FZI
FASZINATION
SO FUNKTIONIERT ZUKUNFT

— Inhaltsverzeichnis

4 **Vorwort**

8 Wer wir sind

8 Was wir tun

9 **Forschungsschwerpunkte**

/ Safety, Security and the Law
/ Applied Artificial Intelligence
/ Intelligent Transportation Systems
/ Collaborative Robots and Virtual Engineering
/ Smart Infrastructure and Energy Solutions

33 Mit uns arbeiten

34 **Unser Angebot**

36 **Unsere Branchenschwerpunkte**

/ Energie
/ Mobilität
/ Automation und Robotik
/ Gesundheitswesen
/ Produktion und Logistik
/ Software-Entwicklung
/ Wissen und Informationsdienste

57 Wofür wir stehen

59 **Unsere Werte**

61 **Was uns ausmacht**

/ Unser Team
/ Wissen weitergeben

Ausgewählte Projekte

/ Ausgewähte Projekte zu Forschungs- und Branchenschwerpunkten
11 Projekt FLUIT
12 Projekt ReKoNeT
16 Projekt vCare
17 Projekt de:hub Artificial Intelligence
21 Projekt SetLevel4to5
22 Projekt PAG Innovationscampus
25 Projekt SeRoNet
26 Projekt Sim2Log VR
30 Projekt LieferBOT-e
31 Projekt Synergiequartier Walldorf
37 Projekt flexQgrid
38 Projekt c/sells
41 Projekt regioMove
42 Projekt Drive2theFuture
45 Projekt SAFE4I
47 Projekt BIoG³
49 Projekt Intelligente Diagnostik
51 Projekt DPNB
53 Projekt SmartLoad
55 Projekt Take Part

66 Zahlen, Daten, Fakten

67 Das FZI in Zahlen

69 Organisation

/ Bereiche
/ Direktorium
/ Kuratorium

75 Impressum

75 Bildnachweis

— Vorwort

Der Vorstand des FZI (v. l. n. r.):
Prof. Dr.-Ing. J. Marius Zöllner,
Jan Wiesenberger,
Prof. Dr. Andreas Oberweis

Liebe Leserinnen und Leser,

hinter uns liegt ein ungewöhnlicher Start in das Jahr 2020. Gefühlt kurz nach unserem diesjährigen FZI Open House, mitten in den Vorbereitungen für die Hannover Messe, wurden alle Planungen umgeworfen und die Eindämmung und Bekämpfung einer weltweiten Pandemie bestimmte plötzlich das Tagesgeschehen.

Seit Mitte März arbeiten wir als „virtuelles FZI“ größtenteils von zuhause aus, Dienst- und Forschungsreisen finden derzeit nicht statt und Veranstaltungen werden in den digitalen Raum verlegt. Wir können am FZI sehr froh sein, dass wir bisher gemeinsam mit unseren Partnern verhältnismäßig reibungslos die aktuelle Situation meistern konnten. Doch auch wenn inzwischen weitgehende Lockerungen der pandemiebedingten Einschränkungen eine schrittweise Rückkehr zum gewohnten Leben und Arbeiten ermöglichen, liegen noch große Herausforderungen vor uns.

In Krisenzeiten, wie wir sie aktuell durchleben, wird vieles hinterfragt. Unternehmen werden sich bewusst, dass sie möglicherweise in der Vergangenheit die falschen Optimierungsziele gewählt haben. Durchlaufzeiten und Kosten sind nicht die einzigen Kriterien, die bei der Gestaltung der Geschäftsprozesse und Lieferketten eine Rolle spielen sollten. Die anhaltenden Diskussionen um den Klimawandel haben in vielen Unternehmen zu der Erkenntnis geführt, dass Prozessverbesserungen auch im Hinblick auf Umweltfolgen bewertet werden müssen bzw. dass Nachhaltigkeit sogar selbst zu einem Unternehmensziel werden kann, das mittel- bis langfristig auch zu wirtschaftlichem Erfolg führt. Die Coronakrise macht uns bewusst, dass Reserven bei Lagerkapazitäten und Ausfallsicherheit in Lieferketten, die typischerweise als erstes Kostenreduktionsprogrammen zum Opfer fallen, eben doch nicht einfach nur wegrationalisiert werden sollten. Produktionsverlagerungen in das auf den ersten Blick kostengünstigere Ausland können im Krisenfall zu problematischen Abhängigkeiten führen, die schon seit einigen Jahren unter dem Stichwort Souveränität der Volkswirtschaft diskutiert werden. Dies gilt auch für die Informations- und Kommunikationstechnologie im Hinblick auf die Digitale Souveränität.

Der Blick in die Vergangenheit mit darauf basierenden Prognosen für die Zukunft – wie sie bei Big Data typisch ist – hilft nur weiter, wenn sich wenig an den Rahmenbedingungen verändert. Bei großen Änderungen und bei

extremen Störungen ist bei den zentralen politischen und wirtschaftlichen Fragen der Mensch gefragt: seine einzigartigen mentalen Fähigkeiten sind für Optimierungs- und Entscheidungsalgorithmen noch unerreichbar.

Was können wir für die Zukunft lernen? Bei allem Verständnis für Forderungen nach Optimierung sollte man die Optimierungskriterien nicht zu eng fassen. Es müssen auch die Bedürfnisse der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen, die Gesellschaft und auch die Umwelt im Hinblick auf mögliche negative Auswirkungen von vermeintlichen Verbesserungen berücksichtigt werden. Bei der Optimierung des Normalbetriebs sollte nicht vergessen werden, dass es auch Krisenzeiten geben kann: marktbezogene Ausnahmesituationen im Unternehmen, unvermeidbare Naturkatastrophen oder durch den Menschen verursachte Krisensituationen. Die weltweite Vernetzung sorgt dafür, dass auch (vermeintlich) weit entfernte Krisengebiete Folgen bis hin zu uns haben. Insofern dürfen aktuelle Entscheidungen nicht nur vergangenheitsbasiert getroffen werden, sondern auch und gerade im Hinblick auf akzeptable Risiken und erforderliche Wappnen für zukünftige Krisen. Risikomanagement wird zu einer immer wichtiger werdenden Aufgabe für Entscheiderinnen und Entscheider in Unternehmen und Politik.

Auch die Rolle der Wissenschaft bei gesellschaftlich relevanten Entscheidungen wird hinterfragt. Es wird offensichtlich, dass einzelne Disziplinen selten umfassende Antworten auf die komplexen Fragestellungen unserer Zeit liefern können. Die Vernetzung der Disziplinen ist eine zunehmende Herausforderung für Hochschulen und Forschungseinrichtungen ebenso wie für die nationalen und internationalen Fördermittelgeber.

Doch jede Krise ist zugleich auch eine Chance. Wichtige Herausforderungen, deren Lösung von essentieller Bedeutung für die Zukunft unsere Gesellschaft sind, werden klarer sichtbar und auch die Bedeutung der Forschung als wichtige Referenz für politische Entscheidungen bekommt einen neuen Stellenwert.

Gemeinsam müssen wir nun daran arbeiten, dass wir die Erkenntnisse aus der aktuellen Situation dafür nutzen, unsere Forschungsziele zu schärfen, um damit nicht den gewohnten Zustand wieder herzustellen zu wollen, sondern mit Innovationen eine bessere Zukunft gestalten zu können.

So funktioniert Zukunft

Krisenbedingt stehen viele Unternehmen – gerade auch aus dem Mittelstand – vor finanziell schwierigen Situationen. Das ambitionierte Konjunkturprogramm der Bundesregierung zielt für den Neustart nach der Krise neben den Handlungsfeldern Nachhaltigkeit und Gerechtigkeit vor allem auch darauf ab, Innovationen zu fördern. Nach einer aktuellen Unternehmensbefragung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie sehen sich jedoch viele Unternehmen aus finanziellen Gründen gezwungen, ihre Aktivitäten im Bereich Forschung und Entwicklung zu reduzieren oder sogar laufende Projekte abzubrechen.

Für das FZI ist es eine wichtige Aufgabe, Unternehmen dabei zu unterstützen, ihre Innovationskraft auch nach der Krise zu erhalten und auszubauen. Dafür arbeiten wir mit unseren Partnern in gemeinsamen und häufig öffentlich geförderten Forschungsvorhaben zusammen und sehen ebenso ein großes Potential in unserer exzellenten Weiterbildung von zukünftigen Fach- und Führungskräften.

Wir sind davon überzeugt, dass das FZI gestärkt aus der aktuellen Krise hervorgehen wird und die gesammelten Erfahrungen jetzt und in Zukunft dafür nutzt, die Forschung am FZI zukunftssicher auszurichten, um unseren Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft, Verwaltung und Politik die passende Unterstützung bieten zu können. Der richtige Einsatz öffentlicher Forschungsmittel wird eine zentrale Bedeutung für die Bewältigung der nun anstehenden Aufgaben haben und wird die kurzfristigen Anstrengungen zur Stärkung der Konjunktur langfristig unterstützen.

Wir danken Ihnen allen, unseren Projektpartnern, Förderern und Wegbegleitern, für Ihr Vertrauen und Ihre vielfältige Unterstützung. Einen ganz besonderen Dank möchten wir an dieser Stelle auch unseren Kolleginnen und Kollegen am FZI aussprechen, die durch ihren Einsatz und ihr verantwortliches Handeln dafür sorgen, dass wir auch unter schwierigen Bedingungen unseren Aufgaben weiterhin gerecht werden können.

Wir sind stolz darauf, in einem solchen Team arbeiten zu dürfen und freuen uns darüber, Ihnen mit dem vorliegenden Bericht einen Ausschnitt unserer Aktivitäten 2019/2020 vorzustellen.

Viel Spaß beim Lesen! Über Rückmeldungen und Anregungen freuen wir uns jederzeit.

#IBUILDROS
ROS

FASZINATION Forschung

8 Wer wir sind.

8 Was wir tun.

/ Forschungsschwerpunkte

9 Safety, Security and the Law

14 Applied Artificial Intelligence

19 Intelligent Transportation Systems

23 Collaborative Robots and Virtual Engineering

28 Smart Infrastructure and Energy Solutions

/ Ausgewählte Projekte

11 Projekt FLUIT

12 Projekt ReKoNeT

16 Projekt vCare

17 Projekt de:hub Artificial Intelligence

21 Projekt SetLevel4to5

22 Projekt PAG Innovationscampus

25 Projekt SeRoNet

26 Projekt Sim2Log VR

30 Projekt LieferBOT-e

31 Projekt Synergiequartier Walldorf

— Wer wir sind. Was wir tun.

Das FZI Forschungszentrum Informatik ist eine gemeinnützige Einrichtung für Informatik-Anwendungsforschung und Technologietransfer. Seit mehr als drei Jahrzehnten bringt das FZI die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse der Informationstechnologie als praxistaugliche Lösungen in Unternehmen und öffentliche Einrichtungen. Dabei qualifiziert das FZI junge Menschen für eine akademische Karriere, einen beruflichen Einstieg in die Wirtschaft oder auch den Sprung in die Selbstständigkeit.

22 Professorinnen und Professoren verschiedener Universitäten geben als FZI-Direktorinnen und -Direktoren Impulse aus der universitären Forschung über die Forschungsprojekte weiter in Wirtschaft und Gesellschaft. Sie betreuen wissenschaftlich die interdisziplinären Forschungsgruppen am FZI, in denen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des FZI innovative Konzepte, Software-, Hardware- und Systemlösungen für eine Vielzahl an Auftraggebern erforschen und die erarbeiteten Lösungen prototypisch umsetzen. Wissenschaftliche Exzellenz und gelebte Interdisziplinarität sind fest in der Organisation des FZI verankert.

20 der 22 Direktorinnen und Direktoren lehren am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) an einer der vier Fakultäten Informatik, Elektrotechnik, Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften. So entsteht eine besondere Nähe zum KIT. Das FZI ist der Innovationspartner des KIT im Bereich Informations- und Kommunikationstechnologien.

Als gemeinnützige Stiftung des bürgerlichen Rechts arbeitet das FZI unabhängig für und mit Unternehmen und öffentlichen Institutionen jeder Größe: Kleinbetriebe und Konzerne sowie regionale Verwaltungen, Länder, Bund und EU.

Der Hauptsitz des FZI liegt in Karlsruhe, zudem ist das FZI mit einer Außenstelle in Berlin vertreten. So wird die überregionale Stellung des FZI gestärkt und der direkte Kontakt zu Politik und Verbänden auch auf Bundesebene gefördert.

Im Bereich der Informationstechnologie übernimmt das FZI in Baden-Württemberg die Funktion einer Innovationsdrehscheibe. Als neutrale Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Wirtschaft verbindet das FZI universitäre Forschung mit praktischer Anwendung. Das FZI ist zudem Mitglied der Innovationsallianz innBW und der Innovationsallianz TechnologieRegion Karlsruhe. In der Region engagiert sich das FZI u. a. als Gesellschafter der TechnologieRegion Karlsruhe sowie bei der inno-Werft – Technologie- und Gründerzentrum Walldorf Stiftung GmbH. Darüber hinaus ist das FZI beteiligt am European Center for Information and Communication Technologies – EICT GmbH.

Gemeinsam mit dem Unternehmerverband CyberForum e.V. hat das FZI das DIZ | Digitales Innovationszentrum ins Leben gerufen. Als neutrale und unabhängige Anlaufstelle begleitet das DIZ den baden-württembergischen Mittelstand auf dem Weg in die digitale Souveränität und hilft dabei, Wertschöpfungsketten nachhaltig in die digitale Welt zu überführen. IT-Sicherheit und Datenschutz sollen dabei in allen Facetten gewährleistet bleiben. Umgekehrt werden aber auch die Bedürfnisse des Mittelstandes abgeleitet und in Form von Handlungsempfehlungen an die Landesregierung vermittelt.

Unsere Branchenschwerpunkte

In ihren Forschungsbereichen widmen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des FZI insgesamt sieben Anwendungsfeldern der Informatik:

- **Automation und Robotik**
- **Energie**
- **Gesundheitswesen**
- **Mobilität**
- **Produktion und Logistik**
- **Software-Entwicklung**
- **Wissen und Informationsdienste**

Mehr dazu finden Sie ab Seite 36.

— Safety, Security and the Law
Klare Rahmenbedingungen für sichere digitalisierte Produkte

Die Aktivitäten des FZI-Forschungsschwerpunkts „Safety, Security and the Law“ versetzen Unternehmen in die Lage, sichere digitalisierte und vernetzte Produkte herzustellen und zu vermarkten. FZI-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Schwerpunkts erforschen dazu unter anderem die rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen der Informationstechnologie. Mit ihrem Wissen sorgen sie dafür, dass neu entwickelte IT-Soft- und Hardware rechtlichen und sicherheitsrelevanten Anforderungen ebenso genügen wie den Ansprüchen der Kunden.

Die Digitalisierung bietet Unternehmen große Chancen, vernetzte und deshalb attraktive Produkte zu entwickeln – vom autonom fahrenden Fahrzeug über intelligente Stromzähler und vernetzte Fertigungsanlagen bis zum mitdenkenden Kühlschrank. Das Thema ist allerdings hochkomplex: Es gilt, nicht nur technische Aspekte wie Fragen der funktionalen Sicherheit und IT-Sicherheit, sondern auch regulatorische Rahmenbedingungen wie beispielsweise Haftung oder Datenschutz zu bedenken. Für viele Produzenten sind das große Hürden.

Das FZI ist mit seinem Forschungsschwerpunkt „Safety, Security and the Law“ gerade für kleine und mittlere Unternehmen (KMUs) ein kompetenter Ansprechpartner, wenn es um die Klärung entsprechender Fragen und Erforschung neuer Lösungsansätze geht: Hier kooperieren Spezialisten für sichere Soft- und Hardwareentwicklung, sowie Experten für Kryptographie eng mit Juristen, die ihren Schwerpunkt im IT-Recht und in der rechtlichen Bewertung von digitalisierten und vernetzten Produkten haben. Gemeinsam mit den Forschenden aus Fachdomänen des FZI wie Mobilität, Energie, Artificial Intelligence oder Robotics erarbeiten sie unter Berücksichtigung juristischer und technischer Aspekte zusammen mit Unternehmen neue Konzepte für sichere digitalisierte Produkte.

Als Forschungseinrichtung arbeitet das FZI nicht im luftleeren Raum, sondern orientiert sich an den Bedürfnissen der Praxis. Ein Beispiel aus dem Bereich Security ist die „Cyberwehr Baden-Württemberg“: In diesem Projekt unterstützt das FZI KMUs, nach einem Cyberangriff wieder arbeitsfähig zu werden, Schwachstellen in der IT-Architektur zu identifizieren und diese abzustellen. Das nützt betroffenen Firmen in Baden-Württemberg und ermöglicht den FZI-Forscherinnen und -Forschern, grundsätzliche Erkenntnisse über die Herausforderungen bei der sicheren Gestaltung von vernetzten IT-Systemen zu gewinnen. Auch Projekte wie „CyberProtect“ und „ReKoNeT“ *(siehe Seite 12)* zielen in diese Richtung und sind Leuchtturmprojekte des Forschungsschwerpunkts.

