

Die Erd' ist ein Planet...

Vom physikalischen Blick am Beispiel von Galileis Blick durch das Fernrohr

H. Joachim Schlichting . Universität GH Essen

*Es schrieb ein Philosoph, die Erd' ist ein Planet,
die jährlich um die Sonn', um sich sich täglich dreht,
die oft in Hitz und Frost, in Licht und Schatten steckt,
wovon der äußere Rand mit Narren ganz bedeckt-*

Barthold Hinrich Brockes

*Das kluge Kind: "Kannst du einen Stern anrühren?" fragt man es.
"Ja", sagt es, neigt sich und berührt die Erde.*

Hugo v. Hofmannsthal

Problemstellung

Die neuzeitliche Physik zeichnet sich vor allem dadurch aus, daß sie die Welt so beschreibt, wie wir sie nicht erleben. Darin liegen letztlich ihre Erfolge aber auch die Schwierigkeiten von Laien begründet, sich physikalische Erkenntnisse zu eigen zu machen. Besondere Bedeutung erlangt in diesem Zusammenhang die Abkoppelung physikalischer Beobachtungen von unmittelbaren sinnlichen Wahrnehmungen.

Ich möchte im folgenden versuchen, am Beispiel der Rezeption des kopernikanischen Weltbildes einige dieser Schwierigkeiten anzudeuten. Dazu greife ich einerseits auf Reaktionen zurück, wie sie seitens der Poesie zum Ausdruck gebracht wurden: In der Poesie werden nicht selten die Auswirkungen wissenschaftlicher Erkenntnisse auf lebensweltliche Überzeugungen reflektiert, insbesondere dann, wenn ein herrschendes Weltbild in Frage gestellt wird. Andererseits dienen mir die Auseinandersetzungen Galileis mit der Kirche dazu, einige der konzeptuellen Probleme und Verständnisschwierigkeiten zu skizzieren, die bei der Konfrontation verschiedener Vorstellungsrahmen in Erscheinung treten.

Vielleicht lassen sich aus der historischen Distanz und aufgrund der - aus heutiger Sicht- einfachen Verhältnisse Probleme erkennen und analysieren, wie sie insbesondere von Schülerinnen und Schülern im Physikunterricht erfahren werden.

Poesie und Weltbild

Während Brockes (1680- 1747) im oben zitierten Gedicht das neue Verhältnis zwischen Mensch und Welt aus kopernikanischer Sicht karriert, kommt es Hofmannsthal (1874- 1929) darauf an, die Selbstverständlichkeit, mit der die Erde heute von fast jedem Kind als Planet angesehen wird, zum Ausdruck zu bringen, vielleicht aber auch als allzu altklug geäußertes, nachgeplappertes Wissen zu hinterfragen.

Brockes spielt auf das Unverständnis vieler seiner Zeitgenossen an, die die Vorstellung, auf einem in mehrfacher Bewegung befindlichen Kreisel zu hausen als Zumutung empfinden. Aus ihrer Sicht sind nicht sie, sondern die Astronomen die Narren, wenn sie gegen jeden Augenschein und gleichsam wider besseres Wissen behaupteten, sich auf diesem Kreisel mit einer Geschwindigkeit von bis zu 1660 km/h um sich selbst und überdies noch mit der unvorstellbar hohen Geschwindigkeit von über 100 000 km/h durch das Weltall um die Sonne herum zu rasen.

Wie kann das sein? "Wölbt sich der Himmel nicht da droben?/ Liegt die Erde nicht hierunten fest?/ Und steigen freundlich blickend/ Ewige Sterne nicht herauf?" läßt Goethe seinen Faust fragen [1]. Martin Luther spricht es offen aus und nennt Kopernikus "einen Narren...der beweisen wollte, daß die Erde bewegt würde und umginge, nicht der Himmel oder das Firmament, Sonne und Mond..., der Narr will die ganze Kunst Astronomia umkehren!" [2]. Wenn man die neuen Astronomen nicht als Narren ansah, so doch wenigstens als weinelige Gesellen, wie man aus einem Gedicht G.E. Lessings [3] entnimmt:

