

Zeit, Zeitmessung

im neuen Gedankengebäude der Naturlehre

Lothar M. Loske

Der Weg eines Uhrmachers wird schon seit den frühesten Tagen der Uhrmacherskunst von der Frage begleitet: Was ist Zeit? Und der Glaube daran, dass die Wissenschaft dazu imstande sei, alle Dinge, in und um uns herum, erklären zu können, zwingt diese Frage in seine Fachbücher, Fachunterricht und sogar in die Prüfungsaufgaben.

Das wahre Phänomen Zeit ist aber bei weitem nicht leicht zu definieren. Es hat sich seit etwa zwei Jahrzehnten gezeigt, dass es falsch ist, die eigentliche Realität darin erkennen zu wollen, indem man aus den augenscheinlichen Prinzipien logische Schlüsse zieht. Das neue Gedankengebäude der Naturlehre ruht auf rein mathematischen Fundamenten und hat sich von allen vorstellenden Charakteren sinnlicher Eigenschaften frei gemacht. Es löst sich insbesondere von jeglichen mechanischen Vorstellungen, die nach der Naturlehre des Aristoteles seit zwei Jahrtausenden das abendländische Denken beherrschten.

Die neuen Formen sind feste mathematische Beziehungen grosser theoretischer Systeme, wie die Quantentheorie und die Relativitätstheorie. Beide Theorien sind heute anerkannte Grundpfeiler in der Physik und können

in festen mathematischen Beziehungen zueinander Erklärung geben; über die Grundeinheiten

Materie — Energie

Raum — Zeit und

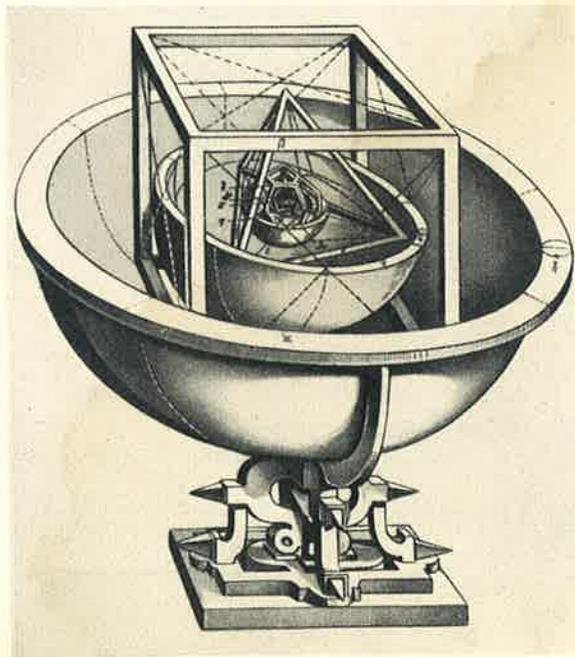
Struktur des Weltalls

Es ist keineswegs leicht, diesem neuen Weg zu folgen, weil die gesamte Natur mathematisch zu erfassen, jegliche Möglichkeiten der Alltagsvorstellungen nimmt. Die Gedankengänge und Gesetzmässigkeiten hierzu lösen sich von allem Physischen und Metaphysischen.

Die Relativitätslehre von Professor Einstein¹ und seine «einheitliche Feldtheorie», die durch wechselseitig bedingte Gleichungen die Gesetzmässigkeit der Kräfte auf eine Formel bringt, zeichnet das Universum als eine Geschlossenheit und bildet eine Verbindung zwischen dem Mikrokosmos und dem Makrokosmos. Damit werden wir auch mehr und mehr von den Entdeckungen Galileis und Newtons getrennt, deren Weltbild mit Zeit, Raum und Bewegung rein mechanischen Gesetzen gehorchte. Uhrmacher und ungezählte Liebhaber dieser Kunst haben sich zu allen Zeiten mit besonderer Vorliebe das Weltbild als einen grossen Präzisionsmechanismus vorgestellt, und dies auch zur Genüge durch komplizierte und kunstvolle Nachbildungen — in Form von Planetarien und astronomischen Kunstuhren — bekundet.

