

»EMBEDDED«
JAHRESBERICHT
2011

BERICHTSZEITRAUM 2009-2010

Liebe Leserinnen und Leser,

eingebettete Systeme gehen jeden an. Ob Bankmanager oder Postbote, Discogänger oder Rentner, Weltbürger oder Dorfbewohner – im täglichen Leben werden wir kontinuierlich von kleinen, meist unsichtbaren Rechnern begleitet. Ob wir mit der U-Bahn zur Arbeit fahren, in der Oberklasse-Limousine, oder gar im Privatjet fliegen, ohne embedded systems geht gar nichts. Nicht einmal unser liebstes Haustier könnte uns begleiten – und sei es auch noch so ein »Beast«.

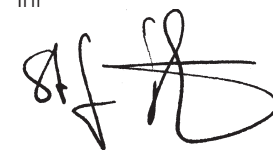
Gut, dass es jetzt ein Fraunhofer-Institut gibt, das sich ganz auf die Entwicklung eingebetteter Systeme konzentriert. Seit der Neuausrichtung des Instituts Anfang 2011 geben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von Fraunhofer FIRST in den drei Abteilungen Modellierung, Systemarchitektur und Qualitätssicherung ihr Bestes, um eingebettete Systeme effizient, zuverlässig und benutzerfreundlich zu entwickeln. Was geht bei der Entwicklung, wie man sie am besten gestaltet und wo künftige Herausforderungen liegen, wollen wir Ihnen im vorliegenden Jahresbericht zeigen. Zum Beispiel anhand von Steuerrechnern für die Luft- und Raumfahrt: Ihre Funktionen und Komponenten sowie das Verhalten der Umwelt müssen im Vorfeld der Entwicklung naturgetreu modelliert werden. Eine ausgeklügelte Systemarchitektur garantiert das effiziente und zuverlässige Zusammenspiel der einzelnen Teile. Und nicht zuletzt sorgen moderne Methoden der Qualitätssicherung dafür, dass die Rechner fehlerfrei funktionieren und Menschen sicher befördert werden.

Die Informationen zu jeder der drei Abteilungen haben wir in gewohnter Manier strukturiert. In den »Technology Spotlights« zeigen wir Ihnen, was wir können und stellen Ihnen jeweils einen wissenschaftlich-technischen Schwerpunkt unserer Arbeit vor. In den Kapiteln »Think the Future« blicken wir weiter in die Zukunft und präsentieren Ihnen Technologien, deren Entwicklung noch in den Kinderschuhen steckt. Auch diesmal haben wir uns nicht auf die eigene Perspektive verlassen, sondern Experten der jeweiligen Anwendungsgebiete um ihre Einschätzung gebeten. Kollegen von Thales, how to organize, dem TÜV oder Wind River berichten über die

Rolle von eingebetteten Systemen in ihrer Branche und wie sie bei der Entwicklung mit FIRST zusammenarbeiten. Gespräche mit FIRST-Mitarbeitern und Hintergrundartikel geben Einblick in die Projektarbeit und liefern detaillierte Informationen zum Stand der Technik. Informationskästen und -grafiken erläutern den wissenschaftlichen Hintergrund. Die Bildergeschichten machen ganz anschaulich, wie die von uns entwickelten Systeme verwendet werden. Und da wir uns bei all dem selbst nicht allzu ernst nehmen möchten, verabschieden wir uns mit einem ironischen Schulterblick und der Frage, was passiert, wenn sogar unsere Straßen schlauer werden als wir selbst.

Viel Spaß bei der Lektüre!

Ihr



Stefan Jähnichen

Unser Titelbild zeigt eine typische Berliner U-Bahn-Szene. Wir wollten damit zeigen, dass im Alltag eigentlich jeder »embedded« ist in eingebettete Systeme – sogar der Hund. Unser Kuratoriumsvorsitzender, Dr. Klaus Radermacher, hatte eine ganz andere Interpretation: »In jedem eingebetteten System steckt ein Beast!«. Dem kann ich mich nur anschließen.

Vorwort	5
Inhaltsverzeichnis	6
ÜBERBLICK INSTITUT	8
Eingebettete Systeme	
»Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit«, Interview mit Georg Hemzal von der Thales Transportation Systems GmbH	12
ABTEILUNG MODELLIERUNG	14
Technology Spotlight	
Am Besten am Modell	16
Vom Stadtmodell zur Modellstadt	18
Interaktive Stundenplanung an der Charité	20
Lungenbilder in der Rechnerwolke, Bildergeschichte	22
»Modellieren statt Programmieren«, Interview mit Dr. Ralf Kutsche	24
Think the Future	
Teamwork	26
Die Physik dahinter	28
»Die Rolle des Menschen ist nie ganz berechenbar«, Interview mit Birgit Kwella	30
Projekte Modellierung	32
ABTEILUNG SYSTEMARCHITEKTUR	34
Technology Spotlight	
»Dixit algorizmi«	36
»Bekannte Zutaten – neue Ergebnisse«, Interview mit Jérémie Gerhardt und Kay-Ingo Ahlers	38
»Eine Reise in die fünfte Dimension«, Interview mit Prof. Dr. Omid Abri, Geschäftsführer von how to organize	40
FlashFind – schneller geht's nicht, Bildergeschichte	42

Think the Future	
Think!	44
Das perfekte Weltraummanöver	46
»Auf lange Sicht keine Alternativen«, Interview mit Norbert Kuhrt, Senior Account Manager von Wind River	48
Reha-Training in den eigenen vier Wänden, Bildergeschichte	50
Autonomie und Selbstorganisation	52
Projekte Systemarchitektur	54
ABTEILUNG QUALITÄTSSICHERUNG	56
Technology Spotlight	
The Bug stops here	58
»Menge und Komplexität nehmen rasant zu«, Interview mit Dr. Dirk Lauscher von der Berlin Heart GmbH	60
Im Notfall brems das Auto	62
Wenn sich die Klappe automatisch öffnet	64
Think the Future	
Q.E.D.	66
»Innovationen eilen der Normung voraus«, Interview mit Martin Kaiser von der SGS-TÜV GmbH	68
Verifizierte Pyramiden	70
»Testen genügt nicht«, Interview mit Dr. Jens Gerlach	72
Projekte Qualitätssicherung	74
ZAHLN UND FAKTEN	76
Living Labs	78
Highlights 2009-2010	80
GLOSSE	84
Intelligente Straßen, von Horst Evers	



EINGEBETTETE SYSTEME

»Straßenbahnen fahren«, schrieb der Soziologe Niklas Luhmann und brachte damit ein Weltbild auf den Punkt, in dem es allein darauf ankommt, dass ein System funktioniert. Dabei interessieren weder das komplizierte Innenleben noch Fragen nach Ursache oder Sinn.

Eingebettet in eine immer komplexer werdende Welt, umgeben von einer Vielzahl von (technischen) Systemen verlässt man sich ganz selbstverständlich darauf, dass Autos fahren, Flugzeuge fliegen und das Telefon regelmäßig klingelt. Wie abhängig man von Technik ist, wie kompliziert ihr Inneres, merkt man erst, wenn ein System ausfällt oder ein schwerer Unfall für Schlagzeilen sorgt. Je mehr Technik unseren Alltag bestimmt, je mehr Prozesse von ihr abhängen, desto sicherer, zuverlässiger und einfacher muss ihre Steuerung sein. Eingebettete Systeme leisten dazu einen wichtigen Beitrag. Sie kontrollieren und steuern eine Vielzahl von Geräten – vom Küchenherd bis zur Waschmaschine, vom Automobil bis zur Mondrakete. Eingebettete Systeme, d. h. Computer, die in ein technisches System eingebunden sind, bestehen aus einer Kontrolleinheit, einer Regelstrecke mit Aktoren und Sensoren, und sie sind mit ihrer Umgebung verknüpft. Sensoren erfassen Signale aus der Umgebung und leiten sie an das Steuergerät weiter. Hier werden die analogen elektrischen Signale in digitale Signale umgewandelt und durch den Rechner verarbeitet. Entsprechende Informationen werden an die Aktoren weitergeleitet, die dann steuernd in den zu kontrollierenden Prozess eingreifen.

FIRST in Embedded Systems

Es ist die Mission von Fraunhofer FIRST, eingebettete Systeme sicher, effizient und einfach steuerbar zu machen. Hierfür stellt das Institut innovative Entwicklungsmethoden zur Verfügung. Seit Januar 2011 fokussiert Fraunhofer FIRST seine wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Aktivitäten auf eingebettete Systeme und richtet sich mit den drei neuen Abteilungen »Modellierung«, »Systemarchitektur« und »Qualitätssicherung« konsequent entlang ihres Entwicklungsprozesses aus. Technologisch gesehen bieten eingebettete Systeme in den kommenden Jahren eine Vielzahl spannender Herausforderungen: Multi- und Many-Core-Prozessoren erlauben hochparallele Architekturen und damit effiziente Rechenprozesse bei gleichzeitig geringem Energieverbrauch. Maßgeschneiderte Algorithmen lösen immer komplexere Aufgaben, z. B. bei der Internetsuche oder der Bildverarbeitung sowie bei der Vernetzung

eingebetteter Systeme. Und nicht zuletzt führen neue Methoden der Modellierung zu kürzeren Entwicklungszeiten und höherer Qualität. Bereits in den Vorjahren erwirtschaftete die Abteilung Eingebettete Systeme bei FIRST 60 Prozent der Wirtschafts- und 40 Prozent der externen Institutserträge. »Gründe genug, um künftig auf das Thema zu fokussieren und unsere Kompetenzen am Entwicklungsprozess eingebetteter Systeme auszurichten«, so Institutsleiter Stefan Jähnichen. Eingebettete Systeme entwickelt man nach dem V-Modell (Vorgehensmodell für Systementwicklungsprozesse), um grundlegenden Anforderungen an Transparenz, Zuverlässigkeit und Qualität gerecht zu werden. Das Modell beschreibt die einzelnen Schritte im Entwicklungsprozess von der Anforderungsanalyse und Modellierung über die Architektur- und Softwareentwicklung bis hin zum Test. FIRST richtet sich mit den Abteilungen »Modellierung«, »Systemarchitektur« und »Qualitätssicherung« entlang des V-Modells aus.

Fraunhofer-Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik FIRST

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Stefan Jähnichen
Stellv. Institutsleiter: Herbert Rüsseler

Modellierung

Abteilungsleiter: Dr. Armin Wolf

Systemarchitektur

Abteilungsleiter: Herbert Rüsseler

Qualitätssicherung

Abteilungsleiter: Friedrich Schön

Verwaltung

Abteilungsleiterin: Babette Neumann

Institutskommunikation

Abteilungsleiterin: Mirjam Kaplow

IT-Services

Abteilungsleiter: Rolf Schulz

www.first.fraunhofer.de

Ein eingebettetes System par excellence: Der Steuerrechner für den Technologieerprobungsträger TET-1. Er soll in Kürze von Kasachstan aus in den Weltraum starten



Modellierung

Bevor der Bagger kommt, um das Fundament auszuheben, bauen Architekten Modelle aus Holz oder entwerfen ihre Gebäude am Computer. Ingenieure testen Funktionalität und Design künftiger Produkte zunächst am Modell. Analysten versuchen, anhand von Modellrechnungen unternehmerische Risiken abzubilden. Modelle helfen, Künftiges vorwegzunehmen und Verlorenes wiederherzustellen. Sie sollen veranschaulichen, Risiken minimieren und die Entwicklungszeit von Produkten verkürzen. Gute Modelle zu entwickeln, ist eine Kunst: Sie sollen die Wirklichkeit möglichst detailgetreu abbilden. Zum anderen müssen sie so abstrakt sein, dass die Funktionalität schnell erfassbar ist, und trotzdem Platz für konkrete Realisierungen lassen. Bei der Entwicklung eingebetteter Systeme spielen Modelle eine zentrale Rolle. Sie bilden die Grundlage für die Entwicklung von Hard- und Software und helfen, das physikalische Verhalten des Gesamtsystems und seiner Umgebung zu simulieren. Die benötigten Modelle so effizient wie möglich zu erstellen, sowie neue Techniken und Methoden zu entwickeln, um Software möglichst automatisch aus dem Modell generieren zu können, ist Aufgabe der Abteilung Modellierung unter der Leitung von Dr. Armin Wolf.