Nicht nur Security, sondern auch Safety – also die funktional sichere Interaktion vernetzter IT-Systeme mit der physischen Welt – ist für Wirtschaftsakteure von großer Bedeutung. Bekannt dafür sind die Bereiche des autonomen Fahrens oder der Produktion. Ein Beispiel hierfür stellt die zweite Phase des Projekts „SAFE4I – Sicherer Automatischer Software-Entwurf“ dar *(siehe auch Seite 45)*.

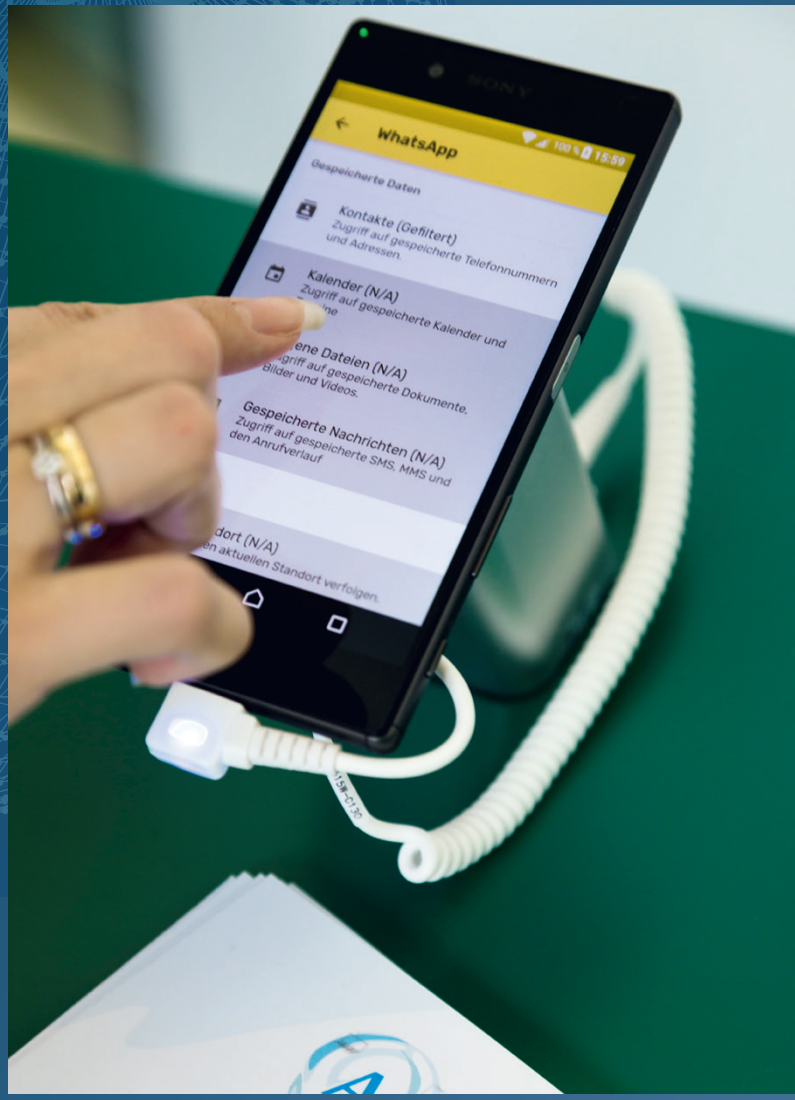
Das FZI ist stark in der Entwicklung von Technologien, die für diese Anwendungsfelder benötigt werden. So hat das FZI in diesem Zusammenhang mit

dem Aufbau eines Prüflabors für sichere IoT- und Automotive-Komponenten begonnen. Aber die Forschenden am FZI beschäftigen sich auch intensiv mit rechtlichen Safety-Aspekten vernetzter Produkte: Welche Voraussetzungen müssen für die Zulassung selbstlernender Systeme etwa in autonomen Fahrzeugen erfüllt sein? Welche Haftungsfragen stellen sich – und wie müssen sie juristisch beantwortet werden? Mit der Analyse dieser Aspekte trägt das FZI dazu bei, dass Unternehmen und Anwender einen sicheren Rahmen für ihre Aktivitäten bekommen.

Dabei gilt es, auch die Gesetzeslage zu durchleuchten und ihre Anpassung an aktuelle IT-Entwicklungen zu forcieren. Zusammen mit Akteuren aus Wirtschaft, Verbänden und Politik untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, welche Auswirkungen Gesetze unterschiedlicher Rechtsbereiche auf die Konzeption, die Sicherheitsarchitektur, die Herstellung und den Einsatz digitalisierter Produkte haben. Politikerinnen und Politikern wird beratend Fachwissen zur Verfügung gestellt, damit diese Gesetze mit Bezug zu Informationstechnologie und zur Digitalisierung von Produkten in sich konsistent gestalten können.

Im Fokus des Forschungsschwerpunkts „Safety, Security and the Law“ steht darüber hinaus der LegalTech-Bereich. Er umfasst selbstlernende Verfahren, die bei rechtlichen Fragestellungen automatisiert Entscheidungen treffen oder Rechtsberatung leisten können. Diesen Bereich erweitert das FZI systematisch. Große Bedeutung hat dabei unter anderem die Klärung der Frage, ob digitale Rechtsberatungsassistenten rechtlich zulässig und mit der geltenden Rechtslage vereinbar sind.

Ein wichtiges Asset des FZI ist seine Unabhängigkeit. Gerade bei rechtlichen Fragestellungen und Fragen zur Sicherheit von IT-Systemen ist dies ein entscheidendes Kriterium, um als vertrauenswürdiger Partner insbesondere von Unternehmen auftreten zu können. Diese Unabhängigkeit des FZI in Kombination mit ausgewiesener fachlicher Expertise sichert den Forschungsergebnissen und Bewertungen von neuen Technologien sowie digitalisierten Produkten hohe Glaubwürdigkeit in Wissenschaft, Wirtschaft und Politik.



— Safety, Security and the Law
Ausgewählte Projekte

FLUIT
Sicherheit für vernetztes Flugverkehrsmanagement

Förderung:
Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bekanntmachung „Zivile Sicherheit – Kritische Strukturen und Prozesse in Produktion und Logistik“

Partner:
FREQUENTIS-COMSOFT GmbH, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., DLR Gesellschaft für Raumfahrtanwendungen mbH, EDMO-Flugbetrieb GmbH Sonderflughafen Oberpfaffenhofen, AIRSYS – Airport Business Information Systems GmbH des Flughafen Hamburg

Laufzeit:
01.05.2019 – 30.04.2022

Kommunikation, Navigation und Überwachung des Flugverkehrs sind Aufgaben der Flugsicherung. Sie schützt Luftfahrzeuge vor Gefahren und sorgt nicht nur im Personentransport für einen reibungslosen Ablauf: Luftfracht ist für die Logistik-Branche heute unverzichtbar, ob im internationalen Warenhandel oder bei der Versorgung der Bevölkerung mit lebenswichtigen Gütern wie Medikamenten. Damit ist die Flugsicherung ein Angriffsziel, bei dem viel auf dem Spiel steht. Fortschreitende Digitalisierung und Vernetzung machen auch beim Flugverkehr keinen Halt. So werden IT-Systeme von Flugsicherungsbetreibern in Zukunft den gleichen IT-Sicherheitsbedrohungen ausgesetzt sein, wie auch schon Systeme der Industrie 4.0 und der Internet of Things. Es fehlen jedoch verbindliche IT-Sicherheitsstandards und -regeln.

Für den Betrieb eines vernetzten Flugverkehrsmanagementsystems werden die aktuelle IT-Sicherheitslage in der Flugsicherung erfasst und Maßnahmen entwickelt, die geeignet sind, diesen Bedrohungen zu begegnen. Dazu entwickeln die Projektpartner einen Katalog von Sicherheitskriterien, Best Practices, neuen Richtlinien, Methoden und Standardvorgehensmodellen, die als Grundlage für ein internationales Standardisierungsvorhaben dienen können.

Das FZI trägt in diesem Projekt insbesondere seine Expertise bei der Identifikation und Analyse von Sicherheitsbedrohungen, sowie bei der Definition und Empfehlung von Schutzmaßnahmen, bei.

Mehr unter
https://www.fzi.de/aktuelles/news/detail/artikel/sicherheit-fuer-die-flugsicherung/

ReKoNeT
Datenbasierte Regelung kollaborativer Wertschöpfungsnetzwerke mittels geschützter Transparenz

Förderung:
Bundesministerium für Bildung und Forschung, „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“

Partner:
Robert Bosch GmbH, Festo SE & Co. KG, Wittenstein SE, Profiroll Technologies GmbH, HPO Häfner Präzisionsteile Oberrot GmbH, Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft AG, 4flow AG, Pickert & Partner GmbH, Karlsruher Institut für Technologie

Laufzeit:
01.10.2018–30.09.2021

Im Projekt ReKoNeT werden Technologien, Konzepte und Rahmenbedingungen erforscht, mit denen Daten über Unternehmensgrenzen hinweg zwischen an einem Wertschöpfungsnetzwerk beteiligten Unternehmen, Akteuren und Systemen sicher ausgetauscht werden können. Das dadurch entstehende Wissen soll Prozesse effizienter, stabiler und nachvollziehbarer machen und den beteiligten Unternehmen eine kontinuierliche Selbstoptimierung ermöglichen. Ziel des Projektes ist es, Unternehmen eines Wertschöpfungsnetzwerks – insbesondere KMU – zu befähigen, diese effizienter zu nutzen und gemeinsam im Sinne eines Systemoptimums zu agieren. Hierfür werden konkrete Handlungsempfehlungen für die Kollaboration aus datengetriebenen Modellen abgeleitet sowie eine Referenzarchitektur für den Datenaustausch unter sicherheitstechnischen Aspekten entwickelt.

Das FZI bringt seine Expertise zu Sicherheitsmechanismen und -architekturen und sicherer und vertrauenswürdiger Datenverarbeitung ein sowie seine langjährige Erfahrung mit der juristischen Analyse komplexer IKT-Infrastrukturen, insbesondere im Bereich des Datenschutzes. Weitere Schwerpunkte des FZI innerhalb des Projektes sind Data Mining sowie Predictive und Presciptive Analytics, Design und Konzeption von Anreizsystemen und digitalen Geschäftsmodelle im Gefüge moderner Marktmechanismen.

Mehr unter
http://projekt-rekonet.de/

„Die frühzeitige Einbeziehung rechtlicher Aspekte ist entscheidend für die spätere Verwertbarkeit der Forschungsergebnisse.“

Silvia Balaban
Leiterin Themenfeld Recht

— Applied Artificial Intelligence
Im Mittelpunkt steht der Mensch

Künstliche Intelligenz (KI) spielt Schach oder GO auf Weltmeister-Niveau, sagt Schäden in Industrieanlagen präzise voraus oder erkennt auch kleinste Tumore im Röntgenbild. Wie genau sie ihre Schlüsse zieht, z. B. wie sicher und vollständig, dass muss in Zukunft noch erforscht und erklärbar gemacht werden. Denn um in der Gesellschaft akzeptiert zu werden, muss KI vor allem transparent und nachvollziehbar sein. Deshalb entwickeln die interdisziplinären Teams im Forschungsschwerpunkt „Applied AI“ nicht nur innovative Konzepte, Algorithmen oder Hardware der nächsten Generation. Sie haben auch die gesellschaftlichen, rechtlichen und ethischen Aspekte von Anfang an im Blick. Denn im Mittelpunkt steht für die FZI-Forschenden der Mensch – auch beim Einsatz Künstlicher Intelligenz.

Industrie, Wissenschaft, Logistik, Handel und Verbraucher haben heute eines gemein: Sie produzieren Datenmengen, die mit klassischen Methoden nicht mehr sinnvoll handhabbar sind. Künstliche Intelligenz ist deshalb das Schlagwort der Stunde; neuronale Netze und maschinelles Lernen sind die Werkzeuge der Zukunft. Strikte Handlungsanweisungen, wie bei klassischen Computerprogrammen, gibt es hier nicht. Angelehnt ans menschliche Gehirn, lernen die Programme stattdessen, z. B. Muster in Datensätzen zu finden und zu interpretieren. Die einzelnen Schritte auf dem Weg zur Erkenntnis bleiben den allermeisten Menschen verborgen. Das weckt nicht nur Vorbehalte und schürt Ängste in der Gesellschaft. Der Bedarf an hochspezialisierten Fachkräften behindert auch den Einzug von KI vor allem in den Mittelstand, der selten über einen großen Pool an IT-Experten verfügt.

Wie sich die Entscheidungen der Algorithmen für die menschlichen Benutzer begreif- und nachvollziehbar gestalten lassen, ist eine zentrale Frage im Human-centered Interactive Machine Learning, einem der Eckpfeiler des Forschungsschwerpunkts „Applied AI“. Unter dem Schlagwort Erklärbare KI (Explainable AI) entwickeln die FZI-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Algorithmen, die ihr Tun auch für Nicht-Fachexperten nachvollziehbar und verständlich machen.

Als Querschnittstechnologie sind die Anwendungsbereiche für Künstliche Intelligenz riesig. In der Logistik kann sie beispielsweise Lieferketten optimieren. Beim autonomen Fahren soll sie in Zukunft Situationen automatisch erkennen und darauf, auch kooperativ mit anderen, reagieren – ein Bereich, bei dem die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eng mit ihren Kollegen vom der Forschungsschwerpunkt „Intelligent Transportation Systems“ verzahnt sind und ihre Algorithmen unter realen Bedingungen auf dem Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg testen können. In der Robotik wird KI die Zusammenarbeit von mechanischen und menschlichen Kollegen auf eine neue Stufe führen. Das bringt die Automatisierung konsequent voran und bereitet autonomen Systemen den Weg.

Und auch das Gesundheitswesen soll von Künstlicher Intelligenz des FZI profitieren. Zum Beispiel durch einen virtuellen Coach, den die Forscherinnen und Forscher entwickelt haben. Personalisiert begleitet er ältere Menschen nach Krankheit oder Unfall durch die Rehabilitation. Das nennt sich Entscheidungsunterstützung oder Recommender Systems. Dazu lernt die KI ihren Schützling kennen; erfährt sein Krankenbild vom Arzt; extrahiert das Wissen des Experten; bereitet es auf und wendet es an *(siehe auch Projekt vCare auf Seite 16)*. Ein

Prozess, der Imitation Learning heißt. Dann unterbreitet der Coach seinem Patienten Vorschläge, den Tagesablauf zu gestalten. Die rechtfertigt er anschließend vor dem Arzt. Denn Transparenz und Nachvollziehbarkeit stehen auch hier an oberster Stelle. Am Ende, und das ist den Forschenden wichtig, optimiert der virtuelle Coach nicht nur die Gesundheit seines Patienten, sondern auch dessen seelisches Wohlbefinden.

– Künstliche Intelligenz technologisch weiter zu entwickeln, ist ein wichtiges Ziel des Forschungsschwerpunkts Applied AI. Dazu gehört für die FZI-Forschenden auch, KI transparent und nachvollziehbar zu machen.

Doch nicht nur Konzepte, Algorithmen und Werkzeuge des maschinellen Lernens stehen im Mittelpunkt. Auch an der Hardware wird beim FZI geforscht, denn schon heute bringt Künstliche Intelligenz die Computersysteme an ihre Leistungsgrenzen. An hochgerüsteten Computern mit hunderten Prozessoren führt oft kein Weg vorbei. Das benötigt nicht nur große Mengen Energie, es schränkt auch den Einsatz von KI-Systemen ein und ist in manchen Fällen obendrein noch eine Herausforderung für Datenschutz- und Datensicherheit. Zum Beispiel, wenn Bilder aus sensiblen Bereichen automatisch analysiert werden sollen. Gehen diese erst den Weg in die Cloud und von dort in große Rechenzentren, sind die Daten an- und abgreifbar. Sie gleich am Ort ihres Entstehens zu verarbeiten, wäre hingegen sehr viel sicherer. Denn dann sendet die Überwachungseinheit nur noch die relevanten Informationen, während Betriebsgeheimnisse oder schützenswerte Daten Unbeteiligter gar nicht erst ins Netz gelangen.

Daten dort mit KI zu verarbeiten, wo sie entstehen, nennt sich Edge Computing und ist eine wichtige Säule im Forschungsschwerpunkt „Applied AI“. Dafür optimieren die Forscherinnen und Forscher am FZI nicht nur herkömmliche Technik wie Grafikprozessoren, die besonders gut mit KI-Algorithmen umgehen können. Sie entwickeln auch Low-Power Systeme, die beispielsweise direkt an Industrieanlagen eingesetzt werden können. Sie setzen auf hohe Parallelisierung in der Datenverarbeitung, beispielsweise im Internet der Dinge (IoT), wo KI-Berechnungen auf verschiedene Geräte aufgeteilt werden können. Und sie arbeiten an den Computern von übermorgen, in denen neuromorphe Prozessoren nach dem Vorbild des menschlichen Gehirns die KI endgültig in die großen und kleinen Alltagshelfer integrieren sollen.

