

# PRESSEINFORMATION

31. Oktober 2024 || Seite 1 | 9

## Projekt DioHELIOS im BMBF-Förderprogramm Fusion 2040 startet

**Hochleistungs-Laserdioden sind eine Schlüsselkomponente für Fusionskraftwerke der Zukunft. Das Verbundprojekt DioHELIOS tritt an, um ihre Leistung und Effizienz auf ein neues Niveau zu heben und Ansätze für eine automatisierte Massenfertigung zu entwickeln. Denn für eine klimaneutrale Energiegewinnung durch die laserbasierte Trägheitsfusion werden Diodenlaser-Module in hohen Stückzahlen benötigt. An dem BMBF-geförderten Projekt sind ams-OSRAM, das Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH), das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Jenoptik, Laserline und TRUMPF beteiligt.**

Schramberg, Oktober 2024 – Im Dezember 2022 gelang es US-Forschern erstmals, mehr Energie aus einer Fusionsreaktion der Wasserstoff-Isotope Deuterium und Tritium zu gewinnen, als der für die Zündung des Plasmas verwendete Großlaser hineingegeben hatte. Seither hat die National Ignition Facility (NIF) am Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) in Kalifornien die Fusion mehrfach mit steigendem Energiegewinn wiederholt. In jüngsten Versuchen setzte die Fusion mehr als doppelt so viel Energie frei wie vom Laser eingestrahlt.

Der prinzipielle Nachweis, dass die lasergezündete Trägheitsfusion funktioniert, hat weltweit eine neue Dynamik in der Fusionsforschung ausgelöst. Denn die Fusion entkoppelt die Energiegewinnung nicht nur vom Kohlenstoffkreislauf – emittiert also keinerlei Klimagase – sondern sie basiert auch auf einem nahezu unbegrenzt verfügbaren Treibstoff, ist inhärent sicher und bietet mit der Möglichkeit eines 24/7-Kraftwerksbetriebs ein Höchstmaß an Versorgungssicherheit.

### BMBF-Förderprogramm Fusion 2040 gestartet

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat die neue Dynamik früh erkannt und im März 2024 das Förderprogramm »Fusion 2040 – Forschung auf dem Weg zum Fusionskraftwerk« aufgelegt. »Es gilt jetzt, unseren Heimvorteil zu nutzen. Denn Deutschland besitzt bereits einzigartige Kompetenzen in der Erforschung der Fusion, die weltweit beachtet werden«, erklärte Bettina Stark-Watzinger, Bundesministerin für Bildung und Forschung, anlässlich des Programmstarts, »und unsere Forschungsinstitute und Zuliefererindustrie gehören beide zur internationalen Spitze. Wir müssen die Ergebnisse aus der heimischen Grundlagenforschung

---

#### Pressekontakt

**Petra Nolis M.A.** | Gruppenleitung Kommunikation | Telefon +49 241 8906-662 | [petra.nolis@ilt.fraunhofer.de](mailto:petra.nolis@ilt.fraunhofer.de)  
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT | Steinbachstraße 15 | 52074 Aachen | [www.ilt.fraunhofer.de](http://www.ilt.fraunhofer.de)

## FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT

konsequent weiterentwickeln, um Deutschland im globalen Wettlauf ganz vorne zu positionieren«.

31. Oktober 2024 || Seite 2 | 9

Mit dem Verbundprojekt DioHELIOS im Förderprogramm »Fusion 2040« nimmt diese Forschung nun Fahrt auf. Ein breites Konsortium aus der photonischen Industrie und Forschung tritt darin an, um eine Schlüsselkomponente für Fusionskraftwerke der Zukunft weiterzuentwickeln: Hochleistungs-Diodenlaser-Module. Diese werden als Pumpquellen für jene Hochenergielaser benötigt, die Plasma aus den Wasserstoff-Isotopen bei rund 300 Gigabar Druck extrem verdichten und bei Temperaturen um 150 Mio. Grad Celsius zünden – zehnmal heißer als im Inneren der Sonne. In der kalifornischen Versuchsanlage kommt diese Aufgabe dem weltweit größten und energiereichsten Laser zu. Auf der Fläche von drei Fußballfeldern erzeugen 192 Strahlengänge über zwei Megajoule Energie pro Puls. Spitzenleistung: fast 500 Terawatt. Das System operiert im ultravioletten Wellenlängenbereich bei 351 Nanometern mit Pulsdauern von etwa 10 Nanosekunden. Als Pumpquelle sind herkömmliche Blitzlampen im Einsatz.

### Schlüsselkomponenten für Fusionskraftwerke

Die in den 1990er Jahren mit dem seinerzeit verfügbaren Stand der Technik geplante Versuchsanlage ist nicht auf effiziente Energiegewinnung, sondern auf grundlegende Fusions- und Plasmaforschung ausgelegt. Für kommerzielle Kraftwerke ist das Anlagendesign untauglich. Denn der Laser benötigt nach jedem Schuss einige Stunden zum Abkühlen. In einem Kraftwerk sind dagegen Wiederholraten von 10 bis 20 Zündungen pro Sekunde erforderlich. Auch die Effizienz des gesamten Lasersystems muss massiv steigen – was nach aktuellem Stand der Technik nur mit gezielt auf die Absorptionslinien des Verstärkermediums abgestimmten Laserdioden statt der breitbandig emittierenden Blitzlampen möglich sein wird. Jedoch erfüllen heutige Diodenlaser-Pumpmodule weder in ihrer Performance (Kombination von Effizienz, Intensität, Lebensdauer) noch vom Kostenniveau und den produzierten Stückzahlen her die Anforderungen kommerzieller Kraftwerke. So übersteigt schon der Bedarf an Diodenlaser-Barren – den Halbleiter-basierten Grundbausteinen der Pumpmodule – für ein einziges Kraftwerk deren heutige globale Jahresproduktion.

## FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT

Das Projekt DioHELIOS (Diodenlaser-Pumpquellen für Hochenergielaser in Fusionskraftwerken) muss daher neue Wege zur Entwicklung der Pumpmodule einschlagen. Diese sind gänzlich unverzichtbar, um laserbasierte Fusionskraftwerke zu realisieren. Hintergrund: Das Erzeugen der Laserpulse für die Fusion beginnt mit Energien im Nano-Joule-Bereich aus einem gepulsten Faserlaser. Indem sie durch mehrere Verstärkerstufen laufen, steigt ihr Energielevel nach und nach in den zweistelligen Joule-Bereich. Um sie dann in den Kilojoule-Bereich zu pumpen, durchlaufen die Laserpulse wiederholt 20 bis 40 cm große, speziell dotierte Glas- oder Kristallplatten, wo die räumlich, zeitlich und spektral präzise bereitgestellte Energie der Diodenlaser-Module sie verstärkt. Diesen Weg durchlaufen die Pulse je nach Anlagendesign parallel in 200 bis 400 Strahlengängen, ehe sie die Fusionskammer erreichen, wo sie – zu einem hochintensiven Megajoule-Strahl gebündelt – das Target zünden.

---

31. Oktober 2024 || Seite 3 | 9

---

Die Voraussetzung dieser Verstärkung sind maßgeschneiderte, spezifisch für die Anforderungen der Trägheitsfusion entwickelte Pumpmodule. Deren Pulsenergie muss gegenüber der heutigen Technik bei zugleich verbesserter Effizienz um einen Faktor 50 steigen. Auch sind deutlich homogenere, stabilere spektrale Eigenschaften gefragt. Und es braucht Diodenlaser-Module, die in einer automatisierten Massenfertigung zu Kosten von weniger als einem Cent je Watt Leistung produziert werden. Nicht zuletzt soll die Hardware bei Wiederholraten um 15 Hertz rund 30 Jahre durchhalten.

### **Ambitionierte technologische Zielsetzung**

An diesen Zielsetzungen werden die sechs DioHELIOS-Konsortialpartner – zwei Forschungsinstitute und vier Industrieunternehmen – ihre Forschung ausrichten. Mit dem Laserfusions-Start-Up Focused Energy aus Darmstadt ist ein siebter Partner assoziiert. Jenoptik, ams-OSRAM sowie das Ferdinand-Braun-Institut (FBH) werden ihr Know-how als führende Hersteller und Entwickler von Laserdioden einbringen und neue Ansätze für Halbleiterlaser vorantreiben. Das Fraunhofer ILT wird sie beim Design und der Optimierung der Diodenlaser-Barren mit der eigens entwickelten Software SEMSIS unterstützen. Es geht darum, die Ausgangsleistung der Chips erheblich zu steigern und dabei die industrielle Fertigbarkeit auf dem gefragten Kostenniveau sowie die Ressourceneffizienz im Blick zu behalten. Bei den Diodenlasern für Fusionskraftwerke kommt es zudem auf eine möglichst stabile spektrale Verteilung des Laserstrahls an. Hierfür verfolgt das Konsortium ebenso neue Designansätze wie für eine erhöhte Lichtausbeute durch Anwendung so genannter Multi-Junction-Konzepte: hierbei soll die Ausbeute bei der elektro-optischen Wandlung von Elektronen in Photonen durch das Stapeln mehrerer aktiver Zonen deutlich steigern.

Die so optimierten Diodenlaser-Chips gehen anschließend an TRUMPF, Laserline und Jenoptik. Sie werden daraus im DioHELIOS-Projekt Diodenlaser-Stapel (mehrere

## FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT

übereinandergestapelte Barren) mit hoher Packungsdichte und folglich hoher Intensität aufbauen. Dabei kommt es im Sinne hoher Lebensdauer sowie zur Vermeidung von temperaturbedingten spektralen Drifts besonders auf hoch wirksame Kühlung an. Die Diodenlaser-Stapel dienen als Bausteine für die Pumpmodule, in denen sie in zweidimensionalen Arrays angeordnet werden. Auch damit befassen sich TRUMPF und Laserline im Projekt. Obendrein untersuchen die Projektpartner Optimierungspotenzial bei den Stromtreibern, die möglichst verlustarm mehr als 1.000 Ampere starke Strompulse bereitstellen sollen. Und auch die Strahlformung und Strahlführung stehen auf der Agenda. Das Fraunhofer ILT entwickelt dafür speziell optimierte, für die automatisierte Montage geeignete Optiken zur Kollimation und Homogenisierung des Strahlprofils. Bei alledem kommt es auf die Skalierbarkeit der Module zu höheren Leistungen und Pulsenergien sowie auf systematische Kostenkontrolle an.

---

31. Oktober 2024 || Seite 4 | 9

---

### **Performance von Diodenlaser-Pumpmodulen auf ein neues Niveau heben**

Das Fraunhofer ILT adressiert im Verbundprojekt vor allem die Modellierung und Optimierung der Diodenlaser-Barren sowie das Design von Optiksystemen zur Strahlformung. Ein weiteres Ziel ist die automatisierte Charakterisierung der Diodenlaser-Stapel und Pumpmodule. Darüber hinaus steuern die Aachener KI-Know-how bei: Dabei stehen unter anderem die beschleunigte Mikrooptik-Justage, die Online-Optimierung des Pumpstrahlprofils sowie eine Lot-basierte Montagetechnologie für die Mikrooptiken im Fokus. KI soll perspektivisch auch die automatisierte Fertigung der Pumpmodule und ihrer Einzelkomponenten optimieren, um auch auf dieser Ebene für mehr Effizienz, schnellere Taktzeiten und geringere Produktionskosten zu sorgen.

Im Projektverlauf werden Laserline und TRUMPF jeweils verschiedene Pumpmodule aufbauen, die in einem ersten Demonstrator einen Hochenergielaser pumpen sollen. Das Konsortium strebt hierbei den Vorstoß der Diodenlaser-basierten Pumpmodule in den Megawattbereich an. Die Zielsetzung ist hochambitioniert. Denn das Verbundprojekt ist auf lediglich drei Jahre Laufzeit angelegt. Die Uhr tickt: Die Bundesregierung strebt bereits in den 2040er Jahren den Bau erster Fusionskraftwerke an. Im Förderprogramm »Fusion 2040 – Forschung auf dem Weg zum Fusionskraftwerk« gibt das nun gestartete Projekt DioHELIOS wichtige Impulse für die systematische Entwicklung der laserbasierten Trägheitsfusion auf ein kommerzialisierbares technologisches Niveau. Das BMBF fördert DioHELIOS unter den Förderkennzeichen (13F1015A - F) mit insgesamt 17,3 Millionen Euro bei einer mittleren Förderquote von 66,3 Prozent.

**Statements der Konsortialpartner:**

---

31. Oktober 2024 || Seite 5 | 9

---

»Basierend auf der in Deutschland einzigartigen Ausstattung der Jenoptik mit einer eigenen GaAs-Halbleiterfabrik und einer Fertigungsstätte für Diodenlaser-Montage wird die Jenoptik im Rahmen des Projekts an der Entwicklung der Herstellung und Montage von Diodenlaser-Barren mit sehr hoher Ausgangsleistung und exzellentem Wirkungsgrad arbeiten. Um den Anforderungen eines Fusionskraftwerks gerecht zu werden, werden die Eigenschaften der Diodenlaser entsprechend angepasst, und darüber hinaus wird der Fokus auf die Großserienfertigung bei reduzierten Kosten gelegt«, Dr. Martin Zorn, Forschung & Entwicklung / Technologieentwicklung Epitaxie, JENOPTIK Optical Systems GmbH.

»Das Hochtechnologieunternehmen ams-OSRAM bringt in die Partnerschaft seine Kompetenz im Bereich optoelektronischer Bauteile ein und erforscht neuartige Halbleiterlaser. Ziel ist es, die Ausgangsleistung der Laser erheblich zu steigern, wobei auch die industrielle Fertigbarkeit sowie niedriger Ressourceneinsatz und sehr geringe Herstellungskosten im Fokus sind«, Dr. Jörg Strauss, Executive Vice President, Quality and Research & Development, ams OSRAM Group.

»Laserline wird im DioHELIOS-Projekt Diodenlaser-Megawatt-Pumpmodule für Fusionslaser realisieren, die hinsichtlich technischer Leistungsfähigkeit und Kostenstruktur die Erwartungen der Anwender erfüllen. Bei dem Projekt ist die hohe Automatisierung bei der Herstellung der Pumpmodule das vorrangige Ziel, um die Basis für die Volumenfertigung von wirtschaftlich konkurrenzfähigen Diodenlaser-Pumpmodulen zu schaffen. Im Projektverlauf werden mehrere Pumpmodule aufgebaut, die hinsichtlich ihrer Einsetzbarkeit in Fusionslasern bewertet werden. Die von Laserline hergestellten DioHELIOS-Megawatt-Pumpmodule dienen als Bausteine für zukünftige Fusionslaser und leisten einen Beitrag auf dem Weg zu einer dekarbonisierten Energieversorgung«, Volker Krause, Geschäftsführender Gesellschafter, Laserline GmbH.

»Die Fusion ist ein hochinteressantes, aber komplexes und kostenintensives Thema. Wir sollten keine Zeit verlieren, parallel wesentliche Basistechnologien für die Magnetfusion wie auch für die Laser-getriebene Trägheitsfusion, weiterzuentwickeln und bereitzustellen. Vor allem aber wird dringend eine konkrete Roadmap benötigt, in deren Kontext die aktuellen Förderprojekte gesetzt werden. Nur wenn binnen der nächsten 5 Jahre signifikanter technischer Fortschritt erzielt werden kann, sind Realisierungsszenarien für Fusionskraftwerke ab 2050 denkbar«, Dr. Hagen Zimer, Chief Executive Officer Laser Technology (CEO LT), Mitglied des Vorstands der TRUMPF SE + Co. KG.

»Schon mit dem Bau weniger Laser-Fusionskraftwerke pro Jahr weltweit würde eine Vervielfachung des heutigen Industrielasermarktes realisiert. Hochleistungslaser für die

---

**FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT**

Fusion, so groß wie ein LKW, werden in unserer Vision ähnlich wie Automobile in hochautomatisierten, autonomen Produktionslinien hergestellt. Das ist der Schlüssel zum Erreichen unserer Kosteneffizienzziele, denn heute sind Hochenergie-Hochleistungslaser noch Prototypen. Für diese sind leistungsfähige und effizient produzierte Diodenlaser eine wichtige Schlüsseltechnologie. Aktuell sind sie allerdings noch zu teuer und nur begrenzt im industriellen Maßstab einsetzbar. Ohne signifikante Innovationen in dieser Technologie wird die notwendige Skalierung und Kosteneffizienz unerreichbar bleiben. Doch gerade diese Innovationen markieren einen Wendepunkt für die gesamte Laserbranche, weil sie neue Märkte erschließen würden, in denen der Laser bisher keine Rolle spielt. Sie öffnen nicht nur die Tür zu einer nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Fusionsenergie, sondern legen auch den Grundstein für eine neue Ära der Lasertechnologie. Daher ist die Investition in diesen Bereich von höchster Priorität«, Prof. Constantin Häfner, Institutsleiter Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen und Beauftragter für Fusionsforschung der Fraunhofer-Gesellschaft.

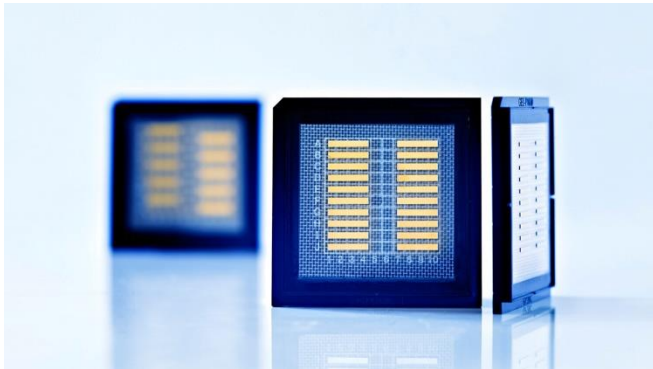
---

31. Oktober 2024 || Seite 6 | 9

---

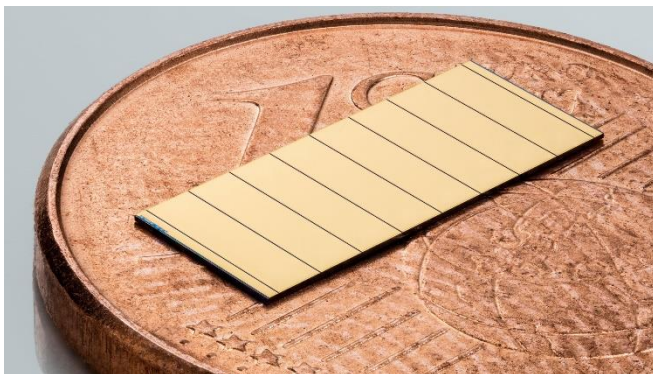
»Im Rahmen des DioHELIOS-Projekts wird das Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH), die Leistungs- und Ausbeuteskalierung von Kilowatt-Diodenlaser-Barren untersuchen. Dabei kommen innovative Diodenlaserstrukturen des FBH zum Einsatz, die mehrere aktive Schichten und Tunnelübergänge in einem gemeinsamen vertikalen Wellenleiter enthalten. Diese Technologien dienen als Grundlage für die Leistungsskalierung und werden durch die Entwicklung numerischer Tools am Weierstraß-Institut in Berlin unterstützt. Die Ausbeute-Skalierung erfolgt durch den Einsatz fortschrittlicher Techniken der kontinuierlichen optischen Überwachung und Kontrolle zur frühzeitigen Fehlererkennung, unterstützt durch die Laytec AG«, Prof. Dr.-Ing. Patrick Scheele, Wissenschaftlicher Geschäftsführer Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH).

»Der schnelle Zugang zu fortschrittlichen Lasersystemen, insbesondere diodengepumpten Modulen, ist entscheidend, um ein funktionierendes Fusionskraftwerk bei Focused Energy zu realisieren. Dies ermöglicht es uns, die notwendigen Experimente zu beschleunigen und hebt unsere Forschung und Entwicklung auf ein neues Niveau. Damit können wir das Ziel einer sauberen und unerschöpflichen Energiequelle schneller erreichen«, Prof. Dr. Markus Roth, Chief Science Officer, Focused Energy GmbH.



**Bild 1:**  
Das Verbundprojekt DioHELIOS tritt an, um unter anderem die Hochleistungs-Diodenlaserbarren des Konsortialpartners Jenoptik weiterzuentwickeln und in Diodenlaser-Pumpmodule für künftige Fusionskraftwerke zu integrieren. Deren vollautomatisierte Fertigung soll das Projekt auch mithilfe von KI vorantreiben.  
© Jenoptik.

-----  
31. Oktober 2024 || Seite 7 | 9  
-----



**Bild 2:**  
Die Grundbausteine der Diodenlaser-Pumpmodule sind winzige Diodenlaserbarren, wie sie unter anderem das Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH) entwickelt. Das Bild zeigt einen solchen Barren im Größenvergleich.  
© Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik.



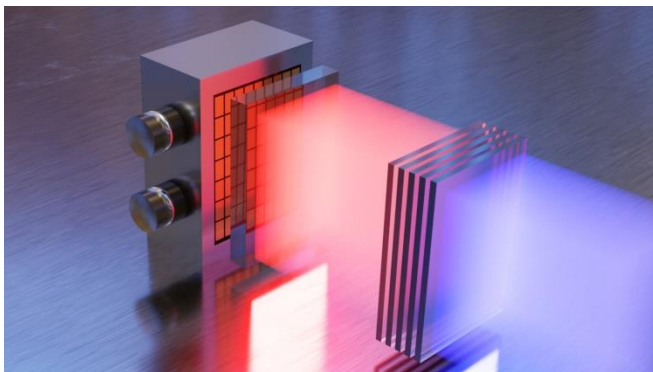


**Bild 3:**  
Das Bild zeigt einen Diodenstapel, der gemäß dem aktuellen Stand der Technik aus 25 Halbleiterbarren mit frontseitigen Fokussierungslinsen und rückseitiger aktiver Kühlung besteht.  
© TRUMPF.

-----  
31. Oktober 2024 || Seite 8 | 9  
-----



**Bild 4:**  
Lotbasierte Montage von Optiken für die langzeitstabile Strahlformung. Die Justage von Mikrooptiken soll künftig mithilfe von KI beschleunigt werden, um die für kommerzielle Kraftwerke erforderlichen Stückzahlen und Stückkosten zu erreichen.  
© Fraunhofer ILT, Aachen.



**Bild 5:**  
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.



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT

#### Fachlicher Kontakt

-----  
31. Oktober 2024 || Seite 9 | 9  
-----

#### **Dr. rer. nat. Martin Adams**

Gruppe Optikdesign und Diodenlaser  
Telefon +49 241 8906-509  
martin.adams@ilt.fraunhofer.de

#### **Dipl.-Ing. Hans-Dieter Hoffmann**

Abteilungsleiter Laser und Optische Systeme  
Telefon +49 241 8906-206  
hansdieter.hoffmann@ilt.fraunhofer.de

#### **Dr.-Ing. Martin Traub**

Gruppenleiter Optikdesign und Diodenlaser  
Telefon +49 241 8906-342  
martin.traub@ilt.fraunhofer.de

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

Die **Fraunhofer-Gesellschaft** mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation 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.

Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Die gegenwärtig knapp 32 000 Mitarbeitenden, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Finanzvolumen von rund 3,4 Mrd. €. Davon fallen 3,0 Mrd. € auf den Bereich Vertragsforschung.