



# MISSION KERNFUSION

## **Empfehlungen** der Bayerischen Expertenkommission

**Anlagen** zur 1. Sitzung am 30. April 2024

- Sitzungsprotokoll
- Sitzungspräsentation Prof. Dr. Jan Wörner (stellv. Vorsitzender)
- Impulsvortrag Prof. Dr. Sibylle Günter

## Expertenkommission Kernfusion Bayern 2024

---

### 1. Sitzung am 30.04.2024, 10:00-14:15 Uhr

im Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie,  
München

Teilnehmende: vgl. *Anlage 1*

Sitzungsleitung: Prof. Dr.-Ing. J.-D. Wörner (in Vertretung des Vorsitzenden Prof. Dr. R. Schlögl)

Anmerkungen: Zu TOP 3 wird auf die Foliensätze zu den Vorträgen verwiesen (vgl. *Anlage 2, Anlage 3*).

---

#### **TOP 1 Begrüßung durch die Ministerien und durch den Tagesvorsitzenden sowie kurze Vorstellungsrunde**

Der Tagesvorsitzende und die Vertreter vom StMWK und StMWi begrüßen die anwesenden Mitglieder der Expertenkommission.

#### **TOP 2 Auftrag der Staatsregierung, Diskussion**

Herr Dr. Eberle erläutert das Selbstverständnis des wissenschafts- und innovationspolitischen Handelns Bayerns, welches u.a. durch Exzellenz-, Innovations-, Führungs-, nationalen wie internationalen Sichtbarkeits- sowie Dienstleistungsanspruch gekennzeichnet sei. In dieser Perspektive sei auch die Mission Kernfusion zu verorten.

Der Auftrag an die Expertenkommission sei zunächst, bis Ende des Jahres 2024 „*ein Dokument*“ zu erstellen, welches Empfehlungen zur Denomination der sechs vorgesehenen Lehrstühle, deren zeitliche Priorisierung (wie sind die ersten zusätzlichen Ankerprofessuren gewidmet), zur thematischen Ausrichtung der 20 Nachwuchsgruppen<sup>1</sup>, zum Auslobungs- und Besetzungsprozess der Professuren und Nachwuchsgruppen sowie zu Studiengangskonzepten vorlege. Damit verbunden sein sollten auch Empfehlungen zu den damit einhergehenden zusätzlichen Sach- und Investitionsmitteln der neu aufzubauenden Kompetenzen im Forschungs- und Hochschulbetrieb. Diesem Kompetenzaufbau unterliege die Ratio, dass künftige große Infrastrukturinvestitionen, sinnvollerweise dort getätigt werden, wo die meiste Kompetenz und das stabilste Ökosystem versammelt sind. Ebenso solle das Dokument ein Kapitel

---

<sup>1</sup> Auf Nachfrage wurde mitgeteilt, die Kommission könne – geeignet priorisiert – auch eine andere Anzahl an Lehrstühlen und NG vorschlagen.

als Ausblick enthalten, in dem ein Fahrplan für die Expertenkommission zur Umsetzung der weiteren Aufgaben aus dem Masterplan vorgeschlagen wird.

Bei all ihren Empfehlungen solle die Expertenkommission auch die nationalen und internationalen Aktivitäten im Bereich der Fusionsförderung wahrnehmen und Empfehlungen aussprechen, ob und wie die bayerische Initiative sich in diese einfügen kann.

### **TOP 3      Diskussion zu Impulsvorträgen**

In einer breiten Diskussion im Anschluss an die Impulsvorträge von Prof. Wörner und Prof. Günter (siehe *Anlagen 2 und 3*) werden unterschiedliche Aspekte diskutiert und einzelne Punkte geklärt, so z.B., dass auch bezüglich des Verständnisses und der Anwendung der Fusionsphysik noch Forschungsbedarf bestehe.

Einigkeit herrscht bzgl. des zunächst anstehenden Ziels der Kommissionsarbeit. Die **Gewinnung von Nachwuchs** in allen beanspruchten Bereichen der Fusionsforschung stelle aufgrund der großen – nicht nur europäischen – Konkurrenz eine besondere Herausforderung dar, die nicht verschleppt werden dürfe.

Eine ähnliche zeitliche Dringlichkeit wird von den Mitgliedern auch bzgl. **der industriellen Beteiligung** bzw. eines ca. 20 Jahre dauernden Industrialisierungsprozess, der neben der Forschung stattfinden müsse, festgehalten: Hier müsse parallel z.B. in den Bereichen Materialwissenschaften, Bauingenieurwesen, Robotik, Projekt- und Liefermanagement ein exportfähiger und bereits laufender Markt geschaffen bzw. weiterentwickelt werden, um im Anschluss bzw. in Abstimmung mit der Fusionsforschung direkt mit dem Bau eines Fusionskraftwerks beginnen zu können. Dabei sei auch an eine zukünftige Wartung und Instandhaltung der Kraftwerke zu denken. Eine effiziente Verzahnung von Wissenschaft und Wirtschaft sei daher erfolgskritisch für die Mission Kernfusion.

Eine Diskussion ergibt sich über die getrennte Durchführbarkeit von **Tritium-Experimenten**, die für die Fusionsforschung von großer Relevanz seien. Das IPP plant für die nächsten Entwicklungsschritte ein nichtnukleares Vorgehen, das in der Praxis deutlich einfacher sei und durch mathematische Berechnung auf Basis der bisherigen experimentellen Erfahrungen ergänzt werden könne. Von anderer Seite wird darauf hingewiesen, dass gerade in Bezug auf die Materialforschung eine experimentelle Phase mit Tritium nicht zu umgehen sei. Einig ist man sich darin, dass die Erstproduktion des Mangelprodukts Tritium eine zentrale Entwicklungsfrage der nächsten Jahre darstelle. Auch müsse die Öffentlichkeit über den Einsatz von Tritium und den Umgang mit radioaktivem Abfall stets ehrlich informiert werden. Die **Genehmigungsverfahren** für Fusionskraftwerke müssten auf der Basis des Strahlenschutzrechts – entweder vorab oder parallel – in Kooperation mit den zuständigen Behörden weiterentwickelt und angepasst werden.

Als Beispiele für **Infrastrukturen**, zu denen alle beteiligten Institutionen Zugang haben müssten, werden genannt: Prototypen (nuklear und nicht-nuklear), Großrechner und

Rechenmodelle, Großexperimente (als nukleare oder nichtnukleare Prototypen bzw. Demonstratoren), Testeinrichtungen z.B. für den Strahlungswiderstand der Elektronik.

Herr Dr. Eberle schätzt das politische Commitment zum aktuellen Zeitpunkt als sehr nützlich für das bayerische Vorhaben ein, da zum einen auf Bundesebene neue Wege eingeschlagen und neue Fördermöglichkeiten in Aussicht gestellt werden, zum anderen auch auf EU-Ebene bspw. ein Rechtsraum für Fusionsenergie geschaffen werden solle. Auch das bayerische Umweltministerium habe schon damit begonnen, mit dem IPP rechtliche Maßnahmen zu diskutieren.

(Fortführung in TOP 6)

#### **TOP 4 Organisatorische Informationen der Geschäftsstelle**

Im Namen der Geschäftsstelle weist Herr Dr. Eberle u.a. darauf hin, dass die Kommission strikt vertraulich arbeite und eine Kommunikation nach außen nur nach Abstimmung mit dem Vorsitzenden erfolgen könne. Zudem könne sich die Kommission selbst Regelungen zum Umgang mit Befangenheiten ihrer Mitglieder geben. Auf die Tischvorlage zur weiteren Arbeitsweise der Kommission wird verwiesen; es erhebt sich diesbzgl. kein Widerspruch.

#### **TOP 5 Begrüßung durch Herrn Staatsminister Aiwanger**

Herr Staatsminister Aiwanger betont u.a. die Notwendigkeit, geeignete Infrastrukturen anzubieten, welche die Beteiligten nutzen könnten. Neben der Fusion an sich sehe er die Chance, „Kollateralnutzen“ aus den verschiedenen technologischen Entwicklungen zu ziehen. Er stimmt mit der Kommission darin überein, dass eine abgestimmte Öffentlichkeitsarbeit nötig sei, um das Potenzial der Kernfusion und der damit verbundenen Entwicklungen angemessen zu vermitteln und die Unterstützung der Bevölkerung zu sichern.

#### **TOP 6 Fortführung der Diskussion in Ergänzung zu TOP 2 und TOP 3**

Im Rahmen einer Zielsetzungsdiskussion wird über die grundsätzlichen Eigenschaften eines „**Bavarian Fusion Cluster**“ gesprochen, das im Masterplan ebenfalls vorgesehen ist. Es besteht Einigkeit darüber, dass dieses Cluster einen Austausch bzw. eine Vernetzung wissenschaftlicher sowie wirtschaftlicher Strukturen bzw. Vertreter ermöglichen müsse, es sich also weder um ein reines Forschungs- noch um ein reines Anwendungscluster handele. Im Zentrum stehe das Leitbild eines Fusionskraftwerks als Ganzes. Aufgaben des Clusters seien regelmäßige Veranstaltungen (an verschiedenen Orten), eine funktionierende Öffentlichkeitsarbeit, „Onboarding“-Aktivitäten für Studierende (z.B. durch Preise) sowie ein laufendes Benchmarking mit internationalen

Aktivitäten. Für eine professionelle und zielführende Arbeitsweise sowie ökonomische Handlungsfähigkeit bedürfe es einer Geschäftsstelle sowie einer rechtsfähigen Organisationsform. Zu einer konkreten Binnenstruktur und Rechtsform werde sich die Kommission erst zu einem späteren Zeitpunkt äußern.

Ob und wie weit das Cluster auch eigene Förderprogramme entwickeln und umsetzen solle, bleibt in der Diskussion offen. Von der Industrieseite wird darauf hingewiesen, dass typische staatliche Förderungen und Forschungsverbände erfahrungsgemäß kaum bei der Industrie ankämen. Diesbezüglich müssten die Möglichkeiten des Clusters und die entsprechenden Empfehlungen der Kommission sehr sorgfältig geprüft und formuliert werden. Von Seiten des Wirtschaftsministeriums wird darauf hingewiesen, dass die aktuelle Förderperiode der „Clusteroffensive Bayern“ mit einer Laufzeit von vier Jahren gerade gestartet sei. Das Wirtschaftsministerium bietet an, bestehende Cluster einzuladen, deren Arbeits- sowie Organisationsstrukturen kennenzulernen sowie mögliche, bereits vorhandene Synergien zu nutzen bzw. daran anzudocken.

