

PRESSEINFORMATION

31.3.2026 || Seite 1 | 9

Fraunhofer ILT entwickelt Schlüsseltechnologien für den Zukunftsmarkt Fusion

Bis 2029 investiert die Bundesregierung über 2 Mrd. € in die Fusionsforschung. Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen ist ein Early Mover. In Verbundforschungsprojekten erforscht und entwickelt es mit Partnern aus der Industrie und Forschung Lösungen für künftige Fusionskraftwerke. Es geht um den Aufbau schlagkräftiger Lieferketten sowie die Entwicklung von Verfahren für eine automatisierte Massenfertigung. International kooperiert das Institut unter anderem eng mit dem Lawrence Livermore National Laboratory. Dessen National Ignition Facility konnte mit dem derzeit weltgrößten Laser wiederholt Fusionsplasma zünden und erzielt dabei stetig wachsende Energieüberschüsse. Bei der Entwicklung von Kraftwerkstechnik zeichnen sich Spillover-Effekte ab, die der Photonik Zugang zu neuen Anwendungsmärkten verschaffen könnten.

Seit Dezember 2022 ist die Fusionsforschung weltweit im Aufwind. Forschenden des Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) gelang seinerzeit in der kalifornischen National Ignition Facility (NIF) ein historischer Durchbruch. Erstmals setzte eine mithilfe eines Hochenergielasers gezündete Trägheitsfusion (IFE) mehr Energie frei, als der Laser auf ein stecknadelkopfklaues Pellet mit Fusionsbrennstoff konzentriert hatte. Seither hat das LLNL das Experiment mehrfach mit wachsendem Energieüberschuss wiederholt. Damit steht fest: Die zugrundeliegende Physik funktioniert.

Die Vision der klimaneutralen, nahezu unbegrenzten Energiequelle Fusion ist greifbarer denn je. Zudem sind IFE-Anlagen intrinsisch sicher, weil das Plasma nur unter enormem Druck und bei Temperaturen um 150 Mio. °C zündet. Ohne die Brennstoffzufuhr und Zündpulse erlischt die Fusion sofort. Denn nur unter diesen Extrembedingungen sind die einander abstoßenden Kerne der Wasserstoffisotope Deuterium und Tritium in der Lage, den Coulomb-Wall zu überwinden und zu fusionieren. Für einen anhaltenden Kraftwerksbetrieb müssen 10 bis 15 Pellets pro Sekunde mit Hochenergielaserpulsen komprimiert, zu Plasma gewandelt und gezündet werden. So aufrechterhalten, erzeugt die Fusion grundlastfähige Energie in großem Stil: Nur 1 kg Fusionsbrennstoff enthält so viel Energie wie 22.500 t Braunkohle, was der Ladung eines 6 km langen Güterzuges entspricht. Im gesamten Universum ist kein Stoff mit ähnlicher Energiedichte bekannt.

Pressekontakt

Petra Nolis M.A. | Gruppenleitung Kommunikation | Telefon +49 241 8906-662 | petra.nolis@ilt.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT | Steinbachstraße 15 | 52074 Aachen | www.ilt.fraunhofer.de

Deutsche Regierung investiert über 2 Mrd. Euro in Fusionsforschung

31.3.2026 || Seite 2 | 9

Als klimaneutrale, grundlastfähige Energiequelle kann Fusion zur wichtigen Ergänzung künftiger Energiesysteme werden, in denen kostengünstiger, aber volatiler Wind- und Solarstrom den Großteil des Bedarfs deckt. Laut Prognosen der Internationalen Energieagentur IEA wird der Strombedarf bis Mitte des Jahrhunderts weltweit um ein 2,5-Faches auf 70 Petawattstunden (PWh) pro Jahr steigen. Um ein Zehntel davon zu decken, bräuchte es fast 1.000 Fusionskraftwerke. Hier zeichnet sich ein Zukunftsmarkt für die Photonik ab, der ihr heutiges Umsatzvolumen deutlich übersteigt. Regierungen und private Investoren haben die Chance erkannt und lenken hohe Summen an Fördergeldern und Venture Capital in das Zukunftsfeld. Aktuell geht es dabei nicht nur um die Entwicklung der Basistechnologien für solche Kraftwerke, sondern auch schon um den Aufbau schlagkräftiger Lieferketten und die Entwicklung von Verfahren für die massenhafte hochautomatisierte Fertigung der Kraftwerkskomponenten. Hier setzt die anwendungsnahe Forschung der Fraunhofer-Gesellschaft an.

