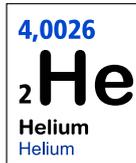
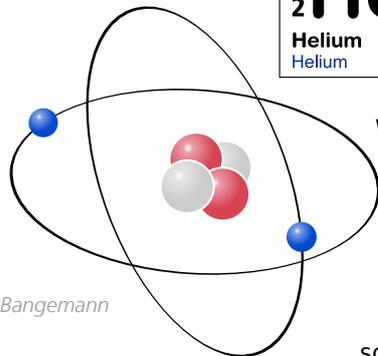
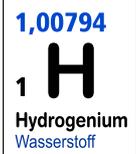
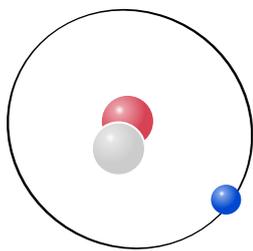


# Kernfusion – Lösung des Energieproblems?



Grafik: Martin Bangemann

*Für die einen ist sie die vermeintliche Lösung aller irdenen Energieprobleme von heute in einer nahen Zukunft. Energie in unbegrenztem Maß wie aus der Sonne. Andere sehen bei ihr vor allem kritische Aspekte, die auch schon für die anfangs viel gelobte Atomenergie zutrafen und sich dann auch spätestens mit Tschernobyl und Fukushima als wahr herausstellten: die Kernfusion. Sie wird von ihren Befürwortern gepriesen als sicher, sauber, unbegrenzt und auch noch wirtschaftlich, also „nachhaltig“. Sie, deren bisherige Forschung und Entwicklung bereits zig Milliarden Euro verschlungen hat, ohne ein absehbares Ergebnis. Eine Forschung, die sich so langwierig gestaltet wie der Bau von Kathedralen früher. Die, die damit begannen, erlebten ihre Fertigstellung nicht mehr und nachfolgende Generationen von Bauarbeitern und Handwerkern setzten die Arbeit fort in ständigen Bauhütten. Es ist offenbar nicht so einfach und leicht, die Vorgänge im Innern der Sonne bei bis zu 150 Millionen Grad Celsius auf der Erde nachzuvollziehen und mit einer komplizierten Technologie zu beherrschen. So kompliziert, dass sich dagegen die Atomkrafttechnik wie ein Waisenknabe ausnimmt.*

## Kernfusion ist auch waffenfähig



Was ist und macht Kernfusion aus? Statt wie beim Uranatom dieses zu spalten und durch kontrollierte Kettenreaktionen Energie zu gewinnen, werden zwei leichte Atomkerne vom

Wasserstoff oder seinen Isotopen miteinander unter großen Drücken und Energieaufwand verschmolzen, fusioniert zu einem Heliumatom, unter großer Menge freiwerdender Energie. Dabei werden in großer Zahl auch Neutronen freigesetzt, das verweist auch gleich auf ein Problem der Sache, nämlich deren gefährliche Strahlung. Also ähnlich wie bei der Radioaktivität. Dieses Prinzip ist auch waffenfähig, der Mensch hat es bereits angewandt bei den Wasserstoffbomben. Sie sind nichts anderes als Kernfusionsbomben. Und weil sie so schwer zu handhaben und nur aufwendig zu kühlen waren, waren sie unförmig groß, mehrere Meter lang und über einen Meter dick im Umfang. Die größte, je oberirdisch gezündete Wasserstoffbombe war die sogenannte Zar-Bombe der Sowjetunion, die im Oktober 1961 auf die unbewohnte Insel Nowaja Semlja im Nordpolarmeer abgeworfen wurde. Sie wog 27 Tonnen, war acht Meter lang und maß zwei Meter im Durchmesser. Die Auswirkungen ihrer 4.000-fachen Hi-

