

Informationsblatt

## Das etwas andere Wissenschaftsglossar

*„Natürlich bilde ich mir nicht im Geringsten ein, über diese allgemeinen Dinge irgendetwas Neues oder auch nur Originelles sagen zu können.“  
Albert Einstein*

Dieses Glossar bietet Wissenswertes zu Begriffen aus der Welt der Physik, die eine Schlüsselrolle im Werk Einsteins einnehmen. Einsteins Standpunkte werden in diese Sammlung mit einbezogen und anschaulich erklärt.

### **Absolute Geschwindigkeit**

Geschwindigkeit, die immer gleich groß ist, unabhängig von dem Referenzsystem, in dem sie gemessen wird. Einstein machte die absolute Geschwindigkeit des Lichtes zur Grundlage seiner Speziellen Relativitätstheorie. Damit wurde die Idee einer „absoluten Ruhe“ (Stillstand von jedem Referenzsystem aus betrachtet) unhaltbar.

### **Absolute Zeit**

Ein universales Zeitmaß, das für alle Beobachter im Universum gleich ist, unabhängig von ihrer Bewegung. In der Newton'schen Mechanik spielt die absolute Zeit eine entscheidende Rolle – Einstein war der Erste, der gezeigt hat, dass auch die Zeit relativ zu einem Referenzpunkt verstanden werden muss.

### **Äther**

Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts nahm man an, dass der Äther als hypothetische Substanz alle Materie und den ganzen Raum durchdringt. Mithilfe der Licht-Äther-Hypothese wurde auch die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen erklärt. Theoretiker wie James Clerk Maxwell (1831-1879) waren fest davon überzeugt, dass der Äther als ein Stoff vorkommt, der sich in absoluter Ruhe befindet und alle anderen Gegenstände unsichtbar durchdringt. Einsteins Spezielle Relativitätstheorie verwarf den Äther als Bezugssystem und bezeichnete ihn als „metaphysische Spekulation“.

### **Atomuhr**

Präzisionsuhrwerk mit etwa einer Sekunde Abweichung in drei bis dreißig Millionen Jahren. Mit den Atomuhren gelang es, die von der Speziellen Relativitätstheorie vorhergesagten Effekte auf die Zeit experimentell zu bestätigen. Die erste Atomuhr wurde 1949 durch die Technik des amerikanischen Chemikers und Physikers Isidor Isaac Rabi in den USA gebaut. 1955 wurde die erste Cäsium-basierte Atomuhr vom National Laboratorium in Teddington, England, in Betrieb genommen.

### **Beschleunigung**

Beschleunigung ist das Maß der Geschwindigkeitsveränderung: Ein frei beweglicher Körper, der eine Kräfteinwirkung erfährt, vollführt eine beschleunigte Bewegung. Negative Beschleunigung wird auch Verzögerung (oder Bremsen) genannt.

### **Brown'sche Bewegung**

Der Botaniker Robert Brown beobachtete 1827 unter dem Mikroskop eine unregelmäßige Bewegung von Pollenkörnern. Zunächst lag der Vergleich mit der Wanderung von Samenfäden nahe. Dann bemerkte er dieses Phänomen jedoch auch bei kleinsten Partikeln der unbelebten Materie. Die Ursache von Bewegung ist somit physikalischer und nicht biologischer Natur und abhängig von der Temperatur.

### **Einheitliche Feldtheorie**

Diese Theorie versucht, alle Kraftfelder und die gesamte Materie des Universums in einer Formel, dem „vereinheitlichten Feld“ oder „einheitlichen Feld“, zusammenzufassen. Einstein sprach in den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts zuerst davon und versuchte fortan vergebens, sie zu formulieren.

### **Elektron**

Das leichteste elektrisch geladene stabile Elementarteilchen. *Elektron* (griech.) bedeutet Bernstein, denn an diesem wurde die Elektrizität erstmals beobachtet. Das Elektron und seine Eigenschaften in elektrischen und magnetischen Feldern sind bedeutend für die Entstehung der Relativitätstheorie.

### **Energie**

Der Begriff „Energie“ bezeichnet die Fähigkeit eines physikalischen Systems, Arbeit zu verrichten. Die erzeugte Energie kann dabei auf andere Körper übertragen werden. Einstein zeigte 1905 als Erster, dass Masse und Energie wesensgleich sind.

