Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 98 (2007)
Heft: 16

Artikel: Prinzip Sonne auf Erden
Autor: Wellstein, Jürg
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857466

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: 14.09.2025

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

Prinzip Sonne auf Erden

Fusionstechnologie birgt hohes Potenzial

Das theoretische Potenzial der Fusionstechnologie ist beachtlich, der Weg dorthin aber noch weit – zu weit für die Lösung der mittelfristigen Energieversorgungsprobleme. Es wird indes beides brauchen: Wissenschaftliche Schwerarbeit der Fusionsforscher einerseits und konsequente Steigerungen der Energieeffizienz bei heute genutzten Energietechnologien anderseits.

Erneut ist 2006 der Elektrizitätsverbrauch in der Schweiz gestiegen – erwartungsgemäss, jedoch aufgrund verbrauchsgünstiger Klimabedingungen etwas weniger stark als im Vorjahr. Der neue Höchstwert liegt nun bei 57,8 Mrd. kWh; Grund genug, nach Auswegen zu suchen. Wie könnte dieser Anstieg entscheidend gebremst oder gar gestoppt werden? Das bundesrätliche Programm will den Fokus zunächst auf eine

Jürg Wellstein

generelle Steigerung der Energieeffizienz legen, also auf weniger Input an Energie für gleichbleibende Leistungserbringung und gleichen Komfort. Im Weiteren sollen erneuerbare Energien vermehrt zum Einsatz kommen, um die Produktion nachhaltiger zu bewerkstelligen.

Alternative für Bandenergie

In der Technologie der Kernfusion sieht man eine langfristige Alternative und Ergänzung der Grossanlagen von Stromproduktion und allenfalls auch Wärme. Insbesondere könnte mit der Kernfusion Bandenergie für den weltweit steigenden Bedarf an Strom erzeugt werden. Andreas Werthmüller, Leiter des Forschungsprogramms «Kernfusion» des Bundesamts für Energie (BFE), meint: «Die Fusionstechnologie verspricht Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung ohne fossile Energieträger, was angesichts der heutigen weltweiten Stromproduktion einen enormen klimatischen Vorteil hätte; fossile Kraftwerke könnten damit ersetzt werden.»

Bereits in den 1970er-Jahren wurden die Schweizer Forschungsaktivitäten im Bereich der Fusion mit jenen des Euratom-Programms koordiniert. Die Schweiz spielte bei der Gründung der europäischen Versuchsanlage JET (Joint European Torus) eine aktive Rolle und konnte damit auch an der wissenschaftlichen und technologischen Nutzung dieser Einrichtung partizipieren. Seither haben die Anstrengungen der hierzulande involvierten Hochschulen, Universitäten und Institute in dieser Disziplin zu einem bedeutenden Pfeiler der europäischen Forschungsgemeinde avanciert.

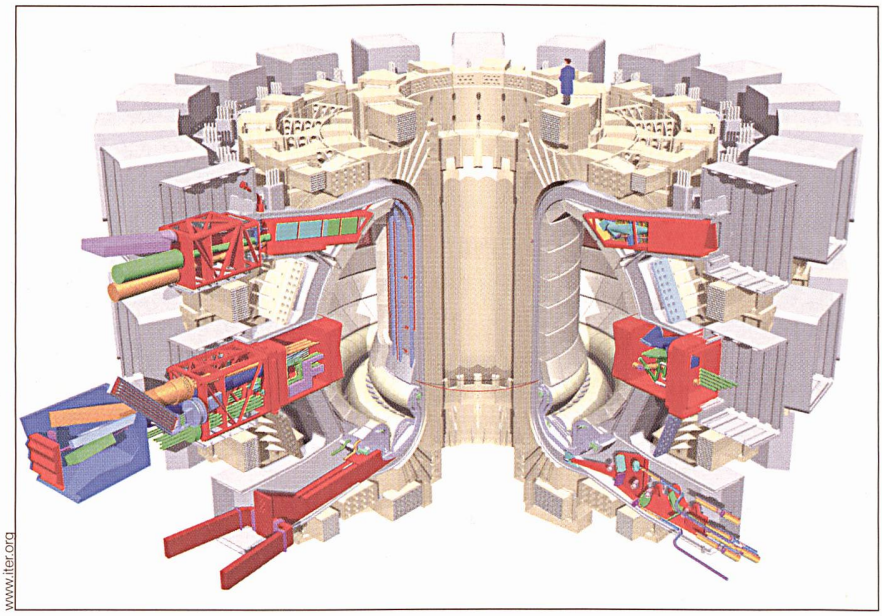
Schweizer Kompetenzen sind anerkannt

Minh Quang Tran, Direktor des Forschungszentrums für Plasmaphysik CRPP (Centre de Recherches en Physique des Plasmas) an der ETH Lausanne, sieht die Entwicklung folgendermassen: «Unsere Aktivitäten im Bereich der Plasmaphysik stellen einerseits Grundlagen für unterschiedliche Anwendungen zur Verfügung, anderseits konnten hier auch international anerkannte Kompetenzen aufgebaut werden.»