Noch warten auf dem Weg zu kommerziellen Kraftwerken enorme technologische und operative Herausforderungen. Hinzu kommt, dass es mit der Magnetfusion (MFE) einen weiteren vielversprechenden Ansatz gibt. Die Bundesregierung fördert im Programm »Fusion 2040« beide Ansätze. Dessen Budget hob das federführende Ministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) jüngst auf über 2 Mrd. Euro bis 2029 an. Für die Photonik ist das eine gute Nachricht: Hochenergie- und Hochleistungslaser, Optiken, Sensoren und hochflexible laserbasierte Fertigungstechnik gelten nicht nur als Schlüsseltechnologien für IFE-Kraftwerke, sondern auch für die Entwicklung, den Bau und Betrieb der komplexen Tokamak- und Stellarator-Reaktoren für die Magnetfusion.

US-Versuchsanlage nur Blaupause – Weg zum Fusionskraftwerk ist weit

Das Fraunhofer ILT zählt zu den Early Movern der Fusionsforschung. Mit Partnern aus der Industrie und Forschung (allein über 20 Institute der Fraunhofer-Gesellschaft sind in diesem Forschungsfeld aktiv) erarbeitet es in nationalen und internationalen Projekten technologische Grundlagen für Fusionskraftwerke. Diese Verbundforschungskonsortien sind Keimzellen der dringend benötigten Lieferketten. Es geht in den Projekten um die realitätsnahe Modellierung und Simulation von Komponenten, Teilsystemen bis hin zu Gesamtkraftwerken und um die Entwicklung robuster Optiken und Treiberlaser für jene Hochenergielaser, die in IFE-Kraftwerken der Zukunft im 15-Hertz-Takt Fusionsplasma zünden sollen. Um eine solche Frequenz zu schaffen, kommen nur aufwändige diodengepumpte Festkörperlaser (DPSSL) in Frage.

Der Laser der Versuchsanlage in Kalifornien basiert auf 192 Strahlengängen, in denen von Blitzlampen gepumpte Glasplatten die Laserpulse verstärken. Dafür wechselwirken deren Photonen mit Elektronen in Kristallglasplatten. Das Energieniveau eines initialen

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT

Nanojoule-Pulses nimmt dabei in dem Maß zu, als würde man einen normalen Schlag mit der Hand akustisch auf das Niveau eines schweren Erdbebens verstärken. Dieses Pumpen findet im infraroten Wellenlängenbereich statt. Der auf 192 Strahlengänge verteilte Puls wird anschließend in grüne und blaue Wellenlängen gewandelt – und wird zu ultrakurzwelliger Röntgenstrahlung, wenn alle 192 Strahlen mit mehr als 2 Megajoule kombinierter Pulsenergie synchron auf das Target treffen. Der Zündpuls erreicht dabei für wenige Nanosekunden die gleiche Leistung wie das gesamte US-Stromnetz. Entsprechend braucht es riesige Kondensatoren, um die nötige elektrische Energie zwischenspeichern. Und nach dem Schuss muss das System stundenlang abkühlen. Für die Hochenergielaser künftiger Kraftwerke ist das undenkbar. Sie müssen hocheffizient bis zu 15 Schüsse pro Sekunde liefern. Der Wirkungsgrad der Wandlung von elektrischer in optische Energie muss gegenüber der NIF um das 10- bis 15-Fache steigen. Hintergrund: Die kalifornische Versuchsanlage war nie zur Energieproduktion, sondern für die Plasmaforschung ausgelegt.

