

With Novel Nuclear Technologies Towards a Greenhouse Gas-Free Basic Energy Supply

Handlungsempfehlungen für die Politik: Vorabauszug aus dem Weißbuch

Experten-Symposium

TUM Akademiezentrum Raitenhaslach
13.-15. Juni 2024

TUM Senior Excellence Faculty

Schirmherrschaft Staatsminister Dr. Florian Herrmann

Technische Universität München

TUM Senior Excellence Faculty
Dr. Birgit Herbst-Gaebel
Arcisstr. 21
80333 München

+49 89 289 22092
herbst-gaebel@tum.de
www.emeriti-of-excellence.tum.de

Gestaltung

Steven Stannard
stannard.co

Zehn Handlungsempfehlungen für eine treibhausgasfreie Grundlastversorgung durch neuartige Kerntechnologien

With Novel Nuclear Technologies
Towards a Greenhouse Gas-free
Basic Energy Supply

Einleitung

Die Sicherstellung einer treibhausgasfreien Energieversorgung stellt Deutschland und die Welt vor erhebliche Herausforderungen. Vor diesem Hintergrund veranstaltete die TUM Senior Excellence Faculty vom **13. bis 15. Juni 2024 unter der Schirmherrschaft von Staatsminister Dr. Florian Herrmann** ein dreitägiges Expertensymposium im TUM Akademiezentrum Raitenhaslach. Im Mittelpunkt des Symposiums stand die Frage, wie **innovative neuartige Kerntechnologien** zur Sicherung einer nachhaltigen und stabilen Grundlastversorgung beitragen können, **komplementär unterstützend und nicht als Ersatz für regenerative Energieerzeugung**.

Globale Trends und der deutsche Weg

Die **Kernenergie** erlebt weltweit eine Renaissance als wichtiger Baustein in den Strategien zur Erreichung der **Klimaziele bis 2045**. Während viele Länder auf **neue Kernkraftwerke** setzen, um eine sichere und treibhausgasarme Energieversorgung zu gewährleisten, hat Deutschland mit dem beschleunigten **Atomausstieg** einen anderen Weg eingeschlagen und setzt vor allem auf **erneuerbare Energien**. Diese divergierenden Strategien bringen wichtige Fragen hinsichtlich der Versorgungssicherheit und der langfristigen Erreichung der **Klimaschutzziele** mit sich.

Ziele des Symposiums

Das englischsprachige Symposium bot eine Plattform für den internationalen und interdisziplinären Austausch zwischen führenden Expertinnen und Experten aus **Wissenschaft und Wirtschaft**. Ziel war es, die **Potenziale und Herausforderungen neuartiger Kernenergietechnologien**, einschließlich neuer Ansätze zur **Kernspaltung, Transmutation und Kernfusion**, sowie deren mögliche Rolle bei der **Wärmebereitstellung und Wasserstoffherzeugung** zu diskutieren.

Die Diskussionen fanden in **vier thematischen Arbeitsgruppen** statt, die das Thema aus unterschiedlichen Perspektiven angingen:

- **Nuclear Fission and Transmutation**
- **Nuclear Fusion**
- **New Nuclear for Electricity, Hydrogen and Heat Generation in the Future Energy System**
- **Energy Economics and Society**

Ergebnisse und Handlungsempfehlungen

Aus den intensiven Diskussionen und dem fachlichen Austausch wurden **zehn Handlungsempfehlungen** abgeleitet. Diese Empfehlungen sollen eine fundierte und evidenzbasierte Grundlage für energiepolitische Entscheidungen bieten und die sachliche Diskussion über die zukünftige Rolle der Kernenergie in Deutschland fördern.

Wir stellen Ihnen diese Empfehlungen vorab zur Verfügung. Sie werden durch ausführliche Erläuterungen und wissenschaftliche Texte ergänzt und in einem **Weißbuch** veröffentlicht, das beim Verlag **TUM.University Press** erscheinen wird. Wir hoffen, dass diese Empfehlungen Teil der Überlegungen und Planungen zur zukünftigen **Energieversorgung** werden und einen wertvollen Beitrag zur Gestaltung einer nachhaltigen und sicheren **Energiezukunft** leisten können.

Preamble

A sustainable and secure energy supply is critical to the pursuit of the overarching goals of our society – social well-being, sustaining and promoting the economy, and maintaining a productive industrial capacity in Bavaria, Germany and Europe.

