

05/2024 SEP/OKT

NACHRICHTEN AUS TECHNIK, NATURWISSENSCHAFT UND WIRTSCHAFT

# TECHNIK

## IN BAYERN

Das Regionalmagazin des VDI<sup>1</sup>



## Fusionsreaktoren

Eventkalender & Aktuelles  
Familientag Faszination Technik  
Bewerbung VDI Preis 2024



WIR VERBINDEN ERFAHRUNG  
MIT NEUEN CHANCEN.



Entdecken Sie unsere berufsbegleitenden  
Weiterbildungsangebote: Bachelor • Master  
Hochschulzertifikatsprogramme • Weiterbildungsmodule

Erfahre mehr unter [www.haw-landshut.de/weiterbildung](http://www.haw-landshut.de/weiterbildung)



Foto: Silvia Stettmayer



Fritz Münzel  
Chefredakteur TiB

Physikalische Konstanten heißen so, weil sie sich nicht ändern. Lästermäuler haben zu der seriösen Riege von Gravitationskonstante, Elementarladung etc. noch den Begriff der Fusionskonstanten hinzugefügt, welche die geschätzte Zeit bis zur Inbetriebnahme des ersten Fusionsreaktors angibt. Sie lag über die Jahrzehnte hinweg, in denen Fusionsforschung schon betrieben wird, relativ fest bei 30 Jahren, daher die Begriffsbildung. Woher kommt also die gegenwärtige Euphorie, es doch noch irgendwann zu schaffen? Der eine Aspekt ist sicher die zunehmende Einsicht, dass wir wohl neben den regenerativen noch eine weitere Energiequelle brauchen werden, also der Wunsch als Vater des Gedankens. Der zweite Aspekt ist, dass man aus Fehlern ja auch lernen kann, und so übt sich die physikalische Gemeinde in Selbstkritik. Turbulenzen am Rand des heißen Plasmas sind für die unerwünschte Kühlung verantwortlich, die das Zünden der Fusionsreaktion verhindert. Sie sind aber sehr schwierig zu berechnen, und noch schwieriger, wenn das Medium 120 Millionen Grad heiß ist. Daraus folgt das simple Eingeständnis: wir haben uns anfangs bei der Dimensionierung des Plasmarings um den Faktor 10 verschätzt. Heutige Versuchsanlagen werden entsprechend größer projektiert und die bisherigen Messungen lassen hoffen. Der dritte Aspekt

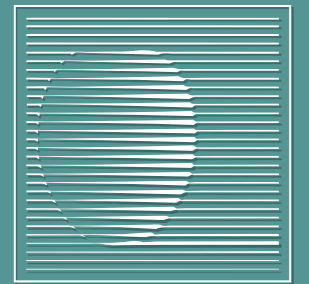
## Die Fusionskonstante wird endlich kleiner

ist die Folge aus den beiden anderen. Wenn ein Bedarf vorhanden ist und die Chancen für eine technische Realisierung nicht verschwindend klein sind, treten private Investoren auf den Plan, die ja alles andere wollen, als ihr Geld in sinnlosen Abenteuern zu versenken. Und so sind in den letzten Jahren weltweit über 40 privat finanzierte Start-Ups entstanden, viele davon als Ableger etablierter Forschungsinstitutionen, aber auch unabhängig davon, und immerhin vier in Deutschland. Einen guten Überblick findet man in den öffentlich zugänglichen Berichten der „Fusion Industry Association“, einem in USA ansässigen Verband der internationalen Fusionsindustrie. Demnach verfügen die dort organisierten Unternehmen mit Stand Juli 24 über ein Finanzierungsvolumen von 7,1 Milliarden US \$ und beschäftigen über 4.000 Mitarbeiter. Freilich bedeutet die Tatsache, dass viele Menschen an etwas glauben noch lange nicht, dass es auch so ist. Aber bei aller Skepsis sieht es doch so aus, dass die Fusionskonstante endlich kleiner wird und damit der deutschen Industrie die reelle Chance eröffnet, in einer Schlüsseltechnologie wieder zur Weltspitze zu gehören. Wollen wir diese Chance nicht einfach mal ergreifen?

Eine angenehme und erbauliche Lektüre wünscht Ihnen Ihr

*Fritz Münzel*

EDITORIAL



# iENA 2024

Sa. 26.10. – Mo. 28.10.2024

## Messe Nürnberg

Home of Innovations

Internationale Fachmesse  
Ideen • Erfindungen • Neuheiten

Mo. 28.10.2024

## iINNOVATIONS KONGRESS

- Innovationsförderung + -entwicklung
- Patent- und Rechtsschutz
- Produktsicherheit

[www.iena.de](http://www.iena.de)





Der Hochdruck/Hochtemperatur-Helium-Versuchskreislauf HELOKA am KIT

## SCHWERPUNKT

Große Hoffnung, dass es endlich klappt <i>Hartmut Zohm</i>	06
Der Stellarator W7-X als Alternative zum Tokamak <i>Thomas Klinger</i>	09
Der Tokamak ASDEX Upgrade <i>Josef Schweinzer</i>	12
Fusion kann die industrielle Renaissance für Europa sein <i>Gespräch mit Milena Roweda</i>	14
Trägheitsfusion als Option für ein Fusionskraftwerk <i>Markus Roth</i>	16
Fusionsforschung – eine internationale Unternehmung <i>Tony Donné</i>	18
Technologieentwicklungen für Fusionskraftwerke <i>Klaus Hesch</i>	20
Laserfusion in Deutschland <i>Der historische Hintergrund von Johannes-Geert Hagmann</i>	23

## Fusionsreaktoren

An der Energiegewinnung aus Kernfusion wird schon sehr lange geforscht. Erfolgreiche Experimente in neuerer Zeit beflügeln nun die Hoffnung, dass der steile Weg zu diesem steinigen Gipfel sich endlich abflacht. Folgen Sie den führenden Experten und erfahren Sie, warum das so ist.

## HOCHSCHULE UND FORSCHUNG

Teamspirit trifft auf Wasserstoff	37
Innovation und Digitalisierung für den Mittelstand	44

## AKTUELLES

VDI BV Bayern Nordost: Familientag Faszination Technik	24
Cross Cultural Group München: Interkulturelle Zusammenarbeit	27
VDI München: VDI Tag 2024	28
2. AACII-Kongress in Nürnberg	31
FiB VDI Bayern Nordost: DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH	32
VDI Bayern Nordost: Diehl – 70 Jahre VDI Fördermitglied	33
Cross Cultural Group VDI München: Hyperloop-Exkursion	34
VDI BV München: Nachfolger gesucht – AK Technikgeschichte	35
VDI BV München: Ausschreibung VDI PREIS 2024	36
VDI-Netzwerk Produktion und Logistik Bayern Nordost	38
FiB Bayern Nordost: Effiziente Kommunikation	41
VDI-Netzwerk Produkt- und Prozessgestaltung Bayern Nordost	42

## RUBRIKEN

Veranstaltungskalender	45
Ausstellungstipp	49
Impressum	49
Cartoon	50
Vorschau	50



Titelbild:  
Das Innere von ASDEX Upgrade mit Blick auf den unteren Divertor  
Foto: V. Rohde

Suchen Sie eine Dolmetscherin?



1500 Dolmetscher und Übersetzer für mehr als 40 Sprachen!



Qualifikation ✓  
Spezialisierung ✓

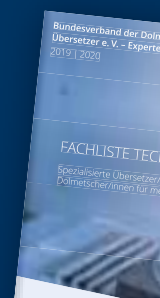
→ [by-suche.bdue.de](https://by-suche.bdue.de)

Bundesverband der Dolmetscher und Übersetzer Bayern



Unsere Fachliste Technik gratis für Sie:

- Qualifizierte Sprachprofis für 200 technische Fachgebiete
- Als PDF erhältlich unter [fachliste-technik.bdue.de](https://fachliste-technik.bdue.de) oder als Printversion über [service@bdue.de](mailto:service@bdue.de)



## Energie für die Menschheit aus Kernfusion

# Große Hoffnung, dass es endlich klappt

**K**ernfusion, die Verschmelzung leichter Atomkerne zu schwereren Kernen, ist die Energiequelle der Sterne. In Sternen verschmelzen in einem mehrstufigen Prozess Wasserstoffkerne in der Form von Protonen zu Helium.

## Grundlagen: Kernfusionsprozesse und der Plasmazustand

Dieser Prozess ist aber für die Nutzung auf der Erde zu ineffizient. Weitaus effizienter ist die Fusion der Wasserstoffisotope Deuterium und Tritium zu Helium und einem Neutron. Um diese Reaktion in Gang zu setzen muss das Wasserstoffgas jedoch stark erhitzt werden, denn die Kerne müssen sich auf Grund der thermischen Bewegung entgegen ihrer elektrischen Abstoßung so nahe kommen dass sie sich ‚berühren‘. Die hierzu notwendige Temperatur ist von der Größenordnung 200 Mio°C. Bei solch hohen Tem-

peraturen sind die Elektronen der Atome nicht mehr an die Kerne gebunden, und das Wasserstoffgas liegt als Plasma vor, ein Gas aus geladenen Teilchen.

Die zentrale Frage der Kernfusionsforschung ist daher, ob man ein Wasserstoffplasma stabil und mit ausreichender Wärmeisolation so einschließen kann, dass die durch Kernfusion der Wasserstoffisotope erzeugte Leistung die zum Einschluss und zur Heizung des Plasmas benötigte Leistung übersteigt. Dabei macht man sich zu Nutzen, dass die bei der Fusionsreaktion entstehenden hochenergetischen He-Kerne (alpha-Teilchen) im Plasma eingeschlossen sind und dieses bei ihrer Thermalisierung durch Stöße aufheizen. Wenn es gelingt, die Wärmeverluste des Plasmas durch diese alpha-Teilchen Heizung zu decken, befindet sich das Plasma im gezündeten

Zustand und benötigt keine externe Heizleistung mehr, man spricht auch vom thermonuklearen Brennen. Diese Bedingung kann durch das so genannte Lawson-Kriterium ausgedrückt werden, welches eine Bedingung an das zu erreichende Produkt von Teilchendichte, Iontemperatur und Einschlussgüte, charakterisiert durch die so genannte Energieeinschlusszeit, darstellt. Dabei ist die Energieeinschlusszeit die Zeit in der das Fusionsplasma nach Abschalten der Heizung seinen Energieinhalt behält; sie muss für die Fusion mit magnetischem Einschluss im Bereich einiger Sekunden liegen.

Wie bei der Kernspaltung ist auch bei der Kernfusion die benötigte Brennstoffmasse viel geringer als bei chemischen Verbrennungsprozessen (für die Erzeugung einer Leistung von 1 GW für 1 Jahr werden nur 54 kg Tritium benötigt), im

Gegensatz zur Spaltung wird der in einem Kernfusionskraftwerk erzeugte radioaktive Abfall aber keine Lagerung auf geologischen Zeitskalen benötigen. Des Weiteren handelt es sich nicht um eine Kettenreaktion, so dass ein unkontrolliertes ‚Durchgehen‘ prinzipiell ausgeschlossen ist.

## Wie soll ein Fusionskraftwerk realisiert werden?

In der Sonne kompensiert die Gravitationskraft der Sonnenmasse den Expansionsdruck des heißen Plasmas, auf der Erde ist dies nicht möglich. Man macht sich daher zu Nutze, dass die Plasmateilchen geladen und somit an Magnetfeldlinien gebunden sind: durch die so genannte Lorentzkraft werden geladene Teilchen auf eine Kreisbahn um die Magnetfeldlinie herum gezwungen. Ist das Magnetfeld stark genug dass der Radius der Kreisbahn klein gegen das Reaktorgefäß ist, hat man so einen effektiven Einschluss: das Plasma ‚schwebt‘ im Magnetfeld in der Reaktorkammer und berührt die Reaktorwand nur im (relativ kalten) Randbereich. Da die Plasmateilchen längs des Magnetfelds keine Kraft erfahren und sich somit frei bewegen können verwendet man in der Praxis Anordnungen in denen die Magnetfeld-

linien sich zu einem magnetischen Torus schließen; so vermeidet man etwaige Endverluste entlang des Magnetfelds. In den letzten Jahrzehnten haben sich zwei Konfigurationen etabliert: der axisymmetrische Tokamak (Abb. 1 links) und der komplexer geformte Stellarator (Abb. 1 rechts). Beide Konfigurationen werden in Deutschland aktiv untersucht (siehe die Beiträge von J. Schweinzer und T. Klinger in diesem Heft).

Ein gänzlich anderer Zugang ist die Trägheitsfusion: hier wird das Wasserstoffgemisch durch Bestrahlung mit einem Laser schlagartig erhitzt und dabei komprimiert. Bei ausreichender Kompression soll der Brennstoff dann verschmelzen bevor er durch den Expansionsdruck des explosionsartig ablaufenden Prozesses auseinandergetrieben wird. Die Einschlusszeit ist also durch die Massenträgheit bestimmt (siehe Beitrag von M. Roth in diesem Heft).

Neben dem Plasmaeinschluss müssen für die Realisierung eines Fusionsreaktors komplexe technologische Herausforderungen gelöst werden (siehe Beitrag von K. Hesch in diesem Heft). Ein zentraler Punkt ist dabei die Realisierung des so genannten Brutblankets: da Tritium radioaktiv ist und eine kurze

Halbwertszeit von 12,6 Jahren aufweist, kommt es in der Natur praktisch nicht vor. Es wird daher direkt in der Reaktorwand über Kernreaktionen der bei der Fusionsreaktion entstehenden Neutronen mit dem Brutmaterial Lithium erzeugt. Idealerweise sind Erzeugung und Verbrauch genau bilanziert, so dass von außen als Primärbrennstoffe nur Deuterium und Lithium zugeführt werden müssen.

## Wo steht die Kernfusionsforschung?

Seit den 1950er-Jahren wird die Kernfusion als Energiequelle erforscht (siehe Beitrag von T. Donné in diesem Heft). Dabei wurden vor allem auf dem Gebiet des Plasmaeinschlusses große Fortschritte erzielt. Das oben angesprochene Tripelprodukt wurde dabei um mehrere Größenordnungen verbessert und liegt in heutigen Maschinen in der Nähe des ‚Breakeven‘, bei dem die im Plasma erzeugte Fusionsleistung der dem Plasma zugeführten Heizleistung entspricht. Abb. 2 zeigt die bisher erzielten Werte für das Tripelprodukt. Für das weltweit größte Tokamakexperiment JET (UK) sind diese im Bereich des Breakeven; ein Fusionskraftwerk muss allerdings noch höhere Werte im Bereich der Zündung erzielen. Dies soll vor allem durch eine Erhöhung der Energieeinschlusszeit

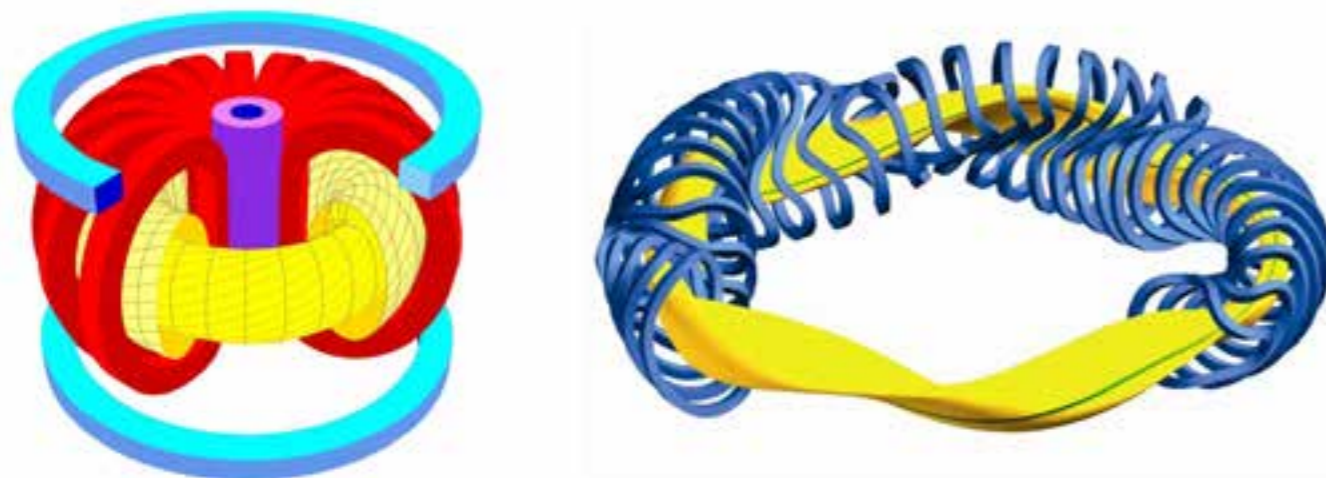


Abb. 1: Schematische Darstellung der Konfigurationen zum magnetischen Einschluss von Fusionsplasmen. Beim Tokamak (links) wird das Fusionsplasma (gelb) in einer axisymmetrischen Anordnung im durch die Toroidal-Feldspulen (rot) sowie die Poloidal-Feldspulen (blau) erzeugten Magnetfeld eingeschlossen. Wesentlicher Bestandteil der Magnetfeldkonfiguration ist ein im Plasma fließender toroidaler Strom der durch eine zentrale Transformatorspule (violett) im Plasma induziert wird. Im Stellarator (rechts) wird das zum Plasmaeinschluss verwendete Magnetfeld gänzlich durch die komplex geformten Magnetfeldspulen (dunkelblau) erzeugt

## Innovationen für die Zukunft

## Erfindermesse iENA Nürnberg & Innovationskongress 2024

www.iena.de



Die internationale Erfindermesse iENA „Ideen – Erfindungen – Neuheiten“ zeigt Erfindungen aus über 30 Ländern. Die Erfindermesse Nürnberg ist ein wichtiger Treffpunkt der Erfinderszene, für kreative Köpfe und visionäre Ideen. Hier treffen sich Erfinder, Unternehmer und Technikbegeisterte aus aller Welt, um zukunftssträchtige Innovationen zu erleben. Die iENA findet vom 26. bis 28. Oktober in der Messe Nürnberg statt.

Am Montag, 28. Oktober wird die iENA vom **Innovationskongress** begleitet, der die Grundlagen des Innovationsmanagements vermittelt. Der Innovationskongress richtet sich sowohl an Erfinder, Unternehmensgründer und Selbstständige als auch an Innovationsmanager. Partner ist unter anderem die IHK Nürnberg für Mittelfranken mit ihrem Anwenderclub Produkt- und Innovationsmanagement.

Das **Kreativ- und Technikfestival Hack & Make** wird in diesem Jahr größer und läuft parallel zur iENA vom 26. bis 28. Oktober.

geschehen. Dies erreicht man durch eine Vergrößerung des Plasmaradius. Das ITER Experiment, das derzeit in Cadarache (F) in internationaler Zusammenarbeit aufgebaut wird und das zum Ziel hat, die Netto-Energiegewinnung im Plasma zu demonstrieren, ist daher um einen Faktor zwei in der Lineardimension größer als JET (6 m bei ITER im Vergleich zu 3 m bei JET).

Diese Fortschritte zeigen sich auch bei der Energiegewinnung aus Fusion in heutigen Experimenten. Der JET Tokamak erzeugte im Jahr 2023 in einer Plasmaentladung 69 MJ Fusionsenergie (siehe Abb. 3). In der weltweit größten Laseranlage NIF (USA) wurden beim Abbrand eines Deuterium-Tritium Kügelchens über 3 MJ freigesetzt, mehr als die im Kügelchen deponierte Energie von 2 MJ. Diese und andere Erfolge haben dazu geführt, dass in den letzten Jahren vermehrt auch private Gelder in die Entwicklung der Kernfusion geflossen sind. Mehrere Länder unterstützen dies aktiv durch entsprechende staatliche Förderung. Es wird erwartet, dass damit in den nächsten Jahren der Prozess der

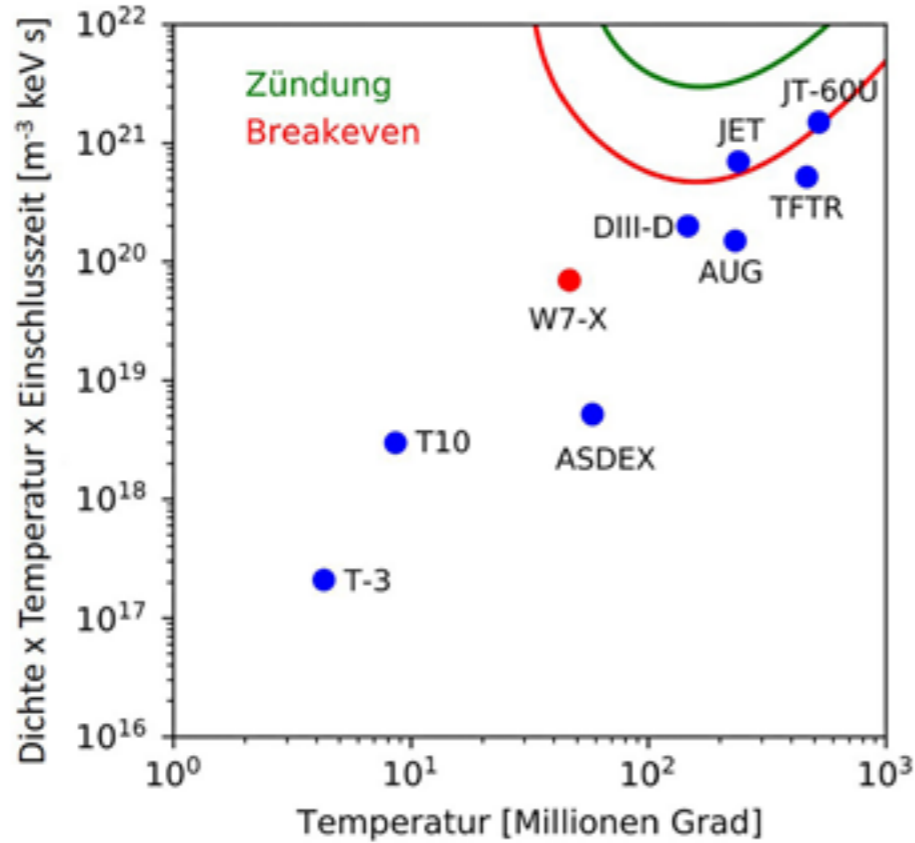


Abb. 2: Lawson-Diagramm mit erreichten Werten für das Tripelprodukt aus Teilchendichte, Ionen-temperatur und Einschlusszeit in einigen Experimenten mit magnetischem Einschluss. Die blauen Punkte stellen alle Tokamaks dar; das ASDEX Upgrade Experiment ist dabei als ‚AUG‘ bezeichnet. Der rote Punkt kennzeichnet den bisher erreichten Maximalwert für Wendelstein 7-X

Quelle: Max-Planck-Institut für Plasmaphysik

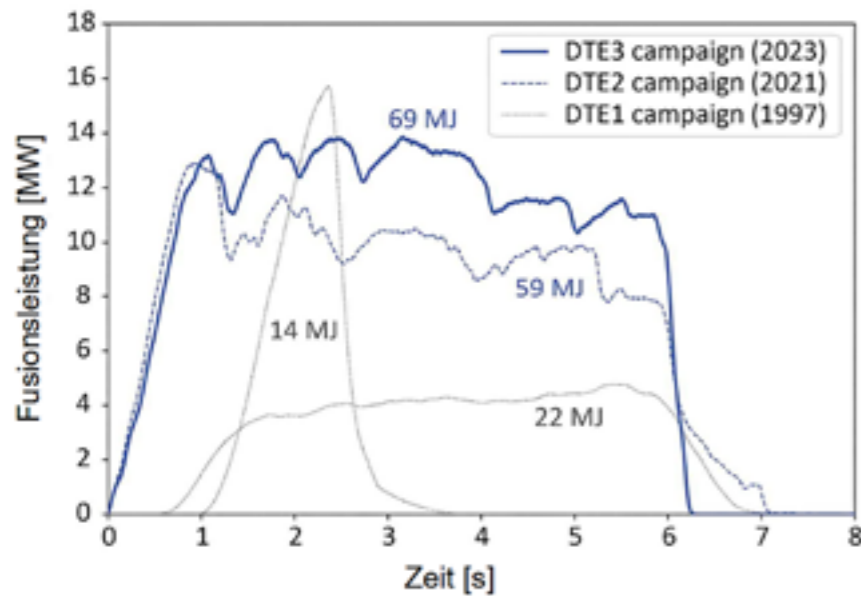


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf von Deuterium-Tritium (D-T) Plasmaentladungen im JET Tokamak. Während in ersten Experimenten im Jahr 1997 temporär ein Rekordwert von 16 MW erreicht wurde (graue Kurve), war das Ziel der in 2022 und 2023 durchgeführten Experimente (blau), eine möglichst große Menge von Fusionsenergie im stationären Zustand zu erzeugen. Die Entladungsdauer war in diesen Experimenten durch technische Randbedingungen (Auslegung der Kühlsysteme) begrenzt, nicht durch die Parameter des Plasmas

Industrialisierung der Kernfusion einsetzt. Dabei fließt ein Großteil der Mittel in die Entwicklung von Fusionskraftwerken mit magnetischem Einschluss, da diese auf Grund der historischen Entwicklung deutlich weiter auf dem Weg zu einem integrierten Kraftwerkskonzept vorangeschritten sind. So ist das ITER Experiment ein Tokamak, der auf der Erfahrung der Forschung der letzten Jahrzehnte, nicht zuletzt auch der deutschen Forschungsanlage ASDEX Upgrade beruht. Es besteht also große Hoffnung, dass sich der lang gehegte Traum von der Energiegewinnung aus Kernfusion für die Menschheit in den nächsten Jahrzehnten endlich erfüllt.

Prof. Hartmut Zohm  
Max-Planck-Institut für Plasmaphysik,  
Garching  
www.ipp.mpg.de

# Der Stellarator W7-X als Alternative zum Tokamak

In der Fusionsforschung konzentriert man sich inzwischen auf zwei Konzepte für den magnetischen Einschluss, den Tokamak und den Stellarator.

## Unterschied Tokamak und Stellarator

Gemeinsam ist beiden Konzepten, dass ein toroidales magnetisches Feld von einem Satz planarer Spulen erzeugt wird. Unterschiedlich ist die Methode, die passende Verscherung des magnetischen Feldes zu erreichen: Im Tokamak wird mit Hilfe einer Spule im Zentrum ein starker Strom in das – elektrisch leitfähige – Plasma induziert. Im Gegensatz dazu führen im Stellarator die externen Spulen alleine zur Verscherung des magnetischen Feldes. Der vielleicht wichtigste Unterschied zwischen Tokamak und Stellarator

ist die Tatsache, dass im Tokamakplasma ein starker Strom (im Bereich von 1 Million Ampère) fließt, das Stellaratorplasma aber nahezu stromfrei ist. Hinzu kommt, dass ein Tokamakplasma sich in einem selbstorganisierten Gleichgewicht befindet (für den Stromfluss wird das Plasma benötigt, das wiederum auf den Stromfluss angewiesen ist), das Gleichgewicht des Stellarators wird dagegen fast ausschließlich von den Spulen festgelegt. Beide Aspekte führen dazu, dass ein Stellaratorplasma vom Prinzip her stabiler ist als ein Tokamakplasma. Auf der anderen Seite führt der Strom im Tokamakplasma bereits zu beachtlicher Plasmaheizung. Hinzu kommt, dass der Tokamak eine relativ einfache Geometrie hat und aufgrund seiner Symmetrie un-

mittelbar einen guten magnetischen Einschluss der Plasmateilchen ermöglicht. Diese Symmetrie fehlt dem Stellarator, und als Folge ist der magnetische Einschluss nicht optimal.

