

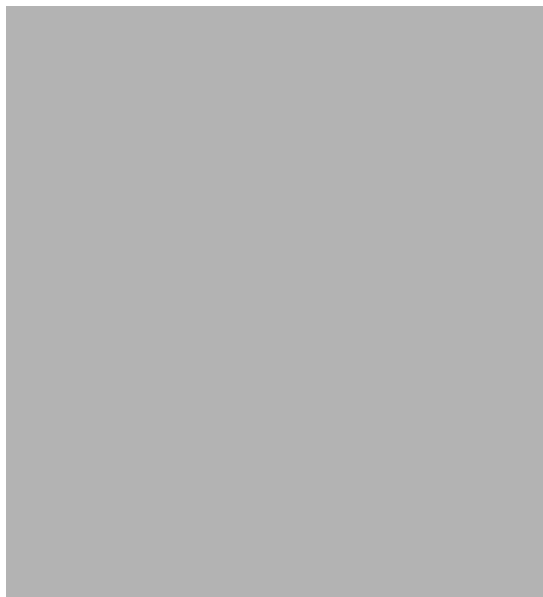
# Ist die Erde wirklich eine Kugel?

Gerhard Rath

In PLUS LUCIS 1/94 stellte Herr Kühnelt die Frage "Woher wissen wir ...?" Der große Didaktiker Martin Wagenschein formuliert sie als "Wie kam man darauf?" und weist ihr für den Physikunterricht eine wesentliche Bedeutung bei (historisch-genetische Methode). Wie kam man auf die Kugelform der Erde?

Die bekannte Messung von ERATOSTHENES (276 - 194 v. Chr.), der erstmalig den Umfang der Erde bestimmte, war nur möglich, weil er bereits von der Kugelform der Erde überzeugt war! Seine Situation ist vergleichbar mit jener von Foucault, der mit seinem Pendelversuch auch die längst akzeptierte und bewiesene Tatsache der Erdrotation zeigen konnte. Bereits ein Jahrhundert vor Eratosthenes lehrte ARISTOTELES (384 - 322 v. Chr.) die Kugelform der Erde, was für die antike Gelehrtenwelt maßgeblich wurde. Doch wie kam er darauf?

1. Von am Horizont auftauchenden Schiffen werden immer zuerst die Mastspitzen sichtbar - und zwar gleichgültig, aus welcher Himmelsrichtung sie kommen. Dies deutet auf eine gewisse Krümmung der Erde hin - sie muß aber noch lange keine Kugel sein.



2. Bei Reisen nach Norden oder Süden verändern sich die Sternbilder, genauer gesagt die Polhöhen der Gestirne. Reist man nach Norden, so gelangt etwa der Polarstern immer höher in Richtung Zenit, den er erreichen würde, falls man sich am Nordpol befände. Diese Beobachtung belegt eine Nord-Süd-Krümmung der Erde, sie könnte also die Form einer Walze haben - auch diese Theorie wurde vor Aristoteles vertreten. Zum Nachweis einer Ost-West-Krümmung braucht man genaue Uhren, da sich bei einer Reise in dieser Richtung nicht die Polhöhen der Gestirne, sondern nur ihre Auf- und Untergangszeiten ändern. Solche Uhren gab es in der Antike noch nicht.
3. Die für Aristoteles entscheidende Beobachtung war jene der Mondfinsternis. Unter der Annahme, daß die Ursache

der Verfinsterung des Mondes sein Durchgang durch den Erdschatten ist, kann man auf die Kugelform der Erde schließen. Denn die Begrenzung dieses Schattens wird als Kreis gesehen, wann und wo auch immer die Finsternis auftritt. Bei einer Erde als Scheibe oder Walze müßten auch einmal elliptische oder gerade Begrenzungen zu sehen sein.

Im mitteleuropäischen Raum verschwand dieses Wissen mit dem Zerfall des Römischen Reichs und wurde erst wieder ab ca. 1000 n. Chr. durch Kontakte mit den Arabern wiederentdeckt. Bald danach war jedoch die Kugelgestalt der Erde von der Kirche akzeptiert und wurde gelehrt.

