



Dokumentation

Literaturquellen zu Einzelfragen der Kernfusionsforschung

Literaturquellen zu Einzelfragen der Kernfusionsforschung

Aktenzeichen:

WD 8 - 3000 - 161/19

Abschluss der Arbeit:

6. Dezember 2019

Fachbereich:

WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und
Forschung

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzugeben und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Literaturquellen zur Kernfusion	4
2.1.	Technische und ökologische Aspekte der Kernfusionsforschung	4
2.2.	Sozio-ökonomische Aspekte der Kernfusionsforschung	8
2.3.	Aspekte zur Mobilität von Wissenschaftlern	8
3.	Quellenverzeichnis	10

1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit enthält Literaturquellen zu einzelnen Fragen der Kernfusion. Sofern möglich, sind die Quellen verlinkt.

2. Literaturquellen zur Kernfusion

Grundlegende Informationen zur Kernfusionstechnologie finden sich in der Linkssammlung: Deutscher Bundestag, (s.a. ID 1 Literaturzusammenstellung „Energie und Rohstoffe“, Abschnitt „Kernfusion“ <https://www.bundestag.de/btg/ButagVerw/I/D/1/Digital/Internet-Links/Uebersicht.php?task=details&id=6276&IDLink=09#anchor14909>) und Informationen zu organisatorischen und technischen Konzepten der Kernfusionsforschung in den folgenden Quellen:

Günter, S. Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V. (DPG) (2014). „Kernfusion – auf dem Weg zum Kraftwerk“, https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichungen/publikationen/physikkonkret/pix/physik_konkret_21.pdf, PhysiKonkret Nr.21 Oktober 2014

Homepage des Internationalen Thermonuklearen Versuchsreaktors „ITER“: <https://www.iter.org/>

Fusion for Energy (F4E): <https://f4e.europa.eu/>, Einrichtung der Europäischen Union für den europäischen Beitrag zum Fusionsreaktor ITER und zur Kernfusionsforschung allgemein.

2.1. Technische und ökologische Aspekte der Kernfusionsforschung

Die Fusionsreaktorforschung ist seit Jahrzehnten fester Bestandteil der weltweiten Energieforschung und hat mittlerweile Kosten in Milliardenhöhe verursacht. „Die Forschung konzentriert sich derzeit darauf, eine kontrollierte Fusionsreaktion in einer ringförmigen Brennkammer zu erzeugen.“ Weltweit wird an zwei Konzepten eines Fusionsreaktors, Stellarator und Tokamak, geforscht. „Tokamak-Forschungsanlagen sind beispielsweise ASDEX (Axialsymmetrisches Diverter-Experiment) in Garching und die europäische Gemeinschaftsanlage JET (Joint European Torus) in Culham, Großbritannien.“ Weltweit gibt es etwa 200 Tokamak-Anlagen. Die meisten haben einen kleinen Maßstab. Nur die Anlagen in Europa, den USA, Japan, China und Russland haben eine für Testreaktoren nennenswerte Größe. Lemke, D., Spektrum der Wissenschaft (2018). „Die Energiequellen - Teil 3: Der Weg zum Fusionsreaktor auf der Erde“, März 2018 Seite 36 ff, <https://www.spektrum.de/magazin/der-weg-zum-fusionsreaktor-auf-der-erde/1535237>, Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) (2919). „Kernfusion Stand & Perspektiven“, https://www.ipp.mpg.de/46293/fusion_d.pdf

Deutschland ist im Rahmen des internationalen Forschungsprojekts „ITER“ (International Thermonuclear Experimental Reactor) beteiligt. Dieses Projekt hat in einem ersten Schritt den Bau einer Versuchsanlage zur Kernfusion zum Ziel. Europäische Kommission (2018). „Anhang der Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen - Ein moderner Haushalt für eine Union, die schützt, stärkt und verteidigt Mehrjähriger Finanzrahmen 2021-2027 {SWD(2018) 171 final}“, <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2018/DE/COM-2018-321-F1-DE-ANNEX-1-PART-1.PDF>

Die Bundesregierung hält weiterhin an dem ITER-Projekt fest, drängt dabei aber auf die Einhaltung der von der Europäischen Union (EU) gesetzten finanziellen Obergrenze.