## Stellaratoren und deren Optimierung

Der Tokamak stellt trotz seiner oben erwähnten Nachteile das derzeit beste magnetische Einschlusskonzept dar. Es ergeben sich zwei Fragen: Erstens, was ist das eigentliche Problem beim Stellarator und zweitens, warum überhaupt das Stellarator-Konzept verfolgen, wenn der Tokamak doch gut funktioniert? Die zweite Frage ist leichter zu beantworten: Durch seine erheblich besseren Stabilitätseigenschaften ist ein Stellarator leichter zu steuern und robuster



Bildquelle: Max-Planck-Institut für Plasmaphysik

Abb. 1: 50 nichtplanare (silberfarben) und 20 planare (kupferfarbene) supraleitende Spulen erzeugen das Magnetfeld an Wendelstein 7-X für den Einschluss des Plasmas

zu betreiben. Zudem hat der Stellarator den weiteren Vorteil, dass kein Strom periodisch induziert werden muss und das Plasma damit dauerhaft eingeschlossen werden kann. Subtiler ist die Antwort auf die erste Frage: Hier waren 20 Jahre intensive Forschung am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching bei München nötig, bevor man dem Problem und seiner Lösung auf die Spur gekommen ist. Diese Lösung wird gemeinhin als „Stellarator-Optimierung“ bezeichnet.

Ein wichtiger Schritt hierfür war, nichtebene Spulen zu verwenden: Die Form dieser Spulen lässt sich in gewissen Grenzen frei gestalten, was eine systematische Auswahl der magnetischen Feldgeometrie ermöglicht. Damit wurde es möglich, entlang eines Kriterienkataloges das Magnetfeld des Stellarators so anzupassen, dass es in gewisser Weise „optimal“ ist. Die sieben Kriterien lauten:

1. gute magnetische Flächen
2. gute Eigenschaften des Plasmagleichgewichtes
3. hohe Stabilität des Plasmas
4. geringe Wärmeverluste des Plasmas
5. geringe Gleichgewichtsströme
6. guter Einschluss schneller Teilchen
7. einfach zu realisierende Spulen

Die Überprüfung dieser Kriterien bei gegebener Magnetfeldgeometrie ist aufwendig und erst mit hinreichend schnellen Computern (ab den späten 1980er-Jahren) konnten die Berechnungen erfolgreich durchgeführt werden. Ein gemäß den oben genannten sieben Kriterien optimiertes Magnetfeld sollte es erlauben, die guten Eigenschaften des Stellarators mit der Leistungsfähigkeit des Tokamaks zu verbinden. Das Ergebnis dieser Optimierungsrechnungen ist das Magnetfeld und der zugehörige Spulensatz des Stellarators Wendelstein 7-X (Abb. 1). Die Berechnungen waren vielversprechend und rückten das Ziel, einen Fusionsreaktor nach dem Stellarator-Konzept bauen zu können, in greifba-



Abb. 2: Ein Modul des Wendelstein 7-X als Computermodell (links) und in der Realität (rechts). Man erkennt gut die nichtplanaren Spulen (links blau, rechts silbern) und die planaren Spulen (links weiß, rechts kupferfarben) im Kryostaten, d.h. dem Volumen zwischen Außengefäß und Plasmagefäß. Ebenfalls erkennbar sind die zahlreichen Stromverteiler und Helium-Versorgungsrohre sowie die innenliegende zentrale Stützstruktur, an der die Spulen mit massiven Bolzen festgeschraubt sind

Bildquelle: Max-Planck-Institut für Plasmaphysik

re Nähe. Vorher galt es aber, eine experimentelle Anlage zu bauen, deren Plasmavolumen groß genug ist, um alle relevanten Eigenschaften des optimierten Stellarators in der Realität nachweisen zu können. Diese Forschungsanlage wurde an einem eigens gegründeten zweiten Standort des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik im Mecklenburg-Vorpommerschen Greifswald errichtet.

**Technologie**

Aus ingenieurtechnischer Sicht setzt sich Wendelstein 7-X aus fünf identischen Modulen zusammen. Jedes Modul besteht aus zwei spiegelsymmetrisch aufgebauten Halbmodulen mit je fünf verschiedenen nicht-planaren und zwei planaren Spulen. Insgesamt hat das Magnetsystem von Wendelstein 7-X sieben verschiedene Spulengeometrien, die sich mit einer fünfzähligen Symmetrie in der gewünschten Torusform anordnen. Alle Spulen eines Typs sind über Stromverteiler miteinander in Serie geschaltet, und jeder dieser Stromkreise kann separat gesteuert werden, was eine hohe experimentelle Flexibilität erlaubt. Der eingespeiste Strom beträgt bis zu 16.000 Ampère für planare und 18.500 Ampère für nicht-planare Spulen. Abbildung 2 zeigt das Computermodell (links) und die Realisierung (rechts) eines Moduls des Wendelstein 7-X. Jedes dieser Magnetmodule hat ein Gewicht von etwa

120 Tonnen. Die 50 nicht-planaren und die 20 planaren Spulen aus einer Niob-Titan-Legierung sind supraleitend, um dauerhaft ein starkes Magnetfeld aufbauen zu können, wofür sie auf 3,8 Kelvin (das sind ca. -270°Celsius) abgekühlt werden müssen. Die geschraubten Befestigungen der Spulen an der ringförmigen zentralen Tragstruktur müssen im Magnetfeldbetrieb mechanische Spannungen bis über 100 MPa abfangen können. Zwischen dem Außengefäß und dem Plasmagefäß befindet sich der Kryostatbereich, in dem sich alle kryogenen Komponenten befinden. Der Kryostatbereich wird separat evakuiert. 254 Stützen in über 100 verschiedenen Ausführungen führen von außen durch den Kryostaten in das Plasmagefäß. Alle Flächen des Außengefäßes, des Plasmagefäßes und der Stützen befinden sich auf Raumtemperatur und sind mit einer mehrlagigen thermischen Isolation versehen, um den Wärmeeintrag auf die kryogenen Komponenten zu minimieren. Zusätzlich ist ein thermischer Schild installiert, der mit Helium-Gas auf 70 Kelvin gekühlt wird.

Den Hauptkontakt zwischen dem heißen Plasma und der kalten Wand bildet der sogenannte Divertor. Hier wird ein wesentlicher Teil des Wärme- und Teilchenflusses aufgefangen und geregelt. Durch Rekombination der Ionen mit Elektronen der Wand entstehen neutra-

le Gasteilchen, die von starken Pumpen (Kryopumpen) abgesaugt werden. Bei Wendelstein 7-X kommt das Inseldivertor-Konzept zum Einsatz. Hierbei werden hochgradig wärmebeständige „Prallplatten“ so positioniert, dass sie bestimmte magnetische Randstrukturen, die sogenannten „Inseln“, schneiden. Der Inseldivertor ist vollständig wassergekühlt und muss in den am stärksten wärmebelasteten Bereichen einen Wärmefluss von bis zu 10 Megawatt pro Quadratmeter bewältigen, und dies für die in dieser Demonstrationsanlage anvisierte Dauer von bis zu 30 Minuten. Dieser Wärmefluss entspricht etwa dem, der auf ein Raumschiff bei Wiedereintritt in die Erdatmosphäre einwirkt, dort allerdings „nur“ für einige 100 Sekunden. Darüber hinaus ist der gesamte Innenraum mit wassergekühlten Wandelementen ausgekleidet – auf Wärmesenken montierte Graphitkacheln sowie wassergekühlte Stahlpaneele. Die Gefäßeinbauten mit einer Gesamtfläche von 265 Quadratmetern werden über 630 Kühlleitungen mit

einer Gesamtlänge von ca. 8000 Metern Länge mit Wasser versorgt. Erst durch ein vollständig wassergekühltes System von Gefäßeinbauten ist Wendelstein 7-X in der Lage, bei 10 Megawatt Mikrowellen-Heizleistung für bis zu 30 Minuten ein Plasma aufzubauen und kontrolliert aufrecht zu erhalten. Mehr als 12 Jahre wurde an Wendelstein 7-X gebaut und über 1,3 Millionen Montagestunden wurden dafür aufgewendet. Nach über 20 Jahren Projektlaufzeit wurde die Anlage 2022 endgültig fertiggestellt und befindet sich nunmehr im wissenschaftlichen Vollbetrieb.

**Forschung**

Mit dem Bau der Wendelstein-Anlage verfolgte man im Wesentlichen vier Ziele. Es sollte gezeigt werden, dass

1. es technisch möglich und umsetzbar ist, einen optimierten Stellarator mit modularen supraleitenden Spulen zu bauen,
2. sich der optimierte Stellarator in Hinblick auf Einschluss des Plasmas, Sta-

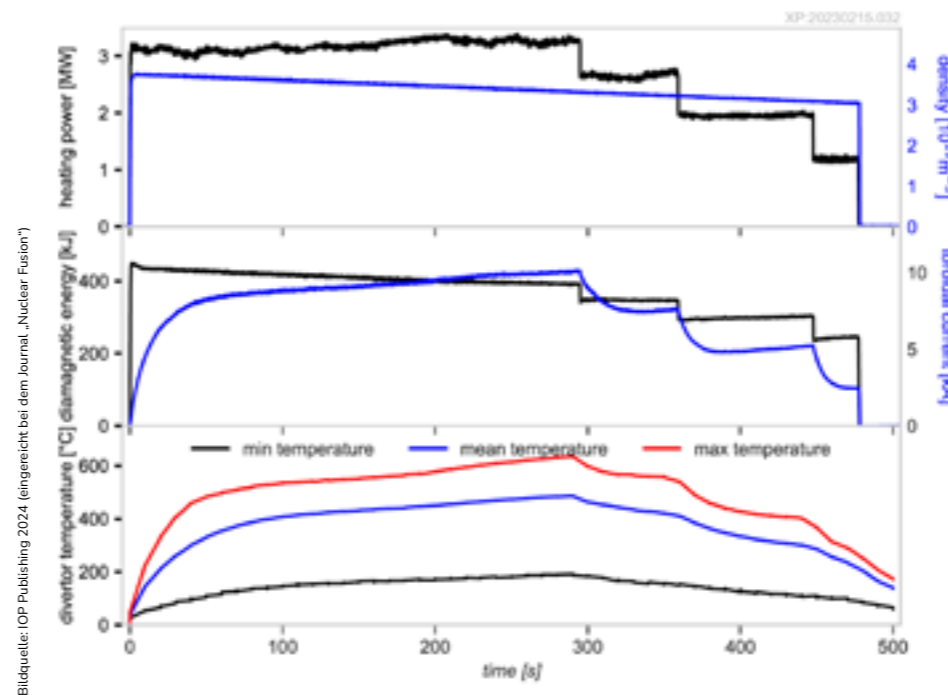
bilität und Steuerbarkeit dem etablierteren Tokamak-Konzept als ebenbürtig erweist, 3. es gelingt, hohe Plasmatemperaturen und passend hohe Plasmadichten mit hoher Plasmastabilität, zuverlässigem Divertorbetrieb, geregelter Wärme- und Teilchenabfuhr sowie guter Dichte- und Verunreinigungskontrolle zu kombinieren, und 4. es gelingt, fusionsrelevante Plasma-parameter für bis zu 30 min unter konstanten Bedingungen aufrecht zu erhalten.

Ein aktuelles Forschungsergebnis ist in Abb. 3 gezeigt, wo der Stellarator Wendelstein 7-X ein Plasma völlig stabil für die Dauer von 500 s aufbaut, allerdings mit einer reduzierten Heizleistung von 2,7 MW. Man erkennt gut die Stabilität des Plasmas an allen Kenngrößen, bis zu den Punkten wo sich nach und nach die Mikrowellengeneratoren (sogenannte Gyrotrons) ungeplant abschalten. Dies ist ein wichtiger Schritt in Richtung des genannten Ziels 4.

Die Erfüllung der oben genannten Ziele dient dem prinzipiellen Nachweis, dass der optimierte Stellarator die notwendigen Voraussetzungen für ein Fusionskraftwerk erfüllt. Es handelt sich bei Wendelstein 7-X nicht um ein Fusionsexperiment in dem Sinne, dass Fusionsreaktionen studiert werden sollen. Vielmehr sollen in diesem Experiment in Wasserstoff- bzw. Deuterium-Plasmen Bedingungen geschaffen werden, die eine glaubwürdige Extrapolation auf Kraftwerksdimensionen erlauben. Eine solche Extrapolation auf Basis von Wendelstein 7-X hätte ein Plasmavolumen von 1500 m<sup>3</sup> (statt jetzt 30 m<sup>3</sup>) und einen Durchmesser von etwa 45 m (statt jetzt 16 m) und würde 3 GW thermische Fusionsleistung erbringen.

Dieser Artikel ist eine gekürzte und aktualisierte Fassung von T. Klinger und B. Kemnitz, Naturwissenschaftliche Rundschau Ausgabe 10, Seite 581 (2015).

Prof. Dr. Thomas Klinger  
Max-Planck-Institut für Plasmaphysik,  
Teilinstitut Greifswald



Bildquelle: IOP Publishing 2024 (eingereicht bei dem Journal „Nuclear Fusion“)

Abb. 3: Zeitspur des Rekordplasmas mit 1.3 GJ Energiedurchsatz. Im oberen Diagramm werden Mikrowellen-Heizleistung (schwarz) und Plasmateilchendichte (blau) gezeigt. Das mittlere Diagramm zeigt die Bewegungsenergie im Plasma (schwarz) und den Plasmastrom entlang des Magnetfeldes (blau). Das untere Diagramm zeigt die zeitliche Entwicklung der Wandtemperatur am Divertor an drei verschiedenen Positionen

# Der Tokamak ASDEX Upgrade und seine Rolle in der internationalen Fusionsforschung

Die Fusionsforschung, insbesondere jene, die auf dem Konzept des magnetischen Einschlusses basiert, steht an der Schwelle zu einer potenziell bahnbrechenden Ära der Energieerzeugung. In diesem Kontext spielte und spielt der Tokamak ASDEX Upgrade (AUG), betrieben am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching, eine wichtige Rolle. Als eine der führenden Forschungsanlagen im europäischen Fusions-Forschungsverbund EUROfusion leistet AUG richtungweisende Beiträge für die Entwicklung der weltweiten Fusionsforschung und hatte massiven Anteil am wissenschaftlichen Erfolg von JET (Joint European Torus) sowie großen Einfluss auf das Design von ITER (siehe Beitrag von H. Zohm und T. Donné in diesem Heft).

**ASDEX Upgrade – Design und Mission**  
AUG ist ein Tokamak mittlerer Größe, welcher mit einer hohen Heizleistung von bis zu 30 MW ausgestattet ist, sodass trotz der viel geringeren Gesamtleistung im Vergleich zu einem Kraftwerk dennoch Leistungsdichten derselben Größenordnung am Plasmarand erzeugt werden können. Damit sind Methoden und Verfahren der Plasmaerzeugung und Optimierung, die an AUG entwickelt werden, auch für einen künftigen Reaktor relevant, da – anders als im Plasmazentrum – am Plasmarand und im Divertor sehr ähnliche Plasmaparameter erzielt werden. Der sogenannte Divertor stellt ein Konzept zur kontrollierten Teilchen- und Energieabfuhr mittels einer speziellen Formung des Magnetfelds am

Plasmarand dar (siehe Abb. 1). Dieses Konzept wurde erstmals am Garchinger Vorgängerexperiment ASDEX eingesetzt und wird an AUG kontinuierlich weiterentwickelt. AUG befindet sich derzeit inmitten eines ehrgeizigen Ausbaus, der ab Herbst 2024 weitere einzigartige Möglichkeiten zur Untersuchung neuartiger Divertorgeometrien bieten wird. Die wissenschaftlichen Untersuchungen an AUG umfassen eine Vielzahl von Aspekten der fusionsorientierten Plasmaphysik. International richtungweisende Ergebnisse wurden unter anderem bei Untersuchungen des Plasmarandes und dessen Wechselwirkung mit Wandmaterialien erzielt.

## ASDEX Upgrade – Pionier bei der Nutzung von Wolfram als Wandmaterial

Die überwiegende Mehrheit der frühen Tokamak-Anlagen verwendete Graphit als Divertor- und Wandmaterial, wegen dessen guten thermomechanischen Eigenschaften. Allerdings wurde bereits früh deutlich, dass Graphit zwar für Experimente gut geeignet ist, jedoch nicht in einem künftigen Kraftwerk verwendet werden kann. Dies liegt an der starken Erosion durch das Plasma. Des Weiteren bindet Kohlenstoff die Brennstoffe Deuterium und Tritium chemisch an sich, wenn beide sich an Flächen mit niedriger Wärmebelastung niederschlagen. Dies führt zu einem aus Sicherheitsgründen nicht tolerierbaren hohem Tritiuminventar. Hinsichtlich Erosion stellt Wolfram das ideale Wandmaterial dar. Das robuste Metall zeichnet sich durch einen sehr hohen Schmelzpunkt, eine hohe mechanische Stabilität sowie eine niedrige physikalische Zerstäubung bei Beschuss mit Wasserstoffisotopen aus. Allerdings führt bereits eine kleine Menge im Plasma zu enormen Strahlungsverlusten, da Wolfram auch im heißen Plasmazentrum nicht vollständig ionisiert wird, sondern gebundene Elektronen behält, die bei ihren Übergängen massiv Ultraviolett- und Röntgenstrahlung abgeben und damit das Plasma abkühlen.

Der pionierhafte Wechsel von der Graphit- zu einer Wolframwand wurde an AUG daher schrittweise durchgeführt und im Jahr 2007 abgeschlossen. Um im Zentralplasma die starken Strahlungsverluste durch Wolfram zu vermeiden, mussten danach Methoden der Plasmaerzeugung und Optimierung angepasst werden. Die sehr erfolgreichen Wolfram-Experimente an AUG haben wesentlich dazu beigetragen, dass am europäischen JET ein Wolfram-Divertor installiert wurde (2009–2011). Infolgedessen entschied auch das internationale ITER-Projekt im Jahr 2013, anstelle eines Graphit-Divertors von Betriebsbeginn an einen Wolfram-Divertor zu nutzen. Es kann gegenwärtig davon ausgegangen werden, dass auch im Hauptraum von

ITER Wolfram als Wandmaterial zum Einsatz kommen wird. Für das Demonstrationskraftwerk stellt Wolfram sowieso das Referenzmaterial dar.

## ASDEX Upgrade – aktuelle Rolle in der weltweiten Fusionsforschung

Die Forschungsanlage AUG hat sich insbesondere als Pionier und Wegbereiter für die Qualifizierung von Wolfram als reaktor-relevantes Wandmaterial in der weltweiten Fusionsgemeinschaft einen herausragenden Ruf erarbeitet und die Entwicklung federführend bestimmt. Neben den experimentellen Resultaten ist auch das tiefgreifende physikalische Verständnis der zugrunde liegenden Prozesse hervorzuheben, welches durch das AUG-Team aufgebaut wurde.

Mit der relativ zur Größe der Anlage höchsten Heizleistung unter allen aktuellen Tokamaks und mit seiner reinen Wolframwand gilt AUG weltweit als das Flaggschiff, um die Kompatibilität von Hochleistungs-Plasmen mit einer Vollmetallwand zu untersuchen.

Die Experimente an AUG führen somit zu Lösungen für verbliebene Probleme eines künftigen Fusionskraftwerks. Allerdings lassen sich die jeweils vorteilhaften Bedingungen an AUG nicht in einer einzigen Plasmaentladung vereinigen. Um die Relevanz von AUG-Resultaten zu untermauern, bedarf es aus physikalischen und technischen Gründen einer größeren Anlage. Diese Aufgabe der Größenskalierung (siehe Abb. 1) übernahm bis Ende 2023 JET, der bis dato größte Tokamak der Welt. Mit dem Ende des JET-Betriebs wird seine Rolle ab ca. 2026 von JT-60SA übernommen werden. JT-60SA, ein Tokamak in JET-Größe mit supraleitenden Spulen, wird in Japan in Gemeinschaft zwischen EU und Japan aufgebaut.

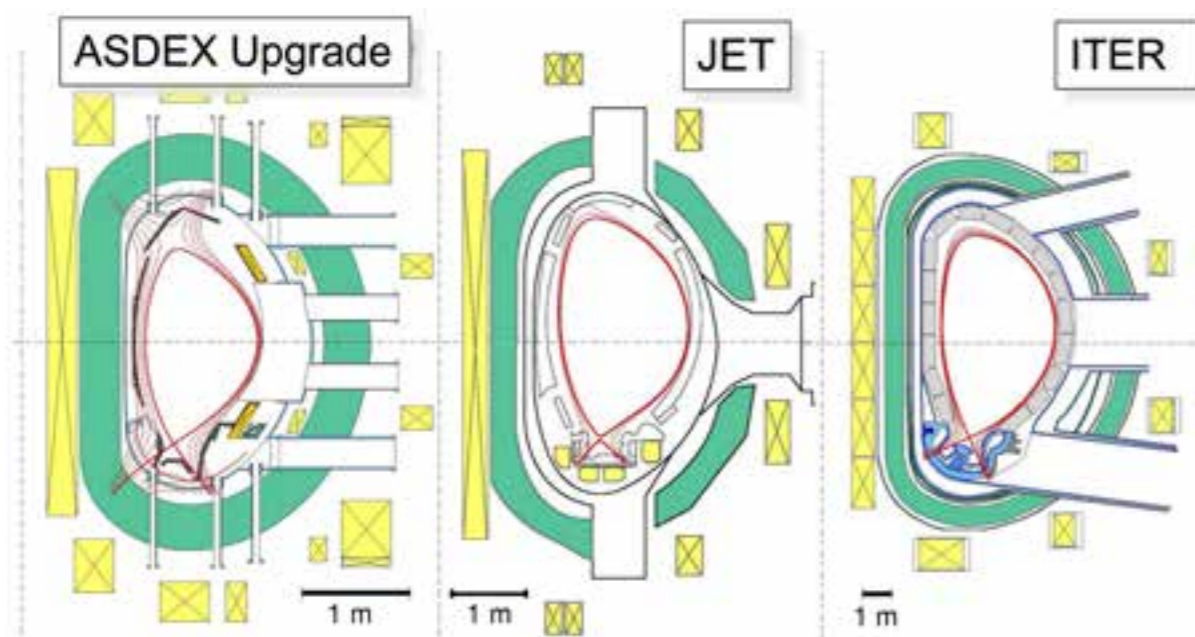
Mit der rasanten Entwicklung der US Firma Commonwealth Fusion Systems und deren im Aufbau befindlichem SPARC Tokamak hat erstmals ein Vertreter des privaten Sektors einen Level an Bedeutung, Schlagkraft und Kompetenz gewonnen, der die Anwendung von AUG-Resultaten und Erkenntnissen für die Planung des SPARC-Betriebs als

win-win-Situation für das IPP als auch CFS erscheinen lässt. Bei nur ca. 10% größerem Radius im Vergleich zu AUG soll SPARC dank neuartiger Hochtemperatur-Supraleiter Technologie ein ca. vierfach stärkeres Magnetfeld von 12 Tesla erzeugen und damit break-even zwischen Fusions- und Zusatzheizleistung erzielen. CFS plant, dieses Konzept zu einem kompakten Hochfeld-Fusionsreaktor weiterzuentwickeln (ARC). Das AUG-Team bereitet aktuell seine Mitarbeit sowohl an JT-60SA als auch an SPARC im Rahmen von Vergleichsexperimenten vor.

Eine Anlage in nahezu Reaktorgröße stellt der internationale Testreaktor ITER dar, der im nächsten Jahrzehnt im französischen Cadarache in Betrieb gehen wird. Bei der Vorbereitung auf den ITER-Betrieb spielt AUG eine Schlüsselrolle. Dabei beruht die ITER-Planung auf Computermodellen, die an AUG und an anderen Tokamaks weltweit gründlich validiert wurden. Weiters hilft AUG eine Vielzahl von technischen Herausforderungen bei ITER zu meistern, darunter auch die Steuerung und sichere Aufrechterhaltung des Fusionsplasmas in jeder erdenklichen Phase der Entladung. AUG trägt wesentlich dazu bei, diese Herausforderungen zu bewältigen, indem er die Grundlagenforschung vorantreibt und neue Technologien und Methoden der Tokamakbetriebs entwickelt, die später in ITER implementiert werden können.

Ein wesentlicher Teil der Bedeutung von AUG liegt daher gerade in der Zusammenarbeit mit komplementären Tokamaks größerer Bauart. Damit spielt AUG eine unverzichtbare Rolle in der internationalen Fusionsforschung. Durch seine hochentwickelte Technologie, die ständig verbessert wird und seine Flexibilität neue Ideen zügig umzusetzen, trägt AUG maßgeblich dazu bei, den Weg für die kommerzielle Nutzung der Fusionsenergie zu ebnen und die Menschheit in eine nachhaltigere Energiezukunft zu führen.

Dr. Josef Schweinzer  
Max-Planck Institut für Plasmaphysik,  
Garching



Querschnitte der drei Tokamaks ASDEX Upgrade, JET und ITER in unterschiedlichen Maßstäben. Man erkennt die Ähnlichkeit der Plasmaform inklusive der Ausbildung des magnetischen Divertors (rot) am Plasmarand und der Spulenordnung (gelb und grün). Um Methoden der Plasmaerzeugung und Optimierung an einer kleinen Maschine mit Reaktorrelevanz entwickeln zu können, bedarf es unter anderem dieser Ähnlichkeit

# Fusion kann die industrielle Renaissance für Europa sein

TiB sprach mit Milena Roveda, CEO Gauss Fusion, über den industriellen Bau von Fusionskraftwerken.

**Technik in Bayern:** Frau Roveda, seit Jahrzehnten wird an Universitäten und Instituten an Fusionsreaktoren geforscht. Seit kurzer Zeit dringen auch private Investoren in dieses Forschungsgebiet vor. Was macht diese so optimistisch?

