

Die Zeit, die ist ein sonderbar Ding¹

Unser Empfinden der Zeit

"Die Zeit, die ist ein sonderbar Ding", so singt die Marschallin im Rosenkavalier, "wenn man so hinlebt, ist sie rein gar nichts, aber dann auf einmal da spürt man nichts als sie".

Als ich dieses zum ersten Male hörte, in meiner Jugend, berührte es mich nicht besonders -- um nicht zu sagen, rein gar nicht. Aber je älter man wird, je mehr Zeit man in der Vergangenheit überblicken kann, um so sensibler wird man für das Verstreichen der Zeit, um so merkwürdiger wird uns dieses Phänomen.

Es gibt Zeiten, da fließt die Zeit so dahin, unmerklich, und man merkt es erst danach -- wie am Ende eines unbedeutenden Urlaubstages. Es gibt Zeiten, in denen man das Verstreichen der Zeit ganz intensiv erlebt, wie z.B. die Zeit vor einem bedeutenden Vortrag, den man zu halten hat. Die Spannung vor dem Vortrag --- wohl lästig aber immer wieder sehr nützlich --- baut sich langsam auf, der Zeitpunkt des Auftritts rückt unerbittlich näher. Man kann die Zeit nicht stoppen, nicht bremsen, nicht beschleunigen, ein wunderbares prickelndes Gefühl des Ausgeliefertseins.

Es gibt andere, noch schönere Momente des Lebens, in denen man die Zeit vergisst, oder aber Momente, in denen einem die Zeit quält, z.B. wenn ein Redner, nachdem er einen schon eine Stunde gelangweilt hat, einflucht: "Darauf gehe ich später noch genauer ein".

Kurzum, unser persönliches Zeitempfinden ist äußerst variabel und kann auch von Person zu Person sehr unterschiedlich sein. Es hängt offensichtlich sehr von unserer Stimmung, unserer augenblicklichen psychischen Situation ab.

Es gibt aber auch etwas Objektivere in unserem menschlichen Empfinden der Zeit. Neurologen demonstrieren uns, dass zwei Töne als gleichzeitig angesehen werden, wenn sie weniger als drei tausendstel Sekunden voneinander getrennt sind. Zwischen zwei Hautreizen müssen allerdings zehn tausendstel Sekunden vergehen, bis sie nicht mehr als gleichzeitig registriert werden. Beim Sehen ist die Spanne der Gleichzeitigkeit am größten: mindestens 20 tausendstel Sekunden müssen zwischen zwei optischen Reizen liegen, um auch als zwei zu erscheinen.

Unsere Fähigkeit zur zeitlichen Auflösung ist also begrenzt, und sogar unterschiedlich beim Hören, Sehen und Fühlen.

Es kommt noch ein weiterer Effekt dazu: Selbst, wenn wir gerade feststellen können, dass es zwei Töne sind, die uns erreichen, ist noch nicht sicher, dass wir die Reihenfolge bestimmen können.

Während wir einen Abstand von drei tausendstel Sekunden benötigen, um diese als nicht gleichzeitig zu erkennen, benötigen wir einen Abstand von 30 tausendstel Sekunden, also zehn mal so viel, um zu einer korrekten Antwort über die Reihenfolge der Töne zu gelangen. Der gleiche Abstand ist bei Hautreizen und visuellen Reizen nötig. Für eine sichere Entscheidung über die Reihenfolge benötigen wir also bei allen drei Reizen die gleiche Zeit.

¹ Vortrag anlässlich des Neujahrsempfanges der Stadt Emmendingen am 13. Januar 1996

Natürlich hat das alles mit der Verarbeitung in unserem Gehirn zu tun, und andere Lebewesen werden andere Zeitabstände für die jeweilige Leistung benötigen. Bei bestimmten Affenarten oder etwa beim Spitzhörnchen hat man sehr viel kürzere Reaktionszeiten festgestellt.

Wir wollen uns hier aber nicht mit dem Zeitempfinden verschiedener Lebewesen beschäftigen, wir wollen die Zeit selbst studieren, so wie sie ist, unabhängig von uns. Offensichtlich ist auch vor der Bewusstwerdung des Menschen die Zeit vergangen, die Zeit hat etwas mit der Existenz der Welt zu tun. Wir haben damit die Physik zu befragen. Wie beschreibt der Physiker die Zeit und welche Eigenschaften hat die physikalische Zeit?

