

BEITRAG AUS DER REIHE:

Karl-Heinz Lotze, Werner B. Schneider (Hrsg.)

Wege in der Physikdidaktik Band 5 Naturphänomene und Astronomie

ISBN 3 - 7896 - 0666 - 9

Verlag Palm & Enke, Erlangen und Jena 2002

Anmerkung:

Die Bände 1 bis 5 sind (Ausnahme Band 5) im Buchhandel vergriffen.
Die einzelnen Beiträge stehen jedoch auf der Homepage

<http://www.solstice.de>

zum freien Herunterladen zur Verfügung.

Das Copyright liegt bei den Autoren und Herausgebern.

Zum privaten Gebrauch dürfen die Beiträge unter Angabe der Quelle
genutzt werden. Auf der Homepage

www.solstice.de

werden noch weitere Materialien zur Verfügung gestellt.

Helga Stadler

„Schwerelosigkeit herrscht dort, wo keine Schwerkraft mehr wirkt“ - Schülervorstellungen zum Thema Schwerelosigkeit

Zu den zentralen Konzepten der Physik zählt jenes der Gravitation. Die Frage, wie und warum ein Gegenstand zu Boden fällt, war eine der gewichtigen Fragen der Physikgeschichte und ist dies – in einer viel umfassenderen Form – bis heute geblieben. Zugleich ist das Phänomen Gravitation, dass Gegenstände zu Boden fallen oder dass wir sie halten müssen, damit sie nicht fallen, so selbstverständlich in unserem Leben, dass ich z.B. als Lehrerin nie gefragt wurde, warum Gegenstände eigentlich zu Boden fallen. Gravitation wird für Schüler erst dort interessant, wo sie scheinbar nicht existiert, im Weltraum bzw. Raumschiffen.

Über die Vorstellungen von Kindern zur Gravitation gibt es zahlreiche Forschungsarbeiten [1,2,3]. Sie zeigen, dass Schülerinnen und Schüler durchwegs der Meinung sind, dass außerhalb der Erdatmosphäre Schwerelosigkeit herrscht. Eine in Österreich durchgeführte Untersuchung [4] bestätigt dieses Bild und weist überdies darauf hin, dass diese Vorstellung vermutlich nicht isoliert zu sehen, sondern in ein Rahmenkonzept eingebettet ist.

Ausgangspunkt der in Wien durchgeführten Untersuchung waren etwa 30 qualitative problemzentrierte Interviews mit 13 bis 16-jährigen Schülerinnen und Schülern aus unterschiedlichen Schultypen. Den Schülerinnen und Schülern wurden zwei „Lügengeschichten“ von Martin Gardner [5] vorgelegt. Die Geschichten erinnern an den Vorschlag, Schüler mit „What happens if...“-Fragen zu eigenen Hypothesen anzuregen und dabei gleichzeitig die Konzepte der Befragten offenzulegen [6]. Lügengeschichten und „What happens if...“-Fragen eignen sich auch gut für den Unterricht [7].

Die erste der beiden Geschichten ist eine Geschichte über den Mond. Warum gerade über den Mond? Die Auslagen der Buchgeschäfte sind noch immer voll mit Büchern über den Mond, es gibt eine Art Renaissance des Glaubens an die Kraft des Mondes, die sich auch in den Aussagen der Schüler widerspiegelt. Nachfolgend sind jene Ausschnitte der Geschichte von Gardner wiedergegeben, die sich auf Fragen zur Gravitation des Mondes beziehen.

