



INHALT

- 02 Vorwort
- 04 InnovationsCampus Mobilität der Zukunft Auf dem Weg in die Zukunft

ICM-Highlights

- 12 Software-defined Manufacturing Auf dem Weg zu flexiblen Produktionssystemen
- 16 Standortübergreifende Zusammenarbeit Ein Interview mit zwei Professoren
- 18 Software-defined Mobility Wenn Software das Fahrzeug erobert
- 22 Mobility Technologies Batterieinnovationen für die Mobilität der Zukunft

Nachhaltigkeit

28 Der Kreislauf der Zukunft

Transfer, Innovation und Internationalisierung

- 34 Transferbeschleuniger
- 38 Spitzenforschung ohne Grenzen

Nachwuchsförderung

44 Erforschen, Begeistern, Initiative ergreifen





Der InnovationsCampus Mobilität der Zukunft (ICM) ist eine gemeinsame Initiative der Universität Stuttgart und des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und wird vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg gefördert.

LIEBE LESERINNEN UND LESER,

wer die großen gesellschaftlichen Herausforderungen erfolgreich bewältigen will, muss die Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft aktiv gestalten. Um dies gemeinsam zu tun, haben 2019 die Universität Stuttgart und das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ihre Kompetenzen in den Bereichen nachhaltige Mobilität und Produktion gebündelt und den InnovationsCampus Mobilität der Zukunft (ICM) gestartet. Gefördert durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg ist heute, fünf Jahre später, hieraus eine der größten Forschungsinitiativen auf diesen Gebieten entstanden:

Mehr als 300 Forschende arbeiten in über 170 Projekten an neuen Technologien, bahnbrechenden Innovationen sowie der Ausbildung und Gewinnung von Nachwuchsfachkräften. Kurz gesagt, an Lösungen für die wirklich großen Herausforderungen der Gesellschaft in Deutschland und weit darüber hinaus.

Mit unterschiedlichen Förderformaten haben die ICM-Partner in Baden-Württemberg ein landesweites Innovations-Ökosystem aufgebaut, das sie in den kommenden Jahren weiter nachhaltig gestalten werden. Zum fünfjährigen Bestehen präsentieren wir Ihnen mit dieser Broschüre Highlights aus den vergangenen Jahren.

Dem Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg danken wir für die großzügige Förderung, welche dieses wegweisende Vorhaben erst möglich gemacht hat. Unser Dank gilt weiter

allen Projektbeteiligten und Partnern, die mit ihrem Einsatz und Elan zum nachhaltigen Erfolg des InnovationsCampus beitragen und so die Weichen für die Zukunft des Landes stellen. Wir freuen uns auf die nächsten Jahre mit Ihnen und sind gespannt auf die Ideen, die in und für die Zukunft entstehen.

Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, wünschen wir nun mit den folgenden Seiten einen spannenden Einblick in den InnovationsCampus Mobilität der Zukunft, seine Forschung und sein Innovations-Ökosystem.



PROF. DR. ALEXANDER BREMProrektor Transfer und Internationales, Universität Stuttgart



PROF. DR. THOMAS HIRTH
Vizepräsident Transfer und Internationales, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)





DR. SANDRA KAUFFMANN-WEISS
Geschäftsführerin
InnovationsCampus Mobilität
der Zukunft am Karlsruher Institut
für Technologie (KIT)



DR. MAX HOSSFELD Geschäftsführer InnovationsCampus Mobilität der Zukunft an der Universität Stuttgart



INNOVATIONSCAMPUS MOBILITÄT DER ZUKUNFT

AUF DEM WEG IN DIE ZUKUNFT

Das Ziel des InnovationsCampus Mobilität der Zukunft (ICM) seit seinen ersten Anfängen ist es, in den beiden Bereichen Mobilität und Produktion Basisinnovationen hervorzubringen und disruptive Technologien zu entwickeln. Hierfür schlossen sich 2019 das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und die Universität Stuttgart zusammen, um ihre Forschungs- und Innovationskompetenzen für neue Formen der Mobilität, flexible Produktionstechnologien und zukünftige Wertschöpfungsnetzwerke zu bündeln und interdisziplinär zu erforschen.

In den letzten Jahren erweiterte der ICM hierdurch das Innovations-Ökosystem in Baden-Württemberg grundlegend und nachhaltig und bindet heute so zahlreiche weitere Akteure der Forschungslandschaft strategisch in seine Aktivitäten ein: Hierzu zählen Hochschulen wie auch Fraunhofer-Institute, die Duale Hochschule Baden-Württemberg und die forschungsstarke Industrie und Innovationsverbünde des Landes. Der ICM fungiert dabei als Plattform, um schnell und flexibel neue Technologien hervorzubringen, zu entwickeln und neue Ansätze zu erproben. Damit schafft er die Basis für Innovation und Fortschritt in Wirtschaft und Gesellschaft.



Auftaktveranstaltung des ICM im Januar 2020.





 Gemeinsam forschen, gemeinsam präsentieren, gemeinsam stark.



170-Projekte

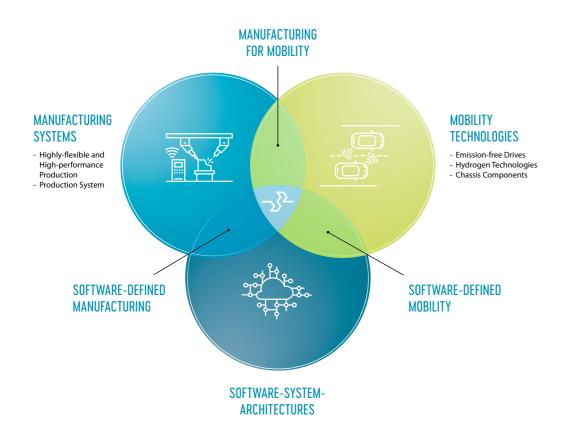
Vision des ICM

Der ICM verfolgt in all seinen Aktivitäten die Vision einer nachhaltigen, digitalen und flexiblen Mobilität der Zukunft. Hierfür arbeiten Forscherinnen und Forscher in interdisziplinären Teams an neuen Lösungen für die großen Herausforderungen der Gesellschaft in den drei Forschungsfeldern Manufacturing Systems, Mobility Technologies und Software-System-Architectures.

Zielbild des Forschungsfelds **Manufacturing Systems** ist die hochproduktive und gleichzeitig wandelbare Produktion der Zukunft. Hierfür werden sowohl neuartige, hochintegrierte Fertigungsverfahren erforscht als auch gänzlich neue Konzepte für Produktionssysteme über Wertschöpfungsketten hinweg entworfen. Die Partner des ICM arbeiten dabei an den wissenschaftlich-technischen Grundlagen, um heutige Restriktionen, bestehende Glaubensgrundsätze

und auch Widersprüche im Spannungsfeld der Produktion zu überwinden. So soll eine Wertschöpfung im Land entstehen, die gleichzeitig flexibel, effektiv und effizient, dynamisch und resilient ist.

Im Forschungsfeld **Mobility Technologies** stehen nachhaltige, emissionsfreie Mobilitätstechnologien im Fokus. Diese sind ein zentraler Baustein zur Erreichung der gesamtgesellschaftlichen Umweltziele. Fahrzeuge der Zukunft transportieren Menschen und Güter autonom, schnell und sicher, dabei vernetzt und nachhaltig, bedarfsgerecht auf Anforderung, komfortabel und kostengünstig. Dadurch verbessern sie die Lebensqualität sowohl in der Stadt als auch auf dem Land. Durch die Erforschung und Entwicklung neuer Antriebs- wie Fahrzeugkonzepte ist der ICM mit seinen Partnern dabei Wegbereiter für neue Mobilitätssysteme im Land.



▼ Die drei Forschungsfelder des InnovationsCampus Mobilität der Zukunft



ca. 200Wissenschaftliche Publikationen

Das Forschungsfeld **Software-System-Architectures** bietet die Basis für den Wandel hin zu softwaregetriebener Mobilität und Produktion und entwickelt die beiden Forschungsfelder an ihren Schnittstellen weiter. Diese Schnittstellen – Software-defined Mobility, Software-defined Manufacturing und Manufacturing for Mobility – stellen auch den heutigen Fokus der Arbeiten im ICM dar.

Die (Automobil-)Produktion sieht sich etwa immer volatileren äußeren Einflüssen ausgesetzt. Um hierauf reagieren zu können, bedarf es Flexibilität, Agilität, aber auch Resilienz und Effizienz der Produktionssysteme. Der Schnittstellenbereich **Software-defined Manufacturing** adressiert hierfür die Erschaffung einer hoch-adaptiven und wandlungsfähigen Produktion ausgehend von Software, wofür etwa verschiedene informationstechnische Methoden (IT) für die zugrundeliegende Betriebstechnologie (OT) entwickelt und ertüchtigt werden.



Im Schnittstellenbereich **Software-defined Mobility** liegt der Schwerpunkt auf der cyber-physischen Mobilität. Dies umfasst etwa neue und integrierte Ansätze für die vorausschauende Entwicklung update- und upgrade-fähiger Fahrzeuge und deren simultane Erprobung. Im Zusammenhang werden im Forschungsfeld gänzlich neue System-Architekturen und Technologien für sichere, vernetzte und resilien-

te Fahrzeuge der Zukunft erforscht.

Bei **Manufacturing for Mobility** werden die in

Bei **Manufacturing for Mobility** werden die in den anderen Forschungsfeldern entwickelten Ferti-

gungsverfahren und Produktionssysteme genutzt, um die so entstandenen neuen Produktentwicklungs- und Gestaltungsmöglichkeiten direkt zu nutzen, so etwa zur Steigerung der Leistungsdichte von Elektromotoren, zur Verbesserung der Energie- und Kosteneffizienz von Batterien oder des Thermohaushalts von Fahrzeugen. Das ermöglicht zum einen eine höhere Produktivität, aber auch eine Individualisierung zukünftiger Mobilitätsprodukte.

Fazit zu den Forschungsfeldern und ihrer Wirkung

Unsere mittlerweile mehr als 170 Projekte können meist nicht einem einzelnen Forschungsfeld zugerechnet werden, sondern sind interdisziplinär aufgestellt. Erst durch die Zusammenarbeit komplementärer Forschungsgruppen über Fachgrenzen hinweg wird etwa die demonstratorhafte Umsetzung einer universellen Produktionstechnik möglich. Die so entstandenen Ergebnisse und Möglichkeiten entfalten meist direkt Wirkung in den angrenzenden Forschungsfeldern des ICM: so entstanden neuartige Elektromotoren, ohne Seltene Erden, in neuen Bauweisen und mit verbesserten Wirkungsgraden. Simultan wurden software-definierte universelle Produktionssysteme entwickelt, die aus modularen Baukästen einzelner frei kombinierbarer Hardwareund dazugehöriger Softwaremodule bestehen und genau jene Produkte und Komponenten herstellen.

Umgesetzte Formate von 2019 bis 2024

Zur Realisierung der Vision des ICM wurden seit 2019 verschiedene komplementäre Forschungs- und Transferformate entwickelt:

- Grundlagenorientierte, disziplinübergreifende Verbundprojekte,
- Bottom-Up-Projekte zur F\u00f6rderung des wissenschaftlichen Nachwuchses,
- vier komplementäre, standortübergreifende Nachwuchsgruppen und fünf Juniorprofessuren,



- die Unterstützung der Universitäten bei der Einrichtung von vier W3-Professuren,
- ein Qualifizierungsprogramm für Absolventinnen und Absolventen,
- das internationale Austauschprogramm
 Future Mobility Grants für die Zusammenarbeit mit führenden Forschungseinrichtungen und Forschenden, sowie
- Transferformate mit der Industrie wie die InnovationChallenge, die Vernetzungsprojekte, die Zukunftslabore oder das Early Ride Program (Inkubatorprogramm).



Der ICM schließt damit die Lücke zwischen der reinen Grundlagenforschung und erster Implementierung der Ergebnisse in Anwendung und Technologietransfer. Alle Konsortien bestehen aus interdisziplinären und sich komplementär ergänzenden Gruppen verschiedener Institute.

Internationale Vernetzung

Die Vernetzungsprojekte und das Austauschprogramm Future Mobility Grants des ICM stärken die weltweite Sichtbarkeit seiner Forschungsthemen wie auch die des Standortes Baden-Württemberg. Sie ermöglichen Gastaufenthalte herausragender internationaler Forscherinnen und Forscher an den Universitäten des Landes und verbessern die Qualifikation der Mitarbeitenden durch Aufenthalte an internationalen Zentren der Spitzenforschung. Bisher konnten über 30 Forschungsaufenthalte und Kooperationen unterstützt werden. Die so geknüpften Kontakte entwickeln sich bereits heute zu strategischen und längerfristigen Kooperationen, etwa mit Forschungseinrichtungen aus den USA, Neuseeland oder Italien.

Vernetzung und Transfer in die industrielle Anwendung, Ausbildung von Fachkräften und Nachwuchs

Neben dem Ausbau der weltweiten Vernetzung hat der ICM in den letzten Jahren auch eine gute Sichtbarkeit im Land erreicht und ein umfangreiches Netzwerk zu den Unternehmen aufgebaut. Formate wie die Vernetzungsprojekte mit der Industrie oder die InnovationChallenge ermöglichen dabei einen schnellen Transfer der Forschungsergebnisse des ICM in die Anwendung. Heute partizipieren an diesen Transfermaßnahmen etwa 70 Unternehmen als direkte industrielle Partner – von Start-ups, über KMUs und Zulieferer bis zu Großunternehmen.

Als ein weiteres Transferinstrument wurde in Zusammenarbeit mit Partnern aus der Start-up-Szene wie der Gründerschmiede, dem Gründermotor, NXTGN, dem Institut für Entrepreneurship der Universität Stuttgart (ENI) und der KIT Innovation gGmbH ein technologiebasiertes Inkubator-Programm entwickelt. In diesem werden unternehmerisches Denken und Handeln im akademischen Kontext gefördert, entwickelt und der Zugang zum Netzwerk des ICM, Anwendern wie Unternehmen, bereitgestellt. Erste Teams dieses Programms haben hierauf aufbauend die Projektergebnisse des ICM bereits zu vermarktbaren Produkten weiterentwickelt und eigene Unternehmen gegründet.

Eine weitere wichtige Aufgabe des ICM ist die interdisziplinäre Ausbildung und Gewinnung von MINT-Nachwuchskräften mit Hinblick auf die Bewältigung des Fachkräftemangels. Neben dem Aufbau fachlicher Kompetenzen liegt der Fokus auch auf der überfachlichen persönlichen Entwicklung. Und um





die Faszination junger Menschen an den MINT-Disziplinen zu wecken, bringen die Mobilen Forschungslabore die aktuellen Forschungen anschaulich und erlebbar direkt in die Klassenzimmer.



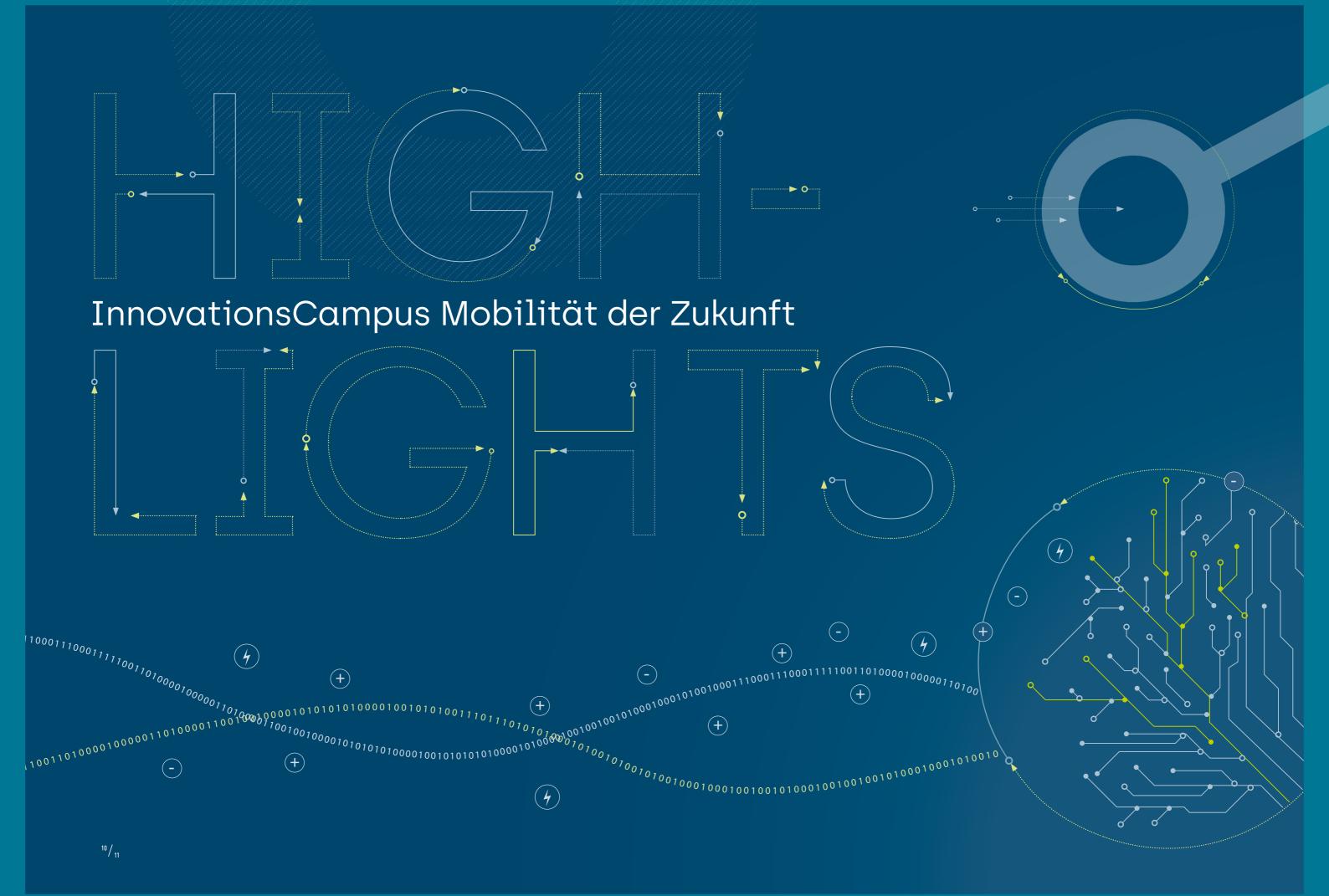
Ausblick, Zukunft und weitere Zusammenarbeit



Mit seinen Partnern und Formaten hat der ICM in den letzten Jahren eine einmalige Themenvielfalt und eine daraus entstandene interdisziplinäre wissenschaftliche Expertise in den Bereichen Mobilität und Produktion geschaffen. Im ICM hat sich über die Standorte hinweg eine vertrauensvolle, gegenseitig wertschätzende und äußerst kollegiale Zusammenarbeit auf wissenschaftlicher wie organisatorischer Ebene entwickelt. Diese geht weit über einen reinen Projektcharakter hinaus. In der Folge entstand ein nachhaltiges Netzwerk und ein Beitrag zum Innovationsökosystem des Landes. Auf Basis dieses Erfolges hat sich das Land Baden-Württemberg daher entschieden, den ICM strukturell weiter zu fördern und aus der Kooperation mit Projektcharakter zu einer interuniversitären Einrichtung zwischen der Universität Stuttgart und dem KIT zu entwickeln. •



▼ Die Landesregierung mit Ministerpräsident Winfried Kretschmann, Wissenschaftsministerin Petra Olschowski und Verkehrsminister Winfried Hermann informierte sich im Januar 2024 zum Forschungsthema nachhaltige und effiziente Mobilität im ICM.