— Applied Artificial Intelligence
Ausgewählte Projekte

vCare
Virtual Coaching Activities for Rehabilitation in Elderly

Förderung:
Europäische Union, Forschungsrahmenprogramm Horizon2020

Partner:
Technische Universität Dresden, Casa di Cura Privata del Policlinico, AIT Austrian Institute of Technology GmbH, MySphera SL, Servicio Vasco de Salud Osakidetza, Imaginary SRL, European Health Telematics Association, Universitatea de Medicina si farmacie 'Carol Davila' din Bucuresti, Aarhus Universitet, Innovation Sprint, SIVECO Romania SA

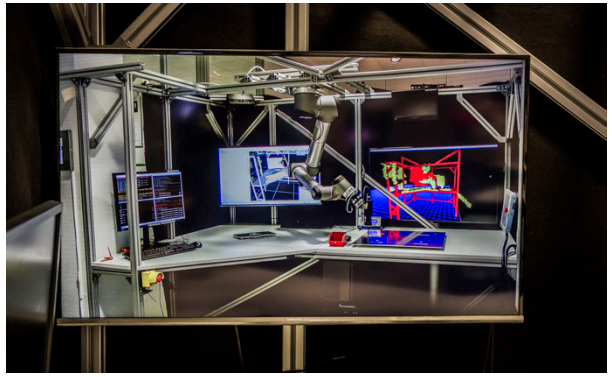
Laufzeit:
01.09.2017 – 31.08.2022

Um das Rückfallrisiko einer schweren Akuterkrankung im hohen Lebensalter zu senken, ist häufig eine aktive, durch die Betroffenen motivierte, Umstellung des Lebensstils nötig. In einer internationalen Forschergruppe wird im EU-geförderten Horizon2020-Projekt „vCare – Virtual Coaching Activities for Rehabilitation in Elderly" daran geforscht, wie durch eine intelligente Verknüpfung von Gesundheitsinformationen, Daten aus dem Wohnumfeld und aus der regelmäßigen Interaktion mit den Betroffenen ein maßgeschneiderter Übergang von der Rehabilitationsphase in das häusliche Umfeld gestaltet werden kann. Dazu wird ein virtuelles Coachingsystem entwickelt, das personalisierte Pflegepfade für Patienten vorschlägt.

Innerhalb des Projekt-Konsortiums verantwortet das FZI u.a. die Patienten- und Rehabilitierungsmodellierung, das Lernen und Finden von adäquaten Behandlungsvorschlägen sowie die Mustererkennung für erfolgreiche Behandlungspfade. Hierbei steht der Mensch im Mittelpunkt der Entscheidungsfindung, sodass auch die Erklärbarkeit der Vorschläge ein wichtiger Faktor ist. Durch einen interaktiven Lernansatz, der Techniken des Reinforcement Learning, Imitation Learning und Human-Centric AI verbindet, wird der Patient in die Lage versetzt, das gelernte Modell an persönliche Präferenzen und Erfahrungen selbständig anzupassen.

Mehr unter
https://vcare-project.eu/

— Applied Artificial Intelligence
Ausgewählte Projekte



de:hub Artificial Intelligence
Digital Hub Angewandte Künstliche Intelligenz Karlsruhe

Förderung:
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg

Auszeichnung:
Als 1 von 12 Hubs der Digital Hub Initiative durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2017)

Partner:
Über 20 Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft, darunter DIZ | Digitales Innovationszentrum, CyberForum e.V.

Laufzeit:
04.07.2019–30.06.2022

Der Digital Hub Karlsruhe baut auf den einzigartigen Kompetenzen der Region im Bereich der angewandten Künstlichen Intelligenz auf und bietet den vorhandenen Akteuren die Möglichkeit, sich und ihre Aktivitäten untereinander zu vernetzen und mit gemeinsamen, aufeinander abgestimmten Angeboten das KI-Ökosystem in der de:hub-Region weiter auszubauen. Zusätzlich erhalten die Partner des Digital Hub Unterstützung, um die internationale Sichtbarkeit Ihrer Angebote zu erhöhen.

Das Ziel ist, KI-Methoden und -Technologien in die Anwendung zu bringen. Dafür setzt der Hub auf Kooperationen, um Ideen, Köpfe und Kompetenzen zu vernetzen sowie gemeinsam innovative Angebote für die Wirtschaft bereitzustellen. Angewandte KI wird dabei als ganzheitlicher Prozess begriffen: Die Unterstützung von Unternehmen beschränkt sich nicht nur auf die Implementierung von KI-Lösungen, sondern umfasst darüber hinaus Aufklärung, Sensibilisierung sowie Training/Qualifikation/Weiterbildung und Change Management.

Das FZI ist als Gründungs- und Steuerkreismitglied des Digital Hub maßgeblich in dessen strategische Entwicklung eingebunden. Darüber hinaus engagiert sich das FZI auf operativer Ebene im Hub-Management und steht daher in regem Austausch mit Akteuren aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik. Bei relevanten Veranstaltungen und Workshops steuert das FZI zudem Expertise im Bereich der angewandten KI bei.

Mehr unter
https://digitalhub-ai.de/

„Das FZI bietet durch seine Offenheit jede Menge Spielraum, eigene Ideen zu entwickeln und diese auch umzusetzen.

Das Schöne am FZI ist, dass man immer die Möglichkeit hat, Forschungsideen in die Anwendung zu bringen. Das bedeutet, dass schon früh ersichtlich wird, ob eine Lösung in der Praxis weiterhelfen kann.“

Dr. Dominik Riemer
Bereichsleiter des Forschungsbereichs
Information Process Engineering

— Intelligent Transportation Systems
Forschung für die Mobilität der Zukunft

Ein Blick auf zugeparkte Innenstädte oder auf kilometerlange Autobahnstaus zeigt: Wir brauchen neue, intelligente Mobilitätssysteme, in denen Mensch, Umwelt und Fahrzeug besser miteinander harmonieren. Im Forschungsschwerpunkt „Intelligent Transportation Systems" arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern genau daran. Für die Mobilität der Zukunft entwickeln sie automatisierte kooperative und interagierende Mobilitätssysteme – vom autonomen Fahrzeug über neuartige Konzepte für den Öffentlichen Personennahverkehr bis hin zu KI-gestützten Verfahren für das Management der persönlichen Mobilität. Durch enge Kooperation mit Unternehmen aus dem Mobilitätssektor schlagen sie dabei die Brücke zwischen Grundlagenforschung und Praxiseinsatz.

Die Mobilitätsforschung des FZI zeichnet sich durch die große Breite der vorhandenen Kompetenzen aus. Nahezu alle Forschungsabteilungen des FZI sind an diesen Aktivitäten beteiligt. Im Zentrum steht dabei die Forschung an automatisierten, kooperierenden und vernetzten Mobilitätssystemen. Für sie sind vier am FZI etablierte Technologiefelder von übergeordneter Bedeutung: Automatisierte Fahrfunktionen, Künstliche Intelligenz, Umsetzung in Hardware und Software sowie Verifikation und Validierung.

Um die Automatisierung in Mobilitätssystemen voranzutreiben, müssen diese verstärkt Aufgaben übernehmen, die bisher von Menschen geleistet worden sind – beispielsweise die Wahrnehmung, Erkennung und Einordnung des Umfelds. Dazu entwickeln Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des FZI neue Algorithmen und Verfahren: Mit ihnen wird es immer besser und verlässlicher möglich, das Verhalten von Menschen und Objekten im Verkehrsgeschehen auf der Basis von Wahrscheinlichkeiten vorherzusagen und Trajektorien zu planen.

Die Mobilität der Zukunft erfordert den Einsatz Künstlicher Intelligenz (KI). Das bezieht sich nicht nur auf automatisierte Mobilitätssysteme, sondern auch auf unterstützende Funktionen – etwa Systeme für das Management der persönlichen Mobilität oder für makroskopische Prognosen, beispielsweise zum Verkehrsaufkommen. Unter Einsatz künstlicher neuronaler Netze wird KI vor allem im Bereich automatisierter Fahrfunktionen zur Anwendung gebracht – beispielsweise für die Wahrnehmung und Klassifikation von Personen und Gegenständen im Fahrumfeld. Aber auch an der automatisierten Erfassung und Einplanung von Frachtgut im Logistikumfeld und an der intelligenten Kombination von Öffentlichem Personennahverkehr mit dem Gütertransport arbeiten die FZI-Mobilitätsforscherinnen und -forscher verstärkt.

Algorithmen sorgen jedoch nicht allein dafür, dass Mobilität automatisiert abläuft: Sie müssen vielmehr in Hard- und Software aufgeteilt und implementiert, über Sensoren mit Daten aus dem Umfeld versorgt und mit intelligenter Infrastruktur – etwa Ampelanlagen – vernetzt werden. Für diese Umsetzung werden im Forschungsschwerpunkt hochleistungsfähige und verlässliche Hardwarearchitekturen erforscht und mit der erforderlichen Software ausgestattet. Dabei setzt das FZI auf digitale Dienste, Ausfallsicherheit und Integration von Künstlicher Intelligenz. Für die Entwicklung verbesserter Sensor- und Kommunikationssysteme greifen die Forschenden am FZI entweder auf bereits vorhandene Technologien zurück, die sie mit neuartigen Leistungsmerkmalen ausstatten oder auf neuartige Weise zusammenstellen und so zusätzlichen Nutzwert

erzeugen. Ist dies nicht möglich, entwickeln sie in Kooperation mit Unternehmen völlig neue Technologieansätze.

Allen Einsatzfeldern der KI ist eigen, dass verstärkte Anstrengungen bei Verifikation und Validierung künstlich intelligenter Systeme beispielsweise bei Kognition oder Reaktion auf plötzliche eintretende Szenarien erforderlich sind. Dank seiner Grundlagenkompetenz in KI und der Stärke in den Bereichen Simulation und Rechtsinformatik ist das FZI bestens aufgestellt, diese Herausforderung anzugehen: Im engen interdisziplinären Austausch werden künstlich lernende Systeme auf ihre Verlässlichkeit und Praxistauglichkeit getestet. Rechtliche Fragestellungen etwa hinsichtlich Produktzulassung, Haftung oder gesetzlichen Regelungslücken werden hier ebenfalls fundiert bearbeitet.

– Damit Mensch, Umwelt und Fahrzeug in Zukunft besser harmonieren, forscht das FZI an automatisierten kooperativen und interagierenden Mobilitätssystemen.

In der Mobilitätsforschung ist das FZI ein gefragter Ansprech- und Kooperationspartner für technologiegetriebene Unternehmen und die öffentliche Hand: Die anerkannte Kompetenz des FZI im gesamten Branchenumfeld und über die Ländergrenzen hinweg

basiert darauf, dass das FZI sämtliche Aspekte rund um das Thema beforscht und grundsätzliche ebenso wie praxisorientierte Fragestellungen beantworten kann. Dabei ist die am FZI vorhandene technische Ausstattung auf höchsten internationalen Niveau: Der Forschung stehen Prototypenfahrzeuge und modernste Testlabore zur Verfügung, mit deren Hilfe Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung in Richtung Anwendung weitergetrieben werden.

Real-Labore in seinem Umfeld sind ein weiteres wertvolles Asset des FZI: So können beispielsweise im Testfeld „Autonomes Fahren“ des Landes Baden-Württemberg neue Entwicklungen für automatisiert fahrende Autos, Busse und Nutzfahrzeuge für Zustelldienste oder Straßenreinigung getestet werden. Dabei ist das FZI in ein starkes Netzwerk aus Kommunen, Unternehmen, Verbänden und anderen Wissenschaftseinrichtungen eingebettet.

Für den Wissenstransfer misst das FZI dem Austausch mit der Politik große Bedeutung bei. So engagiert sich das FZI im Rahmen des Forschungsschwerpunkts „Intelligent Transportation Systems“ übergeordneten Aktivitäten wie dem Strategiedialog Automobilwirtschaft Baden-Württemberg oder in Gremien des Cluster Elektromobilität Süd-West – damit neue Ansätze für die Mobilität der Zukunft vom ersten Tage an auf gesellschaftliche Akzeptanz und Industrielle Erfordernisse stoßen.

— Intelligent Transportation Systems
Ausgewählte Projekte

SetLevel4to5
Simulationsbasiertes Entwickeln und Testen von Level 4 und 5 Systemen

Förderung:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Fachprogramm „Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien“

Partner:
17 nationale Partner aus den Bereichen Forschung, Wissenschaft und Industrie sowie namhafte deutsche Automobilhersteller

Laufzeit:
01.03.2019–29.02.2022

Automatisierte, vernetzte Fahrzeuge bieten ein hohes Potenzial zur Reduktion von Unfallzahlen und der Erhöhung des Insassenschutzes. Zugleich kann durch ihre Fahrstrategien die Verkehrsinfrastruktur optimal genutzt und damit die Effizienz im Straßenverkehr gesteigert werden. Für den urbanen Raum gilt dies insbesondere für automatisierte Fahrzeuge der SAE-Level 4 und 5 (vollautomatisiertes Fahren und autonomes Fahren) – ohne valide Testverfahren können diese jedoch nicht eingesetzt werden, selbst wenn deren Entwicklung Alltagstauglichkeit erreicht hat.

SetLevel4to5 strebt daher an, das simulationsbasierte Entwickeln und Testen dieser Fahrzeuge voran zu bringen, um so eine Basis für die Verifikation und Validierung sowie spätere Freigabe und Zulassung zu schaffen. Dadurch wird der Gesamtentwicklungsprozess kostengünstig beschleunigt und die Technologieführerschaft deutscher Unternehmen gesichert.

Ein Schwerpunkt des FZI liegt im Projekt auf der Szenarienbeschreibung und -definition zur simulativen Absicherung mit Fokus auf ein austauschbares standardisiertes Szenarienformat. Zudem werden realistische Sensormodelle für Radare sowie Fahrermodelle für beteiligte Verkehrsteilnehmer erarbeitet. Ergänzend stellt das FZI die automatisierte Fahrfunktion bereit, welche im Projekt als System Under Test verwendet wird.

Mehr unter
http://www.tuvpt.de/index.php?id=setlevel4to5

— Intelligent Transportation Systems
Ausgewählte Projekte

PAG Innovationscampus
Innovative Methoden für den Bereich des hochautomatisierten und assistierten Fahrens

Auftraggeber:
Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG

Laufzeit:
Seit 2019

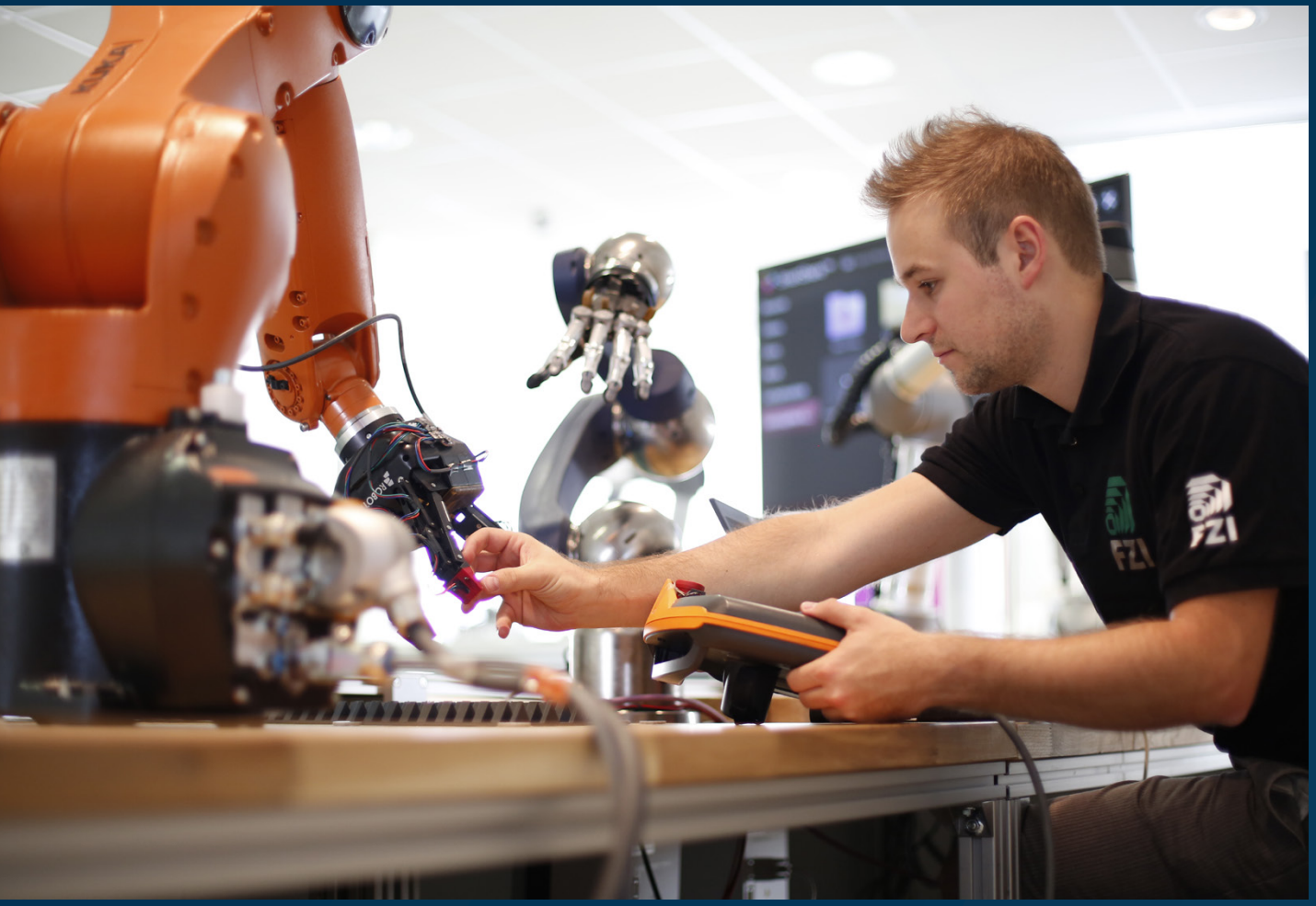
Von Haus aus besitzt Porsche tiefgreifende Kompetenzen in der Entwicklung von Fahrerassistenzfunktionen. Um sich eine strategische Position in diesen innovativen Themenbereichen zu sichern, wurde 2019 der Innovationscampus der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, kurz PAG, mit dem FZI im Bereich des hochautomatisierten Fahrens gegründet.

