UNSERE FORSCHUNG GESTALTET ZUKUNFT

— Inhaltsverzeichnis

4 Vorwort

8 Wer wir sind. Was wir tun.

9 **Forschungsschwerpunkte**

10 Safety, Security and the Law

16 Applied Artificial Intelligence

21 Intelligent Transportation Systems

26 Public and Critical Infrastructures

– Ausgewählte Projekte

12 QuantumLeap

13 eMergent

14 SDIKA

19 CC-KING

20 KI Absicherung

23 VVMethoden

24 MobiPlan

25 SHOW

28 Smart East

30 ROBDEKON

31 LOKI

34 Mit uns arbeiten

34 Unser Angebot

37 Unsere Anwendungsfelder

- Produktion
- Gesundheit
- Ver- und Entsorgung
- Bildung, Forschung und Verwaltung
- Gebäude und öffentlicher Raum
- Mobilität, Verkehr und Logistik
- Dienstleistung und Handel
- IuK-Technologie

38 Wofür wir stehen

41 Unsere Werte

43 Was uns ausmacht

- Unser Team
- Wissen weitergeben

48 Zahlen. Daten. Fakten.

49 Das FZI in Zahlen

51 Organisation

- Vorstand
- Bereiche
- Direktorium
- Kuratorium

58 Impressum und 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,

in diesen Tagen fragen wir uns immer wieder, welche Erkenntnisse aus der Pandemie wir für die Zeit nach der Krise mitnehmen können. Wie können wir uns besser vorbereiten für den Fall, dass eine ähnliche Situation in der Zukunft wieder eintritt? Viele Prozesse im privaten und öffentlichen Bereich, in Unternehmen und in der öffentlichen Verwaltung haben sich in den letzten Monaten grundlegend geändert. Welche dieser Änderungen haben sich bewährt und welche eher nicht?

Auch bei uns am FZI wurden etablierte Abläufe und Strukturen ohne übliche Vorlaufzeiten, zunächst einem Trial-and-Error-Prinzip folgend, grundlegend geändert. Die zentrale Herausforderung war die Aufrechterhaltung einer funktionierenden Zusammenarbeit ohne physische Präsenz aller Kolleg*innen am gleichen Ort. Das umfasste sowohl eine effektive Kommunikation innerhalb unseres Teams als auch die Zusammenarbeit mit Projektpartnern, den Austausch mit Fördergebern und die Diskussion mit der interessierten Öffentlichkeit.

Auf allen Ebenen hat sich gezeigt, dass das Beharren auf eindimensionalen Betrachtungsweisen in Krisenzeiten wenig zielführend ist. Stattdessen mussten kurzfristig teils widersprüchliche Anforderungen und unterschiedliche Perspektiven in Entscheidungsprozessen berücksichtigt werden. Wir haben es gemeinsam geschafft, dass das „Gesamtsystem FZI“ auch unter den ungewohnten Bedingungen seine Aufgaben erfüllen konnte und sich sogar weiterentwickelt hat.

Es ist eine banale Erkenntnis, dass komplexe Strukturen in unserer vernetzten Gesellschaft besonders anfällig sind für Störungen. Trotzdem ist man immer wieder verwundert, wenn insbesondere in kritischen Infrastrukturen kleine Störungen an einer Stelle im System zu schwerwiegenden Konsequenzen an anderer Stelle führen, sei es bei Lieferketten, im Mobilitätsbereich, im Gesundheitswesen, im Finanzbereich oder auch in Energienetzen.

Auch in diesen Bereichen wird Informations- und Kommunikationstechnik immer noch häufig mit der zentralen Intention eingesetzt, Ressourcen einzusparen und Prozesse zu beschleunigen. Das Thema Resilienz wird dabei vernachlässigt, weil es erfordert, Reserven und Puffer einzuplanen, was mit erheblichen Kosten verbunden ist. Die Ursachen für fehlende oder unzureichende Resilienz sind durch die Gegebenheiten in der gesamten Volkswirtschaft bedingt, und können nicht durch einzelne Unternehmen mit ihrem Bestreben nach Selbstoptimierung behoben werden. Hier sind weitsichtige politische Entscheider*innen gefragt, auch übrigens, wenn es um die passende Bereitstellung beziehungsweise Lenkung von Fördermitteln für die Forschung zu diesem Thema geht.

Unsere Forschung gestaltet Zukunft

Gefragt sind innovative und unabhängige Forschungsteams, die verschiedene Perspektiven und Disziplinen in sich vereinen und schnell auf neue Rahmenbedingungen sowie Herausforderungen reagieren können. Gefragt sind auch, mehr denn je, innovative partizipative Formen der angewandten Informatikforschung unter Einbeziehung von Wirtschaft und Gesellschaft in Reallaboren und Forschungsfeldern. Dadurch können nachteilige eindimensionale Betrachtungsweisen und damit verbundene folgenreiche gesellschaftliche Fehlentwicklungen vermieden werden.

Ein wichtiges Thema ist in diesem Zusammenhang auch die Kommunikation der Ergebnisse aus der Forschung. Häufig werden neue Erkenntnisse nur in wissenschaftlichen Publikationsorganen für ein Fachpublikum veröffentlicht; durch die Publikation wird aus Sicht der Fachwelt der Wert wissenschaftlicher Erkenntnis nachgewiesen. Innovative Informatikforschung beispielsweise im Kontext kritischer Infrastrukturen im Mobilitätsbereich, wie beim Karlsruher Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg, erfordert es, dass man sich als Wissenschaftler*in auch mit rechtlichen Fragestellungen, unternehmerischen Entscheidungsprozessen, politischen Gremien sowie mit Presse und Öffentlichkeit auseinandersetzt. Entsprechende Aktivitäten neben der eigentlichen Forschungstätigkeit werden im traditionellen Wissenschaftsbetrieb kaum gewürdigt und von Nachwuchswissenschaftler*innen als wenig attraktiv angesehen, da sie, abgesehen vom Aufwand, auf den persönlichen Karrierepfad wenig einzahlen. Hier muss dringend ein Umdenken stattfinden. Bei uns am FZI wird bereits heute eine entsprechende integrierte Forschungs- und Transferkultur gelebt, die wir auch unter ungewohnten Bedingungen während der Pandemie aufrechterhalten haben und weiter stärken wollen.

Auch die Bedeutung der Digitalen Souveränität, jahrelang in unserer globalen Gesellschaft ein eher untergeordnetes, da fälschlicherweise häufig als rückwärtsgewandte Abschottungspolitik interpretiertes Thema, hat sich trotz internationaler Märkte durch die aktuelle Situation nachdrücklich in Erinnerung gebracht.

Für wichtige Systeme in Wirtschaft und Verwaltung muss sichergestellt sein, dass sie zuverlässig verfügbar sind, und zwar unter Einhaltung der bei uns geltenden ethischen und rechtlichen Rahmenbedingungen. Besondere Weitsicht ist erforderlich: Wer hätte vor fünf Jahren etwa erwartet, dass Videokonferenzsysteme einmal zu den gesellschaftlich wichtigen Softwaresystemen gehören werden? Auch sichere digitale Identitäten werden schon seit einigen Jahren am FZI erforscht, ihre Wichtigkeit für Online-Aktivitäten von Bürger*innen sowie von Unternehmen und Verwaltung zeigt sich nun deutlich, etwa in der plötzlichen Nachfrage nach digitalen Impfpässen oder Apps zur Kontaktnachverfolgung.

Kürzlich wurde in Baden-Württemberg ein neuer Landtag gewählt, die nächste Bundestagswahl steht im Herbst bevor. Das FZI ist sich seiner gesellschaftlichen Verantwortung bewusst und hat für die Landtagswahl erstmals Wahlprüfsteine erstellt und ist damit in einen Dialog mit den Parteien getreten. Dabei haben wir auch auf die Notwendigkeit verlässlicher Rahmenbedingungen sowie finanzieller Planungssicherheit für das FZI hingewiesen. Die Parteien haben positiv auf das Angebot zum inhaltlichen Austausch reagiert. In einem partizipativen Gestaltungsprozess, der künftig fortgesetzt werden soll, werden alle Mitarbeiter*innen des FZI einbezogen. Mit unserer Forschung zum Wohle der Gesellschaft und unserer Unabhängigkeit wollen wir den Dialog auch mit der Politik und Verwaltung verantwortungsbewusst gestalten.

Das FZI sieht für sich als wichtige Aufgabe, Unternehmen jeder Größe dabei zu unterstützen, ihre Innovationskraft auch nach der Krise zu erhalten und auszubauen – sei es durch qualifizierte Fach- und Führungskräfte für die Digitalisierung oder die Unterstützung bei Forschungsfragen für die praktische Anwendung. Wir als FZI sind jedenfalls weiterhin davon überzeugt, dass wir gestärkt aus der aktuellen Krise hervorgehen werden und die gesammelten Erfahrungen dafür nutzen, unsere Forschung zukunftssicher auszurichten, um unseren Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft, Verwaltung und Politik die passende Unterstützung dafür bieten zu können.

