

Auf dem Weg zu einem Fusionskraftwerk Wissenslücken und Forschungsbedarfe aus Sicht der TA

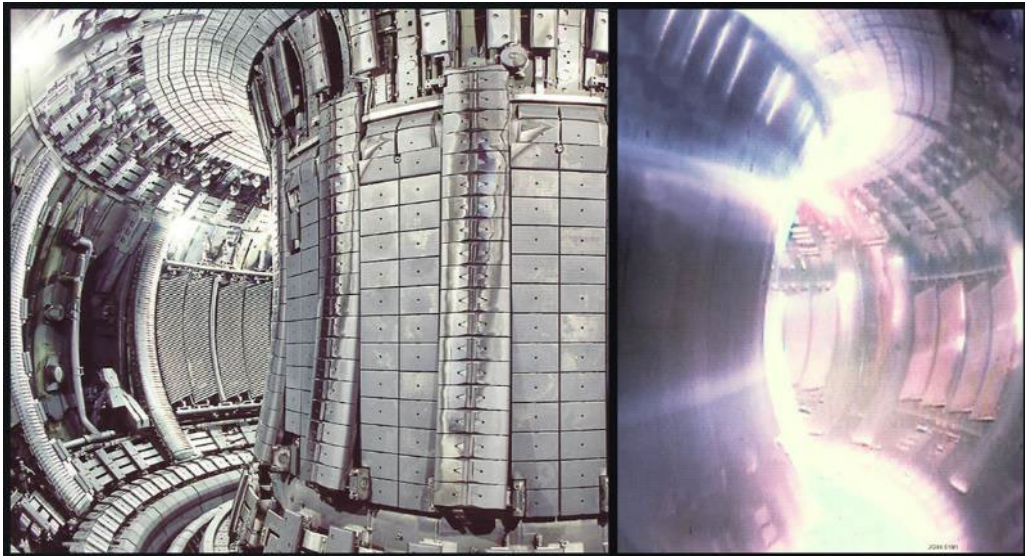


Photo: Wolfgang Stemme/Pixabay

Dr. Reinhard Grünwald

Energiewende: Kernfusion – Hoffnung für die Energiewende?
Österreichische Nationalbank, Wien 20.03.2024

In aller Kürze: TAB Aufgaben und Ziele



- Das TAB ist eine unabhängige wissenschaftliche Einrichtung, die den Deutschen Bundestag und seine Ausschüsse in Fragen des wissenschaftlich-technischen Wandels berät
- Grundlage ist ein Vertrag zwischen KIT und dem Bundestag (seit 1990)
- Auftrag:
 - Potenziale und Auswirkungen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen umfassend und vorausschauend analysieren und die damit verbundenen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Chancen und Risiken ausloten
 - Rahmenbedingungen für wissenschaftlich-technische Innovationen untersuchen
 - Dialogforum für Gesellschaft und Politik zur Diskussion und Beurteilung wissenschaftlich-technischer Entwicklungen
 - auf dieser Grundlage Handlungsbedarf und -möglichkeiten des Parlaments aufzeigen

Durchbrüche, Weltrekorde und Superlative...



Historischer Durchbruch in der Fusionsforschung: Laser haben die Kernfusion gezündet!

(Fraunhofer ILT 2022)

ITER: A unique international collaboration to harness the **power of the stars.**

(Bigot 2017)

New technologies might bring the **“Holy Grail”** within reach.

(strategy& 2023)

Major breakthrough on nuclear fusion energy.