Auf den Nutzen von **Synergien** im Kontext der Fusionsforschung wird hingewiesen. Wenn der bayerische Beitrag zur Erforschung und Entwicklung von Teilkomponenten auf Synergien mit anderen Forschungsbereichen abzielen könnte, wäre ein Erfolg der getätigten Investitionen wahrscheinlicher und das Risiko für die einzelnen Akteure deutlich geringer und folglich deutlich interessanter. Als Beispiel wird die in Bayern gut positionierte Weltraumforschung genannt, die hinsichtlich einzelner Projektabschnitte Synergien mit der Fusionsforschung aufweist und folglich gemeinsam vorangetrieben werden könnte. Ähnliche Anknüpfungspunkte stellen z.B. auch die Laser- sowie Supraleiterforschung dar.

In der Diskussion des Vorhabens „Ausbildungsoffensive an Hochschulen“ des Masterplans werden von den Teilnehmern folgende Gebiete für die Verteilung der (mindestens) **sechs geplanten neuen Lehrstühle und 20 Nachwuchsforschungsgruppen** genannt: Naturwissenschaften, Ingenieurwissenschaften und Projektmanagement. In diesen Gebieten sollen insbesondere folgende **Themenschwerpunkte** der Fusionsforschung weiter vorangetrieben werden: naturwissenschaftliche Grundlagen (Physik und Chemie), Plasmaheizung, Fusionsprozess, KI, Radioaktivität (Tritium und indiziert), Radiochemie (inkl. Transmutation), Abfall und Nachhaltigkeit eines Kraftwerks, Materialwissenschaft, Robotik sowie Kraftwerksdesign und -ausführung. Auf die Wichtigkeit der Vernetzung der verschiedenen Akteure wird hingewiesen. Grundsätzlich solle es fusionspezifischere Lehrveranstaltungen (v.a. Master) und Abschlüsse bzw. Qualifikationen geben.

Der **Begriff des Demonstrationskraftwerks** bzw. alternative Begriffe wie Technologiedemonstrator oder Technologieträger werden diskutiert. Gerade in Hinblick auf die Öffentlichkeitsarbeit sei es von großer Wichtigkeit, mit möglichst präzisen und zugleich unverfänglichen Begriffen zu agieren. Eine Festlegung oder weitere Bestimmung erfolgten jedoch noch nicht.

**TOP 7      Vorbereitung der 2. Sitzung, Aufträge an die Geschäftsstelle**

Die Kommissionsmitglieder stimmen dem Vorschlag von Herrn Prof. Wörner zu, zur Konkretisierung der bisherigen Ergebnisse noch eine **weitere, weitgehend interne Sitzung** mit dem Vorsitzenden Prof. Schlögl abzuhalten, zu der ein Vertreter des BMBF eingeladen werden soll. Fachlicher Ausgangspunkt der zweiten Sitzung könnte ein Impulsvortrag zum Thema „Laserfusion“ sowie ein Bericht über die Aktivitäten in anderen Ländern, z.B. UK Fusion Cluster, EUROfusion, sein. Als möglicher Sitzungs-ort wird Garching ins Spiel gebracht.

Die Kommissionsmitglieder sind sich darüber einig, dass **erst in der 3. Sitzung externe Stakeholder**, wie bspw. Start-ups, Bayern Innovativ etc., eingeladen werden sollen.

Die Geschäftsstelle wird damit beauftragt, in Rücksprache mit Herrn Prof. Schlögl Terminvorschläge für die nächsten Sitzungen zu erstellen und mit den Mitgliedern abzustimmen.

Der Tagesvorsitzende, Herr Prof. Wörner, bedankt sich bei allen Teilnehmenden für die rege Diskussion sowie bei der Geschäftsstelle für die Organisation.

München, den 16.05.2024



# Expertenkommission „Mission Kernfusion“

# Primärenergieverbrauch Deutschland 2022



Sonstige einschließlich

Stromaustauschsaldo **0,8** (1,3) %

Mineralöl **35,3** (32,5) %

Erneuerbare **17,2** (15,7) %

Kernenergie **3,2** (6,1) %

Braunkohle **10,0** (9,1) %

Steinkohle **9,8** (8,9) %

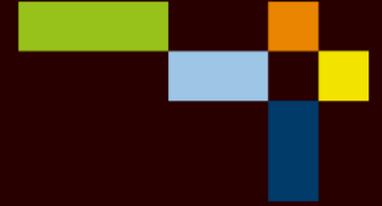
Faktor 5.8  
gegenüber 2022

In Klammern:  
Werte 2021

Erdgas **23,6** (26,6) %

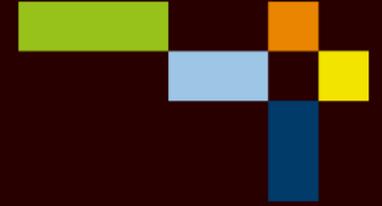
 acatech

DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN



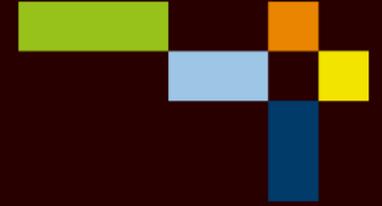
## Fusion

- Physik
- Technologie (Magnet/Laser...)
- Tritium
- Laserleistung ( $W$ ,  $\Delta T$ )
- Pelletproduktion
- Material
- Sicherer Einschluss
- Regulierung
- Zeitperspektive



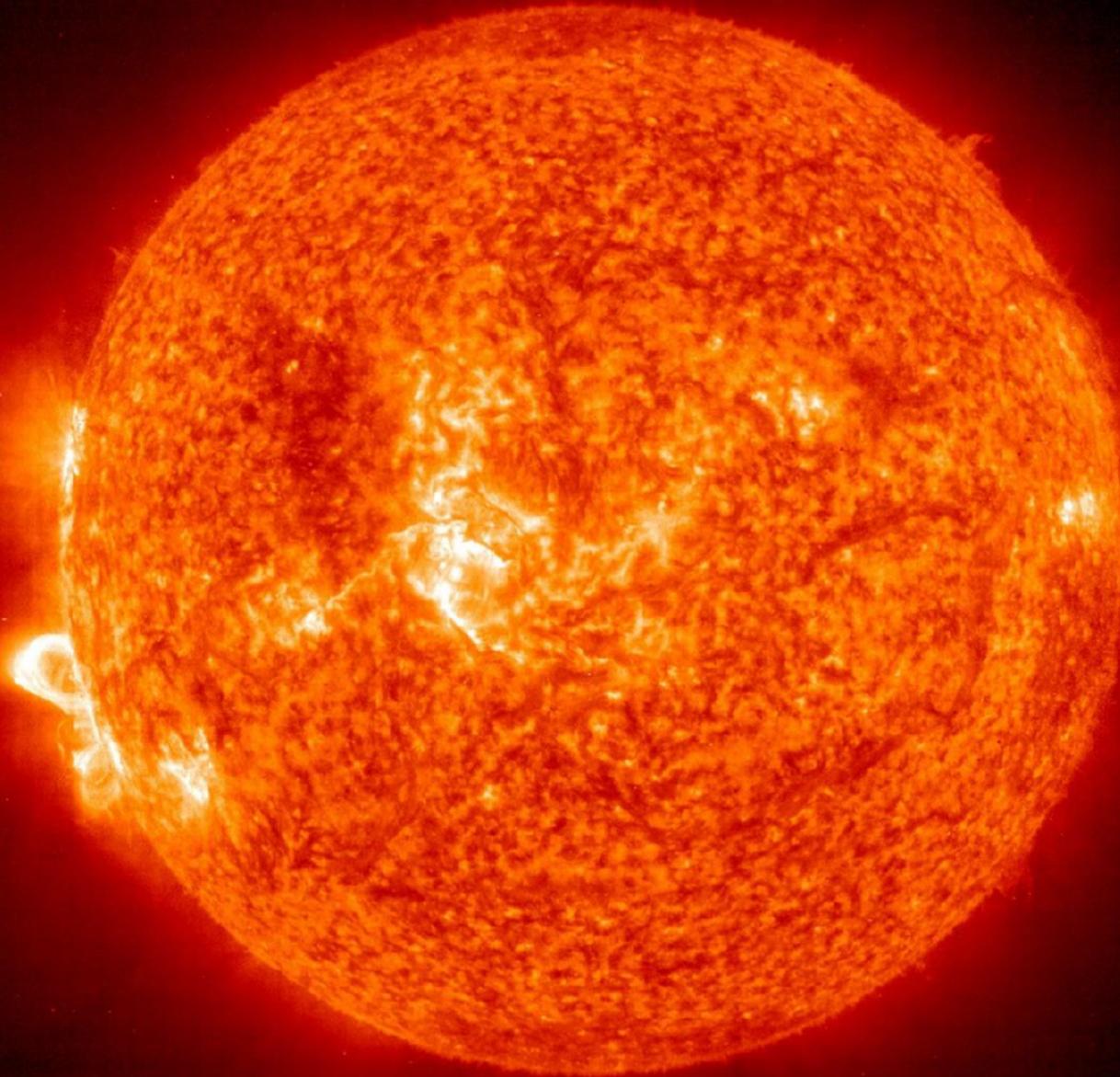
# Fusion

- Politisches Commitment → Forschung, Wirtschaft, Nachwuchs
- Technologieoffenheit für die nächsten Jahre
- Forschung (Prozess & more)
- Internationale Kooperation
- System Kraftwerk und Komponenten → durchgängige resiliente Liefer- und Wertschöpfungsketten
- Regulierung
- 20-25 Jahre für kommerzielle Nutzung
- Transparente Kommunikation



# Fusion

- Klimawandel D ?
- Klimawandel global !
- Energiebedarf global !
- Technologieentwicklungen
- Gute Voraussetzungen in Forschung und Wirtschaft in D
- „Exportschlager“





