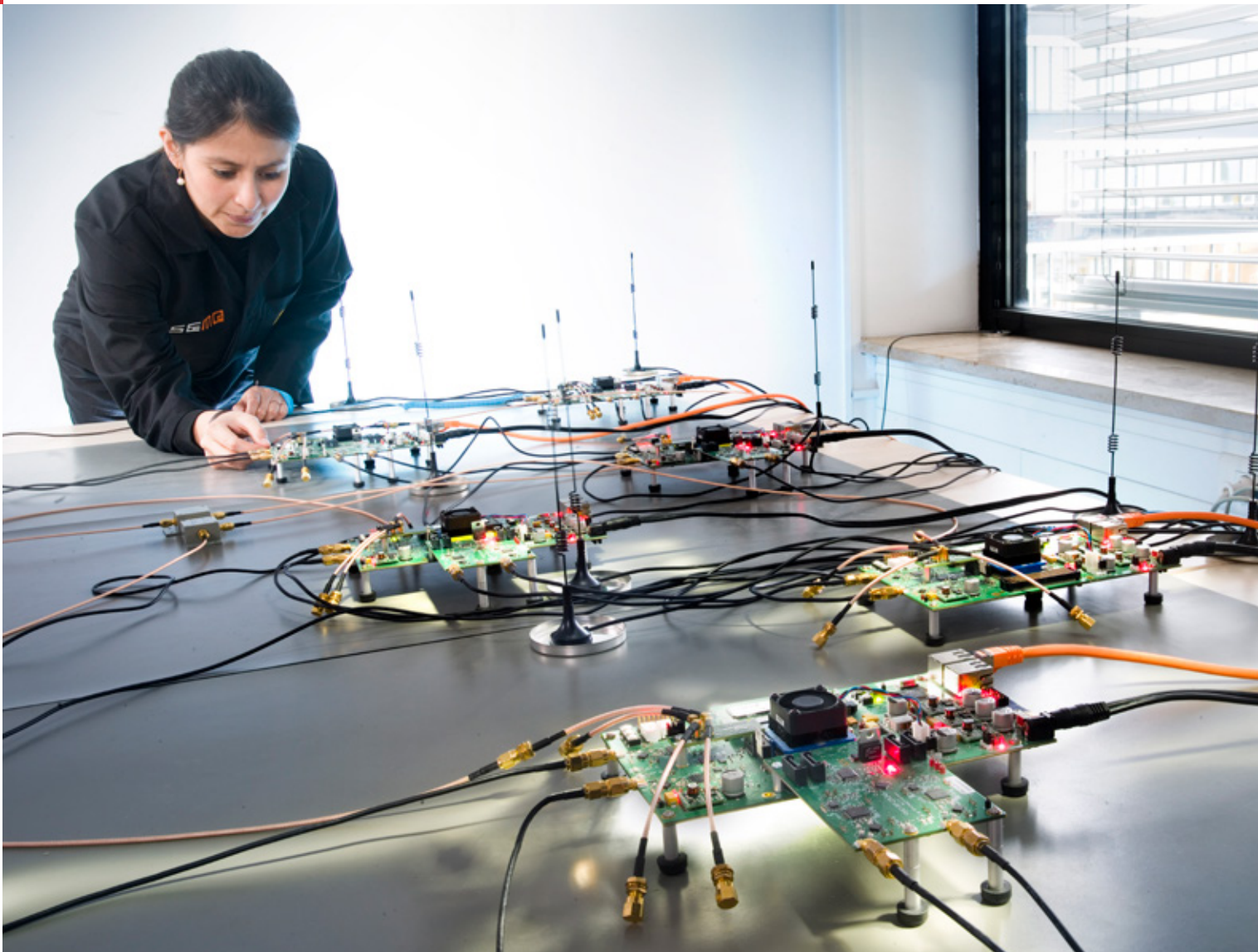




LOEWE

ABSCHLUSSBERICHT



**LOEWE-Schwerpunkt
NICER – Vernetzte infrastrukturlose Kooperation
zur Krisenbewältigung**


Inhalt

- 2 Statement des Koordinators
- 3 Projektinhalte
- 3 Wissenschaftlich-technische Ausgangslage
- 3 Im Rahmen des LOEWE-Projekts erreichte Erkenntnisse und getätigte Entwicklungen
- 6 Erreichte Strukturentwicklung
- 6 Erreichte Bedeutung/Stellung im Themen-/Forschungsfeld
- 7 Wichtigste Meilensteine des Projekts
- 10 Weitere Informationsmöglichkeiten
- 10 Zahlen und Fakten
- 11 Kurzvorstellung der beteiligten Hochschulen und außeruniversitären Forschungsinstitute
- 13 Impressum

