



Wortprotokoll der 53. Sitzung

Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung

Berlin, den 27. September 2023, 09:30 Uhr
Paul-Löbe-Haus - Sitzungssaal 4.300

Vorsitz: Kai Gehring, MdB

Tagesordnung - Öffentliche Anhörung

Einziger Tagesordnungspunkt,

Seite 7

Antrag der Fraktion der CDU/CSU

Federführend:

Ausschuss für Bildung, Forschung und
Technikfolgenabschätzung

Stärkung der Fusionsforschung auf Weltklasseniveau

Mitberatend:

Wirtschaftsausschuss
Ausschuss für Klimaschutz und Energie

BT-Drucksache 20/6907

Berichterstatter/in:

Abg. Holger Mann [SPD]
Abg. Thomas Jarzombek [CDU/CSU]
Abg. Dr. Anna Christmann [BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN]
Abg. Dr. Stephan Seiter [FDP]
Abg. Dr. Michael Kaufmann [AfD]
Abg. Dr. Petra Sitte [DIE LINKE.]



Teilnehmende Mitglieder des Ausschusses

Fraktion	Ordentliche Mitglieder	Stellvertretende Mitglieder
SPD	Becker, Dr. Holger Kaczmarek, Oliver Mann, Holger Rhie, Ye-One Rosenthal, Jessica Seitzl, Dr. Lina Stüwe, Ruppert Wagner, Dr. Carolin	
CDU/CSU	Albani, Stephan Altenkamp, Norbert Maria Gräßle, Dr. Ingeborg Grütters, Monika Jarzombek, Thomas Ludwig, Daniela Rohwer, Lars Staffler, Katrin	Radomski, Kerstin
BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN	Christmann, Dr. Anna Gehring, Kai Kraft, Laura Reinalter, Dr. Anja Schönberger, Marlene Stahr, Nina	
FDP	Boginski, Friedhelm Funke-Kaiser, Maximilian Schröder, Ria Seiter, Dr. Stephan	
AfD	Frömming, Dr. Götz Höchst, Nicole Kaufmann, Dr. Michael	
DIE LINKE.	Gohlke, Nicole Sitte, Dr. Petra	



Teilnehmende Sachverständige / Gäste

Name	Institution
Prof. Dr. Thomas Klinger	Direktor am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik
Prof. Dr. Rüdiger Quay	Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF
Prof. Dr. Mario Ragwitz	Fraunhofer-Institut für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG
Prof. Dr. Markus Roth	Technische Universität Darmstadt und Focused Energy GmbH
Prof. Dr. Dipl. Ing. Tobias Schmidt	Institut für Wissenschaft, Technologie und Politik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich
Dr. Francesco Sciortino	Proxima Fusion GmbH
Rafael Laguna de la Vera	Bundesagentur für Sprunginnovation SPRIND
Prof. Dr. Hartmut Zohm	Leiter des Bereichs Tokamak-Szenario-Entwicklung am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik



Sprechregister Abgeordnete

Seite

SPD

Holger Mann 16, 23, 24

CDU/CSU

Thomas Jarzombek 17, 18, 19, 28, 29

BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN

Dr. Anna Christmann 19, 20, 25

FDP

Dr. Stefan Seiter 20, 21, 26

AfD

Dr. Michael Kaufmann 21, 22, 26, 27

DIE LINKE.

Dr. Petra Sitte 22, 23, 27



Sprechregister Sachverständige / Gäste

	Seite
Prof. Dr. Thomas Klinger	7, 8, 17, 20, 22, 26, 27, 28
Prof. Dr. Rüdiger Quay	8, 9, 17, 20, 21, 25, 26
Prof. Dr. Kristian Kersting	11, 12, 22, 23, 27
Prof. Dr. Mario Ragwitz	10, 11, 17, 23
Prof. Dr. Markus Roth	11, 12, 17, 18, 21, 24, 25, 28
Prof. Dr. Dipl. Ing. Tobias Schmidt	12, 13, 17, 20, 24, 25, 27, 29
Dr. Francesco Sciortino	13, 14, 17, 18, 25, 29
Rafael Laguna de la Vera	14, 15, 17, 18, 19, 22, 24, 26, 28, 29
Prof. Dr. Hartmut Zohm	15, 16, 17, 22



Angeforderte Stellungnahmen

Ausschussdrucksachen

- 20(18)139a - von Prof. Dr. Thomas Klinger
- 20(18)139b - von Herrn Prof. Dr. Hartmut Zohm
- 20(18)139c - von Herrn Rafael Laguna de la Vera
- 20(18)139d - von Herrn Prof. Dr. Markus Roth
- 20(18)139e - von Herrn Prof. Dr. Dipl. Ing. Tobias Schmidt
- 20(18)139f - von Herrn Prof. Dr. rer. nat. Constantin Häfner und Prof. Dr. Rüdiger Quay
- 20(18)139g - von Herrn Prof. Dr. Mario Ragwitz und Herrn Prof. Dr. Hans-Martin Henning
- 20(18)139h - von Herrn Dr. Francesco Sciortino



Einziger Tagesordnungspunkt

Antrag der Fraktion der CDU/CSU

Stärkung der Fusionsforschung auf Weltklasseniveau

BT-Drucksache 20/6907

Der Vorsitzende **Kai Gehring (Bündnis 90/ DIE GRÜNEN)**: Herzlich willkommen zur 53. Sitzung des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages und zu unserer heutigen Anhörung zum Thema Fusionsforschung. Ich eröffne hiermit die öffentliche Anhörung. Ich begrüße alle anwesenden Ausschussmitglieder und die Zugeschalteten. Ich weise eingangs darauf hin, dass dieses Gespräch, unsere Anhörung als Präsenzsitzung und Zoom-Videokonferenz durchgeführt, zusätzlich mit Videokonferenztechnik aufgezeichnet und gleichzeitig live im Parlamentsfernsehen übertragen und ausgestrahlt wird. Das gesamte Gespräch wird verdolmetscht. Sie finden die Kopfhörer auf Ihren Plätzen und die Zugeschalteten können den Kanal für die Verdolmetschung entsprechend auswählen. Zunächst herzlichen Dank an die Sachverständigen, die sich heute zur Verfügung stellen und der Einladung der jeweiligen Fraktionen gefolgt sind. Heute ist es ausnahmsweise eine reine Männerrunde. Bislang war die Geschlechterbalance bei uns ausgewogener. Das wird aber künftig auch wieder der Fall sein. Herzlich willkommen, schön, dass Sie da sind und besonderen Dank für Ihre schriftlichen Stellungnahmen, die uns die Vorbereitung der Sitzung erleichtert haben. Zusätzlich möchte ich darauf hinweisen, dass eine unaufgeforderte Stellungnahme eingegangen ist auf der Bundestagsdrucksache Nummer 20(18)144. Alle Stellungnahmen sind unter www.bundestag.de auf der Ausschusswebsite einsehbar. Ein paar sachdienliche Hinweise zur Strukturierung der Anhörung und Ablaufzeiten: Gemäß einer interfraktionellen Vereinbarung werden die Sachverständigen die Gelegenheit haben, zu Beginn ein fünfminütiges Statement abzugeben. Ich würde Ihnen kurz vorher ein Signal geben und bitte Sie, nicht zu überziehen. Der Aufruf der Sachverständigen erfolgt in alphabetischer

Reihenfolge. Jede Fraktion hat ein fünfminütiges Frage-Antwort-Kontingent, das heißt, innerhalb dieser fünf Minuten Berichterstatterinnen- und Berichterstatterrunde können Fragen gestellt und Antworten gegeben werden. Es ist daher ratsam, nicht viereinhalb Minuten zu fragen, um dann noch 30 Sekunden antworten zu können. Wir haben dann eine Nachfragerunde mit einem drei Minuten Kontingent.

Ferner möchte ich sagen, dass die Anhörung auf Basis des Antrags der CDU/CSU-Fraktion auf der Bundestagsdrucksache 20/6907 mit dem Titel "Stärkung der Fusionsforschung auf Weltklasseniveau" stattfindet. Die Anhörung wurde am 20. September hier beschlossen. Die Klimakrise und der steigende Energiebedarf zeigen sehr deutlich, dass die Menschheit auf Energiequellen angewiesen ist, die ausreichend sauberen Strom erzeugen können. Aktuell, hier und jetzt, stehen vor allem erneuerbare Energien zur Verfügung. Die Kernfusion ist eine von vielen Lösungsansätzen, die das BMBF und andere Ministerien durch Grundlagenforschungsaktivitäten unterstützen. Sie steckt aber noch in den Kinderschuhen. Eine öffentliche Debatte über die Chancen, Herausforderungen und Risiken dieser Technologie ist daher wichtig und die heutige Sitzung kann zu dieser Diskussion sicherlich einiges beitragen, zumal unser Kerngeschäft im Ausschuss auch die Technikfolgenabschätzung ist. Damit eröffne ich die Runde der Sachverständigen und erteile als erstes Herrn Professor Dr. Thomas Klinger, Direktor am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Greifswald das Wort. Bitte schön, Herr Klinger.

Sv Prof. Dr. Thomas Klinger (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik): Vielen Dank, Herr Vorsitzender. Verehrte Mitglieder des Bundestages! Meine Damen und Herren! Es ist mir eine Freude und Ehre, hier in dieser Runde ein paar Worte sagen zu dürfen und einen Beitrag zu Ihrer Meinungsbildung leisten zu können. Beginnend ein paar Worte zur Fusion an sich. Es ist wichtig, zu beachten: Fusion ist die einzige noch nicht von der Menschheit genutzte Primärenergiequelle. Alle anderen Primärenergiequellen sind in Nutzung und wir kämpfen um Effizienz und um Ökonomie, um sinnvoll und nicht sinnvoll, um Folgen und Technikfolgen dieser Primärenergiequellen. Die



Fusion dagegen wird noch nicht genutzt. Insofern ist das grundsätzlich sehr attraktiv. Außerdem ist der Brennstoff fantastisch, weshalb wir alle daran interessiert sind. Ein Kilogramm Brennstoff reicht, um ein Großkraftwerk einen ganzen Tag zu betreiben. Es kommt hinzu, dass Fusion CO₂-neutral ist. Das stellt ein sehr wichtiges Kriterium dar, weswegen es eine aktuelle Diskussion darüber gibt. Diese CO₂-neutrale Technologie ist jedoch nuklear. Das heißt, man muss sich mit Strahlenschutz auseinandersetzen. Für Strahlenschutz gibt es gute Gesetze und gute Regularien. Man muss und kann diese noch weiterentwickeln. Bemerkenswert an der Fusion ist hingegen, dass es keine Endlagerproblematik, also keinen hochradioaktiven, langlebigen Abfall gibt. Es besteht kein Havarie-Risiko. Havarie ist der Begriff für Kontrollverlust eines Großkraftwerks. Ich bin selbst seit 2005 verantwortlich für den Bau einer Fusionsforschungsanlage - Wendelstein 7X - nordöstlich in Greifswald. 2005 wurde mit dem Bau der Anlage begonnen und 2015, gemeinsam mit der Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel in Betrieb genommen. Das war ein sehr besonderer Tag und seither bin ich verantwortlich für den Betrieb und die Nutzung dieser Forschungsanlage. Es handelt sich um magnetischen Einschluss. Das bedeutet, wir nutzen speziell geformte Magnete. Darin steckt die gesamte elektrointellektuelle Kraft. Die Form des Magnetfeldes, das haben wir gelernt, ist entscheidend. Man muss ein ringförmiges Magnetfeld nicht nur ringförmig nutzen, sondern man muss es formen. An der ringförmigen Formung arbeitete eine gesamte Forschergeneration. Wir haben während des Baus sehr viel gelernt, was eine wichtige Nachricht vermittelt. Man lernt nur, etwas zu bauen, indem man es baut. Es gab in der Zeit der Wende den Mut und die Kraft, dieses Milliardenprojekt auf den Weg zu bringen. Allein die Maschine hat 400 Millionen Euro gekostet, aber die Gesamtkosten liegen bei über 1 Milliarde. Dennoch hat Deutschland davon sehr profitiert, weil wir gelernt haben, wie es einfacher, besser und billiger gehen wird. Wir haben diese Anlage zum Laufen gebracht und sie funktioniert gut. Gleichwohl haben wir aus Fehlern gelernt. Wir setzen nun auf den Stellarator. Das ist der Name der Konfiguration, also des ringförmigen Magnetfeldes mit der besonderen magnetischen

Formung. Deutschland ist in diesem Bereich führend und die Welt beneidet uns um die Anlage, worauf wir sehr stolz sein können. Trotz allem ist jetzt die Zeit, in der wir mutig sein und die Voraussetzungen schaffen müssen, um Fusion als Energiequelle nutzbar zu machen. Wir brauchen eine industrielle, technologische und personelle Basis und das richtige Umfeld. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ist einen ersten wichtigen Schritt gegangen, indem nicht nur eine Erhöhung des Budgets, sondern eine gezielte Förderung des industriellen Sektors angekündigt wurde. Ferner habe ich mich über die Initiative der CDU/CSU, über ein Kraftwerk ernsthaft nachzudenken, gefreut. Das ist ein weiterer wichtiger Schritt. Ich denke, wir machen eine gute Entwicklung in Deutschland durch. Der sinnvolle nächste Schritt ist, einen Entwurf für ein Stellaratorkraftwerk zu entwickeln. Dafür braucht es eine solide technische Basis und eine ökonomische und ökologische Bewertung dieser Basis. Abschließend möchte ich sagen: Wir haben das Gefühl, dass es funktionieren könnte. Wir müssen jetzt alle Optionen nutzen. Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Der **Vorsitzende**: Danke, Herr Professor Klinger. Ich komme jetzt zu Professor Dr. Rüdiger Quay, Institutsleiter am Fraunhofer Institut für Angewandte Festkörperphysik. Bitte schön.

