

Sonne, Mond und Sterne – Bekanntes selbst entdeckt!

Teil I: Die Erde ist eine Kugel

Natalie Fischer

Die Erde hat die Gestalt einer Kugel. Für uns ist diese Aussage selbstverständlich. Doch hat es viele Jahrhunderte gedauert, bis sich dieses Erkenntnis auf der ganzen Welt durchgesetzt hat. Warum? Da die Erdkrümmung nicht so einfach zu erkennen ist!

Aufgabe 1:

Gibt es in der Natur beobachtbare Ereignisse, von denen sich auf die Kugelgestalt der Erde schließen ließe?

Antwort 1:

Nur sehr wenige!

Beobachtung 1: Der Polarstern ist immer an derselben Stelle am Himmel zu sehen. Seine Höhe über dem Nordhorizont verändert sich jedoch, verlagert man seinen Beobachtungsort Richtung Norden oder Süden. Bei einer Ebene wäre dies nicht so.

Beobachtung 2: Menschen, die in Küstennähe wohnen, können beobachten, dass ein auslaufendes Schiff nicht nur kleiner wird, je weiter es sich vom Hafen entfernt, sondern es scheint im Meer zu versinken. Je weiter es entfernt ist, desto tiefer scheint es zu sinken, bis am Ende auch die Mastspitze nicht mehr zu sehen ist.

Beobachtung 3: Ein weiterer Hinweis auf die Kugelgestalt der Erde ist die Form des Schattens, die die Erde bei einer Mondfinsternis auf den Mond wirft: er ist rund.

Jedes Argument für sich alleine genommen reicht aber nicht aus, z.B. ließe B. 1 eine Röhrengestalt der Erde zu und B. 3 eine kreisrunde Scheibe. Aber in Kombination miteinander sind die Argumente schon sehr überzeugend.

Beim Horizontobservatorium haben die Verantwortlichen dieses Thema aufgegriffen: Die Grundplatte des Horizontobservatoriums besteht aus einer kreisrunden Ebene, die wie eine Tangentialfläche auf der Erdoberfläche liegt. Wäre die Erde eine Scheibe, so könnten wir alle Gegenstände, die sich auf gleicher (Meeres-)höhe mit dieser Ebene befinden, gerade noch bzw. gerade nicht mehr sehen. Da die Erdoberfläche aber gekrümmt ist, erscheinen alle Objekte umso tiefer nach unten abgesenkt, je weiter sie von der Plattenmitte entfernt sind.

Aufgabe 2:

Im SuW-Beitrag ist die Rede von zwei Gasometern, welche in einiger Entfernung zum Horizontobservatorium stehen. Ihre Deckelhöhen liegen auf gleicher (Meeres-)höhe wie das Observatorium.

Um wieviele Meter erscheint das Gasometer abgesenkt?

Fertige eine Skizze an!

Lösung 2:

Der Gasometer habe die Höhe t über dem Meeresspiegel, ebenso das Horizontobservatorium. Der Radius der Erde $R = 6378,1$ km, die Entfernung s von Aufpunkt des Horizontobservatorium zum Gasometerdeckel beträgt $s = 22$ km. Die Absenkung x berechnet sich zu:

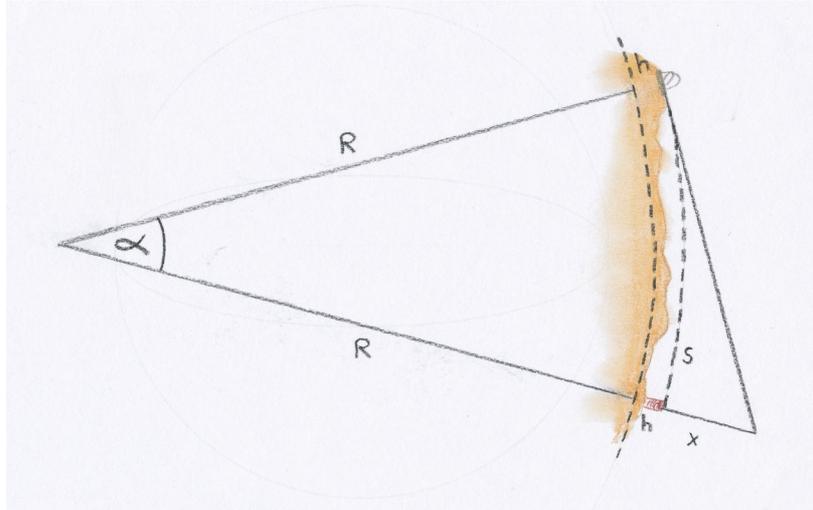


Abbildung 1: Das Horizontobservatorium und der Gasometerdeckel liegen auf gleicher Meereshöhe h . Für einen Beobachter auf dem Observatorium ist der Gasometer um die Strecke x nach unten abgesenkt. R ist der Erdradius und s die Entfernung des Gasometers vom Horizontobservatorium.

$$s = 2\pi(R+h) \frac{\alpha}{360^\circ} \Leftrightarrow \alpha = s \frac{360^\circ}{2\pi(R+h)}$$

$$\cos \alpha = \frac{R+h}{R+h+x}$$

$$x = \frac{R+h}{\cos \alpha} - R - h = (R+h) \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha}$$

Eingesetzt ergibt sich $x = 37,94$ m

Aufgabe 3:

Wir liegen am Strand im Sand und blicken auf das Meer. Wie weit ist ein Schiff von uns entfernt, das eine Gesamthöhe von 38m hat und dessen Mastspitze gerade zu sehen ist (wir haben sehr gute Augen!)?