# Wertschöpfungskette

→ vom Rohstoff zum Produkt

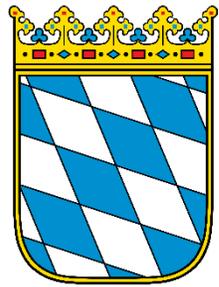
# Lieferkette

→ vom Zulieferer zum Endkunden

# Innovationskette

→ von Invention zur Innovation





# Masterplan

## Expertenkommission „Mission Kernfusion“



- Erstellung eines Konzepts des Bavarian Fusion Clusters
- Empfehlung zum Aufbau zur Stärkung fusionsrelevanter Kompetenzen an bayerischen Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen
- Unterstützung bei der Auswahl der Hochschulen
- Empfehlungen der Gestaltung eines forschungsgetriebenen Forschungs- und Infrastrukturprogramm
- Entwicklung von Leitlinien für innovative Mechanismen zur Forschungsk Kooperation mit Start-ups und Industrieunternehmen
- Eckpunkte für ein Förderprogramm
- Multiplikator für nationales Innovationsprogramm mit internationaler Anschlussfähigkeit



# Tischvorlage

## Expertenkommission „Mission Kernfusion“

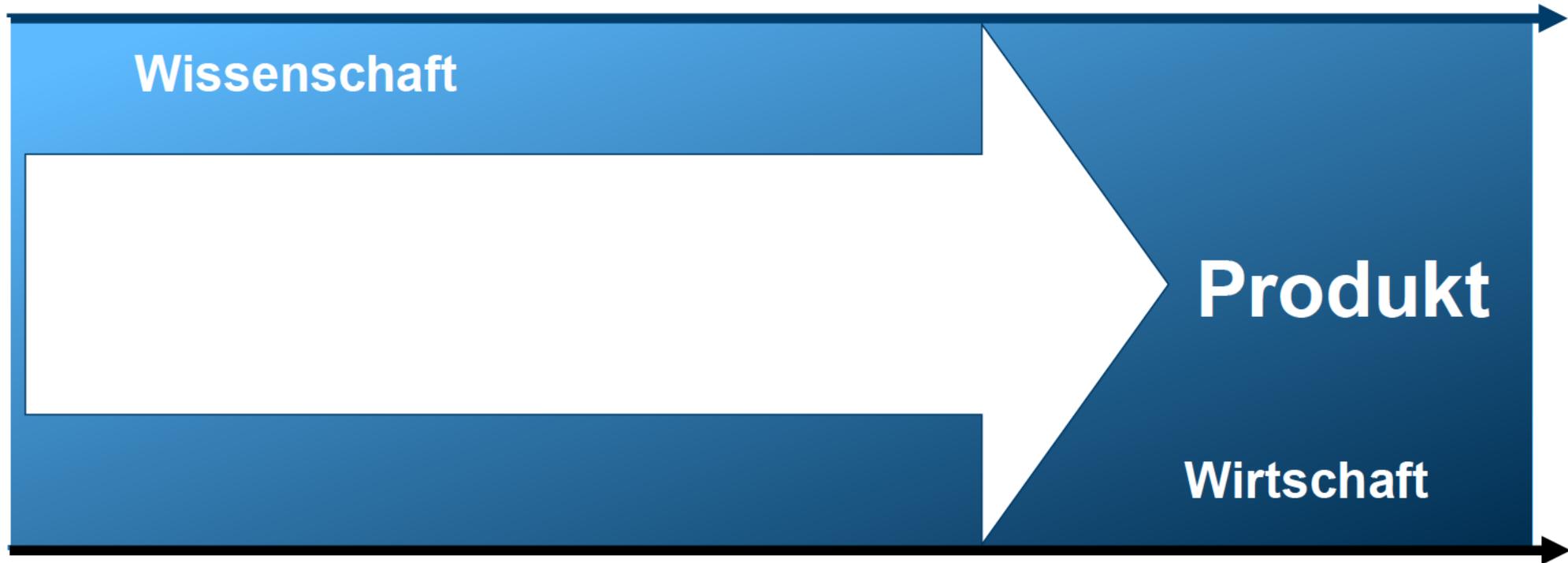


- Unterstützung der Staatsregierung beim Aufbau von Kompetenzen an Hochschulen durch Erstellung von Empfehlungen
  - Lehrstühle und Nachwuchsforschungsgruppen
  - Auswahl der Hochschulen
  - neue Studiengänge
- Empfehlungen Struktur und Arbeitsweise Bavarian Fusion Cluster
- Eckpunkte eines bayerischen Forschungs- und Infrastrukturprogramms
  - mögliche Beiträge bayerischer Infrastrukturen
  - mögliche Bewerbung Bayerns für Infrastrukturen und Großexperimente
- Empfehlung zur strategischen Abstimmung und zum Anschluss der bayerischen Initiative an europäische und internationale Initiativen
- Bewertung und ggf. Berücksichtigung von Vorschlägen aus der bayerischen Wissenschaft und Wirtschaft



