

Wenn wir selbst fest an das Potenzial unseres Ansatzes glauben – und Prime Movers Lab ebenso – warum dann nicht ein Unternehmen gründen, um diese Vision gemeinsam voranzutreiben?

Interview mit Prof. Dr. Markus Roth,
Mitgründer & Chief Science Officer, Focused Energy

Prof. Dr. Markus Roth

Mitgründer und Chief Science Officer von Focused Energy, Professor für Laser- und Plasmaphysik an der TU Darmstadt

Roth gilt als Koryphäe der Kern- und Laserfusion. Schon als Jugendlicher von Star Trek und dem Universum fasziniert, baute er später den ersten Hochenergielaser an der GSI in Darmstadt mit auf und war am Aufbau der National Ignition Facility (USA) beteiligt. Er entwickelte lasergetriebene Ionenstrahlen sowie LDRS – die erste kompakte, industrielle Neutronenquelle zur zerstörungsfreien Materialprüfung. Roth forschte an allen führenden Laseranlagen weltweit, ist Fellow der American Physical Society und berät IAEA, DOE, Livermore, Los Alamos sowie das BMBF.



Sie gehören zu den Mitgründern des Fusions-Start-ups Focused Energy. Was hat Sie zu diesem Schritt bewegt und wer waren Ihre Mitstreiter und Unterstützer der ersten Stunde?

Im Jahr 2021 erhielt ich einen Anruf vom amerikanischen Investor Prime Movers Lab. Man war dort auf unsere Forschungsarbeiten im Bereich der Laserfusion an der TU Darmstadt aufmerksam geworden. Prime Movers Lab wollte mich in meiner Funktion als Professor für Laser- und Plasmaphysik als wissenschaftlichen Berater gewinnen. Besonders überzeugt zeigte man sich von unserem Ansatz der „Direct Drive Proton Fast Ignition“, den sie als einen der vielversprechendsten Wege zur Realisierung von Kernfusion überhaupt einschätzten.

Im Laufe der Gespräche entstand dann die wegweisende Idee: Wenn wir selbst fest an das Potenzial unseres Ansatzes glauben – und Prime Movers Lab

ebenso – warum dann nicht ein Unternehmen gründen, um diese Vision gemeinsam voranzutreiben? Wir wollten der Welt die so dringend benötigte neue, CO₂-freie Energiequelle geben.

Gesagt, getan: Die Entscheidung fiel schnell. Am 1. Juli 2021 gründete ich gemeinsam mit Thomas Forner in Darmstadt das Unternehmen Focused Energy – er als CEO und Experte für das Business, ich als Chief Science Officer.

Wie schwierig oder einfach war dieses Unterfangen und wie wurde darauf reagiert?

In der Fusionstechnologie geht es nicht nur um Innovation – es geht um gewaltige Investitionen und tiefes Vertrauen in die Vision und deren Umsetzung. Eine gewöhnliche Finanzierung reicht da nicht aus. Für uns war klar: Unter 15 Millionen US-Dollar brauchen wir gar nicht erst loszulegen.

Unser technologischer Ansatz und die Reputation der Gründer waren so überzeugend, dass wir – salopp gesagt – diese Summe fast nur mit einer starken Idee und einer PowerPoint-Präsentation auf die Beine gestellt haben.

Was wir von Anfang an grundlegend anders gemacht haben – und was uns meiner Meinung nach bis heute

In der Fusions-technologie geht es nicht nur um Innovation – es geht um gewaltige Investitionen und tiefes Vertrauen in die Vision und deren Umsetzung.

weltweit von allen Mitbewerbern unterscheidet – ist Folgendes: Wir haben gewusst, dass die Kernfusion ein äußerst komplexes Thema ist, das die Entwicklung fortschrittlicher Technologien erfordert. Gleichzeitig haben wir frühzeitig eine Strategie verfolgt, bei der wir

die auf dem Weg zum Fusionskraftwerk entstehenden neuen Technologien nutzen, um bereits vor dessen Fertigstellung andere Märkte zu erschließen und Umsätze zu generieren.

