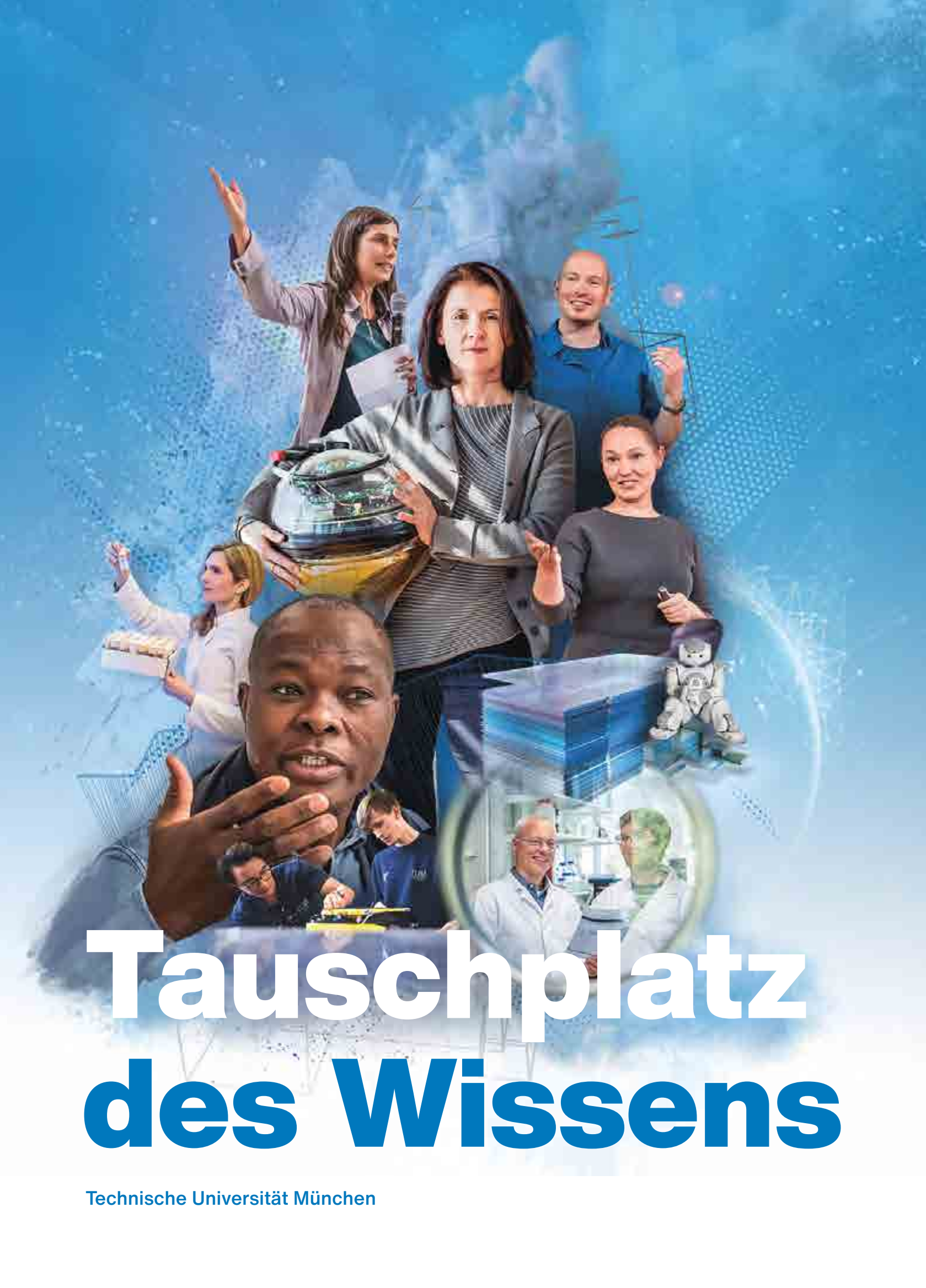


# Tauschplatz des Wissens





# Tauschplatz des Wissens

Technische Universität München

**WER**

**WIR**

**SIND**

# Die TUM erfindet sich neu



Eines haben alle Spitzenuniversitäten in diesen bewegten Zeiten gemeinsam: Entweder entwickeln sie sich fort, oder sie fallen im Wettbewerb zurück. Für die Technische Universität München – unsere TUM – bedeutet das: Wollen wir morgen noch erfolgreicher sein, müssen wir uns heute so aufstellen, dass wir die sich rasch wandelnden Herausforderungen dieser Welt meistern können. Deshalb bleibt auch künftig die Veränderung unsere einzige Konstante!

Mit der vorliegenden Broschüre wollen wir Sie informieren, warum und wie wir uns neu aufstellen – und Sie mitnehmen auf die aufregende Reise in die Zukunft unserer Universität. Denn die DNA der TUM bekommt 150 Jahre nach deren Gründung ein „Update“: Wir ordnen unsere Binnenstruktur mit 15 Fakultäten neu, hin zu einer Matrixorganisation mit sieben Schools und integrativen Forschungszentren. Mit diesen Brückenköpfen für transdisziplinäre Innovationen wollen wir unsere wissenschaftliche Interaktivität in Forschung und Lehre dynamisieren und die Leistungsfähigkeit der Universität auf ein neues Niveau heben. Entstehen wird dabei nichts weniger als ein globaler Tauschplatz des Wissens.

Im Mittelpunkt unseres Strebens steht der Mensch. Mit unserem Reformkonzept *Human-Centered Engineering* wollen wir die wissenschaftlich-technische Exzellenz der TUM in die Gedankenwelt einer modernen Gesellschaft führen. Wir erweitern dafür gedanklich das Ingenieurwesen, öffnen es hin zu den Geistes- und Sozialwissenschaften, indem Werte, Bedürfnisse und Erwartungen der Gesellschaft in die zu entwickelnden Technologien einfließen. Wir wandeln introvertierte Denksilos in kollaborative Teams um. Wir nutzen die Intelligenz der gesamten TUM-Familie und mobilisieren unsere globalen Partner. Wir werden unseren wichtigsten Innovationsmotor ankurbeln – die Menschen!

Die TUM mit ihrem europaweit einzigartigen Kompetenzprofil sieht sich dem grundlegenden Ziel der Vereinten Nationen verpflichtet: Maßgeblich wollen wir dazu beitragen, Gesundheit zu erhalten und Krankheiten zu behandeln, unseren Lebensraum nachhaltig und die digitale Transformation sicher zu gestalten. Dazu erforschen wir die Grundlagen unserer Existenz, die molekularen Codes des Lebens und die erstaunliche Entwicklungsvielfalt der Natur. Wir entwickeln innovative Technologien, um unser Land gesund und zukunftsfähig zu halten. Und wir suchen nach bahnbrechenden Lösungen für die großen Herausforderungen der Gesellschaft.

Erfolg im neuen Jahrzehnt setzt eine offene Innovationskultur voraus und Strukturen, in denen Universitäten nicht mehr nur am Anfang einer Wertschöpfungskette stehen, sondern zentrale Akteurinnen eines Innovationsökosystems aus Forschungseinrichtungen, Wirtschaftsunternehmen, Technologiefirmen, Inkubatoren und Start-ups sind. Als zentrale Akteure und wertgeschätzte Ideengeber binden wir dabei unsere neugierigen und weltoffenen Studierenden aktiv ein. Die TUM wäre nichts ohne sie.

In dieser Broschüre unternehmen wir überdies Tiefenlotungen in ausgewählte Forschungsprojekte – denn nichts ist so spannend wie Wissenschaft, die wirkt. Wir freuen uns sehr, Sie auf unserer Reise begrüßen zu dürfen!

Herzlich, Ihr

Prof. Thomas F. Hofmann  
Präsident der TUM

# Wer wir sind

... und was wir wollen – die neue TUM

03 Grußwort

## 06 Unsere Mission

Das neue Selbstverständnis der TUM

## 10 „Wir bauen einen globalen Tauschplatz des Wissens“

Interview mit TUM-Präsident  
Prof. Thomas F. Hofmann

## 20 Die Transformation

Von der Fakultätsstruktur  
zur Matrixorganisation

## 26 Unser offenes Netzwerk

Wie die TUM künftig systematisch  
den Austausch fördert

## 32 Die TUM in Zahlen

Erfolge  
Global engagiert  
Standorte  
Meilensteine



# Was uns antreibt

Ausgewählte Forschungsprojekte der TUM

## 46 Unendlich staunen

Die Faszination astrophysikalischer  
Neutrinos aus dem Weltall

## 50 Die Macht der Moleküle

Was uns die Chemie lehrt

## 52 Gesund in die Zukunft

So bekämpfen wir morgen Krankheiten:  
Neue Technologien schärfen unseren Blick  
in den menschlichen Körper

## 58 Die fragile Balance

Wie wirkt sich der Klimawandel  
auf unsere Ökosysteme aus?

## 62 Stadt der Zukunft

Wie können wir unseren Lebensraum für uns  
Menschen wieder attraktiver machen?

## 66 Die Sprache der Kristalle

Wenn Experimentalphysiker zu  
Goldgräbern werden

## 70 Die Zukunft in 3D drucken

Revolution in der Fertigungstechnik

## 72 Wer zählt mehr?

Warum Maschinen den Menschen nicht  
ersetzen – sondern unterstützen

## 76 Diagnose auf Knopfdruck

Wie wir medizinische Diagnosen dank KI verbessern

## 78 Haben Computer ein Gewissen?

Wie wir Künstlicher Intelligenz  
moralisches Denken beibringen





# Was uns antreibt

Ausgewählte Forschungsprojekte der TUM



## 84 Die nächste Generation

Wie Studierende der TUM ehrenamtlich die Gesellschaft unterstützen

## 90 Echte Pioniere

Jedes Jahr bringt die TUM 70 bis 80 technologiebasierte Start-ups an den Markt. Wie geht das?

## 97 Das nächste große Ding

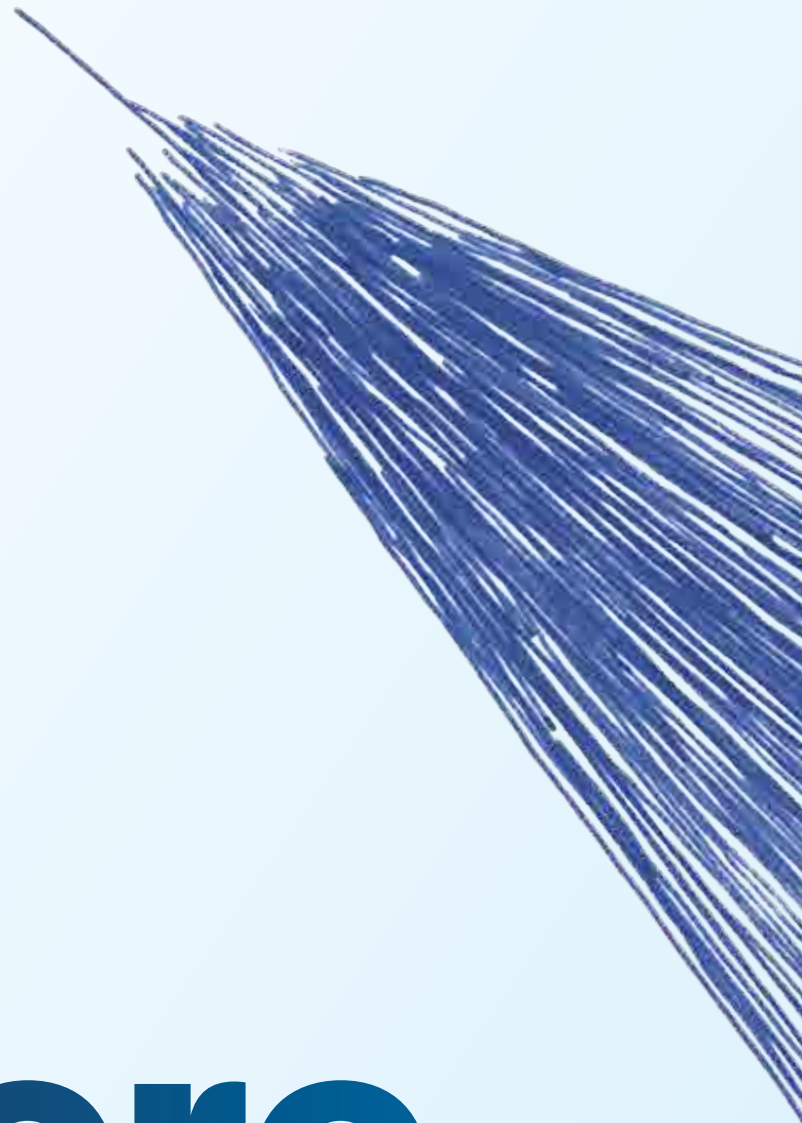
Die Venture Lab Initiative verankert Hightech-Inkubatoren an interdisziplinären Schnittstellen

## 98 Die Förderer

Wie sich Stiftungen, Unternehmen und Privatpersonen an der TUM engagieren

100 Danke!



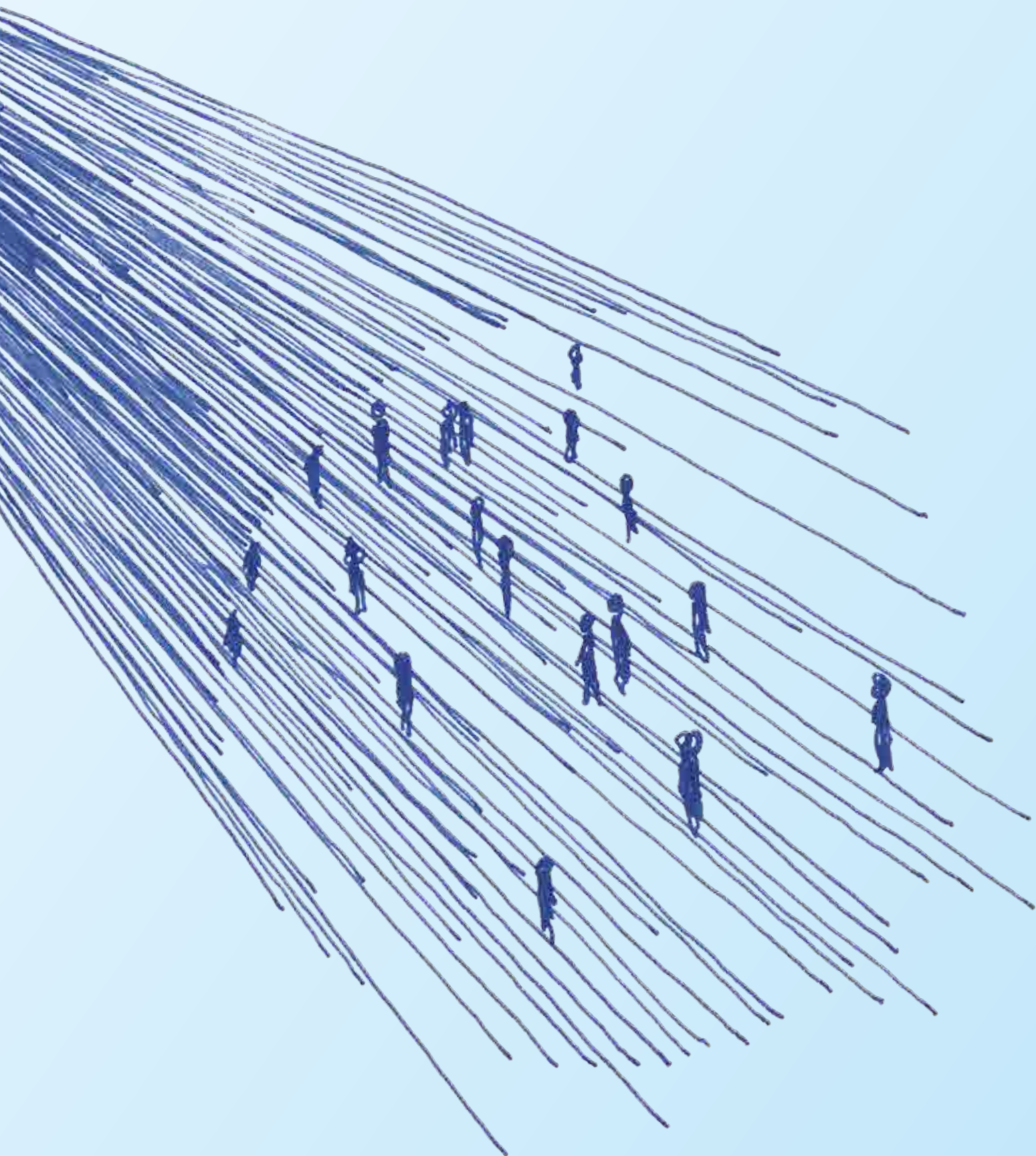


# Unsere Mission

Das neue Selbstverständnis  
der TUM

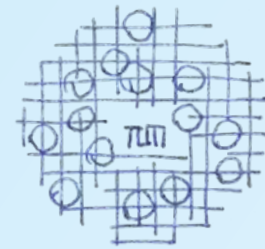
**Wir verpflichten uns dem nachhaltigen Innovationsfortschritt für Mensch, Natur und Gesellschaft. Dieser Leitgedanke prägt das Handeln der TUM.**







*Wir lösen uns von disziplinär  
zugeführten Fakultäten ...*



*... und schaffen eine innovationsfördernde  
Matrixstruktur von Schools und  
transdisziplinären Forschungszentren.*

## Neugierde auf morgen

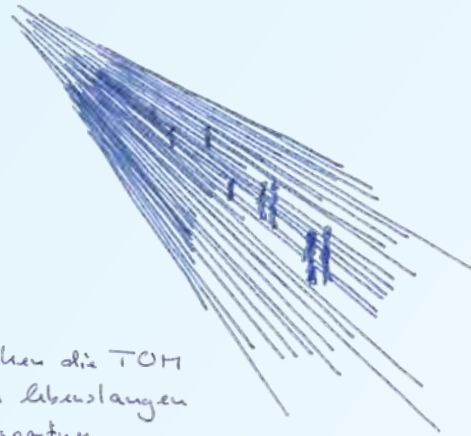
In Zeiten des beschleunigten Wandels bleibt die Veränderung unsere Konstante. Dazu lernen wir aus unseren vielfältigen Erfahrungen und hinterfragen täglich aufs Neue die Konsequenzen unseres Handelns. Wir richten uns an neuen Herausforderungen aus und nutzen potenzialreiche Chancen zur nachhaltigen Entwicklung von Wissenschaftlichkeit, Ökologie, Ökonomie, Gesundheit und sozialen Beziehungen – daraus schöpfen wir neue Freude, Motivation und Leistungskraft.

## Teams statt Silos

Nur wer in der Lage ist, die Kompetenzen der Datenwissenschaften, der Psychologie, der Neuro- und der Wirtschaftswissenschaften zu verknüpfen, wird menschliche Entscheidungsprozesse besser verstehen können. Nur wer Werkzeuge und Kenntnisse der Politikwissenschaften, der Klima- und Umweltforschung, der Geodäsie, der sozialen Netzwerke und der Künstlichen Intelligenz zusammenführt, wird regionale Konflikte besser vorhersagen können. Und nur wem die Integration von Gesellschaftswissenschaften und Design-Thinking-Methoden in ingenieurwissenschaftliche Innovationsprozesse gelingt, wird die Funktionalität technischer Systeme besser auf die Bedürfnisse des Menschen ausrichten können. Deshalb brauchen wir neben fachlichen „Tiefbohrern“ in Kerndisziplinen künftig auch verstärkt „Systemarchitekten“: Persönlichkeiten, die mit Kompetenz, Weitsicht und integrierendem Führungsstil die individuellen Stärken verschiedener Disziplinen und Denkkulturen im Sinne einer Systemintegration zusammenführen können. Um unseren Wirkungsgrad zu erhöhen, stellen wir unser tradiertes Fakultätssystem um: auf eine innovationsfördernde Matrixorganisation mit Schools/ Departments und interdisziplinären Forschungszentren. Damit wollen wir strategische Entwicklungspotenziale effizienter in Innovationen umwandeln, Technologieausgründungen wirksamer beschleunigen und uns durch eine gesteigerte operative Agilität zukunftsfähiger machen.



Wir richten Forschung, Innovation  
und Lehre auf die Werte und  
Bedürfnisse der Gesellschaft aus...



... und machen die THM  
zu einem lebenslangen  
Bildungspartner.

## Der Mensch im Fokus

Biologisierung, Digitalisierung und Künstliche Intelligenz werden allgegenwärtig, kein Bereich unseres Lebens wird davon unberührt bleiben. Umso mehr sind wir gefordert, die Konsequenzen unseres Handelns frühzeitig zu reflektieren und neue Technologien bereits im Zuge ihrer Entwicklung gesamtheitlich und unter Berücksichtigung aller gesellschaftlichen, ökonomischen, ökologischen, politischen und ethischen Implikationen zu erforschen. Im Sinne unserer Mission *Responsible Research and Innovation* richten wir unsere Forschungs- und Innovationsprozesse an den Werten, Bedürfnissen und Erwartungen der Gesellschaft aus. Wir entwickeln Innovationen nicht um der Technologie willen, sondern für den Menschen. Dieser Leitgedanke eines *Human-Centered Engineering* durchdringt künftig unsere Forschung, Innovation und Lehre.

## Eine Kultur lebenslangen Lernens

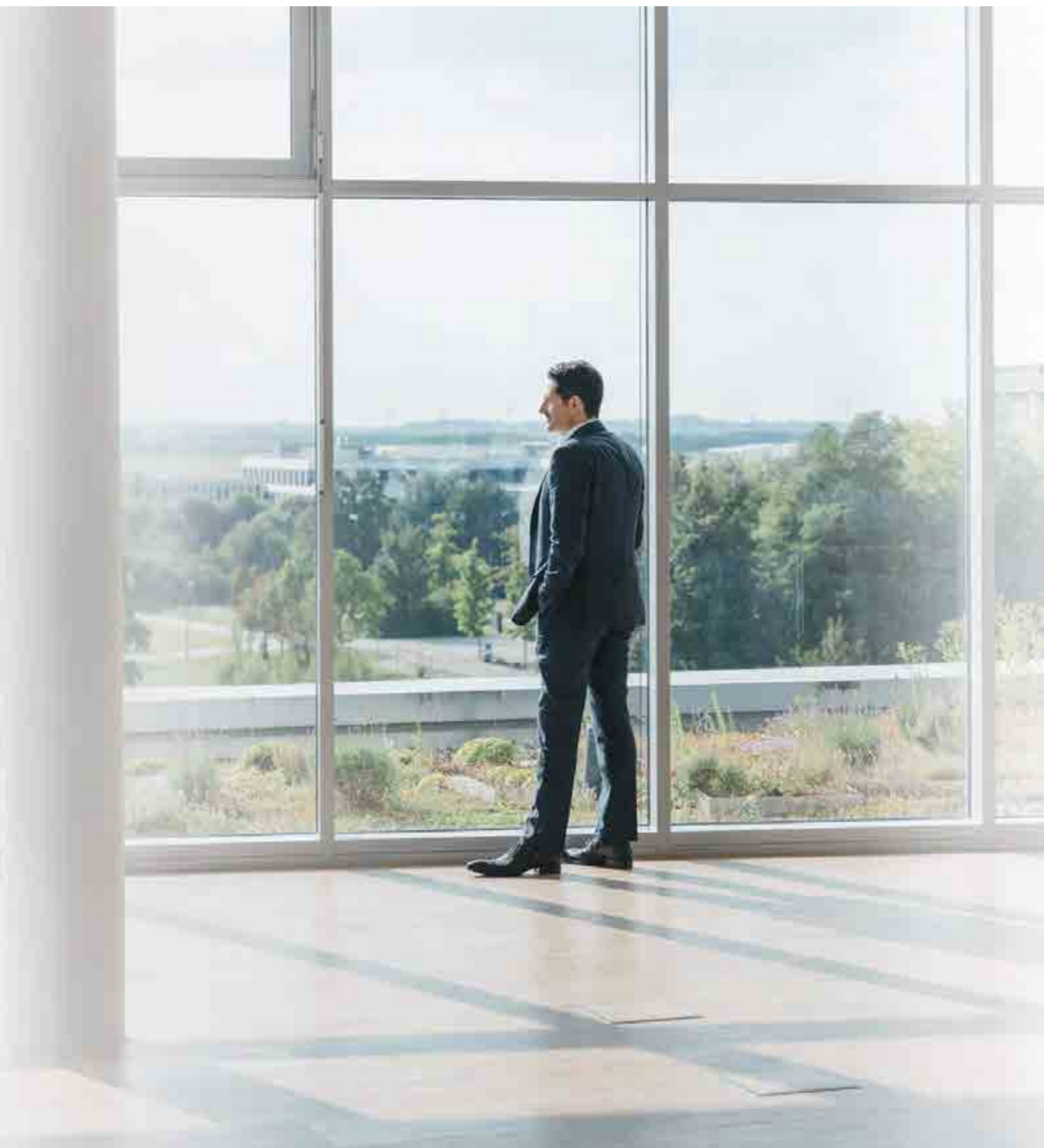
Die Arbeitswelt verändert sich sprunghaft und dynamisch: Viele der heute erlernten Technologien werden morgen schon von gestern sein. Künftige Absolventinnen und Absolventen werden häufiger den Job wechseln, als es die jeweils vorherige Generation getan hat. Und zeitgleich werden berufliche Karrieren länger andauern, bis zu fast einem halben Jahrhundert.

Deshalb richten wir unsere studentische Lehre auf die Kompetenzprofile künftiger Arbeitsmärkte aus, entwickeln unsere didaktischen Lehrkonzepte und interaktiven Lernwerkzeuge ständig fort, und fördern unsere Talente darin, ihre individuellen Entwicklungspotenziale zu erkennen und zur Entfaltung zu bringen. Zudem befähigen wir sie dazu, mit höchster Wissenschaftlichkeit und interdisziplinärer Verknüpfungsfähigkeit, mit unternehmerischem Mut und gesellschaftspolischem Feingefühl, mit Verantwortung und Wertebewusstsein sowie mit einer lebenslangen Kultur- und Bildungsoffenheit den Innovationsfortschritt für Mensch, Natur und Gesellschaft zu gestalten. In Zeiten des beschleunigten Wandels übernehmen wir gesellschaftliche Verantwortung und wollen als lebenslange Bildungspartnerin unsere eigenen Mitarbeitenden, unsere Alumnae und Alumni genau wie Fach- und Führungskräfte aus Unternehmen, Politik und Gesellschaft mit kontinuierlichen, wissenschaftlich fundierten Fort- und Weiterbildungsangeboten beruflich erfolgreich halten.