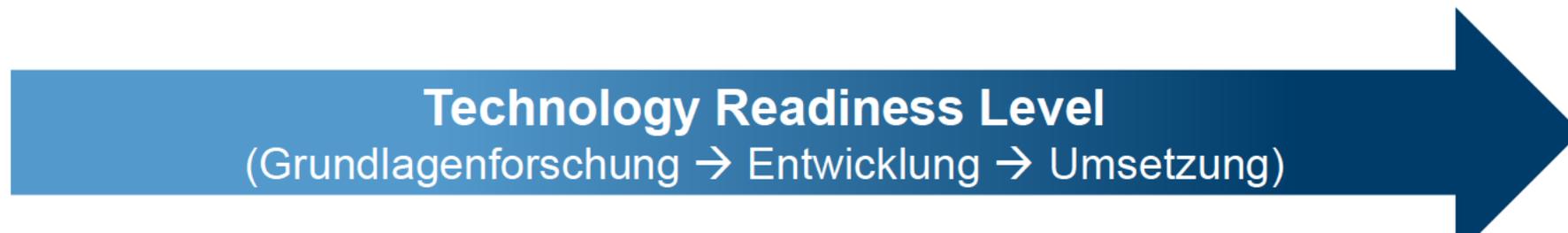
# Nahtlose Innovationskette

## Invention → Innovation



Invention

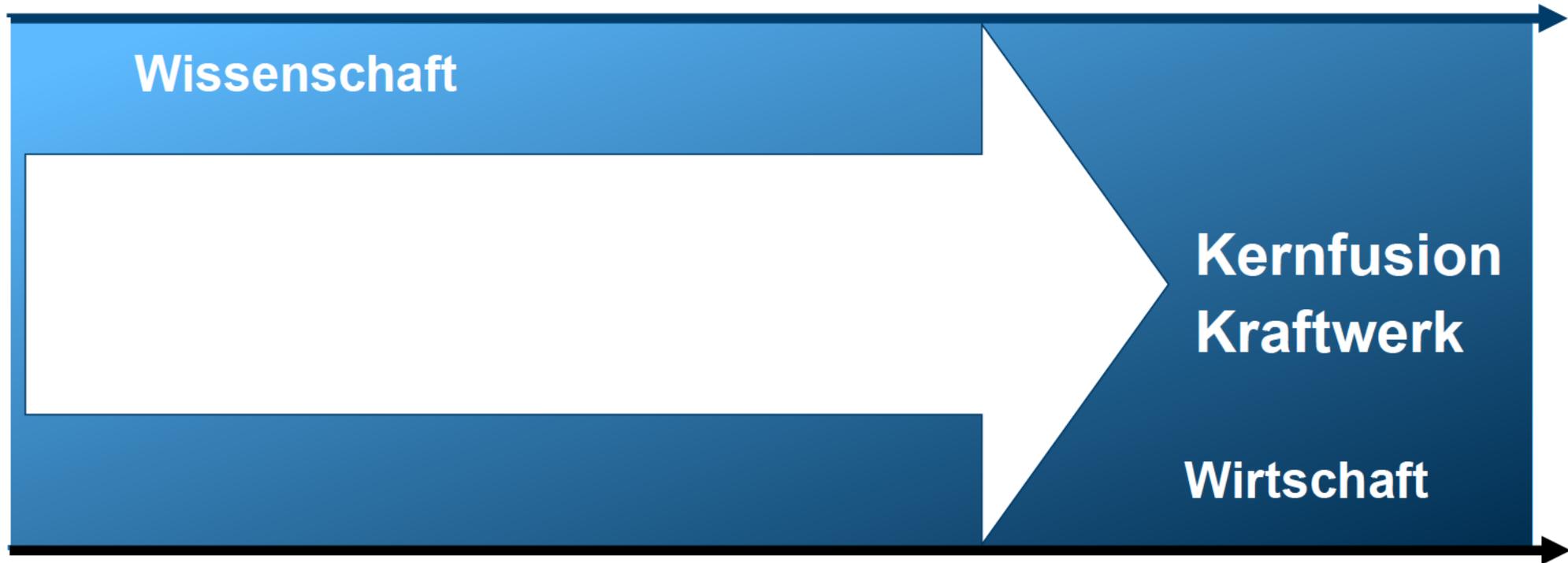
Innovation





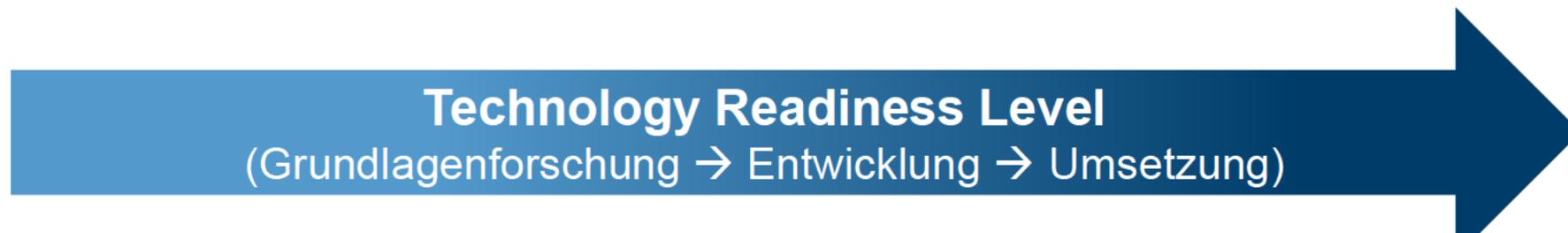
# Nahtlose Innovationskette

## Invention → Innovation



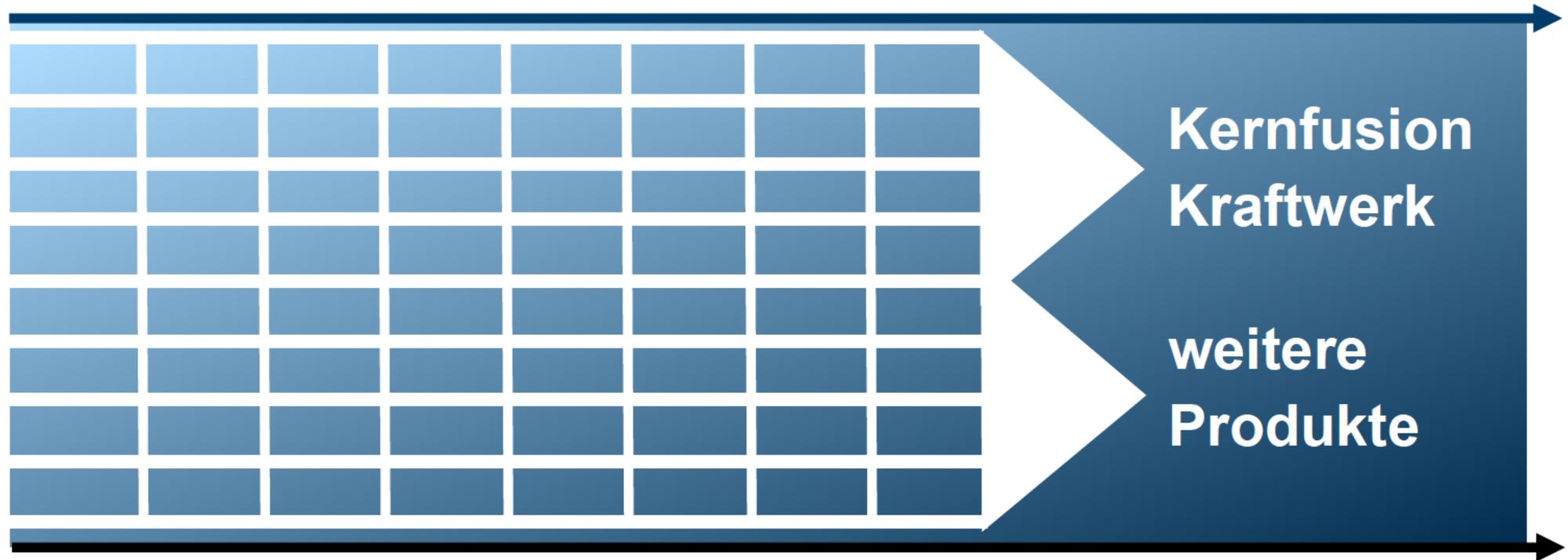
Invention

Innovation



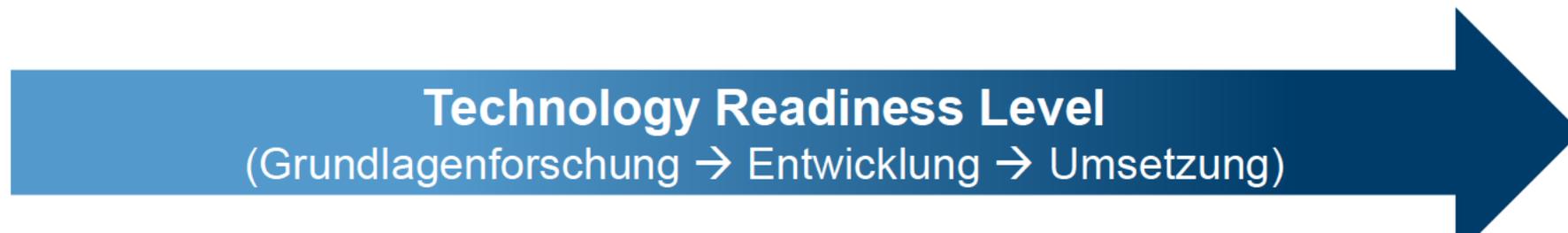


# Nahtloses Netz/Gitter



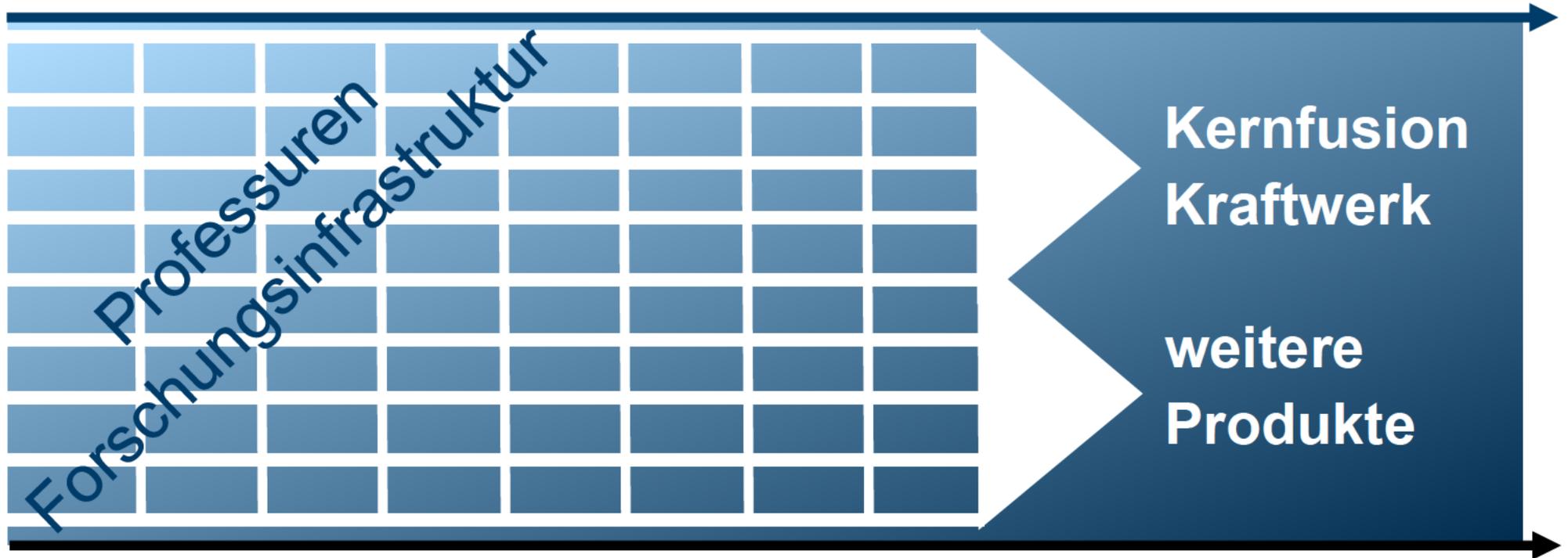
Invention

Innovation



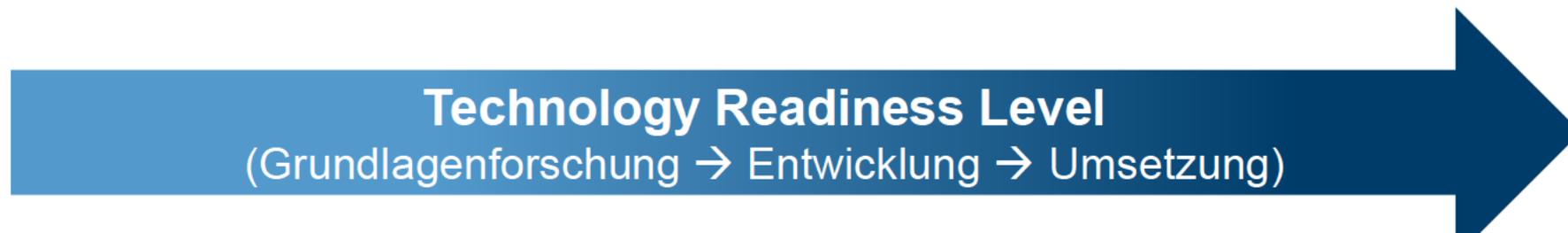


# Nahtloses Netz/Gitter



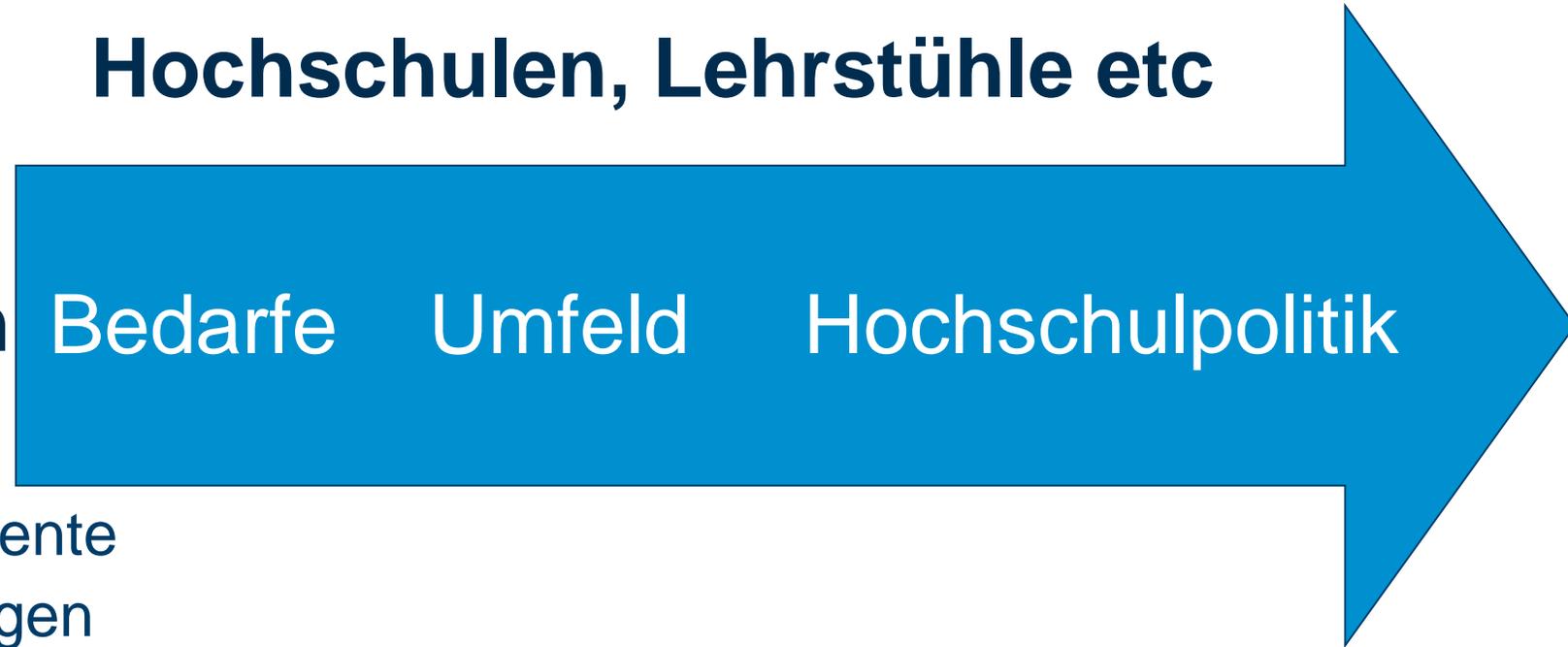
Invention

