

Forschungsorganisation an der TUHH

Forschung in Instituten → Forschungsschwerpunkte → Forschungsfelder

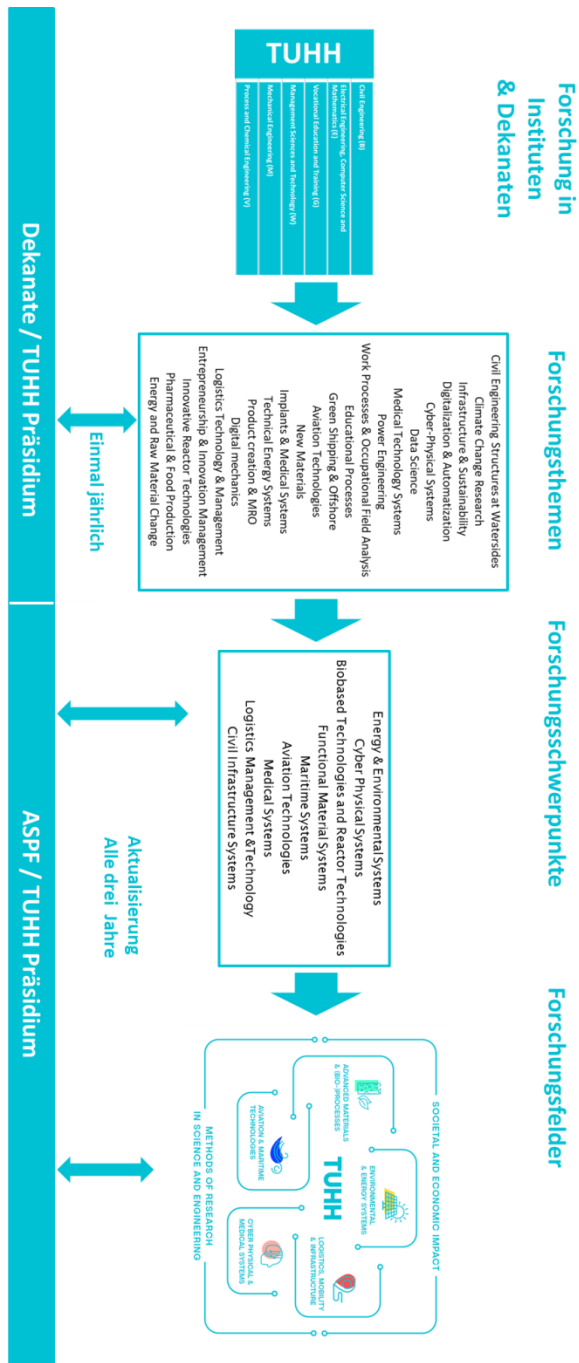


Abbildung 1 Entstehung der Forschungsstruktur @ TUHH

Forschung in den Studiendekanaten:

Forschungsthemen

In den Studiendekanaten der TUHH findet die Forschung (und Lehre) in einzelnen Disziplinen statt. Die Gliederung der TU Hamburg in Studiendekanate ergibt eine direkte und eindeutige Zuordnung einzelner Professorinnen und Professoren bzw. der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zum jeweiligen Studiendekanat und damit eine klare organisatorische Unterteilung in einzelne Bereiche. Die Mitglieder der Dekanate verfolgen die aktuellen Themen der Forschung in ihren jeweiligen Fachdisziplinen. Ein Überblick über die wichtigsten Forschungsthemen eines Studiendekanats wird im jährlichen Turnus mit dem Präsidium der TU Hamburg im Rahmen der Dekanatsgespräche seitens Studiendekan/Studiendekanin vorgestellt. Einzelne Forschungsergebnisse werden in der Regel auf den Webseiten der einzelnen Institute oder Dekanate vorgestellt. Sie können zusätzlich / alternativ durch kurze Beiträge der Doktorandinnen und Doktoranden direkt im Bereich „Neues aus der Forschung“ der TUHH-Webseite den Angehörigen der TUHH sowie der Gesellschaft zugänglich gemacht werden.

Forschungsschwerpunkte: Bündelung der Forschungsthemen zwischen den Studiendekanaten

Viele Forschungsthemen der Dekanate bzw. der einzelnen Institute sind interdisziplinär ausgerichtet, so dass eine Zusammenarbeit über die Dekanatsgrenzen hinaus sinnvoll ist. Für solche interdisziplinären Arbeiten bieten die Forschungsschwerpunkte eine geeignete Austauschplattform. Forschungsschwerpunkte werden von Forscherinnen und Forschern selbst unter Berücksichtigung der aktuellen Forschungsthemen der Studiendekanate (siehe oben) gebildet und regelmäßig aktualisiert. Professorinnen und Professoren sowie weitere wissenschaftlich aktive Mitglieder der TUHH können in einem oder mehreren Forschungsschwerpunkten Mitglied sein. Die Mitglieder eines Forschungsschwerpunktes wählen eine Sprecherin oder einen Sprecher sowie einen Stellvertreter oder eine Stellvertreterin. Es wird erwartet, dass sich die FSP-Mitglieder aktiv an der Ausarbeitung größerer interdisziplinärer

Forschungsprojekte beteiligen. Die FSP berichten jährlich über ihre Arbeit im ASPF. Im dreijährigen Turnus entscheidet der Akademische Senat über die Weiterführung des jeweiligen FSP. Die Grundlage dafür ist die Empfehlung des ASPFs.

In 2021 wurden im Rahmen einer Aktualisierung der Forschungsstruktur folgende FSPs vorgeschlagen (Stand 13.03.2022):

1. Environmental & Energy Systems
2. Cyber-Physical Systems
3. Biobased Technologies and Reactor Technologies
4. Advanced Materials
5. Maritime Systems
6. Aviation Technologies
7. Medical Technology and Biomechanics
8. Logistics, Management & Technology
9. Civil Infrastructure Systems

Vorschlag des ASPFs: Die bisher bestehenden FSPs werden aufgelöst und durch die oben aufgeführten neuen Themen ersetzt.

Forschungsfelder: Fachübergreifende Bündelung der Themen aus den Forschungsschwerpunkten

Forschungsfelder der TUHH, die in gebündelter Form die maßgeblichen Trends der Forschung an der TUHH nach Innen und Außen darstellen. Professorinnen und Professoren können in einem oder mehreren Forschungsfeldern Mitglied sein. Die Forschungsfelder werden alle drei Jahre durch den ASPF analysiert und ggf. angepasst.

Die Forschungsfelder haben jeweils einen Koordinator oder eine Koordinatorin und eine Stellvertreterin oder einen Stellvertreter aus den Reihen der Professorinnen und Professoren. Die Koordinatorinnen und Koordinatoren werden vom ASPF gewählt. Die Koordinatorinnen und Koordinatoren sind die ersten Ansprechpersonen für einschlägige Anfragen aus Wirtschaft und Gesellschaft und tragen aktiv zur Sichtbarkeit der Forschung der TUHH bei. Eine Gelegenheit einem Forschungsfeld

beizutreten ergibt sich z.B. im Rahmen einer regelmäßigen Umfrage des Präsidiums zur Forschungsorganisation, die ab 2021 im jährlichen Turnus durchgeführt wird, oder durch einen direkten Kontakt mit den FSPs und Koordinatoren/Koordinatorinnen des Forschungsfeldes.

Jedes Forschungsfeld veranstaltet regelmäßig einen Nachwuchs-Workshop, um den Austausch zwischen den Doktorandinnen und Doktoranden zu fördern, und organisiert eine „Future Lecture“ mit dem Ziel, eine Vision der künftigen Forschung in diesem Feld zu entwickeln. Dafür können externe Vortragende eingeladen werden. Hieraus resultiert ein Prozess der ständigen Aktualisierung und gemeinsamer Reflektion der Forschungsrichtungen der TUHH durch die Mitglieder der Forschungsfelder. „Future Lectures“ sind universitätsöffentlich und werden rechtzeitig über die Homepage bzw. über den allgemeinen TUHH-Verteiler von den Koordinatorinnen und Koordinatoren des Forschungsfeldes angekündigt. Die Kosten der „Future Lectures“ werden zentral aus dem Forschungsfond des Präsidiums übernommen. Auf Antrag der Koordinatoren können weitere Maßnahmen aus den Forschungsfeldern unterstützt werden. Die Entscheidung über die Förderung wird durch das Präsidium unter Berücksichtigung des Votums des ASPFs getroffen. Diese Finanzierung wird insbesondere für die zweite Wachstumsphase vorgesehen.