Sv **Prof. Dr. Rüdiger Quay** (Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF): Sehr geehrter Herr Gehring, sehr geehrte Ausschussmitglieder. Ich bin Rüdiger Quay. Ich bin hier, weil wir die kleinen Kugelchen entwickelt haben, die in dem Trägheitsexperiment in Lawrence Livermore dazu geführt haben, dass Trägheitsfusion zum Ersten Mal auf der Erde nachgewiesen werden konnte. Die Fraunhofer Gesellschaft spricht sich deutlich für die Förderung der Fusionsforschung durch die Bundesregierung aus. Dies liegt am langfristigen Potential der Energiegewinnung aus der Kernfusion und an der Hochtechnologieentwicklung. Die Fraunhofer Gesellschaft geht dabei davon aus, dass die Fusionskraftwerke wegen der langfristigen Entwicklungsaufgaben erst in der zweiten Jahrhunderthälfte wirksam werden. Die Transformation des Energiesystems in den nächsten 10 oder 15 Jahren wird nur auf bereits



entwickelten Technologien wie Photovoltaik und Windenergie basieren. Es geht bei der Fusion um die Schaffung eines kontinuierlichen Grundlastkraftwerks im 24/7 Dauerbetrieb. Die preisgünstige Nutzung des Fusionsstroms soll zur Produktion von Energieträgern wie Wasserstoff und Ammoniak, zur Deckung des erheblichen Energiebedarfs der Elektrolyse und beispielsweise zur Entsalzung von Meerwasser genutzt werden. Deutschland ist, wie angesprochen, sehr gut positioniert und die wissenschaftlichen Fortschritte bei der Trägheitsfusion haben dazu geführt, dass die Fusion in aller Munde ist. Im Bereich der Magnetfusion hat Deutschland umfangreiche Erfahrungen bei dem Bau und Betrieb von Fusionsreaktoren. Durch den Bau und den Betrieb des International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) sollen wichtige technische, wissenschaftliche und technologische Herausforderungen der magnetischen Fusion erforscht und bewältigt werden. Die lasergetriebene Trägheitsfusion wird durch leistungsstarke Hochenergielaser betrieben, um solch kleine Brennstoffkugelchen von zwei Millimetern Größe zu komprimieren und zu erhitzen. Durch dieses Verfahren entsteht ein brennendes Plasma. Das konnte am Lawrence Livermore National Lab in Kalifornien im Dezember 2022 zum ersten Mal nachgewiesen werden. Dort wurde Energie erzeugt, nachgewiesen nach Kriterien der National Science Foundation, und das Experiment wurde seitdem vier Mal erfolgreich wiederholt. Das langfristige Ziel der nationalen Initiative in Deutschland ist die Energieerzeugung. Die Bundesregierung plant, dort entsprechende Mittel aufzuwenden. Von diesem Betrag sollen 370 Millionen Euro – und das ist jetzt wichtig – in die technologieoffene Förderung gesteckt werden, was die Fraunhofer Gesellschaft ausdrücklich begrüßt, da gegenwärtig nicht abgeschätzt werden kann, welcher der beiden genannten Ansätze letztendlich erfolgreich oder schneller zum Ziel führen wird. Es ist daher wichtig, beide Ansätze in Deutschland weiterzuverfolgen. Dabei ist ratsam das Förderprogramm so zu gestalten, dass in einem offenen, transparenten und lernenden Prozess die Forschungsziele, sowie die Erfolgsaussichten kontinuierlich beobachtet und nach verbindlichen Abbruchkriterien bewertet werden. Die Fraunhofer Gesellschaft begrüßt und unterstützt

diesen offenen, wettbewerblichen und fortschrittlichen Ansatz. Magnetfusionen und Trägheitsfusion, da sind wir uns alle einig, zeigen starke Unterschiede. Dennoch gibt es in den technischen Grundkonzepten viele Themen, die auch gemeinsame Anforderungen haben. Das gilt speziell für den Kraftwerksbau. Dazu gehört der regulatorische Rahmen, dann die Frage der Inbetriebnahme und der Stilllegung, der Brennstoffkreislauf, die thermoelektrische Umwandlung, die Turbinen, die Kühlmechanismen, die strahlungsfesten Materialien und die Konstruktion von Reaktoren. Die Entwicklung eines Fusionskraftwerks einschließlich aller erforderlichen Technologien stellt in beiden Bereichen eine sehr große Herausforderung dar. Um schnellstmöglich voranzukommen, ist besonders die Zusammenarbeit auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene unerlässlich. Wir brauchen einen Rechts- und Planungsrahmen. Da sollen insbesondere die Sicherheitsbedenken berücksichtigt und die Innovationen gefördert werden. Die frühzeitige Einbindung der breiten Öffentlichkeit ist essenziell und sollte vorangetrieben werden. Zusammenfassend möchte ich sagen: Deutschland braucht ein Innovationsökosystem für die Fusionsforschung, das auf vier Säulen beruht. Erstens: Ein starkes wissenschaftliches Programm, um auch die nächste Generation von Forscherinnen und Forschern auszubilden. Zweitens: Eine offene Forschungsinfrastrukturen für die Wissenschaft, aber auch für die Industrie. Drittens: Die Beteiligung einer kompetenten Industrie, um Innovationen voranzutreiben und den Technologietransfer zu erleichtern. Und die vierte Säule ist die internationale Zusammenarbeit zur effizienten Nutzung unserer knappen Ressourcen und zur Vermeidung von Doppelarbeit. Ich möchte schließen mit dem Satz: Mit der Sicherung der Energieversorgung tragen wir nicht nur zur Souveränität und zur nationalen Sicherheit bei, sondern gestalten auch die Zukunft einer nachhaltigen, sozialverträglichen und sauberen Energieversorgung. Vielen Dank.

Der **Vorsitzende**: Danke Ihnen und wir bleiben jetzt beim Fraunhofer, wechseln aber zu Energieinfrastrukturen und Geothermie. Herr Professor Dr. Mario Ragwitz hat das Wort.



Sv Prof. Dr. Mario Ragwitz (Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG): Sehr geehrter Herr Vorsitzender! Sehr geehrte Abgeordneten! Ich möchte mich mit der Rolle der Kernfusion bei der Transformation des globalen Energiesystems eingehender beschäftigen. Wie Sie alle wissen, hat die disruptive Entwicklung auf den Energiemarkten infolge des Ukrainekrieges die Fragen der Versorgungssicherheit und der klimaneutralen Energieversorgung noch einmal deutlicher ins Zentrum gestellt. Wir sehen, dass große Fortschritte der kontrollierten Kernfusion in den USA Hoffnung geweckt haben und dass die Rolle der Kernfusion beim globalen Umbau der Energieversorgung eine wesentliche Rolle spielen könnte. Der wesentliche Erfolg des Experiments am Lawrence Livermore National Laboratory war, zu zeigen, dass eine Fusionsreaktion von Deuterium und Tritium unter kontrollierten Bedingungen erreichbar ist. Dies ist zwar prinzipiell gelungen, bedarf aber noch einer Reihe weiterer grundlegender technologischer Entwicklungen, wie beispielsweise der Entwicklung strahlungsfester Materialien, der Ermöglichung des Umgangs mit Neutronenflüssen oder einer deutlichen Erhöhung der Energieausbeute. Der Weg bis zur technischen Nutzung des Fusionsprinzips für die Stromerzeugung ist noch weit und birgt erhebliche Risiken für die Energiewende. In Deutschland, Europa und weltweit gilt es deshalb, den aktuell eingeschlagenen Weg unverändert, aber beschleunigt fortzusetzen. Die Transformation des Energiesystems wird sich in den nächsten zwei Jahrzehnten auf heute bereits bekannte Technologien stützen. Das sind im Wesentlichen die Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien und zur Transformation des Energiesystems auf dieser Basis. Hierbei spielt insbesondere die verstärkte Stromnutzung bei Gebäuden im Mobilitätssektor und der Industrie eine wichtige Rolle, sowie das Vorantreiben der Herstellung von Wasserstoff und langkettigen Molekülen oder von Wasserstoff als Basis für Anwendungen in der Energiewirtschaft, der Mobilität und der Industrie. Der Umbau des Energiesystems unter Einbeziehung immer größerer Mengen volatiler erneuerbarer Energien, insbesondere Sonne und Wind, entwickelt sich dabei zum zentralen Paradigma. Die

Flexibilisierung des Energiesystems auf allen System- und Netzebenen ist dabei zentral. Letztendlich geht es darum, Speichertechnologien und Methoden der Lastanpassung zu entwickeln. Vor dem Hintergrund des grundlegenden Systemumbaus stellt sich die Frage, welche Rolle grundlastfähige Technologien und Grundlastkraftwerke aus der Fusion spielen können. Einerseits leisten sie durch die hohen Kapitalkosten und andererseits durch die niedrigen Betriebskosten die Grundlastfähigkeit. Die kontinuierliche Stromerzeugung bei möglichst hohen Leistungen wird somit durch die Wirtschaftlichkeit der Technologie generiert. Die erfolgreiche Energiewende gelingt, wenn wir die Wandler für erneuerbare Energien im Fokus haben und als Ausgleichskraftwerke schnell regelbare Kraftwerke, mit geringer Auslastung als komplementäres Element vorweisen. Daher zeigt sich im ersten Schritt, dass man eine geringe Passfähigkeit von Fusionskraftwerken in einem erfolgreich transformierten, klimaneutralen Energiesystem braucht. Gleichzeitig ist es so, dass Strom zur wichtigsten Primärenergiequelle werden wird. Klimaneutral bereitgestellter Strom wird einen Großteil der stofflichen Energieträger ausmachen. Er wird in Sektoren notwendig, in denen eine direkte Elektrifizierung schwierig ist, beispielsweise dem Luft- und Seeverkehr, sowie bei Hochtemperaturprozessen und der Grundstoffindustrie wie der Chemie- und Stahlindustrie. Elektrolytisch hergestellter Wasserstoff ist die wesentliche Säule zur Herstellung langkettiger Moleküle, aber auch von Ammoniak und weiterer Prozesse wie der Meerwasserentsalzung oder der CO₂-Abscheidung. Dafür könnten Grundlastkraftwerke wie künftige Fusionskraftwerke einen wesentlichen Beitrag leisten, die dann in isolierten Systemen grundlastfähige Energie bereitstellen. Vor diesem Hintergrund halten wir fest, dass die Transformation zu erneuerbaren Energien und die Kernfusion zusammenpassen, wobei man die unterschiedlichen Zeithorizonte berücksichtigen muss. Es wäre verheerend, wenn mit der Hoffnung auf eine schnelle technische Umsetzung der Kernfusion im energiewirtschaftlichen Maßstab, die Bemühungen um den Umbau des Energiesystems in dem zuvor beschriebenen Sinne gebremst würden. Im Gegenteil erfordert der fortschreitende



Klimawandel eine Erhöhung der Anstrengungen und Beschleunigung des Aus- und Umbaus insbesondere erneuerbarer Energien. Dabei sind zusätzlich neue Technologien für die Entwicklung dedizierter Programme in der Grundlagenforschung zur Bereitstellung der Fusion als weitere Technologieoption in den Blick zu nehmen.

Der **Vorsitzende**: Vielen Dank, Herr Ragwitz. Jetzt ist digital bzw. online zugeschaltet Herr Professor Dr. Markus Roth, Arbeitsgruppenleiter Laser und Kernphysik an der Technischen Universität Darmstadt, und Chief Science Officer der Focused Energy GmbH. Sie haben das Wort. Das müsste technisch jetzt funktionieren. Bitte schön.

Sv Prof. Dr. Markus Roth (Technische Universität Darmstadt und Focused Energy GmbH):
Herzlichen Dank. Erlauben Sie mir eine kurze Vorbemerkung. Ich glaube, wir sind uns bislang in dieser Expertenrunde sehr einig: Die Kernfusion ist zweifellos eine der wichtigsten und vielversprechendsten Technologien, die wir heute in Betracht ziehen können. Ihre Potenziale sollten jedoch keinesfalls dazu führen, den dringend benötigten Ausbau erneuerbarer Energien zu bremsen oder deren Notwendigkeit in Frage zu stellen. Ich freue mich, dass in dem vorliegenden Antrag das ebenfalls so deutlich hervorgehoben wird. Nun zur Kernfusion: Sie repräsentiert, wie schon gesagt, die letzte verbleibende Energiequelle, die von der Menschheit noch nicht erschlossen wurde. Mit ihrer hohen Energiedichte, dem weltweit verfügbaren Brennstoff und der Abwesenheit von Sicherheitsrisiken, wie langlebigem radioaktivem Abfall, bietet die Kernfusion eine ideale CO₂-freie Energiequelle für die Zukunft der Menschheit. Nach Jahrzehnten intensiver Forschung haben wir in beiden grundlegenden Ansätzen der Fusionsforschung bedeutende Fortschritte erzielt. Diese Technologie hat sich von einer reinen Grundlagenforschung zu einem Stand entwickelt, an dem die Entwicklung von Prototypen-Fusionskraftwerken, mit dem Ziel, bis Ende der 2030er Jahre ein Demonstrationskraftwerk in Betrieb zu nehmen, in Angriff genommen werden kann. Die beiden grundlegend verschiedenen Ansätze – die Magnetfusion mit längerem Plasmaeinschluss und die Laserfusion mit Hochleistungslasern zur Kompression und

Heizung des Brennstoffs – haben in etwa den gleichen Entwicklungsstand erreicht. Die Magnetfusion hatte bisher einen Vorsprung, der jedoch durch die jüngsten Erfolge der Laserfusion aufgeholt wurde. Beachten Sie, dass viele Herausforderungen, die in den letzten Jahren bei der Magnetfusion gelöst wurden, die dort auftreten im modularen Aufbau und bei der Trennung von Fusionstreiber und Reaktor bei der Laserfusion gar nicht relevant sind, wie zum Beispiel die thermische Isolation von ultrakalten Spulen von dem heißen Plasma oder die Energieabfuhr an den Divertoren oder die Kontrolle von Instabilitäten. Somit kann zu diesem Zeitpunkt nicht festgestellt werden, welcher dieser Ansätze zuerst erfolgreich sein wird. Selbst dann ist es für eine nachhaltige und weltweite Anwendung der Kernfusion wichtig, mehr als einen Weg erfolgreich zu beschreiten, um die notwendigen Lieferketten beim Bau vieler Kraftwerke zu diversifizieren. International ist erkennbar, dass das Rennen um die Fusionstechnologie begonnen hat. Während in Europa – wie angesprochen – Testanlagen für die Magnetfusion wie Joint European Torus (JET) und Wendelstein existieren, fehlt eine vergleichbare Anlage im Bereich der Laserfusion. Das Experten-Memorandum der Bundesregierung hat dargelegt, dass eine Testanlage selbst unterhalb der Energieschwelle zur Zündung einer Fusionskapsel von entscheidender Bedeutung für die Laserfusion ist. Die Schlüsseltechnologien, insbesondere jene, bei welchen Deutschland Wettbewerbsvorteile hat, müssen weiter ausgebaut werden, damit unsere Industrie eine bedeutende Rolle auf diesem Zukunftsmarkt spielen kann. Das allein ist nicht ausreichend, da nur in Zusammenarbeit mit den Wissenschaftlern, Technikern und Ingenieuren aus der Fusionsforschung und basierend auf einem wissenschaftlich fundierten Ansatz, zielgerichtet weitere Technologien entwickelt werden können. Die Fusionstechnologie, insbesondere die Laserfusion, kann nur durch die Zusammenarbeit der besten Köpfe weltweit erfolgreich sein. Frankreich und die USA sind im Bereich der Laserfunktion besonders wichtige Partner. Eine Kooperation mit diesen Ländern ist entscheidend, um Ressourcen optimal zu nutzen, Doppelarbeit zu vermeiden und führende Experten beiderseits des Atlantiks zusammenzubringen. Die Forschung und der



Aufbau von Fusionszentren sollten in enger Zusammenarbeit mit Start-up-Unternehmen und der Industrie erfolgen, um staatliche Mittel mit privaten Investitionen zu kombinieren. Das UK Fusion Valley bietet ein gutes Beispiel, bei dem in Großbritannien durch regulatorische Maßnahmen und Förderungen zahlreiche Unternehmen und Investoren angezogen wurden, sowie Synergien zwischen privaten und öffentlichen Initiativen genutzt werden. Schließlich stellt die Entwicklung insbesondere im Bereich der optischen Technologien einen Mehrwert für die deutsche Wirtschaft dar. Viele dieser Technologien haben bereits jetzt ein hohes Potenzial zur Wertschöpfung. Vielen Dank für die Aufmerksamkeit und Ihr Engagement für die Zukunft der Kernfusion.