Die Mondoberfläche lag noch im Licht der untergehenden Sonne. Als der Astronaut vorsichtig über die holprige Mondoberfläche ging, schaute er auf und sah tausende hell funkeln-der Sterne am schwarzen Nachthimmel. Im Westen schwebten ein paar zerzauste Wolken am Himmel und eine sanfte Brise blies Mondstaub gegen das Glasfenster seines Helmes. Ein lautes, knallendes Geräusch ließ ihn sich umschauen, um zu sehen, was geschehen war. Sein Kamerad hatte einen großen Mondstein in zwei Teile zerlegt, indem er mit einem Hammer dage-

gen geschlagen hatte. Vor lauter Schreck sprang er einen Meter in die Höhe. Die Schüler und Schülerinnen wurden gefragt, was ihnen an diesem Bericht glaubwürdig vorkomme und was nicht. Wie sieht es auf dem Mond aus? *“Es ist hügelig und ganz kahl. Dunkel und kalt.”* Praktisch alle befragten Schülerinnen und Schüler entwerfen dieses Bild des düsteren, kalten Mondes. Dass wir den Mond hell am Himmel sehen, dass er von der Sonne beschienen wird, ist keinem der Schüler aufgefallen. Dieses Absehen von der Realität ist durch zahlreiche Forschungsarbeiten belegt, wobei es immer wieder verwundert, *“wie wenig empirische Evidenz gegenüber festgefügtten Vorstellungen auszurichten vermag”* [8]. Den Äußerungen der Schülerinnen und Schüler scheint zudem eine mystische, geheimnisvolle Vorstellung vom Mond zugrundezuliegen, wie wir sie etwa auch aus der Esoterik kennen. Eine Schülerin meint dazu: *“Es ist dort nicht so konkret wie bei uns.”* Zu diesem Bild passt auch, dass es, wie die Schüler immer wieder erwähnen, am Mond nur Staub und Steine, aber kein Leben gibt. Und auch keine Atmosphäre: *“Und zwar deshalb, weil man mit Sauerstoffmasken herumläuft.”* In manchen Fällen gaben die Interviews Hinweise auf eine Art *“Horror vacui”*, etwa in der folgenden Aussage: *“Es gibt am Mond Luft ohne Sauerstoff.”* Oder eine andere Schülerin auf die Frage, ob der Mond eine Atmosphäre hat: *“Ich glaube schon. So in gewisser Weise müsste es dort schon etwas geben.”* Und auf meine Frage, wie dieses Etwas wohl ausschaun könnte: *“Anders als auf der Erde... Das kann nicht sein, dass es dort gar nichts gibt.”*

Nach den Aussagen der Schülerinnen und Schüler *“Da gibt es keine Luft, weil es da keine Schwerkraft gibt”*, *“Der Mond hat eigentlich gar keine Gravitation. Er hat keine Sphäre”*, scheint festzustehen, dass der Mond keine Atmosphäre hat und daher auch keine Schwerkraft.

Die fehlende Atmosphäre erklärt die sonderbar anmutenden Bewegungen der Astronauten am Mond: *“Wenn es keine Luftschichten auf der Erde gäbe, würden die Sachen so wie am Mond schweben. Der Mond hat keine Luftschicht, daher schweben die Sachen.”* Daher kann ein Astronaut in der Meinung der Befragten auf dem Mond auch nicht springen: *“Wenn er einen Meter in die Höhe springt, dann kommt er sicher nicht mehr zurück. Weil da keine Schwerkraft ist. Er fliegt dann davon, wenn er nicht angebunden ist.”* [2, 9]. Warum die Astronauten dennoch nicht davonschweben? Die SchülerInnen in dieser Untersuchung finden eine Lösung, die international zu sein scheint [2]: *“In die Höhe springen kann er schon, weil er mit den Mondschuhen wieder zurückkommt. Die Mondschuhe sind sehr schwer, aus einem bestimmten Metall. Wenn sie aus Plastik wären, dann würde er weiterfliegen.”*

Die genannten Vorstellungen decken sich mit den Eindrücken, die die Jugendlichen aus den flüchtigen Bildern der Medien gewonnen haben. Die Konzepte der Kinder und Jugendlichen sind einander daher - auch international betrachtet - sehr ähnlich. Auftretende Widersprüche (etwa haben viele der Jugendlichen im

Unterricht gelernt, dass die Anziehungskraft des Mondes etwa ein Sechstel jener der Erde beträgt) werden erst wahrgenommen, wenn die Interviewten direkt darauf hingewiesen werden [8]. Um Genaueres über die Konzepte der befragten Jugendlichen zu erfahren, wurde den Schülerinnen und Schülern auch eine zweite Geschichte vorgelegt [5]:

Ein fester Tisch hat eine Masse von 100 kg. Stell dir vor, Superman fliegt mit diesem Tisch in den Weltraum. Dann holt er die Erde und legt sie drauf. Glaubst du, dass der Tisch das aushalten würde? Warum? Oder warum nicht?