Die ersten Physiker wie Galilei, Newton oder später auch noch Maxwell betrachteten die Zeit, wie wir alle es im täglichen Leben tun, als stetig dahin fließendes Vergehen. Vergangenheit und Zukunft scheiden sich in der Gegenwart. Problematisch war höchstens die Messung von Zeitintervallen mit einer bestimmten Genauigkeit. Galilei benutzte noch den Pulsschlag als Zeitmesser bei seinen Experimenten mit der schiefen Ebene, oder aber, um viel genauer sein zu können, seine Sensibilität gegenüber Abweichungen von der gleichmäßigen Einteilung der Zeit, eine Sensibilität, die er sich als professioneller Lautenspieler erworben hatte: er brachte an das Holzbrett, auf dem er die Kugel herabrollen ließ, in bestimmten Abständen Darmsaiten an, und zwar derart, dass die laufende Kugel die Darmsaiten noch eben berührte und jeweils einen Ton erzeugte. Durch Probieren und Verändern der Lage der Saite konnte er erreichen, dass beim Herabrollen der Kugel die Töne genau im Takt seines Liedes erklangen. So konnte er die Strecken für konstante Zeitintervalle ausmessen und zu seinem physikalischen Gesetz finden.

Es war ein weiter Weg, von diesem raffinierten Verfahren bis zur Definition dessen, was man unter dem Zeitmaß 1 Sekunde verstehen will und schließlich zu den nicht minder ausgeklügelten Methoden der heutigen Zeit, auch Zeitintervalle von 10^{-15} Sekunden verlässlich zu messen. Aber immer steckte dahinter die Vorstellung der gleichmäßig dahinfließenden, absoluten Zeit.

Der Königsberger Philosoph Immanuel Kant, der Wissenschaftstheoretiker der klassischen Physik Newtons, machte aus diesem unserem Empfinden denn auch ein Axiom: Die Zeit war für ihn ein Begriff, der a priori gegeben ist.

Lange wurde in diesem Sinne die Zeit und das Verstreichen der Zeit als nicht hinterfragbar hingenommen. Erst Anfang dieses Jahrhunderts wurde durch die spezielle Relativitätstheorie Albert Einsteins der Zeit ein ganz andersartiger physikalischer Rahmen zugewiesen. Die Zeit wurde nicht mehr nur messbar, sie verlor ihren absoluten Charakter. Was bedeutete das? Welche Eigenschaften hat die physikalische Zeit? Was sagt uns die Physik heute über die Zeit?

Die Relativität der Zeit

Zeit ist relativ: die Dauer zwischen zwei Ereignissen hängt davon ab, wie schnell sich der Beobachter gegenüber diesen Ereignissen, also relativ zu ihnen, bewegt. Das ist ein Effekt, den wir in unserer Alltagserfahrung eigentlich nicht kennen. Wenn wir mit dem ICE-Zug mit 200 km/h durch die Landschaft gleiten, erwarten wir nicht, dass unsere Armbanduhr anders geht als die Bahnhofsuhren, und zwar nur aufgrund unserer Geschwindigkeit. Genau das ist aber eigentlich der Fall, nur dass dieser Effekt so klein ist, dass er auch heute noch schwer messbar ist, da die Geschwindigkeit 200 km/h so schrecklich klein ist gegenüber jener, die für Geschwindigkeiten das absolute Maß ist: die Lichtgeschwindigkeit 300 000 km/s. Da liegt ein Faktor $1500 \cdot 3600$ gleich ca. $5 \cdot 10^6$ dazwischen, und da der Effekt quadratisch von dem Inversen der Lichtgeschwindigkeit abhängt, ist er somit von der Größenordnung 10^{-12} . Deutlicher wird der Effekt erst für viel größere Geschwindigkeiten.

Nun kann man mit einem Zug nicht viel höhere Geschwindigkeiten erreichen, und ein Flugzeug ist höchstens nur 10 mal schneller. Wir müssen schon zu anderen Objekten greifen, um eine Chance zu bekommen, diesen Effekt zu beobachten.