31.3.2026 || Seite 3 | 9

Förderprojekte erarbeiten photonische Basis für Fusionskraftwerke

DPSSL sind Schlüsselkomponenten für IFE-Kraftwerke. Statt mit Blitzlampen werden sie mit effizienten Hochleistungslaserdioden gepumpt. Im BMFTR-Förderprojekt DioHELIOS wirkt das Fraunhofer ILT in einem breiten Konsortium mit, das sich der Entwicklung der massenhaft benötigten Hochleistungslaserdioden widmet. Neben der Modellierung der Dioden geht es um ihre Integration in aktiv gekühlte Module samt Kollimationslinsen bis zum Design hochautomatisierter Fertigungsketten. Die Ziele sind ambitioniert: Die mit den Dioden-Pumpmodulen erzielbare Pulsenergie soll bei verbesserter Effizienz und homogeneren, stabileren spektralen Eigenschaften um Faktor 50 steigen. Obendrein gilt es, die Kosten der Diodenlaser-Module durch vollautomatisierte Massenfertigung auf unter einem Cent je Watt Leistung zu senken. Das wäre weniger als ein Vierzigstel ihrer heutigen Kosten. Das darf aber keinesfalls zu Lasten der Qualität gehen: Denn die stark beanspruchte Hardware soll im Kraftwerksbetrieb 30 Jahre halten. Das Ausmaß der Herausforderung zeigt sich auch darin, dass die heutige Weltjahresproduktion von Hochleistungsdioden nicht einmal den Bedarf eines einzigen IFE-Kraftwerks deckt. Mit seinen Partnern im DioHELIOS-Konsortium sucht das Fraunhofer ILT hierfür bereits nach konkreten Lösungen.

DioHELIOS ist eine der Maßnahmen im Programm »Fusion 2040«. Im eng verwandten Projekt PriFUSIO arbeitet ein Konsortium unter Federführung des Fraunhofer ILT an den optischen Schlüsselkomponenten der Hochenergielaser für Fusionskraftwerke. »Es geht um deren systematische Weiterentwicklung und Validierung«, erklärt Dr. Sarah Klein, Koordinatorin der Fusionsforschung am Fraunhofer ILT. Das Projekt widmet sich neuen Verfahren zur Herstellung, Beschichtung und Qualitätsprüfung von Linsen, optischen Gittern sowie der Simulation und Materialentwicklung der Verstärkerplatten, die im Zusammenspiel mit Hochleistungslaserdioden die Zündpulse in den Megajoule-Bereich

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT

verstärken sollen. »Alle optischen Komponenten müssen dem 24/7-Kraftwerksbetrieb standhalten. Dafür gilt es unter anderem, ihre Zerstörschwellen deutlich zu erhöhen«, sagt sie. Zudem sind neue Ansätze gefragt, um die anfangs nur in geringer Stückzahl benötigten, teils sehr großen Optiken kostengünstig herzustellen. Das Fraunhofer ILT verfolgt auch dafür einen vielversprechenden Ansatz: Laserbasierte Prozessketten für Formgebung, Politur und Nachbearbeitung. Im Vergleich zu mechanischen Verfahren bringt das Werkzeug Licht von vornherein weniger Mikrorisse und Störstellen in die optischen Komponenten ein, was deren Robustheit und Lebensdauer erhöht.

31.3.2026 || Seite 4 | 9

Fusion braucht laserbasierte Fertigungsverfahren

In den Projekten »IFE-Targetry-HUB« und »Durable« wirken Teams des Fraunhofer ILT ebenfalls an vorderster Front dabei mit, Schlüsseltechnologien für Fusionskraftwerke zu entwickeln. »Durable« befasst sich mit der Simulation und Prozessentwicklung für die additive Fertigung von plasmaseitigen Wandkomponenten. Im 24/7-Kraftwerksbetrieb prasseln fortlaufend von der Fusion freigesetzte Neutronen auf die Wände ein. Deren kinetische Energie wird in den Wänden auf ein Kühlmedium übertragen, das verdampft und eine Turbine antreibt. Auch sind spezielle Wandelemente gefragt, in denen die Neutronen dazu dienen, das Wasserstoffisotop Tritium aus Lithium zu erbrüten. »Um die hochtemperaturbeständigen, äußerst robusten Wolframlegierungen der Wände in Form zu bringen, bieten sich laserbasierte additive Fertigungsverfahren an«, erläutert Klein. Das Fraunhofer ILT hat den Metall-3D-Druck erfunden, patentiert – und seither systematisch weiterentwickelt. KI spielt dabei wie auch bei dem ebenfalls am Institut erdachten und patentierten Extremen Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen EHLA eine immer wichtigere Rolle. »Beide additiven Verfahren haben großes Potenzial für die Fertigung von Kraftwerkskomponenten«, sagt sie.