Systemarchitektur

Kein Gebäude ohne ausgewogene Architektur: von Grundriss und Statik über Material und Design bis hin zu Gebäude- und Klimatechnik sollten möglichst alle Komponenten, ihre Eigenschaften und ihr Zusammenspiel bedacht werden. Nicht anders funktioniert die Architektur eingebetteter Systeme. Auch hier müssen die einzelnen Teilkomponenten wie Rechnerknoten, Kommunikationskanäle oder Speicher optimal zusammenspielen, um Anforderungen wie Robustheit, Echtzeitfähigkeit, Sicherheit und Erweiterbarkeit zu erfüllen. Auch Kosten- und Energieeffizienz treten mehr und mehr in den Fokus. Die Entwicklung entsprechender Konzepte ist Aufgabe der Abteilung Systemarchitektur um Herbert Rüsseler.

Im Zentrum steht die Betrachtung des Gesamtsystems aus Software und Hardware. Hierfür stellt die Abteilung Entwicklungsverfahren, Algorithmen und Systemkomponenten zur Verfügung. Eine besondere Herausforderung liegt in der Komplexität der Systeme. Durch das Zusammenspiel von Nutzereingaben, intelligenten Sensoren, hochleistungsfähigen Rechnern und vielfältigen Kommunikationskanälen entstehen flexible und verteilte Anwendungen, die nach neuen Konzepten der Umsetzung und Organisation verlangen.

Qualitätssicherung

Das Ökosiegel aus dem Supermarkt kennt jeder. Und ohne TÜV-Plakette darf man nicht Auto fahren. Prüfzertifikate sind der Inbegriff von Sicherheit und Zuverlässigkeit. Doch bei der Entwicklung von Software kam die Qualitätssicherung bisher häufig zu kurz oder fand zu spät im Entwicklungsprozess statt. Die Abteilung Qualitätssicherung unter der Leitung von Friedrich Schön setzt durch die Entwicklung innovativer Methoden neue Maßstäbe. Sie bietet Verfahren zum Test, Review und Assessment von Software. Bereits existierende Systeme bergen häufig viele Millionen Zeilen alten »Legacy« Code. Diesen zu prüfen, zu dokumentieren und nachträglich Modelle dafür zu erstellen, ist eine Aufgabe der Abteilung. Der Schwerpunkt liegt auf der Verbesserung von Systemtests. Mithilfe von modellbasierten Verfahren wird das Testen weitestgehend automatisiert und früh im Entwicklungsprozess implementiert. Tests sind jedoch aufwändig und niemals vollständig. Eine Alternative bieten Verifikationstechnologien, bei denen man mithilfe von mathematischen Methoden zu beweisen versucht, dass ein Programm bei allen möglichen Eingaben korrekte Resultate liefert. Insbesondere bei der Verifikation sicherheitskritischer Systeme spielt FIRST eine Vorreiterrolle.

FIRST in Zahlen

Zurzeit arbeiten bei Fraunhofer FIRST 143 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Der Gesamthaushalt liegt bei rund acht Millionen Euro. Davon sind rund 80 Prozent Drittmittel. Damit

konnte das Institut seine externen Erträge um rund zehn Prozent gegenüber dem Jahr 2009 steigern. Im wissenschaftlichen Bereich, insbesondere in den Forschungsförderprogrammen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (IKT 2020) und der Europäischen Union (7. Forschungsrahmenprogramm) ist das Institut mit Projekten wie SPES 2020 oder ASCENS gut positioniert. Im Projekt SPES 2020 (Software Plattform Embedded Systems 2020) entwickelt FIRST in einem hochrangigen Konsortium aus Forschungseinrichtungen und Unternehmen unter der Leitung der TU München Methoden für die Entwicklung eingebetteter Systeme. Im Projekt ASCENS (Autonomic Service-Component Ensembles) werden auf europäischer Ebene unter Leitung der LMU München Theorien der Selbstorganisation von Sensornetzwerken untersucht. Institutsleiter Stefan Jähnichen vertritt die Fraunhofer-Gesellschaft in zwei der entscheidenden Fördereinrichtungen der EU. In den EIT ICT Labs, dem deutschen Knoten des European Institute for Innovation and Technology (EIT), arbeitet er an der strategischen Ausrichtung der IT-Forschung in Europa. Als Vorsitzender des Panels »Computer science and informatics« im European Research Council (ERC) entscheidet er über die Vergabe hochrangiger Forschungsstipendien. Neben der Vernetzung mit internationalen Institutionen pflegt Fraunhofer FIRST enge Kooperationen mit Berliner Forschungseinrichtungen. Über die Lehrstühle von Prof. Dr. Odej Kao (Verteilte Systeme und parallele Algorithmen), Prof. Dr. Ben Juurlink (Architektur eingebetteter Systeme) sowie Prof. Dr. Peter Pepper (Programmiersprachen und Übersetzerbau) ist FIRST insbesondere mit der TU Berlin eng verbunden. Im März 2011 wurde das Projekt MIA (Marktplatz für Informationen und Analysen) unter der Leitung der TU Berlin vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) im Rahmen des Technologieprogramms »Trusted Cloud« ausgezeichnet. Fraunhofer FIRST ist mit der Entwicklung von Sicherheitstechnologien für Cloud-Infrastrukturen an MIA beteiligt. Auch mit der Universität der Künste und der Humboldt-Universität zu Berlin existieren über Prof. Dr. Nytsch-Geusen (Institut für Architektur und Städtebau) und Prof. Dr. Holger Schlingloff (Institut für Informatik/Softwaretechnik) zukunftssträchtige Kooperationen.

Geschäftsfelder

Mit der Umstrukturierung des Instituts erfolgt eine konsequente Ausrichtung an den Geschäftsfeldern Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt, Bahntechnik, Medizintechnik und Gesundheitswesen, Automatisierungstechnik, Medientechnik und Energiemanagement. Die Marketing- und Akquisitionstätigkeiten werden gestrafft und künftig entlang der Geschäftsfelder gebündelt. In Kooperation mit namhaften Unternehmen entstehen bei FIRST Technologien für die Integration von Steuergeräten in der Automobilindustrie sowie zuverlässige Bordrechner für Satelliten und Flugzeuge. FIRST unterstützt Firmen bei der Vorbereitung der Zertifizierung sicherheitskritischer Signal- und Steuerungsanlagen für den Bahnverkehr und arbeitet an Simulatoren für die Entwicklung medizinischer Geräte. Technologien von FIRST werden von Unternehmen lizenziert und in eigene Produkte integriert. So werden gegenwärtig weltweit Planetarien von der CARL ZEISS AG mit Projektionstechnologien ausgestattet, die Komponenten von FIRST enthalten.

Eingebettete Systeme in Zahlen

An eingebetteten Systemen hängt die Innovationskraft ganzer Wirtschaftszweige. Viele Komfort- und Entertainmentfunktionen, aber auch sicherheitskritische Anwendungen, sind ohne sie nicht mehr denkbar. Kein Wunder also, dass eingebettete Systeme zu den am stärksten wachsenden Bereichen der deutschen Wirtschaft gehören. Die Studie »Zukunft der digitalen Wirtschaft« [BITKOM/ Roland Berger 2007] schätzt das weltweite Marktvolumen allein eingebetteter Software auf 138 Mrd. Euro und das jährliche Wachstum bis Ende 2010 auf neun Prozent. Im Jahr 2010 waren laut ARTEMIS weltweit etwa 16 Mrd. solcher eingebetteter Systeme im Einsatz. Bis zum Jahr 2020 soll sich die Anzahl auf rund 40 Mrd. Geräte noch einmal mehr als verdoppeln. Bereits heute werden 90 Prozent aller neuen Rechnersysteme in Embedded Systems verbaut und nicht in Desktop-Computern [ARTEMIS 2006].



»ZUVERLÄSSIGKEIT UND VERFÜGBARKEIT«

Die Zeiten der Dampfmaschine sind lange passé. Auf der Schiene steuern eingebettete Systeme Züge und Signalanlagen. Die komplexe Elektronik darin registriert man allenfalls, wenn der Zug zu spät kommt oder ein Unglück geschieht. Wie komplex die Entwicklung von eingebetteten, sicherheitskritischen Steuergeräten ist, weiß Georg Hemzal von der Firma Thales Transportation Systems GmbH.

Was steckt an Elektronik in der heutigen Bahntechnik?

Ein hoher Anteil besteht aus einfacher Elektronik, die in Zukunft stärker durch hochentwickelte Elektronikkomponenten und -systeme ersetzt werden wird.

Welche Rolle spielt dabei die Informationstechnologie?

In den neuen Systemen und Anlagen im Bahnbereich übernimmt die Software vielfach leistungsbestimmende Funktionen, z. B. in Signalanlagen. Darüber hinaus ermöglichen Softwarelösungen eine komplexere Erhöhung der Funktionalität.

Welche Aufgaben übernehmen eingebettete Systeme, z. B. in einem Zug oder einer Signalanlage?

Embedded Systems sind heute in Fahrstraßen- und Zugsicherungssystemen im Einsatz, mit denen die hohen Sicherheitsziele beherrscht werden können. Die Einsatzorte sind vielfältig: Denken Sie z. B. an die Gleisfreimeldungen, die heute vermehrt mit Achszählern unter Einsatz von eingebetteten Systemen realisiert werden. Aus modernen Zügen sind eingebettete Systeme generell nicht mehr wegzudenken. Sie stecken in den Ansteuerungssystemen für Antrieb oder Bremse, den Systemen zur Ansteuerung der Türen oder den Vitalcomputern des European Train Control Systems (ETCS). Wenn Sie sich die neuesten Bremssysteme im Frachtverkehr, beispielsweise in den USA oder Kanada, ansehen, dann werden Sie auch in den Bremsanlagen der Güterwagen auf Embedded Systems treffen. Der Trend ist sichtbar.

Welche Aufgaben könnten sie künftig darüber hinaus übernehmen?

Neben Automatic Train Protection (ATP) und Automatic Train Operation (ATO) werden die Diagnose- und Wartungssysteme neue Impulse erfahren.

Welche Rolle spielen Vernetzung und Informationsaustausch mit anderen Systemen? Welche Rolle werden sie künftig spielen?

Vor allem der dispositive Bereich wird von den Vernetzungen mit anderen Systemen stärker profitieren. So können Leitstellen zum Beispiel schneller auf akute Störungen im Zugverkehr oder veränderte Anforderungen hinsichtlich der Bereitstellung von Wagen oder Sonderverkehr reagieren. Aber auch im Sicherheitsbereich werden die Vernetzung und der Informationsaustausch noch viel stärker sichtbar. In neu errichteten

1 *Künftig soll das European Train Control System (ETCS) die unterschiedlichen Zusicherungssysteme der europäischen Länder vereinheitlichen*
2 *Mithilfe von eingebetteten Systemen werden Menschen sicher befördert. Normen sorgen für die entsprechende Qualität bei der Entwicklung*

Bahnanlagen sind sie heute schon Grundvoraussetzung, z. B. für elektronische Stellwerke (ESTW) oder Zugsicherungsanlagen wie das European Train Control System ETCS.

Wo liegen die Herausforderungen bei der Entwicklung eingebetteter Systeme für die Bahntechnik?

Unter anderem in der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit! Schlagwörter sind hier High Availability und Continuous Availability, d. h. es muss zu jeder Zeit gewährleistet sein, dass der Rechnerkomplex den Anforderungen gemäß funktioniert, nicht ausfällt und im laufenden Betrieb bei Teilausfällen repariert werden kann. Hier spielen insbesondere Redundanzkonzepte eine wichtige Rolle. Eine weitere Herausforderung sind die notwendigen Migrationskonzepte. Es geht im Bahnbereich nicht, mal eben 20.000 Einheiten neu hochzurüsten. Da muss Alt mit Neu zusammenspielen können.