AUF DEM WEG ZU FLEXIBLEN PRODUKTIONSSYSTEMEN

PROF. DR. RER. NAT. HABIL.

ANDREAS WORTMANN

INSTITUTSLEITUNG, INSTITUT FÜR STEUERUNGSTECHNIK DER WERKZEUGMASCHINEN UND FERTIGUNGSEINRICHTUNGEN (ISW), UNIVERSITÄT STUTTGART

Effiziente, resiliente und gleichzeitig adaptive und flexible Produktionssysteme sind die Vision von Software-defined Manufacturing. Diese Systeme sind für die zukünftige Wertschöpfung im Land entscheidend, um im internationalen Wettbewerb auf sich rasch ändernde Randbedingungen reagieren und den technologischen Wandel gestalten zu können.

Software-defined Manufacturing ist im ICM die Schnittstelle der Forschungsfelder Manufacturing Systems und Software-System-Architectures. Zentraler Gedanke ist die Entkopplung von Hardware und Software, um eine permanente und umgehende Anpassung des Produktionssystems an neue Herausforderungen zu ermöglichen, etwa indem nachträglich durch Software neue Funktionalitäten geschaffen werden.

Wichtiger Aspekt von Software-defined Manufacturing ist eine solide Datenbasis. Neue Generationen souveräner Dateninfrastrukturen wie Gaia-X bieten die Chance einer durchgängigen Digitalisierung der Fertigung, bei der alle Akteure der Prozesskette von der Entwicklung über die Produktion und die Montage bis hin zum Service mit der gleichen Datenbasis arbeiten. Solche standardisierten und auf offenen Schnittstellen basierten Datenökosysteme können anschließend branchenspezifisch angepasst werden.

Infrastruktur für eine durchgängige Digitalisierung der Produktion

Das ICM-Projekt **GAIA-X4ICM** hat zum Ziel, zu einer solchen durchgängigen Digitalisierung der Produktion beizutragen. Die Dateninfrastruktur von Gaia-X basiert auf einer Dezentralisierung und dabei nicht auf einzelnen Cloud-Dienstleistern. Dienst- und Infrastrukturanbieter agieren auf Basis gemeinsamer Standards miteinander. So entsteht ein Ökosystem mit Datenräumen, das sich über Firmengrenzen hinweg gemeinsam

▼ Mit Gaia-X soll für Wirtschaft und Wissenschaft in der Europäischen Union eine internationale und standardisierte europäische Dateninfrastruktur

geschaffen werden.

nutzen lässt. "Ausgehend von einer visionären Idee hat sich Gaia-X inzwischen zu einer realen Architektur entwickelt und bietet erste digitale Dienste an, beispielsweise Federation Services wie Authentifizierungsdienste, Wallets für digitale Nachweise und Katalogdienste", erklärt Professor Andreas Wortmann, Inhaber einer von zwei Spitzenprofessuren im Rahmen des ICM und Institutsleiter am Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) der Universität Stuttgart.

Dennoch profitieren in vollem Umfang heute bislang weder Industrie noch Wissenschaft von der Fülle an Möglichkeiten, da konkrete Anwendungen und Erfahrungen fehlen. Um das Ökosystem in die Praxis zu überführen, braucht es Fallbeispiele, welche die Kopplung mit Produktionssystemen ermöglichen und die Basis für eine stark skalierende und damit ausbaufähige Innovationsplattform bilden. Genau hier setzt **GAIA-X4ICM** an.

Für die Basis-Infrastruktur wurde eine OpenStack-Referenzarchitektur auf Basis des Sovereign Cloud Stack in enger Abstimmung zwischen den Rechenzentren beider Universitäten, HLRS und SCC, aufgebaut und darauf ein Gaia-X-Ökosystem implementiert, das sich auf verschiedene Cloud- und Edge-Knoten verteilt. Auf der Applikationsebene wurden verschiedene Anwendungen für eine Werkzeugüberwachung (Use Cases) in der Laserbearbeitung und der spanenden Verarbeitung an unterschiedlichen Standorten der Universität Stuttgart und des KIT umgesetzt und erprobt. Außerdem wurden innovative digitale Ansätze mit realen Produktionsszenarien gekoppelt, sodass ein digitaler Produktpass, zum Beispiel zur Berechnung des Carbon Footprints, entsteht.

Die Erfahrungen in der Umsetzung an konkreten Praxisbeispielen und die aufgebaute Infrastruktur werden sowohl in Folgeprojekten als auch in den industriellen Kooperationen genutzt.

Flexibel reagieren auf sich verändernde Märkte

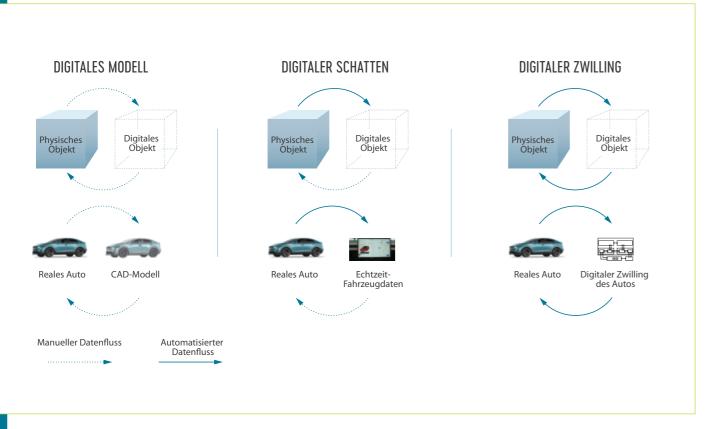
Ein weiteres Projekt läuft unter dem Akronym **SDMflex** und verknüpft Aspekte von Software-defined Manufacturing mit Industrie 4.0. Die Idee dahinter ist eine industrielle Produktion, die flexibel auf sich schnell verändernde Rahmenbedingungen reagiert. Dies sind »

beispielsweise modulare Roboterplattformen, die je nach zu fertigendem Fahrzeug neu konfiguriert und kombiniert werden. Auch Werkzeugmaschinen sind denkbar, die mittels intelligenter digitaler Zwillinge vorausschauend Aggregate an- und abschalten, um Energie zu sparen.

Bisher konnte die Qualität der Prozessausführung und damit auch der Produkte sowie der Maschinenfähigkeiten nur unter festgelegten Prozess- und Rahmenbedingungen erfasst werden. So basieren Qualitätsvorhersagen auf idealisierten Prozessen und Resultaten. Thilo Zimmermann, Leiter der Forschungskoordination des ICM, erklärt: "Da sich das Maschinen- und Prozessverhalten im Betrieb durch äußere Einflüsse, Alterung oder Rekonfiguration häufig ändert, kommt es zu Diskrepanzen zwischen idealisierten Prozessqualitätsvorhersagen und realem Prozessverhalten." Um das Problem zu lösen, for-

schen die Partner des ICM im Projekt **SDMflex** an sich selbst anpassenden, digitalen Zwillingen von Produktionssystemen.

Die digitalen Zwillinge basieren auf Künstlicher Intelligenz und treffen prozessabhängige, präzise Qualitätsvorhersagen. Die komplexen Software-Systeme begleiten, beobachten und repräsentieren ein Asset – das kann ein Prozess, ein Produkt oder eine Ressource sein – über seinen gesamten Lebenszyklus. Dabei erfassen sie alle relevanten Anlagen- und Verfahrensdaten, die ihnen Rückschlüsse erlauben über Prozess- und Maschinenzustände sowie die veränderlichen Ausprägungen oder Fähigkeiten wie die Präzision oder den Durchsatz. Diese Beobachtungen werten digitale Zwillinge aus und passen das gesamte Produktionssystem dynamisch an. Das Verhalten des Assets, zum Beispiel die Effizienz oder der Energieverbrauch, kann kontinuierlich optimiert werden.



▼ Sich selbst anpassende digitale Zwillinge (rechts) erhalten Daten vom Asset – hier von einem Fahrzeug – treffen basierend auf den Daten Entscheidungen über dessen Verhalten und rekonfigurieren es gegebenenfalls.



▼ Der Roboter detektiert mit optischen Sensoren die Position der Stecker und bestückt sie automatisch mit Kabeln.

Um derartige digitale Zwillinge auch für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) besser nutzbar zu machen, werden in anderen Forschungsprojekten des ICM modulare KI-Komponenten, wiederverwendbare Module digitaler Zwillinge und die automatische Synthese digitaler Zwillinge aus Engineering-Modellen erforscht.

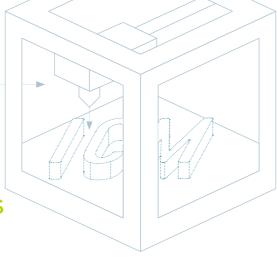
Automatisierung auf KI-Basis federt Fachkräftemangel ab

Selbstlernende und flexible Maschinen sind für den Produktionsstandort Deutschland auch deshalb fundamental, weil sie den Fachkräftemangel abfedern können, indem sie zunehmend komplexere Arbeitsschritte ausführen. Ein konkreter Fall sind die Leitungssätze von Fahrzeugen, die wegen ihrer Varianz und Individualisierung heute weitgehend manuell gefertigt und montiert werden. Mit der zunehmenden Elektrifizierung und Digitalisierung sowie dem Ausbau autonomer Fahrfunktionen wächst die Be-

deutung des zentralen Leitungssystems der Fahrzeuge weiter, wodurch auch die Rückverfolgbarkeit der Produktionsprozesse verbessert werden muss.

Lösungen für diese Herausforderungen liefern etwa vollautomatische Montagesysteme, wie sie vier Institute im Projekt RoboCable erforschen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten an neuartigen KI-Methoden für das robotergestützte Handling von biegeschlaffen Bauteilen wie Kabeln und Kabelbäumen. Sie haben einen Roboter so weiterentwickelt, dass er mit optischen Sensoren die Position von Steckern detektiert und sie automatisch bestückt. Dabei ist der Roboter nicht nur in der Lage, einzelne Kabel zu verarbeiten, sondern auch unsortierte Leitungsstränge, die er selbstständig aus einer Box entnimmt (Bin-Picking). Seine Bewegungen leitet der Roboter dabei skill-basiert anhand einer Statemachine her. Bahnbrechend ist hierbei der schnelle und effiziente KI-Ansatz zur räumlichen Detektion der Steckerpositionen, der die übrigen Automatisierungsschritte erst ermöglicht. •





Um schnell und flexibel neue Lösungen für die Mobilität der Zukunft zu entwickeln, intensivieren die Universität Stuttgart und das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) im ICM ihre Zusammenarbeit. Warum Kooperation in der Forschung wichtig ist und wie sie gelingt, weiß wohl kaum jemand besser als die beiden Professoren Andreas Michalowski (Universität Stuttgart) und Frederik Zanger (KIT). Ihre Institute haben im ICM mehrere Projekte gemeinsam erfolgreich umgesetzt. Beide Lehrstühle befassen sich zudem mit der Digitalisierung von Produktionstechnologien und damit mit dem Zusammenwirken von Informationstechnologie und Maschinenbau.

Das KIT und die Uni Stuttgart arbeiten schon lange gemeinsam an vielen Themen und Projekten, durch den ICM noch intensiver. Warum ist das gerade im Bezug auf Mobilitäts- und Produktionstechnologien der Zukunft wichtig?

Frederik Zanger: Zukunftstechnologien in Mobilität und Produktion erfordern eine interdisziplinäre Herangehensweise. Beide Partnerhochschulen verfügen über fortschrittliche Forschungsinfrastrukturen und Technologien, die für die Entwicklung neuer Mobilitäts- und Produktionstechnologien entscheidend sind. Durch die Zusammenarbeit können wir diese Ressourcen gemeinsam nutzen, was die Wettbewerbsfähigkeit beider Institutionen auf nationaler und internationaler Ebene erhöht. Gemeinsam können wir größere Forschungsprojekte und Fördermittel einwerben und unsere Ergebnisse schneller in marktfähige Produkte und Dienstleistungen umsetzen. Dies ist besonders wichtig für den Wirtschaftsstandort Deutschland, der stark auf Innovationen in diesen Bereichen angewiesen ist.

In welcher Form trägt der ICM dazu bei, dass sich die Zusammenarbeit zwischen den beiden Hochschulen weiter verbessert?

Frederik Zanger: Die Instrumente des ICM haben von Beginn an auf standortübergreifende Zusam-

menarbeit als Fördervoraussetzung gesetzt. Daraus sind zahlreiche Kooperationen sowohl zwischen Forschungsinstituten als auch mit Industrieunternehmen entstanden. Inzwischen haben sich die Forschungsfelder Manufacturing Systems, Mobility Technologies und Software-System-Architectures etabliert. Neben den Kooperationen in Forschungsprojekten wurden standortübergreifende Zukunftslabore aufgebaut, die nun in neuen Projekten gemeinsam eingesetzt werden. Dies führte zu Forschungsprojektinitiativen außerhalb des ICM, in denen die beiden Standorte gemeinsam zusammenarbeiten.

Inwiefern profitieren Ihre Institute oder Ihre Lehrstühle davon und wie beschleunigt und verbessert es die Entwicklung neuer Technologien in Ihren Fachgebieten?

Andreas Michalowski: Die Zusammenarbeit ermöglicht es, Ressourcen optimal einzusetzen und einen deutlich größeren Impact zum Vorteil des Standorts Baden-Württemberg zu erzielen. Es macht uns effizienter, wenn sich wir Lehrstuhlinhaber und die bei uns tätigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gegenseitig aktiv unterstützen. Nichts ist schneller als ein Telefonanruf oder ein kurzfristiges persönliches Treffen, um Wissen und Erfahrung auszutauschen. Neue und vielversprechende Ideen ganz besonders dann, wenn Expertinnen und Experten



<u>Prof. Dr.-Ing.</u> <u>Andreas Michalowski</u>

STELLVERTRETENDER DIREKTOR INSTITUT FÜR STRAHLWERKZEUGE (IFSW) UNIVERSITÄT STUTTGART Prof. Dr.-Ing. Frederik Zanger

INSTITUTSLEITUNG FERTIGUNGS- UND WERKSTOFFTECHNIK, INSTITUT FÜR PRODUKTIONSTECHNIK (WBK), KARLSRU-HER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT)

aus unterschiedlichen Fachgebieten einen direkten und vertrauensvollen Kontakt pflegen und gemeinsam an neuen technologischen Lösungen arbeiten. Auch die Möglichkeit, bei Bedarf und ohne Barrieren das an beiden Instituten vorhandene Equipment nutzen zu können, etwa um kurzfristig Experimente oder Analysen durchzuführen, hilft uns dabei, neue Technologien schneller und besser zu entwickeln.

Welche Projekte haben Ihre Institute gemeinsam umgesetzt?

Frederik Zanger: Unsere Institute haben inzwischen zahlreiche gemeinsame Projekte eingeworben und bearbeitet. In allen stand das Heben der Potenziale der Lasertechnologie in der Produktionstechnik für Mobilitätsanwendungen im Vordergrund. Beispielsweise wurde am wbk in Karlsruhe eine Anlage konzipiert und aufgebaut, die mit den Laserquellen des IFSW in Stuttgart erstmals eine Kombination aus additiver Fertigung durch Laserstrahlschmelzen und subtraktiver Fertigung durch Laserablation ermöglicht. Dadurch sind innerhalb additiv hergestellter Bauteile Strukturen möglich, die bislang undenkbar waren. Dies ermöglicht die Gestaltung neuartiger kompakter E-Antriebe für Mobilitätslösungen der Zukunft. Höchste Leistungsfähigkeit bei geringem Stromverbrauch wird dabei durch mikroskopisch dünne Luftspalte in den magnetischen Komponenten erreicht. Das reduziert Wirbelströme und damit Ummagnetisierungsverluste.

In unserer jüngsten Forschungsinitiative möchten wir die innerhalb des ICM aufgebauten Kompetenzen bündeln. Das beantragte Projekt AutoUniManu – Autonomous Universal Manufacturing hat den Anspruch, die Produktionstechnik auf ein neues technologisches Level zu heben und damit Baden-Württemberg die Technologieführerschaft im Bereich der Fertigung von hochgradig komplexen technologischen Produkten, wie sie unter anderem in der Automobilindustrie erforderlich sind, zu sichern. Die Vision besteht darin, bestehende Ansätze zu einem autonomen, universellen Lights-Out-Manufacturing auszubauen.

Interinstitutionelle Kooperation ist im Rahmen des ICM oft auf Projekte bezogen. Hat sie sich auch darüber hinaus verbessert?