Innovation





## Hochschulen, Lehrstühle etc



### Themen

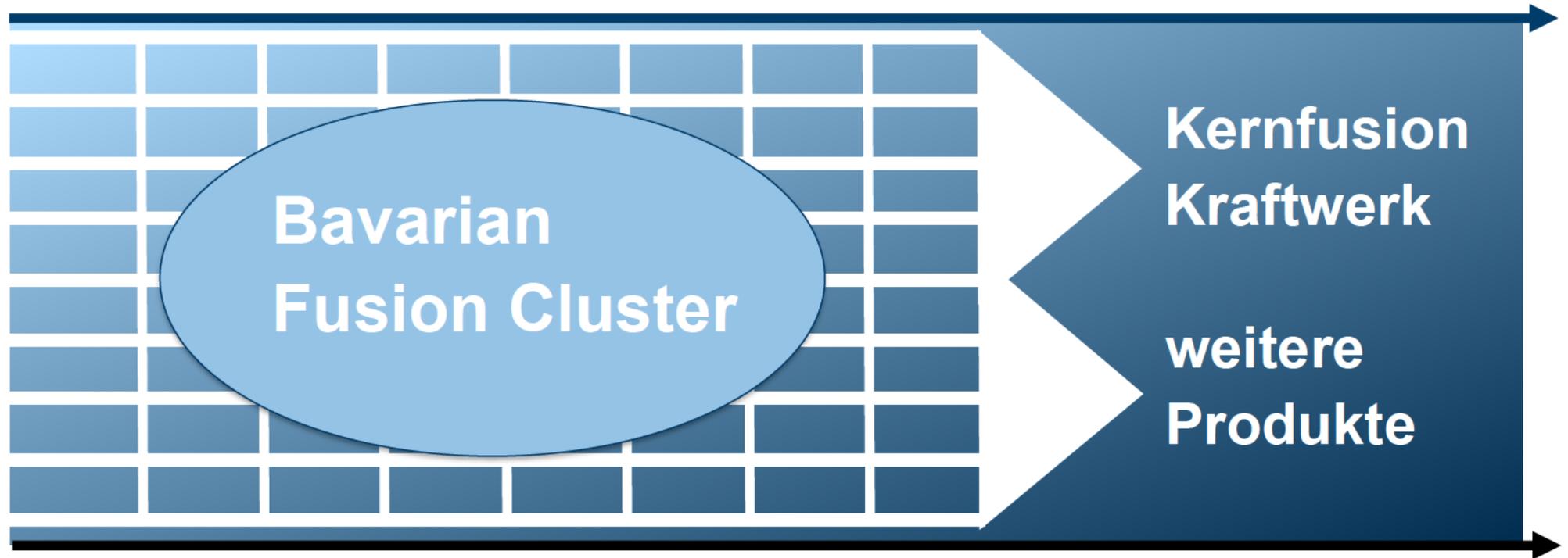
- Theorie
- Experimente
- Grundlagen
- Entwicklung
- ...

### Vorschläge

- Denomination
- Ort
- Positionierung
- Ausstattung
- ...

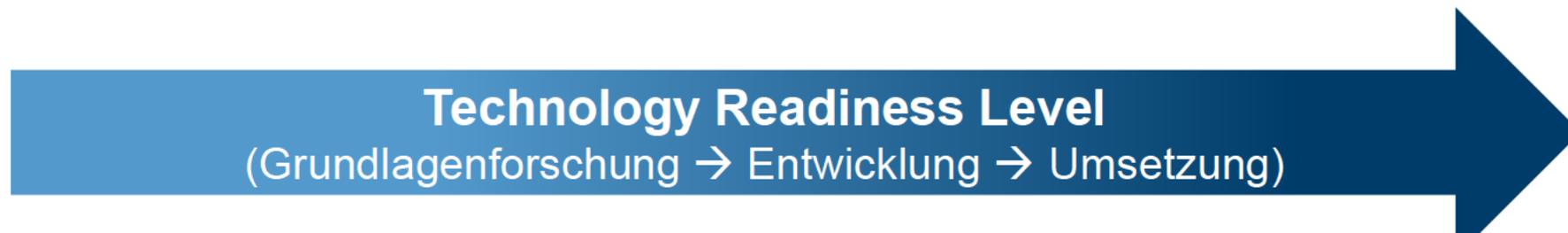


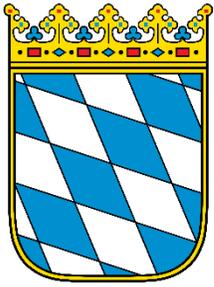
# Nahtloses Netz/Gitter



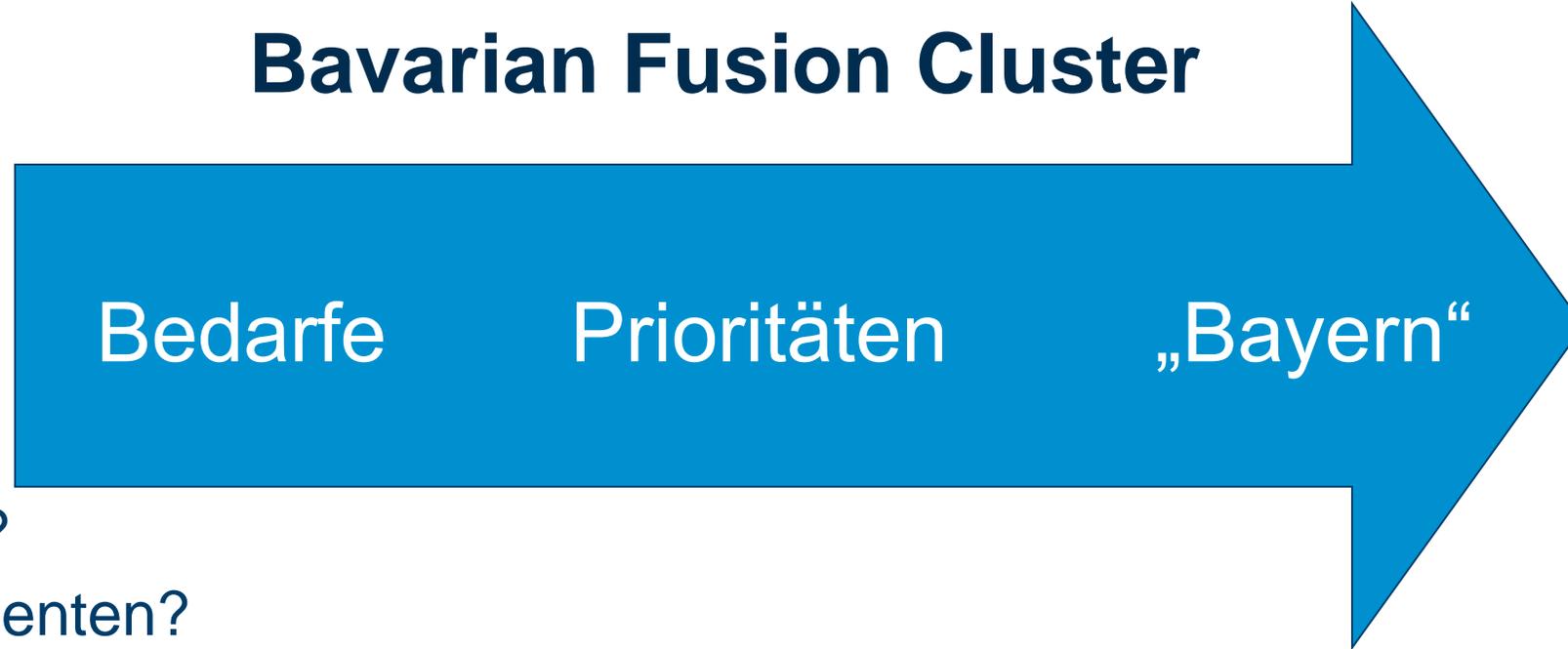
Invention

Innovation





# Bavarian Fusion Cluster



## Ziel

- Laser?
- Plasma?
- Komponenten?
- Kraftwerk?
- ...

## Vorschläge

- Inhalte
- Akteure
- Kooperationen
- Mechanismen
- ...