Was ist das Besondere bei der Entwicklung von sicherheitskritischen Systemen? Welche Rolle spielen Normen wie EN 50128?

Mit diesen Systemen wird das höchste Gut, das wir haben, das Leben von Menschen, sicher befördert. Normen wie EN 50128, EN 50126 sorgen für ein hohes Maß an Sicherheit in eingebetteten Systemen. Sie regeln die Grundprinzipien der gesamten Prozesse, von denen der Entwicklungsprozess nur einer ist. Sie sind deshalb strikte Guidelines für unser Tun.

Wo sollte das Hauptaugenmerk liegen: auf der Verbesserung des Entwicklungsprozesses oder auf produktbezogenen Aktivitäten?

Es gibt kein »oder« in dieser Frage. Beide Themen sind in ihrer Wechselwirkung zu einander voranzutreiben.

Testen Sie noch oder verifizieren Sie schon?

Wir sind auf gutem Wege und verifizieren, der Test ist aber immer ein fester Bestandteil unseres Entwicklungs- und Qualitätssicherungsprozesses.

Welche Aspekte stehen bei der Zusammenarbeit mit Fraunhofer FIRST im Bereich der Entwicklung von Software für eingebettete Steuergeräte im Vordergrund?

Die fachliche Kompetenz und die kurzen und unkomplizierten Wege, Forschungsergebnisse in der Industrie zeitnah umzusetzen.

Warum fiel Ihre Wahl auf Fraunhofer FIRST?

Ganz ehrlich? Die ausgezeichnete Zusammenarbeit mit Professor Schlingloff und seinem Team.

Was kennzeichnet die Zusammenarbeit?

Vertrauen und Kompetenz auf beiden Seiten. Manchmal braucht man den visionären Blick eines Forschers und manchmal braucht ein Forscher einen Partner aus der Industrie, der ihn auf den Boden des Lebens zurückholt. Aus diesem »Konflikt« kommt manche gute Idee!

Bitte vervollständigen Sie den folgenden Satz:

Die Eisenbahn ohne eingebettete Systeme ...
... ist wie Segeln ohne Wind!

ETCS

Das European Train Control System (kurz ETCS) ist die zentrale Komponente des künftigen einheitlichen europäischen Eisenbahnverkehrsleitsystems. Es soll die Vielzahl der in den europäischen Ländern eingesetzten Zugsicherungssysteme ablösen, die z. T. untereinander nicht kompatibel sind. Das ETCS wird seit 1996 auf Grundlage der EU-Richtlinie zur Interoperabilität des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems aufgebaut und soll langfristig im gesamten europäischen Schienenverkehr eingesetzt werden. Fraunhofer FIRST entwickelt im Rahmen von Kundenprojekten Methoden für Test und Konfiguration von ETCS-Steuerungssoftware.



Arbeit am Modell: Anstatt mit Ton arbeitet die Abteilung Modellierung mit computergestützten Modellen und Simulationen, die als Grundlage für die Entwicklung von Systemen dienen

MODELLIERUNG

Modelle vereinfachen unser Leben: Sie erlauben uns, vorher festzulegen, welche Eigenschaften das fertige Produkt haben soll, und daraus abzuleiten, worauf wir bei der Entwicklung achten müssen. Heute werden in vielen Entwicklungsprozessen computergestützte Modellierungstechniken eingesetzt.

Auf viele Anwendungen im Alltag müssen wir uns einfach verlassen können: Autos, Züge und Flugzeuge sollen uns sicher ans Ziel bringen. Um zu garantieren, dass solche Systeme immer einwandfrei funktionieren, sind Experimente und Tests häufig zu langwierig, zu teuer, oder nicht zu realisieren. Eine Alternative bieten Modelle, mit denen man das Verhalten eines Systems vor der Entwicklung simulieren kann. Dazu ein Beispiel: Ein neues Auto soll gebaut werden. Um seine Aerodynamik zu optimieren, entwickelt man zunächst ein Modell aus Holz. Dieses stellt man in einen Windkanal, um etwas über das Strömungsverhalten zu erfahren. Entspricht es nicht den Anforderungen, muss das Holzmodell manuell überarbeitet und das Experiment wiederholt werden – ein zeitaufwändiger Prozess. Schneller und kostengünstiger verläuft die Entwicklung mithilfe eines computergestützten Modells: Wird dieses in ein Softwareprogramm eingegeben, das Luftströmungen um einen Festkörper simuliert, kann das Strömungsverhalten allein durch Berechnungen – ohne Experimente an Versuchsaufbauten – bestimmt und automatisch protokolliert werden. Ziel der Abteilung »Modellierung« ist es, computergestützte Modellierungstechniken bereitzustellen, weiterzuentwickeln und seine Kunden beim Einsatz dieser Techniken zu unterstützen. Mit grafischen und textuellen Ausdrucksmitteln soll das Engineering von Systemen verbessert werden. Dazu müssen insbesondere die Anforderungen systematisch erfasst und modelliert werden, so dass erwartete Eigenschaften im Voraus überprüft und Teile der Systemsoftware automatisch generiert werden können. Die Kompetenzen der Abteilung sind dazu in drei Forschungsgruppen gebündelt. Die Forschungsgruppe »Softwaremodellierung« entwickelt Modellierungs- und Transformationstechniken zur Unterstützung der Softwareentwicklung. Ziel ist die Bereitstellung von Werkzeugen zur Entwicklung sogenannter domänenspezifischer Sprachen, mit denen Software abstrakt aber dennoch anwendungsspezifisch beschrieben werden kann. Die Modellierung dient hier der Erhöhung der Qualität der Software und der Steigerung der Produktivität. Das Thema der zweiten Forschungsgruppe sind »Planungs- und Optimierungsaufgaben«. Forschungsschwerpunkt sind Methoden, um Prozesse und die beteiligten Ressourcen zu beschreiben und

daraus entsprechende Zeit- und Ressourcenpläne zu erstellen. Darüber hinaus entwickeln die Wissenschaftler Interaktionstechnologien, mit denen Nutzer Pläne nach ihren Vorstellungen anpassen können (s. Artikel, S. 20). Sind die modellierten Prozesse zeitintensive Berechnungen, können sie mithilfe der Werkzeuge von FIRST sicher und zuverlässig auf Grid- und künftig auch auf Cloud-Infrastrukturen ausgeführt werden (s. Bildergeschichte, S. 22). Die dritte Forschungsgruppe befasst sich mit der »Modellierung technisch-physikalischer Systeme«. Ziel ist, die Struktur und die physikalischen Eigenschaften solcher Systeme zu modellieren und ihr dynamisches Verhalten zu simulieren (s. Artikel, S. 28). Die Ergebnisse dieser Simulation dienen als Basis für die Entwicklung des realen Systems. So können z. B. Häuser und Autos möglichst energieeffizient konstruiert werden (s. Artikel, S. 18).

Abteilung Modellierung

Abteilungsleiter: Dr. Armin Wolf

armin.wolf@first.fraunhofer.de

Wissenschaftliche Fachberatung:

Prof. Dr. Peter Pepper

peter.pepper@first.fraunhofer.de

Forschungsgruppe

»Modellierung technisch-physikalischer Systeme«

Leiter: Dr. Steffen Unger

steffen.unger@first.fraunhofer.de

Forschungsgruppe »Planungs- und Optimierungsaufgaben«

Leiter: Dr. Armin Wolf

armin.wolf@first.fraunhofer.de

Forschungsgruppe »Softwaremodellierung«

Leiter: Marko Fabiunke

marko.fabiunke@first.fraunhofer.de

www.first.fraunhofer.de/mod

AM BESTEN AM MODELL

Modelle werden heute immer häufiger in der Entwicklung von komplexen Systemen eingesetzt, was sowohl Zeit und Kosten spart als auch die Einhaltung hoher Qualitäts- und Sicherheitsstandards garantiert.

Hätte Bonanno Pisano doch mit FIRST kooperiert. Der italienische Architekt hätte dann wohl ein detailliertes Computermodell seines Projekts erstellt und so sehr schnell gemerkt, dass ein morastiger, sandiger Boden nicht der ideale Untergrund für den geplanten Glockenturm ist. Leider waren moderne Simulationstechniken im Jahr 1173 noch nicht verfügbar, und so kam es, wie es kommen musste: Der berühmte Turm von Pisa steht bis heute schief und sein Einsturz konnte nur durch teure Sanierungsarbeiten verhindert werden.

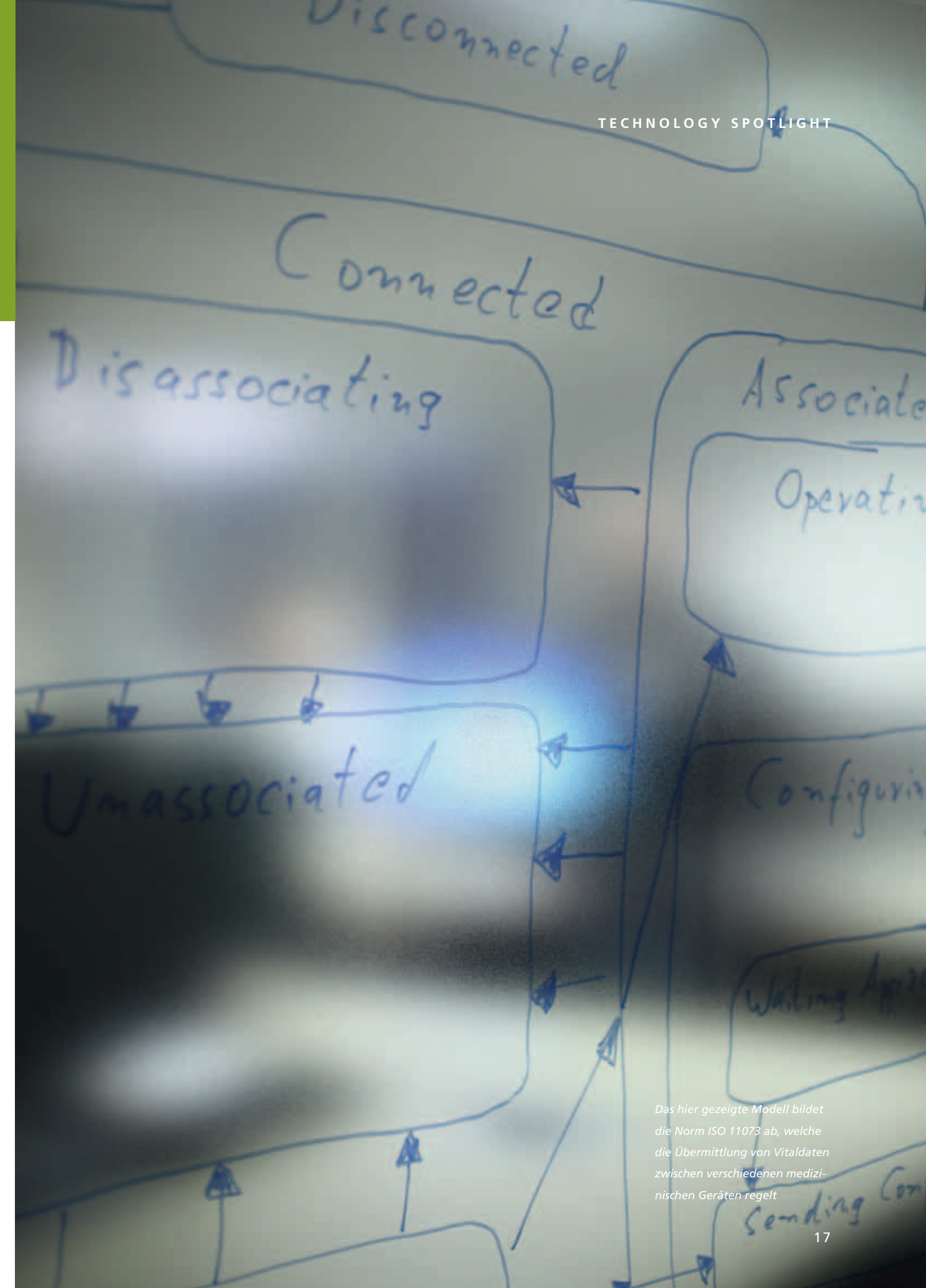
Modelle sind aus verschiedenen Gründen sehr hilfreich bei der Entwicklung von Systemen. Man will mit ihnen in erster Linie die Anforderungen an ein System sowie dessen Funktionalität und Struktur auf einer abstrakten Ebene festlegen. Dann kann man mithilfe des Modells eine Simulation durchführen, die das Verhalten des Systems abbildet. Wenn die Modelle alle Eigenschaften eines Systems beschreiben, kann man auch konkrete Programme (Software) daraus ableiten. Das Modell ist also im Wesentlichen eine Art »Bauplan« oder Anforderungsbeschreibung. Mit ihr lassen sich wesentliche Funktionen in einer vereinbarten, verständlichen Form möglichst eindeutig beschreiben.