Wir danken unseren Projektpartnern, Förderern und Wegbegleitern für ihr Vertrauen und ihre vielfältige Unterstützung. Einen ganz besonderen Dank möchten wir an dieser Stelle unseren Kolleg*innen am FZI aussprechen, die durch ihren unermüdlichen Einsatz und ihr verantwortungsbewusstes 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 auf die gemeinsame Zukunft.

Diese Broschüre will Sie als Leser*in an aktuellen spannenden Entwicklungen in der angewandten Informatikforschung und damit verbundenen zukunftsorientierten Projekten am FZI teilhaben lassen.

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

ROS

– Forschung

Unabhängig. Interdisziplinär. Branchenübergreifend.

8 Wer wir sind. Was wir tun.

– Forschungsschwerpunkte

10 Safety, Security and the Law

16 Applied Artificial Intelligence

21 Intelligent Transportation Systems

26 Public and Critical Infrastructures

– Ausgewählte Projekte

12 QuantumLeap | Der Quantensprung für die deutsche Wirtschaft

13 eMergent | Sichere vernetzte Geräte für Rettungsdienste

14 SDIKA | Schaufenster sichere digitale Identitäten Karlsruhe

19 CC-KING | Künstliche Intelligenz beherrschbar und nutzbar machen

20 KI Absicherung | Sicherheit von KI-basierten Funktionsmodulen

23 VVMethoden | Sicherheitsnachweis für automatisierte Fahrzeuge

24 MobiPlan | Schlüssel zum Wechsel in den Mobilitätsgewohnheiten

25 SHOW | Shared Automation Operating Models for Worldwide Adoption

28 Smart East | Die städtische Energiewende im Reallabor

30 ROBDEKON | Robotersysteme für die Dekontamination

31 LOKI | Luftgestützte Observation kritischer Infrastrukturen

— 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.

20 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 Wissenschaftler 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.

18 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. In Baden-Württemberg übernimmt das FZI im Bereich der Informationstechnologie 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 innoWerft – 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 Anwendungsfelder

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

- Bildung, Forschung und Verwaltung
- Dienstleistungen und Handel
- Gebäude und öffentlicher Raum
- Gesundheit
- IuK-Technologie
- Mobilität, Verkehr und Logistik
- Produktion
- Ver- und Entsorgung

„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

— 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 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 die administrativen und technischen Aspekte der funktionalen Sicherheit und IT-Sicherheit zu bedenken, sondern auch regulatorische Rahmenbedingungen wie beispielsweise Haftung oder Datenschutz. Für viele Produzenten sind das große Hürden.

Das FZI ist mit seinem Forschungsschwerpunkt „Safety, Security and the Law“ gerade für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) ein kompetenter Ansprechpartner, wenn es um die Klärung entsprechender Fragen und Erforschung neuer Lösungsansätze geht: Hier kooperieren Spezialistinnen und Spezialisten für sichere Soft- und Hardwareentwicklung und für Kryptographie eng mit Rechtsexpertinnen und -experten, die ihren Schwerpunkt u. a. 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, Künstlicher Intelligenz oder Robotik erarbeiten sie unter Berücksichtigung juristischer und technischer Aspekte zusammen mit Unternehmen neue Konzepte für sichere digitalisierte Produkte und Dienstleistungen.

Als Forschungseinrichtung arbeitet das FZI nicht im luftleeren Raum, sondern orientiert sich an den Bedürfnissen der Praxis. Die wesentliche Zielsetzung ist, die IT-Sicherheit am Wirtschaftsstandort Deutschland, insbesondere für KMU, weiter zu verbessern. Zwei Zukunftstechnologien, die starke Effekte in der Wirtschaft versprechen, stehen dabei aktuell besonders im Fokus: Künstliche Intelligenz und Post-Quantenkryptographie. Auf dem Feld der Künstlichen Intelligenz befassen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des FZI insbesondere intensiv mit der wechselseitigen Beeinflussung von Künstlicher Intelligenz zu Safety und Security.

Das FZI setzt es sich ebenso zum Ziel, eine Strategie zur Post-Quantenkryptographie für den Mittelstand zu entwerfen, damit Unternehmen auch in der Zukunft noch sichere kryptographische Verfahren für ihre Produkte und Dienstleistungen nutzen können. Denn die vermehrt entstehenden Quantencomputer bergen nicht nur enormes Potenzial, sondern auch Risiken, da sich die aktuell im Einsatz befindlichen kryptographischen Verfahren zur Absicherung von IT-Systemen hiermit überwinden lassen. Hier ist nicht nur die Wirtschaft, sondern sind insbesondere die kritischen Infrastrukturen gefährdet. Im Projekt QuantumLeap entwickeln FZI-Forscherinnen und -Forscher für deren Schutz praxisnahe Lösungen vorrangig für die Finanzwirtschaft, um sensible Daten bei Finanztransaktionen gegen Angriffe durch Quantencomputer durch neue resistente Kryptographie-Verfahren zu schützen *(siehe auch Seite 12)*.

Doch auch in der Verwaltung und für die Bürger*innen sind kritische Infrastrukturen resilient zu gestalten. Methoden der IT-Sicherheit müssen für Bürger*innen durch sichere digitale Identitäten ausgerichtet werden. Die Souveränität und Privatheit von Personen zu stärken, ist erklärtes Ziel der FZI-Sicherheitsforschung.

Das FZI unterstützt darüber hinaus regelmäßig auch Bundesbehörden mit seiner Expertise im Bereich der IT-Sicherheit. Im Auftrag des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) untersuchen Forscherinnen und Forscher in drei Projekten aktuell die Sicherheit von vernetzten Medizinprodukten im Rettungsdienstkontext *(siehe Seite 13)*, entwickeln eine sichere hardwarebasierte Webauthentifizierungslösung für den Einsatz bei Bundesbehörden und unterstützen beim Aufbau des bundesweiten Cybersicherheitsnetzwerks.

Nicht nur Security, sondern auch Safety – also die funktional sichere Interaktion vernetzter IT-Systeme mit der physischen Welt – ist für Wirtschaftsakteure von großer Bedeutung. Auf diesem Gebiet erforscht das FZI beispielsweise im Projekt Scale4Edge Ansätze zur kombinierten, statischen Soft- und Hardware-Verifikation.

Das FZI ist stark in der Entwicklung von Technologien für vielfältige Anwendungsfelder. So hat das FZI in diesem Zusammenhang mit dem Aufbau eines Prüflabors für sichere IoT- und Automotive-Komponenten begonnen.

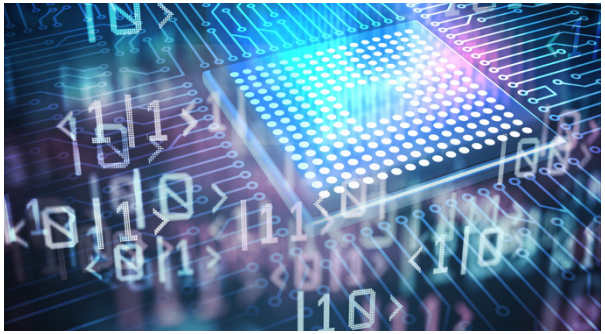
Die Forschenden am FZI beschäftigen sich aber auch intensiv mit rechtlichen Safety-Aspekten vernetzter Produkte: Welche Voraussetzungen müssen für die Zulassung selbstlernender Systeme etwa in autonomen Fahrzeugen erfüllt sein? Welche Haftungsfragen stellen sich – und wie müssen sie juristisch beantwortet 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.

– Die wesentliche Zielsetzung: Die IT-Sicherheit am Wirtschaftsstandort Deutschland weiter zu verbessern.

Im Fokus des Forschungsschwerpunkts „Safety, Security and the Law“ steht darüber hinaus der Legal-Tech-Bereich. Er umfasst selbstlernende Verfahren, die bei rechtlichen Fragestellungen automatisiert Entscheidungen treffen oder Rechtsberatung leisten können. Diesen Bereich erweitert das FZI systematisch. Darüber hinaus sollen auch die rechtlichen Hürden beim Einsatz von Künstlicher Intelligenz identifiziert und Reformvorschläge hierfür aufgezeigt werden.

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 neuer Technologien sowie digitalisierten Produkten hohe Glaubwürdigkeit in Wissenschaft, Wirtschaft und Politik.