Neben dem CRPP engagierten sich die Universität Basel und das Paul-Scherrer-Institut (PSI) in diesem Themenbereich. Die modernen Testanlagen des PSI dienen einem Team des CRPP für Materialuntersuchungen; in Zusammenarbeit mit der Uni Basel werden die Wechselwirkungen von Plasma und Wandelementen des Fusionsreaktors erforscht.

Abbild eines universellen Phänomens

Die Fusion bildet eine Verschmelzung leichter Atomkerne zu schwereren; es ist das Prinzip der Sonne, das auf der Erde nur mit erheblichem Aufwand kontrolliert angewendet werden kann. Der Energiegewinn ist aber, bezogen auf die Masse des Brennstoffs, sehr viel höher als bei fossilen Energietechniken. Besonders vorteilhaft sind für eine Fusion die Wasserstoffisotope Deute-



www.iter.org

Bild 1 Beim ITER wird das Prinzip des Plasmaeinschlusses in einem ringförmigen Torus umgesetzt, in welchem der eigentliche Fusionsvorgang von Deuterium und Tritium, den beiden Wasserstoff-Isotopen, erfolgen kann.

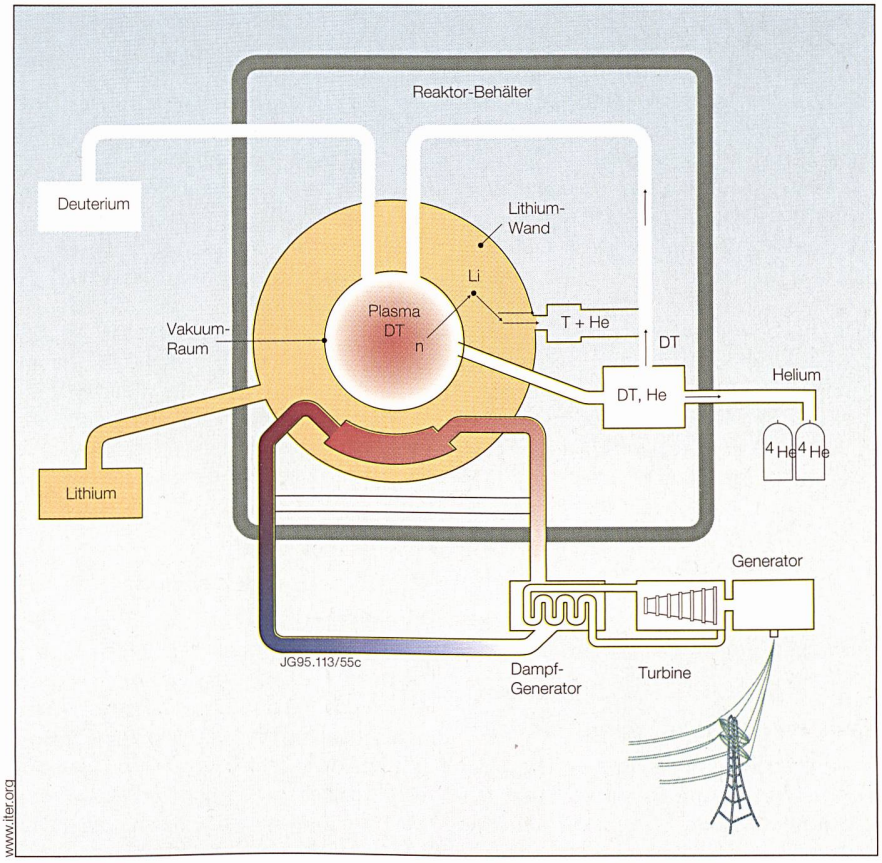


Bild 2 Energieproduktion: Lithium soll im Reaktor zu Tritium umgewandelt werden, sodass der Fusionsvorgang erfolgen kann; die entstehende Wärme dient mit konventioneller Technik zur Stromerzeugung.