Folgende Forschungsfelder wurden in 2021 vorgeschlagen:

1. Advanced Materials & (Bio-)Processes
2. Aviation & Maritime Technologies
3. Cyber Physical & Medical Systems
4. Environmental & Energy Systems
5. Logistics, Mobility & Infrastructure

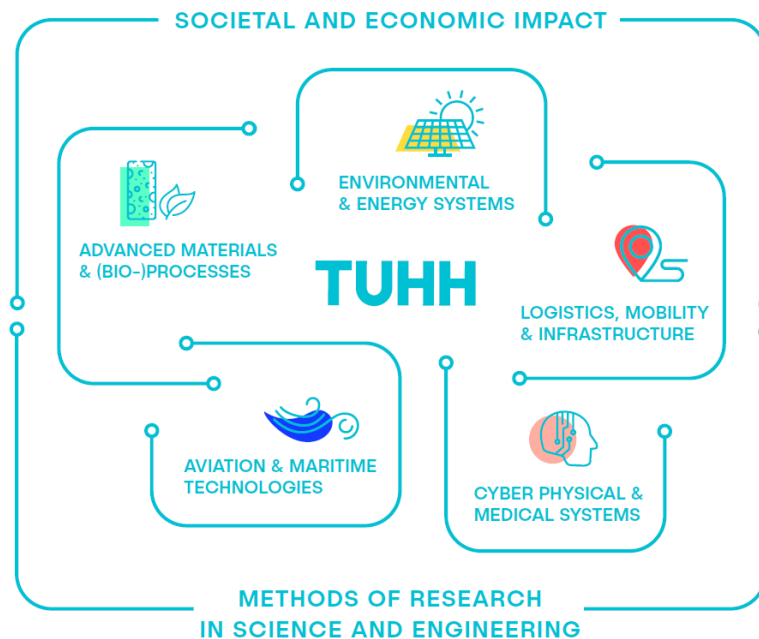


Abbildung 2 Forschungsfelder der TU Hamburg

Eine gegenseitige Zuordnung von Forschungsfeldern und Studiengängen an der TU Hamburg wird angestrebt.

Methods of Research in Science and Engineering @ TUHH

Neben den anwendungsbezogenen Forschungsfeldern, steht die Entwicklung der wissenschaftlichen Methoden in vielen Bereichen der TUHH im Vordergrund. Die Methoden werden allgemein in drei Bereiche aufgeteilt: experimentelle Methoden, Modellierung und Simulation sowie Data Science. Insbesondere in der Mathematik stellt die Methodenentwicklung den Kern der Forschung und wird in vielen Forschungsfeldern verwendet. Die Professoren und Professorinnen, die den Kern ihrer Forschung in der Methodenentwicklung sehen, können sich anstatt den Forschungsfeldern dem Bereich „Methods of Research in Science and Engineering @ TUHH“ zuordnen. Eine zusätzliche Zuordnung neben den Forschungsfeldern ist ebenfalls möglich. Die Zuordnung der Professorinnen und Professoren zu diesem Bereich findet im Rahmen der jährlichen Präsidiumsumfrage statt.

Societal and Economic Impact

Die Ergebnisse und Prozesse der universitären Forschung werden auch an ihrem Einfluss auf die Wirtschaft und die Gesellschaft gemessen. In dem Bereich „Societal and Economic Impact“ werden besonders gesellschaftsrelevante Forschungsthemen, Betätigungsfelder, Veranstaltungen sowie Projekte der TUHH dargestellt. Ferner dient der Bereich einer allgemeinen Darstellung der Kooperationen mit den Industriepartnern, inklusive relevanter Kennzahlen. Die Zuordnung der Professorinnen und Professoren zu diesem Bereich findet im Rahmen der jährlichen Präsidiumsumfrage statt.

Forschungsinitiative: Zusätzliches Instrument zur Etablierung neuer Themen, insb. in Kooperation mit externen Forschungseinrichtungen bzw. Unternehmen

Das Instrument „Forschungsinitiative“ (FI) wird eingeführt, um neue Forschungsthemen an der TUHH insbesondere unter Beteiligung externer Partner aus der Wissenschaft oder Wirtschaft in kurzer Zeit zu ermöglichen und sichtbar zu machen. Dabei sollen für eine Dauer von bis zu drei Jahren thematisch aktuelle Forschungsverbünde an der TUHH bzw. unter der Federführung der TUHH entstehen. Eine Forschungsinitiative entsteht bottom-up aus dem Kreis der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der TUHH mit einem innovativen (interdisziplinären) Konzept. Dabei sind externe Partner aus der Metropolregion Hamburg und darüber hinaus explizit erwünscht (aber nicht notwendig). Vorgesehen sind mind. 4 Mitglieder der TUHH zuzüglich externer Teilnehmer.

Die Forschungsinitiative (FI) wird im ASPF vorgestellt. Der ASPF entscheidet über das Einsetzen der FI, der oder die Vorsitzende des ASPF informiert den Akad. Senat über die Entscheidung. Die FI wird auf den Forschungsseiten der TUHH gelistet (inhaltliche Beschreibung, Partner). Der Sprecher oder die Sprecherin der FI legt eine separate Homepage innerhalb der Domain der TUHH an. Beteiligte Dekanate wird empfohlen, die Forschungsinitiative auf deren Homepages zu erwähnen. Der Sprecher oder die Sprecherin der FI berichtet jährlich dem ASPF über Fortschritt und Ergebnisse. Es wird erwartet, dass sich die FI spätestens nach zwei bis drei Jahren für eine

(externe) Finanzierung bewirbt (I³-Programm, Landesexzellenzinitiative o.ä., DFG-Forschungsgruppe, Graduiertenkollegs, SFB, BMWI Cluster, Industrie...) und dann in anderer Form und ggf. mit anderem Namen weitergeführt wird. Bei besonderem Erfolg (z.B. kontinuierlicher Drittmittelleinnahme, Einbeziehung anderer Einrichtungen) entsteht aus der FI eine langfristige Einrichtung (an der TUHH oder übergreifend) wie z.B. „Zentrum für XXX“ oder ein „Konsortium“ (hier ist die Beteiligung anderer Hochschulen/Einrichtungen außerhalb TUHH erwünscht). Gibt es nach ca. 3 Jahren keine Fortführung durch Drittmittelfinanzierung oder in einer anderen Form, legt die FI dem ASPF einen Abschlussbericht vor und wird in der Regel aufgelöst.

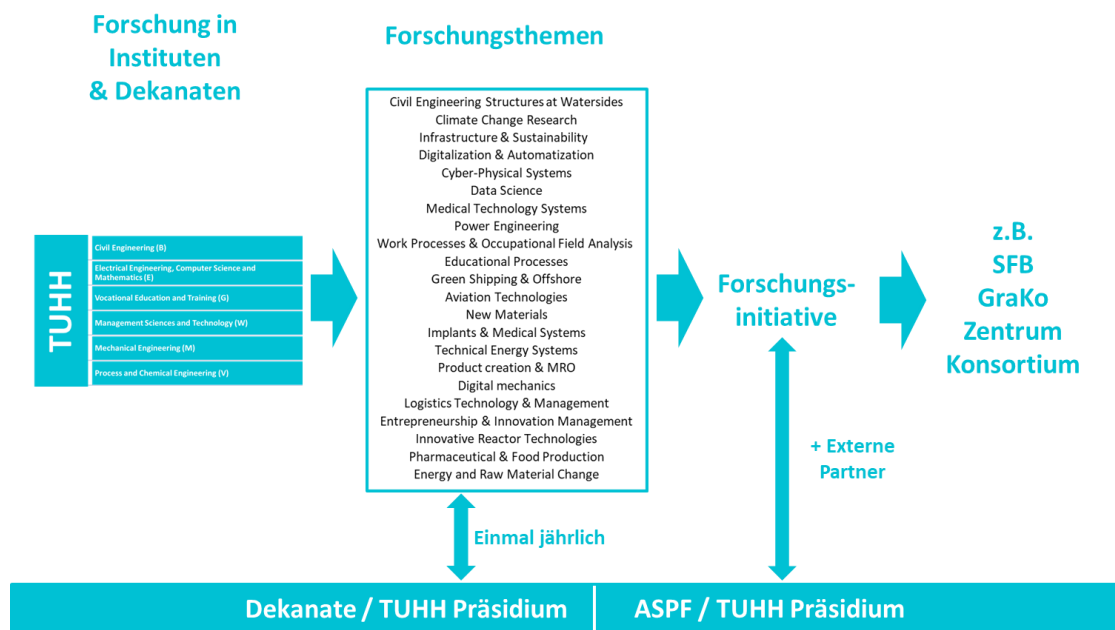


Abbildung 3 Instrument – Forschungsinitiative: Möglichkeit der Kooperation mit externen Partnern

Beschreibung der Forschungsfelder (Research Field)