To ensure a prosperous future, the global energy infrastructure must meet four key objectives:

1. **Security of supply:** Reliable access to energy must be guaranteed to prevent disruptions that could affect economic and social stability.
2. **Sustainability:** Energy production must prioritize environmental and sustainable responsibility by minimizing greenhouse gas emissions, promoting long-term ecological balance and ensuring sustainable access to natural resources.
3. **Cost competitiveness:** Energy solutions must be economically viable to support growth and innovation without imposing excessive costs on society.
4. **Public acceptance:** Energy solutions must be socially acceptable, seeking widespread support through transparency, safety and demonstrable benefits.

Renewable energies and nuclear energy are complementary, and their combination is necessary for a financially viable, scalable and low greenhouse gas energy generation. A mix of these technologies is essential for a prosperous and sustainable future. Nuclear energy-based technologies provide a climate-friendly base load supply, which can contain the requirements of energy storage associated with renewables. They also facilitate the repowering of renewable systems for the combined generation of electricity, heat and synthetic fuels after 2045.

Präambel

Eine nachhaltige und sichere Energieversorgung ist von entscheidender Bedeutung, um die übergeordneten Ziele unserer Gesellschaft zu erreichen: sozialer Wohlstand, stabile Rahmenbedingungen für die Wirtschaft und der Erhalt einer leistungsfähigen Industrie – in Bayern, Deutschland und Europa.

Für die globale Energieinfrastruktur gibt es vier wesentliche Ziele, um Wohlstand und dynamische Entwicklung auch in Zukunft zu sichern:

1. **Versorgungssicherheit:** Ein zuverlässiger Zugang zu Energie muss gewährleistet sein, um Versorgungsunterbrechungen zu vermeiden; diese würden die wirtschaftliche und soziale Stabilität gefährden.
2. **Nachhaltigkeit:** Energieerzeuger und Verbraucher müssen ihre Verantwortung für Umwelt und Nachhaltigkeit ernst nehmen. Dazu gehört die treibhausgasarme und umweltschonende Nutzung natürlicher Ressourcen.
3. **Wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit:** Energielösungen müssen wirtschaftlich tragfähig sein, um Wachstum und Innovation zu fördern, ohne der Gesellschaft übermäßige Kosten aufzuerlegen.
4. **Öffentliche Akzeptanz:** Energielösungen müssen gesellschaftlich akzeptabel sein und durch Transparenz, Sicherheit und nachweisbare Vorteile breite Unterstützung finden.

Erneuerbare Energien und Kernenergie sind komplementär, und ihre Kombination ist notwendig für eine finanzierbare, skalierbare und treibhausgasarme Energieerzeugung. Ein Mix dieser Technologien ist daher für eine Zukunft, geprägt durch Nachhaltigkeit und Wohlstand, unerlässlich. NNT-basierte Technologien ermöglichen eine klimafreundliche, substanzielle Grundlastversorgung, wodurch auch die notwendige Energiespeicherung eingedämmt werden kann. Sie erleichtert das Repowering erneuerbarer Systeme zur gekoppelten Erzeugung von Strom, Wärme und synthetischen Kraftstoffen nach 2045.

Recommendations

1 Investing in Talent Development

The success of Novel Nuclear Technologies (NNT) depends on a well-educated workforce. We encourage the Bavarian government to establish academic chairs and teaching programs focused on NNT, and to expand academic programs in NNT, valuing existing assets.

2 Fostering Collaboration

To advance nuclear technology, it is essential that universities, research institutions, industry, investors and start-ups collaborate at a Bavarian, German and European level. This can be best achieved by establishing a Bavarian interdisciplinary ecosystem that combines materials development, engineering, science and supply chains in fusion, fission and transmutation.

3 Securing Diverse Funding Sources

Robust, long-term funding is needed for the successful deployment of NNT, and to meet the growing needs of research and industry. We advocate a mix of public funding, private investment and public-private partnerships.

Handlungsempfehlungen

1 In Talent-Entwicklung investieren

Der Erfolg neuartiger Kerntechnologien (NNT) hängt von gut ausgebildeten Fachkräften ab. Wir ermutigen die Bayerische Staatsregierung, Lehrstühle und Lehrprogramme mit Schwerpunkt auf NNT an Universitäten einzurichten und unter Nutzung bestehender akademischer Programme im Bereich NNT auszubauen.

