Revolution und Revolutionäre der Physik

Autor(en): **Hafner, Christian**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **106 (1988)**

Heft 50

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85865

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Revolutionen und Revolutionäre der Physik

Das Verhältnis jeder Gesellschaft zu Revolutionen und ihren Revolutionären scheint naturgemäss ambivalent zu sein: Einerseits blicken wir stolz auf vergangene Revolutionen zurück, anderseits versuchen wir die erreichten Werte zu wahren und gegen die Angriffe neuer Revolutionen zu sichern.

VON CHRISTIAN HAFNER, ZÜRICH

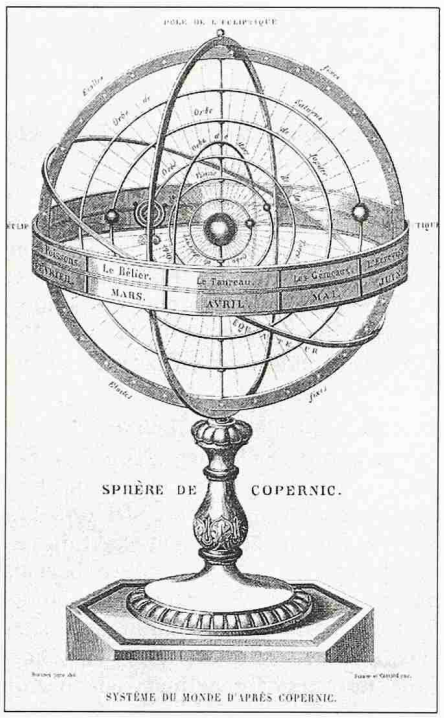
Obwohl diese Situation verständlich ist, resultiert daraus zumindest für die Naturwissenschaften ein Paradox: Von zentraler Bedeutung ist es, Erfahrungen nicht zu ignorieren, sondern in das Weltbild zu integrieren. Im Zusammenhang mit Revolutionen zeigt die Erfahrung, dass das Erreichte immer nur vorläufig und nie endgültig ist. Jede neue Revolution erhöht die Wahrscheinlichkeit für eine zukünftige Revolution, welche die gegenwärtigen Glaubenssätze und Theorien umstossen wird. Damit wird es unsinnig, irgend etwas für endgültig wahr zu halten. Stellen wir folglich den Satz auf, dass eine absolute Wahrheit nicht existiert, so fällt dieser Satz sich selbst zum Opfer. Dieses Paradox verunmöglicht «statisches Wissen». Es entsteht eine Dynamik der Wissensvermehrung, welche sich in einer geistigen Wellenbewegung äussert: Zu manchen Zeiten sind die Wissenschafter von der Wahrheit ihrer Theorien überzeugt, dann wieder betrachten sie diese lediglich als brauchbare Hypothesen. Dasselbe gilt für Inhalte der Theorien. Auch sie werden immer wieder als überholt verworfen, geraten in Vergessenheit und tauchen schliesslich in mehr oder weniger veränderter Form wieder auf. Man denke hier etwa an die Fragen nach der Form und Grösse der Welt, an den Atomismus, Nah- und Fernwirkung der Kräfte usw. Den verwendeten Hilfswissenschaften Geometrie, Arithmetik, Harmonik, Algebra, Logik, Wahrscheinlichkeitsrechnung – um nur einige zu nennen – ergeht es kaum besser. Wie die Pythagoräer glaubte Kepler beispielsweise, dass Gott Geometrie und Harmonik bei der Erschaffung der Welt verwendet hat, dass diese somit den Schlüssel zur Erkenntnis des Weltbaus bilden und dem Menschen die Tür zur Wahrheit öffnen. Seine Suche nach harmonischen Proportionen war tatsächlich erfolgreich. Heute wird die Harmonik im allgemeinen von Naturwissenschaftern ignoriert oder als Zahlenmystik abgetan, obwohl – mit den neueren Atomtheorien und der Computerrevolution – die Harmonik heute in veränderter Form (Zahlentheorie, «Integer»-Zahlen) zu neuem Glanz gekommen ist.

Wodurch wird der Glauben an eine erkennbare, absolute Wahrheit genährt? *Einstein* gibt eine interessante Erklärung: Entwickelt man neue Theorien, so steht man vor so grossen Schwierigkeiten, dass man an der Möglichkeit, das Ziel zu erreichen, zu zweifeln beginnt. Gelingt dies dennoch, so fällt es schwer, sich allein diesen Erfolg zuzuschreiben. Der bescheidene Forscher ist deshalb geneigt, an göttliche Mithilfe und damit an die Wahrheit seiner Entdeckung zu glauben. Die Überzeugung, «Gottes Wege» offengelegt zu haben (Newton), kann selbstverständlich ebensogut als Überheblichkeit taxiert werden. Diese gegensätzliche Bewertung ein und desselben Sachverhaltes ist immer wieder anzutreffen. Sie ist sicher von erstrangiger Bedeutung für die Akzeptanz jeder Neuerung.

