



Bayerische  
Forschungsförderung

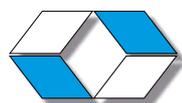
JAHRESBERICHT

2021

JAHRESBERICHT

---

2021



Bayerische  
Forschungstiftung

# Inhalt

## VORWORT

### Jetzt den Innovations-Turbo zünden!

Dr. Markus Söder, Vorsitzender des Stiftungsrats

6

## INTERVIEW

### Innovationen in Bayern – eine Standortbestimmung

Prof. Dr. Dr. h.c. (NAS RA) Arndt Bode, Präsident

Prof. Dr.-Ing. habil. Marion Merklein, Vorsitzende des  
Wissenschaftlichen Beirats

Dr.-Ing. Udo Dinglreiter, stellvertretender Vorsitzender des  
Wissenschaftlichen Beirats

8

Themen und Inhalte

13

## PROJEKTE

Erfolgsgeschichten

18

Neuer Forschungsverbund

34

Neue Projekte

36

Neue Kleinprojekte

70

Evaluation und Qualitätssicherung

72



## ANHANG

<u>Die Organe der Bayerischen Forschungsstiftung</u>	76
<u>Neue Gesichter und ein neuer Vorsitz im Wissenschaftlichen Beirat der Bayerischen Forschungsstiftung</u>	80
<u>Zielsetzung und Arbeitsweise der Bayerischen Forschungsstiftung</u>	84
<u>Förderprogramm „Hochtechnologien für das 21. Jahrhundert“</u>	90
<u>Förderung der internationalen Zusammenarbeit</u>	96
<u>Gesetz über die Errichtung der Bayerischen Forschungsstiftung</u>	98
<u>Satzung der Bayerischen Forschungsstiftung</u>	100
<u>Rechnungsprüfung</u>	104
<u>Kontakt, Ansprechpartner</u>	106
<u>Bildnachweis</u>	108



# Dr. Markus Söder, MdL

VORSITZENDER DES STIFTUNGSRATS

# Jetzt den Innovations-Turbo zünden!

In seinem Innovationspanel, veröffentlicht Anfang Februar dieses Jahres, stellt das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) dem Hightech-Standort Deutschland kein gutes Zeugnis aus. Laut der Erhebung sind die Ausgaben der deutschen Wirtschaft für Innovationen erstmals seit zehn Jahren gesunken, und zwar um 3,6 Prozent. Die Ausgaben für Forschung und Entwicklung sind dabei um 6,3 Prozent zurückgegangen. In zwei Drittel der EU-Länder sind sie demgegenüber gestiegen. Dabei kommen hierzulande rund 70 Prozent der Ausgaben für Forschung und Entwicklung von der Wirtschaft. Droht Deutschland technologisch abgehängt zu werden?

Aktuell stehen wir vor einer ganzen Reihe von Herausforderungen, etwa die mittel- und langfristigen Corona-Folgen, Digitalisierung und Klimawandel, Deglobalisierung und demografischer Wandel, Fachkräftemangel und Ressourcenknappheit. All das passiert gleichzeitig und verstärkt sich gegenseitig.

Gerade Corona ist immer noch eine enorme Belastung für die Wirtschaft. Die Unterbrechung von Liefer- und Absatzketten sowie massive Preissteigerungen für Rohstoffe und Zwischenprodukte machen den Betrieben schwer zu schaffen.

Dennoch: Die genannten Herausforderungen dürfen kein Anlass sein für Einsparungen, sondern Grund genug, jetzt erst recht den Innovations-Turbo zu zünden. Der Blick muss nach vorne gehen, für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen, für die Zukunftsfähigkeit unseres Landes, für die Lebensgrundlagen der künftigen Generationen. Technologische Innovation ist der Schlüssel zur Bewältigung dieser Herausforderungen. Innovationserfolg entsteht am ehesten dort, wo technologieaffine Unternehmen einen fruchtbaren Pakt mit

Wissenschaft und Forschung eingehen. Und gerade Bayern ist ein starker Forschungs- und Innovationsstandort.

Die Bayerische Forschungsstiftung ist eine ideale Institution, Kooperationen für Innovationen zu unterstützen. Sie kann mit ihrem breit angelegten Förderprogramm alle Zukunftstechnologien bedienen, die heute im Fokus stehen und die wir auch mit der Hightech Agenda Bayern ins Visier nehmen: künstliche Intelligenz, CleanTech, Wasserstofftechnologie, Luft- und Raumfahrt bis hin zur Quantentechnologie. Sie ist offen für Unternehmen aller Branchen und Größenklassen, vom Hightechnologie-Unternehmen bis zum Handwerksbetrieb, vom Dax-Konzern bis zum Start-up. Und für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Stiftung gehört es zu ihrem Selbstverständnis, alle Bewerbungen um Fördermittel bestmöglich zu unterstützen, damit sich der Aufwand einer Antragstellung auszahlt und am Ende ein erfolgreiches Förderprojekt steht.

Lassen Sie sich auf das „Abenteuer Forschung“ ein. Suchen Sie die Partnerschaft mit einer Universität, einer Hochschule für angewandte Wissenschaften oder einer außeruniversitären Forschungseinrichtung. Bringen Sie Ihre Idee auf die Erfolgsspur hin zu einem marktfähigen Produkt oder Verfahren. Sie werden sehen: Es lohnt sich!



Dr. Markus Söder, MdL

## Interview

# Innovationen in Bayern – eine Standortbestimmung

Welches sind die wissenschaftlich-technologischen Herausforderungen der Zukunft? Sind wir in Bayern gut darauf vorbereitet? Woran müssen wir noch arbeiten? Diese Fragen erörtern der Präsident der Bayerischen Forschungstiftung, Herr Prof. Dr. Dr. h.c. (NAS RA) Arndt Bode, die Vorsitzende des Wissenschaftlichen Beirats der Stiftung, Frau Prof. Dr.-Ing. habil. Marion Merklein, und der stellvertretende Vorsitzende des Wissenschaftlichen Beirats, Herr Dr.-Ing. Udo Dinglreiter.

**Welche wesentlichen technologischen Trends werden Ihrer Einschätzung nach unser Leben in Zukunft bestimmen, welche sehen Sie ganz konkret in Ihrem Arbeitsbereich?**

**Prof. Bode:** Unsere künftigen Lebensbedingungen hängen von effizienten Lösungen für Energie, Mobilität, Klima, Ernährung und Medizin ab. Technologien zur Produktion, Bereitstellung und Rücknutzung spielen dabei eine wesentliche Rolle. Diese müssen bei stark wachsender Weltbevölkerung auf maximale Nachhaltigkeit ausgerichtet sein und auf die besten wissenschaftlichen Methoden zurückgreifen. Häufig wird hier mein persönliches Fachgebiet, die Informatik, einen zentralen Beitrag leisten. Parallel zur Entwicklung der Technologien müssen die Lösungen hohe politische und ethische Standards erfüllen. Im Idealfall erfolgt die Überprüfung auf Standards schon am Anfang von Forschung und Entwicklung. Die Bayerische Forschungstiftung sichert dies durch ihre Förderregeln und eine entsprechende Antragsprüfung.

**Prof. Merklein:** Für mein Arbeitsgebiet besonders relevant: Die Produktionstechnik wird sich grundlegend ändern. Die Verknappung der Ressourcen und drastisch steigende Energiekosten werden dazu führen, dass existierende Prozesse grundlegend hinterfragt und neue, wirtschaftlich tragfähige Ansätze erarbeitet werden

müssen. Die Digitalisierung kann hier zu Teilen helfen, muss aber mit Verstand eingesetzt werden. Digitalisierung darf, wie jede Technologie, kein Selbstzweck sein, sondern muss wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Nutzen stiften, sonst wird sie nicht akzeptiert.

**Dr. Dinglreiter:** Aus Sicht der Industrie kann ich allem nur zustimmen. Als Hersteller von Produktionsanlagen für Automotive, Chemie und Pharmazie stellen wir uns darauf ein, dass die Berücksichtigung eines weltweit wachsenden Bewusstseins, die Natur zu schützen und Ressourcen zu schonen, zunehmend wichtiger wird. Die Digitalisierung in all ihren Facetten und unter Einbindung von künstlicher Intelligenz wird dabei in vielen Fällen eine zentrale Rolle spielen. Auch sehe ich in bestimmten Bereichen den Einsatz von additiven Fertigungsverfahren als bedeutsam, etwa in Form von Einsparpotenzialen durch leichtere Bauteile.

**Wie gut sind Deutschland und Bayern Ihrer Meinung nach für die Bewältigung der kommenden wissenschaftlich-technologischen Herausforderungen aufgestellt? Wie sind Ihre persönlichen Erfahrungen mit der bayerischen Innovationskultur?**

**Dr. Dinglreiter:** Grundsätzlich gibt es in Deutschland und insbesondere in Bayern eine herausragende Innovationskultur. In Verbindung mit einer breit diversifizier-



ten Industrie, einem wirtschaftlich starken Mittelstand, exzellenten Forschungseinrichtungen und einer ausgezeichneten Forschungsförderung sind wir gut gerüstet für kommende Herausforderungen.

**Prof. Merklein:** Wir sind in Bayern auch in puncto Humankapital hervorragend aufgestellt. Wir haben gut ausgebildete und motivierte Bürgerinnen und Bürger, viele sehr kluge Köpfe und innovative Unternehmen, auch solche, die sich bereits wiederholt neu erfunden haben, um sich den Herausforderungen der Zeit zu stellen. Es gibt auch eine sehr lebendige Gründerszene. Wir erleben das in vielen Projektanträgen bei der Bayerischen Forschungstiftung, an denen höchst innovative aufstrebende Firmen ihre Ideen gemeinsam mit der Wissenschaft weiterentwickeln. Diesen Potenzialschatz müssen wir immer wieder erneut heben, um Bayern als einen der wesentlichen Innovationstreiber und einen interessanten Wirtschaftsstandort zu erhalten.

**Dr. Dinglreiter:** Richtig, wir müssen am Ball bleiben und dürfen uns nicht auf dem Erreichten ausruhen. Sorgen bereiten mir in dem Zusammenhang ein zunehmender Fachkräftemangel und sich verschlechternde Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel vergleichsweise hohe Energiekosten oder lange Genehmigungsdauern. Solche Engpässe können schnell auch zu Innovationshemmnissen werden.

**Prof. Bode:** Wenn wir schon bei den Schattenseiten sind: Es gibt auch noch an anderen Stellen gewisse strukturelle Defizite, besonders im Bereich der Digitalisierung. Die können jedoch beseitigt werden. Auf der Sonnenseite für Bayern steht, dass hier die Politik wie kaum anderswo in Deutschland bereit ist, die vielfach vorhandene und immer wieder aufscheinende Exzellenz zu fördern. Als Beispiel für diese Exzellenz sei hier der Vizeweltmeistertitel im autonomen Rennfahren genannt, den ein Team der TU München Anfang dieses Jahres in Las Vegas geholt hat. Der durch künstliche Intelligenz gesteuerte Rennwagen erreichte dabei Geschwindigkeiten von bis zu 270 km/h. Die Forschungsstiftung hat mit einer Anschubförderung in der Frühphase dieses Projekts einen Beitrag zu diesem Spitzenergebnis leisten können, das freut mich besonders. Solche Erfolge haben eine Außenwirkung, die dazu beiträgt, dass auch global erfolgreiche Unternehmen gerne in Bayern forschen und entwickeln, aktuell nachzuvollziehen an den Beispielen Apple und Google.

**Der Transfer von Forschung und Innovationen in die Wirtschaft gilt als Schlüssel für Wachstum und Wohlstand. Funktioniert dieser Transfer in Bayern? Wie erleben Sie die Zusammenarbeit von Wirtschaft und Wissenschaft in Ihrem eigenen Umfeld?**

**Prof. Merklein:** Im Allgemeinen funktioniert der Transfer von Forschungsergebnissen gut. Es gibt viele staatliche Fördermöglichkeiten, die kleine und mittlere Betriebe, die Großindustrie und Hochschulen sowie Forschungseinrichtungen nutzen können.

**Dr. Dingreiter:** Das deckt sich mit meiner Wahrnehmung: Besonders in den letzten Jahren sind gute Ansätze entstanden für den Technologietransfer von der Wissenschaft in die Unternehmen und übrigens auch umgekehrt. Ein Beispiel dafür ist die Bayerische Forschungsstiftung selbst. In den geförderten Projekten ist Interdisziplinarität und die enge Zusammenarbeit von Wirtschaft und Wissenschaft Grundvoraussetzung. Gerade für kleinere und mittelständische Unternehmen ist es jedoch nicht immer einfach, an Informationen über die für sie relevanten wissenschaftlichen Aktivitäten zu gelangen. Wir pflegen dazu in unserem Unternehmen einen engen Austausch mit verschiedenen wissenschaftlichen Einrichtungen, aber auch zu den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen unserer Kunden. Das ist Pflicht, um international erfolgreich und technologisch an der Spitze zu bleiben.

**Prof. Merklein:** Es wird in den letzten Jahren aber immer deutlicher, dass viele Firmen bevorzugt auf bilaterale Forschungsk Kooperationen setzen, um den Verwaltungsaufwand zu reduzieren. Letzterer wird bei allen Fördermittelgebern von vielen Unternehmen gescheut beziehungsweise als zu hoch bezeichnet.

**Prof. Bode:** Deswegen legt die Bayerische Forschungsstiftung großen Wert auf eine möglichst unbürokratische Förderabwicklung. Damit der trotzdem verbleibende Aufwand sich lohnt, werden bei jedem Projekt die Erfolgchancen für die Antragsteller durch eine intensive Beratung optimiert. Nicht zuletzt deshalb erleben wir bei der Forschungsstiftung viele hervorragende Beispiele für gelungenen Transfer. In den gut 30 Jahren ihrer Existenz hat die Stiftung mit rund 614 Millionen Euro etwas über 1.000 Projekte gefördert. Dadurch wurden etwa 1,4 Milliarden Euro für Investitionen in Innovationen mobilisiert. Etwa 60 Prozent der Vorhaben mündeten in die Fertigung neuer Produkte, rund die Hälfte der Projekte generierte Patente. Aus diesen Erfolgen der Vergangenheit soll eine kontinuierliche Erfolgsgeschichte für die Zukunft fortgeschrieben werden.

**Müsste die Kooperation von Wirtschaft und Wissenschaft nicht eigentlich ein Selbstläufer sein? Wozu muss diese Kooperation überhaupt gefördert werden, warum braucht es Anreize? Wo sehen Sie in diesem Zusammenhang den Beitrag der Bayerischen Forschungsstiftung?**

**Dr. Dingreiter:** Prinzipiell stimme ich dem zu. Häufig ist es für kleinere Unternehmen jedoch schwierig, die Ressourcen für herausragende Forschung aufzubringen. Die Förderung interdisziplinärer Kooperationen ermöglicht es diesen Unternehmen, komplexe Themen mit exzellenten Partnern zu bearbeiten. Aus meiner Sicht leistet die Bayerische Forschungsstiftung hier einen enormen Beitrag. Ich kann nur bestätigen, was Herr Professor Bode gesagt hat: Die Antragstellung bei der Stiftung ist vergleichsweise unkompliziert und die Erfolgsaussichten sind bei guten Themenstellungen hoch. Aus eigener Erfahrung unterstützt die Stiftung mit ihren Gremien die Antragsteller herausragend.

**Prof. Bode:** Innovationen entstehen sehr häufig durch Nutzung gerade erst entwickelter oder im Entstehen begriffener Technologien. Diese Entwicklung ist extrem dynamisch und oft schwer vorhersagbar. Erfolgreiche Unternehmen „reiten“ deshalb auf dem Scheitel der Technologiewelle. Dieser Ritt erfordert Mut und finanzielle Kapazitäten, die durch den Anreiz, beispielsweise einer Förderung durch die Bayerischen Forschungsstiftung, aktiviert, beschleunigt und unterstützt werden. So hat das im Jahr 2020 ganz kurzfristig ausgeschriebene Sonderprogramm der Forschungsstiftung zur Corona-Forschung in kürzester Zeit einen Anreiz zu einer größeren Zahl von teilweise völlig neuen Kooperationen gesetzt, die inzwischen zu einer Reihe von erfolgreichen Ansätzen geführt haben, beispielsweise in der Entwicklung von Medikamenten.

**Prof. Merklein:** Das Interesse der Wirtschaft ist häufig auch eine Frage des Technologie-Reifegrads. Die sogenannten „low hanging fruits“ und die absoluten „hot topics“ werden oft in bilateraler Kooperation beforscht, da damit auch die rechtliche Seite eindeutig geklärt ist. Vorwettbewerbliche Forschung mit einem noch niedrigeren Technologie-Reifegrad ist dagegen für einige Firmen schwer einschätzbar, weshalb hier Anreize sehr wertvoll sind. Ebenso sind Anreize für Firmen hilfreich,

die Forschung kaum aus den Eigenmitteln stemmen können. Die Bayerische Forschungstiftung bedient beide Felder aus meiner Sicht in exzellenter Art und Weise: Ihre Projekte stehen eher am Anfang der Innovationspipeline, wo noch einige Schritte bis zum marktreifen Produkt zu gehen sind, und ihr Förderprogramm ist offen auch für kleine und kleinste Unternehmen.

**Wo besteht Ihrer Meinung nach entlang der gesamten Innovationskette noch Verbesserungsbedarf? Wo müssen sich Wissenschaft und Wirtschaft, aber auch Politik und Gesellschaft vielleicht noch mehr anstrengen?**

**Prof. Bode:** Seit den Zeiten des Wirtschaftswunders arbeiten in Deutschland sowohl die Wissenschaft als auch die Wirtschaft nach internationalen Maßstäben auf sehr hohem Niveau, manchmal jedoch in getrennten „Silos“. Dadurch droht bisweilen die Transmission von Ideen aus der Wissenschaft in die Wirtschaft zu „klemmen“. Deshalb braucht es eine noch mehr verbindende Forschung von Wirtschaft und Wissenschaft. Diese kann nur erfolgreich sein, wenn die Wirtschaft selbst hochgradig innovativ denkt und deshalb ihre eigene Forschung und Entwicklung mit höchster Priorität finanziert. Gleichzeitig muss die eher grundlagenorientierte Forschung in der Wissenschaft vom Staat mit ebenso hoher Priorität versehen und entsprechend finanziell ausgestattet werden.

**Dr. Dingreiter:** Wichtig sind auch Köpfe, denn am Anfang jeder Innovation steht die geniale Idee. Es ist daher wichtig, verstärkt dafür zu sorgen, dass viele internationale Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gerne nach Bayern zum Forschen kommen. Auch muss der Freistaat für viele internationale Arbeitskräfte ein erstrebenswertes Ziel sein. Die Idee darf aber nicht im Elfenbeinturm steckenbleiben, sondern muss ihren Weg in die anschließende, wirtschaftlich erfolgreiche Umsetzung finden. Dies gelingt besonders gut in kooperierenden Netzwerken aus Wirtschaft und Wissenschaft. Es ist Aufgabe der Politik, diese Netzwerke zu fördern und breite Austauschmöglichkeiten zu schaffen. Von der Gesellschaft würde ich mir an mancher Stelle mehr Offenheit für Technik und Innovation wünschen.

**Prof. Merklein:** Das ist ein sehr wichtiger Punkt! Forschung und Technik müssen wieder attraktiv sein. Es braucht einen Ruck in der Gesellschaft, dass die Errun-

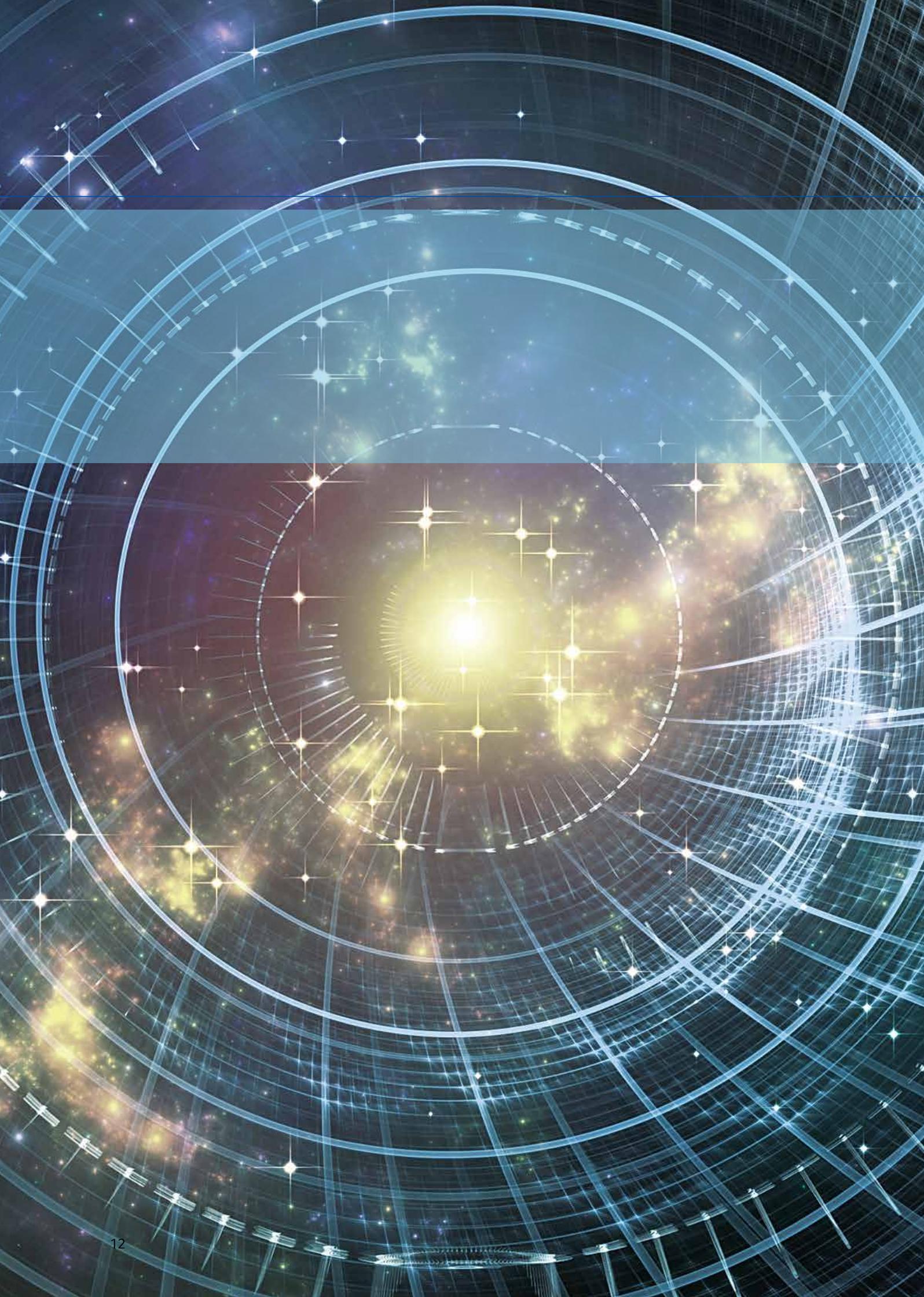
genenschaften, die vorhanden sind und die die Basis unseres Lebens bilden, nicht einfach so da sind. Man sieht es gerade in diesen Zeiten leider fast tagtäglich, dass manche es sich vermeintlich bequem zwischen Technologiefeindlichkeit und Veränderungsmüdigkeit eingerichtet haben und dabei vergessen, dass unser Wohlstand das Ergebnis harter Arbeit ist. Und diese Freude an auch harter Arbeit, wozu ich Forschung zähle, muss wieder en vogue werden, sonst droht uns eines Tages ein unsanftes Erwachen aus der Bequemlichkeit.

**Wenn Sie einen Wunsch frei hätten für eine gute Zukunftsperspektive des Innovationsstandortes Bayern, welcher wäre das?**

**Prof. Bode:** Zukünftige Staatsregierungen, die die Innovationskraft des Landes weiter als strategisches Ziel fördern. Voraussetzung dafür ist, dass es sowohl der Wirtschaft als auch der Wissenschaft gelingt, der bayerischen Bevölkerung die Bedeutung von innovativer Forschung und Entwicklung für den Wohlstand zu vermitteln.

**Prof. Merklein:** Ein Freistaat, der für nachhaltige Produktion steht, im Bereich der Digitalisierung die existierenden Defizite ausgeglichen hat und im Bereich der Bildung vom Ausbildungswesen bis hin zum Studium als führend gilt, und der so lebenswert und abwechslungsreich bleibt, wie Bayern eben ist.

**Dr. Dingreiter:** Rahmenbedingungen, die es unseren Unternehmen ermöglichen, in einer offenen, auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Weltordnung zu forschen und zu wirtschaften, einer Weltordnung, die einen gesellschaftlichen und ökonomischen Austausch in Frieden mit anderen zulässt.



# Themen und Inhalte

Die Bayerische Forschungsstiftung wurde ins Leben gerufen, um universitäre und außeruniversitäre Forschungsvorhaben zu fördern, die für die wissenschaftlich-technologische und die wirtschaftliche Entwicklung Bayerns von Bedeutung sind. Wie wichtig diese Zielsetzung ist, bestätigt sich immer wieder von neuem. Der globale Wettbewerb erfordert eine ständige Innovationsbereitschaft, aber auch die Bereitschaft, in Forschung und Wissenschaft zu investieren. Dieser Zielsetzung hat sich die Bayerische Forschungsstiftung verschrieben – und der Erfolg der geförderten Projekte bestätigt sie hierin.

Um ihrer innovationspolitischen Aufgabe gerecht zu werden, greift die Bayerische Forschungsstiftung mit ihrer inhaltlichen Schwerpunktsetzung Themen auf, die zu den großen Schlüsseltechnologien der Zukunft zählen. Das bewusst breit gewählte Spektrum der definierten Schlüsselbereiche lässt eine Fülle interdisziplinärer Ansätze zu und deckt Schnittstellen ab, die es Antragstellern aus Wissenschaft und Wirtschaft ermöglichen, themenübergreifende Projekte zu konzipieren und durchzuführen. Interdisziplinarität und die Möglichkeit, Schnittstellen zu überwinden, sind mehr denn je ausschlaggebend für ein modernes, zukunftsweisendes Innovationsmanagement.

Die Vielfalt der gewählten Zielsetzungen der Bayerischen Forschungsstiftung bietet in idealer Weise alle Voraussetzungen für innovative, wissenschaftlich hochwertige und wirtschaftlich zukunftssträchtige Projekte. Dies ermöglicht es, forschungspolitisch wichtige Trends früh zu erkennen, gezielt anzuregen und langfristige Perspektiven zu schaffen.

In den Anfangsjahren der Bayerischen Forschungsstiftung boomten die Mikrosystemtechnik sowie die Informations- und Kommunikationstechnologien und machten damit auch den Schwerpunkt des Mitteleinsatzes der Stiftung aus. Dann war ein anderer Trend erkennbar: Nach dem Aufschwung der klassischen Technologien waren die folgenden Jahre geprägt von dem Ziel, die Gesundheit und die Lebensqualität zu verbessern und der demografischen Entwicklung gerecht zu werden. Als Trends zeichneten sich verstärkte Aktivitäten im Bereich Energie und Umwelt, bei neuen Prozess- und Produktionstechniken sowie im Bereich Life Sciences ab.

Mit dem Thema Digitalisierung erreicht eine neue Dimension die Bayerische Forschungsstiftung. Industrie und Dienstleistung 4.0 gewinnen zunehmend auch in den Förderungen der Stiftung an Bedeutung. Die Bayerische Forschungsstiftung erfährt eine starke Schwerpunktsetzung in den Bereichen Robotik, künstliche Intelligenz, Datenwissenschaft, automatisiertes Fahren, Internet der Dinge und digitale Fabrik.

## Unsere Themen

- » Life Sciences
- » Informations- und Kommunikationstechnologien
- » Mikrosystemtechnik
- » Materialwissenschaft
- » Energie und Umwelt
- » Mechatronik
- » Nanotechnologie
- » Prozess- und Produktionstechnik



# Erfolgsgories, neuer Forschungsverbund und neue Projekte

## ERFOLGSSTORIES

Mikropartikel in der aquatischen Umwelt und in Lebensmitteln – MiPAq	18
Intelligent vernetzte Lösungen für Stadt und Land – FutureIoT	22
Neue Generation von Gefäßstützen zur Wiederherstellung der Durchblutung von Herzkranzgefäßen – NewGen-Stent	26
On-the-Fly-Deflektometrie zur schnellen 3D-Inline-Inspektion in der Bewegung – FlyFlect3D	30

## NEUER FORSCHUNGSVERBUND

### ENERGIE UND UMWELT

Sichere heimische (Bio-)Lebensmittel durch sensorische Detektionsverfahren – SHIELD	34
---	----

## NEUE PROJEKTE

### LIFE SCIENCES

Automatisierte Isolierung von körpereigenen Stammzellen für die regenerative Therapie – CellRotor	36
Mikrowellenbasierte Hyperthermiesysteme für verbesserte Antitumorimmunantworten – MikroHyperTumImmun	37
DHODH-Inhibitoren in Kombinationstherapie gegen COVID-19 und andere Viruserkrankungen – IMU-COVID	38
Bildgestützte robotische Mikrochirurgie in der Ophthalmologie – BiRoMicO	39
Deep Learning basierte Endoskopnachführung – DeepMIC	40
Kollagener Biokleber und Vlies für Darmanastomosen in der Chirurgie – K <sup>2</sup> RANICH	41



Maschinenführerzentrierte Parametrierung von künstlicher Intelligenz für eng gekoppelte, verteilte, vernetzte Steuerungssysteme – OpAI4DNCS	42
Entwicklung von Sensormodellen für virtuelle Testumgebungen anhand von Realdaten und 3D-Rekonstruktionen	43
Augmented-Reality-basierte Mitarbeiterqualifizierung – AQUA	44
Datengestütztes autonomes Fahren – DAD	45
IoT-basiertes Daten- und Prozessmanagement im Handwerk – TRADEmark	46
Isolierte Singularitäten bei Flächentragwerken in der Baustatik – ISIFLAB	47
Erhöhung der Quellcode-Qualität mittels Deep Learning – DeepCode	48
3D-gedruckte Metamaterialstrukturen für Automobilradarsysteme im Millimeter-Wellenbereich – 3DMeta	49
Textile Backunterlage – BakeTex	50
Virtuelle Lastermittlung im Fahrzeugauslegungs- und Absicherungsprozess	51
Thermisches Spritzen von aluminiumhaltigen Verschleißschutzschichten auf Glasformen zur umweltfreundlichen Herstellung von Behältergläsern – AI-G	52
Schadenstolerante Hybridmaterialien als Bespannung für Leichtbaustrukturen in der Luftfahrt – Robust Skin	53
Innovatives thermisches Management von Batteriemodulen – InnoTherMaBatt	54
Untersuchung der Kondensation von Kohlenwasserstoffgemischen am Rohr und an Rohrbündeln	55

**INFORMATIONEN- UND  
 KOMMUNIKATIONS-  
 TECHNOLOGIEN**

**MIKROSYSTEMTECHNIK**

**MATERIALWISSENSCHAFT**

**ENERGIE UND UMWELT**

# Neue Projekte

**MECHATRONIK**  
**PROZESS- UND  
PRODUKTIONSTECHNIK**

Weiterentwicklung der CFD-Simulationsmethoden für H <sub>2</sub> -O <sub>2</sub> -Hochdruck-Dampfgeneratoren zur Stromnetzstabilisierung	56
Effizientes und nachhaltiges Bauen auf strukturempfindlichem Untergrund	57
Erhöhung der Ausfallsicherheit in elektrischen Antriebssystemen – Antrieb-SDR	58
Innovative Regelungs- und Steuerungsstrategien für Druckerhöhungsanlagen – InnoReSt	59
Reduktion lokaler Zugspannungen in Werkzeugen der Kaltmassivumformung – LokSp	60
Mediendichtes Umschäumen von elektronischen Baugruppen mittels Thermoplast-Schaumspritzguss – Foam-Tight	61
Trajektorienplanung zur Steigerung der Dynamik von Fertigungsprozessen der Lasermaterialbearbeitung – TRAMIK	62
Entwicklung eines interaktiven magnetischen Security Features – InterActiveMagSec	63
Dynamische Vermessung von Schnellläuferpressen	64
Konfigurierbare Prozessketten in der kollaborativen Montage komplexer Bauteile – KoPro	65
Vernetzte Sensorik zur Analyse von elektrochemischen und mechanochemischen Prozessen – SensAPro	66
Absorberfreies Laser-Kunststoffschweißen für qualitätskritische High-Volume-Anwendungen in der Medizintechnik – CTC-Med	67
Entwicklung einer Machine-Learning-Lösung zur vorausschauenden Wartung von Getriebeölen – SmartGear	68



## Umfassende Charakterisierung des Mikroplastik-Problems

# Mikropartikel in der aquatischen Umwelt und in Lebensmitteln – MiPAq

DIE  
BAYERISCHE  
FORSCHUNGS-  
STIFTUNG FÖRDERT DIE  
ZUSAMMENARBEIT VON  
WIRTSCHAFT UND WISSEN-  
SCHAFT IN GEMEINSAMEN  
PROJEKTEN – MIT GROSSEM  
ERFOLG, WIE DIESE  
VIER BEISPIELE  
ZEIGEN.

Plastikrückstände, vor allem in Form von Mikroplastik, sind ein potenzielles Umwelt- und Gesundheitsrisiko in aquatischen Systemen und in Lebensmitteln. Entsprechend stehen sie im Fokus des wissenschaftlichen und öffentlichen Interesses. Eine ganzheitliche Risikoeinschätzung erfordert die Analyse des Eintrags und des Verhaltens in der Umwelt sowie die Bewertung von biologischen Effekten. Eine differenzierte Betrachtung umfasst zudem einen Vergleich von Partikelfractionen aus biologisch abbaubaren (Kunststoff-)Materialien, konventionellen Kunststoffen und natürlich vorkommenden Partikeln.

Dieses ganzheitliche Projekt wurde durch die transdisziplinäre Zusammenarbeit von fünf Lehrstühlen der TU München (TUM) und 15 Partnern aus unterschiedlichen Bereichen der Industrie (Lebensmittelverpackungstechnik, Lebensmittelproduzenten, Klärtechnik und Partikelanalyse) bearbeitet, unter Koordination des Lehrstuhls für Aquatische Systembiologie (Abb. 1). Zu Projektbeginn gab es noch keine einheitliche Methodik, um Mikroplastik nachzuweisen und zu quantifizieren. Auch waren grundsätzliche Fragen offen, zum Beispiel zum Rückhalt von Mikroplastik in Kläranlagen oder zu dessen Auswirkungen auf Gewässerorganismen. Durch das Zusammenwirken von chemisch-analytischer, ökologisch-ökotoxikologischer und ingenieurwissenschaftlich-technischer Expertise konnten neue Technologien und Methoden zur Erkennung und Quantifizierung entwickelt sowie eine Vielzahl neuer Erkenntnisse über das Verhalten und die Wirkung von Mikropartikeln erzielt werden.

### Weiterentwicklung von Nachweismethoden

Notwendig war zunächst die Etablierung hochdurchsatzfähiger Verfahren zum Nachweis von Mikroplastik und anderen Mikropartikeln in verschiedenen Umwelt- und Lebensmittelmatrices. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse flossen unter anderem in die Normierung auf nationaler und internationaler Ebene ein und trugen so zur oft geforderten Harmonisierung der Nachweismethoden für Mikroplastik bei. Dies beinhaltet entscheidende

Fortschritte bei der morphologischen Charakterisierung der Partikel sowie der statistischen Auswahl einer repräsentativen Stichprobenanzahl. So wurde ein verbessertes Messverfahren für die Analyse mittels Raman-Mikrospektroskopie etabliert: das Open-Source-Programm TUM ParticleTyper (Abb. 2).

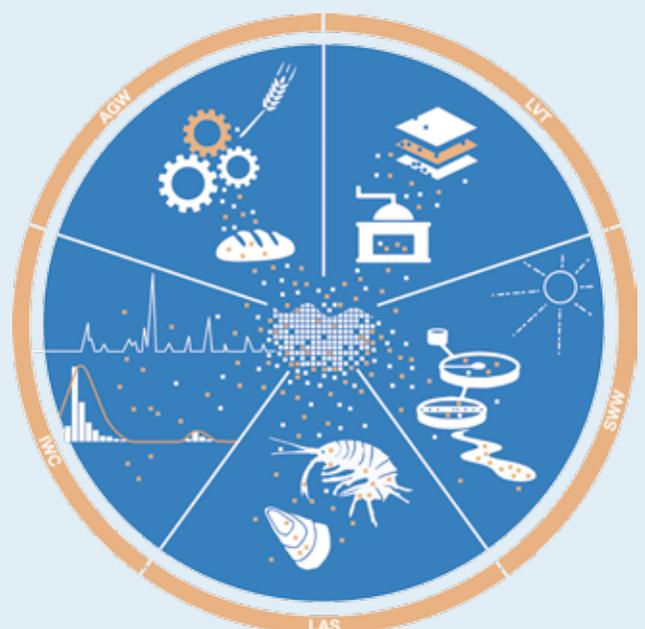


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Themenbereiche des MiPAq-Konsortiums

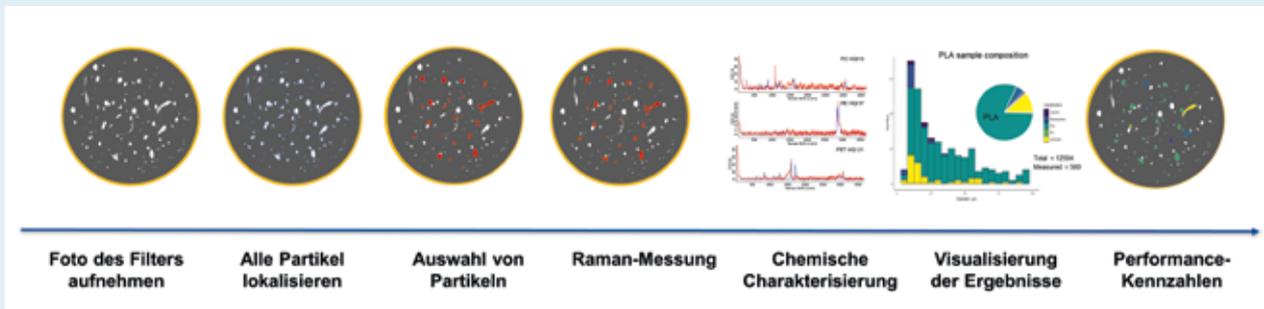


Abbildung 2: Das Programm TUM ParticleTyper zur automatisierten Mikroplastik-Analyse mittels Raman-Mikrospektroskopie

Für die Analyse von Lebensmitteln war es zunächst notwendig, die Mikropartikel aus der sie umgebenden Matrix zu isolieren. Je nach Zusammensetzung wurden spezifische Aufbereitungsschritte für pflanzenbasierte Lebensmittel und Getränke sowie für Mineralwasser erarbeitet und validiert. Die Analyse der Proben erfolgte durch Fourier-Transform-Infrarot (FTIR)-Imaging, die anschließende Auswertung (Quantifizierung und Identifizierung) unter Einsatz von künstlicher Intelligenz.

**Referenzpartikel als Basismaterial für Laborversuche**

Eine wesentliche Arbeitsgrundlage für die in MiPAq durchgeführten Untersuchungen war die Verfügbarkeit reproduzierbarer Referenzpartikel unterschiedlicher Polymere in definierter Form und Größe (Abb. 3). Diese wurden aus Materialien hergestellt, die von den kunststoffverarbeitenden Industriepartnern zur Verfügung gestellt wurden.

Die „Alterung“ von Kunststoffen, beispielsweise durch Photooxidation, Biofilme oder die Adsorption von organischen Schadstoffen, kann die Analyse von Mikroplastik erheblich beeinflussen. Daher wurde eine Methode zur Herstellung von sekundärem Mikroplastik unter Berücksichtigung von Beschaffenheit (zum Beispiel gealterte Oberflächenstrukturen) und definierter Größenverteilung der Partikel entwickelt.

Weitere Untersuchungen betrafen das Verhalten der Partikel in der Umwelt, zum Beispiel die Bindung von Schadstoffen. Hierzu wurden Folien und Partikel zeitdefiniert ausgewählten Modellschadstoffen ausgesetzt und die adsorbierte Schadstoffmenge analysiert. So konnten die Adsorptionskapazitäten von Mikroplastikpartikeln sowie die Verteilungskoeffizienten in wässrigen Systemen von Modellsubstanzen ermittelt werden. Die Adsorption der Modellschadstoffe war stark von der Polymerart, -form und -größe abhängig.

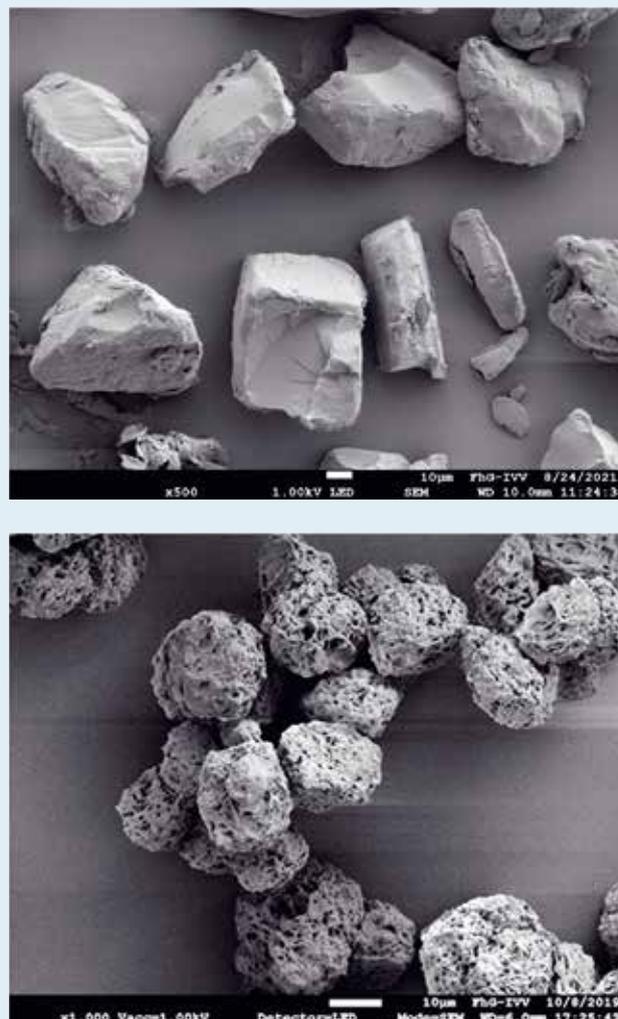


Abbildung 3: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von künstlich erzeugten, standardisierten PE-Mikropartikeln (oben: Partikelvermahlung; unten: Lösungsfällung)

### Mikropartikel in Nahrungsmitteln und Getränken

Auf Basis der erzielten Fortschritte im Bereich der Probenaufbereitung und automatisierten Analytik wurden Eintrag und Vorkommen von Mikropartikeln in Lebensmitteln systematisch untersucht. Die wichtigsten Eintragspfade für Mikroplastik > 10 µm in Getränken, Brot, Teezubereitungen sowie Babybrei konnten in enger Zusammenarbeit mit den lebensmittelproduzierenden Projektpartnern erfolgreich identifiziert werden. Es zeigte sich, dass weniger die Rohstoffe als vielmehr die Arbeitsmittel und Verpackungen den Eintrag von Mikroplastikpartikeln in Lebensmittel verursachen. In Flaschen abgefülltes Mineralwasser beispielsweise wird vorwiegend aufgrund des Abriebs aus mechanischer Belastung (zum Beispiel beim Abschrauben des Deckels) belastet.