Andreas Michalowski: Gemeinsame Forschungsinteressen und eine vertrauensvolle Zusammenarbeit wirken selbstverständlich auch positiv über laufende oder abgeschlossene Projekte hinaus. Beispielsweise können wir bei der Entwicklung neuer Forschungsideen thematisch breiter denken, weil wir die Kompetenzen des jeweils anderen Instituts viel besser einschätzen können. Ein konkretes Beispiel ist die genannte gemeinsame Vision des universellen Lights-Out-Manufacturing, welche zu dem Forschungsantrag AutoUniManu geführt hat. Die domänenübergreifendekooperativeZusammenarbeit der acht beteiligten Forschungspartner innerhalb des ICM kann ein Nukleus für zahlreiche fruchtbare zukünftige Forschungsaktivitäten sein. Nicht zuletzt profitieren auch Studentinnen und Studenten von interinstitutionellen Kooperationen, beispielsweise durch Industriekontakte der Kooperationspartner, institutsübergreifende Nutzung der Infrastruktur oder auch gemeinsam betreute studentische Abschlussarbeiten. •

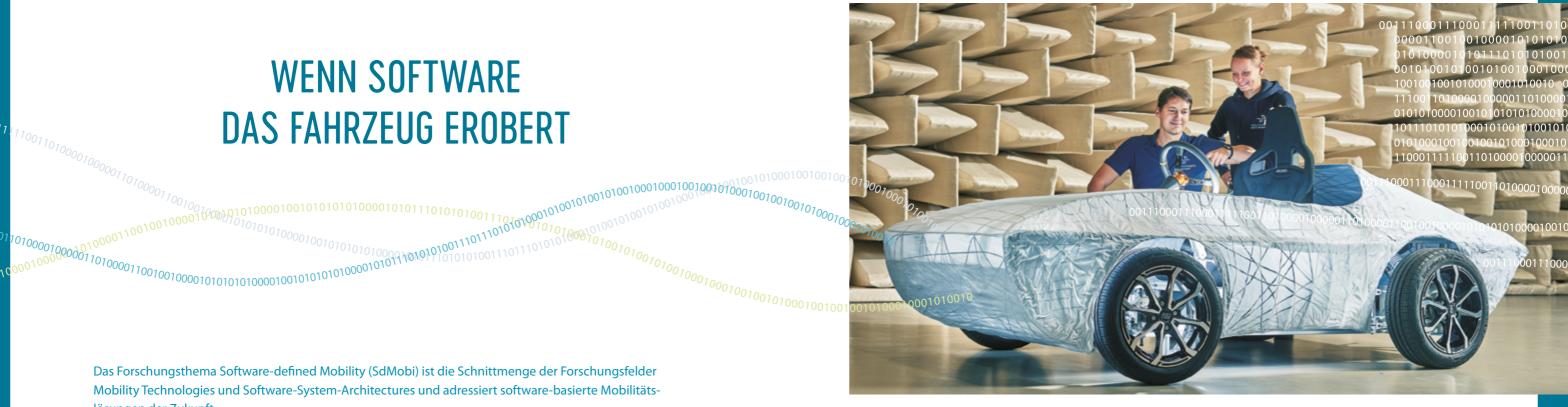
WENN SOFTWARE DAS FAHRZEUG EROBERT

Das Forschungsthema Software-defined Mobility (SdMobi) ist die Schnittmenge der Forschungsfelder Mobility Technologies und Software-System-Architectures und adressiert software-basierte Mobilitätslösungen der Zukunft.

Die Automobilwirtschaft durchläuft weltweit und im Land eine tiefgreifende Transformation, die durch die Expansion der Elektromobilität und die Integration von Softwarefunktionen und -services charakterisiert wird. Von ihrer Geschichte her ist die Automobilindustrie im Land jedoch nach wie vor vom Maschinenbau geprägt. Um den Wandel zu bewältigen sowie der wachsenden Digitalisierung und Vernetzung gerecht zu werden, müssen IT und Maschinenbau miteinander verschmelzen. In heutigen Automobilen sind bis zu 180 Steuergeräte - Electronic Control Units (ECUs) – und mehr als 100 Millionen Codezeilen integriert. Auf jedem einzelnen dieser Steuergeräte werden unterschiedliche Softwarekomponenten und -module ausgeführt, die im Verbund die Fahrzeugfunktionen realisieren. Die Anzahl der ECUs wie Softwarekomponenten nehmen weiter zu. Immer mehr Steuergeräte in ein Fahrzeug zu integrieren, ist jedoch aufgrund der entstehenden Komplexität schwierig und geht letztendlich sogar zu Lasten des Fahrzeuggewichts. Im Forschungsgebiet Software-defined Mobility (SdMobi) arbeiten die Partnerinstitute des ICM deshalb auf eine Standardisierung und Zusammenfassung der Softwarefunktionalitäten auf einer zentralen Hardwarekomponente hin. Damit ebnen sie den Weg von isolierten Steuersystemen und Funktionalitäten hin zu offenen, modularen Software-Architekturen.

Grundzüge der vernetzten Mobilität

Ziel der ICM-Projekte ist es, die software-definierte Mobilität der Zukunft vorzubereiten und zu gestalten. Die Vision sind Fahrzeuge, die permanent miteinander kommunizieren, äußere Einflüsse wie Wetter oder Verkehrssituationen wahrnehmen und im Verbund darauf reagieren. "Die Always-on-Technologie, die von Smartphones bekannt ist, muss den Weg in die Mobilität finden", erläutert Professor Eric Sax, Forschungsdirektor des ICM. So entstehen Lösungen, welche etwa dabei helfen, Staus zu vermeiden oder die Umweltbelastung zu reduzieren.



▼ Im Versuchsträgerfahrzeug "eVee" wird beispielsweise eine universelle E/E-Architektur implementiert, um zukünftige Fragestellungen aus dem Bereich der automatisierten und autonomen Mobilität zu testen.

Speziell bei Nutzfahrzeugen besteht die große Chance, Reichweiten durch eine energieoptimierte Fahrweise zu erhöhen und durch prädiktive Diagnosemaßnahmen die Lebensdauer von Fahrzeugkomponenten wie der Batterie signifikant zu verlängern. Hinzu kommt die Möglichkeit der Flottenoptimierung. "Im Nutzfahrzeugbereich sehen wir auch für das automatisierte Fahren sehr bald ein Einsatzgebiet", führt Professor Sax weiter aus, "so können Fahrer unterstützt werden, ihre vorgeschriebenen oder notwendigen Pausen während des automatisierten Fahrbetriebs zu nehmen."

Neue Software-Standards gefordert

"In den vergangenen Jahren haben sich Fahrzeuge, die mit fortgeschrittenen Softwaresystemen ausgestattet sind, gegenüber denen mit klassischen mechatronischen Systemen durchgesetzt. Die Bewertung eines Fahrzeugs findet nicht mehr nur über Hubraum, PS und Ausstattung statt, sondern über mögliche Funktionen, wie Assistenz-, Komfort- und Sicherheitsfunktionen", erläutert Houssem Guissouma, »



Prof. Dr.-Ing. Eric Sax

INSTITUTSLEITER, INSTITUT FÜR TECHNIK DER INFORMATIONS-VERARBEITUNG (ITIV), KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE

2010001001001010001

200001101000012001001000010101010100001007a701070709001010] Antorianacatanamatahan

010100100010001001



Im Projekt wurde gezeigt, dass die Reichweite von Elektrostadtbussen durch die Cloudverlagerung erhöht werden kann. Auf dem Bild sind Mercedes-Benz eCitaro Busse vom Projektpartner Daimler Buses zu sehen.

ICM-Forschungsfeldkoordinator Software-System-Architectures. Voraussetzung ist, dass schon in der Fertigung zukünftige Anforderungen mit berücksichtigt werden. Gefordert sind damit upgradefähige Komponenten mit genügend Gestaltungsreserven. Dabei muss auch an die Cybersicherheit gedacht werden, etwa bei Updates "Over-the-Air" (OTA). "Wir unterstützen die Industrie mit unserer Forschung und entwickeln Handlungsempfehlungen, die dabei helfen sollen, Standards trotz wachsender Softwarekomplexität einzuhalten", resümiert Professor Sax. Beispielhaft für die Grundlagenforschung steht neben SWUpCar auch das Projekt OTrace.

Im Projekt <u>SWUpCar</u> entwickeln und erproben Forschende integrierte Ansätze für die vorausschauende Softwareentwicklung upgradefähiger Fahrzeuge. Bereits beim Entwurf soll eine mögliche Erweiterung um zusätzliche Hard- und Softwarekomponen-

ten eingeplant werden. Damit werden nachhaltige Geschäftsmodelle für zukünftige Fahrzeuge generiert. Guissouma erklärt: "Teilergebnisse dieses Projekts haben die Forschenden in das praxisnähere Projekt E/EeVee transferiert, in dem die entwickelten Konzepte im fahrbaren ICM-Versuchsträgerfahrzeug "eVee" implementiert und erprobt werden."

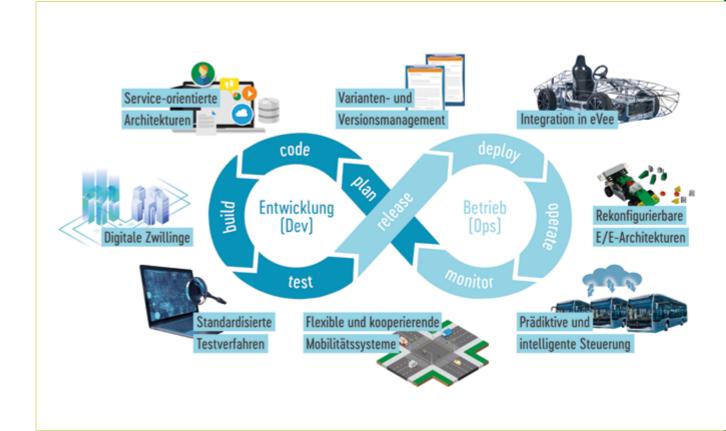
Bisher werden aufgrund der individuellen Marktanforderungen von jeder Fahrzeuggeneration zahlreiche unterschiedliche Varianten abgeleitet. Die Vielfalt und der lange Lebenszyklus von Fahrzeugen führen zu unterschiedlichen Versionen und Varianten (Ausprägungen) der verbauten Hardware- und der installierten Software-Komponenten. Obwohl software-definierte Fahrfunktionen bereits via Update "Over-the-Air" aktualisiert werden können, hindert die große Variantenvielfalt bei den Fahrzeugen und den eingebauten Hardware-Komponenten die

Hersteller daran, neue Fahrfunktionen und Erweiterungen auf diesem Weg in existierende Fahrzeuge zu integrieren.

Over-the-Air zu mehr Reichweite

Das Projekt <u>OTrace</u> fokussiert sich auf die Over-the-Air-Kommunikation für das Energiemanagement von Flotten. Das Ziel des Projektes ist, die Reichweite von Stadtbussen durch die Nutzung von Daten aus Fahrzeugen und Fahrzeugflotten zu erhöhen. Dazu werden nicht sicherheitsrelevante Informationen der Fahrzeuge, die zum Beispiel die Regelung von Heizung, Klima und Lüftung betreffen, in die Cloud gesendet und dort ausgewertet. So lassen sich mittels neuer datengetriebener Funktionen Energieeinsparpotenziale ausschöpfen und die Reichweite der Fahrzeuge um circa 20 Kilometer pro durchschnittlichem Umlauf eines Stadtbusses erhöhen. Gleichzeitig werden Lernvorgänge und damit verbundene Software-Funktionalitäten in die Cloud ausgelagert, wodurch die Anzahl der Steuergeräte im Fahrzeug reduziert und die Kosten pro Fahrzeug gesenkt werden können. Die Informationen der Fahrzeugflotte in der Cloud können zudem genutzt werden, um anwenderspezifische lernende und datengetriebene Funktionalitäten aufzubauen.

▼ Software-defined Mobility erlaubt die fortlaufende Weiterentwicklung von Fahrzeugfunktionen.



BATTERIEINNOVATIONEN FÜR DIE MOBILITÄT DER ZUKUNFT – AUFLADEN UND LOSFAHREN

Neben Elektromotoren und Brennstoffzellen sind innovative Batterietechnologien eine Schlüsseltechnologie im Forschungsfeld Mobility Technologies. In den Projekten geht es bei weitem nicht nur um Kapazität und Ladezyklen, sondern auch um die unabhängige Rohstoffversorgung, effizientere Entwicklungs- und Herstellungsverfahren sowie die Reparierbarkeit von Energiespeichern.



additiv gefertigte Kühlsysteme für Antriebe und natürlich der ICM-Versuchsträger "eVee": die Vielfalt der Projekte im Forschungsfeld Mobility Technologies erscheint unbegrenzt wie die Mobilität der Zukunft selbst. Zusammengefasst geht es vor allem um hardwareseitige Lösungen für die effizienten und emissionsfreien Fahrzeuge der Zukunft. "Ein erster Fokus im Forschungsfeld Mobility Technologies lag auf der Erforschung neuer Technologien für Elektromotoren und H2-Brennstoffzellen", erklärt Forschungsfeldkoordinator Marcel Nöller. Daneben entwickelten sich über die Zeit Batterietechnologien, aufgrund ihrer Vorteile wie schnelle Ladezeiten, höhere Energiedichte, mehr Leistung bei kleiner Bauform und ihre Fertigung zu einem wichtigen Forschungsthema im ICM.

Elektrische Leichtkrafträder, Hyperloop-Kapseln, die

Transversalflussmaschine, Brennstoffzellenkonzepte,



▼ Batterieinnovationen für die Mobilität der Zukunft – effizient und nachhaltig.

Magnesium ersetzt Lithium

"In der Batterieforschung reden wir nicht vom letzten Prozent, sondern von einer deutlichen Verbesserung von Energiedichte, Zyklenfestigkeit, Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz", sagt Marcel Nöller. Realisieren lassen sich diese Potenziale etwa durch neue Konstruktionsweisen, veränderte Zellchemien oder alternative Rohstoffe. Dabei geht es nicht nur um die Leistungsfähigkeit der Batterien, sondern auch um die technologische Souveränität Europas. So ist derzeit das reaktive Material im Großteil der Hochleistungsbatterien Lithium, das meist mit Kobalt kombiniert wird. Beides Rohstoffe, deren Markt von China kontrolliert wird.

Industrie und Märkte in Europa brauchen daher Alternativen zur Lithium-Ionen-Batterie wie beispielsweise Magnesium-Schwefel-Batterien, denen sich das erste Batterieprojekt des ICM widmete. Lithium-Schwefel-Batterien wären nicht nur günstiger herzustellen und sicherer als Lithium-Ionen-Batterien, sondern gleichzeitig auch leistungsfähiger. Forschende des Instituts für Angewandte Materialien - Energiespeichersysteme des KIT und des Instituts für Polychemie der Universität Stuttgart entwickelten gemeinsam eine zyklenfeste Pouch-Zelle auf Basis von sulfuriertem Polyacrylnitril-Kompositen in Kombination mit einer Magnesium-Anode. Die Forschenden haben als Ziel eine Energiedichte von mehr als 800 Wattstunden pro Kilogramm angesetzt, was dem zwei- bis dreifachen heutiger Hochleistungszellen auf Lithium-Basis entspricht. Im Projekt bewiesen sie die grundsätzliche Funktionsfähigkeit ihres Ansatzes und legten die Grundlagen für den Weg Richtung industrieller Nutzung. Die getesteten Zellen lieferten Entladekapazitäten von 1100 mAh/g (Energiedichte: 700 Wh/kg) mit einem coulombschen Wirkungsgrad von über 99,9 % bei 1 C für mindestens 100 Zyklen.

Yunying Zeng baut ein thermisches Batteriezell-Ersatz-Modell auf. Akute Gefahren wie beim Aufbau von echten Batteriezellen bestehen nicht.

Next-Generation-Batterietechnologien

Magnesium-Schwefel-Batterien sind einer der Ansätze, um die Abhängigkeit von Rohstoffen wie Lithium und Kobalt zu überwinden, aber nicht der einzige im ICM. So bestehen eine ganze Reihe sogenannter Next-Generation-Batterietechnologien. Ein entscheidender Schritt wird dabei sein, wie gut der Transfer der Grundlagenforschung hin zur realen Anwendung gelingt. Denn jede Next-Generation-Batterietechnologie hat eine eigene Zellchemie und die erfordert ein Überdenken des Zelldesigns. Wie diese beiden Faktoren zusammenhängen, hat Yunying Zeng am Institut für Produktentwicklung (IPEK) des KIT im Bottom-Up-Projekt ANBat² erforscht. Ausgehend von der Untersuchung der Chemie ausgewählter Batterietechnologien hat sie die beeinflussten Komponenten in Batteriemodul und -system identifiziert und relevante Abhängigkeiten über verschiedene Domänen ermittelt. Diese Informationen sind aber nur die Datenbasis für die eigentliche Innovation des Projekts, einer modellbasierten Methodik zur systematischen Analyse der Auswirkungen veränderter Zellchemien auf das Zell- und System-Design. "Ziel ist vor allem ein besserer Verständnisgewinn für Ingenieure. Sie sollen schneller einschätzen können, welche Zellchemie »



sich basierend auf dem Stand der Forschung für ihre Anwendung eignet und können das für die Planung der nächsten Produktgeneration schon berücksichtigen", erklärt Yunying Zeng. Die Methodik erlaubt zum Beispiel Prognosen zu Kosten, Bauraum oder zur Auslegung von Zellhalterung und Kühlsystem.

Batterietests ohne Batterie

Yunying Zengs digitales Werkzeug beschleunigt Prozesse in der Vorentwicklung und vermeidet aufwändige Versuche mit unterschiedlichen Technologien. Unterm Strich bedeutet es, dass die Entwicklung von Batteriesystemen und ihrer Peripherie weniger Ressourcen verbraucht und günstiger, effizienter und sicherer wird. Die gleichen Effekte lassen sich durch den Einsatz von thermischen Batteriezell-Ersatz-Modellen (BEM) erzielen, die Yunying Zeng im Projekt SenseBEM mit Marcel Nöller am IPEK zusammen mit Forschenden des Instituts für Thermische Verfahrenstechnik des KIT und den Unternehmen Kistler Instrumente und BeonD entwickelt hat. BEMs bestehen aus Folien, Ersatzmateriallagen, Sensoren und Kabeln. Sie

bilden die thermischen Eigenschaften einer Batteriezelle exakt nach, allerdings ohne aktive Zellchemie und ohne elektrisches Potenzial. "Wir können damit einzelne Zellen, Module oder ganze Batteriepacks nachbauen und die thermische Auslegung des gesamten Batteriesystems und darüber hinaus testen", erklärt Marcel Nöller. Dadurch lassen sich Aussagen über die Auslegung des Thermomanagements, die bestmögliche Konstruktion oder die Verteilung der Zellen treffen.

Rein virtuelle Simulationen sind stark annahmenbasiert. Physische Tests mit echten Batterien sind hingegen zu teuer, ineffizient und ressourcenhungrig. BEM ermöglichen frühzeitige und kostengünstige physische Tests und verlegen den Einsatz echter Batteriezellen bis zum Beginn der End-of-Line-Erprobungen. Damit verbunden sind geringere Infrastruktur- und Energiekosten. Die Ersatzmodelle müssen nicht geladen werden, was nebenbei die Prüfläufe beschleunigt. Da die BEM ohne Hochspannung und gefährliche Chemikalien arbeiten, braucht der Prüfstand weniger Sicherheitstechnologie. Natürlich reduzieren Tests ohne Zellchemie auch den Verbrauch von Rohstoffen wie Nickel oder Kobalt.





