

Abstandsmessung zum Mond: Fly me to the Moon

Franziska Konitzer

■ Die Erkundung der Geodäsie endet da, wo sie angefangen hat: auf dem Mond. Dort stehen fünf Retroreflektoren. Mit diesen können Geodätinnen und Geodäten nicht nur Einsteins Relativitätstheorie überprüfen.

Eigentlich wollte ich nur wissen, ob die Erde expandiert. Da erschien es irgendwie logisch, zum Telefonhörer zu greifen und einen Geodäten zu fragen, wie es denn aussieht mit der Größe der Erde und ihrer zeitlichen Variabilität.

Es ist schon eine Weile her, aber das war der Anfang meines Ausfluges in die Geodäsie. Die Reihe Geodäsie im Fokus durfte ich für die zfv seit 2016 schreiben. Angefangen habe ich mit der Laserinterferometrie (zfv 3/2016) – einem Thema, mit dem ich von Haus aus etwas anfangen konnte, denn ursprünglich habe ich Physik mit Astrophysik studiert, bevor ich mich als Wissenschaftsjournalistin selbstständig machte. Schnell fiel mir auf, dass zwischen der Astrophysik und der Geodäsie einige, wie soll ich sagen, kulturelle Unterschiede bestehen.

Während der Praktika in meinem Studium waren meine Kommilitonen und ich vor allem bei den astronomischen Experimenten froh, wenn unsere errechneten Fehler in derselben Größenordnung wie die eigentliche Messgröße waren. Ein Professor gab uns einmal den Rat, doch einfach einen Fehler von fünf Prozent anzunehmen und es damit gut sein zu lassen – eine Lebensanschauung, bei dem es wohl jeder Geodätin und jedem Geodäten kalt den Rücken hinunterläuft, wie ich seitdem gelernt habe. In einem Feld, in dem sich viele Abstandsmessungen, und seien sie noch so hochpräzise, mit einem Fehler in der Größenordnung von Lichtjahren herumschlagen und man sich immer noch nicht ganz so sicher ist, wie viele Spiralarme das Milchstraßensystem nun wirklich hat, kann man von Zentimeter- oder gar Millimetergenauigkeit oft nur träumen. So etwas prägt.

Ich kann jedoch berichten, dass meine fachliche Unbedarftheit selten gegen mich verwendet wurde. In vielen Telefonaten und Gesprächen habe ich selten mit so freundlichen und – vielleicht eine Berufskrankheit? – wohlorganisierten Menschen gesprochen wie mit denjenigen Expertinnen und Experten, mit denen ich Interviews für diese Artikelreihe geführt habe. Wie ich gelernt habe, ist die Geodäsie überall, wenn man nur weiß, wohin man wie schaut. Die Artikel für die zfv haben mich an Landesgrenzen geführt, auf Autobahnbrücken, ans andere Ende der Bundesrepublik.

Wohin sie mich tragischerweise nicht geführt haben, ist der Mond. Denn auf dem Mond, beziehungsweise im Abstand zwischen Mond und Erde, liegt meine ursprünglich gesuchte Antwort, ob die Erde expandiert.

Lunar Laser Ranging – Abstandsmessung zum Mond

Der Mond – und darauf können sich Geodäten wie Astrophysiker einigen – ist großartig, auch wenn sich die eine Berufsgruppe immer noch fragt, wie die Erde eigentlich zu der ihr nicht zustehenden Ehre eines viel zu großen Trabanten gekommen ist. Für Geodäten ist er aber auch noch etwas: praktisch. Denn als die Astronauten der Apollo-Mission der US-Weltraumagentur NASA in den späten 1960er und frühen 1970er Jahren den Mond besuchten, ließen sie neben diversen anderen unabsichtlichen Mitbringseln – Fahnen, Golfbällen, ausgedienten Mondfahrzeugen – etwas da: Retroreflektoren. Diese Retroreflektoren sind letztendlich nichts anderes als Spiegel, die Licht, das auf sie einfällt, in genau die Richtung reflektieren, aus der es gekommen ist.