Advanced Materials & (Bio-)Processes

Die Welt steht vor signifikanten Herausforderungen wie dem Klimawandel, der Erschöpfung fossiler Rohstoffe, schwindende Biodiversität oder auch aktuell Pandemien. Zur Bewältigung dieser Herausforderungen bedarf es neuer Technologien, um unsere im Alltag genutzte Energie und Materialien, von Nahrung und Pharmazeutika über Kleidung und digitale Endgeräte bis hin zu Baumaterialien, zu produzieren. Hierbei müssen neue Zukunftstechnologien entwickelt werden, die CO₂-neutral oder sogar CO₂-senkend auf nachwachsenden Rohstoffen und erneuerbaren Energien basieren. Eine besondere Herausforderung dabei stellt die geoglobale und jahreszeitabhängige Variation der biologischen Rohstoffe dar. Es bedarf hierfür neuer, smarterer chemischer und biotechnologischer Prozesstechnologien, die sich autonom an eine fluktuierende Rohstoffqualität anpassen. Viele dieser hierfür benötigten innovativen Technologien bzw. Reaktorkonzepte (wie z. B. selbstheilende oder autonome Reaktoren) werden erst durch den Einsatz neuartiger Materialien ermöglicht. Dafür sind neue Materialkonzepte notwendig, die insbesondere eine nachhaltige, rohstoffsparende Materialwirtschaft, Energieumwandlung und -speicherung und damit auch Mobilität ermöglichen. Im Forschungsfeld Advanced Materials and (Bio) Processes liegt der Fokus ausgewogen zwischen der Grundlagenforschung und der Anwendung. Um die zuvor genannten globalen Herausforderungen zu adressieren, wird an den Schnittstellen zwischen den klassischen Disziplinen Verfahrenstechnik, Maschinenbau, Elektrotechnik und Biotechnologie interdisziplinäre Forschung und Entwicklung betrieben. Die Entwicklung der Grundlagen zur Herstellung multiskaliger, multifunktionaler, hybrider und integrierter Materialsysteme ausgehend von nanoskaligen Strukturen ermöglicht die Herstellung technologisch neuartiger Basismaterialien. Ein wesentlicher Aspekt der Forschungsaktivitäten liegt in der Skalierbarkeit und Strukturierung von Materialien mittels Selbstorganisation und additiven Prozessen. Daraus ergeben sich Möglichkeiten zur Entwicklung völlig neuer Reaktorkonzepte, die eine flexible und autonome Verarbeitung von u.a. nachwachsenden Rohstoffen unter Nutzung regenerativer Energien eröffnet. Dies gelingt nur mit einem vertieften Prozessverständnis, der Entwicklung innovativer Materialien und Strukturen, hochauflösenden Mess-

und Analysetechniken und akkuraten Modellen und Methoden für eine optimale Auslegung und Prozessführung. Die fortschreitende Digitalisierung in Form von „Cyberphysical Systems“ ermöglicht hierbei innovative Reaktortechnologien, die sich, unter Nutzung künstlicher Intelligenz, selbstständig an lokal veränderte Prozessbedingungen anpassen und somit stets im optimalen Betriebszustand mit maximaler Ausbeute und Selektivität bezüglich des gewünschten Produktes produzieren können.

Ziel des Forschungsfeldes Advanced Materials and (Bio) ist es die Grundlagen, Technologien und Materialien zur Etablierung einer Kreislaufwirtschaft, speziell für die Herstellung von Treibstoffen, Medikamenten, Lebensmitteln, Düngemitteln, Chemikalien, Kunststoffen und von modernen Funktionswerkstoffen für Systemtechnologien wie der Optik, der Energieumwandlung und -speicherung, zu entwickeln.

Aviation & Maritime Technologies

Luftfahrt- & maritime Technologien

Hamburg ist weltweit bekannt als herausragender Standort für die Entwicklung und Implementierung innovativer Technologie für Luftfahrt und maritime Industrie. Dies gelingt durch eine optimale und langfristige Vernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft. Hamburg verfügt weltweit über die drittgrößte Produktionsstätte für Passagierflugzeuge und ist gleichzeitig ein wichtiges Zentrum der maritimen Industrie in Europa. Mobilität in der Luft und auf dem Wasser ist in vielen Bereichen der Motor für die Entwicklung von innovativen Techniken am Standort, und deshalb profitieren diese Branchen voneinander. Aktuelle Herausforderungen sind u. a. die Reduzierung von Abgas- und Schallemission, die Elektrifizierung von Antriebsanlagen, Wasserstofftechnologien und alternative Kraftstoffe. Die hierfür erforderlichen fortschrittlichen Technologien reichen von Leichtbau-Strukturen bis hin zu neuartigen Luftfahrzeug- bzw. Schiffsstrukturen. In beiden Bereichen erfolgen die Entwurfs- und Fertigungsprozesse voll digitalisiert, und es kommen neue Materialien und Fertigungsmethoden zum Einsatz. Außerdem halten die Integration von „Machine Learning“-Methoden und autonomes Navigieren verstärkt Einzug in die Entwicklung,

was weitreichende Auswirkungen nicht nur für den Standort Hamburg hat, sondern für die globale Wirtschaft und Umwelt. Im Bereich der Luftfahrttechnik stehen an der TUHH vornehmlich die Forschungsgebiete Flugzeugsysteme und Ausstattung, Kabine und Komfort, Werkstoffe und Produktion sowie Flugzeugentwurf und Lufttransportsysteme im Fokus, während im maritimen Bereich insbesondere auf die Gewährleistung der Sicherheit von Menschen, Schiffen und Offshore-Strukturen, die Optimierung von Schiffsantrieben, sowie auf voll digitalisierte Fertigung, die Nutzung erneuerbarer maritimer Energien und den Hafenbau unter Berücksichtigung von immer extremeren Wetterereignissen infolge der Klimaerwärmung Wert gelegt wird. In Zusammenarbeit mit der nationalen und internationalen Industrie und deutschen und europäischen Behörden und Forschungseinrichtungen werden zahlreiche Forschungsthemen zur Erhöhung von Sicherheit und Wirtschaftlichkeit sowie zur Umweltverträglichkeit der Mobilität in der Luft und auf dem Wasser bearbeitet.

Cyber-Physical & Medical Systems

Cyber-physikalische & medizinische Systeme

Cyber-Physical-Systems (CPS) und Medizintechnik sind wichtige Zukunftsfelder, die voneinander profitieren. Dabei sind CPS ein wichtiger Treiber der Digitalisierung, während viele Bereiche in der Medizintechnik noch am Anfang der digitalen Entwicklung stehen. CPS sind vernetzte informationsverarbeitende Systeme, die mit ihrer umgebenden physischen Umwelt in direkter Wechselwirkung stehen. Über Sensoren nehmen CPS Umgebungsinformationen auf, verarbeiten diese rechnergestützt, und beeinflussen ihre Umwelt über Aktoren wiederum. CPS befinden sich also in einer kontinuierlichen Regelschleife und müssen in vielen Anwendungsgebieten zeitkritische und sicherheitsrelevante Berechnungen tätigen sowie domänenübergreifend mit anderen technischen Systemen oder dem Menschen kommunizieren. CPS stellen heutzutage weltweit die Grundlagentechnologie für viele „smarte“ Produkte und Anwendungen dar. So sind sie beispielsweise unverzichtbar in den Bereichen der Medizintechnik, Mechatronik, Robotik, Fahrzeug- oder Flugzeugbau, Industrie 4.0 oder der Automatisierungstechnik. Die Forschung der TUHH zu

CPS zeichnet sich dadurch aus, dass sie sämtliche relevanten Aspekte umfasst: von den Sensoren und Aktoren, der Hardware und Vernetzung hinweg über die Software eines CPS bis hin zu deren realen Anwendungen und ihrer Zertifizierung. Im Bereich der Medizintechnik werden beispielsweise für die medizinische Rehabilitation und Diagnostik spezialisierte CPS zur direkten robotischen Interaktion mit dem Menschen- in komplexe Regelschleifen eingebunden. In der Medizintechnik generell gehört der Digitalisierung in Kombination mit klassischen elektrotechnischen, mechanischen und biotechnologischen Ansätzen die Zukunft, um die Gesundheitsversorgung einer alternden Gesellschaft zu gewährleisten. Die Herausforderungen und Chancen hierbei sind groß, da viele medizinische Fachdisziplinen gerade erst beginnen, sich mit dieser Thematik zu befassen. Zukünftige Verbesserungen in der Medizintechnik, Diagnostik und Patientenversorgung bedürfen noch mehr der gemeinsamen Anstrengungen aller Fachdisziplinen. An der TUHH sind diese Kooperationen seit mehr als 20 Jahren gelebte Praxis, welche sich in gemeinsamen Forschungsprojekten mit dem Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE) und industriellen Partnern ausdrückt.