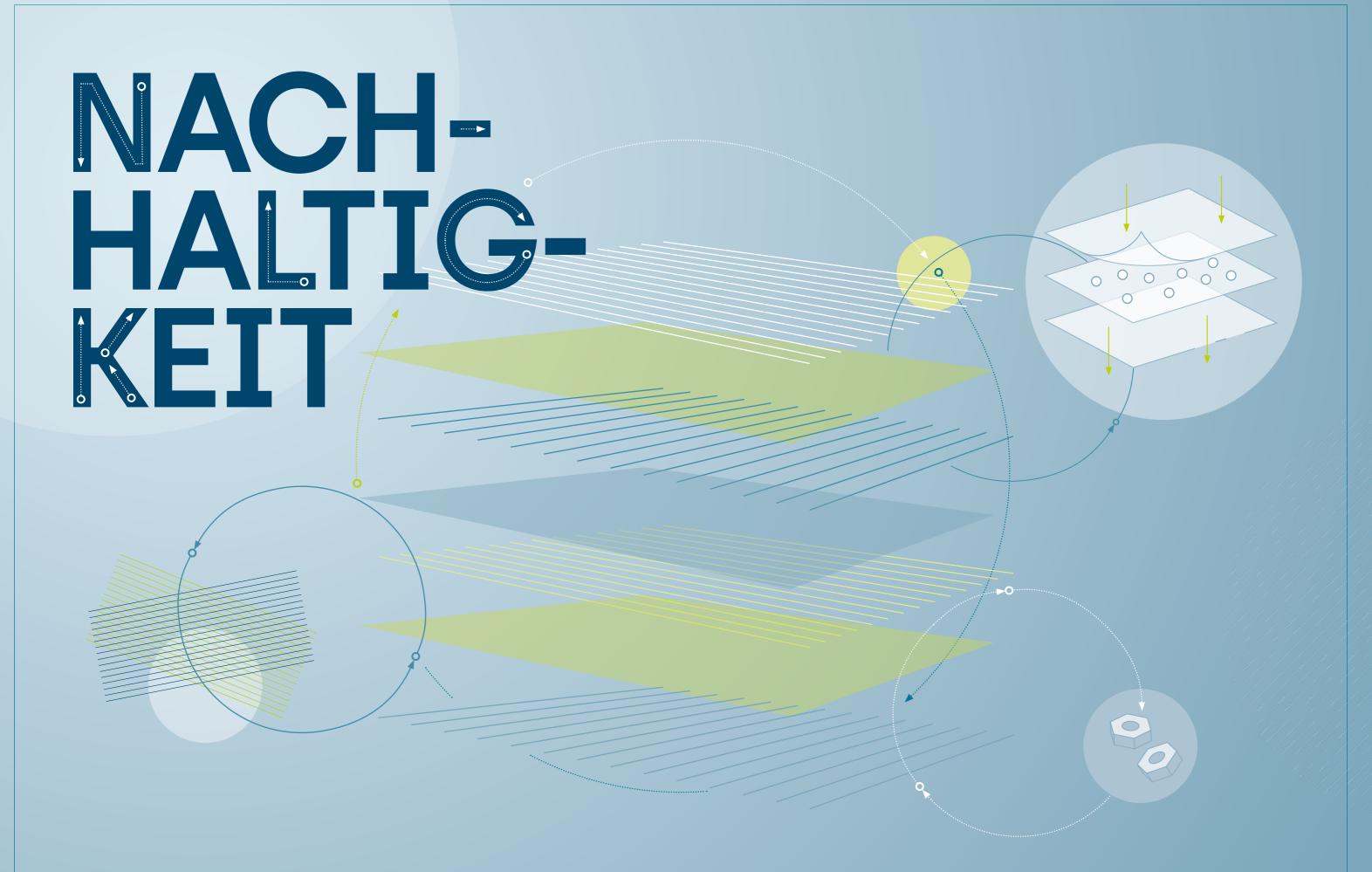
Batteriepack mit einfach austauschbaren Einzelzellen: Reparaturen, Upgrades, Teile wiederverwenden, Recycling – das alles wird durch den Ansatz einfacher und günstiger.

Yunying Zeng und Marcel Nöller haben ihre Forschungsergebnisse zu einer Gründungsidee weiterentwickelt und damit erfolgreich am ICM Early Ride Program teilgenommen. Nach ihrer Promotion möchten sie ein Start-up gründen, das sich mittelfristig als schlagkräftiges Ingenieurbüro etablieren soll, welches für Kunden BEM auslegt und herstellt oder Testverfahren konzipiert.

Austauschbare Batteriezellen

Theo Seiler und sein Team haben mit ihrem Startup MoThor Batteries den entgegengesetzten Weg gewählt. Bei ihnen hat die Gründungsidee ein Forschungsprojekt angestoßen. Noch als Studierende gründeten sie eine GbR, um die Entwicklung eines reparierbaren Akkus für E-Bikes voranzutreiben. Als der ICM 2022 die erste InnovationChallenge durchführte, erhielten sie den Zuschlag für ein Konsortium mit dem IPEK am KIT. Im Projekt Zell-Kontaktierung haben die Partner einen Akkupack entwickelt, bei dem die Zellen über lösbare Kontakte und eine Spannplatte miteinander verbunden sind. Da das System nicht verschweißt ist und nur von Schrauben gehalten wird, lässt es sich mit einfachen Werkzeugen auseinanderbauen. Gealterte oder defekte Batteriezellen könnte ein geschulter Mechaniker im Fahrradladen schnell und kostengünstig austauschen. Der Rest des Akkus kann problemlos weiterverwendet werden. "Durch unseren Ansatz lässt sich eine Menge unnötiger Elektroschrott vermeiden, denn die Möglichkeit zur Reparatur wird in der Batterietechnik noch völlig ignoriert", sagt Philip Müller-Welt, der die Projekte zur Zellkontaktierung am IPEK leitet. Bisher bereiten nur spezialisierte Firmen Akkupacks von E-Bikes auf, sodass viele Akkus aus Kostengründen oft schon bei einem Defekt einzelner Zellen komplett ersetzt werden.

MoThor Batteries und das IPEK haben im Transfer-Bottom-Up-Projekt **BattereVee** gerade vier Demonstratoren ihres Akkus entwickelt, die auf unterschiedliche Kriterien optimiert sind – Gewicht, Kosten, Bauraum und Nachhaltigkeit. Sobald die Demonstratoren fertig sind, werden sie ins ICM-Demonstratorfahrzeug "eVee" eingebaut und erprobt. Auf Basis der Testergebnisse möchte Theo Seiler 2025 ein marktreifes Produkt entwickeln. Denn Akkus mit austauschbaren Zellen brauchen zwar etwas mehr Bauraum, wiegen etwas mehr und sind für die Hersteller etwas teurer. Da Reparatur- und Ersatzkosten jedoch reduziert werden, ergibt sich für die Besitzer am Ende doch ein finanzieller Gewinn - für die Gesellschaft sowieso. "Wenn wir unsere Nachhaltigkeitsziele wirklich erreichen wollen, müssen wir schon beim Design ansetzen und dürfen weniger Produkte bauen, die sich nicht reparieren oder recyceln lassen", erklärt Theo Seiler. •



Der Kreislauf der Zukunft

Wirkliche Nachhaltigkeit entsteht erst dann, wenn sie in jeden Schritt des Produktlebenszyklus Eingang findet. Die Projekte des ICM tragen entscheidend dazu bei, dieses Ziel zu erreichen.



Knappe Ressourcen, Klimawandel und die angestrebte emissionsarme Mobilität sind Herausforderungen, die sich nur mit nachhaltigen Technologien bewältigen lassen. Deshalb sind Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft Kernthemen aller ICM-Projekte. "Wir beziehen das Thema Nachhaltigkeit in allen Produktlebenszyklen mit ein", sagt Marcel Nöller, ICM-Forschungsfeldkoordinator Mobility Technologies, "vom Design, über die Fertigung und den Betrieb bis hin zur Wiederverwendung, Wiederaufbereitung oder zum Recycling." Ziel der Forschung ist eine Kreislaufwirtschaft, die Ressourcen schont und möglichst viele Stoffe und Komponenten werthaltig zurückführt. Elektromotoren sollen beispielsweise so konstruiert werden, dass sie am Ende der Lebensdauer ohne großen Aufwand wieder zerlegt und in den Kreislauf zurückgeführt werden können. Heutige Neodym-Eisen-Bor-Magnete sind häufig fest verklebt und lassen sich kaum oder nur mit großem Aufwand wieder aus dem Eisenpaket herauslösen, in dem sie eingelassen sind. Die folgenden Projekte verdeutlichen die vielfältigen Anforderungen an eine nachhaltige Mobilität.

Design for Recycling

Nachhaltige Mobilität beginnt nicht erst im fertigen Produkt, sondern bereits bei Materialauswahl, Entwicklung und Herstellung. Im Projekt **DefoRe** haben Forschende daher Baugruppen für ein Mobilitätsprodukt schon zu Beginn des Projekts auf ihre Recyclingfähigkeit geprüft und entsprechend ausgewählt. Darauf aufbauend haben sie eine Methodik zur Herstellung mechanisch belasteter Fahrzeugbauteile aus Naturfaserverbundkunststoffen (NFVK) entwickelt, die neben der nachhaltigen Auslegung, Konstruktion und Produktion auch die Materialtrennung am Ende der Lebensdauer sowie das Recycling sichert.

Um ein möglichst geringes Fahrzeuggewicht zu erreichen, setzt man häufig glasfaser- und kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe ein, auch bekannt als Fiberglas (GFVK) und Carbon. Nach der Verwendung werden diese Kunststoffe dann allerdings zu Sondermüll. DefoRe hat die Grundlagen dafür geschaffen, GFVK sukzessive zu ersetzen und Carbon nur noch



▼ Naturfaserverbundkunststoffe sind eine nachhaltige Alternative im Leichtbau.



Die Sitzschale ist ein Demonstrator, der im Rahmen des DefoRe-Projekts entstanden ist. Auf der Rückseite ist die Hauptform aus Naturfaserverbundkunststoffen mit Carbonfaserlementen verstärkt.

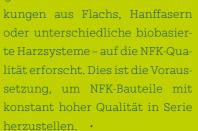
als Stabilisator an besonders lasttragenden Bereichen von Komponenten aus recycelbaren Naturfaserverbundkunststoffen einzusetzen.

Die entwickelten Optimierungsmethoden für lastund recyclingangepasste Topologien erleichtern dabei die Auslegung zusammenhängender Faserpfade für die gezielten Verstärkungen, sodass sich die Carbonelemente später möglichst gut heraustrennen lassen. Dies geschieht mit einem Laserverfahren, bei dem die Kunststoffmatrix um die Kohlenstofffasern verdampft wird. Das Carbon lässt sich danach recyceln und als Pulver für Spritzgussverfahren wiederverwenden. Weil sich Flachsfasern und Kunststoffmatrix kaum voneinander trennen lassen, ist in diesem Bereich aktuell besonders ein mechanisches Recycling sinnvoll. Auf diese Weise unterstützt das Projekt dabei, den Anteil an Sondermüll zu reduzieren oder ganz zu vermeiden. Die Vorteile des Leichtbaus wie geringes Gewicht, damit sparsamer Betrieb und höhere Reichweiten sowie Komfort bleiben erhalten. •

Nachhaltige /Projekt #2 und effiziente Naturfaser-

Herstellung kunststoffvon verbunden

Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK) sind eine nachhaltige Alternative für herkömmliche Leichtbaumaterialien wie Fiberglas und Carbon, bei deren Herstellung erhebliche Mengen CO, ausgestoßen werden. Eine besondere Herausforderung ist die Qualität des Komposits. Forschende der Universität Stuttgart haben eine neuartige Fertigungstechnik entwickelt, um qualitativ hochwertige und hoch belastbare Bauteile aus Naturfasern und Biopolymer herzustellen. Darauf aufbauend konnten sie im Transfer-Bottom-Up-Projekt NaturStoff einen reproduzierbaren, automatisierten Prozess mit kontrollierbaren Parametern realisieren und die bereits bestehende, manuell betriebene Anlage mit Stellmotoren, Spindeltrieben und einer entsprechenden Steuerung erweitern. Damit werden die Auswirkungen der Prozessparameter sowie der Eigenschaften von Ausgangsmaterialien - wie Faserverstär-







▼ Das Team des Transfer-Bottom-Up-Projekts NaturStoff.

Selbstheilende Brennstoffzellenmembran durch Enzyme

hohem Wirkungsgrad emissionsfrei und unabhängig von fossilen Brennstoffen betrieben werden. Als Energiewandler stößt sie im Automobilbereich auf gro- Gelingt es, die Membrandefekßes Interesse, vor allem für den Einsatz in LKW. Problematisch ist bisher ein Verschleißphänomen: sogenannte Pinholes, also Löcher und Risse in den Brennstoffzellenmembranen, die zum Leistungsabfall und zu einer ver-

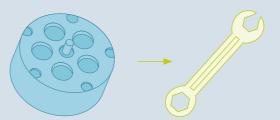
nen. Der Leistungsabfall wirkt sich unmittelbar auf den Wasserstoffverbrauch aus.

te frühzeitig zu reparieren, wirkt sich das positiv auf die Leistung, die Lebensdauer und die Betriebskosten aus. Forschende des KIT haben im Bottom-Up-Projekt BioHealing einen Selbstheilungsmechanismus entwickelt, der

Eine Brennstoffzelle kann mit kürzten Lebensdauer führen kön- entstandene Defekte in der Membran auf Basis von Enzymen und einem Substrat, das in einen Füllstoff umgewandelt wird, selektiv versiegelt. "Damit ist der erste Schritt auf dem Weg zu einer enzymatischen, selbstheilenden Membran für Brennstoffzellen gemacht", resümiert Marcel Nöller. ICM-Forschungsfeldkoordinator Mobility Technologies. Weitere Anwendungen, etwa in Elektrolyseuren, sind denkbar. •

Reparatur und / Projekt #4 Modifikation von Produkten

Eine lange Nutzbarkeit von Produkten und das Recht Das Projekt umfasst den Aufbau einer Remanufactuauf Reparatur sind zentrale Ziele einer nachhaltigen Gesellschaft. Dazu bedarf es auch einer klaren Strategie zur Reparatur und Modifikation (Remanufacturing) von Produkten. Im Verbundprojekt Elektromotor, speziell der Axialflussmaschine. Paral-**RESTORE** entwickeln Forschende eine bestehende Fertigungsanlage hard- und softwaretechnisch weiter, um eine hohe Flexibilität beim Remanufacturing verschiedener Bauteile zu erreichen. Das jeweilige Bauteil kann durch die Anlage ressourcenschonend geöffnet, zerlegt, repariert oder angepasst und wieder zusammengesetzt werden. Durch die Kombination verschiedener Fertigungsprinzipien lassen sich Die vorgestellten Ansätze zeigen, wie der ICM und Bauteile mit hoher Variantenvielfalt effizient herstellen und auch reparieren.



ring-Prozesskette zur ressourcenschonenden und effizienten Reparatur und Modifikation von funktionalen, hybridisierten Polymerbauteilen an einem lel erfolgt eine digitale Prozessplanung, die eine sich schrittweise annähernde, bauteilspezifische Kombination der einzelnen Fertigungsschritte gewährt. Auch nach der Herstellung ist eine hohe Variantenvielfalt möglich, denn das Verfahren erlaubt eine gezielte Modifikation gebrauchter Bauteile.

seine Partner innovative Technologien und Strategien erforschen, die den Übergang zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft beschleunigen und umweltfreundliche Lösungen in der Mobilität und Fertigung ermöglichen. •



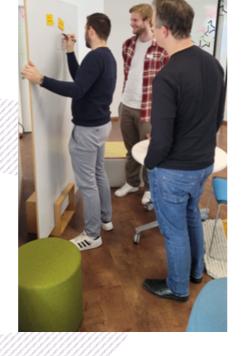
TRANSFERBESCHLEUNIGER

Der Weg von der Idee über die Arbeit im Labor, über einen ersten Prototypen bis hin zum einsatzfertigen Produkt kann lange sein. Deshalb unterstützt der ICM mit seinen Fördermaßnahmen umfangreich potenzielle Gründer genauso wie kleinere und mittlere Unternehmen.

Erst die Dissertation abschließen, dann ein Unternehmen gründen. Das war einmal der Plan von Lukas Elbracht. Manchmal läuft es dann doch anders. Im Juli haben Lukas Elbracht und Jannis Noeren gemeinsam mit drei Mitgründern ihr Start-up AMPLINK gegründet. Binnen eines Jahres ist so aus einer vagen Gründungsidee der beiden Forscher des Instituts für Elektrische Energiewandlung der Universität Stuttgart ein Start-up mit starkem Team und einem Demonstrator geworden: ein funktionierendes System zum dynamischen Laden von Flurförderfahrzeugen. Für diese schnelle Entwicklung ist auch der ICM mit verantwortlich, denn die Gründer haben 2023 an der ersten Runde des ICM Early Ride Program als Team **DynaCharge** teilgenommen und in einem Transfer-Bottom-Up ihren ersten Demonstrator entwickelt.







▼ Gemeinsam mit Coaches und Mentoren entwickeln die Wissenschaftler ihre Geschäftsideen weiter

Unternehmerisches Denken im akademischen Umfeld

Das Early Ride Program ist ein Inkubator für innovative Ideen junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Diese lernen von Coaches, Mentoren und im Austausch mit Unternehmen das Potenzial ihrer Idee und ihre unternehmerische Eignung besser einzuschätzen und Geschäftsmodelle zu entwickeln. Der ICM begleitet damit die Teilnehmenden auf dem Weg zur Gründung. Der führt aus dem universitären Umfeld über ein Exist-Gründerstipendium mit drei Jahren Laufzeit. "Unser System war für uns schon so greifbar und durchdacht, dass wir den Zeithorizont bis zur Entwicklung eines Demonstrators viel kürzer eingeschätzt haben", erzählt Lukas Elbracht. In ihrer Situation erwies sich das Transfer-Bottom-Up-Projekt als passendes Förderformat, das alle Merkmale aufweist, die auch die anderen Maßnahmen des ICM auszeichnen: unbürokratische Beantragung, schnelle Förderentscheidung, leistbarer Dokumentationsaufwand, stete Betreuung durch die Forschungsfeldkoordinatoren, überschaubare Laufzeit und volle Konzentration auf die Forschung. »

i ICM-Transfermaßnahmen im Überblick

Workshops und Foren:

Der ICM bringt Vertreter aus Forschung und Industrie zusammen, um die wichtigsten Zukunftsthemen zu diskutieren. Im Anschluss an den Workshop zu Standardized Automotive Software ist ein Positionspapier mit dem Titel "Chancen durch Standardisierung und Open-Source-Software im Mobilitätssektor" entstanden.

InnovationChallenge:

Im Rahmen des Förderformats arbeiten kleinere und mittlere Unternehmen und Start-ups zusammen mit einem Forschungsinstitut an anwendungsorientierten Lösungen.

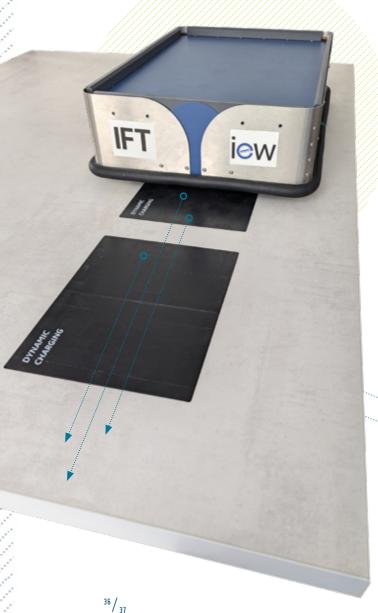
Transferprojekte:

Der ICM fördert mit Vernetzungsprojekten die gezielte Zusammenarbeit zwischen mindestens einer der beiden Partnerhochschulen mit Partnern aus der Wirtschaft. Insgesamt sieben solcher Projekte gibt es bisher.