Der **Vorsitzende**: Danke, Herr Professor Roth. Ich rufe, hier bei uns im Saal, Professor Dr. Tobias Schmidt, Direktor des Instituts für Wissenschaft, Technologie und Politik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich, auf. Bitte schön.

Sv Prof. Dr. Dipl. Ing. Tobias Schmidt (ETH Zürich): Vielen herzlichen Dank für die Einladung. Sehr geehrter Herr Vorsitzender! Sehr geehrte Damen und Herren! Ich bin kein Fusionsforscher. Ich bin nicht mal Physiker. Ich bin "nur" Ingenieur. In meiner Forschung untersuche ich, wie Politik Innovationen fördern, sowie technologischen Wandel steuern und beschleunigen kann. Ich glaube, erfolgreiche Innovationspolitik zeichnet sich eigentlich durch zwei Aspekte aus. Das eine ist, dass man Technologien fördert, die sich mittelfristig durchsetzen und solche vermeidet, die sich langfristig nie durchsetzen werden. Im Englischen spricht man von "picking winners, avoiding losers". Das Kosten-Nutzen-Verhältnis muss langfristig stimmen. Der zweite Aspekt ist, dass man aus einer industriepolitischen Brille Wettbewerbsvorteile für die heimische Industrie schafft. Wenn ich Deutschland in den letzten Jahrzehnten betrachte, ist die Bilanz gemischt. Nehmen wir die erneuerbaren Energien: Photovoltaik hat starke Kostenreduktionen erzielen können und sich von der teuersten zur billigsten Stromerzeugungstechnologie, pro Kilowattstunde gerechnet, entwickelt. Die Wettbewerbsvorteile, die Deutschland Anfang der

2000er Jahre aufgebaut hat, sind schnell weggeschmolzen. Bei der Windenergie gab es auch eine Verringerung. Biomasse verzeichnete kaum eine Verringerung der Kosten und bietet nicht viele Wettbewerbsvorteile für die Industrie. Was heißt das für die Fusionsforschung? Muss man alle Technologien zunächst fördern und prüfen, wie sie sich dann verhalten? Oder kann man versuchen die Entwicklung zu antizipieren? Kann man also, was wir Technology-Smart Innovationspolitik nennen, betreiben? Und die Innovationsliteratur sagt eigentlich: Es gibt drei entscheidende Technologieeigenschaften, die einem verraten, ob eine Technologie mittelfristig hohe Kosten birgt oder ob ein Wettbewerbsvorteil für die heimische Industrie entsteht. Das erste ist die sogenannte Designkomplexität: Wie viele Komponenten hat eine Technologie und wie verzahnt sind diese? Wenn ich eine Komponente anpasse, stellt sich die Frage, wie viele andere ich anpassen muss und wie genau ich weiß, dass ich diese anpassen muss? Es besteht sehr hohe Komplexität bei beispielsweise Gaskraftwerken, und sehr tiefe Komplexität bei Photovoltaik. Ferner gibt es die Fertigungskomplexität. Hierbei hinterfragt man, wie viele Prozessschritte benötigt werden, um eine Technologie herzustellen und abermals wie verzahnt sie sind? Bei der Photovoltaikanlage zum Beispiel handelt es sich um 100 bis 200 Meter lange Anlagen mit hunderten ineinander integrierten Prozessschritten. Wenn ich einen anpasse, muss ich viele weitere anpassen. Andererseits gibt es auch viele Technologien, die sehr stark auf manueller Arbeit basieren. Und die dritte Eigenschaft ist der Anpassungsbedarf. Das heißt, wenn ich eine Technologie in einem anderen Kontext oder an einem anderen Standort anwende, muss ich wissen, wie stark ich die Technologie anpassen muss? Beispielsweise bei der Biomasse gilt, wenn ich ein anderes Holz nehme mit anderen Brennwerten und anderem Feuchtigkeitsgrad, dann muss ich den Kessel und letztlich das gesamte Kraftwerk anpassen. Bei der Photovoltaik hingegen, handelt es sich vom Taschenrechner bis zum Satelliten – ich übertreibe jetzt ein bisschen – mehr oder weniger um die gleiche Zelle. Welche Wirkung haben diese drei Eigenschaften für diese zwei Ziele? Die Designkomplexität führt zu höheren Kosten und zu tieferen Lernkurven und tieferen



Kostenreduktionen, kann aber förderlich für den Wettbewerbsvorteil sein. Eine hohe Fertigungskomplexität ist förderlich für die Kostenreduktion, da integrierte Massenfertigung möglich ist. Auf Wettbewerbsvorteilsseite ist das nur relevant für die Hersteller von Produktionsanlagen, wie Roboter, die wiederum die Technologie herstellen. Der Anpassungsbedarf ist dagegen sowohl hinderlich für die Kosten als auch für den industriellen Wettbewerbsvorteil. Wie würde man die Fusion einschätzen? Ich schätze, dass die Designkomplexität sehr hoch ist, was für hohe Anfangskosten und relativ geringe Lernraten spricht. Das Ziel der Kosten ist aber eine große Frage. Der industrielle Wettbewerbsvorteil könnte gegeben sein. Die Fertigungskomplexität ist gering, weshalb nicht die tiefsten Kosten zu erwarten sind. Der Anpassungsbedarf ist, würde ich argumentieren, nicht sehr hoch, was zumindest keine zusätzlichen Anpassungskosten hervorruft. Zusammenfassend bleiben zwei Implikationen: Ich sehe die mittelfristige Wettbewerbsfähigkeit von Fusionsreaktoren als unwahrscheinlich an. Das bedeutet, wenn man Fusionsförderungen billigt, sollte man sie nur als Teil eines Technologieportfolios auswählen. Das ist im Antrag explizit so genannt. Es handelt sich um ein Risiko-Investment, weshalb man auch andere grundlastfähige Technologien fördern muss. Innerhalb der Förderung sollte man erstens darauf achten, dass man Konzepte mit geringerer Designkomplexität auswählt. Hierbei sind dann die Kostenreduktionen zu erwarten. Zweitens, glaube ich, die Bundesregierung täte gut daran, ein wissenschaftsbasiertes Rahmenwerk zu nutzen, um Technologien früh einschätzen zu können und dann gezielt zu fördern. Sie sollte nicht die gleiche Politik auf unterschiedliche Technologien anwenden und sich dann wundern, dass unterschiedliche Effekte zu beobachten sind. Besten Dank.

Der Vorsitzende: Ich danke Ihnen, Herr Professor Schmidt. Dr. Francesco Sciortino ist jetzt der nächste Sachverständige, Mitgründer und CEO der Proxima Fusion GmbH. Bitte schön.

Dr. Francesco Sciortino (Proxima Fusion GmbH): Vielen Dank für die Einladung. Und wie Sie hören, ist Deutsch nicht meine Muttersprache. Ich bitte um etwas Geduld. Ich möchte heute auf

Englisch sprechen. Proxima Fusion ist ein Start-up mit Sitz in München. Gegründet wurde unser Unternehmen Anfang dieses Jahres. Wir sind eine GmbH und das erste Spin-Out-Unternehmen in der Geschichte des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik. Wir arbeiten an einem Typ Stellarator und sehen in Wendelstein 7X die Bauart, die wir unbedingt voranbringen sollten. Unser internationales Team besteht aus Wissenschaftlern und Ingenieuren aus unterschiedlichen Teilen Deutschlands. Wir sind über das Max-Planck-Institut, das Massachusetts Institute of Technology (MIT) und über Google X zusammengekommen. Unser Team wurde Mitte April in München aufgebaut, nachdem wir im Januar das Unternehmen gegründet und Mitte Februar ein Term Sheet, ein Abkommen mit Investoren unterzeichnet hatten. Wir bewegen uns momentan sehr schnell. Ich denke, das ist einer der wichtigsten Punkte, die ich heute ansprechen möchte. Es ist ein sehr dringliches Thema, das unverzüglich vorangebracht werden sollte. Wie Professor Klinger bereits gesagt hat: Der Vorteil, den Deutschland im Bereich der Stellaratoren genießt, ist wirklich unglaublich. Es ist sehr selten, dass ein Land solch eine Vorreiterrolle innehat, wie es im Moment auf Deutschland in Bezug auf Stellaratoren zutrifft. Die Möglichkeit, das jetzt voranzutreiben, wird deutlich, wenn man einen Blick auf die Konkurrenz wirft. Ende 2022 gab es weltweit etwa sechs Unternehmen mit dem Kernbereich Stellaratoren und mindestens die Hälfte befand sich in den USA. Die meisten zeigen auf ihrer Website den Wendelstein 7X-Stellarator. Das war einer der Gründe, weshalb wir Proxima Fusion gegründet haben. Die Erkenntnis, dass es in Deutschland drei Besonderheiten gibt, die uns motivieren sollten, das Gebiet mit anderen Augen zu betrachten als zuvor. Eines davon ist auf jeden Fall die Wissenschaft: Wir verfügen auf diesem Gebiet inzwischen über Prognosefähigkeiten, die noch vor einigen Jahren unvorstellbar schienen. Die Verfügbarkeit von so genannten Supraleitern, also Materialien, die extreme Magnetfelder aufbauen, bietet uns die Möglichkeit, diese Geräte wirtschaftlich tragbar herzustellen. Dies ist eine grundsätzliche Voraussetzung für uns, um kommerzielle Tätigkeit zu wirtschaften. Ferner gibt es noch den Aspekt der Software und der Rechenleistung. Stellaratoren sind ein rechnergestützter Ansatz der Fusion. Was wir



heutzutage bewerkstelligen können, ist das, was wir bei Proxima Fusion vorantreiben wollen. Dafür haben wir uns entschieden. Die Dringlichkeit, die man unserer Ansicht nach stets im Auge behalten sollte, zeigt sich auch in der Ankündigung des BMBF, die wir sehr begrüßen. Wir freuen uns über die Möglichkeit, die Fusionsforschung in Deutschland auszuweiten, und ganz besonders über die Einstellung, dass öffentlich-private Partnerschaften der Weg in die Zukunft sind. Hieran erkennen wir eine Nähe zu unserer Vision eines Ökosystems, das bereits andere erwähnt haben, das gemeinsam aufgestellt werden sollte. Für uns ist das, in unserer Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, gemeinsam mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und dem Forschungszentrum Jülich von grundlegender Bedeutung. Diese enorme Herausforderung können wir nicht allein tragen. Wir brauchen dieses Ökosystem, das bereits aufgebaut wurde und seit einigen Jahren existiert und gefördert wird. Mit privaten Start-ups können wir die Schnelligkeit des Ökosystems mit der weltweit führenden Forschung im Bereich Stellaratoren in unserer Vision zusammenbringen. Wir brauchen aber natürlich Regulatoren. Das ist mein zweiter wesentlicher Punkt: Wir betrachten Start-ups wie unseres, die mit Wagniskapital finanziert werden, sowie deren Kapitalbeschaffung und erkennen die Probleme, die alle Scale-up-Unternehmen in Kontinentaleuropa haben. Es besteht die Möglichkeit, zum Beispiel 100 Millionen Euro zu investieren. Das ist aufgrund unserer Technologie und unserer Mitarbeiter, die internationalen Topleute, die wir einbringen, möglich. Gleichwohl gibt es eine Lücke, das berühmte „Valley of Death“. Wir können diese Tätigkeit nur bis zu einem bestimmten Grad in Deutschland ausbauen, es sei denn, wir schaffen es Investoren davon zu überzeugen, dass diese Technologie in Deutschland gewünscht ist. Wenn wir diese Sicherheit haben, dann können wir mehr investieren und etwas Ähnliches wie in den USA aufbauen. Dort werden zum Beispiel 2 Milliarden Dollar an privaten Investitionen eingebracht. Es gibt keinen Grund, warum wir das hier in Deutschland nicht machen können, vor allem da Deutschland die Vorreiterrolle in technischer Hinsicht innehaltet. Wir könnten dann internationale Talente nach Deutschland bringen,

und wir glauben, wir könnten diese saubere Energie, die über große Vorkommen verfügt und sicher ist, in den 2030er Jahren nutzen. Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Der **Vorsitzende**: Vielen Dank für ihren Beitrag. Als nächstes spricht Professor Rafael Laguna de la Vera, Direktor der Bundesagentur für Sprunginnovation, kurz SPRIND.