Der neue Weltbau

*"Der Wein, der Wein macht nicht nur froh,
er macht auch zum Astronomo.
Ihr kennt doch wohl den großen Geist,
nach dem der wahre Welt-Bau heißt?
Von diesem hab' ich einst gelesen,
daß er bey dem Weine gleich gewesen,
als er der Sonne Stillestand,
die alte neue Wahrheit fand.
Der Wein der Wein macht nicht nur froh,
er macht auch zum Astronomo.
Hört! hört, ihr Sternenfahrer hört,
was mir der Wein, der Wein gelehrt!
So kann der Wein den Witz verstärken!
Wir laufen selbst, ohn' es zu merken,
von Osten täglich gegen West!
Die Sonne ruht. Die Welt steht fest! .*

Heute sieht alles anders aus. Jedes Kind "weiß", daß sich die Erde dreht. Man kann es sogar sehen, vom Mond aus. Es gibt Filme vom Aufgang der Erde auf dem Mond. Doch dieses Wissen ist anders. Ich sehe die Bewegung nicht so, wie ich etwa die Bewegung eines fahrenden Autos an den vorbeisausenden Straßenbäumen sehen kann. Und ich spüre die Bewegung nicht. Es fehlen völlig jene Wirkungen auf meinen Körper, die das Erlebnis des Fahrens ausmachen. Zum Beispiel, wenn ich beim Kurvenfahren zur Seite gedrückt werde. Unsere Schüler haben verlernt, sich darüber zu wundern, daß die "Kurvenfahrten" mit der Erde keine unmittelbar merklichen Fahrgefühle hervorrufen. Allenfalls die Hühner scheint die Erddrehung noch zu beeindruckern:

"Als sie erfuhren, die Erde sei rund wie ein Ball und kreise mit höchster Geschwindigkeit durchs All, begannen die Hühner, sich Sorgen zu machen und wurden von heftigem Schwindel ergriffen. Sie torkelten wie betrunken über die Wiesen und konnten sich nur auf den Beinen halten, indem sie einander stützten. Das schlaueste Huhn machte den Vorschlag, sich einen ruhigen Platz zu suchen, möglichst quadratisch" [4].

Erddrehung ohne Schwindel - ein Schwindel?

Wenn auch die Menschen einen den Drehbewegungen der Erde entsprechenden Schwindel spüren könnten, wäre vieles einfacher. (Ganz abgesehen davon, daß dann auch vieles schwieriger wäre). Gerade das Fehlen jener körperlichen Empfindungen im Falle der Bewegung der Erde macht die Erfahrung der Erde als Planet zu einer anspruchsvollen Angelegenheit: Man soll einen Vorgang wahrnehmen (und nicht einfach nur glauben), der ohne jene eindeutigen Wirkungen auf die Sinnesorgane abläuft, mit denen er normalerweise verbunden ist, und die ihn umgekehrt zu einem solchen Vorgang machen.

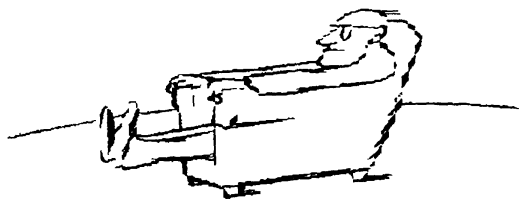


Bild 1: Hochbegabter Mann, fähig, durch die Erddrehung den Eindruck von Geschwindigkeit zu empfinden.

Bereits Galileo Galilei wurde mit diesem Problem konfrontiert. Er muß als einer der ersten Kopernikaner in einem direkten Verständnis angesehen werden, die davon überzeugt waren, die Erddrehung wirklich zu sehen. Es sei dahingestellt, ob seine Wahrnehmungen auch von jenem lebhaften Eindruck von Geschwindigkeit begleitet waren, wie ihn der hochbegabte Mann in der Karikatur Chavals empfand.