ICM Early Ride Program:

Ein zweistufiges Inkubatorprogramm für Innovationsprojekte aus dem universitären Umfeld in Baden-Württemberg mit Fokus auf Mobilität und Produktion. Der zweite Durchlauf des Hauptprogramms hat im September 2024 mit sechs Teams begonnen.

Der ICM verschaffte den Wissenschaftlern in den vergangenen Monaten die Möglichkeit, ihren technologischen und unternehmerischen Ansatz zu verfeinern - ohne schädlichen Druck. Orientierung bot ihnen dabei auch das Wissen aus dem Early Ride Program. "Der wichtigste Punkt, den wir mitgenommen haben, ist, dass wir uns öffnen müssen. Gegenüber potenziellen Kunden, damit wir ein marktreifes Produkt entwickeln können. Gegenüber potenziellen Mitgründern aus der Industrie, weil sie Wissen mitbringen, das wir als Wissenschaftler nicht haben", sagt Jannis Noeren.



AMPLINK ist durch die Öffnung in allen Belangen besser geworden. Denn die Mitgründer bringen Expertise über die Abläufe in der Intralogistik, den Vertrieb sowie Sicherheits- und Zulassungsbedingungen ins Unternehmen ein. Der Demonstrator unterscheidet sich dank des vorherigen Austauschs mit Unternehmen deutlich vom Urkonzept seiner Entwickler. Es gibt keine Bauteile mehr, die in den Boden eingelassen werden müssen, sodass sich das ganze System leicht in die bestehende Infrastruktur integrieren und schnell umbauen lässt. Geblieben ist das Grundprinzip. Es kombiniert Flächen, auf denen die fahrerlosen Transportfahrzeuge während der Fahrt geladen werden, mit gezielten Stopps an Ladestationen, wenn keine Transportaufträge vorliegen. Die optimale Auslegung des Zusammenspiels beider Ansätze ist das Betriebsgeheimnis, die dem Ansatz deutlich mehr Effizienz verleiht als bestehenden Konkurrenzprodukten. "Durch die Einführung unseres dynamischen Ladesystems ist es möglich, die Stillstandszeiten von Flurförderfahrzeugen auf ein Minimum zu reduzieren und die Batterielebensdauer erheblich zu steigern. Außerdem sind kleinere Akkus notwendig", erklärt Jannis Noeren. Der Prototyp und die formale Unternehmensgründung sind die Grundlagen für eine dritte Öffnung des Start-ups, dieses Mal gegenüber Investoren und kaufinteressierten Kunden.

Transferforschung zusammen mit KMUs

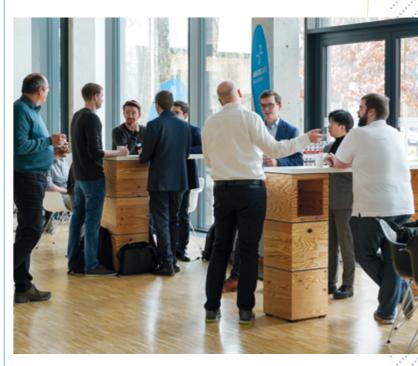
"Das Beispiel Dynacharge zeigt, dass Transferforschung von schnellen und unbürokratischen Prozessen lebt. Mit der InnovationChallenge bietet der ICM ein weiteres Format an, dass diese Bedingungen er-

▼ Das dynamische Energieübertragungssystem für den Einsatz in der Intralogistik kombiniert induktives Laden während der Fahrt und während kurzer Standzeiten.

füllt", sagt ICM-Transfermanager Till-Falco Böse. Zielgruppe der InnovationChallenge sind kleinere und mittlere Unternehmen (KMU), die für die Entwicklung innovativer Technologien auf die Zusammenarbeit mit den Hochschulen in Baden-Württemberg angewiesen sind. Die Unternehmen können ein reales Problem als Forschungsfrage einreichen und sich im Rahmen eines Hackathons die Lösungsvorschläge von Forschungsinstituten aus ganz Baden-Württemberg präsentieren lassen. Entsteht daraus ein Konsortium, folgt ein Bieterverfahren. Von Einreichen der Forschungsfrage bis zur Förderzusage durch das Wissenschaftsministerium Baden-Württembergs vergehen nur zwei Monate.

Eines der 19 Konsortien, die in den zwei Durchläufen der InnovationChallenge gefördert wurden, bilden die Fakultät für Maschinen und Systeme der Hochschule Esslingen und Premium Robotics. Die Partner haben im Projekt **TransVision** eines der letzten großen Hindernisse für die Prozessautomatisierung in Großlagern von Einzelhändlern beseitigt. Bis heute sortieren in den Lagern Menschen die Ware von Monopaletten auf die Zielpaletten für die einzelnen Filialen um, weil Roboter transparente Gebinde wie Plastikflaschen in Sixpacks schlecht erkennen und greifen können. Das Sensorkonzept und der Algorithmus, die im Rahmen von TransVision entwickelt wurden, lösen dieses Problem. Der Roboter erkennt die Gebinde mittels Bounding-Box- und Key-Point-Detection. Konkret lokalisiert er dabei von oben die Deckel der sechs Flaschen und berechnet auf Basis der Gebindegröße die Lage und seine Griffpunkte. Validiert haben die Forschenden ihren Ansatz direkt in der Roboterzelle von Premium Robotics an Six Packs mit 1,5-Liter-Flaschen. Da der Algorithmus mit synthetischen Daten trainiert werden kann, lässt er sich in kurzer Zeit an kleineren Sixpacks einlernen.

18 Monate dauerte es nur, bis dieses Ergebnis stand. "Angewandte Forschung funktioniert auch deshalb so gut, weil wir an den Hochschulen sofort Feedback bekommen und unsere Arbeit schnell anpassen können", sagt Projektleiter Professor Marius Pflüger von der Hochschule Esslingen. Das Partnerunternehmen Premium Robotics hatte in regelmäßigen Meetings immer wieder dazu beigetragen, dass die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ihre Arbeitspläne



▼ Die InnovationChallenge ermöglicht Lösungen und Innovationen, auf denen Wissenschaft und Wirtschaft in Baden-Württemberg aufbauen können.

optimieren und die Forschung in eine leistungsorientierte Richtung lenken konnten. Dabei werden alle Ergebnisse ganz regulär veröffentlicht. Premium Robotics konnte aber zuerst darauf zugreifen und schnell das User-Interface und den Prozess zum Einlernen der Roboter entwickeln, die zum einsatzfähigen Produkt noch fehlten. Für die Wissenschaft legen das Sensorkonzept und die Algorithmik Grundsteine für die weitere Entwicklung und den Transfer in weitere Anwendungsfälle. Denn transparente Gegenstände wie Wassertanks in der Lebensmittelindustrie oder Pipetten in Laboren gibt es in vielen Branchen. Die Hochschule Esslingen möchte beim Zentralen Innovationszentrum Mittelstand die Förderung für ein Folgeprojekt zur Erforschung der seitlichen Erkennung von Sixpacks beantragen und Marius Pflüger widmet sich während eines Forschungssemesters Gebinden mit reflektierenden Gegenständen wie Dosen.

SPITZENFORSCHUNG OHNE GRENZEN

Durch die Future Mobility Grants vernetzt der ICM seine Partnerinstitute mit Forschenden auf der ganzen Welt. Das Programm legt Grundsteine für länderübergreifende Kooperationen, erhöht die internationale Mobilität junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und stärkt Baden-Württemberg als Zentrum der globalen Spitzenforschung.

Spitzenforschung kennt keine Ländergrenzen, denn der internationale Austausch bringt Kompetenzen, Ressourcen und Ideen zusammen. Die Kooperation mit internationalen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern schafft neue Perspektiven, beschleunigt die Innovationsentwicklung und stärkt die beteiligten Forschungseinrichtungen. Mit den Future Mobility Grants bietet der ICM seinen Partnerinstituten am Karlsruher Institut für Technologie und der Universität Stuttgart deshalb ein Instrument, um herausragende internationale Forschende zeitnah und mit wenig bürokratischem Aufwand nach Baden-Württemberg zu holen oder eigene Mitarbeitende ins Ausland zu schicken.

Die Fördermaßnahmen Midterm Fellowships for Experts, Short-term Grants for International Collaboration und Visiting Professors / International **Experts** richten sich an Postdocs sowie Professorinnen und Professoren aus dem Ausland. Im Rahmen der Fördermaßnahmen können Institute der Universität Stuttgart und des Karlsruher Instituts für Technologie herausragende internationale Kolleginnen und Kollegen einladen, um gemeinsam relevante Themen zur Mobilität der Zukunft zu erforschen. "Inzwischen haben wir Förderungen und Projekte in 22 Ländern", erklärt Catherine Baumann, Projektmanagerin Future Mobility Grants. Die Fördermaßnahmen sind individuell auf die Forschungsvorhaben zugeschnit-

ten, lassen sich mit wenig Aufwand beantragen und die Förderentscheidung erfolgt bereits wenige Wochen nach der Bewerbung. Catherine Baumann unterstützt die Forschenden und Hosts sowohl in der Antragsphase, bei der Vorbereitung als auch während des gesamten Aufenthalts,

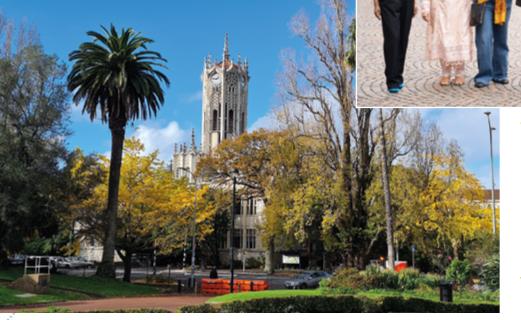
Durch den wissenschaftlichen Austausch sowie die Vernetzung entstehen persönliche Beziehungen, die sich positiv auf die Forschungsarbeit auswirken. "Wir binden internationale Spitzenforschende langfristig ein und entwickeln strategische Kooperationen. Mehrere Programmteilnehmende können sich vorstellen, längerfristig in Deutschland zu bleiben", betont Baumann. »

Researchers in motion – Der ICM ist weltweit vernetzt.



Lukas Elbracht

WISSENSCHAFTLICHER MITARBEITER, INSTITUT FÜR ELEKTRISCHE ENERGIEWANDLUNG (IEW), UNIVERSITÄT STUTTGART / TRANSFER, INNOVATION UND INTERNATIONALISIERUNG



▼ Gruppenbild beim Welcome Event für die internationalen Fellows.

Der berühmte Glockenturm ist das Wahrzeichen der University of Auckland in Neuseeland

Der ICM trägt mit den Future Mobility Grants auch dazu bei, das Land als attraktiven Forschungsstandort zu positionieren. "Hier können sich exzellente Fachleute zusammenschließen, um ein gemeinsames Ziel zu erreichen, das für die Gesellschaft relevant ist und der Branche zur Führungsposition verhilft. Ich bin beeindruckt von der Infrastruktur des Forschungsstandorts Deutschland und den schnellen Genehmigungsverfahren", sagt Dr. Diego Perez-Palacin von der Linnaeus University, Schweden, der im Rahmen eines Mid-term Fellowships nach Deutschland kam.

Auslandsaufenthalt legt Grundstein für internationale Kooperation

Für Promovierende und Postdocs der Universität Stuttgart und des Karlsruher Instituts für Technologie gibt es das Förderprogramm Short-term Grants for Talents, das einen Auslandsaufenthalt bis zu sechs Monaten ermöglicht. Die Maßnahme öffnet jungen For-

> ▼ Internationale Kooperationen bringen Ideen und Wissen zusammen und beschleunigen somit den Fortschritt.

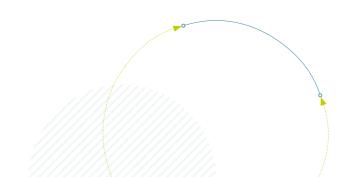
schenden der Partnerhochschulen die Türen zu den besten Forschungslaboren der Welt. Lukas Elbracht forscht am Institut für Elektrische Energiewandlung (IEW) der Universität Stuttgart und konnte sein Forschungsthema "Induktive Ladesysteme" Anfang 2024 an der Universität Auckland in Neuseeland vertiefen. Für das Programm nominiert hatte ihn Institutsleiterin Professorin Nejila Parspour mit Blick auf die Potenziale einer intensiveren Kooperation zwischen den beiden Forschungsstätten. Sowohl in Stuttgart als auch in Auckland ist dynamisches induktives Laden



von Fahrzeugen ein Forschungsschwerpunkt. Beide Forschungsstätten sind auf dem Gebiet personell und infrastrukturell hervorragend ausgestattet und auch an der internationalen Normung beteiligt. Tatsächlich legte der Austausch den Grundstein für den Aufbau eines gemeinsamen Forschungsvorhabens. Die beiden Partner wollen zukünftig die Weiterentwicklung des dynamischen Ladens vorantreiben und höhere induktive Ladeleistungen erreichen – auch unter nicht optimalen Bedingungen.

Für Lukas Elbracht ist der Forschungsaustausch auch eine persönliche Bereicherung. "Wir haben nicht nur wissenschaftlich zusammengearbeitet, sondern auch oft die Freizeit miteinander verbracht. So sind beim Wandern oder bei einem Einsatz auf dem Erdbeerfeld auch neue Freundschaften entstanden." Solche persönlichen Kontakte sind die Türöffner für strategische Kooperationen und Netzwerke mit international führenden Universitäten und helfen dabei, die Spitzenforschung voranzutreiben. Schon Ende des Jahres kommen drei Wissenschaftler aus Auckland mit Unterstützung der Future Mobility Grants nach Deutschland, um die gemeinsame Arbeit hier fortzusetzen.

 Das IEW der Universität Stuttgart und die University of Auckland bauen eine Kooperation auf, um das dynamische Laden von Fahrzeugen zu erforschen.



Future Mobility Grants

Mid-term Fellowships for Experts

Für zwei- bis sechsmonatige Aufenthalte von internationalen Senior Scientists am KIT oder an der Universität Stuttgart

Short-term Grants for Talents

Für einen mehrwöchigen Auslandsaufenthalt von Nachwuchswissenschaftlern und -wissenschaftlerinnen des KIT oder der Universität Stuttgart

Short-term Grants for

International Collaboration

Für mehrmalige Kurzaufenthalte von internationalen Senior Scientists am KIT oder an der Universität Stuttgart

Visiting Professors / International Experts

Für Beraterverträge von internationalen Senior Scientists an der Universität Stuttgart oder am KIT

/ MEHR INFOS

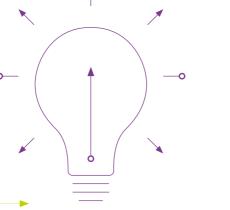








ERFORSCHEN, BEGEISTERN, INITIATIVE ERGREIFEN



Junge Menschen für Technik, Natur- und Ingenieurwissenschaft zu gewinnen, ist für die Transformation im Zeitalter von Digitalisierung und Dekarbonisierung entscheidend. Die Mobilen Forschungslabore des ICM sollen schon Schülerinnen und Schüler für Zukunftstechnologien begeistern. Weitere Förderformate unterstützen junge Forschende dabei, ihre eigenen Ideen umzusetzen.

Aufgrund des demografischen Wandels gehen in Deutschland derzeit deutlich mehr Menschen in den Ruhestand als neue Arbeitskräfte nachrücken. Nach Angaben

Bundeswirtschaftsministeriums wird die Zahl der Menschen im erwerbsfähigen Alter bis 2035 erheblich sinken, je nach Zuwanderung um 1,6 bis 4,8 Millionen.

Besonders der MINT-Bereich ist davon betroffen. Umso wichtiger ist es, die MINT-Studiengänge zu stärken. Denn sie vermitteln die Kompetenzen, die für die Entwicklung der dringend benötigten technischen Lösungen für die Mobilität und die Produktion der Zukunft erforderlich sind. Genau hier setzen verschiedene Fördermaßnahmen des ICM an.

"Mit unseren Mobilen Forschungslaboren wecken wir die Neugier, das Interesse und die Begeisterung für zukünftige Technologien und können spielerisch auf relevante gesellschaftliche Herausforderungen aufmerksam machen", erklärt Thilo Zimmermann, Leiter der Forschungsfeldkoordination am ICM. Im Rahmen der sogenannten DEMO-Projekte werden verschiedene Forschungsthemen im Mobilitäts- und Produktions-



▼ Der Optik-Baukasten <u>BaKaRos</u> für einfache optische/photonische Experimente im Einsatz beim Tag der Lehre und des Lernens.



Jun.-Prof. Dr. Maike Schwammberger

INSTITUT FÜR INFORMATIONSSICHERHEIT UND VERLÄSSLICHKEIT (KASTEL), KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE

sektor erlebbar. Interessierte können beispielsweise das Software-gesteuerte Zusammenspiel von autonomen Miniaturfahrzeugen programmieren, einen Demonstrator für hochautomatisierte Schienenfahrzeuge erleben, eine digitale Modellstadt inklusive ihrer Mobilitätssysteme entdecken oder Miniatur-Fahrzeugprüfstände aufbauen und ansteuern. Einsatzorte sind Klassen, Pausenhöfe, Studien- und Berufsorientierungsmessen, Projekttage und Schülerworkshops.

Auch bei Veranstaltungen wie dem Girls' Day sind wissenschaftliche Botschafter mit den mobilen Laboren unterwegs. Ansprechpersonen sind häufig junge Wissenschaftlerinnen, die über ihren eigenen Weg in die Forschung berichten. Die teilnehmenden Mädchen können erste eigene Erfahrungen mit der Technik machen und Ideen einbringen. Maike Schwammberger, Junior-Professorin am KIT und verantwortlich für die Forschungsgruppe Modellierung und Analyse im Mobility Software Engineering, erläutert: "Durch Auftritte bei Veranstaltungen wie dem Girls' Day können wir insbesondere auch weibliche Studieninteressierte erreichen und sie für technische Berufe sensibilisieren. Damit können wir dazu beitragen, den geringen Anteil an Studentinnen auch im Informatik-Studium zu erhöhen." »

Mobile Forschungslabore zur Nachwuchsförderung

Mitmachen, ausprobieren, eigene Talente entdecken und Spaß haben – damit lässt sich die Faszination junger Menschen wecken. Genau dieses Ziel verfolgen die Mobilen Forschungslabore, die im Rahmen des InnovationsCampus Mobilität der Zukunft (ICM) in den sogenannten DEMO-Projekten entwickelt werden.