Im Unterricht stellt sich das Problem, daß diese Beobachtungen nicht unmittelbar zugänglich bzw. den Schülern unbekannt sind. Dies führt zur paradoxen Situation, daß jedem Volksschüler die Kugelgestalt der Erde bekannt ist, aber später kaum jemand gute Gründe für dieses Wissen angeben kann (siehe dazu auch den Bericht einer Missionarin in Afrika). Wegen der fehlenden Beobachtungsgrundlage schlage ich vor, die Frage nach der Form der Erde als Anregung, Motivation, Ausgangspunkt für eigene Überlegungen und Beobachtungen der Schüler einzusetzen. Dazu eine Unterrichtsskizze:

Nach der Frage, seit wann die Kugelform der Erde bekannt ist und der meist überraschenden Antwort vertritt der Lehrer die Position der scheibenförmigen Erde und die Schüler müssen ihn von der Kugelform überzeugen - ohne Satellitenbilder, sondern mit Argumenten, wie sie einem Menschen der Antike zugänglich gewesen wären. Diese Diskussion bezweckt, den Schülern die fehlenden Grundlagen ihres eigenen "Wissens" bewußt zu machen, sie "produktiv zu verunsichern" (Wagenschein). Nach der Erörterung der oben angeführten Punkte könnte die Messung des Eratosthenes besprochen werden, vielleicht unter der Frage: Wie konnte man bereits in der Antike den Umfang der Erde recht genau bestimmen, ohne allzuweit gereist zu sein?

Sind diese Argumente verstanden, kann man gleich wieder verunsichern: Sie ist ja doch keine Kugel! Heute wissen wir, daß die Erde an den Polen abgeplattet ist. Wie konnte man darauf kommen?

Zwei Beobachtungen im 17. Jahrhundert führten zur Untersuchung dieser Frage:

- Gleich lange Pendel schwingen an verschiedenen Orten der Erde verschieden schnell, abhängig vom Breitengrad.
- Fernrohrbeobachtungen zeigten, daß die Planeten Jupiter und Saturn die Form von Rotationsellipsoiden einnehmen.

Doch wie konnte man eine Abplattung messen, wenn man selbst nicht von der Erde weg kann, um sie von oben her zu beobachten? Wieder mußte man die Gestirne zu Hilfe nehmen. In zwei Expeditionen der Pariser Akademie der Wissenschaften (1735 - 1744) versuchte man, in Peru und in Lappland Bögen gleich großer Winkel auf der Erdoberfläche zurückzulegen.

Diese Winkel maß man als Höhenwinkel von Sternen, wobei man feststellte, daß die zugehörige Bogenlänge in Lappland größer war als jene in Peru.

Zur Anregung noch einige "astronomische" Fragen im Sinne von: *Woher wissen wir?*

- Wie konnte man darauf kommen, daß sich die Erde (sehr schnell) um eine Achse dreht?
- Wie wurde diese Drehung erstmals bewiesen?
- Wie bewies man die Bewegung der Erde um die Sonne?
- Wie kam man darauf, daß die Fixsterne nicht auf einer Kuppel liegen, sondern verschieden weit von uns entfernt sind?
- Wie konnte man so gewaltige Entfernungen messen?
- Woher wissen wir, daß die Sonne nicht im Zentrum der Milchstraße liegt, sondern mehr am Rand?

### Empfehlenswerte Literatur:

B. Lovell: *Das unendliche Weltall*. Geschichte der Kosmologie von der Antike bis zur Gegenwart, C. H. Beck, München 1983 - enthält vor allem die Entwicklung der Astronomie nach Newton in gut lesbarer Form.

J. Teichmann: *Wandel des Weltbildes*. München 1980, rororo TB - enthält Originaltexte und viele Abbildungen. (Die Abb. auf Seite 33 ist daraus entnommen.)

K. Stumpff: *Die Erde als Planet*. Springer, Berlin 1955; Form der Erde, Bewegungen, Orientierung, Atmosphäre - historisch aufbereitet - Taschenbuch.

M. Wagenschein: *Verstehen Lehren*. Weinheim 1968 - ein Klassiker der Physikdidaktik.

## Bericht einer Missionarin

### Ist die Erde wirklich rund?

Um unseren Afrikanern ihr bescheidenes Wissen zu erweitern, vor allem um sie in Gottes wunderbare Schöpfung einzuführen, erklärten wir ihnen eines Tages, daß die Erde rund sei. Die erste Reaktion war ein gutmütiges, breites Lachen, das Lachen eines schlauen Kindes, das einen Erwachsenen dabei durchschaut, wenn er es zum besten halten möchte! Doch als sie sahen, daß es sich nicht um einen Scherz handelte, gingen sie zum offenen Angriff über: "Schwester, ich bin von L. nach M. gereist (ca. 300 km) und habe nichts von einer Rundung beobachten können!"

Der Globus sollte mir zu Hilfe kommen. "Seht, so müßt ihr euch die Erde vorstellen ..." - "Ja, wo hat sie denn ihren Fuß angemacht, und wo geht das Eisen durch, an dem sie sich dreht?" - "Das sind hier nur Hilfsmaßnahmen, die Erde selbst hat kein Eisen im Leib, sondern das ist nur eine Linie, die wir Erdachse nennen und welche die Gelehrten als Begriff ausgedacht haben ..." "Wenn doch die Gelehrten alles wissen, warum brauchen sie sich eine Linie auszudenken?"

Ja, wozu? Ich war überfragt und lenkte ab: "Also die Erde steht auf keinem Fuß, sie hängt und bewegt sich frei in der Luft, einem Ballon gleich, der ..." - "Was, wie ein Ballon? Aber bitte, der ist doch rot, gelb oder blau, hat eine Schnur,

und wenn man ihn anfaßt, zerplatzt er!" - "Richtig, sagen wir vielleicht besser: wie eine Orange." - "Die kann man mit einer Hand angreifen, aufmachen und essen!" - "Ihr habt recht, all diese Vergleiche sind hinkend, die Erde ist ein wunderbar herrlicher Himmelskörper, der, von göttlichen Kräften gehalten und von Gottes vollkommenen Gesetzen getrieben, um sich selber und zugleich um die Sonne dreht!"

Ich meinte ersticken zu müssen unter dem Kreuzfeuer von Fragen, das sich nach dieser Behauptung über mich entlud. Nach einer Stunde der Erklärung, Argumente und Gegenargumente sagte ich bestimmt:

"Nun hört! Jahrhunderte vor euch haben die gelehrtesten und klügsten Männer der Welt dieses Problem studiert und durchdacht. Sie sind alle zum selben Ergebnis gekommen: Die Erde ist rund, dreht sich um sich selber und um die Sonne. Wähnt ihr euch klüger als all diese Wissenschaftler?"

Vorwurfsvolle Augen! "Aber Schwester, wir fragen doch nicht, weil wir uns klüger vorkommen, sondern weil wir es nicht verstehen!"

Ach so! Mit erneuter Hingabe begann ich nochmals zu erklären, zu erläutern, zu beschreiben. Diesmal hielt sich auch der hartnäckigste Frager stumm und lauschte ergeben. Ich beendete den Vortrag mit der Frage: "Hat ihr das jetzt verstanden?" - "Ja!" - "Und glaubt ihr es?" - "Nein!"

Einem Überzeugten fällt es nicht schwer zu überzeugen, dachte ich und begann von neuem, und zwar mit solcher Überzeugung, bis auch der letzte Zweifler Beifall nickte.

Ach, sie sind dann ja immerhin so kultiviert, daß sie die Arbeit und Plage einer Person respektieren, die sich so endlos Mühe gibt, ihnen etwas beibringen zu wollen, und so ließen sie sich endlich dahin überwinden, daß sie mir nicht mehr ihren offenen Zweifel spürbar nahebrachten. Als Siegerin verließ ich den erdrunden Kampfplatz.

Nach einer Stunden meldete sich einer der Zuhörer privat. Er sah mich mit verständnisinnigem Lächeln an und sagte: "Schwester, so ganz im Vertrauen, bitte, versteh mich recht, nur zu dir gesagt ... nicht wahr, du glaubst aber doch selber nicht, daß die Erde rund ist?"

Da steigen in meinem geschlagenen Geiste leise Zweifel auf! Ja, ist die Erde wirklich rund?

Aus: M. Wagenschein: *Verstehen Lehren*, S. 341