- Donner, S. et al., Deutscher Bundestag, Wissenschaftlichen Dienste (2010). Aktueller Begriff „ITER – Der internationale Testreaktor zur Kernfusion“, <https://www.bundestag.de/resource/blob/191518/360d9200cb73173d846ac4b108de3af7/ITER-data.pdf>,
- Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste (2016) „Bildungs- und Forschungspolitik auf europäischer Ebene“, <https://www.bundestag.de/resource/blob/422680/e6578ec37ace4eb1cef08dac39e5e7c6/WD-8-028-16-pdf-data.pdf>,
WD 8 - 3000 - 028/16

Im Jahr 2006 haben sieben Partner, die Europäischen Union (EURATOM), China, Indien, Japan, Russland, Südkorea und die USA das Abkommen unterzeichnet. Die Arbeiten im Rahmen des ITER-Projekts sollen klären, ob sich die Fusion für die künftige Energiegewinnung nutzen lässt und welche Materialien geeignet wären, um den Belastungen im Reaktor standzuhalten. Der Beginn des Testbetriebs verzögert sich bis 2025. Die kommerzielle Nutzung der Kernfusion wird frühestens ab 2060 erwartet.

- Donner, S. et al., Deutscher Bundestag, Wissenschaftlichen Dienste (2010). Aktueller Begriff „ITER – Der internationale Testreaktor zur Kernfusion“, <https://www.bundestag.de/resource/blob/191518/360d9200cb73173d846ac4b108de3af7/ITER-data.pdf>,
- VDI nachrichten (2019). „Kraftwerkstechnik sucht Alternativen“ vom 8. November 2019, Nr. 45, Seite 16

„EUROfusion ist ein Konsortium von 30 Empfängern aus allen Mitgliedstaaten außer Luxemburg und Malta sowie aus der Schweiz und aus der Ukraine. Das Konsortium hat den Auftrag, den europäischen Fahrplan für die Stromgewinnung aus Fusionsenergie in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts umzusetzen. Das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik ist der europäische Koordinator für dieses gemeinsame europäische Programm, das das erste seiner Art ist.“ Europäische Kommission (2017). Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat „EU-Beitrag zum reformierten ITER-Projekt {SWD(2017) 232 final}“, <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/DE/COM-2017-319-F1-DE-MAIN-PART-1.PDF>, COM(2017) 319 final vom 14.6.2017

Die Anteile am Projekt ITER teilen sich wie folgt auf: „Europa hat bei diesem Projekt mit einer Beteiligung von 45 % an den Baukosten die Führungsrolle übernommen. 80 % dieses Anteils werden aus dem EU-Haushalt und 20 % von Frankreich, dem Standort von ITER, übernommen (auf andere ITER-Mitglieder entfallen jeweils rund 9 %). Diese Kostenaufteilung wird sich in der Betriebsphase ändern. Europa wird dann 34 % der Kosten tragen.“ Japan und die Vereinigten Staaten 13 % und China, Indien, Süd-Korea und Russland 10 %. Europäische Kommission (2017). Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat „EU-Beitrag zum reformierten ITER-Projekt {SWD(2017) 232 final}“, <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/DE/COM-2017-319-F1-DE-MAIN-PART-1.PDF>, COM(2017) 319 final vom 14.6.2017

Die Europäische Kommission hat für den nächsten mehrjährigen Finanzrahmen, der sich von 2021 bis 2027 erstreckt, vorgeschlagen, einen Beitrag von 6,07 Mrd. EUR für das ITER-Projekt zu

leisten. Europäische Kommission (2019). „The ITER project Governance and funding“, https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/iter_factsheet_governance_and_funding.pdf

Deutscher Bundestag (2019). Antrag der Fraktion DIE GRÜNEN/Bündnis90 „Fusionsreaktor ITER nicht als Klimaschutzmaßnahme ausweisen“, BT-Drs 19/10221, <http://dip21.bundestag.btg/dip21/btd/19/102/1910221.pdf>

„Es wird davon ausgegangen, dass die ITER-Organisation bis 2025 Vertragsleistungen in Höhe von insgesamt 1,8 Mrd. EUR in Auftrag geben wird, insbesondere in den Bereichen Hochtechnologielösungen für Diagnose-, Fernbedienungs- und Heizsysteme, was auch in europäischen Regionen, die bisher nur seltener zu den Begünstigten gehört haben, neue Möglichkeiten für die dortigen Industriezweige und KMU bieten wird.“ Europäische Kommission (2017). Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat „EU-Beitrag zum reformierten ITER-Projekt {SWD(2017) 232 final}“, <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/DE/COM-2017-319-F1-DE-MAIN-PART-1.PDF>, COM(2017) 319 final vom 14.6.2017