(Amos 2022)

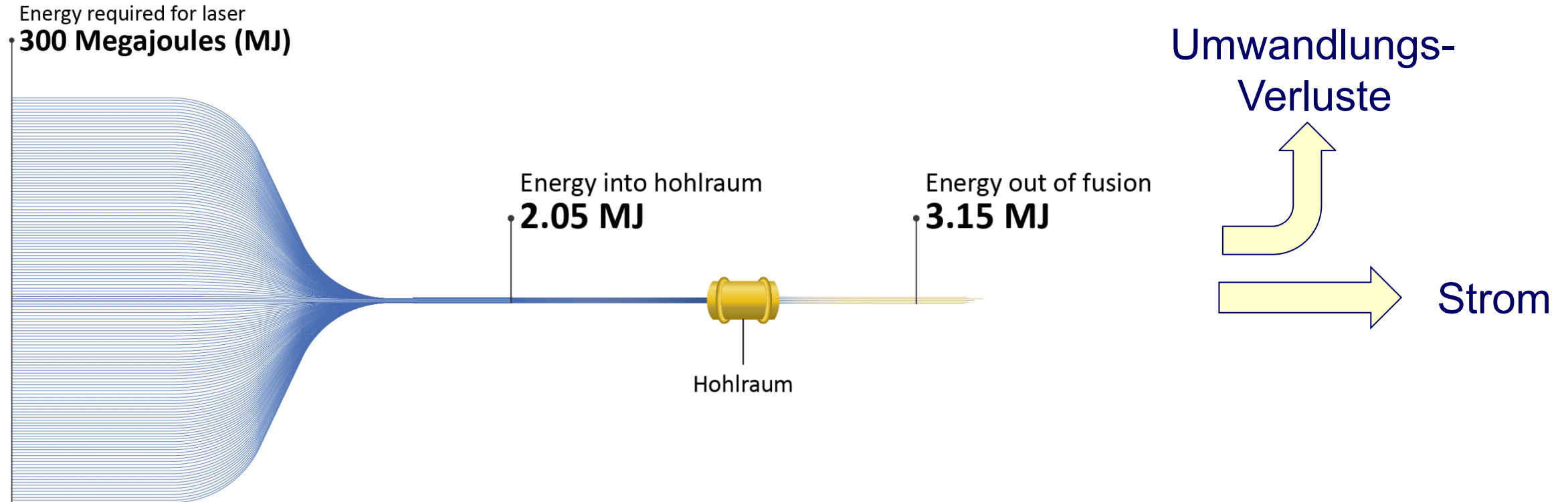
US nuclear-fusion lab **enters new era**: achieving ‘ignition’ over and over.

(Tollefson 2023)

UK nuclear fusion reactor sets **new world record for energy output.**

(Sparkes 2024)

Meilenstein an der National Ignition Facility NIF (USA)



Bildquelle: GAO 2023

Was fehlt noch für ein Kraftwerk?



Erreicht ist

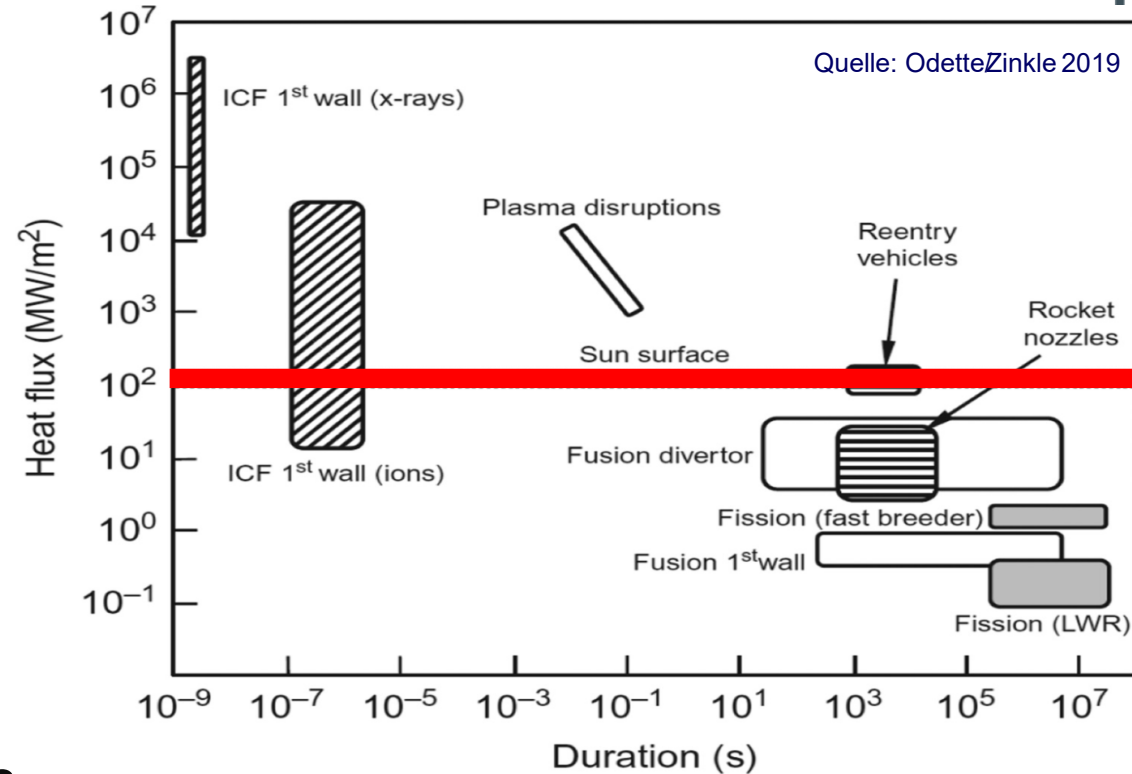
- Energieverstärkung = 1,5
- Ein „Schuss“ am Tag