Oft existieren «innere» Gründe, welche die absolute Wahrheit einer Theorie in Frage stellen: Es kommen nicht nur dann Zweifel an der Wahrheit einer Theorie auf, wenn diese nicht in der Lage ist, gewisse Erscheinungen befriedigend zu erklären, sondern auch dann, wenn diese mehrere Erklärungen zulässt. Dies ist bei der Aristotelischen Lehre – dem «geozentrischen» Weltbild – aber auch bei «heliozentrischen» Modellen und möglicherweise bei allen schlagkräftigen Theorien der Fall. Eindeutigkeit und Einzigartigkeit sind wesentliche und vielleicht unerfüllbare Forderungen unseres durch Logik geprägten Verständnisses der Welt.

Das Verhältnis der Gesellschaft zu ihren Revolutionären hat weitreichende Konsequenzen. Freiheit der Lehre und Forschung werden zwar zugestanden, praktisch aber durch verschiedene Mechanismen so eingeschränkt, dass zukünftige Revolutionen so lange wie möglich unterdrückt werden. Dies braucht durchaus nicht «mit bösem Willen» zu geschehen. Gerade aus der Situation der Lehre bzw. des Lernens ergeben sich wichtige Folgen. Zentral ist hier die Mitteilung von Gedanken, welche eine Sprache, d.h. Wörter, Begriffe und damit eine Tradition erfordert.

Begriffe entstehen üblicherweise im Umgang mit der Natur, Ideen usw. Sie sind – als Folge der babylonischen Sprachverwirrung – unscharf und haben nie für alle Menschen exakt dieselbe Bedeutung. Da die Mitteilbarkeit durch erhöhte Exaktheit erleichtert wird, ist die Utopie exakter Wissenschaften verständlich. Die Verschärfung der Begriffe gelingt jedoch nur durch intensiven Umgang in einer möglichst eindeutig festgelegten Umgebung, welche einen gleichartigen Erfahrungshintergrund aller Beteiligten schafft. Dies ist die Laborsituation, in welcher sich die «exakten» Wissenschaften seit Galilei befinden. Eine dazu passende, logisch-axiomatisch aufgebaute Sprache liefert die Mathematik. Zumindest solange man den darin verwendeten Begriffen keine Bedeutung beimisst, d.h. keinen Sinn gibt, kann die Mathematik als exakt und damit als ideale Sprache der Wissenschaft angesehen werden. Nun stellt sich die Frage, ob die Mathematik ein getreues Bild der Wirklichkeit zu geben vermag, gewissermassen in der Natur selbst verankert ist. Einstein, der sich dadurch auszeichnet, mathematische Formeln unermüdlich zu interpretieren, d.h. Sinn zu geben, widerspricht hier Kepler: «Insofern sich die Sätze der Mathematik auf die Wirklichkeit beziehen, sind sie nicht sicher, und insofern sie sicher sind, beziehen sie sich nicht auf die Wirklichkeit.» Spätestens seit Gödel steht der Wert der Logik und damit der Mathematik für die Wahrheitsfindung nicht mehr absolut fest. Zudem ist zu beachten, dass die «Insider»-Haltung mancher Wissenschafter, wonach nur diejenigen Gehör finden sollen, welche die für das Verständnis notwendigen mathematischen Grundlagen studiert und akzeptiert haben, fatal ist. Auf diese Weise werden viele kreative Menschen mit andersartigem Erfahrungshintergrund – welcher gerade bei der Entwicklung von Weltbildern nicht vernachlässigt werden sollte – von der wissenschaftlichen Diskussion ausgeschlossen. (Man denke etwa an den mathematisch ungebildeten Faraday und dessen bahnbrechende Experimente



Aus «Histoire de l'Horlogerie» von Pierre Dubois, Paris, 1849 (Wissenschaftshistorische Sammlung der ETH-Bibliothek)

und Ideen.) Das schwindende Interesse an Theorien und die Meinung, diese seien «für das Leben» ohnehin irrelevant, sind berechtigte Konsequenzen.

Um das Interesse der Studenten zu vergrössern (und aus weiteren einleuchtenden Gründen) bedient sich die Didaktik zweier Tricks: Die Neugierde wird durch Behandlung neuartiger Entdekkungen und spektakulären Aussagen geweckt und die Schwellenangst durch vereinfachende Darstellungen vermindert. Dies steht in deutlichem Kontrast zu den zwei Grundpfeilern der Wissenschaft: Reproduzierbarkeit und Exaktheit. Von alters her erfreuen sich neue Entdeckungen einer besonderen Beliebtheit. Diese sind zunächst oft einzigartig, somit nicht wirklich reproduzierbar und erfordern einen enormen materiellen und damit finanziellen Aufwand. Man vergegenwärtige sich etwa die «Entdeckung» bzw. den «Beweis» der Kugelform der Erde durch Kolumbus oder Newtons optische Studien, welche von seinen Zeitgenossen zum Teil nicht wiederholt werden konnten, ganz zu schweigen von den modernen Teilchenbeschleunigern, Radioteleskopen usw. Trotzdem werden auf solchen nicht gesicherten Erfahrungen Theorien aufgebaut. Diese bekunden dann gerade bei der Erklärung gewohnter, alltäglicher Erscheinungen grosse Mühe. Nebenbei wird so die Forschung von materiellen Interessen vereinnahmt, was eine gewisse Entmündigung der Wissenschaften mit sich bringt. (Im Sinne einer Umbewertung lässt sich dies auch positiv als «Einbezug in ein grösseres Ganzes» benennen.)