Der LOEWE-Schwerpunkt NICER wurde am 1. Januar 2015 etabliert und über vier Jahre mit insgesamt 5,2 Mio. Euro im Rahmen des Forschungsförderungsprogramms LOEWE (Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz) finanziert.

Krisen, Katastrophen und Großschadensereignisse werden durch Naturgewalt, menschliches oder technisches Versagen sowie Gewalt und Terror ausgelöst. Sie bedrohen Menschenleben, die öffentliche Sicherheit im betroffenen Gebiet und die Wirtschaft überregional. Technische Infrastrukturen werden dabei beschädigt oder fallen aus. Der LOEWE-Schwerpunkt NICER erforschte, wie infrastrukturlose Informations- und Kommunikationstechnologie im Krisenfall Menschen vernetzen und damit eine Kooperation zur Bewältigung der Krise ermöglichen kann. Hierzu konzentrierte sich NICER auf drei Leitthemen: (1) Die Etablierung autonomer, dezentraler und robuster „Kommunikationsinseln“, (2) den Aufbau von „Kommunikationsbrücken“ zwischen Kommunikationsinseln sowie (3) den Betrieb eines „Gesamtnetzes“ mit Diensten und Anwendungen zur Ermöglichung einer Kooperation in der Krisensituation.

Im Rahmen der LOEWE-Förderung konnten die wissenschaftlichen und technologischen Grundlagen für eine drastische Erhöhung der Leistungsfähigkeit von infrastrukturloser Kommunikation geschaffen werden. Die Förderung erlaubte es uns, Spitzenforschung im Themenfeld *Resiliente Informations- und Kommunikationssysteme* zu betreiben, nationale und internationale Kooperationen zu etablieren oder zu vertiefen. NICER war damit die Basis für die erfolgreiche Etablierung des LOEWE-Zentrums *emergenCITY*, das sich mit der Erforschung resilianter Infrastrukturen für digitale Städte befasst. NICER und *emergenCITY* festigen die internationale Spitzenposition der Technischen Universität Darmstadt, der Philipps-Universität Marburg und der Universität Kassel im Bereich der Forschung auf dem Gebiet *Resiliente Informations- und Kommunikationssysteme* und deren Zusammenwirken mit der Bevölkerung.



Prof. Dr.-Ing. Matthias Hollick
Koordinator des LOEWE-Schwerpunktes NICER
Technische Universität Darmstadt

Projekthalte

Wissenschaftlich-technische Ausgangslage

Krisen, Katastrophen und Großschadensereignisse werden durch Naturgewalt, menschliches oder technisches Versagen sowie Gewalt und Terror ausgelöst. Sie bedrohen Menschenleben, die öffentliche Sicherheit im betroffenen Gebiet und die Wirtschaft überregional. Technische Infrastrukturen werden dabei beschädigt oder fallen aus. Der LOEWE-Schwerpunkt NICER erforschte, wie infrastrukturlose Informations- und Kommunikationstechnologie im Krisenfall Menschen vernetzen und damit eine Kooperation zur Bewältigung der Krise ermöglichen kann.