Die Bundesregierung unterrichtet in ihrem Bericht zu Forschung und Innovation: „Die Förderung der Fusionsforschung erfolgt überwiegend durch die programmorientierte Förderung der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF). An diesem Programm sind das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP), das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) sowie das Forschungszentrum Jülich (FZJ) beteiligt. Im internationalen Vergleich verfügen diese Forschungsinstitute über ein herausragendes wissenschaftliches Know-how. Mit Großgeräten wie dem Tokamak ‚ASDEX Upgrade‘ und dem Stellarator ‚Wendelstein 7-X‘, beide am IPP, sowie dem Hochtemperatur-Helium-Kreislauf (HELOKA) und der Testeinrichtung für supraleitende Komponenten (TOSKA), beide am KIT, steht eine weltweit einmalige Infrastruktur zur Verfügung.“ Deutscher Bundestag (2018). Unterrichtung der Bundesregierung „Bundesbericht Forschung und Innovation 2018“, BT-Drs 19/2600, <http://dip21.bundestag.btg/dip21/btd/19/026/1902600.pdf>, Seite 204

„Am Programm ‚Nuclear Fusion‘ beteiligte Helmholtz-Zentren sind das Forschungszentrum Jülich, das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik und das Karlsruher Institut für Technologie.“ Zur Fusionsforschung an den Helmholtz-Zentren berichtet die Bundesregierung: „Die Arbeiten von IPP, KIT und FZJ sind eingebunden in das europäische Fusionsforschungsprogramm von Euratom. Das IPP koordiniert das von 29 nationalen Fusionszentren aus 26 Ländern der EU sowie der Schweiz gegründete Konsortium EUROfusion, das die neue zentrale Struktur der europäischen Fusionsforschung darstellt. Das IPP selbst zählt weltweit zu den führenden Instituten. Auf europäischer Ebene unterstützt Deutschland, als Mitglied von Euratom zusammen mit allen anderen EU-Mitgliedstaaten, den Bau des International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) in Cadarache (Südfrankreich). Euratom vertritt die EU im ITER-Rat. Sie ist einer der sieben Partner im Projekt (EU, Japan, USA, Russland, China, Südkorea und Indien). [...] ITER soll der Zwischenschritt zum ersten Demonstrationskraftwerk, DEMO, sein, das Strom ins Netz einspeist. Daraus wird ITER viele Technologien testen, die in bisherigen Experimentieranlagen nicht benötigt wurden.“

- Deutscher Bundestag (2018). Unterrichtung der Bundesregierung „Bundesbericht Forschung und Innovation 2018“, BT-Drs 19/2600, <http://dip21.bundestag.btg/dip21/btd/19/026/1902600.pdf>, Seite 204,

- Deutscher Bundestag (2018). Unterrichtung der Bundesregierung „Siebtes Energieforschungsprogramm der Bundesregierung - Innovationen für die Energiewende“, BT-Drs 19/4518, <http://dip21.bundestag.btg/dip21/btd/19/045/1904518.pdf>, Seite 80 ff,
- Helmholtz-Gemeinschaft (2019). „Das Programm „Nuclear Fusion“, https://www.helmholtz.de/forschung/energie/nuclear_fusion/

China hat aktuell ein 10-Mrd.-US\$-Programm aufgelegt. Das chinesische ASIPP, das Institut der chinesischen Wissenschaften, betreibt den Test-Fusionsreaktor EAST (Experimental Advanced Superconducting Tokamak). China möchte im Jahr 2020 entscheiden, ob der China Fusion Engineering Test Reactor (CFETR), der komplementär zum ITER ist, gebaut wird. Dieser Forschungsreaktor soll 2030 in Betrieb gehen. VDI nachrichten Nr. 45 Seite 16 „Kraftwerkstechnik sucht Alternativen“ vom 8. November 2019, Deeg, J., Spektrum der Wissenschaften (2018). „Wir haben noch keine Patentlösung für das Energieproblem“, <https://www.spektrum.de/news/kernfusion-wie-geht-es-bei-iter-voran-und-ueberholen-uns-die-chinesen/1595228>, vom 4.10.2018