rium und Tritium. Der eigentliche Fusionsvorgang, bei dem eine Reaktion mit der Hülle vermieden werden muss, setzt Nukleonen und damit sehr viel Energie frei. Die Energie soll auf ein Medium übertragen werden, das die erzeugte Wärme über einen Primärkreislauf aus dem Reaktor leitet. Die Neutronen müssen aber mit einem Lithium-Atom zusammenkommen, damit Tritium entstehen kann. Dieses wird dann in den Prozess zurückgeführt. Im Gegensatz zu den damit verbundenen material- und prozesstechnischen Fragestellungen ist die Übergabe der Energie in einem Wärmetauscher mit anschliessender Turbine und Generator zur Stromproduktion konventioneller Stand der Technik.

Das erforderliche Tritium kommt in der Natur nur in Spuren vor, soll aber in einem Fusionsreaktor aus dem Element Lithium «erbrütet» werden. Es stellt somit nur ein internes Zwischenprodukt dar. Deuterium und Lithium sind geografisch gleichmässig über die Erde verteilt. Man findet die beiden Isotope im Wasser, im Meer sowie in der Erdkruste. Aufgrund der geringen Mengen, die für die Fusion notwendig sind, könnten sie praktisch für eine unbegrenzte Zeit zur Energieerzeugung genutzt werden. Diese Tatsache – zusammen mit den im Vergleich zu Kernkraftwerken wesentlichen Vorteilen bei Sicherheit und Entsorgung – macht die Fusion vielversprechend für die Energieversorgung nach dem fossilen Zeitalter, also für den Ersatz der weltweit verbreiteten fossilen Stromerzeugung. Es ist eine hoffnungsvolle und zugleich verwegene Vision, vielleicht sogar vergleichbar mit jener des Kolumbus, technisch aber bestimmt weitaus anspruchsvoller als die Meisterwerke der bemannten Raumfahrt.

Die involvierte Forschergemeinschaft ist zuversichtlich, denn in den vergangenen 30 Jahren Fusionsforschung konnten weltweit Fortschritte erzielt werden, die sich mit anderen Technologieentwicklungen vergleichen lassen, welche auf Grundlagenforschungen beruhen. Dies zunächst in Labors, aber auch mithilfe von Experimentieranlagen.

Kontinuierliche Unterstützung als Projektgrundlage

Die Schweiz hat die Fusionsforschung auch im Jahr 2005 mit Fördermitteln der öffentlichen Hand von ca. 25 Mio. CHF unterstützt, wobei die Mittel vor allem vom ETH-Rat und vom Staatssekretariat für Bildung und Forschung (SBF) bzw. der EU kamen. Andreas Werthmüller erläutert: «Über Jahrzehnte hat sich die Schweiz bei der bisherigen Testanlage JET stark engagiert und setzt sich nun auch beim Experimentierreaktor ITER im französischen Cadarache ein. Hier werden von der Schweiz aus sowohl wissenschaftliche Arbeiten als auch gezielte Beteiligungen der Industrie zum Zuge kommen.»

Beim ITER (Internationaler thermonuklearer Experimentierreaktor) kommt das Tokamak-Prinzip zur Anwendung, also der magnetische Plasmaeinschluss, welcher als Grundlage für die notwendige hohe Temperatur von einigen Millionen Grad Celsius dient. In diesem Jahr wird die Grundsteinlegung für ITER erfolgen, doch bereits heute sind Teams daran, die konstruktiven Einzelheiten nach neuesten Erkenntnissen zu überarbeiten. Die Bauzeit von rund 20 Jahren zeugt einerseits von der Komplexität der Technologie, soll aber anderseits auch zur weiteren wissenschaftlichen und technologischen Optimierung – im Hinblick auf den später geplanten Demonstrationsreaktor DEMO – genutzt werden. Mit ITER will man rund 500 MW Leistung erreichen, allerdings ohne eigentliche Stromerzeugung. DEMO soll dann – bei erfolgreichem Betrieb – als erste Anlage ans Netz angeschlossen werden. Sowohl die politischen als auch die wissenschaftlichen Repräsentanten sind erfreut, dass nach einigen Verzögerungen bei der Standortwahl nun grünes Licht für ITER gegeben ist.