/ PROJEKTÜBERSICHT





Programmiererfahrungen fürs autonome Fahren

Das mobile Forschungslabor **AMASE2RC** beschäftigt sich mit autonomen Fahrzeugen, hinter deren Fahrverhalten hochkomplexe und weitgehend unsichtbare Algorithmen stecken. Um diese in der Praxis zu testen, sind echte Fahrzeuge erforderlich. In der Forschung kommen kleine Roboter-Autos zum Einsatz, denn Fahrzeuge in

Originalgröße wären zu Testzwecken zu teuer und zu gefährlich. Mit den autonomen Roboter-Autos können Algorithmen und deren Auswirkungen sichtbar gemacht werden. Geforderte Eigenschaften der Fahrzeuge sind beispielsweise Kollisionsfreiheit und eine effiziente Fahrweise.





 Das Zusammenspiel autonomer Miniaturfahrzeuge erleben, Roboter zusammenbauen oder einen echten Satelliten fliegen lassen – die Mobilen Forschungslabore begeistern für MINT-Fachdisziplinen.

AMASE2RC macht die Forschungsaktivitäten mit Hilfe dieser kleinen Roboter-Autos für Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene erlebbar. Ein modulares System erlaubt es, die Fahrzeuge eigenständig zusammenzubauen und Versuche mit Sensoren und Motoren durchzuführen. Die Ergebnisse sind sofort sichtbar. Über vorbereitete Befehle und formale Programmiercodes lernen die Kinder und Jugendlichen, wie sie durch geschicktes Programmieren zum Beispiel Zusammenstöße der autonomen Fahrzeuge vermeiden können. Mit der einfachen Programmiersprache Scratch können selbst neue Befehle generiert und direkt getestet werden. "Auf besonderes

Interesse stoßen unsere autonomen Miniaturfahrzeuge", führt Maike Schwammberger weiter aus. "Schon sieben- bis achtjährige Schülerinnen und Schüler können hier erste technische Erfahrungen sammeln." Das stärkt das Interesse am Studienfach Informatik. Während einige Jugendliche sich zwar für Informatik oder ähnliche Studiengänge interessieren, erscheinen ihnen theoretische Informatikthemen wie mathematische Formeln oder Logik oft abstrakt. Wenn anhand der praktischen Anwendung sichtbar wird, was mit mathematischem Know-how und logischem Denken möglich ist, fördert das auch das Interesse an theoretischer Informatik.

Bottom-Up-Projekte für junge Forschende

"Nachwuchsförderung heißt aber auch, Studierenden sowie jungen Forschenden frühzeitig eigenständige Projekte zu ermöglichen. Dazu zählen zum Beispiel Bottom-Up-Projekte, von denen bisher mehr als 50 gefördert wurden", erklärt Thilo Zimmermann. So können Nachwuchsforschende gezielt an relevanten Technologien und Lösungen für die gesellschaftlichen Herausforderungen arbeiten. Schnelligkeit ist hier ein entscheidendes Argument; innerhalb von vier Wochen bekommen alle Antragsstellenden Rückmeldung zu ihrem Antrag.

Das Themenspektrum der Bottom-Up-Projekte reicht von sehr grundlagenorientierten und sehr risikobehafteten Ideen bis hin zu Transferprojekten als begleitende Maßnahme während der Ausgründungsphase. Im Rahmen des Projekts **BioHealing** wurde unter anderem ein Prozess für selbstheilende Membranen für Brennstoffzellen entwickelt (Seite 31). Am Institut für Flugzeugbau der Universität Stuttgart hat ein Team um Matthias Engelfried das Transfer-Bottom-

Community und Vernetzung

Neben dem Aufbau fachlicher Kompetenzen stellt der überfachliche persönliche Entwicklungsprozess einen entscheidenden Baustein dar. Dieser Prozess wird mit gemeinsamen, vielfältigen Weiterbildungsmaßnahmen (Soft Skills) und Vernetzungsveranstaltungen gefördert. Studierende und Promovierende verschiedener Disziplinen aller Partner lernen so, ihre Themen fachfremden Kolleginnen und Kollegen näherzubringen und in interdisziplinären Teams zu arbeiten.

▼ Beim ICM-Seminar für Post-Docs und Promovierende traf sich die ICM-Community, um sich über ihre Forschung und Auslandserfahrungen auszutauschen und ihr Wissen in interaktiven Workshops zu vertiefen.



Up-Projekt NaturStoff dazu genutzt, die bestehende manuelle Anlage zur Herstellung von nachhaltigen Naturfaserverbundwerkstoffen aus Flachs oder Hanffasern und Biopolymer zu erweitern (Seite 30). "Wir haben einen reproduzierbaren Prozess mit kontrollierbaren Parametern realisiert und die Anlagentechnik dieser Technologie erweitert", erklärt Engelfried. Damit haben die Forschenden die Grundlagen für die Ausgründung ihres Start-ups **BEHTec** geschaffen, mit dem sie am ICM Early Ride Program 2023 teilnahmen. Im Rahmen des Bottom-Up-Projekts **EVOfib** wurde ein neuartiges Hohlkernfaser-Design entworfen und im Projekt **PHASE** erstmalig praktisch umgesetzt. Das Design ermöglicht radial und azimutal polarisierte Laserstrahlung mit hoher Spitzenleistung und Energie zu übertragen, um langfristig aktuell bestehende Glasfaserkonzepte zu ersetzen, da sowohl die Effizienz als auch die Qualität der Bearbeitung signifikant gesteigert werden.





<u>Prof. Dr.-Ing.</u> <u>Andreas Michalowski</u>

INSTITUT FÜR STRAHLWERKZEUGE (IFSW), UNIVERSITÄT STUTTGART

Lasertechnik für fertigungstechnische Anlagen, insbesondere für die digitale Produktion

- Flexible und selbstlernende Produktionsmaschinen
- Schnelle Übertragbarkeit von Laborprozessen auf Produktionsmaschinen

Lasertechnik in der Fertigung



- Erarbeitung neuer Prozessstrategien
- Prozessregelung f
 ür stabile, anpassungsf
 ähige Laserprozesse
- Neue Sensorik für die hochzuverlässige Prozessüberwachung

Digitalisierung der Prozessentwicklung für die Additive Fertigung

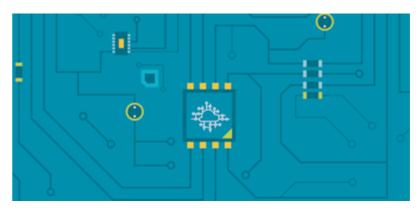




WBK INSTITUT FÜR PRODUKTIONS-TECHNIK, KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT)

- Einstufige und mehrstufige additive Fertigungsprozesse zur Herstellung metallischer und keramischer Bauteile
- Entwicklung prozessoptimierter Materialien
- Nachhaltiger Einsatz von Metallpulvern, Schlickern und Bindern
- Hybride Bauteile durch Material- und Prozesskombination
- Untersuchung neuer Prozessstrategien
- Optimierung additiver Prozessketten
- · Prozesssimulation auf unterschiedlichen Skalen
- Surface Engineering

Data Science im Maschinenbau





Prof. Dr.-Ing.
Anne Meyer

INSTITUT FÜR INFORMATIONS-MANAGEMENT IM INGENIEURWESEN (IMI), KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT)

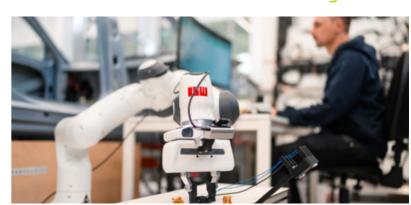
- Methoden zur datenbasierten Entscheidungsfindung – durch Menschen oder Maschinen
- Einsatz von Methoden aus den Bereichen Optimierung, Maschinelles Lernen und Logik
- Auswahl und zweckmäßige Kombination der Methoden, abhängig von Aufgabe, Ziel und verfügbaren Daten

Modellbasierte Entwicklung in der Produktionsautomatisierung



Prof. Dr. rer. nat. habil Andreas Wortmann

INSTITUT FÜR STEUERUNGSTECHNIK DER WERKZEUGMASCHINEN UND FERTIGUNGSEINRICHTUNGEN (ISW), UNIVERSITÄT STUTTGART



- Methoden für Software-definierte Produktionssysteme der Zukunft
- Bessere Abstraktion und effizientere Automatisierung durch Modellierung
- Semantisch fundierte Software- und Systemarchitekturen
- Nachhaltige Software durch künstliche Intelligenz für alle Aktivitäten der Software-Entwicklung



JUNIORPROFESSUREN

im Rahmen des ICM 。

Hochwandlungsfähiges flächen- und raumbewegliches System für die Produktion



Jun.-Prof. Dr.-Ing. Rania Rayyes

INSTITUT FÜR FÖRDERTECHNIK UND LOGISTIKSYSTEME (IFL), KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT)

- Erhöhung der Anpassungsfähigkeit,
 Flexibilität und Anwendbarkeit von Robotern in Produktionsprozessen
- Entwicklung neuartiger maschineller Lernmethoden und KI-Systeme



- Mensch-Roboter-Lernen: interaktives und Nachahmungslernen
- Neue Anwendungsfelder durch flexible Materialhandhabungs- und Fertigungsaufgaben mithilfe innovativer Lernstrategien zur Automatisierung von Robotern

Modellierung und Analyse im Mobility Software Engineering





Jun.-Prof. Dr. rer. nat. Maike Schwammberger

KASTEL SECURITY RESEARCH LABS, KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT)

- Logische und diagrammbasierte Modelle und Analyse-Verfahren im Bereich des Autonomen Fahrens
- Analyse von System-Eigenschaften autonomer Agenten, wie beispielsweise Sicherheit, Fairness, Erklärbarkeit und moralisches Handeln
- Anforderungsdesign und -management von autonomen Fahrzeugen im Kontext von bereits bestehender Infrastruktur, rechtlichen Rahmenbedingungen und Aktivitäten der Teilnehmenden

Risikoanalyse von cyber-physischen Produktionssystemen





Jun.-Prof. Dr.-Ing. Andrey Morozov

INSTITUT FÜR AUTOMATISIERUNGS-TECHNIK UND SOFTWARESYSTEME (IAS), UNIVERSITÄT STUTTGART

- Innovative Methoden zur Zuverlässigkeits- und Risikoanalyse für moderne vernetzte Automatisierungssysteme mit besonderem Fokus auf Industrierobotik
- KI-basierte Methoden für präzise und rechtzeitige Anomalieerkennung und -minderung
- Bewertung und Verbesserung der Zuverlässigkeit sicherheitskritischer KI-Komponenten

01001010001000101000111000111

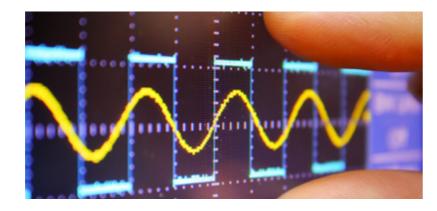
52/53

Smarte Converter für eine emissionsfreie Mobilität der Zukunft



Jun.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Mönch

INSTITUT FÜR ELEKTRISCHE ENERGIEWANDLUNG (IEW), UNIVERSITÄT STUTTGART



- Hocheffiziente elektrische Energiewandler für eine emissionsfreie Mobilität
- Hocheffiziente Leistungselektronik mit neuen Topologien und Betriebskonzepten
- Kompakte Spannungswandler zum intelligenten Laden, Speichern und Fahren
- Elektrokalorische Wärmepumpen zum Kühlen und Heizen in mobilen Anwendungen

Kognitive Sensorik für die Mobilität der Zukunft



Jun.-Prof. Dr.-Ing. Florian Pfaff

INSTITUT FÜR AUTOMATISIERUNGS-TECHNIK UND SOFTWARESYSTEME (IAS), UNIVERSITÄT STUTTGART



- Trackingverfahren und Methoden des maschinellen Lernens
- Algorithmen zur Positionsbestimmung und -verfolgung von Objekten mit Fokus auf deren Form
- Modellierung und Vorhersage menschlicher Posen durch Anwendung von Lernverfahren auf Mannigfaltigen
- Erhöhung der Genauigkeit und Anpassungsfähigkeit

ERLEBEN SIE DEN

INNOVATIONSCAMPUS MOBILITÄT DER ZUKUNFT!

Lernen Sie die Partner des InnovationsCampus Mobilität der Zukunft persönlich kennen! Unsere Veranstaltungen im Jahr 2025 bieten spannende Einblicke in zukunftsweisende Projekte, neue Technologien und Methoden sowie Entwicklungen rund um das Thema Mobilität und Produktion.

Auszug Veranstaltungen 2025

- 30. Januar
 Innovators Homecoming Merging
 Generations, Karlsruhe
- 3. Februar KIT im Rathaus, Karlsruhe
- ▼ 25. 27. März
 European Robotics Forum 2025,
 Stuttgart
- 31. März 04. April Hannover Messe, Baden-Württemberg Gemeinschaftsstand

- 3. April Bundesweiter Aktionstag Girls' und Boys' Day, Karlsruhe und Stuttgart
- 17. Mai
 Tag der offenen Tür und Campustag am KIT, Karlsruhe
- 24. Mai
 Tag der Wissenschaft an der Universität
 Stuttgart, Stuttgart
- 14. 19. Oktober KIT Science Week, Karlsruhe

Besuchen Sie uns, erfahren Sie mehr und kommen Sie mit unseren Partnern ins Gespräch.

Bleiben Sie informiert

Mit unserem Newsletter informieren wir Sie regelmäßig über aktuelle Meldungen, neue Ausschreibungen, Forschungsprojekte, Forschungsergebnisse, Publikationen sowie interessante Termine rund um den InnovationsCampus Mobilität der Zukunft. Melden Sie sich an und nutzen Sie das kostenfreie Serviceangebot, um auf dem neuesten Stand zu sein.

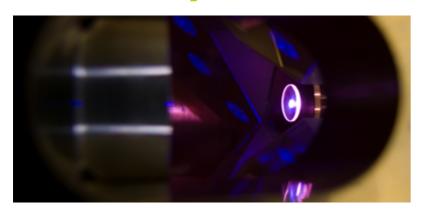
> zur Anmeldung <



NACHWUCHSGRUPPEN

im Rahmen des ICM ...

Erforschung und Entwicklung der Schlüsseltechnologien für eine Universalmaschine





Dr.-Ing.
Michael Jarwitz_

INSTITUT FÜR STRAHLWERKZEUGE (IFSW), UNIVERSITÄT STUTTGART

- Entwicklung von Schlüsseltechnologien für eine universell einsetzbare, laserbasierte Fertigungstechnik und Erforschung der Potentiale
- Echtzeitfähige Rekonfigurierbarkeit der erforderlichen Steuerungsapplikationen
- Verfahrensübergreifend einsetzbare adaptive Diagnostik zur Online-Qualitätssicherung von Fertigungsprozessen
- Kombination von physikalischen Modellen und maschinellem Lernen

Sensorbasierte Entwicklung von H₂-Brennstoffzellen (SensE2B)



Dr.-Ing. Jan Haußmann

INSTITUT FÜR PRODUKTENTWICKLUNG
(IPEK), KARLSRUHER INSTITUT
FÜR TECHNOLOGIE (KIT)



- Methoden zur Entwicklung von hocheffizienten Brennstoffzellensystemen mit langer Lebensdauer
- Verknüpfte Untersuchung von Komponenten auf Zell-, Stack und Systemebene im dynamischen Betrieb
- Betriebsführung zur Vermeidung kritischer Zustände auf Basis integrierter Sensoren und KI-basierter Soft-Sensoren
- Simulationsgestützte Optimierung von Strömungsstrukturen auf Basis von Gestalt-Funktion-Zusammenhängen

Digitale Zwillinge als Grey-Box-Modelle für die Fertigungstechnik



Dr.-Ing. Christoph Hinze

INSTITUT FÜR STEUERUNGSTECHNIK DER WERKZEUGMASCHINEN UND FERTIGUNGSEINRICHTUNGEN (ISW), UNIVERSITÄT STUTTGART



- Genaueres Maschinenverhalten durch modellbasierte Abbildung des dynamischen Verhaltens im Digitalen Zwilling
- Anreicherung der analytischen Modellierung mechatronischer Systeme mit effizienten
- Machine-Learning-Modellen
- Integration von Dynamiksimulation in den Digitalen Zwilling und die Maschinensteuerung (Kompensation, Vorsteuerung und Regelung)

Dynamische Qualitätsregelung für die nachhaltige Produktion von Mobilitätslösungen





Dr.-Ing. Florian Stamer

WBK INSTITUT FÜR PRODUKTIONS-TECHNIK, KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT)

- Intelligente und dynamische Qualitätsregelung der Produktionsprozesse im Kontext der Kreislaufproduktion
- Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch Entwicklung intelligenter Qualitätsregelkreise zur Einhaltung geforderter Qualitätsmerkmale
- Individuelle Komponentenfertigung und adaptive Paarung in der Montage
- Iterative und dynamische Entscheidungsprozesse mit Hilfe eines digitalen Produkt-Produktionszwilling

DEMO-PROJEKTE

Mobile Forschungslabore zur Nachwuchsförderung



Mitmachen, ausprobieren, eigene Talente entdecken und Spaß haben – damit lässt sich die Faszination junger Menschen wecken. Genau dieses Ziel verfolgen die Mobilen Forschungslabore, die im Rahmen des ICM in den **DEMO**-Projekten entwickelt werden. Die mobilen Demonstratoren sollen Schülerinnen und Schüler oder Studierende vor dem Abschluss für die jeweilige MINT-Fachdisziplin begeistern. Ihre Einsatzgebiete sind Klassenzimmer, Pausenhöfe, Studien- und Berufsorientierungsmessen, Projekttage, Schülerworkshops, Science-Kurse oder universitäre Veranstaltungen wie TryScience und der Girls' Day.