Jedenfalls ging er davon aus, daß auch seine Mitmenschen, ja sogar seine wissenschaftlichen Widersacher, die drehende Erde sehen können müßten. Dazu lud er letztere ein, einen Blick durch das eigens zu diesem Zweck von ihm konstruierte Fernrohr zu tun, das ihm selbst das neue Weltbild auf sichtbare Weise eröffnet hatte. Die Einladung wurde bekanntlich zu einem Fiasko. Denn entweder weigerten sich seine Gegner, überhaupt einen Blick zu tun, oder der Blick bewirkte im Gegenteil, daß sie in ihrer Ablehnung eher noch bestärkt wurden. Galilei muß darüber geradezu schockiert gewesen sein, wenn er sich darüber beklagt, daß die Kirchenleute seine Bemühungen, sich der Wahrheit durch reine Anschauung zu nähern, als "magische Beschwörungen" ansahen und "die neuen Planeten vom Himmel gewaltsam abreißen und hinwegreden wollten" [5].

Aber erfolgte die Ablehnung der von Galilei vertretenen Ansichten durch die herrschende Wissenschaftsauffassung wirklich wider besseres Wissen und aus reiner Willkür, wie uns durch zahlreiche Darstellungen der Auseinandersetzungen Galileis mit der Kirche suggeriert wird? Mußte den Kirchenvertretern die Behauptung Galileis, ein Blick in das für sie völlig unbekannte Rohr offenbare ihnen vorher nie gesehene Himmelskörper, nicht als eine Art Beschwörung erscheinen? Konkreter: Was sahen die Kirchenvertreter, wenn sie ins Fernrohr blickten, bzw., was hätten sie sehen können, wenn sie diesen Blick nicht verweigert hätten? Wir wissen, daß

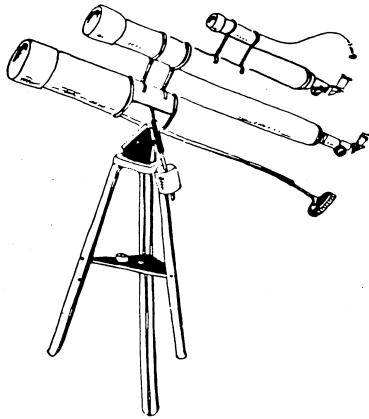


Bild 2: Wie wirklich ist die Wirklichkeit jenseits der Grenze der „Sichtbarkeit“?

Galilei das Fernrohr auf den Jupiter gerichtet hatte und den Riesenplaneten erstmalig mit einigen seiner bis dahin unbekanntem Monde ins Visier bekam. Doch was mußte jemand sehen, der nie zuvor einen Blick durch ein Fernrohr getan hatte? Günstigstenfalls konnte er einige weiße Punkte erkennen, von denen einer etwas heller war als die anderen. Was aber hatten diese in dem neuen, röhrenartigen Gerät auftauchenden Punkte mit dem am Himmel umlaufenden Planeten zu tun? Konnten diese Punkte für jemanden, der die Funktionsweise des Fernrohres nicht kannte, eine andere Qualität haben als optische Täuschungen? Schon Georg Christoph Lichtenberg findet es mitteilenswert, daß man auch dann Sterne sehen kann, "wenn man sich die Augen drückt". Und auch die Erfahrung der "Funken, die beim Niesen vor den Augen entstehen" [7], legen andere Deutungen für die weißen Flecken im Rohr nahe als daß es sich dabei ausgerechnet um wirkliche Himmelskörper handelt.

fenbare dem menschlichen Blick entzogene Dinge, als äußerste Zumutung empfindet? Muß ein aufrichtiger Mensch, dem die Wahrhaftigkeit in der Naturforschung heilig ist, nicht geradezu den Blick durch das Fernrohr verweigern?

Mehr noch: Kann man jemanden der vom Sichtbarkeitspostulat der Naturbeobachtung überzeugt ist, übelnehmen, wenn er die Behauptung, der Blick durch ein profanes Rohr mit verglasten Öffnungen of-