Derartige Darstellungen von Naturvorgängen und dem Bau der Welt, wie die Abbildung aus Keplers «Mysterium cosmographicum» beispielsweise zeigt, passen sich gewiss dem menschlichen Vorstellungsvermögen am besten an und können auch recht lehrreich auf breite Bevölkerungsschichten ansprechen. Bei allen Erscheinungen jedoch, selbst wenn sie uns täglich entgegentreten, gelingt eine solche mechanische Veranschaulichung nicht voll befriedigend. Das Wesen des Lichtes, der Elektrizität und vor allem auch der Zeit sind noch in ein tiefes Geheimnis gehüllt.

Die Zeit ist nicht nur ein Strom der Geschehnisse, den wir als Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft erleben und am Werden und Vergehen der Dinge erfahren, sondern die Zeit ist untrennlich an die Dimensionen des Raumes gebunden. Wenngleich unser Verstand dazu neigt, eine völlig getrennte Vorstellung von der Zeit und dem Raum zu entwickeln, so entsteht dies nur durch die Einwirkung der Dinge und ist rein subjektiver Natur. In der modernen Physik haben die Dimensionen Zeit und Raum nur noch als ein unzertrennliches Kontinuum Wirklichkeitsgehalt. Eine annähernde Vorstellung finden wir darin, dass der schattenwerfende Stab — als ältestes Zeitmessgerät — ebenso ein Raummessgerät ist. Seine Masseinheiten, von der Sekunde bis zu den Jahren, sind



Das Weltgebäude nach Joh. Kepler aus dem Jahre 1595.

abhängig von der Stellung der Erde im Weltraum und ihrer Bezugnahme auf Sonne, Mond und Sterne.

Gemäss der Relativitätstheorie von Prof. Einstein heisst es etwa:

«Die Erlebnisse eines Individuums erscheinen uns in einer Ereignisreihe angeordnet. Die Einzelereignisse weisen in dieser Reihe eine Ordnung auf, die sich nach dem Früher oder Später bilden. Daher entsteht für den Einzelmenschen eine Ichzeit, die an sich nicht messbar ist. Man kann den einzelnen Ereignissen Zahlen zuordnen, die, je später das Ereignis ist, um so höher sind. Mit einer Uhr kann man dies anschaulich machen, indem sie mit ihrem Gang eine Reihe Zahlen durchläuft, nach denen man das Wann der Ereignisse bezeichnen kann.»



*Armillarsphäre nach Kopernikus,
Begründer der neuzeitlichen Himmelskunde. 1473—1543.*

Mit Hilfe solcher Uhren und Kalender legen wir also unsere Erlebnisse und Ereignisse fest. Damit machen wir die Zeit zu einem objektiven Begriff, obwohl diese Zeitintervalle der Uhr und des Kalenders keineswegs absolute Grössen sind, die durch überirdische Macht dem Weltall eingegliedert wurden.

Zu allen Zeiten hat der Mensch eine Uhr benutzt — sei es ein schattenwerfender Obelisk, eine Sonnenuhr, eine mechanische Räderuhr oder gar ein hochwertig physikalisches Zeitmessgerät, wie die Quarz- oder «Atomuhr» —, die nach dem der Erde zugehörigen Sonnensystem geeicht ist. Unsere Zeitmasse beruhen daher auf den Eindrücken, die der Mensch auf der Erde von seinem so lebenswichtigen Himmelskörper — der Sonne — erhält. Diese zu einem objektiven Begriff erhobenen Ein-

drücke sind demnach nicht von der räumlichen Lage der Erde zu trennen, wobei die Stellung der Sonne als Bezugspunkt gilt. Hieran hat sich seit dem ersten Tag der Menschheit nichts geändert; ob sich nun nach dem Weltbild des Ptolemäus die Sonne um die Erde dreht, oder wie wir seit Kopernikus wissen umgekehrt.

