



# Fraunhofer

ESK

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR EINGEBETTETE SYSTEME  
UND KOMMUNIKATIONSTECHNIK ESK



**JAHRESBERICHT  
2016 / 2017**

# INHALT

<b>Vorwort</b>	<b>3</b>
<b>Schwerpunktt Themen Mobilität der Zukunft und Industrie 4.0</b>	
Interview: Mobilität der Zukunft	4
Projekte aus dem Bereich Mobilität der Zukunft	5
Interview: Industrie 4.0	8
Projekte aus dem Bereich Industrie 4.0	9
<b>ESK-Lösungen und Labore</b>	
ESK-Lösungen für die Softwareentwicklung	12
Labore	14
<b>Übergreifende Zusammenarbeit</b>	
ENARIS® – The Resilient Intelligence Think Lab	18
Fraunhofer-Leistungszentrum Sichere Vernetzte Systeme München	20
Kooperationen mit Verbänden, Gremien, Allianzen, Arbeitsgruppen	23
<b>Das Fraunhofer ESK</b>	
Im Profil	24
In Zahlen	26
Lehrstuhl für Kommunikationssysteme	27
Veröffentlichungen	28
<b>Impressum</b>	<b>35</b>



**Liebe Geschäftspartner und Kunden,  
liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter,  
sehr geehrte Damen und Herren,**

viele Produktionsanlagen laufen automatisiert, Autos fahren mit Assistenzsystemen, zur Stauvermeidung kommuniziert die Verkehrsinfrastruktur mit Verkehrsleitzentralen.

Digitalisierung ist aber natürlich noch viel umfassender und tiefgreifender. Neben politischen und gesellschaftlichen Dimensionen geht es bei der Digitalisierung nicht um den Ausbau bestehender, sondern um die Entwicklung völlig neuer Geschäftsmodelle. Und da hakt es: Aus Gesprächen mit Unternehmen wissen wir, dass noch viele Hemmschwellen für die Einführung digitalisierter Prozesse oder der digitalisierten Produktion existieren. Gleichzeitig ist den Unternehmen bewusst, dass sie ihre Wettbewerbsfähigkeit nur durch Digitalisierung erhalten können. Dabei geht es jedoch nicht allein darum, Betriebsabläufe digital zu gestalten. Vielmehr muss der gesamte Wertschöpfungsprozess – von der Idee, über die Produktentwicklung, bis hin zur Kundenansprache – digital werden. Nur diese umfassende Denkweise sichert den Erfolg für digitale Geschäftsmodelle.

Als Forschungsinstitut haben wir es uns zur Aufgabe gemacht, aus wissenschaftlicher Sicht Klarheit für Unternehmen zu schaffen. Wir möchten Unternehmen Sicherheit beim Einstieg und bei der Lösung technologischer Herausforderungen der Digitalisierung bieten, damit sie ihre Geschäftsmodelle erfolgreich entwickeln und umsetzen können.

Unsere Kunden brauchen individuelle Lösungen, entweder, weil sie mit schwierigen räumlichen Bedingungen, beispielsweise auf einem Feld oder in einer Produktionshalle, zu kämpfen haben. Oder, weil sie zeit- und sicherheitskritische Szenarien im Straßenverkehr beherrschen müssen, um Unfälle oder Staus zu vermeiden.

Um diese Anforderungen ganzheitlich meistern zu können, setzen wir auf Vernetzung und Synergieeffekte. Seit dem Jahr 2016 kooperiert das Institut mit dem Fraunhofer AISEC und EMFT im Leistungszentrum für Sichere Vernetzte Systeme München. Das Leistungszentrum dient Unternehmen als Plattform bzw. Sparringspartner für ihre Digitalisierungsvorhaben in den Bereichen Vernetzte Mobilität, Industrie 4.0 und Smart Health (mehr dazu ab S. 20).

Im neuen Innovationszentrum ENARIS® (ENgineering and ARchitectures for Resilient Intelligent embedded Systems) arbeiten wir eng zusammen mit dem Fraunhofer IESE in Kaiserslautern. In diesem Zentrum forschen wir daran, eingebettete Systeme, die bereits jetzt in vielen Geräten und Anwendungen stecken, sicher, zuverlässig und intelligent zu machen. Ganz nach dem Motto: Digitale Vernetzung ist gut, intelligente resiliente Vernetzung ist besser und Voraussetzung für autonome Gesamtsysteme (mehr dazu ab S. 18).

Auch in der Leitung setzen wir seit 2018 auf Synergien: apl. Prof. Dr. habil. Mario Trapp vom Fraunhofer IESE hat die Geschäftsführung des Fraunhofer ESK übernommen (mehr dazu auf S. 24).

Wie Sie sehen, ist viel in Bewegung. Ohne unsere Auftraggeber, Partner und Förderer wäre all dies allerdings nicht möglich. Bei Ihnen sowie bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Fraunhofer ESK möchten wir uns für die gute Zusammenarbeit bedanken.

Ihr *Mario Trapp*

Ihr *Rudi Kucun*



# MOBILITÄT DER ZUKUNFT



## KURZINTERVIEW MIT KARSTEN ROSCHER

### **Die zunehmende Digitalisierung macht auch vor der Mobilität nicht halt. Welche Herausforderungen kommen auf die Mobilität der Zukunft zu?**

Die Mobilität von morgen muss viele Herausforderungen meistern. Zunächst muss die Sicherheit im Straßenverkehr erhöht werden. Im Jahr 2016 registrierte allein die Bayerische Polizei knapp 400.000 Verkehrsunfälle mit 616 Toten. Auch die Effizienz, insbesondere im Hinblick auf den Verkehrsfluss, ist ein wichtiges Thema. Seit dem Dieselskandal ist außerdem die Nachhaltigkeit wieder im Fokus des öffentlichen Interesses.

### **Sicherheit, Effizienz, Nachhaltigkeit – Wie lassen sich diese Ziele erreichen?**

Im Automobil-Bereich gibt es mehrere große Forschungsfelder: Elektrofahrzeuge sorgen für eine umweltfreundlichere Mobilität. Es bestehen jedoch weiterhin Probleme bei der Verbreitung von Elektrofahrzeugen. Das autonome Fahren führt zu mehr Effizienz im Straßenverkehr und senkt das Risiko von menschlichen Fehlern. Komplexe Szenarien sind einer Maschine derzeit jedoch nur schwer beizubringen. Zur Lösung dieser Probleme braucht es ein weiteres Forschungsfeld: die Kommunikation und Kooperation im Straßenverkehr.

### **Inwiefern kann die Kommunikation und Kooperation im Straßenverkehr hilfreich für die Mobilität der Zukunft sein?**

Durch die Kommunikation von Fahrzeugen untereinander und mit der Infrastruktur sind viele Probleme lösbar, beispielsweise komplexe Szenarien im Bereich des autonomen Fahrens. Auch für die Elektromobilität kann Kommunikation hilfreich sein. Über die Vernetzung von Autos und Ladesäulen wissen Autofahrer beispielsweise, welche Ladesäulen in ihrer Nähe noch frei sind. Kommunikation und Kooperation im Straßenverkehr helfen der Elektromobilität und dem autonomen Fahren, ihre gesamte Schlagkraft zu entfalten.

### **Wie lässt sich Kooperation im Straßenverkehr ermöglichen?**

Möglich wäre eine mobile Applikation, wie sie im Projekt TIMON entwickelt wird. Hier werden Daten aus unterschiedlichen Quellen, beispielsweise von vernetzten Fahrzeugen und Infrastruktursensoren ausgewertet und zusammengeführt. Das Besondere an TIMON ist, dass auch Fußgänger und Radfahrer, sogenannte verwundbare Verkehrsteilnehmer, an diesem kooperativen Ökosystem partizipieren können.

**Dipl.-Inf. Dipl.-Ing. Karsten Roscher**  
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer ESK.  
Er forscht im Bereich Car2X-Kommunikation  
an der Entwicklung kooperativer Systeme für  
den Straßenverkehr.



Alternative Antriebe, vernetzte Fahrerassistenzsysteme und automatisiert fahrende Autos – im Automotive-Sektor ist viel in Bewegung. Das Fraunhofer ESK arbeitet an wegweisenden Projekten im Bereich der vernetzten Mobilität und baut dabei auf zwei Säulen:

Die fortschreitende Automatisierung von Fahrzeugen macht es erforderlich, dass Verkehrsteilnehmer in Zukunft miteinander kommunizieren. Besonders bei höheren Automatisierungsgraden wird eine zuverlässige und vorhersagbare Kommunikation zwischen allen Verkehrsteilnehmern eine wesentliche Rolle spielen. Deswegen forscht das Fraunhofer ESK an Methoden zur Zuverlässigkeit und Prädiktion bei geeigneten Kommunikationstechnologien für zukünftige kooperative Fahrfunktionen und Protokolle.

Gleichzeitig findet sich in modernen Fahrzeugen eine Vielzahl von vernetzten, eingebetteten Systemen, sodass Autos auf ein komplexes Zusammenspiel ihrer Komponenten angewiesen sind. Durch fail-operational Ansätze können diese Systeme auch im Fehlerfall weiterlaufen, bis das Fahrzeug in einem sicheren Zustand ist. Das Fraunhofer ESK verfügt außerdem über langjährige Erfahrung in der Absicherung vernetzter und sicherheitskritischer Anwendungen. Diese Expertise wird nun auf Systeme ausgeweitet, die prinzipiell unsichere Künstliche Intelligenz integrieren.

#### **UNSERE LÖSUNGEN:**

- **Sicherheit und Durchgängigkeit in der Car2X-Kommunikation**
- **Werkzeugumgebung für kooperative Fahrerassistenzsysteme**
- **Echtzeitvernetztes Fahren mit LTE und Mobile Edge Computing**
- **Fail-operational Systems im Fahrzeug**
- **Absicherung von Künstlicher Intelligenz**

## **SICHERHEIT UND DURCHGÄNGIGKEIT IN DER CAR2X-KOMMUNIKATION**

Sicherheit, Nachhaltigkeit, Flexibilität und Effizienz von Straßensystemen erhöhen – das ist das Ziel des Gemeinschaftsprojektes TIMON. Die Besonderheit von TIMON ist: Auch sogenannte verwundbare Verkehrsteilnehmer (VRU), z. B. Fußgänger und Radfahrer, werden in einem kooperativen Ökosystem erfasst. Dazu werden Daten aus unterschiedlichen Quellen (z. B. Transportdaten, Daten von Autofahrern oder von VRUs) für eine kooperative, offene Web-Plattform ausgewertet und weiterverarbeitet. Diese Informationen lassen sich dann für Vorhersagen wie Staus oder Routenplanungen nutzen. Gleichzeitig wird ein hybrides Kommunikationssystem mit einem adaptiven Cross-Layer-Ansatz entwickelt, das je nach Rahmenbedingungen entweder über den autospezifischen WLAN-Standard ITS-G5 oder über LTE kommuniziert.