Es spricht einiges dafür, daß Galileis Widersacher Gelegenheit gehabt hatten, das Fernrohr auch im Bereich (mit dem bloßen Auge) sichtbarer irdischer Gegenstände kennenzulernen. Soweit bekannt ist, wurde ihre ablehnende Haltung dadurch nicht verändert. Die Gründe für die Ablehnung lagen tiefer: Zum einen herrschte seinerzeit die Auffassung, daß am Himmel nicht dieselben Gesetze galten wie auf der Erde. (Erst Galileis Erkenntnisse halfen schließlich, diese Auffassung zu überwinden und zur ersten einheitlichen physikalischen Theorie, der Newtonschen Mechanik zu gelangen.) Zum anderen setzte der Einsatz des Fernrohres zu astronomischen Zwecken voraus zu akzeptieren, daß "nicht nur faktisch, sondern wesentlich Verborgenes und Niegeesehenes in der Natur existierte" [6], was nur möglich war, wenn man das Sichtbarkeitspostulat bereits überwunden hatte. Hier zeigt sich wieder einmal der für wissenschaftliche Revolutionen im Sinne Thomas. S. Kuhns [8] typische Zirkelschluß: Die Anschauung der Jupitermonde durch das Fernrohr sollte beweisen, daß es Dinge jenseits der natürlichen Sichtbarkeitsschwelle gebe und damit das Sichtbarkeitspostulat hinfällig sei. Um aber die im Fernrohr zu sehenden hellen Punkte als Trabanten des Jupiter ansehen zu können, mußte man jedoch die Existenz von an sich unsichtbaren Dingen für möglich halten, das Sichtbarkeitspostulat also bereits überwunden haben. Galilei konnte seine Gegner also um so weniger überzeugen, je stärker diese an den Grundsätzen der damals herrschenden Wissenschaft, insbesondere am Sichtbarkeitspostulat festhielten. Statt die Kirchenleute vom neuen Weltbild zu überzeugen hätte er sie - so ironisch das klingen mag- dazu bekehren müssen.

Der physikalische Blick

Bei aller Genialität, die Galilei bei der Grundlegung des neuen Weltbildes bewies, sah er diese Probleme nicht. Ihm war nicht klar, daß das, "was ein Mensch sieht,...sowohl davon ab(hängt), worauf er blickt, wie davon, worauf zu sehen ihn seine visuell begriffliche Erfahrung gelehrt hat" [8].Galilei reflektierte nicht auf die Kompliziertheit der menschlichen Optik, die der Leistungssteigerung der physikalischen Optik nicht ohne weiteres folgt. [6]. Denn kein Fernrohr kann "die Unfähigkeit meines Auges verwandeln. Im Gegenteil: das Fernrohr, auch das vollkommene, verstärkt lediglich die Sehkraft eines Auges- ob es nun falsch oder richtig sehen kann; aber es verwandelt ein trügendes und lügenhaftes Aug' nicht in ein echtes und wahres" [9].

Damit Galilei überhaupt sehen konnte, was er sah, mußte er vorher bereits zum Kopernikanismus konvertiert sein. Wie immer dieses "Bekehrungserlebnis" zustande gekommen sein mag, es war zum einen entscheidend

dafür, daß er am Himmel Planeten zu sehen erwartete, die ähnlich aussahen wie die seit Kopernikus zum Planeten konvertierte Erde. Zum anderen machte es ihm eine solche "Tellurisierung" des Himmels leicht zu unter-

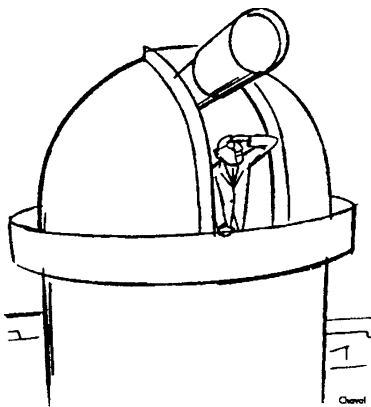


Bild 3: Welcher Blick reicht weiter?

stellen, daß das Fernrohr in Bezug auf die Himmelskörper ähnlich wirkte wie in Bezug auf die irdischen Gegenstände: Die kleinen Himmelslichter wurden in seinem Fernrohr bewaffneten Blick zu fernen Welten mit einer der Erde ähnlichen Physiognomie. Indem für Galilei der prinzipielle Unterschied zwischen einem Blick durch das auf den Himmel gerichtete Fernrohr und "einem Blick durch die alten Röhren" (Lichtenberg) verschwand, erfuhr die Vorstellung der Sichtbarkeit eine für die neuzeitlichen Naturwissenschaften entscheidende Verallgemeinerung: Die unmittelbare Sichtbarkeit wurde gewissermaßen analytisch fortgesetzt durch eine technische und - insofern Technik auf einer Theorie beruht (hier: der geometrischen Optik)- eine theoretisch vermittelte Sichtbarkeit. Daher waren die hellen Punkte in seinem Fernrohr für ihn höchst reale Gebilde und ein anschaulicher Beweis für das kopernikanische Weltbild. "Denn wir korrigieren unsere Empfindungen immer durch Schlüsse. Dieses lernen wir so früh und es wird uns so zur Natur, daß wir endlich zu empfinden glauben, was eigentlich

ein Schluß ist" [7].

