Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 73 (1984)

Heft: 1-2

Artikel: Wie soll das mit der Fusion gehen?

Autor: Schneider, Helmut

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308629

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Wie soll das mit der Fusion gehen?

von HELMUT SCHNEIDER,
Physikinstitut der Universität Freiburg i.Ue.

Wenn von Fusion die Rede ist, so meint man damit die friedliche Nutzung der Kernenergie, die bei der Verschmelzung leichter Kerne frei wird. Häufig wird die Fusion im Zusammenhang mit der Energiekrise erwähnt, und in der Tat sind die Energiereserven, die uns hier zur Verfügung stehen, so gewaltig, daß man fast an den so lange von den Alchimisten gesuchten Stein der Weisen erinnert wird. Fassen wir also die Tatsachen zusammen.

Energiekonsum und Vorrat (Fossile Energiewirtschaft)

Die gesamte Menschheit produziert und verbraucht auf diesem Planeten heute etwa 6 Terawatt. Im wesentlichen wird diese Leistung immer noch von fossilen Brennstoffen (Kohle, Öl, Gas) geliefert, und die Vorräte an fossilen Brennstoffen sind daher von größter Wichtigkeit für das Leben der Erdbevölkerung. Vorsichtige Schätzungen beziffern den Vorrat an fossilen Brennstoffen auf etwa 10^3 bis 10^4 Terawattjahre, je nachdem welche Vorkommen man noch für abbauwürdig hält. Damit könnten wir also den heutigen Bedarf für etliche hundert Jahre bestreiten. Das ist aber sehr optimistisch, denn die 6 Terawatt sind nicht konstant. Der Energiekonsum wächst jährlich um etwa 3 bis 4 %, und wenn der Verbrauch exponentiell zunimmt, sind die Brennstoffe bald verbraucht, d.h. sie sind zu CO_2 verbrannt.

Fission (Kernenergie)

Die Kernenergie scheint also gerade zur rechten Zeit gekommen zu sein um zu verhindern, daß die in Jahrmillionen entstandenen, für den Menschen überaus wertvollen fossilen Brennstoffe in kurzer Zeit verpulvert werden. Die heutigen Kernkraftwerke spalten in ihren Reaktoren das Isotop Uran-235, und dieses ist in dem Isotopengemisch des in der Natur vorkommenden Urans (235 + 238) nur zu 0,72 % enthalten. Befragen wir die Geologen nach der Häufigkeit des Urans auf unserem Planeten und rechnen wir diese Menge in Energieeinheiten um, so finden wir, daß der Energievorrat, der im Uran-235 steckt, etwa 10^3 bis 10^4 Terawattjahre beträgt. Diese Energiewirtschaft wird also auch nur so weit reichen wie die Wirtschaft mit fossilen Brennstoffen, und die Vorräte werden dann erschöpft sein. Nun besteht aber die Möglichkeit, auch das Uran-238 zu nutzen. Dazu muß es durch Neutroneneinfang in spaltbare Kerne verwandelt werden. Es ist dies das sogenannte Brüterproblem. Im Prinzip ist dies bereits gelungen, und wenn die Technik tatsächlich mit Erfolg diesen Weg beschreitet, so beträgt die zur Verfügung stehende Energiemenge etwa 10^5 bis 10^6 Terawattjahre. Das würde also wirklich sehr lange reichen. Aber wir erkaufen das mit den unangenehmen Begleiterscheinungen (Plutoniumwirtschaft) dieser Technik, und die Schwierigkeiten sind beträchtlich.

Fusion (Kernverschmelzung)

Die Kernprozesse, die hier in Frage kommen (z.B. Deuterium-Deuterium-Reaktion) sind seit langem wohlbekannt, und die Wirkungsquerschnitte und Reaktionsenergien sind von den Kernphysikern genau untersucht. Das Deuterium – ein schweres Wasserstoffisotop – kommt in der Natur vor, und es gibt Methoden, es aus dem Meerwasser zu gewinnen. Diese Technologie ist weit entwickelt, und das Deuteriumgas ist relativ wohlfeil auf dem Markt erhältlich. Wir kennen also die Menge des Deuteriums auf unserem Planeten sehr genau, und wenn wir diese Reaktionsenergien berechnen, so kommen wir auf ca. 10^{11} Terawattjahre. Natürlich ist nicht daran zu denken, den gesamten Deuteriumgehalt aus den Ozeanen zu extrahieren. Aber der tausendste Teil würde schon genügen, den heutigen Energiebedarf für Millionen Jahre zu liefern. Ein solcher Reaktor ist bis heute noch nicht gebaut worden. Nach den Gesetzen der Physik wäre diese Energieerzeugung aber möglich. Ob die Technik diesen Weg mit Erfolg zu beschreiten vermag, muß sich erst noch zeigen.