Betrachten wir Elementarteilchen, z.B. Myonen, wie sie die Physiker in Speicherringen kreisen lassen. Diese Myonen leben, in Ruhe gelassen, im Mittel nur 1.52 millionstel Sekunden, sie zerfallen danach in Elektronen und Neutrinos. Im Speicherring haben sie jedoch fast Lichtgeschwindigkeit und wir beobachten eine mittlere Lebensdauer von rund 30mal mehr, nämlich 44.6 millionstel Sekunden. Das bedeutet: Betrachten wir die Lebensdauer eines Myons als die Zeitdauer zwischen zwei Ticks einer Uhr, so hören wir also alle 1.52 Mikrosekunden einen Tick, sofern diese Uhr in Ruhe relativ zu uns ist. Bewegt sich diese Uhr aber fast mit Lichtgeschwindigkeit relativ zu uns, so messen wir 44.6 Mikrosekunden zwischen zwei Ticks. Die bewegte Uhr geht also viel langsamer.

Eine merkwürdige Sache, an die wir uns eigentlich nicht gewöhnen können. Sie widerspricht unserer Anschauung. Aber wir werden uns später, wenn es erst einmal Weltraumflüge gibt mit Raketen, deren Geschwindigkeiten nicht mehr vernachlässigbar sind gegenüber der Lichtgeschwindigkeit, daran gewöhnen, so wie uns heute die verschiedenen Zeitzonen ganz selbstverständlich sind.

Stellen wir uns solch eine Rakete vor, die mit einem Zehntel der Lichtgeschwindigkeit, also mit 30 000 km/s bzw. 108 Mill. km/h, auf dem Weg zum nächsten Sonnensystem ist. Die Besatzung bliebe über Fernsehen in Kontakt mit der Erde und allerlei Experimente mögen ihr aufgetragen sein, unter anderem auch Experimente mit Eintagsfliegen und zwar mit jenen der Sorte "Polymyrtarcis virgo", vg. Uferaas, die nicht nur besonders schöne milchigweiße Flügel besitzen, sondern --- was hier wesentlicher ist --- in ihrer Lebensdauer eine besonders kleine Streuung aufweisen, also relativ genau auch nur einen Tag leben. Zur Kontrolle und zum Vergleich will man in der Bodenstation auf der Erde die gleichen Experimente machen, und um das ganze Unternehmen noch publikumswirksamer zu machen, hat man ein Zwillingsspaar gefunden und an dem Projekt beteiligt. Nennen wir sie Peter und Paul. Peter bleibe zu Hause, Paul gehe auf die Reise, so wie eben Paulus zu den Heiden reiste und Petrus in der eigenen Gemeinde blieb. Was werden Peter und Paul jeweils im eigenen Labor sehen und was auf dem Bildschirm vom jeweils anderen Labor?

Zunächst einmal: Solange sich Paul mit konstanter Geschwindigkeit von Peter entfernt, entfernt sich auch Peter von Paul mit konstanter Geschwindigkeit. Beide werden die gleichen Phänomene sehen, gleiche Resultate in ihren Experimenten und Beobachtungen auf dem Bildschirm sehen. Keiner von ihnen ist ausgezeichnet, da sie sich geradlinig gleichförmig gegeneinander bewegen. Anders wird es sein, wenn Paul es sich anders überlegt und umkehren will, seine Antriebsdüsen ausschaltet, die Rakete wendet und in entgegengesetzte Richtung beschleunigt, bis er die entgegengesetzte Relativgeschwindigkeit zur Erde erreicht hat.

Was sehen sie nun im Labor und was auf dem Bildschirm? Nun im Labor gibt es nichts Besonderes zu entdecken. Die Eintagsfliegen leben einen Tag; für Paul gibt es zwar nicht Tag und Nacht, aber 24 Stunden auf seinen Quarzuhren nennt er einen Tag. Aber auf dem Fernsehbildschirm sehen Peter wie Paul ein gespenstisches Bild vom jeweils anderen Zwillingssbruder. Ganz langsam geht es offensichtlich beim anderen zu und die Eintagsfliegen leben offensichtlich beim Zwillingssbruder viel länger als einen Tag. Man kann es direkt am Bildschirm verfolgen: drei Tage leben sie nun alle, die Eintagsfliegen im Fernsehen. Ja, bewegte Uhren gehen langsamer - wir werden uns daran gewöhnen müssen. Für Paul altert Peter langsamer, für Peter ist es Paul, der dreimal langsamer altert. Insofern sind sie sich wiederum gleich; jeder denkt vom anderen dasselbe, sieht den gleichen Unterschied zwischen sich und dem anderen.