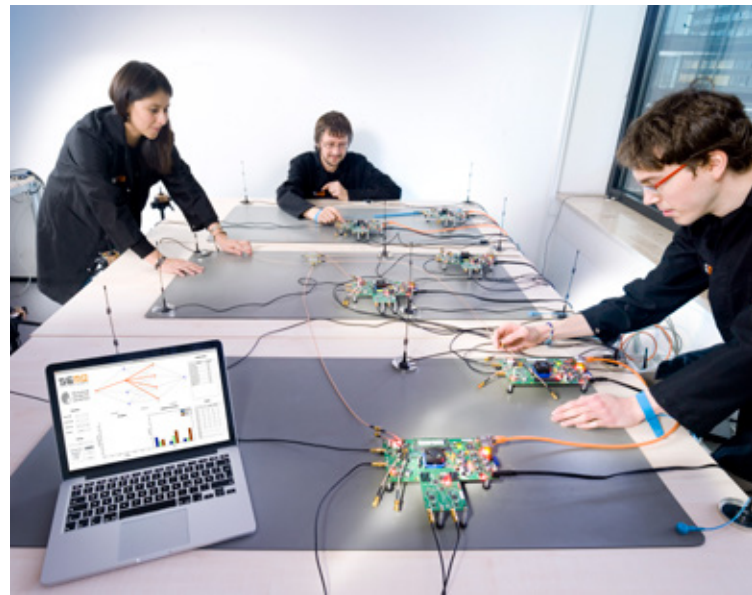
Hierzu konzentrierte sich NICER auf drei Leitthemen: (1) Die Etablierung autonomer, dezentraler und robuster *Kommunikationsinseln*; (2) den Aufbau von *Kommunikationsbrücken* zwischen Kommunikationsinseln; (3) den Betrieb eines *Gesamtnetzes* mit Diensten und Anwendungen zur Kooperation in der Krisensituation.

Für die genannten Themen erarbeitete NICER wissenschaftliche und technologische Grundlagen, um langfristig die Leistungsfähigkeit von infrastrukturloser Kommunikation drastisch zu erhöhen.

Die in NICER erforschten Lösungsansätze zeigen Wege auf, wie eine Kooperation zwischen den direkt betroffenen Menschen sowie zwischen diesen und Rettungskräften und auch technischen Rettungs- und Hilfssystemen, beispielsweise Rettungsrobotern, auch in großflächigen und komplexen Schadenslagen und trotz Infrastrukturausfall gelingen kann.

Im Rahmen des LOEWE-Projekts erreichte Erkenntnisse und getätigte Entwicklungen

Innerhalb von insgesamt vier Jahren wurden in NICER zahlreiche wichtige Erkenntnisse gewonnen. In einem ersten Schritt erfolgten in Jahr 1 die Definition der Szenarien, die Definition der Anforderungen an ein System zur Krisenkommunikation sowie die Konzeption erster Lösungsansätze. Entsprechend wurden gemeinsame repräsentative Szenarien für Demonst-



Testaufbau für Inselnetze auf Basis von Software-definierten Radios.

rations- und Validierungszwecke ausgearbeitet, bestehende Verfahren ausführlich analysiert und fehlende Systemkomponenten identifiziert. Erste Spezifikationen der Sprachen für gemeinsame Weltmodelle und Sensorsemantik wurden geschaffen und erste Lösungsansätze zur mobilen Cloud, zur dynamischen Ermittlung der Netzeigenschaften, zu robusten Weiterleitungsverfahren und zu Routingparadigmen lagen vor.

In Jahr 2 lag ein Fokus auf neuartigen statistischen Methoden zur Gewichtung von Informationsquellen sowie Replikationsstrategien und Konsistenzprotokollen des Weltmodells. Ansätze zu einer robusten Kontextdatenerfassung wurden geschaffen. Prototypische Implementierungen der Datenpriorisierung, der Routingverfahren sowie Verfahren zur teilautonomen Steuerung der Rettungsroboter wurden geschaffen. Die Mechanismen sind dabei katastrophensicher, energieoptimiert, skalierbar und effizient.