*Das Projekt TIMON wird gefördert im Rahmen des EU-Programms Horizon 2020 Forschung und Innovation unter dem Förderkennzeichen Nr. 636220.*

#### **ANSPRECHPARTNER:**

Dipl.-Inf. Dipl.-Ing. Karsten Roscher  
Tel. +49 89 547088-349  
karsten.roscher@esk.fraunhofer.de



## WERKZEUGUMGEBUNG FÜR KOOPERATIVE FAHRERASSISTENZSYSTEME

Kooperative Fahrfunktionen sind hochkomplexe Systeme, die verschiedene Systemelemente vom Backend über Übertragungsinfrastruktur bis hin zu fremden Fahrzeugen umfassen können. Deswegen sind Entwicklung, Integration und Test von kooperativen Fahrfunktionen bisher mit hohen Kosten verbunden. Um das zu ändern, bietet das Fraunhofer ESK eine durchgängige Werkzeugumgebung zur Entwicklung innovativer Fahrfunktionen an. Die Modellierungsmethoden des Fraunhofer ESK sind in der Lage, (interaktiv) vernetzte Fahrzeuge und deren verteilte Fahrfunktionen zu erfassen und abzusichern. Das breite Spektrum an Simulationswerkzeugen kann unter anderem zur Parametrierung von Algorithmen genutzt werden. Nach erfolgreichen Tests in der Simulation stellt das Fraunhofer ESK eine Ausführungsumgebung bereit, in der der Prototyp unter realen Bedingungen getestet werden kann. Ergebnis ist ein verifiziertes und abgesichertes Modell einer Fahrfunktion.

### ANSPRECHPARTNER:

Dipl.-Ing. Josef Jiru

Tel. +49 89 547088-379

josef.jiru@esk.fraunhofer.de

## ECHTZEITVERNETZTES FAHREN MIT LTE UND MOBILE EDGE COMPUTING

Bei Verkehrssicherheitsanwendungen spielt die Latenzzeit bei der Übertragung von Nachrichten eine entscheidende Rolle. In einem Gemeinschaftsprojekt forscht das Fraunhofer ESK deswegen an zwei komplementären Ansätzen zur besseren Konnektivität im Straßenverkehr. Zum einen wird eine lokale Nachrichtenverteilung basierend auf Mobile Edge Computing (MEC) entwickelt, die die Nahbereichskommunikation in zellulären Netzwerken abdeckt und die Latenz deutlich reduziert. Kombiniert wird dies mit dem Einsatz heterogener Kommunikationstechnologien. Dies bringt die Stärken von ad-hoc und infrastrukturbasierter Kommunikation zusammen. Durch diesen Ansatz ist es bereits gelungen, Ende-zu-Ende-Latenzzeiten von unter 20 ms zu erreichen. Im Vergleich dazu weisen heutige Mobilfunknetze und Backend-Dienste derzeit meistens Verzögerungen von über 100 ms auf.

*Das Projekt wird gefördert vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie.*

### ANSPRECHPARTNER:

Dipl.-Inf. Dipl.-Ing. Karsten Roscher

Tel. +49 89 547088-349

karsten.roscher@esk.fraunhofer.de



## FAIL-OPERATIONAL SYSTEMS IM FAHRZEUG

In zukünftigen Fahrzeugen werden hochintegrierte Subsysteme wie Radnabenmotoren und Brake-by-wire-Systeme verbaut sein. Diese Systeme benötigen innovative Softwareansätze, um den hohen Sicherheitsanforderungen gerecht zu werden. Das Fraunhofer ESK entwickelte in einem Gemeinschaftsprojekt einen ganzheitlichen Ansatz zur Erstellung adaptiver Systeme in sicherheitskritischen Umgebungen, einschließlich Werkzeugketten-Support, Referenzarchitekturen, Modellierung des Systemdesigns sowie Validierung und Verifikation. Entstanden ist ein fail-operational Ansatz, der durch Adaption und Rekonfiguration mit Systemfehlern umgehen kann und selbst im Fehlerfall die Kontrolle behält. Gleichzeitig lassen sich mit diesem Ansatz die Komplexität und die Hardwarekosten für zukünftige sicherheitskritische Systeme wie autonome Fahrzeuge senken.

*Das Projekt wurde von der Europäischen Kommission im Rahmen des European Union's Seventh Framework Programm (FP7) gefördert - Grant agreement No 608945*

### ANSPRECHPARTNER:

Dr. Gereon Weiß  
Tel. +49 89 547088-348  
gereon.weiss@esk.fraunhofer.de

## ABSICHERUNG VON KÜNSTLICHER INTELLIGENZ

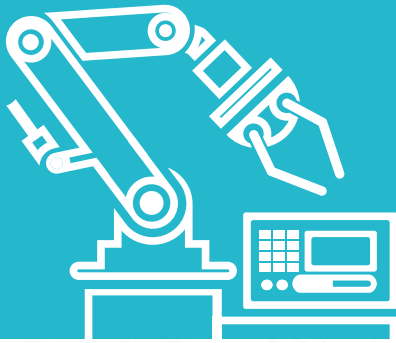
KI-Verfahren bieten enormes Potenzial in verschiedenen Einsatzgebieten, wie beispielsweise bei der Situationserkennung und Fahrplanung beim autonomen Fahren mittels Deep Learning. Jedoch lässt sich die Zuverlässigkeit der Verfahren für sicherheitskritische Anwendungen nur sehr schwer absichern. Das möchte das Fraunhofer ESK ändern und erweitert seine Expertise im Bereich der Absicherung von sicherheitskritischen Systemen auf die sichere Integration von Verfahren der Künstlichen Intelligenz, wie Convolutional Neural Networks. Hierfür werden Konzepte und Methoden entwickelt, die die Nutzung solcher Verfahren in sicherheitskritischen Umgebungen ermöglichen. Diese werden auf aktuellen Hardwareplattformen, wie sie auch in der Industrie genutzt werden, prototypisch implementiert und evaluiert. So soll eine Lösung geschaffen werden, mit der die vielversprechenden Ansätze Künstlicher Intelligenz auch in zukünftigen Produkten wie (autonom fahrenden) Fahrzeugen oder in anderen sicherheitskritischen Anwendungen zuverlässig genutzt werden können.

### ANSPRECHPARTNERIN:

Dominique Seydel, M.Sc.  
Tel. +49 89 547088-363  
dominique.seydel@esk.fraunhofer.de



# INDUSTRIE 4.0



## KURZINTERVIEW MIT MICHAEL STILLER

**Der Begriff »Industrie 4.0« ist erst 2011 im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung Deutschland entstanden, steht aber heute für die Industrie der Zukunft. Was verbirgt sich hinter diesem Begriff?**

Industrie 4.0 meint die durchgängige Digitalisierung und Vernetzung der Produktion. Der technologische Sprung von der dritten zur vierten industriellen Revolution lässt sich insbesondere am Internet of Things festmachen. Das bedeutet zunächst einmal die massive Nutzung des Internets vom Sensor bis in die Cloud. Außerdem werden heute technische Prozesse integriert und digitale Abbildungen erzeugt. Die Virtualisierung der Welt wird fortschreiten. Letztendlich geht es in der Industrie 4.0 darum, mit neuen Möglichkeiten intelligente Produkte und Produktionsmittel zu schaffen.

**Wie ist eine Produktionsanlage der Industrie 4.0 strukturiert – ähnlich wie bisherige automatisierte Industrieanlagen?**

Nein. Bisher gibt es in vielen Bereichen der Produktion eine strenge Trennung in Feld-, Steuerungs-, Prozessleit- und Betriebsebene. Diese Struktur wird in der Industrie 4.0 aufgelöst, hin zu einem Cyber-Physical Production System (CPPS), das aus hochgradig vernetzten Cyber-Physical Systems (CPS) besteht. Somit entfällt die Einschränkung, dass eine bestimmte Funktion nur an einem bestimmten Ort implementiert und genutzt werden kann.

**Vor welchen Herausforderungen steht eine Produktionsanlage der Industrie 4.0?**

Die Industrie 4.0 stellt hohe Anforderungen an die Kommunikationsinfrastruktur einer Industrieanlage. Künftig wird jeder Sensor oder Aktor eine eigene IP-Adresse besitzen und nicht mehr über proprietäre Bustechnologien an eine Maschinensteuerung angebunden sein. Somit wird in Zukunft die Kommunikation weniger über klassische Feldbusse, sondern über Ethernet und Drahtlostechnologien laufen.

**Wie geht es mit der Industrie 4.0 in den kommenden Jahren weiter?**

Für die Industrie 4.0 gibt es noch viel zu tun. Standardisierungen müssen vorangetrieben werden; Forschungsergebnisse müssen in die Praxis überführt werden. Außerdem müssen kleine und mittelständische Unternehmen die Möglichkeit bekommen, ihren Einstieg in die Industrie 4.0 risikoarm zu testen. So helfen Testbeds, wie das I4.0 Comlab des Fraunhofer ESK, den Unternehmen bei der Umsetzung ihrer Digitalisierungsvorhaben.

### Dipl.-Ing. Michael Stiller

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer ESK und beschäftigt sich mit dem Thema Industrie 4.0. Hier forscht er insbesondere an der Anbindung von Maschinen an die Cloud.

Hochgradig vernetzte Produktionsanlagen, vollständig vernetzte Standorte und in »Echtzeit« miteinander kommunizierende Unternehmen – die Industrie 4.0 verändert heutige Industrieanlagen maßgeblich. Seinen Fokus legt das Fraunhofer ESK auf zwei entscheidende Aspekte der Industrie 4.0:

Durch die steigende Zahl der vernetzten Maschinen, Roboter und fahrerlosen Transportsysteme in der Industrie 4.0 gerät die Nutzung der Funkfrequenzen an ihre Grenzen. In den Projekten HODRIAN und CAROUSAL forscht das Fraunhofer ESK deswegen an adaptiven Funktechnologien für die höchstrobuste Vernetzung von industriellen Netzwerken in der Produktion.

Gleichzeitig ist die enge Kopplung zwischen Prozess und Steuerung heute obsolet geworden. Seit etwa 15 Jahren gibt es einen Trend zu immer offeneren Systemen, in denen eine Software-SPS innerhalb der vernetzten Anlage Steuerfunktionen übernimmt. Das Fraunhofer ESK arbeitet bereits am nächsten Schritt: an Cloud-basierten Steuerungsdiensten. Außerdem lässt sich die Cloud für weitere Anwendungen wie z. B. Assistenzsysteme nutzen, die mehr Flexibilität in Wartung und Service bringen.