### Minderung des Eintrags in die Umwelt durch Kläranlagen

Um den Eintrag von Mikroplastik in die aquatische Umwelt zu bewerten (Abb. 4), wurde der Effekt von Sandfiltern in Kläranlagen auf den Rückhalt von Mikroplastik bestimmt, indem Zu- und Abläufe von zwei Kläranlagen in Bayern beprobt wurden. Es zeigte sich, dass die Sandfilter mit

79 Prozent  $\pm$  11 Prozent einen Großteil der Mikroplastik-Masse im Partikelgrößenbereich  $\geq 10 \mu\text{m}$  zurückhalten. Weil die jährlichen Frachten so gering sind, stellen Kläranlagen demzufolge keine wichtigen Eintragspfade für Mikroplastik in die Umwelt dar, insbesondere, wenn sie über tertiäre Sandfilter verfügen.

### Biologisch-ökologische Wirkungen von Mikroplastik

Um die Wirkung von Mikroplastik auf aquatische Organismen zu untersuchen, wurden innovative Bioassays entwickelt. Diese dienen der Detektion von subletalen Effekten anhand zweier ökosystemrelevanter Arten, der Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha* und des Flussflohkrebses *Gammarus roeseli* – Arten, die als Filtrierer beziehungsweise Zersetzer natürlicherweise stärker als andere Organismen von einer Mikroplastik-Exposition betroffen sind. Durch die Entwicklung eines mit Mikroplastikpartikeln versetzten „Futtertab“ wurde eine auch für andere Organismen nutzbare Methode zur standardisierbaren Exposition über den Nahrungspfad etabliert (Abb. 5). Die Wirkanalysen zeigten, dass sich die untersuchten Plastikpartikel in ihren akuten Effekten auf Sterblichkeit, Verhalten und Reproduktion der Testorganismen nicht

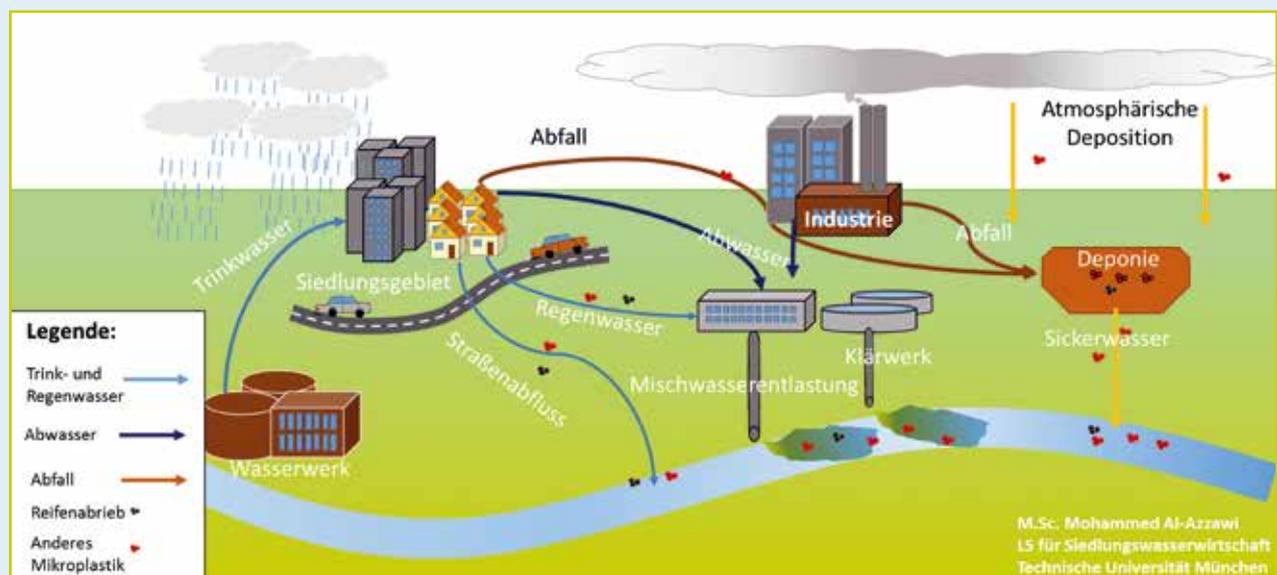


Abbildung 4: Eintragspfade und Verbreitung von Mikroplastik in der Umwelt

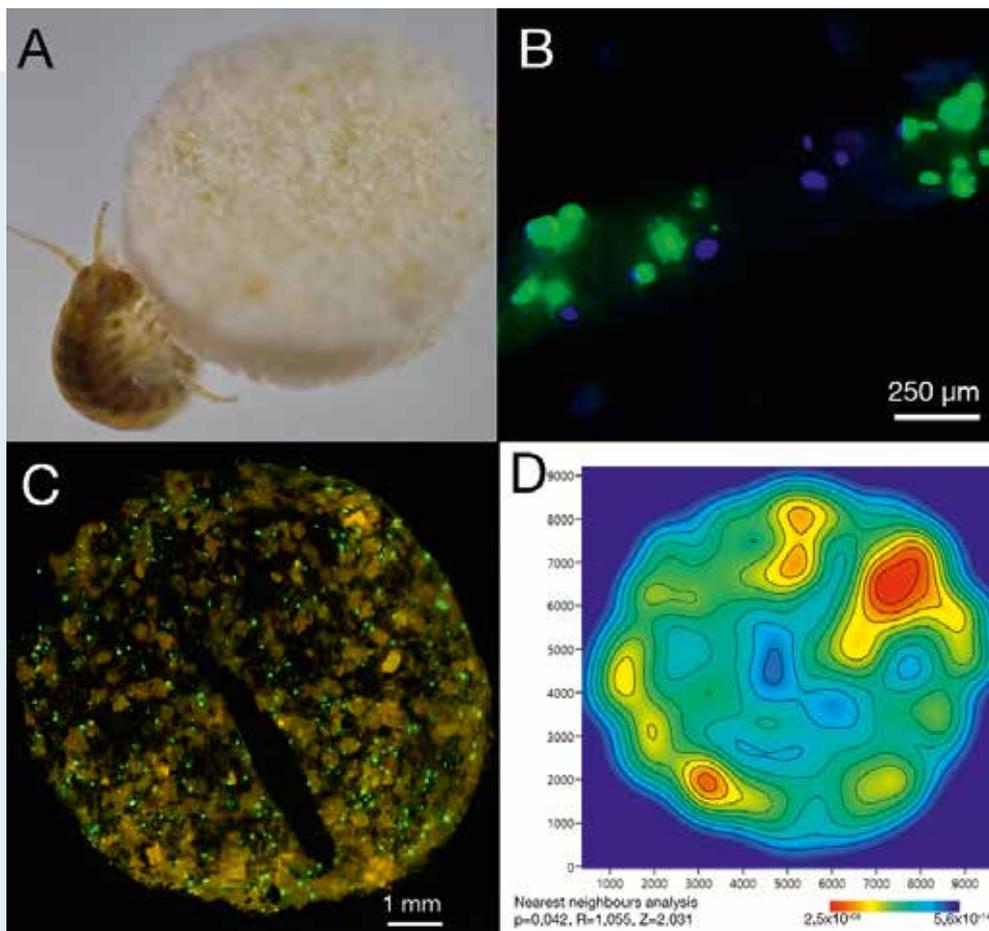


Abbildung 5: (A) Mikropartikel eingebettet in einen „Futtertab“ zur gezielten Verabreichung an Flussflohkrebse *Gammarus roeseli*. (B) Nachweis von fluoreszierenden Mikropartikeln (PS,  $< 40 \mu\text{m}$ ) im Darm von *G. roeseli*. (C & D) Verteilung der Mikropartikel im „Futtertab“

wesentlich von natürlich in der Umwelt vorkommenden Partikeln wie Sand unterschieden. In einigen Fällen wurden sogar Schadstoffe von den Partikeln gebunden, wodurch deren Auswirkungen auf gewässerlebende Organismen reduziert wurden. Im Projektverlauf konnten wichtige ökotoxikologische Endpunkte (zum Beispiel Verhaltensanalysen) etabliert werden, die inzwischen auch für weiterführende Untersuchungen zur Bewertung von Mikro- und Nanopartikeln Anwendung finden.

### Wissenstransfer

Neben der wissenschaftlichen Arbeit wurden die Erkenntnisse aus dem Projekt in vielfältiger Weise kommuniziert. Neben Vorträgen auf Fachtagungen, Konferenzen und wissenschaftlichen Veröffentlichungen wurden auch populärwissenschaftliche Artikel verfasst und Medienberichte unterstützt, um die gewonnenen Erkenntnisse einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Über die Projektwebsite (<https://www3.lis.tum.de/aquasys/forschungsprojekte/mipaq/>) stehen weitere Informationen zum Projekt sowie ein FAQ zum Thema Mikroplastik zur Verfügung.

### PROJEKTLEITUNG

Technische Universität München  
TUM School of Life Sciences  
Lehrstuhl für Aquatische Systembiologie  
Mühlenweg 22, 85354 Freising  
[www.fisch.wzw.tum.de](http://www.fisch.wzw.tum.de)

**Das Potenzial des Internets der Dinge:  
vom Rindertracking bis zur Messung der Luftqualität**

## **Intelligent vernetzte Lösungen für Stadt und Land – FutureIOT**

Daten aus der realen Welt erfassen, verknüpfen und verarbeiten – das leisten die FutureIOT-Technologien. Mit diesen können Prozesse koordiniert sowie Infrastrukturen überwacht und optimiert werden. Nützlich ist das für eine Vielzahl von Anwendungen, die zum Beispiel der Tiergesundheit, dem Parkplatzmanagement, der Luftqualitätsmessung sowie der Düngung und Bewässerung von Äckern dienen. Das Verbundprojekt mit 29 Unternehmen und Behörden sowie elf Partnern aus dem Wissenschaftsbereich in Bayern wurde Ende Oktober 2021 abgeschlossen. An der disziplinübergreifenden Plattform mit Nutzen für Mensch und Umwelt wird jedoch weitergeforscht.

„Das Internet of Things ermöglicht es, die Dinge der realen Welt mit der virtuellen Welt des Internets zu verknüpfen“, erläutert Prof. Dr. Albert Heuberger, Leiter des Konsortiums und geschäftsführender Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS. „Auf dieser Datengrundlage können Problemstellungen in Stadt und Land wie beispielsweise Nutzung von Parkraum oder Düngung von Äckern neu angegangen und besser gelöst werden.“ Das Spektrum der Fragestellungen, die im Forschungszeitraum im Fokus standen, reicht von ökologischen und wirtschaftlichen bis hin zu technischen und gesundheitspolitischen Themen.

Ziel des Forschungsverbundes war die Suche nach innovativen Lösungen für die Nutzung des Internet of Things (IoT) in Städten und auf dem Land. Technologien aus den Bereichen Kommunikation, Sensorik, Lokalisierung und Informationssicherheit sowie IoT-Plattformen wurden dafür intelligent vernetzt. Das ermöglicht Ergebnisse, die für die gesamte Gesellschaft wünschenswert sind: gute Luft zum Atmen, gesunde Tiere auf den Weiden und ertragreiche Ackerböden. Das Kompetenznetzwerk FutureIOT hat Lösungen für die Tiergesundheit, das Parkplatzmanagement, die Luftqualitätsmessung sowie die Düngung und Bewässerung von Äckern erarbeitet.

### **Erster Geschäftserfolg mit Bodensensor**

Bodensensoren prüfen Feuchte und Temperatur des Ackerbodens zur Optimierung der Düngung und des Pflanzenwachstums. Durch die Kombination der Sensoren mit einem vom Fraunhofer IISB und der Hochschule Coburg entwickelten mobilen Labor zur Stickstoffgehaltbestimmung ermöglichen die Daten eine orts aufgelöste und präzise Zufuhr von Düngemitteln und führen damit zur Reduzierung der Umweltbelastung. Der in Zusammenarbeit mit einem Start-up-Verbundpartner entwickelte Bodensensor ist mittlerweile im kommerziellen Einsatz.

### **Die drahtlose Übertragungstechnologie mioty befördert Daten**

Einen Beitrag zum Gelingen von FutureIOT leistet das IoT-Sendernetzwerk mioty des Fraunhofer IIS und der Universität Erlangen-Nürnberg. Mit der drahtlosen Übertragungstechnologie werden kontinuierlich Daten von hochreagiblen Sensoren über weite Distanzen zusammengeführt und umfassend ausgewertet. Auf diese Weise können Prozesse und Zustände überwacht, kontrolliert und gesteuert werden.



Bodensensorik: Die sensorgestützte Bodenanalyse liefert Daten zu Bodenfeuchte und -temperatur.

Foto: Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB

Durch die Anwendung unterschiedlicher Arten von Sensoren sind die Einsatzmöglichkeiten der vernetzten Technologien breit gefächert. Die Projektpartner entwickelten intelligente Lösungen sowohl für Städte als auch für die Landwirtschaft. Beschleunigungssensoren ermitteln das Verhalten von Rindern auf der Weide und ermöglichten – verknüpft mit zahlreichen Umgebungsparametern – Rückschlüsse auf die Tiergesundheit. Basierend auf Verhaltensbeobachtungen mithilfe von Kameras im Laufstall und auf der Weide wurden maschinelle Lernmodelle für die Verhaltensweisen Liegen, Grasens und Wiederkauens entwickelt. „Die Modelle erkennen die Verhaltensweisen sowohl im Stall als

auch auf der Weide mit einer sehr hohen Genauigkeit, sodass über ihre Anwendung die Dauer, die Häufigkeit sowie der Tagesrhythmus der einzelnen Tiere erfasst werden konnte. Eine Änderung dieser Parameter findet bei Milchkühen im Zusammenhang mit Erkrankungen, Belastungen oder auch der Brunst statt, sodass die automatisierte Erfassung mit einem Monitoringsystem die Früherkennung dieser Situationen erlaubt“, erläutert Projektleiter Stefan Thurner von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Im weiteren Verlauf des Projekts wurde dies dazu genutzt, die Änderungen im Verhalten während einer beginnenden Hitzebelastung zu erfassen.

### Gute Luft und optimierte Auslastung von Parkplätzen

Luftsensoren, am Straßenrand und auf Stadtbussen aufgebracht, erfassen präzise und kontinuierlich die Belastung mit Schadstoffen wie Stickoxiden, Ozon und Feinstaub. Das eigens im Projekt entwickelte Messsystem setzt dabei auf elektrochemische Sensoren zusammen mit hochgenauer Elektronik und intelligenten Auswertungsverfahren. „Damit kann eine Genauigkeit erreicht werden, die jener der von Umweltämtern betriebenen Messstationen sehr nahekommt – bei einem um zwei Größenordnungen geringeren Systempreis. Langfristig werden die Daten sicher zu einem verbesserten Verkehrs- und Umweltmanagement beitragen“, betont Prof. Dr. Thomas Wieland von der Hochschule Coburg. Zudem wurde eine leicht verfügbare und präzise Überwachung des Innenraumklimas, vor allem von Lufttemperatur, Feuchte und CO<sub>2</sub>-Gehalt, bei mehreren Verbundfirmen vor Ort realisiert, beispielweise um den Komfort und das Energiemanagement in einem Hallenbad zu optimieren.



Umweltsensorik: Sensoren auf Bussen und an Bushaltestellen der Bamberger Stadtwerke Verkehrs- und Park GmbH ermitteln kontinuierlich die Schadstoffbelastung der Luft.

Foto: Hochschule Coburg



Mobilitätssensorik: Über spezielle, in FutureIOT entwickelte Sensoren kann Parkplatzsuchenden die Information über freie Abstellbereiche angezeigt werden. Foto: Universität Bamberg

Auch die Belegung von innerstädtischen Parkplätzen wurde über spezielle Sensoren gemessen. Auf diese Weise könnte Parkplatzsuchenden die Information über freie Abstellbereiche angezeigt werden. Explizit konnte durch die Testumgebung im Rahmen des FutureIOT-Projekts der Einfluss der Funkzuverlässigkeit auf die Detektionsgenauigkeit im Detail analysiert werden. Durch die Auswertung der internen Sequenznummern der übertragenen Datenpakete konnte festgestellt werden, dass es insbesondere bei belegten Stellplätzen häufig zu Datenverlust kommt. „Die Zuverlässigkeit der Detektion ist aus diesem Grund auch häufig lokal unterschiedlich. Mithilfe dieser Erkenntnis konnte die Funktechnologie als Schlüsseltechnologie identifiziert und weiterentwickelt werden, um den Datenverlust deutlich zu reduzieren und die Detektionszuverlässigkeit bei Generation 2 der Parksensoren zu erhöhen“, hebt Prof. Dr. Daniela Nicklas von der Universität Bamberg hervor.

### Ein starkes Netzwerk für die Zukunft

Die Arbeit an der Plattform gab der Forschung einen kräftigen An Schub: In der Folge entstanden gut 90 studentische Projekte und Abschlussarbeiten, rund 40 Masterarbeiten sowie knapp 50 wissenschaftliche Publikationen in Journalen sowie als Konferenzbeiträge. Weitere Förderprojekte laufen, um neue wissenschaftliche Fragestellungen zu beantworten. Das erfolgreiche Kompetenznetzwerk will auch künftig als Alumni-Gruppe zusammenarbeiten, um die Plattform weiterzuentwickeln. Weitere wissenschaftliche Fragestellungen sind schon in der Warteschleife, Industriepartner und Verbundpartner stehen in den Startlöchern.

Rindertracking: Beschleunigungssensoren, die an einem Halsband angebracht wurden, geben Aufschluss über Bewegungsmuster der Tiere sowie über ihr individuelles Verhalten.

Foto: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft



### Plattformtechnologie für unterschiedlichste Anwendungen

Auf den neu entwickelten Plattformen können Daten von tausenden Sensoren erfasst und verknüpft, Prozesse und Zustände überwacht, kontrolliert und gesteuert werden. Da die Plattformtechnologie unabhängig von der Art der Sensoren eingesetzt werden kann, sind die Anwendungsmöglichkeiten breit gefächert. Die in FutureIoT eingereichte und verwendete Infrastruktur der IoT-Plattform ThingsBoard wird auch nach Projektende von der Universität Bamberg gemeinsam mit der Hochschule Coburg weiterbetrieben, im Rahmen der oberfränkischen Hochschulkooperation TAO. Bereits jetzt werden darauf aufbauend neue sensorbasierte Anwendungen entwickelt und evaluiert. Viele weitere werden sicher noch folgen.

Die dafür nötigen Umsetzungs- und Finanzierungsmöglichkeiten werden derzeit ausgelotet. Denn fest steht: Vernetzten Lösungen, die einen direkten Nutzen für Menschen und Umwelt hervorbringen, gehört die Zukunft.

#### KOORDINATION

Fraunhofer-Institut für  
Integrierte Schaltungen IIS  
Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen  
[www.futureiot.de](http://www.futureiot.de)

Mit additiver Fertigung zu besseren Stents

# Neue Generation von Gefäßstützen zur Wiederherstellung der Durchblutung von Herzkranzgefäßen – NewGen-Stent

Auf dem Markt verfügbare metallische Gefäßstützen (Stents) werden üblicherweise mittels Laserbeschnitt eines umformtechnisch hergestellten Röhrchens gefertigt. Verfahrensbedingt weisen diese über die gesamte Länge den gleichen Durchmesser und die gleiche Wandstärke auf. Dadurch werden die Einstellmöglichkeiten des mechanischen Verhaltens während der Implantation maßgeblich limitiert. Infolgedessen kann es zu Verletzungen der Blutgefäße kommen. Daher wurde im Forschungsprojekt ein dreidimensional additiv herstellbares, mechanisch optimiertes Stent-Design entwickelt. Möglich war dies durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit eines Teams aus Medizin, Biologie, Werkstoffwissenschaften, Fertigungs- und Medizintechnik sowie Simulation.

Zu den häufigsten Todesursachen in Deutschland zählen Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems. Zur Behandlung von verengten Herzkranzgefäßen (koronaren Gefäßen) werden Gefäßstützen (Stents) mittels eines Katheters an die Stelle der Verengung gebracht und dort aufgeweitet. Die Stents verbleiben im Gefäß und halten dieses offen.

Verfügbar sind Stents aus Polymeren und Metallen, wobei metallische Stents höheren Kräften standhalten. Die Kontur eines metallischen Stents wird üblicherweise mithilfe eines Lasers aus einem Röhrchen geschnitten. Durch den Laserbeschnitt wird eine gitterförmige Struktur erzeugt, die zuerst auf den Ballon des Katheters gepresst (gecrimpt) und dann über den Ballon am Ort der Gefäßverengung aufgeweitet (expandiert) wird.

Über das Fertigungsverfahren des Laserschneidens ist die Stent-Geometrie jedoch maßgeblich durch die Geometrie des Röhrchens limitiert. So besitzen entsprechend hergestellte Stents einen über die gesamte Länge gleichbleibenden Durchmesser und die gleiche Wandstärke. Dies führt bei der Implantation in vielen Fällen zu einem ungleichmäßigen Expansionsverhalten durch den Ballon, wodurch die Blutgefäße verletzt wer-

den können. Daher ist es notwendig, ein expansionsoptimiertes und somit verletzungsreduziertes Stent-Design zu entwickeln und dadurch die Möglichkeit zu schaffen, das Verletzungsrisiko der Blutgefäße während der Implantation zu senken. Um dem Ziel eines solchen Stents der neuen Generation näherzukommen, hat in dem Kooperationsprojekt NewGen-Stent ein interdisziplinäres Team aus Medizin, Biologie, Werkstoffwissenschaften, Fertigungs- und Medizintechnik sowie Simulation zusammengearbeitet.

## Eine Frage des Designs?

Bei der Herstellung von dreidimensionalen (3D) Strukturen durch das Laserpulverbettverfahren (L-PBF-Prozess) wird Metallpulver in einen Bauraum eingebracht. Anschließend wird das Metallpulver mit einem Laserstrahl örtlich erhitzt und schmilzt. Durch das gezielte Verfahren des Laserstrahls und das schichtweise Auftragen von neuem Pulver können so 3D-Strukturen erzeugt werden.

Bei 3D-Fertigungsverfahren wird mit Computerprogrammen ein dreidimensionales Modell kreiert (CAD-Modell). Werden die Dimensionen stets kleiner und kleiner, so werden die Strukturen als filigran bezeich-

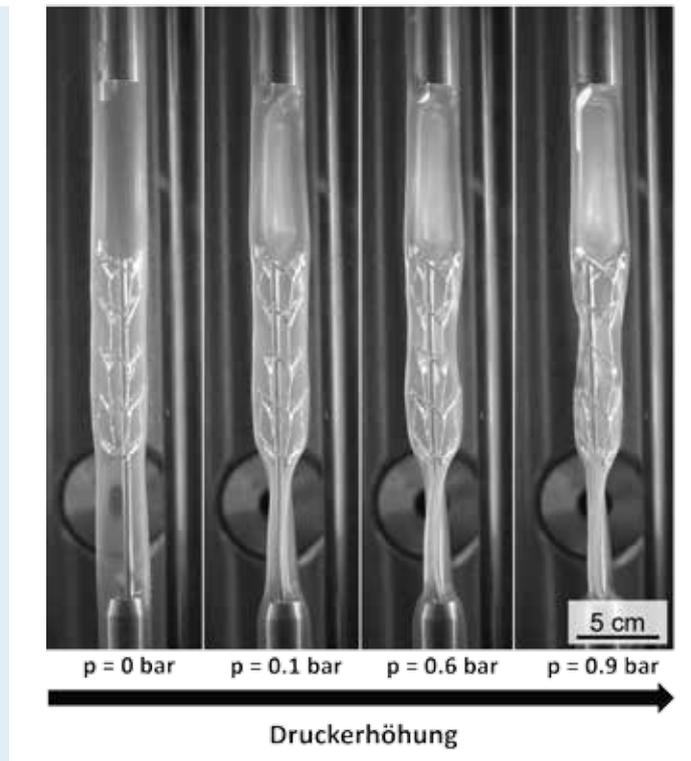


Abbildung 1:  
In einem Silikonschlauch  
expandierter Stent-Demonstrator in Abhängigkeit des von  
außen aufgetragenen Drucks  
im Festigkeitstest

net. Besonders filigrane Gitterstrukturen wie Stents, die mithilfe des L-PBF-Verfahrens hergestellt wurden, zeigen prozessbedingte Abweichungen der Geometrie zum Soll-Zustand (CAD-Geometrie). Ein Eins-zu-eins-Nachbau von konventionellen Stent-Geometrien durch additive Fertigung ist außerdem nicht möglich, da hierfür Stützstrukturen (Supportstrukturen) nötig sind, die ohne Beschädigung der filigranen Stents nur schwer zu entfernen sind. Zudem weisen die durch den L-PBF-Prozess hergestellten Stents eine nicht ausreichende Oberflächenqualität auf. Und schließlich sind die mechanischen Eigenschaften bei diesen filigranen Strukturen einer hohen Varianz unterworfen und deshalb nicht ausreichend. Aus diesen Gründen müssen die gedruckten Strukturen speziell nachbehandelt werden.

#### Nachbehandlung der additiv gefertigten Stents

Die additiv gefertigten Stents werden in drei Schritten nachbehandelt. Zu Beginn werden die Stents chemisch gebeizt, was zum Ablösen angehafteter Pulverpartikel führt. Im Anschluss erfolgt eine Wärmebehandlung, um gleichbleibende mechanische Eigenschaften zu gewährleisten, insbesondere hohe Verformbarkeit und Festigkeit. Abschließend wird eine elektrochemische Politur durchgeführt, die zu einer hohen Oberflächenqualität führt.

#### Aller Anfang ist schwer

Im Verlauf des Projekts wurden verschiedene Stent-Designs entwickelt und getestet. Nicht alle dieser Stents konnten jedoch expandiert werden. So wies der Stent-Demonstrator eines frühen Designs mit nicht optimierter Nachbehandlung eine zu hohe Festigkeit für die Ballonexpansion auf. Sukzessiv wurden die Stent-Designs durch Simulation und Versuch optimiert und die Nachbehandlungsschritte auf den additiv verarbeiteten Werkstoff hin entwickelt.

Die nach der Implantation vorliegende radiale Stützkraft eines Stents ist grundlegend für dessen klinischen Erfolg. Reicht diese nicht aus, so kann der Stent das behandelte Gefäß nicht offenhalten und es kommt zu einem erneuten Gefäßverschluss. Die entwickelten Stent-Demonstratoren wurden deshalb in einer speziell dafür konstruierten Druckkammer auf ihre Festigkeit im implantierten Zustand getestet (Abbildung 1).

#### Auf der Zielgeraden

Die ermittelten mechanischen Kennwerte des additiv hergestellten Stent-Demonstrators und der konventionell hergestellten Stents wurden einander gegenübergestellt. Der Stent-Demonstrator zeigt hierbei die notwendige Verformbarkeit und Festigkeit und ist somit vergleichbar mit konventionellen Stents.

Auch andere Untersuchungen zeigen ähnliche Ergebnisse, verglichen mit einem konventionell hergestellten Stent. Zum einen wurde die radiale Stützkraft der Stents ermittelt, unter Druckbeaufschlagung der Außenfläche eines Gefäßersatzes mit implantiertem Stent. Zum anderen wurde auch die Stützkraft von Stents zwischen zwei Platten bestimmt. Zwischen den Stents zeigen sich annähernd identische Verläufe, was die gute Wiederholbarkeit der Fertigungs- und Nachbehandlungsprozesse belegt.

Ein weiterer Test war die Eignung der vollständig nachbehandelten und auf einen Ballonkatheter gecrimpten additiv gefertigten Stents bei einer simulierten Implantation. Der dafür konzipierte Versuchsstand besteht aus den für die Implantation wichtigsten Komponenten: Der Femoralarterie (die den Zugang zum Patienten

schaftt), der Aorta sowie dem Ostium der rechten Koronararterie (Abbildung 2). Der Versuchsstand beinhaltet physiologische Rundungen und Windungen und soll damit die Realität bestmöglich abbilden. Nach der Implantation wurde der Stent weder geknickt noch löste er sich vom Ballonkatheter. Das belegt, dass eine Implantation grundsätzlich realisierbar ist.

In einem der letzten Arbeitspakete wurde die Interaktion der optimierten Stents mit biologischem Gewebe untersucht. Hierzu wurden mehrere Stents auf Ballonkatheter gecrimpt, in Schweinearterien (ex vivo) implantiert und die möglichen Verletzungen des Gewebes infolge der Stent-Expansion im Gefäß untersucht (Abbildung 3). Es zeigte sich, dass das Verletzungsrisiko insgesamt niedriger ist als bei konventionellen marktüblichen Stents. Darüber hinaus wurde über die ge-

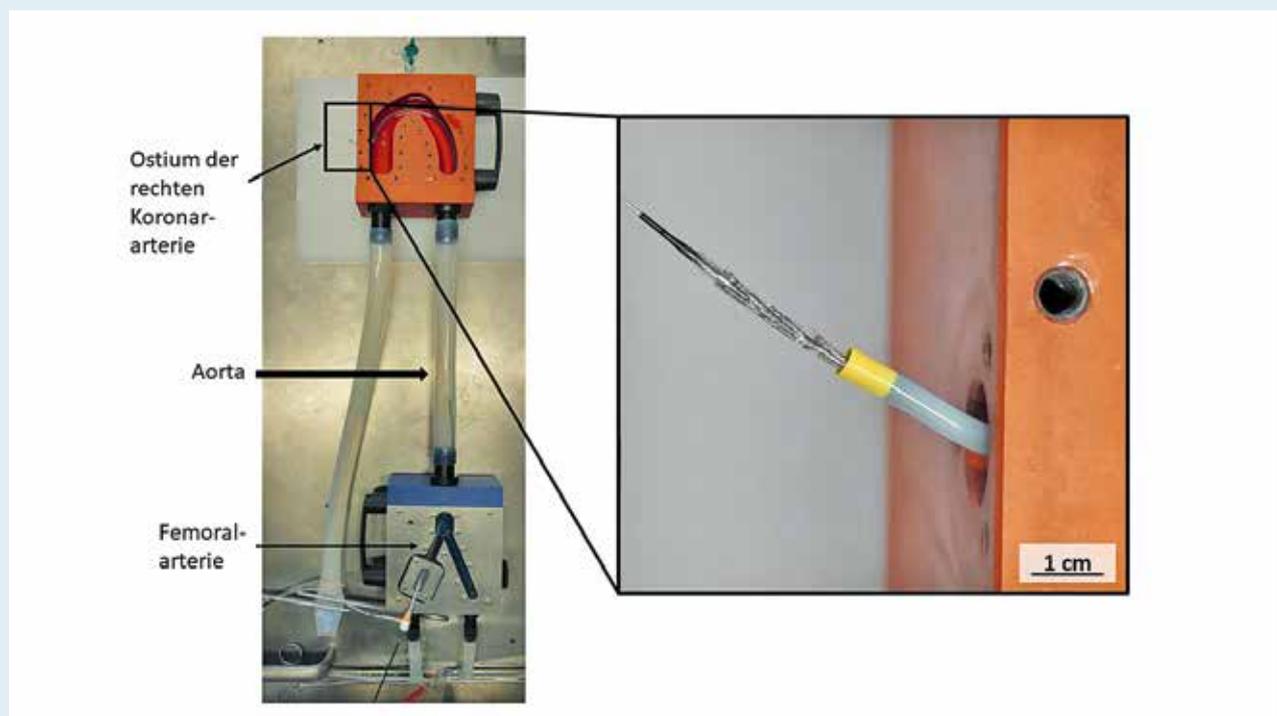


Abbildung 2: Versuchsstand zur simulierten Implantation. Die linke Abbildung zeigt den gesamten Versuchsstand mit den für die Implantation wichtigsten Komponenten (Femoralarterie, Aorta und Ostium der rechten Koronararterie). Bei der Implantation des Stents wurde dieser weder beschädigt noch löste er sich vom Ballonkatheter (rechts).

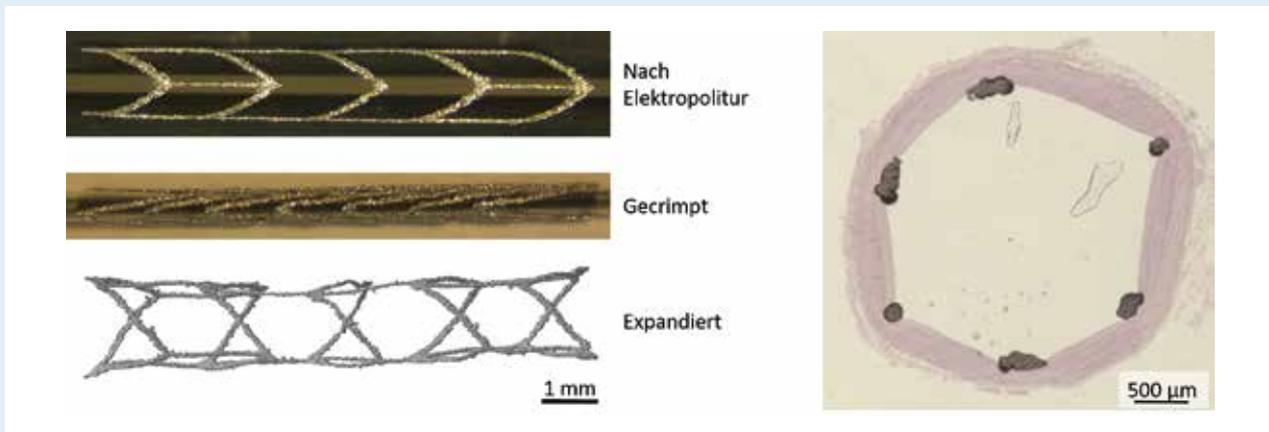


Abbildung 3: Stent in den Phasen der Implantation (links). Nach der Elektropolitur (LM) wird der Stent auf den Ballonkatheter gecrimpt (LM) und anschließend im Blutgefäß expandiert (µCT). LM: lichtmikroskopische Aufnahme, µCT: computertomographische Aufnahme im Gefäß. Gefäßverletzungsanalyse (rechts): Der Stent wurde in eine Schweine-Koronararterie implantiert, die folgend präpariert und ausgewertet wurde.

samte Projektlaufzeit die Biokompatibilität überprüft, welche die Verträglichkeit zwischen einem technischen und einem biologischen System beschreibt. Diese Untersuchungen bezogen sich nicht nur auf das Endprodukt, sondern auch auf die jeweils dazwischenliegenden Schritte der Fertigung und Nachbehandlung. In allen Schritten konnte die geforderte Biokompatibilität, das heißt die Verträglichkeit des additiv hergestellten Stents im Menschen, nachgewiesen werden.

### Eine neue Stent-Generation

Durch die im Projekt erarbeiteten Ergebnisse konnte die Machbarkeit der additiven Fertigung für metallische Stents nachgewiesen werden. Die hergestellten Stent-Demonstratoren erfüllten die Anforderungen an entsprechende Medizinprodukte, was durch Tests in Anlehnung an übliche Vorgaben nachgewiesen wurde. Im Projekt wurden die additive Fertigung und die Werkstoffeigenschaften auf kleine Strukturen angepasst und optimiert. Ausgehend vom Design konventionell hergestellter Stents wurden additiv fertigmögliche und den Anforderungen gerechte Stent-Geometrien ausgearbeitet. Das Projekt NewGen-Stent entwickelte spezielle Nachbehandlungsverfahren für die additiv hergestellten

Stent-Demonstratoren und untersuchte sie auf ihr Implantationsverhalten. Abschließend wurden die bei der Implantation möglicherweise auftretenden Verletzungen anhand von Implantationsversuchen in Schweine-Koronargefäße bewertet und die Biokompatibilität der additiv hergestellten Stent-Demonstratoren nachgewiesen. Somit konnte das Projektteam den prinzipiellen Nachweis der Machbarkeit erbringen: Die additive Fertigung ist für Stents einer neuen Generation mit verbesserten Eigenschaften geeignet.

### PROJEKTLEITUNG

Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg  
Fakultät Maschinenbau  
Galgenbergstraße 30, 93053 Regensburg  
[www.oth-regensburg.de/fakultaeten/maschinenbau.html](http://www.oth-regensburg.de/fakultaeten/maschinenbau.html)

## Neuartiges Messverfahren für spiegelnde Oberflächen

# On-the-Fly-Deflektometrie zur schnellen 3D-Inline-Inspektion in der Bewegung – FlyFlect3D

Spiegelnde Oberflächen zu vermessen und auf Fehler zu prüfen, ist kompliziert. Bewegen sich die Produkte auf dem Fließband, ist eine Messung bisher gar nicht möglich. Das Forschungsteam des Projekts FlyFlect3D hat ein neuartiges Messverfahren entwickelt. Es ermöglicht in Zukunft die präzise dreidimensionale Vermessung von spiegelnden Oberflächen, während sie auf dem Fließband weiterfahren – ein enormer Fortschritt für Wissenschaft und Industrie.

Zeit ist Geld – dies gilt vor allem bei der Produktion von Massengütern. Daher ist es für die Hersteller wichtig, ihre Abläufe so effizient wie möglich zu gestalten und zeitraubende Prozesse zu beschleunigen. Ein solcher zeitintensiver Prozess ist unter anderem die Qualitätskontrolle von spiegelnden Oberflächen. Unternehmen greifen bisher auf das Verfahren der phasenmessenden Deflektometrie zurück, um Produkte wie Brillengläser, lackierte Autokarosserien oder Smartphone-Displays optisch zu vermessen und auf Herstellungsfehler wie Kratzer, Einschlüsse im Lack oder Rauigkeiten zu kontrollieren. Diese Methode hat allerdings den Nachteil, dass das Fließband für die Messung eines jeden Objekts kurz anhalten muss. Dieser aufwendige Stop-and-Go-Prozess kostet die Unternehmen viel Zeit.

Das Projekt FlyFlect3D hatte es sich daher zum Ziel gesetzt, eine Technologie zu entwickeln, die es erlaubt, spiegelnde Oberflächen in der Bewegung zu vermessen. Neben der Anwendung in der seriellen Stückfertigung kann das neue Verfahren auch bei der Inspektion von Endlosmaterial wie Folien oder Blechrollen zum Einsatz kommen. Zudem ist die neue Methode geeignet, sehr große Produkte wie Windschutzscheiben, Teleskopspiegel oder lackierte Schiffs- und Flugzeugkörper zu vermessen. Damit erschließen sich der Industrie völlig neue Anwendungsbereiche, für welche die Deflektometrie bisher nicht wirtschaftlich war.

### Bisheriges Verfahren sehr zeitaufwendig

Das Komplizierte an glänzenden Objekten ist, dass sie im Gegensatz zu matten Oberflächen selbst nicht sichtbar sind, da sie die Umgebung (meist verzerrt) widerspiegeln. Der Mensch ist zwar intuitiv in der Lage, spiegelnde Oberflächen als solche zu erkennen: Er weiß aufgrund des Kontextes, dass er ein verzerrtes Bild der Umgebung sieht, und kann so rückschließen, welche Form das Objekt haben muss, um die beobachtete Verzerrung zu verursachen. Technisch betrachtet ist die Vermessung von spiegelnden Oberflächen jedoch eine große Herausforderung. Das Verfahren der phasenmessenden Deflektometrie löst dieses Problem, indem auf einer großflächigen Lichtquelle (zum Beispiel einem Bildschirm) ein Streifenmuster dargestellt wird, das vom spiegelnden Objekt reflektiert wird. Eine Kamera nimmt das gespiegelte und verzerrte Muster auf. Aus der Verformung des Spiegelbilds kann dann die Neigung gemessen und daraus die Krümmung der Oberfläche berechnet werden. Das Problem hierbei ist allerdings, dass sich das Objekt nicht bewegen darf, da mehrere Bildaufnahmen nötig sind, um es exakt zu vermessen.