»Wir bauen einen globalen

# Tausch- platz des Wissens«

Interview mit TUM-Präsident  
Prof. Thomas F. Hofmann





**Die TUM richtet sich grundlegend neu aus. Präsident Prof. Thomas F. Hofmann erklärt im Interview, warum die Zeit reif dafür ist, sich neu zu erfinden – und welche großen Chancen sich für die Universität damit eröffnen.**

Mehr zu *Human-Centered Engineering* auf Seite 21.

**Herr Prof. Hofmann, die Agenda 2030 der Vereinten Nationen will – einfach gesagt – den Menschen eine bessere Zukunft ermöglichen. Die TUM hat sich verpflichtet, sich in diesem Sinne für einen nachhaltigen Innovationsfortschritt einzusetzen. In Ihrem Grußwort schreiben Sie von der Suche nach „bahnbrechenden Lösungen für die großen Herausforderungen der Gesellschaft“. Worauf richten Sie dabei Ihren Fokus?**

Ganz grundsätzlich immer auf den Menschen. Das *Human-Centered Engineering* ist unsere Maxime für Forschung, Innovation und Lehre. Auch deswegen integrieren wir die Sozial- und Geisteswissenschaften stärker in das Portfolio der TUM. Unser *Human-Centered Engineering* steht für ein gedanklich erweitertes Ingenieurwesen – hier fließen künftig Werte, Bedürfnisse und Erwartungen der Gesellschaft ein, wenn wir neue Technologien entwickeln. Dieser stärkere gesellschaftliche Rückbezug auf immer komplexer werdende Technologien ist aus meiner Sicht erfolgskritisch für unseren Innovationsstandort Deutschland. Deshalb sind die Geistes- und Gesellschaftswissenschaften mit ihrem theoretisch und historisch fundierten Reflexionspotenzial essenzielles

Integrationsselement künftiger Forschungs- und Innovationsprozesse. Dazu bauen wir die technikorientierten Geistes-, Sozial- und Politikwissenschaften massiv aus und integrieren sie gemeinsam mit den Wirtschaftswissenschaften in Forschung und Lehre der Ingenieur-, Natur- und Lebenswissenschaften sowie der Medizin. Wir berücksichtigen in unserem gesamtheitlichen Innovationsansatz aber auch gestalterische Aspekte sowie Design-Thinking-Methoden. Damit greifen wir künftig die gesellschaftlichen Herausforderungen disziplinär fundiert, aber interdisziplinär verknüpft und so flexibel auf, dass gestalterisch-funktionale sowie politische, gesellschaftliche, ökonomische, ökologische und ethische Implikationen wirksam einbezogen werden. Damit schaffen wir eine neue Basis für Innovationen, die vertrauenswürdig, gesellschaftsfähig und nachhaltig sind.

**Eine Medizinerin spricht eine andere Sprache als ein ITler, ein Soziologe nutzt andere Methoden als eine Ingenieurin: Die Zusammenarbeit von Fachleuten unterschiedlicher Disziplinen kann schnell zu Missverständnissen führen. Wie versetzen Sie Ihre Studierenden, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in die Lage, disziplinübergreifend erfolgreich zusammenzuarbeiten?**

Indem wir ihre Fähigkeit schärfen, die Arbeitsweisen, Werkzeuge und Kenntnisse unterschiedlicher Disziplinen nach Bedarf zu verbinden. Die größten wissenschaftlichen Erfolge sind künftig nicht im stillen Kämmerlein zu erwarten. Schon heute entspringen Innovationen nur selten den Trampelpfaden isolierter Fachgebiete. Deshalb gehört die

Zukunft denen, die es schaffen, effizienter als bisher Wissenschaftstalente unterschiedlicher Disziplinen zu erfolgskritischen Kooperationsverbänden zusammenzuführen.

**150 Jahre nach deren Gründung bekomme die DNA der TUM ein „Update“, schreiben Sie. „Wir ordnen unsere Binnenstruktur mit 15 Fakultäten neu, hin zu einer Matrixorganisation mit sieben Schools und integrativen Forschungszentren als unsere Brückenköpfe zu transdisziplinären Innovationen.“ Was steckt hinter diesem Schritt?**

Vor allem geht es uns darum, unsere wissenschaftliche Interaktivität in Forschung und Lehre zu dynamisieren und zugleich sowohl unsere Agilität als auch die Leistungsfähigkeit auf ein neues Niveau heben. Diesem Ziel dienen auch die **TUM Innovation Networks**. Mit diesem neuen Format der Kooperationsforschung wollen wir noch effizienter als bisher Talente aus den unterschiedlichsten Disziplinen in einem Bottom-up-Ansatz zusammenbringen und sie darin unterstützen, visionäre Forschungsansätze zu wagen, wirklich wissenschaftliches Neuland zu entdecken und dessen Entwicklungspotenziale zu erproben – und zwar bevor andere schon da waren.

**Und was bedeutet dies für die Studierenden?**

Mit der neuen Matrixstruktur greifen wir auch den Handlungsbedarf bei der Modernisierung der Lehre auf und leiten eine historische Reform ein: von einer One-size-fits-all-Ausbildung hin zu stärker personalisierten Studienangeboten, die den wandelbaren Bedürfnissen globaler Arbeitsmärkte,

# »Indem wir unsere Mission an den Werten und Erwartungen der Gesellschaft und den Bedürfnissen der Natur ausrichten, schaffen wir die Basis für vertrauenswürdige, gesellschaftsfähige und nachhaltige Innovationen.«

PROF. THOMAS F. HOFMANN

aber auch den Begabungen und Motivationen unserer Studierenden flexibel gerecht werden. Die Studierenden sehen wir dabei als zentrale Akteure, und wir binden sie als wertgeschätzte Ideengeber aktiv ein, wie zum Beispiel durch die **TUM Future Learning Initiative** oder auch den kürzlich eingeführten, regelmäßigen stattfindenden **TUM Presidential Student Lunch**. Damit intensiviere ich den unkomplizierten, direkten Austausch mit Studierenden aller Disziplinen, die für die TUM das Wichtigste sind. Sie sind unsere Kunden, definieren den Pulsschlag der Universität und gestalten unsere Zukunft. Es wäre also mehr als unklug, die Meinungen der Studierenden nicht zu berücksichtigen. Um die Lern- und Lebenserfahrung der Studierenden an der TUM zu einem einzigartigen Erlebnis zu machen, halte ich deshalb ein interaktives und vertrauensvolles Verhältnis zwischen Lehrenden und Studierenden für ebenso wichtig wie eine gelebte Kultur der Wertschätzung und des offenen Meinungs- und Ideenaustauschs mit der jungen Generation.

## Sie wollen einen globalen Tauschplatz des Wissens schaffen: Wie wird dieser aussehen?

Zweifellos sind Technologien entscheidend für den andauernden Siegeszug von Digitalisierung, Biologisierung und Miniaturisierung. Aber als wichtigsten Innovationsmotor sehen wir den Menschen! Dabei gilt es, introvertierte Denksilos durch kollaborative Netzwerke zu ersetzen und durch die Arbeit in crossfunktionalen Teams möglichst die Intelligenz der gesamten TUM-Familie und ihrer globalen Partner zu mobilisieren. Mit unserer **TUM. The Open University Initiative** machen wir die

TUM zu einem kreativen Ort, an dem Talente aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft mit ihren individuellen Begabungen zusammenkommen können, um sich auszutauschen und sich inspirieren zu lassen, sich gegenseitig herauszufordern, fortzubilden und auf potenzialreichen Innovationsfeldern zusammenzuarbeiten mit dem gemeinsamen Ziel, die Welt von morgen zu gestalten. Der gedankenoffene Austausch zwischen den vielfältigen Talenten und ein respektvoller und wertschätzender Umgang miteinander sind die Schlüssel für unsere Mission in die Zukunft, ebenso wie die Offenheit für ein lebenslanges, kontinuierliches Lernen.

## Was bedeutet lebenslanges Lernen konkret für Ihre Alumnae und Alumni?

In Zeiten des beschleunigten Wandels werden unsere Alumnae und Alumni künftig häufiger den Job wechseln, als das bislang der Fall war. Und während Berufskarrieren künftig länger andauern werden, sind die gestern an der Universität erworbenen Kompetenzen infolge dynamischer Technologiesprünge morgen nicht mehr ausreichend, um zukünftig wettbewerbsfähig zu bleiben. Ich bin überzeugt: Erfolgreiche Alumnae und Alumni werden ein Leben lang Studierende bleiben! Als gesellschaftlich verantwortete Universität verstehen wir es deshalb als unser Mandat, die Alumnae und Alumni genau wie Fach- und Führungskräfte aus Unternehmen, Politik und Gesellschaft mit wissenschaftlich fundierten Bildungsangeboten kontinuierlich fort- und weiterzuqualifizieren. Die TUM wird zur lebenslangen Bildungspartnerin für Alumnae und Alumni und unterstützt sie darin, mit



der rasanten technologischen Entwicklung Schritt halten zu können. Als wichtige Strukturmaßnahme unserer TUM AGENDA 2030 bündeln wir dazu all unsere Programmangebote in unserem **TUM Institute for Life Long Learning (TUM IL<sup>3</sup>)**.

**Aber die Gesellschaft verlangt doch noch mehr von uns. Welchen Stellenwert hat für Sie das Thema Nachhaltigkeit?**

Nachhaltigkeit ist eines **unserer zentralen Leitthemen**. Wir werden uns künftig stärker daran messen lassen müssen, was wir für die Nachhaltigkeit unserer Gesellschaft tun – auf ökonomischer, so-

zialer sowie ökologischer Ebene. Natürlich erweitern wir unsere Forschungs- und Lehraktivitäten in den modernen Agrar- und Pflanzenwissenschaften, der Bioökonomie und der Biotechnologie sowie der Energie-, Mobilitäts- und Klimaforschung und erforschen innovative Lösungen zu einer nachhaltigen Entwicklung unseres Planeten. Aber Nachhaltigkeit muss auch stärker integrales Element unserer eigenen Organisations- und Campusentwicklung werden. Denn künftige Generationen an Studierenden werden bevorzugt an einer Universität studieren und arbeiten wollen, welche auch selbst die Emission von Treibhausgasen und die Belastung unserer Umwelt so gering

Projektbeispiele zu unseren Themenfeldern ab Seite 42.



wie möglich hält: durch Energieeinsparung, teils eigene Energieproduktion und gesteigerte Ressourceneffizienz. Genau diese Überlegungen sind in die Konzeption der TUM Forschungsstation Friedrich N. Schwarz eingeflossen, mit der wir das Ökosystem des Alpenraums erforschen und neue Formen des naturwissenschaftlichen Schulunterrichts erproben. Auf 1.262 Höhenmetern im Wald oberhalb von Berchtesgaden liegt das nachhaltige Holzgebäude, welches mit Regenwasseraufbereitung, einer biologischen Kläranlage und Fotovoltaik weitgehend autark funktioniert. Entsprechend seiner Bedeutung haben wir mit dem **TUM Sustainability Office** den Themenkomplex Nachhaltigkeit nun auf hochschulzentraler Ebene verankert. Wir wollen unser Tun selbstkritisch reflektieren, Handlungsbedarfe aufzeigen und durch konkrete Projekte und wirksame Maßnahmen die Entwicklung unserer TUM nachhaltiger gestalten – auf allen Ebenen: Lehre, Forschung, Innovation, Administration und natürlich Entwicklung unserer Hochschulstandorte!

#### Wie hat die Covid-19-Pandemie die Zusammenarbeit verändert?

Die Pandemie hat uns zwar physisch distanziert, aber die Universitätsgemeinschaft enger zusammengebracht. Mit größtem Einsatz und der Kreativität aller Dozentinnen und Dozenten, der Hochschuldidaktik-Expertinnen und -Experten der TUM und mithilfe neuer, kreativer Formate haben wir die digitale Lehre universitätsweit skaliert und uns zum Vorreiter für elektronische Prüfungen in Deutschland gemacht – hier hat die Corona-Krise katalytische Wirkung erzielt! Und

auch die Studierenden zeigten herausragendes Engagement: Über 500 studentische Hilfskräfte haben sich zu „E-Scouts“ ausbilden lassen, um die Lehrenden bei der Bearbeitung von Videos zu unterstützen, Onlinetutorien zu halten oder Diskussionsforen und Chats zu betreuen. Aber der neue Gemeinschaftsgeist ging weit über die Lehre hinaus: mit mehr als 275 Forschungsprojekten zu Covid-19-relevanten Themen wurden in kürzester Zeit neue interdisziplinäre Brücken gebaut. Und mit dem agilen, interdisziplinären und transsektoralen Austausch zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik hat der neue TUM Think Tank „Post-Corona Economy“ die Staatskanzlei mit faktenbasierten Handlungsempfehlungen beim Überwinden der gewaltigen Corona-bedingten Herausforderungen unterstützt und gezielte Maßnahmen für künftige Krisensituationen entwickelt.

#### Wie kann die TUM ihre wertvollen Forschungsergebnisse noch wirksamer in die Wirtschaft bringen?

In Zeiten des Wandels ist das klassische universitäre Transfervverständnis zur Verwertung von Forschungsergebnissen durch F&E-Kooperationen, Patente und Lizenzen nicht mehr ausreichend dynamisch. Um heute erfolgreich zu sein, bedarf es einer offenen Innovationskultur und förderlicher Strukturen, in denen Universitäten nicht mehr nur am Anfang einer Wertschöpfungskette stehen, sondern Akteurinnen eines Innovationsökosystems aus Forschungseinrichtungen, Wirtschaftsunternehmen, Technologiefirmen, Inkubatoren und Start-ups sind. Alle Beteiligten teilen sich wertvolle Expertise und Erfahrungen, arbeiten vertrauensvoll und effektiv

»Nur wenn wir verstehen, was unsere Studierenden bewegt, was sie motiviert und was ihre Bedürfnisse sind, und nur wenn wir ihre kreativen Vorschläge und Zukunftsperspektiven wertschätzen, können wir ihre Talente zur vollen Entfaltung bringen.«

PROF. THOMAS F. HOFMANN

zusammen und bündeln ihre Kräfte im Bereich des Talentmanagements, der beruflichen Weiterbildung sowie der gesellschaftlichen Teilhabe als künftiges Element europäischer Wertschöpfung. Das macht uns als Universität sowie die Unternehmen gleichermaßen anpassungsfähiger und versetzt uns in die Lage, neue Entwicklungen früher vorherzusehen und die anvisierten Innovationen an den Werten, Bedürfnissen und Erwartungen der Gesellschaft auszurichten. In dieser gelebten Symbiose profitieren Universitäten von der ständigen Wechselwirkung zwischen den komplexen Herausforderungen und Fragestellungen von Wirtschaft und Gesellschaft und entwickeln sich durch die Zusammenarbeit mit externen Praxispartnern in der Forschung sowie in

der Lehre zukunftsorientiert fort. Studierende lernen neue praktische Zusammenhänge zu verstehen und können ihr Wissen wertgebend anwenden und vertiefen, während Unternehmen von den jungen Talenten und deren Kreativität profitieren und damit Wettbewerbsvorteile erzielen. Solch eine Symbiose setzt eine längerfristige, strategische, intime und vertrauensvolle Zusammenarbeit von Universität und Unternehmen voraus. Diese ist das Ziel unserer **Industry-on-Campus-Strategie**. Dazu haben wir bereits mehrere solcher langjährigen Partnerschaften abgeschlossen: DRÄXLMAIER Group, GE Additive und SAP SE sind bereits auf dem Campus Garching, Siemens und Oerlikon folgen in Kürze.



**»Wollen wir morgen noch erfolgreicher sein, müssen wir uns heute so agil, dynamisch und transformativ aufstellen, dass wir die sich rasch wandelnden Herausforderungen dieser Welt auch wirksam aufgreifen können.«**

PROF. THOMAS F. HOFMANN

### Wie kann die TUM mit Neugründungen noch besser zur wirtschaftlichen Entwicklung unseres Landes beitragen?

Komplementär zur **Industry-on-Campus-Strategie** unterstützen wir im Rahmen des TUM Entrepreneurship-Programms gemeinsam mit dem **TUM Entrepreneurship Research Institute** und unserem An-Institut **UnternehmerTUM** nachhaltig wachstumsorientierte und technologiebasierte Firmengründungen – von der Ideenfindung über die Gründung und die erfolgreiche Marktpositionierung bis in die Wachstumsphase. Damit sind wir zur führenden Gründungshochschule in Deutschland geworden: Wir bringen jedes Jahr 70 bis 80 Tech-Start-ups auf den Markt, über 1,0 Milliarden Euro an Investitionen konnten TUM-Start-ups im Jahr 2019 einfahren. Mit dem Ziel, gemeinsam mit der **UnternehmerTUM** die europaweite Führungsrolle bei der Ausgründung wachstumsorientierter Technologie-Start-ups zu erreichen, haben wir begonnen, die Universität mit einem Netzwerk an Innovations- und Gründungszentren zu umspannen: Die **TUM Venture Labs** sind auf die Entwicklung von Deep-Tech-Start-up-Familien rund um ausgewählte Technologieschwerpunkte ausgerichtet. Sie bieten die erforderlichen Entwicklungsumgebungen – von der technischen und sozialen Infrastruktur über die Entrepreneurship-Fortbildung bis hin zur Unterstützung durch Unternehmens- und Investorennetzwerke.

### All diese Neuerungen sind eine große Aufgabe. Was ist Ihnen durch den Kopf gegangen, als Ihnen am 30. September 2019 Ihr Vorgänger bei der feierlichen Amtsübergabe die Amtskette umgehängt hat?

Große Freude und eine ordentliche Portion Ehrfurcht und Respekt, diese enorme Aufgabe vom ehemaligen Präsidenten Wolfgang A. Herrmann zu übernehmen.

### Wie schafft es die TUM, diese einzigartige Neuaufstellung zu bewerkstelligen?

Indem wir unser Handeln jeden Tag aufs Neue selbstkritisch reflektieren und nicht überheblich werden, sondern die Ideen und Meinungen jedes Mitglieds unserer TUM-Familie berücksichtigen und aus unseren Erfahrungen lernen. Indem wir alle gemeinsam – die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie alle wissenschaftsstützenden Mitglieder in der Verwaltung unserer Universität – gedanklich offen bleiben für die Veränderungen der Zeit und nicht mit getrennten Gehirnhälften, sondern eng gekoppelt gemeinsam als EINE TUM denken und handeln. Indem wir uns mit hoher Agilität ausrichten auf die sich stets wandelnden Herausforderungen und potenzialreiche Chancen nutzen zur nachhaltigen Entwicklung von Mensch, Natur und Gesellschaft. Daraus schöpfen wir neue Freude, Motivation und Leistungskraft und dies stimmt mich zuversichtlich, auf den Traditionen und Errungenschaften unserer Universität eine erfolgreiche Zukunft aufzubauen.

# Die Trans- formation

Von der Fakultätsstruktur zur Matrixorganisation

**Die TUM verändert ihre Struktur grundlegend: vom Fakultätsprinzip zur Matrixorganisation. Alles für das große Ziel: Experten und Studierende aller Fachbereiche systematisch zu vernetzen. Dahinter steht das Zukunftskonzept TUM AGENDA 2030. Ein Überblick.**

Wir erleben im Zeitalter der Digitalisierung und Biologisierung – inmitten der vierten industriellen Revolution – einen nie zuvor gekannten internationalen Wettbewerb. Er bringt präzedenzlos rasche Veränderungen in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft mit sich. Aufbauend auf ihrem stabilen Leistungsspektrum setzt die TUM mit der TUM AGENDA 2030 verlässlich auf eine weitreichende, nachhaltig wirksame Erneuerungsdynamik, um die wissenschaftliche Innovationskraft wie auch die Kohärenz innerhalb der Universitätsfamilie zu steigern. Damit beschleunigen wir die Transformation der TUM von einer fächerbezogenen zu einer systemorientierten Spitzenuniversität.

**Was sind die Leitgedanken der TUM AGENDA 2030?**

## 1 Wir schaffen eine innovationsfördernde Binnenstruktur

Eng geführte fakultätsspezifische Lehr- und Forschungsprogramme halten mit der künftig erforderlichen Herausbildung von Systemkompetenzen nicht mehr ausreichend Schritt. Um bislang unkartierte, interdisziplinäre Wissenschaftsterritorien zu erschließen, ist die effiziente Schaffung systemintegrativer Kooperationsverbünde ein erfolgskritischer Faktor. Deshalb transformieren wir nach über 150 Jahren unsere Struktur von heute 15 additiv gewachsenen Fakultäten hin zu einer innovationsfördernden Matrixorganisation: Wir schaffen **sieben Schools**, welche über Departments das Gesamtportfolio der großen Wissenschaftsdomänen beschreiben und der Identitätsbildung und Kalibrierung innerhalb der internationalen fachwissenschaftlichen Gemeinschaften dienen. An den Schnittstellen der Schools adressieren **Integrative Research Centers (IRC)** systemweite Herausforderungen und weitreichende Zukunftsfragen mit transdisziplinären Forschungs- und Lehransätzen.

## 2 Wir fördern kollektive Kreativität und transdisziplinäre Teams

Mit dem **TUM Institute for Advanced Study (TUM-IAS)** hat sich die TUM das Tor in die Welt der interdisziplinären Spitzenforschung geöffnet. Mit den **Integrative Research Centers (IRC)** wurde ein neuer Weg zur Fokussierung intellektueller Kräfte auf Innovationsfeldern (zum Beispiel Energiesysteme,

Nachhaltigkeit, Bioengineering) beschritten, die nur durch School-übergreifende und Missions-getriebene Zusammenarbeit im internationalen Wettbewerb sichtbare Erfolge erwarten lassen. Beispiele sind die **Munich School of Robotics and Machine Intelligence (MSRM)** mit Schwerpunkt auf autonom handlungsfähigen Maschinen in den Bereichen Gesundheit, Arbeit und Mobilität sowie das **Munich Data Science Institute (MDSI)** als Kompetenzzentrum für multidisziplinäre, datengetriebene Forschung mit dem Leitthema *Computational Science and Engineering across Scales*. Das MDSI fokussiert sich auf theoretische Grundlagen und Anwendungsfelder, welche durch Nutzung von Datenwissenschaften und Maschinellem Lernen transformative Entwicklungen erwarten lassen, wie zum Beispiel in der personalisierten Medizin, in den Materialwissenschaften oder beim digitalen Planen und Bauen. Einen neuen Ansatz verfolgt das **TUM Design Institute**, mit dem gestalterische Aspekte und das Design Thinking als durchgängige Begleiter der ingenieurwissenschaftlichen Forschung und Ausbildung und in ständiger Rückkopplung mit den neuen technischen Gestaltungsräumen an der TUM eine neue Dimension erhalten sollen. Transdisziplinäre Teams, kollektive Kreativität, neue Ideen und der Freiraum, diese zu verfolgen: Um frühzeitig risikoreiche, aber potenzialreiche Innovationsschwerpunkte zu kritischen Massen zu formen, aktivieren und erproben die **TUM Innovation Networks** hochflexibel neue Verbindungen zwischen den Schools („Emerging Fields Policy“). Diese erschließen zukunftsweisende Forschungsfragen als erfolgskritische Basis für neue kompetitive Verbundprojekte wie Exzellenzcluster oder Sonderforschungsbereiche.

## 3 Wir integrieren Geistes- und Sozialwissenschaften

In der neuen **School of Social Sciences** bauen wir die technikorientierten Geistes- und Sozialwissenschaften kraftvoll aus. Damit ermöglichen wir diesen Forschungsdomänen die eigene Profilbildung im Fach, geben ihnen aber gleichzeitig hinreichende Integrationsvalenzen und Ausbildungskapazitäten zugunsten der Natur-, Ingenieur-, Lebens- und Wirtschaftswissenschaften sowie der Medizin und damit ihren gesamt-strategischen Kontext an der TUM – als Leitmotiv unseres *Human-Centered Engineering*. Dieser an den Werten, Bedürfnissen und Erwartungen der Gesellschaft ausgerichtete, integrative Ansatz geht die großen Herausforderungen unserer Zeit disziplinär fundiert und interdisziplinär so flexibel an, dass gestalterisch-funktionale sowie politische, gesellschaftliche, ökonomische und moralisch-ethische Implikationen berücksichtigt werden. Damit erhält unsere künftige Mission *Responsible Research and Innovation* ihre Grundlage und die fachliche Exzellenz sowie unser unternehmerischer Geist erhalten eine dritte Dimension.

## 4 Wir leiten einen Paradigmenwechsel in der Lehre ein

Wir haben es uns zum Ziel gesetzt, unsere Studierenden für die verantwortungsvolle Gestaltung gesellschaftlicher Veränderungsprozesse wirksam auszubilden. Mit der neuen Matrixstruktur greifen wir auch den allfälligen Handlungsbedarf bei der Modernisierung der Lehre auf. Um dem Zeitenwandel wirksam Rechnung zu tragen, beschleunigen wir unter der Führung des neuen **TUM Center for Study and Teaching** den Übergang von einer One-size-fits-all-Ausbildung hin zu stärker personalisierten Mix-and-match-Studienangeboten, die den wandelbaren Bedürfnissen globaler Arbeitsmärkte flexibel gerecht werden. Wir richten unsere Studienprogramme stärker auf die künftigen Kompetenzprofile professioneller Karrieren (*TUM Professional Profiles*) aus, adressieren aber auch optimal die spezifischen Talente unserer Studierenden, ihre Individualität und Motivation. Natürlich werden wir den fachlichen Tiefgang eines Studiengangs beibehalten, aber wir werfen ausgediente Lehrinhalte über Bord, lösen traditionelle Grenzen zwischen Disziplinen auf und bringen neues Wissen unter Nutzung innovativer, digitaler Bildungstechnologien (**TUM EdTech Center**) wirksam an die Studierenden heran. Durch interdisziplinäre, problembasierte Teamprojektformate wollen wir die Studierenden verschiedener Fachrichtungen lehren, komplexe Herausforderungen kollaborativ, kreativ und flexibel anzugehen, und ihre erfinderische Neugierde und ihren unternehmerischen Geist als „Studentpreneurs“ zu aktivieren. Und um eine neue Geisteshaltung für ein verantwortungsvolles Denken und Handeln zu erwirken, integrieren wir unsere Geistes-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften. Damit wollen wir die Studierenden darin unterstützen, ihre Identität und ihr Wertebewusstsein zu schärfen. Für diese neue On-Campus-Lernerfahrung muss sich sicher langfristig auch die Gebäudeinfrastruktur ändern, weg von der Betrachtung von Gebäuden als Behausungen disziplinärer Stärken hin zu mehr flexiblen und interaktiven Räumen, die zu neuen Ideen, Kreativität, kritischem Denken und Kollaboration anregen sollen.

