

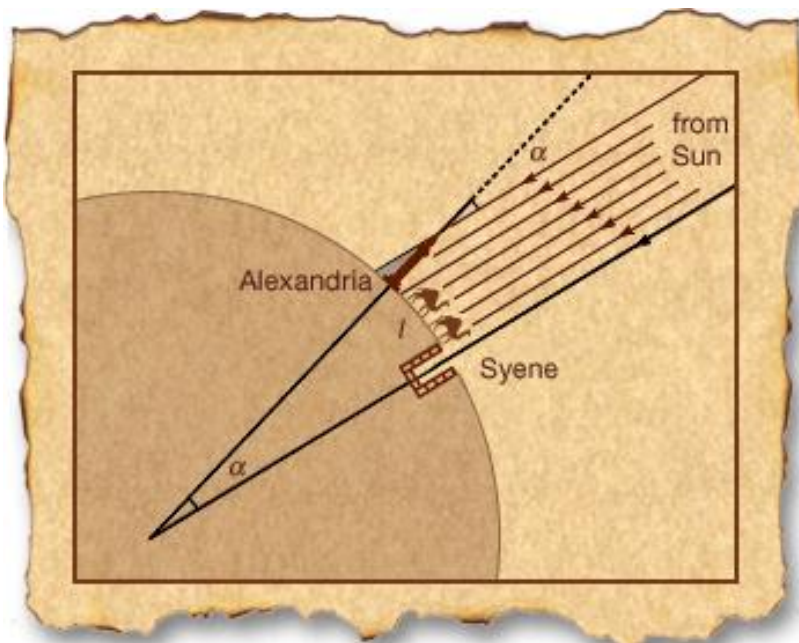
Welche Form hat die Erde?

Heut weiß bei uns jedes Kind, dass die Erde eine Kugel ist. Aber ist das auch richtig so und wie ist der historische Erkenntnisprozess abgelaufen? Stimmt es, dass man noch im Mittelalter allgemein der Auffassung war, dass die Erde die Form einer Scheibe hat und erst seit Kolumbus die Kugelform der Erde allgemein anerkannt wurde?

Richtig ist, dass die Vorstellung von einer flachen Erde in der frühen Antike weit verbreitet war und auch heute noch nachvollziehbar ist. Schließlich sieht unsere Umgebung, abgesehen von Bergen und Tälern, augenscheinlich flach aus. Aber schon vor ca. 2400 Jahren erkannte der griechische Universalgelehrte Aristoteles, dass die Erde eine Kugelgestalt haben muss. Nur so ließen sich die nachfolgenden beobachteten Phänomene erklären¹:

- Sich annähernde Schiffe werden für den Beobachter, beginnend mit der Mastspitze, erst nach und nach über dem Horizont sichtbar.
- Die gleichen Sternbilder stehen in südlichen Ländern höher am Himmel als in nördlichen.
- Der bei einer Mondfinsternis auf den Mond geworfene Erdschatten ist immer rund.

Ca. 100 Jahre nach den Erkenntnissen von Aristoteles gelang es dem griechischen Gelehrten Eratosthenes, den Umfang der Erdkugel zu berechnen. Er hatte festgestellt, dass nur am Mittag des 21. Juni, dem Tag der Sommersonnenwende, die Sonnenstrahlen auf den Grund eines tiefen senkrechten Brunnenschachtes in Syene (heute Assuan) in Südägypten fallen. Weiterhin stellte er fest, dass genau zum gleichen Zeitpunkt im etwa 800 km entfernten Alexandria ein senkrecht stehendes Objekt (Obelisk) einen Schatten warf, die Sonne also in einem von der Senkrechten abweichenden Winkel α stand (**Bild 1**). Beide Orte haben einen sehr ähnlichen Längengrad, so dass diese Abweichung für die weitere Berechnung kaum ins Gewicht fiel. Die Senkrechten an beiden Orten trafen sich im Erdmittelpunkt und schlossen einen Winkel ein, der wegen der (annähernden) Parallelität der Sonnenstrahlen der in Alexandria gemessenen Abweichung von der Senkrechten entspricht.



Die Senkrechten an beiden Orten trafen sich im Erdmittelpunkt und schlossen einen Winkel ein, der wegen der (annähernden) Parallelität der Sonnenstrahlen der in Alexandria gemessenen Abweichung von der Senkrechten entspricht.

Aus $\alpha = 7,2^\circ$ und $l = 800$ km konnte der Erdumfang u wie folgt berechnet werden:

$$\begin{aligned} 800 \text{ km} : 7,2^\circ &= u : 360^\circ \\ \text{Daraus folgt:} \\ u &= 800 \text{ km} * 360^\circ : 7,2^\circ \\ &= 40.000 \text{ km} \end{aligned}$$

Dieser Wert stimmt mit dem heute bekannten mittleren Erdumfang von 40.030 km in verblüffender Weise nahezu überein³.

Bild 1 Eratosthenes' Methode zur Bestimmung des Erdumfangs ²

Entgegen einer verbreiteten Vorstellung waren sich alle halbwegs gebildeten Menschen im europäischen Mittelalter der Kugelgestalt der Erde bewusst. Das traf auch auf Kolumbus zu, der

allerdings die Berechnungen der Wissenschaftler zum Erdumfang ignorierte und von einer viel kleineren Erde ausging. Aus diesem Grund war er auch davon überzeugt, dass der Seeweg nach China in westlicher Richtung viel kürzer wäre als der vermeintliche Umweg um Afrika. Nur die zufällige Entdeckung von Amerika bewahrte seine Mission vor einem dramatischen Scheitern.

