichen Form ist auch stets die weibliche Form gemeint.

Creative-Commons-Lizenz: Attribution  
Non-Commercial Share Alike



1. Auflage 2014

© Science on Stage Deutschland e.V.



THE EUROPEAN NETWORK FOR SCIENCE TEACHERS

HAUPTFÖRDERER VON  
SCIENCE ON STAGE DEUTSCHLAND



Die Initiative für  
Ingenieurnachwuchs

Ermöglicht durch



## Science on Stage – The European Network for Science Teachers

... ist ein Netzwerk von Lehrkräften für Lehrkräfte aller Schularten, die Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) unterrichten.  
... bietet eine Plattform für den europaweiten Austausch anregender Ideen und Konzepte für den Unterricht.  
... sorgt dafür, dass MINT im schulischen und öffentlichen Rampenlicht steht.

Science on Stage Deutschland e.V. wird maßgeblich gefördert von think ING., der Initiative für den Ingenieurnachwuchs des Arbeitgeberverbandes GESAMTMETALL.

## Machen Sie mit!

### [WWW.SCIENCE-ON-STAGE.DE](http://WWW.SCIENCE-ON-STAGE.DE)

Newsletter: [www.science-on-stage.de/newsletter](http://www.science-on-stage.de/newsletter)

[www.facebook.com/scienceonstagedeutschland](https://www.facebook.com/scienceonstagedeutschland)

[www.twitter.com/SonS\\_D](https://www.twitter.com/SonS_D)

Science on Stage Deutschland ist Mitglied in Science on Stage Europe e.V.

### [WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU](http://WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU)

[www.facebook.com/scienceonstageeurope](https://www.facebook.com/scienceonstageeurope)

[www.twitter.com/ScienceOnStage](https://www.twitter.com/ScienceOnStage)