Im Entwicklungsprozess werden häufig Modelle verwendet, um Aussagen über das modellierte Objekt oder System machen zu können, die man ansonsten erst sehr spät machen könnte. Zum Beispiel kann man Situationen simulieren, die in der Realität noch nicht eingetroffen sind, wie etwa das Wetter (s. Artikel, S. 18). Unvorhergesehene Faktoren und ihre Auswirkungen lassen sich in die Entwicklung des Systems einbeziehen. So kann man mit relativ geringem Aufwand und Risiko »Was-wäre-wenn«-Szenarien durchspielen (zum Beispiel »Wie reagiert das System, wenn ein bestimmter Sensor ausfällt?«, »Wer springt ein, wenn im Krankenhaus ein Arzt verhindert ist?«, »Was passiert bei extremen Wetterbedingungen?«), die ansonsten sehr teuer, zeitaufwändig oder sogar gefährlich sein können.

Die Vorteile der modellbasierten Entwicklung liegen auf der Hand: Der Entwicklungsprozess wird durch eine standardisierte Dokumentation erleichtert und kann auch im Nachhinein eindeutig nachvollzogen werden. Die Entwickler können untereinander besser kommunizieren. Mögliche Fehler werden früh erkannt und verbessert, was die Produktivität wesentlich steigert und die Kosten senkt. Viele Entwicklungsschritte können durch Modellierungswerkzeuge unterstützt werden, zum Beispiel indem aus Modellen teilweise direkt Programmcode oder Tests generiert werden (s. Interview, S. 24).

Im Bereich der eingebetteten Systeme ist es besonders wichtig, bei der Entwicklung auf Modelle zurückzugreifen, da hier Software und Hardware nicht mehr unabhängig voneinander entwickelt werden können. Das Wechselspiel zwischen technischen Komponenten und der Steuerungssoftware wird bei der Modellierung berücksichtigt, wodurch beide besser aufeinander abgestimmt werden können (s. Artikel, S. 28). Man will dem hohen Qualitäts- und Sicherheitsanspruch schon in einer frühen Entwicklungsphase gerecht werden: Auch hierbei sind Modelle unerlässlich.

Durch den Einsatz von Modellen im Entwicklungsprozess spart man Zeit und Kosten, außerdem sorgen Tests und Simulationen für das einwandfreie Funktionieren des Systems. Besonders bei eingebetteten Systemen in sicherheitskritischen Anwendungen ist das hilfreich.



Das hier gezeigte Modell bildet die Norm ISO 11073 ab, welche die Übermittlung von Vitaldaten zwischen verschiedenen medizinischen Geräten regelt



1



2

VOM STADTMODELL ZUR MODELLSTADT

Schwindende natürliche Ressourcen und steigende Energiepreise erzwingen insbesondere in großen Städten eine energieeffiziente Bebauung. Modellierungstechniken von Fraunhofer FIRST unterstützen ihre Planung.

Die Zukunft stellt uns vor große Herausforderungen: das Bevölkerungswachstum in vielen Ländern der Welt geht einher mit dem Schwinden von natürlichen Ressourcen wie Erdöl oder Erdgas. Trotzdem soll für alle Menschen ein hoher Lebensstandard ermöglicht werden. Aus diesem Grund wird bereits in vielen Bereichen darauf geachtet, möglichst energieeffiziente moderne Technologie einzusetzen. Bei der Entwicklung kommen Modellierungstechniken zum Einsatz, die simulieren können, wie sich das System unter bestimmten Umweltbedingungen verhält – und was man noch verbessern kann, um den Energieverbrauch gering zu halten.

»Young Cities«

Ein Beispiel dafür ist das Projekt »Young Cities«, das von verschiedenen Partnern (u. a. TU Berlin, FIRST, UdK Berlin) in Deutschland und im Iran durchgeführt wird. Dabei geht es darum, die Bebauung eines 35 ha großen Gebiets in Hashtgerd New Town (Iran) zu planen, zu simulieren und langfristig umzusetzen. Wissenschaftler von FIRST steuern Technologien bei, mit denen der Energiehaushalt von Gebäuden simuliert werden kann. Die so genannten New Towns werden an vielen Orten weltweit als Planstädte konzipiert, um urbane Ballungszentren zu entlasten. Hashtgerd liegt etwa 30 km westlich der Millionenstadt Karadsch und 65 km westlich von Teheran. Die New Town von Hashtgerd ist mittlerweile eine der größten ihrer Art im Iran. Sie wurde 1993 gegründet und soll Raum für bis zu 500.000 Einwohner bieten. Dabei wird die Stadt in Landwirtschaft und Verkehr eingebettet, und es werden

Industrie und Ausbildungszentren angesiedelt, um für die Bewohner eine hohe Lebensqualität zu bieten und insbesondere Wohnen und Arbeiten in der Stadt zu ermöglichen.

Mehr Effizienz durch Simulationen

Beim Entwurf der Stadt wird großes Augenmerk auf innovative und flexible Gebäudetypologien und Infrastrukturkonzepte gelegt. Die Bedürfnisse der Anwohner sollen auf möglichst energiesparende Weise erfüllt werden. Vor allem ausgefeilte Heiz- und Kühlungssysteme werden aufgrund der klimatischen Bedingungen im Iran zur Herausforderung: dort gibt es kalte Winter und heiße Sommer, in denen es bis zu 45 Grad warm werden kann. Die Frage, welche Technologien für die Optimierung der Heiz- und Kühlungssysteme unter den gegebenen Bedingungen am effizientesten sind, und wie viel Energie man durch ihren Einsatz jeweils einsparen kann, lässt sich mithilfe von Simulationen gut beantworten. FIRST liefert die entsprechenden Werkzeuge: Verwendet werden unter anderem

1 Die Simulationen von FIRST zeigen, wie sich ressourcenschonende neue Städte im Iran bauen lassen

2 Energieeffiziente, kostengünstige Heiz- und Kühlungssysteme werden durch das Klima im Nahen Osten zur Herausforderung

Modelica-Tools, mit denen sich das Verhalten von technisch-physikalischen Systemen simulieren lässt. In die Simulation fließen Faktoren wie das lokale Klima, Lage und Struktur der Bauwerke, mögliche Materialien sowie Wünsche der Bewohner ein. Aspekte, die wesentlich zur Energieersparnis beitragen können, sind gut organisierte Wasser- und Abwassersysteme sowie ein ausgefeiltes Wärme- und Kälte-Erzeuger- und Verteilernetzwerk. Auch die Materialien, z. B. für die Dämmung der Gebäude, spielen eine große Rolle. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Lage der Häuser, denn gegenseitige Verschattung und Ausrichtung zur Sonne können dazu beitragen, dass weniger geheizt bzw. gekühlt werden muss.

Neue Technologie, neue Qualität

Die aus der Simulation gewonnenen Erkenntnisse sollen künftig auf der 35 ha großen Fläche umgesetzt werden. Auf dieser Pilotfläche im Süden von Hashtgerd werden zukünftig etwa 7.000 Einwohner in über 2.000 Wohneinheiten leben. Ein detaillierter Bebauungsplan, in dem das durch Simulation optimierte System der Energie- und Wasserversorgung berücksichtigt wurde, ist dafür bereits fertiggestellt. Zwei Pilotprojekte, in denen eine energieeffiziente und qualitativ hochwertige Bauweise umgesetzt sind, wurden bereits gebaut: Beim »New Technology Building« wurde ausprobiert, welche Technologien am besten zur Energieeffizienz beitragen. Es handelt sich dabei um ein zweigeschossiges Bürogebäude, für das besonders moderne Materialien eingesetzt wurden. Beim »New Quality Building« liegt der Fokus vor allem auf einer erhöhten Bauqualität für Erdbbensicherheit.

Reduktion des CO₂-Ausstoßes

Angestrebtes Ziel des Projekts »Young Cities« ist eine möglichst große Reduktion des CO₂-Ausstoßes. Mithilfe von Simulationen kann der CO₂-Ausstoß der Gebäude im momentanen Zustand ermittelt werden. Vor allem aber erlaubt es die Simulation, Verbesserungen, die sich durch neue Baumethoden und -materialien erreichen lassen, bereits

im Entwurfs- und Planungsprozess zu berechnen, darauf aufbauend Szenarien zu diskutieren und in Bezug auf verschiedene Faktoren – wie z. B. den CO₂-Ausstoß – zu optimieren. In den iranischen Baurichtlinien spielt momentan der »Code 19« eine wesentliche Rolle, der die Dämmeigenschaften für neue Gebäude vorschreibt. Mit den Simulationswerkzeugen von FIRST wird bestimmt, welche Auswirkungen der Code 19 auf die Energieeffizienz von Gebäuden hat. Der dabei ermittelte CO₂-Wert soll im Rahmen von »Young Cities« idealerweise um weitere 30 Prozent verringert werden. Dabei ist natürlich auch die Kostenfrage entscheidend. Früher war eine energiesparende, hochwertige Bauweise mit sehr hohen Kosten verbunden. Doch in »Young Cities« konnte mithilfe der FIRST-Simulationen gezeigt werden, dass bei der Bebauung schon die Gruppierung und Ausrichtung der Gebäude einen großen Unterschied machen können. Außerdem wurden überwiegend Materialien eingesetzt, die vor Ort preiswert verfügbar sind. Das Projekt beweist: Das »New Quality Building« ist nicht viel teurer als ein Gebäude, das nach herkömmlicher Bauweise errichtet wurde. Auch die Tatsache, dass Energie immer teurer wird, führt dazu, dass Architekten und Anwohner verstärkt auf die Betriebskosten ihrer Gebäude achten. Projekte wie »Young Cities« können einen verantwortungsbewussten Umgang mit begrenzten Ressourcen unterstützen – nicht nur im Iran. Steffen Unger, Projektleiter bei FIRST, ist optimistisch: »Wir wollen zeigen, dass man mit einfachen Mitteln und nicht viel höheren Kosten einen Standard erreichen kann, der im Betrieb viel besser ist. Wenn das gelingt, gibt es die Chance, dass die Ideen in bestehende Standards einbezogen und beim Entwurf neuer Städte berücksichtigt werden.« Die Ergebnisse des Projekts werden veröffentlicht und sind dadurch für zukünftige Projekte verwendbar. Damit liefert Young Cities wichtige Impulse für den Weg vom Stadtmodell zur Modellstadt.



1



2

TECHNOLOGY SPOTLIGHT

INTERAKTIVE STUNDEN-PLANUNG AN DER CHARITÉ

Jedes Semester müssen an der Charité Universitätsmedizin Berlin Stundenpläne erstellt werden. Damit das schnell vonstatten geht, alle Randbedingungen erfüllt werden und die Planer rasch auf Änderungen reagieren können, verwendet die Charité ein constraintbasiertes Planungssystem von FIRST.