Environmental & Energy Systems

Energie- & Umwelttechnik

Der Bedarf der Weltbevölkerung an Energie und Produkten wird in den nächsten Jahrzehnten weiter steigen. Die effiziente, klima- und ressourcenschonende Versorgung mit Energie und Produkten bleibt damit die größte technische und gesellschaftspolitische Herausforderung der nächsten Zeit. Dabei gilt es, Klimaneutralität und Umweltverträglichkeit bei der Energieversorgung und Produkterzeugung möglichst weitgehend umzusetzen. Die TUHH beschäftigt sich in vielen grundlagenorientierten sowie anwendungsnahen Projekten mit den Fragestellungen der effizienten klima- und umweltverträglichen Energie- und Stoffbereitstellung, -speicherung, -umwandlung, -übertragung, -verteilung und -nutzung. Im Fokus stehen bspw. sektorengekoppelte energietechnische Systeme, Planung und Betrieb resilienter Energienetze, die Erzeugung nachhaltiger Energieträger, die emissionsarme Verbrennung von biogenen Festbrennstoffen und die Thermophotovoltaik. Fragestellungen

insbesondere zur Wasserstoffherzeugung und -nutzung sowie zum Wasserstofftransport und zur Wasserstofflogistik haben ebenfalls eine hohe Priorität. Im Themenkomplex Wasser-Energie Nexus, Wasserqualität und energieeffiziente Aufbereitungstechnik sind funktionalisierte Materialien, Energieeffizienz in der Aufbereitung, Prozesse der Bodenversalzung und -degradation sowie die Simulation von Energiespeichermechanismen, Transport- und Umwandlungsprozessen Gegenstand der Forschung. In enger Kooperation mit DLR findet die Untersuchung zur Minderung der Klimawirkung des Lufttransports statt. Bei vielen einschlägigen Produkten und Prozessen ist eine ganzheitliche Betrachtung von Produkten und Produkt-Service-Systemen über alle Lebensphasen, das „Life Cycle Engineering“ (LCE), von großer Bedeutung. Es zielt vor allem darauf ab, Ökonomie und Ökologie des Produktes bzw. des Prozesses zu optimieren.

Logistics, Mobility & Infrastructure

Logistik, Mobilität & Infrastruktur

Logistik, Handel und Produktion sowie die zugehörigen globalen Wertschöpfungsketten verändern sich derzeit fundamental. Dies hat einen großen Einfluss auf die bestehende und neu zu schaffende technische Infrastruktur. Hinzu kommt der Klimawandel als globale Herausforderung für alle genannten Bereiche. Zahlreiche neue Technologien, beispielsweise aus dem Feld der Digitalisierung und der künstlichen Intelligenz, sind Innovationstreiber und ermöglichen die Entwicklung vollkommen neuer Strukturen und Prozesse. Dazu entstehen an der Technischen Universität Hamburg (TUHH) zukunftsorientierte technische, organisatorische und methodische Konzepte und Lösungen für eine Transformation von Logistik, Mobilität und Infrastruktur in Richtung Nachhaltigkeit und Resilienz. Klimaveränderungen erzwingen angepasste innovative Baustrukturen und nachhaltiges, umweltgerechtes Bauen auch im Bestand sowie automatisierte Bauprozesse. Die entstehende (städtische) Infrastruktur erfordert neue Lösungen für Logistik und Mobilität sowie die bauliche Struktur. Durch die Simulation und Optimierung des Gesamtsystems sowie der Systemelemente und Prozesse werden nicht nur interne

Wirkungsbeziehungen, sondern auch externe Einflüsse durch Wettbewerber, Standortbedingungen und Politik berücksichtigt. Insgesamt ist das Ziel, sowohl wichtige gesellschaftliche Impulse zu geben als auch wesentlich dazu beizutragen, die herausragende Bedeutung und Wettbewerbsfähigkeit der Metropolregion Hamburg und ihrer Unternehmen durch zukunftsweisende Forschung zu unterstützen und auszubauen. Die besondere Stärke der TUHH auf diesen Forschungsgebieten liegt in der ganzheitlichen Betrachtung im Sinne der Life Cycle Analyse sowie einer breiten Abdeckung der relevanten technischen und betriebswirtschaftlichen Fachgebiete.

Beschreibung der Forschungsschwerpunkte (Research Cluster)



FSP Advanced Material Systems

Zugespitzt könnte man sagen: Erst die Fähigkeit, Werkstoffe gezielt einzusetzen, hat die Entwicklung von Zivilisation ermöglicht. Von Naturstoffen wie Holz, Stein oder Fell über die ersten gezielten Stahl-Legierungen während der industriellen Revolution bis hin zu modernen Hochleistungsmaterialien in der Elektronik und Digitaltechnik– ohne Materialinnovationen hätte es zahlreiche zivilisatorische Fortschritte nie gegeben. Auch die Meisterung der vielleicht größten aktuellen Herausforderung der Menschheit, des Klimawandels, wird nur durch neue Materialkonzepte, insbesondere für nachhaltige, rohstoffsparende Materialwirtschaft, Energieumwandlung und -speicherung sowie Mobilität, möglich sein.

Der Fokus der Materialforschung an der TUHH liegt auf der Entwicklung der Grundlagen zur Herstellung multiskaliger, multifunktionaler, hybrider und integrierter Material-systeme ausgehend von nanoskaligen Strukturen. Diese integrierten Materialsysteme verknüpfen sowohl herausragende mechanische als auch funktionelle Eigenschaften. Zudem unterscheiden sie sich grundlegend von vorhandenen Werkstoffen, indem sie Konzepte des multiskaligen oder hierarchischen Aufbaus für technologisch neuartige Basismaterialien nutzen und durch eine Reduzierung der chemischen Diversität eine nachhaltigere Materialwirtschaft ermöglichen. Damit ist es möglich, in einem Materialsystem multifunktionale Optimierungen vornehmen zu können, die für technologische Entwicklungen im Bereich der Energie, Mobilität und Medizin zu verbesserter Funktionalität führen. Ein weiterer, sehr wesentlicher Aspekt der Aktivitäten liegt in der Skalierbarkeit und Strukturierung mittels Selbstorganisation und additiven Prozessen. Diese sind essenziell für die Überbrückung von der atomaren Skala bis hin zur Darstellung der Materialsysteme in anwendungsrelevanten Bauteildimensionen und für die Integration in technologische Systeme. Diese Forschungsrichtung manifestiert sich insbesondere in dem von der TUHH koordinierten Sonderforschungsbereich SFB 986 „Maßgeschneiderte

Multiskalige Materialsysteme M3“ und in dem HamburgX Forschungscluster „Zentrum für Integrierte Multiskalige Materialsysteme CIMMS“.

In der Lehre werden diese modernen Forschungsthemen vor allem im Masterstudien-gang „Materialwissenschaft – Multiskalige Materialsysteme: Vom Atom zum Bauteil“, aber auch in den Masterprogrammen, „Mediziningenieurwesen“, „Theoretischer Maschinenbau“, „Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion“ und im Master Bauingenieurwesen aufgegriffen. In den folgenden Bachelorstudiengängen gibt es auch starke Bezüge bzw. Vertiefungen im Bereich der Materialwissenschaften: BA Maschinenbau AIW, BA Schiffbau, Grundlagen WW, Vertiefung, Elektrotechnik, BA Green Technologies, BA Data Science, BA Digitaler Maschinenbau.



FSP Aviation Technologies

Die Forschung im Bereich der Luftfahrt ist durch eine große Vielfalt und eine internationale Ausrichtung geprägt. Zu den aktuellen Herausforderungen der weltweiten Luftfahrtforschung zählen die Umweltverträglichkeit, das elektrische Fliegen, Wasserstofftechnologien, alternative Kraftstoffe, neue Flugzeugkonzepte und -strukturen, optimierte Komponenten und Flugführung („Zero Emission Hrsg. BDLI 2020). Die hierfür erforderlichen fortschrittlichen Technologien reichen von leichtgewichtigen Strukturen bis hin zu neuartigen Luftfahrzeugkonzepten. Die Luftfahrttechnik an der TUHH hat sich vornehmlich auf die Bereiche Flugzeugsysteme und Ausstattung, Kabine und Komfort, Werkstoffe und Produktion sowie Flugzeugentwurf und Lufttransportsysteme konzentriert, wobei die Forschungsarbeiten an den internationalen Strategien der EU Green Aviation und dem ACARE Flight Path 2050 ausgerichtet wurden.

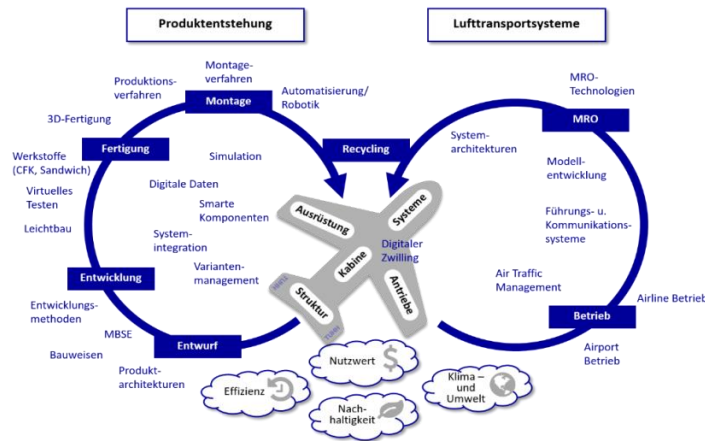


Abbildung 4 Strategische Ausrichtung der Luftfahrttechnik an der TUHH

Die Luftfahrttechnik an der TUHH konzentrierte sich inhaltlich auf die in Bild 1 dargestellten Themen. Diese spiegeln sowohl die bereits erarbeitete Kompetenz der beteiligten Institute als auch den Forschungsbedarf in der Luftfahrt wider. Es kooperieren eine Vielzahl von Instituten aus dem Maschinenbau, der Elektrotechnik und der Informatik, womit vor allem auch fachübergreifende Aufgabenstellungen effektiv bearbeitet werden können.

