

Der Tagesspiegel 19.12.2019

## Das ungelöste Rätsel der Existenz

# Vom Nichts und dem Ursprung von allem

Im Urknall entstanden Materie und Anti-Materie – und beides löschte sich gegenseitig aus. Aber warum gibt es dann überhaupt irgendetwas im Kosmos? Von [Otto Wöhrbach](#)



Im Urknall entstanden Materie und Anti-Materie – also auch Sterne und Anti-Sterne, Galaxien (hier Messier 51) und Anti-Galaxien?

Foto: Hubble-Teleskop/Nasa; Positiv/Negativ-Montage: Tsp

Für den Philosophen Martin Heidegger war es die radikalste aller Fragen: „[Warum ist überhaupt Seiendes und nicht vielmehr Nichts?](#)“ Die Antwort der Naturwissenschaftler lautet: „Weil es den [Urknall](#) gegeben hat.“ Doch genau genommen erklärt die „Urknall-Theorie“ nicht die Entstehung des Kosmos selber. Sondern sie beschreibt seine Entwicklung nach dem Urknall.

Warum diese Geschichte aber überhaupt beginnen konnte, warum also aus einem „Nichts“ in einem Urknall-Paukenschlag ein „Universum“ entstanden ist – an diesem Geburtsgeheimnis des Kosmos knobeln die Astronomen nach wie vor.

### Wie kann „etwas“ aus „nichts“ entstehen?

Und das nächste Rätsel folgt sogleich: Warum konnte die Geschichte des Kosmos nach ihrem mysteriösen Beginn überhaupt weitergehen? Denn was immer sich damals ereignet haben mochte, eine [Entstehung aus dem „Nichts“](#) konnte gemäß den Erhaltungssätzen der Natur nur ein materielles Nullsummenspiel in Gang gesetzt haben: Mit jedem Elementarteilchen musste sich gleichzeitig auch sein Anti-Teilchen gebildet haben – zu jedem Proton ein Anti-Proton, zu jedem Elektron ein Anti-Elektron, usw.

Die Teilchen der Materie und der Anti-Materie unterscheiden sich im Wesentlichen nur dadurch voneinander, dass ihre elektrischen Ladungen entgegengesetzt gepolt sind. Begegnen sich jedoch ein Teilchen und sein Anti-Teilchen, vernichten sie sich gegenseitig und zerstrahlen. Da staunt nicht nur der Laie, sondern auch der Astronom wundert sich:

Wenn durch den Kosmos nach seiner Urknall-Geburt tatsächlich gleich viele Teilchen wie Anti-Teilchen geschwirrt wären, wäre seine Geschichte schnell wieder zu Ende gewesen.

Materie und Antimaterie hätten sich gegenseitig wieder ausgelöscht. Übrig geblieben wäre ein langweiliges Weltall voller Strahlung, aber ohne jegliche Materie. Zweifellos jedoch gibt es heute Sterne und Planeten und Lebewesen aus Fleisch und Blut. Aber könnte nicht ein Teil dieser Materie in Wahrheit Anti-Materie sein? Leuchten vielleicht im Kosmos auch Anti-Sterne, um die sich Anti-Planeten drehen, auf denen vielleicht sogar Anti-Außerirdische leben?

### **Nur weil der Kosmos zu Beginn Symmetrien verletzte, gibt es ihn**

Guter Stoff für Science-Fiction-Geschichten – doch bis jetzt gibt es keinen Hinweis darauf, dass es irgendwo im Weltall noch nennenswerte Mengen von Anti-Materie gibt. Warum also ist im Weltall offenbar nur Materie übrig geblieben, während die zunächst in gleichen Mengen vorhandene Anti-Materie ausgelöscht wurde?

Der sowjetische Atomphysiker, Menschenrechtler und Friedensnobelpreisträger Andrej Sacharow lieferte 1967 als Erster eine mögliche Antwort: Die Quantenwelt der Elementarteilchen ist vielleicht doch nicht völlig symmetrisch aufgebaut. So könnten zum Beispiel manche Teilchen und ihre Anti-Teilchen ganz gegen alle Erwartungen unterschiedlichen Gesetzen gehorchen, wenn man sich ihr Verhalten in einem Spiegel anschaut.