Aber es kommt noch schlimmer: Stellen wir uns vor, Paul wird zurückgerufen, zur Umkehr gemahnt und folgt diesem Ruf. In dem nun einsetzenden Wendemanöver -- oben kurz schon in Erwägung gezogen -- erfährt Paul Beschleunigungskräfte. Das zeichnet ihn nun vor Peter aus. Sie sind nun nicht mehr gleichberechtigt, beobachten nun nicht mehr beim jeweils anderen das gleiche. Was dort im einzelnen physikalisch passiert, ist nicht so einfach zu erklären. Tatsache aber wird sein: Ist Paul zurückgekehrt und stellt sich neben seinen Zwillingbruder, so stellen sie fest: Peter ist viel älter als Paul, und zwar tatsächlich, nicht nur dem Aussehen nach, was ja täuschen könnte. Sie vergleichen ihre Uhren und stellen fest: für Peter hat die ganze Kampagne 12 Jahre gedauert, für Paul nur 6 Jahre. Das klingt paradox, heißt deshalb Zwillingparadoxon, ist aber ganz rational zu erklären, mathematisch einwandfrei nachrechenbar, und, ja sogar experimentell heute schon -- wenn auch in einem anderen Rahmen -- bestätigt.

Die amerikanischen Physiker Hafele und Keating flogen im Oktober 1971, ausgerüstet mit vier Caesium-Uhren, einmal in westlicher und einmal in östlicher Richtung um die Erde und zwar mit ganz normalen Verkehrsflugzeugen. Die Zeitunterschiede, die man bei einem Vergleich mit der in Washington aufbewahrten Normaluhr aufgrund der Theorie erwartete, bewegte sich in der Größenordnung von Nanosekunden, also von Tausendstel Mikrosekunden. Die Caesium-Uhren sind inzwischen so ganggenau, dass man solche Unterschiede messen kann. Beim Ostflug bewegt sich die Uhr im Flugzeug schneller als die in Washington, beim Westflug langsamer gegen ein Zentralsystem, in dem die Erde näherungsweise ruht.

In der Tat stimmten die gemessenen Gangunterschiede innerhalb von 10 Prozent mit denen von der Theorie vorhergesagten überein.

Die Zeit ist also dehnbar, in bewegten Systemen verstreicht sie langsamer -- es gibt keine absolute Zeit, keine Weltuhr sozusagen. Ich kann meine Zeit als Eigenzeit betrachten, mit Hilfe von physikalisch periodischen Vorgängen eine Zeiteinheit wie eine Sekunde definieren. Ich werde aber immer feststellen, dass solche Vorgänge in bewegten Systemen sozusagen einen anderen Rhythmus haben, relativ zu mir verlangsamt erscheinen. Die Zeit eignet sich nicht für das Absolute.

Grenzen der Zeit: Zeitlosigkeit und die Absolutheit der Bewegung

Was passiert, wenn wir die Geschwindigkeit des Teilchens -- oder der Rakete in unserem Beispiel -- immer näher an die Lichtgeschwindigkeit heranbringen wollen? Wir werden merken, dass uns das immer schwerer fällt, je näher wir der Lichtgeschwindigkeit schon sind. Die effektive Masse wird sozusagen immer größer und eine bestimmte Krafteinwirkung bewirkt eine immer kleiner werdende Beschleunigung. Wir werden es so nie schaffen, an die Lichtgeschwindigkeit ganz heran zu kommen. Der Grenznutzen unserer Krafteinwirkung sinkt also. Aber, indem wir uns ihr mühsam und immer mühsamer nähern, wird der Dilatationsfaktor immer größer, die Zeit in dem bewegten Objekt verrinnt immer langsamer, ja -- sie müsste gar stille stehen, wenn das Objekt die Lichtgeschwindigkeit wirklich erreicht hätte.