Fünftausend Studierende sind in einem Studiengang der Humanmedizin an der Charité Universitätsmedizin Berlin eingeschrieben. Sie müssen insgesamt zehn Semester studieren und dabei viele Lehrveranstaltungen besuchen – darunter Module wie Biochemie, Anatomie, Psychologie, Pathologie und Chirurgie. Über 200 Professorinnen und Professoren unterrichten an drei Hauptstandorten in verschiedenen Stadtbezirken. Diese Größen alle so zu koordinieren, dass für Studierende und Lehrende akzeptable Stundenpläne herauskommen, scheint auf den ersten Blick wie eine unlösbare Aufgabe, und mit der Erstellung des Plans ist noch längst nicht alles getan: viele weitere Randbedingungen müssen berücksichtigt werden. Beispielsweise dürfen Pflichtveranstaltungen für die Studenten nicht gleichzeitig stattfinden. Wege zwischen den Standorten müssen eingeplant werden. Und natürlich müssen die Veranstaltungen in passenden Räumlichkeiten stattfinden: Zum Beispiel kommen Studenten in einem Präparierkurs ohne Präparate nicht voran. Außerdem sind die Lehrveranstaltungen sehr unterschiedlich. Sie können mal eine, mal anderthalb, oder auch mal drei Stunden lang sein. Manchmal sind die Kapazitäten recht groß, in anderen Übungen ist die Teilnehmerzahl begrenzt – es dürfen vielleicht nur acht Studenten teilnehmen. Bestimmte Seminare finden nur alle zwei Wochen statt, oder sogar ganz unregelmäßig als Blockseminare. Darüber hinaus müssen Sonderwünsche von Lehrenden, zum Beispiel hinsichtlich von Zeiten und Räumen, berücksichtigt werden, die häufig nur das Planungspersonal vor Ort kennt, oder es muss schnell auf Änderungen reagiert werden.

CharPlan für eine schnelle Stundenplanung

Ein Verantwortlicher, der die Stundenpläne manuell austüfteln soll, könnte angesichts all dieser Randbedingungen verzweifelt das Handtuch werfen. Er müsste wohl Wochen oder Monate damit zubringen, Kärtchen mit Namen und Veranstaltungsräumen auf einer Tafel hin- und herzuschieben. Doch zum Glück hat das Referat für Studienangelegenheiten der Charité Hilfe bekommen: ein von Fraunhofer FIRST entwickeltes Programm nutzt constraintbasierte Programmierung für die Stundenplanung. Die Software »CharPlan« wurde von Fraunhofer FIRST genau für die speziellen Bedürfnisse der Charité konzipiert und ist dort seit dem Sommersemester 1998 im Einsatz. Sie ermöglicht dem Planer, innerhalb weniger Sekunden einen ausführbaren Stundenplan zu erstellen und diesen interaktiv weiter zu bearbeiten. So kann er zum Beispiel Sonderwünsche von Lehrenden (sog. »hidden constraints«) oder plötzliche Änderungen wie den Ausfall von Lehrpersonal eingeben und sich innerhalb kürzester Zeit einen angepassten Plan generieren lassen.

Constraint-Methode – Was ist das eigentlich?

Constraint ist das englische Wort für Randbedingung. Bei der klassischen Programmierung werden die unendlich erscheinenden Kombinationsmöglichkeiten eine nach der anderen durchprobiert; erst im Nachhinein wird überprüft, ob alle Randbedingungen eingehalten wurden. Das ist sehr zeitraubend und daher nicht praktikabel. Die Constraint-Methode

dagegen nutzt die Randbedingungen aktiv. Der Suchraum für Lösungen wird durch sogenannte Constraintsolver eingegrenzt. »Unmögliche« Kombinationen, wie etwa zwei gleichzeitige Lehrveranstaltungen eines Professors, werden so von vornherein ausgeschlossen. Die Suche nach dem idealen Stundenplan erfolgt daher mit einer wesentlich kleineren Anzahl von Kombinationsmöglichkeiten. Unterschieden wird bei der Constraintprogrammierung zwischen so genannten »harten« Constraints, die unter allen Umständen eingehalten werden müssen (zum Beispiel keine Überschneidungen bei Pflichtveranstaltungen) und »weichen« Constraints, die möglichst erfüllt sein sollen (zum Beispiel freitagabends keine Lehrveranstaltungen). Sobald alle harten Constraints berücksichtigt sind, können bei der Suche auch die weichen Constraints einbezogen werden, damit die Wünsche der Lehrenden und Studierenden nach Möglichkeit erfüllt werden.

Der ideale Stundenplan – mit Gewissheit

Auf diese Weise wird die Erstellung der Stundenpläne für alle Beteiligten stressfreier: Die Planer müssen weniger Zeit und Arbeit aufwenden, um eine Lösung zu ermitteln, und Lehrende und Studierende müssen sich nicht mit einem untauglichen Stundenplan herumschlagen. »Das Verfahren hilft dabei, die Stundenplanung besser und effizienter zu gestalten: Alle

korrekt angegebenen Bedingungen werden verlässlich eingehalten. Diese Gewissheit hätte man ansonsten nicht«, stellt Hans-Joachim Goltz von Fraunhofer FIRST fest. Die mit CharPlan erstellten Stundenpläne werden als HTML-Dokument ausgegeben und ins Internet gestellt. Für die Organisation der Stundenpläne werden an der Charité die Studenten in so genannte Planungsgruppen eingeteilt, die jeweils 18 oder 20 Studierende umfassen. Für diese Gruppen ist jeweils ein überschneidungsfreier Stundenplan mit Kursen in allen Fächern des Semesters garantiert. Im vorklinischen Studienabschnitt, also vor dem Physikum (dem ersten Abschnitt der ärztlichen Prüfung), erfolgt diese Einteilung automatisch: die Studenten bekommen, wie zu Schulzeiten, ihre fertigen Stundenpläne vorgelegt. Da einzelne Randbedingungen interaktiv geändert werden können, ohne dass der bestehende Plan dabei wieder über Bord geworfen werden muss, sind Sonderfälle, etwa wenn Studenten nicht bestandene Scheine nachholen müssen, kein Problem. Das Programm achtet automatisch darauf, dass beim manuellen Ändern der Randbedingungen keine harten Constraints verletzt werden – ansonsten könnte es vorkommen, dass ein Student sich plötzlich zerteilen müsste, um alle Kurse besuchen zu können.

Neue Herausforderungen für die bewährte Software

Die Software wurde seit 1998 kontinuierlich weiterentwickelt, um immer umfangreichere Aufgaben lösen zu können. Dazu wurden weitere Komponenten implementiert, die verschiedene Funktionalitäten erfüllen. Die Software wurde kürzlich an die neue Studienorganisation angepasst, nach der Studierende Module in bestimmten Kombinationen absolvieren müssen. Außerdem wird daran gearbeitet, dass in Zukunft noch mehr Constraints automatisch von dem Programm beachtet werden. »Bei der Zusammenarbeit mit Fraunhofer FIRST können wir auf die dort vorhandenen Kompetenzen im Bereich der Ressourcenplanung vertrauen«, sagt Burkhard Danz, Leiter des Referats für Studienangelegenheiten der Charité. »Die von FIRST entwickelte Software hat uns sehr dabei geholfen, unsere Stundenplanung zu optimieren.«

- 1 Durch die Constraint-Methode werden Randbedingungen für den Stundenplan berücksichtigt – so können Studenten an allen Kursen teilnehmen
- 2 Jeder Arzt war einmal Medizinstudent und musste viel lernen: Biochemie, Anatomie, Psychologie, Pathologie und viele weitere Fächer stehen auf dem Stundenplan

LUNGENBILDER IN DER RECHNERWOLKE

In klinischen Studien werden große Datenmengen erhoben und analysiert. Dazu braucht man viel Rechenpower und spezialisierte Programme, die in einem Grid zur Verfügung stehen. Wie man die Daten sicher und effizient darin verteilt, regelt ein Modell.



1 In dem BMBF-Projekt Pneu-moGrid geht es um Grid-Techno-logien für die Bildverarbeitung zur Diagnose und Therapie von COPD (chronisch-obstruktive Lungenkrankheit), bei der die Lungenfunktion durch eine chronische Verengung der Atemwege eingeschränkt ist. Studien zur Lungenventilation sollen helfen, die Diagnose und Therapie zu verbessern.

2 Mit 4D-MRT und LSI (Lung Sound Intensity)-Messgeräten wird die Luftströmung in der Lunge gemessen. Dies ist sehr rechenintensiv und erzeugt viele Daten. Um diese für Studien aus-werten zu können, nutzt man verteilte Ressourcen: mit dem »D-Grid« stehen für Pneu-moGrid z. B. Hochleistungsrechner mit insgesamt etwa 4200 Prozessoren zur Verfügung.

3 Der GWES (Generic Work-flow Execution Service) ist ein von FIRST entwickeltes Softwarewerkzeug, mit dem der Verarbeitungsprozess vor dem tatsächlichen Ablauf im Grid oder in der Cloud abstrakt modelliert wird. Der GWES orga-nisiert, welche Aktionen wann auf welchem Rechner durch-geführt werden.

4 Die verteilt an verschiedenen Krankenhäusern erhobenen Daten werden in speziell ge-sicherte Bereiche des Grids oder der Cloud geschickt, um dort ausgewertet zu werden. Nutzer können so standortunabhängig und kostengünstig auf Rechen-kapazitäten und Referenzdaten zugreifen. Alle beteiligten Ärzte und Forscher müssen sich dabei identifizieren.

5 Sicherheit und Datenschutz sind gewährleistet, da der Zu-griff auf die Cloud verschlüsselt geschieht und die Patientenda-ten vor der Übertragung dop-pelt pseudonymisiert werden. So werden rechtliche Vorgaben im Pneu-moGrid berücksichtigt.

6 Alle Zugriffe auf die Cloud werden kontrolliert und do-kumentiert. FIRST entwickelt Komponenten für so genannte Audit-Trails, die Vorgänge im Prozessablauf protokollieren. Der Audit-Trail schreibt quasi mit, wer im Grid oder der Cloud was macht, damit auch im Nach-hinein überprüft werden kann, ob Zugriffsrechte und Daten-schutz eingehalten wurden.

7 Die Daten werden im Grid oder der Cloud von verschiede-nen Stellen analysiert, ausge-wertet und durch moderne bild-gebende Verfahren visualisiert. Anschließend werden sie in eine Referenzdatenbank eingeordnet. Ärzte und Forscher aus Medizin-technikunternehmen, klinischen Zentren und Forschungseinrich-tungen haben Zugriff auf die ausgewerteten Daten.

8 Die klinischen Studien zur Lungenbelüftung dienen dazu, neue Diagnose- und Therapie-methoden für COPD-Patienten zu entwickeln. Deren Behand-lungserfolg wird wiederum durch Cloud-basierte Verfahren überprüft.



»MODELLIEREN STATT PROGRAMMIEREN«

Die Modellierung komplexer Integrationssoftware hat viele Vorteile. Projektleiter Dr. Ralf Kutsche erklärt, worum es in der »Modell- und Softwarefabrik« BIZWARE geht.

Was ist BIZWARE?

Das Projekt BIZWARE ist ein so genannter regionaler Wachstumskern des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Dabei sollen Regionen jeweils mit bestimmten Technologiekompetenzen assoziiert werden. In BIZWARE haben wir den kompletten Software-Lebenszyklus im Blick, das heißt, wir wollen die modellbasierte Softwareentwicklung für spezielle Anwendungsbereiche weitgehend automatisieren. Dafür arbeiten acht Industriepartner sowie die TU Berlin und FIRST an einer »Modell- und Softwarefabrik«.

Was sind die Forschungsziele?

Es geht um die Entwicklung von Modellierungskonzepten und Modelltransformationen zur Nutzung domänenspezifischer Sprachen (DSLs) bei der Generierung von Softwarewerkzeugen. Diese werden u. a. zur Generierung von Integrationssoftware für verschiedene Branchen genutzt. Das ist Software, die verschiedene andere Softwarebausteine verbindet, etwa wie eine USB-Schnittstelle am Rechner mehrere Hard- und Software-Komponenten. Ein USB-Kabel verknüpft beispielsweise eine Kamera mit dem PC und der erkennt automatisch, was zu tun ist – nämlich Fotos anzeigen. So kann das auch mit komplexeren Softwaresystemen funktionieren. Wir haben mehrere Softwaresysteme, deren Interaktion wir zu Beginn der Softwareerstellung modelliert haben, so dass im Prinzip ein Softwarepaket verstehen kann, was ein anderes Paket macht. Sie sollen miteinander kommunizieren und aktiv zusammenarbeiten. Letztendlich soll unsere Modell- und Softwarefabrik dazu beitragen, dass Anwender selbst Modelle erstellen können.