#### **LÖSUNGEN DES FRAUNHOFER ESK:**

- **Kognitives Frequenzsprungverfahren für den industriellen Einsatz**
- **Prädiktive Spektrumausnutzung in industriellen Funkumgebungen**
- **Adaptive Architektur für Cloud-gestützte Assistenz komplexer Landmaschinen**
- **Produktionssteuerung aus der Cloud**

## **KOGNITIVES FREQUENZSPRUNGVERFAHREN FÜR DEN INDUSTRIELLEN EINSATZ**

Das Fraunhofer ESK forscht im Projekt HODRIAN an kognitiven, höchst zuverlässigen Drahtlostechnologien für den industriellen Einsatz. Dafür entwickeln die Forscherinnen und Forscher ein kognitives, nahtloses Frequenzsprungverfahren zur zuverlässigen, echtzeitfähigen und robusten Funkvernetzung. Dabei kommen adaptive Funksysteme zum Einsatz, die die Umgebung wahrnehmen und das Kommunikationsverhalten entsprechend anpassen. Dies wird durch das kognitive Frequenzsprungverfahren ermöglicht, das sich auf drei wesentliche Schritte stützt: Das beeinträchtigte System erkennt Interferenzen und Störungen. Auf Grundlage dieser Störer wird die Qualität des Kommunikationskanals beurteilt. Schließlich erfolgt der Frequenzsprung, also das spontane Umschalten auf den besten Kanal, der die erforderliche QoS gewährleistet. Damit kann eine echtzeitfähige Kommunikation mit einem Delay im Bereich weniger Millisekunden erreicht werden. Durch das Frequenzsprungverfahren ist somit eine zuverlässige und echtzeitfähige Funkkommunikation im industriellen Umfeld gewährleistet.

*Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.*

#### **ANSPRECHPARTNER:**

Ahmad Saad, M.Sc.  
Tel. +49 89 547088-392  
ahmad.saad@esk.fraunhofer.de



## PRÄDIKTIVE SPEKTRUMAUSNUTZUNG IN INDUSTRIELLEN FUNKUMGEBUNGEN

Im Projekt CAROUSAL werden die bisher überwiegend theoretischen Forschungsergebnisse zur Cognitive Radio-Technologie in industrielle Szenarien übertragen. CAROUSAL setzt dabei auf die prädiktive Spektrumausnutzung zur Steigerung der Effizienz und Verbesserung der Koexistenz in heterogenen industriellen Funkumgebungen. Ziel des CAROUSAL-Projekts ist ein Prototyp, der in der Lage ist, zum Beispiel ein drahtgebundenes Feldbussystem transparent per Funk zu tunneln. Dafür weist Cognitive Radio vier Eigenschaften auf: Mit Hilfe von Prädiktionsalgorithmen und Künstlicher Intelligenz erkennt die Technologie freie spektrale Bereiche, wählt den Frequenzbereich aus, der die Anforderungen am besten erfüllt, überträgt das Signal adaptiv und verfügt über einen intelligenten Zugriff auf die vorhandenen freien Frequenzbereiche. Damit erfüllt Cognitive Radio die Effizienz- und Zuverlässigkeitsanforderungen von Funk in der Industrie.

*Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.*

### **ANSPRECHPARTNER:**

Ahmad Saad, M.Sc.

Tel. +49 89 547088-392

ahmad.saad@esk.fraunhofer.de

## ADAPTIVE ARCHITEKTUR FÜR CLOUD-GESTÜTZTE ASSISTENZ KOMPLEXER LANDMASCHINEN

Weltweite Absatzmärkte und dennoch ein schneller und kundenorientierter Service vor Ort – vor dieser Herausforderung stehen Landmaschinenhersteller. Im Projekt INVIA arbeiten sieben Projektpartner an der Konzeption und prototypischen Umsetzung eines neuartigen mobilen Cloud-gestützten Assistenzsystems für die Diagnose und den Service komplexer Landmaschinen. Anwendungsmöglichkeiten dieses Assistenzsystems sind die bild- und videogestützte Diagnose von Fehlern, die Bereitstellung von vernetzten Diagnosetools für den Experten vor Ort und ein betriebsbegleitendes Operator-Training mit Online-Support.

INVIA nutzt Cloud Computing, Mobile Edge Computing (MEC) und Fog Computing. Die von Fraunhofer ESK entwickelte adaptive Architektur erlaubt es, optimal auf eine schlechte oder temporär fehlende Verbindung zur Mobilfunkbasisstation zu reagieren. So können Grundfunktionen des Assistenzsystems auch ohne Verbindung zur Servicezentrale bereitgestellt werden. So bietet INVIA einen günstigen und schnellen Service vor Ort.

### **ANSPRECHPARTNER:**

Dipl.-Ing. Michael Stiller

Tel. +49 89 547088-346

michael.stiller@esk.fraunhofer.de



## PRODUKTIONSSTEUERUNG AUS DER CLOUD

Mit Unterstützung des Fraunhofer ESK untersuchten die Partner des Projekts CICS neue durchgängig weborientierte Steuerungssysteme, die sich flexibel und mit wenig Aufwand an anwendungsspezifische Bedürfnisse anpassen lassen. Für Management und Ausführung der Systeme wurden dabei private und öffentliche Cloud-Strukturen genutzt. Als eine ergänzende Variante ist außerdem die Ausführung der Steuerungsdienste auf Webclients möglich.

Die im Projekt entstandene Referenzarchitektur dient als Basis zum Aufsetzen von Cloud-Lösungen oder zur Ausrichtung neuer Produkte. Ein Cloud-basiertes Steuerungssystem erfüllt die Anforderungen einer effizienten, flexiblen und individuellen Produktion. Es ermöglicht zum Beispiel das schnelle Hinzufügen von Sensoren und Aktoren nach dem Plug & Play-Prinzip ohne Neukonfiguration der Steuerung. Gleichzeitig sorgt es für Kosteneinsparungen, da der Produktionsbetrieb durch einen ortsunabhängigen Cloud-basierten Service erfolgt.

*Das IGF-Vorhaben 18354 N wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.*

### **ANSPRECHPARTNER:**

Dipl.-Ing. Michael Stiller

Tel. +49 89 547088-346

michael.stiller@esk.fraunhofer.de



# ESK-LÖSUNGEN FÜR DIE SOFTWAREENTWICKLUNG

Das Fraunhofer ESK forscht kontinuierlich an neuen Methoden, um die Entwicklung von Anwendungen in vernetzten eingebetteten Systemen einfacher zu machen und setzt sie prototypisch in verschiedenen Software-Tools um.

## DANA – ANALYSEPLATTFORM FÜR VERNETZTE EINGEBETTETE SYSTEME

DANA ist eine modell-basierte und erweiterbare Werkzeugplattform zur Absicherung des Interaktionsverhaltens von vernetzten eingebetteten Systemen. Mit Hilfe einer Beschreibung des Soll-Verhaltens zeigt DANA zur Laufzeit Abweichungen im Verhalten des beobachteten Systems sofort an, wodurch sich die volle Funktionsfähigkeit der Anlage schneller wiederherstellen lässt. Durch Kompilierung eines Embedded Verifiers kann die Überwachung dauerhaft in die Anlage integriert werden. So reagiert das System automatisiert auf Anomalien. Zur Beschreibung des Soll-Verhaltens können Zustandsautomaten durch Beobachtung des fehlerfreien Betriebs erlernt werden. Aus diesem Grund kann DANA auch eingesetzt werden, wenn bisher keine maschinenlesbare Beschreibung des Interaktionsverhaltens vorliegt.

[www.dana.fraunhofer.de](http://www.dana.fraunhofer.de)

### ANSPRECHPARTNER:

Dipl.-Inf. Univ. Christian Drabek  
Tel. +49 89 547088-357  
[christian.drabek@esk.fraunhofer.de](mailto:christian.drabek@esk.fraunhofer.de)



## EZCAR2X® – SOFTWARE-FRAMEWORK ZUR ERSTELLUNG VON CAR2X-ANWENDUNGEN

Mit dem flexiblen Software-Framework ezCar2x® können prototypische Anwendungen für die Fahrzeug-Umwelt-Vernetzung schnell erstellt werden. Das Framework zeichnet sich insbesondere durch seine Flexibilität, Modularität und Portabilität aus. Dadurch lässt es sich unter vielfältigen Rahmenbedingungen einsetzen, beispielsweise auf gängigen On-Board- und Road-Side-Units oder direkt in einer Simulationsumgebung.

[www.ezcar2x.fraunhofer.de](http://www.ezcar2x.fraunhofer.de)

### ANSPRECHPARTNER:

Dipl.-Inf. Dipl.-Ing. Karsten Roscher  
Tel. +49 89 547088-349  
[karsten.roscher@esk.fraunhofer.de](mailto:karsten.roscher@esk.fraunhofer.de)



## **ERNEST – FRAMEWORK ZUR FRÜHZEITIGEN VALIDIERUNG NICHT-FUNKTIONALER ANFORDERUNGEN**

Die Open-Source Plattform ERNEST ist ein auf SystemC basierendes Simulationsframework von komponentenbasierter Software für vernetzte eingebettete Systeme. Durch eine Integration in Eclipse können das System modelliert, die Simulation analysiert und das Ergebnis visualisiert werden. Dabei liegt der Fokus insbesondere auf der Validierung nicht-funktionaler Anforderungen bereits zum Zeitpunkt der Systemmodellierung.

<https://github.com/FraunhoferESK>

### **ANSPRECHPARTNER:**

Dipl.-Inf. Univ. Christian Drabek

Tel. +49 89 547088-357

[christian.drabek@esk.fraunhofer.de](mailto:christian.drabek@esk.fraunhofer.de)



## **AUTOPLAN – AUTOMATISIERTE PLANUNG UND INTEGRATION VON AUTOSAR-SYSTEMEN**

AUTOPLAN ermöglicht die Planung und Konfiguration von verteilten AUTOSAR-Systemen unter Berücksichtigung von Echtzeit- und Verfügbarkeitsanforderungen. Das Besondere hieran ist die Fähigkeit, einen Schedule zu finden, der gleichzeitig für alle Softwarekomponenten und Bussignale in einem Steuergeräteverbund gültig ist. Der Austausch der Systemmodelle mit anderen AUTOSAR-Werkzeugen erfolgt hierbei auf Basis des standardisierten ARXML-Formats. Durch die zentrale Planung des Zeitverhaltens und der nachgelagerten automatisierten Konfiguration von Steuergeräte-Modulen und Safety-Monitoren wird der Integrationsaufwand erheblich reduziert. Das Werkzeug erlaubt es darüber hinaus, Systeme mit mehreren Betriebsmodi zu planen, um zum Beispiel ein Fail-Operational-Verhalten für automatisierte Fahrfunktionen mithilfe von Rekonfiguration sicherzustellen.

### **ANSPRECHPARTNER:**

Philipp Schleiß, M.Sc.

Tel. +49 89 547088-398

[philipp.schleiss@esk.fraunhofer.de](mailto:philipp.schleiss@esk.fraunhofer.de)



# LABORE

In fünf verschiedenen Laboren, einem Testbed für die Industrie 4.0 sowie an einem Versuchsträger für das vernetzte Fahren forschen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an Projekten in ihren Themenbereichen. Außerdem wurden die Labore und technischen Einrichtungen von Unternehmen und Partnern für eigene Forschungsarbeiten genutzt.