„Ein gemeinsames Forschungsprojekt zur Untersuchung der Leistungsauskopplung aus einem heißen Stellarator-Plasma haben das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) in Greifswald und die US-amerikanische Universität von Wisconsin-Madison gegründet. Das ‚Helmholtz International Lab for Optimized Advanced Divertors in Stellarators‘ (HILOADS), an dem sich auch das Forschungszentrum Jülich sowie die Auburn-Universität in Alabama beteiligen, wird von der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren finanziell unterstützt. [...] Von den für HILOADS insgesamt veranschlagten 6,125 Millionen Euro übernimmt die Helmholtz-Gemeinschaft in den kommenden fünf Jahren 24 %, 35 bzw. 15 % tragen die Universitäten in Madison und Auburn, 18 bzw. 8 % das IPP bzw. das Forschungszentrum Jülich. HILOADS soll im Frühjahr 2020 beginnen.“ Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) (2019). „Startschuss für internationales Stellarator-Projekt“, https://www.ipp.mpg.de/de/aktuelles/presse/pi/2019/08_19?c=4312883, vom 25.10.2019

Die Experimentieranlage Wendelstein 7-X im IPP-Teilinstitut Greifswald ist die weltweit größte Fusionsanlage vom Typ Stellarator. „Ihre Aufgabe ist es, die Kraftwerkseignung dieses Bauteils zu untersuchen. Dazu wird sie ein optimiertes Magnetfeld für den Einschluss des Plasmas testen. Es wird von einem System aus 50 speziell geformten, supraleitenden Magnetspulen erzeugt – das technische Kernstück der Anlage. Es wird erwartet, dass Plasmageleichgewicht und -einschluss von vergleichbarer Qualität sein werden wie bei einem Tokamak gleicher Größe. Dabei werden jedoch die Nachteile des im Tokamak-Plasma fließenden Stromes vermieden: Mit bis zu 30 Minuten langen Plasmaentladungen soll Wendelstein 7-X die wesentliche Stellaratoreigenschaft zeigen, den Dauerbetrieb. Die Hauptmontage von Wendelstein 7-X wurde 2014 abgeschlossen, das erste Plasma wurde 2015 erzeugt.“

- Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) (2019). „Wendelstein 7-X“, <https://www.ipp.mpg.de/wendelstein7x>,
- Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) (2019). „Fusion“, https://www.ipp.mpg.de/46293/fusion_d.pdf,
- Nuklearforum Schweiz (2019). Factsheet „Fusion“, https://www.nuklearforum.ch/sites/default/files/folder-pdf/170320%20Update_Fusion_d_Web_1.pdf

Bei bis zu 26 Sekunden langen Plasmen konnten bis zu 75 Megajoule Heizenergie in das Plasma eingespeist werden. Danach gelangen zudem langlebige Plasmen von 100 Sekunden Dauer –

ebenfalls einer der bislang besten Stellarator-Werte weltweit. Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) (2018). „Die zweite Experimentierrunde“, https://www.ipp.mpg.de/4295022/op_1_2

Die Kosten des Projekts „Wendelstein 7-X“ belaufen sich bisher auf etwa 400 Millionen Euro. Norddeutscher Rundfunk (NDR) (2019). „25 Jahre Fusionsforschung in Greifswald“, <https://www.ndr.de/nachrichten/mecklenburg-vorpommern/25-Jahre-Fusionsforschung-in-Greifswald,wendelstein288.html>, vom 19.7.2019

2.2. Sozio-ökonomische Aspekte der Kernfusionsforschung

Auch nach jahrzehntelanger Forschung ist dieses Milliardenprojekt technisch gesehen eine sehr große Herausforderung und noch weit davon entfernt, zur Marktreife erforscht zu sein. Mit einer kommerziellen Nutzung der Ergebnisse ist nach Ansicht der Wissenschaftler nicht vor 2060 zu rechnen. Sozio-ökonomische Aspekte und Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt behandeln folgende Literaturquellen in: Karlsruher Institut für Technologie (2006). „Kernfusion“, <http://www.fusion.kit.edu/downloads/Kernfusion.pdf>

- Hörning, Georg; Keck, Gerhard; Lattewitz, Florian: Fusionsenergie – eine akzeptable Energiequelle der Zukunft? Eine sozialwissenschaftliche Untersuchung anhand von Fokusgruppen. Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Arbeitsbericht Nr. 145, August 1999.
- Lako, P.; Ybema, J. R.; Seebregts, A. J.: Longterm scenarios and the role of fusion power. Netherlands Energy Research Foundation (ECN), ECN-C-98-095, Februar 1999.
- Hamacher, Thomas et al.: A comprehensive evaluation of the environmental external costs of a fusion power plant, in: Fusion Engineering and Design 56-57, 2001, Seite 95-103.
- Hender, T. C.; Knight, P. J.; Cook, I.: Key issues for the economic viability of magnetic fusion power, in: Fusion Technology, Band 30, Dezember 1996, Seite 1605-1612.