roshima-Sprengkraft waren noch hunderte von Kilometern weit ins südliche Landesinnere zu verspüren und beobachten. Seismische Wellen bis Stärke 6 auf der nach oben offenen Richterskala waren noch in Tausenden von Kilometern Entfernung deutlich messbar. Der größte TU-95-Bomber, den die Russen hatten, konnte sie nur außerhalb unten an seinem Rumpf befestigt transportieren, da sie nicht in dessen Bombenschacht passte. Die Verheerungen der 57 Megatonnenbombe waren fürchterlich, ein Teil der großen Insel wurde buchstäblich atomisiert. Ihr Schöpfer, der Atomphysiker und spätere Nobelpreisträger wie Regimegegner, Andrej Sacharow, fürchtete vorab um ihre enorme Wirkung und hatte die ursprüngliche Maßgabe Chruschtschows von 100 Megatonnen schon um die Hälfte reduziert. Auch die Amerikaner machten ihre Erfahrungen mit ihren vor den Russen entwickelten H-Bomben im Pazifik. Sie beließen es „nur“ bei max. 15 Megatonnen bei ihrer größten Bombe „Castle Bravo“, von deren unerwartet heftigen Wirkung sie gänzlich überrascht wurden. Die H-Bombe war eine Weltbombe, geeignet größte Zerstörungen anzurichten. Aber sie war nicht gerade besonders kriegseinsatztauglich.



Maßstabsgerechtes Modell der Zar-Bombe (AN602) im Atombomben-Museum von Sarow im östlichen Teil des europäischen Russland.

Foto: Croquant, Bildquelle: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tsar\\_Bomba.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tsar_Bomba.JPG)  
 Lizenz CC BY-SA 3.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en>

Elmar Klink



Unser Planet  
im Größenvergleich -> 

Über dreistündige solare Protuberanz an der erdabgewandten Seite der Sonne. Aufgenommen am 24. Februar 2018. Veröffentlicht am 3. April 2018. Bild gemeinfrei, Solar Dynamics Observatory, NASA, Link: [https://solarsystem.nasa.gov/resources/758/brief-outburst/?category=solar-system\\_sun](https://solarsystem.nasa.gov/resources/758/brief-outburst/?category=solar-system_sun)

## Die Sonne auf die Erde holen?

Das vermittelt eine ungefähre Vorstellung, was passiert, wenn ein Kernfusionsreaktor in die Luft flöge, es würde Tschernobyl und Fukushima weit in den Schatten stellen. Eben solare Dimensionen! Man kennt die riesigen Protuberanzen, die von der Sonnenoberfläche bis zu Millionen km weit mit ungeheurer Geschwindigkeit in langen Bändern und Fontänen ins All schießen. Man muss sich das Prinzip der Fusion vorstellen wie eine Flasche. Im Inneren von ihr ummantelt befindet sich das supraheiße und supraleitende Plasma, in der Realität zusammen- und auf Abstand zur Ummantelung gehalten durch starke Magnetspulen, die ein extrem starkes Feld erzeugen. Das verweist auf das zweite große Problem, die Anforderungen an das Material, seine Konstruktion und einen großen Energieaufwand beim Input, um überhaupt einen rentablen, d. h. zehnfachen Energiegewinn zu erzielen. Dieser soll immer noch beim etwa Zweieinhalbfachen der Atomenergie liegen. Man müsste quasi zu jedem Fusionskraftwerk einen speziellen Energielieferer haben. An diesem Prozess sind noch weitere komplexe chemo-physikalische Vorgänge beteiligt, die nur insofern hier interessieren als auch mit ihrer Handhabung natürlich

gewisse unwägbare Risiken verbunden sind. Der Rest läuft ähnlich ab wie bei jedem konventionellen Kraftwerk. Die durch die Fusion im Plasma freigesetzte thermische Energie erzeugt über Wärmetauscher Wasserdampf, der Dampfturbinen antreibt, an die Stromgeneratoren gekoppelt sind. Der Unterschied ist wie bei der Atomkraft, dass vom nuklearen Ausgangsmaterial des Wasserstoffs nur geringste Mengen benötigt werden. Soweit so gut. Bei der Konstruktion von Mantel und Spulen muss auf höchste Präzision und Passgenauigkeit geachtet werden, da sonst die Gefahr von Undichte und Rissen droht, die sich unter hohem Druck vergrößern und am Ende einen GAU verursachen könnten. Die Reaktoranlage müsste durch eine weitere dicke Abdeckung stabil gegen Einflüsse von außen geschützt werden wie Flugzeugabstürze oder Bombenanschläge. Wiederum alles wie bei der Atomenergie. Sauber, sicher? Dazu kommt, dass der Mantel den Belastungen von Neutronenstrahlung und Plasmahitze nicht lange standhält und immer wieder ausgetauscht werden muss, dabei fällt neutronenverseuchter Fusionsmüll an, wohin damit in Fusionskraft-Zwischen- und Endlagern? Nächster unwägbarer Punkt.