Nun, wie gesagt, das geht nicht, die ansteigende effektive Masse verhindert, dass wir das Objekt auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigen können.

Aber es gibt Objekte, die gar keine Masse besitzen und deren Geschwindigkeit immer schon gleich der der Lichtgeschwindigkeit ist: die Photonen, die Teilchen des Lichts. Im Photon tickt keine Uhr, verrinnt keine Zeit. Unsere Welt der Materie ist eindeutig getrennt von der Welt der masselosen Strahlung, der Welt des Lichtes. Wir kennen die Zeit in unserer Welt, dort aber existiert sie, von uns aus gesehen, nicht.

Können wir uns in das Bezugssystem eines Photons begeben, können wir uns gewissermaßen, wenigstens im Geiste und sozusagen unter Hintanlassung unserer Masse auf ein Photon setzen und beobachten, wie die Welt der Materie aus dieser Perspektive der Zeitlosigkeit aussieht?

Ich kann es nicht und vielleicht geht es auch grundsätzlich nicht. Diese Welt ist uns zu fremd, wir können unsere Zeitlichkeit nicht hinwegdenken. Das alles ist schwierig zu verstehen, wir können zwar intellektuell die Schlussfolgerung nachvollziehen, aber fremd bleibt sie uns immer, da unser Leben und Bewusstsein zu sehr mit der Zeit verknüpft ist.

Aber nicht nur die Bewegung kann die Zeit deformieren, auch starke Massekonzentrationen wie wir sie in den Endstadien von Sternen finden. Ein Kubikzentimeter eines Neutronensterns enthält die Masse von 1 Milliarde Tonnen. Entsprechend stark wird die Gravitationsanziehung sein, das Pendant zur Erdanziehung. Auch hier finden wir eine Zeitdilatation. Die Zeit verstreicht langsamer in starken Gravitationsfeldern. Und auch hier kennen wir den Extremfall. Die Massenkonzentration kann so groß werden, dass ein sogenanntes schwarzes Loch entsteht. Beobachten wir ein Objekt, das in dieses schwarze Loch fällt und in seiner Eigenzeit jede Sekunde ein Signal aussendet. Wir werden feststellen, dass die Abstände zwischen den Signalen immer größer werden. Die Zeit verrinnt in dem Objekt immer langsamer, je näher das Objekt dem schwarzen Loch kommt, bis es schließlich stille steht, das Objekt für uns alle Zeiten am gleichen Ort erscheinen würde, wenn es die Intensität der Strahlung zuließe. Auch hier sind wir wieder an den Grenzen der Zeit und der Anschauung angelangt.

Das Photon besitzt aber noch eine andere Eigenschaft, die uns verblüfft und erstaunt. Es besitzt die absolute Geschwindigkeit, nämlich die Lichtgeschwindigkeit. Das heißt zweierlei: Zunächst einmal, das Absolute ist nicht die Ruhe, sondern die Bewegung. Ruhe ist relativ: Was dem einen in Ruhe erscheint, wird vom anderen als bewegt angesehen, wenn er sich selbst zum ersten relativ bewegt. Für jeden Beobachter, wie sie sich auch gegeneinander bewegen -- wenn es nur gleichförmig, geradlinig ist -- bedeutet Ruhe etwas anderes, langsame Bewegung etwas anderes: Aber die Geschwindigkeit des Lichtes, der Grenzgeschwindigkeit ist für jeden die gleiche. Von jedem Bewegungszustand aus gesehen, ist diese Bewegung die absolute.

Wir sehen, Zeitlosigkeit, Absolutheit, das finden wir erst in den uns fernsten Objekten, den Teilchen des Lichts, die uns dennoch so nah sind, uns dauernd umgeben und wärmen und letztlich erst das Leben ermöglichen oder erst in der Nähe eines schwarzen Lochs. Mit der Materie tritt die Zeit, die Komplexität und die Relativität auf den Plan. Mit der Erschaffung der Materie in den ersten Augenblicken des Urknalls entstand die Zeit, wurde Komplexität ermöglicht und damit Leben und Bewusstsein.