### **Entropie**

Maß für diejenige Energiemenge in einem System, die nicht für Arbeit verfügbar ist. Da Arbeit Ordnung voraussetzt, ist die Entropie also ein Maß für die Unordnung oder Zufälligkeit in einem System. Einstein beschäftigte sich schon in seinem ersten Artikel 1900 mit Entropie und ihrer übergeordneten Lehre, der Thermodynamik. Sein Hauptanliegen war es, auf atomarer Ebene eine Erklärung für gewisse Beobachtungen der Thermodynamik zu finden, etwa dass Wärme immer in Richtung auf einen kalten Gegenstand fließt und nie umgekehrt.

## **Gravitationstheorie**

Siehe Allgemeine Relativitätstheorie

## **Grundlagenforschung**

Die wissenschaftliche Aufstellung, Nachprüfung und Diskussion der Prinzipien der Naturwissenschaft, die durch keine praktische Anwendung motiviert sein muss. Einsteins Arbeit war rein theoretische Physik. Seine Theorien zeigen am besten, wie Grundlagenforschung nützlich werden kann, auch wenn zunächst keine praktischen Anwendungen abzuleiten sind.

## **Hawking-Strahlung**

Von Stephen W. Hawking 1974 entwickeltes System. Es besagt, dass um ein Schwarzes Loch herum Teilchen vorkommen, von denen ein Teil ins Unendliche entweichen kann. Für einen Beobachter, der weit vom Schwarzen Loch entfernt ist, sieht es aus, als sende das Schwarze Loch Strahlung aus. Einstein hat sich bis zum Ende seines Lebens gegen die Anwendung der Allgemeinen Relativitätstheorie auf extreme Gravitationssituationen um Schwarze Löcher herum gewehrt. Es sei nicht bewiesen, argumentierte er, dass die Relativitätstheorie in diesem Bereich noch Aussagekraft habe.

## **Inertialsystem**

In der Newton'schen Mechanik bleibt ein Körper in Ruhe oder er bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit, wenn keine äußere Kraft auf ihn einwirkt. Dies nennt man Inertialsystem. In der Speziellen Relativitätstheorie unterscheidet man nicht mehr zwischen ruhenden und gleichförmig bewegten Systemen. Hier sind alle gleichförmig, also sich mit konstanter Geschwindigkeit bewegende Systeme.

## **Klassische Mechanik**

Lehre von der Bewegung von Körpern und der Einwirkung von Kräften auf diese. Die Grundgesetze der Mechanik wurden von Galileo Galilei (1564-1642), Christiaan Huygens (1629-1695) und Isaac Newton (1643-1727) entwickelt. Bis in das 19. Jahrhundert nahm man an, dass sämtliche physikalischen Erscheinungen ihren Ursprung in mechanischen Vorgängen haben. Einsteins Relativitätstheorie zeigte, dass auf vielen Gebieten der Physik eigene Gesetzmäßigkeiten herrschen und dass die Mechanik in der Formulierung von Newton nur eine Annäherung für Systeme darstellt, in denen die Bewegungsgeschwindigkeit im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit extrem klein ist.

## **Lichtgeschwindigkeit**

Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes und anderer elektromagnetischer Wellen. Schon seit dem 17. Jahrhundert wusste man aus astronomischen Beobachtungen, dass Licht sich mit etwa 300.000 Kilometern pro Sekunde aus-

breitet. Heute wissen wir, dass die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum genau 299.792.458 Meter pro Sekunde beträgt. Einstein war der Erste, der die absolut gleich bleibende Lichtgeschwindigkeit zu einem theoretischen Konzept ausarbeitete. Die Lichtgeschwindigkeit ist darin von jedem Punkt aus betrachtet gleich, auch wenn dieser Punkt sich sehr schnell bewegt. Dies war eine der zwei fundamentalen Aussagen der Speziellen Relativitätstheorie, die Einstein 1905 formulierte. Da Raum und Zeit in der Relativitätstheorie variabel sind, wird die Lichtgeschwindigkeit die einzige absolute Einheit für den Raum.

### **Masse**

Grundgröße der Physik und Widerstand, den ein Körper leistet, wenn eine Kraft zur Veränderung seiner Geschwindigkeit auf ihn ausgeübt wird. In der klassischen Mechanik wird die Masse als invariant betrachtet, also als unabhängig von der Geschwindigkeit. Erst seit Einsteins Relativitätstheorie wird die Masse eines Körpers als nicht konstant angesehen.

### **Masse-Energie-Äquivalenz**

Eine der zwei zentralen Aussagen der Speziellen Relativitätstheorie: Wenn annähernd Lichtgeschwindigkeit erreicht wird, wird ein „Umrechnungsfaktor“ für Newtons Bewegungsgesetze benötigt. Dieser Faktor ist abhängig von der Geschwindigkeit der Masse. Das bedeutet, dass Masse und Energie wesensgleich sind. Die Masse eines Körpers ist ein Maß für dessen Energieinhalt. Einstein konnte beweisen, dass Energie gleich Masse mal Quadrat der Lichtgeschwindigkeit sein muss ( $E = mc^2$ ).