In den internationalen Programmen geht es zunächst vor allem um Materialien und deren Eigenschaften unter Bestrahlung. Sobald eine entsprechend starke Neutronenquelle (IFMIF) bereit ist, wird diese zur Untersuchung solcher Materialentwicklungen eingesetzt. Im ITER sollen dann auch Module zum Brüten von Tritium aus Lithium

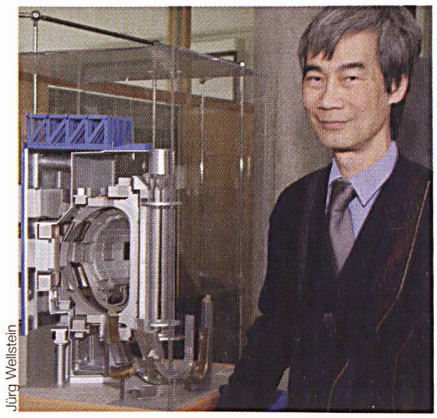

Jürg Wellstein

Bild 3 Minh Quang Tran, Direktor des Forschungszentrums für Plasmaphysik CRPP (Centre de Recherches en Physique des Plasmas) an der ETH Lausanne, steht dem CRPP vor, das sich seit Jahren an der Spitze der Schweizer Fusionsforschung befindet und auch international anerkannt ist.

Jürg Wellstein

Bild 4 Die Industrie ist seit Langem intensiv in die Forschungsarbeiten der Fusionstechnologie involviert, indem sie den Bau der Forschungseinrichtungen unterstützt, wie beispielweise am CRPP in Lausanne.

getestet werden. Und gleichzeitig wird die Konstruktion von DEMO begonnen, bei welcher alle technologischen Aspekte integriert werden sollen.

Im ringförmigen Torus von ITER wird unter Vakuum mit Hochfrequenz-Aggregaten zur Temperaturerhöhung ein Plasma erzeugt, das im Torus-Innern mit Magnetspulen zentriert wird. Darin geschieht die eigentliche Fusion der beiden Wasserstoffisotope Deuterium und Tritium. Bei der Plasmaerzeugung hat das CRPP wesentliche Vorarbeiten geleistet, indem die Forschenden mit dem im Institut installierten Tokamak TCV, mit variabler Konfiguration, unterschiedliche Funktionsbedingungen und Anlagendimensionierungen simulieren können. Die Berechnungsgrundlagen und Tests lieferten wichtige Grundlagen zur Konstruktion des ITER.

Die Klippen sind hoch – vielleicht zu hoch

Das Tritium soll nach dem jeweiligen Betriebsstart im Fusionsreaktor erzeugt werden. In der innersten Wandschicht wird eine mit Helium gekühlte Lithium-Blei- oder Lithium-Berillium-Verbindung eingebracht, welche durch den aus der Fusion entstehenden Neutronenbeschuss dazu beiträgt, den Tritium-Kreislauf in Gang setzen zu können. Hier beginnen die kritischen Stimmen der Fusionstechnologie, beispielsweise von Michael Dittmar vom Institut für Teilchenphysik (IPP) der ETH Zürich. An der Jahrestagung 2007 der Schweizerischen Physikalischen Gesellschaft (SPS) stellte er das Gelingen dieses offensichtlich schwierigsten Prozessschritts grundsätzlich infrage: «Dieser Tritium-Kreislauf ist für die Umsetzung der Fusionstechnologie entscheidend, aber sowohl die zu erwartenden Verluste durch die Torus-Geometrie, den Austausch mit der Innenwand, den Tritium-Zerfall usw. als auch Simulationsberechnungen deuten auf kaum überwindbare Schwierigkeiten hin. Im Weiteren sind im Fusionsreaktor Materialien für Extreme bei Temperaturen und Neutronenfluss gefordert, die heute noch Gegenstand der Forschung sind – mit ungewissem Ausgang.»

Müssten diese Problemstellungen Grund sein, die Übung abzubrechen? Im Hinblick auf die grosse Bedeutung, welche der Fusion in Zukunft zukommen könnte, und aufgrund des klaren Bekenntnisses der internationalen Forschergemeinschaft spricht sich auch die Schweiz für ein weiteres Engagement aus. Im kürzlich an der Energieforschungskonferenz in Neuchâtel diskutierten CORE-Energieforschungskonzept wird für die Fusion auch weiterhin ein jährliches Budget von rund 25 Mio. CHF gefordert. Die Schweizer Forschenden sollen sich in den kommenden Jahren mit der Erzeugung und Steuerung des Plasmas, mit supraleitenden Komponenten und mit den notwendigen Materialien befassen können.