QuantumLeap
Der Quantensprung für die deutsche Wirtschaft



Förderung:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Partner:
Fiducia & GAD IT AG, SRC Security Research & Consulting GmbH, REINER SCT

Laufzeit:
01.11.2020 – 31.10.2023

Aktuell im Einsatz befindliche kryptografische Verfahren zur Absicherung von IT-Systemen sind mit derzeit verfügbarer, herkömmlicher Computertechnologie kaum oder nur schwer angreifbar. Quantencomputer jedoch können durch ihre neuartige Funktionsweise aktuelle Sicherheitssysteme brechen. Neue, gegenüber Quantencomputern resistente, Verfahren – sogenannte Post-Quanten-Verfahren – befindet sich bereits in der Standardisierung, besitzen jedoch völlig andere Eigenschaften als die bisherigen Verfahren. Die Umstellung von komplexen IT-Systemen und von ressourcenschwacher Hardware wie etwa EC-Karten auf neue kryptographische Verfahren ist somit eine große Herausforderung. Insbesondere die Finanzwirtschaft mit ihren sensiblen Finanztransaktionen muss sich frühzeitig auf eine solche Migration vorbereiten.

Im Projekt werden daher die Anpassungen und Herausforderungen bei der Umstellung auf neue kryptographische Verfahren für diese Branche untersucht. Dazu werden zunächst durch Quantencomputer bedrohten Prozesse und Systemkomponenten identifiziert und passende Gegenmaßnahmen definiert. Anschließend werden Migrationskonzepte zur konkreten Umstellung auf Post-Quanten-Verfahren erarbeitet und Maßnahmen für einzelne IT-Systemkomponenten prototypisch implementiert und getestet. Darüber hinaus werden auch geänderte Anforderungen an Applikationen analysiert, Anforderungen für den Einsatz von PQ-Verfahren auf branchenspezifischer Hardware definiert und deren Einsatz getestet.

Das QuantumLeap-Projekt entwickelt praxisnahe Lösungen, die auch für andere Wirtschaftsbereiche als Blaupause für die Migration klassischer kryptographischer Sicherheitsverfahren auf gegenüber Quantencomputern resistente Ansätze dienen können. Die Ergebnisse werden in Standardisierungsprozesse eingebracht.

Mehr unter
www.projekt-quantumleap.de

— Safety, Security and the Law
Ausgewählte Projekte

eMergent
Sichere vernetzte Geräte für Rettungsdienste

Auftraggeber:
Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik

Laufzeit:
01.04.2021 – 01.12.2022

Kühlschränke, Spielzeugpuppen und Defibrillatoren: Drei gänzlich unterschiedliche Produkte, die repräsentativ für die fortschreitende Digitalisierung stehen. Schnittstellen wie Bluetooth und die Anbindung ans Internet über W-LAN ermöglichen neue Funktionen und Nutzungsmöglichkeiten sowie neue Geschäftsfelder und Dienstleistungen.

Allerdings bieten vernetzte Geräte ebenso ein lukratives Ziel für Hacker*innen und Kriminelle. Mangelnde Absicherung seitens der Nutzer*innen und nicht eingehaltene Sicherheitsstandards der Entwickler*innen laden zum Stehlen von persönlichen Daten oder dem Aufbau von Botnetzen ein, wie etwa im Falle des IoT-Botnetzes Mirai.

Gravierende Mängel im Bereich der Digitalisierung und Sicherheit konnten anhand von Studien auch im medizinischen Sektor festgestellt werden, wie z. B. bei Gesundheits-Apps. Auch bei Notfalleinsätzen greifen Notärzte und Rettungssanitäter vermehrt auf digitalisierte Produkte zurück. Für diesen Bereich erfolgten bisher noch keine genaueren Untersuchungen.

Für das BSI erstellt das FZI im Rahmen des Forschungsprojekts eMergent ein umfassendes Lagebild über vernetzte Geräte im Rettungsdienst. Dazu gehören zum Beispiel Monitoring-Geräte und Defibrillatoren, Beatmungs- und Blutanalysegeräte sowie Dokumentationswerkzeuge. Kern des Projekts ist eine ausführliche Sicherheitsanalyse von mindestens zehn ausgewählten Produkten.

Im Vorfeld werden zudem Akteure aus dem Rettungsbereich über ihre Einstellung und Wahrnehmung zur Digitalisierung sowie ihrem Wissen über die dadurch entstehenden Risiken und Schulungen hierzu befragt.

SDIKA
Schaufenster sichere digitale Identitäten Karlsruhe

Förderung:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Partner:
Stadt Karlsruhe, CAS Software AG, INIT GmbH, ISB Institut für Software-Entwicklung und EDV-Beratung AG, Jolocom GmbH

Laufzeit:
01.06.2020 – 30.11.2020

Einmal anmelden und dann viele regionale Dienste und Angebote online von zu Hause oder unterwegs nutzen: Was einfach klingt, ist bisher für die Bereiche E-Government, Mobilität und Gesundheit noch eine Zukunftsvision. Denn egal, ob zum Beantragen eines Reisepasses im Bürgerbüro oder auch zum Pendeln mit dem ÖPNV: Durch die Vorlage eines Passes oder Jahreskarte müssen wir uns dafür im Alltag eindeutig ausweisen – und das für jeden Dienst mit unterschiedlichen Dokumenten oder Informationen. Möchte man Verwaltungs- und Wirtschaftsdienste bequem online erledigen, muss sich jeder Bürger und jede Bürgerin auch eindeutig und sicher digital identifizieren oder ausweisen können.

Das SDIKA-Projektkonsortium vereinfachte dies nach dem „Single Sign-On"-Prinzip: Bürgerinnen und Bürger sowie Organisationen sollen mit einer einzigen digitalen Identität künftig zahlreiche Bürger-, Gesundheits- und Mobilitätsdienste in Karlsruhe nutzen können – und zwar medienbruchfrei, standortunabhängig und anwendungsfallübergreifend für Dienstleistungen der öffentlichen Verwaltung und der privaten Wirtschaft. Im Vordergrund steht dabei immer die Digitale Souveränität: Nutzende haben die freie Wahl aus verschiedenen einsetzbaren Handlungsoptionen und die alleinige Kontrolle über die eigenen Identitätsmerkmale.

Das FZI als Konsortialführer steuerte dafür sein Know-how zu Rechtsfragen, digitaler Souveränität, Usability & User Experience und Software-Entwicklung bei. Das entstandene Konzept soll in den nächsten drei Jahren in einem Folgeprojekt umgesetzt werden.

Mehr unter
https://url.fzi.de/SDIKA-Abschluss

„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) lässt Fahrzeuge automatisiert fahren, 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, das 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. Die interdisziplinären Teams am FZI haben dies bei der Anwendbarkeit von Künstlicher Intelligenz ebenso im Blick wie die gesellschaftlichen und rechtlichen Aspekte, den Technologie- und Wissenstransfer und die hohe Praxistauglichkeit. Sie forschen an innovativen Konzepten, Algorithmen oder Hardware der nächsten Generation. Immer im Mittelpunkt steht dabei für die FZI-Forschenden der Mensch – auch beim Einsatz Künstlicher Intelligenz.

Industrie, Wissenschaft, Logistik, Handel und Verbraucher*innen haben heute eines gemein: Sie produzieren Datenmengen, die mit klassischen Methoden nicht mehr sinnvoll handhabbar sind. Künstliche Intelligenz ist deshalb die Technologie der Stunde; neuronale Netze und maschinelles Lernen sind die Werkzeuge der Zukunft. Strikte Handlungsanweisungen, wie bei klassischen Computerprogrammen, gibt es hier nicht. Angelehnt an das menschliche Gehirn, lernen die Programme stattdessen, z. B. Muster in Datensätzen zu finden und zu interpretieren. Die einzelnen Schritte zur Entscheidungsfindung bleiben den Menschen zumeist verborgen, was Vorbehalte weckt und Ängste in der Gesellschaft schürt. Der Bedarf an hochspezialisierten Fachkräften behindert zudem den Einzug von KI vor allem in den Mittelstand, der selten über einen großen Pool an solchen Expertinnen und Experten verfügt. Hier leistet das FZI nicht nur Wissens- und Technologietransfer wie etwa durch das Projekt „KI-Transfer BW“, sondern bildet auch die Spezialistinnen und Spezialisten von morgen aus. Die Themen KI und Mensch, Künstliche Intelligenz zur Prädiktion, dedizierte Hardware für Künstliche Intelligenz (KI) sowie KI-Engineering stehen dabei aktuell besonders im Fokus.

Wie sich die Entscheidungen der Algorithmen für die menschlichen Benutzer*innen begreif- und nachvollziehbar gestalten lassen, ist eine zentrale Frage im sogenannten 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 möglichst auch für Laien 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 Situationen automatisch erkennen, interpretieren und darauf, auch kooperativ mit anderen, reagieren – ein Bereich, bei dem die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler inhaltlich eng verzahnt zum Forschungsschwerpunkt „Intelligent Transportation Systems“ arbeiten und ihre Algorithmen beispielsweise unter realen Bedingungen auf dem Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg erproben können. In der Robotik wird KI die Zusammenarbeit von mechanischen und menschlichen Kollegen auf eine neue Stufe führen. Das macht eine flexible, intelligente Automatisierung wirtschaftlich und bereitet autonomen Systemen den Weg.