Diese Modelle können dann durch unsere Fabrik in laufende Softwareprogramme umgesetzt werden, die die oben beschriebenen »USB-Stecker-Eigenschaften« haben.

Was genau wird modelliert?

Fachliche, anwendungsspezifische Sprachen, oder DSLs (Domain-Specific Languages). Diese sind genau auf die jeweilige Branche und ihre Herausforderungen zugeschnitten. Außerdem sind domänenspezifische Sprachen an der Anwendung orientiert und somit leichter erlernbar als gewöhnliche Programmier- oder Modellierungssprachen. Wir möchten eine Technologie zur Verfügung stellen, mit der man solche domänenspezifischen Sprachen entwickeln kann. Diese werden dann den Anwendern, zum Beispiel aus der Gesundheitsbranche oder der Logistik, zur Verfügung gestellt. Die Anwender sollen mit der Sprache Modelle erstellen können, um spezifische Lösungen für ihre Probleme zu finden. Natürlich wissen die Vertreter aus den Branchen jeweils am besten, welche Faktoren man berücksichtigen muss und wo die Schwierigkeiten liegen. Deshalb ist unser Ziel, dass sie wesentlich am Prozess der Softwareentwicklung mitwirken.

Was sind die spezifischen Kompetenzen von FIRST?

FIRST und die TU Berlin haben besondere Kompetenzen in der Modellierung, durch die sie die Industriepartner im Projekt beraten können. FIRST verfügt sowohl über branchenspezifische Modellierungskompetenz als auch über Kompetenzen in der Modelltransformation und im modellbasierten Testen.

Was für einen Sinn macht es, Software zu modellieren anstatt gleich den Code zu programmieren? Ist das nicht unnötig viel Arbeit?

Ganz im Gegenteil: man spart viel Arbeit dadurch. Die meiste Arbeit bei der Softwareentwicklung wird nämlich darauf verwendet, Fehler zu bearbeiten und nicht ordentlich berücksichtigte Anforderungen zu erfüllen. Dass bestimmte Parameter fehlen, fällt gar nicht auf, wenn man ein komplexes Programm mit Millionen Zeilen Programmcode vor sich hat. Werden dagegen gute grafische Modelle verwendet, dann sieht man sehr schnell, ob eine wichtige Komponente vergessen wurde. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass die Dokumentation beim Programmieren häufig vernachlässigt wird, was die Kommunikation zwischen den Entwicklern, auch im Nachhinein, kompliziert. Durch Visualisierung mit grafischen Modellen werden die Entwicklungsschritte dokumentiert und die Kommunikation erleichtert. Ein Bild sagt eben mehr als tausend Worte.

Hat es Auswirkungen auf die Qualität und Sicherheit der Software, wenn man sie vorher modelliert?

Ja, genau: modellierte Software ist robuster, sicherer und stabiler. Das Modellieren selbst ist anschaulicher und dadurch weniger fehleranfällig als das Programmieren, weswegen die Modelle als Grundlage für die Softwareentwicklung dienen. Im Zentrum steht bei uns immer: Modellieren statt Programmieren. Teilweise kann man Software schon automatisch generieren. Wenn man Software von Programmgeneratoren aus dem Modell programmieren lässt, dann ist sie praktisch fehlerfrei. Eine Herausforderung ist es daher, in Zukunft den Prozess der modellbasierten Softwareentwicklung noch mehr zu automatisieren.

Welche Schwierigkeiten können bei der Entwicklung der domänenspezifischen Sprache noch auftreten?

Man muss festlegen, wie die entworfene domänenspezifische Sprache einerseits klein genug werden kann, um beherrschbar zu sein, und andererseits stark genug, um alles Wesentliche ausdrücken zu können. Es gilt also, abzuwägen, welche Elemente man in einem Modell braucht und welche nicht

unbedingt notwendig sind. Je mehr man weglassen kann, desto einfacher wird die Sprache, und desto besser kommen die Anwender damit zurecht. Dabei ist die Zusammenarbeit mit den Anwendern wichtig: sie können am besten einschätzen, welche Komponenten wesentlich sind und welche nicht.

Was sind langfristig die Ziele und die Herausforderungen der Zukunft?

Mehr Automatisierung und eine bessere Softwarequalität. Dabei spielt auch modellbasiertes Testen eine Rolle: Wenn man bereits während der Gestaltung die Tests und Testmodelle entwirft, dann vergisst man keine der relevanten Aspekte, die getestet werden sollen. Besonders im Bereich der eingebetteten Systeme bei sicherheitskritischen Anwendungen ist das natürlich wichtig. Weitere wichtige Punkte sind die Evolutions- und Erweiterungsfähigkeit. Software und die Anforderungen daran können sich unter Umständen schnell ändern, aber je bessere Modelle vorhanden sind, desto schneller kann man sie erweitern. Die wesentlichen Ziele sind also Zuverlässigkeit und Evolutionsfähigkeit der Software und die Automatisierung des Softwareprozesses.

Was fasziniert Sie an der Software-Modellierung?

Die Vision, viele Dinge, die früher sehr unübersichtlich waren, einfacher, schneller und besser machen zu können, und auch anschaulicher und leichter verständlich. Natürlich haben wir noch viel vor uns, bis alles funktioniert, wovon wir heutzutage träumen. Aber was mir gut gefällt, ist die Verbindung von Anwendung und theoretischer Kompetenz in der Informatik. Davon bin ich wirklich begeistert.

TEAMWORK

Um komplexe Systeme planen und simulieren zu können, müssen Modelle und Lösungsverfahren, die die unterschiedlichen Eigenschaften der Systeme möglichst genau darstellen können, miteinander verbunden werden.

Es ist eine einfache Rechnung: wenn einer alleine mit einem Problem überfordert ist, schaffen es zwei, die zusammen arbeiten, schon eher. Nicht umsonst ist Teamwork so erfolgreich. Und die moderne Gesellschaft wäre ohne Arbeitsteilung, bei der jeder eine spezifische Aufgabe übernimmt, nicht möglich. Man stelle sich nur einen einzelnen Arbeiter vor, der alleine ein Auto konstruieren, fertigen und zusammenbauen soll. Vermutlich ein aussichtsloses Unterfangen. Je mehr Arbeiter jedoch mithelfen, desto schneller und effizienter geht die Arbeit voran. Genau dieses Prinzip macht man sich zur Lösung mathematischer Gleichungen und Ungleichungen zunutze: Spezielle »Problemlöser« (engl. Solver), d. h. Softwareprogramme, die Lösungen für spezielle Formeln berechnen, werden miteinander gekoppelt. Dabei wird das zu lösende Problem auf einer geeigneten Modellebene zunächst in Teilprobleme zerlegt, so dass jedes Teilproblem mit einem geeigneten Solver besonders gut oder schnell gelöst werden kann. Bei der Solverkopplung werden die Lösungen der Teilprobleme so kombiniert, dass sie sich zu einer Lösung des ursprünglichen Gesamtproblems zusammenfügen lassen. Durch Solverkopplung kann man Simulationen und Planungen komplexer technischer Systeme besser beherrschen. Dazu ein Beispiel: In viele Systeme wie Autos oder medizinische Geräte sind Steuercomputer eingebettet, die im Zusammenspiel verschiedene Funktionalitäten in Echtzeit ausführen müssen. Das Problem besteht nun darin, genügend Rechenzeit für sich ständig wiederholende Berechnungen von Anwendungen auf Prozessoren oder Prozessorkernen einzuplanen, so dass ihre zeitliche Reihenfolge gewährleistet ist. Ein Lösungsansatz besteht darin, mit einem Solver (Mapper) die Anwendungen auf die Prozessoren oder -kerne zu verteilen und anschließend mit einem anderen Solver (Scheduler) die zeitliche Abfolge der Anwendungen zu planen. Wird dabei festgestellt, dass die Echtzeitbedingungen nicht eingehalten werden, fordert der Scheduler vom Mapper eine andere, erfolgversprechendere Zuordnung an. Die Solver helfen sich quasi gegenseitig: Sie geben ihre Ergebnisse weiter und ermöglichen oder erleichtern die Arbeit der anderen Solver. FIRST forscht dazu – unter anderem im Rahmen des Projekts SPES 2020 im Anwendungsfeld »Scheduling von Multicore-Prozessoren« – an der Kombination von Zerlegungsverfahren aus der Graphentheorie mit Planungsverfahren des Operations Research.

Solver tun genau das, was ihr Name sagt: Sie lösen mathematische Gleichungen. Will man komplexe Probleme lösen, zerlegt man diese zunächst in Teilprobleme, für die es einen geeigneten Solver gibt. Bei der Solverkopplung werden die Lösungen der Teilprobleme so kombiniert, dass sie eine Lösung des Gesamtproblems ergeben.



Beim Bau einer Windkraftanlage müssen viele Faktoren, wie Materialeigenschaften, Wettereinflüsse oder Konstruktionstechniken berücksichtigt werden. Modelle, die die einzelnen Faktoren detailgetreu abbilden, unterstützen den Planungsprozess. In komplexen Simulationen werden die einzelnen Modelle gekoppelt, um das Gesamtverhalten der Anlage bereits vor dem Bau überprüfen zu können.

Maßgeschneiderte Problemlöser

Für die Lösung unterschiedlicher Probleme sind jeweils spezifische Solver geeignet. Folgende Solver sind für die Forschungsarbeiten von Fraunhofer FIRST relevant: ODE-Solver bieten numerische Ein- oder Mehrschrittverfahren zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen (engl. ordinary differential equations), die z. B. zeitliche Verläufe beschreiben. Wichtige Beispiele sind das Euler- oder das Runge-Kutta-Verfahren. SAT-Solver (von englisch: satisfiability = Erfüllungbarkeit) sollen möglichst schnell und effizient die Erfüllungbarkeit aussagenlogischer Formeln prüfen: entweder verschiedene Bedingungen sind erfüllbar, oder sie sind es nicht. FD-Constraint-Solver (von finite domain) schränken möglichst effizient und effektiv die endlichen Wertebereiche von Variablen anhand von Randbedingungen (engl. Constraints) ein. Die Wertebereiche sind meist Ganzzahlen oder werden durch diese repräsentiert. LP-Solver (von: linear programming) lösen lineare Erfüllungbarkeits- und Optimierungsprobleme. Das sind Probleme, die durch lineare Gleichungen und Ungleichungen beschreibbar sind. Meist wird aufgrund seiner Schnelligkeit das Simplex-Verfahren eingesetzt. Und nicht zuletzt FEM-Solver (von Finite Elemente-Methode), die Verfahren aus der numerischen Mathematik zur Lösung von partiellen Differentialgleichungen bieten. Sie sind das Standardwerkzeug im Ingenieurwesen bei der Festkörpersimulation. Doch nicht nur einzelne Solver können gekoppelt werden. Auch die Kopplung von Modellen bietet Vorteile, wenn man spezifische Aspekte technischer Systeme und ihr Zusammenspiel untersuchen will. Die Voraussetzung hierfür ist, dass die unterschiedlichen Eigenschaften technischer Systeme getrennt voneinander modelliert werden können. Will man simulieren, wie sich eine Windkraftanlage bei unterschiedlichen Wetterlagen hinsichtlich der Energieerzeugung verhält, reicht ein einfaches geometrisches Modell, das lediglich die Verbiegung des Rotorblatts in Abhängigkeit von der Windstärke simuliert. Soll jedoch die Stabilität der Anlage bei Sturm untersucht werden, kommt ein zweites, wesentlich genaueres, auf Finite-Elemente-Methoden basierendes Kräftemodell zum Einsatz. Gleiches gilt für die anderen technischen Bestandteile der Windkraftanlage. Je nach Fragestellung sind die »passenden« Teilmodelle auszuwählen und zu einem Gesamtmodell zu koppeln. Die Herausforderung besteht in der geeigneten Auswahl und Kopplung der Teilmodelle. Modell- und Solverkopplung haben das Potenzial, komplexe Probleme zu lösen, die bisher als Ganzes nicht oder nicht in akzeptabler Zeit oder Güte lösbar waren. Sie sind deshalb wichtige aktuelle Forschungsschwerpunkte von Fraunhofer FIRST.