2 Zusammenarbeit stärken

Um die Kerntechnik voranzubringen, müssen Universitäten, Forschungseinrichtungen, Industrie, Investoren und Start-ups auf bayerischer, deutscher und europäischer Ebene zusammenarbeiten. Dies kann durch den Aufbau eines interdisziplinären Ökosystems erleichtert werden, das Aspekte der Materialentwicklung, des Ingenieurwesens, der Wissenschaft und der Lieferketten in den Bereichen Fusion, Kernspaltung und Transmutation verbindet.

3 Diverse Finanzierungsquellen sicherstellen

Die erfolgreiche Einführung neuartiger Kerntechnologien erfordert eine solide und langfristige Finanzierung. Nur so kann der wachsende Bedarf in Forschung und Industrie gedeckt werden. Wir setzen uns für eine Kombination aus öffentlicher Finanzierung, privaten Investitionen und öffentlich-privaten Partnerschaften ein.

4

Creating an Enabling Regulatory Environment for Innovation

Regulatory frameworks have a significant impact on the cost and development of technological innovations such as NNT. We encourage policymakers to create an enabling regulatory environment at the state, federal and European levels. Streamlining the approval and licensing processes while maintaining stringent safety standards is essential to foster innovation and reduce costs.

5

Transparent and Consistent Communication

Targeted communication is crucial for public acceptance. We advocate that all stakeholders, including policy makers, pursue a transparent and consistent communication strategy that realistically presents both the benefits and the challenges of NNT. Light-house projects (see recommendations 8 to 10) facilitate the demonstration of the practical feasibility and benefits of these technologies and enable a broad identification with them.

6

Technological and Supply Chain Sovereignty

We encourage the Bavarian government, together with the federal government and European partners, to ensure reliable, resilient and sovereign supply chains for NNT, for example for tritium, lithium, high-assay low-enriched uranium (HALEU), mixed oxide fuel (MOX). In addition, the preservation and development of domestic expertise is critical to success.

4

Innovationsfreundliches Regulierungsumfeld schaffen

Regulatorische Rahmenbedingungen beeinflussen die Kosten und die Entwicklung von technischen Innovationen wie neuartiger Kerntechnologien erheblich. Wir ermutigen die politischen Entscheidungsträger, ein förderliches regulatorisches Umfeld auf Landes-, Bundes- und europäischer Ebene zu schaffen. Die Vereinfachung der Genehmigungs- und Lizenzierungsprozesse unter Beibehaltung hoher Sicherheitsstandards ist entscheidend, um Innovationen zu fördern und Kosten zu senken.

5

Transparente und konsistente Kommunikation

Eine Kommunikation, die ihre Zielgruppen erreicht, ist für die Akzeptanz in der Öffentlichkeit entscheidend. Wir plädieren dafür, dass alle Beteiligten, einschließlich der politischen Entscheidungsträger, eine transparente und konsistente Kommunikationsstrategie verfolgen, die sowohl die Vorteile als auch die Herausforderungen von NNT realistisch darstellt. Leuchtturmprojekte (siehe Empfehlungen 8 bis 10) erlauben die Demonstration der praktischen Machbarkeit und des Nutzens dieser Technologien und ermöglichen eine breite Identifizierung mit diesen.

6

Technologie- und Lieferkettensovereignität

Wir bitten die Bayerische Staatsregierung, gemeinsam mit der Bundesregierung und den europäischen Partnern verlässliche, sichere und belastbare Rohstoffversorgungsketten für NNT sicherzustellen, z.B. für Tritium, Lithium, high-assay low-enriched Uran und Mischoxid-Brennstoff. Darüber hinaus ist der Erhalt und Ausbau des nationalen Know-hows von entscheidender Bedeutung für eine erfolgreiche Umsetzung.

7

Reliability and Stability of the Energy System

To ensure a reliable, greenhouse-gas-free energy supply (Energiewende) and to address the intermittency of renewables, we advocate for a significant share of dispatchable technologies, including NNT. This will make the German power system more robust, stable, and cost-efficient.

8

Infrastructure Supporting Fusion Research, Development and Deployment

We recommend that the Bavarian State Government, together with the Federal Government and European partners, promote the infrastructure to support fusion research and development, including new test facilities for the various fusion technologies. Access to these facilities should be available to the entire ecosystem (see recommendation 2).

9

Advanced Modular Reactor (AMR) Demonstrator

We recommend that the Bavarian state government creates the framework for a technology development and training platform in the form of a demonstrator for an Advanced Modular Reactor (AMR) as a Bavarian lighthouse project.