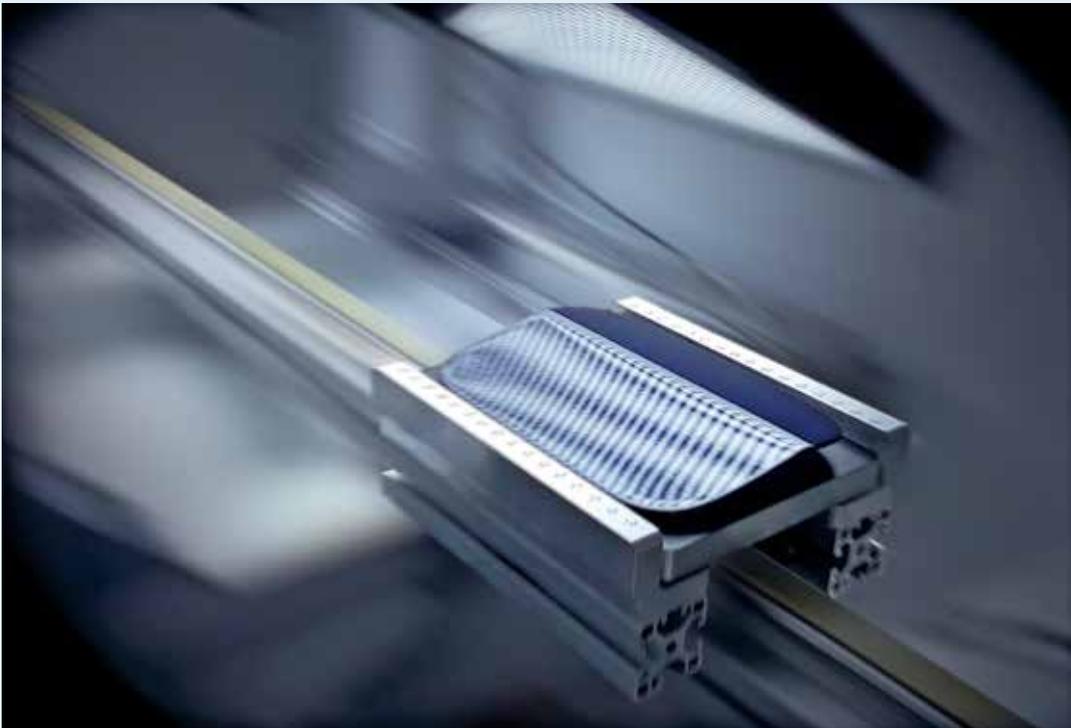


Abbildung 1: Deflektometrische Messung einer lackierten Tankklappe in Bewegung

### Innovative Deflektometrie-Technologie

Hier setzte das Projekt FlyFlect3D an, bei dem die Hochschule Landshut, das Forschungsinstitut FORWISS der Universität Passau und das Unternehmen Micro-Epsilon Messtechnik als Konsortialführer zusammenarbeiteten. Gemeinsam entwickelten sie ein innovatives scannendes Deflektometrie-Verfahren auf Basis neu erarbeiteter Mess- und Auswertungsmethoden. Es ermöglicht eine hochpräzise dreidimensionale Vermessung von bewegten oder nicht fixierbaren Objekten, ohne dass der Fertigungsfluss unterbrochen wird. Für die Industrie ist das ein enormer Fortschritt. Zudem setzten die Forschenden das Verfahren erfolgreich an einem Demonstrator um. So konnten sie zeigen, dass die Technologie nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Praxis funktioniert. Die Projektpartner ergänzten ihre wissenschaftliche Expertise dabei komplementär und teilten sich die Zuständigkeiten entsprechend auf. So war die Hochschule Landshut mit ihrem Labor für Sensorik, Bildverarbeitung und optische Messtechnik für die Verfahrenskonzeption und den Laboraufbau zuständig. Das Institut FORWISS (Institut für Softwaresysteme in technischen Anwendungen der Informatik) der Universität Passau kümmerte sich um die al-

gorithmische Umsetzung der Methoden und entwickelte daraus eine Software für den Demonstrator. Das Unternehmen Micro-Epsilon baute schließlich den Demonstrator auf und führte die Tests und die Evaluation durch.

### Lösungsansatz über Wavelet-Transformation

Das bestehende Verfahren erfordert durch Ausnutzung der aus der Interferometrie bekannten sogenannten „Phasenschiebe-Technik“ mindestens sechs, meist sogar acht oder mehr Aufnahmen des zu prüfenden Objekts. Für die neu zu entwickelnde Lösung musste dagegen eine einzige Bildaufnahme pro Prüfungsposition für die geometrische Rekonstruktion ausreichen. Mit solchen als „Single-Shot-Verfahren“ bekannten Ansätzen konnten bislang nur äußerst einfache Objekte wie Ebenen oder Sphären vermessen werden – für kompliziertere Oberflächenstrukturen mit stark variierenden Krümmungsradien waren sie nicht geeignet. Hier setzte nun die neue Idee an, zur Auswertung Methoden aus der Zeit-Frequenz-Analyse zu verwenden: Durch die Entwicklung einer neuartigen, auf Wavelet-Transformation basierenden Auswertungsmethode können nun auch kompliziert geformte Objekte vermessen werden.



Abbildung 2: Laboraufbau der Hochschule Landshut für die Evaluierung der entwickelten Verfahren

#### Weitere Optimierung durch Datenfusion aus verschiedenen Quellen

Auch mit dem neuen Verfahren verblieb bei einigen Objekten noch das Problem, dass nicht alle Bereiche der Oberfläche in einer einzigen Aufnahme erfasst werden konnten. Dieses Problem wurde gelöst, indem sowohl Daten aus verschiedenen Kameraansichten als auch von verschiedenen Objektpositionen – und in Extremfällen sogar aus verschiedenen Messstationen – miteinander kombiniert wurden. Dieser Ansatz erlaubt es, je nach Messobjekt den Aufbau und das Messsystem flexibel auf die jeweilige Aufgabenstellung anzupassen.

#### Fortschritt für Wirtschaft und Wissenschaft

Von der neuen Technologie könnte am Ende der gesamte Wirtschaftsstandort Bayern profitieren. So beschleunigt das innovative Messverfahren einerseits die Abläufe in der seriellen Fertigung und ermöglicht andererseits Produzenten völlig neue Anwendungsbereiche. Auch für die Projektpartner stellte das Projekt einen großen Erfolg dar. So konnten sie aus dem Projekt heraus gemeinsam ein Patent anmelden. Zudem entstand im Rahmen von Fly-

Flect3D eine kooperative Promotion zwischen der Hochschule Landshut und der Universität Passau sowie eine Masterarbeit, die mit dem Kulturpreis Bayern in der Kategorie Wissenschaft ausgezeichnet wurde.

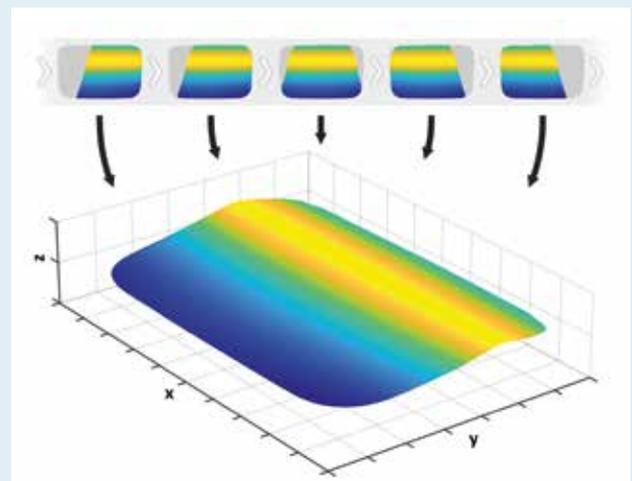


Abbildung 3: Das Messergebnis wird während der Bewegung des Objekts aus mehreren überlagerten Ansichten zusammengesetzt.

### Passgenaue Zusammenarbeit

Die erfolgreiche Lösung der gesetzten Problemstellung von der ersten Idee bis zu einem lauffähigen Demonstrator zeigt die Vorteile, die sich ergeben, wenn Spezialistinnen und Spezialisten auf verschiedenen Gebieten passgenau zusammenarbeiten: Von der Verfahrenskonzeption der optischen Messtechnik an der Hochschule Landshut über die anspruchsvolle laufzeitoptimierte Umsetzung der Algorithmen an der Universität Passau bis hin zur Integration in einem Demonstrationsaufbau durch Micro-Epsilon Messtechnik konnte jeder Partner seine Erfahrung und Fachkenntnis optimal in die Lösung jeder Teilaufgabe einbringen. So hat dieses Forschungs-

projekt nicht nur sehr positive Ergebnisse hervorgebracht, sondern nach Aussage der Beteiligten auch viel Freude bereitet.



Abbildung 4: Ein Deflektometrie-System prüft die lackierte Oberfläche von Karosserien auf kleinste Oberflächendefekte in der Automobilproduktion.

#### PROJEKTLEITUNG

Micro-Epsilon Messtechnik GmbH & Co. KG  
Königbacher Str. 15  
94496 Ortenburg  
[www.micro-epsilon.de](http://www.micro-epsilon.de)

# Sichere heimische (Bio-)Lebensmittel durch sensorische Detektionsverfahren – SHIELD

## KOORDINATION

Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV  
Giggenhauser Straße 35  
85354 Freising

## PROJEKTPARTNER

Fraunhofer-Gesellschaft  
– Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, Freising  
– Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und Festkörper-Technologie EMFT, München

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Analytische Lebensmittelchemie, Freising

Technische Hochschule Nürnberg  
Management in der Biobranche  
Neumarkt i. d. Oberpfalz

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
– Lehrstuhl für Analytics & Mixed-Integer Optimization  
– Lehrstuhl für Maschinelles Lernen und Datenanalytik  
– Lehrstuhl für Lebensmittelchemie  
– Lehrstuhl für Aroma- und Geruchsforschung



Abbildung 1: Eine schadhafte Frucht allein kann dazu führen, dass die gesamte Charge einer Lieferung im Abfall landet. Mit zuverlässiger und einfach handhabbarer Sensortechnologie kann die Ware bereits bei der Annahme analysiert werden.

**Jedes Jahr landen Millionen an Tonnen Lebensmittel im Müll. Das Gros entsteht in der Primärproduktion, in der Verarbeitung sowie im Handel. Oft ist beschädigte Ware der Grund. Ziel des Forschungsverbundes ist es, diese schadhafte Produkte anhand schneller und effizienter Detektionsmethoden sicher zu identifizieren, um die Sicherheit von Lebensmitteln entlang der Wertschöpfungskette zu gewährleisten.**

Über die gesamte Wertschöpfungskette betrachtet, ergeben sich Lebensmittelverluste in Höhe von 53 Prozent für die konventionelle und 56 Prozent für die ökologische Landwirtschaft. Diese zu reduzieren und dabei gleichzeitig die Produktsicherheit beizubehalten, ist ein wichtiges gesellschaftliches Ziel. Die Anforderungen an Lebensmittelqualität und ihre Definition sind multifaktoriell und richten sich nicht nur am Konsumenten und der Verbrauchererwartung aus, sondern auch an der Nutzungsform und den Verwertungsstrategien. Die Grundidee dieses Vorhabens ist, die Qualität und Sicherheit der Rohstoffe bei der Annahme zu analysieren, Nachweismethoden für die Authentizität von Rohstoffen und produzierten Lebensmitteln zu etablieren, Qualitätsprognosen zu erstellen sowie Logistikketten zu optimieren, um damit den tatsächlichen Bedarf der Lebensmittelindustrie und der Verbraucher zu adressieren.

Die Projektarbeiten fokussieren sich auf drei Bereiche:

- 1) Bedarfsanalyse
- 2) Qualitätssicherung von Lebensmitteln
- 3) Lagerhaltung und Logistik

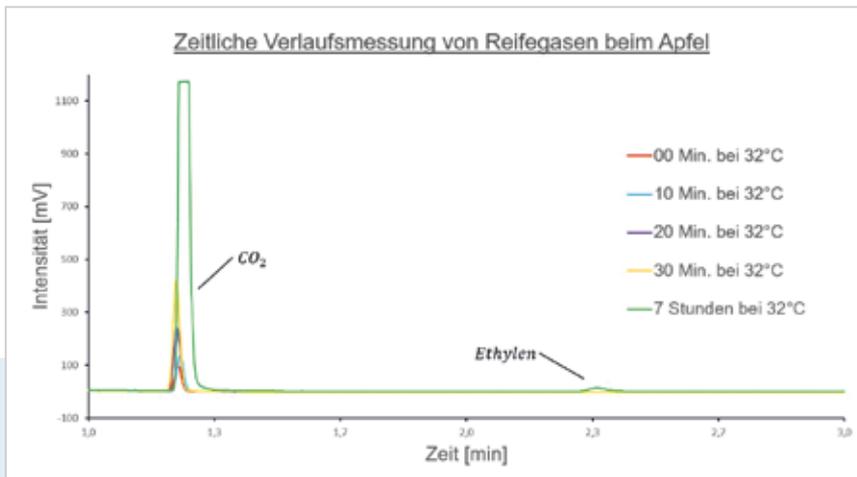


Abbildung 2: Zunahme der Reifegase  $\text{CO}_2$  und Ethylen bei Äpfeln über einen Zeitraum von sieben Tagen, gemessen mittels Gaschromatographie mit Pulse Discharge Detector (GC-PDD).

Das übergeordnete Ziel ist es, durch genaue Bestimmung der Qualität die (Bio-)Lebensmittelrohstoffe für die Verarbeitung beziehungsweise die Abgabe in den Handel ohne überhöhte Lebensmittelverluste zu realisieren. Betrachtet werden unter anderem Sensortechnologien, optische Methoden und intelligente Algorithmen, die auch in kleinen Betrieben durch Handgeräte und smarte Software eingesetzt werden können. Die Grundlage für diese praktikablen Endgeräte sind zum einen authentische Proben der Industriepartner. Zum anderen werden die relevanten Ziel- und Kenngrößen identifiziert und definiert – mithilfe von Hochleistungsanalytik beziehungsweise durch Verwendung der Daten, um entsprechende Algorithmen zu entwickeln.

Zudem wird der tatsächliche Bedarf an Lösungen für sichere heimische Bio-Lebensmittel erhoben und zwar an einer möglichst repräsentativen Anzahl der rund 4.500 bayerischen Bio-Unternehmen. Dies ist essenziell, um anschließend das im Projekt erzielte Wissen in diese Unternehmen zu transferieren.

Das Verbundforschungsprojekt SHIELD erfreut sich einer regen Industriebeteiligung. Die teilnehmenden Unternehmen sind reine Bio-Betriebe (zum Beispiel Kartoffelkombinat, HiPP, Kloster Plankstetten) sowie gemischte Betriebe, die sowohl Bio-Produkte als auch konventionelle Produkte herstellen und vertreiben (zum Beispiel Burgis, Franken-Gemüse, Lebkuchen Schmidt, Molkerei Berchtesgadener Land). Darüber hinaus sind Unternehmen dabei, die aufgrund ihrer Branche kein Bio-Betrieb sein können (zum Beispiel Singer & Sohn, 3S, Mountain Photonics). Die Industriepartner werden aktiv in das Projekt eingebunden, indem sie ihre Expertise und geeignete Problemdatensätze zur Verfügung stellen und die von den wissenschaftlichen Partnern erzielten Ergebnisse validieren.

#### PROJEKTPARTNER

Milchwerke Berchtesgadener Land  
Chiemgau eG

HiPP-Werk Georg Hipp OHG

Burgis GmbH

Mountain Photonics GmbH

Singer & Sohn GmbH Förderanlagen-  
und Maschinenbau

Lebkuchen-Schmidt GmbH & Co. KG

3S GmbH – Sensors, Signal Processing,  
Systems

Franken-Gemüse Knoblauchsland eG

Kartoffelkombinat eG

Kloster Plankstetten

## Automatisierte Isolierung von körpereigenen Stammzellen für die regenerative Therapie – CellRotor



Ein Funktionsmodell, das im Rahmen des Projekts entstanden ist. Die Zellen werden im Inneren des Gefäßes prozessiert und wandern dann nach außen in eines der Auffanggefäße.

**Die regenerative Zelltherapie gewinnt in der Medizin zunehmend an Bedeutung. Im Projekt CellRotor soll die Isolierung relevanter Zellpopulationen aus dem Fettgewebe automatisiert und standardisiert werden. Dies soll die klinische Sicherheit angewandter Therapien sowie die Vergleichbarkeit zukünftiger Forschungsergebnisse erhöhen.**

Die Regeneration von erkranktem Gewebe mit körpereigenen Stammzellen hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Die dabei am meisten Erfolg versprechenden Stammzellen können in klinisch relevanter Zahl von Kapillargefäßen aus Fettgewebe isoliert werden. Dabei werden die Zellen nach einer herkömmlichen Fettabsaugung durch den Einsatz von Enzymen aus dem Gewebeverbund herausgelöst, aufgereinigt und für die spätere Anwendung aufkonzentriert. Für die Isolation dieser Zellen wurden in den letzten Jahren unterschiedliche Verfahren entwickelt, die jedoch einige händisch durchzuführende Prozessschritte beinhalten. Dies kann im klinischen Umfeld die Sicherheit und Standardisierbarkeit der entsprechenden Therapien erheblich beeinträchtigen.

Die Partner im interdisziplinären Projekt CellRotor aus den Bereichen biomedizinische Grundlagenforschung, Maschinenbau und Prototypenbau haben sich zum Ziel gesetzt, für diese Anwendung ein einfaches, auf Zentri-

fugation basierendes Verfahren zu entwickeln, das automatisiert in einem geschlossenen, sterilen Gefäß durchgeführt werden kann. Herausfordernd ist zum einen, die geeignete Geometrie zu finden, die es ermöglicht, Zellen schonend und effizient aus dem Gewebeverbund zu lösen. Zum anderen ist die Integration eines Mechanismus erforderlich, der herausgelöste Zellen von der enzymhaltigen Prozessflüssigkeit trennt, um die Sicherheit des Zellprodukts zu gewährleisten.

Mit den im Projekt gewonnenen Erkenntnissen sollen der Medizintechnik- und Forschungsstandort Bayern gestärkt und durch neue Produkte Arbeitsplätze in der Kunststoff verarbeitenden Industrie in Bayern geschaffen werden.

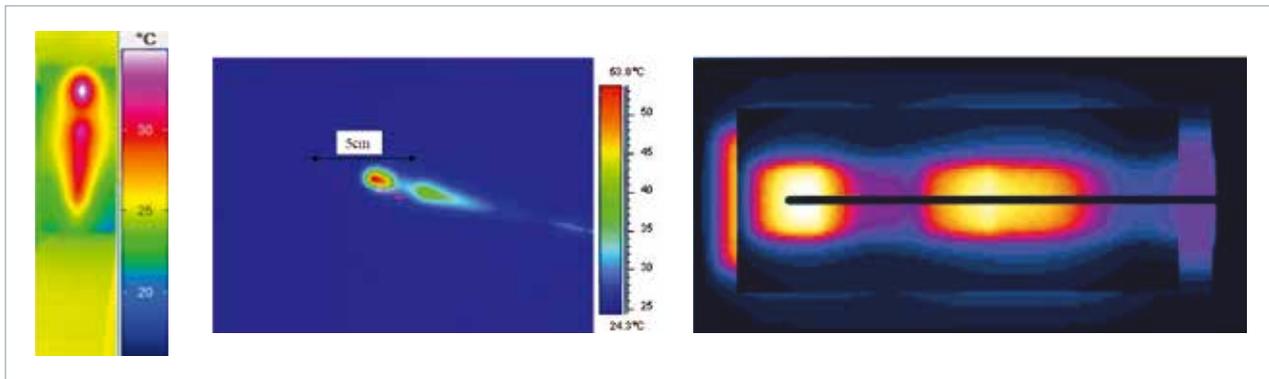
### PROJEKTLEITUNG

Ludwig-Maximilians-Universität München  
Anatomische Anstalt, Lehrstuhl II – Neuroanatomie  
Pettenkoferstr. 11, 80336 München  
[www.neuro.anatomie.med.uni-muenchen.de](http://www.neuro.anatomie.med.uni-muenchen.de)

### PROJEKTPARTNER

InGeneron GmbH  
Modell- und Formenbau Blasius Gerg GmbH

# Mikrowellenbasierte Hyperthermiesysteme für verbesserte Antitumorimmunantworten – MikroHyperTumImmun



Erwärmungs- und Strahlungsmuster von Antennen für die Hyperthermie; links: Infrarotkamera; Mitte: Herstellerangaben zum Heizmuster; rechts: SAR-Intensitätsprofil der Antenne im Phantom (simuliert mit Sim4life).

**Die lokale Erwärmung eines Tumors (Hyperthermie), zum Beispiel mit Mikrowellen, wird seit Jahrzehnten klinisch eingesetzt. Es fehlen jedoch praxisrelevante präklinische Hyperthermiesysteme, um Optimierungen vorzunehmen. Mithilfe der Immuntherapie bieten sich neue Hyperthermie-Konzepte für multimodale Therapien an, die letztlich den Patienten zugutekommen.**

Bei der klinischen Hyperthermie wird das Tumorgewebe zum Beispiel mit Mikrowellen bestrahlt und in den sogenannten supraphysiologischen Bereich von 39 bis 44 °C für 60 Minuten pro Sitzung erwärmt. Die Hyperthermie verstärkt dabei die Effekte von Strahlen- und bestimmten Chemotherapien. In den letzten Jahren sind immunmodulierende Effekte der Hyperthermie in den Fokus gerückt, da sie zum einen durch Freisetzung von Gefahrensignalen immunaktivierend wirkt, aber andererseits auch immununterdrückende Immun-Checkpoint-Moleküle auf Tumorzellen hochreguliert.

Bislang fehlen allerdings insbesondere präklinische In-vivo-Daten, um die immunologischen Eigenschaften der Hyperthermie in der Gesamtheit zu charakterisieren. Diese Daten werden jedoch dringend benötigt, um die Hyperthermie-Applikatoren für Patienten mithilfe von Simulationen weiterzuentwickeln und zu optimieren, sodass die immunologischen Möglichkeiten der Hyperthermie maximal ausgenutzt werden können.

Im Projekt werden praxisrelevante präklinische Hyperthermie-Modellsysteme entwickelt, um damit im Zusammenspiel aus immunologischen und verfahrenstechnischen Methoden und Simulationen die immunologische Wirkungsweise der Hyperthermie in Kombination mit Strahlentherapie und Immun-Checkpoint-Hemmung zu verstehen. Es gilt insbesondere herauszufinden, welchen Einfluss die Temperaturverteilungen im Tumor auf die Antitumor-Immunreaktionen haben.

Das Projekt wird mithilfe präklinischer Hyperthermiesysteme und immunologischer Matrizen neue Ansätze in der multimodalen Tumorbehandlung liefern. Das Ziel ist, dass die Hyperthermie zukünftig zum Wohle des Patienten breite Anwendung finden wird und die Projektergebnisse als Planungsgrundlage für klinische Studien dienen können.

## PROJEKTLEITUNG

Universitätsklinikum Erlangen  
Strahlenklinik  
Translationale Strahlenbiologie  
Universitätsstr. 27, 91054 Erlangen  
www.strahlenklinik.uk-erlangen.de

## PROJEKTPARTNER

Universität Bayreuth  
Lehrstuhl Keramische Werkstoffe;  
Keylab Glastechnologie;  
Dr. Sennwald Medizintechnik GmbH

# DHODH-Inhibitoren in Kombinationstherapie gegen COVID-19 und andere Viruserkrankungen – IMU-COVID



Immunic hat sich auf die Entwicklung von niedermolekularen Wirkstoffen zur oralen Verabreichung spezialisiert.

**Die COVID-19-Pandemie hat gezeigt, wie schnell sich lokal auftretende Viruserkrankungen weltweit ausbreiten können. Geeignete Medikamente stehen meist nicht zeitnah zur Verfügung. Das Ziel ist es, ein Medikament zu entwickeln, das analog zu einem Breitbandantibiotikum gegen verschiedenste Viren eingesetzt werden kann.**

Vorhandene antivirale Medikamente haben bisher nicht ausgereicht, um die COVID-19-Pandemie einzudämmen. Immunic hat sich darum zum Ziel gesetzt, ein Medikament zu entwickeln, das analog zu Breitbandantibiotika gegen verschiedenste Viren aktiv ist – auch um auf potenzielle künftige Viruspanidemien vorbereitet zu sein.

Die Identifizierung eines für viele Viren gleichermaßen relevanten Mechanismus als Angriffspunkt ist hierfür zentral. Vorteilhaft ist, dass Viren von der Infrastruktur der infizierten Zelle abhängig sind. Bei der Virusvermehrung besteht ein erhöhter Bedarf an Pyrimidin-Bausteinen, der nicht durch Recycling in der Zelle gedeckt werden kann. Ein zusätzlicher Weg – die De-novo-Pyrimidinsynthese – muss aktiviert werden, wobei das Protein DHODH eine zentrale Rolle spielt. Immunic entwickelt niedermolekulare Wirkstoffe, unter anderem zur Behandlung von Multipler Sklerose und chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen, die dieses wichtige Protein hemmen.

In Infektionsmodellen werden die Moleküle auch auf ihre Wirksamkeit gegen ausgewählte Viren getestet. Bei der Behandlung von Viruserkrankungen hat sich zudem gezeigt, dass Kombinationstherapien deutlich erfolgreicher sind als Monotherapien, weshalb erstere getestet und weiterentwickelt werden. Zur Vorbereitung der klinischen Entwicklung werden notwendige präklinische In-vitro- und In-vivo-Studien durchgeführt, die Medikamentenaufnahme und -verteilung im Körper sowie Verträglichkeit und Wirksamkeit untersuchen.

Um die unterschiedlichen Aspekte der antiviralen Medikamentenentwicklung zu bearbeiten, sind Expertenoperationen zielführend. Im Rahmen des Projekts arbeiten die Immunic AG, ein Biotechnologieunternehmen in Gräfelting, mit Professor Manfred Marschall und seinem Team der Universität Erlangen-Nürnberg zusammen.

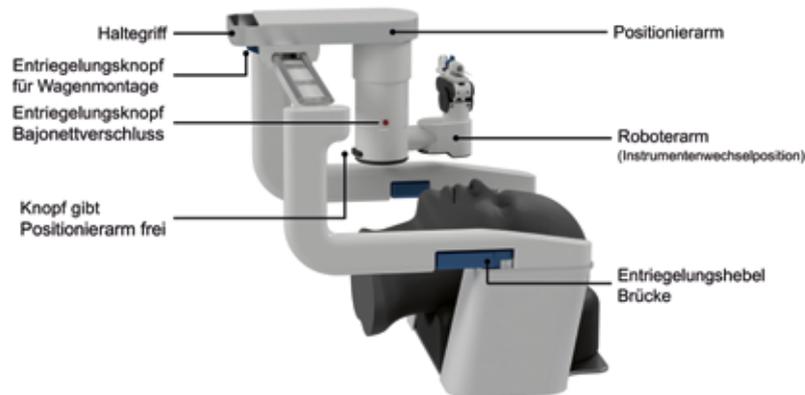
## PROJEKTLEITUNG

Immunic AG  
Lochhamer Schlag 21  
82166 Gräfelting  
www.imux.com

## PROJEKTPARTNER

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Institut für Klinische und Molekulare Virologie

## Bildgestützte robotische Mikrochirurgie in der Ophthalmologie – BiRoMicO



Aufbau des Roboters für die Augenchirurgie, entworfen und als Forschungsdemonstrator vom Forschungslabor der Augenklinik am Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München entwickelt.

**Präzision ist eine der größten Herausforderungen in der ophthalmologischen Mikrochirurgie. Beispielsweise müssen Instrumente im Mikrometerbereich eingebracht und tremorfrei im Auge navigiert werden. Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines digitalen 3D-Operationsmikroskops und eines bildgestützten robotischen Mikromanipulators.**

Die Ophthalmochirurgie beschäftigt sich im Operationsfeld meist mit chirurgischen Maßnahmen im Mikrometerbereich, sodass seitens der Operateure eine extrem hohe Präzision und Geschicklichkeit nötig ist. Ein limitierender Faktor ist der physiologische Tremor, der sich im Bereich von 100 bis 200  $\mu\text{m}$  bewegt und der auf die feinen Instrumente übertragen wird.

Neue Therapieverfahren setzen jedoch eine enorm hohe Präzision voraus. Zum Beispiel ist die Behandlung der altersabhängigen Makuladegeneration (AMD) mittels Stammzelltherapie oder Gentherapie eine hochmoderne Zukunftstherapie. Die sub-retinale Injektion der Stammzellen muss in einem Bereich erfolgen, der nur wenige Mikrometer umfasst. Das sichere Ansteuern dieses schmalen Injektionsbereiches stellt besondere Anforderungen an die Bildgebung, aber auch an die Instrumentenführung.

Um die technischen Rahmenbedingungen für diese Behandlungen bereit zu stellen, wird in dem Projekt ein volldigitales 3D-Operationsmikroskop mit integrierter simultaner Kohärenztomographie für die Ophthalmologie entwickelt. Dies wird umgesetzt durch bahnbrechende Forschungen in den Bereichen Robotik und künstliche Intelligenz (KI) am Medical Autonomy and Precision Labor (MAPS) der Augenklinik des Klinikums rechts der Isar. In die multimodale Bildgebung des Mikroskops wird parallel ein robotischer Mikromanipulator integriert, der über die 3D-Bildgebungsinformation exakt und intuitiv gesteuert werden kann. Zudem können durch den volldigitalen Ansatz Bild und Positionsinformationen aller Systemkomponenten abgeglichen und dokumentiert werden. Das Projekt soll ermöglichen, dass Operationen, die bislang nur schwer durchführbar waren, erfolgreich absolviert werden können – bildgesteuert und mit hoher Präzision.

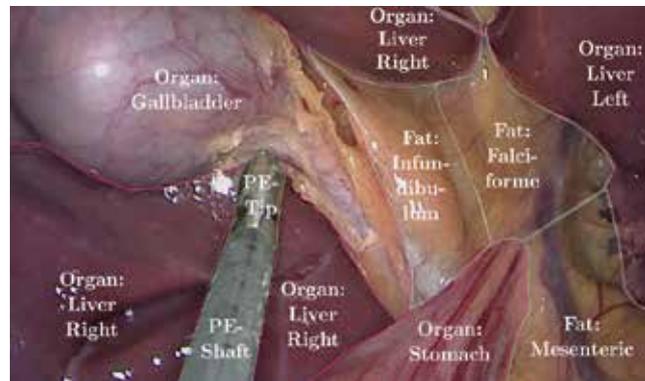
### PROJEKTLEITUNG

Munich Surgical Imaging GmbH  
Türkenstraße 89  
80799 München  
www.munichimaging.de

### PROJEKTPARTNER

Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München  
Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde

# Deep Learning basierte Endoskopnachsührung – DeepMIC



links: Minimalinvasive Operation mit Assistenzsystem; rechts: Chirurgische Szene mit Strukturen und Instrument

**Die Anzahl der Gerätesysteme und Instrumente im Operationsaal wächst kontinuierlich. Die Vielzahl einzelner Bedienschritte steigern das Risiko von Fehlern. Es braucht deshalb geeignete Strategien und Maßnahmen, um die erforderliche Sicherheit, Effizienz und Ergebnisqualität im Operationsaal weiter zu gewährleisten, besonders in der minimalinvasiven Chirurgie.**

Die exakte, verzögerungsfreie Kameraführung stellt bei minimalinvasiven Eingriffen (MIC) einen besonders kritischen Punkt dar, da die präzise Sichtfeldeinstellung zu jedem Zeitpunkt des Eingriffs eine entscheidende Voraussetzung für ein adäquates Handeln des Operateurs ist – und somit auch für den Erfolg des Eingriffs.

Diese Aufgabe wird bisher in der Regel durch einen menschlichen Assistenten übernommen. Dadurch ergibt sich in der Praxis eine Reihe von Problemen:

- » fehlende Hand-Auge-Koordination
- » Missverständnisse in der Einstellung des Bildausschnitts
- » instabiles Bild (unruhige Kameraführung, Horizontverkipfung)
- » Fachkräftemangel

Seit Ende der 1990er Jahre wird versucht, diesen Problemen mit mechatronischen Assistenzsystemen entgegenzuwirken. Jedoch konnte bisher noch kein System breite

Akzeptanz finden. Dafür sind vor allem zwei Gründe maßgeblich: Die Arbeitsbelastung der Operateure wird durch das Assistenzsystem erhöht und die Schnittstellenlösung zwischen Kameraführungssystem und Operateur ist immer noch unbefriedigend.

Das Projekt DeepMIC schafft einen neuen Ansatz für ein intelligentes, kollaboratives Assistenzsystem zur Kameraführung bei MIC. Es soll über die Fähigkeit zur aktiven (halb-)automatischen Kooperation mit dem Chirurgen verfügen und somit quasi selbstständig zu einer bestmöglichen Kameraführung fähig sein. Der Ansatz besteht in einer kontinuierlichen Auswertung des endoskopischen Kamerabildes durch Methoden der künstlichen Intelligenz (hier speziell Deep Learning) in Kombination mit natürlicher Spracherkennung. Kombiniert mit Wissen aus dem chirurgischen Workflow soll das System eine Interaktion mit dem Chirurgen erlauben, die einer menschlichen Assistenz ähnlich ist.

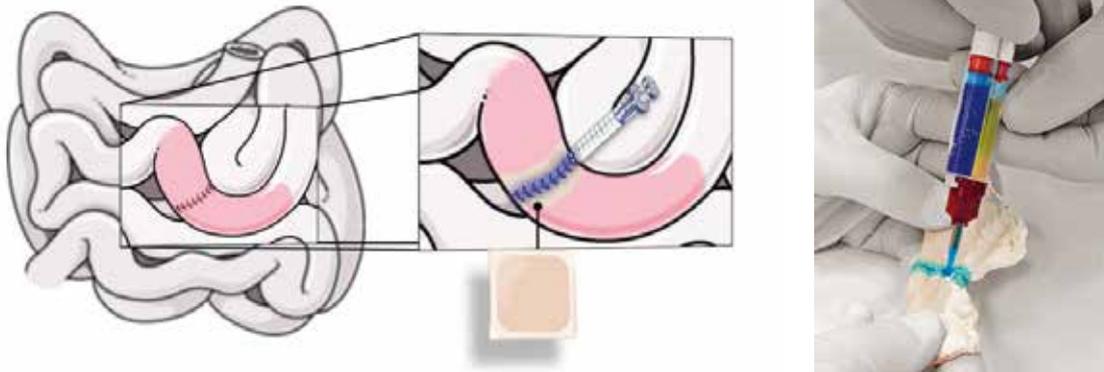
## PROJEKTLEITUNG

AKTORmed GmbH  
Borsigstraße 13  
93092 Barbing  
www.aktormed.com

## PROJEKTPARTNER

Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München  
Forschungsgruppe MITI;  
Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg  
Labor Regensburg Medical Image Computing (ReMIC)

## Kollagener Biokleber und Vlies für Darmanastomosen in der Chirurgie – K<sup>2</sup>RANICH



links: Um das potenzielle Leckagen-Risiko zu minimieren, sollen Darmanastomosen zukünftig mit kollagenem Biokleber und einem Kollagenvlies versiegelt werden; rechts: Applikation des kollagenen Bioklebers (Fa. Resorba Medical) auf eine Dünndarmanastomose mittels Doppelkammerspritze.

**Heilungsstörungen der Darmnaht nach einer Darmentfernung stellen potenziell lebensbedrohliche Komplikationen dar. Mithilfe der Entwicklung eines innovativen kollagenen Bioklebers zur Versiegelung von Darmnähten sollen in dem vorliegenden Projekt der physiologische Heilungsprozess verbessert und die Komplikationsraten deutlich gesenkt werden.**

Die Wiederherstellung der Darmkontinuität (Anastomose) nach chirurgischer Darmentfernung zählt zu den am häufigsten durchgeführten bauchchirurgischen Eingriffen. In bis zu 26 Prozent der Fälle ist jedoch eine unzureichende Heilung – die sogenannte Anastomoseninsuffizienz (AI) – zu verzeichnen. Über die Leckage gelangt kontaminierter Darminhalt in den Bauchraum, führt dort zu schweren Infektionen und kann sich rasch zu einer lebensbedrohlichen Blutvergiftung entwickeln. Für die betroffenen Patienten ist dies eine massive Einschränkung der Lebensqualität und stellt zudem eine hohe finanzielle Belastung für das Gesundheitssystem dar.

Um zukünftig AI-Fällen effektiv und nachhaltig vorzubeugen, soll im Projekt K<sup>2</sup>RANICH erstmals gezielt eine neuartige Kombination aus kollagenem Biokleber und Vlies zur Versiegelung von Darmanastomosen entwickelt werden. Das Einbetten von antimikrobiellen Wirkstoffen in

die Kleber soll das Entstehen von lebensbedrohlichen Infektionen zusätzlich minimieren. Zusammen mit dem Unternehmen Resorba Medical in Nürnberg werden die kollagenen Biomaterialien entwickelt und mittels etablierter Versuchsmodelle zur Untersuchung der biomechanischen und biochemischen Belastbarkeit an die Anwendung am Darm angepasst. Am präklinischen Modell soll die Wirksamkeit in Bezug auf die Reduktion von AI-Fällen sowie die Anwendbarkeit und die Verträglichkeit der entwickelten Biokleber evaluiert werden.

Mittels Wissenstransfer der im Projekt erzielten Erkenntnisse an die Industrie können zukünftig weltweit hochrelevante Produkte für den Einsatz in der Darmchirurgie hergestellt werden. Dies wird neben dem Nutzen für die Patienten neue und nachhaltige High-Tech-Arbeitsplätze in Bayern schaffen.

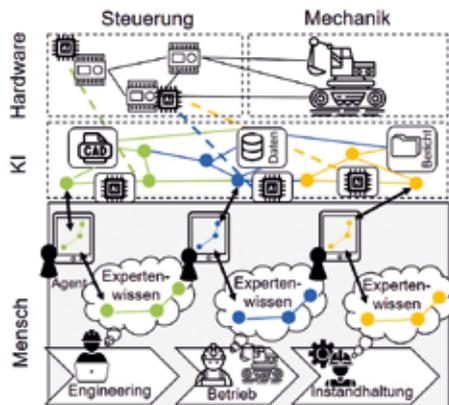
### PROJEKTLEITUNG

Technische Universität München  
Klinikum rechts der Isar  
Klinik und Poliklinik für Chirurgie, AG Anastomosenheilung  
Ismaninger Str. 22, 81675 München  
[www.mri.tum.de/chirurgie](http://www.mri.tum.de/chirurgie)

### PROJEKTPARTNER

Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München  
Klinik für Orthopädie und Sportorthopädie;  
Resorba Medical GmbH

# Maschinenführerzentrierte Parametrierung von künstlicher Intelligenz für eng gekoppelte, verteilte, vernetzte Steuerungssysteme – OpAI4DNCS



links: Schematische Darstellung des Konzepts im Projekt OpAI4DNCS; rechts: Logo des Projekts OpAI4DNCS

**Die Bedieneffizienz von Baumaschinen im Spezialtiefbau hängt stark von der Erfahrung und dem Geschick des Maschinenführers ab. Deshalb sollen in OPAI4DNCS Möglichkeiten von der Assistenz bis hin zur Automation von Prozessen im Spezialtiefbau untersucht und implementiert werden – unter Zuhilfenahme von künstlicher Intelligenz (KI).**

Methoden der KI bieten das Potenzial, menschliches Wissen nachzubilden und damit für die Automation nutzbar zu machen. Die industrielle Anwendung von KI-basierten Ansätzen in Baumaschinen scheitert bisher an der Zuverlässigkeit, den Kosten, der begrenzten Rechenleistung der Maschinensteuerung und der Akzeptanz der Maschinenführer.

OpAI4DNCS erforscht den Einsatz von KI auf Steuerungsebene in mobilen Baumaschinen am Beispiel komplexer Schlitzwand-Greifer und deren Hydrauliksubsystemen. Im Fokus liegt die Effizienzsteigerung während des Betriebs, sowohl bei unerfahrenen Maschinenführern als auch bei tagesformabhängigen Leistungseinbrüchen von erfahrenen Maschinenführern. Um dies zu erreichen, werden adaptive, intelligente und lernende Steuerungssysteme entworfen und erprobt. Konventionelle Steuerungskonzepte können mittels des sogenannten Agentenansatzes lernen,

also mit kleinstmöglichem Aufwand um KI-Methoden erweitert werden. Die systematische Erhebung und Nutzung menschlichen Wissens stellt den sicheren Maschinenbetrieb auch in Grenzsituationen sicher.

Um bei den Maschinenführern eine möglichst hohe Akzeptanz zu erreichen, werden außerdem Methoden zur Bedienerinteraktion untersucht und evaluiert. Für die Assistenzfunktion betrachtet das Projekt unterschiedliche Level an Bedienerinteraktion und Visualisierung. Das ermöglicht eine anforderungsrechte Unterstützung: von der Empfehlung bestimmter Maschinenbewegungen bis hin zur vollkommen autonomen Operation. Die technische Umsetzbarkeit und experimentelle Erprobung werden im Rahmen des Projekts ebenfalls berücksichtigt. Die intelligente, adaptive Assistenz soll technisch durch datengetriebene Ansätze, regelbasierte Verfahren und Konzepte des maschinellen Lernens umgesetzt werden.

## PROJEKTLEITUNG

Technische Universität München, Fakultät für Maschinenwesen  
Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme  
Boltzmannstraße 15, 85748 Garching  
www.ais.mw.tum.de

## PROJEKTPARTNER

Technische Universität München, Lehrstuhl für Ergonomie;  
BAUER Maschinen GmbH;  
HAWE Hydraulik SE;  
Sensor-Technik Wiedemann GmbH

# Entwicklung von Sensormodellen für virtuelle Testumgebungen anhand von Realdaten und 3D-Rekonstruktionen



Messpunkte eines realen LiDAR-Sensors (links) und eine grob vereinfachende Simulation (Stand der Technik, rechts).

**Für den Fortschritt des autonomen Fahrens ist das Testen der Fahrzeuge in virtuellen Simulationsumgebungen ein zentrales Element. Hierbei muss insbesondere die Sensorik so realistisch wie möglich simuliert werden. In diesem Projekt sollen daher reale Sensordaten aus Testfahrten mittels maschinellen Lernens in die Simulation integriert werden.**

Virtuelle Simulationsumgebungen für autonomes Fahren enthalten oft nur idealistische Sensorimplementierungen, die typische Sensorartefakte nicht abbilden können. LiDAR-Sensoren senden beispielsweise rotierende Infrarotlichtstrahlen aus und messen die Entfernungen zu den getroffenen Oberflächen, wodurch ein Modell der Umgebung in Form einer Punktwolke erfasst wird. Transparente, spiegelnde oder weit entfernte Objekte führen dabei zu Fehlstellen oder falschen Messpunkten, die in einer Simulation so nicht auftreten. Dadurch erhalten Algorithmen, die für die Steuerung des Fahrzeuges zuständig sind, in der Simulation unrealistische Eingaben. Dabei gibt es noch eine Vielzahl weiterer Effekte, die sich auf das Verhalten der Sensoren auswirken und in der Simulation nur sehr schwer nachgebildet werden können.