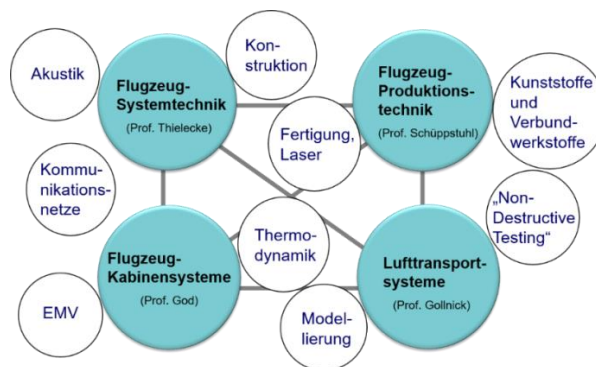
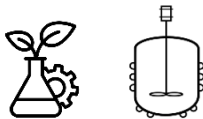


Abbildung 5 Forschungsthemen und Zusammenwirken der Fachgebiete

Von besonderem Vorteil für die Arbeiten ist die intensive interdisziplinäre Zusammenarbeit der TUHH-Institute in den Bereichen Luftfahrt, Maschinenbau und Elektrotechnik. Auf diese Weise kann das Fachwissen der Wissenschaftler/innen aus unterschiedlichen Fachdisziplinen wie beispielsweise Akustik, Thermodynamik, Systemtechnik, Konstruktion und Verbundwerkstoffe effektiv zusammenfließen. Dabei können Synergieeffekte genutzt werden, was zu einer Stärkung der Kompetenzen des Forschungsschwerpunkts nach innen und außen führt – die Chancen auf Förderung von außerhalb der Universität werden sehr erfolgreich

umgesetzt. Mit einer sehr hohen Drittmittelquote bietet der Standort Hamburg ideale Möglichkeiten, direkt mit den großen Systemfirmen, Zulieferern, Betreibern und Wartungsunternehmen z.B. im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms LuFo zusammenzuarbeiten.

In der Lehre stellen die Bachelorvertiefung und der Master-Studiengang Flugzeug-Systemtechnik einen wichtigen systemtechnischen Ausbildungsschwerpunkt der TUHH dar. Dies wird auch verstärkt von AIRBUS für die universitäre Ausbildung von ca. 20 dualen Studenten/innen pro Jahrgang genutzt. In der nachuniversitären Weiterbildung z.B. für Wasserstoff-basierte Flugzeugtechnologien aber auch in der Gestaltung von internationalen Studiengängen z.B. mit Toulouse und Bordeaux werden wichtige Wachstumsmöglichkeiten gesehen.



FSP Biobased Technologies and Reactor

Technologies

Um den Herausforderungen des Klimawandels und der Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung nachzukommen bedarf es neuer Technologien zur Stoff- und Energiewandlung, welche auf erneuerbaren Rohstoffen aufbauen und es ermöglichen Kreislaufströme möglichst vollständig zu schließen. Hierzu müssen für die Herstellung von unseren Alltagsprodukten innovative Prozesse entwickelt werden, die CO₂-neutral oder sogar CO₂ Senken sind. Dieses schließt unter anderem die Herstellung von Treibstoffen, die Bereitstellung von Düngemitteln, Grund- und Spezialchemikalien, sowie von Kunststoffen und Pharmazeutika ein. Um dieses Ziel zu realisieren, bedarf es in kürzester Zeit neuer biobasierter Technologien durch Sprunginnovationen, die zu den jetzigen erdölbasierten Prozessen mindestens konkurrenzfähig sind. Die hierdurch erforderlichen ressourceneffizienten und klimaverträglichen Prozesse erfordern neben der Entwicklung neuer Syntheserouten, der Integration von Chemo- und Biokatalyse und energieeffizienten Trennprozessen insbesondere neuartige Reaktorkonzepte, die eine flexible Verarbeitung geoglobal und Jahreszeitbedingt schwankenden biologischen Rohstoffqualitäten ermöglichen.

Dies gelingt nur mit einem vertieften Prozessverständnis, basierend auf hochauflösenden Mess- und Analysetechniken, sowie akkuraten Modellen unter Nutzung der Möglichkeiten der Digitalisierung. Neuartige Materialien und Strukturen basierend auf additiver Fertigung und spezifische Funktionalisierung bieten dabei weitere Möglichkeiten zur optimalen Auslegung und einem möglichst autonomen Betrieb toleranter Reaktoren, sowie darauf aufbauender industriell biobasierter Prozesse, die eine verbesserte Nutzung nachwachsender Rohstoffe zur Gewinnung von Bulk- und Feinchemikalien oder der Speicherung und Erzeugung von Energie ermöglichen. So werden z.B. Reaktoreinbauten aus temperatursensitiven Materialien im 3D-Druck hergestellt, die sich bei Temperaturveränderung eigenständig und gezielt verformen, um eine lokale Überhitzung zu vermeiden und hohe Produktqualitäten sicher zu stellen.

Ein Alleinstellungsmerkmal des FSP BioProTec ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Verfahrenstechnik, Biotechnologie, Chemie, Mathematik, Informatik, Elektrotechnik, Materialwissenschaften und Maschinenbau von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung. Dieses wird in verschiedenen Projekten an der TUHH mit ergänzender wissenschaftlicher Vernetzung am Standort Hamburg und weltweit hervorgehoben. Im Bereich der Grundlagenforschung wird z.B. im Rahmen von DFG SPPs erforscht, wie chemische, biochemische und Feststoffprozesse durch detailliertes Prozessverständnis und gezielte Einstellung von Prozessbedingungen optimiert werden können. Ergänzend wurde hier ein überarbeitetes Konzeptpapier zum DFG SFB „SMART Reactors for Future Process Engineering“ eingereicht.

Die Erkenntnisse der Grundlagenforschung werden in Drittmittel- und Industrieprojekten in Beispielanwendungen überführt, wodurch große und mittelständische Industrieunternehmen von den innovativen Technologien profitieren (z.B. mit neuartigen Hochdruckprozessen für eine nachhaltige Bioraffinerie, oder energieeffizienten Hochleistungsreaktoren für die chemische Industrie). Der erfolgreiche Übertrag von Grundlagenforschung bis zu kommerziellen Verfahren mit Industriepartnern wird auch durch die hohe Anzahl bilateraler Industriekooperationen belegt (z.B.: Aerogele mit der BASF, Fettsäureester mit der Evonik, Pharmawirkstoffe mit Boehringer Ingelheim, ...). Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal ist die hohe Zahl an Ausgründungen in den letzten Jahren (Aerogel-It, Lignopure, Mushlabs, Reacnostics, Traceless, Colipi).

Die Verbindung von Lehre und Forschung ist für den FSP von besonderer Bedeutung. Neueste Erkenntnisse fließen insbesondere in die Bachelorstudiengänge Chemie- und Bioingenieurwesen und Green Technologies sowie in die Masterstudiengänge Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik und dem internationalen Studiengang Chemical and Bioprocess Engineering ein. Die Studierenden können sich dabei als wissenschaftliche Hilfskräfte, sowie in Projekt- und Abschlussarbeiten direkt an aktuellen Forschungsprojekten beteiligen. So fördert der FSP unmittelbar den Wissenstransfer in die industrielle Praxis und die Ausbildung wichtiger Nachwuchskräfte und leistet damit einen weiteren wesentlichen Beitrag zur Steigerung der Nachhaltigkeit.



FSP Cyber-Physical Systems

Cyber-Physical Systems (CPS) sind vernetzte informationsverarbeitende Systeme, die mit ihrer umgebenden physischen Umwelt in direkter Wechselwirkung stehen. Über Sensoren nehmen CPS Umgebungsinformationen auf, verarbeiten diese rechnergestützt, und beeinflussen ihre Umwelt über Aktoren wiederum. CPS befinden sich also in einer kontinuierlichen Regelschleife und müssen in vielen Anwendungsgebieten zeitkritische und sicherheitsrelevante Berechnungen tätigen und domänenübergreifend mit anderen technischen Systemen oder dem Menschen kommunizieren.

CPS stellen heutzutage weltweit die Grundlagentechnologie für viele „smarte“ Produkte und Anwendungen dar. So sind sie bspw. unverzichtbar in den Bereichen des Fahrzeug- oder Flugzeugbaus, Industrie 4.0,

Medizintechnik, Automatisierungstechnik, Robotik oder Mechatronik. Die Forschung der TUHH zu Cyber-Physical Systems zeichnet sich dadurch aus, dass sie sämtliche relevanten Aspekte umfasst – von den Sensoren und Aktoren, der Hardware und Vernetzung hinweg über die Software eines CPS bis hin zu deren realen Anwendungen und ihrer Zertifizierung.