Nicht minder relevant sind laserunterstützte Verfahren für die Fertigung der Brennstoff-Targets. Wenn Fusionskraftwerke im 15-Hz-Betrieb bis zu 1,3 Mio. Mal täglich zünden, müssen die Target-Kosten um Größenordnungen bis in den Cent-Bereich sinken. Auch diese Herausforderung gehen Forschende des Fraunhofer ILT im Projekt »IFE-Targetry-HUB« an. In der Fusionsforschung laufen sehr viele Fäden zusammen, die das Institut in den letzten Jahrzehnten aufgenommen und weitergesponnen hat. Nun zahlt sich diese Vorarbeit aus. »Unsere Projekte bewegen sich am typischen Fraunhofer-Arbeitspunkt: Es geht darum, Technologien neu zu denken und sie aus der Forschung in die konkrete industrielle Anwendung zu überführen«, sagt die Fusionsforschungskoordinatorin.

Hochenergielaser von Grund auf verstehen

Voraussichtlich werden die Hochenergielaser künftiger IFE-Kraftwerke viele hundert parallele Strahlengänge haben. Jeweils tausende Hochleistungs-Laserdioden-Barren

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT

werden darin Verstärkerplatten aus Spezialglas oder -kristall pumpen, um die Pulse auf das für die Zündung erforderliche Energielevel zu verstärken. So komplexe Laser sind nicht im Trial-&Error-Ansatz realisierbar. Vielmehr braucht es Computational Methods, um sie vor dem Prototypenbau zunächst virtuell zu erproben und optimieren. Virtuelle Prototypen der Komponenten, Teilsysteme und schließlich auch der kompletten Hochenergielaser ermöglichen es Forschenden, deren Funktionen zu ergründen und im virtualisierten Betrieb realitätsnah durchzuspielen. Das Fraunhofer ILT hat in den letzten Jahren hochentwickelte Lasersimulationsmodelle für das Design, die Entwicklung und industrielle Skalierung von DPSSL realisiert. Diese unterzieht es nun einer Nagelprobe, indem es sie im Projekt »ICONIC-FL« mit vergleichbaren Lösungen des LLNL abgleicht.

31.3.2026 || Seite 5 | 9

Das US-Institut ist auf die Simulation und den Bau von Hochenergielasern spezialisiert, das Fraunhofer ILT auf DPSSL mit hohen mittleren Leistungen. Beide Partner bringen also komplementäres Know-how ein. »Es geht in diesem Projekt nicht darum, unsere Simulationsmodelle zusammenzuführen oder Code auszutauschen«, betont Johannes Weitenberg, Projektleiter auf Seiten des Fraunhofer ILT. Vielmehr möchten die beiden Institute voneinander lernen und ihre Simulationsergebnisse mit Blick auf die nächste DPSSL-Generation für Fusionskraftwerke doppelt absichern, indem sie das Laserdesign einer unabhängigen Cross-Validierung unterziehen. Dafür werden sie jeweils mit ihren Lösungen die Verstärkungsstufen der Hochenergielaser simulieren. Hierbei wollen sie komplexen physikalischen Effekten auf den Grund gehen: »Im 24/7-Betrieb können Aufheizung, Brechungseffekte und Aberrationen den Laserstrahl verzerren. Hier fallen selbst kleinste Effekte ins Gewicht und können Effizienzverluste oder sogar direkte Schädigungen der Optik verursachen«, sagt Weitenberg. Man wolle genau verstehen, was in der einzelnen Verstärkerplatte vor sich geht, um später komplexe Plattenstapel simulieren zu können.

Letztlich zielt die aktuelle Fusionsforschung darauf ab, mit multidisziplinären Ansätzen Technologiesprünge zu erzwingen. Das Beispiel der NIF zeigt, was möglich ist: Mithilfe von naturwissenschaftlichem und ingenieurtechnischem Know-how sowie simulations- und KI-gestützter Prozessoptimierung ist es dort gelungen, den Energieüberschuss der Fusion vom anfangs 1,5-Fachen auf das 4-Fache der vom Laser eingebrachten Energie zu steigern. Diesen Faktor gilt es nun mit spezifisch für IFE-Kraftwerke optimierten Hochenergielasern auf einen Faktor 50 bis 100 zu steigern.

Hochenergielaser sind nicht nur für die Fusion interessant

Das Großprojekt Fusionskraftwerk braucht enge Kooperation zwischen Industrie und Forschung. Staatliche Förderprogramme können technologische Grundlagen schaffen, doch auf lange Sicht müssen Unternehmen investieren und Lieferketten aufbauen. Für Innovationen heißt das, dass sie nicht nur auf das Fernziel Fusionskraftwerk, sondern auch auf weitere Anwendungsmärkte ausgerichtet sein sollten. Um etwa die nötige

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT

Fertigungskapazität für Hochleistungslaserdioden aufzubauen und deren Kosten durch Skaleneffekte auf das erforderliche Niveau zu senken, müssen neue Anwendungen erschlossen werden. »Hierbei steht unser Institut der Industrie mit geballtem, über 40 Jahre generiertem Know-how zur Seite«, erklärt Klein.

31.3.2026 || Seite 6 | 9

Erste Spillover-Effekte stellen sich bereits ein. So ist aus dem PriFUSIO-Projekt eine neue Generation von synthetischen Quarzglasplatten hervorgegangen, die neben der Fusion auch für andere Hochleistungslaseranwendungen im Nah-Infrarotbereich – darunter das Laserschneiden und -schweißen – interessant ist. Hersteller Heraeus Covantics hat das Herstellungsverfahren sowohl mit Blick auf die Performance als auch auf die Kosten optimiert. Zudem bietet es höhere Flexibilität bei den Plattengrößen. Das neue Material zeichnet sich durch sehr geringe Absorption und hohe Leistungsdichte aus.

Auch für Hochenergielaser gibt es Bedarf abseits der Fusion: Als Treiber für Secondary Sources sollen sie neue Wege zum Erzeugen von Extremer-Ultraviolett-(EUV)-, Röntgen- oder Neutronenstrahlung ebnen. Zu den vielversprechenden Anwendungen gehört die kombinierte Röntgen- und Neutronen-Bildgebung, die das Fraunhofer ILT aktuell im Verbundprojekt PLANET mitentwickelt. Sie soll optische und stoffliche Analysen des Inhalts verschlossener Fässer und Container durch deren Wände hindurch ermöglichen. Laserstrahlquellen sind der Schlüssel, um die dafür benötigten Teilchenbeschleuniger zu miniaturisieren und diese in kompakte, möglicherweise in Zukunft sogar mobile Geräte zu integrieren. »Vieles woran wir in der Fusionsforschung arbeiten, ist für viele Märkte relevant. Wir arbeiten nicht nur an einem Kraftwerk!«, betont Klein. Die Fusion sei eine große Chance für die Laser- und Optikindustrie in Deutschland und Europa. Sollte der kommerzielle Erfolg der Laserfusion länger als erhofft auf sich warten lassen, könne die Branche mit den in der Fusionsforschung erzielten Technologiesprüngen neue Märkte erschließen. Wird sie zum Erfolg, dann braucht ein einziges Kraftwerk die aktuelle Weltjahresproduktion an Hochleistungslaserdioden sowie zehntausende große Optiken. Selbst bei konservativen Schätzungen würde sich das heutige Umsatzvolumen des Laserweltmarktes schlagartig vervielfachen.

Fusion auf dem AKL'26

Angesichts solcher Perspektiven wird der AKL – International Laser Technology Congress (22. – 24. April 2026 in Aachen) in verschiedenen Sessions das ökonomische und technologische Potenzial des Zukunftsmarktes Fusion beleuchten. In der Gerd Herziger Session am 23. April 2026 gibt Prof. Constantin Häfner in seinem Vortrag »Laser Power Unleashed: Treiber für Fusionsenergie und industrielle Ökosysteme« aktuelle Einblicke in den Stand der Fusionsforschung und den Status der benötigten Lieferketten. Der Vorstand für Forschung und Transfer der Fraunhofer-Gesellschaft ist ausgewiesener Fusionsexperte und war für die Hochenergielaserentwicklung am LLNL verantwortlich, bevor er in seiner Zeit als Leiter des Fraunhofer ILT und als Berater der

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT

Bundesregierung wichtige Impulse für die Fusionsforschung in Deutschland gegeben hat. Er wird auch auf dem Podium der Session mitdiskutieren.

31.3.2026 || Seite 7 | 9

Daran anschließend wird die Session 4, Laserstrahlquellen II vertiefte fachliche Einblicke in die Entwicklung von Hochenergielasern für die Fusion und Sekundärquellen liefern. Auch in Session 7 - Laserstrahlquellen III am 24. April, die sich mit Ultrakurzpulslasern befasst, wird der von Dr. Sarah Klein geleitete Slot »Diodenlaser« Halbleiterlaser für Fusionskraftwerke der Zukunft behandeln.



Bild 1:

»Fusionsforschung bewegt sich aktuell am typischen Fraunhofer-Arbeitspunkt. Es geht darum, Technologien neu zu denken und aus der Forschung in die industrielle Anwendung zu überführen«, erklärt die Koordinatorin der Fusionsforschung in der Fraunhofer-Gesellschaft, Dr. Sarah Klein.

© Fraunhofer ILT, Aachen / Ralf Baumgarten.

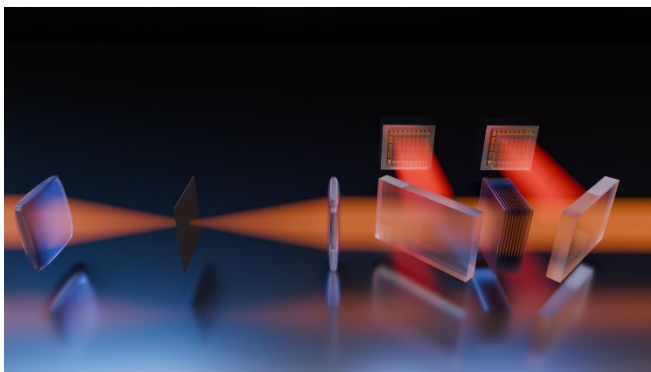


Bild 2:

Visualisierung eines Strahlengangs. Laserpulse durchlaufen darin Optiken und Verstärkerplatten. Die Hochleistungs-Diodenlaser-Module führen Energie zu, um die Pulse auf das zum Zünden der Fusion nötige Niveau zu verstärken.

© Fraunhofer ILT, Aachen.