Auf jeden Fall setzen wir aber voraus, daß die Menschheit genügend Verstand hat, diese Energiequelle für friedliche Zwecke zu nutzen und nicht etwa dazu zu verwenden, sich selber in die Luft zu sprengen, denn die sogenannten Wasserstoffbomben benutzen diese Energiequelle bereits.

Der Fusionsreaktor

Es geht also darum, diese begehrten Kernprozesse in einer Brennkammer in kontrollierter Weise ablaufen zu lassen, daher der Ausdruck «kontrollierte Kernfusion». Wie dies zu bewerkstelligen ist, ist auch heute noch nicht entschieden. Sicher ist aber, daß man die Reaktionspartner bei einer hinreichend hohen Temperatur (z.B. 50 Millionen Grad C) für eine bestimmte Zeit τ bei einer Dichte n (Teilchen pro cm^3) belassen muß, wobei das Produkt $n\tau$ einen bestimmten Wert nicht unterschreitet (z.B. $n\tau$ $10^{15} cm^{-3} s$). Bei derart hohen Temperaturen sind alle Teilchen ionisiert, und wir haben es mit einem ziemlich heißen Plasma zu tun. Solche Plasmen bleiben nicht von selber an ihrem Ort. Sie fliegen auseinander. Da es nun – abgesehen von der hohen Temperatur – nur auf das Produkt $n\tau$ ankommt, gibt es viele Möglichkeiten, diese Kernprozesse einzuleiten. Man kann eine sehr kleine Zeit τ wählen, dann braucht man eine große Dicht n. Man kann auch versuchen, das Plasma für eine längere Zeit einzuschließen – z.B. für Sekunden –, dann kommt man mit viel kleineren Dichten aus. Aber man braucht große und komplizierte Magnetfelder, um das Plasma einzuschließen. Viele dieser Möglichkeiten werden heute erprobt.

Grenzen der Energieerzeugung

Man kann sich nun fragen, wie sich diese Energieerzeugung auf die Oberfläche des Planeten auswirkt, und vor allem welches Wachstum der Energieerzeugung wir noch zulassen wollen oder dürfen, denn alle diese Energie, die wir produzieren und konsumieren, wird schließlich in Wärme verwandelt.

Da nun der Wärmehaushalt des Planeten von der Sonnenstrahlung bestimmt wird, müssen wir wissen, daß die Sonne eine Strahlungsleistung von $1.7\ 10^5$ Terawatt an die Erde abgibt. Vergleichen wir dies mit unseren 6 Terawatt, so stellen wir fest, daß wir dies heute vielleicht noch als vernachlässigbare Störung (10^{-5}) betrachten dürfen. Bei exponentieller Zunahme der Energieproduktion aber kommen wir in absehbarer Zeit zu Werten, die gar nicht mehr zu vernachlässigen sind, und wir müssen mit Klimaveränderungen rechnen.

Nun ist ja das Klima ein kompliziertes Problem der Geophysik. Tatsächlich können sich die Experten nicht darüber einigen, welche Auswirkung die stetige Zunahme des Co_2-Gehaltes der Atmosphäre auf unser Klima haben wird. Das ist verständlich, denn wir kennen noch gar nicht alle Regelkreise, die in diesem System eingebaut sind.

Wir können aber bekannte Regelmechanismen für sich betrachten. Tun wir dies mit dem Beispiel der Albedo-Gegenkopplung, so kommen wir zu dem Schluß, daß bei etwa 16 % der Energieproduktion gegenüber der Sonneneinstrahlung eine Bewölkung von 100 % zu erwarten ist. Solche Betrachtungen sind natürlich recht hypothetischer Natur. Sie legen aber doch den Gedanken nahe, daß große Veränderungen im Wärmehaushalt des Planeten zu erwarten sind, wenn die Energieproduktion nicht in respektvollem Abstand von der Sonneneinstrahlung bleibt.