

Die Vermessung unserer Welt



Damjan Štrus

Corina Toma



1 | Zusammenfassung

Wenn wir unsere Welt vermessen wollen, müssen wir sie verstehen. Diese Lehreinheit beantwortet die Fragen interessierter Schüler und zeigt, wie man Distanzen und große Höhen durch einfache Logik messen kann. Wie oft fragen wir uns, wie hoch dieser Wolkenkratzer, dieser Berg oder dieser Fernsehturm wohl sein mögen? Warum nicht das allgegenwärtige Smartphone nehmen und es herausfinden? In dieser Lehreinheit nehmen die Schüler mit geeigneten Apps eigene Messungen vor und vergleichen ihre Ergebnisse mit Daten, die mit klassischen, bewährten Hilfsmitteln gemessen wurden.

- ▶ **Stichwörter:** Distanz, Höhe, geografische Höhe, Parallaxe, Druck
- ▶ **Fächer:** Physik, Mathematik, Informations- und Kommunikationstechnologien
- ▶ **Altersgruppe der Schüler:** 12–19 Jahre
- ▶ **Android-Apps:** Distance and Parallax, Smart Distance, Distance and Height, Height and Pressure
- ▶ **iOS-Apps:** Easy Measure, Height and Distance, My Altitude

2 | Vorstellung des Konzepts

Im Physikunterricht lernen die Schüler zuerst, Längen und Abstände zu messen. Die am weitesten verbreitete Methode der Messung von Distanzen oder Höhen ist die Messung mit dem Lineal oder Maßband. In dieser Lehreinheit schlagen wir vor, dass die Schüler andere, moderne Hilfsmittel nutzen: verschiedene Apps und ein Smartphone. Sie können selbst entscheiden, wie sie vorgehen möchten: Messung auf klassische Art, Berechnung mit Papier und Bleistift, oder alternativ Messung mit Smartphone-Apps. Die Schüler vergleichen diese Methoden und entdecken die jeweiligen Vorteile.

Die Schüler können für ihre Messungen unterschiedliche Arten von Apps nutzen. Für diese Lehreinheit haben wir sorgfältig einige Beispiele ausgewählt, die für unsere Zwecke besonders gut geeignet sind. Diese Apps erfordern einige mathematische Kenntnisse (insbesondere in der Geometrie) und die Kenntnis physikalischer Formeln.

Zunächst werden die Schüler an das Prinzip der Parallaxe herangeführt und dann starten sie die Android-App Distance and Parallax (eine entsprechende iOS-App gibt es nicht), um ihren Abstand zu einem entfernten Objekt zu messen.

Dann bestimmen die Schüler den Abstand zum Zielobjekt sowie dessen Höhe mit einem Lineal und der Android-App Distance and Height oder der iOS-App Height and Distance.

Für beide Aufgaben müssen die Schüler ihr geometrisches Grundwissen nutzen, insbesondere die Dreieckssätze wie den Satz des Thales.

Anschließend kann die Höhe eines Hügels oder Bergs durch Messung der Temperatur und des Luftdrucks am Fuß und am Gipfel ermittelt werden. In diesem Fall nutzen die Schüler die Android-App Height and Pressure, die für diese Lehreinheit programmiert wurde, oder die iOS-App My Altitude.

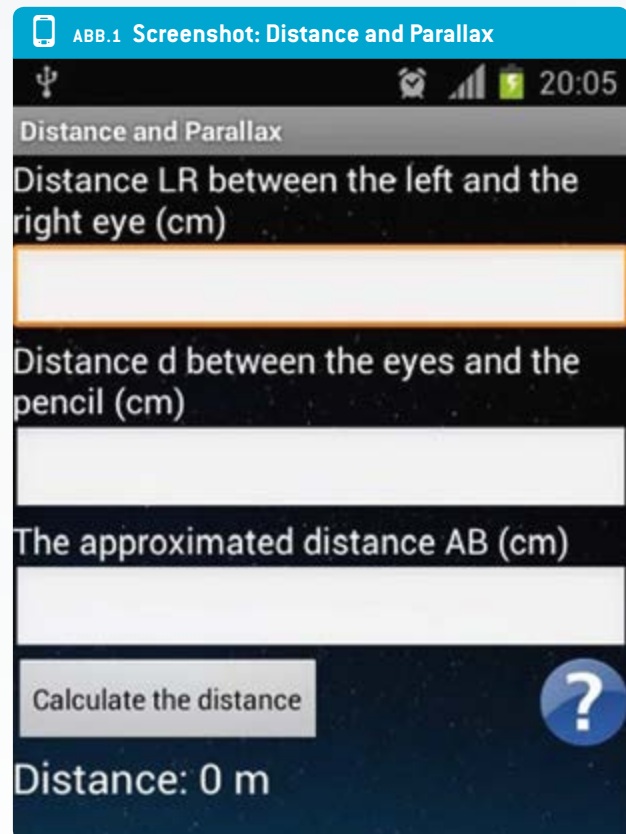
Mit diesen Smartphone-Apps können die Schüler verschiedene Forschungsmethoden anwenden, um ihre Ziele zu erreichen, wie z. B. mathematische Berechnungen, physikalische Formeln, Vergleiche und Abgleich mit Online-Daten, um verschiedene geografische Höhen oder Distanzen zu ermitteln.

