

1

Antimaterie: Tatsachen oder Hirngespinnste?

„Was geschieht, wenn die unwiderstehliche Kraft auf das Unbewegliche wirkt?“ Wenn es um die Geheimnisse des Universums ging, nahm mein Vater keine großen Umwege. Und ebenso wie Isaac Newton mit keinem seiner Bewegungsgesetze zufrieden war oder Beethoven mit keiner seiner Symphonien, hatte auch mein Vater weit mehr als nur eine Frage: „Wie kann man eine Substanz aufbewahren, die alles zerstört, mit der sie in Berührung kommt?“

Der Gedanke, es könnte etwas geben, das jede Wand eines möglichen Behälters zerstört, führt zu beängstigenden Vorstellungen: Wie geht es weiter? Nachdem das Verlies gesprengt wurde und die Substanz entwichen und frei ist, kann sie ihre gesamte Umgebung vernichten. Alles, was sich ihr in den Weg stellt, gehört dann der Vergangenheit an, wir Menschen eingeschlossen. Das wäre eine wirklich unwiderstehliche Kraft, der Stoff für Albträume und Horrorvorstellungen.

Ich entschied mich damals für eine klare Antwort: So etwas gibt es nicht! Seine Fragen bezogen sich auf Hirngespinnste. Doch ich hatte mich geirrt.

Unwiderstehliche Kräfte, die auf unbewegliche Gegenstände treffen – das sind Fiktionen, die auf der Idee des

Unendlichen beruhen. Die Philosophen mögen sich mit den Paradoxa herumschlagen, auf die man vielleicht stößt, wenn man über zwei entgegengesetzt wirkende Unendlichkeiten nachdenkt. Letztendlich entscheidet, welche Unendlichkeit „die größere ist“. Doch die alles verschlingende Substanz, die sogenannte Antimaterie, ist neben ihrer Beliebtheit bei Science-Fiction-Autoren auch ein Teil unserer Wirklichkeit, mit teilweise weitreichenden Folgen.

Antimaterie ist ein gespiegelter Schatten der gewöhnlichen Materie. Bei ihr wird aus links rechts und aus positiv negativ. Komplementär wie eine Form und ihr Abdruck sind Materie und Antimaterie das Yin und Yang der Realität. Wenn ein Kind am Strand in den flachen Sand ein Loch buddelt, um eine Sandburg zu bauen, dann ist die Burg eine Metapher für die Materie, und das Loch für die Antimaterie.

Würde irgendein Körper aus gewöhnlicher Materie auf seinen Doppelgänger aus Antimaterie treffen, würden sich ihre komplementären Eigenschaften gegenseitig in einem kurzen Todestanz aufheben. Die Fähigkeit der Antimaterie, jede gewöhnliche Materie in einem Lichtblitz zu zerstören, macht sie so faszinierend. Antimaterie ist wahrhaft Anti-Materie.

Vor 80 Jahren wurde die mögliche Existenz dieser eigenartigen Substanzform zum ersten Mal in Erwägung gezogen, und wenige Jahre später wurde das erste Exemplar, das sogenannte „Positron“, zum ersten Mal gesehen.

Es gibt uns immer noch, denn zum Glück ist Antimaterie außerordentlich selten. Praktisch gibt es sie überhaupt nicht, und wenn tatsächlich einmal ein Stück Antimaterie ein anderes Stück gewöhnlicher Materie

vernichtet, dann wird es dabei auch selbst zerstört. Jenes winzige Teilchen aus Antimaterie, das damals zum ersten Mal beobachtet wurde, existiert schon lange nicht mehr; es traf auf ein Elektron in einem Atom, und beide haben sich gegenseitig annihiliert*. Soweit wir heute wissen, gibt es im gesamten Universum nahezu ausschließlich gewöhnliche Materie und praktisch keine Antimaterie. Es scheint, als ob die Vernichtung der Antimaterie einer der ersten Prozesse unmittelbar nach dem Big Bang (Urknall) war. Der materielle Teil des heutigen Universums ist der Überrest einer „Großen Annihilation“ zwischen Materie und Antimaterie, und die dabei entstandene elektromagnetische Strahlung bildet heute den „Mikrowellenhintergrund“, der den Kosmos seit diesem gewaltigen Ereignis vor rund vierzehn Milliarden Jahren durchdringt. Die böse Hexe ist tot; die Materie hat gewonnen. Im Gleichgewicht der Unendlichkeiten von Materie und Antimaterie hatte die Materie die etwas größere Unendlichkeit.