THINK THE FUTURE

DIE PHYSIK DAHINTER

Zur Simulation von technisch-physikalischen Systemen braucht man Sprachen wie Modelica, mit denen man die Eigenschaften der Systeme beschreiben kann, um ihr Verhalten zu simulieren. Durch neue Tools und Technologien werden die Modelle exakter.

Ein neues Auto wird entworfen, und natürlich soll es möglichst energieeffizient sein. Doch wie kann man feststellen, was dafür gemacht werden muss? Welche Verfahren sind kostengünstig, welche zu aufwändig? Und ist das Auto am Ende sicher genug? Für spezifische Problemstellungen kann man durch Simulationen solche Fragen beantworten und Erkenntnisse gewinnen. Will man zum Beispiel wissen, wie man das Auto bei minimalem Energieverbrauch optimal kühlen kann, entwickelt man ein Modell, das die physikalischen Prozesse, die im Auto vor sich gehen, beschreibt. Gibt man dann noch die relevanten Daten ein (etwa die Größe des Autos, Außentemperatur, Prozesse, die gleichzeitig ablaufen), kann das Modell den Energieverbrauch und jeweils mögliche Einsparungen über einen bestimmten Zeitraum hinweg simulieren. MATLAB/ Simulink und Modelica sind Sprachen, mit denen man solche technisch-physikalischen Modelle erstellen kann. Sie werden von Ingenieuren standardmäßig zur Simulation verwendet. Besonders bei sogenannten »Multi-Physics-Systemen«, bei denen verschiedene physikalische Bereiche (beispielsweise Mechanik, Thermodynamik und Elektrotechnik) zusammenwirken, finden sie Anwendung. MATLAB/ Simulink und Modelica ermöglichen es, die verschiedenen physikalischen Eigenschaften in ihrem Wechselspiel innerhalb des Gesamtsystems zu modellieren. Umweltfaktoren können in der Simulation sehr differenziert berücksichtigt werden. Der Vorteil: Die wesentlichen Eigenschaften werden genauer abgebildet – die Ergebnisse sind besser. Insbesondere eingebettete Systeme können gut mit MATLAB/ Simulink und Modelica modelliert werden. Sie bestehen im Wesentlichen aus technischen Komponenten, in die Kontroll-Software und -Hardware (Controller) eingebettet sind. Diese Controller sind

heute für alle Arten von technischen Systemen – seien es Autos, Flugzeuge, Fahrstühle oder Kühlschränke – unerlässliche Bestandteile, da sie die verschiedenen Vorgänge in den Geräten steuern und kontrollieren. Häufig möchte man schon im Entwicklungsprozess sehen, ob der Controller das System richtig steuert. Hier kommt die Simulationssoftware ins Spiel: Man kann Controller damit testen, bevor man das fertige System baut. Dazu nutzt man ein Modell, das zeigt, ob der Controller seine Funktion entsprechend den Anforderungen erfüllt. Teilweise lässt sich sogar Steuerungssoftware für den Controller direkt aus dem Modell generieren. Modelica bietet gegenüber MATLAB/ Simulink zwei relevante Vorteile. Erstens verbindet die Sprache die Regelungstechnik mit der Objektorientierung. Die Regelungstechnik ist eine physikalische Disziplin, bei der es um das Regeln von selbstständig ablaufenden Prozessen geht. Die Objektorientierung hingegen stammt aus der Informatik und begreift komplexe Systeme als das Zusammenwirken einzelner Objekte. Im Modelica-Modell eines Autos sind daher Motor, Kupplung, Getriebe usw. noch

- 1 Die physikalischen Eigenschaften eines startenden und fliegenden Flugzeugs können mit dem FIRST-Tool Mosilab simuliert werden
- 2 Simulationen ersetzen zwar keine Crashtests, aber mit ihnen kann man Eigenschaften des Systems schon früh am Computer testen

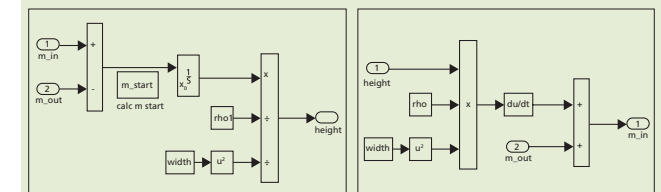
als einzelne Komponenten erkennbar. Die zugrunde liegenden mathematischen Gleichungen werden in Modelica den Einheiten im modellierten physikalischen Prozess zugeordnet. Das ist sehr hilfreich, wenn die Modelle die Entwicklung unterstützen sollen: Sowohl das gleichungsorientierte Denken der Ingenieure als auch das modellorientierte Denken der Informatiker kommen hier zum Zuge – Ingenieure und Informatiker sind auf einer Wellenlänge. Zweitens erlaubt es Modelica, Gleichungen akausal aufzuschreiben: In Modelica wird für jede Art von Komponente nur einmal durch Gleichungen festgelegt, welches physikalische Verhalten sie hat. Modelica rechnet dann für jede Anwendung der Komponente automatisch aus, wie die mathematische Gleichung jeweils gelöst werden muss (siehe Infokasten zur Akausalität). Das erleichtert die Arbeit der Ingenieure wesentlich. Aus diesen Gründen setzt Fraunhofer FIRST bei der Entwicklung von Simulationssoftware auf Modelica und ist in verschiedenen Projekten an der Weiterentwicklung von Modelica beteiligt, beispielsweise in Standardisierungsgremien zusammen mit der UdK und der TU Berlin. Des Weiteren engagiert FIRST sich in dem vom BMBF geförderten europäischen Projekt MODELISAR, bei dem es um die Entwicklung einer Simulationsplattform auf der Basis des Entwicklungsstandards AUTOSAR und der Sprache Modelica geht. Mit Mosilab hat FIRST selbst ein Tool für Modelica entwickelt. Ein wichtiges physikalisches Phänomen, das über Modelica hinausgeht, aber in Mosilab bereits benutzt werden kann, ist die Strukturdynamik. Damit lässt sich zum Beispiel beschreiben, dass ein Flugzeug in jeder Phase des Startvorgangs unterschiedliche physikalische Eigenschaften hat: Anfangs verhält es sich als rollendes Fahrzeug, dann als Mischform zwischen rollendem und fliegendem Gerät und nach dem Abheben als reines Luftfahrzeug. Diese Phasen gehen während des Starts jedoch dynamisch ineinander über, was in Mosilab simuliert werden kann.

Modelica ist eine objektorientierte Sprache zur Modellierung komplexer technisch-physikalischer Systeme. In der Modelica Standard Library stehen mittlerweile 920 Modellkomponenten und 620 Funktionen aus verschiedenen Domänen zur Verfügung. Entwickelt wird der offene Standard von der Modelica Association, einer seit 1996 bestehenden gemeinnützigen Organisation mit Mitgliedern aus Europa, den USA und Kanada. Mittlerweile nutzen viele Firmen aus der Industrie, z. B. Automobilhersteller wie Audi, BMW, Daimler, Ford, Toyota und VW, aber auch andere Unternehmen wie zum Beispiel Airbus oder Siemens, Modelica zur Entwicklung ihrer Systeme.

Akausalität

Ein Beispiel: Im Modell eines Wassertanks sollen die Abhängigkeiten zwischen drei Größen berechnet werden. Für verschiedene Szenarien sind jeweils zwei Variablen gegeben, und eine muss berechnet werden.

In **MATLAB/ Simulink-Modellen** werden diese Gleichungen *kausal* aufgeschrieben. Für einen einzigen Tank gibt es mehrere, sehr verschiedene Modelle, je nachdem, nach welchem Variablenwert gerade gesucht wird.



Modelica hingegen ermöglicht es, die Gleichung *akausal* aufzuschreiben. Dadurch muss man nur einmal festlegen, welche Variablen es gibt und in welchem Verhältnis diese zueinander stehen. Modelica stellt die Gleichung dann automatisch um und berechnet das Ergebnis.

```

1 model tank
2   parameter Length width = 0.2 ;
3   Length height ( start =1, fixed = true);
4   flowConn massflow_out, massflow_in;
5   Mass m( fixed = false ) ;
6 equation
7   der (m) = massflow_out . mflow + massflow_in . mflow;
8   height * width ^2 * rho = m;
9 end tank;
```




THINK THE FUTURE

»DIE ROLLE DES MENSCHEN IST NIE GANZ BERECHENBAR«

Birgit Kwella, Projektleiterin bei Fraunhofer FIRST, erklärt, wie moderne Navigationsgeräte durch prognostisches Routing in die Zukunft blicken können und der neue Standard TPEG dazu beitragen kann, den Verkehr effizienter zu gestalten.

Kann man Verkehr simulieren?

Ja, in gewissen Grenzen und für kurze Zeiträume: In den Verkehrsmanagementzentralen werden mit aktuellen Daten zur Verkehrslage Kurzfristprognosen durchgeführt, also Simulationen, mit denen man sehen kann, wie sich der Verkehr an einer bestimmten Stelle innerhalb der nächsten Viertel- bis halben Stunde vermutlich entwickeln wird. Darüber hinaus kann man mithilfe von angesammelten Daten aus der Vergangenheit so genannte Tagesgänge berechnen, bei denen sich zum Beispiel regelmäßige Staus zu Stoßzeiten abzeichnen. Mit dem neuen Standard TPEG lassen sich solche »simulierten« Informationen über die Entwicklung des Verkehrs an die Navigationssysteme übertragen. Das nennt sich prognostisches Routing. Die Verkehrssimulationen sind aber nur begrenzt gültig. Man kann zwar aufgrund verschiedener Parameter berechnen, wie sich die Verkehrslage eigentlich entwickeln müsste. Aber die Rolle des Menschen ist nie ganz berechenbar. Wenn zum Beispiel plötzlich viel mehr Menschen unterwegs sind als erwartet, treffen die Vorhersagen nicht oder nur bedingt ein.

Welche Komponenten braucht man für eine Verkehrssimulation?

Zunächst braucht man ein Verkehrsmodell, das das Verkehrsverhalten nachbildet. Außerdem braucht man ein digitales Verkehrsnetz. Das kann man sich in etwa vorstellen wie eine digitale Karte, auf der jedem Abschnitt bestimmte Attribute zugeschrieben sind, wie etwa die zulässige Geschwindigkeit auf einer Strecke, die Anzahl der Spuren usw. Anhand dieser Informationen berechnet das Modell, wie die Autos prinzipiell

fahren können. Schließlich wird eine so genannte OD-Matrix (Origin-Destination-Matrix) benötigt, die beschreibt, wie viele Verkehrsteilnehmer sich jeweils wann wohin bewegen. Die OD-Matrix liefert die Eingangsdaten für die Simulation. Die Daten haben aber nur eine begrenzte Gültigkeit, denn das Verhalten der Menschen kann man nur bedingt vorhersagen. Deswegen versucht man, auch aktuell vorhandene Daten oder Tagesgänge mit in die Simulation einzubeziehen. Diese Komponenten, bestehend aus Verkehrsmodell, digitalem Netz und OD-Matrix, müssen für eine Simulation gekoppelt werden.

Welche Vorteile ergeben sich aus der Simulation?

Durch TPEG kann man ein komplettes flächendeckendes Verkehrslagebild mit Prognosehorizont übertragen. Die Verkehrsteilnehmer sollen dadurch schneller und bequemer ans Ziel kommen. Aber wir wollen uns nicht nur auf den Individualverkehr beschränken. Es geht um so genannte intermodale Reiseketten: Wenn beispielsweise auf der Autobahn dichter Verkehr herrscht, kommt man unter Umständen schneller voran, wenn man auf öffentliche Verkehrsmittel umsteigt. Außerdem hat es Auswirkungen auf die Umwelt, wenn der Verkehr effizient gestaltet wird: Verkehrsteilnehmer sparen Treibstoff, und der Ausstoß von CO₂ wird reduziert.