Diese Lehreinheit passt gut zu den europäischen Lehrplänen.

3 | Aufgabe der Schüler

3 | 1 Gebrauch der Android-App Distance and Parallax zur Ermittlung des Abstands eines entfernten Objekts von der Erde

In der Lehreinheit „Clevere Astronomen: Mit dem Smartphone vom Klassenzimmer ins Weltall“ finden die Schüler eine vollständige Erläuterung des Parallaxeneffekts und des Einsatzes der Parallaxenmethode für terrestrische Messungen.



Die neue Methode ist im Abschnitt 3.1 beschrieben (Seite 9).

Der Beobachter muss zunächst den Abstand d zwischen seinen Augen und seinem Daumen (oder Stift) messen, dann den Abstand LR zwischen seinen Augen. Mit Hilfe dieser Werte kann der Beobachter den Abstand AB abschätzen (den annähernden Abstand zwischen den wahrgenommenen Positionen des Zielobjekts.) Die Schüler müssen die Daten in die entsprechenden Felder der App (ABB. 1) eintragen und dann auf <CALCULATE THE DISTANCE> gehen, um den Abstand zu erhalten.

In diesem Fall mit den Daten: $d = 55$ cm, $AB = 3$ m und $LR = 6,5$ cm, ist das Ergebnis für die Länge des Sportfelds der Schule $D = 25,9$ m.

Um sicherzustellen, dass die obige Messung richtig war, haben die Schüler dieselbe Distanz noch einmal mit einer klassischen Methode, dem Maßband, nachgemessen und dabei den Wert $D = 25$ m ermittelt.

Die Schüler können anschließend die Ergebnisse vergleichen und entscheiden, welche Messmethode einfacher ist.

Die Schüler können verschiedene andere Apps nutzen, wie z. B. Smart Distance für Android und Easy Measure für iOS, um ihren Abstand zu einem Objekt zu messen. Solche Apps werden dann unverzichtbar, wenn die Schüler kein Maßband zur Bestimmung der direkten Distanz zum Zielobjekt mehr nutzen können (weil diese zu groß ist). Mit dieser Telemeter-App erfolgt die Messung mit Hilfe der Kameraperspektive des Smartphones. Die Schüler müssen die Höhe des Zielobjekts abschätzen, die Daten in das entsprechende Feld eintragen und dann den Bildschirm berühren, um das Ziel zwischen zwei horizontalen Linien zu positionieren. Das Smartphone liefert die Distanz.

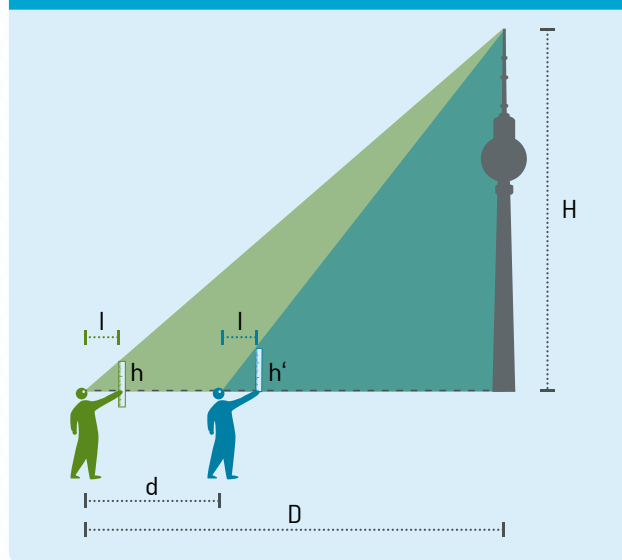
3 | 2 Nutzung der Android-App Distance and Height oder der iOS-App Height and Distance, um gleichzeitig die Distanz und die Höhe eines Zielobjekts zu bestimmen

Die Schüler beginnen mit einem Lineal die scheinbare Höhe h des Zielobjekts zu messen. Das Zielobjekt befindet sich in unbekannter Distanz D .