## EMBEDDED SOFTWARE LAB

Im Embedded Software Lab wird an entwicklungsbegleitenden Projekten rund um eingebettete Systeme und Embedded Software geforscht. Dabei legt das Fraunhofer ESK seinen Fokus auf industrielle Partner aus den Bereichen Vernetzte Mobilität und Industriekommunikation. Ausgestattet ist das Labor unter anderem mit verschiedenen Werkzeugen und Prototyping-Plattformen zur Entwicklung und Absicherung von Softwaresystemen, mit Möglichkeiten zur Fahrzeug- und Restbussimulation sowie mit Entwicklungsumgebungen für Embedded Software.

### Ausstattung

- Verschiedene Software-Werkzeuge zur modellbasierten Entwicklung und Absicherung von Softwaresystemen
- Fahrzeug- und Restbussimulation, Prototyping von Steuergeräten und Messen an Fahrzeugbussen (CAN, MOST, FlexRay, Ethernet)
- Hardware Debugger, z. B. von Lauterbach
- Diverse Hardware Prototyping-Plattformen
- Entwicklungsumgebungen für Embedded Software

### ANSPRECHPARTNER:

Dipl.-Inform. Markus Klein  
Tel. +49 89 547088-375  
markus.klein@esk.fraunhofer.de

## WIRELESS LAB

Im Wireless Lab werden Funksysteme und Kommunikationsprotokolle für die zukünftige Fahrzeugvernetzung und Industriekommunikation mit besonderen Herausforderungen entwickelt und analysiert. Dafür bietet das Fraunhofer ESK diverse Mess- und Testplätze für lokale und infrastrukturbasierte Funksysteme. Damit lassen sich unter anderem Interoperabilitätstests, Echtzeitüberwachungen des Funkspektrums sowie das Prototyping von Funksystemen durchführen. Das Wireless Lab unterstützt eine Vielzahl an Funktechnologien, beispielsweise Software Defined Radio mit USRP Plattformen, 4G/5G mit OpenAirInterface, LTE-V2X mit OpenAir Interface, IEEE 802.11 und IEEE 802.15.4 basierte Funksysteme oder 802.11p und ETSI ITS Kommunikationsstacks.

### Ausstattung

- Spectrum Analyzer, Vector Network Analyzer und Logic Analyzer
- Signalgeneratoren
- Breitbandiges Sende- und Empfangs-Antennensystem
- Toolkits für Entwicklung und Tests von drahtlosen Sensornetzen

### ANSPRECHPARTNER:

Dipl.-Ing. Arnold Plankl  
Tel. +49 89 547088-371  
arnold.plankl@esk.fraunhofer.de

## COMING SOON:

Industry Labs – Nutzen Sie unser Expertenwissen und unsere Ausstattung im Bereich digitale Mobilität und Industrie!

### ACCESS & INHOUSE TEST LAB

Im Access & Inhouse Test Lab werden Kommunikationssysteme nach internationalen Standards analysiert sowie kundenspezifische Lösungen evaluiert und weiterentwickelt. Unter anderem misst und testet das Fraunhofer ESK Netzkomponenten, Endgeräte und Dienste auf die Einhaltung von technischen Richtlinien. Dafür stehen eine Messumgebung für Breitband Powerline Communication Systeme, Twisted Pair- und Stromleitungstestnetze sowie Messplätze für standardkonforme VDSL2 und ADSL2+ Tests zur Verfügung.

#### Ausstattung

- Messumgebung für Breitband Powerline Communication (PLC)-Systeme
- Twisted Pair- und Stromleitungs-Leitungstestnetz
- Messequipment, unter anderem Ethernet Testsysteme, PC-basierte Daten- und Lastgeneratoren und Analysatoren, Vector Network Analyzer sowie Bit Error Rate Tester
- Messplätze für standardkonforme VDSL2, ADSL2+ Tests

#### ANSPRECHPARTNER:

Dipl.-Ing. (FH) Mathias Leibiger  
Tel. +49 89 547088-372  
mathias.leibiger@esk.fraunhofer.de

### NGN TEST LAB

Im NGN Test Lab entwickeln und optimieren die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer ESK kundenspezifische Kommunikationslösungen unter Aspekten der Informationssicherheit. Außerdem analysieren sie Kommunikationssysteme, vom lokalen Umfeld bis hin zu Cloud-Diensten. Dafür bietet das Fraunhofer ESK Usability- und Interoperabilitätstests, Tests von prototypischen Implementierungen sowie Testreihen für den Einsatz von Anwenderequipment.

#### Ausstattung

- Verschiedene Internetanschlüsse (ADSL, VDSL, Gbit-Anschluss an das Deutsche Forschungsnetz)
- Protokoll-Analyzer und Verkehrsgeneratoren
- Testumgebung für Powerline-Adapter
- Musterinstitut am zentralen Private-Cloud Fraunhofer-Sprachdienst
- SIP-Test-Umgebung, bestehend aus Server und Endgeräten

#### ANSPRECHPARTNER:

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Messerer  
Tel. +49 89 547088-336  
thomas.messerer@esk.fraunhofer.de

# LABORE

## LIVING LAB

Mit dem Living Lab bietet das Fraunhofer ESK eine Umgebung zur Erforschung von vernetzten Systemen, beispielsweise in einer Industrieanlage oder im Auto. Neben einer Modellfabrik befinden sich im Living Lab eine Vielzahl aktueller Geräte und Maschinen, mit denen anwendungsnah in Industrieprojekten geforscht werden kann. Außerdem bietet das Living Lab die Ausstattung für die Entwicklung und Analyse (industrieller) Funknetze. Hinzu kommt außerdem Equipment zum schnellen Prototyping vernetzter Anwendungen.

### Ausstattung

- Rapid Innovation Tool Kit zur Entwicklung und Absicherung innovativer vernetzter Funktionen
- Integrierte Werkzeugkette für den (modellbasierten) Entwurf vernetzter Anwendungen, Netzwerk- und Verkehrssimulation, Analyse und Validierung mit dem ESK DANA-Tool sowie Deployment auf diverse Car2X-Kommunikationshardware (ITS-G5/802.11p, 4G/5G)
- Leih-Hardware (Kommunikationshardware, Antennen, 2 Versuchsfahrzeuge) für Prüfstand- und Feldtests
- Testbed Industrie 4.0: Modellfabrik, mobile Roboter u. v. m.

### ANSPRECHPARTNER:

Dipl.-Ing. Michael Stiller  
Tel. +49 89 547088-346  
michael.stiller@esk.fraunhofer.de

## VICTOR – VERSUCHSTRÄGER FÜR DAS VERNETZTE FAHREN

Der Versuchsträger VICTOR ist ein für Testzwecke umgebauter BMW 320i Touring mit Straßenzulassung.

VICTOR ist die ideale Plattform für Rapid Prototyping und Tests von zuverlässigen Car2X-Kommunikationskonzepten. Mit dem eigenen Software-Framework ezCar2X® lassen sich unterschiedliche Kommunikationsaspekte von kooperativen Fahrerassistenzsystemen mit einer oder mehreren Kommunikationstechnologien evaluieren sowie neue Kommunikationstechnologien und -architekturen testen. Aktuell ausgestattet mit mehreren ITS-G5 und LTE Schnittstellen wird VICTOR um weitere Technologien wie ITS-G63, LTE-V2X und 5G erweitert.

Neben den Kommunikationsschnittstellen verfügt VICTOR über nachträglich integrierte Sensoren: Drei Radare und ein Laserscanner erfassen die Umgebung; für eine Zentimetergenaue Positionierung sorgt eine Inertial Measurement Unit. Über zwei Abgriffspanels lassen sich alle Sensordaten abgreifen und für Sensordatenfusion und Aufbau kooperativer Umfeldmodelle nutzen.

### ANSPRECHPARTNER:

Dipl.-Ing. Josef Jiru  
Tel. +49 89 547088-379  
josef.jiru@esk.fraunhofer.de



# Testbed Industrie 4.0

## (Funk-)Kommunikation



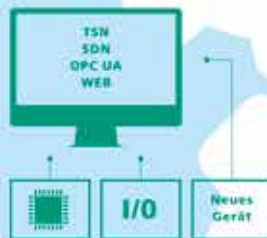
- Konformität
- Interoperabilität
- Fehlersuche und -behebung
- Funklabor
- Powerline-Netzwerk
- Demo-Fabrikanlage

## I4.0-Apps und -Client-Server-Anwendungen



- Datenanbindung
- Test
- Code Review der Datenanbindung
- Demo-Fabrikanlage
- Mobile Plattform (FTS)

## I4.0-Geräte und -Systeme



- Installation
- Test, Integration und Datenanbindung
- Funktionaler Test
- Demo-Fabrikanlage
- Unterschiedliche Kommunikationssysteme

## Beratung I4.0-Software-Erstellung



- Drahtlose Sensornetze
- Powerline
- IoT-Protokolle
- Modellbasierter Ansatz
- Betriebssicherheit vernetzter Systeme

# IM GESPRÄCH – TRENDTHEMA RESILIENTE INTELLIGENZ



Das Herzstück von ENARIS® B können Interessierte bereits im April auf der HMI 2018 in Hannover bewundern.

## STARTSCHUSS FÜR ENARIS® – THE RESILIENT INTELLIGENCE THINK LAB

Seit Ende 2017 arbeiten das Fraunhofer ESK in München und das Fraunhofer IESE in Kaiserslautern im Rahmen des Think Labs ENARIS® zusammen. Unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Peter Liggesmeyer und apl. Prof. Dr. habil. Mario Trapp wird hier an Lösungen gearbeitet, die Resiliente Intelligenz ermöglichen sollen. Wir haben beide im Interview befragt, wie es zu der Zusammenarbeit kam, was sich hinter Resilienter Intelligenz verbirgt und welchen Mehrwert die Kompetenzen beider Institute für Unternehmen bieten.

### Wie entstand die Idee der Zusammenarbeit zwischen Fraunhofer ESK und IESE?

*Peter Liggesmeyer:* Die Idee der Zusammenarbeit kam uns aufgrund neuer Herausforderungen, die sich durch den

Trend zu autonomen Systemen ergeben. Wenn diese im Alltag akzeptiert werden sollen, darf der Fokus nicht nur auf der Künstlichen Intelligenz wie dem Maschinellen Lernen liegen. Vielmehr gilt es intelligente, aber gleichzeitig hoch zuverlässige und sichere Systeme zu entwickeln. Der Schlüssel dazu liegt in Systemarchitekturen, die die Systemzuverlässigkeit und -sicherheit selbst dann gewährleisten, wenn Fehler in der Künstlichen Intelligenz auftreten oder diese sich völlig unerwartet verhält. Wir nennen diese Zukunftsvision Smart Embedded Systems.

### Worin ergänzen sich die beiden Institute?

*Peter Liggesmeyer:* Das IESE hat eine lange Historie im Bereich des Safety Engineering und in der Absicherung innovativer Ansätze wie bspw. der Künstlichen Intelligenz oder der intensiven Vernetzung von Systemen. Das ESK



hat seine Expertise in konkreten Systemarchitekturen, die beispielsweise etablierte Plattformen wie AUTOSAR erweitern und Systemzuverlässigkeit durch Graceful Degradation Ansätze erhöhen. Durch die Kooperation können wir mit ENARIS® daher umfassende Lösungen für die Entwicklung sicherer und zuverlässiger autonomer, hoch vernetzter Systeme anbieten.