So unmittelbar der Blick vor allem aufgrund seiner eigenen Darstellungen erscheinen mag, so voraussetzungs- voll und theoriegeladen ist er im Grunde: Galilei war eben "ein Mann von einer vertrakt reflektierten Optik. Er richtete das Fernrohr auf den Mond, und was er sieht, ist die Erde als Stern im Weltall" [6].

"Die Welt jenseits der geschliffenen Gläser" (Lichtenberg)

Hier wird für die Entwicklung der neuzeitlichen Physik wohl zum ersten Mal deutlich, daß sich mit der prothesenhaften Unterstützung der Sinne eine allmähliche Loslösung der Wahrnehmung von den "körperlichen" Empfindungen, die die Wahrnehmungen begleiten (wie z.B. Schwindelgefühle bei einer schnellen Drehung), vollzieht. Bereits Lichtenberg macht auf die wachsende Diskrepanz zwischen unmittelbarer und theoriegeleiteter Erfahrung aufmerksam: Er schäme sich nicht "zu glauben, daß die Erde stille steht. Es ist der Körper meiner Philosophie und ich danke nur Gott, daß er mir eine Seele gegeben hat die dieses korrigieren kann" [7].

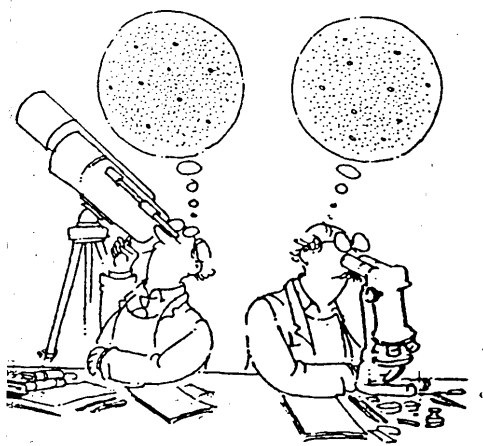


Bild 4: Das „bewaffnete“ Auge blickt in den Makro- und Mikrokosmos.

jeder mit dem Fernrohr auf der Erde machen kann. Das Beispiel Galileis macht uns aber darauf aufmerksam, daß selbst dabei nichttriviale Voraussetzungen gemacht werden müssen, die auch dann solche bleiben, wenn man sich inzwischen ins kopernikanische System hineindenken, wenn auch nicht "hineinempfinden" kann.

Die Seh Voraussetzungen in der heutigen Kosmos- und Mikrokosmos- Erforschung sind indessen so komplex und beruhen zum Teil auf sehr vagen Theorien, die durch neue Entdeckungen immer wieder gestürzt werden

Der Verlust des sinnlichen Gehalts von Wahrnehmungen durch instrumentelle Steigerung der Wahrnehmung, wie sie bei der Planetisierung der Erde wohl zum ersten Mal mit großer Deutlichkeit in Erscheinung getreten ist, nimmt in der zeitgenössischen Physik immer groteskere Formen an. Die heutigen Beobachtungsröhren, sind als solche nicht mehr zu erkennen. Der Astronom muß nicht einmal mehr seine Augen anstrengen, um zu sehen, was weder mit dem Auge noch mit Fernrohren im ursprünglichen Verständnis zu "sehen" ist. So werden beispielsweise von Satelliten im Weltall Röntgensignale eingefangen und im Rahmen einer komplizierter Theorie gedeutet. Und dennoch stellt man sich auch heute wie zu Galileis Zeiten hin und behauptet: "Wir sehen eine ungeheure, geradezu biologische Vielfalt am Himmel, mit einer faszinierenden Dynamik" [10]. Entsprechendes gilt für den Blick ins Innere der Welt. Auch hier ist der Blick in die Röhre längst durch den Blick auf den Monitor eines Computers ersetzt worden. Das Vertrauen, daß uns das Fernrohr Wirkliches zeigt, wenn man es auf den Himmel richtet, läßt sich noch durch eine Extrapolation von Erfahrungen erreichen, die ein