Zwei wissenschaftliche Ebenen

Minh Quang Tran sieht die wissenschaftliche Arbeit auf zwei Ebenen: «Neben den konstruktiven Beiträgen zum ITER-Projekt, wie beispielsweise Steuerungen für die von uns entwickelten Gyrotron-Heizaggregate und Diagnoseinstrumente sowie Tests für heliumgekühlte Supraleiterkabel, geht es auch um die Weiterführung der akademischen Exzellenz und der damit verbundenen Grundlage für Studien- und Doktorandenplätze im Bereich der Plasmaphysik.» Attraktive wissenschaftliche Felder wecken das Interesse von jungen Menschen und dienen nach dem Grundlagenstudium den künftigen Ingenieuren und Forschenden zur Wissensvermehrung und weiteren beruflichen Profilierung. Insofern wird damit die Basis für die künftige Wissenschaftsarbeit gelegt. Im Hinblick auf die breite Anwendungspalette der Plasmaphysik werden Ungewissheiten und lange Zeithorizonte der Fusionstechnologie – ähnlich anderen Wissenschaftsfeldern – von den Betroffenen nicht unbedingt als Nachteil empfunden.

Partizipation der Industrie erwünscht

Im Hinblick auf die Vielzahl der bereits bei den Laboranlagen im Einsatz stehenden technischen Einrichtungen wird aber auch die Bedeutung der Industrie offensichtlich. Die Plasmatechnologie im Allgemeinen und die Umsetzung in einem Fusionsreaktor, wie beim ITER, stellen hohe Anforderungen an die Entwicklungspotenziale der Industrie und bieten gleichzeitig Chancen für hierauf fokussierte Unternehmen. Vergleichbar mit anderen technologischen Entwicklungen

Jürg Wellstein

Bild 5 Der am CRPP installierte Tokamak TCV mit variabler Konfiguration hat in der Vergangenheit zu Untersuchungen von Plasmastabilität und Steuerung sowie zur Simulation von Auslegungskriterien gedient. Am Modell illustriert Minh Quang Tran die Grössenverhältnisse der Anlage.

wird auch bei den verschiedenen Arbeitsbereichen der Fusionsforschung mit konkreten Technologietransfer-Resultaten gerechnet. Neben den Bereichen der Plasmaphysik spielen hierbei auch Elektrotechnik, Informationstechnologien, Supraleiter und Materialentwicklungen eine Rolle. Welche Produkte und Technologiesektoren davon profitieren werden, ist zurzeit jedoch erst vage abzuschätzen. Man darf erwarten, dass verschiedene Sekundärentwicklungen für andere Technologien und Güter geschaffen werden, welche Impulse für die Industrie und deren Exportaktivitäten erzeugen werden.

Inzwischen bietet die ITER-Organisation, welche den Experimentierreaktor in Cadarache bauen wird, Gelegenheit für die Industrie, an der Komponentenentwicklung und an deren Bau zu partizipieren. Bereits Ende 2005 fanden entsprechende Informationsanlässe statt. Inzwischen ist beispielsweise durch CRPP und SBF auch eine Internetplattform für Industriekontakte geschaffen worden (www.iter-industry.ch).

An Energieeffizienz führt jedoch kein Weg vorbei

Ist mit der Fusionstechnologie das Energieproblem des 21. Jahrhunderts gelöst? Bei allen wirtschaftlichen Chancen und dem erhofften neuen Baustein einer nachhaltigen Energieversorgung bleibt heute trotzdem die Frage nach Sinn und Risiken dieses hohen Aufwands an langfristig eingesetzten Forschungsmitteln in einer Zeit dringlicher Energieprobleme. Andreas Werthmüller: «Der Weg zur Fusionsenergie ist zweifellos lang und teuer. Wie gross ist das Risiko, dass wir das Ziel nicht erreichen können? Ist die Schaffung von Spin-off-Unternehmen, wissenschaftlicher Spezialisierung usw. auf diesem Weg wertvoll genug, auch wenn nie Fusionsstrom fliessen würde? Wir müssen uns mit solchen Fragen auseinandersetzen – der Ehrlichkeit halber –, doch zeugt die Geschichte der bisher entwickelten Technologien von den damit verbundenen Chancen.»

Es bleibt aber auch bei positiver Betrachtung und hoffnungsvoller Zuversicht in die Forschungskompetenzen im Fusionsbereich die Einsicht, dass kein Weg an strikter Konzentration auf die Energieeffizienz, gerade auch beim Elektrizitätsverbrauch, vorbeiführt. Auch die in der Fusionsforschung involvierten Wissenschaftler anerkennen die Notwendigkeit einer breiten Abstützung der Energieproduktion. Insofern sind die Forderungen des neuen CORE-Energieforschungskonzepts zur deutlichen Budgeterhöhung bei den übrigen Forschungsprogrammen und zur Wiederaufnahme von Pilot- und Demonstrationsprojekten für eine erleichterte Markteinführung ein klares Bekenntnis.