# Expertenkommission „Mission Kernfusion“



# Expertenkommission

- Herr Schlögl!
- Heute: prinzipieller Austausch
  - Inhalte und Priorisierung
  - Arbeitsweise
  - Treffen der gesamten Kommission
  - Hinzuziehung weiterer Experten (z.B. Start-ups)
  - Berücksichtigung Bund (BMBF, BMWK, BMU) / EU
  - Beiträge durch einzelne Experten / Kleingruppen
  - Inhalts- Beschlussprotokolle, keine Wortprotokolle
- Erste Arbeitsaufträge
  - Bericht acatech über Innovationsökosystem für Fusion
  - Bestandsaufnahme Fusionsforschung in Deutschland/Bayern

Weiteres Vorgehen und nächster Termin → Herr Schlögl



# Expertenkommission „Mission Kernfusion“



# Forschung und Lehre auf dem Weg zu einem (deutschen/bayerischen) Fusionskraftwerk

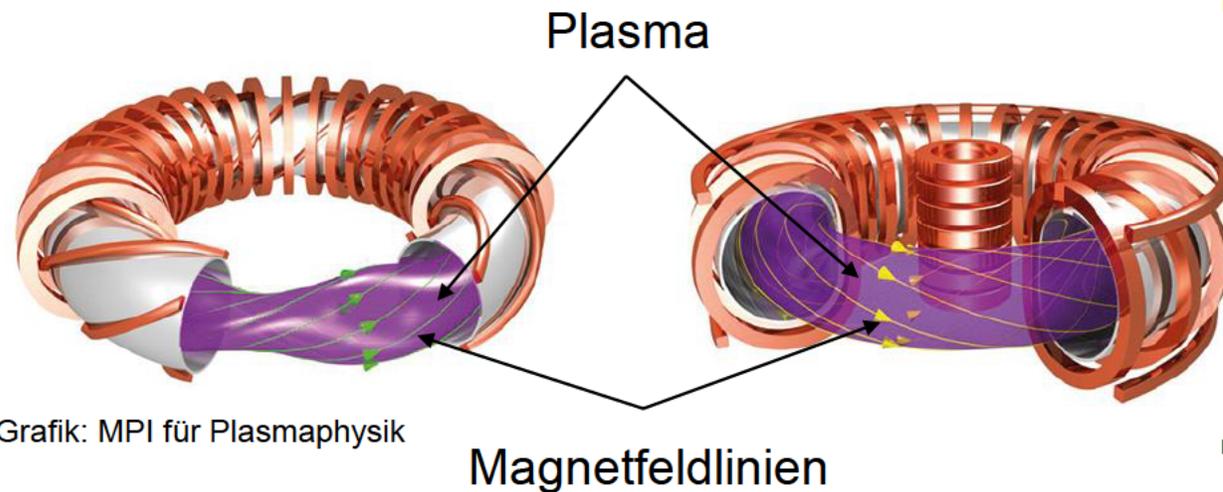
Sibylle Günter

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik

# Zwei Wege zur Fusionsenergie

## Magnetfusion

- Einschluss in Käfigen aus Magnetfeldlinien
- Kraftwerks-Konzept deutlich weiter entwickelt



Grafik: MPI für Plasmaphysik

## Trägheits- (Laser-) Fusion

- sehr schnelles Aufheizen und Kompression kleiner Pellets
- Unlängst gezündetes Pellet (1% der aufgewendeten Energie in Fusionsenergie umgewandelt)
- Für Kraftwerk > 10 mal pro Sekunde erforderlich

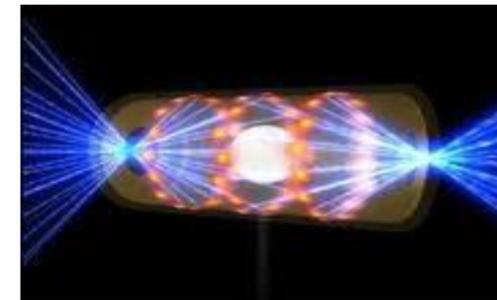
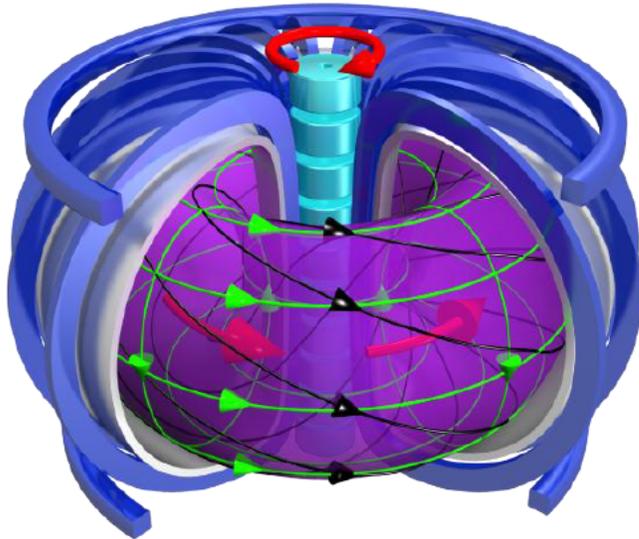


Bild: Lawrence Livermore National Laboratory/NIF

- Kraftwerkskonzept noch sehr vage
- Forschung v.a. in USA und Japan - weniger in Europa (bisher v.a. Militärforschung)
- Interessante Physik: Laser-Plasma-Wechselwirkung
- Laser-Entwicklung

# Magnetfusion: Zwei Typen von Magnetfeldkäfigen

## Tokamak



Grafik: MPI für Plasmaphysik / Christian Brandt

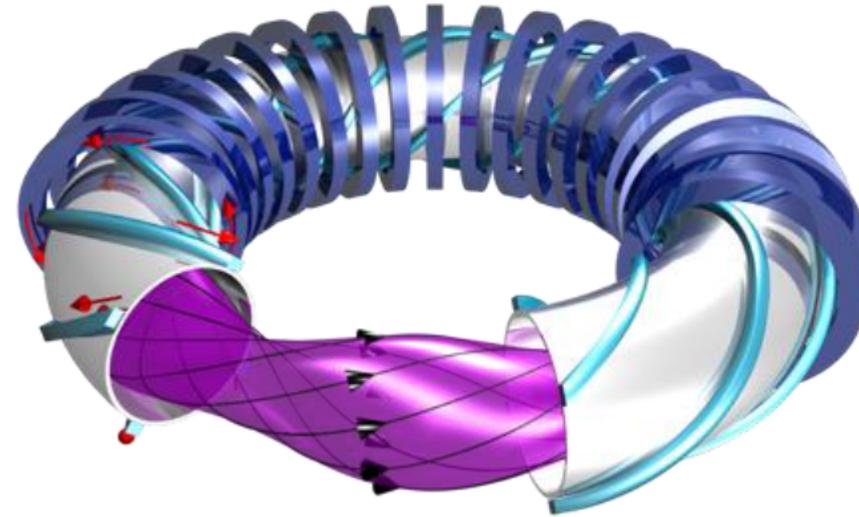
starker Strom im Plasma

Magnetfeld durch Spulen und Plasmastrom

im Normalfall gepulster Betrieb

Stromabbrüche möglich

## Stellarator



Grafik: MPI für Plasmaphysik / Christian Brandt

kein Strom im Plasma

Magnetfeld nur durch äußere Spulen

durchgehender Betrieb

(Optimierung möglich und erforderlich!)



# Szenarios auf dem Weg zu einem Magnetfusions-Kraftwerk (aus Papier an das BMBF)\*

\*Der Weg zu einem (deutschen) Fusionskraftwerk – erste Überlegungen aus wissenschaftlicher Perspektive,  
S. Günter mit Input vom KIT vom 15.2.2023

# Szenario 1: Schnellstmöglicher Bau eines Fusionskraftwerks nach dem Stellarator-Prinzip in Deutschland



## **Stellarator-Konzept am besten geeignet für Fusionskraftwerk**

Deutschland weltweit führend auf dem Gebiet optimierter Stellaratoren (Bau und Betrieb von Wendelstein 7-X)



Foto: MPI für Plasmaphysik / Jan Hosan

- In Deutschland entwickelte Technologie erstmals in Deutschland anwenden
- Dauerbetrieb möglich
- Höherer Wirkungsgrad als Tokamaks
- Keine Stromabbrüche (Vermeidung möglicher Beschädigungen von Komponenten)



# Szenario 1: Schnellstmöglicher Bau eines Fusionskraftwerks nach dem Stellarator-Prinzip in Deutschland

## **Stellarator-Konzept am besten geeignet für Fusionskraftwerk**

Deutschland weltweit führend auf dem Gebiet optimierter Stellaratoren (Bau und Betrieb von Wendelstein 7-X)



Foto: MPI für Plasmaphysik / Jan Hosan

- Erfolg der im Vorfeld berechneten Optimierungen von Wendelstein 7-X konnten im Experiment bewiesen werden
- Weitere Verbesserungen möglich (bspw. Wärmeisolierung)
- Verbesserungen gegenüber Wendelstein 7-X:
  - weiter optimierte Magnetfeld-Spulen
  - höhere Magnetfelder

