

Forschen für das Multitalent Sensor

Sensoren gelten als die Hauptplayer in mobilen Kommunikationsnetzwerken der Zukunft. Wissenschaftler der TU Darmstadt wollen gemeinsam mit Kollegen der Uni Kassel diesen Kleinstgeräten robustere Eigenschaften verleihen.

Von Jutta Witte

Sie sind mittlerweile kleiner als ein Fingernagel, erfassen alle möglichen Daten, verarbeiten und leiten sie weiter und durchdringen unsere Lebens- und Arbeitswelt immer mehr. Die Wissenschaftler von „Cocoon“, einem Projekt des hessischen Exzellenzprogramms LOEWE, trauen Sensoren als Dreh- und Angelpunkte in einer Welt, in der Rechner, physikalische Objekte und Nutzer unabhängig von Zeit und Ort drahtlos kommunizieren, eine Menge zu.

„In Zukunft werden wir überall Sensoren haben“, prophezeit Matthias Hollick, Informatik-Professor an der TU Darmstadt und bei Cocoon zuständig für die Netzwerkarchitektur. Tausende von immer mobileren Sensorknoten, vollgepackt mit Informationen, müssten dann miteinander in Einklang gebracht werden, sich Frequenzen teilen, in Eigenregie innerhalb von Sekunden den besten Funkkanal suchen und Störungen ausgleichen. Die Experten erforschen die Basistechnologien für einen möglichst reibungslosen Ablauf dieser drahtlosen Kommunikation – keine leichte Herausforderung, denn schon Bewegungen von Personen, ein Mikrowellengerät im Raum oder gut isolierte Fensterscheiben können den Funkkontakt empfindlich stören.

„Technologien, die wir aus der Kommunikation zwischen Handy und Basisstation kennen, reichen hier nicht mehr aus“, erklärt Hollick. Sein Team soll die Strukturen der Multi-hop Netze so gestalten, dass sie robust sind. Was das im

Forschungsalltag bedeutet, zeigt ein Blick ins neue Cocoon-Labor. Hier stehen die Transceiver der neuesten Generation, genannt Software-defined Radios. Sie sind mittels Software rekonfigurierbar, ihre Hardware kann sich wechselnden Bedingungen der Umgebung anpassen.

Matthias Schulz sitzt umgeben von Platinen und kleinen Antennen vor dem Rechner und testet die im Rahmen seiner Masterarbeit entwickelten Übertragungsverfahren.

Er analysiert, welchen Funkkanal die Sensoren auswählen, wie stabil dieser Kanal ist und ob am Ende die Informationen eins zu eins beim Empfänger ankommen. Der Fluss der Daten, die die vielen Antennen gleichzeitig ausstrahlen, wird online auf dem Bildschirm abgebildet.

Die Kanäle ändern sich ständig und lassen dem Sensor nur Bruchteile von Sekunden Zeit, um sie einzuschätzen.

„Darauf müssen wir reagieren und die Signale bereits auf der physikalischen Ebene des Transceivers entsprechend manipulieren“, sagt Schulz. Hunderte solcher Messreihen und Fehlersuchzyklen liegen vor den Wissenschaftlern, bis ein funktionsfähiger Mechanismus steht. Das Hochleistungslabor mit seinem Testfeld ist der Kristallisationspunkt, an dem alle Fäden zusammenlaufen. Hier müssen die Konzepte der Forscher aus den einzelnen Teilprojekten, die sich in Simulationen bereits als brauchbar erwiesen haben, den Praxistest bestehen. Hier können die Experten in Echtzeit sehen, ob ihre Berechnungen korrekt waren,

oder mit Rapid-Prototyping-Verfahren praxistaugliche Modelle hochkomplexer Kommunikationssysteme bauen.

Inmitten dieser High-Tech-Umgebung greift Matthias Hollick zum Stift, um seinen Lösungsansatz zu erklären.