Die Zusammenarbeit fokussiert sich auf Künstliche Intelligenz, Konzepte zur innovativen Fahrzeugführung (von Sensorik bis Aktuatorik), Verifikation und Validierung sowie datengetriebene Entwicklungsvorgehen. In bis zu zehn parallelen, für sich abgeschlossenen Projekten zu den genannten Themen arbeiten Mitarbeitende des FZI und PAG gemeinsam und verfolgen zudem das Ziel der Promotion auf diesen Themenfeldern. Direktoren des FZI stellen dies in ihrer Funktion als Professoren am KIT sicher und bilden mit Führungskräften der PAG ein Supervisory-Board. Regelmäßig werden dabei der Arbeitsstand berichtet, die Strategie überdacht und neue Projektideen formuliert.

Ein gemeinsamer Versuchsträger des Innovationscampus erlaubt die anwendungsnahe Demonstration von erarbeiteten Ergebnissen am realen Fahrzeug. So gewinnen die FZI-Mitarbeitende wertvolle Einblicke in die Verwertbarkeit ihrer Projektergebnisse. Gemeinsam wurden diese bereits im Rahmen von Veranstaltungen wie dem FZI Open House sowie gemeinsamen Veröffentlichungen auf wissenschaftlichen Konferenzen dargestellt.

— Collaborative Robots and Virtual Engineering

Mensch und Technik werden zu Partnern



Mobile elektronische Assistenz im smarten Zuhause, Roboter als Kollegen in der digitalen Fabrik oder als autonome Helfer in lebensfeindlichen Umgebungen – all diese Anwendungen verbindet eine zentrale Frage: Wie werden Mensch und Technik auf einfache und sichere Weise zu Partnern? Antworten darauf suchen die FZI-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Forschungsschwerpunkt „Collaborative Robots and Virtual Engineering“. Denn sie wissen: Innovative Technik braucht die Akzeptanz der Nutzer, um fester Bestandteil des Alltags zu werden. Deshalb erforschen sie Methoden und entwickeln Konzepte, die Abläufe effizienter und die Bedienung intuitiver machen – sicher, wirtschaftlich und unabhängig vom Hersteller.

Roboter durchdringen immer mehr Bereiche des täglichen Lebens. Waren sie noch vor wenigen Jahren vor allem in der industriellen Fertigung zu finden, erobern sie heute auch Logistik, Medizin, Mobilität und sogar den privaten Bereich. Immer öfter arbeiten sie dabei auch mit Menschen zusammen. Diese Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) zu erforschen und zu optimieren, ist ein zentrales Element im Forschungsschwerpunkt „Collaborative Robots and Virtual Engineering“.

Effizienz spielt dabei eine ganz besondere Rolle. Denn die Investitionen in moderne Technik sind hoch. Unnötige Stillstandzeiten, zum Beispiel, wenn der Roboter warten muss, weil er den Menschen nicht versteht, gehen zu Lasten der Wirtschaftlichkeit. Eine reibungslose Zusammenarbeit von hochentwickelten Maschinen und menschlichen Fachkräften ist deshalb nur gegeben, wenn der Roboter vom bloßen Werkzeug in den Stand eines Kollegen und Partners erhoben wird. Das heißt: Mensch wie Maschine müssen ihr Gegenüber erkennen, die Intentionen interpretieren und mit miteinander kommunizieren können. Kurz: Sie müssen einander verstehen lernen.

Diese Herausforderung nehmen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des FZI täglich an und tauchen dafür auch in die virtuelle Welt ein. Mit Anwendungen der erweiterten und virtuellen Realität (Augmented Reality – AR und Virtual Reality – VR) schaffen sie neue Möglichkeiten, menschliche Nutzer und Roboter miteinander zu verbinden. Damit visualisieren sie aber nicht nur die Intentionen eines Roboters. Sie erforschen Methoden für eine optimale Produktionsplanung mit dem digitalen Zwilling; erschaffen Möglichkeiten für das virtuelle Testen der selbstentwickelten Algorithmen oder ermöglichen die Inbetriebnahme von Robotertechnik in Virtual Reality Umgebungen.

Damit auch der Roboter seinen menschlichen Kollegen einzuschätzen lernt, entwickeln die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Algorithmen, die das Nutzerverhalten vorhersagen oder automatisch menschliche Posen erkennen. Dabei setzen sie auch auf Werkzeuge aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz wie etwa Maschinelles Lernen und Deep Learning. Mit Künstlicher Intelligenz wollen die FZI-Forschenden Roboter zum Beispiel dazu bringen, Risiken einzuschätzen und danach bewusste Handlungsentscheidungen zu treffen. Das ist nicht nur für Raumfahrtanwendungen interessant, sondern kann bei Katastropheneinsätzen auch Menschenleben retten oder selbstständig überall dort Inspektions- und Wartungsarbeiten übernehmen, wo es für Menschen zu gefährlich ist.

Denn die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine ist längst nicht auf die industrielle Produktion beschränkt. Bestes Beispiel dafür sind Begleit- und Assistenzroboter. Die sollen in Zukunft älteren oder beeinträchtigten Menschen helfen, so lange wie möglich selbstbestimmt im eigenen Zuhause zu leben. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vom FZI entwickeln hier nicht nur die Technologien von morgen, sondern testen sie in den eigenen FZI Living Labs auch auf ihre Praxistauglichkeit.

Die zweite wichtige Säule des Forschungsschwerpunkts „Collaborative Robots and Virtual Engineering“ heißt ROS. Das Open-Source-Roboterframework ist heute Standard im Wissenschaftsbereich und ermöglichet es, die damit entwickelten Funktionen und Programme leicht auf andere Robotersysteme zu übertragen und das ganz unabhängig vom Hersteller der jeweiligen Hardware. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des FZI verfügen hier nicht nur über weitreichendes Knowhow, sondern auch über umfangreiche Softwarebibliotheken für Bildverarbeitung, Kollisionserkennung, Bewegungsplanung und Ausführung.

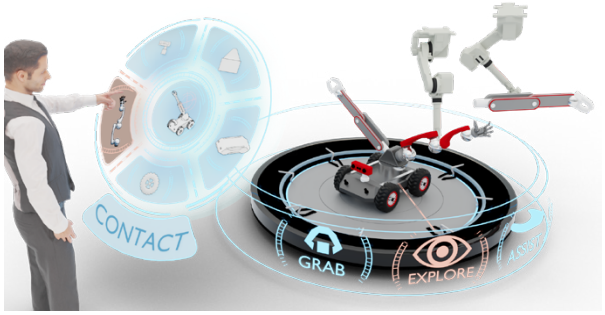
Dieses Framework etablieren die Forschenden auch aktiv in der Industrie. Denn egal ob Mensch-Roboter-Kollaboration, Künstliche Intelligenzen oder Virtuelle Realitäten – die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am FZI legen größten Wert auf die Praxistauglichkeit ihrer Forschungsarbeiten. Deshalb verstärken sie aktuell nicht nur ihr Engagement in der ROS Community und arbeiten an dem ROS-Nachfolger ROS 2, sondern entwickeln auch als Teil des ROS-Industrial Konsortiums zahlreiche Software Pakete aktiv für Industrieanwendungen weiter. Dazu kooperiert das FZI eng mit führenden Roboter- und Komponentenherstellern. Die effiziente und sichere Übertragung der entwickelten Lösungen in den industriellen Einsatz steht hier im Mittelpunkt.

— Collaborative Robots and Virtual Engineering

Ausgewählte Projekte

SeRoNet

Plattform zur arbeitsteiligen Entwicklung von Serviceroboterlösungen



Förderung:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Digitale Technologien für die Wirtschaft (PAiCE)

Partner:
Universität Paderborn, Fraunhofer IPA, Technische Hochschule Ulm, Universität Stuttgart, Transpharm Logistik GmbH, Ruhrbotics GmbH, KUKA Deutschland GmbH, Daimler TSS, Klinikum Mannheim Dienstleistungsgesellschaft mbH

Laufzeit:
01.03.2017 – 28.02.2021

In der Entwicklung neuer Serviceroboterlösungen sowie deren Wartung und Anpassung stellt die eigentliche Systemintegration einen wesentlichen Kostenfaktor dar – doch mit SeRoNet soll dieser zukünftig deutlich reduziert werden.

Mithilfe der neu geschaffenen Markt- und Vermittlungsplattform www.robot.one und einem dazu passenden Softwarewerkzeug werden effiziente Kompositionen von Roboterlösungen in vielfältigen Bereichen der professionellen Servicerobotik möglich. Komponentenhersteller und Systementwickler können ihre Dienste und Produkte strukturiert beschreiben und mittels semantischer Technologien für Kunden auffindbar machen. Durch Nutzung modellbasierter, generativer Entwicklungsverfahren können unterschiedlichste Softwareframeworks zusammenzuarbeiten. Dies bildet die Grundlage für einen funktionierenden Markt für Serviceroboterlösungen und verwandte Entwicklungsdienstleistungen der Zukunft.

Das FZI ist im Projekt an nahezu allen Entwicklungen beteiligt, steuert mit seinem Domänenwissen der Robotik und der Erfahrung aus dem Projekt ReApp jedoch vor allem wichtige Modellierungsgrundlagen sowie die semantische Beschreibung, Validierung und Suche nach Komponenten bei.

Mehr unter
https://www.seronet-projekt.de/

— Collaborative Robots and Virtual Engineering
Ausgewählte Projekte

Sim2Log VR
Intuitive Werkzeuge für die Mensch-Roboter-Interaktion in der Logistik

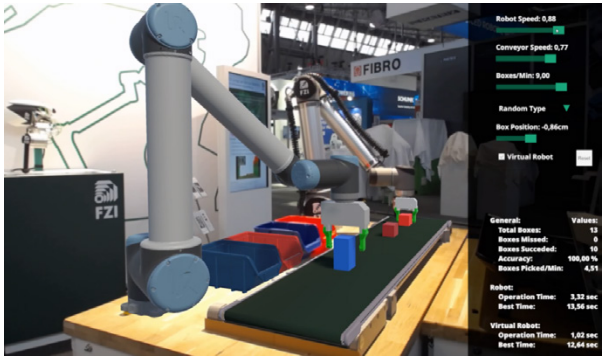
Förderung:
Bundesministerium für Bildung und Forschung, Forschungsprogramm zur Mensch-Technik-Interaktion (KMU-innovativ)

Partner:
TruePhysics GmbH

Laufzeit:
01.01.2019 – 01.12.2021

Aufgrund des anhaltenden E-Commerce-Booms wächst die Logistikbranche sehr dynamisch. Darum müssen Logistikzentren vermehrt neue Wege gehen – etwa durch Automatisierung. Die hohe Komplexität der Programmierung, die starke Vernetzung der Prozesse und hohe Kosten der Einrichtung stellen dabei jedoch eine signifikante Einstiegshürde dar. Ein neuer Lösungsansatz ist es, Laien die Möglichkeit zu geben, neue Roboteranwendungen schnell und ohne Risiko virtuell zu planen, zu programmieren, zu validieren und anschließend direkt in die reale Anwendung zu übertragen.

In einer Virtual-Reality-Simulation können Anwendungen zunächst geplant und die generelle Machbarkeit evaluiert werden. Die entwickelte Lösung kann direkt auf einen realen Roboter übertragen und mit Augmented Reality auch später intuitiv angepasst werden. Die Updates der virtuellen Umgebung ermöglichen es den Benutzenden, die Ergebnisse dieser Änderungen und die daraus resultierende Zykluszeit bereits vor der Anschaffung der Hardware zu evaluieren und ganze Prozesse aus kombinierten virtuellen und realen Anlagen zu simulieren. Anpassungen im Prozess – beispielweise Geschwindigkeit von Robotern und Laufbändern – können über einfache Schnittstellen durchgeführt und getestet werden.



Die Sim2Log VR-Lösung ermöglicht erstmals durch Kombination immersiver Simulation mit digitalen Zwillingen komfortable, neuartige Bedienkonzepte und somit deutlich kürzere Iterationen beim Planen und Programmieren von Roboterapplikationen durch Mitarbeitende.

Das FZI bringt bei dem Projekt vor allem seine umfangreiche ROS-Expertise, etwa die Motion Pipeline für die schnelle und intuitive Programmierung, ein und entwickelt damit Simulations- und Steuerschnittstellen, um einen fließenden Übergang von virtueller Realität in die praktische Anwendung zu ermöglichen.

Mehr unter
https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/projekte/sim2logvr
https://www.youtube.com/watch?v=HbCmCBdRHuM

„Dank des FZI konnte ich im Projekt ROBINA (Roboterunterstützte Dienste für eine individuelle und ressourcenorientierte Intensiv- und Palliativpflege bei Menschen mit ALS) einen Teil meiner eigenen Ideen umsetzen.“

Jennifer Zeilfelder
wissenschaftliche Mitarbeiterin

— Smart Infrastructure and Energy Solutions
Energie muss intelligent fließen

Die Zukunft nachhaltig und umweltschonend zu gestalten, ist eine der größten Aufgaben unserer Zeit. Geht es dabei um saubere Energie, sind Sonne und Wind unschlagbar. Doch die Erneuerbaren bringen neue Herausforderungen mit sich. Um stete Versorgungssicherheit zu gewährleisten, sind deshalb innovative Ansätze gefragt. Diese zu entwickeln, ist Hauptaufgabe und Herzensangelegenheit der Forscherinnen und Forscher des Schwerpunktes „Smart Infrastructure and Energy Solutions“. Dabei haben sie von Anfang an auch die anderen Sektoren wie Wärme oder Verkehr im Blick und schließen auch die Infrastruktur in ihre Forschung ein. Ihr Ziel: In Zukunft muss Energie intelligent fließen.

In der klassischen Energieversorgung gilt seit Langem: Strom wird dann erzeugt, wenn er gebraucht wird. Dafür sorgen schnell regelbare Kohle- und Gaskraftwerke, die bei Bedarf mal mehr, mal weniger fossilen Brennstoff in elektrische Energie umwandeln. Bei den Erneuerbaren geht das nicht. Denn die Sonne hat kein Thermostat, Wolken lassen sich nicht vertreiben und der Wind nicht auf Knopfdruck anfachen. Um diesen Unsicherheiten zu begegnen, muss der Umbau des Energiesystems mit alten Paradigmen brechen. Das Energiesystem der Zukunft, soviel ist sicher, wird dezentral und smart sein. Denn an die Stelle weniger Großkraftwerke treten schon heute viele kleine Erzeuger. Damit es nicht zu Engpässen kommt und die Versorgungssicherheit rund um die Uhr gegeben ist, müssen diese nicht nur untereinander, so sondern auch mit den Verbrauchern kommunizieren. Denn die, und das ist neu, richten sich in Zukunft nach dem Angebot.

Den Anfang machte schon vor Jahren das Smart Home, indem vernetzte Geräte den Energiefluss innerhalb der eigenen vier Wände optimieren. Für die Forscherinnen und Forscher des FZI-Schwerpunkts „Smart Infrastructure and Energy Solutions“ hören intelligente Systeme aber nicht an der Wohnungstür auf. Unter dem Begriff Smart Building optimieren sie ganze Wohngebäude, integrieren kleine, dezentrale Energieerzeuger wie Blockheizkraftwerke und Photovoltaikanlagen und lassen diese mit dem öffentlichen Netz kommunizieren. Und auch die Fabriken der Zukunft werden intelligent mit Energie umgehen. Für die Smart Factory optimieren die FZI-Experten bereits heute Energieströme, erstellen Modelle und Simulationen, bauen zukunftsweisende Hardware und machen so zum Beispiel die Produktionsprozesse von Elektroautobauern energieeffizienter.