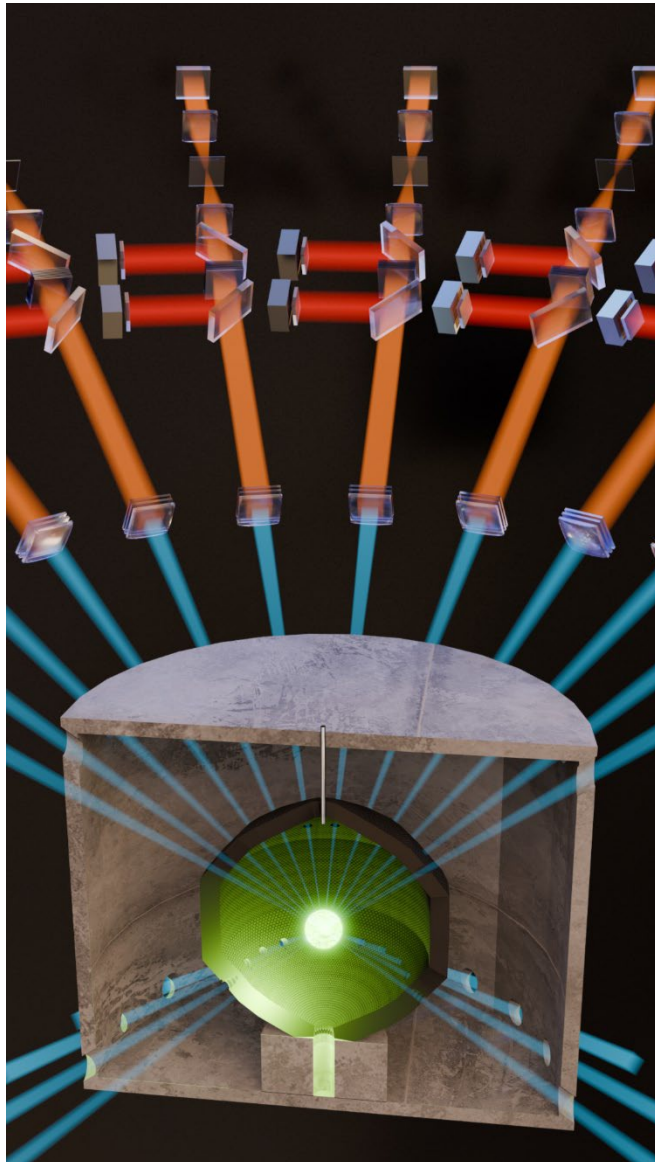


Bild 3:
Querschnitt der Fusionskammer eines Trägheitsfusionskraftwerks. Mehrere hundert, jeweils in getrennten Strahlengängen verstärkte, synchron auf das Target ausgerichtete Laser zünden etwa 15-mal pro Sekunde pfefferkornkleine Pellets mit dem Brennstoff Deuterium Tritium. Dessen Fusion setzt klimaneutrale, grundlastfähige Energie frei.
© Fraunhofer ILT, Aachen.

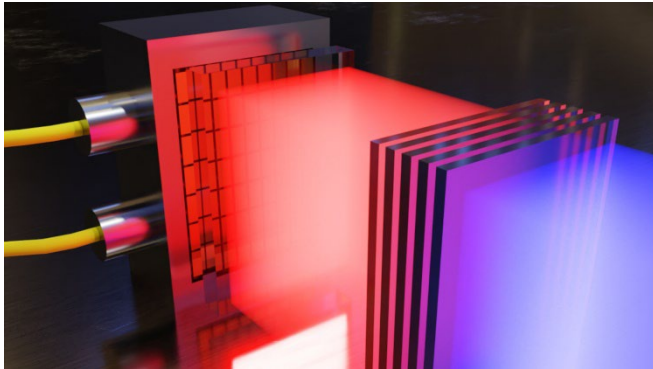


Bild 4:
Visualisierung eines
Diodenlaser-Moduls mit
Strahlformung zum Pumpen
von Plattenstapelverstärkern
in Hochenergielasern. Solche
Diodenlaser-Pumpmodule
gelten als
Schlüsselkomponente für
Fusionskraftwerke der
Zukunft.

© Fraunhofer ILT, Aachen.

31.3.2026 || Seite 9 | 9

Fachlicher Kontakt

Dr. rer. nat. Sarah Klein

Koordinatorin Fusionsforschung der Fraunhofer-Gesellschaft
Abteilung Laser und Optische Systeme
Telefon +49 241 8906-8363
sarah.klein@ilt.fraunhofer.de

Dr. rer. nat. Johannes Weitenberg

Abteilung Laser und Optische Systeme
Telefon +49 241 80-40427
johannes.weitenberg@ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT
Steinbachstraße 15
52074 Aachen
www.ilt.fraunhofer.de

Die **Fraunhofer-Gesellschaft** mit Sitz in Deutschland ist eine der führenden Organisationen für anwendungsorientierte Forschung. Im Innovationsprozess spielt sie eine zentrale Rolle – mit Forschungsschwerpunkten in zukunftsrelevanten Schlüsseltechnologien und dem Transfer von Forschungsergebnissen in die Industrie zur Stärkung unseres Wirtschaftsstandorts und zum Wohle unserer Gesellschaft.

Seit ihrer Gründung als gemeinnütziger Verein im Jahr 1949 nimmt sie eine einzigartige Position im Wissenschafts- und Innovationssystem ein. Knapp 32 000 Mitarbeitende an 75 Instituten und selbstständigen Forschungseinrichtungen in Deutschland erarbeiten das jährliche Finanzvolumen von 3,6 Mrd. €. Davon entfallen 3,1 Mrd. € auf das zentrale Geschäftsmodell von Fraunhofer, die Vertragsforschung.