## 5 Wir vernetzen Menschen über Disziplinen, Institutionen und Generationen hinweg

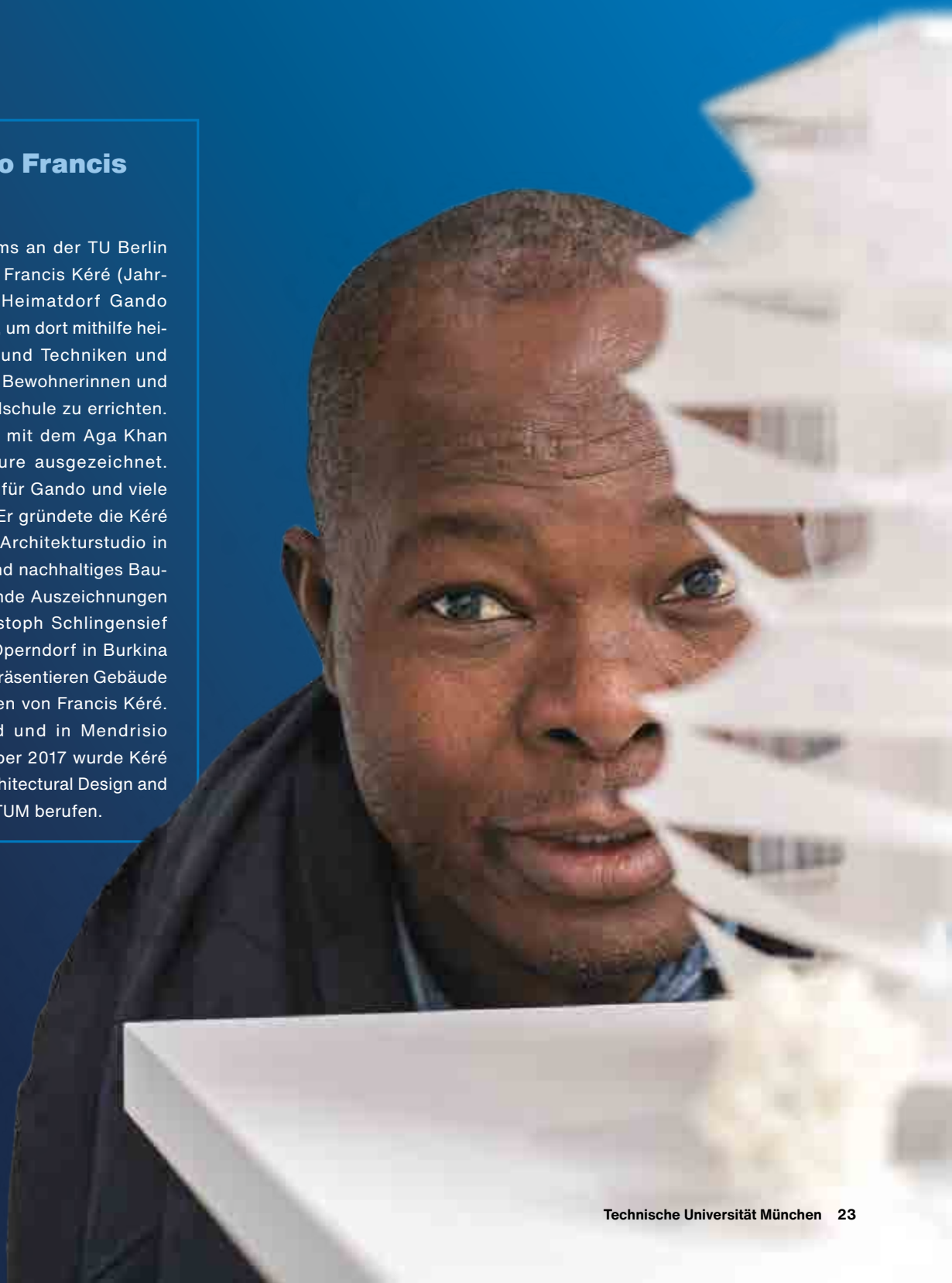
Für den Siegeszug von Innovationen sind nicht nur Technologien entscheidend; in besonderer Weise gilt es, den wichtigsten Innovationsmotor anzukurbeln – den Menschen! Deswegen intensivieren wir den Austausch mit den Schulen, um den Pioniergeist künftiger Generationen für Wissenschaft und Technik frühzeitig zu wecken. Diesen verbinden wir mit den individuellen Talenten, der jugendlichen Begeisterungsfähigkeit und dem grenzenlosen Wissensdurst unserer internationalen Studierendenschaft sowie der Fachexpertise, der Kreativität und den vielfältigen Erfahrungen unserer Lehrenden und Mitarbeitenden – über Disziplinen und Kulturen hinweg. Deswegen verstärken wir den Schulterchluss mit starken Kooperationspartnern aus der Wirtschaft, bringen Ergebnisse der Grundlagen- und der angewandten Forschung in marktorientierte Innovationsprozesse und gesellschaftlich relevante Produkte und Technologien ein. Und in der Überzeugung, dass die Integration junger Gründerinnen und Gründer in ein inspirierendes wissenschaftliches und wirtschaftliches Umfeld das wohl höchste Potenzial aufweist, ihre bahnbrechenden Ideen durch wachstumsorientierte und technologiebasierte Startups nachhaltig in den gesellschaftlichen Wandel einzubringen, streben wir nach der europaweiten Führungsrolle für unser Innovationsökosystem. Deswegen vernetzen wir uns mit unseren Alumni als Botschafterinnen und Botschafter mit globalem Wirkungskreis sowie mit den lebens- und welterfahrenen Emeriti und den zahlreichen Persönlichkeiten, die als Kooperationspartner, Mäzene, Förderer und Unterstützer unseren Handlungshorizont kräftig erweitern. Deswegen integrieren wir die Bürgerinnen und Bürger mit interdisziplinären Ansätzen in Entwicklungsprozesse für Innovation und Bildung und suchen den intensiven Dialog mit der Politik und der Öffentlichkeit. Damit verstetigen wir unsere Erneuerungspersistenz und gestalten die Welt von morgen – gemeinsam.





## **Prof. Diébédo Francis Kéré**

Während des Studiums an der TU Berlin kehrte Prof. Diébédo Francis Kéré (Jahrgang 1965) in sein Heimatdorf Gando (Burkina Faso) zurück, um dort mithilfe heimischer Materialien und Techniken und unter Beteiligung der Bewohnerinnen und Bewohner eine Grundschule zu errichten. 2004 wurde der Bau mit dem Aga Khan Award for Architecture ausgezeichnet. Weitere Schulbauten für Gando und viele andere Orte folgten. Er gründete die Kéré Foundation und sein Architekturstudio in Berlin. Für soziales und nachhaltiges Bauen erhielt er bedeutende Auszeichnungen und Preise. Mit Christoph Schlingensiefel realisierte Kéré das Operndorf in Burkina Faso. Ausstellungen präsentieren Gebäude und Entwurfsprinzipien von Francis Kéré. Er lehrte in Harvard und in Mendrisio (Schweiz). Zum Oktober 2017 wurde Kéré auf die Professur „Architectural Design and Participation“ an der TUM berufen.



# Die neue TUM

Lehre

Forschung

TUM EdTech Lab

## TUM Schools

Computation, Information and Technology

Engineering and Design

Natural Sciences

Life Sciences

Medicine and Health

Management

Social Sciences

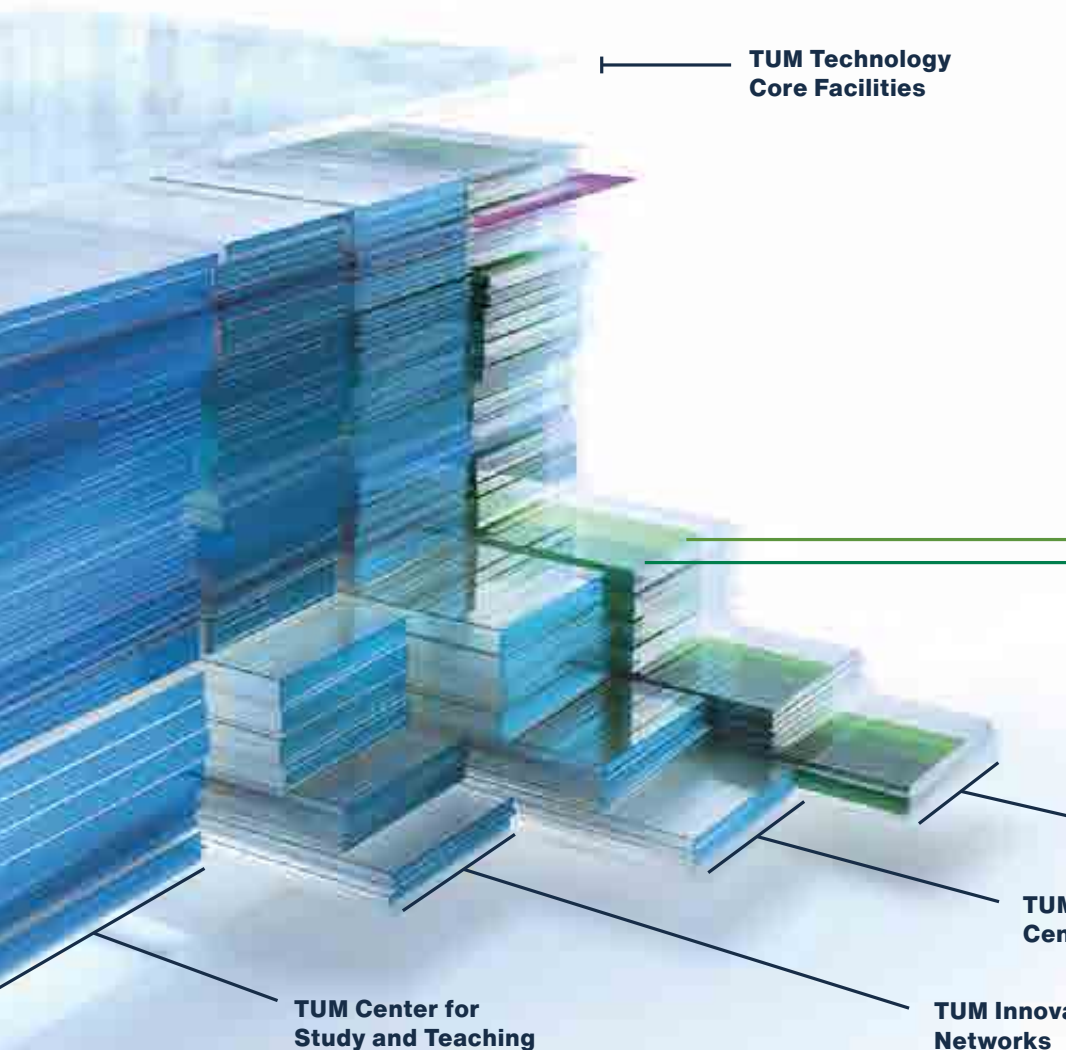
TUM EdTech Lab

TUM Technology  
Core Facilities



Alumni and  
Partner Network

TUM-IAS  
Explorative Workshops



**TUM Technology  
Core Facilities**

## Munich Data Science Institute (MDSI)

Die atemberaubenden Fortschritte bei der Datengenerierung und -nutzung sowie bei der Rechnerarchitektur haben einen Paradigmenwechsel in der Forschung eingeleitet. Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz (KI) haben technologische Innovationen ausgelöst und werden unsere Gesellschaft in verschiedenen Dimensionen revolutionieren. Darauf fokussieren sich die Forschungen im MDSI.

**TUM Integrative  
Research Centers**

**TUM Corporate Research  
Centers**

**TUM Innovation  
Networks**

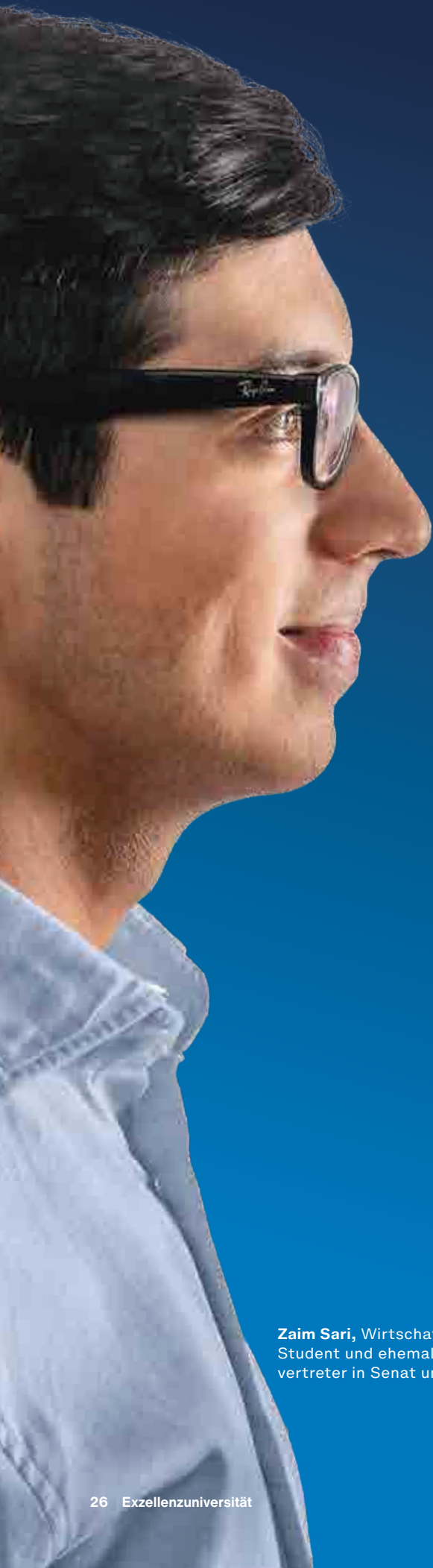
**TUM Center for  
Study and Teaching**

**TUM Institute for  
Life Long Learning**

## TUM Institute for Advanced Study (TUM-IAS)

In einer Zeit tiefgreifender Veränderungen spielt das IAS für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine wegweisende Rolle. Unter dem Motto „Kreativität wagen“ dient das IAS als Flaggschiff für internationale Spitzenforschung. Die Forschungsbereiche decken ein breites Spektrum innovativer, interdisziplinärer Bereiche ab. Das IAS bietet internationalen Spitzenkräften aus Wissenschaft und Industrie nicht nur kreative Freiräume, sondern – innerhalb bestimmter Richtlinien – auch Raum für spekulative, risikoreiche Projekte.

[www.ias.tum.de](http://www.ias.tum.de)



Unser offenes

# Netz- werk

Wie die TUM künftig  
systematisch den  
Austausch fördert

**Zaim Sari**, Wirtschaftsinformatik-  
Student und ehemaliger Studierenden-  
vertreter in Senat und Hochschule

**Einander zuhören, miteinander forschen: Wie die TUM künftig den Austausch unter den Disziplinen fördert – und so die Vision vom weltweiten Tauschplatz des Wissens Realität werden lässt.**

In Zukunft leben wir an der TUM einen gemeinschaftlichen Innovationsansatz, der nicht durch fachliche, institutionelle oder gedankliche Grenzen eingeschränkt wird. Dazu inspirieren, fördern und entwickeln wir Talente in all ihrer Vielfalt zu verantwortungsvollen, weltoffenen Persönlichkeiten. Und wir befähigen sie, mit höchster Wissenschaftlichkeit und technischem Sachverstand, mit kooperativer Intelligenz und interdisziplinärer Verknüpfungsfähigkeit, mit unternehmerischem Mut und gesellschaftspolitischer Sensibilität sowie mit einer lebenslangen Kultur- und Bildungsoffenheit den Innovationsfortschritt für Mensch, Natur und Gesellschaft zu gestalten.


**Warum handeln wir so?**

Weil sich die Moderne rasant verändert – und dies in vielfacher Hinsicht.

**Neue Technologien:** Wir leben in einem Zeitalter exponentieller Technologieentwicklungen, und vieles, was wir heute in den Hochschulen lehren, wird morgen bereits veraltet sein.

**Neue Arbeitswelten:** Unsere Absolventinnen und Absolventen werden künftig häufiger den Arbeitgeber und ihre beruflichen Aufgaben wechseln als bisher oder sich künftig sogar in Beschäftigungsbereichen wiederfinden, die heute noch gar nicht existieren. Gleichzeitig werden ihre Karrieren länger andauern, vermutlich bis zu fünf Jahrzehnte. Und künftige Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer werden in ihrem Berufsleben mindestens zwei Wissensrevolutionen erleben.

**Neue Herausforderungen:** Innovative Lösungen zu komplexen und sich dynamisch ändernden Herausforderungen in unserer vernetzten und sich schnell wandelnden Welt sind nicht in disziplinär begrenzten Denksilos zu finden, sondern resultieren aus dem interaktiven Zusammenführen von Wissen, Werkzeugen und Arbeitsweisen verschiedener Disziplinen und Fächerkulturen.

A close-up, profile view of a woman with curly hair, smiling. She is wearing a blue denim shirt. The background is plain white.

**Dr. Carolina Olufemi,**  
Sportwissenschaftlerin und  
Frauenbeauftragte



Ana Hernández Chamorro,  
Architektin

### **Was bedeutet dies für die universitäre Ausbildung?**


Schauen wir uns Beispiele dafür an, was ihr späterer Berufsalltag von Studierenden fordern wird:

Die Realisierung komplexer Großbauprojekte verlangt von künftigen Bauingenieurinnen und -ingenieuren neue digitale Schlüsselkompetenzen für die modellgestützte Planung und Ausführung von Bauprojekten, aber gleichsam auch die Befähigung, die vielfältigsten Umweltaspekte sowie die Interessen von Bürgerinnen und Bürgern in ihre Planungen mit einzubeziehen. Um menschliche Entscheidungsprozesse besser verstehen zu können, müssen Psychologinnen und Psychologen befähigt sein, ihre Kompetenzen mit denen der Daten-, Neuro-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften zu verknüpfen. Für eine bessere Vorhersage regionaler Konflikte im Weltgeschehen müssen Politikwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler in der Lage sein, ihre Fähigkeiten wirkungsvoll mit neuen Erkenntnissen aus der Klima- und Umweltforschung, der Geodäsie und den sozialen Netzwerken zu verbinden und die Potenziale des Maschinellen Lernens und der Künstlichen Intelligenz wirksam zu nutzen. Die Digitalisierung der medizinischen Diagnose, Therapie und Prävention auf allen Ebenen unter Nutzung von Big Data, dem Maschinellen Lernen sowie der Künstlichen Intelligenz setzt eine intensive Verschränkung künftiger Medizinerinnen und Mediziner mit der Informatik, den Informations- und Kommunikationstechnologien, Bildgebungsverfahren und Augmented-Reality-Anwendungen voraus. Um innovativen Hard- und Softwaresystemen die erfolgskritische User Experience zu verleihen, sind Informatikerinnen und Informatiker gefragt, ihre Expertise mit psychologischen, neurologischen, gestalterischen und wirtschaftlichen Kompetenzen zu verknüpfen. Für alle Tätigkeitsfelder gilt: Unsere Absolventinnen und Absolventen müssen zukünftig mehr als heute eine lebenslange Bildungsoffenheit zeigen. In Zeiten eines be-

schleunigten Wandels müssen sie ihren Horizont über ihre eigene Kern-  
disziplin hinaus ständig erweitern, Anleihe nehmen bei den Technolo-  
gien, Werkzeugen sowie Arbeitsmethoden anderer Disziplinen und die  
zur Erreichung ihrer Ziele notwendigen Bezugsgruppen einbeziehen.

#### **Wie wird der Tauschplatz des Wissens erlebbar sein?**

Wir entwickeln die TUM zu einem kreativen und aufregenden Ort, an dem Menschen verschiedener Kulturen und unterschiedlicher Organisationen aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft zusammenkommen können, um sich auszutauschen und sich inspirieren zu lassen, sich gegenseitig herauszufordern, sich fortzubilden und zu kollaborieren – all das mit dem gemeinsamen Ziel, den Innovationsfortschritt für Mensch, Natur und Gesellschaft zu gestalten. Im Sinne eines lebendigen Generationenvertrags verbinden wir dazu die individuellen Begabungen, die jugendliche Begeisterungsfähigkeit und den grenzenlosen Wissensdurst der Studierenden, die Kreativität, das Engagement und die vielfältigen Erfahrungen unserer Lehrenden und Mitarbeitenden sowie den Ideenreichtum und den globalen Wirkungsradius unserer Absolventinnen und Absolventen mit der Lebens- und Welterfahrung der Emeriti und Alumni und der zahlreichen Persönlichkeiten, die als Kooperationspartner, Mäzene, Förderer und Unterstützer unseren Handlungshorizont erweitern. Diese Diversität unserer TUM-Familie und eine respektvolle und wertschätzende Kultur des gedankenoffenen Austauschs von Ideen und Erfahrungen zwischen ihren Mitgliedern sind die Schlüssel für unsere Mission in die Zukunft, ebenso wie die Offenheit für ein lebenslanges, kontinuierliches Lernen. Denn wir begreifen es als unser gesellschaftliches Mandat, unsere Studierenden und Alumni beruflich erfolgreich zu halten – durch fortlaufende akademische Weiterqualifizierung. Deshalb leiten wir den Wandel ein: vom „Einmalstudium

A close-up, profile view of Axel Stellbrink, an older man with grey hair, looking towards the left. He is wearing a blue button-down shirt and a dark blue jacket. The background is plain white.

**Axel Stellbrink,**  
Patentanwalt und  
Alumnus der TUM



Prof. Sherry Suyu,  
Professorin für  
beobachtende Kosmologie

an der TUM“ hin zu einem „lebenslangen, kontinuierlichen Lernen“ als strategisches Leitmotiv unserer **TUM. The Open University Initiative**. Durch die fortlaufenden Austausch- und Weiterqualifizierungsprogramme entwickeln wir uns zu einem verlässlichen Ankerplatz, zu dem unsere Absolventinnen und Absolventen als lebenslange Studierende immer wieder zurückkommen können. Bei uns können sie ihr Kompetenzprofil auffrischen, modular erweitern und so vor dem Hintergrund sich stark beschleunigt wandelnder Arbeitsmärkte beruflich erfolgreich bleiben. Gemeinsam mit den internen Fortbildungsprogrammen für unsere Mitarbeitenden werden alle unsere Fortbildungsangebote unter dem Dach des neuen **→TUM Institute for Life Long Learning (TUM IL<sup>3</sup>)** gebündelt und Kompetenzen aus Wissenschaft, Technologie, Wirtschaft, Gesellschaft und Politik in einzigartiger Weise verknüpft. Dabei werden auch unsere strategischen Partner im Rahmen unserer **→Industry-on-Campus-Initiative** eingebunden.

## → Industry on Campus

Durch langfristige strategische Partnerschaften und Co-Lokalisation am Campus Garching treiben wir gemeinsam mit führenden Wirtschaftsunternehmen Technologierevolutionen voran. Die deutschlandweit größte Forschungs- und Entwicklungspartnerschaft mit SAP SE konzentriert sich auf innovative Technologielösungen in den Bereichen Künstliche Intelligenz, Maschinelles Lernen, Internet der Dinge, Robotik, Big Data, Cloud-Computing und Mobilität. Weitere Partnerschaften existieren mit der DRÄXLMAIER Group und GE Additive; Siemens und Oerlikon folgen.





Lion Xylander,  
BWL-Student

## ➔ TUM Institute for Life Long Learning (TUM IL<sup>3</sup>)

Ziel des TUM IL<sup>3</sup> ist die Förderung der kontinuierlichen, wissenschaftlich fundierten Weiterbildung von internationalen Berufstätigen aller Karrierestufen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft in fachlichen und fächerübergreifenden Gebieten wie Management und Leadership. Forschungsorientiert, interdisziplinär, vernetzt: Durch innovative (digitale) Weiterbildungsformate und die Integration neuester Inhalte aus den Technik- und Naturwissenschaften bereitet das TUM IL<sup>3</sup> interne und externe Fachleute und Führungskräfte darauf vor, die aktuellen und zukünftigen gesellschaftlichen Herausforderungen verantwortungsvoll und effektiv bewältigen zu können.

[www.tum.de/studium/lebenslanges-lernen](http://www.tum.de/studium/lebenslanges-lernen)

## Studierende

1919

**3.168**



1969

**9.002**



2019

**42.704**



## Professuren

1919

**48**



1969

**166**



2019

**594**



**2**

Deutsche Zukunftspreise  
für Forschende und Alumni

**7**

Humboldt-Professuren  
(Stand November 2020)

**135**

ERC Grants

**22**

Leibniz-Preise

**17**

Nobelpreise für Forschende  
und Alumni

# Erfolge

## Unsere Zahlen und Fakten

Um die **650** Ausgründungen seit 1990

Gesamtetat mit Klinikum: über **1,6** Mrd. €

**50**  
Patentanmeldungen im Jahr 2019

**9.545** Absolventen und Absolventinnen im  
Prüfungsjahr 2018/19

Über **170** Studiengänge

**32%** internationale Studierende

**36%** weibliche Studierende

Über **8.900** Publikationen im Jahr

Rund **83.000** Mitglieder im Alumni-Netzwerk

**1.103** Promotionen an der TUM im Prüfungsjahr 2018/19

Zahlen beziehen sich auf aktuelle Werte aus dem Jahr 2019.