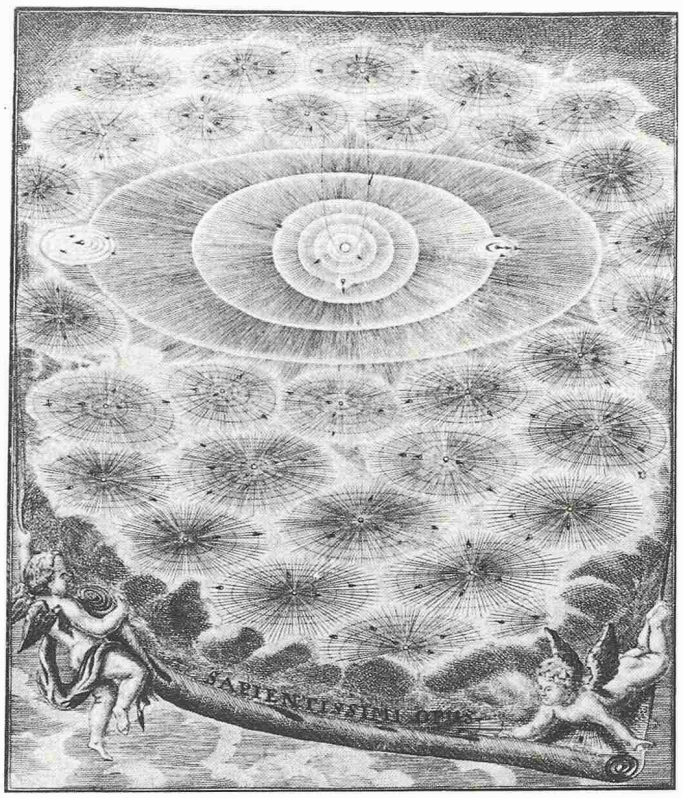
Nachdem die Exaktheit der Wissenschaft in Frage gestellt wurde, scheint die erwähnte didaktische Vereinfachung durchaus zulässig. Bekanntlich haben sich insbesondere Galilei und Einstein ihrer bedient, die Physik auf diese Weise Nichtphysikern nähergebracht und den Naturwissenschaften zu enormem Auftrieb verholfen. Galilei tat dies aus Enttäuschung über die Verstocktheit und Uneinsichtigkeit seiner Fachkollegen, was einer «Nestbeschmutzung» gleichkam. Einstein hatte hingegen die Einfachheit einer Theorie als bedeutendstes «Vorurteil» postuliert. Er rechtfertigte die Notwendigkeit von Vorurteilen, da es sonst unmöglich sei, bei der Theoriebildung unerlässliche Wahlen zu treffen und wählte «Einfachheit», «Einheitlichkeit» und «innere Geschlossenheit» als einleuchtende Vorurteile. Das Postulat der Einfachheit wird allgemein akzeptiert, bleibt indes nicht folgenlos, ergibt sich doch eine Abhängigkeit von den jeweils zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln, Hilfswissenschaften, Formalismen und Begriffen. Da diese jeweils den etablierten Theorien angepasst sind, erscheinen neue Theorien fast immer zunächst komplizierter - ganz im Gegensatz zu der oft gehörten gegenteiligen Behauptung, welche etwa dem «heliozentrischen» Weltbild wegen seiner grösseren Einfachheit den Vorzug gegenüber dem «geozentrischen» gibt: Das erstere wurde tatsächlich erst lange Zeit nach Kopernikus - durch die Arbeiten von Galilei, Kepler, Newton und vielen andern - dem letzteren überlegen. Ausschlaggebend war die Entwicklung sowohl technischer (Fernrohr) als auch mathematischer (Infinitesimalrechnung) Hilfsmittel. Schliesslich gibt es gegen die didaktische Vereinfachung interessante Einwände (Entmündigung der Lernenden, Verheimlichung, Aufbau autoritärer Strukturen usw.), die hier nicht weiter verfolgt werden können.

Nach erfolgten Revolutionen werden Geschichtsfälschungen bedeutsam: Einstige «Ketzer» werden heroisiert, ihre Ideen und diejenigen ihrer Gegner verzerrt, Begriffe umgedeutet usw.