Solche Symmetrieverletzungen hätten die ursprüngliche Gleichberechtigung von Materie und Anti-Materie im jungen Weltall rasch beendet. Im Teilchen-Tohuwabohu aus zerfallenden, sich ineinander umwandelnden und neu bildenden Teilchen und Anti-Teilchen wären unter dem Strich etwas mehr Teilchen der Sorte „Baryon“ entstanden als Teilchen der Sorte „Anti-Baryon“.

Damit aber wäre das Schicksal der zahlenmäßig unterlegenen Anti-Baryonen besiegelt gewesen: Alle entstandenen Anti-Baryonen und die entsprechende Teilmenge an Baryonen hätten sich gegenseitig vernichtet und in Strahlung verwandelt. Diese Strahlung müsste den Kosmos heute noch durchfluten.

Und tatsächlich: 1964 wurde eine solche Strahlung zufällig von den beiden US-amerikanischen Physikern Arno Penzias und Robert Wilson entdeckt. Nach wie vor füllt sie als „kosmische Hintergrundstrahlung“ jeden Kubikzentimeter des riesigen Weltalls mit rund 400 Photonen. Diese Photonenfülle lässt das ganze Ausmaß erahnen, in dem sich die gesamte Anti-Materie und fast alle Materie bis auf ihren kleinen Überschuss bereits kurz nach ihrer Entstehung wieder gegenseitig ausgelöscht haben mussten. en.

### **Mesonen bergen das Geheimnis um den Ursprung des Universums**

Die Symmetrieverletzungen der Teilchenprozesse während der ersten Sekundenbruchteile des Kosmos hatten offenbar nur zu einer winzigen Überzahl von Baryonen geführt; unter jeweils Milliarden von Baryonen und Anti-Baryonen, die sich gegenseitig auslöschten, konnten jeweils nur ganz wenige überzählige Baryonen der Vernichtung entgehen. Doch dieser kleine Überrest wurde zum Baustoff für die weitere Entwicklung des Kosmos, für Sterne, Planeten, Lebewesen.

Verdanken wir unsere materielle Existenz also Symmetrieverletzungen in der merkwürdigen Quantenwelt der Elementarteilchen während der allerersten Momente des Kosmos? Schon möglich: Die Quantenphysiker konnten tatsächlich bereits einige Teilchen aufspüren, deren Anti-Teilchen sich nicht wie exakte Spiegelbilder verhalten. Die berühmtesten solcher Symmetriebrecher sind die [Mesonen](#).

Mesonen sind subatomare Teilchen, die in Teilchenbeschleunigern erzeugt werden können und rasch wieder zerfallen. Schon 1964 entdeckten die US-amerikanischen Physiker James Cronin und Val Fitch beim Zerfall von K-Mesonen eine unerwartete Unregelmäßigkeit. Der Theorie zufolge sollten bestimmte K-Mesonen in drei leichtere Teilchen, [Pionen](#), zerfallen. Doch bei Experimenten am National Laboratory in Brookhaven zerfielen manche dieser K-Mesonen nur in zwei Pionen.

Dieses überraschende Zerfallsergebnis aber zeigte genau eine jener Symmetrieverletzungen an, bei denen laut Andrej Sacharow mehr Materie entstehen konnte als Anti-Materie. Mittlerweile haben die Elementarteilchenphysiker ähnliche Symmetrieverletzungen auch bei Zerfällen von B-Mesonen und D-Mesonen festgestellt. Trotzdem reichen die bis jetzt gefundenen Symmetriebrüche bei Weitem nicht aus, um den Überschuss an Materie zu erklären, der seiner Auslöschung durch Anti-Materie entgehen konnte. Die Materiemengen, die man heute im Weltall vorfindet, verdichtet in Sternen und Planeten und locker verteilt in Gas- und Staubwolken, sind dafür viel zu groß.

Neben diesem ungelösten Rätsel des Sieges der Materie über die Anti-Materie stehen die Physiker vor einem weiteren Materierätsel. Es heißt „Dunkle Materie“. Der Name entspricht dem aktuellen Kenntnisstand: Niemand hat bis jetzt Dunkle Materie direkt gesehen. Sie verrät sich nur durch ihre Anziehungskraft, ihre Gravitation. Um alle im Kosmos beobachteten Bewegungen erklären zu können – zum Beispiel die Bewegungen der Sterne in Galaxien –, muss zusätzlich zur „normalen“ Materie fünf Mal mehr Dunkle Materie durch den Kosmos treiben und ihre Gravitation entfalten.