Die Retroreflektoren sind inzwischen meine Antwort darauf, wenn ich gefragt werde, warum wir uns sicher sein können, dass die Menschheit wirklich auf dem Mond war. Dabei finde ich es einerseits erschreckend, dass mir eine derartige Frage überhaupt ernsthaft gestellt wird. Andererseits finde ich es zwar nicht überraschend, aber schade, dass mein Enthusiasmus für das Lunar Laser Ranging Experiment nicht sofort verstanden wird. Spiegel auf dem Mond klingen vielleicht nicht per se spektakulär, aber meiner Meinung nach sind sie neben dem mitgebrachten Mondgestein das wissenschaftlich Sinnvollste, das die astronautischen Mondmissionen hinbekommen haben. Neben den drei Retroreflektoren, die von der NASA auf dem Mond aufgestellt wurden, gibt es noch zwei weitere Retroreflektoren der sowjetischen Luna-17- und Luna-21-Missionen.

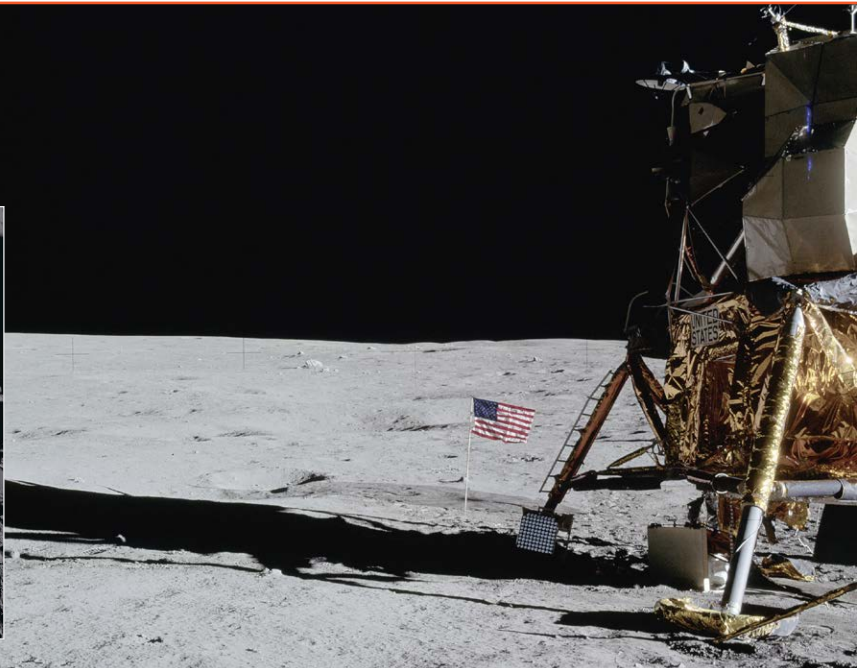
Was man mit diesen Spiegeln von der Erde aus machen kann, ist, einen Laserstrahl gegen Retroreflektor auf dem Mond zu schicken und rund 2,5 Sekunden später das zurück zur Erde reflektierte Licht aufzufangen. Nur wenige Photonen überstehen die Reise, aber das reicht für eine Laufzeit- und damit eine Abstandsmessung. Derartige Messungen können nicht viele Observatorien auf der Welt durchführen: Das Geodätische Observatorium Wettzell gehört dazu. Anschließend können die Daten ausgewertet werden. Inzwischen sind über die fünfzig Jahre Laufzeit des Experiments laut Jürgen Müller vom Institut für Erdmessung von der Leibniz Universität Hannover rund 28.000 Beobachtungen, also Abstandsmessungen, zusammengekommen.

Mit diesen Daten könnten prinzipiell auch Erdrotationsgrößen oder Stationspositionen genau bestimmt werden, das ist aber nicht der Standard. Stattdessen wird das Lunar Laser Ranging vor allem für Tests der Relativitätstheorie verwendet. Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie be-

Neben Fahnen und ausgedienten Mondfahrzeugen ließen die Astronauten der NASA auch Retroreflektoren auf dem Mond zurück.