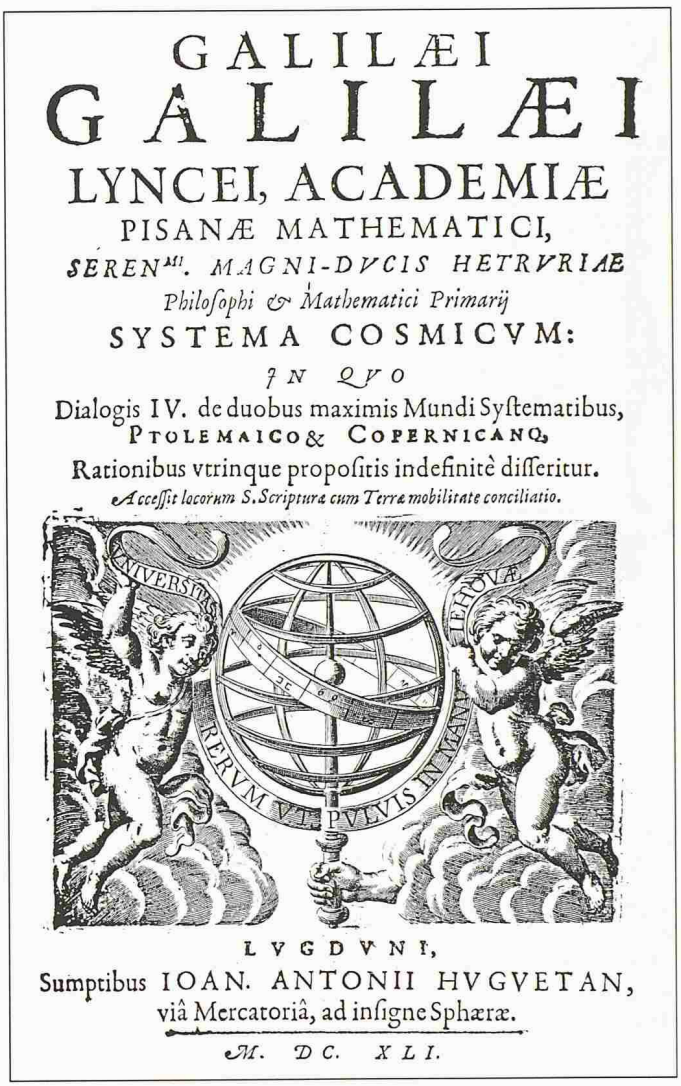
Merkwürdigerweise kümmern sich Physiker und Ingenieure selten um ihre historischen Wurzeln: Sie lesen Originale selbst in Übersetzungen selten und stützen ihr Wissen auf Zusammenfassungen und das «Hörensagen». Dies scheint insofern berechtigt, als es für nicht schicklich gilt, sich in andere Fachgebiete einzumischen. Da aber dem Historiker ebensogut das nötige Fachwissen für das Verständnis dieser Dokumente abgesprochen werden könnte und einigermassen gesichertes historisches Wissen für die Beurteilung gegenwärtiger Standpunkte wichtig ist, scheint es mir nicht nur legitim, sondern auch notwendig, einen Blick in die Vergangenheit zu werfen. Dies hier ausführlich zu tun, ist unmöglich. Einige fragmentarische Beispiele seien zur Verdeutlichung angefügt.

Oft wird erzählt, *Kopernikus* habe den Glauben an das veraltete und komplizierte «geozentrische» Weltbild radikal umgestürzt und die «Heliozentrik» gegen den massiven Widerstand der Kirche eingeführt. Das ältere Weltbild wird dann jeweils durch naive Bilder karikiert, welche die ebene Erde - umflossen vom Ozean und überdacht vom Himmelszelt - darstellen. Die Gefahr, in der Kopernikus schwebte, wird dadurch untermauert, dass Giordano Bruno durch die Inquisition verbrannt und Galilei zum Widerruf gezwungen wurde. Man wundert sich, dass Bruno, Galilei, Kepler, Newton und viele andere so berühmt sind, scheint z.B. Keplers Entdeckung, dass sich die Planeten nicht auf Kreisen sondern Ellipsen bewegen, nicht besonders aufregend.

Liest man Texte der Astronomen jener Zeit, so findet man kaum Beschreibungen einer zentralen, ebenen Erde. Die Scheibenform der Erde war schon im 6. Jh. v. Chr. von den Griechen als falsch erkannt und durch die Kugelform ersetzt worden, sprechen doch viele einfache Beobachtungen dafür: Die Sonne geht nicht überall zur gleichen Zeit auf und unter, die Tage sind nicht überall und nicht zu jeder Jahreszeit gleich lang, am Nachthimmel werden nicht überall dieselben Sterne gesehen, eine Finsternis wird nicht überall gleichzeitig gesehen usw. Es wurden verschiedenste Weltbilder mit kugelförmiger Erde entworfen. So erkannte man, dass die regelmässige Drehung der Sterne am Nachthimmel durch die Annahme einer rotierenden Erde erklärbar wäre (Herakleides Pontikos, 4. Jh. v. Chr.), und Aristarch von Samos (3. Jh. v. Chr.) schlug ein heliozentrisches Weltbild vor, welches Kopernikus bekannt war und dessen Weltbild im wesentlichen entspricht. Die Bewegung der Erde wurde schliesslich verworfen, da man annahm, dies hätte Folgen, welche den Erfahrungen widersprechen: Enorm starke Winde entstünden auf der Erdoberfläche, würde ein Stein vertikal aufgeworfen, so würde er nicht mehr am gleichen Ort landen, Objekte würden von der Erde weggeschleudert usw. Aus diesen Gründen setzte sich das geozentrische Weltbild von Aristoteles und Ptolemäus durch, das den täg-