können: "Wenn sich morgen herausstellen sollte, daß es die Radiogalaxien gar nicht gibt, daß es sich vielmehr um Beobachtungsfehler handelt, die durch mangelhafte Lötstellen innerhalb der Apparatur zustande gekommen sind, so wäre dies nur für diejenigen eine Enttäuschung, die wissenschaftliche Arbeiten über die vermeintlichen Radiogalaxien geschrieben haben; alle anderen würden die Nachricht genauso ungerührt glauben, wie sie zuvor vom Glauben an die Existenz der Radiogalaxien ungerührt blieben: Das sind Realitäten eigener Art außerhalb aller Wirklichkeit" [11].

Und die Moral von der Geschicht'...

Die Geschichte von Galilei und der Kirche wird normalerweise erzählt, um den Sieg der auf Rationalität und Empirie beruhenden Wissenschaften über Dogmatismus und Obskurantismus zu feiern. Indem ich versuche, die Geschichte so zu erzählen, daß man auch Verständnis für die Position der Gegenseite gewinnen kann, möchte ich letztlich um Verständnis für unsere Schülerinnen und Schüler werben, die sich im Physikunterricht nicht selten in ähnlichen Situationen befinden wie zur Zeit Galileis die Kirchenvertreter, allerdings mit dem entscheidenden Unterschied, daß die Machtverhältnisse sich umgekehrt haben. Daher wagen unsere Schülerinnen und Schüler häufig gar nicht, Argumente für ihre (manchmal als aristotelisch bezeichnete) Weltansicht vorzubringen, wenn doch die Lehrerin oder der Lehrer ähnlich wie Galilei unmißverständlich zu verstehen gibt, daß man nur hinzusehen hätte, um zu sehen.

Dies betrifft nicht nur die Probleme, eigene Erfahrungen mit der unbeweglich erscheinenden Erde mit der physikalisch begründeten Beweglichkeit der Erde in Einklang zu bringen, sondern nahezu alle physikalischen Erkenntnisse, die in Widerspruch stehen zu lebensweltlichen Auffassungen. Die Geschichte von Galilei und der Kirche ist daher geeignet, die kognitiven und lernpsychologischen Probleme beim Lernen von Physik erfahrbar zu machen und zu reflektieren. Sie kann dazu beitragen, daß die Schülerinnen und Schüler einen Eindruck davon erhalten, was es heißt, die Welt physikalisch zu sehen, ohne die lebensweltliche Sehweise von vornherein als minderwertig diskreditieren zu müssen. Das kann m.E. dazu beitragen, daß die Schülerinnen und Schüler einen verständnisvolleren, weil einsichtigeren Zugang zur Physik erlangen.

Literatur

- [1] Goethe, J.W.v.: Faust I. Hamburg: Gutenberg o.J., S. 102.
- [2] Luther, M.: z.t. nach: Hemleben, J.: Das haben wir nicht gewollt. Frankfurt: Fischer 1981, S.32.
- [3] Lessing, G.E.: Der neue Weltbau. Werke I. Wiesbaden: Vollmer, o.J., S. 109f.
- [4] Malerba, L.: Die nachdenklichen Hühner. Frankfurt: Fischer 1991, S. 7.
- [5] Galilei, z.t. nach [6].
- [6] Blumenberg, H. (Hrsg.): Galileo Galilei: Siderius Nuncius. Frankfurt: Suhrkamp 1980, S. 10.
- [7] Lichtenberg, G. Chr.: Sudelbücher II. München: Hanser 1975, S. 115.
- [8] Kuhn, T.S.: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Frankfurt: Suhrkamp 1976.
- [9] Roth, J.: Der Antichrist; zit. Nach: [6].
- [10] Trümper, J.: zit. Nach: Die Zeit Nr. 27 vom 26. Juni 1992, S.46.
- [11] Dahl, J.: Der Tag des Astronomen ist die Nacht. Von der Vergeblichkeit der Himmelforschung. Ebenhausen: Langenwiesche-Brandt, 1979, S. 17.