In Jahr 3 lag der Fokus des NICER-Teams auf der Integration, Validierung, Testung und Leistungsbeurteilung der Teilergebnisse. Diese Phase erbrachte einen hohen Zugewinn an wissenschaftlichen Erkenntnissen, da durch die initialen Arbeiten im Projektverbund hochgradig interessante neue Forschungsfragen aufgeworfen wurden, die zum Zeitpunkt der

Antragstellung noch nicht absehbar waren. Entwickelt wurden Verfahren zur energieeffizienten und robusten Kommunikation in Inseln, Brücken und im Gesamtnetz. Diese sind adaptiv für ein breites Spektrum an Krisensituationen und prinzipiell praxistauglich. Die Szenarien wurden durch die integrierten Demonstratoren und Fallbeispiele veranschaulicht. Die Demonstratoren kombinierten dabei die Aspekte von cyber-physischen Hilfssystemen, Kommunikationsnetzen sowie Diensten und Anwendungen und nutzen hierzu das erfolgreich etablierte Emergency Response Lab in NICER. Zudem erfolgte eine Validierung und detaillierte Leistungsbewertung der entwickelten Verfahren.

Im Rahmen der Auslauffinanzierung in Jahr 4 konnte der Verbund ausgewählte und nur im Team lösbare Forschungsfragen adressieren. Inhaltlich wurden neu-

artige Technologien wie Millimeterwellen hinsichtlich der Anwendbarkeit in Inselnetzen untersucht. Erweiterte Fähigkeiten der Situationserfassung und Objektmanipulation für Rettungsrobotik konnten praktisch demonstriert werden. Verfahren des maschinellen Lernens wurden zur Optimierung von Inseln und Brücken genutzt. Neue Ansätze zur ereignisbasierten Verarbeitung sowie neue Programmiermodelle für ausfallsichere Systeme im Gesamtnetz wurden vorgestellt. Die Verfahren wurden evaluiert und gemeinsame Demonstratoren wurden erweitert. Gleichzeitig wurde auf ein LOEWE-Zentrum zum Thema Resilienz in digitalen Städten hingearbeitet.

Die erzielten Ergebnisse wurden auf Spitzenkonferenzen und in angesehenen Fachzeitschriften publiziert. Hervorzuheben sind insbesondere Veröffentlichungen im IEEE Wireless Communications Magazine,

Besuch von Kanzlerin Dr. Angela Merkel und Ministerpräsident Volker Bouffier an der TU Darmstadt. Vorführung eines Rettungsroboters durch das TEAM Hector.





NICER-Forschende bei der Inbetriebnahme einer drahtlosen Kommunikationsplattform.

den IEEE Transactions on Wireless Communications, den IEEE Transactions on Mobile Computing sowie dem EURASIP Journal on Advances in Signal Processing. Zudem erhielten mehrere NICER-Publikationen spezielle Auszeichnungen, wie den Gewinn der SPLASH'15 Student Research Competition, den Gewinn des Best Paper Awards auf der ACM WiSec 2017, der ACM WINTECH 2017 sowie der ACM Mobicom 2018 (Best Community Paper und Best Demo).

Die in NICER entwickelte Software wurde als Open Source verfügbar gemacht und erzielte eine hohe Sichtbarkeit: die NexMon und OpenDrop Rahmenwerke zur Etablierung von Kommunikationsinseln, das sichere Kommunikationssubstrat SEMUD, das verteilte Emulationssystem MiniWorld, die Applikationsanalysewerkzeuge AndroLyze und Dynalize, das DTN-RPC Kommunikationssystem sowie die in NICER erweiterte REScala Programmiersprache.

Ferner konnten die Verbundpartner eine Reihe von Preisen einwerben: Ausgezeichnete und prämierte Dissertationen, Gewinn der Argos Challenge des Unternehmens Total (mit 500.000 Euro dotiert), Gewinn des EnRich Wettbewerbes 2019, Gewinne in der Rettungsroboterliga der RoboCup-Weltmeisterschaft (mehrfach), Platzierung bei der DARPA Robotics Challenge sowie ein Preis im Rahmen der Pacific Humanitarian Challenge.



Gewinn des ersten Preises auf dem World Robot Summit in der „Plant Disaster Prevention Challenge“.

Technologietransfer erfolgte im Rahmen der Gründung des Start-ups Energy Robotics der TU Darmstadt (www.energy-robotics.com), das in 2018 von ehemaligen NICER-Mitwirkenden gegründet wurde. Die einzigartige Technologie konnte nicht zuletzt durch die LOEWE-Förderung ermöglicht werden.