## Kooperationen

**150+**

Partneruniversitäten  
weltweit

**350+**

Erasmus-Partner-  
schaften in Europa

■ <10

■ <30

■ >30

Partner-  
universitäten

● San Francisco

● São Paulo



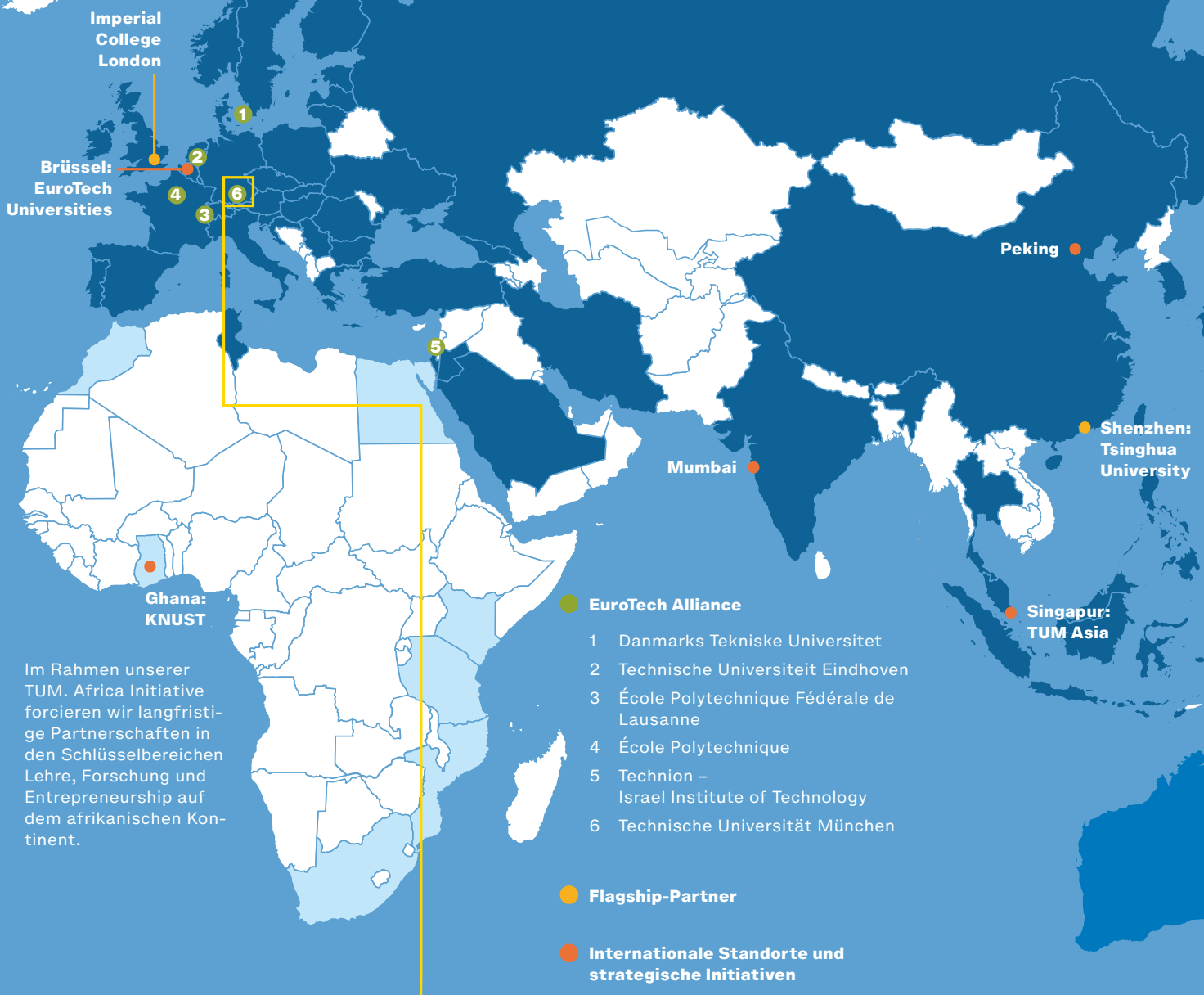
### Die TUM weltweit

Wir sind auf vier Kontinenten mit eigenen Standorten vertreten.

[www.tum.de/global/standorte-weltweit/](http://www.tum.de/global/standorte-weltweit/)

# Global engagiert

Unser weltweites Netz von Forschungs-  
standorten und Vertretungen



**Bayern und Region**

- 1 TUM Campus München
- 2 TUM Campus Garching
- 3 TUM Campus Freising-Weihenstephan
- 4 TUM Campus Straubing für Biotechnologie und Nachhaltigkeit
- 5 Geodätisches Observatorium, Wettzell
- 6 Akademiezentrum Raitenhaslach
- 7 Schülerforschungszentrum Berchtesgadener Land
- 8 Limnologische Station, Iffeldorf
- 9 Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Oberrach (Oskar-von-Miller-Institut)
- 10 TUM Campus Heilbronn
- 11 Forschungszentrum Geriatrie, Garmisch-Partenkirchen
- 12 Umweltforschungsstation Schneefernerhaus

48° 8' N  
11° 35' O

München

# Standorte

In der Welt vernetzt, in Bayern zu Hause

**TUMLab im Deutschen  
Museum**

**Olympiagelände  
mit ZHS**

## München

Seit über 150 Jahren schlägt das Herz der TUM in der Münchner Innenstadt mit dem Universitätsklinikum rechts der Isar und dem neuen Sportcampus.



## Freising

Die umfassenden und modernen Bio- und Lebenswissenschaften der TUM sind in der über 1.200 Jahre alten Domstadt zu Hause.



# 2.656 m

Höhe

## Schneefernerhaus

Die TUM ist Mitglied im Konsortium „Umweltforschungsstation Schneefernerhaus“. Die auf der Zugspitze gelegene Umweltforschungsstation besteht seit 1998 und leistet unter anderem einen Beitrag zum weltweiten Messnetz des „Global Atmosphere Watch“-Programms der World Meteorological Organization.

● Heilbronn



## Heilbronn

Lehren und Forschen an der Schnittstelle von Management, Informatik und Technologie. In einer der innovativsten Regionen Deutschlands bildet die TUM Management-Nachwuchs aus.



**Klinikum  
rechts der Isar**

# Garching

Der größte Standort der TUM ist das natur- und ingenieurwissenschaftliche Zentrum der TUM und gehört zu den modernsten und am besten vernetzten Forschungs- und Ausbildungsstätten in Europa.



# Straubing

Nachhaltigkeit als Disziplinen-übergreifende Aufgabe – von den Natur- und Ingenieurwissenschaften bis hin zu Bioökonomie und Wirtschaftswissenschaften. Dafür steht dieser einzigartige Standort wie kein anderer in Deutschland.





## GALILEO TUM – das neue Herz des Campus

Ins Kino gehen, Konzerten lauschen, asiatische, italienische oder ganz bodenständige bayerische Küche genießen, schnell mal einen Kaffee trinken, die Muskeln stählen, den nächsten Urlaub buchen oder einfach die Dinge des täglichen Bedarfs vor Ort besorgen – GALILEO macht's möglich. Das multifunktionale Gebäude vereint Kongress-, Business-, Meditations-, Freizeit-, Fitness- und Einkaufszentrum inklusive Hotel und Gästehaus in einem und schafft Raum für eine neue Lebensqualität auf dem Campus.

© Quelle Text und Daten: [www.galileo-tum.de](http://www.galileo-tum.de)

**36.000 m<sup>2</sup>** misst das GALILEO oberirdisch  
**1.300 Plätze** im Audimax für Vorlesungen und Events  
**540 Fahrzeuge** finden im Parkhaus Platz

# 10.055 km

MUC → SIN



## TUM Asia Singapur

Bis heute die einzige Auslandsdependance einer deutschen Universität, vermittelt die TUM Asia in Singapur Schlüsselkompetenzen in Natur- und Ingenieurwissenschaft sowie Management nach deutschem Standard. TUM Create erforscht vor Ort die Möglichkeiten vernetzter Mobilität in Mega-Citys.

# 1.262 m

Höhe



## Berchtesgaden

Im Juli 2019 wurde die TUM Forschungsstation Friedrich N. Schwarz eröffnet. Sie widmet sich unter anderem der Umwelt- und Ökosystemforschung und erprobt neue Wege in der naturwissenschaftlichen Pädagogik. Die neue Lehr- und Forschungsstation erweitert das Arbeitsspektrum sowohl in der Pädagogik als auch in der Forschung und dient darüber hinaus als Begegnungsstätte und kreativer Rückzugsraum für die Einrichtungen der TUM.



## Raitenhaslach

Ein Ort des Austauschs, der Begegnung und der Inspiration für Menschen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik: Das TUM Akademiezentrum Raitenhaslach transferiert den Geist der Zisterzienser-Mönche in unsere Zeit.



# Meilen- steine

## Die Geschichte der TUM



**1928**

Hans Fischer baut den roten Blut-  
farbstoff Hämin im Reagenzglas  
nach (Nobelpreis 1930).



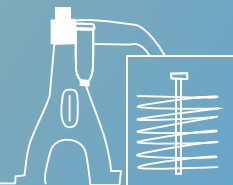
**1893**

Der Absolvent Rudolf Diesel  
entwickelt den selbstzündenden  
Motor. Die Idee hatte Diesel als  
Student.



**1868**

Der bayerische König Ludwig II. gründet  
die Polytechnische Schule München als  
Katalysator der Industrialisierung.



**1875**

Carl von Linde konstruiert  
die erste praxistaugliche  
Kühlmaschine.



**2008**

Zum ersten Mal werden  
einem Patienten zwei Arme  
transplantiert.

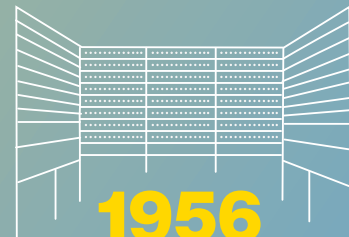
**E<sup>2</sup>**

**2014**

Das menschliche  
Proteom wird  
kartiert.



**E<sup>1</sup>**



**1956**

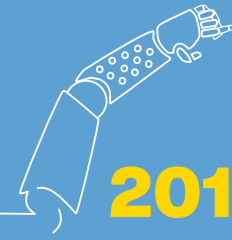
Die Programmgesteuerte  
Elektronische Rechanlage  
München (PERM), der damals  
schnellste Computer der Welt,  
wird entwickelt.



**2018**

Erstmals wird die Quelle eines extragalaktischen Neutrinos bestimmt.

**E<sup>3</sup>**

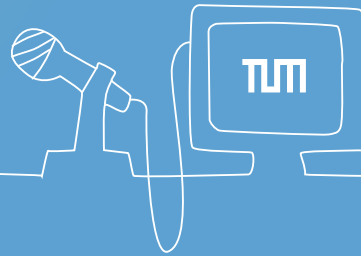


**2019**

Sensible Haut für menschengroße autonome Roboter wird entwickelt.

**2000**

Die weltweit erste minimal-invasive Operation einer Herzklappe wird durchgeführt.



**1997**

Eine bahnbrechende Methode für Maschinelles Lernen (Long Short-Term Memory) wird entwickelt, die unter anderem als Grundlage für heutige Spracherkennung dient.



**1985**

Robert Huber entschlüsselt die Fotosynthese (Nobelpreis 1988).

**E<sup>3</sup>**

## 3x gewonnener Exzellenzwettbewerb

Zum dritten Mal in Folge haben wir 2019 das Prädikat der „Exzellenzuniversität“ errungen. Damit sind wir die einzige Technische Universität, die im Exzellenzwettbewerb des Bundes und der Länder von Anfang an (2006) durchgängig erfolgreich ist. Mit der Förderung von 86,6 Millionen Euro für den Zeitraum 2019 bis 2026 können wir die Agenda 2030 umsetzen.

## Rankings

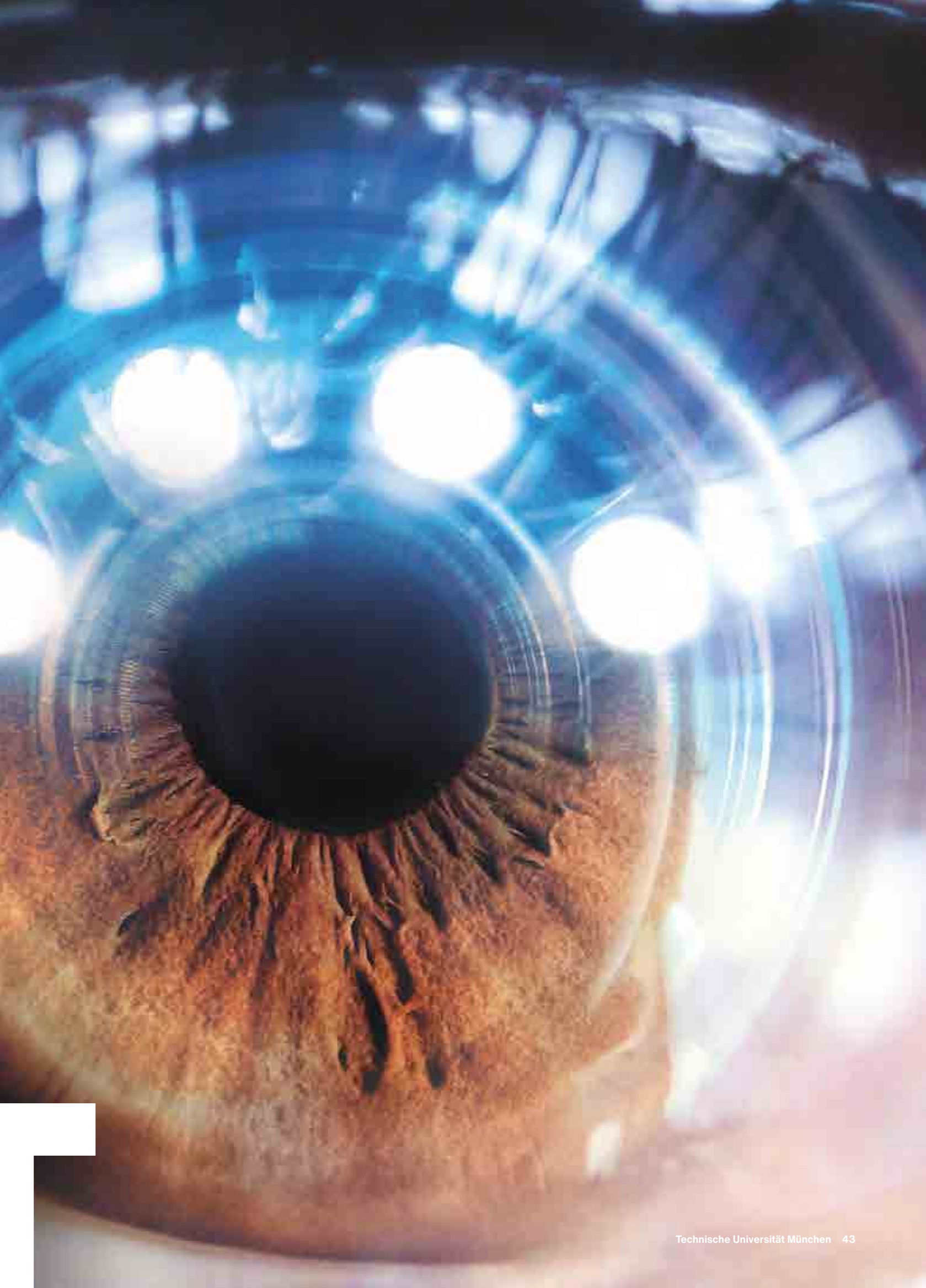
- 1** Deutscher Startup Monitor
- 6** Global University Employability Ranking (Times Higher Education)
- 41** Times Higher Education World University Ranking
- 50** QS World University Ranking
  - 25** in Ingenieurwissenschaften
  - 28** in Naturwissenschaften
- 54** Academic Ranking of World Universities („Shanghai-Ranking“)

## # Die TUM in Zahlen

Geschichte, Persönlichkeiten, Zahlen:  
[www.tum.de/die-tum/die-universitaet/](http://www.tum.de/die-tum/die-universitaet/)

Ausgewählte Forschungsprojekte der TUM

# WAS UNNS AN- TREIBT



1

## Die Grundlagen unserer Existenz verstehen

Woher kommen wir? Woraus besteht die Welt? Was macht das Lebendige aus? Um diese Fragen zu beantworten, erforschen wir mit modernsten Geräten und naturwissenschaftlichen Methoden die Entwicklung des Universums und die Struktur der Materie. Und wir untersuchen die grundlegenden Mechanismen des Lebens – vom Urknall über die Entstehung der ersten Moleküle und Zellen bis hin zu Organoiden und ganzen Organismen.

**Gezeigt an astrophysikalischen Neutrinos ab Seite 46 und Biomolekülen ab Seite 50**

3

## Unseren Lebensraum nachhaltig gestalten

Der Themenkomplex Umwelt – Klima – Energie – Nahrung – Ressourcen zählt zu einer der größten Herausforderungen der Menschheitsgeschichte. Dieser begegnen wir in Forschung, Lehre und unternehmerischem Handeln mit einer transdisziplinären Aufstellung der Natur-, Lebens- und Ingenieurwissenschaften, der Geistes-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften sowie der Medizin. Dazu entwickeln wir innovative Strategien und Technologien, um Luft, Wasser und Boden zu schützen und die natürlichen Ökosysteme auch für zukünftige Generationen zu sichern. Zugleich leisten wir entscheidende Beiträge zur Zukunftsgestaltung unserer Energieversorgung und zu intelligenten Mobilitätssystemen. Wir entwickeln Strategien und neue Ansätze für eine nachhaltige Agrar- und Lebensmittelproduktion und erforschen Wege, um den Folgen des Klimawandels und des Artenverlustes zu begegnen.

**Gezeigt am Amazonas und in Bayern ab Seite 58 und an Stadtentwicklungen ab Seite 62**

## Gesundheit erhalten und Krankheiten therapieren

Mit welchen Mitteln stellen wir medizinische Diagnosen auf? Wie behandeln wir in Zukunft schwere Krankheiten wie Krebs, Multiple Sklerose oder Alzheimer? Und welche Operationsmethoden nutzen wir? Um diese Fragen zu beantworten, verbinden wir die Medizin mit den Natur-, Lebens- und Ingenieurwissenschaften. Wir entwickeln neue Technologien, um unsere Blicke in den menschlichen Körper zu schärfen, und erforschen neue Ansätze für personalisierte Diagnosen und Therapien. Neueste Erkenntnisse der Wissenschaft fließen in die Ausbildung von Ärztinnen und Ärzten und die Behandlung von Patientinnen und Patienten ein und verbessern sie dadurch unmittelbar.

**Gezeigt an drei Forschungsprojekten und zwei Forschungsinstituten ab Seite 52**

2

## Neue Materialien und Fertigungstechnologien entwickeln

Neue Materialien sind Grundlage des technischen Fortschritts. Mit ihnen lassen sich beispielsweise langlebige Batterien für Elektroautos, leistungsfähige Solarzellen, ultraschnelle Computer oder hochempfindliche Sensoren bauen. In zahlreichen Forschungsverbänden der Natur- und Ingenieurwissenschaften erforschen wir die Grundlagen für die Entwicklung neuer Materialien, etwa Quanteneffekte oder Katalysevorgänge. Wir entwickeln Technologien zur Fertigung innovativer Materialien für die nächste Generation industrieller Prozesse und gestalten digitale Fertigungstechnologien zur additiven Erstellung funktionsoptimierter Bauteile auf Basis von 3D-Konstruktionen in den Kernsektoren Automotive, Luft- und Raumfahrt, Bau und Konstruktion, Medizintechnik und Gesundheitstechnologien sowie Chemie und Katalyse.

**Gezeigt an Flüssigkristallen ab Seite 66 und 3D-Druck ab Seite 70**

## Die digitale Transformation sicher gestalten

In Zukunft können Maschinen und Roboter weit mehr, als uns Menschen Routineaufgaben abzunehmen. Vor allem wenn sie in der Lage sind, selbst zu lernen. Gleichzeitig müssen sie sicher, bedienbar und beherrschbar sein. Darum entwickeln wir intelligente, selbstlernende Maschinen, die uns bestmöglich unterstützen und dabei unseren ethischen, sozialen und rechtlichen Vorstellungen entsprechen.

**Gezeigt an Robotern ab Seite 72 und digitaler Medizin ab Seite 76**

## Forschung und Innovation im Dienst der Gesellschaft

Wir gestalten technologischen Fortschritt für Mensch und Gesellschaft. Deshalb treiben wir im Sinne eines Human-Centered Engineering die Verknüpfung unserer klassischen Stärken in den Natur- und Technikwissenschaften mit den Geistes- und Sozialwissenschaften voran. Ob Pflege-Roboter, autonome Fahrzeuge oder Blockchain-Technologie – unsere Forscherinnen und Forscher untersuchen Innovationen an der Schnittstelle von Technologie, Ökonomie, Politik und Gesellschaft. Neueste Erkenntnisse aus der Forschung fließen unmittelbar in die Curricula unserer Studiengänge ein.

**Gezeigt an Ethik in der Künstlichen Intelligenz ab Seite 78**

---

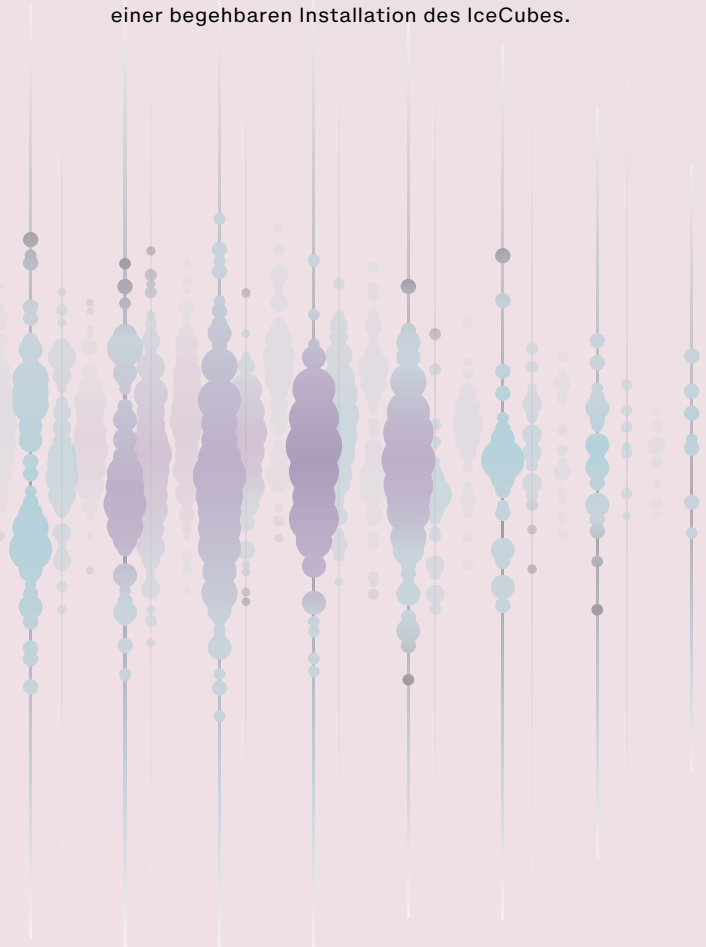
DIE GRUNDLAGEN UNSERER EXISTENZ VERSTEHEN

# Unendlich staunen

Die Faszination astrophysikalischer  
Neutrinos aus dem Weltall



Prof. Elisa Resconi beobachtet Neutrinos, die aus dem Weltall auf die Erde gelangen. Hier befindet sie sich in einer begehbaren Installation des IceCubes.



## ➔ IceCube Neutrino-Observatorium

Der IceCube ist der weltweit größte Neutrino-detektor. Am Südpol gelegen, ist er in die Eismassen der Antarktis eingegraben und erreicht eine Tiefe von 2.500 Metern. Insgesamt umfasst das Observatorium einen Kubikkilometer Eis.

## Unsere Physikerinnen und Physiker erforschen am Südpol astrophysikalische Neutrinos aus dem Weltall und entlocken ihnen die Geheimnisse über Ort und Prozess ihrer Entstehung.

Wie lange wird es dauern? Ein Jahr? Fünf Jahre? 50 Jahre? „Nach zwei Jahren ist uns ein erster Durchbruch gelungen“, sagt Elisa Resconi, Professorin am Department für Physik der TUM. „Die Freude war riesig.“ Was Elisa Resconis Herz höher schlagen ließ, waren Daten, die sie auf ihrem Bildschirm in München betrachtete. Daten, die der Expertin ein astrophysikalisches Neutrino anzeigten. Diese Neutrinos haben extrem hohe Energien und sind oft Milliarden von Jahren unterwegs, bevor sie die Erde erreichen.

überhaupt möglich sein würde, Neutrinos zu detektieren“, erinnert sich Elisa Resconi.

### Leichter gedacht als detektiert

Die Sensoren von IceCube „sehen“ die Neutrinos dabei nicht direkt. Sie fangen vielmehr die Lichtsignale auf, die aufblitzen, wenn die Neutrinos mit den Atomkernen im antarktischen Eis zusammenstoßen. Dabei entstehen geladene Teilchen, die sich in Eis schneller als ein Lichtstrahl fortbewegen. Entlang ihrer Flugbahn bringen sie die Eismoleküle zum Leuchten. Daraus lässt sich berechnen, aus welcher Richtung die Neutrinos kommen und wie viel Energie sie besitzen. Das wiederum kann Aufschluss darüber geben, aus

# »Die Suche nach der Herkunft der hochenergetischen Neutrinos gleicht einem kriminalistischen Indizienbeweis.«

## PROF. ELISA RESCONI

Die Herausforderung bei ihrer Erforschung ist nicht, dass sie nur selten vorkommen, im Gegenteil: Pro Sekunde passieren 100 Billionen Neutrinos unseren Körper. Die Herausforderung liegt darin, dass sie unglaublich schwer zu detektieren sind, da sie alle Masse mühelos durchdringen und nur selten mit Materie interagieren. Deswegen können sie durch das Weltall und auch durch die Erde rasen. Deswegen sind sie aber auch extrem schwer nachzuweisen.