**Roveda:** Das ist einfach zu erklären. Es gibt einige Faktoren, die in den vergangenen Jahren zu Veränderungen geführt haben. Bis jetzt lag die Forschung zur Fusion, wie Sie wissen, hauptsächlich in den Händen von Instituten, wie zum Beispiel dem Max-Planck-Institut, wo Prof. Dr. Hartmut Zohm, den Sie gut kennen, arbeitet. Doch von einem Forschungsinstitut allein kann diese Technologie nicht industrialisiert werden. Man braucht dazu die Industrie – und zwar nicht nur als Zulieferer, sondern als Bauherrn. Ich werde oft gefragt, ob wir mit ITER konkurrieren. Ich antworte dann immer: Wir konkurrieren nicht, weil ITER kein industrielles Projekt ist. ITER soll Wissenschaft betreiben, nämlich Grundlagenforschung. Wir hingegen kommerzialisieren das, was bereits vorhanden ist.

**TiB:** Aber Sie bauen auch auf den Ergebnissen von ITER auf?

**Roveda:** Auf den Ergebnissen von ITER und auf den Ergebnissen von Wendelstein unter anderen. Natürlich. Es ist keine Konkurrenz, sondern wir ergänzen uns. Aber das, was wir mitbringen, was diese Institutionen nicht haben, ist Unternehmertum, also Entrepreneurship, wie das auf Neudeutsch so schön heißt. Wir sind wirklich Unternehmer, die das Ganze voranbringen. Wir konkurrieren nicht mit den Wissenschaftlern, wir kollaborieren mit ihnen und bringen etwas Neues auf den Tisch. Und das ist dieses Unternehmertum, das den Unterschied ausmacht.

**TiB:** Es gibt weltweit mehr als 40 Firmen, die sich mit der Fusion beschäftigen. Wie unterscheidet sich Gauss Fusion davon?

**Roveda:** Die meisten sind, wie wir auch, in der FIA organisiert, der „Fusion Industry Association“. Aber außer uns sind alle anderen Spin-Offs, also Ausgründungen von Universitäten oder Forschungsinstituten. Wir sind die einzige Neugründung, die von Unternehmern kreiert wurde, und ich sage ausdrücklich nicht von Firmen. Es gibt große Firmen bzw. Konzerne, die sind exzellent, aber diese werden mittlerweile meistens von Managern und nicht von Unternehmern geleitet.

**TiB:** Wer verkörpert bei Gauss Fusion dieses Unternehmertum?

**Roveda:** Wir haben einige Unternehmerfamilien mit im Boot. Da ist Frank Laukien, der das von seinem Vater mitgegründete Unternehmen Bruker leitet, das wissenschaftliche Instrumente herstellt. Bruker gilt als weltmarktführend in der Magnetresonanzspektroskopie. Oder die Familie Malacalza, eine prominente italienische Unternehmerfamilie, die mit der Firma ASG unter anderem die Magnete von ITER hergestellt hat. Dann haben wir noch die Familie von Pierre Prioux, dem Präsidenten von Alcen.

**TiB:** Frau Roveda, wie ist Ihre Karriere bisher verlaufen?

**Roveda:** Ich habe meine Karriere bei Bayer angefangen und dort zehn Jahre gearbeitet. Danach war ich mehr als 25 Jahre selbständig. Ich fühle mich eher als Unternehmerin, nicht als Angestellte. Das ist eine andere Einstellung.

**TiB:** Was bedeutet das für das Projekt der Fusion?

**Roveda:** Wichtig ist diese andere Mentalität: Wenn wir ein Problem haben, können wir es lösen, wenn wir es wirklich wollen. Wir können das hinkriegen. Das

ist einer der Punkte, wo ich zuversichtlich bin, dass man diesen 30-jährigen Teufelskreis endlich durchbrechen kann. Gauss Fusion setzt sich den Unternehmertum auf und wird den Bau des ersten industriell gefertigten europäischen Fusionskraftwerks managen.

**TiB:** Gibt es weitere Treiber für das Fusionskraftwerk?

**Roveda:** Da ist unter anderem die politische Situation in Europa, die zu gewaltigen Preiserhöhungen, insbesondere bei elektrischer Energie, geführt hat. In Italien gibt es Cafés, die über Jahrzehnte in Familienbesitz waren und nun schließen müssen, weil sie ihre Stromrechnung nicht mehr zahlen können. Ich glaube, das ist auch ein Weckruf für uns alle. Wir können uns nicht weiter abhängig machen, wir müssen in der Technologie der zukünftigen Energieerzeugung federführend sein.

**TiB:** Welche Strategie verfolgt Gauss Fusion, um dieses Ziel zu erreichen?

**Roveda:** Wir gehen pragmatisch vor. Ich gebe Ihnen ein Beispiel: Es gibt ein ganz eklatantes Materialproblem, denn es gibt keine Materialien, die über längere Zeit dem Neutronenbeschuss standhalten können. Wir werden sie in 30 Jahren auch nicht haben, also werden wir unseren Stellarator konsequent modular aufbauen, damit die kritischen Teile schnell ausgetauscht werden können und nicht ein volles Jahr Stillstand notwendig ist. Dazu lassen wir uns etwas einfallen, aber das ist keine Frage an die Physiker, sondern eine Frage an die Ingenieure.

**TiB:** Gibt es Themen, an denen Sie bei Gauss Fusion auch selbst an Innovationen arbeiten?

**Roveda:** Ja, da gibt es drei Themen. Zum einen sind es die Magnete, weil wir dieses Thema mit Bruker EAS und ASG ja

im Haus haben. In diesem Bereich wollen wir sehr innovativ arbeiten. Der zweite Bereich ist Tritium und der Brennstoffkreislauf und das dritte Thema die Plasmaheizung. Letzteres wird derzeit mit Gyrotrons gemacht – das sind Mikrowellenoszillatoren – wobei man für einen Tokamak 150 bis 180 Stück braucht, deren Wirkungsgrad nicht unerheblich in die Gesamtbilanz eingeht.

**TiB:** Können Sie uns einen Überblick über die wichtigsten europäischen Projekte geben?

**Roveda:** In Deutschland gibt es die vier bekannten Firmen: im Bereich Magnetfusion außer Gauss Fusion noch Proxima Fusion, im Bereich Laserfusion Focused Energy und Marvel Fusion. In Frankreich gibt es die Firma Renaissance, die einen Stellarator baut, aber mit flüssigen Außenwänden, auch eine sehr innovative Technik. Die Firma Thales in Frankreich hat auch ein Start-Up mit dem Namen GenF gegründet, wie Generation Fusion. Sie nutzen Laser von Thales. Dann gibt es Novatron, eine Firma in Schweden. Ich glaube, das sind jetzt die wichtigsten. Wichtig ist noch, dass sich vor kurzem führende europäische Unternehmen zusammengeschlossen haben, um die European Fusion Association (EFA) zu gründen. Das Ziel ist es, die europäische Industrialisierung der Fusionsenergie zu beschleunigen.

**TiB:** Welche Chancen hat die europäische Industrie?

**Roveda:** Sehr gute. Wir haben die längere und bessere Grundlagenforschung und die bessere Industrie. Das größte Fusionsunternehmen momentan ist Commonwealth Fusion in den USA, das zwei Milliarden US-Dollar Kapital bekommen hat. Sie kommen aber zu uns nach Deutschland und kaufen hier Teile bei unserer Industrie. Wir haben gute Chancen, dass es in Europa wieder ein Gebiet geben kann, auf dem wir führend sind. Wir könnten tatsächlich mit Fusion diese industrielle Renaissance in Europa haben, das heißt Wohlstand und Arbeitsplätzen für unseren Kontinent. Aber wir müssen endlich etwas machen. Momentan reden wir zu viel und tun zu wenig.

**TiB:** Nicht nur die USA stehen in hartem, zeitlichem Wettbewerb zu uns, sondern vor allem China. Wie weit sind die Chinesen?

**Roveda:** Die chinesische Fusionsindustrie hat den Vorteil, dass sie massiv von der chinesischen Regierung subventioniert wird, denn China möchte vor allem politisch getrieben die Nummer eins in dieser Zukunftstechnologie werden. Bei ITER arbeiten noch alle beteiligten Länder zusammen, u.a. auch China, Russland, Korea und Indien. Doch bei industriellen Fusionskraftwerksprojekten herrscht knallharte Konkurrenz. Und China baut schon an den ersten Prototypen.

**TiB:** Sie haben vermutlich bei Gauss Fusion einen Plan gemacht, wie Sie ein funktionierendes Kraftwerk bis Mitte der 2040er Jahre bauen können. Wie sieht der aus?

**Roveda:** Noch sind wir in der Planung. Wir haben diese 20 Jahre in drei Phasen unterteilt. Die erste Phase ist das „Conceptual Design“, in der wir unser Konzept tatsächlich zu Papier bringen. Da befinden wir uns jetzt gerade und werden damit bis nächstes Jahr fertig sein. Danach kommt die Phase des „Engineering“, in der wir anfangen, die ersten Prototypen zu bauen. Das wird etwa 6–8 Jahre dauern. Die dritte Phase ist dann die echte Bauphase, die 8–12 Jahre dauern wird. Es wird kein rein deutsches Projekt sein, denn ich persönlich glaube nicht, dass irgendein Land, nicht mal die USA, die groß und reich sind, das allein schaffen könnte. Aber Europa kann das schaffen, nicht mit allen 27 Ländern, sondern nur mit einer Handvoll. Wenn diese sich zusammmentun, dann können wir das hinkriegen. Das ist unsere Strategie.

**TiB:** Welche Rolle spielen die Prototypen? Baut man diese, um bestimmte kritische Funktionen zu testen?

**Roveda:** Ja, zum Beispiel die Montage der Magnete. Wir werden sehr genau untersuchen, inwieweit man diese Magnete auseinandernehmen und wieder zusammenbauen kann.

**TiB:** Ist das beim Stellarator nicht extrem schwierig, weil die Spulen ja so seltsam gewunden sind?



Milena Roveda

**Roveda:** Ja, die nichtplanaren Spulen sind etwas seltsam, aber wir haben den Verantwortlichen für die Magnete bei ITER bei uns, einen Mann mit 40 Jahren Berufserfahrung. Er ist zuversichtlich, dass das funktioniert. Und wir wollen das typisch deutsche „Overengineering“ vermeiden.

**TiB:** Braucht man die viele Energie aus der Kernfusion überhaupt und wozu?

**Roveda:** Es gibt zum Beispiel eine Studie der International Energy Agency. Dort wird die Zunahme des Strombedarfs in Europa bis 2050 konservativ auf 25% geschätzt. Bei aggressiverer Schätzung sind es 70%. Der Bedarf entsteht u.a. durch die Elektromobilität im Personenverkehr, aber auch im Schwerlastverkehr. Für Verkehrsträger, die nicht so einfach auf Batteriebetrieb umzustellen sind, also etwa Flugzeuge und Schiffe, muss man Wasserstoff und E-Fuels mit elektrischer Energie herstellen, was bisher nur mit schlechtem Wirkungsgrad möglich ist. Nicht zu vergessen die fortschreitende Digitalisierung, zu der man große Rechenzentren braucht, insbesondere wenn KI-Algorithmen verwendet werden. Es gibt auch Studien, die sagen, dass man die Fusion nicht in erster Linie für die elektrische Energie braucht, sondern eher als Prozesswärme für die Industrie und für die Herstellung von grünem Wasserstoff und E-Fuels.

Das Gespräch führten Walter Tengler, Fritz Münzel und Silvia Stettmayer



# Trägheitsfusion als Option für ein Fusionskraftwerk

Neben den Ansätzen zur kontrollierten Fusion durch Einschluss mit Magnetfeldern hat besonders die Trägheitsfusion mit Laser in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte gemacht.

## Verfahren

Bei der Laserfusion werden wenige mg des Brennstoffs (Deuterium und Tritium) in gefrorenem Zustand in eine wenige mm große Kapsel eingeschlossen. Die Kapsel wird ins Zentrum einer Reaktionskammer gebracht und dort von allen Seiten mit Energie bestrahlt. In bisherigen Experimenten wurde hierzu Laserenergie in einem Hohlzylinder aus Gold erst in weiche Röntgenstrahlung umgewandelt und damit die Kapsel bestrahlt. Daher wird dieses Verfahren als indirektes Verfahren bezeichnet. Der Vorteil bei dem Verfahren ist das sehr symmetrische Strahlungsfeld und die kurze Wellenlänge der Strahlung. Der Hauptnachteil ist die Energie, die bei der Umwandlung verloren geht. Daher bietet sich für ein Fusionskraftwerk die direkte Bestrahlung der Kapsel an, welches als direktes Verfahren bezeichnet wird. Durch die Bestrahlung mit Energie heizt sich die Oberfläche der Kapsel innerhalb von wenigen milliardstel Sekunden auf und dampft von der Oberfläche ab. Der

dabei entstehende Rückstoß, ähnlich eines Raketentriebwerks, beschleunigt nun den Brennstoff in Richtung Zentrum. Dort entstehen durch den Zusammenprall des Brennstoffs Dichten und Temperaturen wie im Zentrum eines Sterns. Daher beginnt in einem kleinen Bereich des Zentrums die Fusionsreaktion und produziert Energie. Diese breitet sich von innen durch den Brennstoff schneller aus, als dieser durch seine Massenträgheit entkommen kann. Dadurch wird bei optimalen Bedingungen bis zu 30% des Brennstoffs durch Fusionsreaktionen umgewandelt und es entsteht ca. 100-mal mehr Energie, als die Lasersysteme geliefert haben. Wird dieses Verfahren ca. 10-mal pro Sekunde erfolgreich durchgeführt entsteht eine Fusionsleistung von ca. 2 GW thermisch, aus dem ca. 1 GW elektrische Leistung gewonnen werden kann, bei einem Einsatz von ca. 1 kg Brennstoff pro Tag.

## Stand der Technik

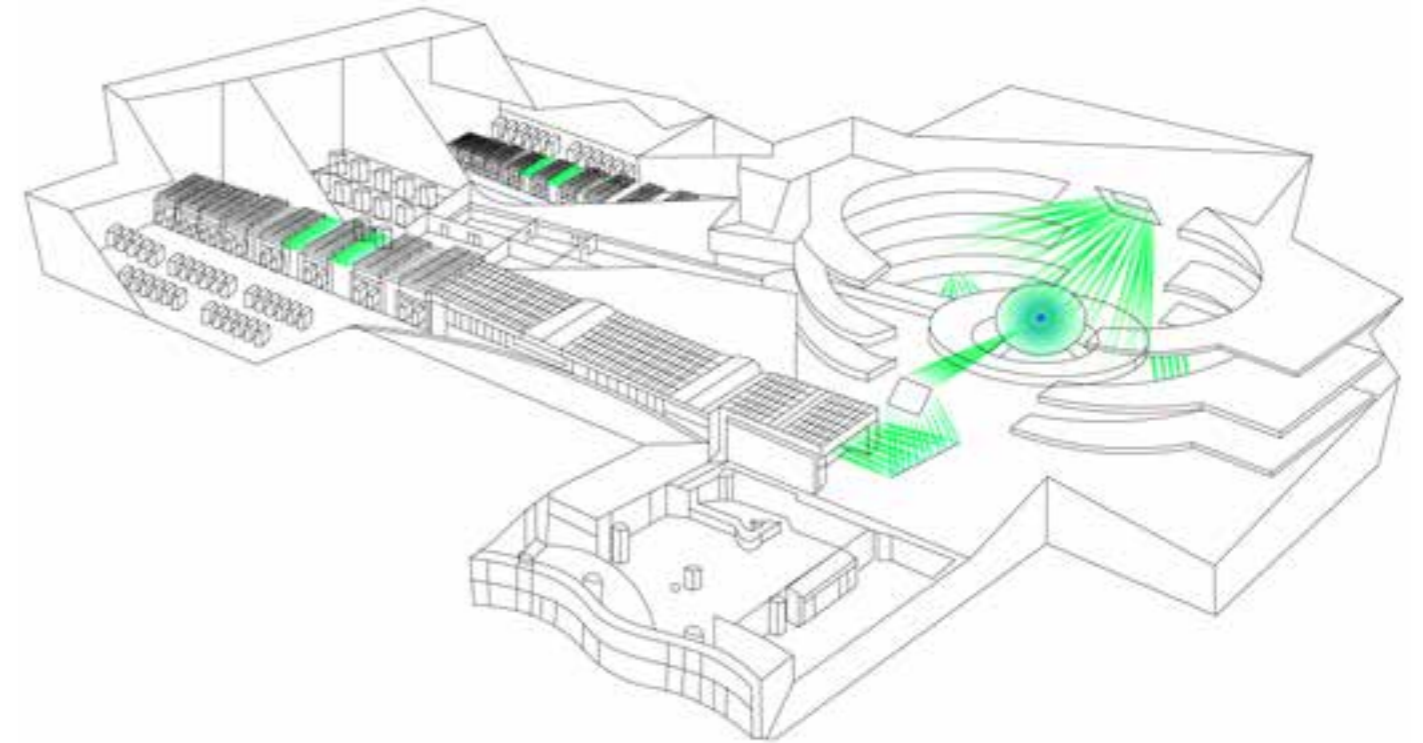
Die Laserfusion hat als einzige Form der Fusion bislang eine positive Energiebilanz vorweisen können, nachdem es 2022 bis 2024 mehrmals gelungen ist eine Kapsel erfolgreich zu zünden und über 2-mal mehr Energie zu erzeugen, als durch die Laser geliefert wurden. Das

dabei verwendete Lasersystem, sowie das verwendete Verfahren der indirekten Bestrahlung eignen sich noch nicht für den Einsatz als Kraftwerk, aber die zugrunde liegende Physik wurde damit erstmals erfolgreich demonstriert.

Was sind also die Optionen für die Laserfusion als Verfahren zur Energieproduktion und wo steht Deutschland hier im Vergleich?

Die Laserfusion hat gegenüber der Magnetfusion einige Jahre Vorsprung und einige Milliarden Euro an Forschungsgeldern aufzuholen. Allerdings profitiert die Laserfusion gerade in Deutschland durch den rasanten Fortschritt im Bereich der Laser und der Targettechnologie, die durch andere vielfache Anwendungen, wie z. B. die Erzeugung von Nanostrukturen für die Chipfertigung durch Laser mit extrem ultraviolettem Licht (EUV), vorangetrieben wurde. Außerdem hat die Laserfusion einige physikalische Vorteile gegenüber der Magnetfusion, die einen raschen Fortschritt erlauben. Diese sind insbesondere:

- der modulare Aufbau, wodurch Lasersysteme, Targetsysteme und Reaktor-komponenten parallel entwickelt werden können;
- die Trennung von Reaktor und Lasersystem. Die Lasersysteme stehen separat von dem Reaktor in einem Gebäude und könne so, unbeeinflusst von Strahlung gewartet oder getauscht werden;
- Viele der technologischen Herausforderungen, die bei der Magnetfusion über Jahrzehnte bearbeitet wurden, stellen sich für die Laserfusion erst garnicht. So ist z. B. die Abschirmung der ultrakalten Spulen von dem heißen Plasma und den Neutronen kein Problem, da es keine Spulen gibt. Daher ist eine Reaktorkammer bei der Laserfusion nicht nur viel einfacher im Aufbau, es können auch Materialien verwendet



Schematische Darstellung eines Laser-Fusionskraftwerks. Klar zu erkennen ist der Modulare Aufbau der Laser und die Trennung von Reaktor und Treiber, was eine Wartung im laufenden Betrieb gestattet

werden, die besser kompatibel sind mit den Bedingungen in einem Reaktor;

- der Abbrand des Tritiums im Reaktor ist in einem Laserfusionskraftwerk deutlich höher und mindert damit das im Kraftwerk umlaufende radiologische Inventar.

## Vom Experiment zum Kraftwerk

Grundlegend muss der Prozess effektiver gestaltet werden. Die Lasersysteme, die bislang im Einsatz waren, stammen konzeptuell aus den 1980er-Jahren und wandeln lediglich 0.5% der eingesetzten Energie in Laserlicht um. Heutige Lasersysteme, grade auch im industriellen Bereich verwerten bereits 10% der eingesetzten Energie und erste Systeme erreichen bereits 26% Effizienz, also 50-fach mehr als bei den Experimenten in den USA. Der Übergang von der indirekten Bestrahlung zur direkten Bestrahlung bringt einen Gewinn eines weiteren Faktors von fünf gegenüber den bisherigen Experimenten. Bisherige Experimente versuchen simultan den Brennstoff zu komprimieren und dabei aufzuheizen. Hierzu werden extrem hohe Implosionsgeschwindigkeiten von

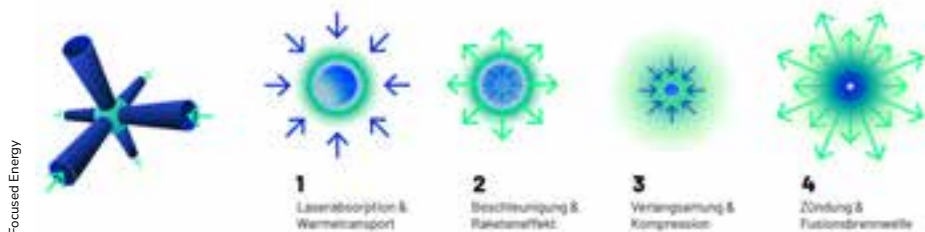
bis zu 400 km/s benötigt. Die bei der hohen Beschleunigung auftretenden Instabilitäten waren einer der Gründe für den Verzug bei der erfolgreichen Zündung der Fusion in den USA. Würde man die zwei Stufen des Fusionsprozesses, Kompression und Aufheizen, voneinander trennen, wie sie mit dem Konzept der schnellen Zündung (Fast Ignition) vorgeschlagen wird, würde sich die eingesetzte Energie, die benötigte Spitzenleistung der Laser und die Anfälligkeit für Instabilitäten deutlich reduzieren. Für eine Halbierung der Implosionsgeschwindigkeit könnte man die vierfache Menge an Brennstoff komprimieren und damit die Energieausbeute deutlich steigern. Eine langsame Kompression wäre hydrodynamisch stabiler. Die Zündung der komprimierten Materie kann durch moderne Kurzpulslaser gelingen, wie sie in Deutschland führend entwickelt werden.

Zusammenfassend gibt es einen schlüssigen Pfad von den erfolgreichen Experimenten in den USA zu einem Kraftwerk mit einem Konzept, welches zu wettbewerbsfähigen Strompreisen führen kann. Hierzu sind noch Jahre an Forschungs-

und Entwicklungsarbeit nötig. Auch wenn Deutschland bislang den Trend in der Laserfusion verschlafen hat, hat es dennoch beste Voraussetzungen diesen rasch aufzuholen. Zusätzlich hat insbesondere die deutsche Industrie eine weltweit erstklassige Ausgangssituation im Bereich der Optik und Lasertechnik mit großem Wertschöpfungspotential für die Wirtschaft. Während in den USA durch das Programm der US-Regierung sich öffentlich-private Netzwerke bilden und in England im Fusion Valley bei Oxford sich Startups mit staatlichen Forschungslabors zusammen setzen geht China hier einen rein staatlichen, aber sehr konsequenten Weg und baut die Laserfusion in mehreren Zentren im Land massiv aus.

In Deutschland wäre die Einrichtung solcher Zentren eine notwendige Vorbedingung, um die gute Ausgangslage der Industrie mit den Forschungslabors und privaten Initiativen zu koppeln. So könnte Deutschland rasch eine führende Rolle bei der Laserfusion einnehmen.

Prof. Dr. Markus Roth  
TU Darmstadt/Focused Energy



Ablauf der Laserfusion. Eine mit Brennstoff beladene Kugel von 2mm Durchmesser wird von allen Seiten mit Lasern bestrahlt. Durch die Expansion der äußeren Hülle wird das Innere ins Zentrum beschleunigt. Im Zentrum entstehen so Drücke und Temperaturen wie im Inneren der Sonne und die Fusion setzt ein. Diese breitet sich radial nach außen schneller aus, als der Brennstoff entkommen kann

# Fusionsforschung - eine internationale Unternehmung

Die Fusionsforschung, seit den späten 1950er-Jahren deklassifiziert, war stets von intensiver internationaler Zusammenarbeit geprägt. Beim Gipfeltreffen der Supermächte in Genf 1985 schlug Gorbatschow Reagan ein internationales Gemeinschaftsprojekt zur Entwicklung der Fusionsenergie vor. Dies war die Geburtsstunde des ITER-Projekts (lateinisch für „Der Weg“). Europa, Japan, Russland und die USA schlossen sich 1988 der Konzeptionsphase von ITER an, während im Jahr 2006 das ITER-Abkommen unterzeichnet wurde, zu dem nun auch Korea, China und Indien als Partner gehörten. Das ITER-Abkommen sieht die Gründung einer internationalen Rechtsform für den Bau, Betrieb und die Stilllegung des Projekts vor.

## ITER, das größte wissenschaftliche Unternehmen der Welt

ITER wird der größte Tokamak-Komplex der Welt sein (Abbildung 1) und befindet sich derzeit im Bau in Saint Paul-lez-Durance, Frankreich. Ein Hauptziel von ITER ist die Erzeugung von 500 MW Fusionsleistung aus 50 MW Heizleistung in 1000-s-Pulsen. ITER wird auch längere Plasmapulse bei geringerer Leistung erzeugen können und die Eignung von Fusionstechnologien für Reaktoren testen.

Der Aufbau von ITER erfordert, dass alle sieben Mitgliedsstaaten Komponenten in Form von Sachleistungen liefern, wobei Europa 46% der Komponenten liefert und die anderen sechs Partner je 9%. Das geistige Eigentum des ITER-Designs

wird offen zwischen allen Partnern geteilt. Die Herstellung der meisten Komponenten wurde auf die sieben Mitgliedsstaaten aufgeteilt, so dass jeder Partner das Wissen und die Erfahrung erwirbt, um selbst eine Anlage der nächsten Generation zu bauen. Der Nachteil dieses Ansatzes besteht darin, dass man sich mit vielen zusätzlichen Schnittstellen auseinandersetzen muss. ITER ist die bei weitem komplexeste wissenschaftliche Anlage, die je gebaut wurde, und es ist daher keine Überraschung, dass es bei dem Projekt zu Zeit- und Budgetüberschreitungen kommt. Die Inbetriebnahme des ITER-Tokamaks wird voraussichtlich in den 2030er-Jahren erfolgen, mit einer nuklearen Betriebsphase vor 2037.

## Die nächsten Schritte zur Demonstration von Elektrizität aus Kernfusion

### Europa

Die meisten ITER-Mitglieder arbeiten bereits an der konzeptionellen Auslegung der nächsten Stufe zur Demonstration der Elektrizität aus Fusionsenergie. EUROfusion koordiniert in Europa den konzeptionellen Entwurf des Demonstrationsreaktors (DEMO) mit dem Ziel einer Tokamak-Anlage, die 300 bis 450 MW Strom in Pulsen von mehr als 2 Stunden erzeugen kann. Schutzmaßnahmen für die internen Komponenten erfordern eine relativ große Maschine mit einem grossen Radius von 8,4 m und einem Aspektverhältnis von 2,8 sowie einem Magnetfeld von etwa 4,5 T. Größere Tokamaks mit moderatem Magnetfeld haben den Vorteil, dass die Neutronenbelastung der Wände und die Plasmabelastung der Wände viel geringer ist als in kleinen Hochfeld-Tokamaks und daher leichter zu bewältigen ist. Die frühzeitige Einbindung der Industrie in die Anlagenkonzeption ist eine Lehre aus ITER, um die Herstellbarkeit aller Komponenten zu gewährleisten.