Aus den Schülerantworten: *“Ich glaube schon, denn im Weltraum ist der Tisch schwerelos...“* Und etwas später im Interview: *“Im Weltraum ist die Anziehungskraft der Erde nicht so groß und der Tisch unterliegt gleichzeitig der Schwerelosigkeit, oder?”*

Im Weltraum herrscht Schwerelosigkeit, die Körper unterliegen neben einer schwächer gewordenen Gravitationskraft der Schwerelosigkeit. Fehlkonzepte zur Schwerelosigkeit finden sich auch noch bei Physikstudenten, wie die nachfolgende Aussage belegt: *“Im Weltraum ist die Anziehungskraft der Erde nicht so groß und ein Körper unterliegt gleichzeitig der Schwerelosigkeit.”* Im Weltraum *“herrscht Schwerelosigkeit”*, neben einer schwächer gewordenen Gravitationskraft *“unterliegen”* die Körper der Schwerelosigkeit.

Das folgende Interview wurde von einem Physik-Lehramtsstudenten im 7. Semester geführt. Auch für diesen (einen Schüler interviewenden) Studenten gibt es im Weltall keine Gravitationskräfte, weil dort *“Schwerelosigkeit herrscht”*:

Schüler: *“Der Tisch wird nicht zerquetscht, weil im Weltraum Schwerelosigkeit herrscht. Und weil darum Erde und Tisch schweben und das Gewicht gar nicht auf dem Tisch lastet.”*

Student: *“Ja, das ist die richtige Antwort. Als Zusatzfrage, mit welcher Kraft ziehen sich die beiden an? Oder sind sie komplett schwerelos, so dass keine Kraft zwischen den beiden wirkt?”*

Schüler: *“Ich würde sagen, je schwerer einer von den beiden ist, desto stärker ziehen sie sich an. Das hängt mit der Masse zusammen.”*

Student: *“Richtig.”*

In Übereinstimmung mit den bisherigen Forschungsergebnissen, geben auch die in der vorliegenden Studie befragten Schülerinnen und Schüler an, dass erst die Existenz der Atmosphäre die Anziehungskraft der Erde ermögliche. *“Wenn es keine Luftschichten auf der Erde gäbe, dann würden die Sachen schweben. Der Mond hat keine Luftschicht, daher schweben dort die Sachen.”* Dies entspricht einerseits den Bildern aus den Medien: Raumfahrer befinden sich (sichtbar) außerhalb der Erdatmosphäre und sind zugleich schwerelos. Darüber hinaus gibt es noch einen tieferliegenden Grund: Die Schüler betrachten die Luft als Übertragungsmedium für die Schwerkraft, wobei vereinzelt auch Übertragungsmodelle entwickelt werden, wie sie ähnlich in der Geschichte der Physik zu finden sind:

“Da sind Luftschichten mit Wellen dazwischen, da muss es durch und dann fällt es hinunter. Die Wellen bewirken, dass es runterfällt.” Auf die Frage, warum der Mond sich um die Erde bewegt, hat ein anderer Schüler folgendes (uns gleichfalls aus der Physikgeschichte bekannte) Gedankenmodell entwickelt: “Weil das wie Zahnräder sind, die wirken aufeinander und ineinander.”