Und auch das Gesundheitswesen soll von Künstlicher Intelligenz 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, nutzt das Wissen des Experten, bereitet es auf und wendet es an. Ein Prozess, der Imitation Learning heißt.

Dann unterbreitet der Coach einem 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.

Doch auch an der dafür notwendigen Hardware wird beim FZI geforscht. Bisher benötigen hochgerüstete Computer nicht nur große Mengen Energie, sondern schränken auch den Einsatz von KI-Systemen ein. Darüber hinaus ist in manchen Fällen der Einsatz obendrein noch eine Herausforderung für Datenschutz und Datensicherheit. Zum Beispiel, wenn Bilder aus sensiblen Bereichen 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.

– Transparent, sicher und nachvollziehbar: So wird Künstliche Intelligenz am FZI technologisch weiterentwickelt.

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 mit 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.

Die FZI-Forscherinnen und -Forscher bringen umfassendes Know-how zu Verfahren des automatischen Bildverständnisses und der Mustererkennung beziehungsweise deren Interpretation durch Künstliche Intelligenz ebenso in ihre Projekte ein wie Kompetenzen im KI-Engineering zur effizienten Integration und Absicherung in konkreten Anwendungen. Künstliche Intelligenz beherrschbar und für Ingenieure nutzbar machen, ist Ziel des Kompetenzzentrum für KI-Engineering, kurz CC-KING *(siehe auch Seite 19)*, wo sich das FZI insbesondere auch für das Anwendungsfeld Mobilität einbringt.

„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

— Applied Artificial Intelligence
Ausgewählte Projekte

CC-KING
Competence Center
KI-Engineering

CC-KING
Künstliche Intelligenz beherrschbar und für Ingenieur*innen nutzbar machen

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

Partner:
Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung, Karlsruher Institut für Technologie

Laufzeit:
13.08.2020 – 31.12.2021

Viele Unternehmen verfügen über einen wahren Datenschatz, den sie mit Hilfe von KI wertschöpfend einsetzen könnten. Gleichzeitig mangelt es jedoch oft an KI-Kompetenz und KI-Expert*innen sind rar und zudem mit den typischen Anwendungsdomänen in der Regel nicht vertraut. Das Kompetenzzentrum für KI-Engineering (CC-KING) will daher insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen die beherrschbare Nutzung von KI-Komponenten ermöglichen und konkrete Unterstützung von KI-Methoden als Entwicklungswerkzeug anbieten.

Das Kompetenzzentrum forscht im engen Kontakt mit Unternehmen an grundlegenden Fragen, praxistauglichen Methoden und konkreten Anwendungsherausforderungen aus den Anwendungsfeldern industrielle Produktion und Mobilität.

CC-KING schafft die Verbindung zwischen KI-Spitzenforschung und etablierten Ingenieurdisziplinen. Es erforscht die Grundlagen und entwickelt die Werkzeuge, um den Einsatz von Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) und des maschinellen Lernens (ML) in der betrieblichen Praxis zu erleichtern.

Das FZI bringt sich insbesondere hinsichtlich eines Vorgehensmodells beim KI-Engineering, Assistenzfunktionen zur Wissenserfassung und Optimierung von KI-Komponenten oder der Anwendung von KI- und ML-Verfahren bei beschränkten Ressourcen ein und leitet die Anwendungsdomäne Mobilität.

Mehr unter
www.ki-engineering.eu

— Applied Artificial Intelligence
Ausgewählte Projekte

KI ABSICHERUNG
Safe AI for Automated Driving

KI Absicherung
Methoden und Maßnahmen zur Absicherung von KI-basierten Wahrnehmungsfunktionen für das automatisierte Fahren

Förderung:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Partner:
Über 25 Partner, darunter u. a. Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme, Volkswagen AG, AUDI AG, Automotive Safety Technologies GmbH, BMW Group, Opel Automobile GmbH, Continental Automotive GmbH, Robert Bosch GmbH, ZF Friedrichshafen AG, Valeo Schalter und Sensoren GmbH, Elektronische Fahrwerksysteme GmbH und Intel Deutschland GmbH

Laufzeit:
01.07.2019 – 30.06.2022

Technologisch ist autonomes Fahren bereits in greifbarer Nähe – doch ohne nachgewiesene Sicherheit für alle Verkehrsteilnehmenden wird diese Vision nicht umgesetzt werden können. Automobilhersteller, Zulieferer, Technologie-Unternehmen und Forschungsinstitute in Deutschland arbeiten darum gemeinsam an der größtmöglichen Absicherung von KI-Funktionen: Das Forschungsprojekt KI Absicherung zielt auf die Entwicklung von abgesicherten KI-Funktionsmodulen und standardisierten Schnittstellen.

Das FZI entwickelt im Projekt verschiedene Methoden zur Verbesserung der Robustheit und Interpretierbarkeit aktueller KI-Modelle und liefert damit Bausteine für eine umfassende Absicherungsstrategie darauf basierender Funktionen.
Im Dialog mit Zertifizierungsstellen und Standardisierungsgremien soll zudem ein allgemein akzeptierter Industriekonsens geschaffen und die Position der deutschen Automobilbranche nachhaltig gestärkt werden.

Das Verbundprojekt wird im Rahmen der Leitinitiative „Autonomes und vernetztes Fahren“ des Verbandes der Deutschen Automobilindustrie (VDA) durchgeführt und ist Teil der KI-Strategie der Bundesregierung, die den Standort Deutschland langfristig für die neuen Schlüsseltechnologien aufstellen und u. a. die Marktführerschaft der deutschen Automobilindustrie im Hinblick auf das automatisierte Fahren nachhaltig sichern soll.

Mehr unter
www.ki-absicherung-projekt.de

— 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 Wissenschaftler genau daran: an intelligenten und sicheren Lösungen für den Transport von Menschen und Gütern. Für die Mobilität der Zukunft entwickeln sie automatisierte 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.

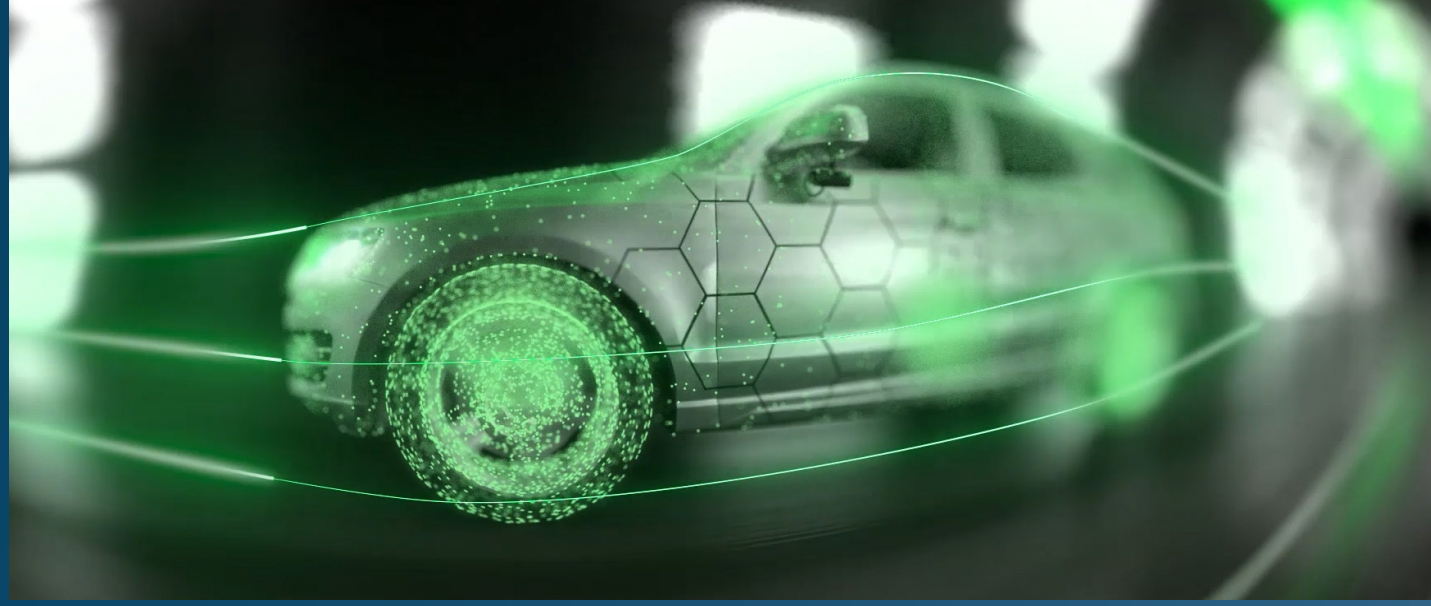
Die Mobilitätsforschung des FZI zeichnet sich durch die große Breite der vorhandenen Kompetenzen aus. Nahezu alle Forschungsabteilungen des FZI sind an diesen Aktivitäten beteiligt. Im Zentrum steht dabei die Forschung an automatisierten, kooperierenden und vernetzten Mobilitätssystemen. Für sie sind vier am FZI etablierte Technologiefelder von übergeordneter Bedeutung: Automatisierte Fahrfunktionen, Angewandte 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 erforschen 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. 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 Objekten 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, beispielsweise unter Nutzung der Schiene und von TramTrains im Rahmen der Initiative regioKArgo.