Notwendig für ein Kraftwerk

- Energieverstärkung = ca. 100
- 10 „Schuss“ pro Sekunde
 - Laser aufladen
 - Brennstoffkügelchen einbringen und justieren
 - Brennstoff zünden
 - Kammer leeren
- Neutronenenergie in Strom umwandeln
- Ein „Schuss“ entspricht der Explosion von 10 kg TNT

Kraftwerkstaugliche Materialien

- Extreme Wärmebelastung
- Hochenergetische Neutronen
14 MeV (vs. 0,1 eV bei Kernkraft)
 - Versprödung
 - Hohlraumbildung
- Sollen im Betrieb nicht
(oder nur wenig) radioaktiv werden
 - Schränkt Auswahl an Elementen ein



Oberfläche
der Sonne

**Jedes dieser Kriterien ist für sich genommen bereits schwer zu erfüllen.
In der Kombination ist es eine enorme Herausforderung für Materialentwicklung**

- Wird im Kraftwerk selbst aus Lithium „erbrütet“

aber:

- Kraftwerke brauchen ein Startinventar an Tritium (um die 10 kg)
- Es existiert weltweit eine Menge von etwa 25 kg Tritium, die für zivile Zwecke verfügbar ist
- Für den Betrieb von ITER reicht sie aus
Aber bereits für DEMO ist dies mit Stand von heute nicht gewiss
- Fusionskraftwerke müssen im Betrieb mehr Tritium durch sog. Brüten erzeugen als sie verbrauchen (56 kg pro Jahr für 1.000 MW Wärmeleistung)
- Die dafür nötigen Technologien sind noch kaum entwickelt und erprobt

Ist Strom aus Kernfusion wirtschaftlich?



- Prognosen zu Kosten der Erzeugung von Fusionsstrom sind spekulativ
- Hoher Investitionsbedarf und lange Kapitalbindung
- Investitionen in Fusionskraftwerke sind in liberalisierten Energiemärkten schwer zu realisieren (wenig Betriebserfahrung → unternehmerisches Risiko hoch)
- Risiko muss ggf. durch die öffentliche Hand abgemildert werden

- Kritische Faktoren:
 - Ungeplante Ausfälle! (max. einmal alle drei Jahre)
 - Verfügbarkeit des Kraftwerks!!
 - (Kernkraftwerke Zyklus: 1,5 Jahre Dauerbetrieb, 2 Wochen Brennelementewechsel und Revision)

➤ Helium

- Wird in großen Mengen zur Kühlung von Magnetspulen benötigt
- Helium als Nebenprodukt der Erdgasförderung wird sich bei zurückgehender Förderung verknappen

➤ Beryllium

- Als „Erste Wand“ von Fusionsreaktoren und als Neutronenmultiplikator im Brutblanket
- Startinventar für 1 GW Kraftwerk: etwa ein Drittel der heutigen Weltproduktion p.a.
- steht für ein breit angelegtes Fusionsausbauprogramm nicht in ausreichender Menge zur Verfügung
- Beryllium enthält Verunreinigungen aus Uran, das unter Neutroneneinwirkung u.a. Plutonium erzeugt → Abfallproblem! Kernwaffen?!?