Doch was würde passieren, wenn irgendwo in den unvorstellbaren Weiten unseres Universums doch noch Antimaterie überdauert hat und wir bei unseren Erkundungen des Weltraums auf sie stoßen sollten, oder wenn sie plötzlich in der kosmischen Strahlung vom Himmel auf uns herabregnen sollte? Ein Gesteinsbrocken aus Antimaterie von der Größe eines gewöhnlichen Kofferraums könnte eine Explosion verursachen, die auf der ganzen Welt sichtbar wäre. Sollte sich so etwas irgendwann ereignen, wäre die Antimaterie tatsächlich ein Beispiel für das,

* Annihilation: Teilchen-Antiteilchen-Vernichtungsreaktion

was meinem Vater vorgeschwebt haben könnte. Doch zum Glück hätte diese Form der Antimaterie nicht die erschreckende Eigenschaft aus meinen Phantasien, sich wie eine alles erobernde Armee auszubreiten und alles zu vernichten. Antimaterie kann gewöhnliche Materie zerstören, das ist wahr, doch sie zerstört sich dabei auch selbst. Sie ist wie ein bösartiger Krebs, der sich selbst vernichtet, indem er den Körper seines Wirts zerstört. Für jedes Stück Materie in unserer Welt, das durch Antimaterie annihiliert wird, verschwindet auch die gleiche Menge an Antimaterie. Das Ergebnis ist ein Blitz aus hochenergetischer Strahlung, Gammastrahlung, der sich mit Lichtgeschwindigkeit vom Schauplatz des Geschehens entfernt, doch gleichzeitig ist damit auch die Bedrohung durch die Antimaterie verschwunden. Antimaterie kann nicht überleben, zumindest nicht in unserem Teil des Universums. Sie wurde vor langer Zeit durch die siegreiche Materie vernichtet.

Antimaterie hat nicht die Eigenschaften von „Ice-Nine“, der fiktiven Form von Wasser aus dem Roman *Katzenwiege* von Kurt Vonnegut. Jede Berührung von Ice-Nine mit einer gewöhnlichen Flüssigkeit verwandelt diese in einen gefrorenen, festen Körper. Zunächst sind es nur einige kleine Wasserlachen, dann Flüsse und Ströme und schließlich die Weltmeere; und in einem „großen Vvraoomph“ wird die Erde vernichtet. Die Reichweite von Antimaterie ist begrenzt. Trotzdem entsteht bei der Berührung mit gewöhnlicher Materie und der anschließenden Zerstörung mehr Energie als bei irgendeinem anderen bekannten Prozess.

Wurde die Erde schon einmal von Antimaterie getroffen?

Gäbe es irgendwo in unserem Universum Antimaterie, wäre es nicht ausgeschlossen, dass gelegentlich etwas davon auf die Erde trifft. Sollte das in den vier Milliarden Jahren, seit es unsere Erde gibt, der Fall gewesen sein, würden wir heute kaum noch etwas davon merken. Meteoriten hinterlassen Krater, in deren Umgebung man noch lange danach Spuren von extraterrestrischem Material finden kann. Doch Antimaterie wäre in einem gigantischen Lichtblitz einfach verpufft. Der einzige Anhaltspunkt für einen Antimaterieeinschlag auf der Erde wäre die dadurch ausgelöste Explosion, und abgesehen von den letzten Millionen Jahren hätte diese von niemandem beobachtet werden können. Allerdings fand vor gut einhundert Jahren, im Juni 1908, ein Ereignis statt, dessen Zusammenhänge nie vollständig geklärt werden konnten, und manche Menschen sind überzeugt, es handele sich um das jüngste Beispiel einer Kollision mit extraterrestrischer Antimaterie.

Einige tausend Kilometer östlich von Moskau gibt es ein sehr dünn besiedeltes Gebiet, das sich vom Nordpolarmeer bis zur Mongolei im Süden und vom Ural bis zur Mandschurei erstreckt und dessen Fläche die von Westeuropa bei weitem übersteigt. Tief im Herzen dieses einsamen Kontinents befindet sich das versteckte Tal des Tunguska-Flusses, benannt nach dem Volk der Tungusen, einer kleinen ethnischen Gruppe, die bis heute von der Bären- und Hochwildjagd lebt und in deren Wäldern im Sommer die Rentiere zwischen den Fichten grasen.