Frontispiz zu «Theoria Motuum Planetarum» von Leonhard Euler, 1680



Frontispiz zu «Systema Cosmicum» von Galileo Galilei

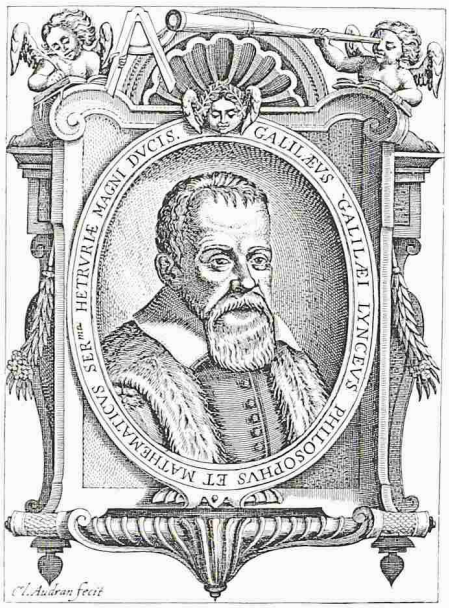
lichen Erfahrungen auf der Erde gerecht wurde und eine genaue Berechnung der beobachteten Erscheinungen am Himmel ermöglichte.

Das Aristotelische Weltbild enthielt im wesentlichen zwei Teile: Die «Erde unter dem Monde» (dieser Ausdruck wird noch vom Heliozentriker Kepler häufig gebraucht!) ist das Gebiet innerhalb einer Kugel, auf der sich der Mond bewegt. Es ist den physischen Erfahrungen zugänglich und wird durch die Gerade regiert: Schwere Körper (Erde, Wasser) bewegen sich längs Geraden in Richtung des Zentrums des Universums. Dadurch ergibt sich die Kugelform der Erde und die Koinzidenz des Mittelpunkts der Erde mit demjenigen des Universums. Leichte Körper (Feuer, Luft) bewegen sich auf Geraden vom Zentrum weg, bleiben aber innerhalb der Mondsphäre. Das Fallen schwerer Körper wird also primär durch ihr «Streben zum Zentrum» und nicht durch die Erdanziehung erklärt.

Die Mondsphäre ist umgeben von weiteren Sphären, auf denen sich die Planeten Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn und schliesslich die Sterne bewegen. In diesem begrenzten Bereich herrscht die ewige (unbegrenzte!), gleichmässige Kreisbewegung. Planeten und Sterne sind keine materiellen Körper d.h., weder Erde noch Wasser noch Luft noch Feuer. Um den Beobachtungen Rechnung zu tragen, mussten kompliziertere Konstruktionen zugelassen werden: Ein Planet bewegt sich nicht einfach auf einem Kreis mit Mittelpunkt im Zentrum der Welt, sondern z.B. auf einem kleineren Kreis (Epizykel), dessen Zentrum sich auf einem grösseren Kreis (Deferent) bewegt, dessen Zentrum im Zentrum der Welt oder auch auf einem «Exzenter» liegt. Dadurch liessen sich alle astronomischen Beobachtungen mit rein geometrischen – allerdings nicht eindeutigen – Konstruktionen beliebig genau darstellen.

Es stellte sich die Frage, ob noch weitere Gesetze existieren, welche den Bau der Welt eindeutig erklären würden. «Aus welchen Gründen hat Gott sieben Planeten geschaffen und ihnen diejenigen Bahnen zugewiesen, die wir beobachten?» Die Pythagoräer versuchten, solche Fragen zu beantworten und weitere Zusammenhänge im Weltbau mit Hilfe der Harmonik (Lehre von den ganzzahligen, harmonischen Proportionen) zu ergründen.