Lösung 3:

Man nehme die Lösung aus Aufgabe 2: x entspricht der Schiffshöhe. Die Mastspitze ist somit in einer Entfernung von 22km zum ersten Mal zu sehen.

In der Antike gab es bereits Gelehrte, die an die Kugelgestalt der Erde glaubten, obwohl es wichtige Argumente gab, die dagegen sprachen (z.B. die Befürchtung, man würde von der Erde herunterfallen, wohne man auf der „unteren“ Seite der Erdkugel). Auch versuchte man sich ein Bild von der Größe der Erde zu machen und ihren Umfang zu bestimmen.

Der Begriff „Erdumfangbestimmung“ ist eng mit dem Namen des Mannes verknüpft, der ihn als erster bestimmte. Sein Name war [Eratosthenes](#). Er lebte um 240 v.Chr. in Alexandria und war der Bibliothekar der großen Bibliothek dieser Stadt.

Ihm standen folgenden Informationen zur Verfügung:

Während in Syene, dem heutigen Assuan, an einem ganz bestimmten Tag im Jahr zur Mittagszeit das Sonnenlicht senkrecht auf die Erde trifft und somit keine Schatten erzeugt, lassen sich in Alexandria ganz deutlich Schatten messen (Syene ist etwa 5000 Stadien von Alexandria entfernt). Diese zeigen einen Winkel von etwa 7° . Beide Städte liegen (fast) auf einem Meridian.

Aufgabe 4:

Wie lässt sich hiermit der Erdumfang berechnen? Stellt dazu Eratosthenes Idee mit Hilfe einer Styroporkugel, zweier Nadeln sowie einer hellen Lampe nach.

Lösung 4:

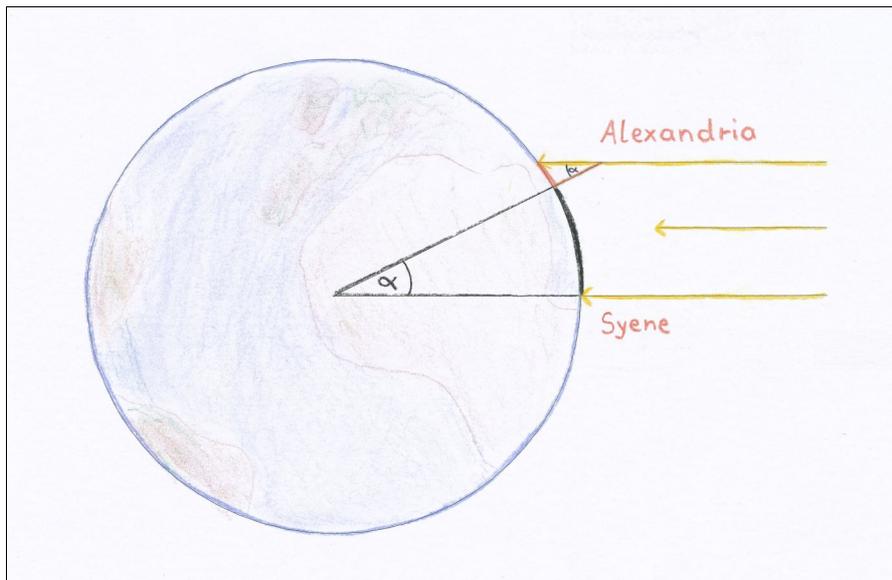


Abbildung 2: Die Sonnenstrahlen erzeugen in Alexandria einen Schatten, in Syene fallen die Strahlen der Sonne genau senkrecht auf den Boden.

Eratosthenes bestimmte den Winkel α zu ca. $1/50$ eines Vollkreises. Demnach musste die Strecke von Syene nach Alexandria auch $1/50$ des Erdumfangs betragen. Eine Messung dieser Strecke ergab 5000 Stadien. In dieser Rechnung wird $1 \text{ Stadion} = 157,5 \text{ m}$ angenommen (es gab damals mehrere gebräuchliche Stadionmaße). Multiplizieren mit 50 ergibt einen Erdumfang von 39 375 km (wahrer Umfang: 40 074 km).

Für Profis:

Ihr könnt den Erdumfang nach dieser Methode auch selbst bestimmen: Sucht euch eine Partnerschule, die auf dem selben Meridian liegt wie eure Schule. Sie sollte ein ganzes Stück weiter nördlich oder südlich von eurem Schulort sein. Mit ihren Schülern vereinbart ihr, dass ihr zeitgleich zu Mittag den Schatten zweier identischer von der Sonne angestrahlter Stäbe misst, die senkrecht auf der Erde stehen. Berechnet daraus den Erdumfang.

Im Internet befinden sich schöne [Projektbeschreibungen von amerikanischen Schulen](#), die dieses Projekt bereits mit Erfolg durchgeführt haben!