7

Zuverlässige und stabile Energieversorgung

Um eine zuverlässige, treibhausgasarme Energieversorgung zu erreichen (Energiewende) und die Volatilität der erneuerbaren Energien auszugleichen, empfehlen wir den Einsatz signifikanter Anteile regelbarer Technologien wie NNT, um das deutsche Stromsystem robuster, stabiler und kosteneffizienter zu machen.

8

Infrastruktur für Fusionsforschung, -Entwicklung und Markteinführung

Wir empfehlen, dass die Bayerische Staatsregierung gemeinsam mit der Bundesregierung und den europäischen Partnern Maßnahmen ergreift, um die Infrastruktur zur Unterstützung der Fusionsforschung und -entwicklung, einschließlich neuer Testanlagen für die verschiedenen Fusionstechnologien, zu fördern. Der Zugang zu diesen Einrichtungen sollte für das gesamte Ökosystem möglich sein (siehe Empfehlung 2).

9

Advanced Modular Reactor (AMR) Demonstrator

Wir empfehlen der Bayerischen Staatsregierung, den Rahmen für eine Technologieentwicklungs- und Ausbildungsplattform in Form eines Demonstrators für einen Advanced Modular Reactor (AMR) als bayerisches Leuchtturmprojekt zu schaffen.

10

Acknowledge Spent Nuclear Fuel as a Valuable Resource

Spent nuclear fuel is a valuable resource. We encourage providing access, enabling research and setting up boundary conditions to exploit the full potential of this resource, for example in medical applications. This should be achieved by enabling industry to build, for example, a transmutation facility. Mining and minimization of waste will have a significant impact on repository requirements.

Conclusion

The development of Novel Nuclear Technologies is essential for a resilient and sustainable energy scenario that ensures economic prosperity.

Bavaria, with its excellent universities, large number of outstanding research institutions and facilities embedded in a dynamic and fertile economic environment, is uniquely positioned in Germany and Europe to drive this transition.

To enable Novel Nuclear Technologies to contribute to Germany's energy supply by the middle of this century, these recommendations should be addressed by decision-makers with the utmost urgency.

10

Abgebrannte Kernbrennstoffe als Ressource nutzen

Abgebrannte Brennelemente sind eine wertvolle Ressource. Wir sprechen uns dafür aus, Zugang zu gewähren, Forschung zu ermöglichen und Rahmenbedingungen zu schaffen, um das Potenzial dieser Ressource z.B. für medizinische Anwendungen zu nutzen. Dazu sollte der Industrie die Möglichkeit gegeben werden, z.B. Transmutationsanlagen zu bauen. Die Nutzung von Abfällen als wertvolle Rohstoffe und die Minimierung des Abfallaufkommens werden die Anforderungen an die Endlagerung radioaktiver Abfälle wesentlich beeinflussen.

Schlussfolgerung

Die Entwicklung neuartiger Kerntechnologien ist eine wesentliche Voraussetzung für ein zukunftsfähiges und nachhaltiges Energieszenario, das wirtschaftlichen Wohlstand sichert.

Bayern, mit seinen exzellenten Universitäten, zahlreichen herausragenden Forschungsinstituten und -einrichtungen, eingebettet in ein dynamisches und fruchtbares wirtschaftliches Umfeld, ist in Deutschland und Europa einzigartig positioniert, um diesen Transformationsprozess voranzutreiben.

Damit neuartige Nukleartechnologien ab Mitte dieses Jahrhunderts einen Beitrag zur Energieversorgung in Deutschland leisten können, sollten diese Empfehlungen von Entscheidungsträgern mit größter Dringlichkeit aufgegriffen werden.