➤ Lithium

- Ausreichend vorhanden
- ABER: es wird das Isotop Li-6 benötigt (7,6% in natürl. Vork.). Es gibt aktuell kein großtechnisches Verfahren zur Herstellung!

- „Bei der Kernfusion ist keine Endlagerung von radioaktiven Abfällen über einen Zeitraum von etwa 100 Jahren hinaus notwendig.“
- Dies ist ein **Entwicklungsziel** und keine **Eigenschaft** von Fusionskraftwerken!
 - Ob dieses Ziel erreicht werden kann, hängt von den Fortschritten bei der Materialentwicklung der nächsten Jahre ab
 - Zielkonflikte mit Wirtschaftlichkeit sind absehbar (z.B. hochreine Materialien)

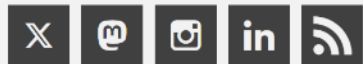
- Tritium ist als Sprengkraftverstärker ein Bestandteil fortgeschrittener Kernwaffendesigns
- Um zuverlässig zu verhindern, dass militärisch relevante Mengen Tritium (wenige Gramm!) aus Fusionskraftwerken abgezweigt werden, ist ein extrem hoher apparativer und administrativer Aufwand erforderlich
- Die Erbrütung von waffenfähigem Plutonium in einer Menge, die für Sprengköpfe ausreicht, ist in Fusionskraftwerken technisch problemlos möglich
- Experimentelle Einrichtungen der Laser-/Trägheitsfusion und Simulationsmethoden können Know-how für die Entwicklung von Kernwaffen generieren

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



[Themen und Projekte](#) [Publikationen](#) [Über uns](#) [Service](#)

Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag



Folgen Sie uns gerne!

www.tab-beim-bundestag.de



Das TAB analysiert im Auftrag des Deutschen Bundestages umfassend und vorausschauend die Potenziale wissenschaftlich-technischer Entwicklungen und ihre Auswirkungen auf die Gesellschaft.

Organisation

Betreiber: [ITAS im KIT](#)

Partner: [IZT](#) und [VDI/VDE-IT](#)

Auftraggeber: [Deutscher Bundestag](#)

Steuerungsgremium:
[Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung](#)

Kontakt

Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB)

Neue Schönhauser Straße 10
D-10178 Berlin

[+49 30 28491-0](tel:+4930284910)