Der 30. Juni 1908 begann wolkenfrei und sonnig. Gegen acht Uhr morgens saß der Bauer Sergei Semenov auf den Stufen seines Hauses, als sich am Himmel eine gewaltige Explosion ereignete. Später berichtete er gegenüber Wissenschaftlern von einem Feuerball, der so groß und hell war, dass sogar das Licht der Sonne dagegen dunkel erschien. Außerdem gab es eine Hitzewelle, die das T-Shirt an seinem Körper beinahe verbrannte und das Silber seines Nachbarn zum Schmelzen brachte.¹ Als die Wissenschaftler später der Explosion nachgingen, mussten sie erstaunt feststellen, dass diese nahezu 60 Kilometer von Semenov entfernt stattgefunden hatte. Ein anderer Bauer, Vassili Ilich, berichtete von einem riesigen Feuer, das „den Wald zerstörte, die Rentiere und alle anderen Tiere“. Mit einigen Nachbarn machte er sich auf die Suche, doch sie fanden nur die verbrannten Überreste von einigen Wildtieren, der Rest war vollkommen verschwunden.

Innerhalb weniger Sekunden war der blendende Feuerball von Südwesten nach Nordosten gezogen. Überall auf der Erde zeichneten die Seismografen Erschütterungen auf, und in Russland und Europa breiteten sich atmosphärische Druckwellen aus. Die Explosion war noch in 700 Kilometern Entfernung zu sehen, und sie schleuderte eine solche Menge an Rauch und Staub in die Stratosphäre, dass das Sonnenlicht von der hellen Seite des Globus um den Erdball herum in den Erdschatten gestreut wurde. In London, rund ein Viertel des Erdumfangs entfernt, erhellte sich der Mitternachtshimmel wie am frühen Abend. Hätte das Ereignis in den Vereinigten Staaten über Chicago stattgefunden, hätte man den Lichtblitz noch bis Tennessee, Pennsylvania und Toronto sehen können, und der Donner wäre noch an der Ostküste, südlich von Atlanta

und westlich der Rocky Mountains, zu hören gewesen. Erst nach zwei Monaten stellte sich langsam wieder Normalität ein.

Irgendetwas aus dem Weltraum hatte die Atmosphäre getroffen. Solche Ereignisse gab es in der Vergangenheit häufiger, wie unter anderem der riesige Meteoritenkrater in Arizona beweist, der beim Aufprall eines Felsenbrockens, eines kleinen Asteroiden, auf die Erde entstanden ist. Doch das Tunguska-Ereignis, wie es später genannt wurde, war anders. Dieses stellte sich Jahre später heraus, als einige Abenteurer unter der Leitung des tschechoslowakischen Wissenschaftlers Leonid Kulik 1927 den abgelegenen Ort zum ersten Mal genauer untersuchten. Hätte es sich um einen Asteroiden gehandelt, einen Felsenbrocken aus dem Sonnensystem, der auf die Erde geprallt war, hätte man im Boden ein vielsagendes riesiges Loch finden müssen. Es gab jedoch keinerlei Anzeichen für einen Krater. Unmittelbar unterhalb der Explosionsstelle entdeckten sie eine riesige Schlammebene, als ob Tausende von Walzen den Wald eingeebnet und für die Gründung einer Stadt der Größe Londons vorbereitet hätten. Umgeben war diese trostlose Fläche von einem Ring aus abgebrannten Baumstümpfen. In noch größerem Abstand lagen Baumstämme wie verstreute Streichhölzer umher, als ob ein reißen der Wirbelsturm, die Schockwelle der Explosion, sie gefällt hätte. Jede Form von Leben war ausgelöscht, und so bleibt es für mehr als ein viertel Jahrhundert. Später wurde der Boden bis zu einer Tiefe von über 30 Metern ausgehoben, doch man fand keinerlei Spuren von einem Meteoriten oder irgendwelche anderen physikalischen Überreste eines außerirdischen Eindringlings.

Was auch immer die Erde an diesem Tag getroffen hatte, es war vollständig verschwunden. Im Jahre 1965 machten sich drei Wissenschaftler, ein Physiker, ein Chemiker und ein Geophysiker, zu der Stelle auf, um endgültig zu klären, was hier geschehen war. Die genaue Untersuchung der wenigen übrig gebliebenen Bäume zeigte Spuren der Druckwelle, die sie getroffen hatte. Daraus gewann man eine Vorstellung von der Stärke der Winde. Auch die Energie, mit der diese Bäume in Brand gesetzt wurden, konnte bestimmt werden. Andere Aufzeichnungen ließen auf Störungen des Erdmagnetfelds schließen, und die Seismografen hatten die Stärke des scheinbaren Erdbebens registriert.

Die Berechnungen berücksichtigten auch die Berichte von der Helligkeit des Blitzes und seiner Dauer, und die Wissenschaftler kamen zu dem Schluss, dass nahezu eine Billiarde (Millionen Milliarden) Joule innerhalb weniger Sekunden freigesetzt worden waren. Das entspricht ungefähr dem Energieverbrauch von ganz England im Verlauf von einer Stunde² und ist durchaus mit der Explosion einer Atombombe vergleichbar.