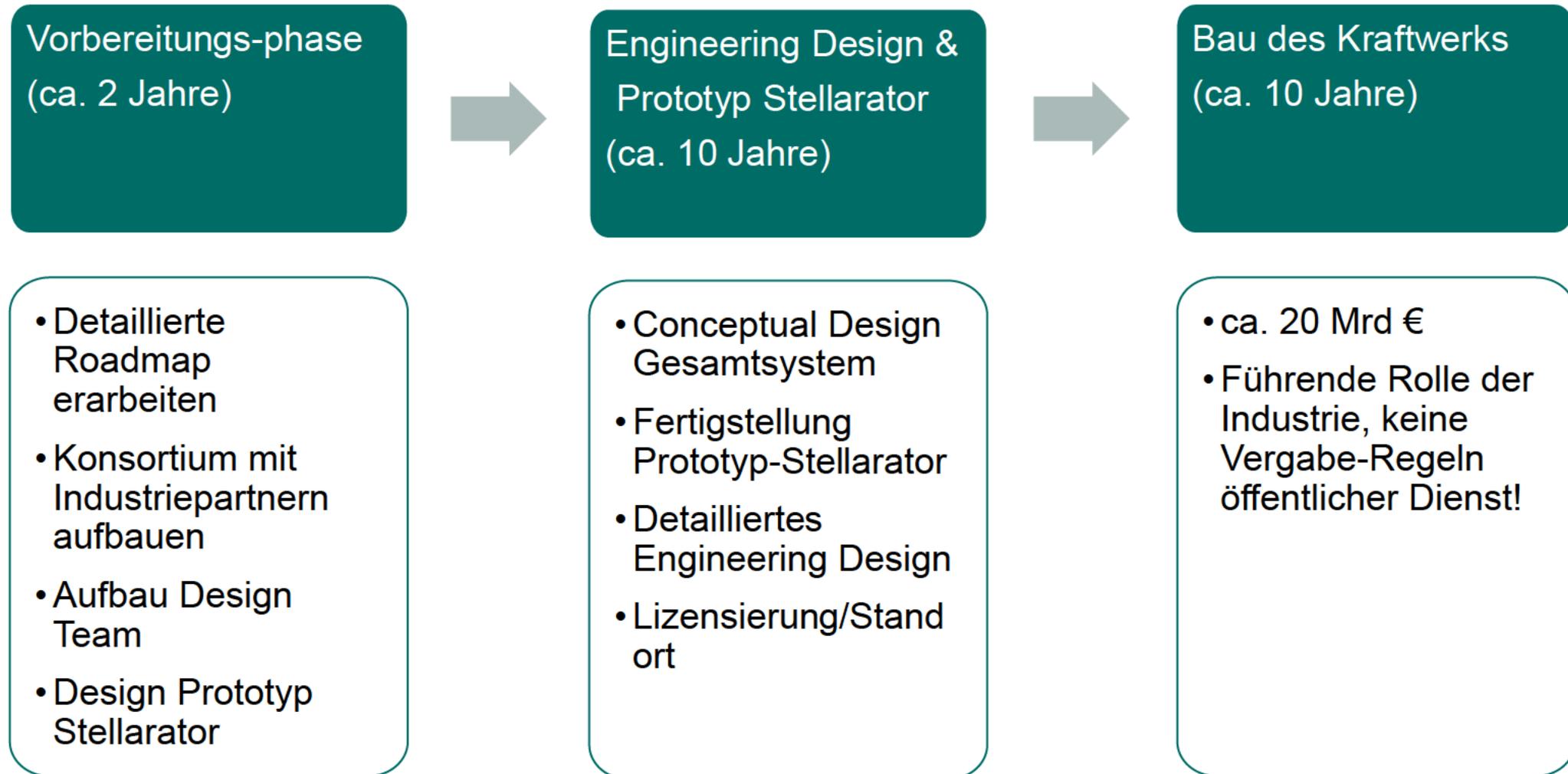


# Szenario 1: Schnellstmöglicher Bau eines Fusionskraftwerks nach dem Stellarator-Prinzip in Deutschland

- Von Anfang an führende Rolle der Industrie!
- Kosten- und Zeitschätzung noch sehr unsicher (20-25 Jahre, ~20 Mrd. €) muss durch detaillierten Roadmap-Prozess konkretisiert werden
- Prototyp-Stellarator kleinerer Größe zur Bestätigung der Optimierung und Sammeln von Betriebserfahrung erforderlich (Bauzeit ca. 10 Jahre, 1-2 Mrd € je nach Technologie)
- Parallel Technologie-Entwicklung (insbes. Brennstoff-Kreislauf, Material-Entwicklung und – Zertifizierung)
- Lizenzierung/Standortauswahl



# Szenario 1: Schnellstmöglicher Bau eines Fusionskraftwerks nach dem Stellarator-Prinzip in Deutschland



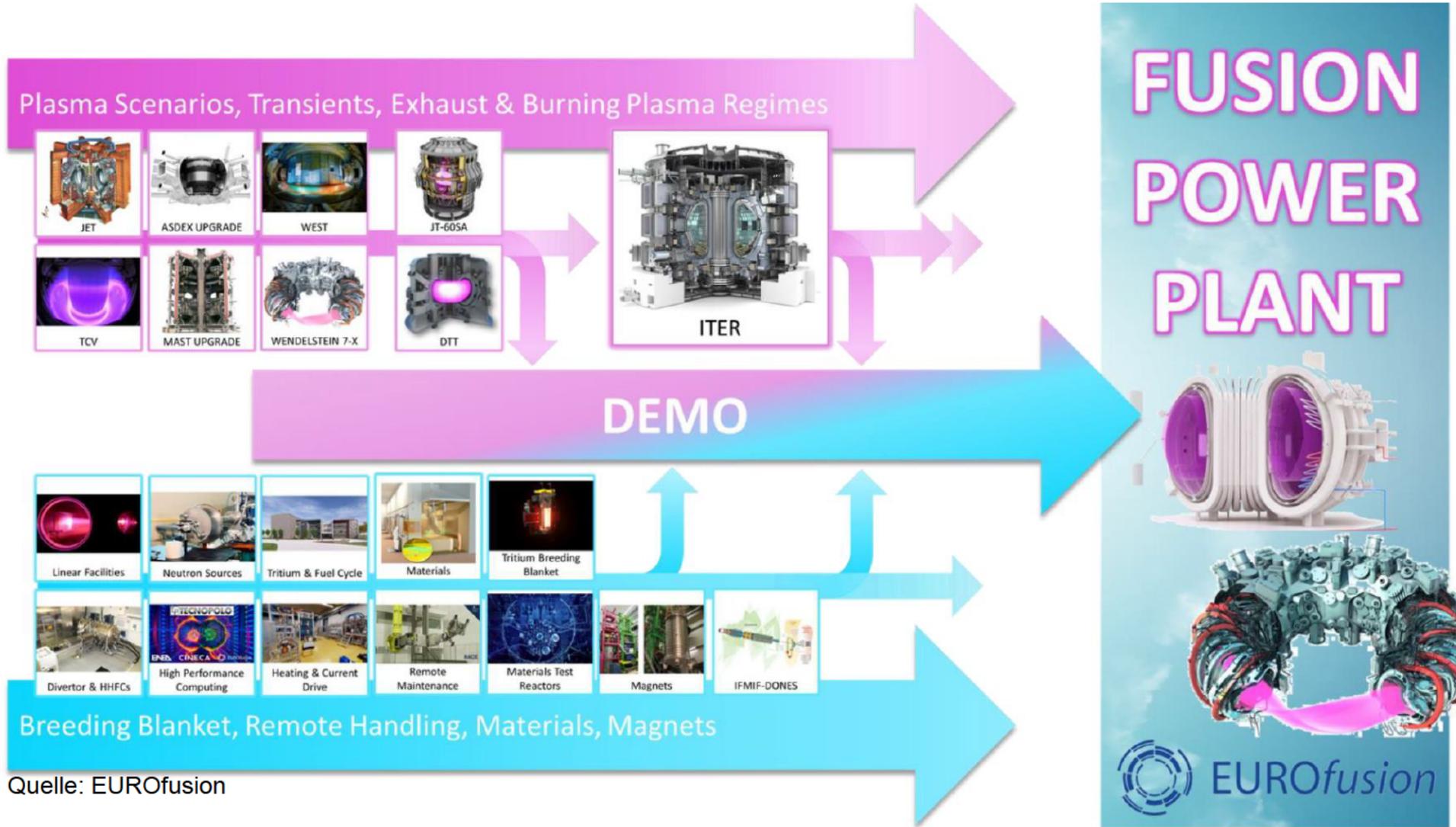
# Szenario 1: Schnellstmöglicher Bau eines Fusionskraftwerks nach dem Stellarator-Prinzip in Deutschland



## Erforderliche Ressourcen parallel zum Bau des Kraftwerks:

- Prototyp-Stellarator kleinerer Größe zur Bestätigung der Optimierung und Sammeln von Betriebserfahrung erforderlich (Bauzeit ca. 10 Jahre, 1-2 Mrd € je nach Technologie)
- Verdoppelung der personellen Kapazitäten, insbes. im Ingenieur-Bereich (Ausbildung!), entsprechende Erhöhung der jährlichen Budgets der Fusionszentren
- *Materialforschung eines der wichtigsten Technologie-Themen, daher deutsche Beteiligung an IFMIF-DONES essentiell (ca. 80 Mio € Investitionskosten plus 1.5 Mio € Betriebskosten p.a.)*
- Investitionen in die Labors der Materialforschung sowie *die langfristige Finanzierung des Tritiumlabors (KIT), ca. 100 Mio €*

# Szenario 2: Signifikante Beschleunigung des europäischen Weges zu einem Tokamak-Kraftwerk (EU Roadmap)



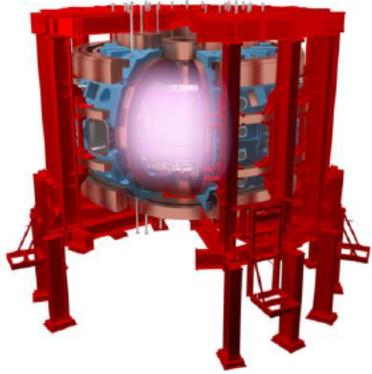
Quelle: EUROfusion



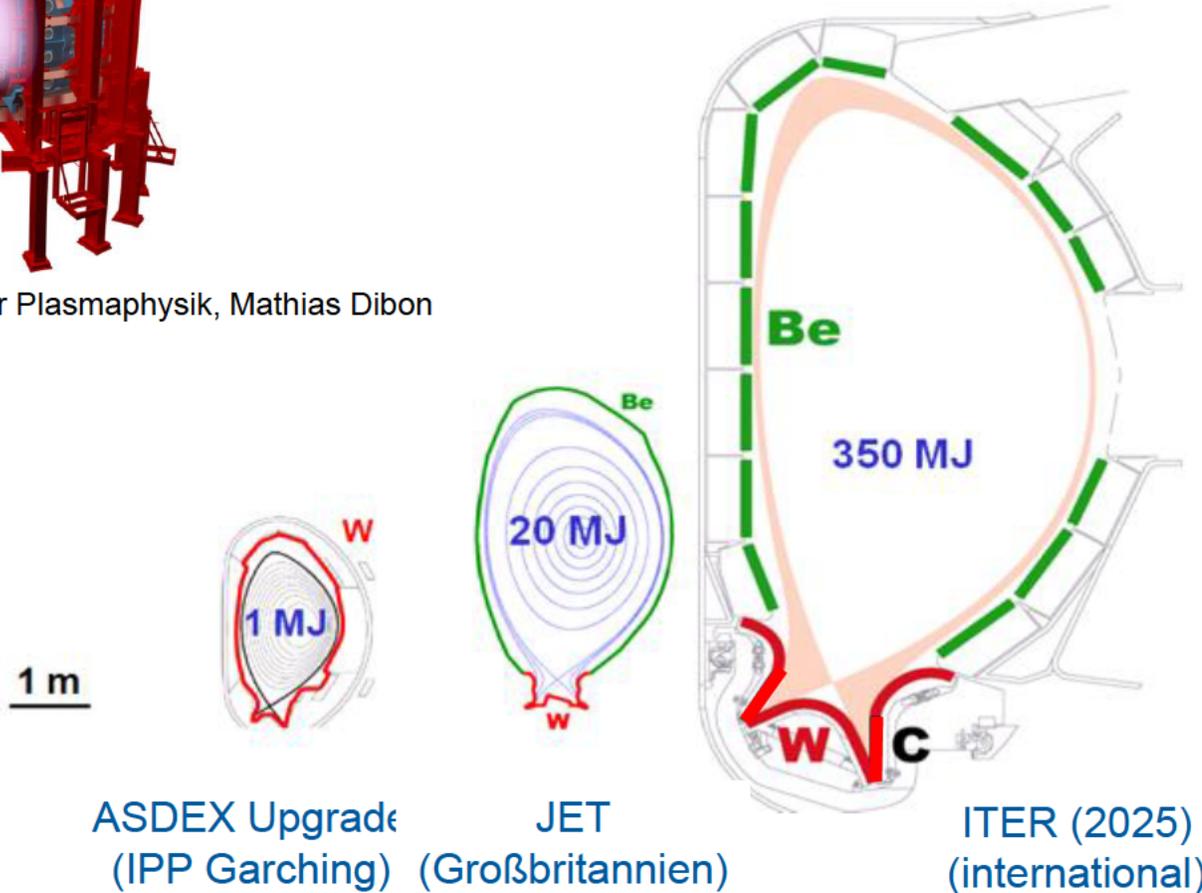
## Szenario 2: Signifikante Beschleunigung des europäischen Weges zu einem Tokamak-Kraftwerk