Zum Beispiel bieten die von Focused Energy für die Fusionszündung eingesetzten Lasersysteme schon jetzt rentable Einsatzoptionen und schaffen so neue Industrien

und Märkte. Die von uns entwickelte „Laser-Driven Radiation Sources“-Technologie stellt die weltweit erste einsetzbare Neutronenquelle dar, mit der große Bauteile wie Brücken oder Schiffscontainer genauso wie fest verschlossene Behälter zerstörungsfrei von außen durchleuchtet und charakterisiert werden können. Röntgenstrahlen können dies nicht leisten. In der Vergangenheit war das verwendete Inspektionsverfahren auf riesige Teilchenbeschleuniger angewiesen, um die notwendigen Neutronenstrahlen zu erzeugen.

Sie persönlich sind Wissenschaftler in der Laser- und Plasmaforschung. Gab es einen technischen Durchbruch bei der Inertial Fusion oder den dort genutzten Technologien, der Grundlage oder Anlass für Ihre und andere Gründungen war?

Bei der Gründung von Focused Energy am 1. Juli 2021 haben Thomas Forner und ich drei mutige Wetten abgeschlossen – und alle sind eingetreten.

Nur wenige Wochen nach unserer Gründung gelang der National Ignition Facility (NIF) im kalifornischen Livermore erstmals die Zündung einer erfolgreichen Kernfusion. Das war unsere erste Wette. Der nächste Durchbruch an der NIF folgte im Dezember 2022 mit der ersten Fusion, bei der ein wissenschaftlicher Energiegewinn (Scientific Gain) erzielt wurde. Im April 2025 wurde schließlich ein neuer Rekord aufgestellt: 8,6 MJ Fusionsenergie bei einer eingesetzten Laserenergie von 2,08 MJ – also mehr als das Vierfache an Output im Vergleich zum Input. Dabei ist zu beachten, dass die NIF-Anlage primär auf Grundlagenforschung und nukleare Sicherheit ausgerichtet ist – nicht auf Energieproduktion. Für eine wirtschaftliche Laserfusion mit Nettoenergiegewinn sind natürlich deutlich effizientere Laser- und Targetsysteme

Die von uns entwickelte „Laser-Driven Radiation Sources“-Technologie stellt die weltweit erste einsetzbare Neutronenquelle dar, mit der große Bauteile wie Brücken oder Schiffscontainer genauso wie fest verschlossene Behälter zerstörungsfrei von außen durchleuchtet und charakterisiert werden können.



Experiment an GSI in Darmstadt

notwendig – genau daran arbeitet Focused Energy mit großem Erfolg.

Unsere zweite Wette war, dass es uns gelingt, das geistige Eigentum (IP) für die Laser- und Targettechnologie von der TU Darmstadt zu Focused Energy zu transferieren. Auch das konnten wir dank der „IP for Shares“-Methode erfolgreich umsetzen. Im Gegenzug wurde die TU Darmstadt Teilhaber.

Die dritte Wette lautete, dass wir – auf Basis dieser technologischen Grundlagen, die ich als Professor an der TU in mehr als 20 Jahren entwickelt hatte – führende Wissenschaftler aus aller Welt für unser junges Unternehmen gewinnen können. Und auch diese Herausforderung haben wir gemeistert. Drei der vier für den Erfolg an der NIF verantwortlichen Wissenschaftler arbeiten für uns.

Wie funktioniert die Trägheitsfusion, welche sind die technisch-wissenschaftlichen Grundlagen?

Bei der Laserfusion schießen Laser auf stecknadelkopfgroße Targets mit den Wasserstoff-Isotopen Deuterium und Tritium und erhitzen diese auf mehr als 100 Millionen Grad Celsius. Die Energie drückt die Targets so stark zusammen, dass die Atome

miteinander verschmelzen. Neben Helium wird ein energiereiches Neutron freigesetzt. Das Neutron trifft auf die Reaktorwand und seine Bewegungsenergie wird zu Wärme. Ein Wärmetauscher erzeugt Wasserdampf, der eine Stromturbine antreibt. In einem späteren Fusionskraftwerk werden es zehn Targets pro Sekunde sein, um genügend nutzbare Wärme zu erzeugen.

Die Machbarkeit der Laserfusion gilt seit den erfolgreichen Experimenten an der National Ignition Facility als nachgewiesen. Der dort erzielte Durchbruch sowie weitere Fortschritte haben das Vertrauen in diese Technologie erheblich gestärkt.

Im Gegensatz dazu stützt sich der magnetische Einschluss bislang lediglich auf theoretische Modelle, die mögliche Wege zu einem Netto-Energiegewinn aufzeigen. Die Laserfusion hingegen befindet sich auf dem Vormarsch und wird zunehmend als Schlüsseltechnologie für die ersten kommerziellen Fusionskraftwerke betrachtet.