Heute würde man vermutlich zuerst an eine von Menschen gezündete Atombombe denken, doch sicherlich nicht im Jahr 1908. Bis zur Entwicklung der Kernphysik im heutigen Sinne sollten noch viele Jahrzehnte vergehen. Wenn tatsächlich nukleare Kräfte in irgendeiner Form an dieser Katastrophe beteiligt waren, muss es dafür eine natürliche Ursache gegeben haben. Bedenkt man die bekannten Tatsachen sowie das vollständige Fehlen jeglicher materieller Überreste am Tatort, so scheint vieles auf den Einschlag eines Felsbrockens aus Antimaterie hinzudeuten, kaum größer als ein Meter im Durchmesser. Er könn-

te die Explosion ausgelöst haben, bei der alles, einschließlich der Atomkerne, zerstört wurde. Ich werde die forensischen Indizien später unter die Lupe nehmen, nachdem wir mehr über die Antimaterie erfahren haben.

Die Kraft der Antimaterie

Das Ausmaß des Tunguska-Ereignisses veranschaulicht die unvorstellbare Kraft der Antimaterie. Die Energiemenge, die man aus einem Brocken Materie als Treibstoff und entsprechend viel Antimaterie als Zünder erhält, kann theoretisch durch nichts in der Natur übertroffen werden.

Die Entstehung der Materie im Big Bang erforderte eine riesige Menge an Energie, die in den Teilchen kondensierte. Diese Teilchen sind die Bausteine der Atome, und aus diesen wiederum besteht alles, was wir auf der Erde vorfinden. Bei chemischen oder nuklearen Reaktionen ordnen sich die Teilchen um, wobei ein Teil der inneren Energie freigesetzt wird. Doch selbst bei den heftigsten Explosionen dieser Art handelt es sich bei den freigesetzten Energiemengen nur um einen winzigen Bruchteil von dem, was in der Materie bei ihrer Geburt vor vielen Milliarden Jahren eingeschlossen wurde.

Lebewesen sind chemische Fabriken. Sie nutzen die chemischen Reaktionen zwischen Kohlenstoff, Sauerstoff und einigen weiteren Elementen in ihrem Körper zur Energiegewinnung. Der Unterschied zwischen der Aufrechterhaltung ihrer Körperwärme und der bei einer Explosion freigesetzten Energie liegt in erster Linie in den Zeitskalen. In unseren Körpern wird die Energie langsam freigesetzt, und die dabei entstehende Wärme hält die

Körpertemperatur eines gesunden Menschen dauerhaft bei 37 Grad Celsius, manchmal auch etwas wärmer, wenn die Reaktionen schneller ablaufen, um Viren und andere unerwünschte Eindringlinge mit Fieber zu bekämpfen. Grundsätzlich ist eine chemische Explosion nichts anderes, sie läuft nur wesentlich schneller ab. Eine gewöhnliche Mahlzeit hält uns für Stunden warm; würde jedoch dieselbe Energie innerhalb weniger Millisekunden freigesetzt, wäre das Ergebnis im wahrsten Sinne des Wortes explosiv.

Bei einer gewöhnlichen Bombe oder auch den gewaltigsten chemischen Explosionen wird lediglich der milliardste Teil der Energie freigesetzt, die in den Atomen gespeichert ist, auch wenn die Folgen oft verheerend sind. Der größte Teil der Energie eines Atoms befindet sich in seinem Kern, und im Vergleich zu der Zerstörungskraft der Atombomben von Hiroshima und Nagasaki sind die Wirkungen bei chemischen Explosionen nur klein. Doch auch bei einer Kernspaltung wird nur ein Tausendstel der Energie freigesetzt, die theoretisch zur Verfügung stünde. Selbst Fusionsreaktionen, wie sie beispielsweise in der Sonne stattfinden oder bei der Explosion einer Wasserstoffbombe, und die zu den heftigsten bekannten Explosionen gehören, verbrauchen nur rund ein Prozent der Gesamtenergie in der Materie. Soll alles freigesetzt werden, müssen wir die Prozesse, die vor langer Zeit zur Entstehung der Materie geführt haben, wieder umkehren.

Genau das ist mit Antimaterie möglich. Bei der Annihilation von einem Kilogramm Antimaterie entsteht ungefähr die milliardenfache Menge an Energie, wie sie in der Explosion von einem Kilogramm TNT freigesetzt wird.