Die Zielsetzung des Vorhabens ist es, Sensorverhalten direkt aus Realdaten abzuleiten und in der Simulation nachzubilden. Dazu werden im Rahmen des Projekts Messfahrten durchgeführt, um verschiedene Sensordaten aufzuzeichnen. Es werden Methoden entwickelt, um aus dem so aufgenommenen Strom von Kamerabildern und LiDAR-Daten ein 3D-Modell der durchfahrenen Welt zu rekonstruieren. Auf Basis dieses Modells soll dann das Verhalten der verbauten Sensoren mittels neuronaler Netze erlernt und auf virtuelle Sensoren in einer Simulationsumgebung übertragen werden. Das resultierende Simulationssystem wird somit deutlich realistischere Sensordaten erzeugen und dazu beitragen, die Effektivität von virtuellen Tests zu steigern und so die Entwicklung von autonomen Fahrfunktionen in Bayern voranzutreiben.

## PROJEKTLEITUNG

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Technische Fakultät  
Department Informatik  
Lehrstuhl für Graphische Datenverarbeitung  
Cauerstr. 11, 91058 Erlangen  
www.lgdv.tf.fau.de

## PROJEKTPARTNER

Elektronische Fahrwerksysteme GmbH

# Augmented-Reality-basierte Mitarbeiterqualifizierung – AQUA



Einsatz von Augmented Reality zur Qualifizierung in der manuellen Montage

**Mitarbeiter in der Montage werden meist durch erfahrene Kollegen qualifiziert und eingearbeitet. Das geht oftmals mit Produktivitätsverlusten einher und ist didaktisch nicht immer optimal. Ziel des Forschungsprojekts AQUA ist die Entwicklung eines intelligenten Qualifizierungssystems, das Lernende mithilfe von Augmented Reality bedarfsgerecht und individuell unterstützt.**

Das bayerische produzierende Gewerbe zeichnet sich durch seine Fähigkeit aus, komplexe Produkte mit hoher Variantenvielfalt herzustellen. Der Fachkräftemangel sowie der demografische Wandel erhöhen jedoch die Fluktuation in den Unternehmen. Die dadurch notwendige Qualifizierung und Einarbeitung neuer Mitarbeiter erfolgt häufig durch erfahrene Kollegen. Gerade in der manuellen Montage verursacht dies besonders hohe Aufwände und Produktivitätsverluste. Es fehlt an innovativen Technologien und Methoden, um Mitarbeiter effizienter zu qualifizieren.

Ziel des Forschungsprojekts AQUA ist deshalb die Entwicklung eines intelligenten Qualifizierungssystems, das die Lernenden bedarfsgerecht und individuell unterstützt. Lernfortschritte sollen mittels Zeitanalysen und neuesten Algorithmen erkannt werden. Auf diese Weise senkt das System den Unterstützungsgrad entsprechend der jeweiligen Lernkurve ab – bis sich das Unterstützungssystem letztendlich selbst abschafft. Durch die automatisierte Ab-

senkung wird sowohl eine Über- als auch Unterforderung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vermieden und diese können sich schneller und besser für die zukünftige Arbeitsaufgabe qualifizieren.

Durch den rapiden Fortschritt bei Datenbrillen und Trackingtechnologien hat sich Augmented Reality zu einer vielversprechenden Technologie für dieses Forschungsvorhaben entwickelt. Der große Vorteil von Augmented-Reality-Datenbrillen liegt darin, dass sie Informationen direkt im Sichtfeld an der jeweils benötigten Stelle im Raum anzeigen können, während gleichzeitig beide Hände für die Montage frei bleiben. Die Informationen werden aus vorhandenen Modellen erzeugt und können somit digital auf dem neuesten Stand angezeigt werden. Das Suchen von Anweisungsdokumenten ist dadurch nicht mehr nötig.

## PROJEKTLEITUNG

Fraunhofer-Institut für Gießerei-,  
Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV  
Am Technologiezentrum 10, 86159 Augsburg  
[www.igcv.fraunhofer.de](http://www.igcv.fraunhofer.de)

## PROJEKTPARTNER

Audi AG;  
Ludo Fact GmbH;  
ZF Group – ZF Airbag Germany GmbH;  
INOYAD GmbH

## Datengestütztes autonomes Fahren – DAD



links: Das Rennfahrzeug der TU München bei der Indy Autonomous Challenge; rechts: Geplante Route für eine Demonstrationsfahrt durch München

**Das Forschungsprojekt DAD entwickelt Datensätze und Algorithmen für autonomes Fahren in komplexen Umgebungen. Dabei sollen Kerninnovationen geschaffen werden, die das autonome Fahren im Stadtverkehr ermöglichen sollen. Als Höhepunkt ist geplant, die Technologie in einem Versuchsfahrzeug zu demonstrieren, das autonom durch die Münchner Innenstadt fährt.**

Eine wesentliche Herausforderung bei der Entwicklung autonomer Fahrzeuge stellen sogenannte Edge-Cases dar. Das sind Szenarien, die nur sehr selten auftreten und dadurch vom Fahrzeug und dessen Software noch nicht beherrscht werden können. Damit autonome Fahrzeuge eines Tages im Stadtverkehr breit eingesetzt werden können, müssen diese Szenarien vom Fahrzeug und dessen Software sicher bewältigt werden.

Das Team am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik der TU München stellt seit mehreren Jahren eine eigens entwickelte Software für autonome Fahrzeuge in solchen Fällen auf die Probe und entwickelt die Software gezielt weiter. Eine Vielzahl an Herausforderungen wurde in bisherigen Projekten bereits gemeistert, bei denen autonome Fahrzeuge auf der Rennstrecke eingesetzt und entwickelt wurden. Zuletzt konnte das Team der TU München dort in einem Preiswettbewerb im Rahmen der Indy Autonomous Challenge in den USA den ersten Platz und eine Million Dollar gewinnen. In herausfordernden Manövern bei Geschwin-

digkeiten bis zu 270 km/h konnte das Team seine innovativen Algorithmen unter Beweis stellen und damit Geschichte schreiben.

Nun sollen Erkenntnisse von der Rennstrecke genutzt werden, um autonomes Fahren im Straßenverkehr zu ermöglichen. Der Fokus liegt auf datenbasierten Methoden im Bereich der künstlichen Intelligenz. Die entstehenden Algorithmen im Bereich der Objektdetektion und -prädiktion sowie der Trajektorienplanung werden im Rahmen einer Open-Source Software veröffentlicht und neben den entstehenden Datensätzen der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Die Algorithmen werden auf einem Versuchsfahrzeug im Rahmen einer Gesamtsoftware validiert und deren Funktion auf einer Testfahrt durch München demonstriert.

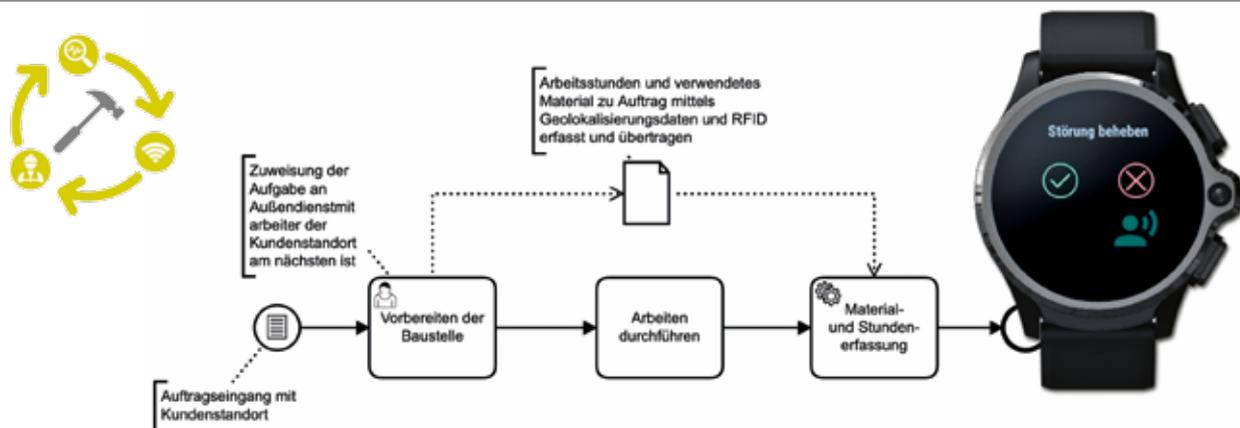
### PROJEKTLEITUNG

Technische Universität München  
Fakultät für Maschinenwesen  
Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik  
Boltzmannstr. 15, 85748 Garching  
www.ftm.mw.tum.de

### PROJEKTPARTNER

Veoneer Germany GmbH;  
in-tech GmbH

# IoT-basiertes Daten- und Prozessmanagement im Handwerk – TRADEmark



Ziel des Projekts TRADEmark ist die fundierte Integration von IoT-Objekten, erfassten Daten und Prozessen am Beispiel des Handwerks. Mobile Benutzerschnittstellen können durch eine kontextbezogene, flexible Aufgabenbearbeitung und neuartige Interaktionsmöglichkeiten unterstützen.

**Technologien des Internet of Things (IoT) ermöglichen eine datengetriebene Steuerung und Überwachung von Arbeitsabläufen und Anwendungsumgebungen. Im Projekt TRADEmark wird ein IoT-gestütztes, prozessorientiertes Verfahren zur zeitlich und räumlich koordinierten Steuerung und Planung von Verwaltungs- und Wertschöpfungsprozessen im Handwerk entwickelt.**

Wertschöpfungsprozesse werden heutzutage maßgeblich von Umweltfaktoren und kontextspezifischen Daten beeinflusst. Arbeitsabläufe besitzen eine sehr hohe Situations- und Kontextabhängigkeit, erfordern eine zeitliche und räumliche Koordination und zeichnen sich durch eine stark datengetriebene Steuerung aus. Die Arbeitswelt ist zunehmend durch eine große Anzahl von Geräten vernetzt, die typischerweise in elektronische Komponenten eingebettet und mit Sensoren und Aktoren ausgestattet sind. Insbesondere die modernen Technologien des Internet of Things (IoT), wie Sensoren und mobile Endgeräte, ermöglichen zum einen die Erfassung hochfrequenter Daten über den aktuellen Kontext von beteiligten Personen und Objekten und zum anderen eine umfassende Steuerung und Planung von Prozessen und Anwendungsumgebungen. Mobile Benutzerschnittstellen können darüber hinaus durch eine kontextbezogene, flexible Aufgabenbearbeitung und neuartige Interaktionsmöglichkeiten unterstützen.

Im Projekt TRADEmark erfolgt eine wissenschaftlich fundierte Integration der beiden Technologien IoT und Prozessmanagement und die Entwicklung eines IoT-gestützten, prozessorientierten Verfahrens zur Digitalisierung, Automatisierung und Planung von Verwaltungs- und Wertschöpfungsprozessen.

Die anwendungsorientierte Erforschung, Umsetzung und Evaluation erfolgt in bayerischen Handwerksbetrieben. Das Handwerk und die dortigen Wertschöpfungsprozesse sind aufgrund des Gewerkecharakters prädestiniert. Hier arbeiten gewöhnlich viele Akteure an einem gemeinsamen Gewerk: verteilt beziehungsweise mobil, zeitlich und räumlich koordiniert, ineinandergreifend und aufeinander aufbauend. Kontextbezogene Daten, erfasst durch IoT-Technologie, sind demzufolge für die Planung und Umsetzung der Prozesse von herausragender Bedeutung.

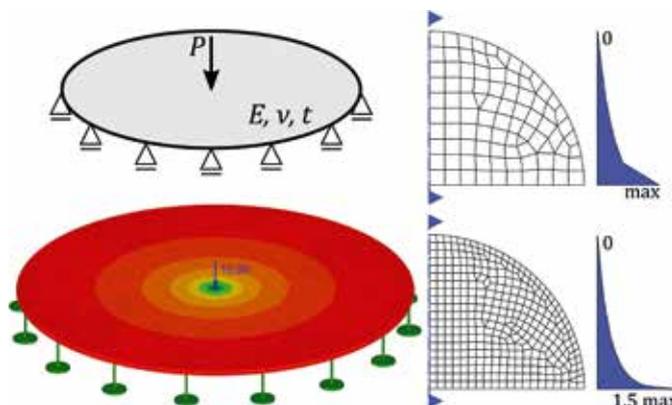
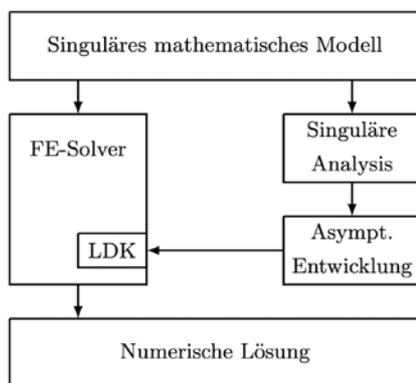
## PROJEKTLEITUNG

Universität Regensburg – Fakultät für Wirtschaftswissenschaften  
 Professur für Wirtschaftsinformatik  
 Universitätsstraße 31, 93053 Regensburg  
 www.ur.de/wirtschaftswissenschaften

## PROJEKTPARTNER

Universität Regensburg, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik II;  
 Maxsima GmbH & Co. KG;  
 Richard Rank GmbH & Co. KG;  
 Karl Grüner GmbH;  
 Seeßle Fußgesund GmbH

# Isolierte Singularitäten bei Flächentragwerken in der Baustatik – ISIFLAB



links: Schema eines Algorithmus mit verbessertem Verhalten in der Nähe von Singularitäten; rechts: Exemplarische Darstellung: Abhängigkeit der Schnittkraftreaktion von der Netzdichte bei Singularitäten

**Singularitäten treten vielfach bei der Modellierung technischer Vorgänge auf. In der numerischen Simulation erweisen sie sich oftmals als problematisch. Im Projekt soll am Beispiel der Baustatik gezeigt werden, wie mithilfe moderner mathematischer Methoden die Singularitäten des Modells kontrolliert werden können.**

Spitzen, Ecken und Kanten sind häufige Erscheinungen in vielen Bereichen der Ingenieurwissenschaften. Obwohl diese Arten von sogenannten Singularitäten zu unserer alltäglichen Erfahrung gehören, tritt ihre Komplexität erst bei näherer Betrachtung zutage. Bei der Bemessung von Tragwerken im Bauwesen müssen zur Bewertung der Tragfähigkeit meist Schnittgrößen berechnet werden, wofür in der Regel die Finite-Elemente-Methode (FEM) verwendet wird. Diese liefert bei der Anwesenheit von Singularitäten jedoch unbefriedigende Ergebnisse.

Im Rahmen des Projekts ISIFLAB werden im Bereich Baustatik derartige „singulären Probleme“ detailliert analysiert und konstruktive Lösungen erarbeitet. Mithilfe moderner mathematischer Methoden sollen – basierend auf der Finite-Elemente-Methode – neue Algorithmen entwickelt, implementiert und getestet werden, um dadurch allgemein bekannte numerische Probleme in der Statik der Flächentragwerke zu lösen.

Als unmittelbare Konsequenz ergibt sich hieraus eine wesentliche Einsparung von Ressourcen und somit auch eine merkliche Verbesserung des wirtschaftlichen Aspekts bei der Bemessung von Tragwerken.

Eine große Chance, aber auch eine große Herausforderung, ist die stark interdisziplinäre Ausrichtung des Projekts. Es soll eine Brücke geschlagen werden von der sogenannten Singulären Analysis – einem Teilgebiet der reinen Mathematik – über das ingenieurtechnische Gebiet der Statik der Flächentragwerke bis hin zum IT-Gebiet des Software-Engineering. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse werden wesentlich dazu beitragen, neue Ideen zu entwickeln, wie zukünftig auch Singularitäten von höherer Komplexität numerisch behandelt werden können.

## PROJEKTLEITUNG

Technische Hochschule Deggendorf  
Fakultät Bauingenieurwesen und Umwelttechnik  
Dieter-Görlitz-Platz 1, 94469 Deggendorf  
www.th-deg.de

## PROJEKTPARTNER

Technische Universität München, Zentrum Mathematik – M7;  
FRILO Software GmbH

# Erhöhung der Quellcode-Qualität mittels Deep Learning – DeepCode



DeepCode: Technologievorsprung durch Co-Innovation

**Eine hohe Qualität des Quellcodes ist in der Softwareentwicklung essenziell. Viele Qualitätsattribute sind mit herkömmlichen Programmanalysen jedoch kaum überprüfbar. Deep Learning – speziell der Einsatz rekurrenter neuronaler Netze – bietet nun das entscheidende Werkzeug, um Quellcodes nachhaltig und automatisiert zu verbessern.**

Um im besonders schnelllebigem IT-Umfeld wettbewerbsfähig zu bleiben, ist es notwendig, die Arbeitsumgebung so effizient wie möglich zu gestalten. Insbesondere Softwareentwicklung stellt hierbei hohe Anforderungen an die Fachleute, da die immense Komplexität moderner Softwaresysteme schwer zu beherrschen ist und gleichzeitig hohe Qualität sichergestellt werden muss.

Automatisierte Codeanalysen helfen dabei, in dieser Arbeitsumgebung die Codequalität sicherzustellen. Solche Analysen können traditionell jedoch entweder nur generische, programmunabhängige Qualitätsmerkmale untersuchen oder erfordern einen hohen Preis in Form von aufwendigen formalen Spezifikationen, die in der Praxis selten existieren.

Ziel der beteiligten Projektpartner ist die Erstellung konkreter, auf Deep Learning basierender Werkzeuge, die Softwareanalysen zur Verbesserung der Softwarequalität einsetzen und auf komplexen Softwaresystemen einsetz-

bar sind. Hierbei gilt es, grundlegende Fragestellungen zu Datenaufbereitung, Code Embeddings und Netzarchitekturen zu beantworten und dabei Aspekte der Skalierbarkeit und Vorhersagequalität zu lösen, die sich auf einem für den praktischen Einsatz notwendigen Niveau bewegen.

Das grundsätzliche Ziel dieser vorliegenden Forschungs Kooperation ist es, aus einer gemeinsam entstandenen Idee eine verwertbare Technologie zu verwirklichen und so „das Beste aus beiden Welten“ zugänglich zu machen. Die gemeinschaftliche Durchführung dieses Innovationsvorhabens wird ermöglicht durch die wissenschaftliche Expertise der Universität Passau, gepaart mit der umfassenden Erfahrung des Praxispartners msg systems. Dies führt bestenfalls zu einem bilateralen Wissenstransfer und Erkenntnisgewinn.

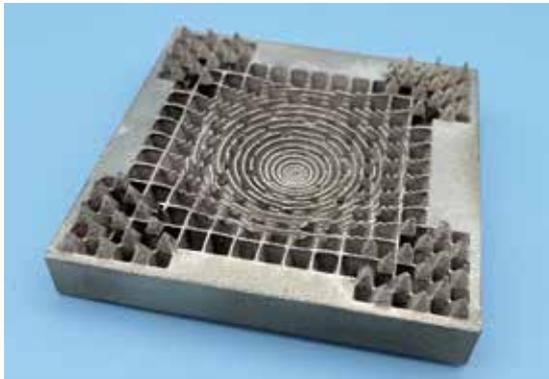
## PROJEKTLEITUNG

msg systems ag  
Dr.-Hans-Kapfinger-Straße 30, 94032 Passau  
www.msg.group

## PROJEKTPARTNER

Universität Passau  
Lehrstuhl Software Engineering II

## 3D-Gedruckte Metamaterialstrukturen für Automobilradarsysteme im Millimeter-Wellenbereich – 3DMeta



links: Aus Kunststoffpulver gesinterte und anschließend metallisierte Linsenstruktur aus Metamaterial zur Evaluation bei niedrigen Frequenzen; rechts: Fertigungsanlage mit Ablationslaser zur nachträglichen Mikrostrukturierung beliebig geformter Grundstrukturen

**In diesem Projekt soll die Leistungsfähigkeit von Automobilradaren mittels einer funktionellen Kuppel (Radom) erhöht werden, um die Sicherheit beim autonomen Fahren zu gewährleisten. Hierfür werden elektrische Metamaterialien verwendet, die aufgrund ihres Aufbaus einstellbare und scheinbar auch unphysikalische Materialeigenschaften aufweisen.**

Durch den rasanten Anstieg der Anwendungsfrequenzen moderner Radarsysteme im Millimeter-Wellenbereich auf 77 Gigahertz und der damit verbundenen Miniaturisierung und Erhöhung der Systemkomplexität spielen viele parasitäre Effekte im Entwurf eine zentrale Rolle. Die Leistungsfähigkeit des gesamten Radarsensors nimmt signifikant ab, zum einen durch inhärente Verluste des Verteilungsnetzwerks zwischen integrierter Schaltung und Antennen, zum anderen durch Kopplungseffekte zwischen der Antennenapertur, dem umgebenden Gehäuse sowie dem Radom. Leckwellen, die von den Sende- in die Empfangsantennen übersprechen, sowie über das Radom in das Gehäuse eingekoppelte Wellen schränken die Winkelauflösung des Systems ein und können auch zur fehlerhaften Erkennung von Scheinzielen führen.

Im Rahmen des Projekts soll eine weitere Verbesserung der Leistungsfähigkeit von Radarsystemen mithilfe von Metamaterialien erzielt werden. Außerdem werden dielektrische Linsen unter Einbezug von Metamaterialstrukturen

zur Verbesserung der Antennencharakteristik und des damit einhergehenden Sichtfelds des Radarsystems untersucht. Ein wesentlicher Fokus liegt auf der Nutzung der gestalterischen Freiheit dreidimensionaler Formgebung solcher Metamaterialstrukturen durch Verwendung hochpräziser 3D-Drucksysteme sowie 3D-fähiger Laserablationsverfahren. Allein durch den gezielten Entwurf und ihre Kombination soll es so möglich werden, in Europa breit verfügbare Ausgangsmaterialien derart zu fertigen und zu strukturieren, dass die aktuellen Einschränkungen durch parasitäre Effekte im Radom und Gehäuse von Radarsystemen signifikant reduziert werden. Auf diese Weise sollen leistungsfähige und gleichzeitig kosteneffiziente Systeme für das zukünftige autonome Fahren zur Verfügung stehen.

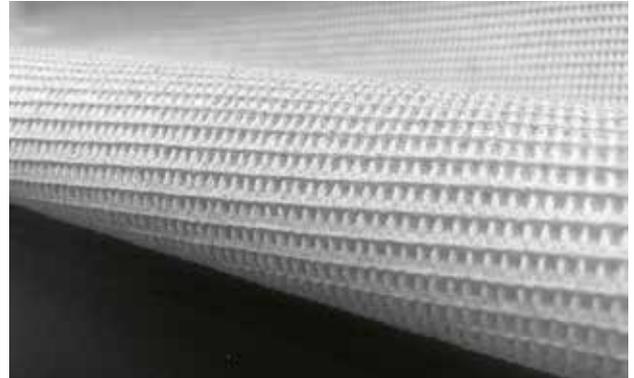
### PROJEKTLEITUNG

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Department Elektrotechnik  
Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik  
Cauerstraße 9, 91058 Erlangen  
[www.lhft.de](http://www.lhft.de)

### PROJEKTPARTNER

NXP Semiconductors Germany GmbH

## Textile Backunterlage – BakeTex



links: Backware auf textiler Backunterlage; rechts: Gewebe mit Waffelbindung

**Textile Produkte sind leicht und flexibel: Das macht sie für immer mehr Anwendungen in der Industrie attraktiv. Auch in der Bäckereibranche wird das Potenzial erkannt: Textilien können hier helfen, Energie und Ressourcen zu sparen. Im Projekt BakeTex wird eine textile Backunterlage als Alternative zu herkömmlichen Backblechen entwickelt.**

Das Ziel ist eine schadstofffreie, energiesparende und wiederverwendbare Backunterlage für den Einsatz in kommerziellen Bäckereien. Temperaturbeständige, leichtgewichtige Textilien bieten das Potenzial, die Vorheiztemperatur im Backofen zu senken und somit den Energieverbrauch zu reduzieren. Die textile Backunterlage ist faltbar und kann deshalb platzsparend gelagert werden.

Ein entscheidender Vorteil ist außerdem, dass die Verwendung von Backpapier vermieden werden kann. Zusammen mit möglichen Energieeinsparungen macht das textile Backunterlagen zu einem ressourcenschonenden Produkt, das auch aufgrund des geringen Gewichts und der hohen Flexibilität für viele Bäckereibetriebe interessant ist.

Um zu evaluieren, wie sich die Unterlage auf Backware und Ofen auswirkt, werden im Projekt BakeTex Backversuche durchgeführt und der Temperaturverlauf gemessen. Im ersten Schritt wurden bereits geeignete Faserma-

terialien ermittelt und eine Webbindung entwickelt. Auch an einer Beschichtung für die Backunterlage wird bereits gearbeitet, mit deren Hilfe ein Anhaften der Backware vermieden werden kann. Im weiteren Verlauf ist die Entwicklung einer leichtgewichtigen Rahmenkonstruktion zum Aufspannen des Textils vorgesehen. Außerdem wird ein individuelles Branding der Backwaren angestrebt sowie das Tracking der Ware im Backbetrieb mittels RFID-Chips oder QR-Codes an der Backunterlage.

Partner im Projekt sind das Backhaus Fickenschers, die Weberei Wilhelm Zuleeg sowie das Fraunhofer Anwendungszentrum für Textile Faserkeramiken in Münchenberg.

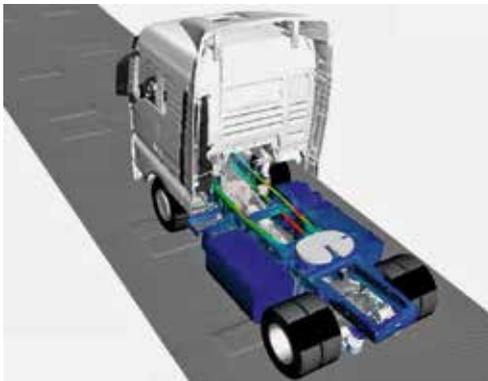
### PROJEKTLEITUNG

Fraunhofer ISC – Zentrum für Hochtemperaturleichtbau HTL  
Anwendungszentrum Textile Faserkeramiken TFK  
Kulmbacher Straße 76, 95213 Münchenberg  
[www.htl.fraunhofer.de](http://www.htl.fraunhofer.de) | [www.awz-tfk.de](http://www.awz-tfk.de)

### PROJEKTPARTNER

Fickenschers Backhaus GmbH;  
Wilhelm Zuleeg GmbH

## Virtuelle Lastermittlung im Fahrzeugauslegungs- und Absicherungsprozess



links: Virtuelles Fahrzeug bei der Fahrt über eine digitalisierte Teststrecke; rechts: Aufbau des Simulationsmodells

**Durch E-Mobilität und consequenten Leichtbau ändern sich die Anforderungen an Lkw-Chassis stark, was die Entwicklung gänzlich neuer Rahmenkonzepte erforderlich macht. Um auch bei veränderten Randbedingungen die Fahrzeuglebensdauer effizient abzusichern, ist die Nutzung virtueller Methoden zur Lastermittlung unabdingbar.**

Die Erprobung und Absicherung der Lebensdauer eines Fahrzeugchassis als zentrale tragende Struktur stellt einen wichtigen Baustein in der Entwicklung neuer Fahrzeuge dar. Gerade bei neuen Fahrzeugkonzepten, wie in elektrisch angetriebenen Lkw, ist hierfür ein immenser Aufwand in Form von Gesamtfahrzeugversuchen notwendig.

Als Grundlage der Freigabe dienen Fahrten sowohl auf Hindernisstrecken – die sogenannte Schlechtwegerprobung – als auch auf öffentlichen Straßen im Rahmen umfangreicher Referenzstrecken. Um diese Erprobung effizienter zu gestalten, werden innerhalb des Projekts virtuelle Methoden der Lastermittlung entwickelt. Hierzu wird zunächst ein virtuelles Fahrzeug aufgebaut, um mithilfe digitalisierter Teststrecken die Belastung aus der Schlechtwegerprobung zu simulieren. Weiter wird eine Vorgehensweise aufgestellt, um auch die Beanspruchung aus dem Streckenmix der öffentlichen Referenzstrecken mit dem virtuellen Fahrzeug abbilden zu können. Aufgrund des hohen simulativen Aufwands und der umfang-

reichen Straßenabschnitte, kann hier die Realität nicht identisch in der Simulation abgebildet werden. Deshalb wird ein Ansatz ausgebaut, der auf einen Baukasten aus definierten Fahrmanövern zurückgreift.

Die gewonnenen Erkenntnisse aus den Gesamtfahrzeugsimulationen dienen dazu, grundsätzliche Beanspruchungen und Lastfälle abzuleiten, welche die Lebensdauer des Chassis bestimmen. Auf Basis dieser Lastfälle wird ein virtuelles Prüfstandkonzept entworfen. Dabei werden bereits im virtuellen Umfeld Restriktion und Randbedingungen aus dem realen Versuchsumfeld berücksichtigt. Dies gewährleistet eine schnelle Umsetzung des virtuellen Prüfstands in der Hardware-Erprobung und ermöglicht eine effiziente Absicherung der Chassislebensdauer bei der Entwicklung zukünftiger Fahrzeuggenerationen.

### PROJEKTLEITUNG

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Lehrstuhl für Konstruktionstechnik  
Martensstraße 9, 91058 Erlangen  
www.mfk.fau.de

### PROJEKTPARTNER

MAN Truck & Bus SE

# Thermisches Spritzen von aluminiumhaltigen Verschleißschutzschichten auf Glasformen zur umweltfreundlichen Herstellung von Behältergläsern – Al-G



links: Beschichtete Glasform: Es soll eine geeignete Beschichtung entwickelt werden, die eine höhere Abrasions- und Korrosionsbeständigkeit aufweist; rechts: Thermisches Spritzen: Im DemoCenter 3D-thermisches Spritzen werden die Glasformen beschichtet.

**Steigende Energiekosten und ein starker Wettbewerb stellen für die deutsche Glasindustrie eine große Herausforderung dar. Dieses Projekt verfolgt das Ziel, einen Arbeitsschritt bei der Herstellung von Behältergläsern zu ersetzen, der bislang händisch erfolgt und die Umwelt belastet.**

Verschleißschutzschichten kommen im Rahmen vieler Anwendungen zum Einsatz, um die Standzeit von Bauteilen zu erhöhen. Insbesondere für Bauteile, die in aggressiven Medien eingesetzt werden, ist es sinnvoll, einen kostengünstigen Grundwerkstoff durch eine geeignete Beschichtung abrasions- und korrosionsbeständiger zu gestalten.

Grundsätzlich müssen Werkstoffe für Glasformen eine hohe thermische Leitfähigkeit besitzen, um möglichst kurze Produktionszeiten zu ermöglichen. Aufgrund ihrer hohen thermischen Leitfähigkeit, in Kombination mit guter Verschleißbeständigkeit, werden Grauguss oder Aluminiumbronze für Glasformen verwendet. Ein in der Praxis häufig auftretendes Problem ist, dass nach einer gewissen Anzahl von Zyklen das über 1000 Grad Celsius heiße Glas an der Glasform klebt und eine vollständige Füllung der Form ausbleibt. Abhilfe schafft hierbei eine Suspension aus Ölen und Graphit, die stündlich per Hand auf die Innenseiten der Glasform aufgetragen werden muss. Dieser Arbeits-

schritt sollte sowohl aus Umweltgesichtspunkten als auch aus arbeitstechnischen Gründen entfallen.

Ziel des Projekts ist die Entwicklung neuartiger, kostengünstiger Verschleißschutzschichten für Glasformen sowie neuer Lösungen für den Beschichtungsprozess, um das Ankleben des heißen Glastropfens deutlich hinauszuzögern. Dies soll eine erhöhte Lebensdauer ermöglichen und einen umweltschädlichen und arbeitstechnisch stark belastenden Prozessschritt in der Fertigungslinie eliminieren.

Die im Rahmen des Projekts gewonnenen Erkenntnisse werden für die Fertigung von Glasformen für die deutsche Behälterglasindustrie verwendet. Darüber hinaus kann das entwickelte Lösungskonzept auch von weiteren bayerischen Unternehmen verwendet werden, um verschleißfeste Schichten mittels thermischen Spritzens in ihre Produkte zu integrieren.

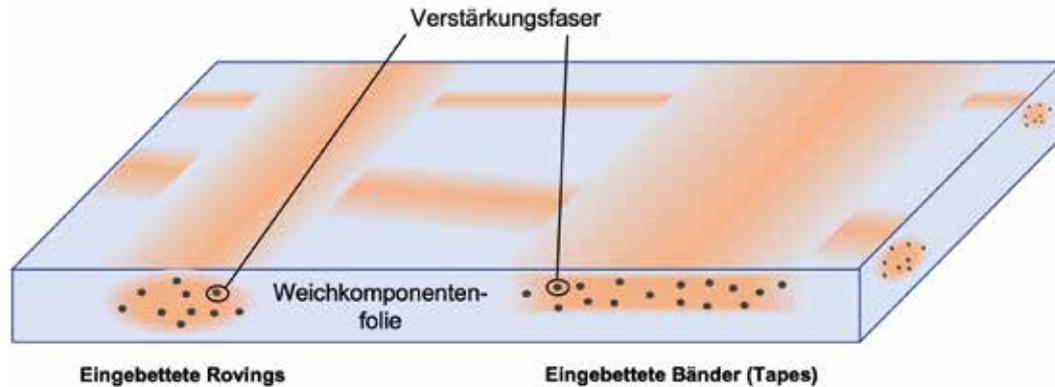
## PROJEKTLEITUNG

Neue Materialien Bayreuth GmbH  
Gottlieb-Keim-Straße 60, 95448 Bayreuth  
www.nmbgmbh.de

## PROJEKTPARTNER

Wiegand-Glashüttenwerke GmbH;  
Rauschert Heinersdorf-Pressig GmbH;  
Universität Bayreuth, Lehrstuhl Metallische Werkstoffe

# Schadenstolerante Hybridmaterialien als Bespannung für Leichtbaustrukturen in der Luftfahrt – Robust Skin



Schematischer Aufbau der angestrebten Bespannungsfolie „Robust Skin“

**Leichte Strukturbaueisen ermöglichen zukünftigen Luftfahrzeugen höhere Zuladungen, größere Reichweiten und nachhaltiges Fliegen. Für langsam fliegende Luftfahrzeuge kann dies beispielsweise mithilfe bespannter Tragstrukturen erreicht werden. Im Projekt Robust Skin wird hierfür ein faserverstärktes, schadenstolerantes Hybridmaterial erarbeitet.**

In den nächsten Jahrzehnten werden viele neue Konzepte die Luftfahrt erweitern: Neben dem nachhaltigen Fliegen mit alternativen Treibstoffen und neuen Antriebskonzepten wird auch die Urban Air Mobility mit sogenannten Lufttaxis ein Trend sein. Außerdem sind unbemannte, hochfliegende Fluggeräte in Entwicklung. Aktuelle, im klassischen Flugzeugbau etablierte Bauweisen sind für zukünftige Luftfahrzeuge häufig überdimensioniert und damit zu schwer. Für neuartige Leichtbaukonzepte können skelettartige Tragstrukturen mit einer folienartigen Bespannung eingesetzt werden. Die Bespannung hierfür muss sowohl steif sein – gegenüber den Luftkräften – als auch schadenstolerant – beispielsweise gegenüber Hagel.

Die Partner im Projekt Robust Skin erforschen die Machbarkeit eines schadenstoleranten Hybridmaterials als Bespannung für skelettartige Strukturen. Für die neuartige Bespannung werden auf Basis einer Struktursimulation verschiedene faserverstärkte Hybridmaterialien untersucht. Die TU München erarbeitet die Simulation und Va-

lidierung des Hybridmaterials. Die Prozessführung und die Prozessrouten zur Herstellung werden bei der Neue Materialien Bayreuth GmbH erforscht. Parallel zu diesen Arbeiten untersucht der Partner Airbus die neuartigen Hybridmaterialien auf ihre Anwendbarkeit bei langsam fliegenden Luftfahrzeugen. Darüber hinaus erfolgt im Projekt eine Nachhaltigkeitsuntersuchung im Hinblick auf die Umweltwirkungen entlang des Lebenszyklus einer solchen neuartigen Bauweise.

Das Projekt Robust Skin adressiert die Bayerische Luftfahrtstrategie 2030 und die darin enthaltenen Themen unbemanntes Fliegen und ökoeffizientes Fliegen. Die Projektergebnisse sichern zukunftsfähige Arbeitsplätze in Bayern.

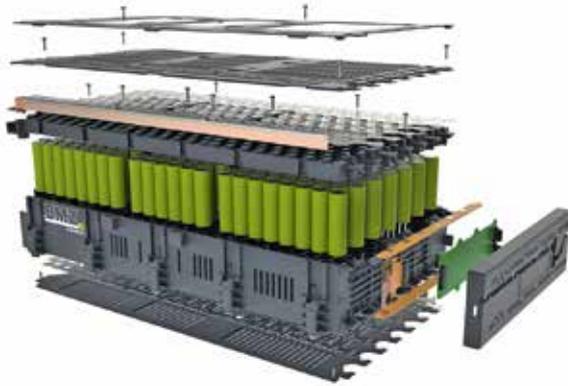
## PROJEKTLEITUNG

Neue Materialien Bayreuth GmbH  
Gottlieb-Keim-Straße 60, 95448 Bayreuth  
www.nmbgmbh.de

## PROJEKTPARTNER

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Carbon Composites;  
Airbus Defence and Space GmbH

## Innovatives thermisches Management von Batteriemodulen – InnoTherMaBatt



links: Aufbau eines Batteriemoduls der Firma BMZ; rechts: Prüfstand zur Untersuchung des Alterungsverhaltens einzelner Zellen

**Lithium-Ionen-Batterien kommen in immer mehr Geräten zum Einsatz und sind folglich vielen Umwelteinflüssen ausgesetzt. Die Zellen müssen in einem bestimmten Temperaturbereich gehalten werden, um eine lange Lebensdauer zu gewährleisten. Im Projekt InnoTherMaBatt soll das durch die Entwicklung innovativer Methoden zur Temperierung von Batteriemodulen erreicht werden.**

Für zukunftsfähige Batteriemodule ist ein innovatives thermisches Management zwingend erforderlich, da die energetische Effizienz und die Lebensdauer der Batterien entscheidend von der Betriebstemperatur der Zellen abhängen. In dem Projekt InnoTherMaBatt sollen deshalb Batteriemodule thermisch optimiert werden.

Dazu werden unterschiedliche Lösungsansätze untersucht, die eine Steigerung der elektrischen und thermischen Effizienz von Batterien ermöglichen. Der Einsatz innovativer und adaptiver Materialien und Systeme – beispielsweise schaltbare Wärmedämmungen oder Latentwärmespeichermaterialien – soll zusammen mit aktiven Temperiersystemen für Batteriemodule systematisch für unterschiedliche Randbedingungen untersucht und optimiert werden. Zunächst geht es darum, die thermischen Eigenschaften einzelner Zellen systematisch bei unterschiedlichen Randbedingungen zu charakterisieren. Zu diesem Zweck werden deren Bestandteile einzeln charakterisiert und auf dieser Basis Modelle erstellt, mit denen

das thermische Verhalten von Batteriezellen vorhergesagt werden kann. Darauf aufbauend sollen Vorhersagemodelle für ganze Batteriemodule entwickelt werden, an denen unterschiedliche Ansätze für das thermische Management untersucht werden können.

Die Ergebnisse aus diesen Untersuchungen sollen in einem Baukasten für das thermische Management gebündelt werden. In Laborversuchen werden die aussichtsreichsten Entwicklungen experimentell überprüft und validiert.

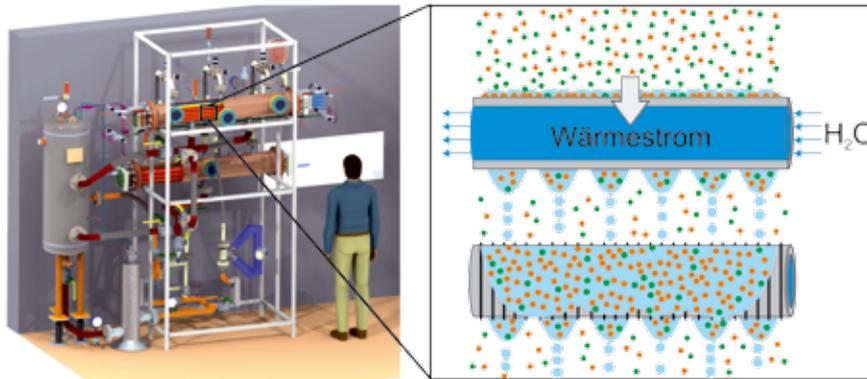
### PROJEKTLEITUNG

Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e. V.  
Bereich Energieeffizienz  
Magdalene-Schoch-Straße 3, 97074 Würzburg  
www.zae-bayern.de

### PROJEKTPARTNER

Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt  
Technologietransferzentrum Elektromobilität (TTZ-EMO);  
BMZ GmbH;  
Jopp Holding GmbH;  
Batemo GmbH;  
va-Q-tec AG

# Untersuchung der Kondensation von Kohlenwasserstoffgemischen am Rohr und an Rohrbündeln



links: 3D-Ansicht des Versuchsstandes zur wärmetechnischen Untersuchung der Kondensation von Kohlenwasserstoffgemischen;  
rechts: Schematische Darstellung der Gemischkondensation an der Rohraußenseite in Rohrbündeln

**Kohlenwasserstoffgemische werden wegen ihrer umweltfreundlichen Eigenschaften künftig in immer mehr Prozessen und Apparaten zu finden sein. Allerdings fehlt es an grundlegendem Wissen zur effizienten Auslegung von Rohrbündelkondensatoren, die beispielsweise in Kältemaschinen und Wärmepumpen integriert sind. Dieses Wissen soll im vorliegenden Projekt erweitert werden.**

Bei der Kondensation von Gemischen wird die Komponente mit höherem Siedepunkt bevorzugt verflüssigt. Deshalb entsteht eine mit der anderen Komponente angereicherte Dampfschicht, die den Wärmeübergang behindert. Dieser Effekt kann in vorhandenen Auslegungsansätzen für Wärmeübertrager, in welchen die Kondensation an der Rohraußenseite stattfindet, bislang nicht ausreichend genau quantifiziert werden. Ziel des gemeinsamen Projekts der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und der Wieland-Werke AG ist es, ein fundiertes Verständnis dafür zu erlangen, welche Mechanismen und Parameter die Gemischkondensation und den entsprechenden Wärmeübergang maßgeblich beeinflussen. Hierzu wird die Kondensation von ausgewählten binären Kohlenwasserstoffgemischen an berippten Einzelrohren und Rohrbündeln experimentell untersucht. Binäre Kohlenwasserstoffgemische sind aufgrund ihrer Klimafreundlichkeit für viele Prozesse schon heute relevant und werden dies auch in Zukunft sein.