buero@tab-beim-bundestag.de

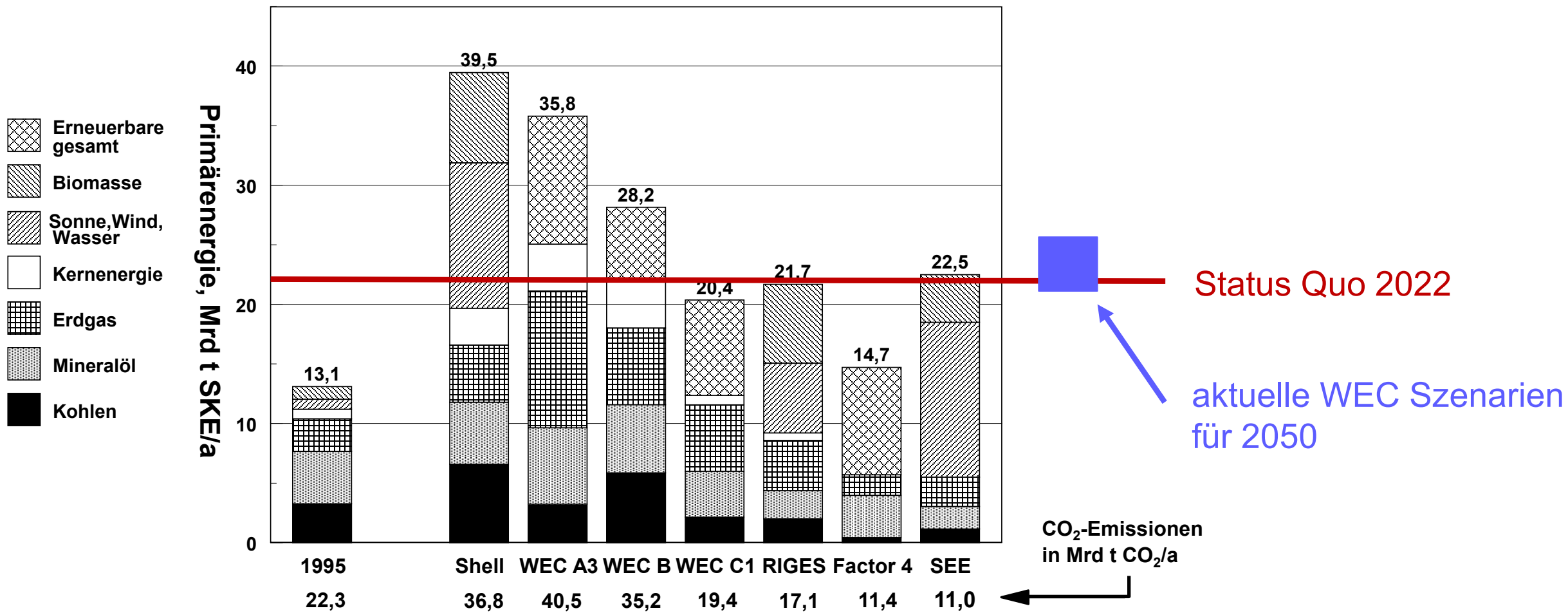
[Mediananfragen](#)

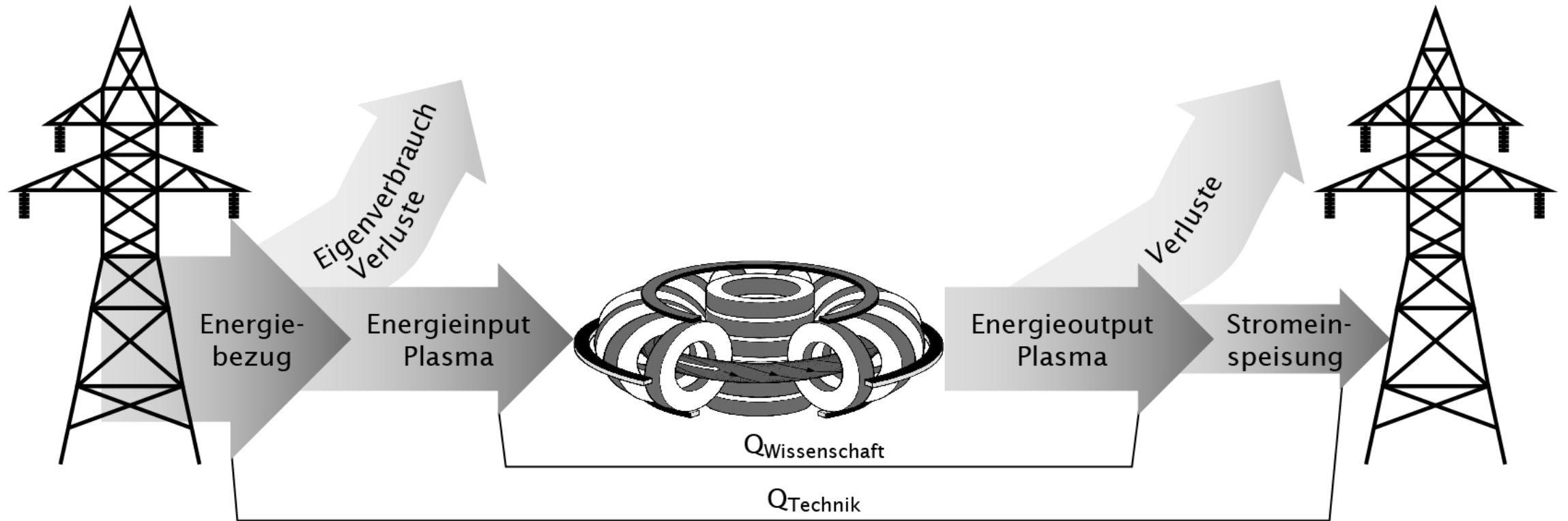
[Team](#)