Die Schwerkraft ist an die Erde und ihre Atmosphäre gebunden. Dieses von praktisch allen befragten Jugendlichen entwickelte Modell ist in manchen Fällen auch in Verbindung mit geozentrischen Vorstellungen zu sehen. Einige Schüler vertreten die Ansicht, dass, wenn man die Erde aus ihrer derzeitigen Lage entfernen würde, sie die Fähigkeit, Körper anzuziehen, verlieren würde. Auch die Schwierigkeit der Befragten mit den Begriffen “oben” und “unten” kann als Ergebnis einer geozentrischen Sichtweise interpretiert werden: “Alle sagen, das schwebt ja. Aber ich kann mir das nicht vorstellen. Der Tisch muss dann ja auch irgendwie schweben. ... Ich weiß nicht, ob da unten ein Polster ist, ähnlich wie am Boden, wo das drauf stehen kann. ... Ich glaube, dass irgendetwas unter dem Tisch sein kann. Denn wenn nur Luft wäre, dann müsste der Tisch die ganze Zeit nur runterfallen, und die Erde auch.” [10].

Die Frage, warum Körper zu Boden fallen, wird von allen Interviewten ähnlich beantwortet: “Vielleicht ist da drinnen ein Magnet, ein ganz großer.” Oder eine andere Schülerin: “Da ist so ein Magnet, der alles anzieht. Auch Plastik. Der Mond kann das nicht.”

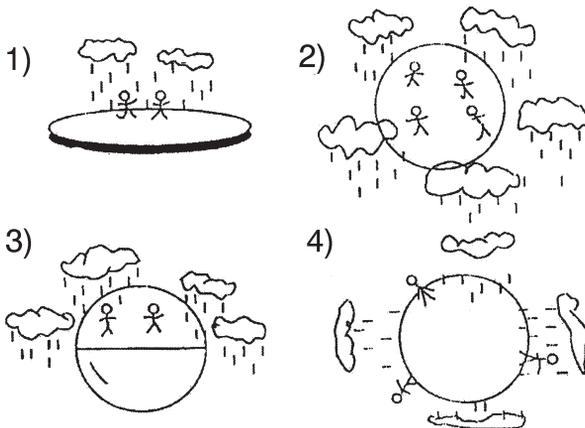


Abb. 1: Eine Studie aus dem englischsprachigen Raum zeigt, dass nur wenige Schüler und Schülerinnen eine korrekte Vorstellung von der Gravitation der Erde gewinnen. Der Großteil der Schülerinnen und Schüler erreicht nur Vorstellung 3 und hat auch nach dem 15. Lebensjahr noch Schwierigkeiten mit den Begriffen “oben” und “unten” [10].

Die hier beschriebenen Konzepte sind im wesentlichen unabhängig vom Alter und der schulischen Vorbildung der befragten Jugendlichen. Nur selten verweisen die Jugendlichen auf ihre in der Schule erworbenen Kenntnisse, wo Astronomie und Gravitation im allgemeinen Unterricht der 10 bis 14-jährigen kaum eine Rolle spielt. Einen größeren Stellenwert bei der Genese dieser Konzepte nehmen einerseits die Massenmedien, andererseits die peer-group des Jugendlichen, insbesondere die Familie ein. Die Schüler haben aus den so gewonnenen Eindrücken ein im wesentlichen konsistentes Bild der gravitativen Umgebung der Erde entworfen, und Widersprüche werden nur in scheinbar unwichtigen Details sichtbar. Diese Widersprüche stören die Schüler in den Interviews erst dann, wenn man sie direkt darauf hinweist und geben in der Folge Anlass zu Zusatzhypothesen [8]. Die bisherigen Ergebnisse zur Interpretation von Misskonzepten zur Schwerelosigkeit wurden durch die vorliegende Untersuchung bestätigt. Galili [3] versucht sie als Kausalkette, ausgehend von der Feststellung "Weightlessness is a satellite reality", zu interpretieren. Eine weitere Ursache, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, sieht Galili in Misskonzepten zum Begriff Gewicht [11]. Insbesondere was den deutschsprachigen Raum betrifft, lassen sich neben den bisher angeführten Ursachen noch weitere ausmachen [12]:

- Sprachliche Ungenauigkeiten, wie "schwerelos", in dem die Körper "der Schwerelosigkeit unterliegen", wo "Schwerelosigkeit herrscht", finden sich nicht nur in der Alltagssprache, sondern auch in der Fachliteratur. Der Begriff "Schwerelosigkeit" kann sprachlich bedeuten, dass es Räume oder einen Zustand gibt, in dem die Schwerkraft nicht wirkt oder Körper nicht "schwer" sind. Der Schluss, dass es Räume gibt, in denen keine Schwerkraft wirkt, wird der zweiten möglichen Bedeutung des Wortes - dass es einen Zustand gibt, in dem Körper nicht schwer sind - offensichtlich vorgezogen. Die Verwendung des Begriffs des "schwerelosen Raums" impliziert, dass es einen solchen Raum tatsächlich gibt, unter Außerachtlassung der sprachlichen Ungenauigkeit in der Verwendung der Begriffe Schwerelosigkeit und Gewicht.
- Die falsche oder zumindest missverständliche und, wie Befragungen von Studenten zeigen, auch missverstandene grafische Darstellung der Schwerelosigkeit als Ergebnis der Kompensation von Gravitations- und Zentrifugalkraft unter Vernachlässigung des rotierenden Bezugssystems. (Zu beachten ist in diesem Zusammenhang das schlechte Abschneiden der SchülerInnen aus Österreich und Deutschland bei Fragen der TIMS-Studie zur Zentripetalkraft). Aus der Summe der resultierenden Missverständnisse ergeben sich hin und wieder kuriose Formulierungen, wie etwa die folgende: *Schwerefreiheit ist dann gegeben, wenn die Resultierende aus der tangential zur Flugbahn gerichteten Geschwindigkeit und der senkrecht zur Flugbahn wirkenden Zentrifugalkraft die zum Erdmittelpunkt verlaufende Gravitationskraft nach Größe und Richtung aufhebt.* [13].

Wie Astronauten ihr Gewicht verlieren

Hier erfährst du, warum Astronauten in einer Raumkapsel in ihrer Kabine schweben.

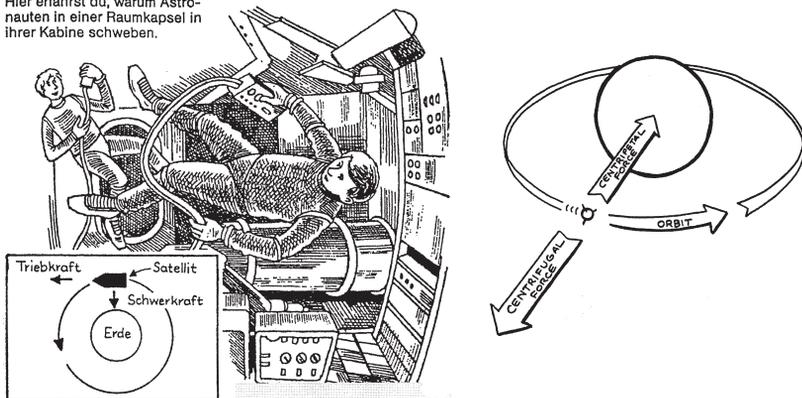


Abb. 2 und 3: Die beiden Abbildungen stammen aus einem Jugendbuch zum Thema Raumfahrt. In der Literatur lassen sich viele ähnliche Abbildungen finden: Zentripetalkraft und Zentrifugalkraft sind im Gleichgewicht. Man gewinnt den Eindruck, dass es sich um real am Satelliten angreifende Kräfte handelt. Da der Satellit in einem solchen Fall in Ruhe ist, benötigt man eine zusätzliche Antriebskraft, wie sie hier durch den Orbitpfeil nur angedeutet wird.