Sie bewegen sich mehrere Schritte auf das Zielobjekt zu. Die Distanz d lässt sich mit einem Maßband messen oder kann auch mit der eigenen Schrittlänge ungefähr abgeschätzt werden.

Wieder messen die Schüler die scheinbare Höhe h' des Zielobjekts. Diesmal ist die gemessene scheinbare Höhe größer als bei der ersten Messung.

ABB.2 Messung der scheinbaren Höhe mit einem Lineal



Die beiden dabei entstandenen Dreiecke sind rechtwinklig.

Die Distanz D lässt sich mit folgender Formel errechnen:

$$D = d \frac{h'}{h' - h}$$

Die Höhe H des Zielobjekts lässt sich mit folgender Formel errechnen:

$$H = \frac{d \cdot h \cdot h'}{l(h' - h)}$$

wobei

- ▶ l = Abstand zwischen Augen und Lineal
- ▶ D = Distanz zum Zielobjekt
- ▶ H = Höhe des Zielobjekts
- ▶ d = Distanz zwischen den beiden Beobachtungspunkten
- ▶ h und h' = scheinbare Höhen des Zielobjekts, gemessen mit einem Lineal.

Natürlich ist es viel einfacher, die Daten in eine App einzugeben, die sofort die Ergebnisse liefert.

Die Schüler werden sehen, dass sie bei einer Distanz von 50 m eine Distanz d von etwa 10 m zwischen den beiden Beobachtungspunkten nutzen können. Ist das Ziel weiter weg – etwa 2 km –, dann muss die Distanz d auf 50 m verlängert werden etc. Die Differenz zwischen den beiden scheinbaren Höhen h und h' (gemessen mit dem Lineal) muss mindestens 0,5 cm betragen, denn das menschliche Auge kann Abstände unterhalb dieses Werts nicht mehr genau unterscheiden.





3 | 3 | **Gebrauch der Android-App Height and Pressure oder der iOS-App My Altitude zur Bestimmung der Höhe eines Bergs oder der geografischen Höhenlage einer Schule mit einem Smartphone mit Temperatur- und Drucksensor**

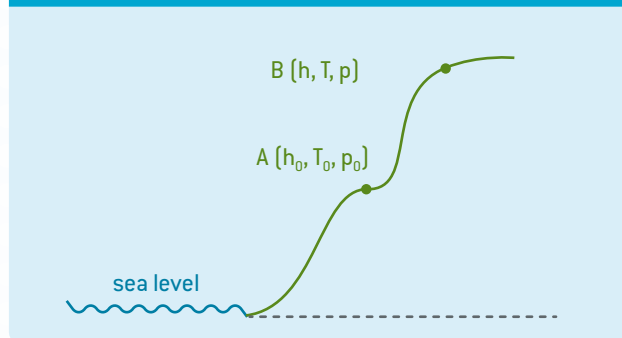
Zuerst müssen die Schüler prüfen, ob ihr Smartphone für diese Messungen geeignet ist. Mit Hilfe der Android-App Sensor-Box oder der iOS-App Sensor Monitor können sie herausfinden, welche Sensoren ihr Smartphone hat.

3 | 3 | 1 Höhenmessung mit vier Parametern

Die Temperatur und der atmosphärische Druck verändern sich je nach Höhenlage. Wenn die Schüler die atmosphärischen Parameter in unterschiedlichen Höhenlagen messen – nämlich an Punkt A und B (ABB. 4) –, dann kann davon ausgegangen werden, dass die Temperatur und die geografische Höhe innerhalb der Troposphäre linear voneinander abhängen.

Pro Kilometer über dem Meer (Normalnull) fällt die Temperatur um 6,5 Kelvin. In diesem Fall kann folgende Formel angewendet werden: $T = T_0 + \alpha(h - h_0)$

ABB. 4 Messung der atmosphärischen Parameter in den unterschiedlichen Höhenlagen



wobei

- ▶ T = Temperatur in der Höhe h (Punkt B)
- ▶ T_0 = Anfangstemperatur in der anfänglichen Höhe h_0 (Punkt A)
- ▶ α = Temperaturgradient = $-0,0065 \text{ K/m}$.