Und auch die Mobilität spielt eine große Rolle für das Energiesystem der Zukunft. Denn Nachhaltigkeit bleibt nicht auf elektrischen Strom beschränkt. Sektorenkopplung ist deshalb das Schlagwort der Stunde und ein wichtiges Forschungsfeld. Die FZI-Forscherinnen und Forscher entwickeln deshalb Konzepte und Technologien, um Elektrizität, Wärmeversorgung, Verkehr und Industrie in einem ganzheitlichen Ansatz zu optimieren. Dann ist zum Beispiel das Elektroauto nicht nur ein Verbraucher, sondern bietet seine Batterie auch als kurzfristigen Speicher für überschüssige regenerative Energie an. Diese wird aber auch zu nachhaltigem Gas für die Wärmeversorgung und synthetischen Treibstoffen für den Verkehr. Für die Forschenden am FZI ist das die nächste Stufe, auf die sie schon heute hinarbeiten. Erst smarte Quartiere, dann eine ganze Smart City – so ist der Fahrplan für die Zukunft. Spätestens dann kommen zu den intelligenten Energieflüssen auch Infrastrukturaspekte hinzu. Denn in den Quartieren und Städten von morgen sollen auch die Ladestruktur für die Elektromobilität, Versorgung mit Nahrungsmitteln und Wasser aber auch die Abfallwirtschaft intelligent sein und von Anfang an mitgedacht werden.

Ihre Modelle und Systeme für die nachhaltige Zukunft des Energiesystems testen die Forscherinnen und Forscher in Reallaboren. Dabei werden beispielsweise dutzende Haushalte mit Energiemanagementboxen ausgestattet, die untereinander kommunizieren und Energie intelligent fließen lassen.

Doch nicht nur technisch wird sich ein nachhaltiges Energiesystem vom alten unterscheiden. Es schafft auch wirtschaftlich ganz neue Möglichkeiten. Wie sich der Markt in Zukunft gestalten lässt, ist deshalb ebenfalls eine wichtige Fragestellung im Forschungsschwerpunkt „Smart Infrastructure and Energy Solutions“. Ein Beispiel sind die Smart Meter. Das sind kleine und intelligente digitale Stromzähler. Nach dem Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende aus dem Jahr 2016 sollen diese bei größeren Verbrauchern mit einem Gateway ausgestattet werden, um mit dem Energieversorger kommunizieren zu können. Sie senden dann nicht nur den Verbrauch, sondern empfangen beispielsweise auch im Viertelstundentakt den aktuellen Strompreis. Jetzt gilt es am Markt, diese Infrastruktur mit Ideen, Geschäftsmodellen und letzten Endes mit Leben zu füllen. Auch die Forschenden am FZI haben diese Herausforderung angenommen.

— Smart Infrastructure and Energy Solutions
Ausgewählte Projekte

LieferBOT-e
Nachhaltige, autonome Ver- und Entsorgung rund um die Uhr

Förderung:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Technologieprogramm „IKT für Elektromobilität III: Einbindung von gewerblichen Elektrofahrzeugen in Logistik-, Energie- und Mobilitätsinfrastrukturen“

Partner:
SEW-Eurodrive GmbH & Co KG, Leuze electronic GmbH + Co. KG, Transport Betz GmbH, Karlsruher Institut für Technologie

Laufzeit:
01.01.2018 – 31.12.2020

Die hohe Verkehrsdichte und der durch den wachsenden Online-Handel zunehmende Lieferverkehr ist für viele Städte ein Problem. Um es zu entschärfen, erforscht das Projekt LieferBot-E die automatisierte Ver- und Entsorgung städtischer Quartiere durch autonome, allwettertaugliche Elektrofahrzeuge. Geräuschgedämpft und sicher sollen diese zu verkehrsarmen Zeiten Pakete anliefern und Wertstoffe abholen. Die Warenübergabe erfolgt voll-automatisiert durch die im Fahrzeug verbaute Technik. So werden Städte und deren Einwohner massiv entlastet, da die Verkehrsbelastung reduziert bzw. auf störungsfreie Zeiten verlagert wird.

Das FZI konzipiert im Projekt Verfahren zur effizienten Steuerung und Überwachung der LieferBot-E-Flotte, bestehend aus autonomen Zustellfahrzeugen und mechatronischen Paketbriefkästen, in Echtzeit. Dies umfasst die Auftragsvergabe, die Einplanung der Energieversorgung der E-Fahrzeuge sowie die Störungserkennung und -behebung im laufenden Betrieb. Über einen konfigurierbaren Leitstand werden Betreibern wie auch Kunden Einblicke in den Lieferprozess und in den aktuellen Status der Sendungen gegeben. Daneben werden unter Verwendung eines Edge-Analytics-Ansatzes einzelne Analyseaufgaben dynamisch bereitgestellt und auf der Hardware der Fahrzeuge ausgeführt.

Mehr unter
https://www.lieferbot-e.de/

— Smart Infrastructure and Energy Solutions
Ausgewählte Projekte

SynergieQuartier Walldorf
Lösungen für ein sicheres und kosteneffizienten Energiesystemdesign

Förderung:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Energieforschungsprogramm „Innovationen für die Energiewende“ – Reallabore der Energiewende

Partner:
beegy Gmbh, Karlsruher Institut für Technologie, MVV Energie AG, Stadtwerke Walldorf

Laufzeit:
01.07.2020 – 30.06.2023

Zur Bewältigung der Energiewende sind nicht nur technisch mögliche, sondern auch wirtschaftlich rentable und sichere Innovationen gefragt. SynergieQuartier Walldorf erforscht und evaluiert – als Fortführung des Living Lab Walldorf – lokal begrenzt die nächste Ausbaustufe der Energiewende unter Einbezug der wesentlichen Akteure und Technologien. Basierend auf der Smart-Meter-Gateway-Architektur und dem gesetzlichen Rahmenwerk zur Kommunikation zwischen energiewirtschaftlichen Akteuren und technischen Systemen sollen Möglichkeiten der resilienten Gestaltung der Informations- und Zahlungsflüsse untersucht werden, um dezentral erzeugten Strom möglichst gut in unsere Stromnetze zu integrieren.

Der intelligente Einsatz von IKT erlaubt es, die Netze bezüglich zusätzlicher Lasten durch Elektromobilität und Sektorkopplung zielgenau und kosteneffizient auszubauen und zu betreiben. Energiedienstleister profitieren so durch Produktinnovationen und Kostenreduktionen, der Gesetzgeber erhält valide Handlungsempfehlungen und die breite Bevölkerung erlebt eine wirkungsvolle Teilhabe an der Energiewende.

Dabei konzentriert sich das FZI auf die Kommunikations- und Optimierungsprozesse, auf IT-Sicherheit und effiziente Algorithmen sowie auf regulatorische Fragestellungen. Zusätzlich fungiert das FZI als Konsortialführer des Verbundprojekts.

FZI
Jan Wiesenberger
Vorstand des FZI
Begrüßung und Eröffnung
PROGRAMM FZI OPEN HOUSE 2020
KAFFEEBAR
FZI OPEN HOUSE
FZI Living Labs im EG
Ausgang zum Hof
#FZIOpenHouse

FASZINATION Transfer

34 Mit uns arbeiten.

/ Unser Angebot

/ Unsere Branchenschwerpunkte

36 Energie
40 Mobilität
44 Automation und Robotik
46 Gesundheitswesen
50 Logistik und Produktion
52 Software-Entwicklung
54 Wissen und Informationsdienste

/ Ausgewählte Projektbeispiele

37 Projekt flexQgrid
38 Projekt c/sells
41 Projekt regioMove
42 Projekt Drive2theFuture
45 Projekt SAFE4I
47 Projekt BLOG³
49 Projekt Intelligente Diagnostik
51 Projekt DPNB
53 Projekt SmartLoad
55 Projekt Take Part

— Unser Angebot

In Kooperationsprojekten und in direktem Auftrag entwickelt das FZI mit seinen Partnern Software- und Systemlösungen sowie Konzepte und setzt diese in innovative Lösungen und Dienstleistungen um. 2019 wurden am FZI über 180 Projekte für und gemeinsam mit Unternehmen durchgeführt. Dabei gibt es verschiedene Formen der Zusammenarbeit.

Geförderte KMU-Forschung

Um die Innovationsfähigkeit und Wachstumsorientierung von kleinen und mittleren Unternehmen zu unterstützen, gibt es sowohl auf europäischer als auch auf Bundes- und Landesebene Förderprogramme, mit denen die Beauftragung von Forschungseinrichtungen zur Erforschung und Entwicklung von neuen Produkten und Dienstleistungen gefördert wird. Die in diesem Rahmen durchgeführten Projekte sind maßgeschneidert auf die risikobehafteten Innovationsbedürfnisse der Industriepartner, die sich mit einem Eigenanteil an den Projektkosten beteiligen.

Forschen im Auftrag der Unternehmen

In der Auftragsforschung erarbeiten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des FZI eine zielorientierte wissenschaftliche Lösung – meist für ein konkretes Anwendungsproblem – und verhelfen dem Auftraggeber somit zu innovativen Lösungen, die neueste wissenschaftliche Erkenntnisse praxistauglich umsetzen. Technologie-Scouting, Machbarkeitsstudien und Training in neuen Technologien sind weitere kurzfristige Auftragsformen, mit denen das FZI Unternehmen in Innovationsprozessen unterstützt.

Forschen im Verbund

In kollaborativen Forschungsprojekten arbeitet ein Verbund von Partnern an einer definierten Forschungsaufgabe. Dabei verläuft der Wissenstransfer nicht ausschließlich vom Forschungspartner zu den Auftraggebern, sondern alle Projektpartner unterstützen sich gegenseitig mit ihren Kompetenzen, um ein gemeinsames Forschungsziel zu erreichen. Schon vor dem eigentlichen Projekt, also in der Antragsphase, erarbeiten die Partner eine gemeinsame Vision für die im Rahmen des Forschungsvorhabens zu entwickelnde Innovation. Nach Genehmigung der Forschungsförderung setzt sich dieser in der Antragsphase bereits begonnene Wissens- und Technologietransfer entlang der eigentlich bearbeiteten Fragestellung fort. Oftmals entstehen durch die gemeinsamen Arbeiten innerhalb des Forschungsverbundes auch neue Kooperationen sowie Ideen für Innovationen.

Durch die gemeinsamen Arbeiten innerhalb des Forschungsverbundes entstehen auch neue Kooperationen sowie Ideen für Innovationen.

— Unsere Branchenschwerpunkte
Energie

Die Potenziale erneuerbarer Energien zu erkennen und auszuschöpfen ist der Schlüssel zu einem nachhaltigen Energiesystem. Dazu forschen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am FZI an neuen Methoden und Technologien, die dazu beitragen, die Stromversorgung mit erneuerbaren Energien flächendeckend zu stabilisieren und zu gewährleisten. Die ganzheitliche Betrachtung von Fragestellungen des dezentralen Energiemanagements sowie die prototypische Umsetzung der Lösungen mit realen Anlagen zeichnet dabei die Energieforschung am FZI aus. Themen wie Hardwareansteuerung, Optimierungs- und Prognosealgorithmen, Design von Flexibilitätsmärkten, Energiesystem-Architekturen zur dezentralen Selbstorganisation sowie die Ausgestaltung einer zukunftsfähigen Regulatorik stehen hier besonders im Fokus.

— Energie
Ausgewählte Projekte

flexQgrid
Das Netz der Zukunft wird real

Förderung:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Energieforschungsprogramm „Innovationen für die Energiewende“

Projektpartner:
BlockInfinity GmbH, PREdistribuce, Netze BW GmbH, Universität Stuttgart, Fichtner IT Consulting AG, PSI Software AG, Entelios AG, Karlsruher Institut für Technologie

Laufzeit:
01.11.2019 – 31.10.2022

Mit der Veränderung des Energiesystems, bei der große Kraftwerke verstärkt durch kleinere Anlagen ersetzt werden, wächst die Bedeutung von Verteilnetzen, die den Strom von den Erzeugern zu den Verbrauchern transportieren. Durch die Zunahme von dezentralen Erzeugungsanlagen kann es dabei zu Netzengpässen kommen.

FlexQgrid entwickelt hierfür intelligente Lösungen, mit denen Stromerzeugung und -verbrauch bereits lokal ausgeglichen werden und somit Netzüberlastungen vermieden werden. Hierzu ist eine gelungene Koordination von Erzeugungsanlagen und Verbrauchern notwendig, die sich durch die Anpassungsfähigkeit bzw. Flexibilität des Strombezugs oder -abgabe kennzeichnen. Ein quotenbasiertes Netzampelkonzept soll dies entsprechend herstellen, sodass sowohl Akteure, die Flexibilität benötigen, als auch Akteure, die Flexibilität bereitstellen, davon profitieren.

Das FZI entwickelt im Projekt ein Gebäude-Energiemanagementsystem (GEMS), um die Flexibilität von Prosumenten auch für Markt und Netzbetreiber verfügbar zu machen. Im Fokus stehen sowohl die Entwicklung der Prozesse und Optimierungsalgorithmen, die das Quotenmodell und auch den Quotenhandel im GEMS umsetzen, als auch der Einsatz komplexer Prognoseverfahren und die Nutzbarmachung vielfältiger, heterogener Quellen.

Mehr unter
https://flexqgrid.de/

— Energie
Ausgewählte Projekte

C/sells
Zellularität, Partizipation und Vielfältigkeit

Förderung:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Förderprogramm „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“ (SINTEG)

Projektpartner:
41 Partner aus Forschung, kommunalem Umfeld sowie Industrie und Wirtschaft und 28 assoziierte Partner

Laufzeit:
01.01.2017 – 31.12.2020

Eine erfolgreiche Energiewende verlangt neben einem weiteren Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung immer stärker nach strukturellen Änderungen des Energiesystems, das gegenwärtig immer noch zentralistisch organisiert ist. Mit dem Projekt C/sells soll ein dezentrales, zellulär strukturiertes Energiesystem entstehen, das sowohl Energiebereitstellung, -verteilung und -nutzung als auch die Energiespeicherung innerhalb verschiedener Zellen, wie zum Beispiel Städten, Quartieren oder auch Flughäfen, weitgehend autonom mithilfe eines Infrastruktur-Informationssystems (IIS) koordiniert. Die Ergebnisse ermöglichen eine günstigere, regionale und erneuerbare Energieversorgung auf Basis von dezentraler Optimierung und Koordination.

Das FZI erforscht dabei den intelligenten und zellenübergreifenden Zusammenschluss von individuellen Gebäude-Energiemanagementsystemen. Begleitend werden neue Marktmechanismen und Anreize entwickelt, die physische Engpässe im Stromnetz kosteneffizient verhindern sollen, indem eine kontinuierliche und passgenaue Abstimmung zwischen markt- und netzorientiertem Betrieb vorgenommen wird. Im FZI House of Living Labs (HoLL) werden die entwickelten Verfahren des Energiemanagements und der effizienten Marktintegration schließlich im realen Betrieb evaluiert.

Mehr unter
www.csells.net

„Intelligentes Energiemanagement trägt durch die Kopplung der Sektoren Strom, Wärme und Mobilität zur Erreichung unserer Klimaziele bei.“

Manuel Lösch
Abteilungsleiter im Forschungsbereich Intelligent Systems and Production Engineering

— Unsere Branchenschwerpunkte
Mobilität

Die in Baden-Württemberg und Deutschland traditionell starke Mobilitätsbranche mit praktischen IKT-Lösungen auf ihrem Weg in die Mobilität von Morgen zu unterstützen ist schon seit Gründung ein Ziel der FZI-Anwendungsforschung und des Transfers in Mittelstand, Industrie, Forschungscommunity und Politik. Im Mittelpunkt stehen derzeit neuartige Mobilitätskonzepte und -anwendungen mit Schwerpunkt auf dem öffentlichen Verkehr. Von der Idee über den Systementwurf und die Algorithmik bis hin zur Erprobung entwickeln Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am FZI unter Berücksichtigung rechtlicher Aspekte neuartige Mobilitätslösungen für Mensch und Transportgut und arbeiten an Konzeption und Aufbau unterstützender Infrastruktursysteme. Die Sicherheit und Robustheit der entwickelten Lösungen wird über virtuelles, semi-virtuelles und reales Testen sichergestellt. Ziel ist immer, Mobilität sicher, nachhaltig und komfortabel zu gestalten.

Gemeinsam mit einem starken Netzwerk aus Kommunen, Unternehmen, Verbänden und Wissenschaftseinrichtungen arbeitet das FZI an zahlreichen Projekten im Bereich der Mobilität, wie beispielsweise in der Profilregion Mobilitätssysteme oder im Rahmen des Testfelds Autonomes Fahren Baden-Württemberg.