### **Welcher Mehrwert entsteht Unternehmen durch diese Zusammenarbeit?**

*Peter Liggesmeyer:* Das Spannende ist, dass beide Institute, auch wenn es an manchen Stellen Überschneidungen gibt, die Themen unterschiedlich angehen. Das IESE fokussiert sich hier auf das Engineering sicherheitsrelevanter und hoch zuverlässiger Embedded Systems und hat einen speziellen Fokus auf das Safety-Engineering und das virtuelle Engineering. Das ESK hat seinen Fokus auf der Entwicklung konkreter Bausteine, die die System- und Kommunikationsarchitekturen mit innovativen Mechanismen zur Steigerung der Systemsicherheit und -zuverlässigkeit erweitern. Je nach Anforderung können wir mit unserem Wissen und der Projekterfahrung also Lösungen für bislang als unsicher geltende Geräte und Technologien entwickeln und mit bereits vorhandenen Bausteinen realisieren. Gleichzeitig arbeiten wir an gemeinsamen Lösungen für unsere Kunden.

### **Gibt es schon erste Ergebnisse aus dem Projekt?**

*Mario Trapp:* Im Herbst 2018 werden wir den Virtual Engineering Space – ENARIS® B vorstellen. Ausgehend von einer neuen Generation der modellbasierten Entwicklung entsteht mit einem B-Space ein Konzept, das die Grundidee des digitalen Zwillings um weitreichende Möglichkeiten übersteigt. ENARIS® B wird es Unternehmen erleichtern, Ideen wie das Internet der Dinge, Cyber-Physical Systems oder Smart Ecosystems Realität werden zu lassen. Denn in ENARIS® B können Unternehmen gemeinsam in einer virtuellen Entwicklungsumgebung neue Lösungen entwickeln und in einem simulierten Internet der Dinge und Dienste erproben und prüfen. Selbst Safety-Nachweise werden in

dem virtuellen Engineering Space ermöglicht. Das spart Entwicklungszeit und -kosten und ermöglicht somit einen schnelleren Markteintritt für neue Anwendungen.

### **Das übergeordnete Ziel des Think Labs ist es, Resiliente Intelligenz zu ermöglichen. Das hört sich gut an, aber was heißt das und was ermöglicht mir diese Art der Intelligenz?**

*Mario Trapp:* Wie Prof. Liggesmeyer bereits erwähnt hat, wird derzeit mit Hochdruck an autonomen Systemen geforscht. Zu häufig wird dies auf Fragestellungen der Künstlichen Intelligenz (KI) reduziert. Die Entwicklung autonomer Systeme ist aber eine systemische Herausforderung. So verhält sich KI in vielen Situationen schnell unberechenbar. Es wäre beispielsweise viel zu gefährlich, sie einfach in Fahrzeuge einzusetzen, weshalb heutige Safety-Normen den Einsatz von KI in sicherheitskritischen Anwendungen explizit verbieten. Daher ist es wichtig, auf Architekturen zu setzen, die die Sicherheit auf Systemebene gewährleisten. Autonome Systeme werden zudem Intelligenz auf unterschiedlichsten Ebenen benötigen. Sie werden auf unzählige unvorhergesehene Umgebungssituationen treffen. Sie werden nahtlos vernetzt sein und mit Systemen kooperieren, die zur Entwicklungszeit noch gar nicht bekannt sind. Autonome Systeme benötigen leistungsfähige Hardware, die heutigen Sicherheitsanforderungen jedoch nicht gerecht werden und müssen daher tolerant gegenüber Hardwarefehlern entwickelt werden. Und sie müssen sich kontinuierlich weiterentwickeln. Trotz all dieser kaum vorhersagbaren Änderungen in einem intelligenten System und seiner Umgebung müssen dessen Safety und Zuverlässigkeit stets garantiert bleiben. Diesen Einklang aus Intelligenz, Safety und Zuverlässigkeit nennen wir Resiliente Intelligenz. Mit unserer Forschung an Resilienter Intelligenz entwickeln wir im Think Lab ENARIS® sowohl Methoden als auch konkrete Softwarebausteine, die es unseren Kunden ermöglichen, intelligente Systeme mit garantierbarer Safety und Zuverlässigkeit unter Einhaltung der typischen Kostenbeschränkungen effizient entwickeln zu können.



## **SIE MÖCHTEN MEHR ÜBER ENARIS® ERFAHREN?**

Dann besuchen Sie unsere Website

[www.enaris.fraunhofer.de](http://www.enaris.fraunhofer.de)

oder kontaktieren Sie

Nadine Stumpf

Tel. +49 89 547088-321

[nadine.stumpf@esk.fraunhofer.de](mailto:nadine.stumpf@esk.fraunhofer.de)

# FRAUNHOFER- LEISTUNGSZENTRUM FÜR SICHERE VERNETZTE SYSTEME MÜNCHEN

Im Leistungszentrum Sichere Vernetzte Systeme in München arbeiten die Fraunhofer-Institute AISEC, EMFT und ESK mit der TU München und der Universität der Bundeswehr sowie mit Industriepartnern zusammen.

Das Leistungszentrum ist eine einzigartige Plattform für den Forschungstransfer im Bereich der Digitalisierung mit den Schwerpunkten Vernetzte Mobilität, Industrie 4.0 und Smart Health. Es ist eine interdisziplinär ausgerichtete Transfereinrichtung für branchen- und themenübergreifende, systematische Forschung und Zusammenarbeit für intelligente Sensorik, sichere und robuste Vernetzung, Datenanalyse und -verarbeitung sowie integrierte Sicherheit.

Im Leistungszentrum entsteht unter anderem im Car2X-Piloten ein Test- und Innovation-Lab, in dem gemeinsam neue vernetzte Anwendungen für die zukünftige Mobilität erforscht werden können. Das Fraunhofer ESK bringt hier seine langjährige Erfahrung und Eigenentwicklungen aus der vernetzten Mobilität ein.

Eine Auswahl an ESK-Veröffentlichungen in den Teilbereichen Vernetzte Mobilität und Industrie 4.0:

*Franze, J.; Seydel, D.; Weiß, G.; Haspel, U.:*  
**Evaluation of Traffic Control Systems as ITS Infrastructure for Automated Driving.**  
In: Proceedings of the Intelligent Transport Systems (INTSYS 2017), Helsinki, Finland, 2017

*Petreska, N.:*  
**End-to-End Performance Analysis for Industrial IEEE 802.15.4e-based Networks.**

In: Proceedings of the 16th GI/ITG KuVS Fachgespräch Sensornetze der GI/ITG Fachgruppe Kommunikation und Verteilte Systeme, Hamburg, 2017



## VERNETZTE MOBILITÄT ERLEBBAR MACHEN

Im **Car2X-Piloten** können Systeme und Komponenten wie Testfahrzeuge, On-Board-Units, Netz- und Verkehrsinfrastruktur oder mobile Endgeräte für die vernetzte Interaktion im Straßenverkehr getestet werden.

### Im Car2X-Piloten optimieren Sie Ihre Systeme:

- Integration in Entwicklungs- und Simulationsumgebung
- Hardware-in-the-Loop & Vehicle-in-the-Loop Tests
- Verifikation und Konfiguration
- Timing-, Performance- und QoS-Analysen

### Im Car2X-Piloten profitieren Sie vom Wissenstransfer:

- Workshops
- In-Lab Hands-on Training
- Fachartikel
- Weiterbildungsangebot
- Wissenschaftliche Publikationen

### Im Car2X-Piloten kooperieren Sie mit Unternehmen und Forschungseinrichtungen:

- Test- und Innovation-Lab
- Standardkonformer ITS Kommunikationsstack und Middleware
- Entwicklung, Test und Absicherung von innovativen vernetzten Funktionen
- Systemkonzept, Proof-of-Concept & Prototyping

Das Fraunhofer ESK bringt hier unter anderem auch sein Know-how aus der Arbeit in Gremien wie dem CAR 2 CAR Communication Consortium (C2C CC) und AUTOSAR ein.

Im **Industrie-4.0-Piloten** arbeitet das Fraunhofer ESK an Cloud-basierten Daten- und Steuerungssystemen unter Nutzung des Konzepts der Verwaltungsschalen und an der Konzeption sowie Evaluierung neuer Kommunikationsarchitekturen.

*Petreska, N.:*

### **Network-Calculus-Based Approach for Optimal Transmit Power Allocation in Wireless Industrial Multi-Hop Networks.**

Presentation at Meeting of the VDE/ITG  
Section 5.2.4 »IP and Mobility«,  
München, 2017

*Saad, A.; Staehle, B.; Knorr, R.:*

### **Predictive Medium Access Control for Industrial Cognitive Radio.**

In: Proceedings of the 15th IEEE  
Annual Consumer Communications &  
Networking Conference (CCNC 2018),  
Las Vegas, USA, 2018

*Seydel, D.; Pöhn, D.;*

*WeiB, G.; Wessel, S.; Wenninger, F.:*

### **Safety & Security Testing of Cooperative Automotive Systems.**

Presentation at Embedded World Conference,  
Nürnberg, Germany, 2018





# KOOPERATIONEN

Unter dem Dach der Fraunhofer-Gesellschaft arbeiten 72 Institute und Forschungseinrichtungen an Zukunftsthemen aus unterschiedlichsten Forschungsbereichen. Fraunhofer-Verbünde bieten somit ein ideales Netzwerk, um gemeinsam mit den Expertinnen und Experten anderer Fraunhofer-Institute an neuen Technologien zu forschen. Deswegen ist das Fraunhofer ESK eng in die Verbünde Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK) und Mikroelektronik eingebunden.

Das Fraunhofer ESK ist nicht nur Teil des Fraunhofer-Netzwerkes; es ist außerdem aktiv in verschiedenen Technologie- und Industriegremien, Verbänden, Allianzen und Arbeitsgruppen. In Standardisierungsgremien wie der 5G Automotive Association, AUTOSAR oder dem CAR 2 CAR Communication Consortium treibt es notwendige Standardisierungen voran. Die Einbindung in Industrievereinigungen wie dem Cluster Mechatronik & Automation hilft außerdem, den Bedarf der Industrie zu erkennen und Lösungen zu entwickeln.

