

# Neue Zürcher Zeitung

NZZ – GEGRÜNDET 1780

Samstag, 4. Juni 2022 · Nr. 129 · 243. Jg.

AZ 8021 Zürich · Fr. 5.70

# Er brachte Bewegung ins Universum

Vor hundert Jahren erkannte der russische Mathematiker Alexander Friedmann, dass sich das Weltall ausdehnen könnte. Der berühmteste Physiker aller Zeiten wollte davon jedoch nichts wissen. VON CHRISTIAN SPEICHER

Über viele Jahrhunderte galt das Universum als unveränderlich. Alles hatte den Platz, den Gott ihm zugewiesen hatte. In den späten 1920er Jahren setzte sich jedoch die Erkenntnis durch, dass das Weltall keineswegs statisch ist, sondern sich ausdehnt. Einen derart radikalen Wandel hatte unser Weltbild seit Kopernikus nicht mehr erfahren – und die Mathematik stand dabei Pate.

Meist wird diese Entdeckung dem US-Astronomen Edwin Hubble und dem belgischen Priester Georges Lemaitre zugeschrieben. Tatsächlich war es jedoch der russische Mathematiker Alexander Friedmann, der die Möglichkeit eines expandierenden Universums vor hundert Jahren erstmals in Betracht zog. Friedmann verliess sich dabei auf seinen mathematischen Instinkt. Und er scheute sich nicht, Albert Einstein die Stirn zu bieten, der damals schon wie ein Heiliger verehrt wurde.

Friedmann wurde 1888 in St. Petersburg geboren. Seine Mutter war Pianistin, sein Vater Balletttänzer. Friedmann machte 1906 seinen Schulabschluss und studierte danach Mathematik und Physik. Nach dem Ende des Studiums nahm er 1913 eine Stelle am Aerologischen Observatorium in St. Petersburg an, wo er sich mit mathematischen Methoden der Meteorologie beschäftigte. Als 1914 der Erste Weltkrieg ausbrach, meldete sich Friedmann freiwillig zur russischen Fliegerstaffel. Hier waren seine mathematischen Fähigkeiten gefragt. So berechnete er zum Beispiel den richtigen Zeitpunkt für den Abwurf von Bomben.

## Einstein zahlt einen Preis

Nach der Oktoberrevolution 1917 versank Russland in Bürgerkrieg. Deshalb erfuhrt Friedmann erst 1920 von einer ganz anderen Revolution – einer wissenschaftlichen. 1915 hatte Albert Einstein seine Allgemeine Relativitätstheorie veröffentlicht, die die Gravitationskraft mit der Krümmung von Raum und Zeit verknüpfte. Mit seiner Theorie konnte Einstein die Umlaufbahn des Planeten Merkur korrekt berechnen. Und er be-



Alexander Friedmann im Jahr 1925.

LENNINGRAD PHYSICO-TECHNICAL INSTITUTE, COURTESY APF EMILIO SEGRE

hauptete, dass das Licht von Sternen im Schwerfeld der Sonne abgelenkt werde. Dieser sogenannte Gravitationslinseneffekt wurde 1919 während einer Sonnenfinsternis bestätigt. Das machte Einstein über Nacht berühmt.

Im Jahr 1917 hatte Einstein seine Theorie bereits auf das ganze Universum angewendet. Er liess sich dabei von der Überzeugung leiten, dass der Kosmos unveränderlich ist und sich weder zusammenzieht noch ausdehnt. Tatsächlich fand er 1917 eine Lösung der Feldgleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie, die ein statisches Weltall wiedergibt. Sie beschrieb ein gekrümmtes, in sich geschlossenes Universum, in dem ein Lichtstrahl nach einer gewissen Zeit an seinen Ursprungsort zurückkehrt.

Für diese Lösung musste Einstein allerdings einen Preis bezahlen. Er musste die Feldgleichungen um eine kosmologische Konstante erweitern,

die auf grosse Entfernungen wie eine abtossende Kraft wirkt. Ohne diesen zusätzlichen Term drohte dem Einstein'schen Universum der Kollaps. Einstein nahm diesen Makel in Kauf. Denn die Vorstellung eines veränderlichen Universums war ihm ein Greuel.

Als sich Friedmann 1920 mit der Allgemeinen Relativitätstheorie zu beschäftigen begann, ging er viel unvoreingenommener an die Sache heran. Er traf zwar wie Einstein die Annahme, dass die Materie gleichförmig im Universum verteilt ist. Er zog daraus aber nicht den Schluss, dass das Weltall statisch sein muss.

Im Mai 1922 reichte Friedmann bei der damals tonangebenden «Zeitschrift für Physik» eine Arbeit ein, die den schlichten Titel «Über die Krümmung des Raumes» trug. Darin zeigte er, dass die Einsteinschen Feldgleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie neben

Friedmann unterschied drei dynamische Szenarien. Im ersten entsteht das Universum aus einem Punkt und dehnt sich danach bis in alle Ewigkeit aus.

mit der realen Welt in Verbindung gebracht. Tatsächlich gibt sich Friedmann in dieser Hinsicht wortkarg. Am Ende seines Artikels schreibt er: «Unsere Kenntnisse sind vollständig ungenügend, um Zahlenrechnungen auszuführen und zu entscheiden, welche Welt unser Weltall ist.»

Obwohl Friedmann offenliess, in welchem Universum wir leben, reagierte Einstein verschüppelt. Er warf Friedmann einen Rechenfehler vor. Ein Jahr später zog er diese Behauptung zurück. Er blieb aber dabei, dass die dynamischen Lösungen Friedmanns keine physikalische Bedeutung hätten. Die ablehnende Haltung Einsteins trug dazu bei, dass die Arbeit Friedmanns nicht die Beachtung fand, die sie verdient hätte. Eine weitere Arbeit, in der Friedmann 1924 die Möglichkeit einer Welt mit negativ gekrümmtem Raum aufzeigte, blieb weitgehend unbeachtet. So konnte es dazu kommen, dass andere die Lorbeeren einheimsten.

## Lemaitre liefert Belege

Einer von ihnen war der belgische Priester Georges Lemaitre. Ohne die Publikation Friedmanns zu kennen, zeigte er im Jahr 1927, dass ein expandierendes Universum mit der Einsteinschen Relativitätstheorie verträglich ist. Lemaitre ging aber noch einen Schritt weiter als Friedmann. Aus den inzwischen verfügbaren Beobachtungsdaten leitete er einen Zusammenhang zwischen der Entfernung und der Fluchtgeschwindigkeit von Galaxien ab. Diese entfernten sich umso schneller von uns, je grösser ihr Abstand von der Erde ist. Lemaitre erkannte: Damit hielt er einen experimentellen Beleg für die Expansion des Weltalls in Händen.

Der Belgier veröffentlichte seine Arbeit in einer wenig bekannten französischsprachigen Fachzeitschrift. Einer der wenigen, die sie zur Kenntnis nahmen, war Albert Einstein. Sein Urteil fiel wenig schmeichelhaft aus: «Formell in Ordnung, aber physikalisch abschrecklich.» Lemaitres Arbeit wurde erst 1931 ins Englische übersetzt und von einem breiteren Publikum zur Kenntnis genommen. In der Zwischenzeit hatte der amerikanische Astronom Edwin Hubble die gleiche Beziehung zwischen der Geschwindigkeit und der Distanz von Galaxien abgeleitet. Anders als Lemaitre zog er daraus aber nicht die richtigen Schlüsse. Trotzdem wurde er lange Zeit als alleiniger Entdecker des expandierenden Universums gefeiert. Erst 2018 empfahl die Internationale Astronomische Union, das Hubble-Gesetz fortan Hubble-Lemaitre-Gesetz zu nennen.

Wer bei diesem Prioritätenstreit in Vergessenheit geriet, war Alexander Friedmann. Die Entdeckung des expandierenden Universums habe mehrere Väter, sagt Durrer. Man könne Hubble als den astronomischen Vater dieser Entdeckung bezeichnen. Der mathematische Vater sei jedoch zweifellos Friedmann gewesen.

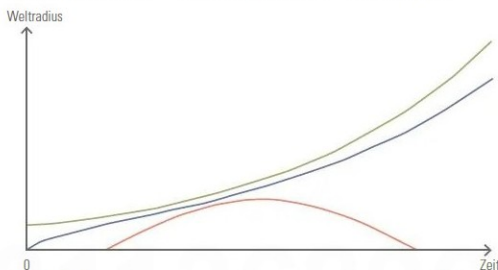
Bezeichnenderweise war es Einstein, der Friedmann doch noch Gerechtigkeit widerfahren liess – wenn auch erst spät. 1931 bekannte er sich endlich zum expandierenden Universum. Und er stellte klar, dass Friedmann der Erste war, der diese Möglichkeit mathematisch hergeleitet hatte. Friedmann erlebte diese Genugtuung nicht mehr. Er starb im September 1925 im Alter von 37 Jahren an Typhus. Den Erreger hatte er sich vermutlich während seiner Flitterwochen auf der Krim eingefangen, als er eine ungewaschene Birne ass.

Von der Kosmologie hatte sich Friedmann zu diesem Zeitpunkt bereits verabschiedet. Seine wissenschaftliche Neugierde lebte er nun anders aus. Nur zwei Monate vor seinem Tod stieg er mit einem Ballon in eine Höhe von 7400 Metern auf, um meteorologische Messungen vorzunehmen. Diesen Erfolg machte ihm keiner streitig.

Die Vorstellung eines veränderlichen Universums war Einstein ein Greuel. So erweiterte er seine Feldgleichungen um eine Konstante.

## Drei mögliche Szenarien, wie sich das Universum ausdehnen könnte

● Monotone Welt erster Art ● Monotone Welt zweiter Art ● Periodische Welt



QUELLE: ARI BELENKIY

NZZ Visuals/ oke.