— Mobilität
Ausgewählte Projekte

regioMove
Alles außer beamen

Auftraggeber:
Karlsruher Verkehrsverbund im Rahmen einer EFRE-Förderung durch das Landesministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg und der Europäischen Union durch das Programm RegioWIN

Projektpartner:
Stadt Karlsruhe, Regionalverband Mittlerer Oberrhein, Karlsruher Institut für Technologie, stadtmobil carsharing GmbH & Co. KG, Hochschule Karlsruhe, PTV AG, Landkreis Rastatt, raumobil GmbH, INIT GmbH

Laufzeit:
01.12.2017–30.11.2020

Zur Bewältigung der Mobilitätswende sind neue Konzepte gefragt, welche Mobilitätsangebote synergetisch miteinander verknüpfen und niedrigschwellig zugänglich machen. Das intermodale Mobilitätsprojekt regiomove verfolgt das Ziel, bestehende Karlsruher Verkehrsangebote mit denen des Umlandes und damit die ganze Region Mittlerer Oberrhein umfassend zu vernetzen – egal ob Bahn, Bus, Leihfahrrad oder Carsharing.

Hierzu werden die Mobilitätsanbieter auf einer gemeinsamen Plattform zur Streckenplanung und -buchung zusammengeführt. Eine mobile Anwendung soll die Nutzung der verschiedenen Verkehrsmittel über die geplante Reiseroute hinweg ermöglichen, ohne dass unterschiedliche Tickets und Buchungen für eine Wegstrecke verwaltet werden müssen. Zukünftig sollen die unterschiedlichen Mobilitätsangebote zudem an ausgewählten Knotenpunkten – sogenannte ‚Ports' – gebündelt werden. Diese erlauben es anschließend, unkompliziert und möglichst komfortabel zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln wählen und wechseln zu können.

Innerhalb des Konsortiums liegt der Schwerpunkt des FZI auf der Erforschung eines Präferenzdienstes zur Verwaltung persönlicher mobilitätsbezogener Vorlieben. Hierdurch soll der im Projekt angebundene Routingdienst in die Lage versetzt werden, individuelle, an den Präferenzen der Nutzer ausgerichtete Routen berechnen zu können.

Mehr unter
https://www.regiomove.de/

— Mobilität
Ausgewählte Projekte

Drive2theFuture
Needs, wants and behaviour of „Drivers“ and automated vehicles users today and into the future

Förderung:
Europäische Union, Forschungsrahmenprogramm Horizon2020

Projektpartner:
30 nationale und internationale Partner aus Forschung, Wissenschaft und Industrie sowie Verbraucherverbände, Stakeholder-Vereinigungen und Mobilitätsdienstleister

Laufzeit:
01.05.2019 – 30.04.2022

Fahrzeuge agieren zunehmend vernetzt, kooperativ und automatisiert. Hierdurch wird die Mensch-Maschine-Interaktion (HMI) immer komplexer – in einem durch Informations- und Datenaustausch sowie zunehmender Automatisierung geprägten Umfeld, das neue Ansprüche an die Verkehrsteilnehmer stellt.

Projektziel ist daher die Vorbereitung von zukünftigen Fahrenden/Reisenden auf vernetzte, kooperative und automatisierte Verkehrsmittel und dadurch deren Akzeptanzerhöhung; zugleich sollen die Technologiehersteller dabei unterstützt werden, die Bedürfnisse und Wünsche der Menschen zu verstehen und zu erfüllen. Deshalb testet und vergleicht Drive2theFuture unterschiedliche vernetzte, kooperative und automatisierte Verkehrsanwendungen und HMIs für verschiedene Verkehrsträger und mit allen Arten von Nutzern, um die nachhaltige Markteinführung dieser Anwendungen simulieren, regulieren und optimieren zu können.

Das FZI untersucht innerhalb des EU-Projektes maschinelle Lernverfahren zur Interaktion zwischen automatisierten und nicht automatisierten Fahrzeugen, Fußgängern und Radfahrern. Dazu wird sowohl das Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg (TAF BW) mit seiner Infrastruktur-Sensorik herangezogen als auch eine virtuelle Kopie von diesem genutzt, um die Interaktionen in einer Virtual-Reality-Umgebung zu untersuchen.

Mehr unter
http://www.drive2thefuture.eu/

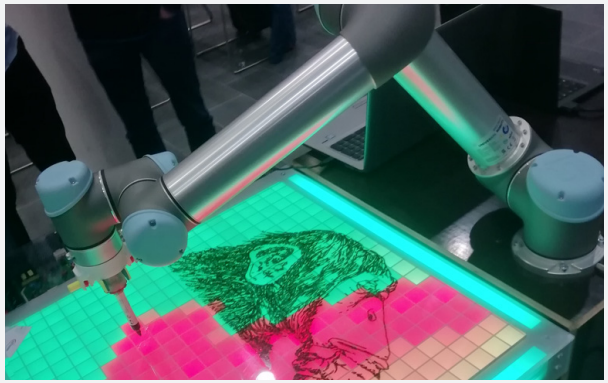
Das autonome und vernetzte Fahren als Vision der Mobilität von morgen wird am FZI in seinen vielfältigen Aspekten in mehreren Projekten erforscht.

— Unsere Branchenschwerpunkte
Automation und Robotik

Wenn in laufende Produktionsprozesse oder im häuslichen Umfeld neue Lösungen aus Automation und Robotik integriert werden sollen, müssen diese sicher, robust und wirtschaftlich sein. Deshalb wird am FZI mit hoher Praxistauglichkeit und mit informationstechnischer Sicht auf viele Domänen an neuen Konzepten gearbeitet. Intuitive Bedien- und Programmierkonzepte sowie klare, webbasierte Bedienoberflächen auf Tablets und Smartphones ermöglichen auch fachfremden Nutzerinnen und Nutzern den Zugang zu den am FZI erforschten Technologien. Dank gut ausgestatteter Testlabore wie dem FZI Living Lab smartAutomation oder dem FZI Living Lab Service Robotics werden die Forschungsarbeiten praxisnah durchgeführt und real getestet. Was darüber hinaus die Forschung am FZI auszeichnet, ist eine breite Expertise in der Entwicklung und Wiederverwendung von modularen Softwaresystemen.

— Automation und Robotik
Ausgewählte Projekte

SAFE4I
Sicherer Automatischer Software-Entwurf für Industrieanlagen



Förderung:
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Projektpartner:
Infineon Technologies AG, Bosch Sensortec GmbH, COSEDA Technologies GmbH, HOOD GmbH, itemis AG, Model Engineering Solutions GmbH, OFFIS - Institut für Informatik, Robert Bosch GmbH, ScopeSET Technology Deutschland GmbH, Technische Universität München, Universität Paderborn, Universität Rostock

Laufzeit:
01.10.2017 – 30.09.2021

Industrie 4.0 und das Internet der Dinge (IoT) stellen fortlaufend neue Ansprüche an die industrielle Fertigung. So fordern Standards zur funktionalen Sicherheit (Safety) neben der Absicherung der Automatisierungslösung als Ganzem auch die Absicherungen von Komponenten und Teilsystemen.

Das SAFE4I-Projekt reagiert hierauf mit einem teilautomatisierten, modellbasierten Entwicklungsprozess, um das Entwerfen funktional sicherer Software zu beschleunigen und den benötigen Aufwand zu senken. Dabei werden alle Softwareteile miteinbezogen, die nötig sind, um kundenspezifische Automatisierungslösungen zu realisieren. SAFE4I verspricht daher Qualitäts- und Kostenhebel sowohl für Endanwender und Komponentenlieferanten als auch für Werkzeuganbieter.

Dieses soll durch die strikte Trennung des Entwurfs der geforderten Software-Funktionalität von den Maßnahmen zur Software-Absicherung sowie durch den teilautomatisierten Einbau von Absicherungen erreicht werden. Zu diesem Zweck entwickelt das FZI einen Entwurfsprozess und Werkzeugunterstützung zur Softwaremodellierung mittels UML. Dies umfasst Ansätze zur Template-basierten Modellierung von Safety-Mechanismen, M2M-Transformationen zur automatisierten Einbringung von Safety-Mechanismen sowie Ansätze zur Generierung der finalen sicheren Software.

Mehr unter
https://www.edacentrum.de/safe4i/

— Unsere Branchenschwerpunkte
Gesundheitswesen

Eine bessere Versorgung und effizientere Prozesse gehören zu den größten Vorteilen, die sich durch die Digitalisierung und den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien im Gesundheitswesen ergeben. Am FZI werden innovative IKT-Lösungen insbesondere im Bereich der Medizinischen Informationstechnik, der Mensch-Technik-Interaktion und der Health Care Logistics entwickelt. Untersucht werden dabei sowohl technische, als auch ökonomische und soziale Aspekte.

— Gesundheitswesen
Ausgewählte Projekte

BloG³
Blogchain-basiertes Gesundheitsdatenmanagement

Förderung:
Bundesministerium für Bildung und Forschung, Forschungsprogramm Mensch-Technik-Interaktion

Projektpartner:
Karlsruher Institut für Technologie, Freie Universität Berlin, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Pflegewerk Berlin GmbH, C & S Computer und Software GmbH, nubedian GmbH, easierLife GmbH, CircularTree GmbH, ITK Engineering GmbH

Laufzeit:
01.03.2020–28.02.2023

Im deutschen Gesundheitswesen werden patientenbezogene Daten durch unterschiedliche Akteure unabhängig voneinander erhoben und verwaltet. Insbesondere bei Überleitungen, z. B. von einer stationären Krankenhausbehandlung in die Reha oder das häusliche Umfeld, kommt es daher zu Informationsbrüchen – zur Patientenversorgung relevante Daten sind dann nicht verfügbar.

Als Antwort darauf entwickelt das Forschungsprojekt BloG³ ein Blockchain-basiertes, dezentrales Daten- und Rechteverwaltungssystem, um die verstreut gespeicherten Daten am konkreten Beispiel onkologischer Patienten in einem individuellen Gesundheitsprofil sicher verfügbar zu machen. Diese Vernetzung verteilter Gesundheitsdaten kann eine personalisierte medizinische Versorgung für die breite Bevölkerung und damit eine effizientere Behandlung ermöglichen. Zugleich erlaubt sie medizinischen Einrichtungen die Integration und Automatisierung interorganisationaler Prozesse: Eine digitale Plattform ermöglicht jederzeit transparenten Zugriff auf die Gesundheitsdaten, wobei die Betroffenen volle Datensouveränität innehaben und über die Verwendung ihrer Daten bestimmen.

Neben seinen Rollen als Verbundkoordinator und Projektinitiator verantwortet das FZI die Abbildung von Informationskoordinationsprozessen in Blockchain-basierten Gesundheitsdaten-Managementsystemen.

Mehr unter
https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/projekte/blog3

„Health Care Logistics mit Methoden aus Künstlicher Intelligenz und Operations Research kann helfen, den Mitarbeitenden im Gesundheitswesen wieder mehr Zeit für die Hauptsache zu geben: den Menschen.“

Prof. Dr. Stefan Nickel
Direktor am FZI

— Gesundheitswesen
Ausgewählte Projekte

Intelligente Diagnostik

innBW INNOVATIONSALLIANZ BADEN-WÜRTTEMBERG

Förderung: Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg

Projektpartner: ILM – Institut für Lasertechnologien in der Medizin und Messtechnik an der Universität Ulm, Hahn-Schickard Villingen-Schwenningen, Hahn-Schickard Stuttgart, NMI – Naturwissenschaftliches und Medizinisches Institut an der Universität Tübingen

Laufzeit: 01.07.2019 – 31.12.2020

Die visuelle ärztliche Inspektion ist eine der wichtigsten Säulen in der Diagnostik von Hauttumoren: Um zu einer Diagnose zu gelangen, analysieren Ärzte, was sie sehen. Künstliche Intelligenz (KI) mit der Genauigkeit eines spezialisierten Dermatologen unterstützt sie dabei bereits heute.

In Ergänzung zu bereits verfügbaren Diagnoseverfahren soll mit dem Verbundprojekt Intelligente Diagnostik der Umfang der ermittelten medizinischen Datenmenge signifikant gesteigert und die Qualität der Diagnostik verbessert werden: Mittels quantitativer multi- und hyperspektraler Bildgebung werden physische und chemische Eigenschaften potenzieller Hautveränderungen rein optisch und nicht-invasiv ermittelt. Auf Basis dieser umfangreichen Datensätze sollen daraufhin neue KI-Modelle entwickelt und trainiert werden. Dadurch kann die medizinische Digitaldiagnostik noch akkurater zum Einsatz gebracht werden, was in einer gesteigerten Früherkennung und damit besseren medizinischen Vorsorge für die breite Bevölkerung resultiert und dem Mittelstand der Gesundheitsindustrie in Baden-Württemberg einen Innovationsvorsprung verleiht.

Das FZI verantwortet im Projekt neben der Konsortialführung insbesondere die Entwicklung der Daten- und Modell-Managementplattform, welche die neu erstellten Datensätze verwaltet und das Training der KI-Modelle steuert.

Mehr unter
https://url.fzi.de/int-diagnostik

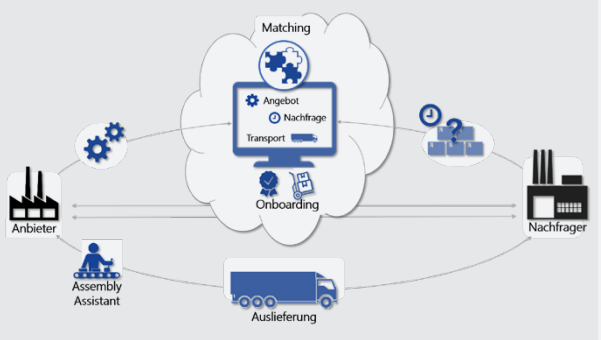
— Unsere Branchenschwerpunkte
Produktion und Logistik

In Logistik- und Produktionsprozessen spielen IT-Lösungen eine große Rolle. Von neuen Montagekonzepten mit Robotern über virtuelle Zwillinge zur Verbesserung dynamischer Liefer- und Produktionsprozesse bis hin zur Ladeplanung für Container oder Nachfragevorhersagen für Ride-Sharing – die Bandbreite der Forschungsprojekte im Anwendungsfeld Produktion und Logistik ist vielfältig. Fachanwenderinnen und -anwender sowie vor allem kleine und mittelständische Unternehmen profitieren von der Interdisziplinarität sowie dem Branchen-Know-how des FZI.

Alle Forschungsarbeiten und -ergebnisse sind grundsätzlich praxistaugliche prototypische Umsetzungen, die falls möglich auch auf Open-Source-Lösungen aufsetzen. Die Projektpartner profitieren dabei immer von der umfassenden Domänen- und Technologieexpertise des FZI in einem Haus.

— Produktion und Logistik
Ausgewählte Projekte

DPNB
Broker für dynamische Produktionsnetzwerke



DPNB
Broker für Dynamische Produktionsnetzwerke

Förderung:
Bundesministerium für Bildung und Forschung, Programm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“

Projektpartner: Karlsruher Institut für Technologie, Bremer Institut für Produktion und Logistik, Robert Bosch GmbH, TRUMPF GmbH + Co. KG, Transport Betz GmbH & Co. Speditions KG, Bedrunka+Hirth Gerätebau GmbH

Laufzeit:
01.01.2019–31.12.2021

Im Maschinen- und Anlagenbau kommt es häufig zu schwankenden Nachfragen und volatilen Marktbedingungen. Um diese kontrollierbar zu machen, wird im Rahmen des Forschungsprojekts DPNB eine Online-Plattform entwickelt, die Anbieter und Nachfrager kurzfristiger Produktions-, Montage- und Transportkapazitäten zusammenbringt und so eine agile und strukturflexible Supply Chain ermöglicht. Neben der Gesamtkonzept- und Teilkomponentenentwicklung werden auch Geschäftsmodelle für den Betrieb des entwickelten Systems entworfen, um ein ganzheitliches System anbieten zu können.