DEMO1 → mehr Infos <

RoboPaws – Empowering Student Innovations in Robotics

DEMO2 → mehr Infos <

Mobiler Demonstrator zu den ICM-Projekten AddFlow und AddTemp

DEMO3 → mehr Infos <

BaKaRoS@ICM – BauKasten zur Realisierung optischer Systeme für den ICM

DEMO4 → mehr Infos <

AMASE2RC – Applying Modelling and Analysis in Mobility Software Engineering to Robot Cars DEMO5 → mehr Infos <

MobiL – Mobiler Innovationsträger Lastenrad

DEMO6 → mehr Infos <

CAVIL – Collaborative Automated miniature Vehicle-in-the-Loop

DEMO7 → mehr Infos <

SDMobiCity – Digital ansteuerbare Modellstadt inklusive adaptierbarem Mobilitätssystem

DEMO8 → mehr Infos <

SenseKIT – Mobile Sensorplattform zur Veranschaulichung von Konzepten und Technologien für das autonome Fahren DEMO9 → mehr Infos <

Rollkofferlabor – Unterwegs mit Mechanik

DEMO10 → mehr Infos <

ADA-M & EVE – Adorable

Dynamic Animals for Motivating

Engineering Via Education

DEMO11 → mehr Infos <

MOVER Lab – Mobile Operational Vehicle for Educational Research Laboratory

DEMO12 → mehr Infos <

Der mobile Fahrerlebnisdemonstrator

▼ DEMO3



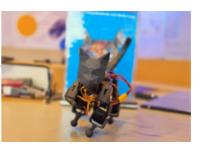
A LUMB

▼ DEMO4

▼ DEMO6



▼ DEMO10





▼ DEMO20

▼ DEMO12

▼ DEMO13



▼ DEMO15

▼ DEMO17



DEMO13 → mehr Infos <

MobiLaS – MINT Mobility Lab at school

DEMO14 → mehr Infos <

COOLab – Elektrokalorische Miniatur-Wärmepumpe als mobiles Innovationslabor

DEMO15 → mehr Infos <

SenseBike – Lastenrad als modulare Sensorplattform

DEMO16 → mehr Infos <

LF-Mobil – Lernfabrik in Form eines mobilen Demonstrators zur Nachwuchsgewinnung

DEMO17 → mehr Infos <

CanSat-Challenge – Dosensatelliten-Workshop für MINT-Förderung von Schülerinnen und Schülern DEMO18 → mehr Infos <

MARIA – Modulares Ausbildungslabor für Robotik und Intelligente Automatisierung

DEMO19 → mehr Infos <

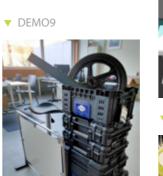
EduRail – Educational Railway Demonstrator

DEMO21 → mehr Infos <

HuLeTecLab – Mobiles Labor zum Erlernen komplexer menschlicher Handlungen von Robotern



▼ DEMO8



DEMO 21

DEMO21



▼ DEMO16



▼ DEMO2

V DLIVIOO

▼ DEMO19

BOTTOM-UP-PROJEKTE

Visionäre Vorhaben junger Forschender



Mit den Bottom-Up-Projekten werden innovative Ideen junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gefördert, um ihnen frühzeitig eigenständige Forschung zu ermöglichen.

Es gibt zwei Kategorien: Bottom-Up-Projekte der Kategorie Wissenschaft, die sich auf explorative, risikoreiche Forschung mit starkem Innovationscharakter konzentrieren. Und Transfer-Bottom-Up-Projekte, mit denen der Transfer wissenschaftlicher Ergebnisse in industrielle Anwendungen unterstützt wird.

Die Projektlaufzeit beträgt maximal neun Monate und ist als Booster für Folgeprojekte gedacht. Die Projekte decken dabei alle Themenfelder des ICM ab - von grundlagenorientierter Fertigung- und Methodenforschung bis hin zum Aufbau erster Demonstratoren.

Wissenschaft – Fertigungsverfahren

BUP6 → mehr Infos <

Quantifizierung der Verbesserung der Oberflächengenauigkeit bei einer flächenübergreifenden Interpolation auf der Steuerung für die generative Fertigung von Freiformflächenverbünden

BUP10 → mehr Infos <

TempNullPro – Temperierbares Nullpunktspannsystem für additive / subtraktive Prozessverkettung

▼ BUP17



BUP13 → mehr Infos <

Freiformwickel-Chassis – Transfer der 3D-Freiformwickeltechnik für die automobile Chassisherstellung

BUP15 → mehr Infos <

Flying Optics - Fliegende Optiken für die Laserbearbeitung

BUP17 → mehr Infos <

HyLine – Applikation und Erprobung einer neuartigen Rührreibschweißzange an einem Industrieroboter zur flexiblen Herstellung hochfester Linienverbindungen für die leichtbaugerechte Montage von Aluminium- und Hybridbauteilen zur Steigerung des technologischen Reifegrades

BUP18 → mehr Infos <

EVOfib – Simulative Untersuchung neuartiger Hohlkernfaser-Designs für die effiziente Übertragung von radial und azimutal polarisierter Laserstrahlung auf Basis evolutionärer Algorithmen

BUP19 → mehr Infos <

PorousDED - Funktionsintegration in bionischen Strukturbauteilen durch additiv hergestellte poröse Strukturen im DED-Verfahren

BUP22 → mehr Infos <

Micado – Mikrodiagnostik in der additiven Fertigung durch gezielte Anregung von Körperschall mit UKP-Lasern

BUP23 → mehr Infos <

PrAKTra – Prozessentwicklung zur additiven Herstellung von Keramik zum Einsatz in komplexen elektromagnetischen Strukturen am Beispiel der Transversalflussmaschine

BUP27 → mehr Infos <

LMD HeatCont - Prozesssicherheit des LMD-Verfahrens durch eine lokale temperierbare Bauplattform

BUP28 → mehr Infos <

AMInj - Additive Fertigung innovativer Injektionskonzepte für CO2-neutrale Flüssigkraftstoffe

BUP29 → mehr Infos <

Spannen von additiv gefertigten dünnwandigen Komponenten mit komplexen Freiformflächen mittels funktionsintegrierten, additiv gefertigten weichen Spannbacken

BUP30 → mehr Infos <

LASE-3D - Laserstrahlformung für den "Einzelschuss" 3D-Druck von Mikrooptiken durch Zwei-Photonen-Polymerisation

BUP33 → mehr Infos <

PHASE – Prozessentwicklung für Hohlkernglasfasern mit ausgezeichneter Polarisationserhaltung

BUP35 → mehr Infos <

AniFoam - Entwicklung und Analyse eines additiven Fertigungsverfahrens für anisotrope Schaumkernstrukturen mit chemisch reaktiven Flüssigschäumen

BUP36 → mehr Infos <

I-TDMPA – Kombination von künstlicher Intelligenz mit Hochleistungsscheibenlaser-Verstärkern zur Verbesserung der optischen Performance, Flexibilität, Überwachung, Wartung, Zuverlässigkeit und Sicherheit

BUP49 → mehr Infos <

AddTemper - Temperaturgeregelte in-situ Laser-Wärmebehandlung als Enabler für die Verarbeitung von rissanfälligen, hoch-kohlenstoffhaltigen Stählen in der Additiven Fertigung

Wissenschaft – Alternative Antriebe und Antriebskonzepte

BUP1 → mehr Infos <

Optimales Design der zellularen Strukturen für eine Leichtbaukarosserie

BUP2 → mehr Infos <

Gezielte Veränderung der Eigenschaften von Siliziumstahl in bestimmten Bereichen des Rotors eines Elektromotors zur Verbesserung der Performance

BUP3 → mehr Infos <

ProTrakt – Prozessentwicklung für leichte Rotoren hochdrehender elektrischer Traktionsantriebe

BUP16 → mehr Infos <

ANBat² – Auswirkungen von Next-Generation Batterietechnologien auf das Batteriedesign

BUP44 → mehr Infos <

BEV-FIT – Erkennung von Fehlern in Komponenten des elektrischen Antriebsstrangs und Bewertung der Auswirkung auf die Fahrdynamik bzw. Beherrschbarkeit

BUP45 → mehr Infos <

PohVuM - Potentialanalyse hybrider Maschinen mit variablem Fluss (VFM) unter Verwendung neuartiger Magnetmaterialien

BUP41 → mehr Infos <

pH-SynRM – Multihierarchische port-Hamiltonsche Modellierung permanentmagnetunterstützter Synchron-Reluktanzmaschinen

▼ BUP16



BUP11 → mehr Infos <

BioHealing – Selbstheilende Membran durch Enzyme

BUP8 → mehr Infos <

BadGUm – Konzept einer PEM-Brennstoffzellenplattform mit Bipolarplatten auf Basis von additiv gefertigten Umformwerkzeugen

BUP39 → mehr Infos <

EnzyCycle – Enzymatisches Recycling für Kunststoffe

BUP40 → mehr Infos <

FLIPSS – Fibers with Laser Induced Periodic Surface Structures

Wissenschaft – Fahrzeugkonzepte

BUP4 → mehr Infos <

Versuchsträger "eVee" – Konzeption, Konstruktion und Aufbau eines Versuchsträgers zur Demonstration und Erprobung von Prototypen aus ICM-Projekten

BUP5 + BUP7 → mehr Infos <

Entwicklung des Prototyps einer Hyperloop-Kapsel mit einem elektrodynamisch levitierenden Linearinduktionsmotor als kombiniertes Antriebs- und Schwebekonzept

▼ BUP47



BUP47 → mehr Infos <

STRIKE-FS – Systemanalyse und -optimierung von Fahrzeugen mit Künstlicher Intelligenz am Beispiel eines Rennwagens der Formula Student

BUP14 → mehr Infos <

Versuchsträger "eVee" – Integration eines modularen Brennstoffzellensystems in Versuchsträger "eVee" und Aufbau eines Demonstratorfahrzeugs

▼ BUP5-BUP7

BUP21 → mehr Infos <

Versuchsträger "eVee" – Auslegung, Konstruktion und Fertigung eines elektrischen Antriebs für den ICM-Versuchsträger

BUP24 → mehr Infos <

E/EeVee – Aufbau einer modularen E/E-Architektur mit Umgebungswahrnehmung für zukünftige automatisierte Fahrfunktionen des ICM-Versuchsträgers "eVee"

BUP42 → mehr Infos <

SAPPCom – Self-Aware Plug 'n' Play Components im Fahrzeug

Wissenschaft – Digitale Prozesse und Methoden

BUP9 → mehr Infos <

RoNNi – Verbesserung der Robustheit und Energieeffizienz von neuronalen Netzwerken durch Äquivalenzprüfung

BUP12 → mehr Infos <

Rekonom – (Re)Konfiguration und dezentrale Koordination autonomer Fahrzeuge

BUP46 → mehr Infos <

OpticalRNN – Rekurrentes neuronales Netzwerk zur aussagekräftigen Zerlegung physikalischer Daten – Eine bahnbrechende Methode zur Beschleunigung der Ellipsometrie für die Überwachung des Fertigungsprozesses

BUP26 → mehr Infos <

PedPosPred – Pedestrian Pose Prediction – Vorhersagen für menschliche Posen im Straßenverkehr

BUP25 → mehr Infos <

eVeeSim – Erstellung einer Fahrund Fahrfunktionssimulation auf der Plattform des realen und virtuellen Versuchsträgers "eVee"

BUP20 → mehr Infos <

TEDZ – Transportable echtzeitfähige digitale Zwillinge

BUP43 → mehr Infos <

CT-INR – ComputerTomografie-Simulation mittels Impliziter Neuronaler Repräsentationen

BUP31 → mehr Infos <

TGSPCam – Time-Gated Single Pixel Camera – Eine flexible low-cost Sensorplattform für autonome Fahrzeuge zur Umgebungsmessung unter beliebigen Sichtverhältnissen

BUP48 → mehr Infos <

LLM-basierte Szenariogenerierung für die Validierung automatisierter Fahrzeuge



▼ BUP31

Transfer – Bottom-Up-Projekte

BUP32/BUP50 → mehr Infos <

DynaCharge I/II – Dynamisches Laden von autonom fahrenden Flurförderfahrzeugen

BUP34/BUP51 → mehr Infos <

NaturStoff I/II – Nachhaltige und effiziente Herstellung von Naturfaserkunststoffverbunden

BUP37 → mehr Infos <

BattereVee – Entwicklung und Demonstration eines funktionalen Batteriesystems mit erhöhter Demontage- und Recyclingfreundlichkeit durch lösbare Zellkontaktierung im ICM-Versuchsträgerfahrzeug "eVee"

▼ BUP38



BUP38 → mehr Infos <

AEROFLEX – Adaptives Federbein für Zweiradanwendungen mit dynamischer Federrate



▼ BUP34/BUP5

INNOVATIONCHALLENGE

Forschungspartnerschaften zwischen Hochschulen und Unternehmen

Start-ups oder kleinere und mittlere Unternehmen suchen nach innovativen Lösungen – Forscherinnen und Forscher aus ganz Baden-Württemberg liefern sie. Mit der InnovationChallenge Nachhaltige Mobilität und Produktion vernetzt der ICM Unternehmen und Forschungsinstitute, um in anwendungsnahen Forschungsprojekten Lösungen für alle Bereiche der Mobilitätsindustrie zu entwickeln. Unternehmen entwickeln aus ihrem Problem eine Forschungsfrage und Institute aus dem ganzen Land stellen dafür Lösungen vor. Wenn sich eine erfolgreiche Kooperation findet und der Industriepartner einen ausreichenden Eigenanteil bietet, erhält das Konsortium eine Förderung des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst. Der ICM garantiert Geschwindigkeit bei Bewilligung und Umsetzung. 18 Konsortien hat das Format bisher zu schnellen und innovativen Transfererfolgen verholfen.

IC1 → mehr Infos <

Pocket Rocket H2: Verbesserung der Reichweite und Ladezeiten von elektrischen Leichtkrafträdern mit H2-Speichertechnologien

IC2 → mehr Infos <

Zell-Kontaktierung – Lösbare Zell-Kontaktierung zur Erhöhung der Demontage- und Recyclingfreundlichkeit von Batteriepacks

IC3 → mehr Infos <

AddSono - Additive Fertigung von Sonotroden für die Ultraschalltechnik und Funktionsintegration von Kühlkanälen

IC4 → mehr Infos <

TransVision – Lokalisierung von teiltransparenten Gebinden auf Paletten für die roboterbasierte Depalettierung

IC5 → mehr Infos <

KADDISH - Kühlkanäle im ADDitiv gefertigten StecHdrehmeißel

IC6 → mehr Infos <

SELF – SElf Learning Functional Laser Micromachining

IC7 → mehr Infos <

Easy Metal Printer (EMP) - Bahnplanung und Prozessregelung für das koaxiale Laserdrahtauftragsschweißen





IC8 → mehr Infos <

▼ IC12

kW-PikoDisk - Kilowatt Scheibenlaser Multipass-Verstärker mit pikosekunden-Pulsen und hoher Repetitionsrate

IC9 → mehr Infos <

CutAlye – Innovative KI-basierte Qualitätskontrolle für stabileres Laserschneiden in der Elektromobilität

IC10 → mehr Infos <

RoboKoop – Autonome mobile Roboter in Kooperation mit stationären Robotern

IC11 → mehr Infos <

▼ IC8

KI4SF – Automatisierung des Tauchgleitschleifverfahrens durch ein prozessintegriertes optisches System zur Kl-gestützten Analyse von Werkstückoberflächen und -geometrien für gesteigerte Nachhaltigkeit und Prozesssicherheit in der Produktion

IC12 → mehr Infos <

AddWRaP - Additive Fertigung von Werkzeugstahl mit dem Ziel der Rauheitsreduktion durch alternative Partikelgrößenverteilung

IC13 → mehr Infos <

AddBroach - Nachhaltige Fertigung von endkonturnahen Halbzeugen mittels BinderJetting am Beispiel von Räumwerkzeugen

IC14 → mehr Infos <

AddDEM – Charakterisierung von technischen Pulvern zur skalenübergreifenden Modellierung von Partikelprozessen am Beispiel der metallisch additiven Fertigung

IC15 → mehr Infos <

Kling - Industrieweite Datengrundlage für KI-basierte Ingenieursleistungen

IC16 → mehr Infos <

RoTraCut - Rotationsunrunddrehen von Rotorwellen für elektrische Traktionsantriebe

IC17 → mehr Infos <

TOP2CAD – Erzeugung sauberer parametrischer CAD-Modelle aus Topologieoptimierungsergebnissen

IC18 → mehr Infos <

AssemblaR - Optimierung der Montageplanung durch innovative AR-Lösungen









▼ IC1

ZUKUNFTSLABORE

Die **Zukunftslabore** – kurz **LABs** – sind wissenschaftliche Projekte und Forschungsinfrastruktur in einem. Im Rahmen des ICM-Förderformats entwickelten die beteiligten Partnerinstitute Labore, Simulationsumgebungen oder Anlagen, die für aktuelle und zukünftige Forschungsarbeiten an relevanten Themen für die Mobilität und Produktion der Zukunft genutzt werden. Die 23 Zukunftslabore bieten daher eine exzellente Infrastruktur für Forschung, Transfer und Nachwuchsförderung.

Forschungsfeld Manufacturing Systems

LAB1 → mehr Infos <

Future Laser Processing Lab

 Zukunftslabor für universelle Laserbearbeitung

LAB3 → mehr Infos <

CTforBatt – In-Line Computertomographie zur Qualitätssteigerung für die agile Batteriezellenfertigung

LAB4 → mehr Infos <

BinderJetting-Anlage – Erforschung und Weiterentwicklung des Verfahrens zur Herstellung metallischer und keramischer Bauteile

LAB6 → mehr Infos < labFTS – Verteiltes Zukunftslabor FTS



LAB7 → mehr Infos <

QXXLF – Nanoscribe Extra Large Feature Print Set für das Nanoscribe 3D-Druck-Gerät

LAB9 → mehr Infos <

SLA-Anlage – Stereolithografieanlage zur Realisierung großvolumiger Leichtbaustrukturen in Form von strukturellen und strukturintegrierten Polymerbauteilen

LAB11 → mehr Infos <

Highspeed-Kameratechnik -

Highspeed-Kameratechnik zur Prozessdiagnostik mit kürzesten Belichtungszeiten und höchsten Aufnahmeraten zur Beobachtung von hochdynamischen Vorgängen während der CW- und UKP-Lasermaterialbearbeitung

LAB12 → mehr Infos <

MoNA – Modulare Werkzeugmaschine für die mehrachsige Laserbearbeitung mit Anbindung an Gaia-X4ICM

LAB13 → mehr Infos <

Future Al Laser Lab – Zukunftslabor für Kl-Anwendungen in der Laserbearbeitung

LAB14 → mehr Infos <

Laserstrahlguelle –

Hochleistungs-Ultrakurzpuls-Seed-Laserstrahlquelle

LAB15 → mehr Infos <

Feedstock-Labor – Aufbau eines Feedstock-Labors zur Charakterisierung und Optimierung der Ausgangsmaterialien zur Erschließung des Potentials des Binder-Jetting-Verfahrens

LAB17 → mehr Infos <

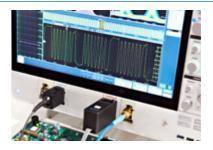
Standortübergreifendes Zukunftslabor für die autonome und evolvierende (Re-)Konfiguration von Produktionssystemen

LAB22 → mehr Infos <

EnviroSense – Zukunftslabor Umfelderkennung und -vorhersage mit LiDAR und Kameradatenfusion

▼ LAB15





LAB19



LADIO

Forschungsfeld Mobility Technologies

LAB2 → mehr Infos <

FC-Bat-Truck-Lab: Der Brennstoffzellen-Batterie-Hybrid-LKW als fahrendes Labor

LAB8 → mehr Infos <

BZX-in-the-Loop – Physisch-Virtuelle Prüfumgebung für Brennstoffzellen unter Einsatz des IPEK X-in-the-Loop-Ansatzes

LAB16 → mehr Infos <

MiniMess – Minimalinvasiver Messstand für die Zeitbereichscharakterisierung von skalierbarer, hocheffizienter und schnellschaltender Leistungselektronik mit prädiktiver Regelung für die Elektromobilität

LAB19 → mehr Infos <

SmartEnergyConversion -

Smarte Energiewandler für eine emissionsfreie Mobilität der Zukunft

LAB21 → mehr Infos <

AFTEEK – Ausbau der Fertigungstiefe und Testingkapazität von E-Motoren zur Erforschung innovativer Kühlkonzepte

Forschungsfeld Software-System-Architectures

LAB5 → mehr Infos <

REALSIMLab – Realistische Simulationsumgebung als virtuelles Labor

LAB10 → mehr Infos <

Informationstechnische Infrastruktur für Konnektivitätsszenarien – Roboter für den Außenbereich in der "Letzten Meile"

LAB18 → mehr Infos <

MOTRAC – Standortübergreifendes Zukunftslabor für die autonome und evolvierende (Re-) Konfiguration von Produktionssystemen

LAB20 → mehr Infos <

HaptXDeep – Deep Learning System für flexible, vielseitige Materialhandhabung und Fertigung für die Zukunft der Innovation

LAB23 → mehr Infos <

E3SR – Explainable Energy-Efficient and Safe Robotics

▼ LAB9





▼ LAB20

▼ LAB5





▼ EM1

INNOVATIVE FERTIGUNGS VERFAHREN

Im Bereich der additiven Fertigung arbeiten die Forschenden an Technologien für eine produktive, flexible und nachhaltige Produktion. Dabei liegt der Fokus auf der Entwicklung innovativer Fertigungstechniken wie additiv-subtraktiven, hybriden und integrierten Prozessketten sowie universellen Fertigungstechniken, die eine flexible, ortsunabhängige Produktion ermöglichen.