Sv Rafael Laguna de la Vera (Bundesagentur für Sprunginnovation SPRIND): Vielen Dank für die Beförderung, Herr Vorsitzender. Professor bin ich noch nicht, aber ich arbeite dran. Erst mal vorneweg: Wenn die Bildung die Mutter aller Sprunginnovationen ist, so ist grüne Energie im Überfluss, überall verfügbar, zu billig, um abgerechnet zu werden, wahrscheinlich der Vater. Die ganze Energiewende können wir nicht ohne Strom bewerkstelligen, aber Nahrungs- und Wasserprobleme können wir mit viel Strom lösen. Wenn wir die Probleme der Welt, die auch zu Migration führen, betrachten, stellen wir fest: Wir könnten viele beseitigen, wenn wir das schaffen. Es steht außer Frage, dass Fusion genau dieses Versprechen vielleicht erfüllen kann. Aber dass wir auf dem Weg auch andere Technologien, wie Windkraft, in die Welt bringen und weiter entwickeln müssen, ist uns klar. Das zeigen wir gerade mit unserem 300-Meter-Windrad, was wir in Schipkau bauen. Wir müssen das gleichzeitig vorantreiben, denn die Pfade sind unterschiedlich lang und wir müssen sie beschreiten. Wenn wir nicht jetzt anfangen, dann kommen wir nicht an. Das ist meine Haupt-Message heute. Wir sind uns einig, dass wir so etwas brauchen. Wir sind uns jedoch nicht völlig einig, wie lange wir brauchen. Es bedarf vielleicht mehr Ingenieurleistung, weswegen ich das Licht der Ingenieurinnen und Ingenieure nicht unter den Scheffel stellen möchte. Die müssen jetzt abliefern. In der Physik ist man sich – vielleicht mit einer Ausnahme – einig, dass alles funktionieren kann. Ob es diese Ausnahme überhaupt gibt, werden wir auch noch herausfinden. Was passiert gerade? Warum sind wir jetzt weiter als vorher? Es gibt viele Technologieentwicklungen, die jüngst in den letzten paar Jahren passiert sind. Wir haben über Laser und Laserdioden gesprochen, über Hochtemperatursupraleiter, Supercomputer und Strömungssimulationen. Dies hat auch dazu geführt, dass es in der Welt mittlerweile 43



Fusions-Startups gibt, wovon in Deutschland vier angesiedelt und zwei heute anwesend sind. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen wir unsere Position einnehmen. Das zeigte sich auch beim Chips Act. Wir konnten bei dem Thema Chipfertigung, bei dem wir gerade einen Boom in der Republik erleben, nur mithalten, weil wir kritische Anlagen für die Herstellung von Chips schaffen. Es hängt auch mit Lasern und Spiegeln zusammen, die wir ebenso in der Fusionsforschung brauchen und die in Deutschland von Firmen wie Zeiss und Trumpf oder in Europa von Thales hergestellt werden. Das gilt auch für Hochtemperatursupraleiter, die wir sehr spannend finden. Wir sollten unser Geld in Plattformtechnologien investieren, die nicht nur die Anwendung Fusionskraftwerk haben, sondern auch noch andere Anwendungen bedienen. Oftmals, und das ist leider so bei Sprunginnovationen, kann man die eigentliche Anwendung nicht vorhersagen. Wir können nur Rahmenwerke schaffen und dann investieren. Das haben wir bei der Agentur für Sprunginnovationen (SPRIND) mit 90 Millionen Euro getan. Wir bauen zwei verschiedene Lasertypen: eines für die hier vertretene Focused Energy und eines für Marvel Fusion. Diese Laser sind sehr interessant und haben breite Anwendungsfälle, so dass die Investition sich lohnt. Selbst wenn alle scheitern sollten, wovon ich nicht ausgehe, bleibt eine hervorragende Technologie. Gleiches gilt für zum Beispiel Hochtemperatursupraleiter. Mit der Technologie kann man nicht nur Magneten für Proxima oder andere plasmabasierte Fusionsarten bauen, sondern auch neuartige Motoren. Man kann die Stromübertragung dramatisch verbessern und Generatoren bauen. Ich hätte gerne einen HTS-basierten Generator in unserem Windrad. Das würde viel bringen und vielleicht auch die Probleme des Fliegens lösen. Zum Thema Regulatorik: Wir müssen aufpassen, dass wir nicht die Fusionskraftwerke genauso regulieren, wie die Atomspaltungskraftwerke, nur weil Atom darin vorkommt. Es handelt sich um eine vollkommen andere Technologie. Auch wenn einige Ansätze immer noch Neutronenstrahlung aufweisen und Sondermüll hervorbringen, ist das Verfahren in Fusionskraftwerken bei Weitem nicht so gefährlich und nicht so kettenreaktionfähig wie in Atomspaltungskraftwerken. Das muss sich in der

Regulierung niederschlagen. Wir haben bereits ein großartiges Ökosystem und ich zähle jetzt nicht alle Institute auf, denn manche sind heute vertreten. Lassen Sie uns weiter Cluster bilden und lassen Sie uns Raum schaffen für Anlagen, die wir in Deutschland bauen können. Mit Marvel mussten wir an die University of Colorado gehen, weil sie dort Platz hatten. An dieser Stelle sei noch erwähnt, dass nicht Marvel 130 Millionen erhalten, sondern die University 130 Millionen investiert hat. Wir hatten mit vielen Instituten und Landesregierungen verhandelt und dennoch konnten wir das nicht hierhin bauen. Wenn wir Cluster schaffen, die einen solchen Raum voraussehen, dann wird so etwas auch nicht mehr passieren. Wir hoffen, den Demonstrator hier bauen zu können. Lassen Sie uns da das Geld also klug investieren. Das kommerzielle Fusionskraftwerk dauert unserer Meinung nach 15 bis 20 Jahre, bis es nutzbar ist. In dieser Zeit werden wir viele interessante Technologien, die auch anderweitig zum Einsatz kommen können, entwickeln. Ich glaube, dass wir dieses Ziel erreichen können und dass Deutschland eine gewichtige Rolle spielen kann.

Der **Vorsitzende**: Danke an Herrn Laguna de la Vera und wir kommen jetzt zum letzten Sachverständigen in der Statement-Runde. Zum zweiten Mal spricht das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, jetzt der Leiter des Bereichs Tokamak-Szenario-Entwicklung. Herr Professor Hartmut Zohm ist digital zugeschaltet. Sie haben das Wort.

Sv Prof. Dr. Hartmut Zohm (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik): Vielen Dank. Ich hoffe, Sie können mich gut hören. Zunächst mal herzlichen Dank für die Einladung. Und es tut mir leid, dass ich aus gesundheitlichen Gründen nicht persönlich dabei sein kann. Ich arbeite seit über 30 Jahren in der Fusionsforschung und freue mich sehr, dass das Thema jetzt große Aufmerksamkeit erhält. Das ist also großartig und hängt sicher auch mit den vielen Fortschritten zusammen, die in den letzten Jahren erreicht worden sind. Es freut mich, dass dieser Antrag hier behandelt wird und auch, dass das BMBF vor kurzem verkündet hat, deutlich mehr Geld zu investieren. Das finde ich eine sehr gute Entwicklung. Als alphabetisch Letzter bin ich oft in der Situation, dass schon alles gesagt wurde, aber noch nicht von jedem. Ich



will mich deshalb kurz fassen und nur noch zwei Punkte ansprechen, die noch nicht ausreichend betont worden sind. Der erste ist für mich der folgende: Die Fusion mit magnetischem Einschluss wird seit über 50 Jahren mit dem Ziel der friedlichen Energiegewinnung erforscht. Sie ist bezüglich des integrierten Kraftwerkskonzepts weiter fortgeschritten als die Inertial-Fusion. Das soll nicht heißen, dass man Inertial-Fusion nicht untersuchen soll. Des Weiteren gibt es die schönen Erfolge, die der Herr Roth zum Beispiel genannt hat. Letztlich erkennt man auch, dass wir bei der Magnetfusion schon stark auf den torridalen Einschluss, dabei Tokamak und Stellarator fokussiert sind. Wir haben auch gehört, Stellarator ist gewissermaßen die Zukunft für Deutschland. Bei der Inertial-Fusion hingegen sehen wir noch eine größere Vielfalt von Konzepten, die vorgeschlagen werden. Ich denke, es ist wichtig, diese Konzepte kritisch zu durchleuchten und eine Bewertung in naher Zukunft vorzunehmen, so dass man die Förderung gezielt dort einsetzen kann, wo die Erfolgsschancen am größten sind. Das ist meiner Meinung nach bis jetzt noch nicht ausreichend geschehen. Angesichts der Tatsache – ich komme gleich im zweiten Punkt dazu, – dass auch Start-ups mit Steuergeldern gefördert werden, sollte dies nachgeholt werden. Man muss sich sicher sein, dass das vorgeschlagene Konzept Sinn macht und vielversprechend ist. Und der zweite Punkt betrifft die Einbindung der Industrie. Ich denke, wir sind uns alle einig, dass ein Fusionskraftwerk von der Industrie gebaut werden wird und nicht von Forschungsinstituten. Insofern ist der Ansatz des BMBF und dieses Antrags der CDU/CSU-Fraktion ein guter. Es ist mir aber wichtig, zu betonen, dass es zwei Dinge gibt, die noch weiter betrieben werden müssen. Das eine ist: Es bedarf immer noch Grundlagenforschung in einigen Gebieten, weshalb auch die Grundlagenforschung weiter gestärkt und durchgeführt werden muss. Das andere ist etwas, was bis jetzt noch nicht angesprochen worden ist. Wenn wir den Schritt zum Fusionskraftwerk gehen wollen, dann müssen wir unsere Anstrengungen in der Ausbildung von klugen Köpfen auf diesem Gebiet deutlich verstärken. Im Augenblick ist es so, dass die Start-ups und wir in der staatlich geförderten Forschung, uns fast Konkurrenz um die klügsten Köpfe machen. Wir müssen mehr ausbilden.

Deshalb muss parallel zur Förderung der Industrie, die Grundlagenforschung ebenfalls gestärkt werden. Sie ist gut aufgestellt, sollte aber noch weiter gestärkt werden. Besonders wichtig ist noch: Zu diesem Ökosystem gehört auch eine breite Ausbildung in jenen Disziplinen, die notwendig sein werden, um Fusionskraftwerke zu bauen. Ohne die schlauen, jungen Leute, die das Ganze voranbringen, können wir lange reden, aber das Fusionskraftwerk nicht bauen. Ich bitte Sie das immer bei der Förderung zu berücksichtigen. Danke ich für Ihre Aufmerksamkeit.

Der **Vorsitzende**: Vielen Dank, Herr Professor Zohm. Und prima, dass Sie trotzdem teilgenommen haben. Ich wünsche Ihnen im Namen des gesamten Ausschusses gute Genesung und einen maximal milden Verlauf. Dann kommen wir jetzt zur Berichterstatterinnen- und Berichterstatterrunde und ich rufe auf für die SPD Fraktion Kollege Holger Mann.

Abg. **Holger Mann** (SPD): Danke, Herr Vorsitzender und danke Ihnen, Herren Sachverständige für Ihre Expertise. Das Thema Fusion ist spätestens nach dem erfolgreichen Experiment am National Faculty in aller Munde. Deshalb hat es eine Aufmerksamkeit bekommen, die schnell mit sehr hohen Erwartungen verbunden war. Ich habe aus der Runde vereinzelt Prognosen, wann wir ein Fusionskraftwerk ans Netz bekommen, vernommen. Es gibt ein neues Gutachten des Wissenschaftlichen Dienstes des Deutschen Bundestages, welches besagt, dass die Einschätzungen privater Investoren bei Ende der dreißiger Jahre und die Einschätzungen öffentlicher Investoren bei 2050 liegen. Mich würde interessieren: Wann glauben Sie, dass nicht mehr die wissenschaftlichen Einrichtungen, sondern ein Fusionskraftwerk Strom einspeist? Wenn wir dafür Zeit haben, frage ich noch, wie Sie das Energiesystem einschätzen. Wir haben heute schon Konkurrenztechnologien.

Der **Vorsitzende**: Die Frage richtete sich an?

Abg. **Holger Mann** (SPD): An alle, ich erbitte eine kurze Prognose. Ich habe viel von mittelfristig gehört. Danke.

Der **Vorsitzende**: Okay, fangen wir an mit Professor Dr. Klinger.



Sv Prof. Dr. Thomas Klinger (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik): Egal, welche Fusionstechnik man nimmt, es handelt sich um Großanlagen und sehr komplexe Großkraftwerke. Es dauert diese zu bauen. Beachten Sie auch: „First of a kind“. Die erste Realisierung, dauert besonders lange, das gilt für jede Technologie. Das heißt, wenn wir jetzt von diesen ersten Generationen sprechen, sind zu kurze Zeitskalen zu ambitioniert. Aber als Orientierung kann man festhalten: 20 Jahre, 20 Milliarden. Es bedeutet, eine Milliarde Euro pro Jahr. Das ist vielleicht konservativ und zu solide, aber es ist solide. Das wäre meine Einschätzung.

Sv Prof. Dr. Rüdiger Quay (Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF): Ich schätze es ähnlich, aus einer anderen Sichtweise, ein. Die Zeitkonstanten sind im Wesentlichen bedingt durch Materialien, die man noch entwickeln muss. So können Sie als Wissenschaftler abschätzen, wie lange Sie dafür brauchen und das bedingt dann eine ähnliche Einschätzung, wie gerade ausgesprochen wurde.

Sv Prof. Dr. Mario Ragwitz (Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG): Ich schließe mich den Fusionsexperten an. Ich hatte einige Grundlagenaspekte genannt, die noch entwickelt werden müssen, insbesondere Material, Umgang mit Neutronenflüssen und auch die Abfuhr der großen Energiemengen. Das heißt, diese Grundlagenthemen sind zunächst zu entwickeln. Auf der Basis könnte man Piloten und Demonstratoren erschaffen und dann den Schritt zu einer industriellen Fertigung gehen. In der Summe der Kette sehe ich nicht, dass das in weniger als 20 Jahren zu bewältigen ist.

Sv Prof. Dr. Markus Roth (Technische Universität Darmstadt und Focuses Energy GmbH): Ich kann mich im Großen und Ganzen diesen Einschätzungen anschließen. Wenn wir sagen, dass bis Ende der 30er Jahre ein Demonstrator entsteht, dann werden wir innerhalb der 40er das erste Kraftwerk sehen, das Strom ans Netz bringt. Die Differenz zwischen den Einschätzungen der öffentlichen Forschungseinrichtungen und denen, der Privaten ist typisch für die unterschiedliche Sichtweise bei der Geschwindigkeit, mit der man vorangehen kann.

Sv Prof. Dr. Dipl. Ing. Tobias Schmidt (ETH Zürich): Ich stimme dem zu. Ich glaube es geschieht sogar später. Ich bin noch etwas skeptischer und veranschlage nach 2050. Ich glaube ehrlich gesagt, dass dieses Venture Capital in USA nicht so viel Geduld haben wird. Das zeigt auch die Forschung bei anderen komplexen Technologien. Sie ziehen sich dann oft raus. Ich glaube, man sollte darauf achten, dass dieses Geld nicht einfach zur Verfügung steht, denn es wird sich eher vergrößern als verkleinern.

Dr. Francesco Sciortino (Proxima Fusion GmbH): Wir denken, dass wir in den 30er Jahren die erste Anlage bauen können. Dann müssen wir sehen, wie schnell wir diese Technologie anpassen können. Die erste Anlage wäre ein wichtiger Schritt. Wir glauben, dass wir das innerhalb von etwa 15 Jahren schaffen. Die Unwägbarkeiten sind zwar groß, aber wir glauben trotzdem, dass es machbar ist.

Sv Rafael Laguna de la Vera (Bundesagentur für Sprunginnovation SPRIND): Wir haben es bei KI gesehen, die es seit 70 Jahren gibt. Wenn Sie uns vor zwei oder drei Jahren gefragt hätten, hätten wir Experten alle falsche Aussagen getroffen. Ich glaube Gleiches gilt hier. Es gibt gute Gründe für Prognosen, dass es noch 20 Jahre dauert, wenn wir die Technologie so weiterentwickeln. Trotzdem wissen wir nicht, was an Technologie noch kommen wird. Bei der SPRIND setzen wir auf den Wettbewerb. Wir arbeiten mit 43 Firmen und guten Instituten. Man wird sehen, welches am schnellsten ans Ziel kommt. Trotzdem wollen wir derweilen nicht untätig sein und investieren deswegen auch in andere Technologien. Lassen wir uns überraschen.

Sv Prof. Dr. Hartmut Zohm (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik): Ich schließe mich den knapp 20 Jahren an. Es ist aber ganz wichtig: 20 Jahre ab dem Zeitpunkt, an dem man richtig investiert und dieses Ökosystem aufbaut.