Das Vereinigte Königreich hat die UK Industrial Fusion Solutions Ltd (UKIFS) gegründet, um seinen Prototyp einer Fusionsenergieanlage namens STEP (Spherical Tokamak for Energy Production) zu entwickeln, der voraussichtlich 2040 in Betrieb gehen soll. UKIFS arbeitet mit der UKAEA und zwei Industriepartnern oder Unternehmenskonsortien zusammen, um die britische Industrie zu stärken und zukünftige Fusionskraftwerke zu ermöglichen. Die UKAEA hat in große und moderne Labore für Fernwartung, Tritiumbehandlung, Werkstoffe, Brutzellen und Fusionstechnologien investiert. Die genauen Parameter und die Stromerzeugung von STEP werden derzeit noch festgelegt, was Vergleiche mit anderen Entwicklungen erschwert.

### Asien

China betreibt ein aggressives Fusionsprogramm, das derzeit den Bau von BEST (Burning Plasma Experimental Superconducting Tokamak) in Hefei umfasst. BEST untersucht verbesserte DT-Plasmen im stationären Zustand bei  $Q > 1$  und die Physik brennender Plasmen mit  $Q > 5$  in kurzen Pulsen. Zusätzlich werden DEMO-relevante Schlüsseltechnologien für Materialien, Blanket und Brennstoffinventar getestet. Die Anlage mit einem großen und kleinen Plasmaradius von 3,6 m bzw. 1,1 m soll Ende 2027 in Betrieb gehen. Die Ergebnisse von BEST fließen in den Entwurf des China Fusion Experimental Test Reactor (CFETR – Abb. 2) ein, der um 2040 in Betrieb genommen werden soll. Der CFETR ähnelt dem europäischen DEMO, ist jedoch etwas kleiner (großer und kleiner Radius 7,2 m / 2,2 m) mit einem Magnetfeld von 6,5 T auf der Achse. Die vorgesehene Fusionsleistung beträgt bis zu 2 GW, und der CFETR soll bis zu 800 MW elektrische Leistung erzeugen. Japan und Korea haben Programme, die einen Demonstrationsreaktor im An-



Abb. 2: Anlagenlayout des China Fusion Experimental Test Reactor



Abb. 1: Künstlerische Darstellung eines im ITER-Tokamak eingeschlossenen Plasmas

schluss an ITER vorsehen. Obwohl sich die Programme in Einzelheiten von den europäischen DEMO- und CFETR-Programmen unterscheiden, kann man mit Fug und Recht behaupten, dass die Gesamtkonzeptionen des JA-DEMO und des K-DEMO recht ähnlich sind. Korea hat bereits ein Grundstück für den K-DEMO-Reaktor reserviert. Japan hat vor kurzem ein so genanntes „Moonshot“-Programm verabschiedet, um den JA-DEMO zu entwickeln.

### USA

Die Entwicklung von Fusionskraftwerken in den USA hat sich stark auf private Initiativen erweitert, wobei über die Hälfte der der ‚Fusion Industry Association‘ zugehörigen Unternehmen im Land ansässig sind. Die größte private Initiative, Commonwealth Fusion Systems (CFS), hat 1,8 Mrd. \$ für den Bau des SPARC-Tokamaks aufgebracht, der 50–100 MW Fusionsleistung mit einem  $Q > 10$  erzeugen soll. SPARC, ein kleiner Tokamak mit einem großen und kleinen

Plasmaradius von 1,85 m bzw. 0,57 m und einem Magnetfeld von 12,2 T zielt darauf ab, vor ITER einen Nettoenergiegewinn zu erzielen. Alle privaten Unternehmen und auch die nationalen Laboren haben ihre Ansätze, und die Regierung verteilt ihr Budget auf all diese Initiativen in der Hoffnung, dass eine von ihnen Erfolg haben wird.

### Epilog

In diesem Artikel hat sich der Autor hauptsächlich auf die Fusion mit magnetischem Einschluss konzentriert. International beschäftigen sich verschiedene Länder mit der Trägheitseinschlussfusion; die bekannteste Anlage ist die National Ignition Facility in den USA, aber auch verschiedene Laboratorien in Europa, Japan, Russland sowie eine Handvoll Privatunternehmen in den USA und Europa streben die Entwicklung eines Fusionsreaktors nach diesem Prinzip an.

Prof. Dr. Tony Donné  
ehemaliger CEO EUROfusion, Garching

# Technologieentwicklungen für Fusionskraftwerke

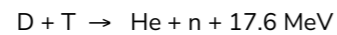
Das deutsche wie auch das europäische Fusionsprogramm haben sich in der Vergangenheit auf die Fusion mit magnetischem Einschluss konzentriert. Inzwischen rückt zumindest in Deutschland nun auch die Trägheitsfusion in den Fokus.

Dieser Beitrag behandelt vor allem die Technologiefelder, die für die beide Ansätze, ggf. in angepasster Form, relevant sind, und gibt eine kurze Übersicht über die Themen, die jeweils nur für den einen oder den anderen Ansatz wichtig sind. Die Plasmaphysik, zentral für das Zustandekommen der Fusionsreaktion sowohl in der Magnet- als auch in der Trägheitsfusion, aber mit jeweils völlig unterschiedlichen Parametern und relevanten Gesetzmäßigkeiten, ist keine „Technologieentwicklung“ und wird an anderer Stelle dieser Ausgabe behandelt.

Abb. 1 zeigt die Systeme und Arbeitsgebiete, die in der Magnetfusion von Bedeutung sind, und hebt diejenigen davon heraus, die ebenso in der Trägheitsfusion eine Rolle spielen.

### DT-Brennstoffkreislauf

Praktisch alle Ansätze zur kontrollierten Kernfusion basieren auf der Reaktion von Deuterium und Tritium:



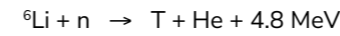
weil dies die hinsichtlich der „Zündung“ die am leichtesten zugängliche Fusionsreaktion ist. Deuterium und Tritium sind Isotope des Wasserstoffs; Deuterium kommt zu 0,015 Prozent in natürlichem Wasserstoff und also auch in Wasser vor. Tritium ist instabil und radioaktiv, zerfällt mit einer Halbwertszeit von ca. 12 Jahren und kommt in der Natur nicht vor. Seine Handhabung erfordert beson-

dere Maßnahmen, da es aufgrund seiner Radioaktivität bereits in sehr geringer Dosierung gefährlich bzw. bei Inkorporation tödlich ist – und natürlichen Wasserstoff chemisch leicht ersetzen kann. Deuterium und Tritium müssen dem Reaktionsraum zugeführt und, da jeweils keine vollständige Umsetzung erfolgt, auch wieder abgeführt, abgetrennt, gereinigt und in einem geschlossenen Kreislauf in geeigneter Form wieder zurückgeführt werden. Die Entwicklungsarbeiten dazu in Deutschland und innerhalb der EU werden am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) durchgeführt (Abb. 2).

### Brutblanket

Da Tritium nicht in der Natur vorkommt, muss es – nach einer Erstbeschickung aus der Produktion in Kernreaktoren – im Fusionsreaktor selbst laufend erzeugt

werden, und zwar in einer Kernreaktion aus Lithium unter Nutzung der bei der Fusionsreaktion freigesetzten Neutronen:



Dies erfolgt in einer Auskleidung der Reaktorwand, dem so genannten Brutblanket. Diese Komponente, die an ihrer Oberfläche den energetischen Teilchen und ggf. elektromagnetischer Strahlung aus dem Fusionsplasma, und in ihrem Volumen den neutralen, Materie durchdringenden Fusionsneutronen ausgesetzt ist, hat neben der Funktion des Tritium-Brütens auch die Aufgabe, die durch die Neutronen eingebrachte Energie in Wärme umzuwandeln und diese sowie die Wärme aus der Brutreaktion über ein Kühlmittel abzuführen. Dabei ist im Hinblick auf die nachfolgende Konversion in elektrische Energie ein möglichst hohes Temperaturniveau anzustreben, wie es durch Gaskühlung (He, CO<sub>2</sub>) erreicht werden kann. Eine weitere Aufgabe des Brutblankets ist die Abschirmung dahinter liegender Komponenten (insb. der supraleitenden Magnete in der Magnetfusion) gegenüber den Fusionsneutronen. Das KIT betreibt die Brutblanket-Entwicklung in Deutschland und führt die entsprechende europäische Aktivität an.

### Neutronenresistente Materialien

Bei der DT-Fusionsreaktion werden Neutronen freigesetzt, mit einem Energiespektrum, das um ca. eine Größenordnung über dem so genannter „schneller“ Kernreaktoren liegt. Diese Neutronen werden einerseits zum Erzeugen des Tritiums benötigt. Andererseits treffen sie auch auf Wände und Strukturmaterialien und führen dort zu Materialschädigung und Aktivierung. Für Fusionsreaktoren werden daher neutronenresistente, niedrig aktivierende Stähle benötigt, deren Radioaktivität in überschaubaren Zeiträumen bis zur Rezyklierungsfähigkeit abklingt und die somit keine Endlagerung benötigen – und die dem Neutronenbombardement lange genug standhalten, dass ein Reaktor auch bei regelmäßigem Austausch der betroffenen Komponenten wirtschaftlich betrieben werden kann. Der in Europa bislang am weitesten qualifizierte Stahl dieser



Abb. 2: Blick in das Tritiumlabor Karlsruhe am KIT

Kategorie, EUROFER, wurde maßgeblich am KIT entwickelt; andere Materialien mit erweitertem Einsatzbereich sind in Vorbereitung. Um diese auch unter Neutronenbeschuss mit einem relevanten Energiespektrum testen und qualifizieren zu können, wird in Spanien eine beschleunigergetriebene Neutronenquelle (DONES) errichtet.

### Fernwartung und Anlagenlogistik

Die Schädigung der Komponenten, die die Fusionsreaktion umschließen, durch die Fusionsneutronen erfordert deren regelmäßigen Austausch. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um das Brutblanket, das ja möglichst alle Neutronen zur Tritium-Erzeugung „aufsameln“ soll; bei der Magnetfusion kommt noch der Divertor hinzu (s.u.). Die durch die Neutronen bewirkte Aktivierung dieser Komponenten lässt nur die Handhabung per Fernhandhabung zu. Größe und Gewicht der Komponenten sowie räumliche Einschränkungen und die Notwendigkeit, die Radioaktivität jeweils sicher einzuschließen, machen die Entwicklung neuer Methoden nötig. Die Menge der auszutauschenden Komponenten und der Zeitaufwand erfordern ausgeklügelte Logistik-Konzepte, um den Stillstand der Anlage, die Menge der benötigten Werk-

zeuge und den benötigten Lagerraum zu optimieren.

### Energiekonversion

Grundsätzlich unterscheidet sich die (sekundäre) Energiekonversion, d.h. die Umwandlung von Wärme im Kühlmittel in Elektrizität, nicht von der Elektrizitätserzeugung in anderen Kraftwerkstypen. Allerdings bringt die Fusion Randbedingungen mit sich, die einen 1:1-Übertrag nicht zulassen. Die Temperatur des Primär-Kühlmediums muss sich nach dem Einsatztemperaturbereich der für das Brutblanket geeigneten Materialien richten; das schließt z.B. einen längeren, d.h. über eine bloße Demonstrationsphase hinausgehenden Betrieb mit Wasser und den gegenwärtig verfügbaren Strukturmaterialien aus. Ebenso muss die Auswirkung der hochenergetischen Fusionsneutronen auf das Kühlmedium berücksichtigt werden. In dieser Hinsicht ist Helium – wie auch beim Einsatztemperaturbereich – vorteilhaft, bringt jedoch Nachteile beim Preis und beim Reifegrad der Energiekonversionsmethoden. Unterschiede zwischen den verschiedenen Fusionsansätzen und ggf. zu den konventionellen Konversionstechnologien, die sich auf das Konversionssystem auswirken, gibt es beim Betriebsmodus: der

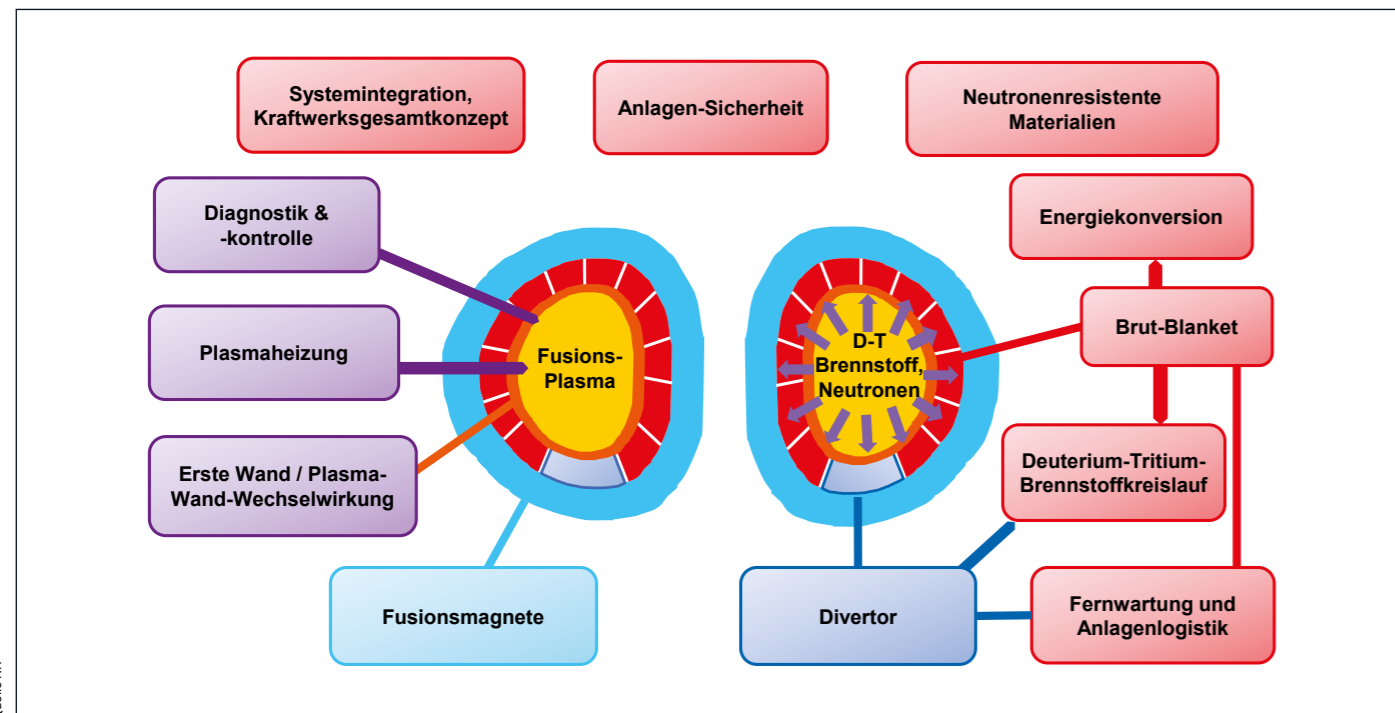


Abb. 1: Schematische Darstellung der Komponenten und Technologien für die Magnetfusion, angeordnet um den Querschnitt einer toroidalen Plasmakammer. Rot: Systeme und Bereiche, die mit Anpassungen auch in der Trägheitsfusion benötigt werden; violett: Themen, die in Magnet- und Trägheitsfusion wichtig sind, jedoch mit sehr unterschiedlichen Lösungen; blau: spezifische Komponenten für die Magnetfusion

# Laserfusion in Deutschland

voraussichtlich kontinuierliche Betrieb des Stellartors ist konventionellen Kraftwerken vergleichbar; der voraussichtlich quasi-kontinuierliche Betrieb von Kraftwerken nach dem Prinzip der Trägheitsfusion auch. Bei der gegenwärtigen Hauptlinie in der Magnetfusion, ist ein „gepulster“ Betrieb mit signifikant langen Pausen (wenige bis viele Minuten) praktisch unvermeidlich, dies erfordert Lösungen zur Zwischenspeicherung und ggf. Lastadaption.

## Kraftwerksgesamtkonzept und System Code

Ein Fusionskraftwerk besteht aus zahlreichen, bereits in sich komplexen Einzelsystemen, wie schon diese kurze Darstellung zeigt. Über die jeweiligen Betriebsbedingungen sind diese Systeme miteinander gekoppelt (z.B. Temperatur, Druck, Transportmedium, Aktivierung) und erzwingen so eine übergreifende, durchgängige Betrachtung und Abstimmung von Teilsystemen und Parametern. Diese Systemintegration, die je nach gewähltem Fusionskonzept, Betriebsbedingungen und Betriebsmedien zu sehr unterschiedlichen Gesamtkonzepten führt, wird idealerweise in einer virtuellen modularen Plattform abgebildet („System Code“), die es sowohl erlaubt, durch Austausch von Modulen ganz unterschiedliche Kraftwerkskonzepte abzubilden, als auch bei gewählter Konfiguration die Betriebsbedingungen zu optimieren.

## Sicherheit

Fusionskraftwerke sind nukleare Anlagen. Dementsprechend brauchen sie geeignete Sicherheitskonzepte und Zulassungen. Beides setzt einen passenden regulatorischen Rahmen voraus. Die Risiken und möglichen Unfall-szenarien sind jedoch völlig andere als bei den bisherigen Kernkraftwerken, die

auf Kernspaltung basieren. Insb. gibt es bei Fusionskraftwerken keine Kettenreaktion, die außer Kontrolle geraten könnte; die radioaktiven Inventare sind geringer und anders in ihrer Beschaffenheit. Das wichtigste Gefährdungspotenzial besteht in der Freisetzung von flüchtigem Tritium (s.o.), dessen Gesamtinventar deshalb streng zu begrenzen, sicher einzuschließen und zu überwachen ist. Die Erarbeitung eines geeigneten regulatorischen Rahmens, der sich grundsätzlich von dem für Kernkraftwerke unterscheidet, ist in den USA und Großbritannien bereits auf den Weg gebracht; in Deutschland startet eine entsprechende Initiative gerade.

## Felder mit Analogien zwischen Magnet- und Trägheitsfusion

Unabhängig vom konkreten technologischen Konzept muss der „Fusionsbrennstoff“ auf die für den Start der Fusionsreaktion nötige Temperatur gebracht werden. In der Trägheitsfusion dienen dazu i. d. R. äußerst leistungsfähige Kurzpuls-Lasersysteme; Deutschland hat hier eine führende Rolle. In der Magnetfusion gibt es dazu verschiedene Methoden wie z. B. die Mikrowellenplasmaheizung oder die Heizung durch Neutralteilcheninjektion, bei der die Teilchen zunächst als Ionen auf hohe Geschwindigkeit, d. h. Bewegungsenergie, beschleunigt und dann neutralisiert werden, um ein möglichst tiefes Eindringen in den „Magnetkäfig“ des Fusionsplasmas zu ermöglichen. Auch eine Diagnostik zum Überwachen der Fusionsreaktion sowie, darauf aufbauend, Kontrollsysteme zum Nachsteuern, braucht es unabhängig vom konkreten Ansatz; diese müssen aber natürlich auf das jeweilige Fusionsprinzip abgestimmt sein. Schließlich ist die Umhüllung des Reaktionsraums, die so genannte „Erste Wand“, bei allen Ansätzen, die auf den baldigen Einsatz der Fusion zur

Energiegewinnung zielen, extrem hohen Belastungen durch den Einschlag hochenergetischer Neutronen ausgesetzt, ggf. sogar zusammen mit sehr starken transienten Wärmebelastungen.

## Spezifische Technologiefelder

Die Fusion mit magnetischem Einschluss des Fusionsplasmas braucht extrem starke, räumlich ausgedehnte Magnetfelder. Diese sind wirtschaftlich nur mit Spulen aus Supraleiterwindungen zu realisieren. Während ITER dabei auf „klassische“ Supraleiter setzt, werden insb. von den „Start-ups“ in der Fusion oft Hochtemperatur-Supraleiter bevorzugt, bei denen es noch Entwicklungspotenzial gibt. Die Magnetfusion benötigt wegen des magnetischen Einschlusses der geladenen Plasmateilchen eine spezielle magnetische Konfiguration mit einer daran angepassten Komponente zur Abfuhr der bei der Fusionsreaktion erzeugten „Asche“, d. h. Helium. Dieser so genannte „Divertor“ muss dabei ein hochenergetisches Teilchengemisch auffangen und ableiten, das dann außerhalb der Reaktionskammer getrennt und aufgearbeitet wird, und ist noch weitaus höheren thermischen Belastungen ausgesetzt als die Erste Wand. Bei der Trägheitsfusion wird eine sehr kompakte Brennstoffkapsel, i. d. R. ein gefrorenes DT-Gemisch, in extrem kurzer Zeit extrem stark aufgeheizt, um so die Schwelle des Einsetzens der Fusionsreaktion zu überwinden. Die Herstellung dieser z. T. hochsymmetrischen, z. T. sehr präzise mikrostrukturieren so genannten „Targets“ sowie ggf. einer umhüllenden Struktur zur räumlichen Gleichverteilung der eingestrahlten Energie („Hohlraum“) erfordert sehr spezifisches Know-how; Deutschland hat auch hier eine führende Position.

Dr. Klaus Hesch

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Die Fusionsforschung der Nuklearmächte ist eng verknüpft mit militärischer Forschung. Dies gilt neben der Fusion mittels magnetischen Plasmaeinschlusses vor allem für eine alternative Technik: die Trägheitsfusion (inertial confinement fusion, ICF) mit Lasern. Bereits kurz nach der ersten Realisierung des Lasers im Jahr 1960 entstand u. a. in den USA, der Sowjetunion und verschiedenen europäischen Ländern die Idee, die Verdichtung des Brennstoffs durch das Fokussieren hochenergetischer Laserstrahlung zu erzeugen. Während in Amerika Teile des Programms zunächst der Geheimhaltung unterlagen, wurde in nicht-nuklearen Staaten, darunter in Italien und in der BRD, offen an der Erzeugung von Plasmen mit Laserstrahlung geforscht.

## Eine Konferenz in Montréal

1972 veröffentlichten amerikanische Forschende auf der 7th International Quantum Electronics Conference in Montréal Informationen zum ICF Programm der USA. So war der Physiker Edward Teller (1908-2003) optimistisch, dass die Demonstration „irgendwann in den 1970ern, vielleicht sogar in den frühen 1970ern“ gelingen könne [1]. In der BRD wurde zu dieser Zeit bereits am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching zur Erzeugung von Plasmen durch Hochleistungslaser geforscht. Dieser Optimismus beförderte die Einrichtung einer neuen „Projektgruppe Laserforschung“ in Garching durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie – und das in einer Zeit, in der die Bereitstellung von Forschungsmitteln in der BRD stagnierte. Dort entdeckten Forschende Ende der 1970er-Jahre den „indirect drive“, einen durch weiche Röntgenstrahlung getrie-



Foto: Deutsches Museum / A. Kaufmann

Target-Kammer für Experimente zu Laserplasmen aus dem Zentralinstitut für Optik und Spektroskopie der Akademie der Wissenschaften der DDR. Deutsches Museum Objektsammlungen, Inv.-Nr. 2023-60

benen Fusionsprozess, der in den USA bekannt war, aber bis in die 1990er-Jahre der Geheimhaltung unterlag. Aus der Projektgruppe ging 1981 das Max-Planck-Institut für Quantenoptik hervor, das als eines seiner Kerngebiete die Entwicklung von Hochleistungslasern verfolgte [2]. Trotz einer Vielzahl wissenschaftlicher Erfolge in der Plasmaphysik blieb die Fusion unerreicht und ein Großteil der Aktivität wurde Mitte der 1990er-Jahre eingestellt.

## Forschung im Osten

Auch die UdSSR verfolgte seit den 1960er-Jahren ein eigenes Programm

zur Laserfusionsforschung, das maßgeblich durch das Lebedev-Institut der Akademie der Wissenschaften der UdSSR vorangetrieben wurde. Das Zentralinstitut für Optik und Spektroskopie (ZOS) der Akademie der Wissenschaften der DDR war seit den 1970er-Jahren durch ein Inter-Akademie-Programm an der Entwicklung optischer Komponenten für sowjetische Hochleistungslaser beteiligt. Die Kooperation beinhaltete sowohl Entwicklungsbeiträge als auch den Austausch von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern. Von 1980 an wurde am ZOS ein eigenes Hochleistungslaserprogramm initiiert. Herzstück für die Versuchsaufbauten zur Untersuchung von Laserplasmen war eine Vakuum-Targetkammer, die das Lebedev-Institut dem DDR-Institut schenkte (s. Abb.). Auch die Forschung in der DDR wandte sich später neuen Themen zu, darunter der Erzeugung ultrakurzer Laserpulse, die nach der deutschen Wiedervereinigung weiterverfolgt wurden.

Dr. Johannes-Geert Hagmann  
Deutsches Museum

## Quellen

- [1] Teller, Edward. 1973. „A Future ICE (Thermonuclear, That Is!).“ IEEE Spectrum 10 (1): 60–64.
- [2] Hagmann, Johannes-Geert. 2024. „Licht und Laserphysik.“ In: Jürgen Renn et al. (Eds.) Die Max-Planck-Gesellschaft: Wissenschafts- und Zeitgeschichte 1945–2005. Göttingen, S. 321–339.
- [3] Wissenschaftshistorische Adlershofer Splitter. 6, Vom optischen Laboratorium in Berlin-Karow bis zum Zentralinstitut für Optik und Spektroskopie in den Jahren 1946–1991. 2000, S. 190.

VDI BV Bayern Nordost

## Familientag Faszination Technik

Am 13. 7. 2024 war es nach den intensiven Vorbereitungen endlich so weit: In Zusammenarbeit mit der Technischen Hochschule Nürnberg fand unser erster VDI-Familientag „Faszination Technik“ im Innenhof der Hochschule statt. Bei schönem Wetter kamen viele Besucher aller Altersgruppen, um die zahlreichen Aussteller und Attraktionen zu besuchen.

Die Freiwillige Feuerwehr Nürnberg und das THW präsentierten aktuelle Einsatzfahrzeuge und stellten ihre technische Ausrüstung vor. Kinder hatten die Möglichkeit, in ein echtes Feuerwehrauto zu steigen und sich wie kleine Helden zu fühlen. Der Wasserstofftruck von unserem Fördermitglied MAN Truck & Bus SE war ein echter Eyecatcher und ein Beispiel für die Innovationen im Bereich

Transportlösungen. Diese Technologie stellt eine vielversprechende Alternative zu herkömmlichen Dieselantrieben dar, insbesondere im Schwerlastverkehr, und wird nächstes Jahr in die Serienproduktion gehen. Als weiteres Fördermitglied des Bezirksvereins zeigte Jaka Robotics einen kollaborierenden Roboter, der im wörtlichen Sinne kinderleicht ohne Code zu programmieren war. Ferner war die Fa. e optimum AG vertreten, die auf dem VDI-Vorteilsportal für Strom und Gas besonders günstige Konditionen für VDI-Mitglieder anbietet.