- Bisher stärkster Beitrag zur Tokamak-Forschung durch Anlage ASDEX Upgrade in Garching (aber seit 1990 in Betrieb) – Ersatz durch modernen (Hoch-Feld) Tokamak erforderlich (ca. 1 Mrd €)
- *Materialforschung eines der wichtigsten Technologie-Themen, daher deutsche Beteiligung an IFMIF-DONES essentiell (ca. 80 Mio € Investitionskosten plus 1.5 Mio € Betriebskosten p.a.)*
- Investitionen in die Labors der Materialforschung sowie *die langfristige Finanzierung des Tritiumlabors (KIT), ca. 100 Mio €*
- Verstärkte Arbeit in EUROfusion am Design des Tokamak-Kraftwerks (und Aufbau Kompetenzen zum Design eines Stellarator-Kraftwerks)
- Stärkere Zusammenarbeit mit der Industrie
- **Zusätzliche Mittel in substantieller Höhe benötigt:**  
**ca. 1,2 Mrd. € Investitionsmittel plus 20 % Aufwuchs (ca. 30 Mio p.a.)**

# ASDEX Upgrade: Wegbereiter für Tokamak-Kraftwerk



Grafik: MPI für Plasmaphysik, Mathias Dibon



- ASDEX Upgrade ist klein genug, um neue Ideen zu testen
- Groß genug, um relevant zu sein
- Aufgabe: Vorbereitung von Betriebs-Szenarien für ITER und ein Kraftwerk, insbesondere nach Entscheidung zur Wolfram-Wand in ITER

Grafik: IPP und <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2007.02.024>



## Bewertung ASDEX Upgrade innerhalb der EU (Facilities Review 2024): “indispensable“ (als einziger Tokamak der EU)

- Largest and highest heating power EU tokamak w/ relevant heating.
- All tungsten wall.
- Novel divertor geometries.
- Extensive diagnostics.
- **Most relevant EU operating Tokamak for ITER (after JET).**
- Strong international network.

***ABER: Fertigstellung 1990. Der Standort Garching braucht eine moderne Forschungsanlage, um weiter an der Weltspitze zu bleiben und für Talente interessant zu bleiben!***

***Tokamak oder Stellarator – je nach Strategie der Bundesregierung***



# Wendelstein 7-X (Greifswald)

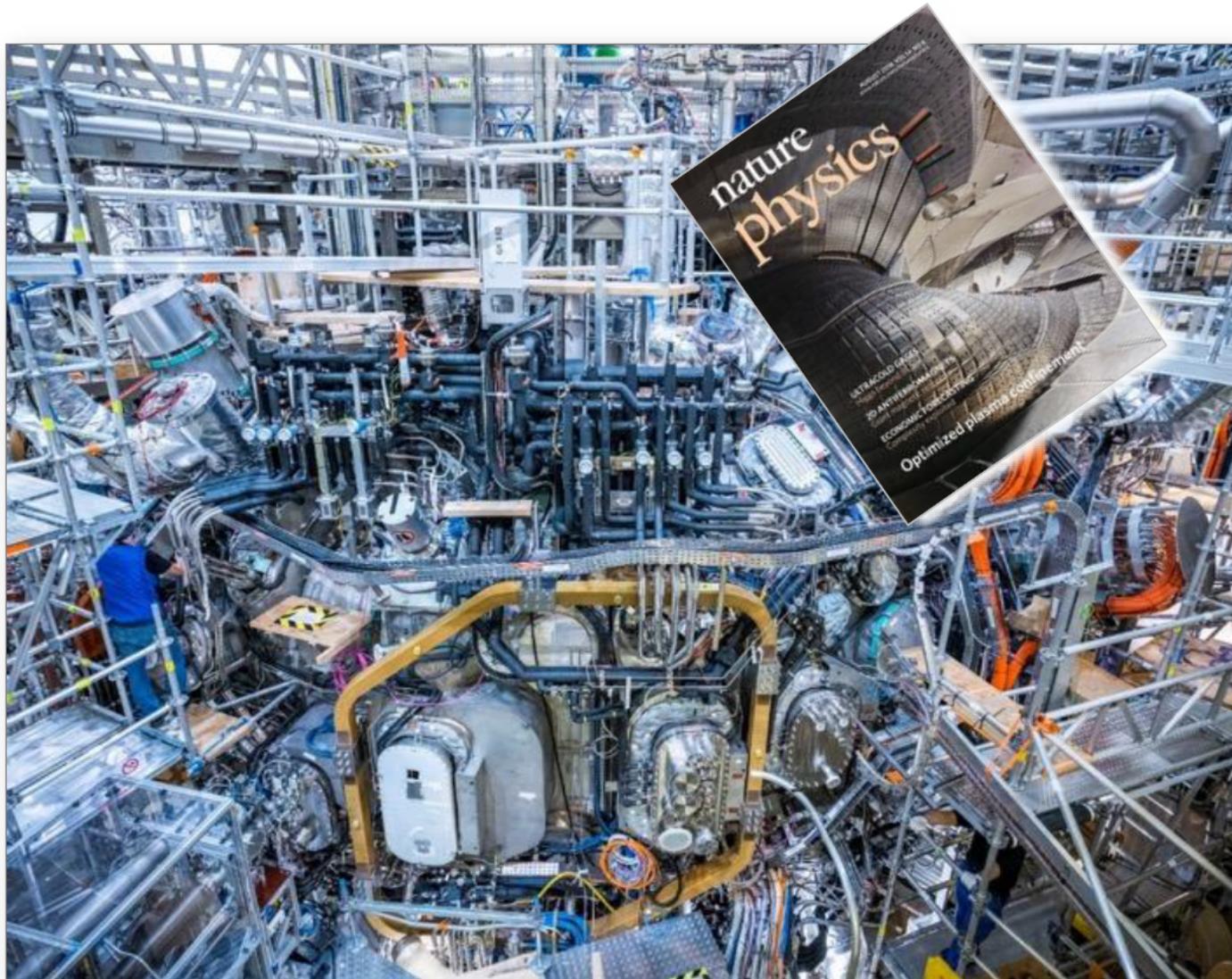


Foto: MPI für Plasmaphysik / Jan Hosan

SIBYLLE GÜNTER

**Nachweis des Erfolgs der Optimierung und erste Weltrekorde bereits in ersten Kampagnen**



Foto: MPI für Plasmaphysik / Magnus Schult

**Seit 2022 für Dauerbetrieb gerüstet**

# Bewertung Wendelstein 7-X innerhalb der EU (Facilities Review 2024): “indispensable“



- Strong capabilities to fill in physics basis for stellarator power plants.
- **Leading alternative to the tokamak.**
- The stellarator plasma is largely free from spontaneous disruptions.
- Opportunity to move the stellarator toward the level of maturity already enjoyed by tokamaks.
- **Clear advantage in stability due to lack of toroidal current, but confinement, exhaust control, fast particles, etc. requires further study.**

# Wir brauchen die besten Köpfe - Zusammenarbeit mit Bayerischen Universitäten



## TU München

- Bisher: Gemeinsame Berufungen
  - Physik: Prof. Dr. Ulrich Stroth, ***Nachfolgeberufung auf dem Weg***
  - Mathematik: Prof. Dr. Eric Sonnendrücker
  - Ingenieurwissenschaften: Prof. Dr. Rudolf Neu (W2)
- ***IPP plant W3-Berufung auf dem Gebiet Plasma-Wand-Wechselwirkung/Materialien – könnte gemeinsame W3-Berufung werden***
- Bisher Honorarprofessuren:
  - Prof. Dr. Frank Jenko
  - Prof. Dr. Sibylle Günter

# Wir brauchen die besten Köpfe - Zusammenarbeit mit Bayerischen Universitäten



## LMU München

- Bisher: Honorarprofessoren: Prof. Dr. Hartmut Zohm, Prof. Dr. Rachael Mc Dermott
- ***Lehrstuhl für Fusionsplasmaphysik an der LMU wäre für die Nachwuchsgewinnung sehr hilfreich***

## Universität Augsburg

- Bisher: Honorarprofessor: Prof. Dr. Ursel Fantz
- ***Vorschlag: Lehrstuhl für Diagnostik/kalte (randnahe) Fusionsplasmen***



## Wir brauchen die besten Köpfe - Weitere Vorschläge für Lehrstühle

- ***Kontrolltheorie/Künstliche Intelligenz (bspw. Elektrotechnik/Informatik der TUM)***
- ***Materialwissenschaften/Strukturmaterialien (bspw. FAU Erlangen)***
- ***Fusions-Kraftwerksdesign/Nukleartechnologien***