Der Vorsitzende: Kollege Holger Mann, Sie haben das hervorragend geplant, dass tatsächlich alle antworten konnten. Dann kommen wir jetzt zu Thomas Jarzombek für die CDU/CSU-Fraktion.

Abg. Thomas Jarzombek (CDU/CSU): Ich möchte mich bei allen Sachverständigen bedanken für die spannenden Vorträge. Diese machen Mut und fördern den Glauben an unsere Ingenieurkunst.



Außerdem schaffen sie Zuversicht für die industrielle und wirtschaftliche Zukunft Deutschlands. Deshalb müssen wir in diesem Bereich mehr machen. Wir haben den Antrag eingebracht und danke Ihnen für viele positive Reaktionen darauf. Ich gehe gezielt nochmal auf das Thema der Regulierung als zentrale Gelingensvoraussetzung ein, weil wir das auch von Unternehmen außerhalb Deutschlands gehört haben. Hier haben Großbritannien und die USA schon Regelwerke geschaffen. Ich würde Dr. Sciortino, Professor Roth und auch Rafael Laguna fragen: Wie sollte eine solche Regulierung aussehen und in welchem zeitlichen Rahmen müsste diese erfolgen? Bei Rafael Laguna möchte ich noch eine Frage zur Förderung von Laserfusion anhängen: Es wurden darüber schon Aussagen getätigt, die wir als positiv bewerten. Wie ist das Vorhaben der SPRIND im Bereich der Magnetanschlussfusion?

Sv Prof. Dr. Markus Roth (Technische Universität Darmstadt und Focuses Energy GmbH): Kurz noch eine Vorbemerkung: Herzliche Grüße aus Denver. Es ist noch früh am Morgen, aber ich befinde mich auf der weltgrößten Laserfusionskonferenz, welche alle zwei Jahre, wechselnd zwischen Europa, Asien und den USA, stattfindet. Wir sind gerade in Colorado, wo der neue Fusion Hub in den USA dabei ist, sich zu etablieren. Wir hatten bereits angesprochen, dass die Kollegen von Marvel Fusion hierher gehen und viele andere auch angezogen werden. Zur Frage der Regulierung: Ich denke, wir sollten in Deutschland betrachten, wie andere Länder das machen, wie zum Beispiel Japan, England oder die USA. England war der Vorreiter bei der klaren Analyse dieser Technologie und der darauffolgenden Trennung von Atomspaltkraftwerken und der Einordnung in ein Gefährdungspotential. Ähnliches konnte man bei großen Beschleunigeranlagen, Tumorthерапieanlagen für die Krebstherapie oder Anlagen zur Isotopenproduktion von Medikamenten wie beispielsweise Technetium beobachten. Ich denke, das, was die Engländer angeregt haben und was das Department of Energy, die Nuclear Regulation Commission in den USA hervorgebracht hat, könnte ein Beispiel für Deutschland und Europa sein.

Dr. Francesco Sciortino (Proxima Fusion GmbH): Ich stimme vollkommen mit den Bemerkungen des Professor Roth überein. Die USA und das Vereinigte Königreich sind führend im Bereich der Gesetzgebung, so dass die Fusion als Beschleuniger erscheint, obwohl es offensichtlich große Unterschiede gibt. Dennoch sollten wir unserer Meinung nach auch so an das Thema herangehen. Die EU unternimmt einige Schritte, allerdings etwas zu langsam. Wenn wir analysieren, wo die Fusionsunternehmen ihr Umfeld aufbauen, welches für sie sowohl in puncto Finanzierung als auch Regulierung attraktiv ist, bietet das Vereinigte Königreich fantastische Voraussetzungen. Auch die USA haben wichtige Schritte unternommen. Wenn Sie sich des Weiteren anschauen, wo diese privaten Fusionsunternehmen angesiedelt sind, dann können Sie erkennen, welches Umfeld das richtige ist. In Deutschland sind diese Unternehmen, weil die Technologie hier ist. Wir haben noch Nachholbedarf in Bezug auf die Schaffung der öffentlich-privaten Partnerschaften und der Gesetzgebung.

Sv Rafael Laguna de la Vera (Bundesagentur für Sprunginnovation SPRIND): Man kann dies auch an dem Geld, welches in die Start-ups fließt, sehen. Im Vergleich zu uns weist die USA ungefähr Faktor 100 auf. Sicherlich ist die USA größer, weshalb man lieber investiert. Wir dürfen aber nicht den Fehler machen, die Kernfusion in der Nähe der Kernspaltung anzusiedeln. Das sind komplett unterschiedliche Technologien. Man könnte noch tiefer gehen und sich die einzelnen Fusionstechnologien in Bezug auf Materialien genauer ansehen, weil diese unterschiedliche Strahlungsparameter haben. Im Ergebnis ist die Technologie aber sehr weit weg von Kernspaltungskraftwerken. Wir haben eine Regelung für Reallabore geschaffen, damit man Vorgänge in bestimmten Regionen ausprobieren kann. Vielleicht sollten wir das auch noch einmal evaluieren und größere Freiräume formen. Zu deiner zweiten Frage, Thomas: Wir haben mit den Lasern begonnen und sind nun im engen Austausch, zum Beispiel mit Proxima Fusion zum Thema Stellarator der Next Generation. Hier geht es vor allem um Hochtemperatursupraleiter. Auch in diesem Bereich bieten sich multiple Anwendungsgebiete. Wir erfassen gerade, wieviel Geld wir im nächsten Jahr dafür zur Verfügung



haben. Wir sind sehr interessiert, in dieses Technologiumfeld zu investieren, weil es ein breites Anwendungsspektrum hat und weil Proxima unsere Hilfe gebrauchen könnte. Damit könnten wir außerdem der Cornerstone-Investor für privatwirtschaftliche Investoren sein. Wenn SPRIND sich entschließt 90 Millionen Euro zu investieren, dann entscheidet sich ein Privatsektor leichter zusätzliches Geld einzulegen, um dieses Valley of Death zu überwinden.

Der Vorsitzende: Gibt es weitere Fragen aus der Unionsfraktion?

Abg. Thomas Jarzombek (CDU/CSU): Ein Kompliment und eine Frage. Das Kompliment gilt der SPRIND, dass sie mit 90 Millionen Euro das meiste neue Geld für Förderung mobilisiert. Die Bundesministerin hatte gesagt, sie will eine Milliarde investieren. Auf unsere schriftliche Anfrage haben wir allerdings erfahren, dass es im nächsten Jahr 15 Millionen und im darauffolgenden Jahr 30 Millionen Euro sein werden. Hier gibt es eine nicht unerhebliche Abweichung. Ich möchte die Gelegenheit nutzen, Herrn Staatssekretär zu fragen, wie die Pläne seitens der Bundesregierung im Bereich der Regulierung sind?

Der Vorsitzende: Sie sind frei, wen Sie fragen, aber wir haben extra externe Sachverständige eingeladen. Jetzt hat Mario Brandenburg 30 Sekunden für die Antwort, wenn er möchte.

PStS Mario Brandenburg (BMBF): Gerne! Danke für die Frage. Jetzt habe ich auch die Chance, Ihnen allen zu danken. Natürlich ist die Frage der Regulierung virulent und deswegen diskutieren wir das in der Bundesregierung. Ich glaube, dass die Aussagen heute bezüglich Regulation sehr hilfreich sind. Die EU hat auch in diese Richtung argumentiert und insofern ist es eine Diskussion, die wir in der Bundesregierung aktiv führen. Wir sehen, dass hier ein Zeitfenster besteht und deshalb danke ich Ihnen für die Aussagen, die zur Meinungsfindung beitragen.

Der Vorsitzende: Danke Ihnen, Herr Staatssekretär, und wir kommen jetzt zum Bündnis 90/Die Grünen. Dr. Anna Christmann.

Abg. Dr. Anna Christmann (BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN): Auch von mir herzlichen Dank in die Runde und ich habe eine relativ große Einigkeit

bei dem Thema herausgehört: Fusion ist eine spannende Chance für die Zukunft und das erhärtet sich gerade. Das ist aber ab Mitte des Jahrhunderts erst der Fall und vorher müssen wir die Energiewende anders bewerkstelligen. Daraus ergibt sich ein Dilemma. Wir sind hier der politische Rahmen, der damit umgehen muss. Es stellt sich dann die Frage: Zu welchem Zeitpunkt investiert auch die öffentliche Hand Geld in welche Technologien? Zu diesem Dilemma möchte ich Rafael Laguna von der SPRIND befragen, weil dort die unterschiedlichen Technologieunterstützungen stattfinden. Wir haben es bereits gehört: Man baut auf Windräder, aber auch auf Fusion. Wie setzt man aus der Sicht der Experten die richtigen Prioritäten? Das ist nicht trivial. Diese Frage stelle ich an Rafael Laguna und gerne auch an Herrn Schmidt von der ETH.

Sv Rafael Laguna de la Vera (Bundesagentur für Sprunginnovation SPRIND): Vielen Dank! Unsere Antwort ist, das eine vorantreiben und das andere nicht vernachlässigen. Wir haben keine andere Wahl. Es ist nicht so, dass die erneuerbaren Energien die Lösung aller Probleme sind. Sie haben einen hohen Materialverbrauch, von teils Konfliktmaterialien. Die Herstellung ist ebenfalls nicht ohne Bedenken. Wir müssen daran arbeiten, sie zu recyceln. Deshalb gibt es auch dort noch viel Innovationsraum, den wir schaffen müssen. Außerdem müssen wir die Energien ausbauen, da der Flächenbedarf riesig ist. Die Bevölkerungsakzeptanz, jedenfalls vor der eigenen Haustür, ist dagegen gering. Es gibt noch genügend Handlungsbedarf und den müssen wir sofort angehen, da das Problem jetzt existiert. Dieses Problem ist aber so groß, dass wir auf viele Lösungen setzen müssen. Wenn wir jetzt nicht dafür sorgen, dass wir die Anschlusstechnologien entwickeln, die das Problem hoffentlich endgültig lösen, dann, glaube ich, machen wir einen schweren Fehler. Ja, das ist wirklich schwierig, aber vielleicht werft ihr noch einmal einen Blick in den Bundeshaushalt. Es gibt bestimmte Möglichkeiten.

Der Vorsitzende: In der Tat machen wir bis zur zweiten, dritten Lesung nichts intensiver, als in den Bundeshaushalt zu schauen. Das ist gleich auch der nächste Tagesordnungspunkt nach



dieser Anhörung. Aber jetzt, und das wird abgezogen, natürlich, Herr Professor Schmidt.

Sv Prof. Dr. Dipl. Ing. Tobias Schmidt (ETH Zürich): Vielen Dank für die Frage. Ich glaube das ist eine sehr gute Frage. Ein Vorteil ist, dass man mit Fusion auch Strom erzeugt. Es ist dennoch klar, dass zukünftige Energiesysteme primär auf Strom basieren werden. In der Vergangenheit waren es vor allem Kohlenwasserstoffe und jetzt ist es Strom. Das heißt, es ist sehr komplementär. Es gibt aber noch viel Innovationspotenzial, beispielsweise bei Speichern und Batterien. Ich glaube, wir unterschätzen, was da noch kommen wird. Deshalb sehe ich erhebliches Potential bei dieser inkrementellen Innovation, die wir dann auch bei den erneuerbaren Energien, bei den Speichern und bei den Informationstechnologien, welche wir schon haben, aber welche noch nicht sehr günstig sind, nutzen können. Bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Fusion bereitsteht, wird sie es hart haben, im Wettbewerb zu bestehen. Der Vorteil ist, dass man, wie Herr Ragwitz meinte, ein gewisses Maß an Grundlast braucht für die Elektrolyse. Elektrolyseure sind aber teuer und werden auch nicht viel billiger werden. Das bedeutet, dass man diese so viel wie möglich und so lange wie möglich betreiben möchte. Wünschenswert sind 8.000 Stunden im Jahr. Da hilft es, wenn man eine grundlastfähige Energieform, wie überschüssigen Wind- oder Solarstrom hat.

Der Vorsitzende: Vielen Dank. Weitere grüne Fragen?

Abg. Prof. Dr. Anna Christmann (BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN): Dann würde ich gerne noch eine Frage an Herrn Klinger stellen. Wenn wir über die politische Lage der Fusion sprechen, ist das eine Problem der nicht passende Vergleich mit der Kernspaltung. Das andere betrifft tendenziell ITER und dessen Kosten: Wie steht das Kosten-Nutzen-Verhältnis bei den Investitionen in Fusion? Können Sie das bitte noch einmal einordnen. Wie passt das zu den Entwicklungen, die sonst überwiegend positiv klangen?

Der Vorsitzende: Herr Professor Klinger, Sie haben eine Minute für die Antwort.

Sv Prof. Dr. Thomas Klinger (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik): Frau Christmann, vielen Dank für die Erwähnung von ITER, das wurde Zeit.

ITER ist sehr wichtig, weil dort wird explorativ herausgefunden, was benötigt wird, um insbesondere große und nukleare Komponente einzubringen. Es handelt sich, um einen sehr wesentlichen technologischen Schritt. ITER ist als internationale Organisation aufgebaut, ein bisschen wie die Vereinten Nationen. Ich wundere mich nicht, dass es dadurch statischer wird und kein Musterbeispiel des Projektmanagements ist, aber es ist dennoch wichtig. Zu den Kosten-Nutzen ist zu sagen, dass wir gewiss eine Lernkurve hinlegen werden. Wenn der Nutzen steigt, sinken die Kosten bei der technologischen Umsetzung. Wir habe eine lange Liste, was diesbezüglich gemacht werden muss. Ich kann nur nochmals wiederholen: Wir müssen tatsächlich solche Projekte bauen und dazu zählt auch ITER.

Der Vorsitzende: Für die FDP-Fraktion Dr. Stephan Seiter.

Abg. Prof. Dr. Stephan Seiter (FDP): Vielen Dank, Herr Vorsitzender. Mein Dank geht auch an alle Experten in der Runde und in den fernen USA. Besonders gilt er Herrn Zohm und gute Besserung, so dass wir uns bald wieder persönlich treffen können. Wie wir gehört haben, herrscht großer Optimismus, dass das Potenzial der Technologie vorhanden ist. Erlauben Sie mir eine ergänzende Anmerkung zu dem, was Herr Laguna über KI gesagt hat. Ich kann mich erinnern, vor 40 Jahren bei einem großen Unternehmen gesessen zu haben und diese sagten, dass wir das nie erleben werden. Jetzt erkennen wir, dass es gelingt, wenn ein Commitment vorhanden ist und wenn die Industrie ein Interesse an solchen Technologien aufbringt. Meine Frage richtet sich an Herrn Quay: Es wird viel über diese anderen Schlüsseltechnologien gesprochen. Sie sind teilweise schon angeklungen, aber könnten Sie uns noch einen kleinen Überblick geben, warum diese gerade jetzt in der Bundesrepublik Deutschland eine wichtige Aufgabe darstellen. In welchen Bereichen kann bei der Fusion ein Spillover-Effekt entstehen? Das wäre sicher hilfreich für die Entscheidungsfindung.