Die TH Nürnberg ermöglichte einen Blick hinter ihre Kulissen, die Führungen durch die Labore faszinierten Groß und Klein. Die Besucher erhielten spannende Einblicke in die Welt der Wissenschaft und konnten live bei Experimenten dabei sein.

Die Netzwerke des BVs boten viele Experimente zum Mitmachen für Jung und Alt an, z. B. mit einer Wärmebildkamera, dem heißen Draht, Bau von kleinen Robotern, dem kreativen Lernlabor, Programmierung von Mikrocomputern uvm. Die Studierenden der Formula Student Amberg-Weiden präsentierten stolz ihren selbst entwickelten Rennwagen. Technikbegeisterte Besucher konnten das innovative Fahrzeug aus nächster Nähe bestaunen und interessante Gespräche mit den jungen Ingenieuren und Studierenden führen.

Die Simba Dickie Group stellte ferngesteuerte Autos zur Verfügung. Dieses Engagement zeigt, wie Unternehmen durch Sachspenden und Unterstützung von Veranstaltungen positive Beiträge für die Gemeinschaft leisten können. Die ferngesteuerten Autos bieten den Kindern eine spannende und unterhaltsame Aktivität und können zudem dazu beitragen, deren motorische Fähigkeiten und Interesse an Technik zu fördern.

Wir haben auch andere gemeinnützige Vereine eingeladen, den Familientag zu bereichern und sich zu präsentieren, es kamen der Vorstadtverein Wöhrd gemeinsam mit der überparteilichen Initiative Zamrüggn für die Demokratie, der Kinderschutzbund Nürnberg, AURA e.V., FabLab Region Nürnberg, Technik ohne Grenzen und Ingenieure ohne Grenzen.

Bei der VDI-Berufs- und Karriereberatung konnten junge Menschen wertvolle Informationen und Unterstützung erhalten. Solche Beratungsangebote sind oft entscheidend, um den Weg in die berufliche Zukunft zu ebnen. Junge Menschen haben die Möglichkeit, sich über verschiedene Berufsfelder, Ausbildungsmöglichkeiten und Studiengänge zu informieren. Zudem können sie individuelle Beratungsgespräche führen, bei denen ihre Stärken und Interessen analysiert und passende Berufsperspektiven aufgezeigt werden.

Für die jungen Gäste gab es zahlreiche Aktivitäten und Attraktionen: eine Piratenschiff-Hüpfburg, Kinderschminken, Glitzertattoos, Taschen bemalen, Glücksrad, Luftballons, Popcorn und Zuckerwatte. Für die musikalische Unterhaltung sorgte ein professioneller DJ.

Für das leibliche Wohl war bestens gesorgt. Eine vielfältige Auswahl an Speisen und Getränken sorgte dafür, dass niemand hungrig oder durstig blieb. Neben der Grillstation, Fischbowls, Kuchen und Eis gab es auch exotische Angebote, von der Quiche über syrische Spezialitäten bis zu venezolanischen Arepas – es war für jeden Geschmack etwas dabei. Wir bedanken uns herzlich bei allen Besuchern, Helfern und Teilnehmern, die diesen Tag zu einem unvergesslichen Erlebnis gemacht haben. Es war ein Tag voller Freude, Entdeckungen und faszinierender Technik – wir freuen uns schon auf das nächste Mal!

Renate Loch und Tilko Diert  
VDI BV Bayern Nordost



Demonstationsfahrzeug der Berufsfeuerwehr Nürnberg

Fotos: Renate Loch



Ausstellungsstand der ohm

**ohm** Technische Hochschule Nürnberg

**Für Bildung.  
Für Forschung.  
Für alle.**

[www.th-nuernberg.de](http://www.th-nuernberg.de)

## VDI BV Bayern Nordost Riesengaudi

**R**iesengaudi, doch was war das? Hat doch einer der Rennfahrer seinen Boliden mit Schmackes unter die 25 m x 2,2 m große verankerte Ruhebank für die Studierenden gebrettert. Das problematische daran, unter der Bank läuft ein 30 cm tiefer Lüftungsschacht für die Tiefgarage. Von Hand rausholen, keine Möglichkeit.

Feuerwehreinsatz 1.0: Mit Schaufel und Besen, auf dem Bauch liegend, wurde versucht an das Objekt zu kommen, keine Möglichkeit. Folgerichtig, wie Ingenieure denken, wurde nun die Aktion in die Tiefgarage verlegt. Im 5ten Schacht konnte man den Rennwagen über dem Gitterrost erkennen.

Jetzt kam der Feuerwehreinsatz 2.0. Ausgestattet mit Besen, Decke, Handschuhen und Leiter begab sich das Feuerwehrtotalteam unter der Leitung eines

VDI-Profis an die Unfallstelle in der Tiefgarage. Leiter aufgestellt, die parkenden Autos mit der Decke abgedeckt und mit Besen rauf auf die Leiter. Zum Glück war der Gitterrost nicht verschraubt und so konnte man das Rennauto mit geschicktem Manöver des Besens aus der Zwangslage herausfindern. Alles wieder aufgeräumt und Einsatz beendet.

Als der Mutter des Unglücksfahrers der Wagen übergeben wurde, war die Freude groß, wusste sie doch nicht, wie sie



Rettungseinsatz für einen verirrtten Rennboliden

Foto: Bergmann

den Schaden regulieren könnte. Eine Portion Eis war aber für die Helfer die Einsatzbelohnung.

*Knut Bergmann*

### VDI-Netzwerk Technischer Vertrieb und Produktmanagement Bayern Nordost

#### Seminaristischer Workshop: Kundenkommunikation effektiver gestalten

Referent: Prof. Dr. Roland Schnurpfeil, Hochschule Ansbach

Laut mehreren aktuellen Erhebungen werden Verbraucher heute mit mehr als 10.000 Werbebotschaften pro Tag über verschiedene Kommunikationskanäle konfrontiert. Marketingexperten gehen davon aus, dass Werbeblindheit bereits bei 3.000 bis 5.000 Werbebotschaften einsetzt. Im Business-to-Business (B2B)-Bereich ist effektive Kundenkommunikation entscheidend für den Geschäftserfolg und die langfristige Kundenbindung. Wie kann es einem Industrieunternehmen in dieser Gemengelage gelingen, mit seinen Botschaften die aktuellen und insbesondere potenziellen zukünftigen Kunden gezielt und effektiv zu erreichen?

In diesem seminaristischen Workshop werden zunächst die Grundlagen der B2B-Kommunikation in allen Phasen der Kundenbeziehung ausgearbeitet. Dies erfolgt sowohl aus Sicht des Vertriebs als auch des Marketings, da beide Ressourcen knapp sind und daher verbunden sowie zielgerichtet eingesetzt werden müssen, um Markenkraft zu entfalten. In Gruppenarbeit werden dabei Themen wie Kundenklassifizierung, Prozesse der Zusammenarbeit von Marketing und Vertrieb, Vertriebssteuerung sowie die Gestaltung von Kommunikationskampagnen z.B. zur Neuprodukteinführung behandelt. Ziel soll es sein, den Teilnehmern Werk-

zeuge zur Planung integrierter Kundenkommunikation im Zuge der Jahresplanung zu vermitteln. Zielgruppe: Führungskräfte aus Vertrieb, Kundendienst, Marketing, Produktmanagement bis hin zur Unternehmensleitung.

**Samstag, 12. Oktober 2024  
10.00 Uhr bis 16.00 Uhr**

Technische Hochschule Nürnberg  
Kesslerplatz 12, Raum KA.440a

Für Vortragsunterlagen, Catering und Getränken wird eine Gebühr von 40 Euro je Teilnehmer erhoben. Bitte melden Sie sich online an.

## Cross Cultural Group München

# Interkulturelle Zusammenarbeit: Umgang mit Konflikten - Herausforderungen und Synergiepotenziale

**D**ie Kommunikation im interkulturellen und technischen Umfeld kann oftmals sehr komplex sein. Diese Komplexität zu reduzieren und dabei eine Sache zwischen verschiedenen Beteiligten auf einen Nenner zu bringen, mag herausfordernd sein – dennoch ermöglicht dies auch, Synergiepotenziale zu nutzen.



Foto: Privat

Frau Nadine Greck ist Unternehmensberaterin und Coach. Sie ist als Lean Six Sigma Black Belt und Mediatorin tätig, überwiegend in technischen Bereichen (IT, TK, Automotive, Pharma). Hierbei widmet sie sich unter anderem den Themen „Umgang mit Konflikten“ und „Diplomatische Kommunikation“.

#### Konfliktlösung im interkulturellen Kontext

**CCG:** Frau Greck, wie sind Sie dazu gekommen, sich dem Thema Konfliktlösung zu widmen?

**Nadine Greck:** Als Diplom-Kauffrau und zertifizierte Lean Six Sigma Black Belt habe ich mich immer bestens ausgebildet gefühlt. Kombiniert mit meinen lang-

jährigen Erfahrungen in den Bereichen Vendor-, Projekt- und Prozessmanagement in verschiedenen technischen und nicht-technischen Geschäftsbereichen, habe ich meine Projekte stets zum Erfolg geführt. Ich habe mir aber gewünscht, mit den Menschen, mit denen ich zusammenarbeite, noch besser kommunizieren zu können, sie noch besser im Austausch zu erreichen und aktiv einzubeziehen. Es gab immer wieder laute und unerschwellige Konflikte, die ich aber nie unter den Teppich gekehrt habe. Mein Team nannte mich auch schon „Die Diplomatin“. Also entschied ich mich dazu, den „Master of Mediation“ an der FernUni Hagen zu absolvieren.

Das war für mich ein absoluter „Game Changer“ und somit eine wertvolle Kombination aus analytischem, sachlichem und strategischem Denken und Handeln, sowie dem Training meines „Empathie- und Kommunikationsmuskels“. Ich liebe die Menschen und ich brauche den Austausch mit Menschen. Und vor Konflikten habe ich keine Angst mehr – ganz im Gegenteil: denn Konflikte sind nicht per se schlecht.

**CCG:** Wie haben Sie erkannt, dass das Thema Konfliktlösung ein wichtiger Bereich bei der interkulturellen Kommunikation ist?

**Greck:** Ich habe viele Jahre als Projektleiterin und Prozessmanagerin im Inhouse Consulting von Telefónica/O2 gearbeitet. Telefónica ist ein globales Unternehmen und arbeitet mit internationalen Partnern zusammen, zum Beispiel in der IT-Entwicklung. Ich habe schnell erkannt, dass die Kommunikation aufgrund unterschiedlicher Kulturen eine besonders wichtige Bedeutung innehat. Es benötigt Fingerspitzengefühl, Offenheit, Wertschätzung und Neugierde, Diplomatie und Empathie.

**CCG:** Gibt es ein „Universal-Rezept“ beim Umgang mit unterschiedlichen Kulturen, Konflikten vorzubeugen und einen Lösungsweg oder einen Kompromiss zu entwickeln?

**Greck:** Vielleicht gibt es das – ich verrate es Ihnen gerne bei unserem gemeinsamen Themenabend am 22. Oktober. Hierbei widmen wir uns im Rahmen des Vortrags u.a. Methoden der Konfliktlösung. Bei der anschließenden Panel-Diskussion, mit Gästen aus den Reihen der VDI-Mitglieder und der Industrie, gehen wir der Frage nach: Welchen Mehrwert bieten interkulturelle Ingenieur-Projekt-Teams?

*Yao Schultz-Zheng und  
Thomas Erler*

### Informationen

Dienstag, 22.10.2024 – 18:00 Uhr  
Themenabend:

**Interkulturelle Zusammenarbeit im Ingenieurwesen: Umgang mit Konflikten**

Referentin: Frau Nadine Greck

TÜV-Süd  
Westendstr. 199  
Raum Ammersee  
80686 München  
Online-Anmeldung  
Info: [www.vdi-sued.de/ccg](http://www.vdi-sued.de/ccg)  
VDI Ansprechpartner: Thomas Erler

Nadine Greck  
Greck Consulting GmbH & Co. KG,  
München  
[www.greck-consulting.de](http://www.greck-consulting.de)  
[nadine@greck-consulting.de](mailto:nadine@greck-consulting.de)



Foto: Josef Bleck

VDI Tag 2024 am Ammersee

# Kulturdenkmäler und Hightech

**G**lück im Unglück hatten die 160 Gäste des VDI Tages im Juni 2024. Nachdem noch eine Woche zuvor die Hochwasserlage in ganz Südbayern sehr kritisch war, trafen sich die VDI-Mitglieder mit ihren Angehörigen und Freunden trockenen Fußes und bei schönem Wetter in der „Alten Brauerei“ in Stegen am Ammersee.



Foto: Silvia Stettmayer

Im historischen Gebäudekomplex der Brauerei befinden sich auch die Räume der Video-, Audio- und Veranstaltungstechnikspezialisten der GROUND-LIFT-Studios. Im großen Theaterraum begrüßte Andreas Wüllner, Vorstands-

vorsitzender des VDI München, die Gäste, bevor BV-Vorstandsmitglied Rupert Zunhammer und Angelika Nuscheler durch den Vormittag führten.

Das offizielle Programm startete mit einem Fachvortrag des Vertriebsfachmanns Gerhard Prentner von Torqeedo, dem weltgrößten Hersteller von Elektroantrieben für Wasserfahrzeuge aus Wessling. Überzeugend stellte Herr Prentner das umfangreiche Portfolio von Torqeedo vor – Außen- und Innenborder für Kajaks, Dinghies und Daysailer bis 2 Tonnen – und beantwortete im Nachgang viele Zuhörerfragen.

Nach dem Mittagsimbiss im gemütlichen Wirtsgarten der „Alten Brauerei“ starteten die Gäste mit drei Omnibussen zu den Zielen der Nachmittagsexkursionen (Einzelberichte anbei).

Am frühen Abend klang der VDI Tag mit dem beliebten Quiz und einem gemeinsamen Abendessen aus. Viele Teilnehmer haben diesen VDI Tag sehr genossen, gleichwohl es doch einen kleinen Wermutstropfen gab: durch das Hochwasser musste die nachmittägliche Ammersee-Schiffahrt leider abgesagt werden.

## Kupfer und Zinn

Ziel der VDI Tage ist ja, den Besuchern ein lukratives Programm aus Technik, Kultur und Geschichte der jeweiligen Region anzubieten.

Die Führungen unter dem Stichwort „Kupfer und Zinn“ zeigten eine spannende Palette aus Handwerkskunst, Ortsgeschichte und Kunst.

Es war für jeden Geschmack etwas dabei. Ca. 40 Personen besuchten abwechselnd in zwei Gruppen den Künstlerort Dießen und das Kupfermuseum in Fischen.

Mit Angelika Nuscheler von der Tourist Information Dießen erlebten wir eine äußerst interessante Reise durch die Geschichte von Dießen.

Dießen ist über die Grenzen Bayerns hinaus als Künstlerort bekannt. Maler, Schriftsteller oder Komponisten werden mit diesem Ort assoziiert.

Kunsthändler sind hier seit dem Mittelalter ansässig. Die handwerkliche oder künstlerische



Foto: Peter Krizan

Begabung wurde oft in der Familie weitergegeben, wie wie z.B. bei der Zinndynastie Schweizer.

Ein besonders schmuckes Bürgerhaus im Gründerstil beherbergt den Laden und die Werkstatt der ältesten Kleinzingießerei der Welt.

Hier erklärte ein Meister seines Fachs mit großem Engagement, Hr. Schweizer, die Geheimnisse der Zingießerei und die Entstehung dieser feinen, kleinen Kunstwerke aus Zinn.

Weiter ging die Reise zum Kupfermuseum nach Fischen.

Das Kupfermuseum in den historischen Räumen des denkmalgeschützten Gutshofs ist das größte Museum seiner Art. Hier zeigt der Sammler und Stifter des Museums, Siegfried Kuhnke, auf 500 Quadratmeter Fläche mehr als 1.500 Objekte aus Kupfer.

Der ehemalige Sachverständige für Unedle Metalle der IHK München hat seit vielen Jahrzehnten Kupfer gesammelt. Die Exponate stammen aus den verschiedensten Epochen, von der Urgeschichte bis in die Moderne.

So gibt es Axtbeile aus der Kupferzeit, Gefäße aus der Antike sowie prachtvolle, vergoldete Exemplare mittelalterlicher Kunst. Aus der Barockzeit, aus dem Empire, aus dem Historismus und dem Jugendstil sind Werke namhafter Künstler aber auch Kuriositäten ausgestellt.

*Rupert Zunhammer*

## GROUNDLIFT-Studios und Torqeedo

Bewegte Bilder, exquisite Tonmischungen und künstlerische Veranstaltungen sind die Spezialität der GROUND-LIFT-Studios. Bei zwei Führungen demonstrierte Firmengründer Daniel Betz am Bösendorfer Flügel die exzellente Akustik des Theaters und die SSL Mischkonsole in der Audioregie, sein Kollege Daniel Drescher den Bildmischer, die Kamerasteuerung (CCU) und dem Schaltelement für internationale Video- und Audioverbindungen im Saal.

Torqeedo ist der Marktführer für Elektromobilität auf dem Wasser. Das Unternehmen wurde 2005 in Starnberg gegründet und entwickelt und produziert elektrische und hybride Antriebssysteme von 0,5 bis 200 kW für gewerbliche



Die Besuchergruppe der Exkursion Kupfer und Zinn

Foto: Peter Pfeiffer



Daniel Betz, Gründer der Groundlift Studios, am Bösendorfer 280 VC im Theaterraum

Foto: Silvia Stettmayer



Gäste des VDI Tages im Wirtsgarten der „Alten Brauerei“

Foto: Silvia Stettmayer



Das beeindruckende Marienmünster

Anwendungen und Freizeitgebrauch. Die exklusive Exkursion durch das innovative Unternehmen zeigte alle Stationen der Elektromotorherstellung – angefangen in der Werkshalle mit den Motordauerprüfanlagen über das Batterielager und die Elektrowerkstatt bis hin zur Endkonfiguration der einzelnen Außen- und Innenborder.

Silvia Stettmayer

**Radom Raisting und Marienmünster**

Was haben das Marienmünster in Dießen und die Satelliten Bodenstation in Raisting gemeinsam? Bei beiden sind die Blicke zum Himmel gerichtet. In der Kirche sind es die Besucher, die zu den Fresken des Deckengewölbes blicken, in Raisting sind es die Parabolantennen, die sich auf bestimmte Punkte der Synchronbahn richten, heute reichlich besetzt mit Satelliten aller Art. Zu der Zeit der Kupferkabel und Kurzwellenverbindungen etablierte sich der Satellitenfunk als erste und einzige Technologie, mit der man transatlantische Breitbandverbindungen wie z.B. Fernsehübertragungen durchführen konnte. Die damalige Deutsche Bundespost ließ in den Jahren 1963/64 die erste Antenne errichten, die man durch eine Kunststoffhülle, dem Radom, vor Wettereinflüssen schützte. Doch breitbandige Nachrichten wurden später als Bits und Bytes kodiert und konkurrenzlos billig

durch die Glasfaser geschickt. Als dann 1985 der reguläre Betrieb im Radom Raisting beendet wurde, sicherte eine Gruppe von Mitarbeitern der Erdfunkstelle, den späteren Gründern des Fördervereins Industriedenkmal Radom Raisting e.V., den Erhalt der technischen Einrichtung und der Dokumentation und bewirkte, dass die sog. Antenne 1 als Industriedenkmal erhalten blieb. Heute wird es von der Radom Raisting GmbH verwaltet, einer hundertprozentigen Tochter des Landkreises Weilheim-Schongau. Ihr Geschäftsführer René Jakob führte die Gruppe in temperamentvollem Vortrag durch die Vergangenheit dieser Einrichtung und berichtete eindrucksvoll über die nicht ganz einfachen aber letztlich erfolgreichen Sanierungen der Hülle. Denn die ursprüngliche Hülle wurde durch den Zahn der Zeit aufgelöst, die nächste durch die Gewalt des Sturmtiefs Sabine. Heute glänzt die Kugel des Radoms wieder in strahlendem Weiß und ist inzwischen auch sturmerprobt.



Foto: Rupert Zornhammer

Nicht weniger temperamentvoll führte Herr Sattler die Gruppe durch das Marienmünster, eines der beeindruckendsten Bauwerke des barocken Kirchenbaus in Bayern mit einer ebenso beeindruckenden Baugeschichte, zu der er pointenreiche Details beitrug. Was an Künstlern und Baumeistern dieser Zeit quer durch Europa Rang und Namen hatte war an der Entstehung dieses Meisterwerks mit seinen symmetrischen und klaren Strukturen beteiligt. Es wurde zu einem Wahrzeichen der Gemeinde, das auch als der Thronsaal Gottes oder der Dießener Himmel bezeichnet wird. Der Höhepunkt in diesem wunderschönen Bauwerk aber kam am Schluss: Münsterorganist Stephan Ronkov setzte sich an das Manual der prächtigen Königsorgel und brachte u.a. Präludium und Fuge in Es Dur von J.S.Bach zum Erklingen. So fanden sich an diesem unvergesslichen Nachmittag Technik und Kunst zu einer imposanten Symbiose.

Fritz Münzel

Ein schönes Video des VDI Tages 2024 produzierten die GROUND-LIFT-Studios. Sie finden es unter: [www.vdi-sued.de/vdi-vor-ort/vdi-tag](http://www.vdi-sued.de/vdi-vor-ort/vdi-tag)

2. AACII-Kongress

„Astro Kids“ geben Vorgeschmack auf den 2. AACII-Kongress

Die nächste Generation in der Luft- und Raumfahrt bereitet sich schon auf ihren Einsatz vor.

So wird auch beim 2. AACII-Kongress am 12. Februar 2025 in Nürnberg vom AACII Aviation Aerospace Congress International Interdisciplinary der „new generation“ ein breiter Raum eingeräumt. Einen Vorgeschmack bekamen die Zuschauer beim Termin zu einem „Raketentart“ im fränkischen Tauchersreuth. Schüler von zwei Nürnberger Grundschulen hatten zuvor die Raketen in einem Workshop zusammengebaut. Die vier Schüler bzw. Schülerinnen Aarna, Leni, Mark und Tim, aus der Gruppe der „AACII Astrokids“ standen im Mittelpunkt, als der Countdown begann. Die Astronautenanzüge wurden vom AACII bereitgestellt. Der Pädagoge Uli Hussenether und der Software-Ingenieur Sandeep Misra zündeten die Raketen vom Typ Panther. Plan-



Raketenworkshop der AACII Astrokids

mäßig starteten sie zischend den Fluggen Himmel, und unbeschadet brachten kleine Fallschirme die Raketen zur Wiederverwendung zurück auf eine Wiese, zum „Happy Rocket Landing“. Manche Gedanken schweiften nach

Kourou Französisch-Guyana, von wo aus die europäische Raumfahrtbehörde ESA die „großen Brüder“ der Raketen von Tauchersreuth in das Weltall schickt.

VDI BV Bayern Nordost





FiB VDI Bayern Nordost

## Mit Helm und Sicherheitsschuhen: FiBs Nürnberg zu Gast bei der DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH



Die FiBs Nürnberg bei der DB Instandhaltung

Die Exkursion am 13. 06. war nichts für leichtes Schuhwerk. Ausgestattet mit persönlichen Sicherheitsschuhen und Helmen besuchte das FiB-Netzwerk Nürnberg die DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH. Ermöglicht wurden die besonderen Einblicke durch unser Mitglied Ingrid Rumpf.


Die DB Fahrzeuginstandhaltung in Nürnberg kann auf eine lange und be-

deutende Geschichte zurückblicken. Ursprünglich als Ausbesserungswerk (AW) Nürnberg bekannt, wurde es 1912 eröffnet und entwickelte sich rasch zu einem zentralen Eckpfeiler der deutschen Eisenbahninstandhaltung. Hier wurden Lokomotiven und Wagen gewartet und repariert. Bereits zu Beginn der Führung konnten wir die früheren Dimensionen des Werks auf einer alten Übersichtskarte nachvollziehen.

Nach einem kurzen Vortrag über die Aufgaben des Werks und anderen Standorten ging es in die Instandhaltungshallen. Zu sehen waren die unterschiedlichsten Zug-Typen von S-Bahn über Regionalbahn bis hin zu ICE-Zügen. Viele Züge waren dabei vollständig, im gekoppelten Zustand, angehoben, um Unterflurarbeiten wie z.B. den Tausch von Klimagregaten beim ICE oder Wartung bzw. Tausch von Drehgestellen. Nur wenn notwendig werden die Wagen entkoppelt und einzeln angehoben. Spezielle Transportvorrichtungen erleichtern den Transfer der Wagen zwischen den Gleisen bzw. den Transport in ein weiteres Gebäude, z.B. zum Lackieren.

Die Komplexität der Kupplungen, insbesondere bei ICE-Zügen, war beeindruckend. Ebenso faszinierend war die Dichtheitsprüfung für die ICE-Züge, um sicherzustellen, dass alle Wagen exakt miteinander verbunden sind. Diese Prüfung ist entscheidend für die hohe Geschwindigkeit der Züge. In anderen Bereichen konnten wir die Instandhaltung der Drehgestelle oder die Ausbesserung von Fahrzeugteilen sehen.


Ingrid Rumpf und Dr. Verena Schmidt



VDI

In eine Notlage zu geraten, kann uns allen passieren: durch Krankheit oder Unfall, durch Arbeitslosigkeit oder Insolvenz.

Ihre Spende hilft.



[vdi-ingenieurhilfe.de](http://vdi-ingenieurhilfe.de)

VDI Bayern Nordost

## Ehedauer 70 Jahre: Gnadenhochzeit

Ob Ferdinand Friedrich Wilhelm Karl Diehl (4. 5. 1907-19. 1. 2008) 1954 bei seinem Entschluss, Fördermitglied des VDI zu werden, an so eine Zeitspanne gedacht hat, lässt sich heute nicht mehr feststellen. Neben vielen anderen treuen Fördermitgliedern im BV BNO, haben aber die Firmen Diehl (Nürnberg) und E-T-A (Altdorf) eine lobenswerte 70jähriger Mitgliedschaft erreicht. Das nahm der BV BNO zum Anlass, Vertreter der Firma Diehl neben anderen Fördermitgliedern, die ein Jubiläum erreicht haben, zur JMV im Februar in das Arvena Park Hotel einzuladen.

In einer kurzen Festrede hat unser Vorsitzender, Prof. Tilko Dietert, unseren Dank zum Ausdruck gebracht und erwähnt, dass wir es nicht als selbstverständlich betrachten, über so einen langen Zeitraum förderndes Mitglied des VDI zu sein.