Die Beziehung zwischen Druck und Temperatur wird wie folgt ausgedrückt:

$$\frac{p}{p_0} = \left(\frac{T}{T_0} \right)^{-\frac{g\mu}{\alpha R}}$$

wobei

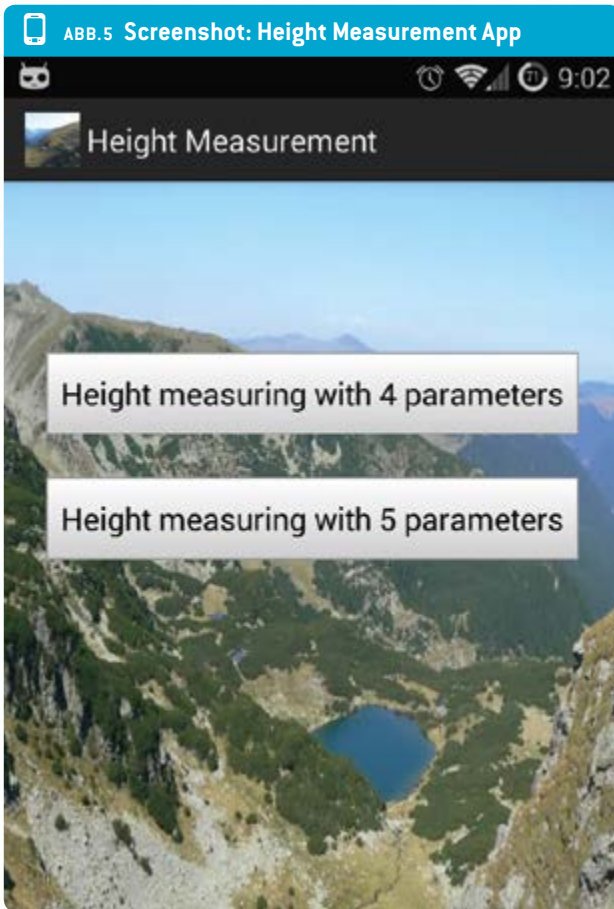
- ▶ p = Druck (in mbar) in der Höhe h
- ▶ p_0 = Druck (in mbar) in der Höhe h_0
- ▶ g = gravitative Beschleunigung bei Normalnull = $9,81 \text{ m/s}^2$
- ▶ R = universelle Gaskonstante = $8,310 \text{ J/(kmol} \cdot \text{K)}$
- ▶ μ = molare Masse der Luft = 29 kg/kmol .

Durch Kombination dieser beiden Formeln erhalten die Schüler die endgültige Gleichung, die sie zur Berechnung der geografischen Höhe einsetzen können:

$$h = \frac{T_0}{\alpha} \left[\left(\frac{p}{p_0} \right)^{-\frac{\alpha R}{\mu g}} - 1 \right] + h_0$$

Zusammenfassung: Mit dem Smartphone müssen die Schüler die Temperatur T_0 und den Druck p_0 am Startpunkt A messen, im Internet die geografische Höhe h_0 herausfinden (oder $h_0 = 0$ festlegen) und dann den Druck p am Endpunkt B messen. All diese Daten müssen sie in die entsprechenden Felder der App eingeben und dann auf <CALCULATE THE HEIGHT> gehen.





3 | 3 | 2 Höhenmessung mit fünf Parametern

Mit derselben App und der barometrischen Höhenformel können die Schüler auch die Höhe oder geografische Höhenlage berechnen (Formel 6):

$$p = p_{sl} \cdot e^{-\mu g h / (RT)}$$

wobei p_{sl} = Druck bei Normalnull.

Wir erhalten für die Parameter der beiden Punkte, A und B, folgende Ergebnisse:

$$\frac{p}{p_0} = e^{-\frac{\mu g}{R} \left(\frac{h_0}{T_0} - \frac{h}{T} \right)}$$

In diesem Fall können die Schüler die Höhenlage h mit folgender Gleichung berechnen (Formel 8):

$$h = \frac{RT}{\mu g} \ln \frac{p_0}{p} + \frac{T}{T_0} h_0$$

Warum zwei Formeln für dieselbe Messung?

Die Schüler sollen die Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen beiden Methoden beobachten.

Zunächst müssen sie bei der Nutzung des zweiten Teils der App einen weiteren Parameter eingeben: die Temperatur T an Punkt B.

Dann können sie eine Tabelle (Abb. 6) mit den Daten aus dem Internet und den mit der App Height and Pressure berechneten Daten erstellen.

3 | 4 Weitere Versuche

Es wird empfohlen, dass die Schüler zwei oder drei verschiedene Smartphone-Apps für die Messung verwenden:

- ▶ Distanzen zum Zielobjekt
- ▶ Höhe von Zielgebäuden
- ▶ Distanzen zu geografischen Gebilden (Hügeln oder Bergen) sowie deren Höhe

Während ihrer Untersuchungen werden die Schüler merken, dass manche Apps besser geeignet sind für Objekte, die dem Beobachter näher sind, und andere eher für weiter entfernte Objekte.