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 Be-



reichen 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 Datenschutz, Produktzulassung, Haftung oder gesetzlichen Regelungslücken werden hier ebenfalls fundiert bearbeitet.

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 sowohl grundsätzliche also auch praxisorientierte Fragestellungen beantworten kann. Dabei ist die am FZI vorhandene technische Ausstattung auf höchsten internationalen Niveau: Der Forschung stehen Prototypenfahrzeuge und modernste Testlabore wie das FZI Living Lab Future Mobility und das Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg zur Verfügung, mit deren Hilfe Erkenntnisse in Richtung Anwendung weitergetrieben werden.

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

Durch die exzellente Ausstattung mit Reallaboren und Versuchsträgern kann am FZI anwendungsorientiert an effizienten, zukünftigen Mobilitätskonzepten für die intelligenten und vernetzten Städte der Zukunft geforscht werden. Dabei werden die Endnutzerinnen und -nutzer in das vernetzte Fahren und Laden von Elektrofahrzeugen und Intermodalität im Rahmen von Umfragen, Akzeptanzuntersuchungen und Prognosen jederzeit einbezogen.

So können beispielsweise im Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg neue Entwicklungen für automatisiert fahrende Autos, Shuttles und Nutzfahrzeuge für Zustelldienste oder Straßenreinigung getestet werden. Bis Juni 2021 können Bürgerinnen und Bürger im Karlsruher Stadtteil Weiherfeld-Dammerstock als Teil des Testfelds die im Projekt „EVA-Shuttle“ entwickelten vernetzten und autonom fahrenden Mini-Busse für die letzte Meile von der Haltestelle bis zur Haustür erleben: Diese bringen ihre Fahrgäste nach Bedarf bequem von A nach B. Das Besondere dabei: Die Fahrzeuge bewegen sich frei im regulären Straßenverkehr, agieren dort selbstständig und reagieren auf andere Verkehrsteilnehmende. Die Bestellung erfolgt on-demand via App – in dieser Konstellation ist das bisher einzigartig in Deutschland. Begleitet wird diese Projektphase durch eine Nutzerakzeptanzstudie.

Hier, aber auch in den anderen Forschungsprojekten 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 oder des Cluster Brennstoffzelle BW – damit neue Ansätze für die Mobilität der Zukunft vom ersten Tage an auf gesellschaftliche Akzeptanz und industrielle Erfordernisse stoßen.

— Intelligent Transportation Systems
Ausgewählte Projekte

VVMethoden
Verifikations- und Validierungsmethoden automatisierter Fahrzeuge Level 4 und 5

Förderung:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

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

Laufzeit:
01.07.2019 – 30.06.2023

Bei der Einführung vollautomatisierter und autonomer Fahrfunktionen kommt dem Testen und Absichern von Fahrzeugsystemen eine Schlüsselrolle zu. Im Projekt VVMethoden entwickelt das Projektkonsortium aus Industrie und Forschung gemeinsam rechtssichere sowie zeit- und kosteneffiziente Verifikations- und Validierungsmethoden, um den Sicherheitsnachweis für automatisierte Fahrzeuge zu führen. Am Anwendungsfall einer urbanen Kreuzung fokussiert sich das Projekt auf Fahrfunktionen bis zur kompletten Automatisierung von Fahrzeugen (SAE Level 4 und 5). Im Zusammenspiel von Simulation und Realtest werden geeignete Methoden gefunden, um den Sicherheitsnachweis für automatisierte Fahrzeuge zu führen und Standards für dessen Verankerung im industriellen Entwicklungsprozess zu setzen.

Ziel ist, eine nahtlose Argumentationskette für den Sicherheitsnachweis aufzubauen und die Umsetzbarkeit zu demonstrieren. Der Einsatz aller möglichen Werkzeuge von digitaler Simulation bis hin zu realen Testfahrten erfolgt möglichst effizient. Aufwände werden minimiert, die Kosten- und Zeiteffizienz wird erhöht.

Das FZI erforscht im Rahmen des Projekts Konzepte und Methoden eines durchgängigen Testvorgehens von Simulation bis hin zu Realtests für eine modulare Sicherheitsargumentation von automatisierten Fahrzeugen. Zudem werden zentrale Infrastrukturen in Form von Testfahrzeugen und Prüfständen am FZI aufgebaut beziehungsweise erweitert.

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

— Intelligent Transportation Systems
Ausgewählte Projekte

MobiPlan
Mobility- & Activity-based Planing assistant

Fördergeber:
Vector Stiftung

Laufzeit:
01.08.2020 – 30.11.2021

Individuelle Mobilität ist ein kritischer Faktor für den wirtschaftlichen Erfolg einer Gesellschaft, weil zum Beispiel die Vereinbarkeit von Familie und Beruf darauf aufbaut. Planen Menschen ihre Wege zur Arbeit oder Freizeit, für Beruf und Familie, greifen sie oft zum Auto, da sonst komplexe und flexible Tagesabläufe nicht bewältigbar erscheinen. Das im August gestartete Projekt MobiPlan, das als eine von 16 „MINT-Innovationen 2020“ von der Vector-Stiftung ausgezeichnet wurde, will hier zum Umdenken bewegen.

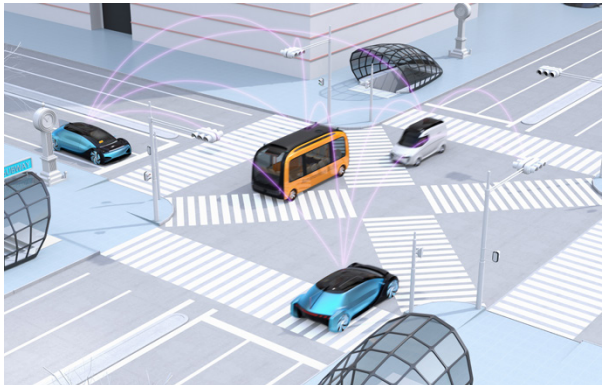
Um diesen Paradigmenwechsel zu erreichen, will das FZI im Vorhaben MobiPlan zeigen, dass die integrierte Planung von Tagesaktivitäten und des daraus entstehenden Mobilitätsbedarfs der Schlüssel zum Wechsel in den Mobilitätsgewohnheiten ist: ein zu entwickelnder Planungsassistent mit ausgereiftem Algorithmus soll in Zukunft eine vielseitige, personalisierte, verlässliche und gesundheitsbewusste Mobilitätsplanung im Alltag ermöglichen.

Es wird ein Planungsassistent (MobiPlan) konzipiert und prototypisch implementiert, der durch einen ausgereiften Algorithmus Nutzende bei der Planung der Tagesaktivitäten unterstützt. Dabei soll die Auswahl und Kombination der Beförderungsmittel für die Routenplanung nicht nur entlang von Mobilitätsanforderungen, sondern auch entsprechend abgefragter individueller Präferenzen sowie persönlich gesteckter Gesundheitsziele der Nutzenden erfolgen.

Der Planungsassistent gibt auch Vorschläge zur Veränderung der Reihenfolge von Aktivitäten, um Schwierigkeiten bei der Verwirklichung durch Ablaufänderungen auszuräumen, was auch feste, verpflichtende und flexible Aktivitäten berücksichtigt. Zu den flexiblen Aktivitäten gehören auch gesundheitsfördernde Maßnahmen wie Spaziergänge und Radfahrten, die in den Mobilitätsablauf des Tages eingebettet werden.

Mehr unter
https://www.mobi-plan.de/

— Intelligent Transportation Systems
Ausgewählte Projekte



SHOW
Shared Automation Operating Models for Worldwide Adoption

Förderung:
EU im Rahmen des Forschungs- und Innovationsprogramms H2020

Partner:
Konsortium aus 69 Partner aus 13 EU-Ländern

Laufzeit:
01.01.2020 – 31.12.2023

Autonome Fahrzeuge stellen eine einzigartige Gelegenheit für einen grundlegenden Wandel der städtischen Mobilität dar, wenn sie in ein integriertes öffentliches Verkehrsnetz eingebunden werden. Wenn autonom fahrende Fahrzeuge in gemeinsam genutzten und vernetzten Flotten eingesetzt werden, könnten sie die Anzahl der Autos auf der Straße drastisch reduzieren.