### **Mathematismus**

Einstein experimentierte nicht im Labor, sondern in erster Linie in seinen Gedanken. Diese Herangehensweise wird auch als „Mathematismus“ bezeichnet und wurde von Kollegen wie Johannes Stark und Philipp Lenard kritisiert: Mathematismus sowie allgemeine „Verwestlichungs“- und Liberalisierungstendenzen seien schuld an der „Relativierung“ und damit Verwischung in der Physik. Einstein sei in diesem Zusammenhang ein Repräsentant „jüdischen Denkens“.

### **Naturkonstante**

Quantität, deren numerischer Wert sich nicht ändert, da ihr eine konstante Größe zugeschrieben wird. Das Planck'sche Wirkungsquantum, die Lichtgeschwindigkeit, die Elementarladung und die Masse eines einzigen Elektrons oder Protons sind beispielsweise Naturkonstanten.

### **Objektive Realität**

Auffassung, wonach es hinter den einzelnen Beobachtungen ein tiefer liegendes theoretisches Gerüst geben muss, woraus die einzelnen Phänomene un-

abhängig von ihrem Zustand erklärt werden können. Einstein war nach 1933 praktisch der einzige Physiker, der noch an einer objektiven Realität festhielt – seine Kollegen waren auf der Seite der Quantentheorie, in der die einzelne Phänomene ohne tiefer liegendes theoretisches Gerüst beschrieben werden.

### **Photon**

Kleinster Baustein elektromagnetischer Strahlung und somit auch des Lichts. Licht wurde von Einstein 1905 in seiner Publikation zum Photoelektrischen Effekt als aus Lichtquanten mit Partikeleigenschaften bestehend eingeführt. Es gab lange Zeit Widerstand gegen die Idee der Lichtteilchen, vor allem von dem dänischen Physiker Niels Bohr. Als experimentell gezeigt wurde, dass Licht mit Elektronen zerstreut werden kann, galt Einsteins Hypothese als bewiesen.

### **Quantentheorie**

Physikalische Theorie, die zwischen 1900 und 1930 entwickelt wurde. Sie erklärt und quantifiziert Effekte mikroskopischer Objekte auf eine Art, die mit der klassischen Newton'schen Physik und ihrem Ideal einer vollständigen, deterministischen Beschreibung aller Objekte in Raum und Zeit radikal bricht. Einstein war selbst an ihrer theoretischen Entwicklung beteiligt.

### **Relativitätsprinzip**

Das Prinzip der Relativität wird in der klassischen Mechanik schon sehr lange benutzt, vor allem von Galilei Galileo und Christiaan Huygens, die damit im 17. Jahrhundert die Kollisionsregeln etwa von Billardkugeln berechneten. Das Prinzip besagt, dass die Naturgesetze unabhängig vom Bewegungszustand des Bezugskörpers sind. Im 19. Jahrhundert stellte sich heraus, dass das Relativitätsprinzip für die Maxwell'schen Gleichungen nicht gilt, weil sich elektromagnetische Wellen mit einer absolut konstanten Geschwindigkeit ausbreiten. Einsteins Relativitätstheorie vereint das Relativitätsprinzip aus der klassischen Mechanik mit den Maxwell'schen Gleichungen.

### **Relativitätstheorie, Allgemeine**

Die Allgemeine Relativitätstheorie beschreibt die Gravitationskraft als geometrische Veränderung der Struktur der Raumzeit. Sie geht davon aus, dass eine Masse dabei die Raumzeit in ihrer Umgebung krümmt. Ein Gegenstand, auf den keinerlei Kraft ausgeübt wird, bewegt sich zwischen zwei Stellen in der Raumzeit stets entlang dem geradlinigen Weg. Die Allgemeine Relativitätstheorie geometrisiert also die Gravitationskraft; was wir Gravitation nennen, ist eine Krümmung der Raumzeit. Einstein formuliert die Allgemeine Relativitätstheorie in den Jahren 1907-1915.

### **Relativitätstheorie, Spezielle**

Einsteins berühmteste Theorie, die er 1905 formulierte. Sie besagt, dass die Struktur von Raum und Zeit nicht überall gleich ist, sondern abhängig vom Standpunkt des Beobachters variiert. Zwei Annahmen sind dabei essenziell: 1. Der absolute Raum wird durch einen von den Bewegungen des Bezugskörpers abhängigen Raum ersetzt, die absolute Zeit durch eine Zeit, die relativ zur Bewegung ist. Die Naturgesetze sind dabei unabhängig vom Bewegungszustand des Bezugskörpers (Relativitätsprinzip). 2. Die Lichtgeschwindigkeit hat hingegen immer denselben Wert, unabhängig vom Bezugssystem.