Der Mitgliedsbeitrag wird für viele Aktionen eingesetzt. Angefangen bei den VDI-nis über die Zukunftspiloten bis hin zu interessanten technischen Vorträgen und Unterstützung der YE (Young Engineers) dienen die Gelder hauptsächlich für den Ingenieurnachwuchs in unserem Bezirksverein. Die Firma Diehl hat die Einladung gerne angenommen und für die Entgegennahme der Urkunde Bernd Joeris geschickt. Herr Joeris hat seine Freude zum Ausdruck gebracht und einige Worte des Dankes gesagt. Damit nicht genug, die „Öffentlichkeitsarbeit des BV“ wurde zu einem Gespräch zur Firma Diehl Stiftung & Co. KG in Nürnberg (Stephanstraße) eingeladen. Ein Termin wurde über das Sekretariat abgestimmt, und so konnte ich mich am 6.6.2024 auf den Weg zur Firma Diehl in Nürnberg machen. Der Empfang war sehr freundlich, und mit den Gesprächspartnern Bernd Joeris (Generalbevollmächtigter Konzernangelegenheiten), Michael Prymelski (Generalbevollmächtigter Konzernkommunikation) und Constanze Hofmann (Zentrale Öffentlichkeitsarbeit) hatte man mir ein

Streifzug durch die Firmengeschichte präsentiert.

Ich kannte die Firma Hydrometer in Ansbach, heute Diehl Metering, und seit 2010 Teilkonzern der Diehl-Gruppe. Aber wo war ich denn da hineingeraten? Ich kam aus dem Staunen nicht mehr raus, als mir der ganze Umfang der Produktionsprozesse von Herrn Joeris aufgezeigt wurde. Vor meiner Fahrt nach Nürnberg hatte ich schnell im Internet unter „Diehl“ nachgeschaut, damit ich für das Gespräch ein wenig präpariert bin. Mich hat die Informationsvielfalt erstaunt, und ich habe meine Recherche aus Zeitgründen abgebrochen. Wenn es Sie interessiert, schauen Sie bitte selbst einmal im Internet nach, sie werden überrascht sein, was für ein Produktspektrum die Firma Diehl beherrscht. Haben Sie, verehrte Leser, gewußt, dass die Firma Diehl zu einem sehr großen Anteil die Innenausstattung der Flugzeugkabinen liefert und einbaut? Dieses nur als eines von sehr vielen anderen Beispielen. Sehr beeindruckt über diese Vielfalt und mit einem bis an die Aufnahmefähigkeit gefüllten Kopf wurde ich dann zu einem Essen eingeladen, um diesen sehr interessanten Besuch ausklingen zu lassen.

Mit dem Schreiben dieses Berichtes habe ich aber noch etwas erwartet. Unserem BG-Leiter, Herr Petruschek, ist es gelungen, einen Werksbesichtigungstermin bei der Firma Diehl-Metering in Ansbach zu organisieren. Dieser Termin fand am 20. 06. statt. Auch hier wurde die Mannschaft des VDI herzlich empfangen. Zu Beginn hat uns Herr Stephan Reuter im Aufenthaltsraum mit einer super Präsentation in die Tätigkeiten der Firma Diehl in Ansbach, Nürnberg, Europa und weltweit eingeführt und Teile der Firmenstrategie erklärt.



Fa. Diehl: 70 Jahre VDI-Mitgliedschaft

An dieser Stelle, und bevor wir uns auf den Weg gemacht haben, die Fertigungshallen zu besichtigen, habe ich Herrn Reuter noch einmal meinen Dank für die treue Fördermitgliedschaft übermittelt und damit auch die Anwesenden, die nicht auf der JMV waren, über diesen schönen Festakt informiert.

Unser BG-Leiter war selbst einmal Mitarbeiter der Firma Diehl in Nürnberg und hat an dieser Stelle eine umfangreiche Chronik der Firma Diehl vorgetragen. Mir sind da noch Erklärungen wie: Uhren- und Rechenmaschinenfertigung in Erinnerung geblieben. Dieses alles hier aufzuführen, würde den Rahmen sprengen. Bei Interesse kann das alles im Internet gelesen werden. Einen umfangreichen Bericht sehen Sie in der FLZ vom 3.7. Seite 3. Alles in allem hat mich die ganze Aktion „Diehl“ sehr beeindruckt und gefreut. Ich wünsche mir noch eine weitere langjährige Partnerschaft mit so einem kompetenten, erfolgreichen Mitgliedspartner. Danke, Firma Diehl. Vielleicht bis zur Kronjuwelenhochzeit in 5 Jahren.

Knut Bergmann

Cross Cultural Group VDI München

## LEARNING FROM THE SUCCESS OF THE INTERNATIONAL HYPERLOOP-TEAM

Four victories in Elon Musk's Hyperloop competitions in California, in four competitions held. Outperforming teams from MIT, ETH, TU Delft and other top universities all over the world by far with a top speed of 482 km/h on a very short test track of just 1 km. Designing and building the first ever Hyperloop levitating magnetically in near vacuum condition, transporting people with TÜV certification – and Dr. Söder a little later – in July 2023 in Ottobrunn.



Foto: TUM Hyperloop Teams

How could a completely independent team of students, of which many only work in their free time alongside their studies, achieve this? Part of the answer may lie in their intercultural mix: About 90 students from about 30 countries, including many women. First-year students and experienced postgraduates from various degree programs. The VDI Cross Cultural Group invites you to explore this outstanding example of inter-

cultural collaboration in a panel discussion with some key members of the TUM Hyperloop team.

The event will take place at TUM's Ottobrunn campus and will include a tour of the „Demonstrator“, the system of the Europe's first passenger run in vacuum.

**Date:** 30.10.2024, 19:00 h  
**Location:** TUM Campus, Ottobrunn (exact meeting point will be announced by mail) No fees, but online registration required via TiB.

CCG-Team Munich

Cross Cultural Group VDI München

## LERNEN VOM ERFOLG DES INTERNATIONALEN HYPERLOOP-TEAMS

Vier Siege in den Hyperloop-Wettbewerben von Elon Musk in Kalifornien, bei vier ausgetragenen Wettbewerben. Mit einer Höchstgeschwindigkeit von 482 km/h auf einer sehr kurzen Teststrecke von nur 1 km übertraf das Team der TUM die Konkurrenten vom MIT, der ETH, TU Delft und anderen Spitzenuniversitäten aus aller Welt bei weitem. Anschließend entwickelten und bauten sie den ersten Hyperloop, der magnetisch in nahezu Vakuum schwebt und Menschen mit TÜV-Zertifikat transportiert – und Dr. Söder etwas später – im Juli 2023 in Ottobrunn.

Wie konnte ein völlig selbständiges Team von Studierenden, die größtenteils lediglich in ihrer Freizeit neben dem Studium arbeiten, das erreichen? Ein Teil der Antwort dürfte in der interkulturellen Mischung liegen: Rund 90 Studierende aus etwa 30 Ländern, darunter viele Frauen, Studierende im ersten Studienjahr und erfahrene Postgraduierte aus diversen Studiengängen.

Die VDI Cross Cultural Group lädt Sie ein, dieses herausragende Beispiel interkultureller Zusammenarbeit in einer Podiumsdiskussion mit einigen Schlüssel-

personen des TUM Hyperloop-Teams zu erkunden. Die Veranstaltung findet auf dem Campus Ottobrunn der TUM statt und schließt eine Besichtigung des „Demonstrators“, der Anlage der europaweit ersten Passagierfahrt im Vakuum, ein.

**Termin:** 30.10.2024, 19:00 Uhr  
**Ort:** TUM Campus, Ottobrunn (der genaue Treffpunkt wird per Mail mitgeteilt) Keine Gebühren, aber Online-Anmeldung erforderlich über TiB.

CCG-Team München

Technik in Bayern 05/2024

VDI BV München

## Aus der Vergangenheit für die Zukunft lernen: Nachfolger gesucht für die Leitung des Arbeitskreises Technikgeschichte

Ingenieurinnen und Ingenieure blicken üblicherweise in die Zukunft, trotzdem ist es außerordentlich wichtig, das eigene Fachgebiet einmal „im Rückspiegel“ zu betrachten und technische Errungenschaften nicht zu vergessen. Der langjährige Leiter des Arbeitskreises Technikgeschichte im VDI München, Peter Baier, zieht sich Ende 2024 nach sehr erfolgreicher Tätigkeit von seinem Amt zurück.

Wenn Sie sich für die historische Analyse technischer Innovationen im Zusammenspiel mit Kultur, Politik, Wirtschaft und Wissenschaft interessieren und gerne interessante Veranstaltungen organisieren möchten, schreiben Sie uns an: [bv@vdi-sued.de](mailto:bv@vdi-sued.de)  
 Wir freuen uns über Ihre Nachricht!

Weitere Informationen zum AK Technikgeschichte unter: [www.vdi-sued.de/arbeitskreise/technikgeschichte](http://www.vdi-sued.de/arbeitskreise/technikgeschichte)

Der Vorstand des VDI BV München, Ober- und Niederbayern e.V.

**Schultz**  
 Möbelproduktion seit 1898

[schultz.de](http://schultz.de)  
 0611 18 55 180

## Endlich 2 flexible Kollegen

höhenverstellbarer Schreibtisch + Testsieger Bürostuhl

777,- € inkl. MwSt.



## VDI PREIS 2024 Auszeichnung für die klügsten Köpfe



Ausschreibung  
des Vereins Deutscher Ingenieure  
Bezirksverein München, Ober- und Niederbayern e.V.  
Mai 2024

- Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI), Bezirksverein München, Ober- und Niederbayern e.V. lobt den VDI Preis 2024 für außerordentliche Ingenieurleistungen aus allen technisch-wissenschaftlichen Bereichen aus. Mit dem Preis sollen herausragende Abschlussarbeiten in allen Ingenieurstudiengängen oder vorbildhafte bzw. zukunftssträchtige Projekte ausgezeichnet werden, die nicht nur einen hohen Innovationsgrad haben, sondern auch einen unmittelbaren Nutzen für die Wirtschaft und Gesellschaft erkennen lassen.
- Für den VDI Preis können sich bewerben**  
Bewerben können sich alle Ingenieure und Ingenieurinnen, die ihren Abschluss an einer südbayerischen oder österreichischen Hochschule bzw. in einem Unternehmen mit Standort Südbayern/ Österreich absolviert haben und in Südbayern oder Österreich (außer Vorarlberg) wohnen.
- Bewertet werden folgende Kategorien**
  - Bachelorthesis
  - Masterthesis
  - Diplomarbeit
  - Dissertation
  - Ingenieur-Start-Up
  - Erfolgreiche Jungingenieurin oder Jungingenieur aus Wirtschaft und Industrie
- Die Kriterien für die Preisvergabe sind**
  - Technische Neuheit
  - Praktische Anwendbarkeit (Funktionsnachweis)
  - Marktpotential
  - Übertragbarkeit
  - Wirtschaftlichkeit
  - Wertschöpfung (Qualität, Quantität)
- Die vollständigen Bewerbungsunterlagen beinhalten**
  - einen einseitigen Lebenslauf
  - eine Seite mit Begründung des Vorschlags und Würdigung der Arbeit oder des Projekts durch den wissenschaftlichen Betreuer bzw. den Vorgesetzten auf offiziellem Papier mit Stempel und Unterschrift: max. 1.000 Zeichen inkl. Leerzeichen.
  - eine kurz gefasste Projektbeschreibung mit präzisen Erläuterungen entsprechend den in Nr. 4 aufgeführten Bewertungskriterien in Deutsch oder Englisch mit max. 3.000 Zeichen inkl. Leerzeichen ohne Graphik. Die Arbeit bzw. das Projekt muss zwischen 2023-2024 abgeschlossen sein.
- Einsendeschluss**  
Ihre Bewerbung richten Sie bitte an [bv@vdi-sued.de](mailto:bv@vdi-sued.de). Einsendeschluss ist der **13. September 2024**. Danach ist keine weitere Bearbeitung der bereits eingereichten Bewerbungsunterlagen mehr möglich. Bitte haben Sie Verständnis, dass wir nur vollständige Bewerbungsunterlagen berücksichtigen können.
- Die eingereichten Bewerbungen werden einer Jury zur Entscheidung vorgelegt. Die Jury besteht aus unabhängigen Fachleuten aus dem Bereich der Wissenschaft und Wirtschaft.
- Die Preisträgerinnen und Preisträger präsentieren ihre Arbeiten bei einem Festakt vor geladenen Gästen aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Medien. Der VDI Preis wird redaktionell begleitet.
- Die Preisträger erwartet ein attraktiver Sachpreis, eine Urkunde und eine einjährige freie Mitgliedschaft im VDI.
- Die Preisverleihung findet im November 2024 statt. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

Andreas Wüllner (Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing.)  
Vorsitzender

Hochschule München

## Teamspirit trifft auf Wasserstoff

Innovation vorantreiben, Wissen anwenden, Erfahrung sammeln und im Team Erfolge feiern: All das vereint das studentische Projekt Hydro2Motion. Fakultätsübergreifend bauen dabei Studierende gemeinsam ein nachhaltiges Wettbewerbsfahrzeug mit Wasserstoffantrieb.

Was die Automobilbranche seit Jahren forciert, entwickelt und erprobt das Team von Hydro2Motion zwischen Vorlesung und Seminararbeit: In den HM-Laborräumen in der Lothstraße 21 bauen die Studierenden einen Fahrzeug-Prototypen, der in Sachen Nachhaltigkeit und Energieeffizienz neue Maßstäbe setzt.

### Ein Team, ein Ziel

Derzeit tüfteln die Studierenden an „Pegasus“ – das aktuelle Fahrzeug von Hydro2Motion. „Aufgabe des Teams ist es, ein Fahrzeug zu entwerfen, zu konstruieren und es letztendlich fahrfähig zu bekommen, um an Reichweiten-Effizienz-Wettbewerben – wie dem Shell Eco-Marathon – teilzunehmen“, so Professor Rainer Annast, einer von acht betreuenden Professorinnen und



Beim jährlichen Shell Eco-Marathon wird es ernst:  
Wie weit und effizient fährt das Hydro2Motion-Fahrzeug wirklich?

Professoren für die fachliche und organisatorische Unterstützung. Die Studierenden arbeiten fakultätsübergreifend zusammen, denn von Fahrzeugtechnik bis Marketing sind Fähigkeiten in allen Bereichen gefragt. Was sie antreibt und zusammenschweißt, ist das gemeinsame Ziel: an bisherige Erfolge anknüpfen und bei den jährlichen Wettbewerben den ersten Platz zu belegen.

### Ultraleicht, nachhaltig, hocheffizient

Um möglichst erfolgreich beim Shell Eco-Marathon abzuschneiden, ist die Bauweise des Fahrzeugs entscheidend, denn im Wettbewerb wird vor allem auf Nachhaltigkeit geachtet. Das Fahrzeug der HM fährt ohne Benzin oder Diesel, sondern mit einer Wasserstoffbrennstoffzelle. „Im Fokus des Teams ist auch der Leichtbau, denn je leichter das Fahrzeug, desto geringer der Ener-

giebedarf“, erzählt Teammitglied und Masterand Alexander Jänicke. Dafür fertigte das Team die Karosserie aus Flachsfasern. Das leinenähnliche Gewebe wird mit Bio-Harz in Form gepresst. Im Vergleich zur üblich verwendeten Carbonfaser ist die Karosserie damit nicht nur leichter, sondern auch aus nachwachsenden Rohstoffen und zudem teilweise biologisch abbaubar. Dafür gab es beim Shell Eco Marathon 2023 sogar einen Zusatzpreis in der Kategorie „Carbon Footprint Reduction“.

### Anwendung in Aktion

Seit 2009 gibt es Hydro2Motion als Initiative, um Studieninhalte direkt in die Praxis umsetzen zu können – als Zusatzwahlfach, mit vielen Freiräumen, denn das Team organisiert sich weitgehend selbst: „Konzept entwickeln, fertigen, erproben – da ist alles mit dabei und das gibt es sonst nirgendwo“, so Jänicke. Und damit weist für ihn der Geist von Hydro2Motion über das Hochschullabor hinaus: „Was wir hier heute entdecken und entwickeln, bildet die Grundlage für die Fahrzeuge der Zukunft.“

Constance Schölch  
Hochschule München



So sehen Siegerinnen und Sieger aus: Platz 2 hinsichtlich Reichweite und Auszeichnungen in gleich zwei Sonderkategorien – so erfolgreich soll es auch beim Shell Eco Marathon 2024 weitergehen

VDI-Netzwerk Produktion und Logistik Bayern Nordost

## Kabel aus Roth: Der direkte Draht zur Energie- und Mobilitätswende

Einst war Roth ein Zentrum der Leonischen Industrie in Deutschland. Aus Lyon zugewanderte Hugenotten – daher der Name Leonisch – brachten die Kunst des Drahtziehens mit, und so spann man in Roth ab dem 16. Jahrhundert feinste Gold-, Silber- und Kupferfäden, aus denen filigrane Drahtgeflechte und kunstvolle Stickereien hergestellt wurden. Mit dem Aufkommen der Elektrotechnik wurden die Prozesse industrialisiert, und die Stadt entwickelte sich zu einem Schwerpunkt der Kabelindustrie.

Auch die 1885 gegründete Bayerische Kabelwerke AG (Bayka) hat hier ihren Stammsitz. Dass sie gleichermaßen für die große Vergangenheit und die bedeutende Zukunft des Kabels steht, davon konnten sich rund 20 Mitglieder des Verbands Deutscher Ingenieure (VDI) bei einem Besuch überzeugen. Während einer kurzen Präsentation und eines Rundgangs durch die Produktionshallen erfuhren sie, warum die Bayka sich als eines der letzten Universalkabelwerke Deutschlands versteht und welche Vorteile sich daraus für namhafte Kunden wie die Deutsche Bahn, die Telekom und zahlreiche große Energieunternehmen ergeben.

Thomas Sorge, Leiter Marketing und Produktmanagement, stellte die Bayka



vor. An zwei Berliner Standorten werden Starkstrom-, Glasfaser- und Lichtwellenleiterkabel produziert, in Roth befinden sich das Universalkabelwerk sowie die Tochter Bayka Color, die Kunststoffgranulate und Farbkonzentrate herstellt. Sorge spannte den Bogen von den Anfängen im 19. Jahrhundert bis ins 21. Jahrhundert. Als das Zeitalter der Elektrifizierung begann, war die Bayka 1898 eines der ersten Unternehmen, das in Deutschland isolierte elektrische Leitungen fertigte. Als in den 1980er-Jahren das Informationszeitalter ausgerufen wurde, fertigte man als einer der ersten deutschen Kabelhersteller moderne Glasfaserkabel für den Ausbau der Infrastruktur von Deutscher Post und Deutscher Bahn. Heute werden Kabellösungen für digitale Produktion, moderne Gebäude, Verkehrswende oder Energietransport entwickelt. Die Palette umfasst Energiekabel, Starkstromkabel, flexible Anschlussleitungen, Motorleitungen, Telekommunikationskabel, Schwachstromkabel, LWL-Kabel, Bahnkabel, Signalkabel, Brandschutzkabel, kundenspezifische Spezialkabel sowie Kabelzubehör. „Unsere Stärke sind kundenindividuelle Speziallösungen. Wir können ein Fülle an Spezifikationen wie Flammwidrigkeit, Halogenfreiheit, UV-Schutz, Flexibilität,

Strombelastbarkeit, EMV-Verträglichkeit, Diebstahlschutz, Mikroben-, Chemikalien- oder Strahlenbeständigkeit in einem Kabel vereinen“, führt Sorge aus. Aufgrund der flexiblen Fertigung seien auch kleinere Auftragsumfänge leistbar. Beim Werksrundgang konnten die Besucher den gesamten Produktionsprozess nachvollziehen. Er begann mit dem Mehrfach-Drahtzug und führte über diverse Extrusionsanlagen und das haus-eigene Prüflabor bis ins Signalwerk. In einer Nebenhalle stehen die ältesten Maschinen, auf denen noch heute papierisolierte und bleiummantelte Kabel für die Petrochemie hergestellt werden. Waren manche Besucher vielleicht mit dem Gedanken, was denn Besonderes an einem Kabel dran wäre, angereist, so zeigten sich am Ende alle von der Vielfalt der Anwendungsbereiche und den zahlreichen Arbeitsschritten beeindruckt. Abschließend stand ein Besuch im Fabrikmuseum auf dem Programm. Die Teilnehmer waren fasziniert. Einer fasste mit den Worten: „Was man vor 250 Jahren mit mechanischen Apparaten geschafft hat, war schon unglaublich. Die Perfektion von Hebel, Umlenkungen und mechanischer Getriebe ist bis heute beispielhaft.“

*IFa/hpscho*



Fotos: VDI

Uni Bayreuth

## Einladung zum 25. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag

Virtual Reality, Künstliche Intelligenz, Additive Fertigung – diese Technologien spielen längst auch im Ingenieurwesen und in der Konstruktionstechnik eine wichtige Rolle. Einen Überblick über die neuesten Entwicklungen und aktuelle Fragestellungen gibt der Bayreuther Konstrukteurstag des Lehrstuhls für Konstruktionslehre und CAD der Universität Bayreuth am 11. September 2024.

Der Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD an der Universität Bayreuth unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel möchte klassische und aktuelle Fragestellungen verknüpfen und Antworten hierfür liefern. Dazu bietet er mit dem seit Jahren etablierten Bayreuther 3D-Konstrukteurstag eine bundesweit wohl einzigartige, neutrale Plattform zum Informationsaustausch und zur Informationsgewinnung für Ingenieurinnen und Ingenieure aus Industrie und Forschung an.

In diesem Jahr steht ein besonderes Ereignis an – der K-Tag wird 25! Wir freuen uns ganz besonders darauf, diesen Anlass gemeinsam mit allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern zu feiern. Auch dieses Mal bietet der K-Tag eine umfangreiche Fachausstellung, bei der



die Möglichkeit besteht, sich über die neuesten Entwicklungen und Innovationen am Markt zu informieren und auszutauschen. Weiterhin gibt es neben der Fachausstellung ein spannendes und abwechslungsreiches Programm aus Anwendervorträgen, welche in drei parallelen Sessions mit unterschiedlichen Themenschwerpunkten stattfinden. Im Vordergrund stehen dabei Themen der virtuellen Produktentwicklung, insbesondere CAD, Auslegung und Simulation sowie Optimierung und Additive Fertigung. Dabei stellt der Lehrstuhl für Konstruktionslehre auch seine Eigenentwicklungen vor. Diese Lösungen wenden sich sowohl an kleine und mittlere Unternehmen, finden jedoch auch in Behörden und großen Unternehmen ihren Einsatz. Das 25. Jubiläum des K-Tags findet am 11. September 2024 an der Universität Bayreuth statt und ist auch dieses Jahr für Besucher kostenfrei.

Freuen Sie sich also auf eine festliche Veranstaltung rund um verschiedenste Themen der virtuellen Produktentwicklung!

Nähere Informationen sowie die Möglichkeit zur Anmeldung als Besucher, Aussteller oder Referent finden Sie unter [www.konstrukteurstag.de](http://www.konstrukteurstag.de).

### Informationen

25. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag  
11. September 2024, 8:00 bis 18:00 Uhr  
FAN B Gebäude der Universität  
Bayreuth  
Universitätsstraße 30, 95447 Bayreuth

Kontakt:  
Professor Dr.-Ing. Stephan Tremmel  
Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD  
Universität Bayreuth  
Tel. +49 (0) 921 / 55-7191  
E-Mail:  
[konstruktionlehre.cad@uni-bayreuth.de](mailto:konstruktionlehre.cad@uni-bayreuth.de)

## 32. DEUTSCHER MATERIALFLUSS KONGRESS 2025

future.meets.logistics – Was bringt die Zukunft?

Der Kongress findet am 20. und 21. März 2025 an der Technischen Universität München in Garching in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) statt.

### Aufruf zur Einreichung von Beiträgen

Sie sind Experte auf einem der unter Schwerpunkthemen genannten Gebiete ([www.vdi-sued.de/materialflusskongress/](http://www.vdi-sued.de/materialflusskongress/))?

Dann rufen wir Sie auf, mit einem Vortrag aktiv zum Erfolg der Tagung beizutragen!

Bitte reichen Sie uns bis zum **8. September 2024** eine Kurzfassung im Umfang von max. einer DIN-A4-Seite ein:

[mfk.fml@ed.tum.de](mailto:mfk.fml@ed.tum.de)

*Prof. Dr.-Ing. Johannes Fottner*  
Kongressleiter

## VDI-Netzwerk Produktion und Logistik Bayern Nordost Experten der Zerspanung treffen sich in Dresden am Fraunhofer IKTS

Die Fachausschüsse der VDI-Gesellschaften erstellen Richtlinien, die den Stand der Wissenschaft und Technik von gesellschaftlich und technologisch relevanten Themen aufzeigen.

Der Fachausschuss FA 107 „Schneidstoffanwendungen“ fokussiert sich auf die Werkzeuge der Zerspanung mit geometrisch bestimmter Schneide (Drehen, Bohren, Fräsen). Das aktuelle Thema der Kühlschmierstoffreduzierung beim Bearbeitungsprozess wird seit geraumer Zeit ergänzt durch das Thema nachhaltiger Nutzung der Werkzeuge, als der wesentliche Schwerpunkt der Arbeit des Fachausschusses im Jahr 2024.

Das erste Treffen dieses Jahres fand in Dresden auf Einladung durch Dr.-Ing. Pötschke am Fraunhofer IKTS statt. Dort forschen ca. 560 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an der Entwicklung von keramischen Werkstoffen aus unterschiedlichsten Anwendungen, u.a. Drehen, Bohren, Fräsen, unter anderem die Beschichtung Tiger tec® von Firma Walter Tools.

Die Inhalte der Fachvorträge waren die Forschungsarbeiten am IKTS zum Thema „High Entropy Carbides“ (HEC), bei dem es um die Entwicklung einer Alternative zu Wolfram Carbide (WoC) geht. An-

lass ist die starke Abhängigkeit Europas vom Import des Rohstoffs Wolfram. Ein weiteres Projekt beinhaltet die Forschung nach einer Alternative zum Metall Cobalt (Co). Dieses wird als Binder in Hartmetallen verwendet, die den Großteil der Schneidstoffe in der industriellen Anwendung darstellen. Abschließend zeigte Dr. Schwarz von der TU Bergakademie Freiberg den aktuellen Stand der Forschungsarbeiten zu „neuen“ ultraharten Schneidstoffen auf Basis von (nano) Diamant. Warum „neu“? Die Arbeiten dazu gab es bereits an vielen Instituten und Hochschulen in den 1960er- und 70er-Jahren, jedoch erfuhr das Thema nach einer Pause in den 80er- und 90er-Jahren eine Wiederaufnahme der Aktivitäten ab ca. 2003. Inhalt ist die Hochdrucksynthese von Diamant oder Bor Nitrid (zwei wesentliche Schneidstoffe der Aluminium- bzw. Stahlbearbeitung, letzteres im gehärteten Zustand ~58–62 Härte nach Rockwell HRC), jedoch ohne Binderphase (Co).