[Hier finden Sie uns](#)

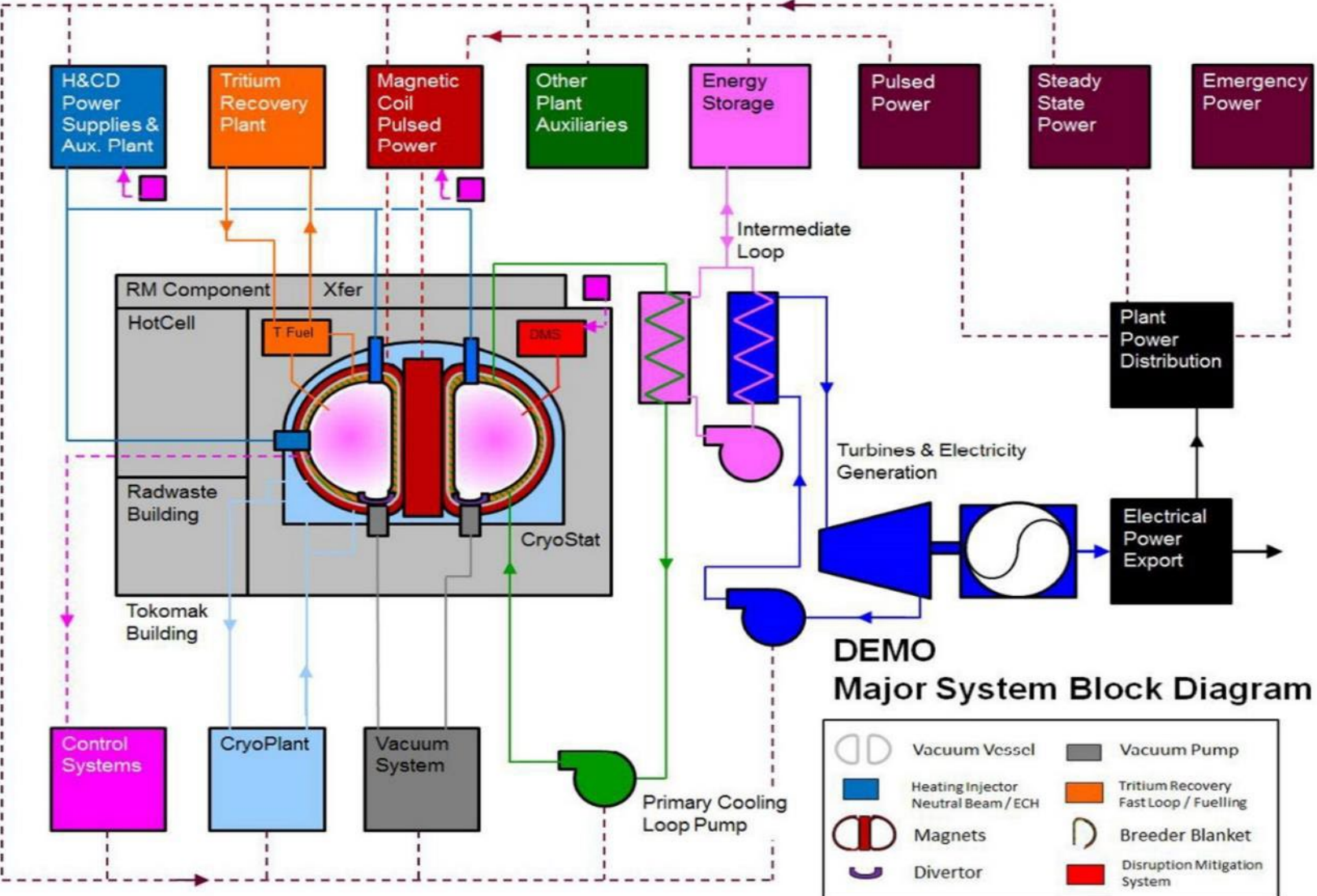
Energieszenarien

(1995: 5,6 Mrd; 2050: 9,5 Mrd Menschen)