2.3. Aspekte zur Mobilität von Wissenschaftlern

Das Gutachten der „Expertenkommission Forschung und Innovation“ (EFI) beleuchtet unter dem Punkt „Internationale Mobilität von Wissenschaftlern und Erfindern und deren Auswirkungen auf Innovation“ die Abwanderung von Forschern.

- EFI (2014). https://www.e-fi.de/fileadmin/Gutachten_2014/EFI_Gutachten_2014.pdf
- Spiegel (2014). <https://www.spiegel.de/lebenundlernen/job/warum-so-viele-forscher-deutschland-verlassen-a-955737.html>

Eine Mitteilung der Europäischen Kommission aus dem Jahr 2000: Europäische Kommission (EU) (2000). „Experten für Kernfusion fordern Weiterführung der Finanzierung mit öffentlichen Mitteln“, <https://cordis.europa.eu/article/id/14419-public-funding-must-continue-say-fusion-experts/de>

Im Monitoringbericht der Deutschen Forschungsgemeinschaft aus dem Jahr 2019 unterrichten die Experten beispielsweise über „Leistungsbezüge bei Berufungen aus der Wirtschaft und dem Ausland bzw. internationalen Organisationen sowie bei der Verhinderung der Abwanderung dorthin (Anwendung »W-Grundsätze FhG«)“, https://www.gwk-bonn.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Papers/GWK-Heft-63_Monitoring-Bericht-2019-Band_II.pdf

Zu den Auswirkungen der Kernfusionsforschung auf den Arbeitsmarkt in Deutschland, Europa und international hat die ITER-Organisation Informationen zusammengestellt. Im Jahr 2016 schätzten die nationalen Vertretungen der ITER-Organisation die Zahl der vergebenen Aufträge im Zusammenhang mit der Entwicklung und Beschaffung von ITER-Systemen, -Komponenten und -Infrastrukturen auf über 3.000. Die direkten Begünstigten dieser Aufträge sind die Labors, Universitäten und Industrien in den ITER-Mitgliedstaaten. Das Volumen soll weltweit etwa 3 Mrd. EUR betragen.

Über 1.000 Mitarbeiter arbeiteten an der Vorbereitung des ITER-Standorts, dem Bau der Provence-Alpes-Côte d'Azur International School und der ITER-Route. Weitere 2.500 Personen waren in der Zeit von Mitte 2010 bis 2014 im ITER-Bau tätig. Heute arbeiten rund 3.500 Menschen für das ITER-Projekt in Saint Paul-lez-Durance. Dazu gehören ITER-Mitarbeiter, Auftragnehmer, Zeitarbeitskräfte, Mitarbeiter der nationalen Vertretungen und Subunternehmer, Baustellenpersonal).

Im Zeitraum von 2019 bis 2024 sollen etwa 3.000 bis 4.000 Mitarbeiter auf dem ITER-Gelände beschäftigt sein. Informationen zu weiteren Aspekten des Projekts stellt die ITER-Organisation zur Verfügung, https://www.iter.org/faq#collapsible_10.

3. Quellenverzeichnis

Commonwealth Fusion Systems (CFS) (2019). <https://cfs.energy/>

Deeg, J., Spektrum der Wissenschaften (2018). „Wir haben noch keine Patentlösung für das Energieproblem“, <https://www.spektrum.de/news/kernfusion-wie-geht-es-bei-iter-voran-und-ueberholen-uns-die-chinesen/1595228>, vom 4.10.2018

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (2019). Monitoringbericht „Leistungsbezüge bei Berufungen aus der Wirtschaft und dem Ausland bzw. internationalen Organisationen sowie bei der Verhinderung der Abwanderung dorthin (Anwendung »W-Grundsätze FhG«)“, https://www.gwk-bonn.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Papers/GWK-Heft-63_Monitoring-Bericht-2019-Band_II.pdf