Das Projekt betrachtet Einflussgrößen wie die Rippengeometrie, die Gemischzusammensetzung und die Kühlleistung. Hierfür werden von den Projektpartnern Versuchsanlagen aufgebaut und eingesetzt, mit denen die Gemischkondensation sowohl an Einzelrohren als auch in Rohrbündeln erforscht werden kann. Basierend auf den experimentellen Daten werden bestehende Modellierungsansätze für den Wärmeübergang bei der Gemischkondensation geprüft und erweitert sowie neue Ansätze entwickelt. Hiermit soll zukünftig eine genaue Beschreibung des Wärmeübergangs zwischen dem kondensierenden Dampfgemisch und dem Kühlwasser ermöglicht werden, das die Rippenrohre durchströmt. Ziel ist es, die Auslegung entsprechender Apparate zu verbessern und so die Effizienz zu steigern und den Einsatz von Primärenergie und Material zu reduzieren.

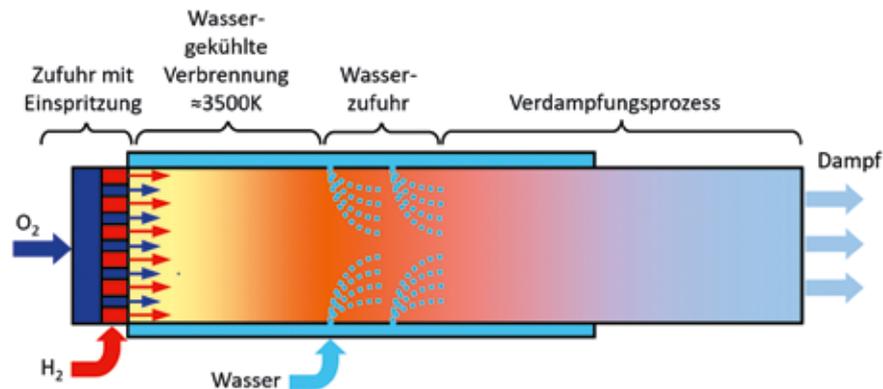
## PROJEKTLEITUNG

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Department Chemie- und Bioingenieurwesen  
Lehrstuhl für Advanced Optical Technologies –  
Thermophysical Properties (AOT-TP)  
Paul-Gordan-Straße 8, 91052 Erlangen  
[www.aot-tp.tf.fau.de](http://www.aot-tp.tf.fau.de)

## PROJEKTPARTNER

Wieland-Werke AG

# Weiterentwicklung der CFD-Simulationsmethoden für $H_2$ - $O_2$ -Hochdruck-Dampfgeneratoren zur Stromnetzstabilisierung



Schematische Darstellung des Verdampfungsprozesses bei  $H_2$ - $O_2$ -Hochdruck-Dampfgeneratoren

**Aufgrund des zunehmenden Ausbaus regenerativer Energien wird es schwieriger, die Frequenz im Stromnetz konstant zu halten. Frequenzschwankungen können aber mithilfe von regenerativ erzeugtem Wasserstoff, zum Beispiel in Dampfkraftwerken, ausgeglichen werden. Dafür sind genaue Berechnungsverfahren nötig, die in diesem Projekt maßgeblich weiterentwickelt werden.**

Durch die Zunahme von regenerativen Energien wird es zunehmend schwieriger, die übliche Frequenz von 50 Hertz im Stromnetz stabil aufrechtzuerhalten, wodurch generell auch das Risiko von Blackouts steigt. Deswegen wird nach Wegen gesucht, um Energie für Frequenzschwankungen zu speichern und diese Schwankungen schnellstmöglich auszugleichen.

Aus überschüssiger regenerativer Energie kann zum Beispiel Wasserstoff erzeugt werden, der über eine Verbrennung mit Sauerstoff in einem konventionellen Dampfkraftwerk wieder als Wasserdampf auf die dortige Dampfturbine geleitet werden kann. Dadurch lassen sich auch kleinere Schwankungen von regenerativ erzeugter Energie in kürzester Zeit ausgleichen, sodass die Frequenz im vorhandenen Stromnetz stabilisiert wird.

Um die Verbrennung und die benötigte Menge an Wasser- und Sauerstoff richtig dimensionieren zu können, sind aufwendige Simulationsverfahren nötig, also numerische

Strömungs- und Verbrennungssimulationen, die im Englischen „Computational Fluid Dynamics“ (CFD) genannt werden. Diese Verfahren müssen sowohl die Turbulenz als auch die chemische Verbrennung sowie deren Interaktion abbilden und sind dementsprechend komplex. Deswegen werden nicht unbedingt alle Schritte explizit berechnet, sondern teilweise über Modelle angenähert. Dadurch entstehen sogenannte Modellierungsfehler.

Ziel dieses Projekts ist es, die Simulationsverfahren und deren Modelle maßgeblich weiterzuentwickeln beziehungsweise den Modellcharakter so weit zu reduzieren, dass verlässlichere Berechnungen möglich sind, um die Entwicklung und Auslegung von solchen Brennkammern zu verbessern. Diese tragen dann zur Stabilisierung des Stromnetzes bei und unterstützen somit am Ende auch den Ausbau regenerativer Energien.

## PROJEKTLEITUNG

NUMECA Ingenieurbüro  
Türkeistraße 11  
90518 Altdorf b. Nürnberg  
www.numeca.de

## PROJEKTPARTNER

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Turbomaschinen und Flugantriebe  
Extraordinariat Raumfahrtantriebe

## Effizientes und nachhaltiges Bauen auf strukturempfindlichem Untergrund



B15 Westtangente Rosenheim: Visualisierung der Aicherparkbrücke über die Mangfall und den Mangfallkanal

**Bei breiigen Beckensedimenten, wie sie in den Seenlandschaften Südbayerns oft vorkommen, stoßen Bauingenieure mit herkömmlichen Verfahren an ihre Grenzen. Mittels einzigartiger Feldversuche und neuartiger Modellierungsansätze sollen wesentliche Grundlagen für eine nachhaltige Auslegung von Gründungen in diesen besonderen Böden geschaffen werden.**

Strukturempfindliche feinkörnige limnische Böden (umgangssprachlich Seetone) haben die Besonderheit, ihre bereits relativ geringe Scherfestigkeit bei Störungen des natürlichen Zustands größtenteils zu verlieren. Gegenüber anderen weichen Böden sind Seetone deshalb besonders herausfordernd: Das gilt sowohl für die Erkundung und die bodenmechanische Charakterisierung als auch für die Tragwirkung von Gründungen, die entscheidend von der Intensität des herstellungsbedingten Eingriffs abhängt.

Übliche Feld- und Laborverfahren sowie Modellierungsansätze, die die Grundlage der Planung von Gründungen bilden, stoßen an ihre Grenzen. Die Funktionsfähigkeit von Gründungssystemen, die in weichen Böden mit geringer Strukturempfindlichkeit erfolgreich eingesetzt werden, kann nicht vorausgesetzt werden. Das erschwert die Umsetzung von Bauvorhaben und kann sogar deren Realisierbarkeit infrage stellen.

In der Vergangenheit konnte in Südbayern die bauliche Nutzung von Flächen mit derart hohem Baugrundrisiko oft vermieden werden. Der Bedarf an Infrastruktur für Mobilität sowie die Entwicklung von Gebieten für die gewerbliche Nutzung und für Wohnungen macht eine nachhaltige Nutzung aller grundsätzlich verfügbaren Flächen unter Beachtung ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte in der Zukunft jedoch unausweichlich.

Nach fortgeschrittenen Feld- und Laborversuchen werden große Belastungsversuche an sechs Gründungssystemen durchgeführt, die in Auslegung und Umfang weltweit einmalig sind. Aus den Versuchsergebnissen werden neuartige Modellierungsansätze abgeleitet. Daraus folgt die Bewertung der Effizienz und Nachhaltigkeit der betrachteten Gründungsverfahren in Bezug auf die regional-typischen Böden. Dabei wird der ökologische Fußabdruck von der Herstellung bis zu einem möglichen Rückbau der Gründung betrachtet.

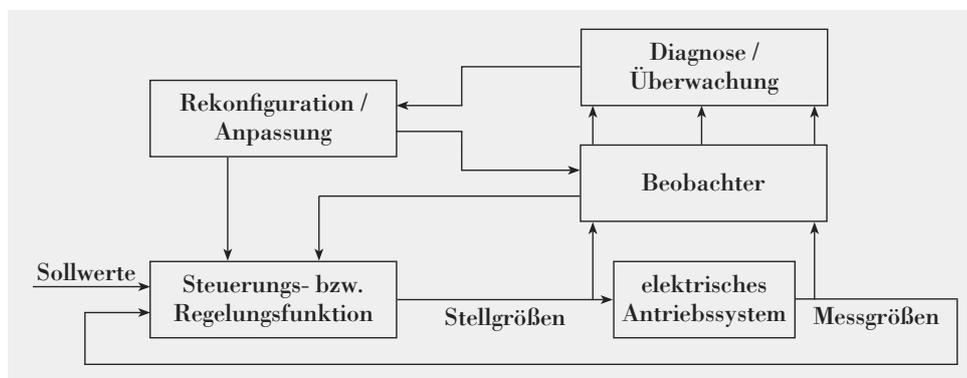
### PROJEKTLEITUNG

Technische Universität München  
Zentrum Geotechnik  
Franz-Langinger-Straße 10  
81245 München  
www.bgu.tum.de

### PROJEKTPARTNER

Aarsleff Grundbau GmbH; Stump-Franki Spezialtiefbau GmbH; Keller Grundbau GmbH;  
Glötzl Gesellschaft für Baumesstechnik mbH; Konstruktionsgruppe Bauen AG;  
Menard GmbH; Kurt Motz Baubetriebesgesellschaft GmbH & Co. KG;  
Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH; Solexperts AG; Zosseder GmbH Tiefbau

## Erhöhung der Ausfallsicherheit in elektrischen Antriebssystemen – Antrieb-SDR



Konzept für ein fehlertolerantes elektrisches Antriebssystem

**Elektrische Antriebe müssen steigende Anforderungen hinsichtlich ihrer Sicherheit erfüllen. Um diese auch beim Ausfall einzelner Sensoren zu gewährleisten, sollen alternative Mess- oder Schätzwerte softwarebasiert zur Verfügung gestellt werden. Eine intelligente Steuerung soll Fehler frühzeitig erkennen und die Ansteuerung anpassen.**

Im Zuge der fortschreitenden Elektrifizierung und Automatisierung werden immer häufiger elektrische Antriebssysteme eingesetzt. Antriebe übernehmen Funktionen zunehmend autonom oder teilautonom, womit die Haftung und die rechtliche Verantwortung zu deren Herstellern wandern. Ein Ausfall des zentralen elektrischen Traktionsantriebs hätte zum Beispiel fatale, eventuell lebensbedrohliche Folgen für mehrere Verkehrsteilnehmer.

Das allgemeine Ziel des Projekts ist es daher, die Zuverlässigkeit von elektrischen Antrieben zu steigern, vor allem indem der Ausfall einzelner Sensoren vermieden wird. Wenn einzelne Sensoren ausfallen, führt dies zum direkten Versagen der Motorregelung. Daher muss die Sensorik elektrischer Antriebssysteme bei sicherheitskritischen Anwendungen eine besonders hohe Ausfallsicherheit bieten. Für diesen Fall werden alternative Mess- oder Schätzwerte benötigt, auf die im Fehlerfall durch eine intelligente, rekonfigurierbare Motorsteuerung zurückge-

griffen werden kann. Mit deren Hilfe ist dann ein Weiterbetrieb oder eventuell auch ein Notbetrieb bei geringer Leistung möglich.

Der konventionelle Ansatz ist es, entweder die Anzahl an physischen Sensoren zu erhöhen oder redundante, zweikanalige Sensoren mit höherer Ausfallsicherheit einzusetzen. Nachteile bei diesem Lösungsansatz sind die erhöhten Systemkosten und gegebenenfalls ein erhöhter Bauraumbedarf. Das Neuartige am Forschungsvorhaben besteht darin, die notwendigen, alternativen Sensorsignale durch softwarebasierte Schätzverfahren – sogenannte sensorlose Verfahren – zur Verfügung zu stellen. Dies hat den Vorteil, dass es zu keiner Erhöhung der Systemkosten durch den erhöhten Sensorikbedarf kommt.

### PROJEKTLEITUNG

Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt  
Technologiezentrum Elektromobilität (TTZ-EMO)  
Ignaz-Schön-Straße 11, 97421 Schweinfurt  
www.fhws.de

### PROJEKTPARTNER

JOPP Holding GmbH;  
Schneider Electric Automation GmbH;  
Sensorless Motor Control Technologies GmbH

# Innovative Regelungs- und Steuerungsstrategien für Druckerhöhungsanlagen – InnoReSt



Typischer Vertreter eines Fluidfördersystems: Druckerhöhungsanlage am Versuchsstand zur Wasserspeisung eines unbekanntem Rohrleitungssystems sowie zur Druckaufrechterhaltung in selbigem System

**Fluidförderanlagen finden sich üblicherweise im industriellen sowie im kommunalen Umfeld. Der technische Anspruch, zur Automatisierung solcher Anlagen neuartige Algorithmen zu verwenden, steigt auch hier stetig an. Im Projekt InnoReSt werden adaptive Algorithmen entwickelt, die stellvertretend an einer Druckerhöhungsanlage erprobt werden.**

Mithilfe von Druckerhöhungsanlagen werden kommunale oder private Verbraucher über ein Rohrleitungsnetz mit Wasser versorgt. Um eine effiziente, stabile Fluidversorgung unbekannter, komplexer Rohrleitungssysteme durch Fluidförderanlagen gewährleisten zu können, ist eine effektivere und angepasste Ansteuerung der Pumpen notwendig, die in die Anlagen einspeisen. Fluidversorgung meint hier entweder die Sicherung eines konstanten Volumenstroms oder eines konstanten Drucks, auch wenn die Fluidabnahme zeitlich variiert.

Üblicherweise werden die Regelalgorithmen, aus denen eine entsprechende Ansteuerung der Pumpen hervorgeht, mit empirisch ermittelten, konstanten Parametern belegt, um den Druck oder Volumenstrom in der Anlagenautomatisierung konstant zu halten. Auch gelten die gängig verwendeten Algorithmen lediglich für einen definierten Betriebspunkt der Anlage, nicht für einen große-

ren Betriebsbereich. Dies hat zur Folge, dass sich für die Druck- oder Volumenstromregelung ungünstigere Dynamiken ergeben können als gewünscht.

Die Partner des Projekts InnoReSt haben sich zum Ziel gesetzt, diesen unerwünschten Dynamiken durch drei Ansätze entgegenzuwirken: Zunächst wird ein physikalisch-mathematisches Anlagenmodell entwickelt, das die Dynamik der realen Anlage hinreichend genau beschreibt. Basierend auf diesem virtuellen Modell wird ein adaptiver Algorithmus entwickelt, mit dem die Anlagensteuerung ihre notwendigen Parameter selbstständig ermitteln und anpassen kann – je nach Fluidbedarf und Fördersituation. Und schließlich wird im Rahmen des Projekts versucht, die unbekannte Rohrnetzynamik anhand charakteristischer Eigenschaften zu erlernen, um so ein noch effizienteres und gezielteres Ansteuern zu ermöglichen.

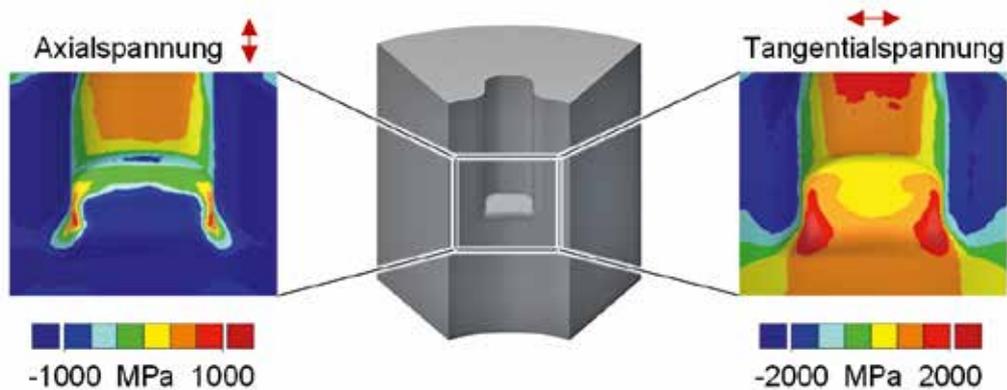
## PROJEKTLEITUNG

Technische Hochschule Nürnberg  
Georg Simon Ohm  
Keßlerplatz 12, 90489 Nürnberg  
www.th-nuernberg.de

## PROJEKTPARTNER

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Lehrstuhl für Regelungstechnik;  
SPECK Pumpen Verkaufsgesellschaft GmbH

## Reduktion lokaler Zugspannungen in Werkzeugen der Kaltmassivumformung – LokSp



Mehrachsig e Zugspannungen in einem Kaltmassivumformwerkzeug

**Durch Kaltumformung lassen sich umweltfreundlich Bauteile fertigen – energieeffizienter als warmumformend, schneller als additiv und materialeffizienter als spanend. Zur wirtschaftlichen Konkurrenzfähigkeit der Technologie muss insbesondere einer Herausforderung begegnet werden: verfrühtem Werkzeugausfall wegen hoher und komplexer Beanspruchungen.**

Die Anforderungen an technische Bauteile sind hoch: Sie sollen hochbelastbar und möglichst leicht sein, vielfältige Funktionen erfüllen und umweltfreundlich hergestellt werden. Die Kaltmassivumformung ist geeignet, diese Anforderungen in der Produktion zu erfüllen. Durch den Wegfall der Wärmebehandlung werden gute mechanische Bauteileigenschaften erreicht und es werden Energie und CO<sub>2</sub> eingespart. Bei sogenannter Net-Shape-Fertigung wird zudem genau das Material eingesetzt, das für das herzustellende Bauteil benötigt wird. Hierfür müssen komplizierte Geometrien in den verwendeten Werkzeugen abgebildet werden. Durch große Kräfte bei der Umformung entstehen dabei hohe, lokal konzentrierte Zugspannungen. Diese führen zum Ermüdungsversagen der Werkzeuge und mindern so die Wirtschaftlichkeit der Prozesse.

Ziel der Projektpartner ist die Verbesserung des Spannungszustands in Kaltmassivumformwerkzeugen, um die Werkzeuglebensdauer zu verlängern. Konkret bedeutet

dies, den mehrachsig ausgerichteten Zugspannungen (siehe Abbildung) durch geeignete Vorspannungskonzepte entgegenzuwirken.

Um dieses Ziel zu erreichen, werden sowohl ein Modellprozess als auch Prozesse der beteiligten Industriepartner analysiert. Im Modellprozess werden Maßnahmen zur gezielten und richtungsabhängigen Reduktion der Spannungen grundlegend untersucht. Die Industriepartner setzen diese Maßnahmen dann in ihren Prozessen ein, um die Umsetzbarkeit unter praktischen Bedingungen zu prüfen. Eine erfolgreiche Verlängerung der Werkzeuglebensdauer trägt zur wirtschaftlicheren Herstellung von Bauteilen und zur Verbreitung umweltfreundlicher Fertigungstechnologien am Wirtschaftsstandort Bayern bei.

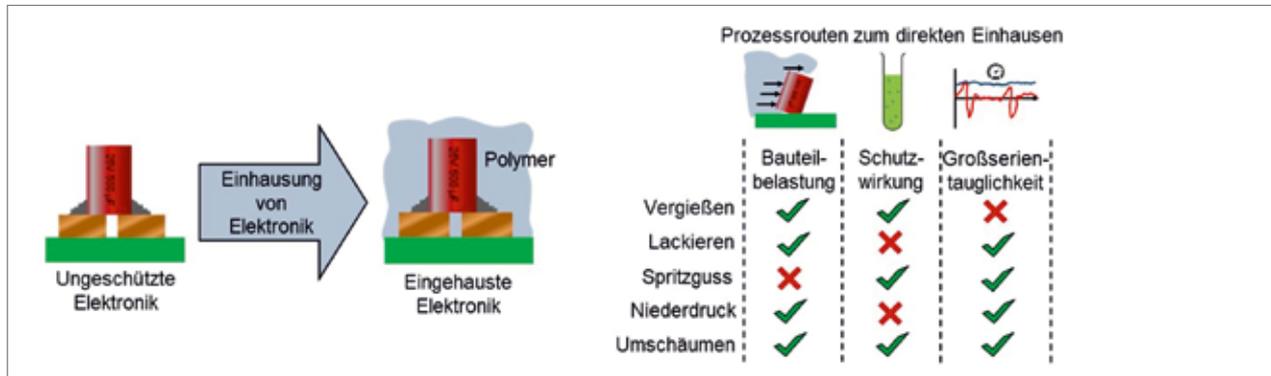
### PROJEKTLEITUNG

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Lehrstuhl für Fertigungstechnologie (LFT)  
Egerlandstraße 13, 91058 Erlangen  
www.lft.uni-erlangen.de

### PROJEKTPARTNER

ZF Friedrichshafen AG;  
Hoerbiger Antriebstechnik GmbH;  
Arnold Umformtechnik GmbH & Co. KG;  
Plansee SE

# Mediendichtes Umschäumen von elektronischen Baugruppen mittels Thermoplast-Schaumspritzguss – Foam-Tight



Prozessrouten zum direkten Einhausen von Elektronik, bezogen auf Herausforderungen

**Aufgrund zunehmender Funktionsdichte in mechatronischen Baugruppen besteht ein steigender Bedarf an mechanisch geschützten Elektronik- und Sensorik-Elementen. Die Herausforderung dabei ist das Erzielen einer niedrigen Bauteilbelastung während der Einhausung, in Kombination mit einer hohen Schutzwirkung in einem großserientauglichen Verfahren.**

Ziel des Projekts ist es, mit dem mediendichten Umschäumen von elektrischen Baugruppen ein neues, innovatives Verfahren für den industriellen Einsatz zu qualifizieren, das diese Herausforderung meistern kann. Zentraler Aspekt ist die Abbildung der entstehenden Schäumdrücke, da diese für die Schwindungskompensation und damit verbunden für die Dichtwirkung verantwortlich sind. Um das für den industriellen Einsatz notwendige Prozessverständnis zu generieren, sollen ein Laborversuch und ein Rechenmodell in Kombination mit Spritzgussimulationen zum Einsatz kommen. Dadurch können verschiedene Einflussfaktoren detailliert untersucht und mit der Dichtheit und Verbundqualität korreliert werden. Zu den Einflussfaktoren zählen Treibmittel (Art, Menge), Matrixmaterial (Viskosität, Füllstoffe) und Einlegeteileigenschaften (Rauheit, Wärmeleitfähigkeit). Zusätzlich soll die Belastungssituation während des Umspritzens durch eine neue deformationsbasierte Kraftmessung direkt im Spritzgusswerkzeug abgebildet werden.

Durch die Korrelation dieser Ergebnisse mit Materialeigenschaften und Prozessparametern kann verallgemeinerbares Wissen geniert werden, mit dem sich das Verfahren für die Nutzung in der Industrie qualifizieren lässt. Aus den so gewonnen Zusammenhängen zum Schäumdruck und der Belastungsreduktion werden Handlungsempfehlungen und Gestaltungshinweise abgeleitet, mit denen das Verfahren direkt in die Anwendung überführt werden kann. Das ermöglicht ein tiefes Verständnis des Dichtmechanismus und der Belastungsreduktion im Thermoplast-Schaumspritzguss, das für den Transfer dieses Lösungsansatzes in die Industrie zwingend erforderlich ist.

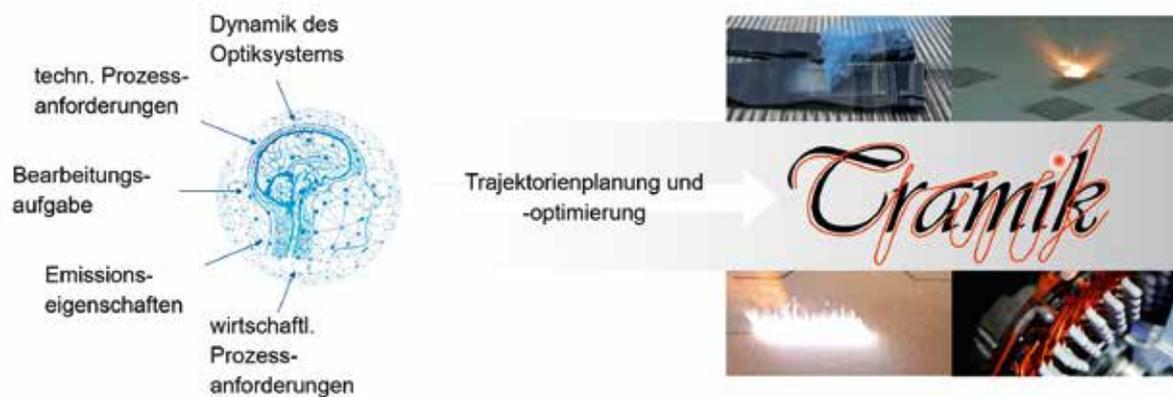
## PROJEKTLEITUNG

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Lehrstuhl für Kunststofftechnik  
Am Weichselgarten 9  
91058 Erlangen-Tennenlohe  
www.lkt.uni-erlangen.de

## PROJEKTPARTNER

Oechsler AG;  
Vitesco Technologies GmbH;  
SGS Service Gesellschaft für SMD-Technik mbH & Co. KG;  
KraussMaffei Technologies GmbH;  
Ricone GmbH

# Trajektorienplanung zur Steigerung der Dynamik von Fertigungsprozessen der Lasermaterialbearbeitung – TRAMIK



Prozessübergreifende Trajektorienplanung zur Verbesserung der Qualität und der Produktivität von Laserprozessen in der Fertigung

**Das Projekt zielt auf die Optimierung der Brennflecktrajektorie ab. Dadurch können die Bearbeitungsgenauigkeit und die Produktivität von Laserprozessen in der Fertigung gesteigert werden. Auf dieser Basis sollen Anwendungsunternehmen befähigt werden, die Geschwindigkeit und die Qualität eines Fertigungsprozesses eigenständig zu priorisieren.**

Eine hohe Präzision und eine gute Reproduzierbarkeit sind Charakteristika von Prozessen der Lasermaterialbearbeitung: ob in der additiven Fertigung, beim Schweißen von Elektronikkomponenten oder in der Mikrostrukturierung von Komponenten einer Batteriezelle. Durch die Notwendigkeit, immer schneller zu produzieren, ist es eine große Herausforderung, diese Anforderungen zu erfüllen. Zwar können moderne Strahlablesysteme den Laserbrennfleck sehr flexibel und hochdynamisch über die Werkstückoberfläche führen, ab Vorschubgeschwindigkeiten von mehreren Metern pro Sekunde werden jedoch auch bei diesen Systemen die dynamischen Grenzen erreicht. Die Konsequenzen sind Abweichungen des Laserbrennflecks von der Soll-Trajektorie und eine ungleichmäßige Energieeinbringung durch Beschleunigungs- und Abbremsphasen.

Das Konsortium des Projekts TRAMIK will die dynamischen Grenzen aktueller Lasersysteme erweitern, indem die Trajektorienplanung optimiert wird und sowohl die

Eigenschaften der Scanneroptik als auch die der Strahlquelle einbezogen werden. Dadurch ist es unabhängig vom spezifischen Laserprozess möglich, die Bewegungsgenauigkeit des Laserbrennflecks und die Produktivität zu steigern. Anwendungsunternehmen sollen in die Lage versetzt werden, die Anforderungen an den Prozess selbst zu priorisieren und den Kompromiss zwischen Prozessgeschwindigkeit und -präzision individuell und ohne Expertenwissen festzulegen.

Die Lasermaterialbearbeitung wird in Zukunft ein wesentlicher Treiber innovativer Technologien sein. Dabei wird das Projekt einen Beitrag leisten, insbesondere durch eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit und der Anwendungsfreundlichkeit. Die Projektergebnisse werden in die industrielle Anwendung transferiert.

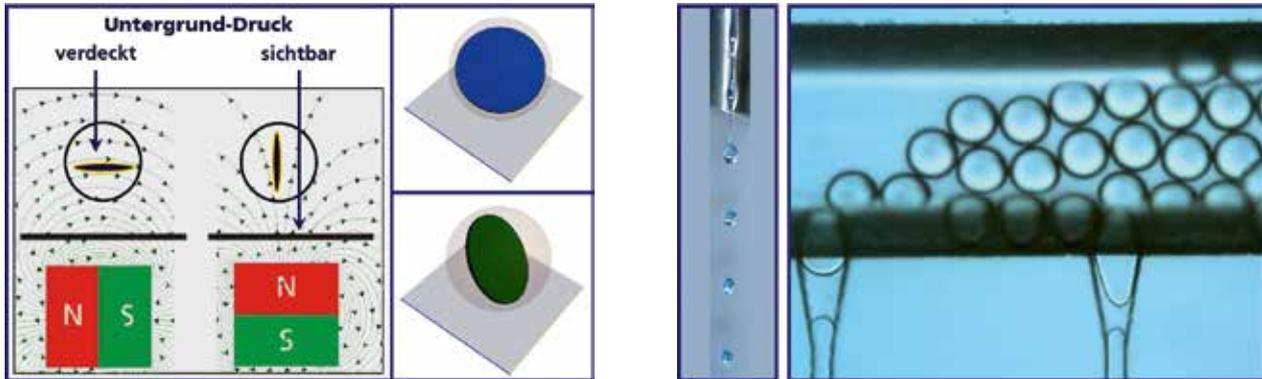
## PROJEKTLEITUNG

RAYLASE GmbH  
Argelsrieder Feld 2 + 4, 82234 Wessling  
www.raylase.de

## PROJEKTPARTNER

Technische Universität München  
Institut für Werkzeugmaschinen  
und Betriebswissenschaften (iwb);  
InnoLas Photonics GmbH;  
BBW Lasertechnik GmbH

# Entwicklung eines interaktiven magnetischen Security Features – InterActiveMagSec



links: Schematische Darstellung der Funktionsweise des neuen Sicherheitsmerkmals – Farbwechsel je nach Stellung des Pigmentes; rechts: Vibrationsvertopfung mithilfe einer Doppeldüse zur Herstellung von Kern-Hülle-Kapseln; Tropfenbildung innerhalb eines Mikro-fluidik-Reaktors zur Mikroverkapselung mittels Grenzflächenpolymerisation

**Moderne Banknoten müssen Fälschern immer eine Nasenlänge voraus sein. Ziel des Projekts InterActive-MagSec ist ein interaktives, gedrucktes Sicherheitsmerkmal für Banknoten, dessen Farbe sich dynamisch mit der Bewegung eines Magnetfeldes ändert. Die Echtheitsprüfung der Banknote erfolgt dann mittels Magneten.**

Um das ambitionierte Projektziel zu erreichen, sollen einzelne geometrisch genau definierte magnetische Interferenz-Pigmente, die eine vom Betrachtungswinkel abhängige Farbe zeigen, beweglich in einer Flüssigkeit gelagert werden. Anschließend sollen sie mit einer festen Kapselhülle umschlossen werden, die nur wenig größer als das Pigment ist. Mit diesen Kapseln wird schließlich das Banknotensubstrat bedruckt und die Druckschicht ausgehärtet, sodass sie den üblichen Belastungen einer Banknote standhält. Um das Echtheitsmerkmal zu prüfen, wird unter der Banknote ein Magnet bewegt. In diesem dynamischen Magnetfeld dreht sich das Pigment im flüssigen Kapselkern und verändert dabei entsprechend der Magnetbewegung die wahrnehmbare Farbe der Druckschicht. Folgende wissenschaftlich-/technische Herausforderungen sind vom Projektteam zu lösen:

- » Herstellung von magnetischen Interferenz-Pigmenten mit geometrisch genau definierter Form und Größe.

- » Innovative Dispergier-Technologien, um die magnetischen Pigmente optimal für die nachfolgende Verkapselung zu vereinzeln.
- » Erforschung neuartiger Mikrofluidikreaktoren beziehungsweise Vertopfungsprozesse zur Herstellung von Kern-Hülle-Kapseln mit genau definiertem Durchmesser und flüssigem Kern, die genau ein bewegliches Pigment pro Kapsel enthalten.
- » Farbentwicklung und Druck einer stabilen, funktionalen Farbschicht für ein brillantes, langlebiges Sicherheitsmerkmal.

Die wissenschaftlichen und technischen Erkenntnisse des Projekts sind auch in den Bereichen Displaytechnik, Medizintechnik, Messtechnik und in der additiven Fertigung einsetzbar und schaffen damit neben der Anwendung in der Banknotensicherheit gute Voraussetzungen für die Sicherung und den Ausbau von Arbeitsplätzen in Bayern.

## PROJEKTLEITUNG

Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm  
Forschungsgruppe Partikeltechnologie  
Wassertorstraße 10, 90489 Nürnberg  
www.th-nuernberg.de

## PROJEKTPARTNER

Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT;  
BRACE GmbH;  
Papierfabrik Louisenthal GmbH;  
Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH

# Dynamische Vermessung von Schnellläuferpressen



links: Schnellläuferpresse BSTA 510; rechts: unterschiedliche Stanzteile

**Getrieben durch Elektrifizierung, Miniaturisierung und Digitalisierung, werden Billionen zusätzlicher Stanzteile – wie Steckverbinder oder Lead-Frames – in steigender Komplexität und Qualität benötigt. Das Forschungsvorhaben charakterisiert mit einem einzigartigen Messkonzept erstmals die hochdynamischen Phänomene in den Pressen und will damit die Machbarkeitsgrenzen weiter verschieben.**

Gemäß dem heutigen Stand der Forschung und Technik erfolgt der Nachweis der Maschinenfähigkeit beziehungsweise Prozessfähigkeit von Schnellläuferpressen anhand statischer Prüfprotokolle. Schnellläuferpressen sind Hochleistungspressen mit Hubzahlen bis zu 2000 Hub pro Minute. Entscheidend für die Maschinenfähigkeit beziehungsweise für die Prozessfähigkeit sind die hochdynamischen Betriebszustände während der Produktion, die bisher jedoch nicht erfasst und charakterisiert werden können. Das von der bayerischen Industrie unterstützte Forschungsziel ist daher, das weltweit erste dynamische Prüfkonzept zu entwickeln und aufzubauen, das die Bewertung und den Vergleich von Schnellläuferpressen unter variablen Prozessrandbedingungen ermöglicht. Dies bildet unter anderem den entscheidenden Schritt zu einer Standardisierung und Normung.

Die dynamische Vermessung von Schnellläuferpressen stellt neben der industriellen Relevanz eine wissenschaftliche Herausforderung dar. Realistische Prozesskräfte sollen materialunabhängig über ein passives Werkzeugmodul eingestellt und aufgebracht werden können. Um der hohen Dynamik gerecht zu werden, müssen Messkonzepte und Auswerterroutinen neu gedacht werden. Beispielsweise geht es darum, die Fusion unterschiedlicher Sensordaten zur Informationsgewinnung heranzuziehen, um Effekte wie Verlagerung, Verkipfung und elastische Deformation orts- und zeitaufgelöst zu differenzieren. Die primäre Zielstellung liegt in der Bewertung der eingesetzten Fertigungsanlagen. Darüber hinaus erschließen die Forschungsergebnisse Potenziale einer zielgerichteten Prozessoptimierung, einer vorbeugenden Instandhaltung und der objektiven Abstimmung aller Beteiligten entlang der Prozesskette.

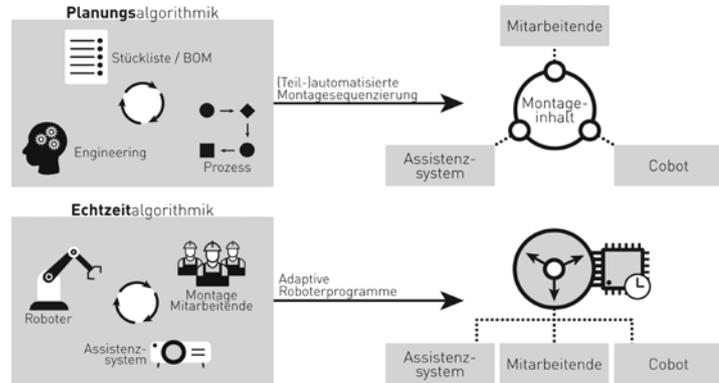
## PROJEKTLEITUNG

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen  
Walther-Meißner-Straße 4, 85748 Garching  
www.utg.de

## PROJEKTPARTNER

Quittenbaum GmbH;  
Nidec SYS GmbH;  
Poellath GmbH & Co. KG;  
iwis smart connect GmbH;  
Bruderer GmbH

# Konfigurierbare Prozessketten in der kollaborativen Montage komplexer Bauteile – KoPro



links: Das hybride Montageteam, bestehend aus Mensch, Roboter und Werkerassistenzsystem; rechts: Übersicht des geplanten Vorhabens

**Kleiner werdende Losgrößen variantenreicher Produkte sorgen für einen hohen Planungs- und Programmieraufwand bei der Teilautomatisierung mit Robotern. Im Projekt KoPro soll dieser Aufwand durch zwei Maßnahmen reduziert werden: Zum einen durch neuartige Planungsalgorithmen und zum anderen durch Anpassungen der Montagesequenzen und der Roboterprogramme in Echtzeit.**

In vielen industriellen Bereichen ist in den letzten zehn Jahren ein klarer Trend von der Massenproduktion hin zur „Massenspezialanfertigung“ zu beobachten. Konsumenten verlangen nach immer mehr personalisierten Produkten, die kleine Losgrößen bei der Herstellung zur Folge haben.

Die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) stellt einen vielversprechenden Ansatz dar, diese kleinen Losgrößen teilautomatisiert zu produzieren. Die Machbarkeitsstudie InKoMo untersuchte die neuartige Kombination von Mensch, Cobot und Werkerassistenzsystem an einem Arbeitsplatz. Sie zeigte, dass durch vorgegebene und kontrollierte Arbeitsschritte die Montage effizienter gestaltet werden kann und sich Fehler vermeiden lassen. Der Planungsaufwand für eine solche hybride Prozesskette ist momentan jedoch äußerst hoch und erfordert Spezialwissen.

KoPro zielt darauf ab, diesen Planungsaufwand in hybriden Montageteams durch entsprechende Algorithmik in der Planungsebene zu reduzieren und basierend auf bereits vorhandenen Produkt- und Prozessdaten zu (teil-)automatisieren. Ergänzend dazu soll mithilfe einer geeigneten Umgebungswahrnehmung sowie bidirektionaler Kommunikationsmodalitäten eine Interaktion zwischen Mensch, Roboter und Assistenzsystem ermöglicht werden, aus der sich adaptive Roboterprogramme und Arbeitsanweisungen ableiten lassen.

Hinsichtlich des aktuellen industriellen Wandels in Richtung Industrie 4.0 bietet der Einsatz von Robotern und Assistenzsystemen in der Montage großes Potenzial, mit dem globalen Wettbewerb Schritt zu halten. Die Erkenntnisse aus dem KoPro-Projekt sollen dazu beitragen, Unternehmen in Bayern zu befähigen, diesen Wandel zu vollziehen und gleichzeitig Arbeitsplätze in der Montage zu erhalten.

## PROJEKTLEITUNG

Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt  
Institut für Digital Engineering (IDEE)  
Ignaz-Schön-Str. 11, 97421 Schweinfurt  
<https://robotik.fhws.de>

## PROJEKTPARTNER

Fresenius Medical Care Deutschland GmbH;  
Uhlmann & Zacher GmbH;  
Wittenstein SE;  
Universal Robots (Germany) GmbH;  
DE software & control GmbH

# Vernetzte Sensorik zur Analyse von elektrochemischen und mechanochemischen Prozessen – SensAPro



links: Reinigung und Inspektion präzisionsgalvanisierter Bauteile; rechts: Vorbereitung des Polierprozesses und Messung von Prozessparametern beim Polieren optischer Bauteile

**Ein zentraler Bestandteil der Digitalisierung ist die Verknüpfung von realer und digitaler Welt, mithilfe von Sensoren und passender Software. Die oftmals komplizierte Software-Anbindung der Sensoren stellt jedoch insbesondere kleine Unternehmen vor Herausforderungen. Das Ziel des Projekts SensAPro ist eine Umgebung, in der Sensoren unkompliziert eingebunden werden können.**

Im Umfeld zunehmender Digitalisierung ist von einer tiefgehenden Veränderung der Arbeitswelt auszugehen. Es ist mit vielfältigen Auswirkungen auf Firmen, Mitarbeitende und Geschäftsprozesse sowie Geschäftsmodelle zu rechnen. Die Nutzung digitaler Lösungen erlaubt es, bestehende Geschäftsmodelle und Fertigungsprozesse neu zu denken oder gar neue Geschäftsfelder zu eröffnen.

Ein zentraler Bestandteil der Digitalisierung ist die Verknüpfung von realer und digitaler Welt. Dabei erfasst ein Sensor Parameter der realen Welt und gibt diese Sensordaten an eine Software beziehungsweise an eine Datenbank weiter. Die Software kann dann flexibel auf Veränderungen der Umgebung reagieren. Allerdings kann die Software-Anbindung der Sensoren sehr kompliziert sein und stellt somit ein potenzielles Hindernis und einen möglichen Wettbewerbsnachteil bei der Umsetzung digitaler Lösungen für kleine Unternehmen dar.

