

Konzept zur Einrichtung einer

Fusion Factory Bavaria

A) Situation: Die Kernfusion verspricht eine umweltfreundliche Lösung des wachsenden Energieproblems und wird deshalb seit rund 50 Jahren intensiv beforscht.

1. Die Kernfusion wird seit dem Ende des zweiten Weltkriegs auf die zivile Nutzung beforscht. Weltweit führend gelten neben Europa, den USA mittlerweile insbesondere China.
2. Neben den staatlich finanzierten Großforschungseinrichtungen werden seit 2010 auch in Deutschland verstärkt Start-ups zur kommerziellen Nutzung der Kernfusion als Energiequelle gegründet.
3. Neben den magnetfeldbasierten Fusionsreakortypen Tokamak, mit einfachen Magnetspulen aber nur gepulstem Betrieb, und dem Stellerator, der kontinuierlich arbeitet, aber sehr komplexe Magnetspulen benötigt, spielen auch laserbasierte Fusionsreaktor eine zunehmende Bedeutung.
4. Die physikalischen Vorgänge bei der Kernfusion können bereits umfassend erklärt und daraus die Anforderungen für die technische Umsetzung ausreichend genau spezifiziert werden. So muss das Lawson-Kriterium, dem Mindestwert für das Produkt aus Temperatur, Druck sowie der Energieeinschlusszeit für das eingeschlossene Plasma, erfüllt werden, damit sich die Kernfusionsreaktion selbständig aufrechterhält.
5. Während die Mindestkriterien für Temperatur (> 150 Mio. K) und Druck ($\sim$ einige Bar) in den existierenden Forschungsreaktoren grundsätzlich erfüllt werden können, stellt die Erreichung der Energieeinschlusszeit, also dem Quotienten aus der thermischen Energie der Kernfusion und der Verlustleistung, die wesentliche zu lösende Aufgabe dar.
6. Die dazu nötige Alphateilchen-Leistung kann durch die Dichte der Fusionspartner Deuterium und Tritium sowie der Kernreaktionsrate, die sich aus dem Produkt der Teilchengeschwindigkeit und dem geschwindigkeitsabhängigem Wirkungsquerschnitt ergibt, klar bestimmt werden.

B) Komplikation: Nun sind insb. ingenieurtechnische Problemstellungen, wie die thermische Belastung der Materialien, deren Verarbeitung sowie die Präzision der Montage noch ungelöst.

1. Nachdem die physikalischen Grundlagen extensiv und erfolgreich erforscht wurden, müssen nun die konstruktive Auslegung optimiert, geeignete Werkstoffe entwickelt sowie komplexe Fertigungsprozesse konzipiert und automatisiert werden.
2. Die optimale Ausformung des Magnetfeldes ist entscheidend für die präzise und stabile Kontrolle des Plasmas. Für die elektromagnetische Auslegung der komplexen 3D-geformten Spulen (insb. im Stellerator) müssen leistungsfähige, ggf. auf Quantenalgorithmen basierende Optimierungsverfahren entwickelt werden. Um die immens hohen Magnetfeldstärken (~ 10 Tesla) realisieren zu können, müssen geeignete supraleitende Materialien kreiert, hochpräzise Fertigungsprozesse zum Verlegen und zum optischen Vermessen erforscht sowie echtzeitfähige Regelalgorithmen zur Stabilisierung konzipiert werden.
3. Die Verbund-Materialien der sogenannten Blankets, aus denen der das über 100 Mio. K heiße Plasma umschließende Torus besteht, müssen sowohl extrem hohen Wärmeflüssen als auch dem kontinuierlichen Neutronenbeschuss widerstehen können (z.B. Wolfram). Darüber hinaus muss Lithium (z.B. in Lithium-Orthosilikat) bereitgestellt werden, um Tritium als Brennstoff brüten zu können, sowie dazu die Neutronenstrahlung vervielfältigt werden (z.B. durch Beryllium).
4. Auch die laserbasierten Forschungsreaktoren müssen in Bezug auf die Frequenz der Laser-Zündungen, die Automatisierung des Brennstoff-Pellet-Handlings und der Entsorgung der Reaktionsreste sowie die Leistung und Effizienz der pro Reaktor erforderlichen hunderten von Lasersystemen signifikant verbessert werden.
5. Letztendlich ist auch bei einer Lösung aller technischen Probleme die Wirtschaftlichkeit der Stromerzeugung mittels Kernfusion kritisch wissenschaftlich zu evaluieren, da gleichzeitig sowohl die auf Wind und Sonne basierende Stromerzeugung mit hochlaufenden Skaleneffekten und kostenfreier Primärenergie gegen Grenzkosten von Null läuft als auch die Speicherung elektrischer Energie mittels Batterien durch die steigende Verbreitung von E-Autos ebenfalls volkswirtschaftlich erschwinglich wird.