## ITER

All diese kritischen Aspekte werden derzeit bei der Werbung der beteiligten Regierungen für Kernfusion zu meist unterschlagen oder nur verharmlosend angesprochen. Die Physikerin Angela Merkel ließ es sich nicht nehmen, beim Fusionsexperiment mit dem „Wendelstein 7-X“, einem Reaktor nach dem Stellarator-Prinzip, einer technischen Modifikation zum heute gängigen Tokamak-Verfahren, persönlich in der Greifswalder Versuchsanlage zu erscheinen und begeistert auf den Inbetriebnahme-Knopf zu drücken. Wir erinnern uns an das einhellige Lob auf die Segnungen kommender Atomenergie in den 1950er Jahren durch die Parteien. Die SPD erging sich geradezu in höchsten Tönen der Begeisterung über den zivilen Nutzen der Atomkraft, sah sogar die Klassenfrage damit gelöst! Atomenergie für jedermann! ITER bedeutet International Thermonuclear Experimental Reactor. Es ist die seit 2007 auf dem Areal des südfranzösischen Kernforschungszentrums von Cadarache im Rhonetal im Bau befindliche Kernfusions-Forschungsanlage der daran beteiligten Staaten China, Südkorea, Japan, Russland, Indien, EU und USA. Kanada schied 2007 aus der Beteiligung aus, die USA waren von 1996 bis 2003 an den Vorbereitungen nicht beteiligt. Es gibt in den USA zudem weitere Forschungsprojekte privater Unternehmen und Labors. Sie wollen in kleinerer Dimension und zum Teil mit anderen Konzepten wie den anders konstruierten Stellarator-Spulen weiter vorankommen. Beim ITER gab es in der Vergangenheit immer wieder größere Baupausen und Störungen und auch schwere Managementfehler von zwei japanischen ITER-Direktoren. Diese haben das Projekt um etwa 10 Jahre zurückgeworfen, heißt es. Der jetzige Leiter ist seit 2015 ein Franzose, Bernard Bigot. Mit ihm hofft man, die früheren Verständigungs- und Mentalitätsprobleme mit den Japanern auszuräumen.

## Wie es begann

Der Zusammenhang mit der Wasserstoffbombe wurde bereits erwähnt. Die Entwicklung der Forschung zur Kernfusion begann in den 1950er Jahren. Ein autodidaktischer Tüftler auf der russischen Insel Sachalin arbeitete Vorschläge dazu aus, aus denen der Physiker



© Martin Bangemann

Sacharow die entsprechenden Schlüsse zog. Der Tokamak-Reaktor der Russen war die erste experimentelle Anwendung und das derzeitige europäische Projekt basiert auf dessen Prinzip. Ein Fehler, wie manche glauben, sich darauf festgelegt zu haben. Bei ITER ist das Problem, dass inzwischen der Bau einer größeren Anlage gewünscht und vorbereitet wird. Fragt man die Techniker und Arbeiter, woran sie bauen, nennen sie in vager Vermutung etwas, das mit Atomkraft zu tun habe. Hier fehlt es offensichtlich noch immer an Transparenz und Einblick.

### Kosten ohne Ende



Das ITER-Projekt wird bislang nahezu unbeachtet von der Öffentlichkeit seit Mitte der 1980er Jahre betrieben. Es war Michail Gorbatschow, der dazu mit Ronald Reagan zusammen den Anstoß gab. Es ist das weltweit größte Energieforschungsvorhaben, in seinem Kosten- und Beteiligungsumfang nur vergleichbar mit dem Bau und Unterhalt der Internationalen Raumstation ISS. Insgesamt sind Kosten zwischen 15 und 16 Milliarden Euro veranschlagt. Bis zu einem ersten Probelauf voraussichtlich Mitte des kommenden Jahrzehnts könnten noch 4 bis 5 Milliarden Euro an laufender Verteuerung hinzukommen. Es gibt eine Kosten-Nutzenrechnung der Betreiber, die besagt, dass die beteiligten Länder jährlich mindestens 800 Millionen Euro aufbringen müssen, um das Projekt rentabel und effektiv am Laufen zu halten. Sind es nur 500, gerät es in Gefahr und bei nur 300 Mio. Euro wäre das Unternehmen aussichtslos, jemals fertiggestellt zu werden. Es bleibt den beteiligten