Im 17. und 18. Jahrhundert konnten die Wissenschaftler die Erde immer genauer vermessen und stellten fest, dass sie keine exakte Kugelform hat, sondern ein Ellipsoid ist, wie es schon zuvor von Newton und anderen Wissenschaftlern vorhergesagt worden war. Die Erde weist an beiden Polen Abplattungen und am Äquator einen Wulst auf, wodurch der Äquatordurchmesser etwa 43 km größer als der Poldurchmesser ist. Ursache der Abweichung von der Kugelform ist die Fliehkraftwirkung der Erdrotation.

Heute wissen wir, dass die Erde bei genauer Betrachtung weder die Form einer Kugel noch eines Ellipsoids hat. Außer Bergen und Tälern, die durch das Wechselspiel von Tektonik und Erosion entstanden sind, weist die Erdoberfläche Dellen und Beulen auf, die durch die ungleichmäßige Masse- bzw. Dichteverteilung und die daraus resultierenden lokalen Gravitationsunterschiede verursacht werden. Stärkere Massenanziehung führt zu Dellen, geringere zu Beulen. Die sich ergebende Form wird als Geoid bezeichnet.

Für die genaue Bestimmung der Geoidform werden heute Satellitenmessungen genutzt. In den Jahren 2002 bis 2017 gab es die Satellitenmission "Gravity Recovery and Climate Experiment", kurz "GRACE". Zwei Grace-Satelliten umrundeten in einer Höhe von etwa 500 km in einem Abstand von etwa 220 km die Erde. Der Abstand zwischen den Satelliten wurde ständig mittels Mikrowellenstrahlung auf 1 bis 2 Mikrometer genau vermessen. Aus Abstandsänderungen konnten Gravitationsabweichungen in den überflogenen Gebieten sehr exakt berechnet werden. Näherte sich der erste Satellit z.B. einem Gebirge, wurde er stärker angezogen und der Abstand nahm zu. Befand sich das Gebirge dagegen zwischen den beiden Satelliten, nahm ihr Abstand ab. Diese über einen langen Zeitraum durchgeführten Messungen wurden vor allem für Klimauntersuchungen (z.B. Änderungen der Eisschilde und lokaler Grundwasservorräte) genutzt. Ein weiteres Ergebnis ist die erwähnte sehr genaue Bestimmung der Geoidform. **Bild 2** zeigt das 2017 am Deutschen GeoForschungszentrum in Potsdam entwickelte Modell der sogenannten „Potsdamer Schwerekartoffel“. Die Darstellung zeigt die Erdoberfläche in 15.000-facher Überhöhung. Seit 2018 wird das Projekt mit zwei neuen verbesserten Satelliten als GRACE-FO fortgesetzt⁵.

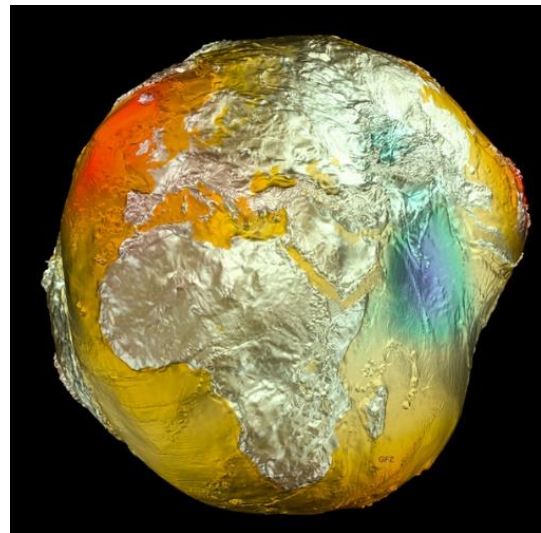


Bild2 „Potsdamer Schwerekartoffel“⁴

Erstaunlicherweise gibt es auch heute noch Menschen, die an eine flache Erde glauben⁶. Seit etwa 2015 hat diese These wieder eine gewisse Verbreitung unter Verschwörungsideologen gefunden. In einer 2018 in den USA durchgeführten Umfrage gab etwa ein Sechstel der befragten 8.000 Bürger an, nicht völlig von der Kugelform der Erde überzeugt zu sein. Eine weitere Umfrage aus Brasilien zeigte, dass 7 % der Bevölkerung eine kugelförmige Erde ablehnen. In den USA finden diverse Konferenzen von „Flacherdlern“ statt. Auffällig ist, dass unter den Teilnehmern viele eine antiwissenschaftliche Einstellung haben und Anhänger unterschiedlicher Verschwörungstheorien sind. Dazu gehören auch Impfgegner, 9/11-Verschwörungstheoretiker und an die Weiterexistenz der Illuminaten (kurzlebige Geheimgesellschaft im 18. Jahrhundert) glaubende Menschen. Diese Tatsachen könnte man als

Kuriosum abtun. Besser wäre es allerdings, sie als Motivation zu verstehen, wissenschaftliche Aufklärung, vor allem auch unter jungen Menschen, zu verstärken.

Quellen

1	https://scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/2015/09/11/sternengeschichten-folge-146-kugel-oder-scheibe-welche-form-hat-die-erde/?all=1
2	https://www.britannica.com/biography/Eratosthenes
3	https://de.wikipedia.org/wiki/Erdradius#Erdumfang
4	https://www.helmholtz.de/newsroom/artikel/satelliten-vermessen-das-schwerefeld-der-erde/
5	https://de.m.wikipedia.org/wiki/GRACE#GRACE-FO
6	https://de.wikipedia.org/wiki/Flache_Erde