Das aufkommende Christentum lehnte diese heidnischen Weltbilder zunächst ab und entwickelte solche, die streng auf biblischen Texten basierten. Dadurch wurde die Scheibenform der Erde wiederbelebt. Die damaligen Diskussionen kreisten jedoch im Grunde genommen nicht um astronomische Fragen. Wichtig war z.B. die Frage der Einzigartigkeit des Menschen und der Schöpfung. Die Kirche lockerte jedoch ihre Haltung, und grosszügige Bibelinterpretationen ermöglichten bald die Rückkehr des Aristotelischen Weltbildes, das zur Zeit des Kopernikus allgemein akzeptiert und in die kirchliche Lehre eingebaut war. Der handfeste Beweis für die Kugelform der Erde war ja auch durch die vermeintliche Reise nach Westindien von Kolumbus erbracht. Gerade die aufkommende Kolonisierung (Seefahrt!) erforderte eine brauchbare Astronomie (Navigation!). Von kirchlicher Seite wurde eine Kalenderreform begonnen, zu der übri-



Galileo Galilei. Aus «De Systemate Mundi», 1641

gens auch der Domherr Kopernikus eingeladen war.

Kopernikus versah im wesentlichen das Weltbild des Aristarch mit geometrischen Konstruktionen à la Ptolemäus, welche enorm kompliziert waren und etwa dasselbe leisteten wie die damaligen geozentrischen Modelle. Sein als neu propagiertes Weltbild war immer noch begrenzt durch die Sternensphäre. Es wurde allgemein als lächerlich bewertet, da es den «täglichen Erfahrungen» widersprach. Kopernikus versuchte nicht, diese Mängel seines Systems zu beheben. Stattdessen pochte er auf seine Autorität und verlangte, dass nur jene zur Kritik zugelassen werden sollten, welche sich in Geometrie und Astronomie genügend Kenntnisse erworben hätten, um sein Weltbild zu verstehen.

Das Kopernikanische System wurde insbesondere von Bruno gedanklich weiterentwickelt. Bruno war ein abtrünniger Dominikaner, welcher schon in jungen Jahren mit seinem Orden in Streit (Ablehnung von Marienkult, Trinitätslehre usw.) geriet, aus Italien flüchten musste, in Europa an verschiedensten Höfen mit seinem ausserordentlichen Gedächtnis und Wissen brillierte, immer wieder – infolge von Streitigkeiten – weiterziehen musste, seinen Glauben mehrmals wechselte und nach seiner Rückkehr nach Italien von der Inquisition im Jahre 1600 verbrannt wurde. Er vertrat ein unendlich ausgedehntes Universum, in dem jeder Stern eine Sonne war, das Ganze eine beseelte Einheit darstellte, ohne Rand und ohne Mittelpunkt. Damit baute er auf Gedanken des Kardinals (!) Nikolaus von Kues auf, welcher bereits ein Menschenalter vor Kopernikus die Unendlichkeit des Universums und die Bewegtheit der Erde behauptet hatte.

Galilei hatte sich als gläubiger Katholik mit guten Beziehungen zum Papst den Kopernikanischen Ideen zugewandt und mit der systematischen Entkräftigung aller Einwände gegen diese Lehre begonnen. So widerlegte er das Hauptargument seiner Gegner, wonach ein vom Mast eines bewegten Schiffes fallender Stein nach hinten falle. Er benützte teils Gedankenexperimente, teils wirklich ausgeführte Experimente mit rollenden Kugeln auf schiefen Ebenen und fand so eine Vorform der Galilei-Transformation. Dass er nicht die richtigen Transformationen fand, hat einen merkwürdigen Grund: Er verneinte das Prinzip der geradlinigen Bewegung von Körpern auf der Erde, das von den Aristotelikern akzeptiert war, und versuchte zu zeigen, dass der vertikale Fall nur scheinbar geradlinig verlaufe und in Wirklichkeit ebenso kreisförmig sei wie alle Planetenbahnen. Insgesamt gelang ihm eine Entkräftung der Vorwürfe durch Argumente, die sich zum Teil als falsch erwiesen, jedoch kein Beweis.

Das Fernrohr – als neues astronomisches Hilfsmittel – schien Galilei geeignet, die Richtigkeit dieser Ideen vollends zu beweisen und damit die Kirche zu einer Kursänderung zu bewegen. So sah er in der Gebirgigkeit des Mondes dessen Verwandtschaft zur Erde, in den Phasen von Merkur und Venus deren Verwandschaft zum Mond und im Jupiter mit seinen vier Monden eine Analogie zur Sonne mit ihren Planeten. Da diese Beobachtungen an der Grenze der Möglichkeiten damaliger Fernrohre lagen, waren sie von vielen Zeitgenossen nicht nachvollziehbar. Manche sahen durch Galileis Fernrohr dasselbe, andere jedoch nicht. Dazu kam, dass diese Beobachtungen auch ins geozentrische Weltbild eingebaut werden konnten und keinen Beweis darstellten.

Im protestantischen Lager machte Kepler wichtige Entdeckungen über die Verhältnisse der Bahnen, Umlaufzeiten, Winkelgeschwindigkeiten usw. Die Idee, Gott habe sich beim Bau der Welt der Harmonik bedient und diese sei – von einem geeigneten Standpunkt aus – erfahrbar, führte ihn dazu, unterschiedliche Beobachtungsgrössen ins Verhältnis zu setzen und so neuartige Gesetzmässigkeiten zu entdecken. Seine heute als unwissenschaftlich betrachtete Idee war ein erster Schritt hinaus aus der Enge einer rein geometrisch erklärten Welt.