### Eiskaltes Paradies

Detektiert hatte dieses astrophysikalische Neutrino das **→IceCube Neutrino-Observatorium** – das wohl ungewöhnlichste Teleskop der Welt. Tief im Eis eingelassen befindet es sich am geografischen Südpol. Es besteht aus mehr als 5.000 hochempfindlichen Lichtsensoren, die zusammen mit ausgefädelter Elektronik an mächtigen Drahtseilen hängen. So unwirtlich dieser eiskalte Ort sein mag, so ist er doch ein Paradies für Forschende, da sie hier den Neutrinos ihre Geheimnisse entlocken. Vor Ort arbeitet ein rund 40-köpfiges Team, insgesamt forschen aber über 300 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus zwölf Ländern mit den IceCube-Daten.

Zwei Jahre nach der Inbetriebnahme von IceCube fiel ihnen allen ein Stein vom Herzen. „Wir waren begeistert und erleichtert, da wir nicht sicher gewesen waren, ob es mit IceCube

welcher Region des Weltalls sie stammen und wie sie entstanden sind.

All das ist eine Heidenarbeit. „Die Suche nach der Herkunft der hochenergetischen Neutrinos gleicht einem kriminalistischen Indizienbeweis“, weiß Elisa Resconi. „Wir brauchen unheimlich viel Geduld und viele Neutrinos, die wir präzise messen und auswerten müssen.“

### Eine erste Quelle

2017 dann der nächste Meilenstein: Erstmals konnten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ein Neutrino einem bekannten astronomischen Objekt zuordnen. Aus der Flugbahn des Neutrinos konnten sie präzise die Himmelsregion ermitteln, aus der es stammte. Hier befand sich auch ein Blazar. Blazare sind aktive galaktische Kerne, schwarze Löcher, die Materie verschlingen und dabei „Jets“ aus hochenergetischen Teilchen sowie Röntgen- und Gammastrahlen erzeugen, die auf die Erde gerichtet sind. Als IceCube das Neutrino detektierte, wies der Blazar auch eine erhöhte Strahlungsintensität auf. Aus diesen Indizien schlossen die Forschenden, dass das Neutrino von diesem Blazar gekommen sein musste. „Dass Blazare eine Quelle hochenergetischer Neutrinos sind, wurde schon lange vermutet, aber der Beweis stand bisher aus“, sagt Elisa Resconi.

### Eis und Wasser

Blazare sind eine der Quellen, aus denen hochenergetische Neutrinos stammen, es muss aber noch weitere geben. Um noch besser zu verstehen, wo hochenergetische Neutrinos herkommen, benötigt man weitere Teleskope. Dabei muss das Teleskop nicht zwingend im Eis sein wie IceCube. Auch Wasser kann die Detektion von Neutrinos übernehmen.

Deswegen untersuchen Elisa Resconi und ihr Team einen neuen Standort im Pazifischen Ozean, wo Kolleginnen und Kollegen von Ocean Networks Canada bereits eine Tiefseeinfrastruktur namens NEPTUNE aufgebaut haben. Es ist ein gigantisches Unterwasserlabor für die Forschung. Mehr als 800 Kilometer lange Glasfaserkabel verbinden Land und Tiefsee. Das saubere und transparente Wasser des Pazifiks eignet sich für die Neutrino-Detektion ebenso gut wie das Eis des Südpols. Das haben erste Untersuchungen von Elisa Resconis Team ergeben. Hier möchte sie nun ein neues Teleskop aufbauen – und damit den Himmel in Regionen beobachten, die vom Südpol aus nicht sichtbar sind. Die Wissenschaftlerin und ihr Team wollen zudem dazu beitragen, bislang unbekannte Eigenschaften der Neutrinos besser zu verstehen.

### Wieder Kind sein

Der nächste Meilenstein? In einem Jahr? In fünf Jahren? In 50 Jahren? „Nach außen sind nur die großen Entdeckungen sichtbar“, weiß Elisa Resconi. „Wir machen aber jeden Tag einen kleinen Schritt, der elementar für die großen Durchbrüche ist.“ Um die dafür notwendige Geduld aufzubringen, muss man eine besondere Portion Eigenmotivation mitbringen – und ein kleines bisschen Verrücktheit, wie Elisa Resconi sagt. Sie beschreibt diese Verrücktheit mit der Entdeckerfreude eines Kindes, die es beizubehalten gilt. Und wer gerät nicht ins Staunen angesichts der Weiten des Kosmos?



Mehr als 5.000 solcher Lichtsensoren sind im IceCube enthalten. Die Sensoren sind so empfindlich, dass sie auf ein einzelnes Photon reagieren.

**»Wir brauchen unheimlich viel Geduld und viele Neutrinos, um präzise zu messen und auszuwerten.«**

PROF. ELISA RESCONI

DIE GRUNDLAGEN UNSERER EXISTENZ VERSTEHEN

# Die Macht der Moleküle

Was uns die Chemie lehrt



Prof. Michael Sattler im Gespräch mit Dr. Alisha (Jonesy) Jones in der 700 Quadratmeter großen Messhalle des BNMRZ, in der die NMR-Spektrometer stehen. Sie sind das wichtigste Werkzeug der Forschenden.



## Bayerisches NMR-Zentrum (BNMRZ)

Am BNMRZ auf dem Garching Forschungscampus detektieren die Forschenden nicht nur biologische Makromoleküle. Sie entwickeln ebenso neue experimentelle Methoden – nicht nur für die Kernspinresonanz, sondern auch für die Magnetresonanzbildgebung und das Quantum Computing.

[www.bnmrz.org](http://www.bnmrz.org)

# »Wir haben quasi den Schlüssel gefunden, um die Tür für gewisse Krankheiten zuzusperren.«

PROF. MICHAEL SATTLER

**Am Bayerisches NMR-Zentrum (BNMRZ) untersuchen die Forschenden die Struktur und interne Beweglichkeit von Biomolekülen, um deren Einfluss auf Krankheiten zu verstehen.**

Erste Herausforderung: Um den passenden Schlüssel für ein Schlüsselloch zu finden, muss man dessen Struktur kennen. Zweite Herausforderung: Was aber, wenn sich das Schlüsselloch ständig bewegt?

So ähnlich muss man sich die Herausforderungen der Forschenden am **BNMRZ** vorstellen. Biomolekülen gilt ihr ganzes Interesse, genauer: ihrer Struktur, ihrer internen Beweglichkeit (Dynamik) und wie sie miteinander wechselwirken. Die Forschenden wollen noch besser als bisher verstehen, wie Biomoleküle in unseren Zellen wirken, um so neue Wirkstoffe und Medikamente entwickeln zu können.

### Starke Anziehung

Ihr wichtigstes Werkzeug ist die Kernspinresonanz-Spektroskopie (englisch: Nuclear Magnetic Resonance, NMR).

Die meisten der zwölf NMR-Spektrometer, bis 3,5 Meter hoch, stehen in der 700 Quadratmeter großen Messhalle des BNMRZ. Ihre Besonderheit: Sie enthalten jeweils ein sehr starkes Magnetfeld. Menschen mit einem Herzschrittmacher dürfen daher nicht in ihre Nähe kommen. Setzt man Moleküle diesem Magnetfeld aus, so reagieren ihre Atomkerne, und zwar auf jeweils ganz eigene Weise. Dieses Verhalten interessiert die Forschenden, denn es gibt detaillierten Aufschluss über Struktur und interne Beweglichkeit eines Moleküls. Diese Informationen ermöglichen es auch, die molekularen Grundlagen von Krankheiten wie der Afrikanischen Schlafkrankheit zu verstehen. Diese wird durch Parasiten ausgelöst, die die Tsetsefliege überträgt. Ausgehend von der Strukturinformation können neue Medikamente entwickelt werden.

Vereinfacht gesagt haben die Forschenden ein Molekül entdeckt, das ein lebenswichtiges Protein des Parasiten blockiert. „Wir haben quasi den Schlüssel für das sich bewegende Schlüsselloch gefunden, um die Tür zuzusperren“, erklärt Prof. Michael Sattler, Direktor des BNMRZ. Er und sein Team sind nun dabei, mit dem Wirkstoff ein neues Medikament zu entwickeln.

Dritte Herausforderung: Bei manchen Krankheiten ist kein Schlüsselloch zu finden – wie bei Alzheimer. Diese Erkrankung wird durch falsch gefaltete Proteine verursacht, die in oder zwischen Zellen verklumpen. Aber auch diese Zusammenballungen lassen sich durch die NMR-Spektroskopie gut untersuchen.

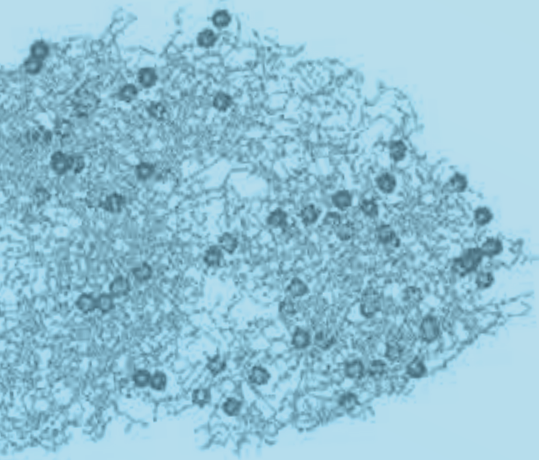
In Kürze werden die Forschenden am BNMRZ das noch besser als bisher tun können: dank einem der weltweit stärksten NMR-Spektrometer mit einer Magnetfeldstärke von fast 30 Tesla. Damit werden die Forschenden komplexere Proteine und deren Wechselwirkungen analysieren können – denn je stärker das Magnetfeld, desto höher die Qualität der Daten.

---

GESUNDHEIT ERHALTEN UND KRANKHEITEN THERAPIEREN

# Gesund in die Zukunft

So bekämpfen wir morgen  
Krankheiten: Neue Technologien  
schärfen unseren Blick in den  
menschlichen Körper



Das Gehirn der Fruchtfliege *Drosophila* enthält rund 100 000 Nervenzellen – und damit nur etwa ein Millionstel der Nervenzellen des menschlichen Gehirns.

## Essstörungen

Dass eine Fruchtfliege dabei helfen kann, menschliches Verhalten zu verstehen, wirkt zunächst befremdlich. Nicht so laut Prof. Ilona Grunwald Kadow. „Das neuronale Netzwerk der Fruchtfliege ist zwar bei Weitem nicht so komplex wie das des menschlichen Gehirns, unterliegt aber den gleichen Mustern“, erklärt die Forscherin. Die Fruchtfliege zu verstehen kann helfen, den Menschen besser zu verstehen. Beispiel Suchtverhalten: Mensch und Tier müssen wissen, wann sie aufhören sollen. Diese Entscheidung wird zwar in kognitiven Hirnarealen getroffen, aber bereits die Geruchsstoffrezeptoren der Nase verändern die Wahrnehmung. Eine veränderte Wahrnehmung kann dazu führen, dass Stoppsignale des Hirns nicht gesendet oder verarbeitet werden. Solche Erkenntnisse können beispielsweise bei der Behandlung von Essstörungen oder Suchtkrankheiten wichtig sein. „Wenn wir die Grundlage des Verhaltens verstanden haben, können wir zielgerichtet und präventiv eingreifen, bevor Störungen auftreten“, so Ilona Grunwald Kadow.



Die neuronalen Netzwerke der chemosensorischen Verarbeitung sind das Interessensgebiet von Ilona Grunwald Kadow.



Neue Medikamente gegen multiresistente Bakterien zu entwickeln ist das Ziel von Prof. Stephan Sieber.

## Multiresistente Keime

Multiresistente Keime fordern in Deutschland jedes Jahr mehrere Tausend Todesopfer. „Im **→Forschungsprojekt aBACTER** ist es uns nun gelungen, ein Antibiotikum gegen diese Keime zu entwickeln“, freut sich Prof. Stephan Sieber. Der enthaltene Wirkstoff greift verschiedene Zellprozesse der Keime an, was bedeutet, dass Bakterien deutlich weniger wahrscheinlich dagegen resistent werden – denn dazu müssten sie gleichzeitig Resistenzen in den verschiedenen adressierten Zellprozessen entwickeln.



### **aBACTER**

Das Projektteam um Prof. Stephan Sieber hat ein neues Antibiotikum entdeckt, das sehr effektiv gegen multiresistente grampositive Bakterienstämme wirkt und keinerlei Resistenzentwicklung aufweist.

[www.department.ch.tum.de/oc2/abacter](http://www.department.ch.tum.de/oc2/abacter)



# Grundlagen- forschung Krebs

Fast die Hälfte aller Deutschen erkranken in ihrem Leben an Krebs. Das detaillierte Verständnis der daran beteiligten Proteine kann der Schlüssel sein, um effizientere Behandlungsmethoden zu entwickeln. Dafür hat sich am TUM-Lehrstuhl für Proteomik und Bioanalytik ein interdisziplinäres Team aus Biochemikern und Bioinformatikern zusammengeschlossen. Den Forscherinnen und Forschern ist es erstmals gelungen, fast alle der knapp 20.000 Proteine im menschlichen Körper zu kartieren und in der Datenbank ProteomicsDB zugänglich zu machen. „Mit der ProteomicsDB können wir enorm große Datenmengen zu menschlichen Proteinen und Krebsmedikamenten der gesamten Wissenschaftsgemeinschaft zugänglich machen. Das ist ein bedeutender Meilenstein, um die Mechanismen von Krebserkrankungen und die Wirkweise von Medikamenten besser zu verstehen und gezieltere Therapiemöglichkeiten auszuloten“, freut sich Prof. Bernhard Küster.



Der Analyse von Proteomen gilt das Interesse von Prof. Bernhard Küster und seinem Team.

# Patienten- versorgung

Ergebnisse aus der medizinischen Forschung schnell in die Patientenversorgung übertragen – das ist der Auftrag des TranslaTUM. Es ist eines der modernsten Krebsforschungsinstitute Deutschlands. Mitten auf dem Campus des TUM Universitätsklinikums rechts der Isar arbeiten präklinisch Forschende, Ingenieurwissenschaftler und Ärzte unter einem Dach zusammen. Gemeinsam validieren sie ihre Ergebnisse in der Diagnostik und Therapie von Patienten.

So erforschen sie etwa, wie das Immunsystem Krebs erkennt und bekämpft und welche genetischen Veränderungen Krebs hervorrufen. Zudem entwickeln sie neue Verfahren für die medizinische Bildgebung und -auswertung, um Tumore besser als bisher zu erkennen.

## **Wissenschaftliche Heimat**

„Das interdisziplinäre Konzept und die moderne Infrastruktur schaffen optimale Voraussetzungen für wissenschaftliche und medizinische Fortschritte“, betont Prof. Jürgen Ruland. Ingenieurwissenschaftler, Biologen, Mediziner und viele weitere Fachleute finden hier eine wissenschaftliche Heimat.



Prof. Jürgen Ruland im Gespräch: Kurze Wege, Interdisziplinarität und die moderne Infrastruktur zeichnen das TranslaTUM aus.

# Neurologische Erkrankungen

Ob Alzheimer-Erkrankung, Multiple Sklerose oder Schlaganfall: Die Mechanismen und Ursachen, die diesen neurologischen Erkrankungen zugrunde liegen, haben häufig Gemeinsamkeiten. „Erkrankungen halten sich nicht an Grenzen, also darf die Forschung das auch nicht tun“, sagt Prof. Thomas Misgeld. Forschende sollten also fachübergreifend und gleichzeitig Hand in Hand mit Ärztinnen und Ärzten eng zusammenarbeiten. Das tun sie im Exzellenzcluster SyNergy – Munich Cluster for Systems Neurology, kurz SyNergy. Eine weitere Grenze überwindet SyNergy, da die Forschenden von der TUM hier eng mit Forschenden der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) und weiteren Instituten zusammenarbeiten.

## Keine Grenzen

„Mit gemeinsamer Kraft sind wir dabei, die neurologischen Erkrankungen besser zu verstehen und unsere Forschungsergebnisse schnell zum Wohle der Patientinnen und Patienten einzusetzen“, fasst Prof. Thomas Misgeld das Ziel zusammen.



Aus dem Labor in die Klinik: Prof. Thomas Misgeld ist die Zusammenarbeit zwischen Forschenden, Ärztinnen und Ärzten besonders wichtig.

---

UNSEREN LEBENSRAUM NACHHALTIG GESTALTEN

# Die fragile Balance

Wie wirkt sich der Klimawandel auf unsere Ökosysteme aus?



## In zwei Forschungsprojekten in Bayern und Brasilien erforschen wir die Auswirkungen des Klimawandels auf unseren Planeten.

„40 Kilometer asphaltierte Straße, anschließend geht es auf einem Matschweg 30 Kilometer in den Regenwald hinein“, beschreibt Prof. Anja Rammig ihren Arbeitsweg. Ihr Ziel: eine Feldstation in einem Naturreservat, 70 Kilometer von Manaus im Nordwesten Brasiliens. Hier ist der Wald noch unberührt von Menschen. „Zumindest fast“, sagt Anja Rammig. „Jedes Ökosystem ist heute vom Klimawandel beeinflusst. Selbst fast unberührte Flecken im Amazonas.“

Im Projekt →**AmazonFACE** untersucht Anja Rammig gemeinsam mit weiteren Forscherinnen und Forschern, welchen Einfluss die steigende Kohlendioxid-Konzentration in Zukunft auf das Ökosystem haben wird und wie sich dies auf den gesamten Planeten auswirken könnte. Deswegen stehen in der Feldstation Bäume und Pflanzen in zwei bis drei Meter hohen Kammern. Hier wird die Kohlendioxid-Konzentration, die die Atmosphäre in 20 Jahren vermutlich haben wird, simuliert. Für Bäume ist Kohlendioxid ein Dünger. Doch für uns Menschen wird die steigende Kohlendioxid-Konzentration in unserer Atmosphäre künftig eine große Herausforderung sein: „Wenn durch abnehmende Waldbestände weniger Kohlendioxid aufgenommen wird, dann bleibt es in der Atmosphäre und der Treibhauseffekt verstärkt sich“, erklärt Anja Rammig. Kreisförmig angeordnet, sollen künftig experimentelle Türme die erhöhte Kohlendioxid-Konzentration für

ein ganzes Ökosystem simulieren. Doch schon jetzt liefern die kleineren Kammern Antworten auf vielfältige Fragen. „Wie viel Kohlenstoff speichern die Bäume? Wie viel dient dazu, Blätter zu bilden? Was passiert, wenn der Baum immer mehr Kohlenstoff aufnimmt? Verändert er selbst seine Biomasse, zum Beispiel das Verhältnis zwischen Kohlenstoff und Phosphor, oder geht der Kohlenstoff oben hinein und wird unten über die Wurzeln direkt wieder abgegeben?“, formuliert Anja Rammig die Fragen, die sie umtreiben.

### Vom Amazonas nach Bayern

Anja Rammigs zweiter Arbeitsplatz könnte sich vom Amazonas kaum stärker unterscheiden. Im



### AmazonFACE

Das internationale Projekt erforscht die Auswirkungen des Klimawandels im Regenwald. FACE steht für „Free Air CO<sub>2</sub> Enrichment“ und beschreibt einen technischen Versuchsaufbau, der im Freiland eine definierte Kohlendioxid-Konzentration erzeugt.

[www.isai.wzw.tum.de](http://www.isai.wzw.tum.de)

# »Die steigende Kohlendioxid-Konzentration in unserer Atmosphäre wird eine große Herausforderung für die Menschheit sein.«

PROF. ANJA RAMMIG

bayerischen Weihenstephan, umringt von Feldern und Nadelwäldern, steht der moderne Campus der TUM School of Life Sciences mit besten Forschungsbedingungen. Doch so unterschiedlich die Arbeitsplätze und die untersuchten Ökosysteme sind – die Fragen, die Anja Rammig umtreiben, sind die gleichen: Was machen der Klimawandel und die damit einhergehende Dürre mit den Bäumen? Ob Amazonas oder Bayern – es sind die gleichen Effekte, die das Baumwachstum, die Vegetation und die Produktivität beeinflussen.

## **Ob Palme oder Buche: Die Lebensgrundlage der Menschen ist gefährdet**

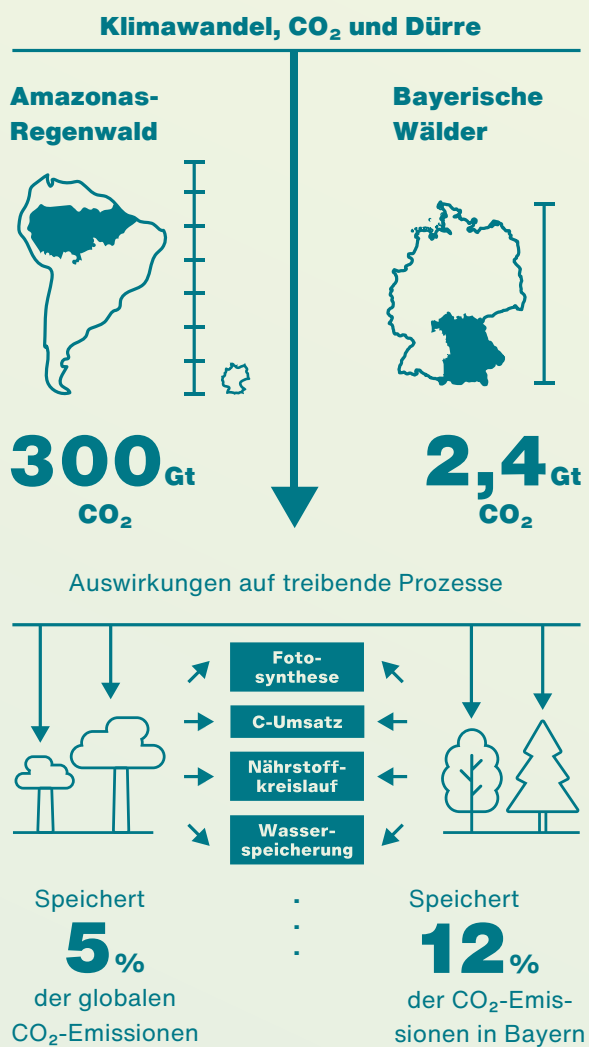
In Weihenstephan leitet Anja Rammig das Projekt **→Blick in die Zukunft (BLIZ)**, bei dem die Projektbeteiligten die größeren Zusammenhänge

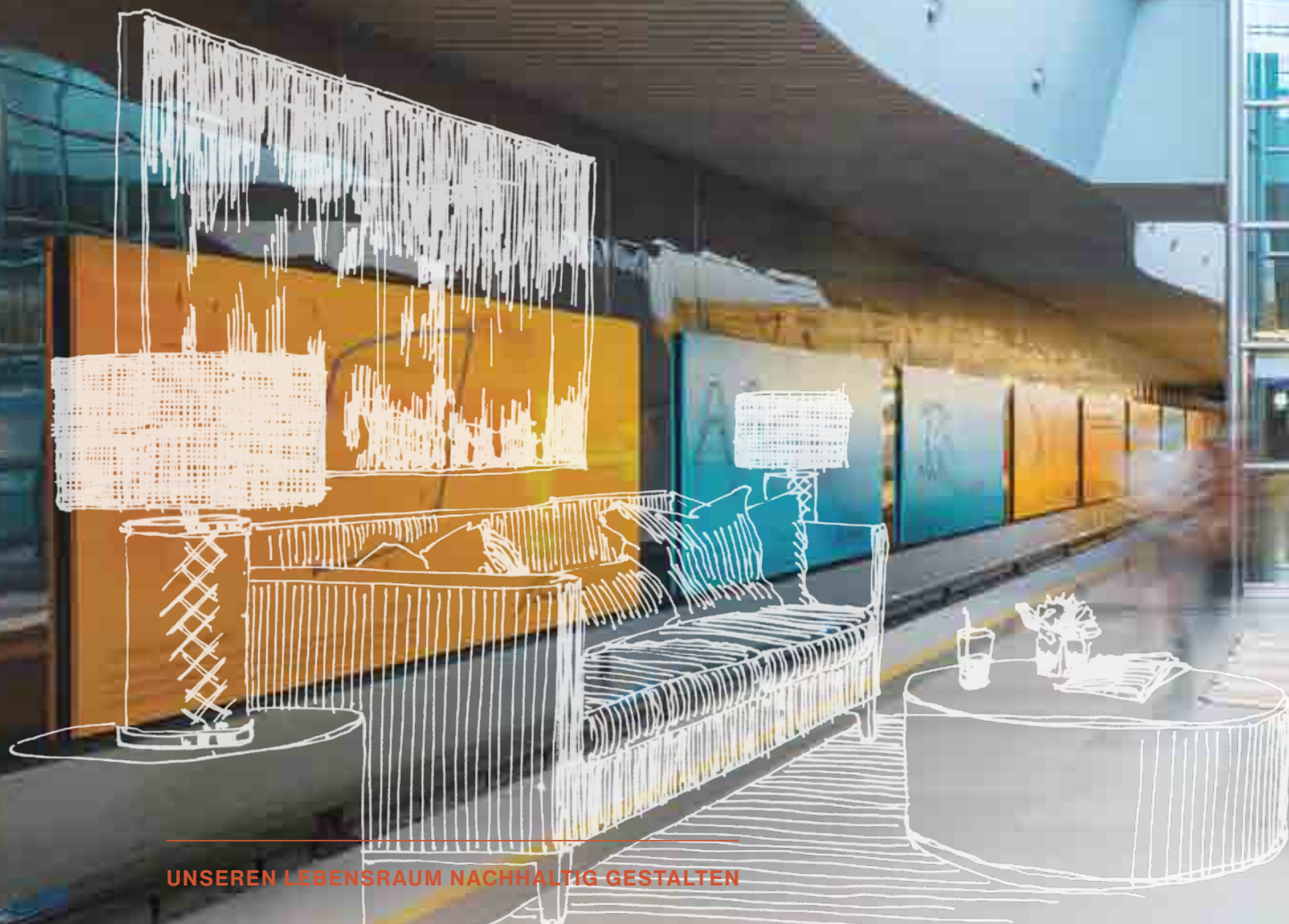
betrachten: Welche Auswirkungen hat unsere Gesellschaft auf Ökosysteme und welche Auswirkungen hat der Klimawandel auf die Gesellschaft? Das Ziel ist es, ein Modell zu entwickeln, das die Vegetation global simuliert und sich auf regionale Eigenschaften anpassen lässt. Die immergrünen Tropengewächse reagieren schließlich anders als eine Buche oder Fichte. Anhand dieses Modells lässt sich künftig besser erkennen, welche Baumarten im Klimawandel am anpassungsfähigsten sind, und entscheiden, wie man die Wälder am besten bewirtschaftet. „Es geht um unsere Lebensgrundlage“, betont Anja Rammig.