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

[www.iuk.fraunhofer.de](http://www.iuk.fraunhofer.de)

[www.mikroelektronik.fraunhofer.de](http://www.mikroelektronik.fraunhofer.de)

## Verbünde, Gremien, Allianzen, Arbeitsgruppen

- 5G Automotive Association
- aitiRaum Augsburg
- ASQF e.V. – Arbeitskreis Software-Qualität und -Fortbildung
- AUTOSAR
- BICCNNet
- BITKOM e.V., Arbeitskreise Mobilkommunikation, Netzinfrastruktur und weitere
- Bluetooth Special Interest Group
- BroadBand Forum
- CAR 2 CAR Communication Consortium
- CAST e.V. – Competence Center for Applied Security Technology
- Cluster Mechatronik & Automation
- EAST-ADL Association
- Eclipse Foundation
- ETSI – European Telecommunications Standards Institute
- Fraunhofer-Verbund IuK
- Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik
- Gesellschaft für Informatik e.V.
- IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers
- IEEE 802.1 Drafts
- ITG Fachgruppe 5.2.5 Access- und Homenetworks
- ITS Bavaria – Gesellschaft für Verkehrstelematik Bayern
- ITS mobility e.V.
- Open AirInterface Software Alliance
- Open Alliance Special Interest Group
- Runder Tisch: »Automatisiertes Fahren« des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)
- Universal Plug- and Play-Forum
- VDE – Verband der Elektrotechnik
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure e.V.
- ZD.B – Zentrum Digitalisierung Bayern, Arbeitskreise der Themenplattform Digitale Produktion

# FRAUNHOFER ESK IM PROFIL

## FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR EINGEBETTETE SYSTEME UND KOMMUNIKATIONSTECHNIK ESK

Das Fraunhofer ESK konzentrierte sich in den letzten Jahren auf die angewandte Forschung im Bereich Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) mit dem Fokus auf verlässliche Kommunikationssysteme. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiteten in zwei Forschungsschwerpunkten:

1. Kommunikationstechnologien und -architekturen;
2. Entwicklung und Absicherung von Anwendungsarchitekturen.

### Kommunikationstechnologien und -architekturen

- Design von zuverlässigen, echtzeitfähigen Kommunikationssystemen
- Network Selection in hybriden und heterogenen Netzen
- Koexistenzmanagement: Analyse und Prädiktion im Funkspektrum
- Netzwerkprotokolle für Multihop-Netze mit niedriger Latenz

### Entwurf & Absicherung Anwendungsarchitekturen

- Absicherung von Architekturen und verteilten Diensten
- Architekturauslegung und -analyse
- Methodengestützter Entwurf, Test und Absicherung
- Web- und domänenspezifische Anwendungsprotokolle
- Protokoll- und Trace-Analysen

### Verlässliche Kommunikationssysteme

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler forschten beispielsweise an an sicheren und echtzeitfähigen Kommunikationssystemen für Fahrzeuge und Industrie 4.0 oder am Koexistenzmanagement im Funkspektrum.

Das Institut arbeitete mit Kunden und Partnern in folgenden Bereichen: Vernetzte Mobilität, Industriekommunikation, Smart Grid Kommunikation und Telekommunikation.

### Neue Ausrichtung und Führung seit Januar 2018

Unter der neuen Führung von apl. Prof. Dr. habil. Mario Trapp wird der Forschungsschwerpunkt des Fraunhofer ESK neu ausgerichtet. Im Fokus werden künftig die digitalen Herausforderungen autonomer Systeme und deren Vernetzung stehen.



## MITGLIEDER DES KURATORIUMS

**Dr. Michael Frehse** (*Kuratoriumsvorsitzender*)  
Ministerialdirigent und Unterabteilungsleiter Z II  
im Bundesministerium des Innern

**Lars Weber** (*Stellv. Kuratoriumsvorsitzender*)  
GWAdriga GmbH  
Leiter Operations

**Prof. Dr. Bernhard Bauer**  
Dekan der Fakultät für Angewandte Informatik  
an der Universität Augsburg  
Professur für Softwaremethodik für verteilte Systeme

**Thomas Gallner**  
Continental Automotive GmbH  
Head of Corporate Innovation Management

**Dr. Peter Steiner**  
Audi Electronics Venture GmbH  
Geschäftsführer

**Hans-Jürgen Thönnißen-Fries**  
ESG Elektroniksystem- und Logistik-GmbH  
Leiter Center of Excellence Systems Engineering  
TE – Technologie- und Innovationsmanager

**MR Dr. Stefan Wimbauer**  
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft,  
Energie und Technologie  
Leiter des Referats 43

# FRAUNHOFER ESK IN ZAHLEN

## GESAMTHAUSHALT

Der Gesamthaushalt des Fraunhofer ESK betrug 2017 ca. 5,47 Mio. Euro (2016: 5,69 Mio.). Er setzte sich aus einem Personalaufwand von 3,8 Mio. Euro (2016: 4,0 Mio.) und Sachaufwendungen von 1,6 Mio. Euro (2016: 1,7 Mio.) zusammen.

Die Erträge aus Industrieaufträgen erreichten 2017 mit 1,1 Mio. Euro (2016: 731 Tsd.) wieder ein ähnliches Niveau wie 2015. Dies entspricht 2017 einem Anteil von 20,1 Prozent.

## PERSONAL

Am 31.12.2017 waren beim Fraunhofer-Institut für Eingebettete Systeme und Kommunikationstechnik ESK insgesamt 50 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (2016: 47) tätig. Davon arbeiteten ca. 80 Prozent im wissenschaftlich-technischen Bereich. 30 (2016: 27) wissenschaftliche Hilfskräfte unterstützten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Laufe des Jahres bei ihrer Arbeit. 41 Praktikanten und Diplomanden (2016: 42) erwarben bei ihrer Tätigkeit wissenschaftliches Know-how bzw. setzten ihre Erkenntnisse in wissenschaftliche Arbeiten um.

## VERÖFFENTLICHUNGEN

2016 und 2017 veröffentlichten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler insgesamt 68 wissenschaftliche Publikationen. Sie betreuten 13 Bachelor- und Masterarbeiten. Es wurden 3 Patente angemeldet.

## PATENTE

### Patentveröffentlichungen:

- Bittl, S.: Absicherung von Datenaustausch

### Patenterteilung:

- Chen, Y.; Hussmann, C.: Verfahren, Vorrichtung und Computerprogramm zum Bestimmen eines Modulationsverfahrens, mit dem eine Mehrzahl von empfangenen Symbolen moduliert wurde
- Chen, Y.: Vorrichtung und Verfahren zum Identifizieren eines für ein über einen ausgewählten Subträger übertragenes Symbol verwendeten Modulationsverfahrens
- Eilers, D.; Weiß, G.: Vorrichtung zum Erzeugen eines markierten Referenzdatenstroms
- Hildebrandt, G.; Saad, A.: Vorrichtung und Verfahren zur Detektion von Signalinterferenzen



## LEHRSTUHL FÜR KOMMUNIKATIONSSYSTEME

Der Institutsleiter des Fraunhofer ESK, Prof. Dr.-Ing. Rudi Knorr, ist gleichzeitig Ordinarius des Lehrstuhls für Kommunikationssysteme an der Fakultät für angewandte Informatik der Universität Augsburg. Der Lehrstuhl widmet sich der Erforschung der Grundlagen von selbstorganisierenden Kommunikationssystemen in Verbindung mit Next Generation Networks wie Cyber-Physical Systems oder dem Internet of Things.

Im Mittelpunkt von Forschung und Lehre stehen die Anforderungen an die Informations- und Kommunikationstechnik und eingebetteten Kommunikationssysteme. Anwendungen, Systeme und Geräte, Maschinen, Fahrzeuge und IKT-Netzwerke müssen aufeinander abgestimmt sein. Nur so können sie Funktionen und Dienstleistungen bereitstellen, die weit über ihre eigenen Systemgrenzen hinausgehen. Herausforderung dabei: die Verlässlichkeit, d. h. dynamische Reaktion in Echtzeit auf Veränderungen in der Umgebung und der Verfügbarkeit von Geräten, Diensten, Ressourcen und die Robustheit der Kommunikation.

Am Lehrstuhl werden nicht nur Basistechnologien für verlässliche Verbindungen und Datenübertragung erforscht, sondern auch die Interoperabilität und Durchgängigkeit unterschiedlicher Systeme und Komponenten für »Ende-zu-Ende«-Kommunikation. Immer mit Blick auf das Future Internet – oder Internet der Dinge – d. h. die Durchdringung aller technischen Systeme mit Internet-Technologien und damit die Schaffung einer globalen und anwendungsübergreifenden Integrationsplattform.

Adaptive Verfahren zur dynamischen und effizienteren Ausnutzung drahtloser und drahtgebundener Kanäle bis hin zu neuem Algorithmen- und Protokolldesign zur Unterstützung der Selbstorganisation in vernetzten Systemen sind weitere Forschungsschwerpunkte.

Aktuelle Forschungsprojekte untersuchen beispielsweise die Konzeption von zuverlässiger IP-basierter Kommunikation für die fahrzeuginterne Kommunikation und die drahtlose Car2X-Kommunikation sowie Übertragungstechniken und die Einbindung von Fahrzeugen in Mobilitätskonzepte, Sensornetze und Protokolle für Smart Grid und Smart Production.

# VERÖFFENTLICHUNGEN

Auf den nachfolgenden Seiten finden Sie die Veröffentlichungen des Fraunhofer ESK aus den Jahren 2016 und 2017. Die mit (\*) markierten Veröffentlichungen sind als Download über Fraunhofer-Publica abrufbar:  
publica.fraunhofer.de

*Aktas, Ismet; Bentkus, Alexander; Bonanati, Florian; Dekorsy, Armin; Dombrowski, Christian; Doubrava, Michael; Golestani, Ali; Hofmann, Frank; Heidrich, Mike; Hiensch, Stefan; Kays, Rüdiger; Meyer, Michael; Müller, Andreas; Brink, Stephan ten; Petreska, Neda; Popovic, Milan; Ruchhaupt, Lutz; Saad, Ahmad; Schotten, Hans; Wöste, Christoph; Wolff, Ingo:*

## **Funktechnologien für Industrie 4.0. (\*)**

Positionspapier, Frankfurt am Main: VDE, 2017

*Alishov, Ramazan; Spähn, Michael; Witzmann, Rolf:*

## **Co-Simulation Architecture for Centralised Direct Load Control in Smart Grid.**

In: Proceedings of the International Conference on Electricity Distribution (CIRED Workshop 2016), Helsinki, Finland, 2016

*Bittl, Sebastian; Roscher, Karsten:*

## **Feasibility of Verify-on-Demand in VANETs. (\*)**

In: Tagungsband des Fachgesprächs Inter-Vehicle Communication (inter-veh-comm-2016), Berlin, 2016, S. 10-13

*Bittl, Sebastian; Roscher, Karsten:*

## **Efficient Authorization Authority Certificate Distribution in VANETs. (\*)**

In: Proceedings of the 2nd International Conference on Information Systems Security and Privacy (ICISSP 2016), Rome, Italy, 2016, S. 85-96

*Bittl, Sebastian; Roscher, Karsten:*

## **Efficient Distribution of Certificate Chains in VANETs.**

In: Revised Selected Papers of the 2nd International Conference (ICISSP 2016), Rome, Italy, 2017, S. 86-107

*Bittl, Sebastian; Roscher, Karsten:*

## **Mutual Influence of Certificate Distribution and Pseudonym Change Strategies in Vehicular Ad-Hoc Networks.**

In: International journal of Vehicle Information and Communication Systems IJVIC 3 (2017), Nr. 2, S. 158-172