Der Informatiker zeichnet ein Spinnennetz mit vielen dicken Punkten auf das White Board. Es zeigt ein vermaschtes Sensornetz mit seinen Knoten oder Aktoren. Die einzelnen Fäden, so kann man es sich vorstellen, sind die Pfade, auf denen sich die Daten bewegen. „Es gibt in diesem System keine Schaltzentrale, die den generellen Überblick hat und die Pfade zuweist“, erläutert der Wissenschaftler. „Die Sensorknoten müssen also selbst entscheiden, auf welchem Weg sie die Daten schicken.“

Um ein solches Netz

mit autonomen Knoten robust und leistungsfähig zu betreiben, untersuchen Hollick und seine Kollegen nicht nur einen Pfad von Punkt

zu Punkt, sondern nehmen in einem ganzen Korridor mit mobilen Sensorknoten größere Entfernungen in den Blick: „Das ist, als ob man sich auf einer Straße mit ständig wechselnden Schlaglöchern bewegt, denen man ausweichen muss.“ Eine solche Dynamik erfordert Flexibilität. Und die ist nur zu erreichen, wenn man die bislang voneinander getrennten Netz-

werkschichten durchlässig macht für schnelle Anpassungen. „Wir wollen sie fundamental zusammen bringen und könnten damit die zentrale Instanz ersetzen“, sagt Hollick.

In Simulationsversuchen hat sich dieses Konzept bereits als plausibel erwiesen. Nun steht der Härtetest im Cocoon-Labor an. Dabei sind die Wissenschaftler sich bewusst, dass es niemals den einen Mechanismus geben wird, der alle Probleme lösen wird. „Wir bauen hier nicht den Sensor, den man in zehn Jahren im Geschäft kaufen kann“, betont der Informatiker, „aber wir stellen die Grundlagen für Anwendungen und Produkte der Zukunft her.“

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Historikerin.

Beamforming

Wenn viele Menschen in einem kleinen Raum gleichzeitig reden, wird es für den Zuhörer irgendwann schwierig, die Informationsmenge zu trennen und zu sortieren. So ähnlich muss man sich die Lage eines Empfängers in einem Frequenzspektrum vorstellen, in dem viele Antennen ihre Signale in alle Richtungen aussenden – ein vertrautes Problem aus der Mobilfunkwelt: Die Teilnehmerzahl steigt und die Frequenzen bleiben begrenzt. Die Mehrantennen-Technologie, die die Nachrichtentechniker im Rahmen von Cocoon derzeit weiter erforschen, setzt hier das so genannte Beamforming ein. Hierbei werden elektromagnetische Wellen so verschoben, dass sie sich überlagern. Wie bei einem Parabolspiegel, der das einfallende Licht auf einen Punkt fokussiert, bündelt eine solche smarte Antenne die Signale, verstärkt sie, steuert einen geeigneten Teilnehmer an und folgt ihm. Noch spannender wird es, wenn nicht nur eine Zelle mit ihrer Basisstation und ihren Teilnehmern koordiniert werden soll, sondern sich mehrere Zellen untereinander abstimmen müssen.

