

# Die Zeit in der Physik

Dr. Bernadette Schorn und Dr. Alexander Voigt  
RWTH Aachen, Sommerfeldstr. 14, 52074 Aachen

04.09.2017

Was ist Zeit? Für uns Menschen bestimmt die Zeit z.B. unseren Tagesablauf. Auch altern wir, je mehr Zeit vergeht. In der Physik nimmt die Zeit eine ähnliche Rolle ein: Die physikalischen Gesetze (Naturgesetze) beschreiben, wie sich physikalische Größen (z.B. Ort, Geschwindigkeit, kinetische Energie, elektromagnetische Feldstärke, ...) verändern, wenn sich die Zeit ändert. Ein Beispiel hierfür ist das zweite Newtonsche Gesetz:  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$  (Kraft ist gleich Masse mal Beschleunigung). Aus diesem Gesetz folgt z.B. auf welcher Bahn sich ein Ball bei einem Wurf von einem Punkt A zu einem Punkt B bewegt. Genauer: Es beschreibt die Veränderung des Ortes des Balls (der Ort ist hier die physikalische Größe) zwischen Punkt A und Punkt B, wenn sich die Zeit ändert.

Viele physikalische Gesetze – jedoch nicht alle! – wie z.B. die Newtonschen Gesetze, machen keine Aussage darüber, in welche „Richtung“ die Zeit verläuft. Aus physikalischer Sicht bedeutet dies, dass die durch diese Gesetze beschriebenen Prozesse (z.B. die Bewegung eines Balls bei einem Wurf von Punkt A zu Punkt B) im Prinzip auch in umgekehrter Richtung ablaufen könnten: Der Ball könnte von Punkt B geworfen werden und sich auf der gleichen Flugbahn von Punkt B zu Punkt A bewegen.

Auch wenn viele Prozesse in der Natur in unterschiedlicher Richtung ablaufen können, so ist dennoch in allen uns heute bekannten physikalischen Gesetzen die Kausalität aller Ereignisse immer gewährleistet. Das bedeutet, dass die Ursache eines Ereignisses zeitlich gesehen immer *vor* der Wirkung liegt, niemals danach. So auch im Falle des Ballwurfes: Wirft man den Ball von Punkt A zu Punkt B, dann wirft man ihn *zuerst* von Punkt A aus (Ursache), und er kommt *danach* am Punkt B an (Wirkung). Für den umgekehrten Prozess, d.h. der Wurf des Balls vom Punkt B zum Punkt A gilt ebenfalls die Kausalität: *Zuerst* wirft man den Ball von Punkt B los (Ursache) und *danach* kommt er am Punkt A an (Wirkung).

Eine Besonderheit in der Klassischen Physik ist ihr „deterministischer“ Charakter: Kennt man die genauen Anfangsbedingungen des physikalischen Systems (z.B. den Ort und die Geschwindigkeit des Balls zum Zeitpunkt des Abwurfs am Punkt A), dann lässt sich mit Hilfe der physikalischen Gesetze exakt vorhersagen, wie sich das physikalische System entwickelt (z.B. auf welcher Bahn sich der Ball von Punkt A zu Punkt B bewegt). Mit anderen Worten: Kennt man die genauen Anfangsbedingungen des Systems, so kann man exakt *vorhersagen*, welche Ereignisse eintreten werden.

In der Quantentheorie, einem Teilgebiet der Modernen Physik, ist meist nicht mit Sicherheit vorhersagbar, welche Ereignisse eintreten werden. Man kann lediglich Wahrscheinlichkeiten dafür angeben, dass ein bestimmtes Ereignis eintritt. Dieser „nicht-deterministische“ Charakter der Quantentheorie kann auf verschiedene Weise interpretiert werden: Eine mögliche Interpretation ist die sogenannte Kopenhagener Deutung, nach deren Ansicht der nicht-deterministische Charakter keine Unzulänglichkeit der Theorie ist, sondern die Vorgänge in der Natur *prinzipiell* nicht vorhersagbar sind. Eine andere Deutung der Quantentheorie bietet die sogenannte Viele-Welten-Interpretation: Gemäß dieser tritt jedes Ereignis, das möglich ist, auch tatsächlich ein, allerdings jedes in einer anderen „Welt“. Somit ergibt sich eine unendliche Zahl von „Welten“, und alles, was jemals hätte passieren können, ist auch passiert, jedoch in verschiedenen „Welten“. Unsere „Welt“ ist *eine* aus dieser Vielzahl und sie ist dadurch charakterisiert, welche Ereignisse für uns in der Vergangenheit eingetreten sind. Auch in der Viele-Welten-Interpretation ist in jeder „Welt“ für sich die Kausalität aller physikalischer Prozesse immer gewährleistet, d.h. die Ursache geschieht zeitlich gesehen immer *vor* der Wirkung. Würde man sich jedoch von einer „Welt“ in eine andere bewegen, so würde man eine „Welt“ vorfinden, in der verschiedene Ereignisse in der Vergangenheit anders abgelaufen sind. Sich von einer „Welt“ in eine andere zu bewegen, ist nach heutiger Ansicht jedoch unmöglich...