## **→ Blick in die Zukunft (BLIZ)**

Das Projekt erforscht Wechselwirkungen zwischen Gesellschaft, Landnutzung, Ökosystemleistungen und Biodiversität in Bayern bis 2100. Das Ziel: konkrete Handlungsanweisungen für ein nachhaltiges Management.

[www.bayklif-bliz.de](http://www.bayklif-bliz.de)





UNSEREN LEBENSRAUM NACHHALTIG GESTALTEN

# Stadt der Zukunft

Wie können wir unseren Lebensraum für  
uns Menschen wieder attraktiver machen?





## ➔ **Wohnen, Arbeiten, Mobilität (WAM)**

Ein interdisziplinäres Forschungsteam. 7.300 befragte Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Die weltweit erste interaktive Karte, die Abwägemechanismen der Bürgerinnen und Bürger bei der Wohnungssuche darstellt. Antworten darauf, wie Metropolen sich den Herausforderungen der Zukunft stellen können. Das sind die Ergebnisse des Projekts „Wohnen, Arbeiten, Mobilität“ (WAM).

### **Architekten erforschen und lehren neue Wege, wie wir Städte modernisieren und dabei Ressourcen schonen.**

Fliegende Autos, kilometerhohe Häuser, Gehsteige aus Chrom: Wenn Hollywood-Regisseure sich die Stadt der Zukunft ausmalen, haben ihre Visionen nur wenig mit unseren heutigen Städten gemein – und wenig Platz für Parks oder grüne Oasen für die Bewohnerinnen und Bewohner. Die Vision von Prof. Alain Thierstein ist da deutlich praktikabler und lebenswerter. „Eine polyzentrische Stadt, mit vielen verschiedenen Lebensmittelpunkten, verkürzten Wegen und einer neuen Aufteilung des Straßenraums“, sagt Alain Thierstein, der seit 15 Jahren an der TUM forscht und lehrt. „Wir müssen uns vom Diktat des Autos lösen. Die Menschen wollen zu Fuß gehen, Fahrrad fahren, sich begegnen. Es muss eine Transformation geben, hin zu einer menschenzentrierten Stadt.“ Grund für den großen Unterschied zwischen den beiden Visionen: Der von Alain Thierstein liegen jahrzehntelange Forschung und ein ganzes Team aus Wissenschaftlerinnen und

Wissenschaftlern aus verschiedenen Disziplinen zugrunde. „Wir arbeiten, diskutieren und visualisieren zusammen und schreiten so interaktiv voran“, sagt Alain Thierstein. Am Lehrstuhl für Raumentwicklung arbeiten daher Architektinnen, Stadtplaner und Wirtschaftsgeografen.

### **Wie will ich wohnen?**

Dieses Zusammenspiel war auch der Grundstein für das Projekt ➔ „**Wohnen, Arbeiten, Mobilität (WAM)**“, das Alain Thierstein gemeinsam mit Prof. Gebhard Wulfhorst 2017 initiierte. Ein zehnköpfiges Team aus den Bereichen Architektur, Ökonomie, Geografie, Kartografie und geographische Informationssysteme untersuchte in München, welche Faktoren für die Bürgerinnen und Bürger bei der Wohnungs- und Arbeitsplatzsuche entscheidend sind. Im Fokus stand, welche Kriterien bei der Suche nach den besten Standorten ausschlaggebend sind und wie diese im Zusammenhang stehen.

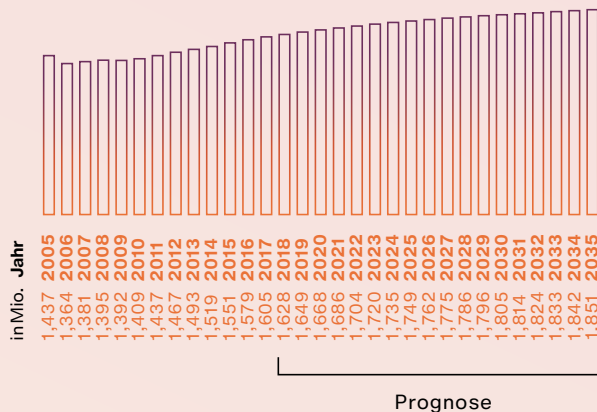
Anhand von Karten stellten mehr als 7.000 Studienteilnehmende ihre Entscheidungsfindung dar: Sie zeigten, wo sie einst wohnten und wo sie jetzt wohnen, wo sie arbeiten und in welchen Gegenden sie nach einer neuen Heimat gesucht haben. Am Ende konnte das Team zeigen, wie diese Abwägemechanismen funktionieren. Das war weltweit einmalig. Das Team identifizierte anschließend fünf Raumnutzungstypen und gab Handlungsempfehlungen, wie sich die Metropolregion München auf die Zukunft vorbereiten sollte, wie etwa: den Platz vielseitig nutzen, vertikal wachsen und das Leben der Menschen möglichst effizient gestalten.

»**Bei uns am Lehrstuhl ist Interdisziplinarität das Grundprinzip.**«

PROF. ALAIN THIERSTEIN

»Wir haben eine Verpflichtung, mit den Ressourcen sorgsamer umzugehen.«

PROF. ALAIN THIERSTEIN

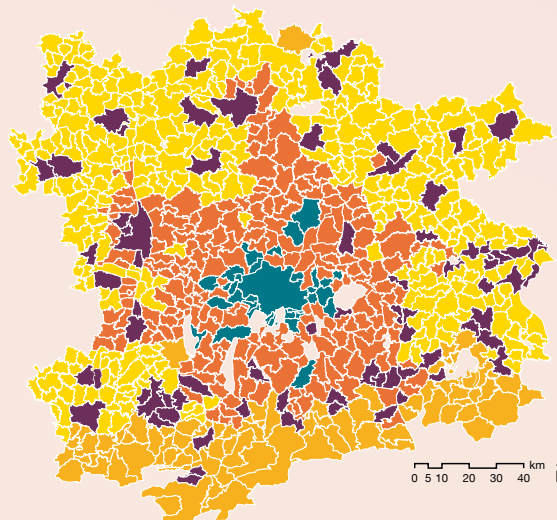


Bevölkerungsentwicklung und Prognose, 2005 bis 2035.

© Quelle: siehe Impressum

### ÖPNV statt Autos

Besonders wichtig: die Verkehrsplanung. Es gilt möglichst zu vermeiden, dass Menschen wertvolle Zeit auf dem Arbeitsweg vergeuden. Den Verkehr geschickt zu planen und den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) auszubauen sind die wichtigsten Maßnahmen. Die Lösung: tangentielle Verkehrsverbindungen und ein ÖPNV mit Ringstrukturen, die sich netzförmig aufspannen. So entstehen an den Verkehrsknotenpunkten neue Zentren, in denen sich das Leben der Bevölkerung bündelt. „So wird der Druck von den Straßen genommen, die dann eine andere, menschenfreundlichere Nutzung zulassen“, erklärt Alain Thierstein.



- urban, zentral
- urban, dezentral
- städtisches Einzugsgebiet
- Wohnorte mit touristischer Prägung
- periphere Standorte

Räumlich-funktionale Clusterstruktur der Metropolregion München. © Quelle: siehe Impressum



NEUE MATERIALIEN UND FERTIGUNGSTECHNOLOGIEN ENTWICKELN

# Die Sprache der Kristalle

Wenn Experimentalphysiker  
zu Goldgräbern werden

## »Wir entdecken Eigenschaften von Materialien, von denen wir nicht wussten, dass sie existieren. Verblüfft sind wir hier permanent.«

PROF. CHRISTIAN PFLEIDERER

**Am Lehrstuhl für Experimentalphysik zur Topologie korrelierter Systeme suchen wir nach elektronischen Eigenschaften von Materialien, die unseren Alltag in Zukunft völlig verändern könnten.**

Es braucht viel Geduld, um in einem Material etwas zu entdecken, das die Welt verändern kann. Am Lehrstuhl für Experimentalphysik zur Topologie korrelierter Systeme wissen das die circa 20 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ganz genau. Unter der Leitung von Prof. Christian Pfeleiderer erforschen sie die Geheimnisse kristalliner Festkörper unter extremen Bedingungen. Und etwas anderes wissen sie auch: dass sich die Geduld lohnt. Das zeigt ein Blick zurück in das vorletzte Jahrhundert.

Im Jahr 1888 entdeckte der Österreicher Friedrich Reinitzer die sogenannten Flüssigkristalle. Die Wissenschaftler waren damals fasziniert von den farbenfrohen Mustern in bestimmten organischen Flüssigkeiten. Wirklich etwas anfangen

Kristallen und Metallen ihre Geheimnisse entlocken: Das ist das Ziel von Prof. Christian Pfeleiderer.

konnten die Betrachter damit jedoch nicht. Das sollte sich erst gut 70 Jahre später ändern, als man lernte, die Muster elektrisch zu steuern, um sie optisch zu nutzen. Heute sind sie überall zu finden – in Fernsehgeräten, Thermometern und Laptop-Displays. Der Entdecker der Flüssigkristalle konnte das nicht mehr erleben.

„Die Entdeckung bunter Muster in Flüssigkristallen sind für unsere Arbeitsweise ein wunderbares Beispiel“, sagt Christian Pfeleiderer. „Denn wir suchen bestimmte Texturen in den elektronischen Eigenschaften von Materialien, die durch das Phänomen der Quantenverschränkung dominiert werden. Was die Gesellschaft eines Tages damit anfangen kann, wird sich erst in der Zukunft wirklich zeigen.“ Früher haben die Entwicklungsschritte Jahrzehnte gedauert. Und auch wenn der Weg zur technischen Nutzung gezielt verkürzt werden soll, braucht es Ausdauer und Geduld.

### Entdecken, um zu erfinden

Was aber könnten die Flüssigkristalle von morgen sein? Und wofür lassen sie sich nutzen? Absehbar ist es bereits. Mit den Quantenmaterialien, an denen Christian Pfeleiderer und seine Kolleginnen und Kollegen forschen, lassen sich wahrscheinlich neuartige Sensoren, energieeffiziente Datenspeicher und vielleicht sogar neuartige Bauelemente für Quantencomputer herstellen. Dies wiederum könnte die Informationswissenschaften und andere Schlüsseltechnologien der Zukunft massiv prägen.

„Wir entdecken Eigenschaften von Materialien, von denen wir nicht einmal ahnten, dass sie existieren“, sagt Christian Pfeleiderer. „Das macht unsere Arbeit so spannend. Wir bestimmen Charakteristiken unter Bedingungen, bei denen wir Widersprüche mit dem heutigen Textbuchwissen erwarten. Wenn wir dann tatsächlich Anomalien entdecken, überkommt uns das Glücksgefühl der Goldgräber und wir beginnen zu überlegen, was wir mit diesen neuartigen Materialeigenschaften rein praktisch anstellen könnten.“

### Auf der Jagd nach dem besten Kristall

Auf dem TUM Campus in Garching arbeiten Christian Pfeleiderer und sein Team in Laboren mit hochkomplexen Apparaturen, in denen die Kristalle zunächst gezüchtet werden. „Wir kaufen unterschiedliche Elemente, zum Beispiel Eisen, Mangan oder Silizium, die unter reinsten Bedingungen eingeschmolzen werden“, sagt Christian Pfeleiderer. „Daraus stellen wir spezielle Stäbe her, aus denen wir sogenannte Einkristalle züchten.“

Die Kristalle mögen zwar nur als der Startpunkt dieser Forschung erscheinen. Allerdings ist ihre Bedeutung nicht zu

unterschätzen. „Nur in den reinsten Kristallen treten häufig überhaupt neue Eigenschaften auf“, sagt Christian Pfeleiderer. „In der Züchtung steckt jahrelange Arbeit. Hat man einmal die richtigen Parameter gefunden, ist das wie Ostern, Weihnachten und Geburtstag zusammen.“

Im nächsten Schritt, wenn die Kristalle fertig gezüchtet sind, werden ihre Eigenschaften unter extremen Bedingungen ausgemessen, das heißt bei Temperaturen bis hinab auf 0,01 Kelvin, quasi dem absoluten Nullpunkt, sowie Magnetfeldern und Drücken, die hunderttausendfach das Magnetfeld und den Atmosphärendruck auf der Erde übersteigen. Wie verhalten sich hier der Widerstand, die Magnetisierung oder die Wärmekapazität? Diese Messungen bringen Erkenntnisse, denen umfangreiche Untersuchungen mit Neutronen- und Röntgenstrahlung, beispielsweise am FRM II und an vielen anderen Großforschungseinrichtungen weltweit, folgen.

Für Laien mag es zunächst nicht immer ersichtlich sein, aber Christian Pfeleiderer und seine Kolleginnen und Kollegen bringen ständig Neues ans Tageslicht. „Verblüfft sind wir hier quasi permanent. Wenn man merkt: Da tritt eine Anomalie in einer Messgröße auf, die man so nicht erwartet hat, dann spürt jeder hier ein großes Kribbeln.“

### **Forschung für den Alltag der Zukunft**

Eines der langfristigen Themen am Lehrstuhl von Christian Pfeleiderer ist die Entdeckung von Ordnungsphänomenen, die durch Quantenkorrelationen entstehen. 2009 gelang Pfeleiderer sowie Kolleginnen und Kollegen auf dieser Suche beispielsweise mit der Identifikation eines Gitters aus Wirbelschläuchen in magnetischen Materialien, sogenannten Skyrmionen, der Nachweis einer völlig konventionellen Ordnung und mithin magnetischen Musterbildung, die man jahrzehntelang übersehen hatte. Deren geometrische Beschreibung (Topologie) erfolgt mit einem Modell des britischen Physikers Tony Skyrme für die Neutronen in Atomkernen. Die theoretischen Grundlagen wurden dabei, ähnlich wie bei den Flüssigkristallen für LCD-Displays, fast sieben Jahrzehnte früher gelegt.

„Es braucht eben Zeit“, sagt Christian Pfeleiderer. „Echte Entdeckungen kann man nicht übers Knie brechen – man kann sie höchstens provozieren.“ Aber wie viel Zeit es auch brauchen mag, Christian Pfeleiderers Arbeiten haben schon zahlreiche Kolleginnen und Kollegen inspiriert. Die von ihm im Jahr 2009 veröffentlichte Arbeit führte in der Folge zu zahlreichen weiteren Forschungsarbeiten, bei denen Skyrmionen in unzähligen anderen Materialklassen nachgewiesen wurden. Und wer weiß, vielleicht kann man die Ergebnisse in Zukunft auch als Laie nutzen, etwa in hochsensitiven Sensoren, in einem Laptop oder in Smartphones.

Prof. Christian Pfeleiderer züchtet und erforscht Flüssigkristalle und ist dabei immer auf der Suche nach neuen Materialeigenschaften, die bislang unbekannt sind.



**»Wenn man merkt: Da tritt eine Anomalie in einer Messgröße auf, die man so nicht erwartet hat, dann spürt jeder hier ein großes Kribbeln.«**

PROF. CHRISTIAN PFLEIDERER



Was uns antreibt

Selbst Knochen und komplexe Hüftgelenke lassen sich per 3D-Druck herstellen.

## → TUM Design Institute

Das TUM Design Institute soll systematisches Denken, Ingenieurskompetenz und naturwissenschaftliche Expertise, Technologiefertigkeit mit unternehmerischer Kultur, Design-Thinking-Methoden und Designtradition mit wertschöpfender Wirkung auf eine innovative Produkt- und Prozessgestaltung verknüpfen.

NEUE MATERIALIEN UND FERTIGUNGSTECHNOLOGIEN ENTWICKELN

# Die Zukunft in 3D drucken

Revolution in der Fertigungstechnik



## »Fast täglich kommen neue Technologieaspekte oder Start-ups auf den Markt, man wird immer wieder überrascht von innovativen Ansätzen.«

PROF. KATRIN WUDY

**Zwei neue Lehrstühle der TUM erforschen die vielfältigen Potenziale des 3D-Drucks. Der eine Lehrstuhl beschäftigt sich hauptsächlich mit Werkstoffen, der andere mit deren Verarbeitung. Ihren Erfolg verdanken sie auch ihrem Zusammenspiel.**

Die Büros des Lehrstuhls für Werkstofftechnik der Additiven Fertigung sind voll mit den verschiedensten Anwendungsbeispielen des 3D-Drucks. Hüftgelenke, Turbinenschaufeln aus Titan, individualisierte Strukturen und vieles mehr ist dort zu finden. All diese Gegenstände kamen einmal aus einem der 3D-Drucker, mit denen sich Prof. Peter Mayr und sein Team Tag für Tag beschäftigen.

Seit Herbst 2019 forschen sie am neu gegründeten Lehrstuhl daran, wie es gelingen kann, aus dem 3D-Drucker mehr zu machen als eine schöne Spielerei, die in den letzten Jahren großes Aufsehen erregt hat – auch jenseits der Wissenschaft. Nun aber findet diese Technologie auch immer mehr Einsatzgebiete in der Industrie. „Es ist faszinierend, innerhalb weniger Stunden die eigene Idee durch 3D-Druck in den Händen halten, betrachten und untersuchen zu können“, sagt Mayr.

Schon jetzt gelingt es, komplexe Teile aus einem einzigen Werkstoff herzustellen. In Zukunft aber sollen die Ergebnisse aus den 3D-Druckern in einem Druckvorgang aus verschiedenen Werkstoffen aufgebaut werden können, um sogenannte Multi-Material-Bauteile herstellen zu können. Nur so werde man den komplexen Anforderungen der Industrie gerecht. Mayr erklärt dies gern an einem simplen Beispiel: Bisher bestehen Skalpellzähne zumeist aus einem einzigen Werkstoff und werden nach einmaliger Nutzung entsorgt. „Wie aber wäre es, wenn man die Klinge und die Schneide des Skalpells aus unterschiedlichen Werkstoffen herstellt? Die Klinge aus einem flexiblen und günstigen Werkstoff, die Schneide aus

einem hochbeständigen Schneidwerkstoff“, sagt Mayr. „So ein Skalpell wäre leistungsstark und wiederverwendbar zugleich.“

### **Auf das Zusammenspiel von Prozessen und Werkstoffen kommt es an**

Nur fünf Minuten und einen Gebäudeteil entfernt von Mayrs Büro hat Prof. Katrin Wudy ihren Arbeitsplatz – ebenfalls in den Räumlichkeiten der School of Engineering and Design am TUM Campus Garching. Der kurze Weg macht durchaus Sinn: „Es ist eine perfekte Symbiose zwischen unseren beiden Professuren“, sagt Wudy, die die Professur für laserbasierte Additive Fertigung innehat. „Meine Professur beschäftigt sich mit neuen prozesstechnischen Ansätzen in der Additiven Fertigung, zum Beispiel rund um die Lasertechnik. Herrn Mayrs Professur befasst sich mit den Werkstoffen und deren Eigenschaften.“

Nur wenn beides optimiert ist – die Prozesstechnik und die Werkstoffe –, sind ideale Ergebnisse möglich. „Wir sind in so einem dynamischen Forschungsumfeld“, sagt Wudy, „dass fast täglich neue Technologieaspekte oder Start-ups auf den Markt kommen, man wird immer wieder überrascht von neuen innovativen Ansätzen.“

### **Ein 3D-Drucker in Alaska soll in exakt gleicher Qualität drucken können wie ein Drucker in Südafrika**

Technisch ist man, trotz der Bauteile, die man schon drucken kann, noch nicht am Ziel: Wenn man zwei 3D-Drucker nebeneinander stehen hat, die dasselbe Teil drucken sollen, kommen im Moment noch meist zwei unterschiedliche Ergebnisse heraus. Dies stellt eine große Herausforderung für die Qualitätssicherung im industriellen Umfeld dar.

Für den Laien sind die Unterschiede wohl kaum erkennbar, aber wenn man Struktur und Eigenschaften mit hochspezialisierter Technik betrachtet, erkennt man die Abweichungen. Sie können beispielsweise bedingt sein durch schwankende Temperaturverläufe oder abweichende Laserleistungen. Bei Designobjekten sind diese Abweichungen meist unkritisch, bei einer Turbinenschaufel für ein Flugzeug hingegen kann dies fatale Folgen haben. Die Qualitätsansprüche sind sehr hoch. „Letztendlich erwartet man, dass wenn man ein Ersatzteil in Alaska druckt, es dieselben Eigenschaften wie ein in Südafrika gedrucktes Bauteil hat“, sagt Mayr.

**»Wenn man ein Ersatzteil in Alaska druckt, soll es dieselben Eigenschaften haben wie ein Bauteil, das in Südafrika gedruckt wird.«** PROF. PETER MAYR

---

DIE DIGITALE TRANSFORMATION SICHER GESTALTEN

# Wer zählt mehr?

Warum Maschinen den Menschen nicht  
ersetzen – sondern unterstützen

Je feinfühlicher, desto besser: Prof. Sami Haddadin entwickelt Roboter, die uns Menschen unterstützen.



➔ **Munich School of Robotics and Machine Intelligence (MSRM)**

Das integrative Forschungszentrum hat das Ziel, die Grundlagen der Robotik, der Perzeption und der Künstlichen Intelligenz zu erforschen, um innovative und nachhaltige technologische Lösungen für zentrale Herausforderungen unserer Zeit zu entwickeln.

[www.msrm.tum.de](http://www.msrm.tum.de)

»Die Roboter können dieses Wissen konstruktiv verwenden – und durch diese Vernetzung wird das Lernen plötzlich massiv beschleunigt.«

PROF. SAMI HADDADIN



Noch sind Roboterhände ziemlich ungeschickt, aber Prof. Sami Haddadin forscht daran, sie immer feinfühlicher zu machen.

**An der Munich School of Robotics and Machine Intelligence (MSRM) entwickeln wir intelligente Maschinen, die uns im Leben unterstützen.**

Sie pflegen alte Menschen, erledigen den Haushalt und lesen den Kindern geduldig Gutenachtgeschichten vor. Sie sehen wie Menschen aus und heißen daher Hubots, eine Mischung aus den Wörtern „human“ und „robot“. So weit, so hilfreich. In der schwedischen Serie „Real Humans“ entwickeln aber einige der Hubots eigene Gedanken und Gefühle, für die die Menschen empfänglich sind. Ein älterer Mann geht eine tiefe Freundschaft mit seinem Pflege-Hubot ein, eine Anwältin verteidigt die Rechte der Hubots und einige Menschen verlieben sich in ihren Hubot. Hier wird es problematisch und dramatisch. Denn wenn die Grenzen zwischen Mensch und Maschine verschwinden, stellt sich automatisch die Machtfrage: Wer zählt mehr?

So weit soll es nicht kommen. „Wir entwickeln Maschinen, die dem Menschen nützen – und ihn nicht ersetzen“, sagt Prof. Sami Haddadin, Acting Director der 2018 gegründeten → **Munich School of Robotics and Machine Intelligence (MSRM)**. „Deswegen ist der Mensch immer im Fokus unserer Überlegungen.“

#### **Alte und kranke Menschen unterstützen**

Ein kleines bisschen geht es bei der MSRM aber doch zu wie bei der Serie „Real Humans“. So entwickeln die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an der MSRM den zweiarmigen intelligenten Roboterassistenten namens GARMI, der ältere Menschen bei alltäglichen Handgriffen unterstützt. Er hilft ihnen dabei, aufzustehen, Essen zu machen oder den Tisch abzuräumen. Zudem können sich Ärztinnen und Ärzte mit ihm verbinden und aus der Ferne Diagnosen erstellen, Ultraschallaufnahmen machen und Medikamente verordnen.

Dank GARMI können ältere Menschen länger als bisher selbstbestimmt in den eigenen vier Wänden leben.

Ein anderes MSRM-Projekt sind smarte Reha-Roboter. Das sind speziell entwickelte Roboter für Schlaganfallpatienten oder frisch Operierte. Ausgestattet mit Sensoren und Algorithmen des Maschinellen Lernens können sie die Bewegungsqualität der Patienten messen und auswerten, aber auch Muskeln mobilisieren und Nerven stimulieren. Auf Anweisung eines Physiotherapeuten nehmen die Roboter Patienten an die Hand und führen sie so, dass sie lernen, bestimmte Aufgaben wieder auszuführen, und die motorische Kontrolle nach und nach wiedererlangen. Zudem erkennen sie, wann ein Patient Bewegungen selbst ausführen kann und wann er Unterstützung braucht.

sagt Sami Haddadin. Diese Flexibilität des Menschen lässt sich nicht einfach nachbauen. Um etwa einen Schlüssel in ein Schloss einzuführen, braucht es eine gehörige Portion Feingefühl und Lernfähigkeit. Sami Haddadin konstruierte dafür zwar einen ganz neuen Mechanismus nach dem Vorbild des menschlichen Bewegungsapparats. Dennoch ist und bleibt die menschliche Hand feinfühlicher als die des Roboters.

Den Wissenschaftler interessiert an dem Projekt aber weit mehr. Er ist getrieben von der Vision, dass Roboter das Gelernte an andere Roboterkollegen weitergeben können. Auf die Idee kam Sami Haddadin, als er sich all die Maschinen auf der Welt vorstellte, die eine kleine Aufgabe erledigen, insgesamt aber nicht wirklich effizient sind. „Das kann langfristig nicht gut gehen“, dachte er sich. Da sich Wissen nun

## »Es gleicht einem Wunder, was der Mensch alles kann. Allein der menschliche Bewegungsapparat ist äußerst komplex.«

PROF. SAMI HADDADIN

### Forschung für den Menschen

Für alte und kranke Menschen werden solche technischen Unterstützungssysteme immer wichtiger, vor allem in Zeiten des demografischen Wandels und einer damit einhergehenden älter werdenden Bevölkerung. Diese und andere große gesellschaftliche Herausforderungen sind die Antreiber der MSRM und daran richten Sami Haddadin und seine Kolleginnen und Kollegen ihre Forschungsagenda aus.