Informationen

Fachbereich Informatik

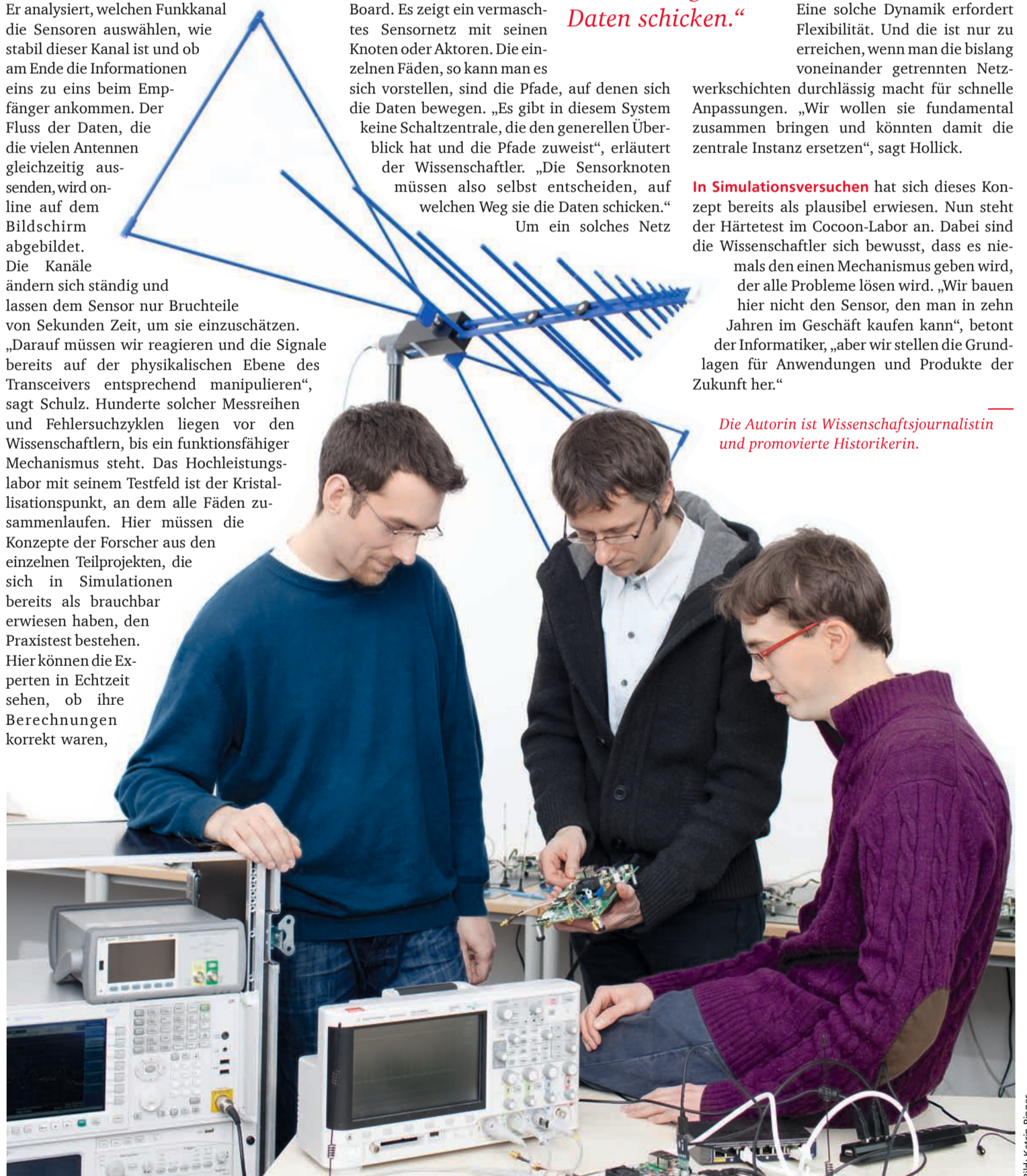
Sichere mobile Netze

Prof. Dr.-Ing. Matthias Hollick

Mornewegstraße 32; 64293 Darmstadt

Telefon: 06151/16-70922

www.seemoo.tu-darmstadt.de



Arbeiten im Sensor-Labor: Matthias Schulz, Professor Matthias Hollick und Adrian Loch (v. li.) besprechen, wie eine Testplattform erweitert werden kann.

Bild: Katrin Binner



Ein Gespräch über Algorithmen für die Sensoren der Zukunft und die Vision einer „Smart City“.

Interview: Jutta Witte

Abdelhak Zoubir, Sprecher des LOEWE-Schwerpunkts Cocoon, und Marius Pesavento, Leiter des Fachgebiets Nachrichtentechnische Systeme, forschen und lehren am Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Darmstadt.

Herr Professor Zoubir, Herr Professor Pesavento, was fasziniert Sie an Sensoren?

Pesavento: Ihre Vielfältigkeit und ihr Potenzial. Sensoren können schon heute in vielen elektrischen Geräten stecken, in Mobiltelefonen, Navigationsgeräten, Schlüsseln oder Pulsmessern. Sie werden immer mobiler und intelligenter, ihre Anwendungsgebiete immer zahlreicher.

Zoubir: Ich bin überzeugt, dass autonomen Sensoren die Zukunft gehört. Sie müssen in unendlich großen Netzwerken kooperieren und selbst entscheiden. Das ist ein spannendes Szenario.

Eines dieser Zukunftsszenarien heißt „Smart City“. Was verbirgt sich dahinter?