*Bittl, Sebastian; Roscher, Karsten:*

## **Protocol Modeling Accuracy in VANET Simulators. (\*)**

In: Proceedings of the 5th GI/ITG KuVS Fachgespräch Inter-Vehicle Communication (FG-IVC 2017), Erlangen, 2017, S. 13-16

*Drabek, Christian; Weiß, Gereon:*

## **DANA – Description and Analysis of Networked Applications. (\*)**

In: Proceedings of the International Workshop on Competitions, Usability, Benchmarks, Evaluation, and Standardisation for Runtime Verification Tools (RV-CuBES 2017), Seattle, USA, 2017, S. 71-80

*Drabek, Christian; Weiß, Gereon; Bauer, Bernhard:*

## **Method for Automatic Resumption of Runtime Verification Monitors. (\*)**

In: Proceedings of the 3rd International Conference on Advances and Trends in Software Engineering (SOFTENG 2017), Venice, Italy, 2017, S. 31-36



Fettweis, Gerhard P.; Franchi, Norman; Bittner, Frank;  
Dekorsy, Armin; Dillinger, Markus; Dyka, Zoya; Einsiedler,  
Hans J.; Fitzek, Frank; Frotzscher, Andreas; Glänzer, Martin;  
Hentschel, Tim; Hofmann, Frank; Hoffmann, Marco; Irmer,  
Ralf; Janßen, Uwe; Jiru, Josef; Jungnickel, Volker; Knorr, Rudi;  
Kraemer, Rolf; Kornbichler, Andreas; Kückelhaus, Markus;  
Langendörfer, Peter; Menges, Georg; Merz, Peter; Meyer,  
Michael; Mühleisen, Maciej; Müller, Andreas; Oswald, Erik;  
Ruchhaupt, Lutz; Redana, Simone; Reinartz, Michael;  
Richter, Klaus; Riedl, Johannes; Schotten, Hans; Schulz, Dirk;  
Schupke, Dominic; Thümmel, Christoph; Timm-Giel, Andreas;  
Wiebus, Christian; Willmann, Sarah; Zimmermann, Gerd:  
**Resiliente Netze mit Funkzugang. (\*)**  
Positionspapier, Frankfurt am Main: VDE, 2017

Franze, Juliane; Seydel, Dominique;  
Weiß, Gereon; Haspel, Ulrich:  
**Evaluation of Traffic Control Systems  
as ITS Infrastructure for Automated Driving. (\*)**  
In: Proceedings of the Intelligent Transport Systems  
(INTSYS 2017), Helsinki, Finland, 2017

Heidrich, Mike:  
**The Concept of Industry 4.0. (\*)**  
Presentation at Industrie Paris, l'usine du futur, Paris, 2016

Heidrich, Mike:  
**Fehlende Standards bremsen das Internet der Dinge noch.**  
In: Elektronikpraxis (2016), Embedded Software Engineering,  
S. 8-10

Heidrich, Mike:  
**Fehlende Standards bremsen das Internet der Dinge noch.**  
In: Mechatronik News (2016), Nr. 2, S. 3-4

Heidrich, Mike; Luo, Jesse Jijun:  
**Industrial Internet of Things:  
Referenzarchitektur für die Kommunikation. (\*)**  
Whitepaper, München: Fraunhofer ESK, 2016

Heidrich, Mike; Oswald, Erik:  
**Kommunikationstechnik für intelligente Messsysteme. (\*)**  
Vortrag auf dem 20. VDE-Arbeitskreissymposium  
»Netzleittechnik«, Dresden, 2017

Heidrich, Mike:  
**Referenzarchitektur für die Kommunikation im IIoT. (\*)**  
Vortrag auf dem Internet of Things (IoT) Kongress,  
München, 2016

Heidrich, Mike; Oswald, Erik:  
**Technische Umsetzung von Smart Metern. (\*)**  
Vortrag auf dem 4. Bautzener Energieforum, Bautzen, 2017

Heinrich, Patrick; Oswald, Erik; Knorr, Rudi:  
**Energy Saving Potential of Adaptive, Networked,  
Embedded Systems: A Case Study. (\*)**  
In: Proceedings of the 6th International Conference  
on Smart Grids, Green Communications and IT Energy-aware  
Technologies (ENERGY 2016), Lisbon, Portugal, 2016

Hincapie Henao, Daniel; Louveaux, Jérôme;  
Maierbacher, Gerhard:  
**Towards a Range-Enhanced and Spectrum-Friendly G.fast.**  
In: Proceedings of the IEEE Global Communications  
Conference (GLOBECOM 2016), Washington, DC, USA, 2016

Hincapie, Daniel; Leibiger, Mathias:  
**Advanced Simulations for G.fast, Vectoring & Co.**  
In: EETimes.com (2016), Nr. 7, S. 28-30

Knorr, Rudi:  
**Wie die SPS in die Wolke wandert: Web-basierte  
Steuerungssysteme im Maschinen- und Anlagenbau.**  
In: Hanser Konstruktion (2016), Nr. 7, S. 79

# VERÖFFENTLICHUNGEN

*Langmann, Reinhard; Stiller, Michael:*

## **Der Befehl aus der Cloud: SPS-Steuerung aus der Cloud.**

In: Ke-next: Konstruktion & Engineering (2017), Nr. 3, S. 13-15

*Langmann, Reinhard; Stiller, Michael:*

## **Cloud-basiert steuern – aber wie? (\*)**

In: Computer & Automation (2017), Nr. 6, S. 30-33

*Langmann, Reinhard; Stiller, Michael:*

## **Flexibel steuern mit der Datenwolke.**

In: SPS-Magazin (2016), SPS-Special 2016, S. 84-86

*Langmann, Reinhard; Stiller, Michael:*

## **Industrial Cloud – Status und Ausblick.**

In: Reinheimer, Stefan (Hrsg.): Industrie 4.0. Herausforderungen, Konzepte und Praxisbeispiele. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2017, S. 29-47

*Langmann, Reinhard; Stiller, Michael:*

## **Cloud-Based Industrial Control Services.**

### **The Next Generation PLC.**

In: Auer, Michael, E.; Zutin, Danilo G. (Hrsg.): Online Engineering & Internet of Things. Proceedings of the 14th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV 2017). Cham: Springer International Publishing, 2018, S. 3-18

*Langmann, Reinhard; Shekhada, Dhavalkumar; Stiller, Michael:*

## **Konzept und Implementierung einer I40-Komponente für Steuerungen aus der Cloud. (\*)**

In: Tagungsband des 4. Markt & Technik Industrie 4.0 & Industrial Internet Summit 2016, München, 2016

*Langmann, Reinhard; Stiller, Michael:*

## **Steuerungsdienste aus der Cloud auf Basis IEC 61131: SPS der nächsten Generation?**

In: Atp-Edition (2017), Nr. 4, S. 24-37

*Moaveninejad, Sadaf; Saad, Ahmad; Magarini, Maurizio:*

## **Enhancing the Performance of WiNPLC**

### **Smart Grid Communication with MIMO NB-PLC.**

In: Proceedings of the IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and IEEE International Conference on Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe 2017), Milan, Italy, 2017, S. 1272-1277

*Oswald, Erik:*

## **Geeignete Kommunikationssysteme im Verteilnetz.**

Vortrag auf dem ETP Fachforum Innovative Netzplanung und -steuerung, Berlin, 2016

*Petreska, Neda:*

## **End-to-End Performance Analysis for Industrial IEEE 802.15.4e-based Networks. (\*)**

In: Proceedings of the 16th GI/ITG KuVS Fachgespräch Sensornetze der GI/ITG Fachgruppe Kommunikation und Verteilte Systeme, Hamburg, 2017

*Petreska, Neda:*

## **Network-Calculus-Based Approach for Optimal Transmit Power Allocation in Wireless Industrial Multi-Hop Networks. (\*)**

Presentation at Meeting of the VDE/ITG Section 5.2.4 »IP and Mobility«, München, 2017

*Petreska, Neda; Al-Zubaidy, Hussein; Staehle, Barbara; Knorr, Rudi; Gross, James:*

## **Statistical Delay Bound for WirelessHART Networks. (\*)**

In: Proceedings of the 13th ACM Symposium on Performance Evaluation of Wireless Ad Hoc, Sensor, & Ubiquitous Networks (PE-WASUN 2016), Malta, 2016, S. 33-40



*Roscher, Karsten:*

**Heterogeneous Networking for Cooperative Applications. (\*)**

Presentation at IEEE Workshop on Cooperative Communication and Positioning (IV CCP), Gothenburg, Sweden, 2016

*Roscher, Karsten; Nitsche, Thomas; Knorr, Rudi:*

**Know Thy Neighbor. A Data-Driven Approach to Neighborhood Estimation in VANETs. (\*)**

In: Proceedings of the IEEE 86th Vehicular Technology Conference (VTC 2017-Fall), Toronto, Canada.

*Roscher, Karsten; Jiru, Josef; Knorr, Rudi:*

**Low-Delay Forwarding with Multiple Candidates for VANETs Using Multi-Criteria Decision Making. (\*)**

In: Proceedings of the 8th IEEE Vehicular Networking Conference (VNC 2016), Columbus, Ohio, USA, 2016

*Roscher, Karsten:*

**On the Feasibility of Multi-Hop Communication in a Realistic City Scenario. (\*)**

In: Proceedings of the 5th GI/ITG KuVS Fachgespräch Inter-Vehicle Communication (FG-IVC 2017), Erlangen, 2017, S. 29-32

*Roscher, Karsten; Maierbacher, Gerhard:*

**Reliable Message Forwarding in VANETs for Delay-Sensitive Applications. (\*)**

In: Proceedings of the 13th International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS 2016), Poznan, Poland, 2016, S. 199-203

*Roscher, Karsten; Onieva, Enrique:*

**TIMON – Hybrid Communication. (\*)**

Presentation at Workshop on Hybrid Communication (CODECS Workshop), Brussels, Belgium, 2017

*Roscher, Karsten:*

**TIMON: Enhanced Real Time Services for an Optimized Multimodal Mobility Relying on Cooperative Networks and Open Data. (\*)**

Presentation at IEEE Workshop on Cooperative Communication and Positioning (IV CCP), Gothenburg, Sweden, 2016

*Rosenthal, Thorsten; Feismann, Timo;*

*Schleib, Philipp; Weiß, Gereon; Klein, Cornel:*

**Adaptive Software für sicherheitskritische Funktionen in Batterie-elektrischen Fahrzeugen. (\*)**

In: Tagungsband der Automotive meets Electronics (AmE 2016), Dortmund, 2016, S. 180-185

*Saad, Ahmad; Mansour, Nour; Friedrich, Andreas;*

*Youssef, Ziad; Dahlhaus, Dirk; Sharma, Mridula;*

*Al Halaseh, Rana; Majeed, Erfan; Kohrt, Klaus D.;*

*Bruck, Guido; Knorr, Rudi; Jung, Peter:*

**Cognitive Radio Prototype for Industrial Applications.**

In: Proceedings of the 22th European Wireless Conference (European Wireless 2016), Oulu, Finland, 2016