Jede Zeitmessung ist in Wirklichkeit auch eine Raummessung und beide sind untrennbar voneinander abhängig. Eine Stunde auf der Erde entspricht dem räumlichen Weiterrücken von 15 Bogengraden. Selbst die Wiederkehr einer solchen Stunde ist an neuen Raum gebunden. 24 solcher räumlichen Zeitfolgen bilden als objektiven Zeitbegriff einen Tag. Dieser Zeit-Raum-Intervall «Tag» wiederum ist ein Stück des 93 572 Millionenkilometer Weges der Erde um die Sonne, wovon 365,25 solcher Stücke für uns als «das Jahr» ein Begriff sind.

Selbst das Jahr bildet bei weitem keine Grenze in der Ausdehnung und entspricht wiederum nur einem Stück des Weges, den die Sonne auf ihrer Ekliptik unaufhaltsam fortschreitet. Und auch hiernach gibt es unendliche Fortsetzungen, die jedoch weit über den gebräuchlichen Bedarf des Alltags hinausgehen und der Zeit als die «vierte Dimension» unbegrenzte Ausdehnung zugesteht.

Wie einseitig diese von uns Erdenbewohner getroffenen Zeitbegriffe schliesslich sind, ist aus der Unbrauchbarkeit zu ersehen, die sich beispielsweise für die Bewohner auf dem Merkur, Mars oder gar Pluto ergeben würden. Der Merkur ist der Sonne, mit einer gemittelten Entfernung von 58 Millionenkilometer, am nächsten und



Sonnenuhr auf dem Ponte Vecchio in Florenz.

sein Jahr — ein Umlauf um die Sonne — ist somit bereits nach ca. 88 Erdentagen beendet. Das Marsjahr ist fast doppelt so lang als unser Erdenjahr und gar auf dem Pluto, dessen gemittelte Entfernung von der Sonne 5906 Millionenkilometer misst, könnte wohl kaum einem Erdenmensch der Ehre gereichen, auch nur ein einziges Plutojahr zu erleben. Er müsste selbst für ein halbes Plutojahr schon 124 Erdenjahre zählen.

Vollkommen sinnlos werden unsere Zeitbegriffe natürlich dann, wenn wir uns dem Geschehen ausserhalb unseres Sonnensystems zuwenden.



*Planetarium nach Ptolemäus.
Er lebte im 2. Jahrhundert nach Christus und setzte die
Erde in den Mittelpunkt der Welt.*

Die Relativitätstheorie besagt, dass es nichts Aehnliches geben kann, wie ein Zeitintervall, welches ohne jeglichen Bezugspunkt für sich besteht. Auch ein Jetzt besteht nicht wirklich. Wir können zwar im bürgerlichen Leben sagen, es geschehe etwas zur gleichen Zeit, weil wir alle auf einheitliche Uhren und Kalender bezug nehmen, die nach dem gleichen astronomischen System geeicht sind. Schwierig wird es, wenn man sich glaubhaft machen soll, dass ein Stern, der am Himmel klar und deutlich in Erscheinung tritt, in Wirklichkeit schon längst seinen Erscheinungsort verlassen hat. Ob er überhaupt noch vorhanden ist, kann zur gleichen Stunde gar nicht ermittelt werden. Bei einer Entfernung von 20 Lichtjahren² liesse sich analog dazu erst in 20 Jahren genau sagen, ob der gesehene Stern überhaupt noch in diesem Jahr vorhanden war. Selbst Radioverbindungen nach solch einem entfernten Ort könnten uns nicht früher Aufklärung geben, da die Radiowellen und die Lichtwellen die gleichen Fortpflanzungsgeschwindigkeiten aufweisen.