Antworten und Lösungen kann dabei niemals eine Fachdisziplin alleine liefern. Die Entwicklung der Technik ist nur ein Instrument im Konzert vieler Fragen. Sind Roboter als Assistenzsysteme in der Gesellschaft akzeptiert? Wie sieht es mit der rechtlichen Seite aus? „Reines Spezialistentum kann nicht die großen Herausforderungen der Gesellschaft beantworten, deswegen muss unsere Wissenschaft per se interdisziplinär sein“, so Sami Haddadin. Die TUM ist auf diesem Gebiet international ganz vorne dabei – es gibt heute bereits über 50 Professorinnen und Professoren, die sich mit unterschiedlichen Disziplin Kompetenzen und Teilaspekten der maschinellen Intelligenz befassen.

### Feinfühliche, miteinander vernetzte Roboter

Die Grundlage für ihr Tun ist das Verständnis des Menschen. „Es gleicht einem Wunder, was der Mensch alles kann. Allein der menschliche Bewegungsapparat ist äußerst komplex“,

mal nicht über eine Standleitung verbinden lässt, müssen die Maschinen in der Lage sein, zu lernen, das entstandene Wissen zu generalisieren und sich mit anderen Maschinen auszutauschen. „Die Roboter können dieses Wissen nicht nur weitergeben, sondern auch konstruktiv verwenden – mit der Konsequenz, dass das Lernen durch die Vernetzung plötzlich massiv beschleunigt wird“, erklärt Sami Haddadin. Ihm schwebt ein weltumspannendes Netz von lernenden Robotern vor, die miteinander verbunden sind.

### Ob forschen oder umsetzen: der Mensch steht im Fokus

Wie schnell werden Roboter unsere Berufswelt und Gesellschaft im Zeitalter digitaler Transformation verändern? Eine verlässliche Prognose ist aus Sami Haddadins Sicht nicht möglich. Wenn die jetzigen Forschungen in zehn Jahren in den Alltag integriert seien, sei das bereits ein großer Schritt. Entsprechend ist er gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen, Industriepartnern und Start-ups dabei, seine Entwicklungen im Alltag zu erproben und umzusetzen. Wie in der Forschung auch wünscht er sich dabei die Zusammenarbeit mit Menschen, die von Visionen getrieben sind und über Grenzen hinausgehen. „Viele Gründerinnen und Gründer haben einmalige Kompetenzen, die es auf Augenhöhe zu unterstützen und einzubinden gilt – denn auch hier gilt der Grundsatz: Der Mensch muss im Mittelpunkt stehen.“

DIE DIGITALE TRANSFORMATION SICHER GESTALTEN

# Diagnose auf Knopfdruck

Wie wir medizinische Diagnosen dank KI verbessern

## ➔ Medizin mit KI verbinden

Für den Innovationsfortschritt in der medizinischen Bildgebung gehen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Medizin, der Informatik und der Künstlichen Intelligenz Hand in Hand.

**Aussagekräftigere medizinische Bilder als bisher zu erzeugen, auszuwerten und zu interpretieren: Das sind die drei Aufgaben, die neuronale Netze erlernen sollen. Damit können sie zukünftig Radiologinnen und Radiologen tatkräftig bei ihren Diagnosen unterstützen.**

Möglichst bewegungslos liegt die Patientin im Magnetresonanztomografen (MRT). Möglichst bewegungslos. Dennoch schlägt ihr Herz und pulsieren ihre Arterien. Zudem bewegt sich ein Fötus im Bauch der werdenden Mutter. Bislang waren

### **Mehr Daten, höhere Qualität, bessere Diagnosen**

Und das ist erst der Anfang. Das Ziel von Daniel Rückert und seinem Team ist es, diese Verfahren so weiterzuentwickeln, dass sie aussagekräftige Bilder nicht nur erzeugen, sondern auch gleich analysieren und interpretieren. Dabei gilt: Je mehr Daten zur Verfügung stehen, desto höher ist die Datenqualität. Allein: Woher soll man die Daten nehmen? Gerade in der Medizin wird Datenschutz großgeschrieben. „Ein Ansatz ist es,

**»Während wir Menschen sofort in der Lage sind, Bewegung als solche wahrzunehmen, müssen Maschinen das erst lernen.«** PROF. DANIEL RÜCKERT

solche Bewegungen eine Herausforderung für Verfahren, die automatisiert tomografische Bilder auswerten sollen. „Während wir Menschen sofort in der Lage sind, Bewegung als solche wahrzunehmen, müssen Maschinen das erst lernen“, erklärt Prof. Daniel Rückert. Er hat sie darauf trainiert: mit künstlichen neuronalen Netzen, die unstrukturierte Daten wie eben Bilder besonders gut auswerten und Muster in ihnen finden können. Diese hat er mit einer Masse an Daten gefüttert und ihnen so „beigebracht“, Bewegungen zu erkennen und auch Organe dreidimensional darzustellen. Damit können bildgebende Verfahren wie die MRT oder die Computertomografie (CT) aussagekräftigere Bilder als bisher erzeugen und Tumore und Läsionen besser erkennen.

Daten zu nutzen, die aber nicht zentral gespeichert werden, sondern bei dem verbleiben, der sie erhoben hat“, erklärt Daniel Rückert. „Privacy Preserving Machine Learning“ wird das Verfahren genannt.

Daniel Rückert und sein Team arbeiten nun daran, die Datenqualität zu erhöhen und die Verfahren weiter zu verbessern. In Zukunft werden die Tomografen den Radiologie-Fachleuten dann auf Knopfdruck einen Befund mitteilen können und deren Arbeit damit erheblich erleichtern. Schlussendlich die Diagnose treffen und auch Patienten mitteilen: Das soll auf absehbare Zeit aber immer noch Aufgabe des Menschen sein.



## Institute for Ethics in Artificial Intelligence (IEAI)

Mit dem 2019 gegründeten IEAI wollen wir dazu beitragen, KI-basierte Technologien vertrauenswürdig und gesellschaftsfähig zu machen. Dafür bringen wir am IEAI unsere Wissenschafts- und Technikdisziplinen mit den Geistes- und Gesellschaftswissenschaften zusammen. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erforschen die ethischen Herausforderungen, die an der Schnittstelle von Technologie und menschlichen Werten entstehen. Eines der Ziele ist es, globale, interdisziplinäre Richtlinien für die ethische Entwicklung und Umsetzung von KI in der gesamten Gesellschaft zu erarbeiten.

[ieai.mcts.tum.de](http://ieai.mcts.tum.de)



FORSCHUNG UND INNOVATION IM DIENST DER GESELLSCHAFT

# Haben Computer ein Gewissen?

Wie wir Künstlicher  
Intelligenz moralisches  
Denken beibringen

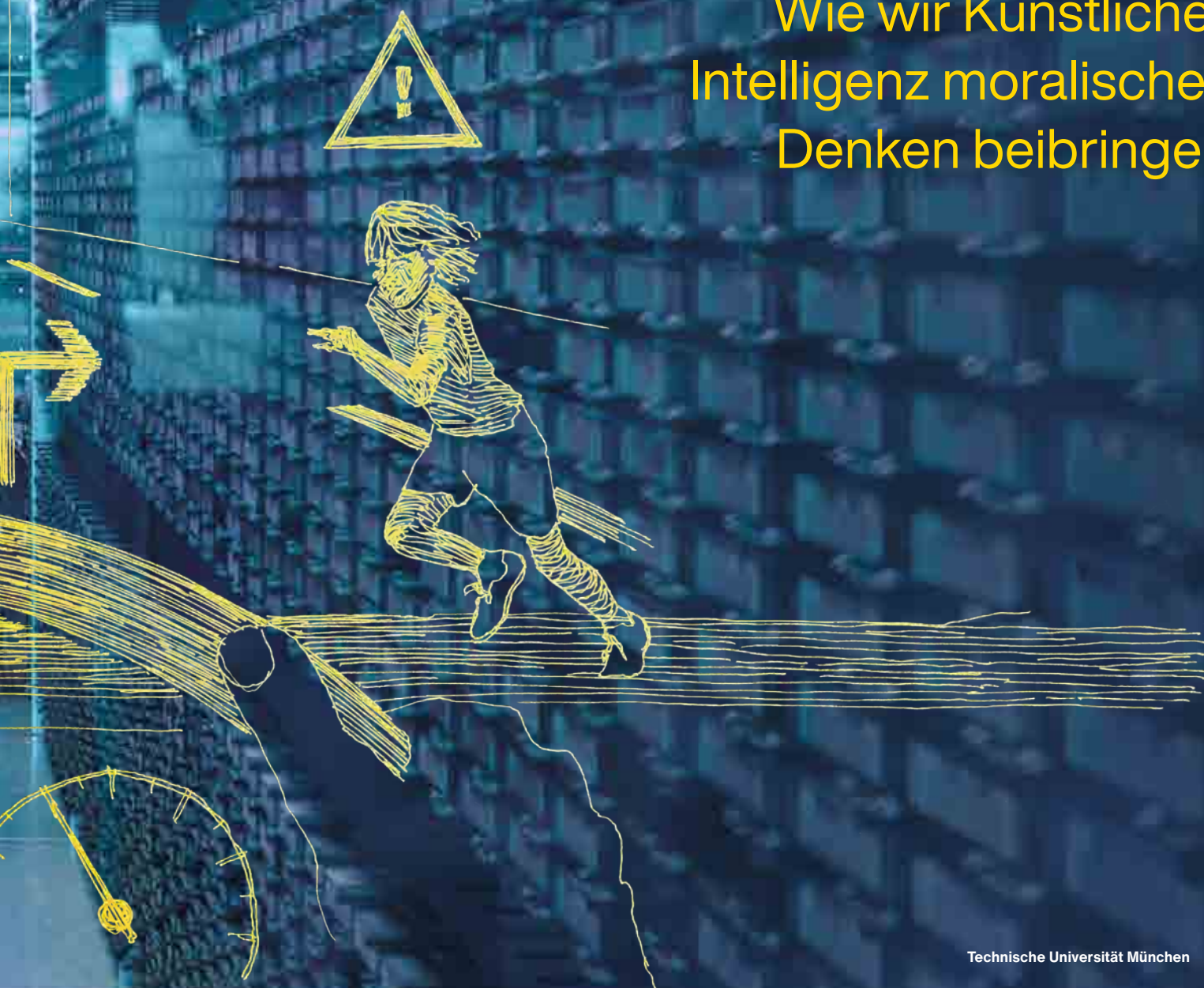


Bild rechts: Wie ethisch ist unser digitalisiertes Leben? Die Mitarbeitenden am IEAI wollen, dass die Algorithmen von morgen nicht nur schlauer sind als jetzt – sondern auch vernünftiger Entscheidungen treffen.

## »Früher ging es bei der Ethik um Grundsatzdiskussionen, heute geht es um das Detail.«

PROF. CHRISTOPH LÜTGE

**In unserem neu gegründeten Institute for Ethics in Artificial Intelligence (IEAI) wollen wir unser Leben digital vernünftiger und verantwortungsvoller machen.**

Künstlicher Intelligenz (KI) ethisches Denken beizubringen: Daran arbeiten etwa 40 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am 2019 gegründeten **→Institute for Ethics in Artificial Intelligence (IEAI)** der TUM. „Wir sitzen dafür nicht nur am Schreibtisch“, sagt Prof. Christoph Lütge, der das Institut leitet. Um die Ethik in die KI zu bringen, arbeiten die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Laboren, testen Fahrzeugsimulatoren und lesen sich in Quellcodes ein. Damit die Algorithmen von morgen nicht nur schlauer sind als jetzt – sondern auch vernünftiger Entscheidungen treffen.

Diese Aufgabe wird immer dringlicher – immerhin hält KI in jeden Winkel unseres Lebens Einzug. Noch vor einigen Jahren war das auch für Christoph Lütge eine recht abstrakte Vorstellung. 2010 übernahm er den Lehrstuhl für Wirtschafts-

ethik. Damals ging es um die übergeordnete Frage: Wie handeln wir als Unternehmen ethisch? Firmen und Institutionen verordneten sich dann auf seinen Rat ein Leitbild oder einen „Code of Ethics“. Ziel des neu gegründeten Instituts ist es nun, viel konkretere Antworten auf die aktuellen ethischen Fragen der Digitalisierung zu geben. „Vor einigen Jahren war es kaum denkbar, dass ich mein Informatikstudium mit meinem Philosophiestudium zusammenbringen kann“, weiß Christoph Lütge. Heute ist die Verbindung dagegen sehr direkt. So bieten die TUM und die Hochschule für Philosophie München ihren Studierenden die Möglichkeit, Technik und Philosophie zu verbinden.

### **Vorsorge gegen Fake News**

Wie lässt sich die Verbreitung von Falschnachrichten in sozialen Medien stoppen? Dafür arbeiten Christoph Lütge und seine Kolleginnen und Kollegen an einem vorsorglichen Ansatz. Das bedeutet: Algorithmen sollen kursierende Fake News schon frühzeitig erkennen, noch bevor sie sich massenhaft verbreiten und nicht mehr zu stoppen sind. Denkbar ist etwa das Einblenden von Warnhinweisen, auf denen steht: „Möchtest du diesen Beitrag wirklich teilen?“ Aber auch hinter einer vernünftig klingenden Lösung wie dieser steht meist schon eine neue ethische Herausforderung: Schränkt man mit solchen Hinweisen nicht auch das Recht auf Meinungsfreiheit ein? Dabei gibt es selten nur die eine Antwort auf ein Problem. Umso wichtiger ist eine Annäherung – in enger Zusammenarbeit mit den anderen Disziplinen, in diesem Fall mit der Informatik.

### **„Ethische“ Mobilität**

In einem ebenfalls wichtigen Forschungsfeld, dem autonomen Fahren, sind die Probleme noch konkreter – denn hier geht es im wörtlichen Sinn um Leben und Tod. Wohin soll ein autonom fahrendes Auto ausweichen, wenn es mit defekten Bremsen auf einen Baum zurast? Nach links, wo drei Kinder stehen? Oder nach rechts, wo zwei Rentner auf einer Bank sitzen? „Ich habe darauf keine generelle Antwort“, sagt Christoph Lütge. „Aber wir müssen uns darüber Gedanken machen, nach welchen Prinzipien wir Maschinen solche Situationen entscheiden lassen.“ Denn ethische Fragen berühren immer viele Bereiche des Lebens. Etwa die Frage danach, wer dafür haftet, wenn eine KI einen Fehler begeht. „Früher ging es bei der Ethik um Grundsatzdiskussionen, heute geht es um das Detail“, so Christoph Lütge.

### **Wer entscheidet: Mensch oder Maschine?**

Werden in Zukunft also die Algorithmen selbstständig darüber urteilen, was moralisch richtig und falsch ist? „Wohl kaum“, sagt Christoph Lütge. In der Medizin etwa werde es



## »Der Mensch trifft selten objektive Entscheidungen, eine Maschine kann das im Prinzip schon.«

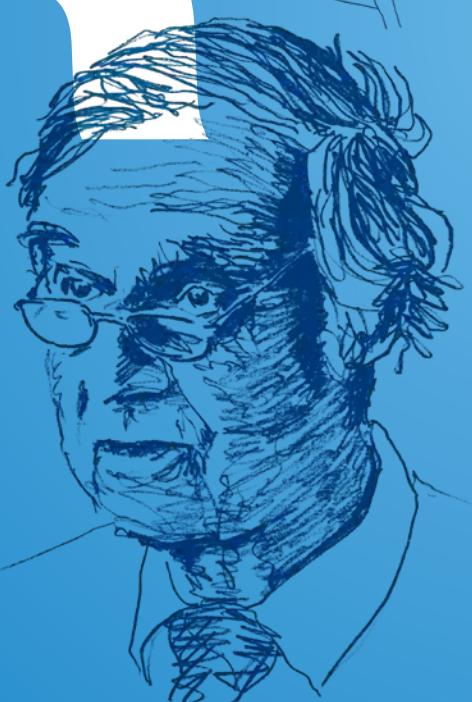
PROF. CHRISTOPH LÜTGE

in den allermeisten Bereichen auch in näherer Zukunft keine komplett automatisierten Entscheidungen geben. Maschinen und Big Data können zwar recht präzise Aufschluss darüber geben, wie hoch die Wahrscheinlichkeit zum Beispiel dafür ist, dass eine Patientin an Brustkrebs erkrankt. Die Diagnose überbringen aber weiterhin die Medizinerinnen und Mediziner. „Dafür braucht es auch in Zukunft den Menschen“, betont

Christoph Lütge. Andererseits: „Der Mensch trifft selten objektive Entscheidungen, eine Maschine kann das hingegen im Prinzip schon“, weiß Christoph Lütge. Die KI von morgen rettet nach seiner Vorstellung daher in der Medizin Leben, ermöglicht ein sichereres Autofahren und fällt überhaupt fairere Urteile (etwa über Bewerberinnen und Bewerber um eine Stelle oder um einen Kredit), als es ein Mensch jemals tun könnte.



WER



AUSM



UNNS

ACHT

# Die nächste Gene- ration



Wie Studierende  
der TUM  
ehrenamtlich  
die Gesellschaft  
unterstützen



**»Ich erwarte von Ihnen, dass Sie mit der hochqualitativen Bildung und den guten Möglichkeiten, die Sie hier bekommen, die Welt mit Leidenschaft und Mitgefühl in eine bessere Zukunft führen.«**

BAN KI-MOON

Ban Ki-moon mit Silja Wöhrle und Yannik Kaiser vom Team der TUM Speakers Series.





**Ob bei Wettbewerben, der Hochschulentwicklung, sozialen Projekten, Verhandlungen oder auf der Bühne: Bei ihrem ehrenamtlichen Engagement setzen sich unsere Studierenden für andere ein, suchen den Dialog und entwickeln Lösungen – und leisten damit Beeindruckendes für die Hochschulgemeinschaft und die Gesellschaft.**

Ban Ki-moon blickt in den voll besetzten Audimax der TUM. Am Ende seiner Rede angekommen, möchte er den Studierenden noch etwas Besonderes mit auf den Weg geben: „Ich erwarte von Ihnen, dass Sie mit der hochqualitativen Bildung und den guten Möglichkeiten, die Sie hier bekommen, die Welt mit Leidenschaft und Mitgefühl in eine bessere Zukunft führen. Ich habe sehr viel Hoffnung in Ihre Fähigkeit und Ihr Engagement, gemeinsam für diese bessere Welt zu arbeiten.“ Lauter Applaus bricht im Saal aus.

„Ich habe mich von Ban Ki-moons abschließenden Worten persönlich angesprochen gefühlt“, erinnert sich Silja Wöhrle an die Veranstaltung im Februar 2020. Silja Wöhrle ist Moderationsleiterin der **→TUM Speakers Series**, die Veranstaltungen wie diese organisiert. Co-Präsident Yannik Kaiser sagt: „Wir waren sehr angespannt, schließlich hatten wir uns wochenlang auf unseren hochkarätigen Gast vorbereitet.“ Das Ziel der TUM Speakers Series ist es, Studierenden exklusive Einblicke in die Arbeit von Führungspersönlichkeiten zu geben, in ihren Werdegang, ihre Ideen und Zukunftsvisionen. Die Interaktionen sollen Impulse geben, die sie in ihrer eigenen Entwicklung voranbringen.

Doch nicht nur für die Studierenden ist dieser Austausch wichtig. Auch die Rednerinnen und Redner genießen den Austausch mit der jungen Generation, weiß Benedikt Ströbl, der sich mit Yannik Kaiser die Präsidentschaft der TUM Speakers Series teilt. „Für sie ist es wichtig, zu erfahren, was die Studierenden bewegt, was sie denken, welche Prinzipien sie haben“, sagt Benedikt Ströbl.

### **Das Studieren an der TUM verbessern**

Mit Leidenschaft engagiert sich auch Philipp Koch ehrenamtlich für seine Universität. Ob im Hochschulrat, im Senat oder in der Studierendenvertretung: Bis zu 40 Stunden pro Woche arbeitet er für seine vielen Aufgaben an der TUM. „Klar hätte ich einfach strikt mein Studium

## **→ TUM Speakers Series**

Tony Blair, Bill Gates, Mary Lou Jepsen und Kofi Annan – sie alle hielten bereits Vorträge an der TUM. Den Studierenden der TUM Speakers Series, die mehrmals im Jahr renommierte Gäste einladen, sei es gedankt. Die TUM bietet dem Verein nicht nur finanzielle Unterstützung, sondern steht ihm auch beratend zur Seite und vermittelt Kontakte. Mittlerweile zählen unter anderem die Münchner Sicherheitskonferenz, die DLD Conference und die Deutsche Gesellschaft für Auswärtige Politik zu den Partnern.

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

## **→ Studentische Initiativen**

Unsere Studierenden engagieren sich in zahlreichen Projekten, Initiativen und Vereinen. Dabei wenden sie ihr Wissen aus dem Studium an und erproben oft unternehmerisches Denken und Handeln. Sie fördern den kulturellen Austausch am Campus, coachen Jugendliche und setzen sich für Menschenrechte ein. So entstehen Netzwerke und Freundschaften auf der ganzen Welt.

[www.tum.de/studium/campusleben/studentische-initiativen/](http://www.tum.de/studium/campusleben/studentische-initiativen/)

durchziehen können, um möglichst schnell fertig zu werden. Aber ich wollte so viel wie möglich aus meiner Zeit hier mitnehmen – und der TUM etwas zurückgeben“, sagt Philipp Koch. Gemeinsam mit seinem Kollegen Zaim Sari wirkte er als Mitglied im Hochschulsenat, wo die beiden Anpassungen und die Einrichtung von neuen Studiengängen mitgestalteten.

Durch seine ehrenamtliche Arbeit habe er viel gelernt, was ihn persönlich weitergebracht und auf das Berufsleben vorbereitet habe. „Ich übernehme Verantwortung und lerne Qualitäten, die eine Führungskraft braucht“, sagt Philipp Koch. Doch das Wichtigste sei für ihn, dass er dazu beitragen könne, das Leben und die Ausbildung an der TUM zu verbessern. Einer der jüngsten Erfolge sind die StudiTUM-Häuser. Hier stehen den Studierenden Einzel- und Gruppenarbeitsplätze und Lernräume rund um

## »Wir arbeiten heute für die Generation nach uns. Wir wollen, dass die TUM für die nächsten Studierenden noch besser wird.«

PHILIPP KOCH

die Uhr zur Verfügung. Nun steht schon das nächste Großprojekt an: Wohnheime auf dem neuen Campus in Garching – ein wichtiges Projekt, für ihn und die anderen Studierendenvertreter.

„Wir arbeiten heute für die Generation nach uns. Wir wollen, dass die TUM für die nächsten Studierenden noch besser wird“, erklärt Philipp Koch seine Motivation. Er selbst habe massiv von dem Engagement und dem Einsatz seiner Vorgängerinnen und Vorgänger profitiert. Als Beispiele nennt er das Semesterticket oder die Abschaffung der Studiengebühren, für die die →**Studentische Vertretung** der TUM auch mit bayerischen und Münchner Politikerinnen und Politikern erfolgreich verhandelte.

### Rasante Bewegung

Mit ganz anderen Fragen beschäftigen sich die Studierenden an der Fakultät für Luftfahrt, Raumfahrt und Geodäsie. Ist es möglich, mit einem Tempo von mehr als 1.000 Kilometern pro Stunde zu reisen, ohne dafür in ein Flugzeug steigen zu müssen? Ist der Mensch dafür geschaffen? Und welche Technologie hat dafür das notwendige Potenzial?

Warum sich die Studierenden diese Fragen stellen? Weil sie am →**Hyperloop** mitarbeiten, einer ganz neuen Fortbewegungstechnologie, zu deren Grundlagen an der TUM schon seit mehr als 20 Jahren geforscht wird. In einer Röhre aus Beton, die aussieht wie der Schacht einer U-Bahn, soll sich eine Transportkapsel so schnell fortbewegen, dass man vom Münchner Hauptbahnhof bis nach Venedig kaum länger als 15 Minuten bräuchte. Noch ist das eine Utopie. Aber an der Fakultät für Luftfahrt, Raumfahrt und Geodäsie soll aus dieser Utopie Realität werden.

### → Studentische Vertretung

Unsere Studentische Vertretung vertritt die Interessen aller Studierenden der TUM. Dabei reicht das Engagement von der Hochschulpolitik über diverse Veranstaltungen bis hin zu vielen verschiedenen Services für unsere Studierenden. Sie gestaltet das Unileben aktiv mit – sei es durch die Veränderung unserer Studienprogramme oder die Organisation großer Events und Festivals.

[www.sv.tum.de](http://www.sv.tum.de)



Elon Musk, Chef des E-Auto-Bauers Tesla und Gründer des Weltraumunternehmens SpaceX, lädt seit Jahren Studierende aus der ganzen Welt zur Hyperloop Pod Competition nach Los Angeles ein. Die jungen Forscherinnen und Forscher sollten für den Wettbewerb einen Prototyp für eine Hyperloop-Transportkapsel entwickeln. Bisher konnte das Team der TUM zum dritten Mal in Serie die Konkurrenz weit hinter sich lassen. Den aktuellen Geschwindigkeitsrekord halten die TUM-Studierenden mit beeindruckenden 482 Stundenkilometern. Und ihre Leidenschaft schaffte neues Momentum: ein eigenes Forschungsprogramm, gefördert aus Mitteln der Hightech-Agenda Bayern der Bayerischen Staatsregierung. Unter anderem werden die Studierenden in dem Projekt eine 24 Meter lange Teströhre und einen Prototyp der Transportkapsel in Originalmaßstab bauen.

**Ist es möglich, mit einem Tempo von mehr als 1.000 Kilometern pro Stunde zu reisen, ohne dafür in ein Flugzeug steigen zu müssen?**

Sie wollen das Fortbewegungsmittel der Zukunft – den Hyperloop – erschaffen: Studierende an der Fakultät für Luftfahrt, Raumfahrt und Geodäsie.