Grenzen der Zeit: die Unumkehrbarkeit

Lassen Sie mich zu einer anderen Eigenschaft der Zeit kommen, die uns immer wieder beschäftigt, die Unumkehrbarkeit. In der Science-Fiction Literatur geistert immer wieder der Begriff der Zeitmaschine herum, einer Maschine, mit der man sich in die Vergangenheit zurückversetzen kann. Uns allen ist dieses Phantasieprodukt bekannt, und wir alle haben uns schon einmal danach gesehnt, gewisse Stunden in der Vergangenheit noch einmal erleben zu können.

Was ist das, was die Zeit so unabänderlich in eine Richtung drängt, den Pfeil der Zeit nicht umzukehren gestattet? Wie kommt es, dass ein Glas zu Boden fällt, zerbricht, dass aber nicht aus den Bruchstücken ein Glas geformt wird und vom Boden auf den Tisch hüpfet? Die Gesetze der Mechanik würden es erlauben, die kennen keine Vorzugsrichtung der Zeit. Wie kommt es, dass wir ständig altern und nie wieder jung werden?

Das ist ein tiefes Problem, aber dennoch in einem gewissen Grade zu lösen. Der Schlüssel dazu liegt in der Erkenntnis, dass ein Vorgang in der Natur durch zwei Dinge bestimmt ist: durch die Gesetze für die zeitliche Entwicklung und durch die Ausgangssituation, sozusagen die Anfangsbedingungen. Normalerweise redet man viel von den Gesetzen. Nobelpreise und historische Größe werden verliehen für die Entdeckung von fundamentalen Gesetzen -- und deren Anzahl ist leider sehr klein, so dass uns Nachgeborenen nicht mehr viel übrig bleibt. Aber ein Gesetz sagt nur, wie es weiter geht, von einem gegebenen Ausgangszustand aus.

Ausgangszustände für bestimmte Vorgänge können aber mehr oder weniger wahrscheinlich sein. Und in diesen mehr oder weniger liegt das Geheimnis. Da gibt es keine kleinen Unterschiede, sondern gigantische. Eine Ausgangssituation für die Bruchstücke des Glases, die so beschaffen wäre, dass diese sich wieder wie von Geisterhand zusammensetzten und als unversehrtes Glas auf den Tisch hüpfen, konkurriert mit so gigantisch vielen anderen Ausgangssituationen, die nichts dergleichen bedeuten, dass man nie hoffen kann, dass gerade diese irgendwann realisiert ist. Es ist einfach die ungeheuer große Menge der anderen Möglichkeiten, die solch ein auffälliges Verhalten, das nach Zeitumkehr aussieht, so unwahrscheinlich macht.

Dabei ist das Wort unwahrscheinlich eigentlich zu schwach. Wir empfinden es als unwahrscheinlich, mit sechs Richtigen im Lotto zu gewinnen, die Wahrscheinlichkeit ist etwa 1:10 Millionen. Wenn 10 Millionen Menschen Lotto spielen, so wird wohl ungefähr einer die sechs Richtigen getippt haben. Aber die Wahrscheinlichkeit für solch einen auffälligen Ausgangszustand für die Glasscherben ist $1:10^{1000}$. Wenn wir 10^{1000} solcher Glasscherben hätten, könnte ein solcher Ausgangszustand dabei sein. So viele kann es aber gar nicht geben, dazu reicht die gesamte Materie der Welt bei weitem nicht aus.

Die Komplexität der Welt ist also für den Zeitpfeil verantwortlich. Wir bezahlen unsere Vorteile aus der Komplexität, nämlich Leben -- ja, Bewusstsein -- mit dem Vergehen der Zeit in eine Richtung, mit dem Altern.

Ein einzelnes Elektron altert nicht. Es hat nicht viele Möglichkeiten, nicht viele Ausgangssituationen, und jede kann leicht hergestellt werden, wenn sie sich nicht von alleine ergibt. Diese Möglichkeit der Zeitumkehr auf der Ebene der elementaren Teilchen ist also etwas natürliches, ebenso natürlich wie die Zeitlichkeit komplexer Systeme.