*Saad, Ahmad; Staehle, Barbara; Knorr, Rudi:*

**Spectrum Prediction Using Hidden Markov Models for Industrial Cognitive Radio.**

In: Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob 2016), New York, USA, 2016, S. 448-454

*Saad, Ahmad; Staehle, Barbara:*

**Towards a Time-Domain Traffic Model for Adaptive Industrial Communication in ISM Bands.**

In: Proceedings of the Wireless Days (WD 2016), Toulouse, France, 2016, S. 154-159

# VERÖFFENTLICHUNGEN

*Schleiß, Philipp:*

**Integration of Highly-Automated Driving Functions with Fail-Operational Properties. (\*)**

Vortrag auf der safe.tech, München, 2017

*Schleiß, Philipp; Drabek, Christian; Weiß, Gereon:*

**Ausfallsicherheit mit AUTOSAR: Ressourcen neu verteilen. (\*)**

In: Elektronik automotive (2016), Nr. 8/9, S. 40-44

*Schleiß, Philipp:*

**Entwicklung ausfallsicherer Funktionen mit AUTOSAR. (\*)**

In: Tagungsband des Automotive Software Kongress 2016, Landshut, 2016

*Schleiß, Philipp; Drabek, Christian; Weiß, Gereon;*

*Bauer, Bernhard:*

**Generic Management of Availability in Fail-Operational Automotive Systems. (\*)**

In: Proceedings of the 36th International Conference (SAFECOMP 2017), Trento, Italy, 2017, S. 179-194

*Seydel, Dominique; Bittl, Sebastian; Pfeiffer, Jakob; Jiru, Josef;*

*Beckmann, Hanno; Frankl, Kathrin; Eissfeller, Bernd:*

**An Evaluation Methodology for VANET Applications Combining Simulation and Multi-Sensor Experiments.**

In: Proceedings of the International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS 2016), Rome, Italy, 2016, S. 213-224

*Shekhada, Dhavalkumar; Stiller, Michael; Salvi, Aniket:*

**A Comparison of Current Web Protocols for Usage in Cloud Based Automation Systems. (\*)**

In: Tagungsband des 7. Jahreskolloquiums »Kommunikation in der Automation« (KommA 2016), Lemgo, 2016

*Shekhada, Dhavalkumar; Stiller, Michael; Salvi, Aniket:*

**A Comparison of Current Web Protocols for Usage in Cloud Based Automation Systems.**

In: Jasperneite, Jürgen; Lohweg Volker (Hrsg.): Kommunikation und Bildverarbeitung in der Automation. Technologien für die intelligente Automation. Berlin: Springer Vieweg, 2018, S. 54-72

*Stiller, Michael; Heidrich, Mike; Langmann, Reinhard:*

**Cloud basierte IEC 61131 Steuerungsdienste auf Basis von Webtechnologien. (\*)**

In: Tagungsband des 1. Automobil Symposium Wildau 2016, Wildau, 2016, S. 51-57

*Stiller, Michael; Langmann, Reinhard:*

**IEC61131 & Industrial Internet of Things – Bewährte Praxis mit zukunftsfähigen Technologien verbinden. (\*)**

Vortrag auf der 4. VDI Fachtagung Industrie 4.0, Düsseldorf, 2016

*Stiller, Michael:*

**Industrie 4.0 – Motivation, Status und Perspektiven. (\*)**

Vortrag auf der Veranstaltung Deutsch-Chinesische Zusammenarbeit. Industrie 4.0 – Intelligente Fertigung. Internationales Investitions- und Kooperationsforum, München, 2017



*Stiller, Michael; Langmann, Reinhard:*

**Klassische Steuerungstechnik im Zeitalter der Cloud. (\*)**

Vortrag auf dem Fachforum Industrie 4.0, Nördlingen, 2016

*Weiß, Gereon; Drabek, Christian:*

**Absicherung vernetzter IoT-Funktionen mit selbstlernenden Modellen. (\*)**

Vortrag auf der Konferenz »Internet of Things – vom Sensor bis zur Cloud«, München, 2017

*Weiß, Gereon; Drabek, Christian:*

**Absicherung von komplexen Software-Komponenten vernetzter Fahrzeuge. (\*)**

In: Tagungsband des Automotive Software Kongress 2016, Landshut, 2016

*Weiß, Gereon; Schleiß, Philipp:*

**Adaptive Software-Architekturen für automatisierte Systeme: Fail-Operational: Wie hochautomatisierte Funktionen trotz Fehler funktionieren. (\*)**

In: Tagungsband des Embedded Software Engineering Kongress 2016, Sindelfingen, 2016, S. 105-110

*Weiß, Gereon; Schleiß, Philipp; Drabek, Christian:*

**Ausfallsichere E/E-Architektur für hochautomatisierte Fahrfunktionen.**

In: ATZ-Elektronik 11 (2016), Nr. 3, S. 17-21

*Weiß, Gereon; Klein, Cornel:*

**Fail-Operational In-Vehicle E/E-Architectures – Dependable Basis for Automated Driving.**

Presentation at Euroforum International Conference Automotive Software Development, München, 2016

*Weiß, Gereon; Rosenthal, Thorsten:*

**Neue Konzepte für zukünftige E/E-Architekturen.**

In: Hanser Automotive (2016), Nr. 11/12, S. 52-54

*Weiß, Gereon; Schleiß, Philipp; Drabek, Christian;*

*Ruiz, Alejandra; Radermacher, Ansgar:*

**Safe Adaptation for Reliable and Energy-Efficient E/E Architectures.**

In: Watzenig, Daniel (Hrsg.): Comprehensive Energy Management – Safe Adaptation, Predictive Control and Thermal Management.

Cham: Springer International Publishing, 2017, S. 1-18

*Weiß, Gereon; Jiru, Josef:*

**Software implementieren und absichern:**

**Mit Modellierung zum schnelleren Prototyping. (\*)**

In: Embedded Design (2017), Nr. 3, S. 42-44

*Weiß, Gereon; Schleiß, Philipp; Drabek, Christian:*

**Towards Flexible and Dependable E/E-Architectures for Future Vehicles. (\*)**

In: Proceedings of the 4th International Workshop on Critical Automotive Applications: Robustness & Safety (CARS 2016), Gothenburg, Sweden, 2016

*Weiß, Gereon:*

**Verlässliche Adaptive Software-Architekturen im Auto:**

**Von Fail-Silent zu Fail-Operational. (\*)**

In: Internationales Verkehrswesen (2017), Nr. 4, S. 49-51

# VERÖFFENTLICHUNGEN

## ABSCHLUSSARBEITEN

*Afghahi, Keikavoos:*

**Algorithm for Efficient Channel Allocation in Wireless Multi-Cell Industrial Networks.**

Master Thesis, TU München, 2017

*Biesinger, Christoph:*

**Koordination von TSCH- und RPL-Protokolle in der Aufbauphase eines Multi-Hop-Netzwerkes.**

Master Thesis, Universität Augsburg, 2017

*Chandmare, Kunal:*

**Automated Configuration of Time-Critical Multi-Configuration AUTOSAR Systems.**

Master Thesis, TU Chemnitz, 2017

*Feiertag, Katharina:*

**Angriffserkennung in Software-Defined Networks: Implementierung und Evaluation eines Flow-basierten Erkennungssystems.**

Master Thesis, FH Campus Wien, 2016

*Göckel, Fabian:*

**Correlations between Network Conditions and Quality of CACC Systems in Terms of Safety, Efficiency and Channel Utilization.**

Master Thesis, TU München, 2016

*Hofbauer, Brigitte:*

**Quantitative IT-Sicherheitsbewertung von Authentifizierungs- und Autorisierungsverfahren.**

Master Thesis, FH Campus Wien, 2016

*Janßen, Rebecca:*

**Erweiterung des Ticketsystems OTRS am Fraunhofer ESK: Abweisung ungültiger Anfragen und einstufige Eskalation.**

Bachelor Thesis, Hochschule München, 2016

*Panthangi Manjunath, Ramya:*

**Congestion Control by In-Vehicle Traffic Shaping for Vehicular Safety Applications.**

Master Thesis, TU München, 2016

*Prakash Padalkar, Pranav:*

**Energy Efficient Routing Algorithm for Wireless Heterogeneous Networks under Statistical Delay Constraints.**

Master Thesis, RWTH Aachen, 2017

*Salvi, Aniket:*

**Design and Prototyping of Self-Learning Methods for Semi-Automated Model Creation as a Reference Behavior in Distributed Embedded System.**

Master Thesis, Universität Magdeburg, 2017

*Schott, Dominik:*

**Implementierung und Evaluierung eines verteilten Scheduling-Algorithmus für die Netzwerkbildung im Industrial Internet of Things.**

Bachelor Thesis, Universität Augsburg, 2017

*Shah, Jay:*

**Design and Evaluation of a Distributed Consensus Framework for Safety Related Applications in Vehicular Ad-Hoc NETWORKS (VANETs).**

Master Thesis, TU München, 2016



# IMPRESSUM

## Herausgeber

Fraunhofer-Institut für Eingebettete Systeme  
und Kommunikationstechnik ESK  
Hansastraße 32  
80686 München

Telefon: +49 89 547088-0  
info@esk.fraunhofer.de  
www.esk.fraunhofer.de

## Produktion und Redaktion

Nadine Stumpf  
Telefon: +49 89 547088-321  
nadine.stumpf@esk.fraunhofer.de

Melanie Haas  
Telefon: +49 89 547088-397  
melanie.haas@esk.fraunhofer.de

## Titelbild

Das Titelbild zeigt die Installation *Moving Lines* (2008)  
Kunstinszenierung mit Licht von Reinhold Föst,  
freischaffender Künstler, und OSRAM Light Consulting

## Bildquellen

Seite 3: © Fraunhofer ESK  
Seite 4-7: © panthermedia.net / Melpomene  
Seite 8-11: © panthermedia.net / tipchai  
Seite 12-13: © panthermedia.net / Peter Gudella  
Seite 14-16: © Fotolia / burstfire  
Seite 16: © panthermedia.net / Valerii Stoika  
Seite 17: © Fraunhofer ESK  
Seite 18-19: © panthermedia.net / U Pixel  
Seite 18: © Fraunhofer IESE  
Seite 19: © Fraunhofer IESE  
Seite 22-27: © Fotolia / kovalto1

## Gestaltung und Grafiken

www.brandneu-design.com

© Fraunhofer-Institut für Eingebettete Systeme  
und Kommunikationstechnik ESK, München, 2018

*Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck und Übersetzung  
nur mit schriftlicher Genehmigung der Redaktion.*

**EINSTIEGS-  
MÖGLICHKEITEN**

**ABSCHLUSS-  
ARBEITEN**

**PRAKTIKUM**

**DIREKT-  
EINSTIEG**

**WERK-  
STUDENTEN-  
TÄTIGKEIT**

**PROMOTION**