Das Projekt SHOW ist die bisher größte und ganzheitlichste Initiative zur Erprobung automatisierter Fahrzeuge im städtischen Umfeld, um eine nachhaltige urbane Mobilität zu fördern. Während des Projekts werden in 20 Städten in ganz Europa reale städtische Demonstrationen stattfinden, bei denen die Integration von Flotten automatisierter Fahrzeuge in den öffentlichen Nahverkehr und seinen Sonderformen wie Demand Responsive Transport (DRT), Mobility as a Service (MaaS) und Logistics as a Service (LaaS) untersucht wird.

In Karlsruhe soll unter Leitung des FZI eine Vielzahl an verschiedenen Use Cases abgebildet werden– von hochautomatisierten Fahrten in kontrollierter Umgebung bis hin zu Fahrten im gemischten Verkehr. Bei diesen Fahrten soll auch der Aspekt der Telesupervision vorgestellt werden, die Überwachung und Inspektion aus einem zentralen Leitstand heraus. Die hierfür notwendigen Daten sollen über die Schnittstelle Car2X übertragen und die Demonstrationen sowohl für den Personen- als auch Warentransport mit verschiedenen autonomen Fahrzeugen durchgeführt werden.

Mehr unter
www.show-project.eu

— Public and Critical Infrastructures
Sichere und leistungsfähige Strukturen für die Zukunft

Ob es sich um die Energiesysteme, Wärme- und Wasserversorgung, Kommunikationstechnologien, Transport- und Verkehrswesen, öffentliche Verwaltung oder die Gesundheitsversorgung handelt – die Corona-Pandemie machte uns die Abhängigkeit von Strukturen, die unser privates und öffentliches Leben bestimmen, noch einmal besonders bewusst; auch mit Blick auf gesellschaftliche Teilhabe und Partizipation. Gelingt es uns, Infrastrukturen smarter, sicherer und resilienter zu machen und so Ressourceneffizienz, Nachhaltigkeit und Teilhabe zu befördern, trägt dies zu einem gelingenden Gemeinwesen und einer Zukunft bei, in der wir auch Makroentwicklungen wie den Klimawandel besser beherrschen. Mit seiner Forschung leistet das FZI durch sinnvolle Digitalisierungslösungen einen starken Beitrag zu effizienten und im Betrieb sicheren, öffentlichen und kritischen Infrastrukturen – ein hohes „Technology Readiness Level“ ist dabei selbstverständliche Verpflichtung.

Unsere Zukunft benötigt ein umweltschonenderes Energiesystem, das resilient ist und zugleich Versorgungssicherheit bietet. Hierfür arbeiten die Forscherinnen und Forscher des FZI kontinuierlich an dessen Digitalisierung: damit Energie intelligenter fließen kann. Damit es nicht zu Engpässen oder Ausfällen kommt, müssen die Erzeuger in einer dezentralen Struktur nicht nur untereinander, sondern auch mit den Verbrauchern und Verbraucherinnen kommunizieren. Von den FZI-Forscherinnen und -Forschern verlangt dies die Entwicklung neu aufgestellter Informationstechnik, mit der erneuerbare Energien flexibel und stabil in unser Energiesystem integriert werden können und zugleich die Resilienz von Verteilernetzen erhalten bleibt.

Smart Meter, die über Gateways eine sichere Kommunikation zwischen Verbrauchern und der Außenwelt ermöglichen, sind seit Januar 2020 durch den Rollout-Plan auf Bundesebene im Strommarkt von morgen fest verankert. In Zukunft können nun Marktteilnehmer wie Energieversorger auf Basis der Plattform "Intelligenter Messsysteme" Services anbieten: vom visualisierten Stromverbrauchprofil für Kund*innen bis zum Angebot zeitvariabler Stromtarife. Insgesamt gilt es für die FZI-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler die neuen Formen der Infrastruktur und Märkte durch Wissenschaftsideen, Praxistransfer und optimierte Geschäftsmodelle zu gestalten. Dabei spielen Simulationen und Potenzialanalysen eine wichtige Rolle. Als Besonderheit steht den Forscherinnen und Forschern das FZI Living Lab smartEnergy als interdisziplinäre Forschungsumgebung zur Verfügung, um neue Verfahren zur Bereitstellung, Speicherung und flexibilisierten Nutzung sowie Energiemanagement-Lösungen in den Sektoren Strom, Wärme, Kälte, Gas und Mobilität sowie dazu notwendige IT-Komponenten im Ökosystem von Smart-Meter-Gateways weiterzuentwickeln.

Nach dem Start mit Smart-Home-Forschungen rund um die „eigenen vier Wände“ war der nächste Schritt die Optimierung ganzer Gebäude hin zum Smart Building. Die jüngste Forschung führt nun zum nachhaltigen, smarten Quartier, in dem in einem geographisch begrenzten Gebiet verschiedene Energieträger zum Einsatz kommen. So zum Beispiel im frisch an den Start gegangenen Leuchtturmprojekt Smart East, einem städtischen Bestandsquartier mit Gewerbe- und Wohnflächen, das in Zusammenarbeit mit IT- und Energie-Unternehmen, Immobilienbetreibern und Bürgerinnen und Bürgern die Energiewende in die Stadt bringt und in dem Modelle und Systeme für den Weg zur Smart City der Zukunft im Reallabor getestet werden *(siehe Seite 28)*.

Auf dem Weg zur Stadt von morgen denken die FZI-Expertinnen und -Experten sektorenübergreifend: in der Einbeziehung von Infrastrukturaspekten wie Ladestationen für Elektrofahrzeuge, die Ernährungs-, Wärme- und Wasserversorgung, des Umgangs mit Abfall oder Beleuchtungskonzepten kommt die gesamte Breite der Forschungsexpertise des FZI zum Tragen. Damit das Elektroauto überschüssige regenerative Energie netzdienlich laden kann, wird mit einer eigenen Ladeinfrastruktur erforscht, wie ein optimales Lademanagement in der

Praxis aussehen kann. Dieser Forschungsstrang ergänzt sich optimal mit der Expertise des FZI im Bereich automatisierte und interagierende Mobilitätssysteme, die zur Entwicklung nachhaltiger Mobilitätslösungen als wesentlichem Bestandteil öffentlicher Infrastruktur beitragen.

Die enge Verzahnung der Anwendungsfelder Energie, Mobilität, Verkehr, Produktion und Logistik am FZI fordert auch Arbeiten wie sie am Kompetenzzentrum IT-Sicherheit geleistet werden: Die Absicherung von Komponenten und Teilsystemen bis zu kompletten Automatisierungslösungen wollen die Forschenden durch die Entwicklung funktional sicherer Software beschleunigen. Weitere FZI-Projekte setzen die (Post-Quanten-) Kryptographie zum Schutz kritischer Infrastrukturen vor Angriffen ein *(siehe Seite 12)*.

– Immer im Blick: Die Souveränität von Menschen und deren Daten.

Kommt der Schutz zu spät oder sind Infrastrukturen zum Beispiel durch Naturkatastrophen zerstört, kommen weitere Kompetenzen des FZI zum Einsatz: So tragen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Projekt LOKI durch ihr Know-how zu echtzeitfähigen Steuerungsmechanismen für Drohnen-Flotten zur schnellen, luftgestützten Lageerkundung nach Erdbeben bei *(siehe Seite 31)*. Oder sie bauen im Kompetenzzentrum ROBDEKON das Wissen um autonome und teilautonome Robotersystemen aus, um Arbeiten in Regionen mit erheblichem Gefährdungspotenzial möglich zu machen *(siehe Seite 30)*.

Digitale Teilhabe als selbstverständlichen Teil des demokratischen Prozesses durch die Forschung zu unterstützen und die digitale Partizipation von Bürgerinnen und Bürgern mitzugestalten, ist dem FZI ein verstärktes Anliegen. Dabei arbeiten die FZI-Forscherinnen und -Forscher auch an der Sicherheit und Resilienz des E-Government, der Digitalen Verwaltung und öffentlicher Services oder der vertrauenswürdigen Kommunikation mit Dritten. FZI-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler setzen zum Beispiel gemeinsam mit Partnern aus Industrie, Kommune und Wissenschaft im Projekt SDIKA eine eindeutige, smarte und sichere digitale Identität um *(siehe Seite 14)*. So wird auch die individuelle Datensouveränität bewahrt. Ein weiteres Beispiel ist der Aufbau einer Mixed-Reality-Plattform, mit der Bürgerinnen und Bürger bereits in der Planungsphase Einblicke in Bauprojekte erhalten. Die Interaktion stimulieren am FZI konzipierte Partizipationsmodule: Feedback und Ideen können eingebracht, Bürgerbeteiligung an öffentlichen Entscheidungsprozessen kann gelebt werden.