C) Lösungsansatz: Eine enge Kooperation zwischen Forschung und Industrie sowie eine Dual-Use-Strategie für die erforschten Technologien erhöhen die Umsetzungswahrscheinlichkeit.

1. Im Rahmen der grundlagenorientierten Forschung am Fusion Campus in München werden die technischen Anforderungen erarbeitet; für die technische Umsetzung der Kernfusion sollen zukünftig die ingenieurwissenschaftlichen Forschungsinstitute stärker involviert werden.
2. Um die zu erwartenden hohen Forschungs- und Entwicklungsaufwände nicht nur staatlich, sondern auch durch die Privatwirtschaft finanzieren zu können, sollten einerseits möglichst umfassend verfügbare Lösungen (z.B. aus konventioneller Energietechnik) genutzt und andererseits alle neu entwickelten Technologien auch in weiteren Anwendungen eingesetzt werden können.
3. Neben der Wette auf den Erfolg einzelner privat finanzierter und zur Sicherung deren IP stark vertikal integrierten Start-ups, sollen in schlagkräftigen Forschungsverbünden aus erfahrenen Unternehmen der Energietechnik, kompetenten Werkstoff- und Halbzeug-Lieferanten, erfahrenen Maschinen- und Anlagenbauern sowie ausgewiesenen ingenieurwissenschaftlichen Instituten die wesentlichen technischen Forschungsfragen im Detail bearbeitet werden. (Dagegen wird kein Anspruch zur Integration der erarbeiteten Lösungen in einen funktionierenden Reaktor erhoben.)
4. Die erzielten technischen Lösungen sollen parallel konsequent auch auf ihre wirtschaftliche Umsetzbarkeit geprüft und dahingehend optimiert werden. Dazu werden moderne Methoden der Technologiebewertung aus dem Venture Capital Bereich angewendet und angepasst.

D) Leitidee: Perspektivwechsel und Zielorientierung auf das Endprodukt: Vom Kraftwerk her denken.

1. Ein Kraftwerk verlangt mehr als wissenschaftliche Exzellenz: Es verlangt Machbarkeit in Gesamtauslegung, Fertigung, Betrieb und Wartung, Lizenzierung und Revisionen.
2. Leitfragen: Was muss ein funktionsfähiges Kraftwerk leisten? Welche Betriebsparameter, Wartungszyklen und Lizenzierungen sind realistisch? Welche Fertigungsprozesse sind machbar und skalierbar?
3. Der Perspektivwechsel zur Fokussierung auf das Endprodukt „Kraftwerk“ bietet eine ganzheitliche Betrachtung und integriert von Anbeginn die Fertigung, Betrieb, Wartung und Lizenzierung.
4. Die frühzeitig umfassende Perspektive reduziert die Iterationen zwischen Physik und Technik und betrachtet das Plasma als Teil des zu entwickelnden Gesamtsystems.
5. Eine schnelle Umsetzung eines ersten Fusionskraftwerks in Deutschland erfordert einen Kraftwerk-First-Ansatz.
6. Frühzeitige Einbindung führender Kraftwerksunternehmen, um die deutsche Industrieexpertise im Anlagenbau und -wartung, der Systemintegration und in der Lizenzierung großtechnischer Energiesysteme gezielt in die Fusionsentwicklung einzubringen.