Das Kernthema Nachhaltigkeit in der Anwendung von Schneidstoffen wurde in den Fachvorträgen des Treffens weiter vertieft. So arbeitet das IKTS im Projekt „ResqTool“ (gefördert von der EU) an der Entwicklung von Verfahren und Anlagen für das Recycling von Hartmetallen unter nachhaltiger Einbeziehung von Aspekten der Energie-, Ressourcen- und Wassereffizienz mit einem Zero-Waste-Ansatz. Max Prem, technischer Geschäftsführer der Firma Wema Zerspanungswerkzeuge GmbH, machte in seinem Vortrag die Herausforderungen deutlich, genutzte Werkzeuge der Kunden effizient nachzu-

schleifen, damit diese prozesssicher wieder zur Bearbeitung genutzt werden. Nur wenn zu jedem Werkzeug einer Lieferung der Ausgangs- und Zielzustand klar sind, kann das gewünschte Ergebnis effizient realisiert werden. Hilfreich kann eine automatisierte Erfassung sein. Das Thema „Nachverfolgung von Werkzeugen“ wird Teil der weiteren Arbeit des Fachausschusses sein.

Zum Abschluss des Treffens wurde der aktuelle Stand der Vorbereitung zur Tagung „Nachhaltige Zerspanung“ abgestimmt. Diese findet Mitte November 2024 bei DMG in Seebach, Thüringen statt. Themen: Ressourcenschonende Werkzeugkonzepte für die Feinstbearbeitung von Bohrungen, Recyclingtechnologien im Einsatz bei Hartmetallen, Trends bei der Wiederaufbereitung von Präzisionsbohrwerkzeugen in Herstellerqualität, Vorteile der drehzahlvariablen Hydraulik, Analyse der Energieverbräuche beim Herstellen und Einsetzen von Vollhartmetallwerkzeugen und nachhaltige und wirtschaftliche Zerspanung durch Simulation bei der Kühlmittelversorgung. Anmeldung unter [www.vdi-wissensforum.de/02FO346024](http://www.vdi-wissensforum.de/02FO346024)

Haben Sie Fragen, Anregungen oder Interesse am Mitwirken im Fachausschuss Schneidstoffanwendungen? Dann melden Sie sich gerne bei Christian Weiss (Kontakt Daten unter <https://www.vdi-bno.de/netzwerke/produktion-und-logistik>).

*M. Eng. (MB) Christian Weiss  
Stellv. Vorsitzender Fachausschuss VDI  
GPL FB1 FA107  
Schneidstoffanwendungen  
Netzwerksprecher Produktion und  
Logistik, VDI-BV Bayern Nordost e.V.*

## FiB Bayern Nordost Effiziente Kommunikation und Konfliktlösung

Am 13. 5. 2024 führte die FIB-Netzwerkgruppe Nürnberg ein Seminar für die Ingenieurinnen des Bezirksverbands Bayern-Nordost durch. Der Workshop wurde von der professionellen Trainerin Beate Kaspar (Zenngarden Akademie) geleitet. Gestärkt mit Snacks und Getränken sowie bei einem wunderschönen Rundumblick vom Seminarraum der TH Nürnberg, beschäftigten sich 13 FIBs mit Aspekten der Kommunikation und Konfliktlösung.

Im Mittelpunkt stand das 3G-Modell, das die Persönlichkeitstypen anhand der Dimensionen „Beziehung“, „Sache“ und „Handeln“ beschreibt. Im ersten Teil des Seminars ging es um „Ich selbst“ – mit dem 3G-Test haben wir uns eingeschätzt (<https://www.3g-akademie.com/3g-modellkurzanalyse-fragebogen.aspx>). Mit unserer eigenen Persönlichkeit vor Augen haben wir uns mit prägenden Erlebnissen, Werten, Glaubensansätzen sowie unseren Ängsten und Wünschen auseinandergesetzt. Diese Informationen helfen uns, kritische Triggerpunkte besser zu erkennen und zu verstehen.

Im zweiten Teil des Workshops ging es um „Die Anderen“. Die eigene Persönlichkeit trifft nun auf die Charaktereigenschaften wie auch Erfahrungen des anderen. Dafür haben wir für eine andere Person aus unserem Berufsleben den 3G-Test ausgefüllt. In vielen Fällen wurden an dieser Stelle unterschiedliche Persönlichkeitstypen ersichtlich. Insbesondere wenn Personen andere Werte oder Glaubenssätze haben, die sich ungünstig zu den persönlichen ergänzen, kann es zu schwierigen Situationen kommen. Ein Beispiel aus dem Seminar war: Glaubenssatz des Mitarbeiters: Hat Angst vor dem Fliegen. Glaubenssatz des Vorgesetzten: Möchte, dass sein Mitarbeiter weltweit Kunden besucht.



Die Teilnehmerinnen des Workshops Effiziente Kommunikation

An dieser Stelle ist eine offene Kommunikation notwendig, um kritische Situationen wie eine mögliche Kündigung des Mitarbeiters oder häufige krankheitsbedingte Ausfälle und Ausreden, um nicht fliegen zu müssen, zu vermeiden.

Abschließend haben wir uns mit Konflikten und systemischen Zusammenhängen beschäftigt. Letztere verdeutlichen, dass das Gesamtverhalten einer Person in Abhängigkeit von Kontext und Situation betrachtet werden muss. Die systemische Analyse und Personenaufstellungen sind inzwischen wichtige Bestandteile sowohl der Psychotherapie als auch des Coachings.

Im Workshop wurde an vielen Stellen die Wichtigkeit von Coaching angesprochen, um gemeinsam mit externer Unterstützung kritische Situationen aufzulösen. Das Seminar konnte im Rahmen des FIB-Netzwerks für die Teilnehmerinnen kostenfrei angeboten werden. Wir hoffen mit diesen und anderen Themen neue Interessierte zu gewinnen. Auch diese Veranstaltung hat wieder gezeigt: In Nürnberg gibt es ein starkes Netzwerk für Ingenieurinnen. Wir treffen uns regelmäßig – die aktuellen Termine stehen im Veranstaltungskalender von „Technik in Bayern“.

*Dr.-Ing. Verena Schmidt  
Netzwerksprecherin FIB-Nürnberg*

VDI-Netzwerk Produkt- und Prozessgestaltung Bayern Nordost

# Innovieren? JA, aber WIE?

Am 21. Mai 2024 hatten 28 Mitglieder des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI), insbesondere des VDI-Netzwerks Produkt- und Prozessgestaltung, in Zusammenarbeit mit dem Verband Deutscher Wirtschaftsingenieure (VWI), Gruppe Erlangen, die einmalige Gelegenheit, den ZOLLHOF Tech Incubator in Nürnberg zu besuchen, <https://zollhof.de/>.

Der im Jahr 2017 gegründete ZOLLHOF hat sich mittlerweile zu einem der führenden digitalen Startup-Hubs in Europa entwickelt und unterstützt sowohl Tech-Startups als auch Corporate Innovation durch verschiedene Programme und Initiativen, sehen Sie hierzu Bild 1.

Die Veranstaltung wurde professionell von Johanna Wille, Partner Managerin beim ZOLLHOF, organisiert. Die Gäste fühlten sich gleich von Anfang an herzlich willkommen und konnten die freundliche und unterstützende Arbeitsatmosphäre im ZOLLHOF erspüren. Ein weiterer Höhepunkt der Exkursion war die Präsentation von Carina Wanninger, Head of Innovation Projects beim ZOLLHOF, die vier zentrale Aspekte der Innovation beleuchtete: das WARUM, WO, WIE und typische Herausforderungen.

### Warum innovieren?

Innovation, abgeleitet vom lateinischen „innovare“ (Neuerung und Erneuerung), bedeutet die erfolgreiche Realisierung

und Durchsetzung neuer Ideen, Erfindungen und Verbesserungen. Wanninger betonte, dass der Erfolg am Markt entscheidend ist, wobei Kunden bereit sein müssen, für den Mehrwert einer Neuerung zu zahlen. Sie unterschied drei Typen von Innovationen:

- Inkrementelle Innovationen: Verbesserungen bestehender Geschäftsmodelle.
- Nachhaltige Innovationen: Aufbauend auf bestehenden Geschäftsmodellen.
- Transformative Innovationen: Jenseits traditioneller Geschäftsfelder.

Sie zitierte Heraklit: „Nichts ist so beständig wie der Wandel“, um die Notwendigkeit kontinuierlicher Innovation zu unterstreichen. Die Innovationszyklen haben

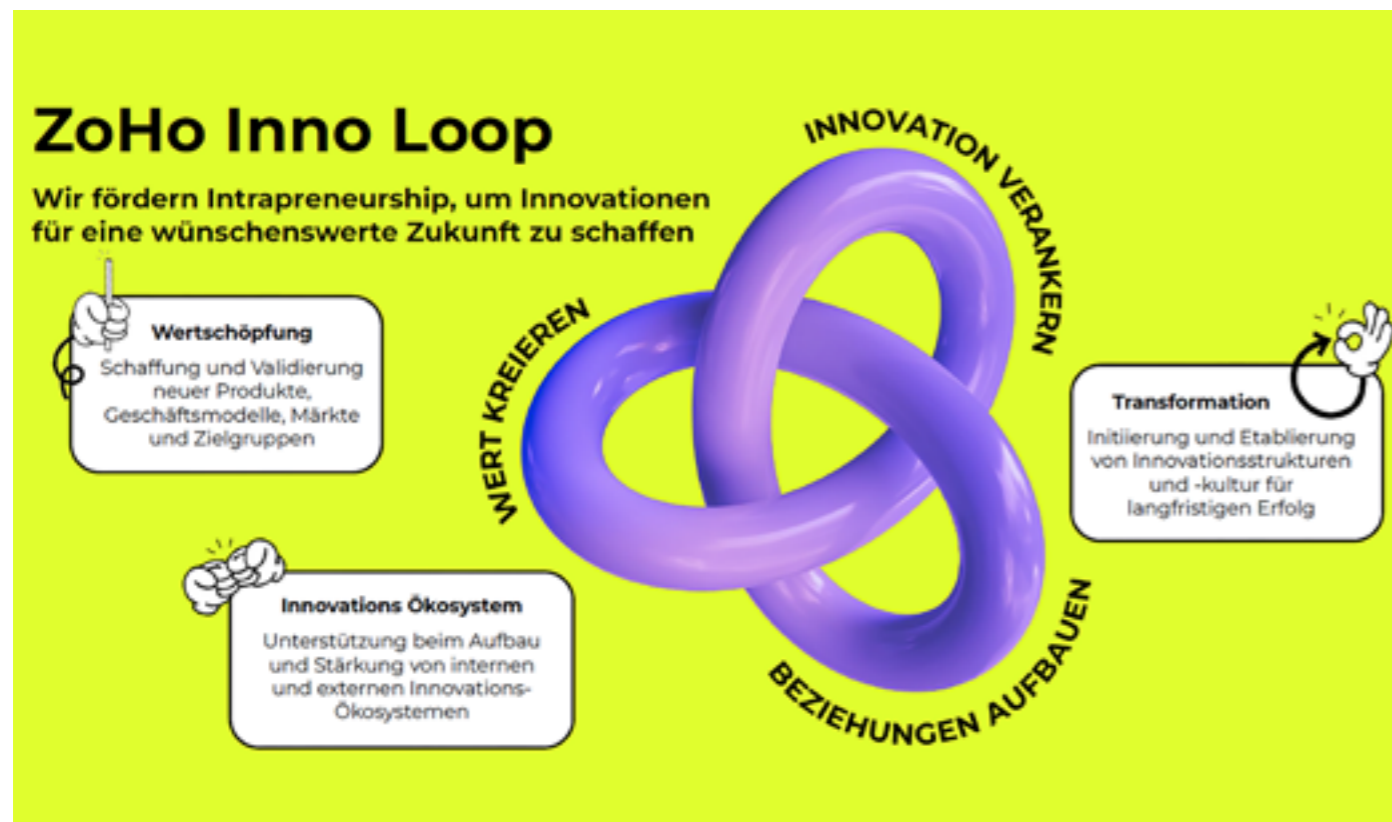


Bild 1: Der ZoHo Inno Loop

# INNOVATIONSPROZESS

## für die Entwicklung skalierbarer Geschäftsmodelle

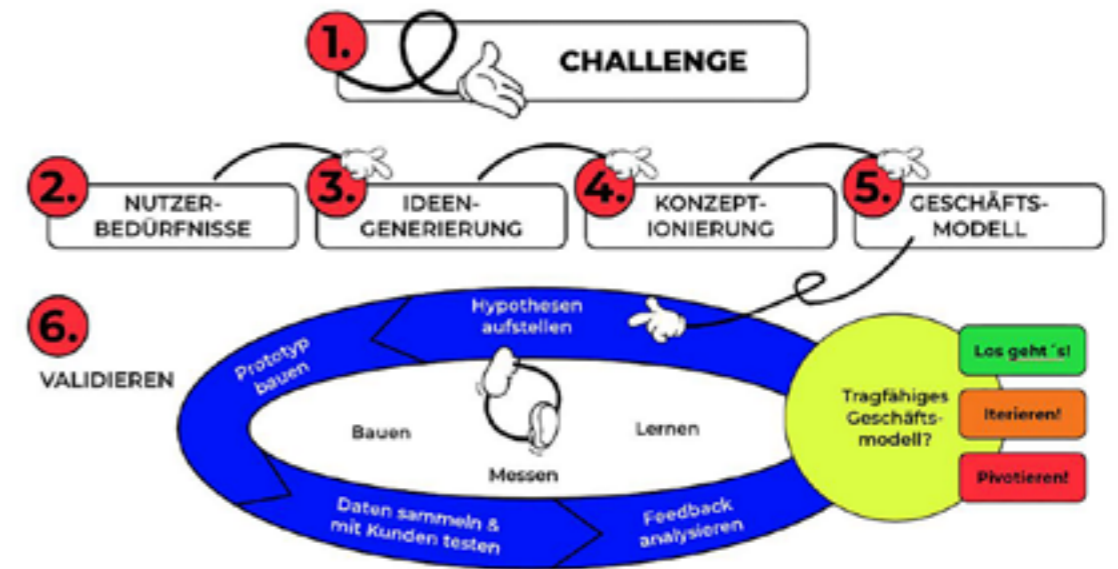


Bild 2: Der ZOLLHOF Innovationsprozess für die Entwicklung skalierbarer Geschäftsmodelle

sich seit 1750 immer weiter verkürzt, und der Grad kreativer Disruption ist gestiegen, wodurch Unternehmen ständig gefordert sind, sich anzupassen und ihre Dienstleistungen zu erneuern.

### Wo kann innoviert werden?

- Frau Wanninger erklärte, dass Innovation durch Umfeldscanning, Trend-, Technologie- und Startup-Scouting identifiziert werden kann. Hierbei unterscheidet man:
- Market-Pull: Identifikation von Industrieentwicklungen, Marktveränderungen und Kundenbedürfnissen.
  - Technology Push: Suche nach neuen technologischen Lösungen.
  - Innovation Push: Scan nach disruptiven oder hoch innovativen Unternehmen.

Diese Ansätze helfen, Marktchancen zu erkennen. Der ZOLLHOF hat hierfür den Marktchancen-Navigator vorgestellt, der eine umfassende Makroperspektive bie-

tet, um Handlungsoptionen aufzudecken und zu vergleichen.

### Wie innovieren?

Der Schwerpunkt liegt auf dem Kreieren von Werten wie ein Startup. Die vier Erfolgsmerkmale eines Startups sind:

- Agilität und Anpassungsfähigkeit: Schnelle Anpassung an das Marktumfeld.
- Problemspezifische Entwicklung: Identifikation klarer Pain Points und Entwicklung neuer Lösungen.
- Entrepreneurial Mindset: Kreativität, Einfallsreichtum und Risikobereitschaft.
- Skalierbarkeit des Geschäftsmodells: Schnelles Wachstum zur Eroberung von Marktanteilen.

Der ZOLLHOF Innovationsprozess, wie in Bild 2 gezeigt, unterstützt die Entwicklung skalierbarer Geschäftsmodelle. Der Fokus liegt dabei auf einem funkti-

onierenden Geschäftsmodell, anstatt auf dem Produkt oder der Dienstleistung.

### Die Herausforderung: Innovation neben dem Tagesgeschäft

Zum Abschluss erläuterte Wanninger, wie Innovationen neben dem Tagesgeschäft verankert werden können. Unternehmen müssen Innovationen weiterentwickeln, Werte kreieren und Beziehungen aufbauen, um diese zum wirtschaftlichen Erfolg zu führen.

Insgesamt bot die Exkursion wertvolle Einblicke in die Arbeitsweise und Strategien des ZOLLHOF Tech Incubators. Die Teilnehmer des VDI und VWI konnten viele Anregungen für ihre eigene berufliche Praxis mitnehmen und die Bedeutung kontinuierlicher Innovation für den langfristigen Erfolg von Unternehmen erkennen.

Günter Schmid

## Mittelstand-Digital Zentrum Franken Innovation und Digitalisierung für den Mittelstand

Das Mittelstand-Digital Zentrum Franken unterstützt Unternehmen in Nordbayern dabei, digitale Strategien, Tools und Arbeitsabläufe für Digitalisierung und Nachhaltigkeit zu konzipieren und umzusetzen.

Es bietet eine umfangreiche Begleitung für die Digitalisierung und Nachhaltigkeitstransformation der Unternehmen. Das umfangreiche Angebot reicht von Informationsformaten, die grundlegendes Wissen vermitteln, über spezialisierte Workshops und Onlinekurse, in denen vertieftes Fachwissen erarbeitet wird, bis hin zu Roadshows, die innovative Technologien und deren Anwendungen direkt vor Ort bei den Unternehmen präsentieren. Besondere Schwerpunkte des Zentrums sind die Themen Nachhaltigkeit und Künstliche Intelligenz (KI). Im Bereich Nachhaltigkeit wird Unternehmen geholfen, ein effektives Nachhaltigkeitsmanagement zu entwickeln, ihre Lieferketten transparent und effizient zu gestalten, Treibhausgasemissionen zu reduzieren und Materialeffizienz zu steigern. Technisches Energiemanagement und Versorgungssicherheit sind weitere wichtige Aspekte. Im Bereich der Künstlichen Intelligenz stehen kognitive Assistenz-

systeme, Smart Applications, Knowledge Science, Green AI und sichere, zuverlässige KI-Anwendungen im Fokus. Durch ein breites Vernetzungsangebot ermöglicht das Zentrum den Austausch zwischen Unternehmen und Expert\*innen, fördert Synergien und den Wissenstransfer, um gemeinsam innovative Lösungen zu entwickeln.

Einen erfolgreichen Start legte das Mittelstand-Digital Zentrum Franken mit der Auftaktveranstaltung „Innovationssprint - Die Zukunft der Kunststoffbranche“ hin. Der Teilbereich Material- und Ressourceneffizienz, unter der Leitung von Prof. Dr. Hans-Achim Reimann, stellte sich vor und bot den Teilnehmern tiefgehende Einblicke in die neuesten Entwicklungen. Prof. Dr. Lukas Prasol eröffnete die Veranstaltung mit einem umfassenden Vortrag, der die Möglichkeiten der Digitalisierung und des Einsatzes von KI in der Produktion am Beispiel der Spritzgusstechnologie aufzeigte. Er erläuterte, wie digitale Technologien die Produktionsprozesse optimieren können, indem sie präzise und effizientere Fertigungsverfahren ermöglichen. Im Anschluss präsentierte Dr. Amesöder, Geschäftsführer der Firma RF-Plast, praxisorientierte Ansätze, wie Unternehmen auf dem Weg zu einer di-

gital integrierten Produktion unterstützt werden können. Dabei stellte er konkrete Anwendungsbeispiele und Erfolgsmodelle vor, die zeigen, wie Digitalisierung in der Praxis umgesetzt werden kann. Ein Highlight der Veranstaltung war die Demonstration der Firma Main-Software-Solutions. Die beiden Geschäftsführer zeigten an der Spritzgussmaschine der Hochschule Ansbach eindrucksvoll, wie der Einrichtungsprozess durch den Einsatz von KI erheblich beschleunigt und verbessert werden kann. Die von der Firma entwickelte App unterstützt Fachpersonal dabei, effizienter zu arbeiten und den Fachkräftemangel zu kompensieren, indem sie den Einrichtungsprozess automatisiert und damit mehr Zeit für andere wichtige Aufgaben schafft.

Wir möchten alle interessierten Unternehmen herzlich einladen, auf uns zukommen und unsere Veranstaltungen zu besuchen. Nutzen Sie die vielfältigen Möglichkeiten, sich über die neuesten Trends und Technologien zu informieren, wertvolle Kontakte zu knüpfen und sich individuell beraten zu lassen. Das Mittelstand-Digital Zentrum Franken steht Ihnen als kompetenter Partner zur Seite, um gemeinsam die Herausforderungen der digitalen Transformation zu meistern und innovative Lösungen für Ihr Unternehmen zu entwickeln. Unsere Veranstaltungen bieten nicht nur die Gelegenheit, von Expertenwissen zu profitieren, sondern auch, sich mit anderen Unternehmen zu vernetzen und Erfahrungen auszutauschen. Lassen Sie uns die Zukunft des Mittelstands in Franken gemeinsam gestalten! Nutzen Sie die Chance, sich frühzeitig auf die Anforderungen der Zukunft vorzubereiten und Ihr Unternehmen durch digitale und nachhaltige Strategien wettbewerbsfähiger zu machen.

Adrian Gegner



Bildquelle: VDIFoto:Gegner

## Nicht verpassen!

Treffs, Vorträge und Exkursionen des VDI München

### 04. September 2024 / Mittwoch

19:00 Treff

#### Stammtisch der BG Rosenheim

Veranstalter: VDI BG Rosenheim, VDE Rosenheim  
Ort: Rosenheim  
Adresse: Samerstr. 17, 83022 Rosenheim, Flötzinger Bräustüberl  
Info: Info bei Philipp Lederer: bg-rosenheim@vdi.de,  
Tel: 08034-7075955

### 09. September 2024 / Montag

19:00 Treff

#### Tech-Talk der Young Engineers München

Veranstalter: AK Young Engineers München  
Ort: München  
Adresse: 80686 München  
Anmeldung: Online Anmeldung

### 10. September 2024 / Dienstag

19:00 Treff

#### VDI/VDE Treff

Veranstalter: VDI BG Landshut  
Ort: Landshut  
Adresse: Altstadt 107, 84028 Landshut, Gasthaus „Zum Krenkl“

### 19. September 2024 / Donnerstag

17:30 Online-Veranstaltung

#### Der lange Weg zur numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine

Veranstalter: VDI AK/BV München, Ober- und Niederbayern  
Technikgeschichte und BV Berlin-Brandenburg  
Technikgeschichte  
Referent: Dr. Thomas Wissert

19:00 Online-Veranstaltung

#### Onlinetreff des AK-Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik, Verkehrstelematik

Veranstalter: VDI-AK Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik, Verkehrstelematik  
Info: Der Teilnahmelink wird mit der automatischen Anmeldebestätigung verschickt.  
Anmeldung: Online Anmeldung

### 21. September 2024 / Samstag

10:15 Exkursion

#### UNESCO-Welterbe „Augsburger Wassersystem“

Veranstalter: VDI AK Unternehmer und Führungskräfte  
Adresse: Rathausplatz 1, 86150 Augsburg  
Info: Individuelle Anfahrt per Bahn oder Auto (Parken Tiefgarage)  
Gebühr: 10 Euro zzgl. eigene Anfahrt und Verzehr  
Anmeldung: Online Anmeldung

### 24. September 2024 / Dienstag

18:30 Treff

#### Stammtisch Cross Cultural Group

Veranstalter: VDI Cross Cultural Group  
Ort: München  
Adresse: 80339 München, Ort wird noch bekanntgegeben  
Info: Zur Reservierung der Platzanzahl wird um Anmeldung gebeten.  
Anmeldung: Online Anmeldung

### 02. Oktober 2024 / Mittwoch

19:00 Treff

#### Stammtisch der BG Rosenheim

Veranstalter: VDI BG Rosenheim, VDE Rosenheim  
Ort: Rosenheim  
Adresse: Samerstr. 17, 83022 Rosenheim, Flötzinger Bräustüberl  
Info: Info bei Philipp Lederer: bg-rosenheim@vdi.de,  
Tel: 08034-7075955

### 14. Oktober 2024 / Montag

19:00 Treff

#### Tech-Talk der Young Engineers München

Veranstalter: AK Young Engineers München  
Ort: München  
Adresse: 80686 München  
Anmeldung: Online Anmeldung

### 15. Oktober 2024 / Dienstag

17:00 Online-Veranstaltung

#### Die Kältemittelwahl bei der Planung von Kälte-, Klima- und Wärmepumpenanlagen neu überdenken

Veranstalter: VDI AK TGA / IDV  
Referent: Christoph Brauneis, VDKF e.V. Bonn  
Info: Anmeldung zur Online-Teilnahme ausschließlich über Anmelde-link

# Nicht verpassen!

Treffs, Vorträge und Exkursionen des VDI BV Bayern Nordost

**15. Oktober 2024 / Dienstag**

**17:30 Hybridveranstaltung**

**Das deutsche Raumtransporter – Projekt SÄNGER: Eine Technik von morgen, die gestern ins Museum kam!**

Veranstalter: VDI-AK Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik, Verkehrstelematik  
 Ort: München  
 Adresse: Lothstraße 64, 80335 München, Hochschule München, Raum R1.049 („blaue Tonne“)  
 Referent: Dr.-Ing. Helmut Warth, HYTRAC Team  
 Info: Als Präsenz und Zoom-Videokonferenz. Der Teilnahmelink wird mit der Anmeldebestätigung verschickt.  
 Anmeldung: Online Anmeldung

**22. Oktober 2024 / Dienstag**

**17:30 Online-Veranstaltung**

**Vibrometrie neu erfunden – Polytec macht unsichtbare Geräusche sichtbar**

Veranstalter: VDI-AK Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik, Verkehrstelematik  
 Referent: Robert Mörl, Polytec GmbH  
 Info: Als Präsenz und Zoom-Videokonferenz. Der Teilnahmelink wird mit der Anmeldebestätigung verschickt.  
 Anmeldung: Online Anmeldung

**18:00 Vortrag**

**Interkulturelle Zusammenarbeit im Ingenieurwesen**

Veranstalter: VDI Cross Cultural Group  
 Ort: München  
 Adresse: Westendstr. 199, 80686 München, TÜV Süd, Ammersee  
 Referent: Nadine Greck  
 Info: Frau Nadine Greck ist Unternehmensberaterin und Coach. Zur Reservierung der Platzanzahl wird um Anmeldung gebeten.  
 Anmeldung: Online Anmeldung