Erreichte Strukturentwicklung

Der LOEWE-Schwerpunkt NICER bereitete erfolgreich die Zentrumsbildung an den beteiligten Hochschulen für das hochgradig aktuelle und relevante Thema *Resiliente Informations- und Kommunikationssysteme* vor.

Hierzu wurde eine Reihe von sichtbaren Verbundaktivitäten initiiert oder durch NICER weiter befördert. Dies sind unter anderem das DFG-Graduiertenkolleg 2050 *Privatheit und Vertrauen für mobile Nutzende*, welches die in NICER eingesetzten Plattformen und Themenbereiche aufgreift und ergänzt, das DFG-Graduiertenkolleg 2222 *Kritische Infrastrukturen: Konstruktion, Funktionskrisen und Schutz in Städten*, welches die Arbeiten in NICER hauptsächlich um geistes- und sozialwissenschaftliche Aspekte komplementiert sowie der DFG-Sonderforschungsbereich 1053 *Multi-Mechanismen-Adaption für das künftige Internet*, der hochgradig adaptive Kommunikationssysteme erforscht.

Dank NICER wurde die wissenschaftliche Kooperation im Themenfeld *Resiliente Informations- und Kommunikationssysteme in Hessen* über die gelebte

enge Kooperation der Universität Kassel, der Philipps-Universität Marburg sowie der Technischen Universität Darmstadt befördert. Dies wurde nicht zuletzt durch mehr als 130 begutachtete Publikationen, davon mehr als 25 gemeinsame Publikationen zwischen mehreren Arbeitsgruppen dokumentiert.

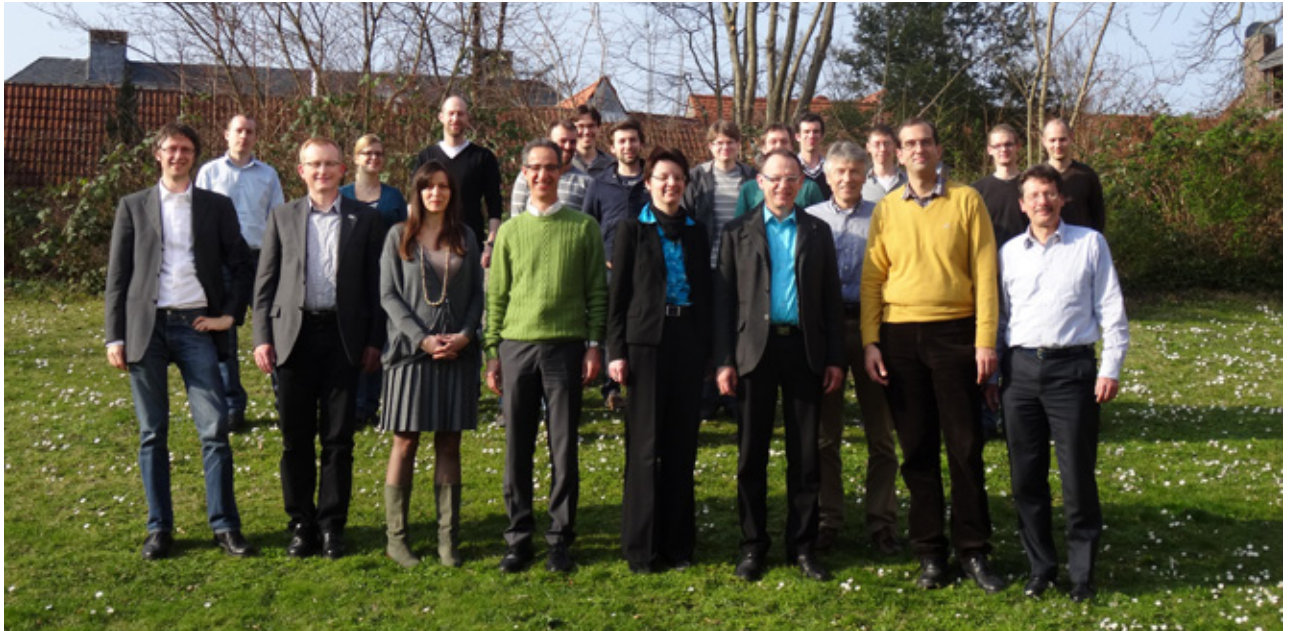
Auf Basis dieser gemeinsamen Arbeiten konnte das LOEWE-Zentrum *emergenCITY – die resiliente digitale Stadt* zwischen den genannten Universitätspartnern etabliert werden, welches mehr als 20 hessische Arbeitsgruppen auf dem Themenfeld vereint und national wie international hochgradig sichtbar ist.

