

Wie entstand das Wasser im Universum und wie kam es auf die Erde?

Arnold Benz, ETH Zürich

Das Wasser, das wir trinken, ist nicht auf der Erde entstanden. Es kommt aus dem Universum. Aber es stammt auch nicht aus dem Urknall, sondern hat eine lange Geschichte. Sie ist eng verknüpft mit der Entstehung von Sternen, Planeten, Monden und Kometen. Ohne Wasser keine Menschen. Die Entstehung des Wassers ist unsere Vorgeschichte.

Die Geschichte des Wassermoleküls beginnt kurz nach dem Urknall mit der Entstehung von Wasserstoff. Wasserstoff ist das einfachste und leichteste Atom. Er besteht nur aus einem Proton und einem Elektron. Die beiden Elementarteilchen existierten zunächst getrennt, weil die Materie des Universums anfänglich zu heiss war und jede Verbindung durch Zusammenstösse wieder trennte. Die ersten Wasserstoff-Atome bildeten sich 380'000 Jahre nach dem Urknall, als sich die kosmische Materie auf 3000 Grad abkühlte.

Die ersten Sterne, die etwa 150 Millionen Jahre nach dem Urknall entstanden, waren riesig im Vergleich zur Sonne. Ihre Masse war einige hundertmal grösser und die Oberfläche so heiss, dass ihre Strahlung die Wasseratome weitherum, und schliesslich im ganzen Universum, wieder in Elektronen und Protonen spaltete. Andererseits verbrannten sie ihre Masse aus Wasserstoff zu schwereren Elementen wie Kohlenstoff und Sauerstoff. Ein starker Sternwind trug diese Asche ins All, wo sie sich mit dem ursprünglichem Wasserstoff vermischte. Nun waren die Elemente für Wassermoleküle, Wasserstoff und Sauerstoff, vorhanden. Sie konnten sich aber wegen der hohen Temperatur und geringen Dichte nicht finden und zu Wasser vereinen.

Bereits hatten sich Galaxien gebildet, wo sich Dunkle Materie ansammelte und gewöhnliche Materie anzog und verdichtete. Es bildeten sich Molekülwolken, riesige Gebilde aus Wasserstoffgas und Kohlenmonoxid. Hier half nun der Sauerstoff, gewöhnliche Sterne von der Grösse der Sonne zu bilden. Auch diese Sterne hatten Sternwinde und produzierten Sauerstoff. Er reicherte sich mehr und mehr an in der Galaxie. Diese Sterne produzierten auch Staub aus Kohlenstoff und Silizium.

Als die Sonne vor 4,56 Milliarden Jahren in einer grossen Molekülwolke entstand, hatte das Universum bereits zwei Drittel des heutigen Alters. Staub und Sauerstoff bereits waren reichlich vorhanden. Es bildete sich Wolkenkerne vom Durchmesser eines Lichtjahres. Als sich diese unter ihrer eigenen Schwerkraft zusammenzogen, verdichtete sich das Gas. Aber nun war es zu kalt, dass aus Wasserstoff und Sauerstoff Wasser werden konnte. Das Herschel Weltraumobservatorium fand jedoch überraschend Wasserdampf in solchen vorstellaren Wolkenkernen. Er wird dadurch erklärt, dass die Staubkörner wie Katalysatoren wirkten. Auf ihren Oberflächen fanden sich Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser, das einen Eismantel um die Staubkörnchen bildete. Der Wolkenkern stürzte zusammen und begann immer schneller zu drehen, weil der Drall (Drehimpuls) erhalten bleibt. Es bildete sich eine drehende Scheibe, in der sich Staubteilchen zu grösseren Körnern vereinten. Der Eismantel wirkte dabei wie ein Kitt.

Wasser wurde zu einem relativ häufigen Molekül, weil Sauerstoff neben Wasserstoff und dem chemisch inaktiven Helium das dritthäufigste Atom im Universum ist.

Mit dem Herschel Weltraumteleskop haben wir vor zwei Jahren einen weiteren Prozess entdeckt, der zu Wasser führt. Wenn die Temperatur nicht hoch genug ist, dass sich Sauerstoff und Wasserstoff im Gas vereinen, können Ultraviolett- und Röntgenstrahlen nachhelfen. Wenn die Temperatur des Gases ungefähr null Grad Celsius erreicht, reagiert Sauerstoff mit Wasserstoff und alle noch übriggebliebenen Sauerstoffatome vereinen sich mit Wasserstoff. Wasser wird dann das häufigste Molekül neben dem Wasserstoffmolekül. Zur Zeit ist noch nicht klar, welcher der drei Prozesse den Hauptteil unseres Wassers produzierte.

Nun könnte die Geschichte des Wasser zu Ende sein. Weit gefehlt! Im Innern des Sonnensystems, dort wo heute die Erde kreist, wurde es bald zu heiss für Wassereis. Es verdampfte und wurde vom Sonnenwind weggeblasen. Die Erde wurde von Asteroiden bombardiert, die bei jedem Einschlag eine Gluthitze über die ganze Erdoberfläche verbreiteten. Die frühe Erde hatte kein Wasser.

Im äusseren Sonnensystem gibt es heute noch Objekte, die vor allem aus Wassereis bestehen: Kometen und Plutoiden (Pluto ähnliche Zwergplaneten). Es war daher naheliegend anzunehmen, dass das heutige Wasser auf der Erde durch spätere Kometeneinschläge nachgeliefert wurde. Aber es gibt da ein Problem: Das doppelt so schwere Isotop des Wasserstoffs, Deuterium, ist im Verhältnis zum normalen Wasserstoff in Kometen häufiger als im Wasser auf der Erde. Die beiden verschiedenen Wassersorten lassen sich in Spektrallinien unterscheiden. Vor wenigen Wochen wurde mit dem Herschel Weltraumobservatorium in einem der selteneren Kometen, die noch im inneren Sonnensystem existieren ein Deuterium zu Wasserstoff-Verhältnis gefunden, das dem unsrigen entspricht. Dieser Komet gehört zur sogenannten Jupiter Kometen-Familie. Damit wurde die Theorie plausibel, dass unser Wasser in der Frühzeit der Erde durch Kometen zur Erde gebracht wurde.

Die Geschichte des Wassers zeigt, wie komplex die Entstehung der Erde war und wie viel Vorgänge im richtigen Mass stattfinden mussten, damit sich auf einem Planeten Leben entwickeln konnte. Unser flüssiges Wasser auf der Erde ist nicht selbstverständlich und macht die Erde zu einem „Blauen Wunder“.