Den nächsten Schritt tat Newton nach langem Zögern, da seine Berechnungen nicht mit den Beobachtungen übereinstimmten und genauere Beobachtungen erst nach Jahren (zum Glück zu Lebzeiten Newtons) die Bestätigung brachten. Er entwickelte die Infinitesimalrechnung (wegen der er einen Prioritätsstreit mit Leibnitz führte) und formulierte damit seine Bewegungsgesetze. Erst so war das neue Weltbild einfacher geworden. Einfacher allerdings auf einer ganz anderen, abstrakteren Stufe und nur für jene, welche sich die neue Mathematik aneigneten. Bemerkenswert ist übrigens, dass Newton die Geometrie immer noch der Infinitesimalrechnung voranstellte und sich insbesondere bei seiner (geometrischen!) Optik völlig auf diese stützte. Interessanterweise hatte das neue Universum recht bald Probleme mit der Erklärung der einfachen Tatsache, dass der Himmel in der Nacht schwarz ist: Nimmt man (um eine «Verklumpung» infolge der gegenseitigen Anziehung der Massen zu vermeiden) eine (ungefähr) gleichmässige Verteilung der Sonnensysteme im unendlichen Raum an, so sieht man in jeder Himmelsrichtung auf die Oberfläche eines Sterns. Der Himmel erscheint somit immer sehr hell. Es gibt verschiedene Ansätze zur Behebung dieser Schwierigkeit. Die ursprüngliche Einfachheit und Schönheit der Theorie leiden jedoch darunter. Bemerkenswert ist auch, dass die Newtonsche Physik verschiedene Fragen unbeantwortet lässt:

Genügt es, zu wissen, wie es weitergeht, wenn die Anfangsbedingungen bekannt sind? Unterliegen die Anfangsbedingungen etwa weiteren Gesetzen?

Die Abkehr von der Newtonschen Physik wurde eingeleitet durch Faradays zahllose Experimente. Ähnlich wie Kepler wurde dieser von «nichtwissenschaftlichen» Ideen geleitet. Er glaubte, dass alle Dinge miteinander in Beziehung stehen, und er glaubte nicht an die Newtonsche Fernwirkung der Kräfte. Dies führte ihn zu Experimenten, bei denen unterschiedliche Kräfte im Spiele sind. Tatsächlich fand er viele Zusammenhänge zwischen mechanischen, elektrischen, magnetischen, galvanischen und optischen Phänomenen, welche den Trend zu einer «vereinheitlichten» Physik einleiteten: Maxwell vereinigte Elektromagnetismus und Optik durch passende mathematische Formulierung. Faradays Idee, dass Licht eine elektromagnetische Welle sei, wurde bestätigt und vielleicht zum erstenmal in der Geschichte war die Theorie in der Lage, etwas zu postulieren, was praktisch noch unbekannt war: die freie Ausbreitung elektromag-

netischer Wellen. Maxwell sah bereits die Bedeutung geometrischer Betrachtungen, die mit Einstein wieder zentral geworden sind. Damit sind auch die alten Fragen über Form und Grösse des Universums zurückgekehrt.

Auf die Darstellung der neueren Errungenschaften der Physik muss ich leider verzichten. Einem aufmerksamen Beobachter werden aber kaum die Parallelen zu den skizzierten Ereignissen entfallen. Man beachte etwa die Geschichte des Michelson-Experiments, welches häufig zum «Beweis» der speziellen Relativitätstheorie verwendet wird: Dieses war mit enormem Aufwand, aber zunächst zu ungenau – wie Lorentz sofort zeigte – durchgeführt worden und sollte entscheiden, ob der «Äther» (das Medium, in dem sich das Licht ausbreitet) mit der Erde mitbewegt wird. Diese Fragestellung war im Wesen mit der alten Frage identisch, ob sich die Erde bewegt oder nicht. Nachdem das Experiment eindeutig zugunsten des mitbewegenden Äthers ausfiel, postulierte Lorentz eine Stauchung der experimentellen Anordnung im «Ätherwind», um so seine Idee vom «absolut» ruhenden Äther zu verteidigen. Das Experiment wurde dadurch irrelevant und die Unmöglichkeit des experimentellen Beweises einmal mehr demonstriert. Einstein, der durch viel grundlegendere Überlegungen die «Lorentz-Transformationen» herleitete, legte kaum Wert auf derartige Experimente. Er meinte, die Schönheit seiner Theorie reiche völlig aus, auch wenn das Experiment etwas anderes ergeben hätte. Er hatte von Newton gelernt, dass Experimente weniger zuverlässig sein können als Theorien.