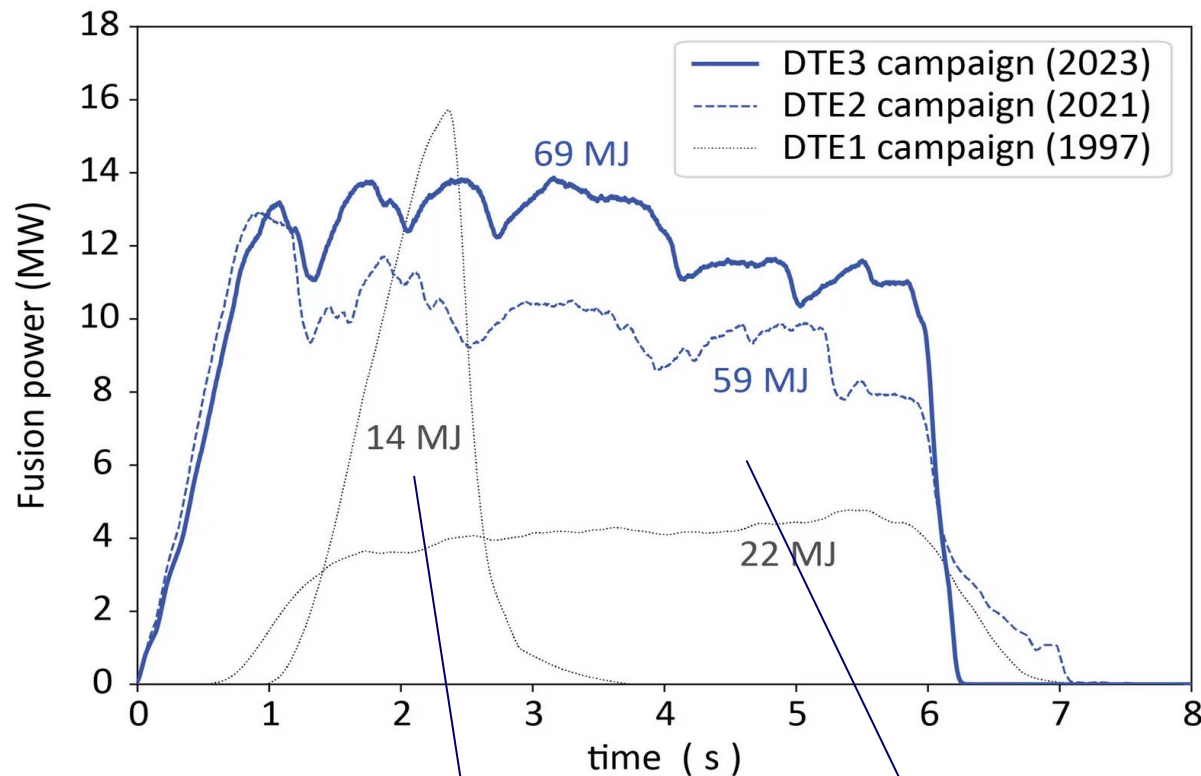




Balance of Plant Systeme



In JET erzeugte Fusionsenergie 1997 bis heute



$Q(\text{Wissenschaft})=0,67$

$=0,33$