Im Bereich der Grundlagenforschung leistet die TUHH Beiträge zu sicherer und zuverlässiger CPS-Hardware und neuartiger Sensorik, die über Lebenszeiten von Jahren oder Jahrzehnten hinweg stets zwingend ihren Einsatzzweck erfüllen muss. Forschung zu modernen Kommunikationsnetzen ist für die TUHH ebenfalls essentiell, da heutige CPS vernetzte Systeme sind, die im stationären Fall leitungsgebunden oder für mobile Anwendungen über Funkstrecken mit Servern oder Rechenzentren kommunizieren. Da CPS oftmals in Umgebungen eingesetzt werden, in denen keine permanente Energieversorgung existiert, spielt der Entwurf energieeffizienter und auch -autarker Mikrosysteme und Kommunikationsnetze an der TUHH ebenfalls eine wichtige Rolle.

Auch die Software von CPS muss nachweislich strikten Anforderungen genügen, weshalb an der TUHH neue Methoden zum Softwareentwurf, zur Zuverlässigkeitsanalyse in harschen Umgebungen und zur formalen Verifikation sicherheitskritischer Eigenschaften erforscht werden. Weiterhin spielen Integrität, Privatheit und die Abwehr von Cyber-Attacken an der TUHH ebenfalls eine wichtige Rolle. CPS-Software ist in der Regel hochoptimiert, um die verfügbare Hardware stets mit höchster Effizienz auszunutzen. Daher werden an der TUHH grundlegende effiziente Optimierungsalgorithmen zur Analyse und Verbesserung von Kriterien wie bspw. Echtzeitfähigkeit oder Energieverbrauch von CPS-Software erforscht. Die langen Nutzungsdauern von CPS erfordern zudem völlig neue Betriebssystemkonzepte zur Verwaltung von Updates und Variabilität. Die Wechselwirkung mit der physikalischen Umwelt lässt die Steuerung und Regelung von CPS sehr komplex werden. An der TUHH wird daher an neuartigen Konzepten und Methoden aus den Gebieten des maschinellen Lernens und der tiefen neuronalen Netze gearbeitet, um anpassungsfähige Regelungsverfahren zu erzielen.

Übergreifend befasst sich die TUHH mit ingenieurwissenschaftlichen Methoden, formalen Techniken und rechnergestützten Algorithmen für Entwurf, Implementierung, Auslegung, Simulation und Validierung zuverlässiger und hocheffizienter CPS. Diese Grundlagenforschung zu CPS findet an der TUHH in steter Wechselwirkung mit anwendungsorientierter Forschung in den unterschiedlichsten Gebieten statt. So werden für die Energie- und Umwelttechnik neuartige energieeffiziente autarke Sensorsysteme entwickelt. Cyber-physische Energiesysteme sorgen für eine stabile Energieversorgung in den integrierten „Smart Grids“ der Zukunft. Für die medizinische Rehabilitation und Diagnostik werden spezialisierte Antriebe zur direkten robotischen Interaktion mit dem Menschen in komplexe Regelschleifen eingebunden. Auch im Bauwesen spielen CPS eine große Rolle, an der TUHH werden bspw. Lebensdauerbetrachtungen auf der Grundlage formaler semantischer Beschreibungen erforscht. An Flugzeugstrukturen werden dynamisch auftretende Belastungen und deren Auswirkungen auf die Tragstrukturen anhand von digitalen Zwillingen analysiert, um die Lebensdauer von Bauteilen vorherzusagen. Solche digitalen Abbildungen kommen bspw. auch zur Erforschung komplexer Prozessketten und Produktionslinien in der Fertigung zum Einsatz. Weitere Forschungsaktivitäten der TUHH umfassen die autonome Luft- und (Unter-) Wasserrobotik, die Leichtbau- und Großraumrobotik sowie das Gebiet der Autonomen Systeme im Allgemeinen.

Das Forschungsschwerpunkt Cyber-Physical Systems spielt auch in der Lehre an der TUHH eine wichtige Rolle. So nehmen Lehrinhalte zu CPS bspw. in den konsekutiven Bachelor- und Masterstudiengängen Elektrotechnik, Informatik-Ingenieurwesen, Mechatronik, Theoretischer Maschinenbau oder den Gewerblich-Technischen Wissenschaften einen großen Raum ein. Aber auch in den internationalen Masterprogrammen Mechatronics, Information and Communication Systems oder Microelectronics and Microsystems sind CPS an der TUHH sehr präsent. Darüber hinaus werden durch Grundlagenveranstaltungen zu Regelungstechnik, Informatik und Mathematik in nahezu allen Ingenieursstudiengängen der TUHH Wissen und Fertigkeiten zum Entwurf von CPS vermittelt.



FSP Environmental and Energy Systems

Der Bedarf der Weltbevölkerung an Energie und Produkten wird in den nächsten Jahrzehnten weiter steigen. Die effiziente, klima- und ressourcenschonende Versorgung mit Energie und Produkten bleibt damit die größte technische und gesellschaftspolitische Herausforderung der nächsten Zeit. Dabei gilt es, Klimaneutralität und Umweltverträglichkeit bei der Energieversorgung und Produkterzeugung möglichst weitgehend umzusetzen. Jede Energie- und Wertschöpfungskette, von der Quelle bis zum Verbraucher, wird einen irreversiblen Anteil an Energie- und Stoffwandlungen beinhalten und damit Auswirkungen auf den Menschen und die natürliche Umgebung verursachen. Es kann im günstigsten Fall nur gelingen, diesen irreversiblen Anteil soweit wie möglich zu minimieren.

Während in der Vergangenheit Vernetzungen zwischen unterschiedlichen Energiesystemen und Prozessketten im Gesamtsystem nur eine untergeordnete Rolle spielten, hat man heute erkannt, dass in der Kopplung der Sektoren Strom, Wärme, Industrie und Verkehr eine große Chance zur effizienteren und umweltfreundlichen Nutzung von Energie und Rohstoffen liegt. Daher ist eine übergeordnete Sichtweise auf Energie- und Stoffwandlungsprozesse notwendig, die nur interdisziplinär entwickelt werden kann. Die TUHH verfügt mit ihrem bereits seit der Gründung interdisziplinären und fachübergreifenden Ansatz in besonderem Maße über die dafür erforderlichen strukturellen Voraussetzungen und Kompetenzen.

Zu diesem Forschungsschwerpunkt umfassen die Aktivitäten an der TUHH die zusammenhängenden Teilbereiche

- effiziente systemische Energiewandlung, -speicherung, -übertragung und -verteilung,
- effiziente Bioressourcennutzung und Stoffumwandlung,
- energie- und wassereffiziente Siedlungstechnik,
- Klimawirkung des Lufttransports und ihre Minderung,
- Bildung für nachhaltige Entwicklung

die durch Methodik und durch die übergeordnete Betrachtungsweise miteinander verknüpft sind. Im Rahmen von gemeinsamen Forschungsvorhaben wird die gesamte Energie- und Stoffwandlungskette von der Primärenergie bis zur Endenergie bzw. vom Primärrohstoff bis zum stofflichen Produkt systemisch betrachtet und optimiert. Bei jedem Schritt der Wandlung sind Vernetzung und Interaktionen mit anderen Energiesystemen bzw. Energie- und Stoffwandlungsketten zu berücksichtigen. Jedes Projekt wird unter der Frage betrachtet, wie es zur Optimierung des gesamten Energie- und Stoffsystems beiträgt, ob es Alternativen gibt und welche Auswirkungen auf das Klima bzw. auf die Umwelt zu erwarten sind.

Auf Basis dieser übergeordneten Betrachtung zur effizienten klima- und umweltverträglichen Energie- und Stoffbereitstellung, Speicherung, Umwandlung, Verteilung und Nutzung existiert eine Vielzahl an grundlagenorientierten sowie anwendungsbezogenen Forschungsprojekten. Im Fokus stehen bspw. sektorengekoppelte energietechnische Systeme, Planung und Betrieb resilienter Energienetze, die Erzeugung nachhaltiger Energieträger, die emissionsarme Verbrennung von biogenen Festbrennstoffen und die Thermophotovoltaik. Fragestellungen insbesondere zur Wasserstofferzeugung und -nutzung sowie zum Wasserstofftransport und zur Wasserstofflogistik haben eine hohe Priorität. Insbesondere in Zusammenarbeit mit dem Helmholtz-Zentrum Hereon werden dabei Grundlagen der photokatalytischen Spaltung von Wasser in neuartigen porösen Nanostrukturen untersucht. Im Themenkomplex Wasser-Energie Nexus, Wasserqualität und energieeffiziente Aufbereitungstechnik sind funktionalisierte Materialien, Energieeffizienz in der Aufbereitung, Prozesse der Bodenversalzung und -degradation sowie die Simulation von Energiespeichermechanismen, Transport- und Umwandlungsprozessen Gegenstand der Forschung. Als weiteres Forschungsfeld wurde die Untersuchung und Minderung der Klimawirkung des Lufttransports in den letzten Jahren, auch in enger Kooperation mit dem DLR, etabliert.

