

E = mc² – die berühmteste Formel aller Zeiten

Der Ulmer Physiker Frank Steiner beschreibt die Relativitätstheorie

Albert Einstein wird in der breiten Öffentlichkeit fast nur mit der Relativitätstheorie in Verbindung gebracht. Bereits in den zwanziger Jahren war die Redewendung „Alles ist relativ“ in Mode gekommen. Es muss jedoch daran erinnert werden, dass Einstein nicht nur der Schöpfer der Speziellen und Allgemeinen Relativitätstheorie ist, sondern dass er auch mit seinen bahnbrechenden Arbeiten über das Licht, die Atome und Quanten unser modernes Weltbild revolutioniert hat. Die moderne Atom- und Molekülphysik wie auch die mathematische Wahrscheinlichkeitstheorie sind ohne Einsteins wegweisende Arbeiten undenkbar.

So erhielt Einstein den Nobelpreis für Physik 1922 nicht für die Relativitätstheorie, sondern für seine Arbeit von 1905 über die Lichtquanten (Photonen) und die Erklärung des fotoelektrischen Effekts.

Im Jahr 1905, das als Annus mirabilis, das Wunderjahr Albert Einsteins bezeichnet wird, verfasste der unbekannte, erst 26-jährige „Experte III. Klasse“ im Patentamt in Bern fünf Arbeiten, wovon die erste die bereits erwähnte Lichtquantenhypothese enthält, die vierte die Grundlagen der Speziellen Relativitätstheorie und die letzte die berühmte Formel $E = mc^2$.

Seit Newton hatte man geglaubt, dass es in allen Bezugssystemen ein und dieselbe absolute und universelle Zeit gibt – für einen Menschen auf der Erde ebenso wie für einen Menschen in einer sich schnell bewegenden Rakete. Einstein fragte sich, was es bedeutet, wenn man sagt, zwei Ereignisse, die in zwei sich relativ (!) zueinander bewegten Systemen stattfinden, geschähen gleichzei-

tig. In der Folge gelangte er zu einem neuen Zeitbegriff: Jedes der beiden Systeme führt seine eigene Zeit mit sich. Ausgehend von seiner Definition der Zeit stellte Einstein unter anderem eine neue Theorie der Mechanik auf, die die klassische Mechanik von Newton ersetzte. Die zum Teil paradox anmutenden und unserer alltäglichen Erfahrung scheinbar widersprechenden Voraussetzungen der Theorie wurden seitdem millionenfach experimentell bestätigt. Heute zählt die Spezielle Relativitätstheorie zum festen Bestand der modernen Physik, ohne die etwa die Raumfahrt und die Satellitentechnik nicht funktionieren würden.

Das GPS-System würde es ohne Einstein nicht geben

Einsteins fünfte Arbeit aus dem Wunderjahr 1905 ist nur drei Seiten lang. In ihr leitet Einstein elegant und nur in wenigen Zeilen die Formel $E = mc^2$ her, die berühmteste Formel aller Zeiten, „wonach die Masse (m) direkt ein Maß für die im Körper enthaltene Energie (E) ist“. (c bedeutet die Lichtgeschwindigkeit.) Die Einsteinsche Formel erklärt die radioaktiven Zerfälle, die Bindungsenergie der Atomkerne und die Kernfusion in der Sonne.

Bereits 1907, als die meisten Physiker noch an der Speziellen Relativitätstheorie zu „knacken“ hatten, kam Einstein die erste Idee einer noch radikaleren Verallgemeinerung. Doch erst 1915, nach großer Anstrengung und zahlreichen Fehlschlägen, gelang Einstein die Vollendung der Allgemeinen Relativitätstheorie, die ihn wenige Jahre spä-

ter zum berühmtesten Wissenschaftler aller Zeiten machte und die als Einsteins größte Leistung auch heute noch angesehen wird. Sie ist eine fundamentale Theorie von Raum und Zeit, in der die Schwerkraft (Gravitation) eine Folge der Krümmung des Raumes ist, und führt zu einer Abänderung des Newtonschen Gravitationsgesetzes.

So konnte Einstein zum Beispiel die Ablenkung des Lichts in der Nähe sehr großer Massen, wie unserer Sonne voraussagen. Nachdem die Lichtablenkung an der Sonne 1919 experimentell in Übereinstimmung mit Einsteins Theorie nachgewiesen worden war, wurde Einstein zur Weltberühmtheit.

Die Theorie sagt auch die Existenz Schwarzer Löcher voraus. Jüngst gelang es, durch hochauflösende Messungen im Infrarot- und Radiobereich im Zentrum unserer Milchstraße ein Schwarzes Loch nachzuweisen. Die Allgemeine Relativitätstheorie liefert auch die Gesetze der Kosmologie, die die zeitliche Evolution unseres Universums vom Urknall bis heute beschreiben. Sie wird technisch im globalen Positionierungssystem (GPS) angewandt, das ohne Einsteins Theorie nicht funktionieren würde.

Die Relativitätstheorien Einsteins haben auch die Philosophie des 20. Jahrhunderts entscheidend beeinflusst und dadurch Einstein zu einem der bedeutendsten Wissenschaftler und Denker aller Zeiten gemacht.

★

Professor Dr. Frank Steiner leitet die Abteilung Theoretische Physik an der Universität Ulm. Diesen Beitrag verfasste er exklusiv für unsere Zeitung: