



Ulrich v. Kusserow  Olbers-Gesellschaft e.V. Bremen

Im Sterninneren und in Fusionsreaktoren Energieerzeugung durch Atomkern-Verschmelzung

Credit: JAXA, ITER, FZ Jülich, C. A. Bertulani, J. Alizadeh, NASA/U. v. Kusserow, NASA/ESA, NASA, Oregon/edu, NASA, Federal Government of the United States S, University Rochester, JET, A. Richter-Ullmann/IPP, IPP

Im Sterninneren und in Fusionsreaktoren Energieerzeugung durch Atomkern-Verschmelzung

Ulrich v. Kusserow, Olbers-Gesellschaft e.V. Bremen

Die **Sonne** ist der Stern unseres Lebens. Er hat die Entstehung einer Biosphäre auf dem Planeten Erde unter anderem durch die kontinuierliche Ausstrahlung elektromagnetischer Wellen möglich gemacht. Durch die stetige Energieversorgung hat sich bei uns Leben entwickeln können. Schon Astronomen wie Friedrich Wilhelm Herschel stellten sich um 1800 die Fragen, wo und wie das Sonnenlicht eigentlich erzeugt wird, ob unser Stern seine Ausstrahlung wohl ewig fortsetzen kann? Die Sonne ist kein fester Körper, kein Staubsauger, der genügend Materiebrocken aus dem All einfängt, um dadurch unbegrenzt die nachhaltige Energieversorgung unseres Planeten zu gewährleisten. Die Sonne ist auch kein riesiger Feuerball, in dem die in chemischen Bindungen gespeicherte Energie freigesetzt, Materie im üblichen Sinne einfach nur „verbrannt“ wird. Auch die bei einem langsamen, etwa nur 45 Millionen Jahre dauernden, vollständigen Zusammenfall der solaren Gaskugel freiwerdende Gravitationsenergie kann nicht erklären, warum heute auf der Erde Bioorganismen mit so großen Lebensdauer von mindestens 3,5 Milliarden Jahren nachgewiesen werden können.

Erst die 1905 von Albert Einstein im Rahmen seiner Arbeit zur Speziellen Relativitätstheorie aufgestellte bekannte Formel $E = m c^2$, die die Äquivalenz von Masse und Energie beschreibt, ließ die Wissenschaftler auf die Idee kommen, dass Energie durch Spaltungs- oder Verschmelzungsprozesse, also durch Reaktionen zwischen Atomkernen, gewonnen werden könnte. Ernest Rutherford beobachtete bei Experimenten im Jahre 1919 erstmals Fusionsreaktionen beim Beschuss von Stickstoff mit Heliumkernen. Fünfzehn Jahre später gelang ihm mit

anderen Wissenschaftlern der Nachweis der **Kernfusion**, der Erzeugung von Helium beim Aufeinandertreffen der schweren Wasserstoffkerne Deuterium und Tritium. Zuvor hatte Arthur Eddington 1926 im Rahmen seiner Studien zum inneren Aufbau der Sterne die zunächst umstrittene Hypothese der Fusion von Wasserstoffatome zu Heliumatomen aufgestellt. Zwei Jahre später erklärte George Gamov die im Rahmen quantenmechanischer Überlegungen nach dem sogenannten Tunneleffekt mögliche Realisierung des häufigeren Zusammenstoßes zweier positiv geladener (und sich deshalb eigentlich abstoßender) Protonen bei realistischen, hohen Temperaturen etwa im Zentrum der Sonne. Die auf extrem kleinen Abständen gegenüber den elektrischen Abstoßungskräften dominierenden Kernkräfte ermöglichen so die Fusion leichter Atomkerne zu schwereren Atomkernen unter Freisetzung relativ großer Energiemengen. Hans Bethe und Carl Friedrich v. Weizsäcker entwickelten 1938 erfolgreiche Modelle zur Beschreibung der Abfolge von **Fusionsreaktionen**, die **im Innern der Sonne** ablaufen.