### **Forschungsprogramm Hyperloop**

Angeregt durch die Leidenschaft der studentischen Initiative rief damals die Fakultät für Luftfahrt, Raumfahrt und Geodäsie der TUM das Hyperloop-Forschungsprogramm ins Leben. „Alle drei Bereiche unserer Fakultät liefern einen maßgeblichen Beitrag für die Erforschung des Hyperloops“, sagt Michael Klimke, Geschäftsführer der Fakultät. Die Studierenden arbeiten nun gemeinsam mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus den unterschiedlichsten Bereichen der TUM daran, aus der Utopie Wirklichkeit werden zu lassen.

# Echte Pioniere

Jedes Jahr bringt die TUM 70 bis 80 technologiebasierte Start-ups an den Markt. Wie geht das?



## **Convaise**

Das Start-up zählte schon kurz nach seiner Gründung die Stadt München zu seinem Kundenkreis und bietet Praktikumsplätze für Studierende der TUM an.

[www.convaise.com](http://www.convaise.com)



## **EVUM Motors - aCar**

20 Promovierende und 100 Studierende arbeiteten am Prototyp des aCars. Bald wird das Projekt Realität: Die ersten Serienmodelle laufen vom Band.

[www.evum-motors.com](http://www.evum-motors.com)



## Hawa Dawa

Mit Künstlicher Intelligenz gegen Luftverschmutzung: Das Start-up Hawa Dawa ist auf die Messung und Analyse von Schadstoffen in der Luft spezialisiert.

[www.hawadawa.com](http://www.hawadawa.com)



Bei der Arbeit, um die Luft zu verbessern: Yvonne Rusche und Matt Fullerton vom Start-up Hawa Dawa. Im Hintergrund: Birgit Fullerton und Karim Tarraf.

## »Wir haben Anfang der 2000er-Jahre damit begonnen, gezielt Gründerinnen und Gründer zu fördern und zu unterstützen.«

DR. ALEXANDROS PAPADEROS

**Wir bringen jedes Jahr 70 bis 80 technologiebasierte Start-ups auf den Markt. Gründungstalente erzählen von ihren Erfahrungen.**

Schon als Schüler wusste Tushaar Bhatt, was er in Zukunft machen wollte: selbstständig und innovativ sein. Er kommt aus einer Unternehmerfamilie und wusste daher bereits früh, welche Herausforderungen und Risiken vor ihm liegen würden. Als er also nach seinem Abitur nach einer passenden Universität für sich suchte, machte er sich die Entscheidung nicht leicht. „Ob man mit seinem

Unternehmen erfolgreich sein wird, kann man nicht genau voraussagen. Es gibt so viele Unwägbarkeiten. Ich wollte deshalb alle Faktoren, die ich beeinflussen konnte, optimieren und mir das bestmögliche Umfeld für eine erfolgreiche Gründung schaffen“, sagt Tushaar Bhatt.

Die Entscheidung fiel für die TUM. „Das Gesamtpaket, das die TUM bietet, hat mich überzeugt: Forschung, Lehre, eine Fokussierung auf Gründungen und eine Vernetzung mit vielen Big Playern aus der Industrie, dazu ein Wirtschaftsstandort

# »Das Gesamtpaket der TUM ist in Deutschland einmalig: Forschung, Lehre, eine Fokussierung auf Gründungen und eine Vernetzung mit vielen Big Playern aus der Industrie, dazu ein Wirtschaftsstandort wie München.«

TUSHAAR BHATT

wie München. Diese Kombination ist in Deutschland einmalig.“

Die TUM hat lange dafür gearbeitet. „Wir haben Anfang der 2000er-Jahre damit begonnen, gezielt Gründerinnen und Gründer zu fördern und zu unterstützen“, sagt Dr. Alexandros Papaderos, Leiter Patente und Lizenzen von TUM ForTe – Office for Research and Innovation. „Entscheidende Meilensteine für den Erfolg der letzten 20 Jahre waren das von der TUM-Ehrensatorin Susanne Klatten geschaffene Gründungs- und Innovationszentrum →**UnternehmerTUM**, die Zukunftsvision TUM. The Entrepreneurial University sowie die TUM Entrepreneurship-Strategie. Damit wurde eine neue unternehmerische Geisteshaltung und ein innovationsförderndes Umfeld geschaffen, welches Studierende mit Gründungsinteresse an die TUM zieht und sie während des Studiums von der Idee über die Gründung bis hin zum Markteintritt aktiv unterstützt.“

## Software für bessere Kommunikation

Tushaar Bhatt merkte schnell, dass seine Entscheidung für die TUM richtig war. Im Bachelor-Studien-

gang Wirtschaftsinformatik lernte er zudem zwei Kommilitonen kennen, mit denen er ein Projekt startete: Gemeinsam entwickelten sie ein Programm, das die Kommunikation zwischen Geflüchteten und Behörden digitalisierte, automatisierte und damit vereinfachte. „Das System der deutschen Behörden und die Sprache sind für viele Geflüchtete ein Hindernis. Wir wollten die Kommunikation erleichtern und Prozesse beschleunigen“, sagt Tushaar Bhatt. Mit ihrem Projekt reisten die drei Studierenden in die USA, wo sie bei einem Innovationswettbewerb der Bill & Melinda Gates Foundation Nord- und Mitteleuropa vertreten durften.

Als das Team aus den USA zurück kam, war ihnen klar, dass sie gemeinsam ein Unternehmen gründen und ihre Software weiterentwickeln wollten. So entstand →**Convaise**. Das Start-up stellt Software für assistentengetriebene Gesprächsunterstützung her. Während der Covid-19-Krise zeigten sie dann, wie flexibel ihr Produkt ist. Es half dabei, zwischen den Gesundheitsbehörden der Stadt München und ihren Bürgerinnen und Bürgern einen schnellen, digitalen Kontakt herzustellen, Informationen zu verbreiten, Verdachtsfälle zu erkennen und

## ➔ TUM Entrepreneurship Center

Von der ersten Idee bis zur Wachstumsphase: Das TUM Entrepreneurship Center bietet technologieorientierten Unternehmensgründerinnen und -gründern umfangreiche Angebote. Dazu gehören unter anderem die Hightech-Werkstatt MakerSpace sowie Arbeitsinseln im TUM Inkubator.

## ➔ UnternehmerTUM

Ein Team aus 240 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern unterstützt junge Gründer. Es begleitet Start-ups von der ersten Idee bis zum Börsengang, hilft mit Fachwissen beim Aufbau ihres Unternehmens, beim Markteintritt und bei der Finanzierung.

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

Quarantäne-Maßnahmen zu erleichtern. „Gerade in Krisensituationen ist es wichtig, dass schnell und klar kommuniziert wird“, erklärt Tushaar Bhatt.

Das Convaive-Team hatte vor allen Dingen technische Erfahrung, doch um ein Unternehmen zu gründen, sind tiefe wirtschaftliche Erkenntnisse erforderlich. Tushaar Bhatt und seine Kollegen besuchten neben den in das Studium integrierten BWL-Seminaren und -Vorlesungen zusätzliche Kurse, die sie auf die Firmengründung vorbereiteten. „Doch das reicht oft nicht aus. Ab einem gewissen Zeitpunkt müssen weitere Fachleute hinzugezogen werden“, sagt Alexandros Papaderos und erklärt weiter: „Wir vernetzen Studierende aus verschiedensten Bereichen und stellen Teams zusammen, damit sie gegenseitig von ihrem Wissen profitieren. Außerdem öffnen wir die Tore zu unserem einzigartigen Netzwerk von Alumni, Wirtschaftsunternehmen und Investoren – alle unterstützen sie uns bei den Unternehmensgründungen.“

### Ein elektrischer Unimog

Wie Tushaar Bhatt fand Sascha Koberstaedt während seines Studiums nicht nur einen Kommilitonen, mit dem er ein Unternehmen gründen wollte, sondern auch die Idee, mit der er sich selbstständig machen und gleichzeitig die Gesellschaft voranbringen kann: ein nachhaltiges Nutzfahrzeug für Entwicklungs- und Schwellenländer. „Wir wollten ein robustes Fahrzeug entwickeln, ohne Schnickschnack und mit hoher Bodenfreiheit für schlechte Straßenbedingungen. Deswegen war uns elektrischer Antrieb wichtig, der für ein hohes

Momentum beim Anfahren sorgt. Zudem stößt er im Vergleich mit einem Verbrennungsmotor weniger Kohlenstoff aus, und auch die Betriebskosten sind geringer“, erklärt Sascha Koberstaedt.

An der TUM arbeiteten während des Projekts 20 Promovierende und 100 Studierende an dem, was schließlich das **→aCar** werden sollte, unter ihnen vier Studenten aus Ghana. „Deren Input war enorm wichtig, denn wir wollen kein Fahrzeug für Menschen in Afrika produzieren, sondern gemeinsam mit ihnen“, sagt Sascha Koberstaedt. „Es gibt nichts Nachhaltigeres, als vor Ort die Märkte aufzubauen. Wir wollen, dass die Fahrzeuge lokal produziert werden, mit allen Rechten und Pflichten.“

2017 wurde aus dem Projekt ein Unternehmen. Seither ist viel passiert. Das Start-up wächst stetig und beschäftigt mittlerweile über 50 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Investoren und Unternehmen wurden auf das aCar aufmerksam. Auch in Deutschland ist die Nachfrage groß. Landwirte, Förster und Gärtner haben die Vorteile des Autos für sich entdeckt, weshalb es zunächst in Deutschland auf den Markt kommt.

### Daten für smarte grüne Städte

Auch das Start-up **→Hawa Dawa** hat seinen Ursprung an der TUM und das Ziel, etwas Gutes zu tun. Der Name ist Programm: Hawa Dawa bedeutet in sieben Sprachen sinngemäß Luftreinheit. Das Thema hat Unternehmensgründer Karim Tarraf schon früh beschäftigt. Er ist in Kairo aufgewachsen – eine Stadt, in der die Luftverschmutzung bedenklich hoch ist. Seine Eltern



## ➔ Munich Urban Colab

Im Münchner Stadtteil Schwabing entsteht das neue Kreativquartier der UnternehmerTUM. Fünf Stockwerke und 11.000 Quadratmeter Fläche bieten Platz für Werkstätten, Fitnessräume, Wintergärten und vor allem mehr als 250 Start-ups.

[www.unternehmertum.de/ueber/munich-urban-colab](http://www.unternehmertum.de/ueber/munich-urban-colab)

## ➔ TUM Venture Labs

Unternehmerischen Spirit und ganze Familien an Start-ups in Schlüsseltechnologiefeldern zu fördern und damit die Metropolregion München zum Europameister für Gründungen zu machen: Das sind die Ziele der neuen TUM Venture Labs.

# »Ohne die TUM würde es uns nicht geben, sie ist der perfekte Nährboden für eine Gründung.«

YVONNE RUSCHE

arbeiten als Lungenärztin und Lungenarzt, sein Bruder leidet an Asthma.

Während seines BWL-Masterstudiums an der TUM nahm Karim Tarraf am interdisziplinären Praxis-kurs „THINK.MAKE.START.“ teil. Innerhalb von zwei Wochen entwickelte er mit weiteren Teilnehmerinnen und Teilnehmern ein tragbares Messgerät für Asthmatiker, das die Belastung der Luft anzeigt.

Eine erste Idee war geboren. Nach dem Kurs fand Karim Tarraf das Team, mit dem er gründen wollte. Dazu gehört seine Ehefrau Yvonne Rusche ebenso wie ein weiteres verheiratetes Paar, das vor allem die Technikkompetenz in das Start-up einbringt. Birgit Fullerton ist Data Scientist, Matt Fullerton ist System Architect. Gemeinsam arbeiteten sie in der Hightech-Werkstatt **MakerSpace** an einem neuen Lösung, die flächendeckend die Luftqualität in Echtzeit darstellen sollte.

Wie das funktioniert? Hawa Dawa nutzt dazu Daten aus bereits existierenden Quellen wie Satelliten oder öffentliche Messstationen und integriert

diese in eine Onlineplattform. Eigene Messstationen ergänzen das Messnetzwerk. All diese Daten kann das Messgerät von Hawa Dawa auswerten, das im Vergleich mit öffentlichen Messstationen klein und preisgünstig ist. „Wir nutzen Kalibrierungsalgorithmen, die Wechselwirkungen der Schadstoffe sowie die Einflüsse von Temperatur, Luftfeuchte und Luftdruck berücksichtigen, um die Daten ohne Störfaktoren zu ermitteln“, erklärt Yvonne Rusche.

Besonders Städte sind an den Luftdaten interessiert, um neue Konzepte zu entwickeln, etwa für den Verkehr. Das Unternehmen, in dem mittlerweile rund 20 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen beschäftigt sind, weitet seinen Kundenkreis beständig aus.

### Perfekter Nährboden für Gründungen

Die Jungunternehmerinnen und -unternehmer sind froh, an der TUM studiert und gegründet zu haben. „Ohne die TUM würde es uns nicht geben, sie ist der perfekte Nährboden für eine Gründung“, sagt Yvonne Rusche.

**»Dank der UnternehmerTUM konnten wir Fachwissen für die Produktentwicklung und unternehmerisches Wissen aufbauen.«**

TUSHAAR BHATT

Auch Sascha Koberstaedt betont, wie wichtig es war, dass das aCar als Projekt an der TUM gestartet ist. „Als einzelne Person kann man kein Auto entwickeln. Ohne die Forschungsarbeit und das Wissen der TUM hätten wir das sicherlich nicht auf die Beine stellen können.“

Das sieht auch Tushaar Bhatt so. „Damit Converse Realität werden konnte, haben besonders die Programme des Gründungs- und Innovationszentrums UnternehmerTUM geholfen. Dadurch konnten wir Fachwissen für die Produktentwicklung und unternehmerisches Wissen aufbauen.“ Der intensive Austausch mit der TUM bleibt bestehen. Derzeit arbeiten sechs Studierende der TUM bei Converse und lernen nun hier, wie aus einer Idee ein Unternehmen wird.

#### Daten und Fakten UnternehmerTUM

**5.000+** **Teilnehmende pro Jahr**

**50+** **skalierbare Start-ups pro Jahr**

**100+** **Innovationspartnerschaften pro Jahr**

© Quelle: [www.unternehmertum.de/ueber/daten-fakten](http://www.unternehmertum.de/ueber/daten-fakten)

# Das nächste große Ding

Social,  
economic &  
technological  
**Mega Trends**

Significant  
Market  
Opportunities

## Die TUM Venture Lab Initiative verankert Hightech-Inkubatoren an interdisziplinären Schnittstellen

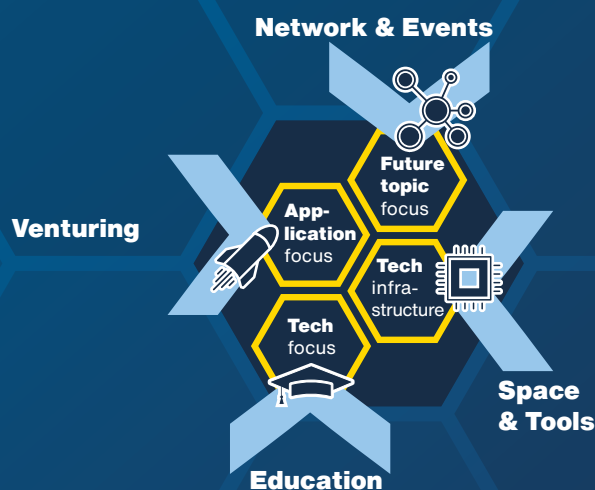
**»In den letzten Jahren hatten wir jährlich im Schnitt 70 bis 80 Ausgründungen. Damit sind wir auf dem Weg zum europäischen Spitzenreiter.«**

**DR. ALEXANDROS PAPADEROS**

Unique strengths of  
**TUM/UTUM**  
Ecosystem

Erfindungen sind Nachkommen der Forschung. Sie dienen im besten Fall auch der Wirtschaft und der Industrie. Alexandros Papaderos, der die Venture Labs an der TUM mitkonzipiert und aufgebaut hat, sorgt mit seinem Team bei TUM ForTe dafür, dass all die Erfindungen und die Geschäftsideen aus der Forschung auch gefunden werden von den Unternehmen, die sie einsetzen und weiterentwickeln können. Früher sei es für viele Wissenschaftler noch ungewohnt gewesen, an die wirtschaftliche Verwertung ihrer Forschungsergebnisse zu denken, vor allem an die Gründung eines daraus entstehenden Unternehmens. „Heute ist es für viele der Studierenden, sowie der Forscherinnen und Forscher selbstverständlich“, sagt Papaderos. „In den letzten Jahren hatten wir jährlich im Schnitt 70 bis 80 Ausgründungen.“

Um sowohl die Zahl als auch die Qualität der Ausgründungen aus der TUM noch weiter zu erhöhen, gibt es die TUM Venture Labs – eine Initiative der TUM und der UnternehmerTUM mit Unterstützung von Partnern aus anderen Institutionen und



Unternehmen. In den TUM Venture Labs stehen den interessierten Gründungswilligen unterschiedliche Angebote zur Verfügung. Auch um mit diesen Gründungen die TUM und die Region München als Technologie-Hub in Europa zu etablieren. „Wir haben mit den TUM Venture Labs in den Schools fachspezifische, crossfunktionale und interdisziplinäre Inkubatoren eingerichtet“, sagt Papaderos.

Ein Beispiel: Ein Start-up-Team mit dem Schwerpunkt Agro/Food kann etwa am TUM Venture Lab an der TUM School of Life Sciences in Weihenstephan sitzen, sich aber bei Bedarf mit dem TUM Venture Lab AI/Software über Themen aus dem Bereich Big Data austauschen. „Wir schaffen damit eine neue und effizientere Vernetzung“, sagt Papaderos. „Es ist gleichzeitig eine Erweiterung unserer Aufgaben und unseres Wissens.“ Und das führt im Idealfall wiederum dazu, dass sich in Zukunft noch mehr Wissenschaftlerinnen, Wissenschaftler und Studierende dazu ermutigt fühlen zu gründen.

**Hightech  
Agenda**  
Bayern

Den Pulsschlag der TUM definieren die Menschen, die durch ihren Pioniergeist, ihre Begabungen und ihre Kreativität die Universität mit Leben füllen, sowie die zahlreichen verantwortungsvollen Persönlichkeiten, die sie in ihren Ambitionen in Forschung, Lehre und Innovation unterstützen.

Generationen von Studierenden und Wissenschaftstalenten wurden weltweit zu Botschaftern unserer Universität und haben uns zu einer der besten technischen Universitäten Europas gemacht. Viele sind über unser Alumni-Netzwerk aktiv mit ihrer Alma Mater verbunden geblieben, unterstützen tatkräftig unsere Zukunftsfähigkeit und erweitern Handlungsräume, die wir allein mit staatlichen Mitteln nicht ausfüllen könnten. Gemeinsam mit verantwortungsbewussten Unternehmen und Stiftenden unterstützen sie die TUM in ihren strategischen Anstrengungen und in ihrer gesellschaftlichen Gestaltungskraft.

Die Möglichkeiten, sich zu engagieren, sind so vielfältig wie unsere Universität selbst. Förderinnen und Förderer können sich über der TUM Universitätsstiftung einbringen oder durch das Anstoßen innovativer Projekte selbst zur treibenden Kraft der Modernisierung werden. Durch den offenen Austausch von Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft zu unseren visionären Programmen können Förderinnen und Förderer zugleich an der Kompetenz unserer Universität teilhaben und die Wirksamkeit ihres Engagements an der TUM selbst erleben.

# Die Förderer

Wie sich Stiftungen, Unternehmen und Privatpersonen an der TUM engagieren

Es gibt vielfältige Gründe, sich zu engagieren:

### Die Jüngsten für Natur und Technik begeistern

durch das Schülerforschungszentrum Berchtesgadener Land oder die Lehr- und Forschungsstation Friedrich N. Schwarz mitten im Nationalpark Berchtesgaden.

### Die besten Talente gewinnen

durch Stipendienprogramme für Nachwuchsforscherinnen und -forscher und renommierte Wissenschaftstalente.

### Die Zukunft unseres Wirtschaftsstandorts sichern

durch die Unterstützung von Entrepreneurinnen und Entrepreneurern der TUM und die Schaffung einer europaweit einmaligen Förder- und Infrastruktur für Start-ups.

### Unsere Eltern und Campus-Kinder unterstützen

durch die Schaffung von Kitas und Betreuungsmöglichkeiten für die Kinder unserer Studierenden und Mitarbeitenden.

### Die Grenzen der eigenen Gedanken überwinden,

durch Begegnungen im Akademiezentrum Raitenhaslach, wo sich in dem ehemaligen Zisterzienserkloster Studierende und Forschende austauschen und den Dialog mit Politik, Wirtschaft und Gesellschaft suchen.

### Lösungen für Zukunftsprobleme finden

durch innovative Forschungsansätze zur Digitalisierung oder in der Medizin, beispielsweise bei der Eindämmung der Corona-Pandemie, der Behandlung von Krebs oder neurologischen Erkrankungen wie Multiple Sklerose.

### Talentierte Studierende fördern

durch das Deutschlandstipendium, bei dem jede Spende vom Bund verdoppelt wird. Auf diese Weise können wir heute über 700 unserer 43.000 Studierenden dabei unterstützen, ihr Studium zielgerichteter durchzuführen, ihr Potenzial voll auszuschöpfen und von den Erfahrungen der Förderinnen und Förderer als Mentoren zu profitieren.

### ➔ Weitere Informationen

[www.fundraising.tum.de](http://www.fundraising.tum.de)

[www.tum-universitaetsstiftung.de](http://www.tum-universitaetsstiftung.de)

# Danke!

An alle Studierenden, Professorinnen und Professoren, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Alumni, Partner aus der Wirtschaft, Förderinnen und Förderer. Gemeinsam machen wir die Welt zu einem besseren Ort.





# Impressum

## Herausgeber

Prof. Dr. Thomas F. Hofmann  
Präsident der Technischen Universität München  
Arcisstraße 21  
80333 München

## Verantwortlich

Dr. phil. Clarissa Ruge  
Creative Director Image  
Arcisstraße 21  
80333 München  
+49 89 289 25769  
ruge@zv.tum.de

## Konzeption und Redaktion

Dr. phil. Clarissa Ruge  
Dr. Ulrich Marsch

## Text

Gitta Rohling M. Sc., M. A.  
+49 160 94959549  
rohling@tech-talks.de

## Beratung und Lektorat

LOOPING GROUP  
Prannerstraße 11  
80333 München

## Gestaltung

ediundsepp Gestaltungsgesellschaft mbH  
Domagkstraße 1  
80807 München

## Druck

Kriechbaumer Druck GmbH & Co. KG  
Ehrenbreitsteiner Straße 28  
80993 München

## Papier

Gedruckt auf Premium-Recyclingpapier aus  
100 % FSC-zertifizierten Recyclingfasern.

## Auflage

3.500 Stück deutsch  
3.000 Stück englisch

## Erscheinungsjahr

2020

## Bilder

Innentitel: Astrid Eckert/TUM, Andreas Heddergott/TUM, Magdalena Jooss, Fabian Vogl/TUM, S. 3: Thomas Dashuber Fotografie, S. 4: Astrid Eckert/TUM, S. 4: Andreas Heddergott/TUM, S. 5: Andreas Heddergott/TUM, S. 5: Astrid Eckert/TUM, S. 5: Magdalena Jooss, S. 11–18: Thomas Dashuber Fotografie, S. 23: Astrid Eckert/TUM, S. 26–31: Andreas Heddergott/TUM, S. 36: Wenzel Weber/TUM ProLehre, S. 37: Peter Radl/SSF Ingenieure AG, S. 37: Drees & Sommer, S. 38: Andreas Heddergott/TUM, S. 38: Uli Benz/TUM, S. 39: Andreas Heddergott/TUM, S. 43: Yuichiro Chino/Getty Images, S. 43: Salah Mrazag/EyeEm/Getty Images, S. 47: Juli Eberle, S. 49: Magdalena Jooss, S. 50: Andreas Heddergott/TUM, S. 53: Astrid Eckert/TUM, S. 54: Andreas Heddergott/TUM, S. 55: Astrid Eckert/TUM, S. 55: Astrid Eckert/TUM, S. 56: Andreas Heddergott/TUM, S. 57: ediundsepp, S. 58: Mario Gjashta/EyeEm/Getty Images, S. 61: Marek Kijevský/EyeEm/Getty Images, S. 62: Uli Benz/TUM, S. 66: Astrid Eckert/TUM, S. 69: Astrid Eckert/TUM, S. 70: Joseph Hofmann/TUM, S. 72: Astrid Eckert/TUM, S. 74: Astrid Eckert/TUM, S. 79: Andreas Heddergott/TUM, S. 81: Daniel Delang/TUM, S. 85: Andreas Heddergott/TUM, S. 86: Andreas Heddergott/TUM, S. 89: Fabian Vogl/TUM, S. 92: Andreas Heddergott/TUM, S. 100: Andreas Heddergott/TUM

S. 65: Landeshauptstadt München (Hrsg.) (2017a): *Demografiebericht München – Teil 1. Analyse und Bevölkerungsprognose 2015 bis 2035*. <https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referatfuer-Stadtplanung-und-Bauordnung/Stadtentwicklung/Grundlagen/Bevoelkerungsprognose.html>, Zugriff am 02.10.2017, S. 64, Thierstein, A.; Wulfhorst, G.; Bentlage, M.; Klug, S.; Gilliard, L.; Ji, C.; Kinigadner, J.; Steiner, H.; Sterzer, L., Wenner, F., Zhao, J. (2016): *WAM Wohnen Arbeiten Mobilität. Veränderungsdynamik und Entwicklungsoptionen für die Metropolregion München*. München: Lehrstuhl für Raumentwicklung und Fachgebiet für Siedlungsstruktur und Verkehrsplanung der Technischen Universität München. <https://mediatum.ub.tum.de/1292926>, Zugriff am 02.10.2017, S. 29

Alle nicht aufgeführten Grafiken und Zeichnungen: ediundsepp