**24. Oktober 2024 / Donnerstag**

**18:30 Hybridveranstaltung**

**Die Geschichte der Erdfunkstelle Raisting – Der weite Weg ins All**

Veranstalter: VDI AK/BV Berlin-Brandenburg Technikgeschichte, Württembergischer Ingenieurverein und BV München Technikgeschichte  
 Adresse: Westendstraße 199, 80686 München, TÜV-Süd, Seminarsaal Kochelsee  
 Referent: Hermann Martin, vormals Betriebsleiter sowie Förderverein Industriedenkmal Radom Raisting e. V.  
 Anmeldung: Online Anmeldung

**24. Oktober 2024 / Donnerstag**

**19:00 Online-Veranstaltung**

**Onlinetreff des AK-Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik, Verkehrstelematik**

Veranstalter: VDI-AK Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik, Verkehrstelematik  
 Info: Der Teilnahmelink wird mit der Anmeldebestätigung verschickt.  
 Anmeldung: Online Anmeldung

**17:30 Online-Veranstaltung**

**Der Hubschraubereinsatz im Ahrtal**

Veranstalter: VDI-AK Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik, Verkehrstelematik  
 Referent: Herr Keck, Pilot ADAC Luftrettung  
 Info: Derzeit als Zoom Videokonferenz. Falls ein Fluggerät zur Verfügung steht, kann sich der Termin in einen Hybrid-Termin ändern. Dieser Hybrid-Termin finden dann am Flughafen Oberpfaffenhofen statt. Zoom-Videokonferenz. Der Teilnahmelink wird verschickt.  
 Anmeldung: Online Anmeldung

**29. Oktober 2024 / Dienstag**

**18:30 Treff**

**Stammtisch Cross Cultural Group**

Veranstalter: VDI Cross Cultural Group  
 Ort: München  
 Adresse: 80339 München, Ort wird noch bekanntgegeben  
 Info: Zur Platzreservierung wird um Anmeldung gebeten.  
 Anmeldung: Online Anmeldung

**30. Oktober 2024 / Mittwoch**

**19:00 Exkursion**

**TUM Hyperloop**

Veranstalter: VDI Cross Cultural Group  
 Ort: Ottobrunn  
 Adresse: 85521 Ottobrunn, Ort wird noch bekanntgegeben  
 Info: Anmeldung erforderlich  
 Anmeldung: Online Anmeldung

**05. September 2024 / Donnerstag**

**17:00 Treff**

**Treff für technische Gespräche**

Veranstalter: VDI-BG Erlangen  
 Ort: Erlangen-Häusling  
 Adresse: Haundorfer Str. 24, 91058 Erlangen-Häusling, Gasthaus Schreyer  
 Info: Dr. Hans Buerhop, Tel. (0 91 31) 4 49 54

**10. September 2024 / Dienstag**

**19:00 Treff**

**Monatliche Zusammenkunft mit Erfahrungsaustausch**

Veranstalter: VDI BG Coburg  
 Ort: Coburg  
 Adresse: Kleine Johannisgasse 8, 96450 Coburg

**11. September 2024 / Mittwoch**

**17:30 Treff**

**Treffpunkt Technikgeschichte**

Veranstalter: VDI Netzwerk Technikgeschichte  
 Ort: Nürnberg  
 Adresse: Wollentorstr. 3, 90489 Nürnberg, Vietnam-Restaurant KIM CHUNG  
 Info: Dipl.-Ing. Klaus Jantsch, Tel. (09 11) 59 13 44

**14. September 2024 / Samstag**

**10:00 Workshop**

**Kurzschulung Wertanalyse für das Kennenlernen der Wertanalyse**

Veranstalter: Netzwerk Wertanalyse und Netzwerk Produktion & Logistik  
 Ort: Nürnberg  
 Adresse: Keßlerplatz 12, 90489 Nürnberg, Technische Hochschule Nürnberg, Gebäude KA, KA.440b  
 Referent: Carolin Prager  
 Info: Verwendungszweck: „Schulung Wertanalyse 140924\*\*\*VDI-BV Bayern Nordost e.V.\*\*Sparkasse Nürnberg\*\*IBAN DE03 7605 0101 0015 4008 64\*\*BIC SSKNDE77XXX  
 Gebühr: 30 Euro je Teilnehmer  
 Anmeldung: Online Anmeldung

**16. September 2024 / Montag**

**19:00 Online-Veranstaltung**

**FIB-Netzwerk (Women Only)**

Veranstalter: FIB Nürnberg  
 Anmeldung: Online Anmeldung

**24. September 2024 / Dienstag**

**19:00 Besichtigung**

**Besichtigung Maschinenbauschule Ansbach**

Veranstalter: VDI BG Ansbach  
 Ort: Ansbach  
 Adresse: Eyberstr. 73, 91522 Ansbach, Haupteingang, Eingang  
 Referent: Direktor Efinger  
 Anmeldung: Online Anmeldung

**25. September 2024 / Mittwoch**

**18:00 Vortrag**

**Mess- und Automatisierungstechni: VDI/VDE-Gesellschaft und unsere Partnernetzwerke**

Veranstalter: Netzwerk Mess- und Automatisierungstechnik/BG Nürnberg  
 Ort: Nürnberg  
 Adresse: Keßlerplatz 12, 90489 Nürnberg, Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, wird noch bekannt gegeben  
 Referent: Dipl.-Ing. Gabriele Hösch, MBA und weitere  
 Info: Netzwerktreffen mit aktiven und neuen Mitgliedern in Bayern-Nordost, Partnernetzwerken M&A und der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik.  
 Anmeldung: Online Anmeldung

**08. Oktober 2024 / Dienstag**

**19:00 Treff**

**Monatliche Zusammenkunft mit Erfahrungsaustausch**

Veranstalter: VDI BG Coburg  
 Ort: Coburg  
 Adresse: Kleine Johannisgasse 8, 96450 Coburg

**09. Oktober 2024 / Mittwoch**

**17:30 Treff**

**Treffpunkt Technikgeschichte**

Veranstalter: VDI Netzwerk Technikgeschichte  
 Ort: Nürnberg  
 Adresse: Wollentorstr. 3, 90489 Nürnberg, Vietnam-Restaurant KIM CHUNG  
 Info: Dipl.-Ing. Klaus Jantsch, Tel. (09 11) 59 13 44

**10. Oktober 2024 / Donnerstag**

**17:00 Treff**

**Treff für technische Gespräche**

Veranstalter: VDI-BG Erlangen  
 Ort: Erlangen-Häusling  
 Adresse: Haundorfer Str. 24, 91058 Erlangen-Häusling, Gasthaus Schreyer  
 Info: Dr. Hans Buerhop, Tel. (0 91 31) 4 49 54

Die tagesaktuelle Veranstaltungsliste finden Sie unter [www.technik-in-bayern.de](http://www.technik-in-bayern.de)



**Herausgeber:**  
Verein Deutscher Ingenieure (VDI),  
Bezirksverein München, Obb. u. Ndb. e.V. (BV München)  
**Anschrift der Redaktion:**  
„Technik in Bayern“, Westendstraße 199 (TÜV)  
80686 München

**Chefredakteur:** Dipl.-Ing. Friedrich Münzel (verantw.)  
**Chefin vom Dienst:** Silvia Stettmayer  
Tel. (0 89) 57 91 24 56, Fax (0 89) 57 91 21 61  
E-Mail: tib@vdi-sued.de

**Redaktion:**  
Hermann Auer Ing. (grad.); Dr. Dina Barbian; Dipl.-Ing.  
Wolfgang Berger; Dipl.-Ing. Knut Bergmann; Dr. Frank  
Dittmann; Christina Kaufmann M.A.; Bernhard Kramer  
M.Sc.; Dipl.-Ing. Jochen Lösch; Verena Rupprich, M.Sc.;  
Dipl.-Ing. Walter Tengler

**Verlag:**  
MuP Verlag GmbH  
Tengstraße 27, 80798 München  
Tel. (0 89) 1 39 28 42-0, Fax (0 89) 1 39 28 42-28  
Geschäftsführer: Christoph Mattes

**Anzeigenleitung:** Christoph Mattes  
Tel. (0 89) 1 39 28 42-20, Fax (0 89) 1 39 28 42-28  
E-Mail: christoph.mattes@mup-verlag.de

**Anzeigenverkauf:** Janis Schilling  
Tel. (0 89) 1 39 28 42-31, Fax (0 89) 1 39 28 42-28  
E-Mail: tib@mup-verlag.de

Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 27 von 01.01.2024

**Vertriebsleitung:** Philip Esser  
Tel. (0 89) 1 39 28 42-33, Fax (0 89) 1 39 28 42-28  
E-Mail: philip.esser@mup-verlag.de

**Layout und Grafik:** Ruprecht Waßmann

**Internet-Service:** SpaceNet AG

27. Jahrgang 2024  
Technik in Bayern erscheint zweimonatlich und ist das  
gemeinsame Mitgliedermagazin des VDI BV München  
und des VDI BV Bayern Nordost e.V.. Der Bezugspreis  
ist bei VDI-Mitgliedern der Bezirksvereine in Bayern  
sowie dem IDV in der Mitgliedschaft enthalten.

Jahresabonnement 36,- Euro / 72,- SFr; Einzelheft 8,-  
Euro / 16,- SFr. Jahresabonnement für Studenten gegen  
Einsendung einer entsprechenden Bestätigung 27,-  
Euro/ 54,- SFr. Der Euro-Preis beinhaltet die Versand-  
kosten für Deutschland und Österreich, der SFr-Preis  
die Versandkosten für die Schweiz. Bei Versand in das  
übrige Ausland werden die Porto-Mehrkosten berech-  
net. Die Abodauer beträgt ein Jahr. Das Abo verlängert  
sich um ein weiteres Jahr, wenn es nicht zwei Monate  
vor Ablauf schriftlich gekündigt wird.

**Urheber- und Verlagsrecht**  
Die Redaktion behält sich vor, Manuskripte und Leser-  
briefe zu redigieren. Sie übernimmt keine Haftung für  
unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos und Illus-  
trationen. Die systematische Ordnung der Zeitschrift  
und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und  
Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.  
Mit der Annahme eines Beitrags zur Veröffentlichung  
erwirbt der VDI vom Autor umfassende Nutzungsrechte  
in inhaltlich unbeschränkter und ausschließlicher Form,  
insbesondere Rechte zur weiteren Vervielfältigung mit  
Hilfe mechanischer, digitaler und anderer Verfahren.

**Druck:** Mayr/Miesbach GmbH  
Am Windfeld 15, 83714 Miesbach

Technik in Bayern ISSN1610-6563

**Nächster Redaktionsschluss:** 16. 9. 2024

Museum Mensch und Natur

# Skelette - Choreo- graphen der Bewegung



Foto: Museum Mensch und Natur

**S**chwimmen, Laufen, Klettern, Springen oder Fliegen – Tiere bewegen sich auf vielfältige Weise. Es ist beeindruckend, was für Konstruktionen sich die Natur dafür hat einfallen lassen. Eine zentrale Funktion hat dabei das Skelett, das je nach Lebensweise ganz unterschiedlich gebaut ist und doch auf einen gemeinsamen Grundbauplan zurückgeht. Die Vielfalt von Skelettformen – von der Spitzmaus bis zum Nilpferd und vom Papageifisch bis zur Eule – kann anhand hochklassiger Skelettpräparate aus diversen Museen in Deutschland und Österreich bestaunt werden.

**Dynamik der Bewegungen**  
Röntgenfilmaufnahmen der Universität Jena, die ursprünglich zu reinen Forschungszwecken aufgenommen wurden, geben einen Eindruck davon, wie dynamisch die scheinbar so starren Skelettkonstruktionen agieren.

**Wunderwerk Knochen**  
Das vielleicht Erstaunlichste an Skeletten ist aber das, woraus sie

bestehen: Knochen. Denn anders als es zunächst den Anschein hat, sind Knochen höchst lebendig. Sie verändern sich fortwährend und passen sich so an neue Belastungen an. Diesen Wunderwerken der Natur ist daher ein großer Teil der Ausstellung gewidmet. Hier wird unter anderem der innere Aufbau von Knochen gezeigt, die ständig ablaufenden Auf- und Abbauprozesse erklärt sowie Erkrankungen von Knochen nachgegangen. Man kann sein eigenes Skelett erkunden, erfahren, was Knochen über das Leben eines Menschen erzählen und wie man sie trainieren und stärken kann. Darüber hinaus wird gezeigt, wie der Aufbau von Knochen als Vorbild in der Technik dient und wo Knochensubstanz als Rohstoff zum Einsatz kommt.

**Informationen**

Sonderausstellung bis 27. April 2025  
Museum Mensch und Natur  
Schloss Nymphenburg  
80638 München  
www.mmn-muenchen.snsb.de

22. Oktober 2024 / Dienstag

15:30 Besichtigung

Werksbesichtigung Fa. Speck Pumpen in Roth

Veranstalter: Netzwerk Produktion und Logistik  
Ort: Roth  
Adresse: Regensburger Ring 6 – 8, 91154 Roth,  
Speck Pumpen Walter Speck GmbH & Co. KG  
Anmeldung: Online Anmeldung

31. Oktober 2024 / Donnerstag

18:00 Vortrag

Statistische Prozessregelung: Regelkarten

Veranstalter: VDI-Netzwerk Produkt- und Prozessgestaltung  
Adresse: Kesslerplatz 12, 90489 Nürnberg,  
Technische Hochschule Nürnberg, KA.102  
Referent: Dr. Dirk Jödicke, Coaching & Prozessoptimierung,  
Furth im Wald  
Anmeldung: Online Anmeldung

Die tagesaktuelle Veranstaltungsliste  
finden Sie unter [www.technik-in-bayern.de](http://www.technik-in-bayern.de)

11. Oktober 2024 / Freitag

13:30 Workshop

VDI Netzwerk Systems Engineering – Treffen in Erlangen

Veranstalter: VDI NW Systems Engineering  
Ort: Erlangen  
Adresse: Am Weichselgarten 7, 91058 Erlangen,  
In den Räumen der UL (Erlangen)

12. Oktober 2024 / Samstag

10:00 Workshop

Kundenkommunikation effektiver gestalten

Veranstalter: Netzwerke Technischer Vertrieb und  
Produktmanagement / Produkt- und Prozessgestaltung  
Ort: Nürnberg  
Adresse: Kesslerplatz 12, 90489 Nürnberg,  
Technische Hochschule Nürnberg, Raum KA.440a  
Referent: Prof. Dr. Roland Schnurpfeil, Hochschule Ansbach  
Gebühr: Für Vortragsunterlagen, Catering und Getränke wird  
eine Gebühr von 40 Euro je Teilnehmer erhoben.  
Anmeldung: Online Anmeldung

15. Oktober 2024 / Dienstag

19:00 Online-Veranstaltung

FIB-Netzwerk (Women only)

Veranstalter: FIB Nürnberg  
Anmeldung: Online Anmeldung

VDI-Netzwerk Produkt- und Prozessgestaltung Bayern Nordost

## Statistische Prozessregelung: Regelkarten

Referent: Dr. Dirk Jödicke, Coaching & Prozessoptimierung, Furth im Wald

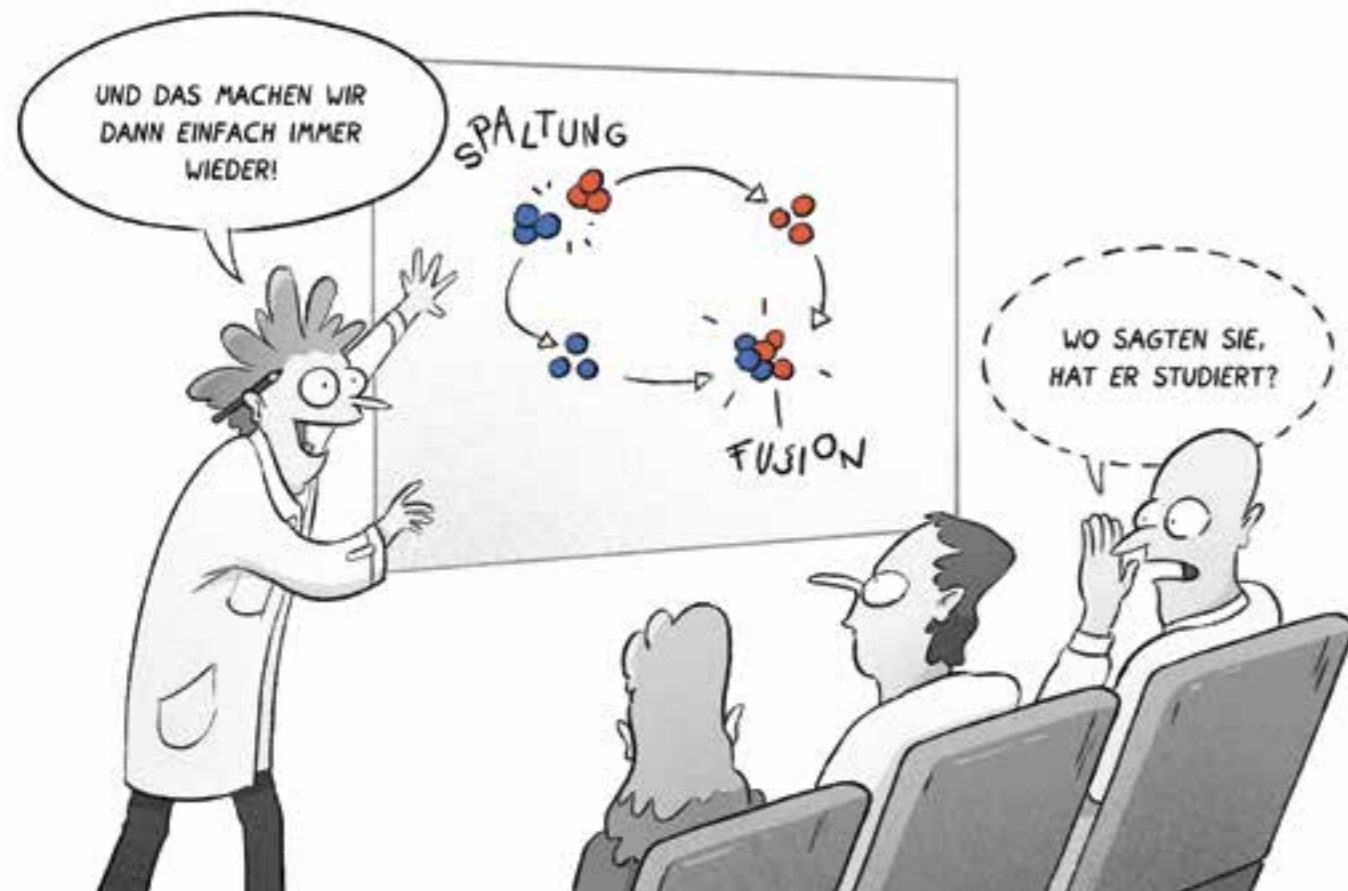
Regelkarten visualisieren den zeitlichen Verlauf von Messgrößen, die einzeln oder in großer Zahl die hergestellten Produkte charakterisieren. Regelkarten dienen üblicherweise dem Prozessverständnis. Durch die Erhebung und statistische Auswertung der ermittelten Prozessparameter lassen sich wertvolle Erkenntnisse zur Einhaltung der Qualität von Produktions- und Dienstleistungsprozessen erzielen. So geben Regelkarten Auskunft über die Abweichungen von Prozessgrößen, und sie gestatten Rückschlüsse, ob

diese Abweichungen auf natürliche Schwankungen oder besondere Ursachen rückführbar sind. Im angelsächsischen Sprachgebrauch hat sich das Thema Regelkarte als Control-Chart bzw. statistical process control (SPC) durchgesetzt. Im deutschen Sprachgebrauch wird SPC als Synonym zu Regelkarten benutzt. Die Überwachung und Lenkung von Produktionsprozessen gewinnen immer mehr an Bedeutung. Die Globalisierung und die damit verbundene Wettbewerbsfähigkeit zwingen die

Unternehmen, immer effektiver und effizienter zu werden. Aus diesem Grund sind beherrschte Prozesse, entsprechend angepasste bzw. reduzierte Prüfprozesse und Prüfkosten Garantien zur Erreichung der Kostenziele.

**31. Oktober 2024  
18.00 bis 19.00 Uhr**

Technische Hochschule Nürnberg  
Kesslerplatz 12, Raum KA. 102  
Bitte melden Sie sich online an.



Cartoon: Cornelia Jettke

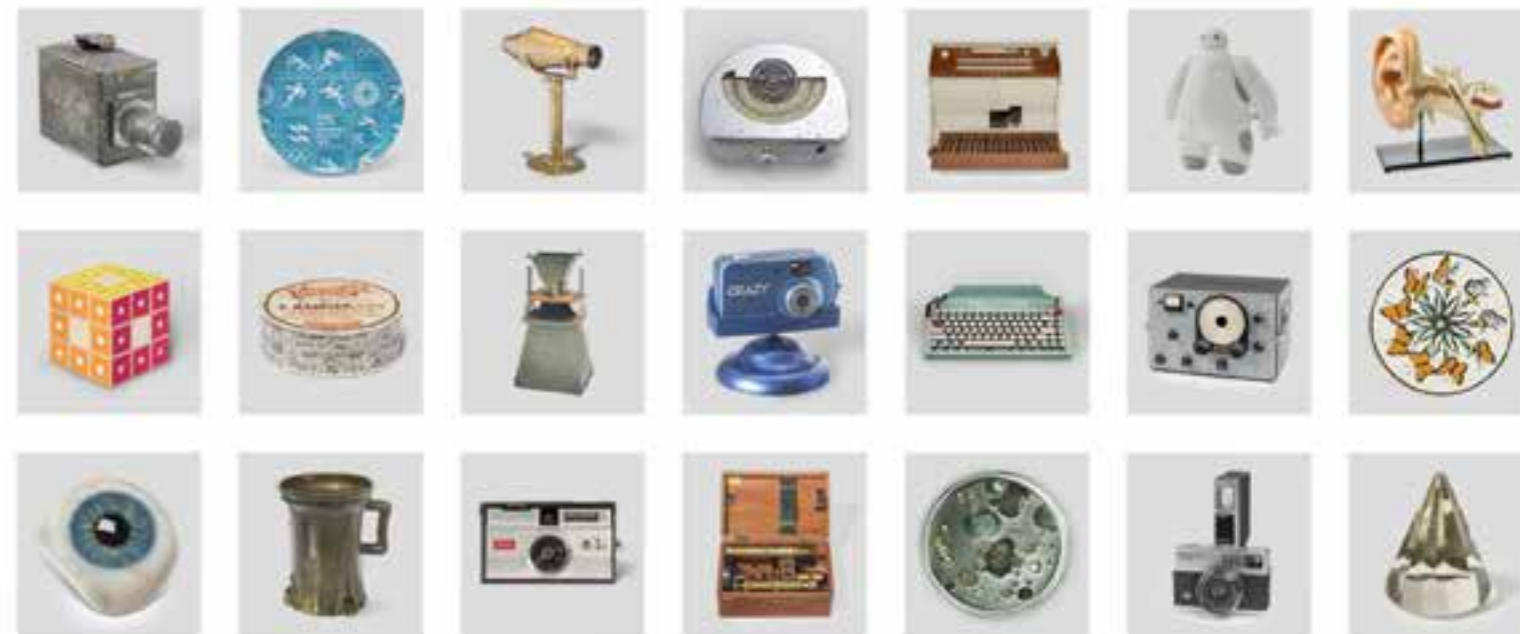
VORSCHAU

Ausgabe 06/2024 erscheint am 4. November 2024 mit dem Schwerpunktthema

## Climate Engineering

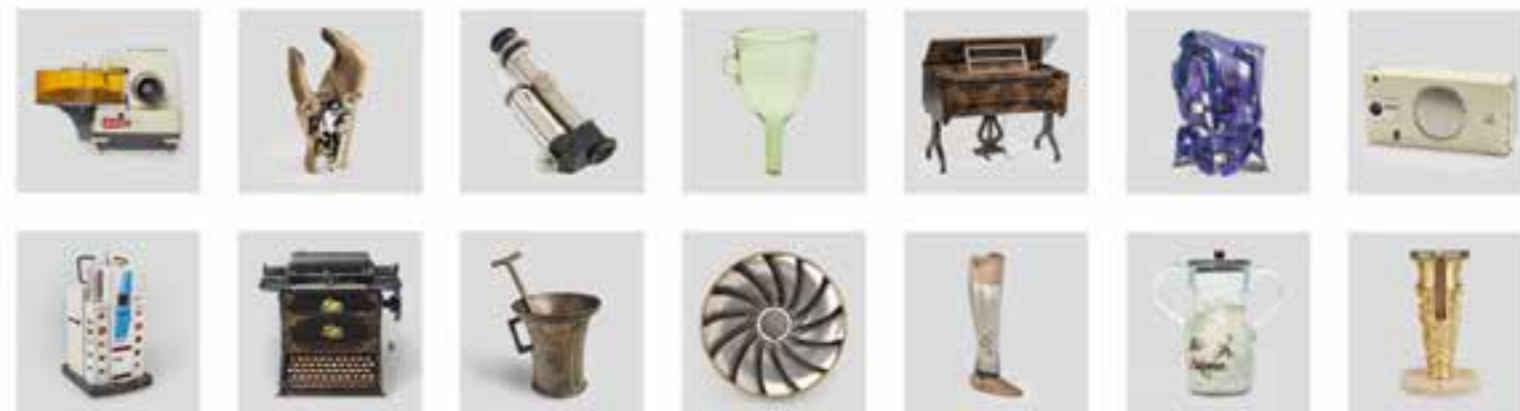
Es sieht derzeit nicht danach aus, dass man die Erderwärmung noch rechtzeitig abbremsen könnte. Dadurch kommen zunehmend Technologien in die Diskussion, mit denen man CO<sub>2</sub> wieder aus der Atmosphäre entfernen kann, und andere, mit denen sich die Sonneneinstrahlung vermindern ließe. Unser nächstes Heft hat „Climate Engineering“ zum Thema und bringt einen Überblick über die technischen Ansätze, spricht aber auch ethische Aspekte an.

Anzeigenschluss: 1. Oktober 2024



# ALLES

IST WISSENSCHAFT



Deutsches Museum



# KARRIERE IN INDUSTRIE UND HANDWERK BERUFSBEGLEITEND STUDIEREN



## **MBA General Management**

Für Professionals mit Führungsverantwortung



## **MBA Business Development & Entrepreneurship**

Für Product Owner und Selbstständige



## **Master Digital Business Engineering**

Für Experten aus Ingenieurwesen und Informatik



## **Bachelor Technologiemanagement**

Für Profis aus Industrie und Handwerk



## **Akademische Erwachsenenbildung**

Mit Hochschullehrenden und erfahrenen externen Dozierenden

**Jetzt Infomaterial anfordern:**