Mit diesen Verfahren können spezialisierte Bauteile hergestellt werden, wie zum Beispiel funktionsintegrierte Bauteile und Multimaterial-Komponenten mit integrierter Sensorik oder individuellen Inserts. Zudem eröffnen neue Designfreiheiten mittels der additiven und auch subtraktiven Fertigung zusätzliche Möglichkeiten zur Optimierung von Effizienz, Baugröße und Leistung elektrischer Maschinen wie Elektromotoren.

AD1 → mehr Infos <

AddiMoT - Additiv-subtraktive Fertigung multi-materieller sensorintegrierter Komponenten elektrischer Maschinen für die e-Mobilität am Beispiel der Transversalflussmaschine

AD2 → mehr Infos <

FLINK – Flexible Integration von individuellen Inserts durch Inline Prozessgeregelte subtraktive Nachbearbeitung und non planar additiv gefertigte thermoplastische Kunststoffkomponenten

AD3 → mehr Infos <

ADDSUB – Kombination additiver und subtraktiver Laserprozesse für die Fertigung von Komponenten neuartiger Elektroantriebe

AD4 → mehr Infos <

RESTORE – Grundlagen einer Remanufacturing-Prozesskette für funktionelle, hybridisierte Polymerbauteile zur Steigerung der Wiederverwendbarkeit und Optimierung der Ressourcennut-

AM1 → mehr Infos <

Endkonturoptimierte Produktion und Eigenschaftsoptimierung mittels additiver Fertigung

AM2 → mehr Infos <

Produktivitätsskalierung und additive Fertigungsprozesse für funktionsintegrierte Kunststoffbauteile

EM7 → mehr Infos <

DefoRe – Design for Recycling

INDU1 → mehr Infos <

EUVAM – Energieeffiziente UV-Aushärtung von Glasfaserverbundwerkstoffen für den Mobilitätssektor

INDU6 → mehr Infos <

AddXChange – Ganzheitliche Qualifizierung von Kupfer für das Binder-Jetting-Verfahren mit gezielter Porositätseinstellung anhand von Wärmetauschern für die Elektromobilität

INT1 → mehr Infos <

AddTemp – Additive Herstellung von spezifischen Gefügen durch eine lokale und globale Temperaturführung

SdManu1 → mehr Infos <

5D-Linsendruck - Femtosekunden 5D Druck auf Freiformflächen mit Submikrometer Präzision für optische Sensoren

ELEKTRISCHE MASCHINEN

Elektrischen Maschinen werden häufig nur noch kleine Entwicklungspotentiale nachgesagt, liefern sie doch bei hoher Effizienz heutzutage bereits eine enorme Leistungsdichte. Zudem werden sie oft als einfaches System aus Magneten, Kupfer und Eisen ohne Komplexität dargestellt. Im Vergleich zu komplexen Verbrennungsmotoren als Energiewandler im Kraftfahrzeug mag dies zutreffen, doch es bestehen weiterhin zahlreiche offene Herausforderungen.

Die additive Fertigung ermöglicht neue Designmöglichkeiten in E-Maschinen. Des Weiteren wurden Lösungen zu Nachhaltigkeitsfragen in Bezug auf Material, Produkt und Produktion, also über den ganzen Lebenszyklus, gelöst oder verbessert. Im Zentrum standen hierbei exotischere Maschinentypen wie Transversalfluss-, Axialfluss-, Synchron-Reluktanz- sowie fremd-erregte Maschinen.

AM0/EA0 → mehr Infos <

Neuartige Entwurfsprozesse und Designmöglichkeiten für Elektromotoren und Antriebssystemen durch die Verwendung von additiv verfügbaren Materialien und Strukturen

EA1 → mehr Infos <

FerRoMob – Neuartige Fertigungstechnologien für Rotoren hochperformanter Reluktanzmaschinen für die ressourceneffiziente Mobilität der Zukunft

EA4 → mehr Infos <

ReMoS – Effektive Reluktanzmaschine für emissionsfreie Mobilität ohne Seltene Erden

EM1 → mehr Infos <

TopoMAG – Effizienz- und Leistungssteigerung durch Topologieoptimierung magnetischer Komponenten

EM2 → mehr Infos <

HEaK – Hocheffizienter Elektromotor mit additiv gefertigtem Kühlsystem in Kunststoffumspritzung



EM3 → mehr Infos <

Integration von Sensorik und Aktorik zur Verbesserung der Produkteigenschaften über den Lebenszyklus

EM6 → mehr Infos <

ReMoS2 - Effektive Reluktanzmaschine für emissionsfreie Mobilität ohne Seltene Erden Phase 2

EM8 → mehr Infos <

FutureM - Design und Fertigung von maßgeschneiderten Multimaterial-Komponenten für zukünftige elektrische Maschinen

▼ INT1

ELEKTRONIK- UND FUNKTIONSINTEGRATION

Daten sind heute wichtiger denn je. Produkte werden zunehmend elektronisch und softwareseitig komplexer. Das Fahrzeug ist heute längst ein fahrendes und dauerhaft vernetztes Rechenzentrum. Essentiell hierbei sind eine umfassende Datenerhebung und ein integrativer Ansatz, um Elektronik und Sensorik dort zu platzieren, wo Daten erhoben oder Funktionen erfüllt werden sollen.

Ein Sensorcluster im Gummi des Reifens liefert so wichtige Erkenntnisse zu Betriebszuständen und hilft bei der Früherkennung von Problemen. Miniaturisierte Sensorik in elektrischen Maschinen hilft, Daten entlang des gesamten Zyklus zu erheben und beispielsweise für prädiktive Wartung und kommende Produktgenerationen verwendbar zu machen. Die Miniaturisierung von Leistungselektronik, deren direkte Integration sowie die Verwendung von induktiven Übertragungssystemen in der elektrischen Maschine erhöht die Leistungsdichte und reduziert den Verschleiß im Betrieb.

EA2 → mehr Infos <

Strukturintegrierte Sensorik als Schlüsseltechnologie zukünftiger Antriebssysteme

EA5 → mehr Infos <

Elektronische Motorentwicklung

EA6 → mehr Infos <

AddPower – Gewichts- und volumenreduzierte, bauraumkonforme Leistungselektronik auf Basis innovativer Substratwerkstoffe mit additiven 3D-Metallisierungsund Fertigungstechniken

EM3 → mehr Infos <

Integration von Sensorik und Aktorik zur Verbesserung der Produkteigenschaften über den Lebenszyklus

EM5 → mehr Infos <

GIKEES – Glasfaserintegrierte Kontaktlose Energieübertragung für Elektrisch Erregte Synchronmaschinen

ENERGIESYSTEM

Die Energiebereitstellung im Fahrzeug der Zukunft bleibt ein vieldiskutiertes Thema mit einer breiten Anzahl an Lösungen, die alle eigenen Herausforderungen für Fahrzeug, Umwelt und Gesellschaft mit sich bringen. Fährt die Zukunft batterieelektrisch, mit Brennstoffzelle oder sogar durch Wasserstoffverbrennung oder mit E-Fuels weiterhin verbrennungsmotorisch?

Im Fokus der ICM-Projekte stehen grundlagenorientierte sowie anwendungsbezogene Fragestellungen. Neue Batteriezellchemien und vereinfachte, sicherere Entwicklungs- und Validierungsabläufe von Batteriesystemen fördern die Entwicklung kompakterer, langlebigerer und günstigerer Batterien. Kombiniert man auf der anderen Seite innovative Einsatzszenarien wie die Parallelnutzung von Brennstoffzellensystemen für Mobilität, aber auch für Freizeit oder als Stromquelle im Haus, mit additiver Fertigung im Inneren der Brennstoffzelle und neuartiger Faserverbundbauweise für die Tanksysteme, entstehen Beiträge zu leichten und effizienteren Wasserstoffantrieben von morgen.

EA3 → mehr Infos <

ModBSZSys – Modulares Brennstoffzellensystem

EA7 → mehr Infos <

Magnesium-Schwefel Batterien mit hoher gravimetrischer und volumetrischer Energiedichte

EM4 → mehr Infos <

AddPEM – Additive Fertigung von gradierten Strömungsstrukturen für PEM-Brennstoffzellen

INDU7 → mehr Infos <

▼ INT4

SenseBEM – Thermische Batteriezell-Ersatz-Modelle mit integrierter Messtechnik als Entwicklungswerkzeug in der Auslegung und Validierung des Thermomanagements von Batteriesystemen

INT2 → mehr Infos <

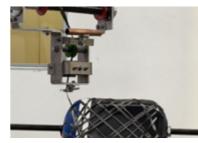
AddFlow – Strömungsangepasste Komponenten für Brennstoffzellen durch additiv-subtraktive Fertigung mit gezielt einstellbarer Oberflächenfunktion (hydrophob, hydrophil)

INT4 → mehr Infos <

HyStrukt – Strukturintegrierte H2-Freiformspeicher als Versteifungselemente im Mobilitätssektor



▼ INDU7



▼ EM5

70 / 71

SOFTWARE-DEFINED MANUFACTURING

Das Forschungsfeld **Software-defined Manufacturing** adressiert die Entwicklung hoch-adaptiver und wandlungsfähiger Produktionssysteme, die flexibel, effizient und resilient auf äußere Veränderungen reagieren können. Ausgehend von moderner Software-Methoden werden hierfür informationstechnische Ansätze (IT) für die zugrundeliegende Betriebstechnologie (OT) entwickelt.

Ein zentraler Gedanke ist, Hardware und Software zu entkoppeln, um das Produktionssystem jederzeit durch Softwareupdates um neue Funktionalitäten zu erweitern. Eine durchgängige Digitalisierung bietet die Chance, alle Prozessbeteiligten mit der gleichen soliden Datenbasis zu unterstützen – von der Entwicklung über Produktion und Montage bis zum Service.

INDU3 → mehr Infos <

USE – Low-Code Universal Setup Environment für OPC UA Produkte

INDU4 → mehr Infos <

Coop_AGV – Cooperation Framework for Vehicles in Production and Logistics

INDU5 → mehr Infos <

MEKonTSN – Technologieübergreifendes Management und Engineering konvergenter TSN-basierter Echtzeitkommunikation auf Basis gemischter Ethernet- und Wi-Fi-Netzwerke

INT3 → mehr Infos <

XIRCON – eXtended Intelligence for Rapid Cognitive Reconfiguration

SdManu2 → mehr Infos <

WAGNER – Software gesteuerte Aufbau und Verbindungstechnik für ein hybrid integriertes 140 GHz Kraftfahrzeug Radar

SdManu3 → mehr Infos <

SDPräFlexBot – Softwaredefinierte Präzision für hochflexible Roboterkinematiken

SdManu4 → mehr Infos <

SDMflex – Flexible SDM through Continuously Quality-Aware Digital Twins

SdManu5 → mehr Infos <

SDSeq – Software-Defined Model and Function Sequencing for Integrated Launching of Modular Production Systems

SdManu6 → mehr Infos

RoboCable – Robotergestützte Manipulation biegeschlaffer Bauteile mit hoher Varianz und Prozessunsicherheiten in der Produktion von Elektrofahrzeugen

SdManu7 → mehr Infos <

SDW – Software-definierte Wertstromprozesssysteme

SdManuX → mehr Infos <

GAIA-X4ICM – Infrastruktur für eine durchgängige Digitalisierung der Produktion auf Basis von Gaia-X



▼ SdManu3

SOFTWARE-DEFINED MOBILITY

Das Forschungsfeld **Software-defined Mobility** adressiert die Erforschung von Mobilitätssystemen mit hohen Softwareanteilen. Das übergeordnete Ziel ist es, durch innovative software-definierte Lösungen, sichere, flexible und umweltfreundliche Fahrzeuge und Infrastrukturen zu entwickeln, die den Anforderungen der Mobilität der Zukunft gerecht werden.

Im Fokus stehen resiliente und konfigurierbare Elektrik/Elektronik-Architekturen, Varianten- und Versionsmanagement, Cloudintegration sowie Funktionen des automatisierten Fahrens. Mit der Konzeption neuartiger modell- und KI-basierten Methoden, die in die Software implementiert werden, werden erste Lösungsvorschläge aufgezeigt.

INDU2 → mehr Infos <

OTrace – Over the Air Communication for sustainable Energy Management of Fleets

SdMobi1 → mehr Infos <

Vernetzte E-Fahrzeuge – Verbesserung von Produktentstehung und Betrieb durch Erkennen von Fehler- und Ausnahmesituationen in Antriebsstrang und Fahrdynamik

SdMobi2 → mehr Infos <

SWUpCar – Integrierte Ansätze für die vorausschauende Softwareentwicklung Upgrade-fähiger Fahrzeuge

SdMobi3 → mehr Infos <

LETSCOPE – Lifecycle Extensions through Software-Defined Predictive Control of Power Electronics

SdMobi4 → mehr Infos <

SWARM – Software-basierte Rekonfigurierbarkeit flexibler Mobilitätssysteme

SdMobi5 → mehr Infos <

TESSOF – Standardisiertes Testverfahren für hochkonfigurierbare Softwaredefinierte Mobilitätssysteme im Betrieb



▼ INDU2

▼ SdMobi5



IMPRESSUM

Der ICM ist eine gemeinsame Initiative der Universität Stuttgart und des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Diese Broschüre wurde gemeinsam mit allen unseren Partnern erstellt. Die Herausgabe erfolgt im Sinne des Presserechts über den Partner KIT:

Herausgabe

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Prof. Dr. Oliver Kraft in Vertretung des Präsidenten des KIT Kaiserstraße 12 76131 Karlsruhe www.kit.edu

Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung nur mit Genehmigung.

Inhaltlich verantwortlich

Dr.-Ing. Sandra Kauffmann-Weiß Kaiserstraße 12 76131 Karlsruhe Telefon: +49 1523 9502655 InnovationsCampus Mobilität der Zukunft (ICM) E-Mail: info@icm-bw.de www.icm-bw.de

Redaktionsleitung

Dr. Max Hoßfeld, Universität Stuttgart · Dr. Sandra Kauffmann-Weiß, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), als gemeinsame Geschäftsführung des InnovationsCampus Mobilität der Zukunft (ICM)

Redaktionelle Mitarbeit

Cornelia Mrosk (Redaktionsbüro Mrosk) · Benjamin Büchner, Teresa Mittner, Thilo Zimmermann (Universität Stuttgart) · Houssem Guissouma, Marcel Nöller, Catherine Baumann (Karlsruher Institut für Technologie (KIT))

Gestaltung

die Komplizen Werbeagentur GmbH, Karlsruhe

Druck

Stober Medien Team, Eggenstein-Leopoldshafen

Nachhaltigkeit





Karlsruhe, Stuttgart | Stand: September 2024

Bildnachweise: S.3 Porträt Brem: Privat · Porträt Hirth: Markus Breig - KIT · Porträt Kauffmann-Weiß: Daryoush Djavadi - KIT · Porträt Hoßfeld: Uli Regenscheit - Universität Stuttgart | S.5 b&b eventtechnik GmbH · Ludmilla Parsyak · Universität Stuttgart · ARENA2036 | S.9 Markus Breig - KIT | S.12 Porträt Wortmann: Privat | S.14 Andrus Ciprian - stock.adobe.com, kittyfly - stock.adobe.com | S.15 Ludmilla Parsyak · Universität Stuttgart | S.17 Porträt Michalowski: Privat · Porträt Zanger: Privat | S.19 Amadeus Bramsiepe - KIT · Porträt Sax: KIT-ITM | S.21 bakhtiatzerien, AlexZel, djystock, Kaleb und innni - stock adobe.com, Amadeus Bramsiepe - KIT, Thomas Kühn - KASTEL/KIT | S.22 Luluraschi - stock.adobe.com | S.23 Amadeus Bramsiepe - KIT | S.28 Amadeus Bramsiepe - KIT · KIT-wbk · iew - Universität Stuttgart | S.29 - S.27 Davistat Stuttgart | S.29 Porträt Stuttgart | S.29 Porträt Stuttgart | S.40 Sandra Göttisheim - KIT · Valeria - stock.adobe.com · Laila Tkotz - KIT | S.41 Akarat Phasura - stock.adobe.com | S.45 Porträt Schwammberger - Privat | S.45 Porträt Morzov | S.54 Porträt Mönch: Colin Derks Fotografie · Alexey Filatov - stock.adobe.com · Porträt Schwammberger - Privat | S.53 panuwat - stock.adobe.com · Porträt Korzov | S.54 Porträt Mönch: Colin Derks Fotografie · Alexey Filatov - stock.adobe.com · Porträt Schwammsiepe · KIT | S.53 panuwat - stock.adobe.com · S.56 Gabriel Parsyak, Universität Stuttgart | S.59 insta_photos - stock.adobe.com · Gabriel Parsyak, Universität Stuttgart | S.56 SCAR Germany GmbH · wbk, KIT · ARTHUR KLINK GmbH | S.67 Amadeus Bramsiepe, KIT · Sergey Ryzhov · AVES Reality | S.69 Uli Regenscheit, Universität Stuttgart | S.70 Ludmilla Parsyak, Universität Stuttgart



InnovationsCampus Mobilität der Zukunft (ICM)

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Kaiserstraße 12

Universität Stuttgart Nobelstraße 15 70569 Stuttgart 76131 Karlsruhe

info@icm-bw.de | www.icm-bw.de