Deutscher Bundestag (2013). Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion BÜNDNIS90/DIE GRÜNEN „Bau des Kernfusionsreaktors ITER“, BT-Drs 17/14764, <http://dip21.bundestag.btg/dip21/btd/17/147/1714764.pdf>

Deutscher Bundestag (2018). Unterrichtung der Bundesregierung „Bundesbericht Forschung und Innovation 2018“, BT-Drs 19/2600, <http://dip21.bundestag.btg/dip21/btd/19/026/1902600.pdf>

Deutscher Bundestag (2018). Unterrichtung der Bundesregierung „Siebtes Energieforschungsprogramm der Bundesregierung – Innovationen für die Energiewende“, BT-Drs 19/4518, <http://dip21.bundestag.btg/dip21/btd/19/045/1904518.pdf>

Deutscher Bundestag (2019). Antrag der Fraktion DIE GRÜNEN/Bündnis 90 „Fusionsreaktor ITER nicht als Klimaschutzmaßnahme ausweisen“, BT-Drs 19/10221, <http://dip21.bundestag.btg/dip21/btd/19/102/1910221.pdf>

Deutscher Bundestag Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion der FDP (2018) „Folgen des Brexit für Deutschland und Europa: Bildung und Forschung“, <http://dip21.bundestag.btg/dip21/btd/19/052/1905223.pdf>, BT-Drs 19/5223

Deutscher Bundestag, ID 1 Literaturzusammenstellung „Energie und Rohstoffe“, Abschnitt „Kernfusion“, <https://www.bundestag.btg/ButagVerw/I/D/1/Digital/Internet-Links/Uebersicht.php?task=details&id=6276&IDLink=09#anchor14909>

Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste (2016) „Bildungs- und Forschungspolitik auf europäischer Ebene“, <https://www.bundestag.de/resource/blob/422680/e6578ec37ace4eb1cef08dac39e5e7c6/WD-8-028-16-pdf-data.pdf>, WD 8 - 3000 - 028/16

Donner, S. et al., Deutscher Bundestag, Wissenschaftlichen Dienste (2010). Aktueller Begriff „ITER – Der internationale Testreaktor zur Kernfusion“, <https://www.bundestag.de/resource/blob/191518/360d9200cb73173d846ac4b108de3af7/ITER-data.pdf>

Eurofusion (2018). „European Research Roadmap - In Brief to the Realisation of Fusion Energy“, https://www.euro-fusion.org/fileadmin/user_upload/EUROfusion/Documents/TopLevel-Roadmap.pdf

Europäische Kommission (2000). „Experten für Kernfusion fordern Weiterführung der Finanzierung mit öffentlichen Mitteln“, <https://cordis.europa.eu/article/id/14419-public-funding-must-continue-say-experts/de>

Europäische Kommission (2017). Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat „EU-Beitrag zum reformierten ITER-Projekt {SWD(2017) 232 final}“, <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/DE/COM-2017-319-F1-DE-MAIN-PART-1.PDF>, COM(2017) 319 final vom 14.6.2017

Europäische Kommission (2018). „Anhang der Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen - Ein moderner Haushalt für eine Union, die schützt, stärkt und verteidigt Mehrjähriger Finanzrahmen 2021-2027 {SWD(2018) 171 final}“, <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2018/DE/COM-2018-321-F1-DE-ANNEX-1-PART-1.PDF>

Europäische Kommission (2018). Final report „The European Contribution to ITER: Achievements and Challenges“, https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/european_contribution_to_iter-ramboll.pdf

Europäische Kommission (2019). „The ITER project Governance and funding“, https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/iter_factsheet_governance_and_funding.pdf

Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (2014). EFI-Gutachten 2014 Kapitel „Internationale Mobilität von Wissenschaftlern und Erfindern und deren Auswirkungen auf Innovation“ https://www.e-fi.de/fileadmin/Gutachten_2014/EFI_Gutachten_2014.pdf,

Günter, S., Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V. (DPG) (2014). „Kernfusion – auf dem Weg zum Kraftwerk“, https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichungen/publikationen/physikkonkret/pix/physik_konkret_21.pdf, PhysiKonkret Nr.21 Oktober 2014