E) Umsetzung: Die Fusion Factory Bavaria bietet ein offenes Innovations-Ökosystem zur effektiven Verbund-Forschung unter einem Dach.

1. Zu einer effektiven Technologie-Entwicklung, einem vereinfachten Gedankenaustausch sowie zu einer synergetischen Lösungsfindung der immensen technischen Herausforderungen sollen relevante Partner in der Fusion Factory Bayern (FFB) an einem räumlichen Ort zusammengebracht werden. Die FFB ist ein offenes Ökosystem, in dem wechselweise speziell zusammengesetzte Teams herausfordernde technische Forschungsfragen sowohl aus der Kernfusion als auch in technisch verwandten Bereichen (wie z.B. supraleitende Spulen in der Medizintechnik, in Flugantrieben oder in Windkraftanlagen; hitzebeständige Materialien für die Prozessindustrie, die Energietechnik oder die Raumfahrt; leistungsstarke Laser für Fertigungsprozesse, Verteidigung oder Energieübertragung; Quantenalgorithmen basierte Optimierungs- und Regelverfahren für eine Vielzahl an alternativen Anwendungen etc.) unter einem Dach bearbeiten.
2. Die einzigartige Kombination und Vernetzung der auf die Kernfusion fokussierten Kompetenzen wird die wissenschaftliche Exzellenz sowie die internationale Sichtbarkeit des Forschungs- und Industriestandorts Bayern erhöhen und die frühzeitige Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses in diesem neuen Technologiefeld stärken. Dazu ist die Wiederaufnahme des Studiengangs Anlagentechnik geplant und eine Spezialisierung auf die Kernfusionstechnik vorgesehen.
3. Die Organisation der Fusion Factory Bavaria orientiert sich an der Förderinitiative „Forschungscampus – öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen“ des Bundesministeriums für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) und wird als eingetragener Verein geführt.

4. Die beteiligten Unternehmen und Forschungsinstitute beteiligen sich durch Mitgliedsbeiträge, Mieten sowie die Nutzung von Dienstleistungen (Liste relevanter Partner siehe Anhang). Sie beauftragen Forschungsinstitute mit wissenschaftlichen Fragestellungen und beteiligen sich an öffentlich geförderten Forschungsverbundprojekten.
5. Aus den Mitgliedsunternehmen wird ein Forschungsbeirat benannt, der die strategische Ausrichtung lenkt, die operative Projektführung kontrolliert und die eingereichten Projektanträge evaluiert.
6. Der Freistaat Bayern leistet eine zeitlich begrenzte Anschubfinanzierung, finanziert die Projektkoordination und beteiligt sich an den Mietkosten. Für die erste Projektphase von fünf Jahren schreibt das StMWK eine Projektförderung i.H.v. 10 Mio. € aus, die über Bayern Innovativ koordiniert und deren Projektanträge von dem Forschungsbeirat der FFB evaluiert werden.
7. Um schnellstmöglich die Forschungsarbeiten starten zu können, soll eine verfügbare Industriehalle in der Metropolregion Nürnberg (z.B. Auf AEG) angemietet werden.

F) Zeitplan: Die Fusion Factory Bavaria kann bereits A2026 gestartet werden

- | | |
|---|---------|
| 1. Involvierung Partner aus Wirtschaft und Forschung/ LoI | 02.2026 |
| 2. Diskussion des Konzeptes mit StMWi und StMWK | 04.2026 |
| 3. Reservierung der Mittel aus Mission Fusion im Haushalt 2026 | 05.2026 |
| 4. Erarbeitung Vollantrag | 06.2026 |
| 5. Start Fusion Factory Bavaria in Räumlichkeiten der FAU | 08.2026 |
| 6. Bezug dedizierte Forschungsfabrik | 09.2026 |
| 7. Integration in nationale und EU-Fusionsprogramme (Mission Kernfusion, GO4Fusion) | 11.2026 |