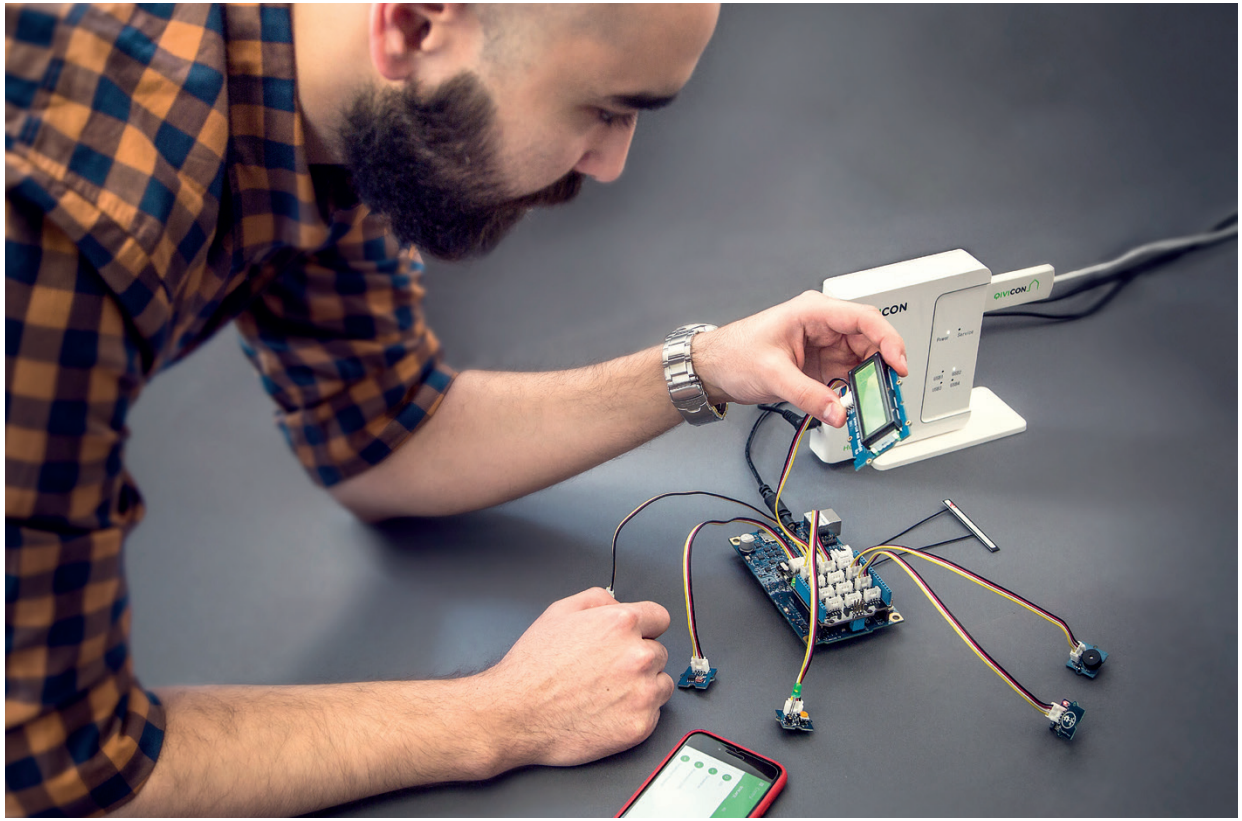
Die Projektergebnisse sollen zum Projektende als Service-Baukasten für B2B-Marktplätze vorliegen. Hersteller von Produktionsanlagen können dann das System nutzen, um ihren Kunden als Anbieter von Produktionskapazitäten den Zugang zu Lieferketten anderer Unternehmen zu erleichtern oder um es als geschlossenes System für ein effizientes Management des eigenen Zuliefernetzwerks zu nutzen – dieser Innovationsprung sichert die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen durch den Ausbau ihrer Technologiekompetenz.

Innerhalb des Projekt-Konsortiums verantwortet das FZI die Modellierungsumgebung für maschineninterpretierbare Daten, die Echtzeit-Dateninfrastruktur und den Entwurf von Algorithmen zur Abstimmung von Angebot und Nachfrage.

Mehr unter
https://www.dpnb.de/

— Unsere Branchenschwerpunkte
Software-Entwicklung

Das FZI erforscht zusammen mit Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft anwendungsnahe Lösungen für den ingenieursmäßigen Entwurf, die Entwicklung und die Analyse komplexer, vernetzter und zuverlässiger Softwaresysteme. Im Rahmen der wissenschaftlichen Arbeit am FZI werden dabei Themen rund um Geschäfts- und Entwicklungsprozesse, entwicklungsunterstützende Werkzeuge, Software-Architekturen und Qualitätssicherung abgedeckt.



Die Forschung des FZI betrachtet Software-Entwicklung ganzheitlich – von der ersten Idee bis zum langfristigen Betrieb der Softwaresysteme.

— Software-Entwicklung
Ausgewählte Projekte

SmartLoad
Neue Methoden zur Zuverlässigkeitssteigerung von hochautomatisierten elektrischen Fahrzeugen

Förderung:
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Projektpartner:
AVL Deutschland GmbH, Karlsruher Institut für Technologie, Universität Stuttgart, RA Consulting GmbH, Schaeffler Technologies AG & Co. KG, AVL SET GmbH

Laufzeit:
01.10.2018 – 30.09.2021

Die Ansprüche, die wir an zukünftige Fahrzeuge stellen, sind hoch: Sicherheit und Zuverlässigkeit stehen an erster Stelle. Auch wenn die Komplexität der Fahrzeugsysteme durch die Automatisierung und Elektrifizierung steigt, darf die Ausfallwahrscheinlichkeit im Einsatz in keinem Fall zunehmen. Zur erfolgreichen Industrialisierung neuer Elektroniksysteme für autonomes elektrisches Fahren forscht das Konsortium im Projekt SmartLoad an neuen Methoden, um den zuverlässigen Betriebs hochautomatisierter, elektrifizierter Fahrzeuge sicherzustellen. Der Nachweis der erforschten Architekturen und Methoden soll an einem Demonstratorfahrzeug sowie an Referenzanwendungen aus den Bereichen interurbaner Individualverkehr, Nutzfahrzeuge und öffentlicher Personennahverkehr erbracht werden. Die Projektidee wurde im Forschungsnetzwerk Cluster Elektromobilität Süd-West entwickelt.

Ziel ist es, einen gegenüber Komponentenausfällen robusten Betrieb der Fahrzeuge zu ermöglichen. Intelligente, software-technisch kontrollierte Alternativstrategien sollen die mehrfach redundante Auslegung, insbesondere der Komponenten des elektrischen Antriebsstrangs, effizient ersetzen.

Für das FZI steht dabei die Methodik zum Entwurf robuster Softwaresysteme, sowie die Laufzeitüberwachung der Komponenten der hochautomatisierten Fahrfunktionen im Vordergrund.

Mehr unter
http://www.smartload-project.de/

— Unsere Branchenschwerpunkte
Wissen und Informationsdienste

In einer zunehmend vernetzten Welt sind ein steter Informationsfluss und der Zugriff auf Daten unterschiedlichster Art für uns selbstverständlich geworden. Dieses Wissen zu organisieren und zum richtigen Zeitpunkt nutzbar zu machen erfordert fundiertes IT-Fachwissen. In der Wissenschaft begegnet man diesen Herausforderungen mit der Entwicklung von Methoden und Technologien aus dem Big Data Management, der Echtzeitverarbeitung und der Optimierung. Mit dem Ziel IT-Lösungen zu entwickeln, um Prozesse in Unternehmen oder öffentlichen Einrichtungen mit relevantem Wissen zu unterstützen und zu verbessern, arbeiten am FZI die Forscherinnen und Forscher an neuen Lösungen für das Anwendungsfeld Wissen und Informationsdienste.

— Wissen und Informationsdienste
Ausgewählte Projekte

Take Part
Mixed-Reality-Plattform für die Bürgerpartizipation in Bauprojekten

Förderung:
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Projektpartner:
CAS Software AG, Neuland-Medien GmbH, Raumtänzer GmbH

Laufzeit:
01.01.2019-30.04.2021

Öffentliche Großprojekte, die ohne aktive Bürgerbeteiligung geplant und umgesetzt werden, können unter einen nachhaltigen Legitimationsdruck geraten, wenn die Bedürfnisse und Ansprüche der späteren Nutzer*innen und im Umfeld direkt Betroffenen nicht hinreichend berücksichtigt werden.

Ziel des Projektes Take Part ist es daher, öffentliche Bauprojekte mit einer kostengünstigen Mixed-Reality-Plattform bereits in der Planungsphase den Bürger*innen näherzubringen. Denn die Kombination von Virtual und Augmented Reality vereinfacht den Zugang zu fachlich komplexen Inhalten durch Visualisierung und Interaktion. Zudem bekommen sie die Möglichkeit, selbst Ideen einzubringen oder Inhalte in situ hochzuladen und somit zu konfigurieren.

Dadurch lässt sich einerseits die Akzeptanz für Bauprojekte erhöhen, sowie andererseits ein strukturiertes Feedback einholen, welches die Qualität des Projektes sowie die Effizienz bei dessen Umsetzung signifikant steigert. Darüber hinaus ermöglicht die Plattform die Einbindung aller Beteiligten, um Fehler bei der Maßnahmenplanung und -realisierung zu vermeiden, sowie die eventuelle Kompromissfindung zu erleichtern.

Das FZI ist innerhalb des Projektes für die Anforderungsanalyse, konzeptionelle Entwicklung der Partizipationsmodule, Zwischen- und Endevaluationen und die wissenschaftliche Begleitung verantwortlich.

Mehr unter
https://takepart-projekt.de

„Am FZI gestalten wir innovative Plattformen für die Märkte von morgen.“

Prof. Dr. Christof Weinhardt
Direktor am FZI

FASZINATION Menschen

Durch innovative Forschung auf höchstem Niveau und Aufgeschlossenheit gegenüber technischen Neuerungen möchten wir auch künftig mit neuen Ideen und Lösungen begeistern. Dabei wollen wir die Zukunft verantwortungsbewusst gestalten. Wir am FZI freuen uns, unseren Beitrag zum gesellschaftlichen Wohl zu leisten. Wir tun es aus Überzeugung und mit Blick auf die Generationen, die nach uns kommen.

59 Wofür wir stehen.

/ Unsere Werte

61 Was uns ausmacht.

/ Unser Team

/ Wissen weitergeben

FZI
FZI House of Living Labs
Haid-und-Neu-Str. 5a

— Wofür wir stehen

Wer Zukunft gestaltet, braucht eine klare Orientierung. In der täglichen Zusammenarbeit – untereinander und mit unseren Partnerinnen und Partnern – leiten uns klare Werte und Überzeugungen.

Der gemeinsam von Vorstand, Direktorium und Mitarbeitenden am FZI entwickelte Wertekodex fasst zusammen, für welche Überzeugungen das FZI als Ganzes steht. Diese Werte wollen wir auch weiterhin mit Leben füllen und schützen.

Denn für uns schafft rechtmäßiges und wertorientiertes Handeln die Vertrauensbasis für unsere Zusammenarbeit, sowohl mit unseren Partnerinnen und Partnern in Unternehmen und öffentlichen Institutionen als auch am FZI.

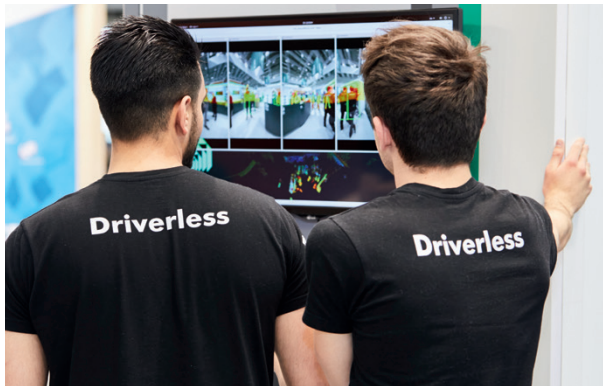
Mehr zu unseren Leitprinzipien unter
https://www.fzi.de/wir-ueber-uns/leitprinzipien/

Forschung und Wissen zum Wohle der Gesellschaft

Wir erforschen die Potenziale digitaler Technologien und entwickeln innovative Anwendungen für Wirtschaft und Gesellschaft auf international höchstem Niveau. Dabei legen wir größten Wert auf hohe ethische Standards, gute wissenschaftliche Praxis und auf die vorausschauende Betrachtung möglicher Folgen unserer Forschung. Wir verpflichten uns zu nachhaltigem Handeln in ökologischer, sozialer und wirtschaftlicher Hinsicht. Mit jeder unserer Innovationen streben wir einen gesellschaftlichen Mehrwert an.

Fachliche Exzellenz, Interdisziplinarität und Kreativität

Als begeisterte Problemlöserinnen und Problemlöser gestalten wir die digitale Welt von morgen und schlagen Brücken zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, Politik, Verwaltung sowie Bürgerinnen und Bürgern. Höchste wissenschaftliche Ansprüche verbunden mit Interdisziplinarität und Vielfalt sind Basis für unsere Innovations- und Leistungsfähigkeit. Dank neuester Methoden und Technologien, modernster Labore und Testfelder sowie unserem Netzwerk innovativer Partner können wir kreative Ideen direkt in der Anwendung erproben. Dieses Forschungs- und Arbeitsumfeld bietet den Kolleginnen und Kollegen ideale Bedingungen für eine berufliche Zukunft in Fach- und Führungspositionen sowie in eigenen Unternehmen.



Unabhängigkeit, Eigeninitiative und Verantwortung

Wir sind als gemeinnützige Stiftung des bürgerlichen Rechts dem Gemeinwohl verpflichtet. Wir bewahren unsere rechtliche, wirtschaftliche und ideelle Unabhängigkeit und setzen auf Eigeninitiative und Integrität aller Kolleginnen und Kollegen. Wir nehmen unsere Verantwortung an: Debatten über die Chancen und Risiken technologischer Innovationen gestalten wir offensiv mit und lassen unseren Worten Taten folgen.

Transparenz, Offenheit und Vertrauen

Wir kommunizieren untereinander und mit unseren Partnern auf Augenhöhe, setzen dabei auf Offenheit und nehmen konstruktive Kritik bereitwillig an. Transparenz bedeutet für uns, dass Entscheidungen nachvollziehbar sind. Die Zusammenarbeit am FZI ist von Vertrauen, Verbindlichkeit und Hilfsbereitschaft geprägt und auf klar definierte Ziele ausgerichtet. Teamgeist wird bei uns aktiv gelebt: Wir können uns aufeinander verlassen und stehen füreinander ein.

Wertschätzung, Respekt und Fairness

Wir bringen unseren Kolleginnen und Kollegen sowie Partnern und Auftraggebern in gleichem Maße Respekt und Wertschätzung entgegen und orientieren uns an den Prinzipen der Chancengerechtigkeit und der Fairness. Die Begeisterung für digitale Zukunftstechnologien verbindet uns. Für eine individuelle fachliche und persönliche Entfaltung setzen wir auf eine flexible und familienfreundliche Ausgestaltung der Arbeitswelt.

— Unser Team

Seit über 35 Jahren gewinnt das FZI den überwiegenden Teil seiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter während ihres Studiums oder kurz nach dessen Abschluss. Sie erhalten im Rahmen ihrer Tätigkeit am FZI unter wissenschaftlicher Anleitung der Direktorinnen und Direktoren auch die Möglichkeit, für ihre eigene wissenschaftliche Karriere zu forschen und an den Fakultäten der am FZI engagierten Professorinnen und Professoren eine Promotion anzustreben.

Die erfolgreiche Abwicklung von Forschungsvorhaben in engem Zusammenwirken mit öffentlichen Auftraggebern, weiteren Forschungseinrichtungen und Unternehmen der freien Wirtschaft verlangt von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ein hohes Maß an Selbstständigkeit, Verantwortungsbewusstsein und fachlichem Wissen.

Die Leitungsstrukturen am FZI sind konsequent darauf ausgerichtet, einerseits die notwendige Anleitung und Struktur für die Mitarbeitenden zu bieten, um exzellente Leistungen zu erbringen, andererseits aber auch ausreichend Raum für die Entwicklung der jeweiligen wissenschaftlichen, fachlichen und organisatorischen Fähigkeiten zu lassen.

Das FZI versteht sich als „Qualifikationsschmiede für hervorragende Expertinnen und Experten“, die im Rahmen ihrer Arbeit wissenschaftliche Fragestellungen mit Bezug zu praxisnahen Tätigkeiten verbinden. Die Weiterbildung und Weiterqualifikation der wissenschaftlichen Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen stehen für das FZI genauso im Fokus, wie die Exzellenz der Forschung, die durch die Nähe zu herausragenden Forschungspartnern und Universitäten wie dem KIT sichergestellt wird.

Mit moderner, großzügiger Laborausstattung und dem FZI House of Living Labs als einzigartige Forschungsumgebung können die FZI-Forscherinnen und -Forscher neue Technologien entwickeln und ausgiebig testen. Dabei arbeiten sie meist mit Partnern aus großen, kleinen und mittelständischen Unternehmen, anderen Forschungseinrichtungen oder Verbänden und der Politik zusammen.

Am FZI trifft man auf ein interkulturelles und junges Team. Flexible, familienfreundliche Arbeitszeiten sind genauso selbstverständlich wie die Teilnahme an internationalen Konferenzen oder auch die Förderung der individuellen Fort- und Weiterbildung.

— Unser Team

Arbeiten, für die Promotion forschen und dabei noch ein Start-up gründen. Geht nicht? Geht doch! Am FZI.

Durch die vielfältigen Möglichkeiten, die die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am FZI haben, müssen sie sich nicht nur auf einen Teilaspekt ihrer Karriere konzentrieren, sondern können mehrere Ziele verfolgen, während sie gleichzeitig für ihre Promotion forschen.

— Das Besondere an den Projekten am FZI ist, dass Spezialistinnen und Spezialisten der Informatik, Elektrotechnik, Maschinenbau, Ökonomie, Mathematik, Psychologie, Jura und vielen weiteren Bereichen und Fächern Hand in Hand arbeiten.