Participants & Organizers

Plenary talk

Prof. Jan-Dietrich Wörner | [President of acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften](#)

Working Group I | Nuclear Fission and Transmutation

Chair: [Dr. Christian Reiter](#), [Prof. Bastian Märkisch](#) & [Prof. Peter Fierlinger](#)

Participant & Author	Affiliation	
Dr. Manuele Aufiero	Milano Multiphysics, Milano	Participant & Author
Oliver Buck	ITM Isotope Technologies Munich SE	Participant & Author
Prof. Peter Fierlinger	TUM, Precision Measurements at Extreme Conditions	Participant & Author
Dr. Emil Fridman	Helmholtz Zentrum Dresden Rossendorf	Participant & Author
Prof. Bastian Märkisch	TUM, Particle Physics	Participant & Author
Dr. Massimo Marino	<i>newcleo</i> SA – Geneva	Participant & Author
Dr. Christian Reiter	TUM FRM II & McMaster, Canada, Nuclear Technology	Participant & Author
Dr. Franz Strohmer	Transmutex SA, Geneva	Participant & Author
Dr. Ville Valtavirta	VTT Technical Research Centre of Finland	Participant & Author
Prof. Goran Galic	McMaster University, Canada	Author
Prof. Jaakko Leppänen	VTT Technical Research Centre of Finland	Author
Prof. Dave Novog	McMaster University, Canada	Author

Working Group II | Nuclear Fusion

Chair: [Prof. Stephan Paul](#) & [Prof. Reinhard Kienberger](#)

Name	Affiliation	
Dr. Frederick Bordry	GAUSS Fusion GmbH	Participant & Author
Dr. Richard Kembleton	GAUSS Fusion GmbH	Participant & Author
Prof. Dr. Reinhard Kienberger	TUM, Laser & X-ray Physics	Participant & Author
Dr. Alexander von Müller	Max Planck Institute for Plasma Physics	Participant & Author
Prof. Stephan Paul	TUM, Nuclear-, Astro- & Particle Physics	Participant & Author
Dr. Monica Pepe Altarelli	CERN & Istituto Nazionale de Fisica (INFN), Italy	Participant & Author
Dr. Marius Schollmeier	Marvel Fusion GmbH	Participant & Author
Prof. Dr. Wolfgang Theobald	Focused Energy Inc. and University of Rochester	Participant & Author
Dr. Gaetano Bongiovi	EUROfusion & University of Palermo, Italy	Author
Dr. Lucio Milanese	Proxima Fusion GmbH	Author
Prof. Dr. Markus Roth	Focused Energy Inc. and TU Darmstadt	Author

Working Group III | New Nuclear for Electricity, Hydrogen and Heat Generation in the Future Energy Systems

Chair: Prof. Ulrich Wagner & Prof. Winfried Petry

Name	Affiliation	
Dr. Daniel Iracane	Académie des Technologies, France	Participant & Author
Prof. Winfried Petry	TUM, FRM II, Physics, Senior Excellence Faculty	Participant & Author
Dr. Peter Tzscheutschler	TUM, Power Transmission Systems	Participant & Author
Prof. Ulrich Wagner	TUM, Energy Economy, Senior Excellence Faculty	Participant & Author
Stefan Henn	Wacker Chemie Burghausen	Participant
Prof. Frank Messerer	TUM, Electric Fields in Energy Technology	Participant
Prof. Hartmut Spliethoff	TUM, Energy Systems	Author

Working Group IV | Energy Economics and Society

Chair: Prof. Michael Molls

Name	Affiliation	
Prof. Gunther Friedl	TUM School of Management	Participant & Author
Dr. Birgit Herbst-Gaebel	TUM, Senior Excellence Faculty	Participant & Author
Kornelia Kneissl	Kornelia Kneissl Signature – Stakeholder Management	Participant & Author
Prof. Michael Molls	TUM, MRI, IAS, Senior Excellence Faculty	Participant & Author
Dr. Jeanne Rubner	TUM, Vice President Communication	Participant & Author
Franklin Servan-Schreiber	Transmutex SA, Geneva	Participant & Author
Prof. Robert Frhr. v. Weizsäcker	TUM, Economics, Senior Excellence Faculty	Participant & Author
Prof. Roberto Giuntini	University of Cagliari & IAS Prof. in Residence	Author
Prof. Christoph Lütge	TUM, Business Ethics	Author

Organizers

- Prof. Winfried Petry | TUM, Chair Working Group III
- Prof. Stephan Paul | TUM, Chair Working Group II
- Prof. Michael Molls | TUM, Chair Working Group IV
- Prof. Peter Fierlinger | TUM, Chair Working Group I
- Prof. Reinhard Kienberger | TUM, Chair Working Group II
- Prof. Bastian Märkisch | TUM, Chair Working Group I
- Dr. Birgit Herbst-Gaebel | TUM, Overall Organization, Working Group IV
- Dr. Monica Pepe Altarelli | CERN, Working Group I
- Dr. Christian Reiter | TUM, McMaster, Chair Working Group I