Geschichtliche Betrachtungen haben immer auch den Sinn, Extrapolationen in die Zukunft zu ermöglichen. Heute ist zweifellos der Computer als neues wissenschaftliches Hilfsmittel nicht zu übersehen. Da kontinuierliche Räume numerisch nur approximiert werden können, für die Infinitesimalrechnung hingegen besonders bequem sind und daher in der klassischen Physik – mehr oder weniger unreflektiert – vorausgesetzt werden, besteht eine erhebliche Diskrepanz zwischen dem, was für den Computer, und dem, was für den analytischen Mathematiker einfach ist. Gegenwärtig sind numerische Programme meist auf anerkannten, analytischen Theorien aufgepfropft und leisten lediglich «Sklavenarbeit». Es ist abzusehen, dass Theorien entstehen werden, welche unter Einbezug numerischer Eigenheiten einfacher sein werden. Dies lässt eine Abkehr vom Kontinuum und somit eine neue, radikale Umstrukturierung der Physik erwarten, welcher nicht nur unendlich grosse, sondern auch unendlich kleine Dinge fremd sein werden.



Isaac Newton

Antrittsvorlesung von PD Dr. Christian Hafner, gehalten an der ETHZ am 17. Mai 1988

Adresse des Verfassers: PD Dr. *Chr. Hafner*, Fierzgasse 3, 8005 Zürich.

Wettbewerbe

Gestaltung Neumarkt, Kasinostrasse und Steinberggasse in Winterthur ZH

Die Stadt Winterthur eröffnet einen öffentlichen Ideenwettbewerb über die Gestaltung des Altstadtraumes Neumarkt, Kasinostrasse und Steinberggasse. Ziel dieser Ausschreibung ist es, Grundlagen für die politische Meinungsbildung und für eine allfällige Ausführungsprojektierung zu erhalten. *Teilnahmeberechtigt* sind Fachleute (Ingenieure, Planer, Architekten, Landschaftsarchitekten), welche in der Stadt Winterthur heimatberechtigt sind oder seit mindestens 1. Januar 1987 in der Stadt Winterthur Wohn- oder Geschäftssitz haben. Für die Teilnahme von Firmen und Arbeitsgemeinschaften wird ausdrücklich auf die Artikel 27 und 28 der SIA-Ordnung 152/1972 und den Kommentar zu Artikel 27 aufmerksam gemacht. Die Teilnehmer sind berechtigt, für die Bearbeitung des Wettbewerbsvorschlages Spezialisten beizuziehen, welche den obigen Bestimmungen nicht entsprechen müssen, jedoch nur für einen Bewerber tätig sein dürfen. Die Spezialisten sind mit dem Verfasser aufzuführen. *Preisrichter:* Heiri Vogt, Stadtrat, Urs Widmer, Stadtpräsident, Ulrich Scheibler, Stadtbaumeister, Robert Gissinger, Luzern, Willi Walter, Zürich. Für *Preise und Ankäufe* steht eine Summe von 45 000 Fr. zur Verfügung. Dieser Betrag wird in jedem Fall ausbezahlt. *Weiterbearbeitung:* In Abänderung der Bestimmungen über den Ideenwettbewerb (SIA Ordnung 152, Art. 5.2) beabsichtigt der Veranstalter unter Vorbehalt der Zustimmung der zuständigen politischen Instanzen, die Bauaufgabe mit Wettbewerbsteilnehmern auf der Grundlage des Wettbewerbsergebnisses weiterzubearbeiten.

Aus dem Programm: Aufgrund seiner Bedeutung und seiner Lage in der Altstadt soll dem Neumarkt mit seinem Umfeld durch eine Neugestaltung seine Stellung als grösster innerstädtischer Platz zurückgegeben werden. Der Neumarkt soll Begegnungs-, Aktions- und Freiraum für städtisches Zusammenleben werden. Die städtebauliche Nahtstelle zwischen Kernstadt und westlicher Vorstadt ist erlebbar neu zu gestalten. Als platzartiger grosser Längszug, der die Kernstadt von Osten nach Westen durchläuft, soll die Steinberggasse durch eine Neugestaltung aufgewertet werden. Die Steinberggasse soll Begegnungs- und Aktionsraum für vielfältige Markt- und Bewohnernutzung werden.

Die *Wettbewerbsunterlagen* können gegen eine Depotgebühr von Fr. 200.– ab 14. November 1988 beim Departement Bau, Abt. Stadtgestaltung, Technikumstrasse 81, 8400 Winterthur abgeholt werden. *Termine:* Fragenstellung bis 23. Dezember 1988, Ablieferung der Projekte bis 21. April 1989.

Neubauten Grosshof, Kriens LU

Der Regierungsrat des Kantons Luzern, vertreten durch das kantonale Baudepartement, eröffnet einen öffentlichen Wettbewerb zur Erlangung von Entwürfen für Neubauten auf dem Grosshofareal in Kriens. Kantonale Bauvorhaben: Amtsstatthalterämter Luzern-Stadt und Luzern-Land, Untersuchungsgefängnis und Haftanstalt, Kantona-