Äußerst schützenswerte Güter wie medizinische oder andere personenbezogenen Daten erfordern Lösungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit bei Speicherung, Austausch und Verarbeitung garantieren. Hierfür entwickeln die Forscherinnen und Forscher passende Konzepte. Bei Projekten im Anwendungsfeld Gesundheit werden ergänzend Möglichkeiten zur Datenspende implementiert. Denn Gesundheitsdaten leisten einen beträchtlichen Mehrwehrt für Forschung und Gesellschaft.

Im Bereich der Gesundheitsversorgung tragen die Forscherinnen und Forscher mit ihrer Suche nach innovativen IKT-Lösungen zudem zur Optimierung von Therapien und einer individualisierten medizinischen Versorgung breiter Bevölkerungsgruppen bei, insbesondere durch Arbeiten in den Bereichen der Medizinischen Informationstechnik, der Mensch-Technik-Interaktion und der Health Care Logistics. Ein Weg ist, die am FZI erforschten KI-Kompetenzen wie Visual Recognition, Intentionserkennung, Prozesserkennung und -optimierung gewinnbringend im Gesundheitsbereich anwendbar zu machen. So wird etwa im Projekt KIMONO die automatische Erkennung von OP-Abläufen vorangetrieben: Auf Basis fusionierter Multisensordaten werden einzelne OP-Phasen erkannt und können, ebenso wie vor- oder nachgelagerte Prozesse, optimiert geplant werden. Unangenehme Wartezeiten für Patient*innen entfallen, Krankenhaus-Equipment kann besser ausgelastet werden. Als zentraler Inkubator der Forschungen im Gesundheitsbereich dient das FZI Living Lab smartHome/AAL. Hier findet in einem realen Umfeld Anwendungsentwicklung statt und Forschungsergebnisse werden kontinuierlich evaluiert.

— Public and Critical Infrastructures
Ausgewählte Projekte

Smart East
Die städtische Energiewende im Reallabor

Förderung:
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Partner:
Seven2one Informationssysteme GmbH, Karlsruher Institut für Technologie, Stadtwerke Karlsruhe GmbH

Laufzeit:
01.01.2021 – 31.12.2023

Durch das Projekt Smart East wird in der Karlsruher Oststadt ein gemischtes Wohn- und Gewerbegebiet mit bestehender Bausubstanz in ein energieoptimiertes smartes Quartier transformiert. Die Bestandsgebäude werden dazu mit Smart Metern digitalisiert und in einem Quartiers-Energiemanagement vernetzt, die Sektoren Strom, Wärme, Kälte und Mobilität werden gekoppelt und neue Geschäftsmodelle zur energetischen Kooperation erprobt.

So entsteht als Reallabor eine klimaschonende Energieversorgung für ein städtisches Bestandsquartier mit Gewerbe- und Wohnflächen. Der Schlüssel dafür ist die Kombination aus Vernetzung, Digitalisierung und Partizipation.

Der Quartiersverbund umfasst neben Bürogebäuden und einem Mehr-Generationen-Wohnhaus auch Forschungslabore wie das FZI House of Living Labs, die Technologiefabrik, das Cyberforum-Unternehmernetzwerk und das neu entstehende Innovationszentrum iWerkx auf dem Hoepfner-Areal mit dem Smart Production Park.

Das Forschungsvorhaben stellt als Leuchtturmprojekt einen Teil der Energiestrategie der TechnologieRegion Karlsruhe hin zu einer Modellregion für Energiewende und Klimaschutz dar. Es dient somit als Vorbild für nachhaltiges Wirtschaften bei der Gestaltung von Energiesystemen und soll zeigen, wie neue digitale Geschäftsmodelle und Energiemanagement im Bestandsquartier zum Klimaschutz beitragen können.

Mehr unter
https://smart-east-ka.de

„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

— Public and Critical Infrastructures
Ausgewählte Projekte

ROBDEKON
Robotersysteme für die Dekontamination in menschenfeindlichen Umgebungen

Förderung:
Bundesministerium für Bildung und Forschung, Programm »Forschung für die Zivile Sicherheit«

Partner:
Fraunhofer IOSB, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, Karlsruher Institut für Technologie, Götting KG, Kraftanlagen Heidelberg GmbH, KHG Kerntechnische Hilfsdienst GmbH, ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH

Laufzeit:
15.06.2018 – 14.06.2022

Das Kompetenzzentrum ROBDEKON und insbesondere die Arbeiten des FZI konzentrieren sich darauf, Robotersysteme, Technologien und Methoden zu entwickeln, die vor allem in menschenfeindlichen Umgebungen – z. B. in kontaminierten Bereichen – eingesetzt werden können. Ziel ist es, den Menschen, vor allem die Einsatzkräfte, durch Dekontaminationsroboter vor Gefahren zu schützen. Nicht nur der Mensch, sondern auch die Umwelt soll durch das Entfernen von Kontaminationen entlastet und Gefahren minimiert werden. So werden Robotersysteme künftig in der Lage sein, den Menschen auch in schwierigem Gelände und im Umgang mit unbekannten Objekten beim Rückbau, Freimessen oder der Bergung kontaminierter Gegenstände teil- oder vollautonom zu unterstützen.

Zum Einsatz kommen dabei Methoden der Künstlichen Intelligenz, die Roboter in die Lage versetzen, zugewiesene Aufgaben autonom oder teilautonom auszuführen. Schwerpunkt der Arbeiten des FZI sind kraftbasierte Manipulationsstrategien für mobile Roboter sowie Augmented-Reality- und Virtual-Reality-Systeme zur direkten Integration von wichtigen Umgebungsinformationen in dreidimensionale Darstellungen.

ROBDEKON soll zudem als nationale Anlaufstelle für Fragen rund um Robotersysteme für die Dekontamination in menschenfeindlichen Umgebungen etabliert werden. Das Kompetenzzentrum baut ein Expert*innen- und Anwender*innen-Netzwerk auf und schafft für die Partner aus Wissenschaft und Industrie ein geeignetes Innovationsumfeld.

Mehr unter
www.robdekon.de

— Public and Critical Infrastructures
Ausgewählte Projekte

LOKI
Luftgestützte Observation kritischer Infrastrukturen

Förderung:
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Projektpartner:
Universität Heidelberg, Aeromey GmbH, Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Karlsruher Institut für Technologie

Laufzeit:
01.01.2020 – 31.12.2022

Nach einem Erdbeben gilt es, schnell und zuverlässig die Lage zu erkunden, um weitere Schäden verhindern und durch eine gute Informationslage zielgerichtete Maßnahmen zur Schadensbewältigung einzuleiten. Dafür wird im Projekt LOKI ein interdisziplinäres Gesamtsystem entwickelt, um luftgestützt die Lage nach einer solchen Katastrophe zu erkunden.

Um eine zeitnahe Übersicht der Gesamtschäden und eine detaillierte Erfassung sowie Klassifizierung der Schäden an kritischen Infrastrukturen wie zum Beispiel Brücken und Straßen, Gesundheitseinrichtungen und öffentlichen Einrichtungen zu gewährleisten, werden mit Hilfe von Drohnen-Flotten 3D- und Bilddaten aufgenommen. Hierzu werden sowohl methodische Ansätze als auch automatisierte Verfahren erforscht und in deutschen wie auch internationalen Testgebieten erprobt. Die Nutzung offener Schnittstellen und Standards soll die langfristige Nutzung und Erweiterbarkeit des Systems unterstützen.

Das FZI entwickelt im Projekt flexible Verfahren zur Missionsplanung, die die weitgehend automatisierte und situationssensitive Erfassung des betroffenen Gebiets durch einzelne Drohnen bis hin zu Drohnen-Flotten unterstützen. Der Einsatzleitung vorliegende neue Informationen ermöglichen in Nahe-Echtzeit die zielgerichtete Anpassung der Mission noch im Flug und dient damit dem effizienten und reaktionsschnellen Einsatz des verfügbaren Materials.

Mehr unter
https://youtu.be/_d8qYMEJUPg

HERZLICH WILLKOMMEN
IN DER FZI-AUSSENSTELLE
BERLIN
FZI FORSCHUNGSZENTRUM INFORMATIK
FZI
ThinkPad

– Transfer

Praxisnah. Methodisch. Kompetent.

34 Mit uns arbeiten.

- Unser Angebot
- Unsere Anwendungsfelder
  - Produktion
  - Gesundheit
  - Ver- und Entsorgung
  - Bildung, Forschung und Verwaltung
  - Gebäude und öffentlicher Raum
  - Mobilität, Verkehr und Logistik
  - Dienstleistung und Handel
  - IuK-Technologie

— 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. 2020 wurden am FZI über 170 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.