Durch SensAPro wird eine Umgebung geschaffen, in der im industriellen Umfeld Sensoren unkompliziert eingebunden werden können. Tiefgreifende IT-Expertise ist dafür nicht erforderlich. Die Einbindung soll ähnlich der Home-Automatisierung erfolgen. Dabei wird auch auf autark betriebene Systeme und Funkvernetzung sowie eine standortübergreifende Einbindung von Sensoren eingegangen.

Das System wird anhand zweier komplexer Prozesse mit beispielgebenden Use-Cases aufgebaut. Ziel ist die volle Übertragbarkeit des modularen Systems aus Hardware und Software auf andere Anwendungsfälle. Hierbei kommen Anwendungsfälle in verschiedenen Industrien und in Firmen jeglicher Größe bis hin zu Kleinstunternehmen in Frage. Nach Abschluss von SensAPro steht allen interessierten Unternehmen der Zugang zu einer beispielhaften Best-Practice-Umsetzung zur Verfügung.

## PROJEKTLEITUNG

Technische Hochschule Deggendorf  
Institut für Präzisionsbearbeitung und Hochfrequenztechnik (IPH)  
Dieter-Görlitz-Platz 1, 94469 Deggendorf  
<https://www.th-deg.de>

## PROJEKTPARTNER

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

## Absorberfreies Laser-Kunststoffschweißen für qualitätskritische High-Volume-Anwendungen in der Medizintechnik – CTC-Med



links: Lasergeschweißte Kunststoffampulle mit Düse (nadellose Spritze); rechts: Einblick in eine Maschine für das Laser-Kunststoffschweißen

**In der Medizintechnik werden zahlreiche Produkte wie zum Beispiel Spritzen oder Einwegtests aus transparenten Kunststoffen hergestellt. Die Produktion erfolgt in großen Stückzahlen und stellt hohe Anforderungen an Präzision, Sicherheit und Sauberkeit der Fertigung. Im Projekt CTC-Med werden die Grundlagen für das Laserschweißen dieser Bauteile erforscht.**

Beim Laserschweißen von Kunststoffen werden üblicherweise die beiden zu fügenden Teile im Überlapp verbunden, wobei der obere der beiden Fügepartner für den Laserstrahl durchlässig und der untere mit laserstrahlabsorbierenden Zusätzen versehen ist. In der Medizintechnik sind diese absorbierenden Zusätze jedoch oft störend, weshalb im Rahmen des Projekts auf sie verzichtet und die Absorption der Laserstrahlung durch eine geeignete Laserwellenlänge und Strahlformung erzeugt wird. Die Prozessführung ist allerdings ausgesprochen kritisch und für einen Großserieneinsatz noch nicht geeignet, weshalb es einer grundlegenden Erforschung der unterschiedlichen Einflussgrößen auf die Qualität der Schweißnaht bedarf, wie zum Beispiel Strahlformung, Laser-Leistungsdichteverteilung, Spannkrafteinleitung.

Dieser Aufgabe stellt sich ein Konsortium aus folgenden Partnern: Evosys Laser (Schweißanlagenhersteller), AdlOptica (Hersteller von Laser-Optiken), Gerresheimer (Hersteller von Medizintechnik-Produkten aus Kunst-

stoff) und dem Labor Laser-Materialbearbeitung an der Fakultät Maschinenbau der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg. Gemeinsam werden eine Multispot-Laseroptik, ein neuartiges Spannsystem und die Schweißbauteile selbst so aufeinander abgestimmt, dass eine optimale Prozessführung möglich wird.

Durch die im Forschungsprojekt gewonnenen Erkenntnisse wird die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit zahlreicher Unternehmen gestärkt. Dazu gehören Unternehmen, die Laserschweißmaschinen entwickeln und fertigen, deren Lieferanten (zum Beispiel für Laseroptiken) als auch Hersteller pharmazeutischer Kunststoffartikel. Auf diese Weise werden Arbeitsplätze insbesondere in Bayern gesichert.

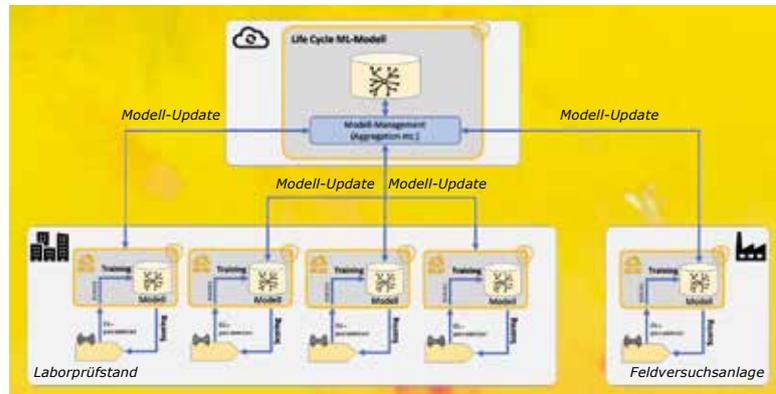
### PROJEKTLEITUNG

Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg  
Technologie Campus Parsberg-Lupburg  
Am Campus 1, 92331 Parsberg  
[www.oth-regensburg.de](http://www.oth-regensburg.de)

### PROJEKTPARTNER

Evosys Laser GmbH;  
Gerresheimer Regensburg GmbH;  
AdlOptica Optical Systems GmbH

# Entwicklung einer Machine-Learning-Lösung zur vorausschauenden Wartung von Getriebeölen – SmartGear



SmartGear: Verteilte Systemarchitektur für maschinelles Lernen am Beispiel vorausschauender Wartung von Getriebeölen

**Schmieröle leisten einen wesentlichen Beitrag zur Reibungsminimierung und gewährleisten damit einen sicheren Betrieb von Produktionsanlagen. Die abfallende Leistungsfähigkeit der Schmieröle soll mittels Sensorik und Machine-Learning-Methoden erkannt und der Zeitpunkt für einen Ölwechsel prognostiziert werden.**

Schmieröle zeigen im Verlauf der Anwendung eine abfallende Leistungsfähigkeit, die auf intrinsischen Eigenschaften beruhen kann. Dazu zählen die Alterung der Grundöle, der Abbau der enthaltenen Additive, aber auch externe Einflüsse wie der Eintrag von Fremdstoffen. Die sinkende Leistungsfähigkeit führt unweigerlich zu einem Ausfall der Maschine, sofern das Öl nicht rechtzeitig ersetzt wird. Stand heute wird dies durch externe Laboranalysen verhindert, die in regelmäßigen Zeitintervallen eine verlässliche Aussage über den Zustand des Schmieröls geben. Dabei wird eine Vielzahl an verschiedenen Einflussgrößen direkt oder indirekt chemisch-analytisch bestimmt.

Im Sinne einer nachhaltigen, ressourcenschonenden Wirtschaft ist es notwendig, diese Analysen zu reduzieren und gleichzeitig die Lebensdauer eines Schmieröls optimal auszunutzen. Daneben ist auch die Korrelation zwischen der Leistungsaufnahme der Anlage und der

Ölalterung zu berücksichtigen, um eine Abwägung zwischen Weiterverwendung und Tausch des Öls wirtschaftlich abwägen zu können.

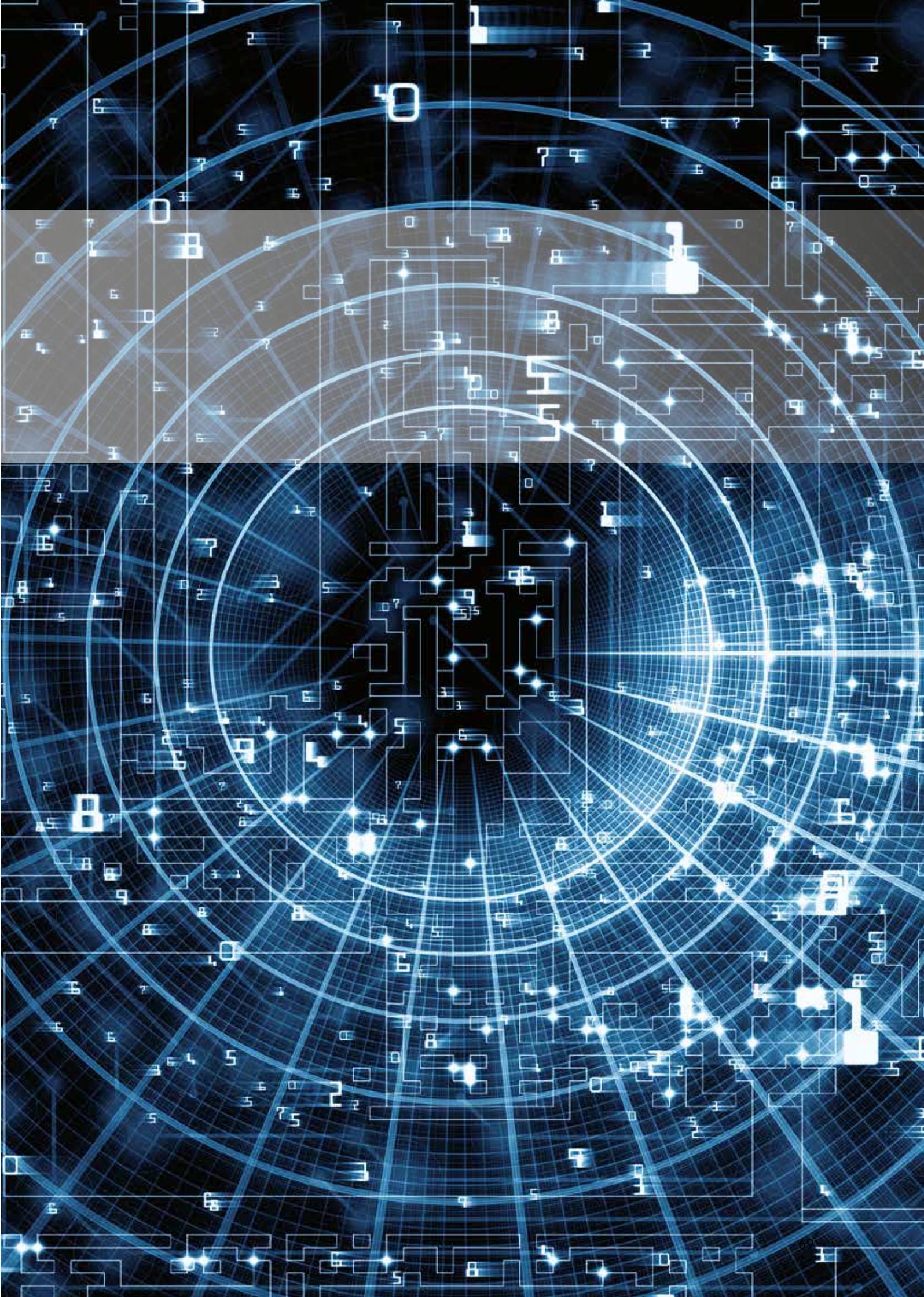
Es gibt bereits Ansätze, ausgewählte Parameter mittels Sensorik kontinuierlich zu überwachen, um die zeitintensiven und daher relativ selten durchgeführten Laboranalysen zu ersetzen. Bei Überschreiten eines festgelegten Wertelimits erhält der Anwender eine Warnung mit Handlungsempfehlung. Notwendig dafür sind: eine geeignete Sensorik, eine abgesicherte IT-Infrastruktur sowie eine verlässliche Korrelation der Sensor- und Labordaten zur Festlegung geeigneter Limits. Entsprechende Ansätze werden unter dem Begriff Online-Condition-Monitoring zusammengefasst. Dieses Vorgehen betrachtet nur die aktuellen und vergangenen Werte. Im Vorhaben hingegen soll ein vorausschauender, ein sogenannter Predictive-Maintenance-Ansatz untersucht werden.

## PROJEKTLEITUNG

Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme  
und Festkörper-Technologien EMFT  
Hansastraße 27 d, 80686 München  
www.emft.fraunhofer.de

## PROJEKTPARTNER

Hochschule München – Fakultät für Elektrotechnik;  
Klüber Lubrication München SE & Co. KG;  
Josef Bernbacher & Sohn GmbH & Co. KG



# KLEINPROJEKTE

## **3D Leistungstransformatoren mit integrierter Drossel – 3D-LID**

---

### PROJEKTLEITUNG

Hochschule für  
angewandte Wissenschaften München  
Institut für nachhaltige Energiesysteme ISES  
Lothstraße 64  
80335 München

### PROJEKTPARTNER

Inductron Inductive Electronic Components GmbH

## **Simulationsbasierte Analyse der Defektbildung beim Laser-Pulver-Auftragschweißen – SimADe**

---

### PROJEKTLEITUNG

Technische Hochschule Deggendorf  
Technologie Campus Parsberg-Lupburg (TCPL)  
Am Campus 1  
92331 Parsberg

### PROJEKTPARTNER

toolcraft AG

## **Demonstrator zur RMS-EMT Netzkopplung in Echtzeit**

---

### PROJEKTLEITUNG

OPAL-RT Germany GmbH  
Bucher Str. 100  
90408 Nürnberg

### PROJEKTPARTNER

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Lehrstuhl für Elektrische Energiesysteme

## **Computergestützte Pad-Modifikation**

---

### PROJEKTLEITUNG

Technische Hochschule Deggendorf  
Technologecampus Teisnach Optik  
Technologecampus 1  
94244 Teisnach

### PROJEKTPARTNER

Toptica Photonics AG

# KLEINPROJEKTE

---

## **Funktionalisierung 3D (FDM)-Bauteile für Detonationsbeschichtung**

### PROJEKTLEITUNG

Technische Hochschule Deggendorf  
Technologie Campus Hutthurm  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

### PROJEKTPARTNER

Reimann Industrietechnik GmbH

---

## **Dezentrale Nutzung von Wasserstoff als Energiespeicher an Fabrikstandorten – H2StorFa**

### PROJEKTLEITUNG

Fraunhofer-Institut für Gießerei-,  
Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV  
Am Technologiezentrum 10  
86159 Augsburg

### PROJEKTPARTNER

Bayernwerk Natur GmbH;  
Fronius International GmbH;  
Proton Motor Fuel Cell GmbH;  
Müller Produktions GmbH;  
Kessel AG

---

## **Wärmetransportcharakterisierung in Dünnschichten**

### PROJEKTLEITUNG

Universität Bayreuth  
Lehrstuhl Physikalische Chemie 1  
Universitätsstraße 30  
95447 Bayreuth

### PROJEKTPARTNER

Linseis Messgeräte GmbH

---

## **Deflektometrische Metrologie von kleinen optischen Oberflächen – DOMES**

### PROJEKTLEITUNG

Hofbauer Optik Mess- & Prüftechnik  
Petzetstraße 8  
81245 München

### PROJEKTPARTNER

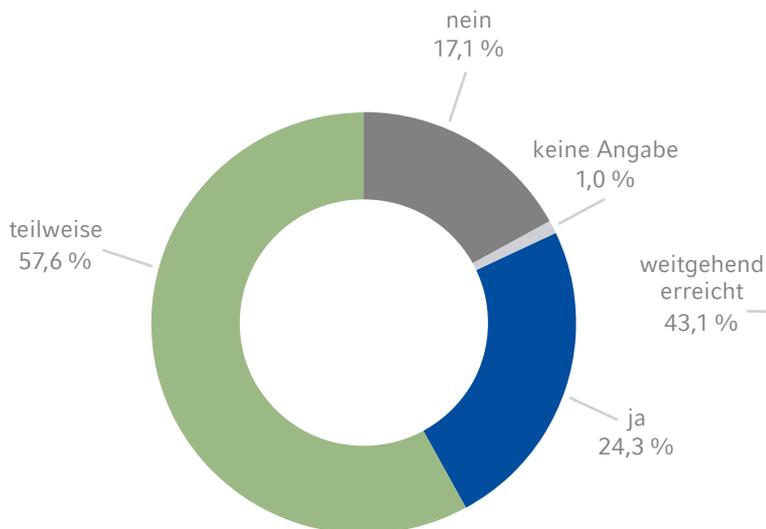
Technische Hochschule Deggendorf, Institut für Präzisionsbearbeitung und Hochfrequenztechnik (IPH)

# Evaluation und Qualitätssicherung

Die Bayerische Forschungsstiftung achtet bei ihrer Förderung sehr auf die Qualität der geförderten Projekte. Die Qualitätssicherung ruht dabei auf drei Säulen: einer intensiven und erfolgsorientierten Beratung der

Antragsteller durch die Stiftungsgeschäftsstelle, einer stringenten wissenschaftlichen Begutachtung der Förderprojekte und einer nachhaltigen Evaluation abgeschlossener Projekte. Auf der Grundlage der Evaluation

### Innovationen werden umgesetzt



In rund 82 % der Fälle werden die Innovationen aus den Forschungsprojekten ganz oder teilweise umgesetzt.

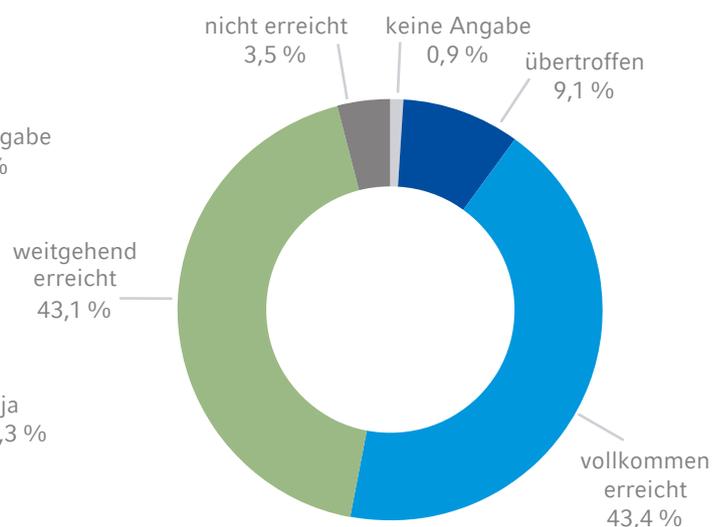
#### Innovationserfolg:

- » In rund 82 % der Fälle werden die Innovationen aus den Forschungsprojekten umgesetzt.
- » In 58 % der Fälle konnten Unternehmen durch die Förderung neue Forschungsbereiche erschließen.

#### Erfolg bei Nachfolgeanträgen:

- » 59 % der Projekte haben Nachfolgeanträge bei Bund und EU angestoßen.
- » Mit den 71 Projekten der letzten Evaluierungskampagne, für die die Forschungsstiftung insgesamt rund 29 Millionen Euro verausgabte, konnten rund 47 Millionen Euro an Fördermitteln des Bundes und der EU nach Bayern geholt werden.

### Forschungsziele werden erreicht



In rund 96 % der Fälle wurden die angestrebten Ergebnisse der Forschungsarbeiten ganz oder weitgehend erreicht oder übertrifft.

#### Transfererfolg:

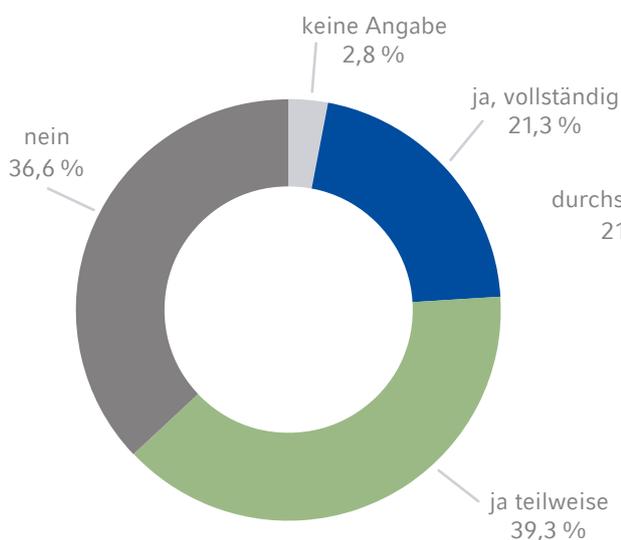
- » In rund 96 % der Fälle wurden die angestrebten Ergebnisse der Forschungsarbeiten erreicht oder sogar übertrifft.
- » Durch den Wissenstransfer konnte bei 48 % der Projekte mindestens ein Patent angemeldet werden.
- » 31 Spin-offs und Neugründungen entstanden zum Großteil aus Hochschulen oder im Verbund mit den Forschungseinrichtungen.

reflektiert die Forschungsstiftung ihr Förderprogramm und -verfahren immer auch kritisch mit Blick auf das zentrale Ziel, greifbare Förderergebnisse zu erzielen, die dazu beitragen, Bayern im internationalen Wettbewerb um neue Technologien zu stärken und zukunftsfähige Arbeitsplätze im Land zu schaffen. Zwei Jahre nach Rechnungsschluss, wenn erwartet werden kann, dass viele Projektergebnisse ihren Weg in die wirtschaftliche und wissenschaftliche Verwertung gefunden haben, werden alle am Projekt Beteiligten über dessen Verlauf

sowie die Erfahrungen und Resultate befragt. Im Mittelpunkt des Interesses stehen dabei der Innovations- und Transfererfolg der Projekte sowie deren wirtschaftlicher und wissenschaftlicher Erfolg. Wichtig ist auch, inwieweit die Förderung durch die Forschungsstiftung Impulse für erfolgreiche Nachfolganträge bei Bund und EU geben konnte.

Nachfolgend sind die wichtigsten Evaluationsergebnisse in den einzelnen Bereichen zusammengefasst:

### Forschung findet ihren Weg in Produkte

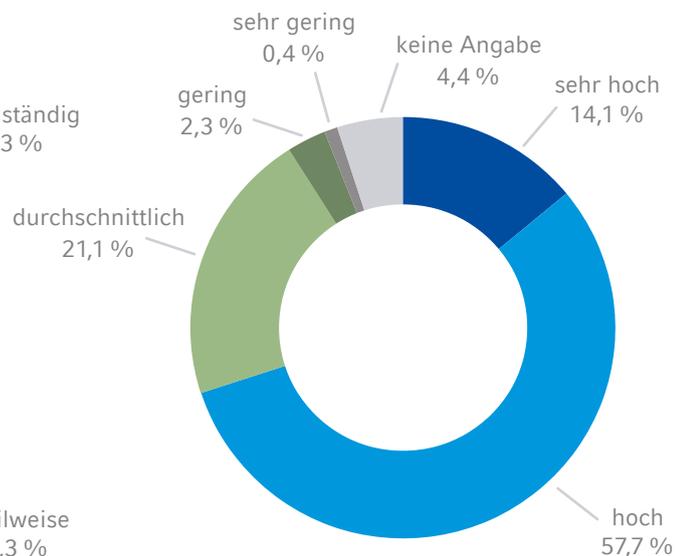


Bei knapp 61 % der Forschungsvorhaben konnten Produkte vollständig oder teilweise in die Fertigung überführt werden.

#### Wirtschaftlicher Erfolg:

- » Bei 61 % der Forschungsvorhaben konnten Produkte in die Fertigung überführt werden.
- » Bei 50 % der Vorhaben wurden bereits Markterfolge erzielt.
- » Die Forschungsergebnisse trugen zur Sicherung von rund 10.400 bestehenden und zur Schaffung von rund 1.500 neuen Arbeitsplätzen bei.

### Wissenschaft bringt wirtschaftlichen Mehrwert



In rund 72 % der Projekte wurde der Wert des Wissenschaftspartners in Hinblick auf die wirtschaftliche Umsetzung als hoch oder sehr hoch erachtet.

#### Wissenschaftlicher Erfolg:

- » In rund 72 % der Projekte wurde der Wert des Wissenschaftspartners in Hinblick auf die wirtschaftliche Umsetzung als hoch oder sehr hoch erachtet.
- » 16 Habilitationen und zwei Professuren sind neben zahlreichen Dissertationen und weiteren, zum Teil preisgekrönten wissenschaftlichen Arbeiten entstanden.



# Anhang

<u>Die Organe der Bayerischen Forschungsstiftung</u>	76
<u>Neue Gesichter und ein neuer Vorsitz im Wissenschaftlichen Beirat der Bayerischen Forschungsstiftung</u>	80
<u>Zielsetzung und Arbeitsweise der Bayerischen Forschungsstiftung</u>	84
<u>Förderprogramm „Hochtechnologien für das 21. Jahrhundert“</u>	90
<u>Förderung der internationalen Zusammenarbeit</u>	96
<u>Gesetz über die Errichtung der Bayerischen Forschungsstiftung</u>	98
<u>Satzung der Bayerischen Forschungsstiftung</u>	100
<u>Rechnungsprüfung</u>	104
<u>Kontakt, Ansprechpartner</u>	106
<u>Bildnachweis</u>	108

# Die Organe der Bayerischen Forschungsstiftung

## STIFTUNGSRAT



**Vorsitzender**  
Dr. Markus Söder, MdL  
*Bayerischer Ministerpräsident*



**1. Stellvertreter des Vorsitzenden**  
Markus Blume, MdL  
*Staatsminister für Wissenschaft  
und Kunst  
(seit Februar 2022)*



**2. Stellvertreter des Vorsitzenden**  
Hubert Aiwanger, MdL  
*Staatsminister für Wirtschaft,  
Landesentwicklung und Energie*



Albert Füracker, MdL  
*Staatsminister der Finanzen  
und für Heimat*



Kerstin Schreyer, MdL  
*Vorsitzende des Ausschusses für Wirtschaft,  
Landesentwicklung, Energie, Medien  
und Digitalisierung  
Staatsministerin a. D.  
(seit Mai 2022)*



Ludwig Hartmann,  
*Mitglied des Bayerischen Landtags*

## STIFTUNGSVORSTAND

### Vorsitzender

Christian Horak, *Ministerialdirigent,  
Bayerische Staatskanzlei*

### Stellvertreter (seit Juni 2021)

Dr. Manfred Wolter, *Ministerialdirigent,  
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft,  
Landesentwicklung und Energie*

Dr. Johannes Eberle, *Ministerialdirigent,  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wissenschaft und Kunst*

Judith Steiner, *Ministerialdirigentin,  
Bayerisches Staatsministerium der Finanzen  
und für Heimat*



Susanne Wiegand,  
*Bayerischer Industrie- und Handelskammertag  
(seit Juli 2021)*



Dr. Frank Hüpers,  
*Hauptgeschäftsführer des Bayerischen  
Handwerkstages und der Handwerkskammer  
für München und Oberbayern*



Prof. Dr. Walter Schober  
*Präsident der Technischen Hochschule Ingolstadt  
(seit März 2022)*



Prof. Dr. Hans-Werner Schmidt,  
*Universität Bayreuth*

### 2021 / 2022 ausgeschiedene Mitglieder des Stiftungsrats:

Bernd Sibler, MdL  
*Staatsminister a. D.  
(bis Februar 2022)*

Sandro Kirchner, MdL  
*Staatssekretär im Staatsministerium  
des Innern, für Sport und Integration  
(bis März 2022)*

Prof. Dr.-Ing. Christiane Fritze,  
*Präsidentin der Hochschule für  
angewandte Wissenschaften Coburg  
(bis Februar 2022)*

Dipl.-Ing. (FH) Florian Hofbauer,  
*Bayerischer Industrie- und Handelskammertag  
(bis April 2021)*

# Die Organe der Bayerischen Forschungsstiftung

## WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT BIS 31.12.2021



**Vorsitzender**  
Prof. Dr. Guido Wirtz,  
*Lehrstuhl für Praktische Informatik,  
Universität Bamberg*



**Stellvertretender Vorsitzender**  
Prof. Dr. Wolfgang Baier,  
*Präsident der Ostbayerischen  
Technischen Hochschule Regensburg*



Prof. Dr. Elisabeth André,  
*Lehrstuhl für  
Menschzentrierte Künstliche Intelligenz,  
Universität Augsburg*



Dr. Ulrich Brinkmann,  
*Pharma Research & Early Development,  
Roche Diagnostics GmbH, Penzberg*



Dr.-Ing. Udo Dingreiter,  
*Geschäftsführer der R. Scheuchl GmbH,  
Ortenburg*



Dr. Armin Fehn,  
*Director R&D Processes,  
Wacker Chemie AG/Consortium für  
elektrochemische Industrie, München*



Dipl.-Ing. Carl Fruth,  
*Vorstandsvorsitzender  
FIT AG, Lupburg*



Dr. Alfred Kraxenberger,  
*Geschäftsführer R&D,  
Technology and Operations,  
Papierfabrik Louisenenthal GmbH,  
Gmund am Tegernsee*



Prof. Dr. rer. nat. Christoph Kutter,  
*Direktor der Fraunhofer-Einrichtung für  
Mikrosysteme und Festkörper-Technologien  
(EMFT), München*



Prof. Dr.-Ing. habil. Marion Merklein,  
*Lehrstuhl für Fertigungstechnologie (LFT),  
Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg*



Vera Polland,  
*Senior Vice President,  
Business Development & Strategy,  
Vitesco Technologies GmbH, Regensburg*



Prof. Dr. rer. nat. Peter Sperber,  
*Präsident der Technischen Hochschule  
Deggendorf*



Guido Stephan,  
*CT RDA CES,  
Siemens AG, München*



Prof. Dr. Eckhard Wolf,  
*Lehrstuhl für Molekulare Tierzucht und  
Biotechnologie,  
Genzentrum der Ludwig-Maximilians-  
Universität München*

# Neue Gesichter und ein neuer Vorsitz im Wissenschaftlichen Beirat der Bayerischen Forschungsstiftung

Der Wissenschaftliche Beirat der Bayerischen Forschungsstiftung berät die Stiftung in Forschungs- und Technologiefragen. Je sieben Persönlichkeiten aus Wissenschaft und Wirtschaft geben auf der Grundlage von Fachgutachten externer Experten Förderempfehlungen zu den beantragten Vorhaben. Mit herausragender Fachkompetenz erarbeitet der Beirat seine Voten, auf die sich Stiftungsvorstand und Stiftungsrat bei ihren Entscheidungen vertrauensvoll stützen können. Dies ist ein unschätzbare Beitrag zur Qualitätssicherung der von der Stiftung geförderten Projekte.

Zum 1. Januar 2022 wurde der Beirat in neuer Zusammensetzung vom Bayerischen Ministerpräsidenten berufen. Zehn Mitglieder wurden für eine zweite Amtszeit wiederbestellt, vier sind neu dazugekommen. Außerdem hat das Gremium sich einen neuen Vorsitz gewählt.

## Die neuen Vorsitzenden

Mit dem Ausscheiden des bisherigen Beiratsvorsitzenden Prof. Dr. Guido Wirtz und seines Stellvertreters Prof. Dr. Wolfgang Baier, denen an dieser Stelle nochmals herzlich für sechs Jahre exzellente Mitwirkung im Gremium gedankt sei, waren diese beiden Positionen neu zu besetzen. Die Wahl fiel auf Prof. Dr. Marion Merklein als Vorsitzende und Dr. Udo Dinglreiter als ihren Stellvertreter. Beide gehören dem Beirat bereits seit 1. Januar 2019 an.



**Prof. Dr.-Ing. habil. Marion Merklein** ist Inhaberin des Lehrstuhls für Fertigungstechnologie an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. In ihren Forschungsarbeiten verbindet sie die Werkstoffwissenschaften mit der Produktionstechnik und sucht energiesparende Lösungen für industrielle Anwendungen. Die Trägerin des Leibniz-Preises ist Mitglied in diversen Gremien, wissenschaftlichen Vereinigungen sowie in nationalen und internationalen Akademien, unter anderen acatech, BBAW, Leopoldina und DFG.

*Prof. Merklein: „Die Bayerische Forschungsstiftung eröffnet Hochschulen und Industrie eine ideale Kooperationsplattform und leistet damit einen Beitrag für die wissenschaftliche und wirtschaftliche Zukunft Bayerns, weshalb es Freude bereitet, diese mitzugestalten.“*



**Dr.-Ing. Udo Dinglreiter** ist seit vielen Jahren in der Geschäftsführung technologieorientierter Unternehmen tätig. Er ist Geschäftsführer und Gesellschafter der R. Scheuchl GmbH in Ortenburg und der INACORE GmbH in Ortenburg und Ergoldsbach. Als Mitglied des Vorstands der Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft (vbw), des Bayerischen Unternehmensverbands Metall und Elektro (bayme) und des Verbands der Bayerischen Metall- und Elektro-Industrie (vbm) ist er bestens in der bayerischen Wirtschaft vernetzt.

*Dr. Dinglreiter: „Wesentliches Ziel der Bayerischen Forschungsstiftung ist die Förderung von Forschung und Entwicklung, insbesondere für mittelständische bayerische Unternehmungen. Für Bayern ebenso wie für die Unternehmen ist eine erfolgreiche Industrieforschung von herausragender Bedeutung. Es ist mir eine außerordentliche Ehre und eine große Freude, an der Umsetzung dieser Zielsetzung mitwirken zu dürfen.“*

# Die neuen Mitglieder

Nach der maximal möglichen Amtszeit von sechs Jahren im Wissenschaftlichen Beirat sind neben den bereits genannten Prof. Dr. Wirtz und Prof. Dr. Baier ebenfalls Dr. Armin Fehn und Dr. Alfred Kraxenberger aus dem Gremium ausgeschieden. Auch ihnen gilt ein herzlicher Dank für ihre fruchtbaren Dienste. Somit waren vier Sitze im Beirat neu zu besetzen.



**Prof. Dr. Hans-Joachim Bungartz** ist Inhaber des Lehrstuhls für Wissenschaftliches Rechnen an der Fakultät für Informatik der TU München. Er ist unter anderem Mitglied des Direktoriums des Leibniz-Rechenzentrums und Beiratsmitglied mehrerer HPC-Zentren. Er stand sieben Jahre der Kommission für IT-Infrastruktur der DFG vor, war von 2011 bis 2020 Vorsitzender des Vorstands des Deutschen Forschungsnetzes (DFN) und ist seit 2016 Mitglied im Steering Committee des Council for Doctoral Education der European University Association.

*Prof. Bungartz: „In den Neunzigerjahren war ich selbst in FORTWIHR involviert, einem der frühen BFS-geförderten Forschungsverbünde. Schön, jetzt im Beirat etwas zurückgeben zu können – der Kreis schließt sich.“*



**Dr. Felix Reinshagen** ist Gründer und CEO der NavVis GmbH, München. Der Entrepreneur und Investor in der deutschen Deep-Tech-, KI- und Start-up-Szene ist unter anderem Mitglied im Board von DyeMansion, dem Weltmarktführer für das Post-Processing im 3D-Druck, im Bayerischen KI-Rat und in der Atlantik-Brücke e. V. Daneben betätigt er sich als Autor und Key-Note-Speaker zu den Themen Reality Capture, Augmented Reality, digitale Zwillinge, künstliche Intelligenz, Entrepreneurship und Unternehmensführung.

*Dr. Reinshagen: „Im Wissenschaftlichen Beirat möchte ich dazu beitragen, die unternehmerische Perspektive in der Forschungsförderung zu stärken sowie die Start-up-Welt und die Forschung in Bayern enger miteinander zu vernetzen.“*



Die Werkstoffwissenschaftlerin **Dr.-Ing. Andrea Seemann** ist seit 2010 bei der KSB SE & Co. KGaA, Pegnitz in verschiedenen Funktionen tätig, unter anderem als Leiterin R&D Additive Fertigung. Seit Juni 2021 verantwortet sie im Unternehmen den Bereich Wissensmanagement Werkstoffwissenschaften. Daneben arbeitet sie in verschiedenen berufsübergreifenden Gremien und Ausschüssen mit, zum Beispiel beim Deutschen Institut für Normung e. V. (DIN).

*Dr. Seemann: „Die Mitwirkung im Wissenschaftlichen Beirat ermöglicht mir, den Blick über den Teller- rand in andere spannende Themengebiete wie Life Science oder Informatik zu wagen und dadurch aktiv wertvolle Impulse für die Weiterentwicklung in der bayerischen Forschungslandschaft zu fördern.“*



**Prof. Dr. Hans-Georg Stark** ist Professor für Mathematik und Informatik an der TH Aschaffenburg. Er leitet dort seit 2011 die Forschungseinrichtung ZEWIS und war bis 2019 Vizepräsident für Forschung. Der promovierte Physiker war vor seiner Berufung auf die Professur mehrere Jahre an der TU Kaiserslautern und in technologieorientierten Unternehmen tätig. Er engagiert sich an der TH Aschaffenburg hochschulweit koordinierend in Forschung und Transfer. Sein persönlicher Arbeitsschwerpunkt liegt auf Algorithmik und Mathematik der Signalverarbeitung.

*Prof. Stark: „Ich freue mich darauf, mit meiner Tätigkeit im Wissenschaftlichen Beirat kreative, innovative und interdisziplinäre Ideen und Projekte unterstützen und begleiten zu können.“*

# Die Organe der Bayerischen Forschungsstiftung

## WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AB 01.01.2022



**Vorsitzende**

Prof. Dr.-Ing. habil. Marion Merklein,  
*Lehrstuhl für Fertigungstechnologie (LFT),  
Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg*



**Stellvertretender Vorsitzender**

Dr.-Ing. Udo Dinglreiter,  
*Geschäftsführer der R. Scheuchl GmbH,  
Ortenburg*



Prof. Dr. Elisabeth André,  
*Lehrstuhl für  
Menschzentrierte Künstliche Intelligenz,  
Universität Augsburg*



Dr. Ulrich Brinkmann,  
*Pharma Research & Early Development,  
Roche Diagnostics GmbH, Penzberg*



Prof. Dr. Hans-Joachim Bungartz,  
*Institut für Informatik, Lehrstuhl für  
Wissenschaftliches Rechnen (I 5),  
Technische Universität München*



Dipl.-Ing. Carl Fruth,  
*Vorstandsvorsitzender  
FIT AG, Lupburg*



Prof. Dr. rer. nat. Christoph Kutter,  
*Direktor der Fraunhofer-Einrichtung für  
Mikrosysteme und Festkörper-Technologien  
(EMFT), München*



Vera Polland,  
*Senior Vice President,  
Business Development & Strategy,  
Vitesco Technologies GmbH, Regensburg*



Dr. Felix Reinshagen,  
*Geschäftsführer,  
NavVis GmbH, München*



Dr.-Ing. Andrea Seemann,  
*Werkstofftechnik  
KSB SE & Co. KGaA, Pegnitz*



Prof. Dr. rer. nat. Peter Sperber,  
*Präsident der Technischen Hochschule  
Deggendorf*



Prof. Dr. Hans-Georg Stark,  
*Fakultät Ingenieurwissenschaften und ZeWiS,  
Technische Hochschule Aschaffenburg*



Guido Stephan,  
*CT RDA CES,  
Siemens AG, München*



Prof. Dr. Eckhard Wolf,  
*Lehrstuhl für Molekulare Tierzucht und  
Biotechnologie,  
Genzentrum der Ludwig-Maximilians-  
Universität München*

# Zielsetzung und Arbeitsweise

DER BAYERISCHEN FORSCHUNGSSTIFTUNG

## **Die Bayerische Forschungsstiftung – Ein flexibles strategisches Förderinstrument für Wirtschaft und Wissenschaft**

---

### **Errichtung**

Die Bayerische Forschungsstiftung ist mit Inkrafttreten des Errichtungsgesetzes (siehe Seite 98, Art. 1) am 1. August 1990 entstanden. Ihre Errichtung ist von dem Grundgedanken getragen, Erlöse aus dem Verkauf von Wirtschaftsbeteiligungen des Freistaates Bayern über die Förderung angewandter Forschung der Wirtschaft wieder zugutekommen zu lassen. Die Förderung durch die Forschungsstiftung ist also im Kern eine Wirtschaftsförderung, genauer gesagt eine Forschungs- und Technologieförderung mit dem Ziel einer späteren wirtschaftlichen Verwertung. Die Bayerische Staatsregierung hat damit ein Instrument ins Leben gerufen, das Bayerns Position als wirtschaftsstarker Hochtechnologiestandort im weltweiten Forschungs- und Technologiewettbewerb stärken und ausbauen soll.

### **Stiftungszweck**

Nach Art. 2 Abs. 1 des Gesetzes über die Errichtung der Bayerischen Forschungsstiftung hat die Stiftung den Zweck,

1. ergänzend zur staatlichen Forschungsförderung durch zusätzliche Mittel oder auf sonstige Weise universitäre und außeruniversitäre Forschungsvorhaben, die für die wissenschaftlich-technologische Entwicklung Bayerns oder für die bayerische Wirtschaft oder für den Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen nach Art. 131 und 141 der Verfassung von Bedeutung sind, und
2. die schnelle Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse durch die Wirtschaft zu fördern.

## Organe

Organe der Stiftung sind der Stiftungsrat, der Stiftungsvorstand und der Wissenschaftliche Beirat.

Der **Stiftungsrat** legt die Grundsätze der Stiftungspolitik und die Arbeitsprogramme fest. Er beschließt den Haushalt und erlässt Richtlinien zur Vergabe von Fördermitteln. Der **Stiftungsvorstand** führt die Geschäfte der laufenden Verwaltung und vollzieht die Beschlüsse des Stiftungsrats. Er beschließt über die Mittelvergabe für einzelne Fördervorhaben.

Der Stiftungsvorstand bedient sich einer **Geschäftsstelle**. Die **Geschäftsführung** ist für das operative Geschäft der Stiftung verantwortlich. Der ehrenamtliche **Präsident** berät die Stiftung in allen Fragen der Förderpolitik.

Der **Wissenschaftliche Beirat** berät die Stiftung in Forschungs- und Technologiefragen und gibt zu den einzelnen Forschungsvorhaben bzw. -verbänden Empfehlungen auf der Grundlage von Gutachten externer Experten.

## Stiftungsvermögen

Das Stiftungsvermögen betrug zum 31. Dezember 2021 insgesamt 425,1 Mio. Euro. Die Erträge aus dem Stiftungsvermögen stehen ausschließlich für die Erfüllung des Stiftungszwecks zur Verfügung.

## Grundsätze der Stiftungspolitik

Die Bayerische Forschungsstiftung sieht es als vorrangiges Ziel an, durch den Einsatz ihrer Mittel strategisch wichtige anwendungsorientierte Forschung zu fördern. Dabei konzentriert sie sich auf zukunftssträchtige Projekte, bei deren Verwirklichung eine enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft besonderen Erfolg verspricht.