Der Forschungsschwerpunkt „Environmental and Energy Systems“ spielt auch in der Lehre an der TUHH eine wichtige Rolle. So nehmen

diesbezügliche Lehrinhalte nicht nur in Bachelorstudiengängen, wie bspw. Green Technologies, sondern insbesondere in den Masterstudiengängen Regenerative Energien, Elektrotechnik, Energietechnik einschl. Schiffsmaschinenbau, Schiffbau und Meerestechnik, Verfahrens- und Bioverfahrenstechnik, Bauingenieurwesen, Wasser- und Umweltingenieurwesen, Flugzeugsystemtechnik, Produktentwicklung, Logistik und Mobilität sowie Materialwissenschaften einen großen Raum ein und sind auch im internationalen Masterprogramm Environmental Engineering naturgemäß sehr präsent. Zusätzlich entwirft die TUHH ein offenes Zusatzqualifikationsprogramm „Technologien für nachhaltige Entwicklung“, das sich an den UN-Nachhaltigkeitszielen orientiert.



FSP Maritime Systeme

Die maritime Wirtschaft ist eine bedeutende nationale Hochtechnologiebranche, die global erfolgreich auf den Gebieten Technologieentwicklung, Produktion, Logistik und Energie agiert. Sie umfasst in Deutschland ca. 400.000 Beschäftigte, die ein jährliches Umsatzvolumen von rund **50 Milliarden Euro** erwirtschaften (Bericht des Bundesministeriums für Wirtschaft- und Energie zur maritimen Forschungsstrategie 2025, Seite 4). Die maritime Wirtschaft ist das logistische Rückgrat der Globalisierung mit besonderer Bedeutung für die Hafenstadt Hamburg.

Im Vergleich zum Land- und Luftverkehr weist der Seeverkehr den niedrigsten CO₂-Fußabdruck auf. Dennoch ist es für den Klimaschutz essentiell, die Treibhausgas- und Schadstoffemissionen weiter zu reduzieren, da der Seeverkehr bis 2040 um ca. 20 % zunehmen wird, siehe BMWi-Bericht zur maritimen Forschungsstrategie 2025 (Seite 5). Dabei ist es erforderlich, bei den intensiven Anstrengungen zur Verminderung der Treibhausgas- und Schadstoff-Emissionen nicht das jetzige Seetransportvolumen zugrunde zu legen, sondern die durch den erwarteten Zuwachs des Seehandelsvolumens zukünftigen Einflüsse auf die Umwelt einzubeziehen. Der FSP Green Maritime Technologies hat leistet seit langem einen wichtigen Beitrag auf diesem Gebiet.

Die Technische Universität Hamburg ist in der maritimen Forschung in Deutschland führend. Angesichts der mit dem prognostizierten Wachstum des Seeverkehrs verbundenen Herausforderungen steht sie vor der Aufgabe, mit der Industrie gemeinsam neue technische Lösungen zu entwickeln und einzuführen. Dies umfasst zum einen ganzheitliche Entwicklungen von neuen umweltfreundlichen Kraftstoffen, Schiffsantrieben und -strukturen sowie Materialien. Zum anderen steht die Gewährleistung der Sicherheit von Menschen, Schiffen und Offshore-Strukturen unter Berücksichtigung von immer extremeren Wetterereignissen infolge der Klimaerwärmung im Mittelpunkt der Entwicklungen.

Die Integration von „Machine Learning“-Methoden und Digitalisierung in den Entwurfs- und Fertigungsprozess von maritimen Strukturen sowie in den Schiffsbetrieb ist Gegenstand der Forschung an der TUHH, was entsprechende strategische Anpassungen in Ausbildung und Forschung voraussetzt. Der technologische Fortschritt wird künftig **autonomes Navigieren** ermöglichen, mit weitreichenden Auswirkungen auf die globale Wirtschaft und die Umwelt.

Aus diesen Gründen stehen folgende Forschungsgebiete im maritimen Feld der TUHH im Fokus: **Gestaltung der Energiewende im maritimen Transportsektor, Ausbau der Offshore-Wind-Kapazitäten, Verbesserung der maritimen Sicherheit, voll digitalisierte Fertigung, Machine Learning, Big Data und Autonomiefähigkeit über und unter Wasser.** Die Grundlagenforschung umfasst neben etlichen DFG-Einzelvorhaben die Beteiligung der Mitglieder an verschiedenen **DFG-geförderten Graduiertenkollegs** wie GRK 1096 "Seehäfen für Containerschiffe zukünftiger Generationen" und GRK 2462 "Prozesse in natürlichen und technischen Partikel-Fluid-Struktur-Interaktionen" (PintPFS).

In Zusammenarbeit mit der maritimen Industrie werden zahlreiche Forschungsthemen zur Erhöhung von Sicherheit und Wirtschaftlichkeit sowie zur Umweltbilanz von Schiffen und Offshore-Strukturen bearbeitet. Diese Forschungsthemen werden u. a. von der Europäischen Union, dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AIF), der

Hansestadt Hamburg und der Hamburg Port Authority Hamburg (HPA) gefördert.

Von der engen Vernetzung von Grundlagen- und industrienaher Forschung profitieren die **Masterstudiengänge Schiffbau- und Meerestechnik, Ship and Offshore Technology, Energietechnik/Vertiefung Schiffsmaschinenbau, Theoretischer Maschinenbau, Bauingenieurwesen und Regenerative Energien.**



FSP Logistics Technology and Management

Logistik, Handel und Produktion sowie die zugehörigen globalen Wertschöpfungsketten verändern sich derzeit fundamental. Auslöser dafür sind einerseits neue technologische Möglichkeiten, beispielsweise durch Digitalisierung, 3D-Druck und künstliche Intelligenz, sowie andererseits sich verändernde Werte und Anforderungen auf der Kundenseite, z.B. hinsichtlich Umwelt- und Sozialstandards oder Sicherheitsaspekten. Hinzu kommt der Klimawandel, der eine zentrale Herausforderung auch und gerade für die Logistik weltweit darstellt. Hamburg kann und muss als deutsche und europäische Logistikmetropole mit einer großen Anzahl von Unternehmen aus den Bereichen Logistikdienstleistung, Handel und Produktion sowie Mobilität und Verkehr weit über den eigenen Standort hinaus einen Beitrag zur zukunftsfähigen Gestaltung nachhaltiger und resilienter Handels- und Wertschöpfungsketten sowie zukunftsfähiger Mobilitätskonzepte leisten.

An der Technischen Universität Hamburg (TUHH) werden Konzepte, Prozesse und Technologien für nachhaltig gestaltete, sichere und resiliente logistische Wertschöpfungsketten sowie nutzerorientierte nachhaltige Mobilität entwickelt. Dies erfolgt interdisziplinär und ganzheitlich, da die erarbeiteten Lösungen nicht nur hinsichtlich der Ziele Nachhaltigkeit, Sicherheit und Resilienz effektiv, sondern zugleich immer auch effizient sein müssen, um den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Logistik- und Mobilitätsbranche gerecht zu werden. Durch die Simulation und Optimierung des Gesamtsystems sowie der Systemelemente und Prozesse werden nicht nur interne Wirkungsbeziehungen, sondern auch externe

Einflüsse durch Wettbewerber, Standortbedingungen und Politik berücksichtigt.

Die Forschung der TUHH deckt das gesamte Spektrum von der Grundlagenforschung über die anwendungsorientierte Forschung bis hin zur Auftragsforschung ab. Zu den Forschungsthemen zählen:

- Anwendung **innovativer Technologien, insb. digitaler Technologien**, wie Internet-of-Things und Virtual Reality, zur Verbesserung von logistischen Systemen und Prozessen in Häfen, Lagern, Fabriken und Verkehr
- Entwicklung von Modellen, Algorithmen und Methoden für logistische Planungsaufgaben und Entscheidungsunterstützung unter Nutzung von **KI, OR und Simulation**
- Erarbeitung **nachhaltiger Logistikkonzepte (inkl. Wasserstoffstrategie)**
- Entwicklung von Konzepten zu **Risikomanagement und Resilienz in der Logistik**
- Entwicklung von Konzepten zur **Beherrschung der Komplexität** in Logistik- und Verkehrssystemen
- Grundlagen und Erprobung des **Autonomen Fahrens in Verkehrssystemen, Intralogistik und in Häfen**

Die besondere Stärke der TUHH in diesen Forschungsgebieten liegt in der breiten Abdeckung der relevanten technischen und betriebswirtschaftlichen Fachgebiete. Dies gestattet eine ganzheitliche Bearbeitung der sich dynamisch weiterentwickelnden Forschungsfragen zu Logistik und Mobilität.