Sv Prof. Dr. Rüdiger Quay (Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF): Vielen Dank für die Frage. Fangen wir bei der Trägheitsversorgung an. Da ist es einfach. Deutschland ist stark bei den optischen



Technologien. Wir entwickeln die nächsten Leistungsklassen von Lasern. Das ist mit Sicherheit industriell attraktiv. Die Firmen sind bereits angeklungen, die ein erhebliches Interesse daran haben, weil der Fortschritt auf diesem Technologiegebiet voranschreitet. Der zweite Punkt liegt bei der Systemtechnik, angefangen mit den Materialien. Man lernt Systeme und Reaktoren zu bauen. Da gibt es viele Industrien, die mitgeteilt haben, dass sie das betreiben. Ich glaube auch, dass wir sehr viel Stärke im Bereich der Datennutzung haben. Ebenso in etwas unwichtigeren Themen, wie der späteren Umsetzung und der Zuverlässigkeit, ist Deutschland gut aufgestellt. Gerade Mittelständler haben ein hohes Interesse etwas beizutragen und sich dahingehend zu entwickeln. Ich glaube, das sind die Ersten. Ob wir einen Hochtemperatursupraleiter in die Windkraft integrieren, weiß ich noch nicht. Wir hoffen es alle. Ich denke auch, dass dann Spillover-Effekte zu erwarten sind, welche aber anders sein werden. Zur Klarstellung: Die Trägheitsfusion ist deutlich modularer als das Gesamtkonzept MFA. Diesbezüglich sind wir uns, glaube ich, alle einig. Bei der Trägheitsfusion können Sie anfangen und irgendwann abbrechen, wenn Sie merken, dass Sie das nicht mehr möchten. Es entsteht aber in jedem Fall eine linearere Kurve als in einem Stufenfunktionssystem.

Der Vorsitzende: Weitere Fragen aus der FDP-Fraktion?

Abg. Prof. Dr. Stephan Seiter (FDP): Vielen Dank für die Antwort. Es ist erwähnt worden, dass wir die Köpfe bei uns im Land haben möchten und dass wir attraktiv sein müssen für internationale Forschende, die dann zu uns kommen. Deswegen richtet sich meine Frage an Herrn Quay und Herrn Roth, was wir in diesem Bereich tun können. Danke.

Sv Prof. Dr. Markus Roth (Technische Universität Darmstadt und Focuses Energy GmbH): Herzlichen Dank. Tatsächlich ist es so: Gerade im Bereich der Fusionsforschung, und da gebe ich meinem Kollegen Hartmut Zohm ausdrücklich recht, haben wir einen gewaltigen Bedarf an wissenschaftlichem Nachwuchs. Ich gebe ein Beispiel: Bei der Trägheitsfusion habe ich den einzigen Lehrstuhl in Deutschland, der zum Thema Laserfusion Vorlesungen und

Vorlesungskomponenten anbietet. Der Zustrom an Studenten ist momentan aufgrund der jüngsten Entwicklung gewaltig. Wir müssen versuchen unseren akademischen Unterbau auf diese Weise auszuweiten. Uns ist es durch unsere attraktiven Konzepte gelungen Forscher aus Spanien, Italien, Frankreich, den USA und England nach Deutschland zu holen. Ich glaube diese Konzepte bieten eine große Chance.

Sv Prof. Dr. Rüdiger Quay (Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF): Ich glaube, wir haben eine große Chance, wenn es uns gelingt, die Fusionsforschung im Sinne der Nachhaltigkeit zu positionieren. Das ist der Weg, wie man junge Leute heute begeistert. Wir bieten in Freiburg Sustainable Systems Engineering an. Dies funktioniert für das Engineering und auch für die Physik viel besser, um die Leute international anzuziehen. Das ist eine hervorragende Sache. Der zweite Punkt, den ich machen will: Wir müssen Nachwuchsgruppen bilden und kluge Konzepte entwickeln, damit man hier hervorragend forschen kann. Ich glaube, die Kombination ist in den genannten Clustern wichtig.

Der Vorsitzende: Danke schön. Wir kommen jetzt zur AfD-Fraktion und ich erteile das Wort Dr. Michael Kaufmann.

Abg. Prof. Dr.-Ing. habil Michael Kaufmann (AfD): Vielen Dank, Herr Vorsitzender. Vielen Dank für die wichtigen Beiträge, die wir heute hören konnten. Ich habe zunächst eine Frage an Herrn Professor Zohm. Sie hatten erwähnt oder darauf hingewiesen, dass in dem Bereich dringend ausgebildet werden muss. Können Sie etwas genauer darauf eingehen, in welchen Fachrichtungen tatsächlich Spezialisten nötig sind? Eine zweite Frage stellt sich mir im Anschluss an Professor Klinger. Ein Problem ist die Tritium-Versorgung bei den Fusionsreaktoren. Können Sie sagen, wie Sie das in Zukunft lösen wollen, um ausreichende Mengen Tritium herzustellen? Wie bewerten Sie den Ansatz, dieses Tritium direkt im Fusionsreaktor als Lithium-6 zu spalten? Wobei dann wieder die Verbindung zwischen klassischer Kernspaltung und Fusion hergestellt ist. Wie sehen Sie dieses Konzept? Gibt es inzwischen erfolgreiche Versuche, dieses bisher theoretische Konzept umzusetzen?



Sv Prof. Dr. Hartmut Zohm (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik): Zur Ausbildung: Zunächst müsste man die fusionsorientierte Plasmaphysik, die nur im Umfeld von Großforschungseinrichtungen gelehrt wird, an den Universitäten stärken. Wenn man den Schritt zur Fusion wagt, müsste man ebenso die Kerntechnik und die spezifische Kerntechnologie, die zur Fusion gehört, ertüchtigten. Dieses Feld ist wegen des Abbaus der Spaltung stark eingeschränkt worden. Wir sind uns einig gewesen, dass die Spaltung und die Fusion nicht das Gleiche sind. Man müsste im Blick haben, dass diese Aspekte, wie Verfahrenstechnik – jetzt kommt das Tritium ins Spiel, was Herr Klinger gleich erklären wird – gezielt in der Technologie, zusätzlich zur Physik aufgebaut werden.

Sv Prof. Dr. Thomas Klinger (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik): Zum Thema Tritium: Es ist kein Material, was man wie einen Treibstoff einkauft, sondern es wird im Prozess selbst erzeugt. Das ist entscheidend dabei, denn Tritium hat eine endliche Lebensdauer und ist mühsam herzustellen. Der Weg, der nun gegangen werden muss, ist das sogenannte Breeder Blanket, wo über einen internen Kernprozess aus Lithium-6, oder Lithium-7, Tritium erzeugt wird. Dies geschieht in einem geschlossenen Zyklus. Das bedeutet, die entscheidende Zutat ist Lithium. Wie ich bereits sagte, braucht man davon nicht viel. Es steht also nicht in einer harten Konkurrenz mit Lithium-Ionen-Akkus. Im Ergebnis benötigt man Deuterium aus dem Wasser und Lithium aus der Erde.

Der Vorsitzende: Noch Fragen aus der AfD-Fraktion, Herr Kaufmann?

Abg. Prof. Dr.-Ing. habil Michael Kaufmann (AfD): Nochmal: Ist das Konzept schon mal umgesetzt worden?

Sv Prof. Dr. Thomas Klinger (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik): Ja, da gibt es intensive Anstrengung. Das ist kein Spaziergang, sondern eine schwierige Technik. In Deutschland beschäftigt sich das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) intensiv damit. In Frankreich kann ich das CEA, Commissariat Energie Atomic und in den USA das Oak Ridge National Laboratory nennen, an dem Japan und China sich stark

einbringen. Es gibt eine weltweit vernetzte Aktivität.

Abg. Prof. Dr.-Ing. habil Michael Kaufmann (AfD): Eine kurze Frage würde ich gerne an Herrn Laguna de la Vera stellen. Ist die SPRIND-Agentur derzeit involviert in die Fusionsforschung? Falls ja, in welchem Umfang?

Sv Rafael Laguna de la Vera (Bundesagentur für Sprunginnovation SPRIND): 90 Millionen haben wir gerade in Laser investiert. Außerdem planen wir uns bei Stellaratoren, über die Hochtemperatursupraleiter zu platzieren. Erlauben Sie mir eine Ergänzung zu Ihrer Frage zum Lithium. Es gibt noch andere Verfahren, nicht nur die Deuterium-Tritium-Verfahren. Wir werden sehen und überrascht werden, welches sich durchsetzt. Des Weiteren glaube ich nicht, dass die Herstellung des Brennmaterials wirklich die größte Herausforderung ist. Das bekommen wir mit Ingenieursarbeit hin.

Der Vorsitzende: Danke. Für die Fraktion Die Linke Dr. Petra Sitte.

Abg. Dr. Petra Sitte (DIE LINKE.): Danke schön. Meine Frage richtet sich an Professor Ragwitz, weil mich dieser Transformations- und Einbettungsprozess interessiert. Der aktuelle Stand Deutschlands ist auf öffentliche Gelder zurückzuführen. Insofern müssen wir immer eine Balance finden. Wenn der Bundeshaushalt für das BMBF 20,3 Milliarden vorsieht, dann ist 1 Milliarde pro Jahr eine Hausnummer, über die man nicht einfach hinweggehen kann. Nun erzeugt das auch hohe Kosten. Wer soll die tragen? Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund der Energieerzeugungskonzepte. Wir stecken mitten im Transformationsprozess Klimawandel und Klimaneutralität bis 2045. Wenn ich Sie richtig verstanden habe, sagen Sie: Bitte, liebe Auftraggeber oder lieber Bundestag, macht hierbei keine Abstriche. Das bedeutet für Fusionskraftwerke oder für die Fusionsforschung nach meiner Interpretation, wenn ich Sie richtig verstanden habe, umgekehrt zu denken: Wo sind eigentlich die realen Einsatzgebiete? Man müsste gemeinsam mit den Akteuren Konzepte ausrichten, um nicht in der Breite Milliarden auszuschütten, sondern konzentriert die Einsatzszenarios für diese Kraftwerke mit den Anwendern zu schaffen. Könnten Sie uns



prononciert erklären, ob das so von mir richtig verstanden worden ist?

Sv Prof. Dr. Mario Ragwitz (Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG): Vielen Dank für die Frage. Es ist tatsächlich so, wie ich es gesagt habe und worüber Konsens in der Runde herrscht, dass wir die Transformation des Energiesystems basierend auf erneuerbaren Energien mit Volldampf voranbringen müssen. Zu den Fragen der Sektorenkopplung gibt es ein umfassendes Forschungsprogramm der Bundesregierung. Wir sind in der Phase der Energiewende, in der die massive Ausweitung der Sektorenkopplung das zentrale Paradigma ist. Es ist einerseits beispielsweise die Elektromobilität, andererseits die Wasserstoffwirtschaft und die Sektorenkopplung im Wärmesektor. Hierfür sind umfassende Forschungsaufwendungen nötig. Des Weiteren haben wir die unterschiedlichen Zeitskalen zu beachten und die Tatsache, dass wir auf der längeren Zeitskala eine neue und spannende Technologie hinzubekommen können. Diese könnte grundlastfähige Stromerzeugung für weitere Prozesse wie die Elektrolyse, langkettige Kohlenwasserstoffe, die Meerwasserentsalzung und die CO₂-Abscheidung verfügbar machen. Hier teile ich die Meinung der Kolleginnen und Kollegen, dass diese Grundlagentechnologien, die dafür erforderlich sind, angefangen von der Laser- und Materialforschung, auch viele Co-Benefits liefern, die nicht zwangsläufig im Bereich der Fusionskraftwerke liegen, sondern Spillover-Effekte in andere Bereiche der Technologieentwicklung bringen können. Deshalb ist es sinnvoll in diesen Grundlagenforschungsprogrammen ein hinreichendes Budget vorzusehen, um die Technologien weiterzuentwickeln, weil sie eine Basis für eine Vielzahl technologischer Anwendungen liefern können. Wenn die positiven Entwicklungen, die wir hier besprochen haben, tatsächlich eintreten, dann machen sie auch Fusionskraftwerke möglich. Ich möchte trotzdem betonen, dass noch Risiken bestehen und dass wir deshalb nicht alle Hoffnungen in Fusionsforschung legen dürfen. Es kann sein, dass das nicht funktioniert. Dann muss die Energiesystemtransformation, basierend auf den bereits heute bekannten Technologien trotzdem

erfolgreich sein, weil wir die Herausforderungen des Klimawandels bewältigen müssen.

Der Vorsitzende: Eine sehr kurze Nachfrage ist noch möglich.

Abg. Dr. Petra Sitte (DIE LINKE.): Würde das stärker für eine wettbewerbliche Aufstellung, die hier einige vertreten haben, oder stärker für das von Professor Roth angesprochene internationale kooperative Vorgehen sprechen?

Der Vorsitzende: Die Frage richtet sich auch an Herrn Ragwitz? Bitte schön.

Sv Prof. Dr. Mario Ragwitz (Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG): Ich glaube, die Technologie ist so groß, dass ein internationales Vorgehen auf jeden Fall geeignet ist. Wir sehen, dass die Zusammenarbeit innerhalb der Europäischen Union, aber auch mit den USA und mit asiatischen Ländern zentrale Bausteine liefern wird. Insofern „Ja“ zur internationalen Anbindung und „Ja“ zur Berücksichtigung der Innovationskette. Wir müssen jetzt zuerst die Grundlagenforschungsprobleme bewältigen und lösen. Dann geht es irgendwann in die industrielle Umsetzung. Wir dürfen nicht den zweiten Schritt vor dem ersten machen.

Der Vorsitzende: Danke schön. Dann kommen wir jetzt zur Nachfragerunde und es beginnt für die SPD-Fraktion Herr Kollege Holger Mann.

Abg. Holger Mann (SPD): Danke nochmals, Herr Vorsitzender, meine Frage schließt sich dort an, wo die Kollegin gerade geendet hat. Wir haben festgestellt, wir benötigen einen langen Atem, um ein FKW ans Netz zu bringen. Wir brauchen zunächst eine Gesamtenergiebilanz mit Nettogewinn. Wir müssen die Prozesse optimieren, um den Brennstoff zu erschwinglichen Kosten zu erzeugen. Im Anschluss, wenn das ausgerollt werden soll, habe ich von weltweit bis zu 5.000 FKWs gehört. Ich glaube im Moment sind 40 AKWs im Bau. Das sind Dimensionen, bei welchen wir alle ein Gefühl dafür bekommen, was das für lange Linien sind. Es ist von den Sachverständigen Unterschiedliches gesagt worden: Entweder intelligente Spezialisierung, wie tech-smart, oder ein Gang in die Breite. Wir haben in Deutschland 20 Jahre nicht unerfolgreich in Stellaratoren oder



Magnetfusion investiert. Jetzt gibt es die zweite Technik, entwickelt in Amerika. Deswegen würde mich interessieren, was Herr Laguna und die Sachverständigen, insbesondere Herr Roth, Herr Schmidt oder Herr Klinger, dazu sagen: Was wären Ansätze, um diese Kooperation voranzutreiben, damit wir keine Doppelstrukturen haben und nicht doppelt investieren?