Staaten überlassen, ihre Beiträge entweder in Zahlungen oder Sachleistungen gebauter Module zu erbringen. Man lässt sich also die Sache etwas kosten an Steuerzahlermitteln, schließlich hängt an ihr die ganze zukünftige Energiefrage. Man kann den Verzicht auf Atomenergie nicht mit bisheriger Energiegewinnung aus Kohle, Wasser, Öl und Gas genügend kompensieren, die sog. nichtfossilen Energieträger wie Solar, Wind- und Energie aus Biomasse machen bisher lediglich einen Umfang von 15 Prozent hierzulande aus, in anderen Ländern ist diese Bilanz noch ungünstiger. Die Kernfusion scheint hier Lösungen bereitzuhalten für die Zukunft. Wenn sich im großen Stil die E-Mobilität durchsetzt und weltweit Milliarden Autos auf Strombetrieb eingestellt werden, wird dies den Bedarf an Energie noch zusätzlich in die Höhe treiben. Ganz abgesehen vom weiteren Anwachsen der elektronischen und digitalen Vernetzung. Wir sind sozusagen in der Energiefalle. Wenn nicht umgesteuert, sich nicht umorientiert wird. Auf sparsamere Energieverbräuche, auf Verzicht auf unnötigen Stromverbrauch, auf mögliche Synergien und neue technische Konzepte wie etwa Wärme-Kraft-Kopplung, Gezeitenkraft, auf Wasserstoffantriebe für Autos und Fortbewegungsmittel, auf besonnene Eingrenzung der weltweiten Mobilität usw. Das kapitalistische Wertungsprinzip, eingebettet in Wachstumsideologie, ist hier am Ende, eine neue, maßvolle Sicht auf „small is beautiful“ und die Reduktion von Größe in der Wirtschaft und der Nationen wäre dringend geboten (siehe dazu Leopold Kohr und E. F. Schumacher).

### Bis 2075?



Wieder wird den Menschen vorgegaukelt, dass es letztlich keine Alternative zur Fusion gäbe, deren Durchbruch als Technologie erst für die Zeit um 2050 und praktische Einsatzbereitschaft im letzten Viertel des 21. Jahrhunderts prognostiziert wird – vorausgesetzt, man bekommt alle technischen und organisatorischen Probleme in den Griff. Zu dem Zeitpunkt wäre dann die Erschöpfung der weltweiten Erdölreserven schon eingetreten. Welcher Zeitraum, wenn man bedenkt, dass es nach der Entdeckung der Kernspaltung Ende 1938 lediglich wenige Jahre dauerte, bis 1942 in den USA der erste Uranreaktor funktionierte. Wie ungleich langwieriger und offenbar schwieriger nimmt sich dagegen die bisherige Entwicklung der Kernfusionsforschung aus, an der nun schon über 30 Jahre mit beträchtlichem Mitteleinsatz gearbeitet wird. Der arbeitsteilige Bau mit vielen Zuliefererquellen in verschiedenen Ländern ist eine zusätzliche Erschwernis, ein Fusionsreaktor besteht aus einer Million Einzelteile, die alle genau zusammenpassen sollen. Die Kernfusion ist nicht sauber, nicht umweltfreundlich, wie jede Hochtechnologie nicht ohne erhebliche Risiken und ihre Wirtschaftlichkeit steht bei den horrenden Kosten und dem erforderlichen Energieaufwand für den Betrieb zumindest in Frage. Sie gleicht einem modernen „Turmbau zu Babel“. Ihr einziger Vorteil scheint ihre Unerschöpflichkeit zu sein. Aber um welchen Preis? Sich auf die Solarenergie zu begrenzen, die auf natürliche Weise aus dem All auf der Erde eintrifft, wäre sauberer, sicherer und gewiss auch weit kostengünstiger. Schon jetzt fliegen Leichtflugzeuge damit rund um den Globus.



#### Zum Autor

Elmar Klink



Jg. 1953; freier Autor; Studium der Sozialarbeit und Sozialwissenschaft in Bremen; Berufstätigkeit in Beratung und Öffentlichkeitsarbeit; aktiv in Ökologie- und Friedensbewegung; zahlreiche Aufsätze und essayistische Beiträge zu verschiedenen Themen, Film- und Buchbesprechungen; lebt in Bremen.

Kontakt: [Elmar.Klink@gmx.de](mailto:Elmar.Klink@gmx.de)