Zu Beginn des zweiten Weltkriegs wurden erste Ideen zum **Bau eines Fusionsreaktors** zur Energieerzeugung auf der Erde zum Nutzen der Menschheit entwickelt. 1951 fand die erste Kernverschmelzung in größerem Maßstab bei der Zündung einer ersten, allerdings Leben zerstörenden **Wasserstoffbombe** auf den Marshallinseln statt. Im Rahmen internationaler Großprojekte sind Wissenschaftler heute engagiert darum bemüht, in einigen Jahrzehnten endlich den Bau kontrolliert und nachhaltig, vor allem auch wirtschaftlich Energie erzeugender Fusionskraftwerke zu verwirklichen. Während das Konzept von Reaktoren mit Trägheitseinschluss, bei denen die **Fusion durch Laserbeschuss** mit schweren Wasserstoffkernen gefüllter kleiner Bälle gelingen soll, unter den Gesichtspunkten der Effektivität offensichtlich nicht erfolgreich zu realisieren ist, setzen die Forscher große Hoffnungen in den gerade begonnenen Bau von Reaktortypen, die nach dem **Konzept des magnetischen Einschlusses** extrem heißen Plasmas von Temperaturen von bis zu 300 Millionen Grad arbeiten sollen. Bei dem **Stellarator-Reaktor Wendelstein W 7-X** in Greifswald, der erstmals 2015 mit atomarem Brennstoff gefüllt werden soll, sowie dem nach dem **Tokamak-Prinzip** konzipierten Internationalen Thermonuklearen Experimentier-**Reaktor ITER** in Cadarache (Frankreich), bei dem etwa ab 2027 mit Deuterium und Tritium experimentiert werden soll, wird der Torus mit der zu fusionierenden Materie in besonders kompliziert beziehungsweise relativ einfach strukturierten Magnetfeldkäfigen gebündelt.

Dieser durch die Präsentation farbenprächtiger Abbildungen und anschaulicher Erläuterungen auch anhand von Videosequenzen geprägte Vortrag beginnt mit einer Darstellung der geschichtlichen Entwicklung hin zur Kernfusion. Es werden die physikalischen Grundlagen der bei der **Nukleosynthese** erster Elemente am Anfang der Universums, im Innern der Sterne sowie der in verschmelzenden Doppelsternsystemen ablaufenden Fusionsreaktionen erklärt. Im Anschluss daran soll ein Einblick in die Entwicklung unterschiedlicher Fusionsreakortypen gegeben werden. Im Zusammenhang mit der Diskussion über die mögliche zukünftige **Energieerzeugung in Fusionskraftwerken** werden die Experimentierreaktoren Wendelstein W 7-X und dem ITER Reaktor ausführlicher vorgestellt. Zur **Entspannung** endet der Vortrag mit einer Bilderserie über neue und faszinierende Eindrücke aus der Welt der Astronomie.

Inhaltsangabe

1. Geschichtliche Entwicklung hin zur Kernfusion
2. Zur Physik der Fusionsprozesse
3. Kernfusion im Universum
4. Entwicklung der Fusionsreaktoren
5. Über die mögliche Energieerzeugung in Fusionskraftwerken
6. „Astronomische“ Entspannung

Nähere Informationen zum Vortrag können Sie erhalten durch:

Ulrich v. Kusserow

Besselstraße 32-34

28203 Bremen

Tel.: 0421-75160

E-mail: uvkusserow@t-online.de

Internet: <http://uvkusserow.magix.net/website/>, <http://kosmischemagnetfelder.wordpress.com/>

Dipl. - Phys. Ulrich v. Kusserow, Olbers-Gesellschaft e.V. Bremen



Ulrich v. Kusserow unterrichtete nach dem Studium der Astrophysik (Diplomarbeit zum Thema „Stationäre sphärische $\alpha\omega$ -Dynamos und das Erdmagnetfeld“) als Gymnasiallehrer für Mathematik und Physik. Er war viele Jahre Vorsitzender der Bremer Olbers-Gesellschaft, ist Mitglied der Astronomischen Gesellschaft (AG) sowie der Deutsch Physikalischen Gesellschaft (DPG). Mehrere Jahre hat er zum Thema „Lernen über Kosmische Magnetfelder“ am Institut für Didaktik der Physik an der Universität Potsdam mitgewirkt. Er betreut heute Praktikumsversuche der Universität Bremen zur Sonnenphysik, schreibt Artikel und hält Vorträge, unter anderem auch bei Veranstaltungen zur Lehrerfortbildung, schwerpunktmäßig über didaktische Aspekte der modernen Astrophysik zu den Themenbereichen solare und kosmische Magnetfelder, Weltraumphysik, Planeten-, Stern- und Galaxienentstehung sowie Umwelt- und Klimaprobleme. Den Bremer PALAZZI-Verlag unterstützt er bei der Erstellung des jährlich in Zusammenarbeit mit der Zeitschrift „Bild der Wissenschaft“ herausgegebenen „Sternzeit“-Kalenders.

Im Oktober 2013 ist beim Springer Spektrum Verlag ein Buch des Referenten erschienen.



Ergänzendes Material zum Vortrag und Buch finden Sie im Internet auch unter

<http://uvkusserow.magix.net/website#Vortr%C3%A4ge>

<http://kosmischemagnetfelder.wordpress.com/>

<http://www.springer.com/springer+spektrum/sachbuch/book/978-3-642-34756-6>