Zoubir: Smart City umfasst die kooperative Kommunikation zwischen Geräten und beweglichen Sensorknoten in nahezu allen Bereichen des täglichen Lebens: Nehmen Sie zum Beispiel Smart Driving. Hier tauschen Fahrzeuge untereinander und mit anderen Objekten drahtlos Informationen aus. Oder Smart Hospitals. Hier wird der Zustand eines Patienten, zum Beispiel Körpertemperatur, Blutdruck oder Blutzucker, mithilfe einer Vielzahl verschiedenartiger drahtloser Sensoren überwacht und Messdaten werden aufgezeichnet. Basierend auf der intelligenten Analyse der Messdaten im Sensornetz wird die Medikation eingestellt, der Ernährungsplan angepasst oder das Pflegepersonal verständigt. Das Smart Home, ein Haushalt, in dem Trockner und Waschmaschine dann starten, wenn der Strom am billigsten ist, dürfte schon ein Begriff sein. Wir sehen auch Potenziale in der Umweltbeobachtung, Sensoren an Bäumen, die einen

Waldbrand rechtzeitig der Feuerwehr melden, Bojen, die Schiffe vor einem Tsunami warnen. Insofern trifft der Begriff Smart Space dieses Szenario vielleicht noch besser.

Wie hängt Cocoon mit solchen Visionen zusammen?

Pesavento: Es erwartet natürlich niemand von uns, dass wir hier in Darmstadt eine Smart City im Kleinformaat bauen. Aber wir müssen uns technologisch für eine solche Zukunft rüsten. Unsere Aufgabe bei Cocoon ist es, die Grundlagen zu erforschen für eine stabile Netzwerkarchitektur, eine robuste Signalverarbeitung und eine anpassungsfähige Hardware.

Was ist die zentrale Herausforderung?

Zoubir: Wir sprechen von Umgebungen, die aus vielen mobilen, heterogenen Geräten bestehen, die wiederum mit vielen ebenso vielfältigen Objekten kommunizieren. Alle Geräte haben jedoch gänzlich unterschiedliche Möglichkeiten und Aufgaben. Darüber hinaus benutzen sie verschiedene Protokolle, das heißt sie sprechen unterschiedliche Sprachen. Soll nur eine einzige Sprachregelung im Netz zugelassen werden, an die sich alle Sensoren halten müssen? Das macht das System unflexibel, aufwendig und kostspielig. Es erschwert die Integration neuer Geräte in das Netz und verhindert Innovation. Also müssen wir sie in die Lage versetzen, trotz ihrer unterschiedlichen Sprachen miteinander reden zu können, und dies in guter und stabiler Qualität. **Pesavento:** Wir müssen auch dafür sorgen, dass aus den Signalen die entscheidenden Informationen extrahiert und an den nächsten Knoten weitergegeben werden. Hierfür entwickeln wir robuste digitale Algorithmen. Das sind hochkomplexe Verfahren, die auch greifen müssen, wenn unvorhersehbare Ereignisse eintreten, zum Beispiel Störungen der Signale durch äußere Einflüsse oder Ausfälle von Sensoren. Das System muss skalierbar sein und sich schnell an Änderungen in der Umgebung anpassen. Wenn ein neuer Sensor hinzu kommt oder ein anderer „verrückt spielt“, muss die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems stets gewährleistet bleiben.

Wie wichtig ist das Thema Energie für Ihre Forschung?

Zoubir: Es ist für uns die treibende Kraft. Die Kernfrage ist doch immer, wie kann ich die

Dienstgüte, also die Verfahren, die für die Qualität des Datenflusses in drahtlosen Netzen sorgen, verbessern und gleichzeitig den Energieverbrauch minimieren. Wir müssen diese Netzwerke so optimieren, dass sie arbeiten, ohne dass die Energie ausgeht.

Pesavento: Unsere Algorithmen sollen Sparsamkeit und Effizienz auf allen Ebenen sicherstellen. Dabei ist es wichtig, dass die relativ kleinen Sensoren mit ihrer Rechen- und Speicherkapazität sowie mit ihrer Batterieleistung energieeffizient umgehen. Sensoren müssen autonom entscheiden können, welche Daten wie vor Ort verarbeitet werden können, und welche Informationen dem Netz in kompakter Form bereitgestellt werden müssen. Häufig ist es sinnvoll, dass Sensoren auf kurzer Distanz lediglich mit ihrer unmittelbaren Umgebung im Netz kommunizieren, um den Leistungsverbrauch im Netz zu minimieren.

Was haben Sie bei Cocoon schon erreicht?