Durch eine vorerst noch nicht zu widerlegende Folge von Beispielen und Deduktionen wird in der speziellen

Relativitätstheorie bewiesen, dass es grundfalsch ist, sich Geschehnisse vorzustellen, die gleichzeitig stattfinden, ohne dass sie zu einem aufeinander bezogenen System gehören. Räumliche und zeitliche Begriffe sollten nur dann physikalische Bedeutung erlangen, wenn die raumzeitlichen Beziehungen zweier Ereignisse durch begrifflich festgelegte Systeme eindeutig definierbar sind. Sämtliche Grössen innerhalb eines Systems müssen jeweils mit den auftretenden Grössen anderer Systeme in Bezug gesetzt werden; was zum Beispiel bei den komplexen Bewegungserscheinungen der Himmelsmechanik oder auch der Elektrodynamik in Frage kommt. Definierbar werden diese Beziehungen durch das sogenannte Transformationsgesetz. Mit Vergleichen aus dem täglichen Leben lässt sich die einfachste Form dieses mathematischen Gesetzes immerhin leicht begreifen und ist nicht viel mehr als die Addition oder Subtraktion von Geschwindigkeiten. Kompliziert wird es erst dann, wenn zu diesen Problemen der zusammengesetzten Bewegung die Bewegung von Lichtstrahlen mit angewandt werden soll. In dieser Richtung haben die verschiedenlichsten Gedankenexperimente und Forschungsergebnisse noch zu keinem einheitlichen Bild geführt. Wir stehen hier vor einem Dilemma, welches alles andere als trivialer Natur ist; ein Naturgeheimnis, dessen Ergründen sehr wahrscheinlich weit über die Kompetenzen unseres menschlichen Denkvermögens hinausgehen wird.

Die neuen Gedanken über den Bau der Welt, die auf den philosophischen und mathematischen Grundlagen der Einsteinschen Relativitätstheorie basieren, zeigen überaus interessante Grundideen, wenn man sie in die Sprache des Laboratoriums übersetzt. In bezug auf Zeit und Raum kommen somit bisher ungeahnte Eigenschaften der Uhren und Masstäbe zutage. Uhren, die einem beweglichen System unterliegen, verändern ihren Rhythmus zu einer stationären Uhr. Und Masstäbe, die sich in einem bewegten System befinden, verändern gemäss der Geschwindigkeit zu einem stehenden oder andersartigen System ihre Länge.

Diese zweifellos sehr merkwürdig erscheinenden Veränderungen haben nichts mit der Konstruktion der Uhren oder Masstäbe zu tun. Das hochwertigste Chronometer oder auch das Urmeter aus Paris könnte auf das Ergebnis keinen andersartigen Einfluss nehmen, weil es sich um keinerlei mechanische Phänomene handelt.

Mit zunehmender Geschwindigkeit des Systems verlangsamt sich die Uhr und der Masstab, in die Bewegungsrichtung gestellt, verkürzt sich. Diese eigentümlichen Verhalten treten für uns jedoch praktisch nicht in Erscheinung, weil wir dem gleichen bewegten System wie unsere Uhren und Meter unterliegen. Sichtbare Ergebnisse könnten sich nur dem Beobachter zeigen, der ausserhalb aller bewegten Systeme steht und von einem Fixpunkt aus (nicht etwa Fixstern, denn auch diese stehen, hingegen früheren Annahmen, nicht etwa fix am Himmel), den Vergleich zwischen Uhren und Meter ziehen könnte. Mathematisch lässt sich das Ausmass dieser Kontraktionen durch die sogenannte «Lorentz-Transformation» bestimmen. Masstäbe, die 90 Prozent der Lichtgeschwindigkeit erreichen könnten, dürften danach ca. die Hälfte ihrer Länge einbüssen. Eine mit Lichtgeschwindigkeit bewegte Uhr würde gar nicht erst dazu kommen, «Zeit zu messen» und sinngemäss stillstehen.

Ungeachtet der Kräfte, die von den Naturgesetzen ins Spiel gebracht werden, folgt — nach Professor Einsteins Relativitätstheorie — das fundamentale Naturgesetz:

dass die Lichtgeschwindigkeit die Höchstgrenze aller Geschwindigkeiten im Weltall darstellt.