- » Jedes Forschungsprojekt, jeder Forschungsverbund muss von Wissenschaft und Wirtschaft gemeinsam getragen werden.
- » Der Förderschwerpunkt liegt im Bereich der anwendungsorientierten Forschung und Entwicklung; späteres wirtschaftliches Potenzial soll erkennbar sein.
- » Jedes Vorhaben muss innovativ sein.
- » Projekte unter Beteiligung von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) werden bevorzugt berücksichtigt.
- » Der Schwerpunkt der Projektarbeiten, der Förderung und der späteren Verwertung der Projektergebnisse soll in Bayern liegen.
- » Die Dauer der Projekte ist befristet; der Förderzeitraum soll im Regelfall drei Jahre nicht überschreiten.
- » Das Projekt darf zum Zeitpunkt der Antragstellung noch nicht begonnen worden sein.
- » Eine institutionelle Förderung (z.B. die Gründung neuer Institute) scheidet aus.

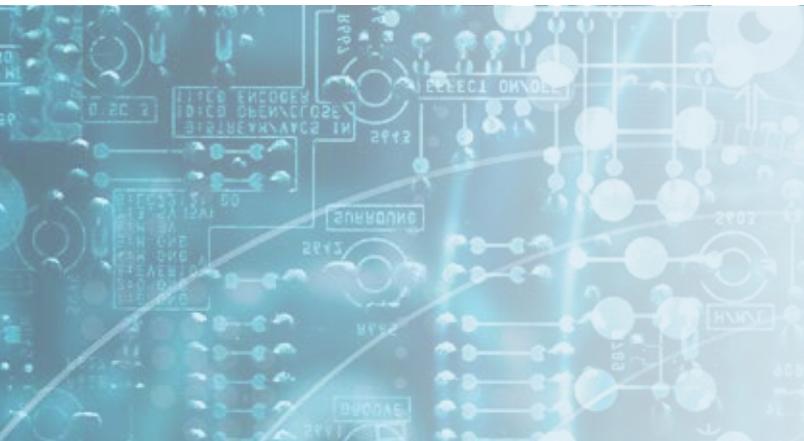
## Kategorien von Fördervorhaben

Die Bayerische Forschungsstiftung fördert zwei Typen von Vorhaben:

- » (Standard-)Kooperationsprojekte
- » Forschungsverbünde

Forschungsverbünde unterscheiden sich von Standard-Kooperationsprojekten dadurch, dass sie

- » ein bedeutendes, im Vordergrund wissenschaftlich-technischer Entwicklung stehendes „Generalthema“ behandeln,
- » eine große Anzahl von Projektpartnern umfassen,
- » ein hohes Finanzvolumen haben,
- » eine eigene Organisationsstruktur aufweisen.



# Zielsetzung und Arbeitsweise

## Mittelvergabe

Die Bayerische Forschungsstiftung kann ergänzend zum bewährten staatlichen Förderinstrumentarium tätig werden. Sie kann ihre Mittel rasch und flexibel einsetzen, um interessante Projekte in Realisationsnähe zu bringen. Sie bietet unter anderem die Möglichkeit, wichtige Projekte zu fördern, für die anderweitige Mittel nicht oder nicht schnell genug zur Verfügung stehen. Sie kann für Forschungsprojekte zum Beispiel Personalmittel bewilligen und Reisekosten erstatten oder die Beschaffung von Geräten und Arbeitsmaterial ermöglichen. Die Förderung beträgt grundsätzlich maximal 50 % bezogen auf die Gesamtkosten. Die anderen 50 % erwarten wir als Eigenleistung der beteiligten Partner. Diese kann auch in geldwerten Leistungen, also in Form von Personal- und Sachkosten, erfolgen. Für Projekte mit herausgehobener Beteiligung von KMU kann unter bestimmten Bedingungen die maximale Förderquote auf bis zu 60 % angehoben werden.

## Partnerschaft von der ersten Projektskizze bis zum Projektabschluss

### Von Ihrer Idee zum Projekt

Wir helfen Ihnen bei der Verwirklichung Ihrer Projektidee. Zug um Zug hat die Bayerische Forschungsstiftung in den letzten Jahren ihr Beratungsangebot ausgebaut. Eine schlanke und effiziente Organisationsstruktur ermöglicht es uns, Ihnen die Unterstützung zu bieten, die Sie brauchen. Wir helfen Ihnen in einem intensiven, partnerschaftlichen Dialog, Ihre Ideen in einen Erfolg versprechenden Antrag zu gießen und ein bewilligtes Projekt zu einem erfolgreichen Abschluss zu bringen. Gerne stehen wir Ihnen für ein klärendes Vorgespräch zur Verfügung.

Sollte die Forschungsstiftung nicht der passende Adressat für Ihr Projekt sein, vermitteln wir Ihnen – als Partner in der Bayerischen Forschungs- und Innovationsagentur – den richtigen Ansprechpartner für andere Landes-, Bundes- oder EU-Förderprogramme.

### Vor der Antragstellung

Im Vorfeld der Antragsstellung bietet die Geschäftsstelle der Bayerischen Forschungsstiftung eine umfangreiche Antragsberatung an. Die Mehrzahl der Antragsteller kommt zunächst mit einer noch unverbindlichen Projektskizze auf uns zu. Dieser Schritt ermöglicht es uns, Ihnen bereits vor einer aufwendigen Antragstellung, die personelle Kapazitäten bindet und damit Zeit und Geld kostet, zielgerichtete Hinweise zur Antragstellung zu geben. Beratungsgespräche sind an unseren Standorten in München und Nürnberg möglich, auf Wunsch auch beim Antragsteller vor Ort. Sollten Sie für die Umsetzung Ihrer Projektidee einen Kooperationspartner suchen, können wir Ihnen aufgrund unserer langjährigen Erfahrung geeignete Partner aus Bayern nennen und Ihnen dank unserer vielfältigen Kontakte als „Türöffner“ behilflich sein. Gerne arbeiten wir mit Ihnen gemeinsam aus Ihrer Idee die Forschungsschwerpunkte heraus, die in unserem wissenschaftsgeleiteten Begutachtungsverfahren eine erfolgreiche Antragstellung erwarten lassen. Bevor Sie Ihren formellen Antrag einreichen, bieten wir Ihnen die Möglichkeit an, uns einen Antragsentwurf zukommen zu lassen. Auf dieser Basis können wir Ihnen helfen, Ihrem formellen Antrag den letzten Schriff zu verleihen.

### Der Antrag

Die Antragstellung ist jederzeit möglich und an keine Fristen gebunden. Anträge richten Sie schriftlich an die Geschäftsstelle der Bayerischen Forschungsstiftung.



Als technologieorientierte Stiftung ist es für uns selbstverständlich, Ihnen ein elektronisches Antragsformular anzubieten. Es ist so aufgebaut, dass es alle wichtigen Informationen enthält und Sie wie ein Leitfaden durch die Antragsformalitäten begleitet. Sie können es von unserer Homepage ([www.forschungsstiftung.de](http://www.forschungsstiftung.de)) abrufen, Ihre Angaben eintragen, auf Plausibilität überprüfen und uns datensicher auf elektronischem Weg zuschicken. Jedes Projekt benötigt einen Antragsteller und mindestens einen projektbeteiligten Partner. Die Zahl der Projektbeteiligten kann je nach Art der Themenstellung variieren und die Zusammensetzung des Konsortiums interdisziplinäre Schnittstellen berücksichtigen. Zwingend ist jedoch, dass sich in den Konsortien mindestens je ein Partner aus der Wissenschaft und aus der Wirtschaft zusammenfinden.

Die Anträge müssen folgende Angaben enthalten:

#### **1. Allgemeine Angaben:**

- » Gegenstand des Projekts
- » Antragsteller; weitere am Projekt beteiligte Personen, Firmen oder Institutionen
- » Kurzbeschreibung des Projekts
- » Beginn und Dauer
- » Höhe der angestrebten Förderung durch die Bayerische Forschungsstiftung
- » evtl. weitere bei der Bayerischen Forschungsstiftung eingereichte bzw. bewilligte Anträge
- » evtl. thematisch verwandte Förderanträge bei anderen Stellen

#### **2. Kostenkalkulation:**

- » Arbeits- und Zeitplan mit Personaleinsatz
- » Kosten- und Finanzierungsplan mit Erläuterung der Kalkulation

#### **3. Eingehende technische Erläuterung der Vorhaben:**

- » Stand von Wissenschaft und Technik – Konkurrenzprodukte oder -verfahren (Literaturrecherche)
- » eigene Vorarbeiten
- » wissenschaftliche und technische Projektbeschreibung
- » Ziele des Vorhabens (Innovationscharakter)
- » Festlegung von jährlichen Zwischenzielen („Meilensteinen“)
- » wirtschaftliches Potenzial und Risiko (Breite der Anwendbarkeit, Verwertung der Ergebnisse, Geschäftsmodelle)
- » Schutzrechtslage

Obwohl wir stets bemüht sind, bürokratische Hürden für Sie möglichst niedrig zu halten: Auch unser Verfahren erfordert gewisse Grundsätze. Um unseren Stiftungszweck langfristig erfüllen zu können, müssen wir mit unseren Stiftungsmitteln sorgsam umgehen und dafür sorgen, dass die Regeln einer ordnungsgemäßen Abwicklung eingehalten werden. Wir helfen Ihnen aber, mit diesen Anforderungen zurechtzukommen. Wir beraten Sie bei der Aufstellung der Kosten- und Finanzierungspläne ebenso wie bei der Darstellung der wissenschaftlichen Inhalte.

#### **Von der Antragseinreichung zur Entscheidung**

Die formellen Anträge werden von der Geschäftsstelle vorgeprüft. Sollten wir dabei trotz aller intensiven Vorarbeiten noch strukturelle Mängel ausmachen, können diese bereinigt werden, bevor wir Ihren Antrag in das weitere Entscheidungsverfahren geben.

Die Bayerische Forschungsstiftung legt großen Wert auf eine hohe Qualität der von ihr geförderten Projekte. Jeder Antrag wird deshalb von außerbayerischen Fachgutachtern mit einschlägiger Expertise geprüft und bewertet. Entscheidende Beurteilungskriterien sind z. B. die



## Zielsetzung und Arbeitsweise

Relevanz der Thematik und die Originalität der Idee, die Innovationshöhe der beabsichtigten Forschungsarbeiten und das damit verbundene wissenschaftliche und wirtschaftliche Risiko, die Schlüssigkeit des Arbeitsprogramms und die Angemessenheit des Forschungs- und Ressourcenaufwands, die Zusammensetzung und Kompetenz des Konsortiums, aber auch die spätere Umsetzbarkeit und Verwertbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse bis hin zu möglichen Arbeitsplatzeffekten. Bei Bedarf erhalten die Antragsteller anonymisierte Rückmeldungen der Fachgutachter, zu denen sie Stellung nehmen und dadurch eine nochmalige Verbesserung des Antrags erzielen können. Auch die von der erforschten Thematik fachlich berührten Bayerischen Staatsministerien geben zu den Anträgen eine Stellungnahme ab.

Ist die Bewertung abgeschlossen, durchläuft jeder Antrag die Entscheidungsgremien der Stiftung. Eine erste Prioritätensetzung erfolgt durch unseren Wissenschaftlichen Beirat. Dieses Gremium ist besetzt mit je sieben führenden und fachlich hochkompetenten Persönlichkeiten aus Wirtschaft und Wissenschaft. Hier wird jeder Antrag ausführlich diskutiert, die Gutachtenlage gewürdigt und konsolidiert und ein Vorschlag für eine Förderentscheidung erarbeitet. Diese trifft unser Stiftungsvorstand, die abschließende Genehmigung der Entscheidung wird durch den Stiftungsrat erteilt. Projektbewilligungen erfolgen jeweils drei Mal pro Jahr, im März/April, im Juni/Juli und im November/Dezember. In der Regel vergeht von der Antragseinreichung bis zur Entscheidung ein Zeitraum von nicht mehr als sechs Monaten.

### Die Durchführung des Projekts

Für die Durchführung des Projekts ist fachlich und finanziell der Antragsteller verantwortlich, er ist unser

primärer Ansprechpartner. Maßgebend für die förder-technische Abwicklung des Projekts ist der von der Bayerischen Forschungsstiftung erteilte Bewilligungsbescheid und die darin ausgewiesene Förderquote. Basis des Bewilligungsbescheids sind die im Antrag gemachten Angaben zur Durchführung sowie zu Kosten und Finanzierung des Projekts. Die durch die Zuwendung der Stiftung nicht abgedeckte Finanzierung muss gesichert sein.

Ist ein Projekt bewilligt, werden dem Antragsteller die finanziellen Mittel zur eigenverantwortlichen Verwendung überlassen. Dies schließt die Verteilung auf die Konsortialpartner gemäß den im Bewilligungsbescheid festgelegten Quoten ein. Die zur Durchführung der Projektarbeiten benötigten Mittel können jeweils vierteljährlich im Voraus abgerufen werden. Die entsprechenden Formulare stellen wir zur Verfügung. Die bewilligten Mittel sind nicht an Haushaltsjahre gebunden und verfallen nicht am Schluss des Kalenderjahres.

Forschung ist risikobehaftet, und die Durchführung Ihres Projekts kann auf Hindernisse stoßen. Wir helfen Ihnen im Rahmen unserer Möglichkeiten, Unwägbarkeiten mit einer gewissen Flexibilität zu begegnen. So besteht die Möglichkeit, durch Umschichtungen innerhalb der einzelnen Ausgabengruppen auf notwendige Anpassungen während der Projektlaufzeit zu reagieren. Auf Antrag ist in begründeten Fällen eine kostenneutrale Verlängerung der Projektlaufzeit möglich. Aus den unterschiedlichsten Gründen kann es passieren, dass einer Ihrer Projektpartner ausfällt. Auch in solchen Fällen unterstützen wir Sie, um Ihr Projekt zu einem erfolgreichen Abschluss zu bringen. Sprechen Sie uns in jedem Fall rechtzeitig an, um gemeinsam eine Lösung zu finden.



Ein sorgsamer Umgang mit unseren Stiftungsmitteln erfordert aber auch ein gewisses Maß an Kontrolle. Jedes Projekt erhält deshalb einen „Paten“ aus dem Wissenschaftlichen Beirat an die Seite gestellt, der das Projekt wissenschaftlich begleitet und anhand von Zwischenberichten die Erreichung der „Meilensteine“ und der Zielsetzungen überprüft. Die wissenschaftliche Berichterstattung erfolgt jährlich in einem Soll-Ist-Vergleich, ebenso der Verwendungsnachweis der Mittel. Zwischenbericht und Verwendungsnachweis bilden jeweils die Grundlage für die weitere Förderung des Vorhabens. Die Stiftung behält sich grundsätzlich vor, die Förderung eines Vorhabens aus wichtigem Grund einzustellen. Ein wichtiger Grund liegt insbesondere dann vor, wenn wesentliche Voraussetzungen für die Durchführung des Vorhabens weggefallen sind oder die Ziele des Vorhabens nicht mehr erreichbar erscheinen.

Nach Beendigung des Projekts werden in einem Abschlussbericht alle erreichten Ergebnisse dargestellt, ebenso die im Rahmen des Vorhabens entstandenen wissenschaftlichen Veröffentlichungen, studentischen Abschlussarbeiten und Promotionen. Zusätzlich ist ein zahlenmäßiger Nachweis über die Verwendung der Mittel vorzulegen. Ein datenbankgestütztes Controlling ermöglicht es uns, die Vielzahl der laufenden Projekte finanziell und fachlich zu überwachen und den Projektfortschritt zu dokumentieren.

Als gemeinnützige Stiftung des öffentlichen Rechts haben wir ein Interesse, den Bürgerinnen und Bürgern den Nutzen der von uns geförderten Projekte transparent zu machen. Die Zuwendungsempfänger werden daher im Bewilligungsbescheid verpflichtet, die Ergebnisse des von der Stiftung geförderten Vorhabens zeitnah der Öffentlichkeit zugänglich zu machen, vorzugsweise durch Publi-

kationen in gängigen Fachorganen. Die Förderung durch die Stiftung ist dabei an prominenter Stelle (Logo etc.) hervorzuheben.

#### **Evaluation**

Da alle von der Stiftung geförderten Projekte sich im Bereich der anwendungsorientierten Forschung bewegen, interessiert uns natürlich, was längerfristig aus den Projekten entsteht. Deshalb fragen wir circa zwei Jahre nach Projektende noch einmal bei Ihnen nach, wie die gewonnenen Erkenntnisse verwertet wurden. Dies hilft uns unter anderem, unser Förderinstrument laufend zu reflektieren und bei Bedarf zu optimieren. Wir freuen uns über jede Erfolgsstory und machen die Arbeit der Bayerischen Forschungstiftung mit Ihrer Hilfe dadurch transparent.

# „Hochtechnologien für das 21. Jahrhundert“

## Vorbemerkung

Die Bayerische Forschungsstiftung fördert Forschung und Entwicklung auf den Gebieten Life Sciences, Informations- und Kommunikationstechnologien, Mikrosystemtechnik, Materialwissenschaft, Energie und Umwelt, Mechatronik, Nanotechnologie sowie Prozess- und Produktionstechnik nach Maßgabe

- » ihrer im Gesetz über die Errichtung der Bayerischen Forschungsstiftung festgelegten Bestimmungen,
- » ihrer Satzung,
- » dieser Richtlinien,
- » der allgemeinen haushaltsrechtlichen Bestimmungen, insbesondere der Art. 23 und 44 BayHO und der dazu erlassenen Verwaltungsvorschriften,
- » der Verordnung (EU) Nr. 651/2014 der Kommission vom 17. Juni 2014 zur Feststellung der Vereinbarkeit bestimmter Gruppen von Beihilfen mit dem Binnenmarkt in Anwendung der Artikel 107 und 108 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union, Abl. L 187, 26. Juni 2014 (im Folgenden: AGVO)<sup>1</sup> und
- » der Verordnung (EU) 2020/972 der Kommission vom 2. Juli 2020 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 1407/2013 hinsichtlich ihrer Verlängerung und zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 651/2014 hinsichtlich ihrer Verlängerung und relevanter Anpassungen, Abl. L 215/3, 7. Juli 2020,

Die Förderung erfolgt ohne Rechtsanspruch im Rahmen der verfügbaren Mittel.

## 1. Zweck der Förderung

Die Förderung soll Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft ermöglichen, grundlegende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf den Gebieten zukunftssträchtiger Schlüsseltechnologien durchzuführen. Schwerpunktmäßig sind dies die Gebiete Life Scien-

ces, Informations- und Kommunikationstechnologien, Mikrosystemtechnik, Materialwissenschaft, Energie und Umwelt, Mechatronik, Nanotechnologie sowie Prozess- und Produktionstechnik. Sie soll die Umsetzung von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen aus diesen Schlüsseltechnologien in neue Produkte, neue Verfahren und neue Technologien ermöglichen oder beschleunigen.

## 2. Gegenstand der Förderung

2.1 Förderfähig sind Vorhaben zur Lösung firmenübergreifender F&E-Aufgaben, die in enger Zusammenarbeit von einem (oder mehreren) Unternehmen mit einem (oder mehreren) Partner(n) aus der Wissenschaft (Einrichtungen für Forschung und Wissensverbreitung im Sinne von Art. 2 Nr. 83 AGVO) gelöst werden sollen (Verbundvorhaben). Voraussetzung ist, dass die Partner aus der Wissenschaft im Rahmen des Vorhabens im nichtwirtschaftlichen Bereich (Nr. 2.1.1 Tz. 19 des Unionsrahmens für staatliche Beihilfen zur Förderung von Forschung, Entwicklung und Innovation, Abl. C 198, 27. Juni 2014) tätig sind.

2.2 Die Förderung umfasst folgende Themenbereiche und Fragestellungen:

### 2.2.1 Life Sciences

Forschungs- und experimentelle Entwicklungsvorhaben insbesondere in den Bereichen der

- » Bio- und Gentechnologie, dabei vor allem Methoden und Ansätze der funktionellen Genomforschung, innovative Diagnostika, Therapeutika und Impfstoffe, innovative Verfahren zur Pflanzen- und Tierzucht, im Bereich Ernährung und der Nahrungsmitteltechnologie sowie Methoden und Verfahren zur effizienten

(1) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0651&rid=1>



Nutzung und nachhaltigen Bewirtschaftung biologischer Ressourcen.

- » Medizin und Medizintechnik, dabei vor allem innovative Vorhaben der medizinischen und biomedizinischen Technik, der medizinischen Bild- und Datenverarbeitung, der biokompatiblen Werkstoffe/Implantate, der Telemedizin und des Disease-Managements.
- » Gerontotechnologie, dabei vor allem innovative Technologien für die Robotik im Pflegebereich, die alters- und behindertengerechte Domotik und sonstige Verfahren und Methoden zum Erhalt und zur Steigerung der Lebensqualität und der Selbständigkeit.

Klinische Studien sowie Vorhaben, die Bestandteil von Zulassungsverfahren sind, sind grundsätzlich nicht förderbar.

#### 2.2.2 Informations- und Kommunikationstechnologien

Forschungs- und experimentelle Entwicklungsvorhaben insbesondere in den Bereichen

- » Informationsverarbeitung und Informationssysteme,
- » Software-Entwicklung und Software-Engineering,
- » Entwicklung von Schlüsselkomponenten für Kommunikationssysteme, einschließlich Mikroelektronik,
- » innovative Anwendungen (z. B. Multimedia, Intelligente Haustechnik, Kraftfahrzeuge, Verkehr, Navigation).

#### 2.2.3 Mikrosystemtechnik

Forschungs- und experimentelle Entwicklungsvorhaben insbesondere in den Bereichen

- » Konzeption, des Entwurfs und der Fertigungsverfahren von mikrosystemtechnischen Bauteilen und der hierzu erforderlichen Techniken,
- » Systementwicklungsmethoden zur Integration verschiedener Mikrotechniken,
- » zur Erarbeitung grundlegender Erkenntnisse bei der Anwendung von Mikrosystemen.

#### 2.2.4 Materialwissenschaft

Forschungs- und experimentelle Entwicklungsvorhaben insbesondere in den Bereichen

- » Definition, Konzipierung und Festlegung von neuen Materialien und Eigenschaften von Materialien sowie ihre Anwendung,
- » (Hochleistungs-) Keramiken, (Hochleistungs-) Polymere, Verbundwerkstoffe und Legierungen,
- » Definition, Konzipierung sowie Festlegung von Eigenschaften biokompatibler Materialien und abbaubarer Kunststoffe
- » Oberflächen-, Schicht- und Trocknungstechniken.

#### 2.2.5 Energie und Umwelt

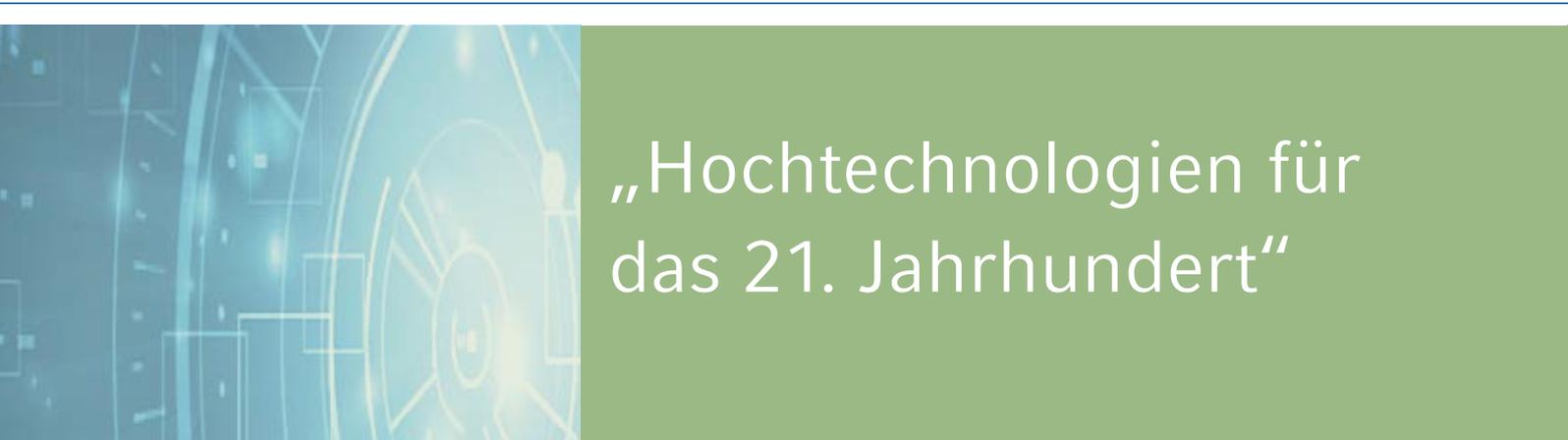
Forschungs- und experimentelle Entwicklungsvorhaben insbesondere in den Bereichen

- » innovative Verfahren und Techniken zur Nutzung fossiler und regenerativer Energieträger sowie neuer Energieträger,
- » rationelle Energieanwendungen und Verfahren zur Effizienzsteigerung,
- » neue Technologien der Energieumwandlung, -speicherung und -übertragung,
- » produktionsintegrierter Umweltschutz, Innovationen im Vorfeld der Entwicklung neuer umweltverträglicher Produkte,
- » Bereitstellung neuer Stoffkreisläufe und energetische Verwertung von Abfall- und Reststoffen,
- » innovative Verkehrstechnologien.

#### 2.2.6 Mechatronik

Forschungs- und experimentelle Entwicklungsvorhaben insbesondere in den Bereichen

- » Konzeption mechatronischer Komponenten und Systeme,
- » Erarbeitung von innovativen Produktions- und Mon-



# „Hochtechnologien für das 21. Jahrhundert“

tagekonzepten für mechatronische Komponenten und Systeme,

- » Entwicklung rechnergestützter Methoden und Tools zum virtuellen Entwerfen und zur Auslegungsoptimierung,
- » Entwicklung von leistungsfähigen Verfahren des Addet Layer Manufacturing und der Echtzeit-Emulation von Steuerungen,
- » Höchstintegration von Elektronik, Aktorik und Sensorik und der Entwicklung geeigneter Aufbau- und Verbindungstechnik.

## 2.2.7 Nanotechnologie

Forschungs- und experimentelle Entwicklungsvorhaben insbesondere in den Bereichen

- » der auf der Beherrschung von Nanostrukturen beruhenden neuen technologischen Verfahren,
- » der Nutzung in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen wie der Elektronik und Sensorik, der Energie und Werkstofftechnik sowie in (bio-) chemischen Prozessen und der Medizin bzw. der Medizintechnik.

## 2.2.8 Prozess- und Produktionstechnik

Forschungs- und experimentelle Entwicklungsvorhaben zur Optimierung von Wertschöpfungs- und Geschäftsprozessen insbesondere in den Bereichen

- » innovative Automatisierungs- und Verfahrenstechniken,
- » Produktionsketten und Fertigungstechniken,
- » neue Planungs- und Simulationstechniken,
- » wissensbasierte Modelle und Systeme.

2.3 Förderfähig sind Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zur Lösung der unter Nr. 2.2 genannten Fragestellungen in den Bereichen

- » Grundlagenforschung,
- » industrielle Forschung und
- » experimentelle Entwicklung

im Sinne von Art. 25 Abs. 2 Buchstaben a) bis c) AGVO.

Durchführbarkeitsstudien gemäß Art. 25 Abs. 2 Buchstabe d) AGVO können nur in begründeten Ausnahmefällen und nur für Vorhaben der industriellen Forschung oder der experimentellen Entwicklung im Sinne von Art. 25 Abs. 2 Buchstaben b) und c) AGVO gefördert werden.

## 3. Zuwendungsempfänger

3.1 Antragsberechtigt sind

- » rechtlich selbstständige Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft,
- » Angehörige der freien Berufe,
- » außeruniversitäre Forschungsinstitute, Universitäten und Hochschulen für angewandte Wissenschaften/ Fachhochschulen sowie Mitglieder oder Einrichtungen von Hochschulen, die zur Durchführung von F&E-Vorhaben berechtigt sind,
- » mit Sitz, Betriebsstätte oder Niederlassung in Bayern.

3.2 Gefördert werden grundsätzlich nur Zuwendungsempfänger, die auch zum Zeitpunkt der Fördermittelauszahlung ihren Sitz, eine Betriebsstätte oder eine Niederlassung in Bayern haben.

3.3 Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) gemäß Anhang I der AGVO<sup>2</sup> werden bevorzugt berücksichtigt.

## 4. Zuwendungsvoraussetzungen

4.1 Es ist ein schriftlicher Antrag auf Förderung zu stellen. Der Antrag bildet die Grundlage der Entscheidung und muss die zur Beurteilung des Vorhabens erforderlichen Angaben sowie eine ausreichend detaillierte Vorha-

---

(2) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0651&from=DE>



bensbeschreibung enthalten. Mit dem Antrag ist ein Wertungsplan vorzulegen.

4.2 Die Durchführung des Vorhabens muss mit einem erheblichen technischen und wirtschaftlichen Risiko verbunden sein. Der für das Vorhaben erforderliche Aufwand muss so erheblich sein, dass die Durchführung des Vorhabens ohne Förderung durch die Stiftung nicht oder nur erheblich verzögert zu erwarten wäre.

4.3 Das Vorhaben muss sich durch einen hohen Innovationsgehalt auszeichnen, d. h. die zu entwickelnden Verfahren, Technologien und Dienstleistungen müssen in ihrer Eigenschaft über den Stand von Wissenschaft und Technik hinausgehen. Die Beurteilung der Innovationshöhe erfolgt durch externe Fachgutachter.

4.4 Das Vorhaben muss in seinen wesentlichen Teilen in Bayern durchgeführt werden. Die Einbeziehung außer-bayerischer Partner ist möglich.

4.5 Der Antragsteller sowie die Projektbeteiligten sollen zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits über spezifische Forschungs- und Entwicklungskapazitäten und einschlägige fachliche Erfahrungen verfügen.

4.6 Die Antragsteller bzw. die Projektbeteiligten aus der gewerblichen Wirtschaft müssen für die Finanzierung des Vorhabens in angemessenem Umfang Eigen- oder Fremdmittel einsetzen, die nicht durch andere öffentliche Finanzierungshilfen ersetzt oder zinsverbilligt werden. Das Gleiche gilt für Angehörige der freien Berufe.

4.7 Eine Kumulierung mit Mitteln der Europäischen Union bzw. mit anderen staatlichen Beihilfen ist nur unter den Voraussetzungen von Art. 8 AGVO möglich.

4.8 Nicht gefördert werden Vorhaben, die im Zeitpunkt der Antragstellung bereits begonnen wurden.

4.9 Nicht gefördert werden

- » Unternehmen, die einer Rückforderung aufgrund eines früheren Kommissionsbeschlusses zur Feststellung der Unzulässigkeit einer Beihilfe und ihrer Unvereinbarkeit mit dem Binnenmarkt nicht nachgekommen sind.
- » Unternehmen in Schwierigkeiten gemäß Art. 2 Abs. 18 AGVO.

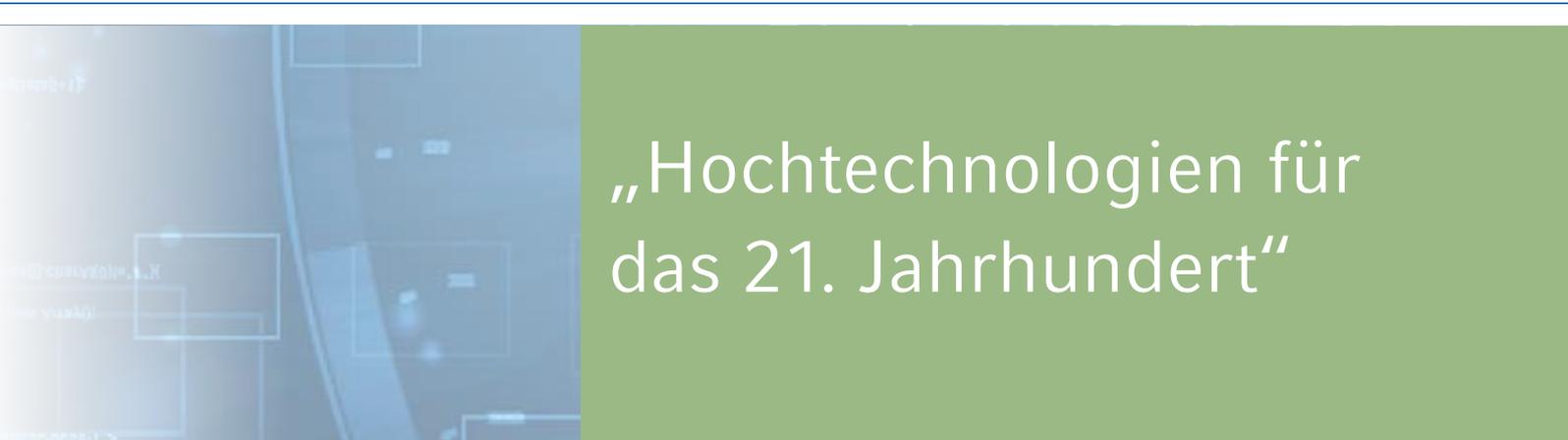
4.10 Die Bayerische Forschungsstiftung verfolgt ausschließlich und unmittelbar gemeinnützige Zwecke. Aus diesem Grund sind die Projektbeteiligten verpflichtet, die Ergebnisse der geförderten Vorhaben zeitnah der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Hierdurch wird zugleich eine mittelbare Beihilfengewährung im Sinne des Tz. 28 des Unionsrahmens für staatliche Beihilfen zur Förderung von Forschung, Entwicklung und Innovation (Abl. C 198, 27. Juni 2014) ausgeschlossen.

4.11 Die Bayerische Forschungsstiftung behält sich ein Mitspracherecht bei Lizenzvergaben vor. Grundsätzlich besteht auf Grund der gemeinnützigen Zweckbestimmung der Bayerischen Forschungsstiftung die Verpflichtung, Lizenzen zu marktüblichen, nichtdiskriminierenden Bedingungen zu vergeben.

4.12 Die Veröffentlichung der Bewilligung von Vorhaben erfolgt nach Maßgabe von Art. 9 Abs. 1 in Verbindung mit Anhang III AGVO<sup>3</sup>.

---

(3) Nach Art. 9 Abs. 1 Buchstabe c) AGVO ist spätestens ab dem 01.07.2016 jede Einzelbeihilfe über 500.000 EUR mit den in Anhang III genannten Informationen (u. a. Empfänger und Beihilföhe) auf einer nationalen oder regionalen Website zu veröffentlichen.



# „Hochtechnologien für das 21. Jahrhundert“

## 5. Art und Umfang der Förderung

5.1 Die Förderung erfolgt durch Zuschüsse im Rahmen einer Projektförderung.

5.2 Die Höhe der Förderung für die im Rahmen des Vorhabens gemachten Aufwendungen beträgt

- » bis zu 100 % der beihilfefähigen Kosten im Falle von strategisch wichtiger und außergewöhnlicher Grundlagenforschung, die nicht an industrielle und kommerzielle Ziele eines bestimmten Unternehmens geknüpft ist,
- » bis zu 50 % der beihilfefähigen Kosten im Falle der industriellen Forschung,
- » bis zu 25 % der beihilfefähigen Kosten im Falle der experimentellen Entwicklung und
- » bis zu 50 % der beihilfefähigen Kosten bei Durchführbarkeitsstudien.

Grundsätzlich wird auch im Falle der Grundlagenforschung eine angemessene Eigenbeteiligung vorausgesetzt, so dass die Förderquote in der Regel 50 % der Gesamtkosten des Vorhabens nicht übersteigt.

Falls unterschiedliche Projektaktivitäten sowohl der Grundlagenforschung, der industriellen Forschung, der experimentellen Entwicklung oder einer Durchführbarkeitsstudie zuzuordnen sind, wird der Fördersatz anteilig festgelegt.

Die Beihilfeintensität muss bei Verbundvorhaben für jeden einzelnen Begünstigten ermittelt werden.

5.3 Kleine und mittlere Unternehmen im Sinne des Anhang I der AGVO werden bevorzugt gefördert. Hinsichtlich etwaiger Zuschläge im Rahmen der industriellen Forschung und der experimentellen Entwicklung gilt Art. 25 Abs. 6 AGVO.

5.4 Bei Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie ihnen gleichgestellten Organisationseinheiten können höhere Fördersätze festgesetzt werden, sofern

- » das Vorhaben eine nichtwirtschaftliche Tätigkeit ist und damit beihilfefrei gefördert werden kann und
- » wirtschaftliche und nichtwirtschaftliche Tätigkeiten dieser Antragsteller hinsichtlich ihrer Kosten bzw. Ausgaben und Finanzierung buchhalterisch getrennt voneinander erfasst und nachgewiesen werden.

## 6. Zuwendungsfähige Kosten

6.1 Die beihilfefähigen Kosten richten sich im Einzelnen nach Art. 25 AGVO.

6.2 Beihilfefähige Kosten für Vorhaben nach 2.2 müssen den dort genannten Bereichen zugeordnet werden. Dabei kann es sich um folgende Kosten handeln:

- » Personalkosten (Forscher, Techniker und sonstiges Personal, soweit diese für das Vorhaben eingesetzt werden). Als beihilfefähige Personalkosten von Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft und Angehörigen der freien Berufe können je Personenmonat (entspricht 160 Stunden bei stundenweiser Aufzeichnung) für eigenes, fest angestelltes Personal folgende Höchstbeträge in Ansatz gebracht werden:

Forscher (Dipl.-Ing., Dipl.-Phys., Master u. vgl.) 9.000 €

Techniker, Meister u. vgl. 7.000 €

Sonstiges Personal (Facharbeiter, Laboranten u. vgl.) 5.000 €

Die tatsächlichen Kosten sind nachzuweisen. Mit den Höchstbeträgen sind die Personaleinzelkosten, die Personalnebenkosten sowie Reisekosten abgedeckt.

- » Kosten für Instrumente und Ausrüstung im Sinn von Art. 25 Abs. 3 Buchstabe b) AGVO, soweit und solange sie für das Vorhaben genutzt werden (Sondereinzelkos-



ten). Wenn diese Instrumente und Ausrüstungen nicht während ihrer gesamten Lebensdauer für das Vorhaben verwendet werden, gilt nur die nach den Grundsätzen ordnungsgemäßer Buchführung ermittelte Wertminderung während der Dauer des Forschungsvorhabens als beihilfefähig.

- » Kosten für Auftragsarbeiten, die ausschließlich für das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben genutzt werden (Fremdleistungen), in geringem Umfang. Die Bedingungen des Rechtsgeschäfts zwischen den Vertragsparteien dürfen sich hierbei nicht von denjenigen unterscheiden, die bei einem Rechtsgeschäft zwischen unabhängigen Unternehmen festgelegt werden, und es dürfen keine wettbewerbswidrigen Absprachen vorliegen (sog. „Arm’s-length-Prinzip“ nach Art. 2 Nr. 89 AGVO).
- » Zusätzliche sonstige Betriebskosten (unter anderem für Material, Bedarfsartikel und dergleichen), die unmittelbar durch die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit entstehen.
- » Zusätzliche Gemeinkosten können bis zu einer Höhe von 10 % auf die Summe aus den obenstehenden Kosten nachgewiesen und anerkannt werden.

6.3 Die beihilfefähigen Kosten von Durchführbarkeitsstudien sind die Kosten der Studie.

6.4 Soweit keine Beihilfe im Sinn von Art. 107 AEUV vorliegt, sind auch darüber hinausgehende vorhabenbezogene Kosten bzw. Ausgaben beihilfefähig.

6.5 Hochschulen sowie Mitglieder und Einrichtungen der Hochschulen sowie ihnen gleichgestellte Organisationseinheiten werden auf Ausgabenbasis gefördert.

6.6 Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen können auf Kostenbasis gefördert werden.

## 7. Verfahren

7.1 Anträge auf die Gewährung von Zuwendungen sind unter Verwendung der hierfür bereitgestellten Formulare unter <https://www.forschungsstiftung.de/Downloads.html> an die

Bayerische Forschungsstiftung

Prinzregentenstraße 52

80538 München

Tel.: 089 / 2102 86-3, Fax: 089 / 2102 86-55

zu richten.

7.2 Die Bayerische Forschungsstiftung überprüft die Anträge unter Einschaltung von externen Fachgutachtern.

7.3 Die Bewilligung der Anträge, die Auszahlung der Förderung und die abschließende Prüfung der Verwendungsnachweise erfolgt durch die Bayerische Forschungsstiftung.

## 8. Inkrafttreten, Außerkrafttreten

8.1 Diese Richtlinien treten am 01.05.2021 in Kraft und treten mit Ablauf des 30.06.2024 außer Kraft.

8.2 Mit Ablauf des 30.04.2021 tritt die Richtlinie zur Durchführung des Förderprogramms „Hochtechnologien für das 21. Jahrhundert“ (Stand: 01.01.2015) außer Kraft.

# Förderung der internationalen Zusammenarbeit

## **Internationale Zusammenarbeit in Projekten der Stiftung**

Internationale Beziehungen in Wissenschaft und Forschung sind ein wichtiges Anliegen der Bayerischen Forschungsstiftung. Sie stärken Bayern im globalen Wettbewerb und sind eine unerlässliche Voraussetzung für die Sicherung und den Ausbau der Position des Freistaats auf den internationalen Märkten. Gerade im Hochschulbereich können zahlreiche Ideen jedoch nicht verwirklicht werden, weil z. T. nur verhältnismäßig geringe Geldbeträge fehlen oder erst mit hohem Verwaltungsaufwand bereitgestellt werden können.

Die Bayerische Forschungsstiftung möchte hier mit ihren unbürokratischen Strukturen zielgerichtet tätig sein. Fördermittel für internationale Wissenschafts- und Forschungskontakte können nur in engem thematischem Zusammenhang mit Projekten der Bayerischen Forschungsstiftung gewährt werden.

Zuwendungsfähig sind

- » Kosten für kurzzeitige, wechselseitige Aufenthalte in den Partnerlabors,
- » Kosten, die im Zusammenhang mit der Anschaffung von gemeinsam genutzten oder dem Austausch von Geräten entstehen.