Durch wissenschaftliche Publikationen und Teilnahmen an Konferenzen und über den nahen Kontakt zu den Direktorinnen und Direktoren sowie den Partnerlehrstühlen sind die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in den universitäre Forschungscommunity eingebunden, während sie mit Partnern aus der Wirtschaft, Verbänden und mit Anwendern am FZI IT-Lösungen für die Praxis entwickeln. Damit ist die Forschung am FZI auf hohem wissenschaftlichen Niveau und hat immer einen hohen Praxisbezug. Schon während der Zeit am FZI knüpfen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Kontakte zu spannenden Arbeitgebern für die Zeit danach.

Führungserfahrung können die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am FZI als Projekt-, Abteilungs- oder Bereichsleitung sammeln. Mit Onboarding-Schulungen sowie einem breit gefächerten Fort- und Weiterbildungsangebot fördert das FZI sie auf ihrem Weg.

IT-Innovationen durch Start-ups fördern

Im Laufe der Forschungsarbeit entstehen immer wieder neue und spannende Technologien sowie Geschäftsmodelle, die es sich lohnt auszuloten. Um diese IT-Innovationen in die Gesellschaft zu tragen, unterstützt das FZI seine Mitarbeitenden bei wissenschaftlichen Spin-offs u.a. in den Bereichen Coaching, Marketing, Finanzierung und durch die Übertragung von Rechten an Forschungsergebnissen.

Forscherinnen und Forscher, die ihr eigenes Unternehmen gründen wollen, unterstützt dasFZI auch durch flexible Beschäftigungsmodelle, die es ermöglichen mit einem sicheren Standbein das Start-up aufzubauen. Dazu stellt das FZI die Räumlichkeiten und die Infrastruktur, die junge Gründerinnen und Gründer brauchen. Sie können selbstverständlich auch die Laborumgebung im FZI House of Living Labs nutzen.

Die FZI-Direktorinnen und -Direktoren beraten die Gründerinnen und Gründer oder vermitteln Kontakte zu etablierten Unternehmen, die als Start-up am FZI angefangen haben.

Auf diesem Wege hat das FZI bereits die Gründung von mehr als 45 Start-ups begleitet.

„Das FZI bietet seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern viele Möglichkeiten sich fachlich und persönlich weiterzuentwickeln. Hier können sie schon früh Verantwortung übernehmen, zum Beispiel in der Projekt- oder Abteilungsleitung.“

Sandra Jäger
Mitarbeiterin im Bereich Research Administration

— Wissen weitergeben

Das FZI hat den Wissenstransfer über Köpfe in seinen strategischen Zielen verankert. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter werden daher gezielt auf eine Tätigkeit in der Wissenschaft oder der freien Wirtschaft vorbereitet.

Das am FZI generierte Wissen gibt das FZI an die jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie an Studierende weiter. Insgesamt 190 motivierte Forscherinnen und Forscher haben 2019 in interdisziplinären Forschungsgruppen an 184 verschiedenen nationalen sowie internationalen Forschungs- und Industrieprojekten gearbeitet. Unterstützt wurden sie dabei von über 200 wissenschaftlichen Hilfskräften.

Durch die anwendungsorientierte Forschung und die enge Zusammenarbeit mit Partnern können die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am FZI wertvolle Erfahrungen für zukünftige Forschungs-, Entwicklungs- und Führungsaufgaben sammeln. Durch die individuelle Fort- und Weiterbildung und hausweiten Schulungen ermöglicht das FZI seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern Kompetenzaufbau und eine persönliche fachliche Weiterentwicklung. Die FZI-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter qualifizieren aber auch im Rahmen von Workshops und Schulungen ihre Partner aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft.

Neben der Wissenschaft profitiert auch die Wirtschaft von der interdisziplinären Forschungsarbeit des FZI.

— Ob für Handwerker, Verbände oder Innovationsmanager*innen, Business Developer oder Führungskräfte, ob Veranstaltungen mit der IHK oder mit regionalen Netzwerken – das FZI vermittelt topaktuelles Wissen und bildet in seinem gesamten Spektrum der IKT-Anwendungsforschung aus.

Studierende, Absolventinnen und Absolventen und Doktorandinnen und Doktoranden verschiedener Fachrichtungen bringen ständig neue Impulse in die Auftragsforschung und -entwicklung des FZI mit ein, wodurch innovative Konzepte, Software-, Hardware- und Systemlösungen entwickelt werden können. Viele FZI-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter beginnen ihre wirtschaftliche Karriere bei Projektpartnern des FZI.

Semi-Virtual

r Baden-Württemberg
eine der großen Bedrohungen für die Wirtschaft
ieser Herausforderung stellt sich die Cyberwehr
von Infrastrukturen für die Ersthilfe im Falle eines
DIZ
DIGITALES INNOVATIONS ZENTRUM
Kompetenzzentrum IT-Sicherheit
security consulting
unverbindlich – nicht zur Weitergabe

ÖPNV und aktive Mobilität
Zukunftsbild Mobilität: Was ist Ihnen bei Ihrer Mobilität (auch) in Zukunft besonders wichtig?
Ideen für Maßnahmen
ÖPNV und aktive Mobilität
Unsere Maßnahmen für die Zukunft der Mobilität
1.Maßnahme
2.Maßnahme
Name der Maßnahme / Was?
Ziel / Wozu?
Umsetzung / Wie?
Rolle des Autos
Unser Beitrag

>4 Jahre
Entwicklungsgenerationen
IPEK
a drive

FASZINATION
Zahlen, Daten, Fakten

68 Das FZI in Zahlen

70 Organisation

/ Bereiche
/ Direktorium
/ Kuratorium

76 Impressum

77 Bildnachweis

WISSENSCHAFTLICHE ERGEBNISSE

9 DISSERTATIONEN

25 ZEITSCHRIFTEN-/ ZEITUNGSARTIKEL

1 BUCH

6 BUCHBEITRÄGE

123 KONFERENZ-BEITRAGE

2 TECHNICAL REPORTS

27 SCHULUNGEN UND WORKSHOPS

WIRTSCHAFTLICHE ERGEBNISSE

184 PROJEKTE GESAMT

98 DIREKT-BEAUFTRAGUNGEN

86 ÖFFENTLICH GEFÖR-DERTE PROJEKTE

SPANNE DER PROJEKTVOLUMINA

4.000 EUR BIS

3.689.702 EUR

DURCHSCHNITTSLAUFZEIT DER PROJEKTE

24,7 MONATE

GESAMTUMSATZ

24 MIO. EUR

PERSONAL

239 MITARBEITENDE GESAMT

232 (WISS.) HILFSPERSONAL

28 GASTWISSEN-SCHAFTLER/INNEN

1 DH-STUDENT

9 PRAKTIKANT/INNEN

8 STIPENDIAT/INNEN

WECHSEL HAUPTAMTLICHES PERSONAL

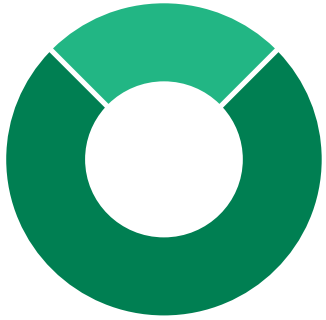
48 NEUE KOLLEGINNEN/ KOLLEGEN

21 NEUE ALUMNAE/ ALUMNI

HAUPTAMTLICHES PERSONAL

25 % MITARBEITERINNEN

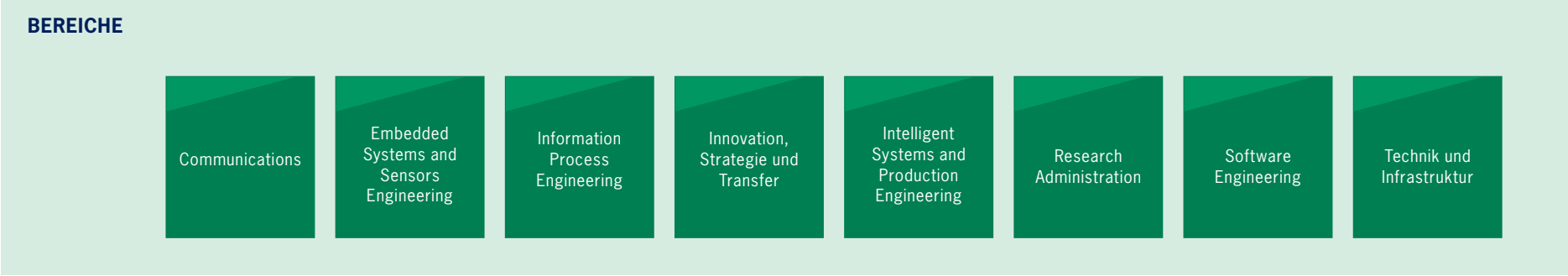
75 % MITARBEITER



2019

FZI IN ZAHLEN

— Organisation
Bereiche



Das FZI wird vom Vorstand geführt, der sich aus drei Mitgliedern zusammensetzt: zwei Professoren aus dem Direktorium des FZI, die ihre Aufgaben im Nebenamt ausüben, und einem hauptamtlich tätigen Vorstandsmitglied.

Die Forschungsbereiche Embedded Systems, Information Process Engineering, Innovation, Strategie und Transfer, Intelligent Systems and Production Engineering sowie Software Engineering decken die Informatik-Anwendungsforschung über den gesamten Innovationszyklus ab. Die Zentralbereiche Communications, Research Administration sowie Technik und Infrastruktur und deren Organisationseinheiten schaffen die Rahmenbedingungen für effizientes und effektives Forschen am FZI.

— Direktorium

Die Direktorinnen und Direktoren der Disziplinen Informatik, Wirtschaftswissenschaften, Elektrotechnik, Maschinenbau und Rechtswissenschaften begleiten mit ihrer fachlich-wissenschaftlichen Exzellenz unsere Forschungsgruppen, die in insgesamt fünf Forschungsbereiche zusammengefasst sind, geleitet jeweils von Bereichsleiterinnen und Bereichsleitern.

Das Direktorium berät den Vorstand bei den Grundzügen der internen Wissenschafts- und Forschungspolitik sowie bei der Forschungs-, Ausbau- und Finanzplanung und darüber hinaus in allen Fragen, die das reibungslose Zusammenwirken der Forschungsbereiche und die wirkungsvolle Unterstützung der Forschungsbereiche bei ihren Tätigkeiten betreffen.

– Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Jürgen Becker

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technik der Informationsverarbeitung

– Prof. Dr. Berhard Beckert

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Theoretische Informatik

– Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Dillmann

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Anthropomatik und Robotik

– Prof. Dr.-Ing. Kai Furmans

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme

— Direktorium

– Prof. Dr.-Ing. Sören Hohmann

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Regelungs- und Steuerungssysteme

– Prof. Dr. Dr. h. c. Stefan Jähnichen

Technische Universität Berlin, Institut für Softwaretechnik und Theoretische Informatik

– Prof. Dr. Jörn Müller-Quade

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Kryptographie und Sicherheit

– Prof. Dr. Stefan Nickel

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Operations Research

– Prof. Dr. Andreas Oberweis

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren

– Prof. Dr. Dr.-Ing. Dr. h. c. Jivka Ovtcharova

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen

— Direktorium

– PD Dr. iur. Oliver Raabe

Karlsruher Institut für Technologie, Zentrum für angewandte Rechtswissenschaften

– Prof. Dr. Ralf Reussner

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Programmstrukturen und Datenorganisation

– Prof. Dr. Wolfgang Rosenstiel

Eberhard Karls Universität Tübingen, Wilhelm-Schickard-Institut – Technische Informatik/Eingebettete Systeme

– Prof. Dr.-Ing. Eric Sax

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technik der Informationsverarbeitung

– Prof. Dr. Hartmut Schmeck

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren

– Prof. Dr. Thomas Setzer

Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, Lehrstuhl für ABWL und Wirtschaftsinformatik

— Direktorium

– Prof. Dr.-Ing. Christoph Stiller

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Mess- und Regelungstechnik

– Prof. Dr. Wilhelm Stork

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technik der Informationsverarbeitung

– Prof. Dr. York Sure-Vetter

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren

– Prof. Dr. Walter Tichy

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Programmstrukturen und Datenorganisation

– Prof. Dr. Christof Weinhardt

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Informationswirtschaft und Marketing

– Prof. Dr.-Ing. J. Marius Zöllner

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren

— Kuratorium

Dem Kuratorium des FZI gehören derzeit 19 Expertinnen und Experten aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft an. Im Rahmen ihrer ehrenamtlichen Tätigkeit legen sie die Grundsätze für die Arbeit des FZI fest und beraten das FZI bei der langfristigen strategischen Ausrichtung, der wirksamen Ausgestaltung des Technologietransfers sowie der Sicherung der wissenschaftlichen Exzellenz.

- **Prof. Michael Auer**
  Steinbeis-Stiftung
- **Prof. Jürgen Beyerer**
  Fraunhofer IOSB
- **Prof. Susanne Boll-Westermann**
  Universität Oldenburg
- **Richard Einstmann**
  Bechtle GmbH & Co. KG
- **Dr. Jan-Henning Fabian**
  ABB AG
- **Dr. Guido Glania**
  Industrie- und Handelskammer Karlsruhe
- **Prof. Holger Hanselka**
  Karlsruher Institut für Technologie
  (Stellv. Vorsitzender)
- **Ministerialdirigent Günther Leßnerkraus**
  Ministerium für Wirtschaft,
  Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg
  (Vorsitzender)
- **Dr. Caroline Liepert**
  Ministerium für Wissenschaft,
  Forschung und Kunst Baden-Württemberg
- **Dr. Svenja Marx**
  Bundesministerium für Bildung und Forschung
- **Peter Rasper**
  SAP SE
- **Dr. Simone Rehm**
  Universität Stuttgart
- **Ralf Schneider**
  ISB AG
  (Stellv. Vorsitzender)
- **Harald Schöpp**
  Swoboda Wiggensbach KG
- **Dr. Sandra Schulz**
  MTU Aero Engines AG
- **Dr. Alexander Tettenborn**
  Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
- **Gustav Tuschen**
  EvoBus GmbH
- **Dirk Wittkopp**
  IBM Deutschland Research & Development GmbH
- **Alf Henryk Wulf**
  Baden-Württemberg: Connected e.V.

— IMPRESSUM UND BILDNACHWEIS

Herausgeber
FZI Forschungszentrum Informatik

Haid-und-Neu-Str. 10–14
76131 Karlsruhe

Tel: +49 721 9654-0
E-Mail: fzi@fzi.de

www.fzi.de

Stand: Juni 2020

Seite 5: Die Ergebnisse der Unternehmensbefragung wurden abgerufen am 14. Juni 2020 unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/ergebnisse-online-befragung-corona-forschung-innovation.pdf?__blob=publicationFile&v=10

Bildnachweis
Titelbild: alphaspirit – stock.adobe.com
Seite 4, 44, 46, 62: Henning Stauch
Seite 5, 59 (r.): srg werbeagentur ag
Seite 10, 47, 49: Pixabay
Seite 12, 17, 27, 48, 56, 63 (Portraits): Joe Miletzki
Seite 15, 54: Clipdealer
Seite 16, 50: Dennis Dorwarth
Seite 19 (EVA-Shuttle): Michael Frey, KIT
Seite 30 (LieferBOT-e): bogevischs buero, https://www.bogevisch.de/wettbewerbe/wettbewerbdetailseiten/441-realisierungswettbewerb-wohnanlage-fuer-studierende-chiemgaustrasse.html
Seite 21, 32, 64, 65 (oben links): Andreas Drollinger
Seite 35: Fotostudio Eidens-Holl
Seite 37 (flexQgrid): NetzeBW
Seite 38 (c/sells): Projekt
Seite 41 (regiomove): regiomove / Paul Gärtner (Fotografie)
Seite 51 (DPNB): https://www.dpnb.de/dpnb/motivation/ – Konsortialhomepage
Seite 54 (SmartLoad): Schaeffler https://www.schaeffler.mx/content.schaeffler.de/de/news_medien/mediathek/index.jsp?tab=mediathek-pic&uid=85955080&subfilter=app:dc;language-vid:165;language-pub:165;mediatyp-pub:all;referencetyp-pub:0
Seite 55 (Take Part): Timo Deible, Zoologischer Stadtgarten
Seite 59 (Werte): Fotoakrobaten, Susi Krautwald
Seite 60: Fotostudie Eidens-Holl (r.), Henning Stauch (l.)
Seite 61: Fotoakrobaten, Susi Krautwald (l.), Andreas Drollinger (r.)
Seite 65: EICT – European Center for Information and Communication Technologies (rechts unten), Staatsministerium Baden-Württemberg (links unten)
Seite 70 (Foto Prof. Beckert): KIT, Andreas Drollinger

— FZI FORSCHUNGSZENTRUM INFORMATIK

HAID-UND-NEU-STR. 10–14
76131 KARLSRUHE

www.fzi.de