Zahlreiche neue Technologien, beispielsweise aus dem Feld der Digitalisierung und der künstlichen Intelligenz, sind Innovationstreiber und ermöglichen die Entwicklung vollkommen neuer Strukturen und Prozesse in Logistik, Handel und Produktion. Dazu entstehen an der TUHH zukunftsorientierte technische, organisatorische und methodische Konzepte und Lösungen für eine Transformation von Logistik und Mobilität in Richtung Nachhaltigkeit und Resilienz. Ziel ist dabei stets, sowohl wichtige

gesellschaftliche Impulse zu leisten als auch wesentlich dazu beizutragen, die herausragende Bedeutung und Wettbewerbsfähigkeit der Metropolregion Hamburg und ihrer Unternehmen im Bereich Logistik und Mobilität durch zukunftsweisende Forschung zu unterstützen und auszubauen.

Über den Ansatz der forschungsorientierten Lehre kommen die Erkenntnisse aus der Logistik-Forschung in besonderem Maße den Studierenden der TUHH zugute und sorgen für eine universitäre Qualifizierung auf höchstem Niveau. Diese beginnt im Bachelor-Studiengang „Wirtschaftsingenieurwesen mit Schwerpunkt Logistik und Mobilität“ und wird insbesondere im Masterstudiengang „Internationales Wirtschaftsingenieurwesen“, in dem die Studierenden sich im Feld der Logistik spezialisieren können, sowie dem vollständig diesem Feld gewidmeten Masterstudiengang „Logistik, Infrastruktur und Mobilität“ umfassend vertieft.



FSP Medical Technology and Biomechanics

Die moderne Patientenversorgung ist ohne die kontinuierliche Verbesserung von Implantaten und diagnostischen Verfahren der letzten 50 Jahre undenkbar. Krankheiten können heute viel früher erkannt und besser behandelt werden. Zukünftige Verbesserungen benötigen gemeinsame Anstrengungen sämtlicher Disziplinen der Ingenieurwissenschaften gemeinsam mit den medizinischen Fachbereichen. Modernen bildgebenden Verfahren in Kombination mit maschinellen Lernverfahren sowie der Verbesserung des operativen Vorgehens spielen hierbei eine bedeutende Rolle. Der Digitalisierung in Kombination mit klassischen elektrotechnischen, mechanischen und biotechnologischen Ansätzen gehört hierbei die Zukunft, um gesundheitliche Probleme einer alternden Gesellschaft zu lösen.

Die TUHH deckt sowohl in der Grundlagenforschung als auch in der Anwendungsforschung die aktuellen Themen in der Medizintechnik ab. Die enge Forschungs Kooperation mit dem Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE) unter dem Dach des gemeinsamen Forschungszentrums

Medizintechnik (FMTHH) bietet hierfür die ideale Voraussetzung. Neue an der TUHH entwickelten Methoden und Verfahren können so in einem klinischen Umfeld erprobt und weiterentwickelt werden. Nachwuchswissenschaftler aus den Bereichen der Ingenieurwissenschaften und Medizin lernen so frühzeitig in gemeinsamen Projekten zusammenzuarbeiten.

Der Fokus der Forschung im FSP liegt auf

- Bildgebungsmethoden (Institut für Biomedizinische Bildgebung),
- Navigation und Robotik in Kombination mit maschinellen Lernverfahren für die Interpretation von Bildern und Signalen (Institut für Medizintechnische und Intelligente Systeme),
- mikroelektronische Sensoren, Implantate und Organ-on-Chip (Institut für Mikrosystemtechnik),
- Mensch-Maschine-Schnittstellen (Institut für Integrierte Schaltungen),
- Endoprothesen, Implantate und Biomechanik (Institut für Biomechanik),
- 3d-Gewebemodelle und Tissue Engineering (Institut für Bioprozess- und Biosystemtechnik und Institut für Kontinuums- und Werkstoffmechanik),
- Individualisierbare Simulationsmodelle z.B. zur Nachbildung des patientenspezifischen Blutkreislaufsystems mittels additiver Fertigungstechniken (Produktentwicklung und Konstruktionstechnik).

Neben der Durchführung zahlreicher DFG und BMBF Projekte werden im Interdisciplinary Competence Center for Interface Research (ICIR) die Eigenschaften und Wechselwirkungen von Materialien und Geweben an Grenzflächen untersucht und optimiert. Intelligente medizinische Implantate auf Basis optoelektronischer Komponenten für neue Mensch Maschine Schnittstellen werden in dem I³-Lab HELIOS erforscht. In dem I³-Lab M4 steht die Modellierung von Weichteilgewebe durch maschinelle Lernverfahren im Fokus. Neben diesen grundlagenorientierten Projekten besteht eine enge Kooperation mit lokalen, nationalen und internationalen Medizintechnikunternehmen (u.a. B. Braun Aesculap, DePuy Synthes, Philips,

Essity). Weiterbildung von Medizinern gemeinsam mit den zuständigen Fachverbänden ermöglicht den Transfer neuester Erkenntnisse direkt in die Anwendung

Ein eigenständiger Masterstudiengang Medizingenieurwesen mit 3 Vertiefungsrichtungen deckt die gesamte Breite des Forschungsfeldes ab. In den Masterstudiengängen aller Dekanate können Vertiefungsrichtungen aus dem Medizingenieurwesen belegt werden.

FSP Civil Structure Systems

Ingenieurbauwerke wie beispielsweise Hochhäuser, Brücken, Tunnel, Hochwasserschutzanlagen, Verkehrs- und Hafeninfrastrukturen, Anlagen der Energieversorgung, der Siedlungswasserwirtschaft und der Abfallwirtschaft bilden die wesentliche Grundlage unseres Lebens und unserer Wirtschaft. Ingenieurbauwerke müssen im Life Cycle geplant, errichtet, betrieben, erforderlichenfalls ertüchtigt sowie abschließend rückgebaut werden. Die wesentlichen Herausforderungen bilden die Themen „Monitoring der Bauwerke“, „Nachhaltiges und umweltgerechtes Bauen“, „Bauen im Bestand“, „Anpassen der Strukturen an den Klimawandel und an sich ändernde Nutzungen“ sowie „Digitales Bauen und Automatisierung der Bauprozesse“.

Die TUHH hat aufgrund ihrer Lage als nördlichste Technische Universität ihre besondere Ausrichtung auf **„Bauwerke im und am Wasser“**. Zur Initiierung koordinierter Forschungsvorhaben wurde unter Beteiligung der HafenCity Universität und der Helmut-Schmidt-Universität sowie externen Partnern u.a. HPA, LSBG, BSH, BAW Hamburg und HEREON, Geesthacht, die Forschungsinitiative „Bauwerke im und am Wasser“ an der TUHH gegründet, siehe <https://www.tuhh.de/fibau/>.

In der **Grundlagenforschung** ragen neben etlichen Einzelvorhaben die von der DFG geförderten Graduiertenkollegs GRK 1096 „Seehäfen für Containerschiffe zukünftiger Generationen“, GRK 1006 „Kunst und Technik“ und GRK 2462 „Prozesse in natürlichen und technischen Partikel-Fluid-Struktur-Interaktionen (PintPFS)“ heraus. Des Weiteren wird im Exzellenzcluster CLICCS der Uni Hamburg und im DFG SPP 2020 geforscht.

In der **Anwendungsforschung** sind insbesondere Aufträge des Bundesministerium für Umwelt (BMU) sowie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) zum Bau von offshore Windenergieanlagen, der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AIF) zu Ufereinfassungen, des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) bzw. der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) zur Tragfähigkeit von bestehenden Stahl- und Spannbetonbrücken, der EU und des Bundesministerium für Bildung und Forschung u.a. zum Hochwasserschutz und zum Wassermanagement, der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) u.a. zum chemischen Angriff auf Bauteile sowie zum Sedimenttransport und der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) zu Spezialbaustoffen zu nennen.

Gegenstand von **Auftragsforschung** sind wissenschaftliche Untersuchungen zu Projekten der Metropolregion wie beispielsweise Köhlbrandbrücke, Elbphilharmonie, Elbtower, Airbus Werk, Sporthalle Hamburg, Alsterschwimmhalle, CT Altenwerder, Salzgitterkai, Baggergut, Fluid Mud, Anlagen und Infrastruktur des Hochwasserschutzes, der Wasserversorgung, der Abwasseraufbereitung sowie der Stadtreinigung.

Neueste Erkenntnisse aus der Grundlagen-, Anwendung- und Auftragsforschung fließen ein in die **Masterstudiengängen Bauingenieurwesen** mit den Vertiefungen Tragwerke, Tiefbau, Hafenbau und Küstenschutz, Wasser und Verkehr, **Wasser- und Umweltingenieurwesen** mit den Vertiefungen Stadt, Umwelt und Technik, **Environmental Engineering** sowie **Schiffbau- und Meerestechnik** im Bereich Offshore und Häfen.