Erreichte Bedeutung/Stellung im Themen-/Forschungsfeld

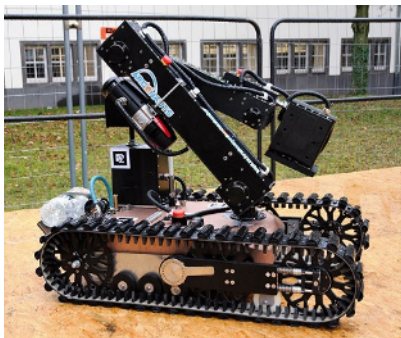
NICER konnte im nationalen und internationalen Umfeld eine hohe Sichtbarkeit erzielen. Beispiele hierfür sind die vom 18. bis 22. Juli 2016 unter der Leitung von NICER-Sprecher Prof. Hollick durchgeführte internationale Tagung ACM WiSec sowie die Kooperation mit einer Reihe von internationalen Expert*innen sowie Humboldt-Preisträger*innen.

Eine Reihe von internationalen Kooperationen wurde aus NICER heraus initiiert, wie beispielsweise mit dem Madrid Institute for Advanced Studies (IMDEA Networks, Madrid, Spanien), der University of Massachusetts (UMASS, Amherst, USA), dem weltweit führenden Zentrum zur Krisenforschung IRIDES an der Tohoku Universität (Japan) oder dem chilenischen Zentrum CIGIDEN.

Wichtigste Meilensteine des Projekts



NICER Antragstellende (im Vordergrund v. l. n. r.: Matthias Hollick, Oskar von Stryk, Silvia Santini, Abdelhak Zoubir, Anja Klein, Max Mühlhäuser, Kurt Geihs, Stefan Katzenbeisser und Ralf Steinmetz, es fehlten Bernd Freisleben und Mira Mezini) sowie wissenschaftliche Mitarbeitende bei einem Arbeitstreffen.



Roboterplattform „Tracer“ mit hoher Mobilität auch in schwierigem Umfeld wie z. B. in havarierten Industrieanlagen.