### **Statistische Mechanik**

Wenn Systeme vieler mikroskopischer Teilchen (im Allgemeinen Atome, Moleküle, Elementarteilchen) betrachtet werden, kann man unter Anwendung statistischer Methoden Aussagen über das makroskopische Verhalten des Systems machen. In der Statistischen Mechanik werden nicht mehr die einzelnen Teilchen beschrieben, sondern die Wahrscheinlichkeit, mit der sie sich in einem bestimmten mikroskopischen Zustand befinden.

Einsteins Gedanken haben sich bis 1905 stark innerhalb der Statistischen Mechanik abgespielt. Er führte neue Konzepte und Ideen ein und wusste die Statistische Mechanik für die Teilchenphysik zu verwenden.

### **Thermodynamik**

Systematische Theorie über das Verhältnis zwischen Wärme, Arbeit, Energie und Temperatur. Die Thermodynamik ist ein Teilgebiet der klassischen Physik und entstand im Verlauf des 19. Jahrhunderts. Sie erwies sich als vielseitig anwendbar in Chemie, Biologie und Technik. Einstein hat sich intensiv mit der Thermodynamik beschäftigt.

1924 beschrieb er zusammen mit Satyendra Nath Bose, wie sich Atome nah am absoluten Nullpunkt verhalten. Der neuartige physikalische Zustand wird „Bose-Einstein-Kondensat“ genannt.

### **Ursache-Wirkung-Prinzip**

Eine Ursache ist eine objektive Größe, die eine Wirkung erzeugt. Die klassische Mechanik erkennt nur eine Abfolge von Zuständen an, wobei das Vorhergehende als die Ursache des Folgenden aufgefasst wird. In der Quantentheorie hingegen wird das Ursache-Wirkung-Prinzip umgedreht. Ein Quant kann gleichzeitig verschiedene Eigenschaften haben oder an unterschiedlichen Orten gleichzeitig auftreten. Das Einzelereignis ist keine Abfolge von Ursache und Wirkung. Man kann nur Aussagen über Wahrscheinlichkeiten machen. Einstein konnte sich nicht mit dem Wahrscheinlichkeitsdenken der Quantentheorie anfreunden. Er war der Auffassung, dass es letztlich ein Ursache-Wirkung-Prinzip geben müsse, da „Gott nicht würfelt“.

## **Vakuum**

Beschreibt im strengen Wortsinn einen leeren Raum, in dem keine Teilchen vorhanden sind. In den Überlegungen der Quantenfeldtheorie und der Allgemeinen Relativitätstheorie ist die Idee des Vakuums letztlich nicht verstanden.

## **Wellenmechanik**

Einstein brachte 1905 die Welt in Aufruhr, als er zeigte, dass Licht Teilcheneigenschaften hat. Für diese Arbeit erhielt er 1921 den Nobelpreis. Aber wie sind die Teilcheneigenschaften mit den Welleneigenschaften von Licht zu vereinbaren? Um 1920 herum gab es die ersten Erklärungsversuche, denen zufolge Teilchen auch Welleneigenschaften besitzen. Erwin Schrödinger und Max Born brachten mit der Wellenmechanik die richtige physikalische Deutung für die Doppelleigenschaft von Teilchen.

## **Zeitdilatation**

Das Phänomen, dass eine sich bewegende Uhr im Verhältnis zu einer still stehenden Uhr nachgeht. Die Veränderung hängt von der Geschwindigkeit ab. Ist diese im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit klein, macht sich der Effekt nicht bemerkbar. Die Zeitdilatation hat Einstein zum ersten Mal 1905 in seiner Arbeit über die Relativitätstheorie beschrieben. Erst 1971 wurde der Effekt mit Atomuhren experimentell nachgewiesen.

**Abdruck honorarfrei, Belegexemplar erbeten.**

**Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an:**

### **Agentur Einsteinjahr 2005**

Susanne Kumar-Sinner  
Neue Schönhauser Straße 3-5  
10178 Berlin  
Tel.: 030 / 590 04 33 - 11  
Fax: 030 / 590 04 33 - 51  
E-Mail: kumar@einsteinjahr.de  
www.einsteinjahr.de

Astrid Seidel  
Neue Schönhauser Straße 3-5  
10178 Berlin  
Tel.: 030 / 590 04 33 - 54  
Fax: 030 / 590 04 33 - 51  
E-Mail: seidel@einsteinjahr.de  
www.einsteinjahr.de