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

Prof. Dr. Christof Weinhardt
Direktor am FZI

— Unsere Anwendungsfelder

Der Grundgedanke und das Ziel unserer Forschung: Technologietransfer weitsichtig vorbereiten und dadurch Innovationsimpulse auslösen. Seit über 35 Jahren unterstützen wir deshalb Unternehmen und öffentliche Einrichtungen dabei, neue Erkenntnisse aus der Informationstechnologie in den Bereichen Informatik, Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften in innovative Produkte, Dienstleistungen, Geschäfts- und Produktionsprozesse umzusetzen. Unsere Forschung widmet sich acht Anwendungsfeldern der Informatik – dabei arbeiten wir immer pragmatisch, interdisziplinär, branchenübergreifend, methodisch und kompetent.

Produktion

Gesundheit

Ver- und Entsorgung

Bildung, Forschung
und Verwaltung

Gebäude und
öffenlicher Raum

Mobilität, Verkehr
und Logistik

Dienstleistungen
und Handel

IuK-Technologie

– Menschen

Überzeugung. Werte. Begeisterung.

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.

41 Wofür wir stehen.
– Unsere Werte

43 Was uns ausmacht.
– Unser Team
– Wissen weitergeben

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

„Beim Projekt ROBINA entwickelt das FZI robotische Systeme, die motorisch eingeschränkte Pflegebedürftige unterstützen. Es macht mich stolz, dass ein Teil meiner Ideen bei dem Projekt umgesetzt wurde.“

Dr.-Ing. Jennifer Zeilfelder
wissenschaftliche Mitarbeiterin

— 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.

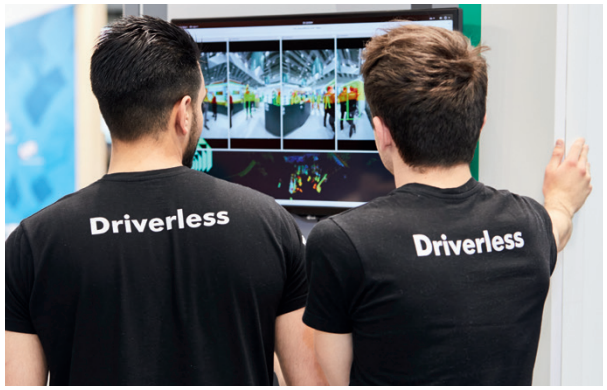
Mehr zu unseren Leitprinzipien unter
https://www.fzi.de/wir-ueber-uns/leitprinzipien/

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 mehr als 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 Direktor*innen sowie den Partnerlehrstühlen sind die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in die 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 starken 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.

Mit der neuen FZI-weiten Rolle „Senior Expert“ bietet das FZI seinen Mitarbeitenden einen neuen Karrierebaustein. Dieser trägt zur Stärkung der wissenschaftlichen Exzellenz bei, indem er Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen primär fachlich orientierten Karrierepfad eröffnet.

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 das FZI 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 60 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. 2020 hat ein Team aus 251 motivierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern interdisziplinär an 174 verschiedenen nationalen sowie internationalen Forschungs- und Industrieprojekten gearbeitet. Unterstützt wurden sie dabei von über 200 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.

– Ob für Handwerk, Verbände oder Innovationsmanagement, 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.

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

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.

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
secorvo
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

– Wissenswertes

Zahlen. Daten. Fakten.

49 Das FZI in Zahlen

51 Organisation

- Vorstand
- Bereiche
- Direktorium
- Kuratorium

58 Impressum und Bildnachweis

Wissenschaftliche Ergebnisse

14 Dissertationen

16 Zeitschriften/ Zeitungsartikel

1 Buch

4 Buchbeiträge

95 Konferenzbeiträge

4 Technical Reports

59 Schulungen und Workshops

Wirtschaftliche Ergebnisse

178
Projekte gesamt

78 Direkt-beauftragungen

100 Öffentlich geför-derte Projekte

Spanne der Projektvolumina

2.375 Eur –

3.689.703 Eur

Durchschnittslaufzeit der Projekte

26,3
Monate

Gesamtumsatz

25
Mio. Eur

2020 DAS FZI IN ZAHLEN

Personal

251 Mitarbeitende gesamt

202 (Wiss.) Hilfspersonal

32 Gastwissen-schaftler*innen

6 Praktikant*innen

5 Stipendiat*innen

Wechsel hauptamtliches Personal

31 Neue Kolleg*innen

28 Neue Alumni*ae

Hauptamtliches Personal

25 % Mitarbeiterinnen

75 % Mitarbeiter

— Organisation
Vorstand

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.

– Prof. Dr.-Ing. J. Marius Zöllner

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB)

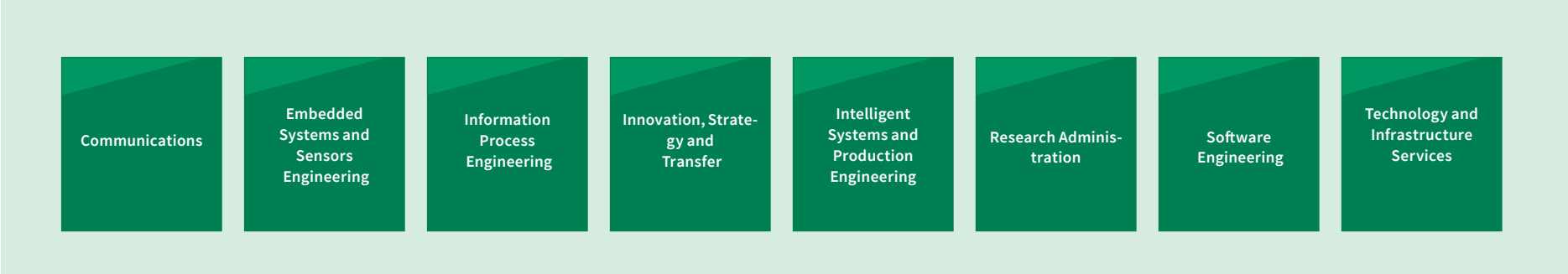
– Jan Wiesenberger

Hauptamtlicher Vorstand des FZI

– Prof. Dr. Andreas Oberweis

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB)

— Organisation
Bereiche



Die Forschungsbereiche *Embedded Systems and Sensors Engineering, Information Process Engineering, Innovation, Strategy and Transfer, Intelligent Systems and Production Engineering* sowie *Software Engineering* decken die Informatik-Anwendungsforschung über den gesamten Innovationszyklus ab. Die Zentralbereiche *Communications, Research Administration* sowie *Technology and Infrastructure Services* 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. Bernhard Beckert

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Theoretische Informatik

– Prof. Dr. Oliver Bringmann

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

– Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Dillmann

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Anthropomatik und Robotik

— Direktorium

– Prof. Dr.-Ing.
Kai Furmans

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme

– 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

— Direktorium

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

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen

– 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.-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.-Ing. Christoph Stiller

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Mess- und Regelungstechnik

— Direktorium

– 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.
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. Dr. Michael Auer**
  Steinbeis-Stiftung
- **Prof. Dr.-Ing. Jürgen Beyerer**
  Fraunhofer IOSB
- **Prof. Dr. 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. Dr.-Ing. Holger Hanselka**
  Karlsruher Institut für Technologie
  (Stellv. Vorsitzender)
- **Ministerialdirigent Günther Leßnerkraus**
  Ministerium für Wirtschaft,
  Arbeit und Tourismus 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 Bildnachweise

Herausgeber
FZI Forschungszentrum Informatik
Stiftung des bürgerlichen Rechts
Haid-und-Neu-Str. 10 -14
76131 Karlsruhe

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

www.fzi.de

Stand: Mai 2021

Bildnachweis
Titelbild: Sergey Nivens – Adobe Stock
Seite 4, 44, 51: Henning Stauch
Seite 6, 41 (r.): srg werbeagentur ag
Seite 9, 15, 18, 29, 36, 40, 45 (Portraits): Joe Miletzki
Seite 11: rh2010 – Adobe Stock
Seite 12: vchalup – Adobe Stock
Seite 13: benjaminnolte – Adobe Stock
Seite 23: Clipdealer
Seite 25: chesky – Adobe Stock
Seite 27: Seventyfour – Adobe Stock
Seite 28: Baden TV GmbH
Seite 31: Mathias Weil – Adobe Stock
Seite 35: Fotostudio Eidens-Holl
Seite 41 (Werte, Bild links): Fotoakrobaten, Susi Krautwald
Seite 42: Fotostudie Eidens-Holl (r.), Henning Stauch (l.)
Seite 43: Fotoakrobaten, Susi Krautwald (l.), Andreas Drollinger (r.)
Seite 46, 47 (oben links): Andreas Drollinger
Seite 47: EICT – European Center for Information and Communication Technologies (rechts unten), Staatsministerium Baden-Württemberg (links unten)
Seite 53 (Foto Prof. Beckert): KIT, Andreas Drollinger

— **FZI FORSCHUNGSZENTRUM INFORMATIK**

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

www.fzi.de