Bildnachweis: NASA



schreibt die vierdimensionale Raumzeit, das Gefüge unseres Universums. Vereinfacht gesagt könnte man sie als die Theorie des ganz Großen beschreiben: Raum, Zeit, und allem, was sich darin befindet. Laut dieser Theorie krümmen alle Massen die Raumzeit. Nur leider sind diese Effekte viel zu klein, um je gut messbar zu sein. Für die erste experimentelle Überprüfung einer Vorhersage der Allgemeinen Relativitätstheorie brauchte es immerhin eine Sonnenfinsternis, um herauszufinden, inwiefern die Sonne die Position eines Sterns scheinbar verschiebt.

Geodätinnen und Geodäten überprüfen die Relativitätstheorie

Praktischerweise sind auch beim Mond und der Erde große Massen, beziehungsweise Geschwindigkeiten involviert. Und das prädestiniert dieses System mithilfe des Lunar Laser Ranging geradezu dazu, Einsteins Theorien auf den Prüfstand zu stellen, beispielsweise das Äquivalenzprinzip. Dieses besagt, dass der Mond und die Erde im Schwerfeld der Sonne gleich schnell fallen sollten. Oder, um zurück zur expandierenden Erde zu kommen, man kann überprüfen, ob die Gravitationskonstante G innerhalb der Messgenauigkeit zeitlich und räumlich konstant ist. Das ist sie. Und hier ist die Antwort auf meine ursprüngliche Frage: Würde die Erde expandieren, würde sich das auch in der Gravitationskonstante niederschlagen.

Das ist zwar schön, aber warum ist es überhaupt so wichtig, Einsteins Theorien immer und immer wieder zu überprüfen? Nun, einerseits deutet seit über hundert Jahren wenig bis nichts darauf hin, dass Einstein irgendwo einen Fehler gemacht hätte. Die Vorhersagen seiner Theorien treffen zu. Andererseits treffen auch die Vorhersagen der Quantenphysik zu. Die Quantenphysik ist die Theorie des Allerkleinsten. Das wäre an sich kein Problem, nur: Diese beiden Theorien vertragen sich überhaupt nicht. Im Alltag merken wir davon zwar gar nichts. Aber letztendlich wissen Physikerinnen und Physiker, dass eine oder

beide Theorien irgendwo unvollständig oder fehlerhaft sind. Deshalb versucht die Physik seit Jahren, diese beiden Theorien zu überprüfen. Würde eine Vorhersage nicht zutreffen, wäre das vielleicht ein Anhaltspunkt, an dem man ansetzen könnte. »Aber auch mit dem Lunar Laser Ranging hat man bislang noch nichts gefunden, das auf eine Verletzung der Relativitätstheorie hindeuten würde«, sagt Jürgen Müller.

Abschied vom Mond – und von der zfv

Aber macht nichts. Die Messungen gehen weiter. Vielleicht kommen mit künftigen Mondlandungen sogar weitere Retroreflektoren hinzu: Das Interesse an astronautischen Missionen zu unserem Erdtrabanten wächst, und wenn man schon einmal da ist, könnte man ja auch einen Spiegel mitnehmen.

Wenn es so weit ist, werde ich hoffentlich darüber berichten – allerdings nicht für die zfv. Dieses ist mein letzter, etwas wehmütiger Artikel für die Reihe Geodäsie im Fokus. Ich habe in den letzten fünf Jahren viel über die Geodäsie lernen und schreiben dürfen. Meine Faszination für Kartenmaterial und GNSS-Chips aller Art ist gewachsen. Ein Teil von mir ist traurig, dass es Laserscanner noch nicht für den Hausgebrauch gibt. Die Geodätinnen und Geodäten, die in München und Umland unterwegs sind, wundern sich wahrscheinlich schon seit Jahren, warum sie die Frau am Straßenrand so breit anlächelt. Außerdem würde ich irgendwann gerne einmal Feldgeschworene meiner Stadt werden – als ehrenamtliche Geodätin, sozusagen. Dann würde ich auch versprechen, etwas mehr Sorgfalt bei meinen Messfehlern walten zu lassen als während meines Studiums. (Im Zweifel war übrigens immer die Luftfeuchtigkeit schuld.)

Ich hoffe, Sie fanden die Artikel lehrreich und unterhaltsam – vielleicht sogar beides gleichzeitig.

Ihre Franziska Konitzer

Kontakt: f.konitzer@gmail.com