Sv Rafael Laguna de la Vera (Bundesagentur für Sprunginnovation SPRIND): Wir erleben es schon: Die Marvel Fusion mit ihrem exotischen Laser und Verfahren ist an die University of Colorado gegangen, die den Raum zur Verfügung stellt und insgesamt 130 Millionen investiert. Gleichermaßen beobachten wir in der Chipfertigung. Das ist eine gute Parallele, weil die Technologien nicht sehr anders sind. Die Firma ASML in Holland arbeitet mit Lasern von Trumpf und Spiegeln von Zeiss. Sie ist führend in der Produktion von fünf Nanometer großen Chips. So eine ähnliche Strategie können wir auch hier verfolgen. Wenn wir es dennoch schaffen, die Ersten am Markt mit einem Kraftwerk zu sein, ist das wunderbar. Es ist aber nicht zwingend notwendig. Am Ende ist es wichtig, dass die Kraftwerke überhaupt entstehen, besonders wenn wir Komponenten liefern, die uns an den Verhandlungstisch auf Augenhöhe bringen. Das hat bei der Verhandlung zum Chips Act sehr geholfen.

Sv Prof. Dr. Dipl. Ing. Tobias Schmidt (ETH Zürich): Ich kann das nur unterstützen. Allerdings bin ich nicht so optimistisch, dass wir die ganze Welt im Friedlichen um die Fusionsforschung zusammenbringen. Ich glaube, dass sich die Welt leider in mindestens zwei Bereiche teilt. Aber ich glaube, sobald wir in den freien Demokratien zusammenarbeiten, integriert man die Fertigungsketten. Die Amerikaner verstehen sehr viel besser, dass man Friendshoring - also nicht mehr Offshoring oder Nearshoring, sondern eine Zusammenarbeit mit befreundeten Nationen - betreibt. Man will diese an der Lieferkette teilhaben lassen, was auch den Amerikanern selbst nutzt. Ich glaube diese Position kann die EU auch einnehmen. Wir müssen aber beachten, dass wir unsere Verhandlungspositionen nicht verschlechtern. Wenn wir nichts mehr liefern können, dann sind wir unattraktiv.

Sv Prof. Dr. Markus Roth (Technische Universität Darmstadt und Focuses Energy GmbH): Ich

möchte es kurz an einem Beispiel verdeutlichen. Wir sind ein amerikanisch-deutsches Unternehmen mit einem Sitz in Austin und einem Sitz in Darmstadt. Innerhalb Europas sind wir sehr eng vernetzt mit unseren französischen, spanischen und italienischen Kollegen. Wir haben ein sehr klares Konzept über die Anlagen und die Technologien, die wir in den USA und die, die wir in Europa entwickeln wollen. Dieses richtet sich nach den spezifischen Stärken der Partner. Während sich in den USA über die Jahrzehnte der Förderung eine große Expertise im Bereich der Laserfusion entwickelt hat, haben wir in Deutschland die Hochtechnologie im Bereich der Optik und der Target-Technologie. Mit anderen Worten, die Laser- und Target-Technologie wollen wir in Europa entwickeln, aber Anlagen und Experimente werden von uns zurzeit aufgrund der dortigen Expertise hauptsächlich in den USA durchgeführt. Das ist ein Beispiel, wie eine Zusammenarbeit funktionieren kann.

Der **Vorsitzende**. Okay, vielen Dank. Für die CDU/CSU-Fraktion spricht Kollege Stephan Albani.

Abg. Stephan Albani (CDU/CSU): Herzlichen Dank. Ich wollte noch einmal betonen, dass unser Antrag klare Sprache spricht. Es geht nicht um die Frage nach „Regenerativ oder Fusion“, sondern es geht um ein „sowohl als auch“. Das eine weiterentwickeln und das andere nicht vernachlässigen. Ich stelle mir zwei Fragen. Die erste geht an Herrn Roth und Herrn Sciortino. Gehen wir davon aus, dass Regulation in einer geeigneten Art und Weise geschaffen wäre. Inwieweit glauben Sie, dass ausreichend Industriemittel in adäquater Form zu akquirieren sind. Die zweite Frage richtet sich an Herrn Laguna de la Vera: Sie haben gesagt, dass Sie auf den Wettbewerb setzen. Was können wir denn tun, um diesen zu beschleunigen? Mehr Geld ist nicht immer die Lösung.

Sv Prof. Dr. Markus Roth (Technische Universität Darmstadt und Focuses Energy GmbH): Ich glaube, es ist für Investoren besonders wichtig, in einem Bereich zu investieren, in dem sie eine Chance haben, ihre Investitionen real umzusetzen. Insofern sind diese regulatorischen Maßnahmen überragend wichtig. Zum anderen haben wir in vielen Bereichen gesehen, wie man durch geschickte und zielgerichtete öffentliche



Investitionen, Privatinvestitionen und Investitionen aus der Industrie deutlich lenken kann. Wir sehen das aktuell, Herr Laguna de la Vera hat es bereits angesprochen, bei der Initiativförderung durch die SPRIND, welche dazu führt, dass die deutschen und auch die französischen Laserunternehmen darüber nachdenken, ihre eigenen Produktionskapazitäten und ihre Entwicklung mit Eigenmitteln auszubauen. Ich glaube das ist ein guter Weg öffentliche Gelder zu steuern.

Sv Dr. Francesco Sciortino (Proxima Fusion GmbH): Ich behaupte, dass das Geld aus der Privatwirtschaft vorhanden ist. Wenn die Regulierungslandschaft funktioniert, dann wird das Wagniskapital folgen. Die Frage der Wagniskapitalgeber lautet jedoch immer, ob aus dem öffentlichen Sektor eine entsprechende finanzielle Unterstützung kommt. Denn die technologische Entwicklung, von der hier die Rede ist, hat noch nicht das Niveau der Marktreife erreicht. Wir befinden uns eindeutig in einer Umbruchphase, in der es mutige Wagniskapitalgeber braucht und wir sind auf die zusätzliche Unterstützung aus dem öffentlichen Sektor angewiesen. Wir würden aber nicht hierüber sprechen, wenn nicht schon private Unternehmen akquiriert werden würden. Es gibt einige in den USA, die schon Milliarden Dollar eingebracht haben. In den USA sind diese Gelder also vorhanden. Unsere Mission ist es, die Gelder zum Teil auch nach Deutschland zu bringen. Die Familienunternehmen in Europa investieren bekanntlich nicht so stark in neue Technologien und Innovationen, wie wir es gern sehen würden. Insofern wünschen wir uns die Rechtssicherheit in Bezug auf die Regulierung und die Unterstützung, die es uns erlaubt, das Interesse, das offensichtlich vorhanden ist, in Investitionen in Deutschland umzuwandeln.

Der Vorsitzende: Für Bündnis 90/Die Grünen hat das Wort Anna Christmann.

Abg. Dr. Anna Christmann (BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN): Vielen Dank. Ich würde noch eine Frage stellen und weiß nicht, wer sie am besten beantworten kann: Über welche Preise reden wir eigentlich, wenn diese Energie kommt? Wir hoffen alle, dass die erneuerbaren Energien bis dahin stärker verbreitet sind. Was ist die These, wie schnell Fusionskraft bezüglich des Preises

konkurrenzfähig wäre? Ich weiß nicht genau, wer es am besten beantworten könnte.

Der Vorsitzende: Herr Schmidt hat sich spontan gemeldet.

Sv Prof. Dr. Dipl. Ing. Tobias Schmidt (ETH Zürich): Ich bin technologienutral. Ich weiß, das ist in Deutschland neben Technologieoffenheit eine heiß debattierte Thematik. Aber ich bin technologienutral, da ich keine Interessen an Fusionsenergie privater oder wissenschaftlicher Natur hege. Wie bereits gesagt, wissen wir in der Innovationsforschung, je komplexer eine Anlage ist, desto größer sind die Kosten und desto geringer die Lernraten. Komplexität bedeutet viele interagierende Komponenten und Subsysteme, die eng verzahnt sind. Wenn ich eine anpasse, muss ich eine andere ebenso anpassen. Ich bin skeptisch, dass die Fusionstechnologie irgendwann die Photovoltaik kostentechnisch unterminieren würde. Photovoltaik ist genau das Gegenteil. Die gesamte Komplexität liegt in den Anlagen der Herstellung, nicht in der Photovoltaikzelle. Ich glaube der Vorteil liegt vor allem in der Anwendung. Dennoch bin ich auch skeptisch, was die 5.000 Reaktoren angeht. Strom ist nicht gleich Strom. Strom, den ich nur tagsüber zur Verfügung stellen kann und der im Winter nicht leicht erzeugbar ist, hat einen anderen Wert als solcher, den ich kontrollieren kann. Meine Einschätzung ist, dass sich die Fusion stark darauf beschränken wird. Ich möchte noch einen Satz ergänzen: Fusionsreaktoren sind keine Software. AI geht schnell, Software jedoch ist eine andere Art von Technologie. Es ist das Modularste, was es auf der Welt gibt. Deswegen ist Software komplett anders.

Der Vorsitzende: Frau Christmann, möchten Sie eine weitere Antwort oder eine weitere Frage stellen?

Sv Prof. Dr. Rüdiger Quay (Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF): Die Frage ist heute nicht zu beantworten, weil die Randbedingungen dafür technologisch nicht klar sind. Das heißt, man muss die technologischen Voraussetzungen zur Beantwortung dieser Frage schaffen. Es gibt aber Szenarien, wo Sie in den Bereich dieser genannten Kostenrahmen kommen können. Das ist das Seriöseste, was man heute in dieser Runde sagen kann.



Sv Prof. Dr. Thomas Klinger (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik): Man muss das systemisch betrachten. Am Ende wird, wie das in ein gesamtes Energiegefüge reinpasst den Preis festlegen. Entscheidend ist, was man für diese Art von Energie bereit sein wird zu bezahlen. Die hohe Verfügbarkeit, sowie die hohe Energiedichte, wie sie für große industrielle Sektoren oder Megastädte erforderlich ist, generiert einen anderen Preis als die verteilte Energie auf dem Land.

Der Vorsitzende: Danke. Für die FDP-Fraktion spricht Stephan Seiter.

Abg. Prof. Dr. Stephan Seiter (FDP): Vielen Dank. Es wird nicht verwundern, dass mich die Frage nach dem privaten Kapital stark umtreibt. Deswegen richte ich meine Frage einerseits an Herrn Laguna: Welche Bedingungen sind notwendig, um die SPRIND in diesem Bereich erfolgreich zu führen und privates Kapital zu generieren? Sie haben im Vergleich zu den USA den Faktor 100 erwähnt und man kann in Grafiken erkennen, dass die Balken weit voneinander entfernt liegen. Man muss teilweise den Maßstab drehen, dass man das deutsche Kapital tatsächlich sieht. Die Frage würde ich andererseits auch gerne von Herrn Quay aus Sicht der Forschung beantwortet haben. Welche Bedingungen benötigen wir, um privates Kapital zu beschaffen? Gibt es nicht schon teilweise Signale? Ich weiß, dass die Family Offices immer etwas vorsichtig sind, aber nichtsdestotrotz waren diese in der Vergangenheit erfolgreich, weil sie Risiken eingegangen sind. Danke.

Sv Rafael Laguna de la Vera (Bundesagentur für Sprunginnovation SPRIND): Vielen Dank. Wir haben bereits ein paar Beispiele, auch von Markus Roth gehört, wie SPRIND-Geld privatwirtschaftliches Kapital aktiviert. Das funktioniert sehr gut in allen Bereichen. Der Grund für das SPRIND-Freiheitsgesetz, welches Sie jetzt alle diskutieren und hoffentlich bald beschließen, ist, dass wir besser öffentliche und private Gelder als Vehikel in den Phasen der Entwicklung der Firmen zusammenbringen. Dafür brauchen wir das Gesetz, denn sonst können wir das nicht realisieren. Der Anspruch muss sein, dass wir unser Geld am Ende mit einem Faktor 20 vermehren und nicht mit einem Faktor zwei, weil wir nur so solche Probleme lösen können. Die

Zahl habe ich mir nicht ausgedacht. Es gibt einen staatlichen Fonds in den USA, vom CIA finanziert, der das 22-fache über 20 Jahre generiert hat. Diesen Anspruch müssen wir haben. Wir geben das Steuergeld nur einmal aus und haben das 22-fache in die Firmen integriert. An diesem Punkt sind wir noch lange nicht. Aber dafür gibt es das SPRIND-Freiheitsgesetz, welches helfen würde.

Sv Prof. Dr. Rüdiger Quay (Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF): Zunächst die zweite Frage zu der Bereitschaft. Ich denke, die Bereitschaft in die klassischeren Industrien zu investieren, ist sehr hoch. Matching ist dabei ein Thema, aber wichtiger ist noch die Bereitwilligkeit, sich längerfristig mit der Technologie zu befassen. Das ist gerade für mittelständische Unternehmen sehr wichtig. Dort sehen wir klare Signale in verschiedenen Bereichen. Der zweite Punkt ist etwas schwieriger. Ich denke, entscheidend ist der Aufbau von notwendigen Grundlagen und Regulatorik, was Rahmenbedingungen schafft, damit eine dauerhafte Technologie in Deutschland entsteht. Das ist der wichtigste Punkt, der auch das Ansehen von Venture Capital in anderen Formen ermöglicht. Wir brauchen den Rahmen und vor allem, wie schon mehrfach gesagt, die Trennung von der Kernkraft in den Köpfen der Bevölkerung. Das ist ebenso ein sehr wichtiger Punkt, den wir in der Sprachregelung einhalten müssen.

Der Vorsitzende: Michael Kaufmann für die AfD-Fraktion

Abg. Prof. Dr.-Ing. habil Michael Kaufmann (AfD): Vielen Dank, Herr Professor Klinger. Aus Ihrem Beitrag hat man ein Plädoyer für einen Nachfolger des Wendelstein-Reaktors herausgehört. Können Sie uns das genauer ausführen? Wenn Sie sich von der Politik etwas wünschen können, was bekommt man dann für wieviel Geld in welchem Zeitraum?