Der Antrag muss den Gegenstand, die Partnerschaft, den Zeitablauf, die Kosten und den Bezug zu einem Projekt der Bayerischen Forschungsstiftung enthalten. Die Höchstfördersumme pro Antrag beträgt 15.000 Euro.



### Stipendien für Promovierende

In Bayern promovierter ausländischer Wissenschaftsnachwuchs vermittelt im Regelfall hervorragend die „Botschaft“ des Wissenschaftsstandorts Bayern. Aus jungen Forscherinnen und Forschern werden oft Persönlichkeiten, die in ihren Ländern wichtige Entscheidungen treffen und deshalb auch für die Marktchancen unserer Wirtschaft von großer Bedeutung sind. Die Bayerische Forschungstiftung möchte mit dieser Initiative dazu beitragen, dass Studierende mit guter Weiterbildung und Promotion in Freundschaft unser Land verlassen. Eine entsprechende Werbewirkung für den Wissenschafts- und Wirtschaftsstandort Bayern sieht die Bayerische Forschungstiftung darüber hinaus in Promotionen des bayerischen Wissenschaftsnachwuchses an ausländischen Hochschulen.

Aufgrund der Stiftungssatzung und der Richtlinien für die Vergabe von Fördermitteln der Bayerischen Forschungstiftung werden Stipendien nur für Forschungsvorhaben gewährt, die in engem thematischem Zusammenhang mit Projekten der Bayerischen Forschungstiftung stehen.

Voraussetzung: Professorinnen und Professoren einer ausländischen und einer bayerischen Forschungseinrichtung, die wissenschaftlich zusammenarbeiten, treffen die Auswahl der Promovierenden. Gemeinsam bestimmen sie das Thema, das in engem thematischem Zusammenhang mit einem Projekt der Bayerischen Forschungstiftung steht, und übernehmen die wissenschaftliche und soziale Betreuung der Promovierenden.

Das Stipendium beträgt bis zu 1.500 Euro pro Monat. Hinzu kommen Reise- und Sachmittel in Höhe von 3.500 Euro pro Jahr.

### Post-Doc-Stipendien

Das Post-Doc-Programm läuft nach ähnlichen Modalitäten wie das Doktorandenprogramm. Es bietet die Möglichkeit, promovierte Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler aus dem Ausland während ihres Aufenthalts in Bayern und bayerische Promovierte während ihres Aufenthalts im Ausland bis zu 12 Monate zu fördern. Stipendien werden auch hier wieder nur für Forschungsvorhaben gewährt, die in engem thematischem Zusammenhang mit Projekten der Bayerischen Forschungstiftung stehen. Das Stipendium beträgt bis zu 2.500 Euro pro Monat. Hinzu kommen Reise- und Sachmittel in Höhe von insgesamt 3.500 Euro.



# Gesetz

## ÜBER DIE ERRICHTUNG DER BAYERISCHEN FORSCHUNGSSTIFTUNG

Vom 24. Juli 1990 (GVBl S. 241), zuletzt geändert durch § 1 Nr. 282 der Verordnung vom 26. März 2019 (GVBl S. 98, 599)

Der Landtag des Freistaates Bayern hat das folgende Gesetz beschlossen, das nach Anhörung des Senats hiermit bekanntgemacht wird:

### Art. 1 Errichtung

<sup>1</sup>Unter dem Namen „Bayerische Forschungsstiftung“ wird eine rechtsfähige Stiftung des öffentlichen Rechts errichtet.

<sup>2</sup>Sie entsteht mit Inkrafttreten dieses Gesetzes.

### Art. 2 Zweck, Stiftungsgenuss

**1** Die Stiftung hat den Zweck,

1. ergänzend zur staatlichen Forschungsförderung durch zusätzliche Mittel oder auf sonstige Weise universitäre und außeruniversitäre Forschungsvorhaben, die für die wissenschaftlich-technologische Entwicklung Bayerns oder für die bayerische Wirtschaft oder für den Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen nach Art. 131 und 141 der Verfassung von Bedeutung sind,
2. die schnelle Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse durch die Wirtschaft zu fördern.

**2** <sup>1</sup>Die Stiftung soll ausschließlich und unmittelbar gemeinnützige Zwecke im Sinne des Abschnittes Steuerbegünstigte Zwecke der Abgabenordnung erfüllen.

<sup>2</sup>Das Nähere regelt die Satzung.

**3** Ein Rechtsanspruch auf die Gewährung des jederzeit widerruflichen Stiftungsgenusses besteht nicht.

### Art. 3 Stiftungsvermögen

Das Vermögen der Stiftung besteht

1. aus dem zum 31. Juli 2000 vorhandenen Kapitalstock,
2. aus Zustiftungen vor allem aus der Wirtschaft, sonstigen Zuwendungen sowie sonstigen Einnahmen, soweit sie nicht zur unmittelbaren Erfüllung des Stiftungszwecks bestimmt sind.

### Art. 4 Stiftungsmittel

Die Stiftung erfüllt ihre Aufgaben aus

1. Erträgen des Stiftungsvermögens
2. Zuwendungen und sonstigen Einnahmen, soweit sie zur unmittelbaren Erfüllung des Stiftungszwecks bestimmt sind.

### Art. 5 Organe

Organe der Stiftung sind der Stiftungsrat, der Stiftungsvorstand sowie der Wissenschaftliche Beirat.

### Art. 6 Stiftungsrat

**1** Der Stiftungsrat besteht aus

1. dem Ministerpräsidenten als Vorsitzenden,
2. dem Staatsminister für Wissenschaft und Kunst,
3. dem Staatsminister der Finanzen und für Heimat,
4. dem Staatsminister für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie
5. zwei Vertretern des Bayerischen Landtags,
6. zwei Vertretern der Wirtschaft,
7. zwei Vertretern der Wissenschaft, davon einem Vertreter der Universitäten und einem Vertreter der Fachhochschulen.



**2** <sup>1</sup> Der Stiftungsrat hat insbesondere die Aufgabe, die Grundsätze der Stiftungspolitik und die Arbeitsprogramme festzulegen, sowie über den Haushaltsplan, die Jahresrechnung und die Vermögensübersicht zu beschließen.

<sup>2</sup> Er kann Richtlinien für die Vergabe von Stiftungsmitteln erlassen.

#### **Art. 7 Stiftungsvorstand**

**1** <sup>1</sup> Der Stiftungsvorstand besteht aus je einem Vertreter der Staatskanzlei, des Staatsministeriums für Wissenschaft und Kunst, des Staatsministeriums der Finanzen und für Heimat sowie des Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie.

<sup>2</sup> Der Stiftungsvorstand bestimmt aus seiner Mitte einen Vorsitzenden und einen Stellvertreter.

**2** <sup>1</sup> Der Stiftungsvorstand führt entsprechend den Richtlinien und Beschlüssen des Stiftungsrats die Geschäfte der laufenden Verwaltung.

<sup>2</sup> Soweit der Bereich einzelner Staatsministerien berührt ist, entscheidet der Stiftungsvorstand einstimmig.

<sup>3</sup> Der Vorsitzende des Stiftungsvorstands vertritt die Stiftung gerichtlich und außergerichtlich.

**3** <sup>1</sup> Der Vorstand bedient sich einer Geschäftsstelle.

<sup>2</sup> Sie wird von einem Geschäftsführer geleitet, der nach Maßgabe der Satzung auch Vertretungsaufgaben wahrnehmen kann.

<sup>3</sup> Der Vorstand beruft einen ehrenamtlichen Präsidenten.

#### **Art. 8 Wissenschaftlicher Beirat**

**1** Der Wissenschaftliche Beirat besteht aus Sachverständigen der Wirtschaft und der Wissenschaft.

**2** Der Wissenschaftliche Beirat hat die Aufgabe, die Stiftung in Forschungs- und Technologiefragen zu beraten und einzelne Vorhaben zu begutachten.

#### **Art. 9 Satzung**

<sup>1</sup> Die nähere Ausgestaltung der Stiftung wird durch eine Satzung geregelt.

<sup>2</sup> Die Satzung wird durch die Staatsregierung erlassen.

#### **Art. 10 Stiftungsaufsicht**

Die Stiftung untersteht unmittelbar der Aufsicht des Staatsministeriums der Finanzen und für Heimat.

#### **Art. 11 Beendigung, Heimfall**

**1** Die Stiftung kann nur durch Gesetz aufgehoben werden.

**2** Im Fall der Aufhebung der Stiftung fällt ihr Vermögen an den Freistaat Bayern.

#### **Art. 12 Stiftungsgesetz**

Im übrigen gelten die Bestimmungen des Stiftungsgesetzes (BayRS 282-1-1-K) in seiner jeweils gültigen Fassung.

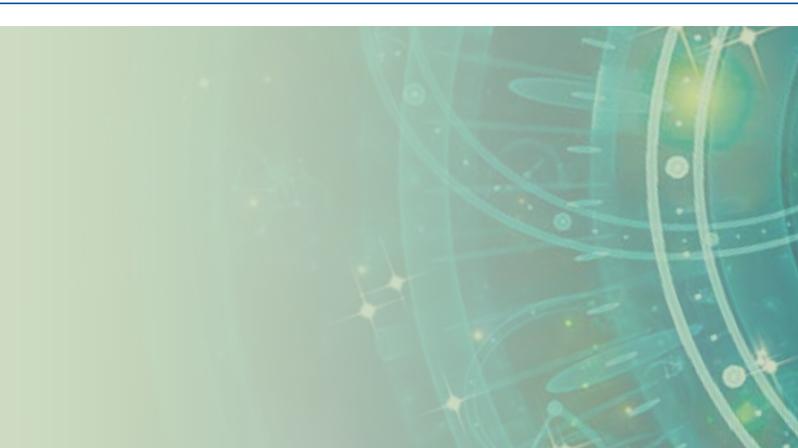
#### **Art. 13 Inkrafttreten**

Dieses Gesetz tritt am 1. August 1990 in Kraft.

---

München, den 24. Juli 1990

Der Bayerische Ministerpräsident Dr. h. c. Max Streibl



# Satzung

DER BAYERISCHEN  
FORSCHUNGSSTIFTUNG

Vom 12. Januar 2016 (GVBl S. 7)

---

Auf Grund des Art. 9 Satz 2 des Gesetzes über die Errichtung der Bayerischen Forschungsstiftung vom 24. Juli 1990 (GVBl. S. 241, BayRS 282-2-11-W), das zuletzt durch § 1 Nr. 313 der Verordnung vom 22. Juli 2014 (GVBl. S. 286) geändert worden ist, erlässt die Bayerische Staatsregierung folgende Satzung:

## § 1 Stiftung und das Gesetz über die Errichtung der Bayerischen Forschungsstiftung

**1** Die Bayerische Forschungsstiftung ist eine rechtsfähige Stiftung des öffentlichen Rechts mit Sitz in München.

**2** <sup>1</sup>Die Bestimmungen des Gesetzes über die Errichtung der Bayerischen Forschungsstiftung sind für die Stiftung unmittelbar anzuwenden und im Zweifel vorrangig gegenüber den nachfolgenden ergänzenden Bestimmungen. <sup>2</sup>Das Gesetz über die Errichtung der Bayerischen Forschungsstiftung ist zugleich Bestandteil dieser Satzung.

## § 2 Gemeinnützigkeit

<sup>1</sup>Die Stiftung verfolgt ausschließlich und unmittelbar gemeinnützige Zwecke zur Förderung von Wissenschaft und Forschung im Sinne des Abschnitts „Steuerbegünstigte Zwecke“ der Abgabenordnung. <sup>2</sup>Sie ist selbstlos tätig und verfolgt nicht in erster Linie eigenwirtschaftliche Zwecke. <sup>3</sup>Die Stiftung verwirklicht ihre Zwecke insbesondere durch die Gewährung von Zuschüssen und Darlehen und durch die Übernahme von Bürgschaften und Garantien.

## § 3 Stiftungsvermögen und Stiftungsmittel

**1** <sup>1</sup>Das Stiftungsvermögen ist in seinem Bestand ungeschmälert zu erhalten. <sup>2</sup>Es dürfen Rücklagen gebildet werden, um es zu erhalten und die satzungsmäßigen Zwecke nachhaltig zu fördern.

**2** <sup>1</sup>Sämtliche Stiftungsmittel dürfen nur für satzungsmäßige Zwecke verwendet werden. <sup>2</sup>Es dürfen Rücklagen gebildet werden, um die satzungsmäßigen Zwecke nachhaltig zu fördern. <sup>3</sup>Niemand darf durch Ausgaben, die den Zwecken der Stiftung fremd sind, oder durch unverhältnismäßig hohe Vergütungen begünstigt werden. <sup>4</sup>Die Mitglieder der Stiftungsorgane und der ehrenamtliche Präsident erhalten keine Zuwendungen aus Stiftungsmitteln.

## § 4 Ehrenamtlichkeit

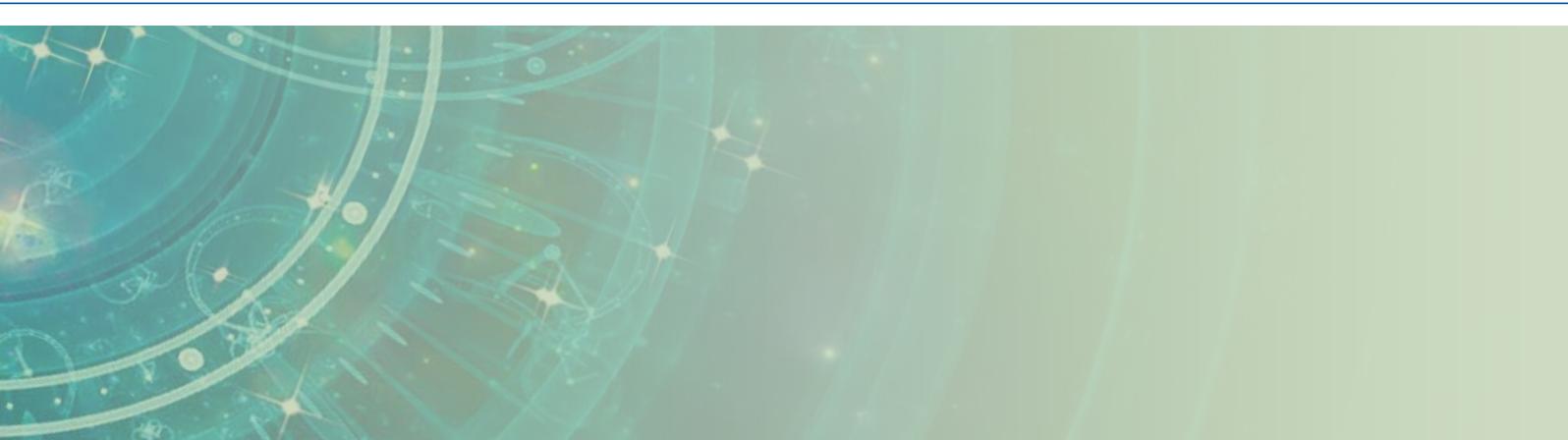
**1** <sup>1</sup>Die Mitglieder der Stiftungsorgane sind grundsätzlich ehrenamtlich tätig. <sup>2</sup>Anfallende Auslagen können ersetzt werden. <sup>3</sup>Der Stiftungsvorstand kann im Einvernehmen mit dem Stiftungsrat eine jährliche pauschale Tätigkeitsvergütung für Mitglieder der Stiftungsorgane beschließen.

**2** Für den Präsidenten und sonstige ehrenamtlich tätige Personen gilt Abs. 1 Satz 2 und 3 entsprechend.

## § 5 Stiftungsrat

**1** <sup>1</sup>Die Vertreter des Landtags im Stiftungsrat werden durch den Landtag für fünf Jahre bestellt. <sup>2</sup>Ihre Amtszeit endet vorzeitig, wenn sie aus dem Landtag ausscheiden.

**2** <sup>1</sup>Der Bayerische Industrie- und Handelskammertag und der Bayerische Handwerkstag wählen je einen Ver-



treter im Stiftungsrat nach Art. 6 Abs. 1 Nr. 6 des Gesetzes über die Errichtung der Bayerischen Forschungstiftung, der Verein Universität Bayern e. V. und der Verein Hochschule Bayern e. V. je einen Vertreter im Stiftungsrat nach Art. 6 Abs. 1 Nr. 7 des Gesetzes über die Errichtung der Bayerischen Forschungstiftung.<sup>2</sup> Die Amtszeit dieser Vertreter im Stiftungsrat beträgt jeweils vier Jahre.

**3** Der Stiftungsrat bestimmt aus seiner Mitte einen ersten und zweiten Stellvertreter des Vorsitzenden.

**4** <sup>1</sup>Für jedes Mitglied des Stiftungsrats kann ein Stellvertreter bestimmt werden. <sup>2</sup>Der Ministerpräsident und die Staatsminister bestimmen ihre Stellvertreter jeweils selbst. <sup>3</sup>Für die Bestimmung der übrigen Stellvertreter gelten die Abs. 1 und 2 entsprechend.

**5** <sup>1</sup>Der Stiftungsrat gibt sich eine Geschäftsordnung. <sup>2</sup>Er fasst seine Beschlüsse mit der Mehrheit der abgegebenen Stimmen. <sup>3</sup>Bei Stimmgleichheit entscheidet die Stimme des Vorsitzenden. <sup>4</sup>Der Stiftungsrat ist beschlussfähig, wenn die Mehrheit seiner Mitglieder anwesend oder vertreten ist. <sup>5</sup>Als anwesend gilt auch ein Mitglied, das sein Stimmrecht auf ein anwesendes Mitglied oder dessen Stellvertreter übertragen hat. <sup>6</sup>Eine Weiterübertragung des Stimmrechts ist ausgeschlossen.

**6** <sup>1</sup>Ein Mitglied des Stiftungsrats darf an der Beratung und Beschlussfassung nicht mitwirken, wenn die Entscheidung ihm selbst, seinem Ehegatten, seinen Verwandten bis zum dritten oder Verschwägerten bis zum zweiten Grad oder einer von ihm kraft Gesetzes oder Vollmacht vertretenen natürlichen oder juristischen

Person einen unmittelbaren Vor- oder Nachteil bringen kann. <sup>2</sup>Im Zweifel entscheidet der Stiftungsrat hier über unter Ausschluss des betreffenden Mitglieds. <sup>3</sup>Die Mitwirkung eines wegen persönlicher Befangenheit ausgeschlossenen Mitglieds hat die Ungültigkeit des Beschlusses zur Folge, wenn sie für das Abstimmungsergebnis entscheidend war.

**7** <sup>1</sup>Der Stiftungsrat beschließt neben seinen gesetzlich bestimmten Aufgaben über

1. den Jahresbericht,
2. die Entlastung des Stiftungsvorstands,
3. die Bestellung des Abschlussprüfers für die Jahresrechnung,
4. den Erlass von Richtlinien zur zweckentsprechenden Verwaltung des Stiftungsvermögens, auch im Hinblick auf die steuerliche Begünstigung etwaiger Zustiftungen und Spenden,
5. den Erlass von Richtlinien zur Vergabe von Fördermitteln,
6. die Zustimmung zur Geschäftsordnung des Stiftungsvorstands,
7. die Bestellung der Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats.

<sup>2</sup>Darüber hinaus kann der Stiftungsrat über Fragen von allgemeiner Bedeutung oder über wichtige Einzelfragen beschließen.

## **§ 6 Stiftungsvorstand**

**1** Für jedes Mitglied des Stiftungsvorstands kann ein Stellvertreter bestellt werden.

**2** Der Stiftungsvorstand beschließt über die Mittelvergabe für einzelne Fördervorhaben.

# Satzung

**3** <sup>1</sup>Der Stiftungsvorstand gibt sich mit Zustimmung des Stiftungsrats eine Geschäftsordnung. <sup>2</sup>Er fasst seine Beschlüsse mit der Mehrheit der abgegebenen Stimmen. <sup>3</sup>Bei Stimmen gleichheit entscheidet die Stimme des Vorsitzenden. <sup>4</sup>§ 5 Abs. 6 gilt entsprechend.

**4** <sup>1</sup>Der Geschäftsführer führt im Auftrag des Stiftungsvorstands die laufenden Geschäfte der Stiftung und vertritt insoweit die Stiftung nach außen. <sup>2</sup>Der ehrenamtliche Präsident berät die Stiftung in allen Fragen der Förderpolitik. <sup>3</sup>Das Nähere regelt die Geschäftsordnung.

## § 7 Wissenschaftlicher Beirat

**1** Der Wissenschaftliche Beirat besteht aus je sieben Sachverständigen der Wirtschaft und der Wissenschaft.

**2** <sup>1</sup>Die Mitglieder werden vom Stiftungsrat bestellt. <sup>2</sup>Das für Wirtschaft zuständige Staatsministerium unterbreitet Vorschläge für die Benennung der Sachverständigen der Wirtschaft, das für Wissenschaft zuständige Staatsministerium für die Benennung der Sachverständigen der Wissenschaft. <sup>3</sup>Die Amtszeit der Mitglieder beträgt drei Jahre. <sup>4</sup>Eine einmalige Wiederbestellung ist möglich.

**3** <sup>1</sup>Der Wissenschaftliche Beirat bestimmt aus seiner Mitte einen Vorsitzenden und einen Stellvertreter. <sup>2</sup>Er gibt sich eine Geschäftsordnung.

**4** <sup>1</sup>Der Wissenschaftliche Beirat kann gegenüber dem Stiftungsrat Empfehlungen zu den Grundsätzen der Stiftungspolitik sowie Stellungnahmen zu Beschlüssen des Stiftungsrats abgeben. <sup>2</sup>Bei der Begutachtung der Anträge auf Fördermaßnahmen achtet er auf die Wahrung

der satzungsmäßigen Zwecke und auf die Einhaltung der Qualitätserfordernisse.

**5** <sup>1</sup>Der Wissenschaftliche Beirat kann zur Erledigung seiner Aufgaben Kommissionen bilden. <sup>2</sup>Zu diesen Kommissionen können auch Dritte hinzugezogen werden.

## § 8 Haushalts- und Wirtschaftsführung

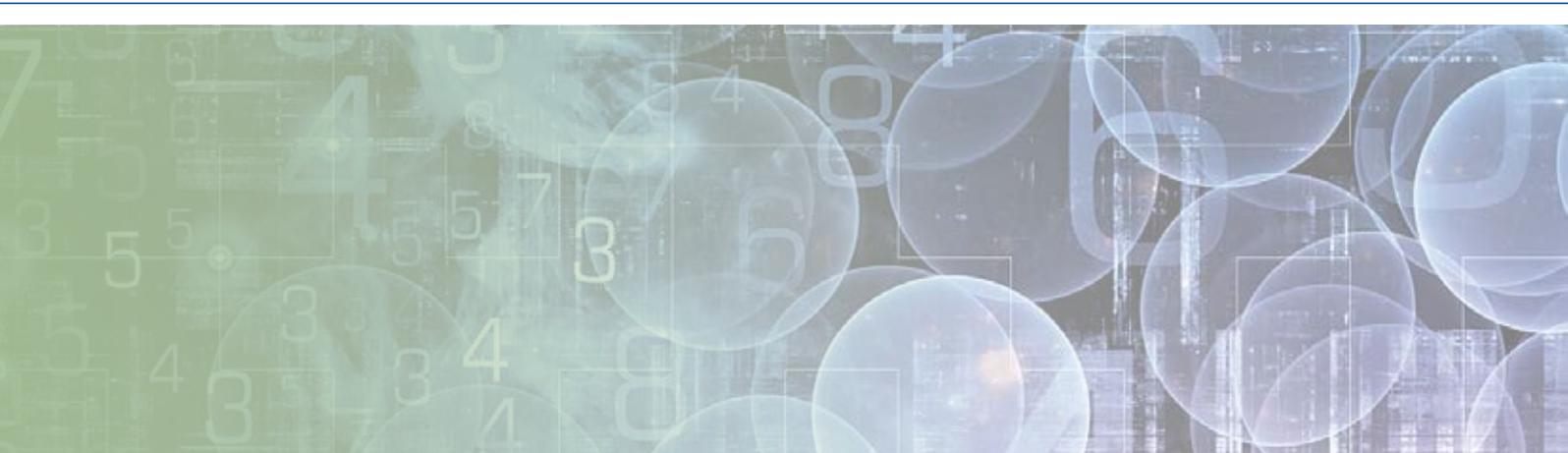
**1** Geschäftsjahr der Stiftung ist das Kalenderjahr.

**2** <sup>1</sup>Vor Beginn eines jeden Geschäftsjahres hat die Stiftung einen Voranschlag (Haushaltsplan) aufzustellen, der die Grundlage für die Verwaltung aller Einnahmen und Ausgaben bildet. <sup>2</sup>Der Voranschlag muss in Einnahmen und Ausgaben ausgeglichen sein. <sup>3</sup>Der Haushaltsplan ist der Aufsichtsbehörde spätestens einen Monat vor Beginn des neuen Geschäftsjahres vorzulegen.

**3** Nach Ablauf eines jeden Geschäftsjahres hat die Stiftung innerhalb von sechs Monaten Rechnung zu legen und die durch den Abschlussprüfer geprüfte Jahresrechnung zusammen mit einer Vermögensübersicht und dem Prüfungsvermerk der Aufsichtsbehörde vorzulegen.

**4** Die Aufsichtsbehörde kann anstelle des in Abs. 2 geregelten Haushaltsplans und der in Abs. 3 geregelten Jahresrechnung und Vermögensübersicht die Aufstellung eines Wirtschaftsplans vorschreiben, wenn ein Wirtschaften nach Einnahmen und Ausgaben nicht zweckmäßig ist.

**5** <sup>1</sup>Im Übrigen gelten die Rechtsvorschriften des Freistaates Bayern über das Haushalts-, Kassen- und Rechnungswesen entsprechend. <sup>2</sup>Zuständige Dienststelle im



Sinne des Art. 44 Abs. 1 Satz 3 der Bayerischen Haushaltsordnung ist die Stiftung.

#### **§ 9 Heimfall**

<sup>1</sup>Der Freistaat Bayern erhält bei Auflösung oder Aufhebung der Stiftung oder bei Wegfall steuerbegünstigter Zwecke nicht mehr als seine eingezahlten Kapitalanteile und den gemeinen Wert seiner geleisteten Sacheinlagen zurück. <sup>2</sup>Bei Aufhebung oder Auflösung der Stiftung oder bei Wegfall steuerbegünstigter Zwecke fällt das Vermögen der Stiftung, soweit es die eingezahlten Kapitalanteile und den gemeinen Wert der geleisteten Sachanlagen des Stifters übersteigt, an den Freistaat Bayern, der es unmittelbar und ausschließlich für gemeinnützige Zwecke zu verwenden hat.

#### **§ 10 Satzungsänderungen**

Satzungsänderungen werden von der Staatsregierung nach Anhörung des Stiftungsrats beschlossen.

#### **§ 11 Inkrafttreten, Außerkrafttreten**

**1** Diese Satzung tritt am 1. Februar 2016 in Kraft.

**2** Mit Ablauf des 31. Januar 2016 tritt die Satzung der Bayerischen Forschungsstiftung (FoStS) vom 5. Februar 1991 (GVBl. S. 49, BayRS 282-2-11-1-W), die zuletzt durch Satzung vom 2. Juli 2013 (GVBl. S. 430) geändert worden ist, außer Kraft.

---

München, den 12. Januar 2016  
Der Bayerische Ministerpräsident Horst Seehofer



# Rechnungsprüfung

## Allgemeines

Für das Rechnungswesen der Bayerischen Forschungstiftung gelten gemäß § 8 Abs. 5 der Stiftungssatzung die Rechtsvorschriften des Freistaates Bayern über das Haushalts-, Kassen- und Rechnungswesen entsprechend. Das Stiftungsvermögen nach Art. 3 des Errichtungsgesetzes wird hinsichtlich der Buchführung getrennt von den laufenden Einnahmen und Ausgaben erfasst. Vor Beginn eines jeden Geschäftsjahres hat die Stiftung einen Voranschlag (Haushaltsplan) aufzustellen, der die Grundlage für die Verwaltung aller Einnahmen und Ausgaben bildet (§ 8 Abs. 2 der Stiftungssatzung).

## Stiftungsrechnung

Die Stiftungsrechnung 2021 schließt mit Einnahmen von 20,5 Mio. Euro, denen Ausgaben von 16,1 Mio. Euro gegenüberstehen.

## Vermögensübersicht

Das Gesamtvermögen beläuft sich zum Jahresende 2021 ohne Berücksichtigung der Verbindlichkeiten auf insgesamt 425,1 Mio. Euro. Davon entfallen auf das Stiftungsvermögen gemäß Art. 3 des Errichtungsgesetzes 371,9 Mio. Euro. Die Stiftungsmittel belaufen sich auf 53,2 Mio. Euro.

Nach Abzug von Verbindlichkeiten beträgt das Gesamtvermögen der Stiftung zum Jahresultimo 383,7 Mio. Euro.

## Jahresabschluss

Der Jahresabschluss wurde durch die RBT Römer Bölke Welter Memmler Treuhand GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft Steuerberatungsgesellschaft der vorgeschriebenen Prüfung unterzogen. Das Ergebnis der Prüfung ist im Bericht vom 11. Februar 2022 festgehalten.

Da sich keine Beanstandungen ergeben haben, wurde für die Jahresrechnung 2021 und die Vermögensübersicht zum 31. Dezember 2021 von der RBT Römer Bölke Welter Memmler Treuhand GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft Steuerberatungsgesellschaft folgender Prüfungsvermerk erteilt:

## PRÜFUNGSVERMERK DES ABSCHLUSSPRÜFERS

An die Bayerische Forschungstiftung, München:

Wir haben die Jahresrechnung für das Geschäftsjahr 2021 – bestehend aus einer Einnahmen-/Ausgabenrechnung sowie einer Vermögensübersicht zum 31. Dezember 2021 – unter Einbeziehung der Buchführung der Bayerischen Forschungstiftung geprüft. Durch Art. 16 Abs. 3 BayStG wurde der Prüfungsgegenstand erweitert. Die Prüfung erstreckte sich daher auch auf die Erhaltung des Grundstockvermögens und die bestimmungsgemäße Verwendung seiner Erträge und zum Verbrauch bestimmter Zuwendungen.

## Verantwortung der gesetzlichen Vertreter

Die gesetzlichen Vertreter der Bayerischen Forschungstiftung sind verantwortlich für die Aufstellung des Abschlusses nach den gesetzlichen Vorschriften. Die gesetzlichen Vertreter sind auch verantwortlich für die internen Kontrollen, die sie als notwendig erachten, um die Aufstellung eines Abschlusses zu ermöglichen, der frei von wesentlichen – beabsichtigten oder unbeabsichtigten – falschen Angaben ist.

## Verantwortung des Wirtschaftsprüfers

Unsere Aufgabe ist es, auf der Grundlage unserer Prüfung eine Beurteilung über die Jahresrechnung sowie über den Prüfungsgegenstand nach Art. 16 Abs. 3 BayStG abzugeben. Wir haben unsere Prüfung des Abschlusses



unter Beachtung der vom Institut der Wirtschaftsprüfer (IDW) festgestellten deutschen Grundsätze ordnungsmäßiger Abschlussprüfung durchgeführt. Danach haben wir die Berufspflichten einzuhalten und die Prüfung des Abschlusses so zu planen und durchzuführen, dass hinreichende Sicherheit darüber erlangt wird, ob der Abschluss frei von wesentlichen falschen Angaben ist. Die Prüfung eines Abschlusses umfasst die Durchführung von Prüfungshandlungen, um Prüfungsnachweise für die im Abschluss enthaltenen Wertansätze und zu den dazugehörigen Angaben zu erlangen. Die Auswahl der Prüfungshandlungen liegt im pflichtgemäßen Ermessen des Wirtschaftsprüfers. Dies schließt die Beurteilung der Risiken wesentlicher – beabsichtigter oder unbeabsichtigter – falscher Angaben im Abschluss ein. Bei der Beurteilung dieser Risiken berücksichtigt der Wirtschaftsprüfer das interne Kontrollsystem, das relevant ist für die Aufstellung des Abschlusses. Ziel hierbei ist es, Prüfungshandlungen zu planen und durchzuführen, die unter den gegebenen Umständen angemessen sind, jedoch nicht, ein Prüfungsurteil zur Wirksamkeit des internen Kontrollsystems der Stiftung abzugeben. Die Prüfung eines Abschlusses umfasst auch die Beurteilung der angewandten Rechnungslegungsmethoden sowie die Beurteilung der Gesamtdarstellung des Abschlusses. Wir sind der Auffassung, dass die von uns erlangten Prüfungsnachweise ausreichend und angemessen sind, um als Grundlage für unser Prüfungsurteil zu dienen.

#### **Prüfungsurteil**

Nach unserer Beurteilung aufgrund der bei der Prüfung gewonnenen Erkenntnisse ist die Jahresrechnung für das Geschäftsjahr 2021 – bestehend aus einer Einnahmen-/Ausgabenrechnung sowie einer Vermögensübersicht zum 31. Dezember 2021 – in allen wesentlichen Belangen nach den gesetzlichen Vorschriften aufgestellt.

Die Prüfung der Erhaltung des Grundstockvermögens und der bestimmungsgemäßen Verwendung seiner Erträge und zum Verbrauch bestimmter Zuwendungen nach Art. 16 Abs. 3 BayStG hat keine Einwendungen ergeben.

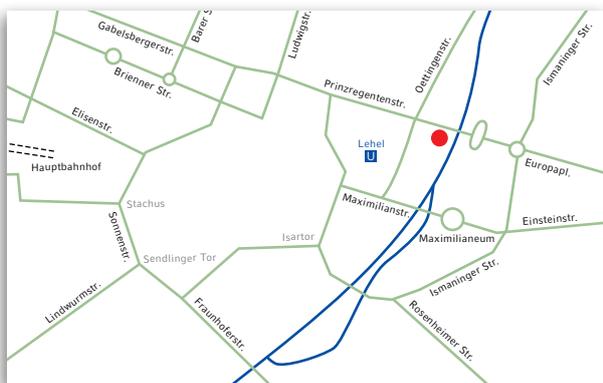
Unser Prüfungsvermerk ist ausschließlich für die Bayerische Forschungstiftung und deren Organe sowie die zuständigen Aufsichtsbehörden bestimmt und darf nicht ohne unsere Zustimmung an Dritte weitergegeben und auch nicht von Dritten verwendet werden.

München, den 11. Februar 2022

**RBT Römer Bölke Welter Memmler Treuhand GmbH**  
Wirtschaftsprüfungsgesellschaft  
Steuerberatungsgesellschaft

(J. Welter)  
Wirtschaftsprüfer

# Kontakt



 **Bayerische Forschungsstiftung**  
Prinzregentenstraße 52  
80538 München  
Telefon + 49 89 / 21 02 86 - 3  
Telefax + 49 89 / 21 02 86 - 55  
forschungsstiftung@bfs.bayern.de  
www.forschungsstiftung.de

## Anreise mit der Bahn / U-Bahn

Vom Hauptbahnhof mit der U4 oder der U5 bis Haltestelle Lehel. Von dort ca. 10 Minuten zu Fuß über die Tattenbach- und Oettingenstraße bis zur Prinzregentenstraße.



Link zu Google Maps  
Prinzregentenstraße 52

 **Bayerische Forschungsstiftung**  
**Büro Nürnberg**  
Am Tullnaupark 8  
90402 Nürnberg  
Telefon + 49 911 / 50 715 - 800  
Telefax + 49 911 / 50 715 - 888

## Anreise mit der Bahn

Vom Hauptbahnhof mit der Straßenbahn Linie 5 Richtung Tiergarten bis Haltestelle Tullnaupark



Link zu Google Maps  
Am Tullnaupark 8

Partner in der Bayerischen Forschungs- und Innovationsagentur  
www.forschung-innovation-bayern.de



## IHRE ANSPRECHPARTNER



Prof. Dr. Dr. h.c. (NAS RA)  
Arndt Bode,  
*Präsident*



Dr. Christian Haslbeck,  
*Geschäftsführer*



Dr. Peter Bruchner,  
*Leiter Wirtschaft /  
Transfer*



Prof. Dr. med.  
Susanne Mayer,  
*Leiterin Wissenschaft /  
Forschung*



Reiner Donaubaue,  
*Leiter Verwaltung*



Robert Zitzlspenger,  
*Leiter Rechnungswesen /  
Controlling*



Dagmar Williams,  
*Büro Nürnberg /  
Antragsberatung*



Melanie Binder,  
*Büro Nürnberg /  
Antragsberatung*



Susanne Ahr,  
*Leitung Sekretariat /  
Sachbearbeitung*



Christine Reeb,  
*Vorzimmer /  
Sachbearbeitung*



Maria Raucheisen,  
*Sekretariat /  
Sachbearbeitung*

# Bildnachweis

Titel, Seiten 5, 12, 14-17, 69, 74, 85-105  
Shutterstock

Seiten 6, 9, 107  
Bayerische Forschungsstiftung

Seite 76  
Hubert Aiwanger:  
Copyright © StMWi/R. Kerl

Markus Blume:  
Copyright © StMWK/Böttcher

Ludwig Hartmann:  
Copyright © Fraktion B90/DIE GRÜNEN im  
Bayerischen Landtag

Seite 106  
Haak&Nakat

## Erfolgstories

Seiten 18-21  
TU München, Lehrstuhl für Aquatische  
Systembiologie  
Abb. 1: Finkel, Theresa  
Abb. 3: Kefer, Simone  
Abb. 4: Azzawi, Mohammed

Seiten 22-25  
Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme  
und Bauelementetechnologie IISB,  
Universität Bamberg, Hochschule Coburg,  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Seiten 27-29  
OTH Regensburg

Seiten 31-33  
BMW AG, Micro-Epsilon Messtechnik GmbH  
& Co. KG

## Neue Projekte

Seite 34  
Susann Vierbauch, Fraunhofer IVV

Seite 36  
InGeneron GmbH, LMU München

Seite 37  
Benjamin Kahlert, Universitätsklinikum  
Erlangen

Seite 38  
Immunic Therapeutics

Seite 39  
Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde  
am Klinikum rechts der Isar, M. Ali Nasseri,  
Mario Weisser

Seite 40  
AKTORmed GmbH, Tobias Rückert,  
OTH Regensburg

Seite 41  
Pictures were modified from SMART (Servier  
Medical Arts), licensed under a Creative  
Common Attribution 3.0 Generic Licence.  
<http://smart.servier.com/>, K2RANICH-COL  
© 2022 by Dr. Philipp-Alexander Neumann  
and Kamacay Cira for Klinikum rechts der  
Isar of the Technical University Munich in  
Germany is licensed under Attribution-  
ShareAlike 4.0 International.  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Seite 42  
TU München, Lehrstuhl für Automatisierung  
und Informationssysteme

Seite 43  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-  
Nürnberg, Technische Fakultät  
Department Informatik  
Lehrstuhl für Graphische Datenverarbeitung,  
Elektronische Fahrwerksysteme GmbH

Seite 44  
Maximilian König

Seite 45  
Indy Autonomous Challenge,  
Open Street Maps

Seite 46  
Stefan Schönig

Seite 47  
Peter Ullrich, Christian Jenkel

Seite 48  
msg systems AG

Seite 49  
Felix Bachbauer

Seite 50  
Fraunhofer HTL

Seite 51  
MAN Truck & Bus SE

Seite 52  
Neue Materialien Byreuth GmbH

Seite 53  
Neue Materialien Byreuth GmbH,  
© Airbus SAS 2017

Seite 54  
BMZ Group, David Oeser

Seite 55  
Andreas Paul Fröba

Seite 56  
TU München, Lehrstuhl für  
Turbomaschinen und Flugantriebe

Seite 57  
Ingenieurbüro Grassl GmbH & SSF  
Ingenieure AG (Bauwerksentwurf),  
Reinhart + Partner Architekten und  
Stadtplaner (Visualisierung)

Seite 58  
Prof. Dr.-Ing. Abid Ali/FHWS

Seite 59  
Speck Pumpen Verkaufsgesellschaft GmbH

Seite 60  
Martin Killmann,  
Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg,  
Lehrstuhl für Fertigungstechnologie

Seite 61  
Constantin Ott

Seite 62  
*iwb*, Raylase

Seite 63  
Giesecke+Devrient Currency Technology  
GmbH, Brace GmbH und Fraunhofer ICT

Seite 64  
BRUDERER AG, Lukas Martinitz

Seite 65  
Hochschule für angewandte Wissenschaften  
Würzburg-Schweinfurt

Seite 66  
Rohde & Schwarz,  
Technische Hochschule Deggendorf

Seite 67  
Evosys Laser GmbH

Seite 68  
Fraunhofer Gesellschaft – Fraunhofer EMFT,  
Hochschule München,  
Klüber Lubrication München SE & Co. KG

# Impressum

## HERAUSGEBER

Bayerische Forschungsstiftung  
Prinzregentenstraße 52  
80538 München

## REDAKTION

Dr. Christian Haslbeck  
Geschäftsführer Bayerische Forschungsstiftung

## GESTALTUNG

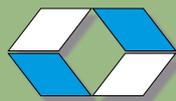
REISSERDESIGN – Büro für Visuelle Kommunikation [[www.reisserdesign.de](http://www.reisserdesign.de)]

## DRUCK

Mühlbauer Druck GmbH  
Planegger Straße 121  
81241 München

Zur besseren Lesbarkeit von Personenbezeichnungen und personenbezogenen Wörtern wird teilweise bloß die männliche Form genutzt. Diese Begriffe gelten für alle Geschlechter.

# Forschung **fördern.** **Wissenstransfer** intensivieren. Innovationen **gestalten.**



Bayerische  
Forschungsstiftung

Prinzregentenstraße 52  
80538 München  
Telefon + 49 89 / 21 02 86 - 3  
Telefax + 49 89 / 21 02 86 - 55

[forschungsstiftung@bfs.bayern.de](mailto:forschungsstiftung@bfs.bayern.de)  
[www.forschungsstiftung.de](http://www.forschungsstiftung.de)  
[www.forschung-innovation-bayern.de](http://www.forschung-innovation-bayern.de)

Büro Nürnberg  
Am Tullnaupark 8  
90402 Nürnberg  
Telefon + 49 911 / 507 15 - 800  
Telefax + 49 911 / 507 15 - 888