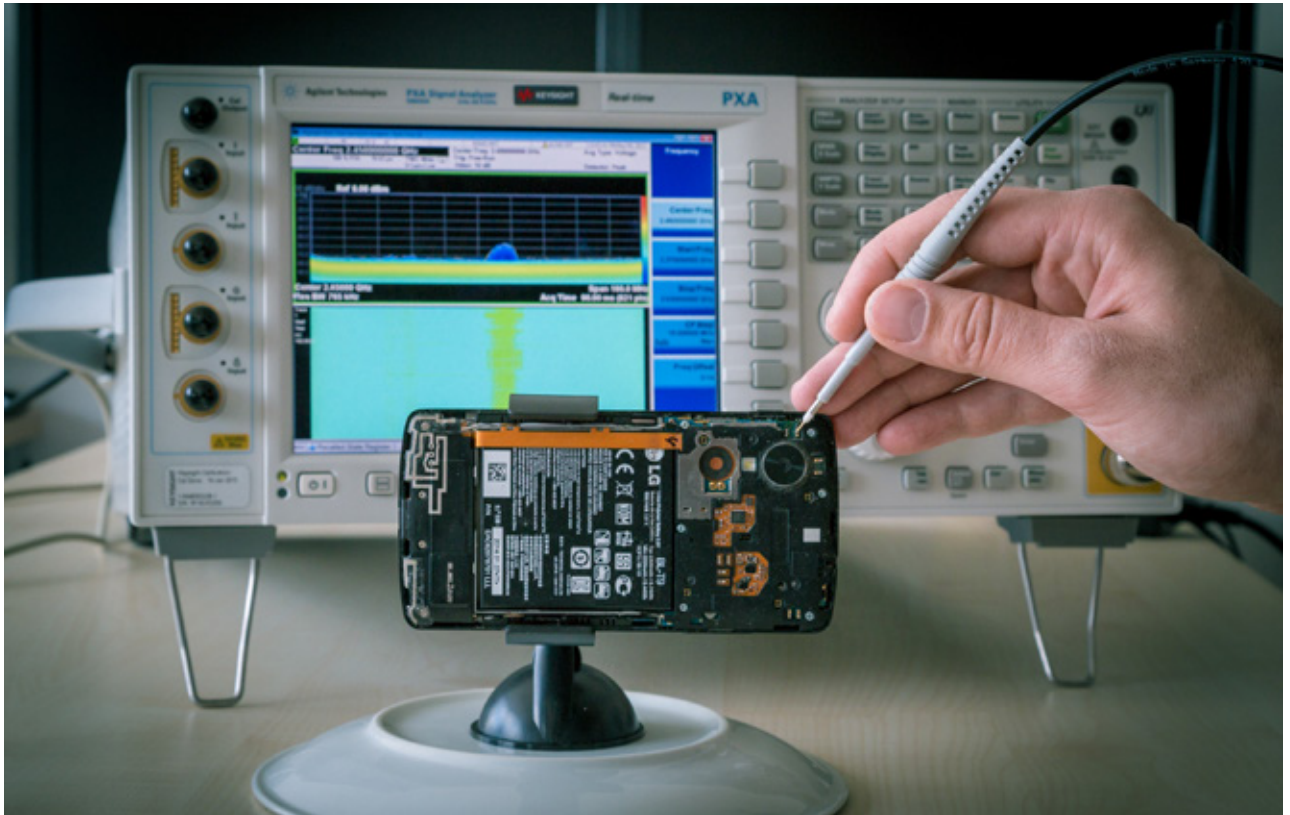
Robotiklab als Teil des Emergency-Response Lab in LOEWE NICER.



Großangelegter Feldtest im Rahmen des Projektes BMBF smarter, in dem auch LOEWE NICER Technologie zum Einsatz kam.



Erster Funktionstest der Smartphone-basierten Inselkommunikation in kleinem Rahmen.



Modifikation eines handelsüblichen Smartphones, um erweiterte Fähigkeiten für den Krisenfall zu schaffen.



Offene Testplattform für Millimeterwellenkommunikation auf Basis einer modifizierten, handelsüblichen Basisstation.

Weitere Informationsmöglichkeiten

- <https://proloewe.de/de/loewe-vorhaben/nach-themen/nicer/>
Vorstellung des LOEWE-Schwerpunkts NICER im Internetauftritt des Netzwerks der LOEWE-Forschungsvorhaben proLOEWE.
- <https://wissenschaft.hessen.de/Forschen/Landesprogramm-LOEWE/Die-Foerderstaffeln-von-LOEWE/7-LOEWE-Foerderstaffel>
Vorstellung des LOEWE-Schwerpunkts NICER im Internetauftritt des LOEWE-Förderprogramms des HMWK.

Zahlen und Fakten¹

Förderzeitraum	01.01.2015 – 31.12.2018
Bewilligte LOEWE-Mittel in Euro	5.209.439
Verausgabte LOEWE-Mittel in Euro	5.209.439
Bewilligte Drittmittel in Euro	13.639.472
Beschäftigte insgesamt ²	26,5
darunter LOEWE-finanziert	10,5
Erfolgreich abgeschlossene Promotionen	15
Erfolgreich abgeschlossene Habilitationen	0
Wissenschaftliche Publikationen	125
Fachvorträge auf wissenschaftlichen Tagungen/Konferenzen	111
Angemeldete Patente	1
darunter bereits erteilt	

¹ Die Angaben beziehen sich mit Ausnahme der Beschäftigten auf die gesamte Projektlaufzeit.

² Die Anzahl der Beschäftigten bezieht sich auf alle Beschäftigten, die an dem LOEWE-Projekt mitgearbeitet haben, in Vollzeitäquivalenten, unabhängig von ihrer Finanzierung, Stichtag 31.12. des letzten Förderjahres.