Sie können ihre Ergebnisse mit Referenzdaten vergleichen und dann die Fehler in ihren Messungen identifizieren.

Die Schüler könnten Teams bilden, um eine Reihe einfacher Fragen zu beantworten:

- ▶ Welche App war am besten für Messungen kleiner Entfernungen und welche eher für größere Entfernungen geeignet?
- ▶ Welche App ist am besten zur Messung der Höhe des Schulgebäudes geeignet?

ABB.6 Tabelle für den Datenvergleich

T_0 (K)	T (K)	p (mbar)	h_0 (m)	$h_{\text{(Formel 6)}}$ (m)	$h_{\text{(formel 8)}}$ (m)	h_{internet} (m)





Jeder Schüler misst die Höhe des Gebäudes mit einem Stück Schnur mit einem Gewicht am Ende und misst dann die Länge der Schnur. Die Schnur wird von der Spitze des Gebäudes bis zur Basis gehalten. Danach wird dieselbe Höhe mit den in dieser Lehrinheit genannten Apps bestimmt. Außerdem können die Schüler noch eine dritte App, wie z. B. Smart Distance, nutzen.

Für Apps, die geometrische Sätze anwenden, ist es nützlich, darauf hinzuweisen, dass das Endergebnis vom Abstand zwischen Beobachter und Zielobjekt abhängt.

Bei der Messung der Höhe oder Höhenlage mit dem Drucksensor ist es interessant, die Druckmessungen mit den mit einem klassischen Barometer gemessenen Werten zu vergleichen.

- ▶ Welche App ist zur Bestimmung der eigenen Körpergröße geeignet?
- ▶ Welche App ist zur Bestimmung der Höhe eines Bergs geeignet?

3 | 5 Eine weitere interessante Frage/Aufgabe

Heute hat fast jedes Smartphone einen eingebauten Beschleunigungssensor. Die Schüler könnten die Erdbeschleunigung auf dem Boden und während eines Flugzeugflugs messen. Mit Hilfe der Formel für die Erdbeschleunigung, die von der geografischen Höhe abhängt, können die Schüler die Flughöhe des Flugzeugs bestimmen. Lässt sich diese Methode erfolgreich anwenden? Argumente für und gegen eine erfolgreiche Anwendung können gesammelt werden.

4 | Option zur Kooperation

Schüler aus unterschiedlichen Ländern können ihre Ergebnisse vergleichen und ein gemeinsames Projekt starten, das einen Titel wie „Messung der Höhe unserer Schule mit dem Smartphone“ tragen könnte.

5 | Fazit

Wenn diese Lehrinheit auf den ersten Blick auch relativ leicht erscheint, müssen die Schüler doch ihr Grundwissen in Geometrie, Mechanik und Hydrostatik auffrischen und dazu eine beträchtliche Datenmenge verarbeiten.

Die Schüler sollten die mathematischen Formeln und physikalischen Gesetze kennen, auf denen die Smartphone-Apps beruhen.

Es ist wichtig, dass die Schüler die richtige Smartphone-App für vorgegebene Höhen oder Distanzen wählen, damit die Messungen so genau wie möglich sind. Sie werden merken, dass das Smartphone für diesen Zweck ein Hilfsmittel von unschätzbarem Wert ist.

Nicht zuletzt möchten wir noch betonen, dass die drei Android-Apps für diese Lehrinheit (Distance and Parallax, Distance and Height und Height and Pressure) von Alex Toma, einem rumänischen Schüler, entwickelt wurden. Es ist eine Herausforderung für Schüler, sich in der Entwicklung entsprechender iOS-Apps oder anderer Apps zu versuchen, die dann für Experimente genutzt werden können. Hier werden die Fächer Physik, Mathematik und Informatik zusammengebracht, um interessante neue Methoden für naturwissenschaftliches Lernen zu entwickeln.



Impressum

Entnommen aus

iStage 2 - Smartphones im naturwissenschaftlichen Unterricht erhältlich in Deutsch und Englisch 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

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

Bestellungen

www.science-on-stage.de
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

Newsletter: www.science-on-stage.de/newsletter

www.facebook.com/scienceonstagedeutschland

www.twitter.com/SonS_D

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

WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU

www.facebook.com/scienceonstageeurope

www.twitter.com/ScienceOnStage