Kontakte

BFE-Forschungsprogramm «Kernfusion»: Dr. Andreas Werthmüller, SBF Bern,
andreas.werthmueller@sbf.admin.ch

Prof. Dr. Minh Quang Tran, Centre de Recherches en Physique des Plasmas, ETH Lausanne,
minhquang.tran@epfl.ch; http://crppwww.epfl.ch/

Dr. Michael Dittmar, Institut für Teilchenphysik (IPP), ETH Zürich,
michael.dittmar@cern.ch

ITER-Projekt: *www.iter.org*

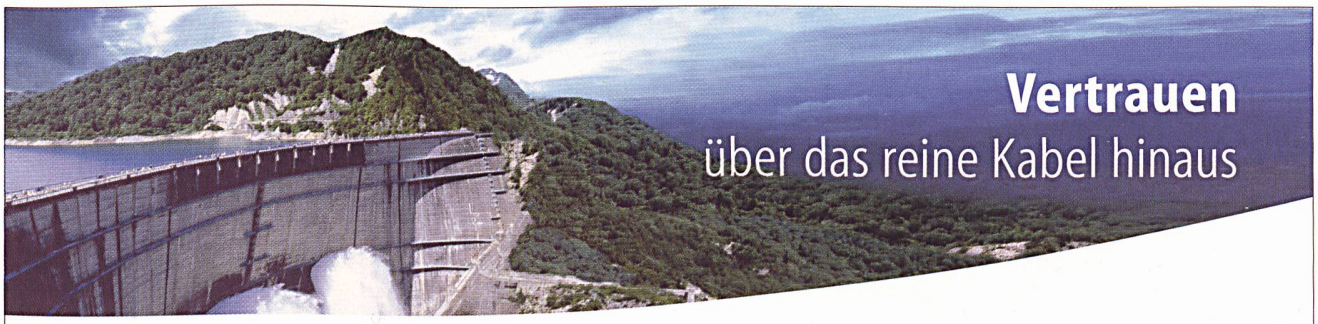
Angaben zum Autor

Jürg Wellstein, Ingenieur FH, befasst sich seit 2000 mit dem Schwerpunkt Energie und Energieforschung. Er ist seit Langem Fachjournalist SFJ und hat ein eigenes Büro für Kommunikation in Basel.
Informationen zur Energieforschung, 4058 Basel, wellstein.basel@bluewin.ch

Résumé

La technologie de fusion présente un potentiel considérable

En théorie, le potentiel de la technologie de fusion est considérable. Le chemin pour y aboutir est toutefois encore long, trop long pour résoudre les problèmes d'approvisionnement en énergie à moyen terme. Deux points sont importants: d'une part, le travail scientifique des chercheurs dans le domaine de la fusion, d'autre part, une augmentation conséquente de l'efficience énergétique pour les technologies énergétiques utilisées actuellement. On voit dans la technologie de fusion nucléaire une solution à long terme et un complément aux grandes installations de production d'électricité et, le cas échéant, de chaleur. La fusion nucléaire permettrait en particulier de produire de l'énergie en ruban pour répondre au besoin en électricité croissant dans le monde entier. Andreas Werthmüller, responsable du programme de recherche «fusion nucléaire» de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), déclare: «La technologie de fusion promet une production d'électricité et de chaleur sans agents énergétiques fossiles, ce qui constituerait un énorme avantage au niveau du climat étant donné la production d'électricité mondiale actuelle. Les centrales fossiles pourraient être ainsi remplacées.»



Die Business Unit Power Utilities entwickelt und produziert Kabel und Zubehör für die Energieerzeugung, für die Energieverteilung und für Infrastrukturanlagen wie Tunnels oder andere Grossprojekte. Unser umfassendes Sortiment an innovativen Mittel- und Niederspannungskabeln sichert zusammen mit dem außergewöhnlichen Dienstleistungspaket BETAsolution® Ihre Investitionen in die Stromversorgung nachhaltig.

The Quality Connection

LEONI
STUDER CABLES

LEONI Studer AG Herrenmattstrasse 20 · CH-4658 Däniken/Schweiz · Telefon +41 (0)62 288 82 82 · Fax +41 (0)62 288 83 83 · www.leoni-power-utilities.com