### **Am CERN werden Teilchen jahrelang in Fallen gesperrt**

Und hier kommt der Experimentalphysiker Stefan Ulmer ins Spiel. Vielleicht – so seine überraschende Idee – hat das Rätsel der verschwundenen Anti-Materie etwas zu tun mit der Dunklen Materie. Ulmer leitet das Projekt „BASE“, das Baryon-Antibaryon-Symmetrie-Experiment am CERN bei Genf, der weltweit größten Forschungseinrichtung für Teilchenphysik. Mit dabei in seiner Forschungsgruppe sind Wissenschaftler vom Helmholtz-Institut der Universität Mainz.

Die Objekte ihrer Neugier sind dabei die Atomkerne des Wasserstoffs und ihre Anti-Teilchen; in der Fachsprache heißen sie „Protonen“ und „Anti-Protonen“. Da es in unserer Welt – zum Glück! – offenbar keine Anti-Protonen mehr gibt, müssen sie künstlich erzeugt werden. In der „Anti-Materie-Fabrik“ des CERN ist dies heutzutage geradezu Alltagsgeschäft geworden. Nachdem die Anti-Protonen dort mithilfe eines Teilchenbeschleunigers erst einmal erzeugt wurden, müssen sie anschließend wieder auf etwa ein Zehntel der Lichtgeschwindigkeit abgebremst werden. Dies geschieht in den magnetischen und elektrischen Feldern eines Teilchenentschleunigers.

Danach können sie zu den einzelnen Experimenten geleitet werden. Zum Beispiel in die „Penning-Fallen“ des Projekts BASE, benannt nach dem holländischen Physiker Frans

Penning, der das Prinzip der Fallen schon 1936 beschrieb: Durch eine geschickte Kombination von elektrischen und magnetischen Feldern hindern sie geladene Teilchen am Entkommen.

Stefan Ulmer und seine Forschungskollegen sperren also Anti-Protonen in Penning-Fallen ein und vermessen ihre Eigenschaften. Jahrelang, wenn es sein muss. Ein Weltrekord. Zeit genug, um „mit unschuldiger Neugier auch einmal dort nachzuschauen, wo bisher niemand gesucht hat“, wie Ulmer dem Tagesspiegel erklärte: Sind Anti-Protonen vielleicht gleichsam Antennen, die Signale der [Dunklen Materie](#) auffangen können? Die meisten Physiker vermuten, dass Dunkle Materie aus noch unbekanntem Elementarteilchen besteht.

### **Verrät ein hypothetisches Teilchen die Existenz der Anti-Materie?**

Einer der aussichtsreichsten Partikelkandidaten ist ein hypothetisches Teilchen namens „Axion“. Sollte es diese Teilchen tatsächlich geben, dann könnten sie vielleicht – vielleicht ! – mit Anti-Protonen wechselwirken. Axionen könnten die rotierenden Anti-Protonen ein bisschen zum Taumeln bringen. Ähnlich wie ein Spielzeugkreisel ins Taumeln gerät, wenn man ihn anstößt. Und wie haben sich die Anti-Protonen in den Penning-Fallen tatsächlich verhalten? Zeigten sich

irgendwelche Unregelmäßigkeiten bei ihrer Rotation, ihrem sogenannten „Spin“?

Im Fachblatt „Nature“ haben Ulmer und seine Kollegen das Ergebnis ihrer Experimente veröffentlicht, für den Tagesspiegel fasst es der Forscher so zusammen: „Wir haben nach solchen Signaturen gesucht, aber keine Überraschungen gefunden.“ Zwar wäre es „eine super Sache“ gewesen. Denn ein positives Versuchsergebnis hätte vielleicht gleich zwei der größten aktuellen Rätsel der modernen Physik lösen können: Es gibt tatsächlich Axionen als Teilchen der Dunklen Materie. Und zudem hätte eine unerwartet große Wechselwirkung der Axionen mit Anti-Materie vielleicht erklären können, warum unsere Welt heute aus Materie besteht.

Aber Stefan Ulmer und seine Kollegen geben nicht auf: „Wir entwickeln derzeit ein Experiment, das um den Faktor 10 genauer und mit größerer Detektionsbandbreite messen wird.“ Immerhin könnten die Forscher dabei dem Materierätsel unserer Existenz auf die Spur kommen. Denn noch immer wissen wir nicht, warum die Geschichte des Kosmos zum Glück anders verlaufen ist, als Mephistopheles in Goethes Faust es sich wünschte: „Denn alles, was entsteht, ist wert, dass es zugrunde geht; drum besser wär's, dass nichts entstünde.“