Dies bestätigt auch eine Umfrage im Rahmen der FusionXInvest:Global-Konferenz im Februar 2025, bei der Experten der laserbasierten Fusionsenergie ein enormes Innovationspotenzial attestierten.

In einem späteren Fusionskraftwerk werden es zehn Targets pro Sekunde sein, um genügend nutzbare Wärme zu erzeugen.

Denn gegenüber herkömmlichen Fusionskonzepten bietet die Laserfusion mehrere entscheidende Vorteile und einen direkteren Weg zur wirtschaftlichen Nutzung:

- Schnellere Skalierung: Der modulare Ansatz erlaubt die parallele Entwicklung einzelner Technologiekomponenten. Die Entwicklung der Laser ist unabhängig von der des Wandmaterials des Reaktors oder der Produktion der Targets. Laserbasierte Fusionskraftwerke können daher schneller industrialisiert werden als magnetbasierte.
- Hohes Innovationspotenzial: Fortschritte in modernen Hochfrequenz-Lasersystemen und der Entwicklung neuer Targets versprechen einen wirtschaftlich tragfähigen Fusionsprozess.
- Wachsende Investitionen: Aufgrund der jüngsten technologischen Durchbrüche sehen auch Investoren zunehmend die technologischen Vorteile der Laserfusion.

Bei der Magnetfusion sind zwei unterschiedliche Konzepte bekannt, der bei Forschungsanlagen verbreitete Tokamak und der Stellarator. Gibt es bei der Trägheitsfusion vergleichbar unterschiedliche Ansätze? An der Magnetfusion wird bereits seit deutlich längerer Zeit geforscht, weshalb diese Technologie in einigen Bereichen einen gewissen Vorsprung hat. Betrachtet man jedoch die Entwicklungen der Lasertechnologie in den vergangenen Jahren, sind die Fortschritte äußerst beeindruckend. Derzeit liegt das Momentum eher auf Seiten der Laserfusion.

In der Laserfusion unterscheidet man grundsätzlich zwischen zwei Ansätzen: dem Indirect-Drive- und dem Direct-Drive-Konzept. Die NIF nutzt den indirekten Antrieb.

Drei der vier für den Erfolg an der NIF verantwortlichen Wissenschaftler arbeiten für uns.

Dabei wird der Brennstoff in einem sogenannten Hohlraum platziert und durch Laserpulse indirekt komprimiert und erhitzt. Die Laserstrahlen treffen auf die Innenwände des Hohlraums, erzeugen dort durch Erhitzung hochenergetische Röntgenstrahlung, welche das Brennstofftarget dann gleichmäßig von allen Seiten aufheizt.

Im Vergleich dazu ist der Direct-Drive-Ansatz energieeffizienter: Hier wird das Target direkt von Laserpulsen bestrahlt. Diese treffen symmetrisch auf die Oberfläche, wodurch Material verdampft und durch den Rückstoß eine schnelle und gleichmäßige Kompression des Targets erfolgt.

Zu den Vorteilen des Direct-Drive-Ansatzes zählen eine höhere Energieeffizienz sowie ein direkterer Energieeintrag, da keine Umwandlung in Röntgenstrahlung nötig ist. Zudem ist der Aufbau einfacher – ein Hohlraum wird nicht benötigt.

Wo liegen heute die Forschungsschwerpunkte, was sind die Herausforderungen bei der Entwicklung zu einem Fusionskraftwerk mit Trägheitsfusion?

Mit dem Durchbruch der Laserfusion im Dezember 2022 wurde die Physik bzw. prinzipielle Machbarkeit bewiesen. Jetzt gilt es, die Fusionsenergie zu industrialisieren. Auf dem Weg dahin muss der Energieertrag noch deutlich größer als der Energieeinsatz werden, auch unter Berücksichtigung aller technischen Verluste. Weitere Herausforderungen, an denen wir arbeiten sind die Entwicklung hochfrequenter Lasersysteme und die Optimierung der Targets und deren Produktion.

Welchen Ansatz verfolgt Focused Energy, gibt es eine technische Besonderheit, ein Alleinstellungsmerkmal?