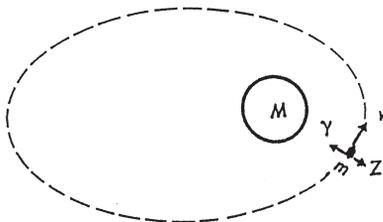


Abb. 4: Das Bild illustriert die falsche Aussage „Schwerefreiheit ist dann gegeben, wenn die Resultierende aus der tangential zur Flugbahn gerichteten Geschwindigkeit und der senkrecht zur Flugbahn wirkenden Zentrifugalkraft die zum Erdmittelpunkt verlaufende Gravitationskraft nach Größe und Richtung aufhebt [12].

Den genannten Verständnisschwierigkeiten wird im Unterricht an den Schulen, aber auch an den Universitäten kaum Rechnung getragen. Eine Reihe von weiteren didaktischen Schwierigkeiten vertieft das Gesamtproblem. So wird etwa auch auf universitärer Ebene den Verständnisschwierigkeiten der Studenten in Bezug auf das dritte Newtonsche Axiom zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt und auf Schulebene der grundlegenden Frage des Übertragungsmechanismus der Kräfte zu wenig oder kein Raum gegeben.

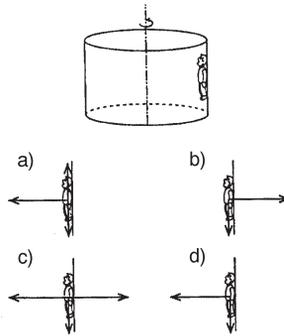


Abb. 5: Diese im oberen Teil skizzierte Situation aus der TIMS-Studie konnten unter den 15 bis 19-jährigen nur 5% unserer Schüler und Schülerinnen richtig deuten und die richtige Situation aus a) bis d) ankreuzen. Im internationalen Durchschnitt waren es 20%.

Literaturverzeichnis

- [1] GUNSTONE, R.F., WHITE, R.T.: *Understanding of Gravity*. In: Science Education 65(3): 291-299 (1981)
- [2] WATTS, M.: *Gravity - Don't take it for granted!* Physics Education 17, 1982
- [3] GALILI, I.: *Interpretation of Students' Understanding of the Concept of Weightlessness*. In: Research in Science Education, 1995, 25(1), 51-74
- [4] STADLER, H.: *Pupil's Conception About Gravity*. In: Oblak, S. u.a. (Eds.): „New ways of teaching physics“, GIREP-Conference Ljubljana 1997
- [5] GARDNER, M.: *Mathematische Planetenzaubereien*. Berlin 1980
- [6] WHITE, R., GUNSTONE, R.: *Probing Understanding*. London 1992
- [7] STADLER, H.: *Eine Unterrichtseinheit zum Thema Schwerelosigkeit*. (siehe Beitrag in diesem Buche, Wege in der Physikdidaktik V)
- [8] DUIT, R.: *Schülervorstellungen - von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen*. In: NiU-Physik 4 (1993), Nr. 16, 4-10
- [9] SUMMERS, M., PALACIO, D., KRUGER, C.: *Some primary school teacher's understanding of the concepts force and gravity*. Oxford 1988
- [10] BAXTER, J.: *Children's Understanding of Astronomy and the Earth Sciences*. In: Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice. Ed. by Glynn, S., Duit, R., Mahwah, New Jersey 1995
- [11] GALILI, I.: *Students' Operations with the Weight Concept*. Science Education: 80(4): 457-487(1996)
- [12] STADLER, H.: *Schwerelosigkeit herrscht dort, wo keine Schwerkraft mehr wirkt*. In: Tagungs-CD der 61. Physikertagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Didaktik der Physik, Regensburg 1998
- [13] MEYER-NACHSCHLAGWERKE aus dem Bibliographischen Institut: *Wie funktioniert das? Die Technik im Leben von heute*. 2.Aufl. Hrsg. von der Redaktion Naturwissenschaft und Technik des Bibliographischen Instituts Mannheim / Wien / Zürich, 2.Aufl. 1978