Aus der Perspektive der Alltagserscheinungen heraus kann man sich gewiss nur schwer mit der Tatsache abfinden, dass Gegenstände in Bewegung, hingegen in Ruhe, ihre Ausdehnung kontrahieren sollen, und dass selbst eine Uhr im bewegten Zustand von ihrem durch ihr Schwingungssystem vorbestimmten Rhythmus abweicht. Trotzdem steht die Relativitätstheorie in keinem Widerspruch zur klassischen Physik, was aus den Gleichungen der Lorentz-Transformation deutlich zu erkennen ist.

Die Veränderungen der Raum- und Zeitintervalle ergeben praktisch gleich Null, sobald Geschwindigkeitswerte in Anrechnung stehen, mit denen wir im öffentlichen Leben und Verkehr operieren. Ein Pilot, der mit seinem Düsenflugzeug die Schallmauer durchbricht, muss noch nicht befürchten, dass seine Uhr deswegen einen falschen Zeitwert vermittelt. Selbst die bis heute erreichten Geschwindigkeiten mit Raketen halten sich, mit ihren schätzungsweise 6000 Stundenkilometern, noch ausserhalb dem Bereich der spürbaren Veränderungen.

Dennoch sind die alten Newtonschen Gesetze für den Physiker von heute unzulänglich geworden und es musste eine völlig neue Beschreibung der Natur gefunden werden, die sich schliesslich von den einfachen mechanischen Erscheinungen unserer irdischen Welt löst. Sie muss den ungeheuren Geschwindigkeiten des Atombereiches und den unermesslichen Ausdehnungen des Weltenraumes möglichst lückenlos angepasst sein. Die experimentellen Nachprüfungen Prof. Einsteins theoretischer Postulate in bezug auf die Verlangsamung von Zeitintervallen wurden bereits 1936 im Labor der Bell-Telephongesellschaft aufgenommen. Das Ergebnis spektroskopischer Messungen zwischen sich sehr rasch bewegendenden Wasserstoffatomen und vollkommen unbewegter Atome gleichen Elements standen in völliger Uebereinstimmung mit den Einsteinschen Gleichungen. Und zwar zeigte sich die Schwingungsfrequenz der Lichtstrahlen bei den bewegten Atomen abnehmend. Es ist zu erwarten, dass die Physiker eines Tages noch aufschlussreichere Beweise der Einsteinschen Theorien erbringen, oder aber, die von ihm gesetzte Grenze — der Lichtgeschwindigkeit als die

Höchstgrenze aller Geschwindigkeiten im Weltall — erweist sich als Irrtum und es bieten sich danach unseren Alltagsvorstellungen noch unfassbarere Probleme.

So eminent fortschrittlich das neue Gedankengebäude vom Bau der Welt im Gegensatz zur klassischen Physik zweifellos ist, so zweifelhaft will es hingegen scheinen, dass wir bereits in einem Punkt eine wirkliche Grenze und Lösung erfasst haben sollten. Noch viel früher dürfte



Kopernikanisches Planetarium von Carl Zeiss, Jena, mit Besuchern im «Deutschen Museum» in München.

uns Menschen davor eine Grenze gesetzt sein, dem wahren Lösungsmittel habhaft zu werden, und sicherlich werden wir niemals mehr davon erhalten, als Flüssigkeit in einem Sieb verbleibt.

¹ Albert Einstein, 1879 in Ulm geb., Prof. in Zürich, Prag und Berlin, erhielt 1921 den Nobelpreis für Physik, lehrt heute an der Princeton Universität in USA.

² Die Lichtgeschwindigkeit beträgt in 1 Sek. 300 000 Kilometer. Das Lichtjahr ist die Entfernung von 9,461 Billionen Kilometer.

Duchess
MADE  IN USA
BRACELETS DE MONTRES

PLAQUÉ OR - GOLD FILLED
ACIER INOXYDABLE
SERVICE GRATUIT DE RÉPARATIONS

M^{me} V^{ve} G. PETITJEAN-TSCHETTER, BIENNE