In Darmstadt haben wir ein hochmodernes Target-Labor mit über 2.000 Quadratmetern Fläche für die Entwicklung von Hochpräzisionstargets und Lasersystemen aufgebaut. Unser Ziel ist es, die Produktion von Targets mit Deuterium-Tritium-Brennstoff industriell zuverlässig und zugleich intelligenter zu gestalten.

Gemeinsam mit unseren Partnern entwickeln wir dafür auch die passenden Lasersysteme, die optimal auf die Zündung dieser Targets abgestimmt sind. So entsteht ein vollständig integriertes System, bei dem alle Komponenten perfekt aufeinander abgestimmt sind – von der Treibstoffmischung bis zur Laseransteuerung.

Dieses Gesamtsystem auf der Basis unserer geistigen Architektur – bestehend aus hochpräzisen Targets, der optimalen Brennstoffkombination und darauf abgestimmten Lasern – ist

In der Laserfusion unterscheidet man grundsätzlich zwischen zwei Ansätzen: dem Indirect-Drive- und dem Direct-Drive-Konzept.

In Darmstadt haben wir ein hochmodernes Target-Labor mit über 2.000 Quadratmetern Fläche für die Entwicklung von Hochpräzisionstargets und Lasersystemen aufgebaut.

weltweit einzigartig und wird in dieser Form von keinem anderen Unternehmen angeboten.

Wo liegen die aktuellen Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte von Focused Energy?

Damit in 10–15 Jahren die ersten Fusionskraftwerke ans Netz gehen können, wird bereits die industrielle Basis für die Fusionsindustrie aufgebaut und in robuste Lieferketten investiert. So können komplexe Produktionsprozesse schnell skaliert werden.

Unter der technischen Leitung von uns entsteht derzeit Europas erstes Industrieökosystem für Laserfusion – eine einmalige Allianz aus Wissenschaft und Wirtschaft mit Unterstützung der Politik. Von Beginn an dabei: RWE, Trumpf, Schott, Zeiss, Heraeus, die TU Darmstadt und das GSI Helmholtzzentrum.

Eine zentrale Rolle im Ökosystem spielt die deutsche Optoelektronikindustrie – weltweit führend in Lasertechnologie, Laserglas, Präzisionsoptik und Beschichtungen. Hier hat Deutschland einen technologischen Vorsprung von mehreren Jahren, der auch so schnell nicht von anderen Ländern aufgeholt werden kann. Denn die Optoelektronik verlangt höchste Fertigungspräzision und Materialqualität – klassische deutsche Stärken.

Welche Anforderungen bestehen aus Ihrer Sicht als Unternehmen im Bereich Trägheitsfusion an die Fusionsstrategie der EU, die Ende des Jahres vorgestellt werden soll besonders hinsichtlich eines Regulierungsrahmens, der Finanzierung der Fusionsentwicklung

und der Zusammenarbeit zwischen privaten Fusionsunternehmen, öffentlichen Forschungseinrichtungen und öffentlichen Stellen?

Alle vorliegenden Expertengutachten sprechen sich eindeutig für eine Entkopplung der Fusionsenergie vom Atomgesetz aus – schlichtweg, weil die entsprechenden Voraussetzungen nicht gegeben sind. Es gibt weder spaltbares Material noch die Gefahr einer unkontrollierten Kettenreaktion oder das Problem der Nachwärme.

Deutschland muss hier dem Beispiel von Ländern wie dem Vereinigten Königreich, den USA, Kanada oder Japan folgen, die eine solche Entkopplung bereits beschlossen haben. Andernfalls droht der Verlust des internationalen Anschlusses.

Eine entsprechende Initiative wurde bereits vom ehemaligen Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie dem Bundeskanzleramt angestoßen.

■ Autor



Nicolas Wendler

Leiter Presse und Politik

KernD (Kerntechnik Deutschland e. V.)

nicolas.wendler@kernd.de

Nicolas Wendler ist seit August 2013 Leiter Presse und Politik von Kerntechnik Deutschland e. V./Deutsches Atomforum e. V. und war davor seit März 2010 als Referent Politik dort beschäftigt. Er war zuvor als Internationaler Referent für die internationalen Beziehungen der Jungen Union Deutschlands zuständig und hat unter anderem Themen der Energie-, Klima- und Wirtschaftspolitik für die Organisation bearbeitet. Wendler hat in München und Bordeaux Politische Wissenschaft sowie Volkswirtschaftslehre und (Nord-) Amerikanische Kulturgeschichte studiert.