Zoubir: Wir haben in allen Teilbereichen schon deutliche Fortschritte erzielt. Besonders in der Grundlagenforschung, wie zum Beispiel in der Signalverarbeitung. Bei der Weiterentwicklung der Transceiver ist

es unseren Experten für Hochfrequenztechnik gelungen, eine programmierbare Hardware zu schaffen. Auch die Informatiker haben zielführende Ansätze zur Stabilisierung der Netzwerke vorangetrieben.

Pesavento: Unser neues Forschungslabor ist ein ganz wichtiger Meilenstein, um die vielen Teillösungen aus den Einzelprojekten zusammen zu führen und als Komplettpaket zu optimieren.

Was bedeutet es, so viele Forschungsbereiche miteinander zu verknüpfen?

Pesavento: Es ist eine große Herausforderung, alle technischen Ebenen miteinander zu synchronisieren und so zu optimieren, dass die Systeme automatisiert und reibungslos laufen, ohne dass wir jedes Mal alle Parameter wieder neu berechnen müssen. Deswegen forschen wir nicht nebeneinander an diesen fundamentalen neuen Fragestellungen, sondern miteinander. **Zoubir:** Wir decken ein großes fachliches Spektrum ab. Dabei bringt jede Fachrichtung ihre eigenen Methoden und ihre eigene Terminologie mit. Das heißt: Wir leisten hier wissenschaftliche und kulturelle Integrationsarbeit. Das Cocoon-Labor ist dabei ein ganz wichtiger Faktor.

Zwei Kollegen an der TU Darmstadt: Professor Abdelhak Zoubir (re.) ist Sprecher des LOEWE-Schwerpunkts Cocoon und leitet das Fachgebiet Signalverarbeitung, Professor Marius Pesavento ist Leiter des Fachgebiets Nachrichtentechnische Systeme.

Forschungsschwerpunkt Cocoon

Cocoon steht für Kooperative Sensorkommunikation. Der im Januar 2011 gestartete LOEWE-Forschungsschwerpunkt gliedert sich in die vier Teilprojekte Netzwerke, Signalverarbeitung, Transceiver-Architekturen sowie Bereichsübergreifende Aspekte und Verifizierung und widmet sich der Grundlagenforschung auf dem Gebiet der drahtlosen, vernetzten Sensorkommunikation.

An Cocoon sind unter der Federführung der TU Darmstadt 21 Wissenschaftler aus Informatik, Mathematik, Elektro- und Informationstechnik beteiligt. Wissenschaftlicher Kooperationspartner ist die Universität Kassel. Begleitende Partner aus der Industrie sind die auf hydraulische Mess- und Prüftechnik spezialisierte Hydrotechnik GmbH in Limburg, die Kommunikationsfirma mimoOn GmbH in Duisburg, die Gesellschaft für Computer- und Simulationstechnik (CST) in Darmstadt, das Messtechnik-Unternehmen Saphymo GmbH in Frankfurt und die Deutsche Telekom AG. Das Projekt wird vom Hessischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst für einen Zeitraum von drei Jahren mit 4,5 Millionen Euro gefördert und geht jetzt in die Evaluationsphase.

www.cocoon.tu-darmstadt.de

Was wollen Sie bis zum Projektende erreicht haben?

Zoubir: Wir wollen ein rundes Paket aus unseren Einzelergebnissen schnüren und darauf aufbauend neue zukunftssträchtige Probleme im Bereich der Sensorkommunikation benennen können, die auch in zehn oder fünfzehn Jahren noch aktuell sein werden und die Grundlage für einen Sonderforschungsbereich an der TU Darmstadt legen könnten. Sie wissen ja: Wenn Sie in der Wissenschaft eine Frage beantwortet haben, knüpft sich an die Antwort direkt das nächste Problem.

Welche langfristigen Fragen stellen sich in der Sensorik?

Pesavento: Unser jetziges Thema „Robuste Systeme“ wird uns sicher noch lange beschäftigen. Zudem wird man sich mit den so genannten schlafenden Sensoren intensiv beschäftigen müssen – vor allem unter dem Gesichtspunkt der Energieeffizienz. Und angesichts der riesigen Datenmengen, die künftig hin und her bewegt werden, bleiben auch Sicherheitsfragen eine große Herausforderung.

Informationen

LOEWE Schwerpunkt Cocoon

Rundeturmstraße 12

64283 Darmstadt

Telefon: 06151/16-64824

E-Mail: hildenbrand@cocoon.tu-darmstadt.de

<http://bit.ly/102zVBy>