Hamacher, Thomas et al. (2001). „A comprehensive evaluation of the environmental external costs of a fusion power plant“, Fusion Engineering and Design 56-57, 2001, Seite 95-103

Helmholtz-Gemeinschaft (2019). „Das Programm „Nuclear Fusion“, https://www.helmholtz.de/forschung/energie/nuclear_fusion/

Hender, T. C., et al. (1996). „Key issues for the economic viability of magnetic fusion power“, Fusion Technology, Band 30, Dezember 1996, Seite 1605-1612

Hörning, G. et al. (1999). „Fusionsenergie – eine akzeptable Energiequelle der Zukunft? Eine sozialwissenschaftliche Untersuchung anhand von Fokusgruppen“, Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Arbeitsbericht Nr. 145, August 1999

ITER Organisation (2019). „ITER – About“, https://www.iter.org/faq#collapsible_12

Karlsruher Institut für Technologie (2006). „Kernfusion“, <http://www.fusion.kit.edu/downloads/Kernfusion.pdf>

Lako, P. et al, (1999). „Longterm scenarios and the role of fusion power. Netherlands Energy Research Foundation (ECN)“, ECN-C-98-095, Februar 1999

Lemke, D., Spektrum der Wissenschaft (2018). „Die Energiequellen - Teil 3: Der Weg zum Fusionsreaktor auf der Erde“, März 2018 Seite 36 ff, <https://www.spektrum.de/magazin/der-weg-zum-fusionsreaktor-auf-der-erde/1535237>

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) (1998). „Japanische Fusionsanlage LHD in Betrieb gegangen“, https://www.ipp.mpg.de/ippcms/de/presse/archiv/03_98_pi

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) (2018). „Die zweite Experimentierrunde“, https://www.ipp.mpg.de/4295022/op_1_2

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) (2019). „Fusion“, https://www.ipp.mpg.de/46293/fusion_d.pdf

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) (2019). „Fusionsforschung weltweit“, <https://www.ipp.mpg.de/42193/weltweit>

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) (2019). „Kooperationen“, <https://www.ipp.mpg.de/9390/kooperationen>

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) (2019). „Startschuss für internationales Stellarator-Projekt“, https://www.ipp.mpg.de/de/aktuelles/presse/pi/2019/08_19?c=4312883, vom 25.10.2019

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) (2019). „Wendelstein 7-X“, <https://www.ipp.mpg.de/wendelstein7x>

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) (2019). „Kernfusion Stand & Perspektiven“, https://www.ipp.mpg.de/46293/fusion_d.pdf

Norddeutscher Rundfunk (NDR) (2019). „25 Jahre Fusionsforschung in Greifswald“, <https://www.ndr.de/nachrichten/mecklenburg-vorpommern/25-Jahre-Fusionsforschung-in-Greifswald,wendelstein288.html>, vom 19.7.2019

Nuklearforum Schweiz (2017). Factsheet „Strom aus Kernfusion: Option für die Zukunft“, https://www.nuklearforum.ch/sites/default/files/folder-pdf/170320%20Update_Fusion_d_Web_1.pdf, März 2017

Nuklearforum Schweiz Factsheet „Fusion“, https://www.nuklearforum.ch/sites/default/files/folder-pdf/170320%20Update_Fusion_d_Web_1.pdf

Olk, J., Handelsblatt (2019). „Strom aus Kernfusion soll die Energiewelt revolutionieren“, <https://www.handelsblatt.com/technik/forschung-innovation/energie-strom-aus-kernfusion-soll-die-energiewelt-revolutionieren/23863638.html?ticket=ST-189354-kaek2f20n2qyNR4O1JLP-ap6>

Plasma Science and Fusion Center (PFSC) Massachusetts Institute of Technology (MIT) (2019). „SPARC“, <https://www.psfc.mit.edu/sparc>

Plasma Science and Fusion Center (PFSC) Massachusetts Institute of Technology (MIT) (2019). „SPARC-The high-field path to fusion energy“, <https://www.psfc.mit.edu/files/psfc/imce/research/topics/sparc/MITSPARCbrochure.pdf>

Spiegel Online (2014). „Warum so viele Forscher Deutschland verlassen“, <https://www.spiegel.de/lebenundlernen/job/warum-so-viele-forscher-deutschland-verlassen-a-955737.html>

VDI nachrichten (2019). „Kraftwerkstechnik sucht Alternativen“ vom 8. November 2019, Nr. 45, Seite 16