Sv Prof. Dr. Thomas Klinger (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik): Es wäre logisch, jetzt in den nächsten Schritt überzugehen, da wir nun die Expertise und insbesondere auch das Fachpersonal haben. Gleichzeitig müssen wir an der Anlage, die gerade ihre ersten Schritte macht, noch ein wenig arbeiten. Man kann sie nicht einschalten und sagen: Okay, jetzt geht's, jetzt



folgt der nächste Sprung. Dennoch halte ich es für besonders wichtig, dass man jetzt bereits ein Konzept auf die Beine stellt. Das ist etwas, was wir dem BMBF als einen wichtigen Aspekt für die zusätzlichen Fördermittel, die vom BMBF versprochen wurden, vorschlagen werden, um ein tragfähiges technologisches Entwicklungskonzept zu kreieren. Dieses Konzept hat den nächsten Schritt einer Maschine im Auge, die nahe am Kraftwerk ist oder sich in dem Raum eines Prototypen-Kraftwerks befindet. Ich hatte bereits angesprochen, worauf das hinausläuft, auf eine 20-20-Kombination. Das heißt, unter 20 Milliarden wird man eine solche erste Realisierung nicht umsetzen können und erst danach, wenn es weiterläuft, wird es billiger. Zunächst muss man sich mit der Größe und der Komplexität dieser Anlage beschäftigen und dann kann man es einfacher gestalten. An dieser Stelle werden technologische Entwicklungen wie zum Beispiel der Hochtemperatursupraleiter gewiss weiterhelfen. Dieser vereinfacht den Prozess, weil man das Helium loswird. Auch das 3D-Drucken, besonders Additive Manufacturing wird den Prozess einfacher gestalten. Die Liste an Technologien ist lang und Proxima Fusion engagiert sich stark in diesem Bereich. Wir glauben, wir müssen jetzt vorangehen.

Abg. Prof. Dr.-Ing. habil Michael Kaufmann (AfD): Wenn ich noch eine kurze Frage an Professor Schmidt stellen kann: Was muss Deutschland am dringendsten tun, um den Weg für die Kernfusion besser voranzubringen?

Sv Prof. Dr. Dipl. Ing. Tobias Schmidt (ETH Zürich): Ein wichtiger Punkt, der bereits angesprochen wurde, ist, dass man sich nicht nur auf die Physik fokussiert, sondern auch den Schritt zu den Ingenieurwissenschaften geht. Es gibt energiewissenschaftliche Studiengänge, aber es gibt keinen Studiengang der Fusion spezifisch enthält. Ich kenne keine einzige Vorlesung innerhalb eines Ingenieurstudiengangs dazu. Ohne diesen wichtigen Schritt, haben wir sicher das Talent nicht.

Der Vorsitzende: Und für die Fraktion Die Linke spricht Kollegin Dr. Petra Sitte.

Abg. Dr. Petra Sitte (DIE LINKE.): Der Vergleich von AI mit Fusionsforschung, Herr Laguna de la Vera, den halte ich für problematisch, weil wir

grundsätzlich keine Fusionsforschungsgegner sind, aber uns auch nicht in eine Euphorie hineinschwatzen lassen. Dafür geht es um zu viel und um zu viel Geld. Deshalb würde ich meine Frage an Professor Klinger richten. Sie haben unter anderem in Ihrer Stellungnahme enthalten, dass Sie Technologieentwicklung auf eine kommerzielle Anwendung ausrichten möchten. Da geht es um die Gemeinschaft von Entwicklern, Erzeugern und Anwendern. Es wurde hier viel von Start-ups geredet. Ich glaube auch, dass da viel Kapital mit Anlageerwartungen und Renditen spekulativ unterwegs ist. Auf die Familienunternehmen in Deutschland bin ich allerdings gespannt. Meine Stadtwerke in Halle werden es vermutlich nicht sein und Energiegenossenschaften auch nicht. Deshalb interessiert mich nochmal diese Einbettung: Wie kommen wir zu dem Ziel bezahlbarer Energie für Verbraucher, Großverbraucher und Ottonormalverbraucher?

Sv Prof. Dr. Thomas Klinger (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik): Fusionsanlagen werden erst mal Großkraftwerke sein. Das ist technologisch und tief in der Basis drin. Ob man sich ein solches Großkraftwerk als Stadtwerke leisten würde, hängt von der Stadt ab und wie diese strukturiert ist. Da sprechen wir von großen Städten, von Megastädten, von großen industriellen Komplexen, bei welchen das sinnvoll wäre. Für die Errichtung einer solchen Anlage, braucht man einen leistungsfähigen Anlagenbauer. In Frage kommen Bilfinger und Berger, MAN und Siemens. Das sind die großen Unternehmen, die so etwas auf die Beine stellen können. Man darf die Start-ups nicht überlasten. Ich glaube, Herr Sciortino wird den Anspruch nicht haben, dass er ein 10-Milliarden-Projekt stemmen möchte. Da braucht man tatsächlich Profis, die solche Anlagen bauen können. Am Ende wird also die Forschung mit dem Fusions-Start-up-Sektor und der Großindustrie eine Allianz bilden müssen und wir müssen, dafür die Basis herstellen. Die Kompetenz ist vorhanden und wir haben auch unsere Erfahrungen, etwa bei Wendelstein, mit großen, mit mittelständischen, mit kleinen Unternehmen gesammelt. Wir haben sowohl hervorragende Unternehmen wie auch furchtbare Unternehmen erlebt. Viele Unternehmen haben dabei sehr viel gelernt. Die europäische und



deutsche Industrie wäre im Grunde bereit, das zu stemmen.

Der Vorsitzende: Es folgt Herr Kollege Becker für die SPD-Fraktion.

Abg. Dr. Holger Becker (SPD): Vielen Dank. Eine Frage an Herrn Klinger, Herrn Roth und Herrn Laguna. Wenn man nun 20 Jahre plus/minus 5 Jahre veranschlagt, ist das ein langer Weg, sowohl für die öffentliche Hand als auch für private Finanzierung. Es wurde schon mehrfach das Wort Spillover-Effekte genannt. Was gäbe es noch an möglichen – wir haben die Laser genannt, die lassen wir außen vor – Spillover-Effekten, die man zum jetzigen Zeitpunkt abschätzen könnte? Diese würden es sowohl politisch als auch in der Öffentlichkeit vielleicht erleichtern, entsprechende Gelder zu akquirieren und Unterstützung zu sammeln?

Sv Prof. Dr. Thomas Klinger (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik): Ich fange mit den Spillover-Effekten an. Es gibt da viele Segmente. Einerseits ist der High-Tech-Trainingseffekt zu nennen. Dadurch, dass man komplexe Anlagen baut, fallen viele kleine Lösungen links und rechts dabei ab. Bei Wendelstein 7X waren es Schrauben, High-Tech-Schrauben, die dafür entwickelt wurden und jetzt ein Riesengeschäft geworden sind. Das ist das eine, die breite Ebene. In der Tiefenebene könnte man als Stichwort die schon viel genannte Hochtemperatursupraleitung aufführen. Es handelt sich um eine aufregende Entwicklung mit einem breiten Anwendungsfeld. Herr Laguna hat das bereits genannt. Nicht zu unterschätzen ist auch das Additive Manufacturing, vulgo 3D-Drucken von Metallen. Das wird die Welt verändern, das ist transformativ und das ist für den Bau einer Fusionsanlage von entscheidender Bedeutung. Da können die Fusionsanlagen ein treibender Faktor sein.

Der Vorsitzende: Wir switchen um in die andere Zeitzone zu Herrn Professor Roth.

Sv Prof. Dr. Markus Roth (Technische Universität Darmstadt und Focuses Energy GmbH): Schönen Dank. Ich möchte das an dieser Stelle kurz aufgreifen. Für Additive Manufacturing, gerade auch für das Metall-3D-Drucken, braucht man Hochleistungslaser. Die Laseranlagen, die wir zurzeit haben und die wir zusammen mit der Industrie entwickeln, stellen einen gewaltigen

Fortschritt und einen gewaltigen Vorteil für die deutsche Wirtschaft dar. Ich möchte auf einen weiteren Bereich eingehen. Mit diesen Lasern und der Target-Technologie sind wir in der Lage, sogenannte Sekundärstrahlungsquellen zu entwickeln, die mit Elektronen-, Röntgen- und Neutronenstrahlung zerstörungsfrei Prüfverfahren aufweisen, die wir heute noch nicht haben. Man könnte beispielsweise einen Meter Brückenpfeiler mit hoher Auflösung röntgen, um zu sehen, ob die Stahlarmierung noch intakt ist. Es gibt keine Technologie, die das heute vor Ort leisten kann. Wir verfolgen einen Technologieansatz, basierend auf der Fusionstechnologie, um den Einsatz solcher Sekundärstrahlungsquellen früh zu kommerzialisieren und wir haben bereits erste Kunden überzeugt. Noch ein Punkt sei erwähnt: Wenn wir darüber nachdenken, wie wir öffentliches Geld steuern können, können wir uns ein Beispiel an dem amerikanischen Public Private Partnership-Verfahren nehmen, das nach einem strengen wissenschaftlichen meilensteinbasierten Verfahren private Investitionen mit staatlichen Investitionen verknüpft. Wenn das verbunden ist mit einem soliden wissenschaftlichen Peer Review Verfahren, dann ist das für Investoren sehr attraktiv.

Sv Rafael Laguna de la Vera (Bundesagentur für Sprunginnovation SPRIND): Ich möchte nochmal auf die Sekundärstrahlung eingehen. Was wir gerade von den Chips gehört haben, ist genau so etwas. Dort wird auf Zinntröpfchen 50.000-mal die Sekunde geschossen, um UV-Licht zu erzeugen. Das ist bereits industriell im Einsatz. Ähnliches müssen wir hier in den Trägheitsfusionskraftwerken bauen. Es entsteht rundherum ein unglaubliches Ökosystem von spannenden Dingen.

Der Vorsitzende: Der letzte Nachfragende für diese Anhörung ist Thomas Jarzombek für die CDU/CSU-Fraktion.

Abg. Thomas Jarzombek (CDU/CSU): Vielen Dank. Für die letzte Frage sammle ich, was unbeantwortet geblieben ist. Ich glaube, die Frage an Rafael Laguna, wie man das Rennen beschleunigen kann, war noch offen. Dr. Sciortino wollte nochmal etwas zum Thema Preis sagen, falls man das überhaupt richtig beantworten kann.



Ich würde auch Herrn Professor Schmidt nach den Preisen für alternative Kraftwerke, außerhalb der erneuerbaren Energien fragen. Was kosten heute Gaskraftwerke und insbesondere Atomkraftwerke, damit man ein Gefühl für die Kostensituation bekommt? Zum Schluss noch eine Anmerkung zu dem, was von der Linken kam: Hierbei handelt es sich um viel privates Geld, was den Steuerzahler entlastet.

Sv Rafael Laguna de la Vera (Bundesagentur für Sprunginnovation SPRIND): Ich glaube, es steht auch im Antrag ein Wettbewerbsverfahren durchzuführen und das Pre-Commercial-Procurement einzusetzen. Dabei handelt es sich um ein EU-Verfahren, welches seit 2008 existiert und was die SPRIND bei den Challenges einsetzt. Das ist ein außerordentlich beschleunigender Faktor, weil Menschen in einen Wettbewerb zueinanderstehen, man die Ergebnisse ständig misst und ihnen nur weiteres Geld gibt, wenn auch etwas geliefert wird. 20 Milliarden Euro auf den Tisch zu legen, macht nicht immer alles richtig und gut. Der andere Punkt ist, privates Geld zu aktivieren. Dafür müssen wir Instrumente schaffen. Deswegen brauchen wir das SPRIND-Freiheitsgesetz, damit wir genau diese PPPs überhaupt sinnvoll bauen und betreiben können.

SV Dr. Francesco Sciortino (Proxima Fusion GmbH): Wenn ich es richtig verstanden habe, bitten Sie um eine Aussage zum Preis. Die Modelle befinden sich auf einer Systemebene, die uns zu der Annahme veranlasst, dass ein Stellarator-Kraftwerk attraktiv sein könnte, welches für 50 Euro pro Megawattstunde Strom erzeugt. Können wir das zu diesem Zeitpunkt mit Sicherheit sagen? Es gibt enorme Unwägbarkeiten, was deutlich betont werden muss. Das Interessante ist aber, dass es nicht unbedingt billige Energie sein muss. Die Grundlastmöglichkeit, welche Fusion bietet, bleibt trotzdem bestehen, auch wenn wir uns deutlich außerhalb dieser Schätzungen bewegen. Aus diesem Grund ist Fusion für Entsalzungsanlagen, für die Metallschmelze und für die chemische Industrie interessant. Diese Sektoren suchen nach derartigen Lösungen. Der Preis ist momentan also vollkommen ungewiss und nicht unbedingt das Wichtigste. Die Frage ist eher: Können wir es überhaupt umsetzen?

Der **Vorsitzende**: Bei den Sachverständigen hat Herr Professor Schmidt das letzte Wort.

Sv Prof. Dr. Dipl. Ing. Tobias Schmidt (ETH Zürich): Vielen Dank. Ich kann mich dem direkt anschließen. Ich glaube, dass man zu den erneuerbaren Energien nicht in Konkurrenz stehen wird, da sie fluktuieren. Man wird es nicht schaffen, weil auch dort noch massive Kostenreduktionen zu erwarten sind. Deswegen ist die interessante Frage: Wie stehen sie in Konkurrenz zu anderen grundlastfähigen Technologien? Dort hat man nicht sehr viele auf dem Tisch. Man könnte fossile Energien mit CCS weiternutzen. Auch bei CCS, was komplex ist, erwarte ich auf Grund von Daten in der Vergangenheit, nicht die wahnsinnig große Lernkurve. Meiner Meinung nach sehr spannend ist, eine neue Art der Geothermie. Wir gehen von der konventionellen Geothermie weg, zu - wie ich es nenne, Advanced Geothermal - wo man geschlossene Kreisläufe hat. Auch dort sind die Unsicherheiten noch sehr groß. Ich glaube aber, dass Deutschland gut daran täte, diese Technologien als Teil eines Portfolios zu belassen. AKWs werden immer teurer, was zwei Gründe hat. Zum einen die höheren Sicherheitsanforderungen und zum anderen bauen wir sie so selten, dass das Lernen, aus einer Anlage, nicht in die nächste Anlage fließt, weil die Leute schon verrentet sind.

Der **Vorsitzende**: Okay, dann nehmen wir das jetzt als Schlusswort und ich bedanke mich im Namen des gesamten Ausschusses bei allen hier anwesenden und zugeschalteten Sachverständigen. Ganz herzlichen Dank für Ihre Antworten. Danke an uns alle oder Glückwunsch, dass wir wie geplant um 11:20 Uhr abschließen können. Ich beende jetzt diese Anhörung und damit die 53. Ausschusssitzung. Die nächste Ausschusssitzung beginnt um 11:30 Uhr und behandelt unter anderem das Thema Haushalt. Ganz herzlichen Dank und kurze Pause an alle Kolleginnen und Kollegen. An Herrn Roth: Gute Nacht und uns allen wünsche ich einen weiteren guten Sitzungstag. Danke schön.



Schluss der Sitzung: 11:20 Uhr

Kai Gehring, MdB
Vorsitzender

Verweis auf das Anlagenkonvolut