Kurzvorstellung der beteiligten Hochschulen und außeruniversitären Forschungsinstitute

Technische Universität Darmstadt

<https://www.tu-darmstadt.de/>

Die TU Darmstadt ist die einzige Technische Universität in Hessen. Mit ihren über 110 Studiengängen, mehr als 25.000 Studierenden, über 300 Professorinnen und Professoren und einem Jahresetat von über 450 Millionen Euro trägt die TU Darmstadt mit Pionierleistungen und mit herausragender Forschung und Lehre zur Lösung drängender Zukunftsfragen bei. Die TU Darmstadt konzentriert sich auf ausgewählte, hoch relevante Problemfelder. Technik steht an der TU Darmstadt im Fokus aller Disziplinen. Naturwissenschaften sowie Sozial- und Geisteswissenschaften arbeiten dabei mit den Ingenieurwissenschaften eng zusammen.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Universität Kassel

<https://www.uni-kassel.de>

Die Universität Kassel wurde 1971 im Zuge der Bildungsreform als Gesamthochschule gegründet und 2003 in eine Universität umgewandelt. Mit mehr als 25.000 Studierenden und über 300 Professorinnen und Professoren ist die Universität sowohl international vernetzt als auch – als einzige Hochschule Nordhessens – regional verankert. Ihre Forschungsschwerpunkte sind geprägt von Interdisziplinarität verbunden mit gesellschaftlichen Bezügen. Das besondere Forschungspotenzial der Universität Kassel liegt in der Spezifik ihres Fächerspektrums, das neben Schwerpunkten in den Ingenieur- und Naturwissenschaften auch Geistes-, Gesellschaftswissenschaften und die Kunst umfasst. Die interdisziplinäre Forschung in vielen Bereichen der Universität orientiert sich an den zentralen Zukunftsfragen der wachsenden Komplexität gesellschaftlicher Strukturen, wie Globalisierung, Klimawandel und Umweltschutz, technologischer Wettbewerb, sowie der kulturellen und demographischen Entwicklung.

U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T

Philipps-Universität Marburg

<https://www.uni-marburg.de>

Die Philipps-Universität Marburg ist heute, 500 Jahre nach ihrer Gründung, eine moderne Volluniversität mit rund 24.000 Studierenden. An 16 Fachbereichen forschen und lehren 370 Professorinnen und Professoren in interdisziplinären Profildbereichen. Die Universität bietet weit über 100 Studiengänge, von Archäologie bis Zahnmedizin. Bisher wurden 12 Marburger Forscherinnen und Forscher mit dem Leibniz-Preis ausgezeichnet. Als wissenschaftliche Schwerpunkte mit zahlreichen interdisziplinären Schnittstellen sind „Sicherheit, Ordnung und Konflikt“, „Sprachdynamik“, „Kognitive und angewandte Neurowissenschaften“, „Physik und Chemie von Materialien und Grenzflächen“ sowie im Bereich „Biowissenschaften und Medizin“ mit Immunologie, Tumorforschung, Mikrobiologie, Infektionsbiologie/Virologie, Biodiversität und Klima etabliert.



HESSEN



Das Forschungsförderungsprogramm LOEWE ist eine Förderinitiative des Hessischen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst.

Impressum

Herausgeber:

Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst
Rheinstraße 23 – 25
65185 Wiesbaden

Inhalt:

LOEWE-Schwerpunkt NICER – Vernetzte infrastrukturlose Kooperation zur Krisenbewältigung

Redaktion:

LOEWE-Geschäftsstelle im
Hessischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst

Layout:

Christiane Freitag, Idstein

Fotos und Grafiken:

LOEWE-Schwerpunkt NICER – Vernetzte infrastrukturlose Kooperation zur Krisenbewältigung
Titel, S. 3: © Jan Michael Hosan für ProLOEWE; S. 4: © Salome Roessler;
S. 5 Abb. 1: © Jan-Christoph Hartung; S. 5 Abb. 2: © TU Darmstadt/Team Hector; S. 7 und S. 8 Abb. 1: © TU Darmstadt; S. 8 Abb. 2 und S. 9:
© Hessen Agentur/Jürgen Kneifel