Ausblick: Das Absolute ist uns fremd

Die Zeit, die ist ein sonderbar Ding. In der Tat. Und zwar um so sonderbarer, je mehr wir von unserem menschlichen Empfinden abstrahieren und Eigenschaften und Voraussetzungen für die physikalische Zeit zu ergründen versuchen. Wir werden dabei in eine Welt geführt, die von unseren Denkgewohnheiten und von unserem Erfahrungshorizont weit entfernt ist.

Die Abhängigkeit der Zeitdauer vom Bewegungszustand des Beobachters, die Zeitlosigkeit des Photons, die Unumkehrbarkeit der Zeit für komplexe Systeme: das alles ist an der Grenze unserer Anschauung und nur die Mathematisierung der Physik ließ uns zu diesen Grenzen vorstoßen.

Diese Welt ist uns aber sehr fern. Sie wird gekennzeichnet durch eine fundamentale Naturkonstante, die Lichtgeschwindigkeit. Diese stellt eine absolute Größe dar, von jedem Bewegungszustand aus gemessen ist sie gleich groß. Es gibt also eine absolute Bewegung, nicht eine absolute Ruhe. Diese Bewegung ist aber für uns, von unseren möglichen Bewegungszuständen weit entfernt, ja unerreichbar.

Ein fürchterlicher Verdacht drängt sich uns auf. Sollte alles Absolute, Fundamentale in der Natur von uns, von unseren alltäglichen Begriffen und Möglichkeiten so weit entfernt sein? In der Tat, unsere heutige Kenntnis von der Natur, von der Welt legt das nahe. Es gibt weitere Naturkonstanten, so fundamental und absolut wie die Lichtgeschwindigkeit und diese sind

relevant in einem Phänomenbereich, der uns auch sehr fremd und unanschaulich ist. Das Plancksche Wirkungsquantum spielt die gleiche Rolle in der Physik der elementaren Teilchen und Atome wie die Lichtgeschwindigkeit in der Physik der Bewegung: absoluter Maßstab für alle Phänomene, hier für Wirkungen -- und unsere makroskopischen, alltäglichen Wirkungen sind um Dimensionen größer so wie unsere alltäglichen Geschwindigkeiten um Größenordnungen kleiner sind als die Lichtgeschwindigkeit. Eine weitere fundamentale, absolute Naturkonstante könnte eine Länge, die sogenannte Plancksche Länge sein.

Wir Menschen als komplexe Systeme, mit einem Gehirn, das als komplexeste Materieansammlung bezeichnet werden kann, sind ein Produkt einer langen Evolution der Materie, mit der auch die Zeit entstand. Mit dem Fortschreiten der Evolution und der Komplexität der Systeme entstand immer mehr Abgeleitetes, nicht Fundamentales, nicht Absolutes. Die Welt, in der die absoluten fundamentalen Naturkonstanten eine direkte Rolle spielen verschwand in der Ferne; Phänomene der Komplexität übernahmen die Überhand.

Und dennoch, unser Geist, mit Sitz in dieser komplexesten aller Materieansammlungen, kann diese Welt des Absoluten zurückerobern, immer besser ergründen. Und wir stehen damit erst am Anfang.

Wie merkwürdig ist das: Schließt sich da auf lange Sicht ein Kreis? Wir wissen es nicht. Aber, muten uns nicht viele Welterklärungsversuche der vergangenen Jahrtausende als sehr vorläufig an? Ist ihr Wahrheitsanspruch nicht erschreckend naiv und das Kämpfen im Namen solcher Wahrheiten nicht sinnlos?

Die Zeit, die ist ein sonderbar Ding -- nicht nur die Zeit -- die ganze Welt, und unser Staunen darüber, darin besteht unser Glück. Aber die Zeit -- wie sagt die Marschallin im "Rosenkavalier": "Sie ist um uns herum, sie ist auch in uns drinnen -- manchmal hör' ich sie fließen, unaufhaltsam; aber man muss sich vor ihr nicht fürchten." Und indem ich die Marschallin sehr frei interpretiere, fahre ich fort: Denn auch die Zeit ist mit der Materie entstanden, die unsere Existenz, unser Empfinden und unser Glück erst ermöglicht.