Was sind die Zukunftsaussichten und Chancen der Verkehrsinformationstechnologien?

Die Städte wachsen immer mehr, die Mobilität verändert sich. Um den immer dichter werdenden Verkehr auf der Straße zu beherrschen, muss man intelligente Mechanismen anwenden,

die den Verkehr flüssiger gestalten und besser verteilen. Dafür werden ständig neue Technologien entwickelt. Es wird zum Beispiel versucht, die Autos selbst als Sensoren zu verwenden, die so genannte »Floating Car Data« ermitteln. Die Idee dahinter ist: Je besser man über die tatsächliche Verkehrslage Bescheid weiß, desto besser kann man den Verkehr steuern. Außerdem soll in Zukunft »Seamless Navigation«, nahtlose Navigation, ermöglicht werden: Reisende sollen überall, auch wenn sie etwa zu Fuß in einem Gebäude unterwegs sind oder zwischen Verkehrsmitteln wechseln, an ihr Ziel geleitet werden. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Sicherheit. Wenn Autofahrer mit TPEG zeitnah die genaue Position eines Staus oder einer Unfallstelle erfahren, kann das natürlich wesentlich zur Sicherheit beitragen. Man will also langfristig den Verkehr effizienter, sicherer und dadurch nachhaltiger gestalten.

Wofür wird TPEG genutzt, und warum ist er wichtig?

Durch den Traffic Message Channel (TMC), über den Navigationssysteme normalerweise aktuelle Verkehrsinformationen erhalten, können nur etwa 10 bis 20 Meldungen pro Minute übermittelt werden. Die Meldungen sind dadurch zu spät beim Verkehrsteilnehmer, und sie sind unpräzise: Man erhält zu wenig relevante Zusatzinformationen. Weil TPEG, der neue Standard, über digitale Medien wie zum Beispiel DAB (digitales Radio) übertragen wird, stehen hier viel mehr Kapazitäten zur Verfügung. Dadurch lassen sich wesentlich mehr Informationen übertragen – bis zu 3.000 Meldungen pro Minute! Kurz gesagt: TPEG ist besser, schneller und umfangreicher.

Wie ist FIRST an der Entwicklung von TPEG beteiligt?

TPEG wird von der TISA (Traveler Information Services Association) entwickelt. Die TISA fungiert als Dachorganisation für die Zusammenarbeit der etwa 90 beteiligten, internationalen Institutionen. Darunter sind auch zwei Fraunhofer-Institute: FIRST und IIS. Ein Ziel der TISA ist es, gemeinsam den neuen Standard TPEG festzulegen und weiterzuentwickeln. Außerdem werden Anwendungen und Services zur Verkehrs- und Reiseinformation konzipiert. Bei FIRST wird das »Future Mobile Navigation Toolkit« entwickelt, das verschiedene Technologien

vereint. Ein Beispiel sind TPEG-Komponenten für kleine Endgeräte, etwa eine Applikation für Android-Handys.

Findet TPEG schon Anwendung?

Um TPEG nutzen zu können, müssen Endgeräte vorhanden sein, die TPEG decodieren können. Diese sind zumindest in Deutschland noch nicht sehr verbreitet. FIRST konnte jedoch durch User-Tests im Projekt COOPERS zeigen, dass TPEG erfolgreich zur Verkehrsinformation eingesetzt werden kann. Bei FIRST werden Daten von verschiedenen Sensoren ausgewertet, zu TPEG-Services verarbeitet und schließlich über DAB als Verkehrsinformationen versendet. Mittlerweile wurde erkannt, dass TMC zum Übermitteln der relevanten Informationen häufig nicht ausreicht. Deswegen wird momentan intensiv an der Entwicklung und Standardisierung von TPEG gearbeitet. Auch Hersteller entwickeln immer mehr TPEG-fähige Geräte. Es geht jetzt darum, TPEG mehr Leuten zugänglich zu machen und als Standard zu etablieren.

Wenn ich morgens im Stau stehe, denke ich ...

Die Daten, um solche Staus zu verhindern, sind alle vorhanden, nur mit TMC kann man leider nicht alle übermitteln. Mit TPEG könnte alles so viel besser sein!

Was ist TPEG?

TPEG (Transport Protocol Expert Group) ist ein internationaler Standard zur Übertragung von sprachunabhängigen und multimodalen Verkehrs- und Reiseinformationen. Informationen werden im TPEG-Format codiert und können über digitale Kanäle (zum Beispiel digitales Radio, Internet, digitales Fernsehen, GPRS und W-Lan) an Endgeräte wie Handys und Navigationssysteme übermittelt werden. TPEG ist die Basis für eine Reihe von Technologien und Services zur Verkehrs- und Reiseinformation. Die TISA (Traveler Information Services Association) beschäftigt sich mit der Standardisierung von TPEG, der Weiterentwicklung von TPEG-Anwendungen sowie der Implementierung von Verkehrsservices.

PROJEKTE MODELLIERUNG



MIXED REALITY ENGINE

Das Energiesparen fängt im eigenen Haushalt an: Durch kleine Veränderungen kann jeder seine Stromkosten senken und die Umwelt schonen. Allerdings blicken viele im unübersichtlichen Tarifdschungel und angesichts von Kennzeichnungen wie »A+«, die den Verbrauch elektrischer Geräte kenntlich machen, nicht mehr richtig durch. Deswegen arbeitet Fraunhofer FIRST im Projekt Mixed Reality Engine (MRE) zusammen mit der Exozet Berlin GmbH an der Erforschung und Entwicklung einer Plattform, auf der sich Nutzer spielerisch über energiebezogene Themen informieren können. Es entsteht ein Webportal, das als »Serious Game« (ernsthaftes Spiel) zugänglich sein soll.

Spielerisches Wissen über Energie

Serious Games sind laut Ben Sawyer, Mitbegründer der Serious-Games-Initiative, »Anwendungen, welche mit verfügbaren Technologien und dem Design der Unterhaltungssoftware-Branche entwickelt werden und primär einem anderen Zweck als der Unterhaltung dienen.« Mit spielerischen Mitteln soll die Mixed Reality Engine bei ihren Nutzern das Bewusstsein für energiebezogene Themen erhöhen. Auf der MRE-Plattform können Nutzer sich ein eigenes Profil anlegen, in das sie Daten zu ihrer Wohnung, ihren Elektrogeräten und ihrem Nutzungsverhalten eingeben können. Mit diesen Daten wird dann der aktuelle Energieverbrauch gemessen: sowohl der ganzen Wohnung als auch von einzelnen Geräten. Es wird jedoch auf der Plattform zusätzlich noch andere Anwendungen geben, für die FIRST weitere Tools zur Datenanalyse und zur Simulation entwickelt. Zum Beispiel sollen Nutzer ihren jeweiligen Verbrauch mit anderen Nutzern vergleichen können, die ähnliche Ausgangswerte haben. Oder sie können mit Hilfe von Simulationen herausfinden, wie sie ihren Stromverbrauch senken oder ihre Stromkosten reduzieren können.

Eine besondere Rolle spielen dabei tageszeitabhängige Tarife, die aufgrund der Einführung von Smart Metern durch den Gesetzgeber vorgeschrieben sind. Demnach haben »Energieversorgungsunternehmen (...), soweit technisch machbar und wirtschaftlich zumutbar (...) einen Tarif anzubieten, der einen Anreiz zu Energieeinsparung oder Steuerung des Energieverbrauchs setzt. Tarife im Sinne von Satz 1 sind insbesondere lastvariable oder tageszeitabhängige Tarife« (§40.3 EnWG). Kunden können nun durch Smart Meter prüfen, wie sie von den schwankenden Strompreisen profitieren können. Wenn z. B. der Strompreis während der Woche niedriger ist als am Wochenende, kann man Großverbraucher wie Waschmaschinen dementsprechend nutzen und somit Geld sparen. Die Simulation verwendet dabei Daten aus Messungen (Geräteprofile) und aus dem Internet importierte Daten zu Stromtarifen, zum Wetter usw. Außerdem können »Was-wäre-wenn«-Szenarien durchgespielt werden – beispielsweise, wenn man herausfinden will, ab wann und ob es sich lohnt, neue energiesparende Geräte anzuschaffen.

Laufzeit: 01.09.2009 – 31.08.2011

www.first.fraunhofer.de/projekte/mre

D-GRID SCHEDULER

Im Projekt D-Grid Scheduler (DGS) werden Technologien für das Scheduling in Service- und Ressourcen-Grids entwickelt. Das Projekt wird im Rahmen des Förderprogramms »IKT2020 – Forschung für Innovationen« im Gebiet »Grid-Dienste für Wirtschaft und Wissenschaft« vom BMBF gefördert und ist Teil der D-Grid-Initiative. Durch Grid-Technologien sollen mithilfe von verteiltem Rechnen ressourcenintensive Aktionen in Wissenschaft und Wirtschaft ermöglicht werden. Der Zugriff auf die Ressourcen wird durch Scheduling-Tools wie den von FIRST entwickelten Generic Workflow Execution Service (GWES), einer branchenübergreifenden Middleware-Komponente, modelliert und organisiert. So können die Operationen im Grid vorab abstrakt festgelegt werden. Eine Herausforderung beim Grid Computing ist, dass die beteiligten Nutzer-Communities jeweils sehr unterschiedliche, spezifische Scheduling-Dienste verwenden. Ziel des DGS-Projekts ist es daher, als »gemeinsamen Nenner« eine so genannte Interoperabilitätsschicht zu entwickeln, mit der Benutzer einer Community problemlos Operationen auf Ressourcen einer anderen Community ausführen können. So können die vorhandenen Rechen- und Speicherressourcen von allen Communities genutzt werden, was eine integrative Zusammenarbeit der verschiedenen Nutzer ermöglicht. Die Interoperabilitätsschicht soll dabei als ein offener Standard eingerichtet werden, damit sie bei möglichst vielen Scheduling-Tools implementiert wird. Der GWES kann auf diese Weise mit weiteren Community-Grids vernetzt werden.

Laufzeit: 01.05.2009 – 30.04.2012

www.first.fraunhofer.de/projekte/dgs

EEVU

Das Projekt Energieerzeugung, -verteilung und -umsetzung (EEVU) bildet einen Forschungsschwerpunkt innerhalb der Initiative »Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität« und wird vom BMBF gefördert. Dabei wird der gesamte Pfad von der Erzeugung elektrischer Energie über ihre Verteilung bis hin zur Umsetzung im Fahrzeug berücksichtigt. FIRST forscht zusammen mit dem Fraunhofer AST (Anwendungszentrum für Systemtechnik) an der möglichst effizienten Lastverteilung bei Energie-Erzeuger-Verbraucher-Problemen. Ein aktuelles Thema ist der Einsatz von constraint-basierten Methoden, um die Ladezyklen der Batterien von Elektrofahrzeugen effektiv zu gestalten. Es werden verschiedene Ladeszenarien, um die Batterieladungen periodisch in Stromversorgungsnetze einzulasten, durchgespielt und optimiert. Bei flexiblen Ladeszenarien lassen sich pro Tag mehr Elektroautos laden als bei starren Ladeszenarien, wodurch das Netzwerk besser ausgelastet wird. Unter bestimmten Bedingungen beträgt dabei die Gesamtauslastung der Stromnetze mehr als 90 Prozent, wobei die Anzahl der ladbaren Elektromobile nur 15 Prozent unterhalb der Schranke liegt, bei der die Netzkapazität überschritten wird.

Laufzeit: 01.05.2009 – 30.06.2011

www.first.fraunhofer.de/projekte/eevu

1 Stromfresser wie Waschmaschinen effizient einsetzen? Die Mixed Reality Engine zeigt, wie's geht – so können Nutzer ihren Energieverbrauch optimieren

2 Elektroautos sind wesentlich für die Mobilität der Zukunft. Wie man sie am besten regelmäßig auflädt, ermittelt eine Simulation von FIRST



SYSTEMARCHITEKTUR

Eine solide Architektur ist nicht nur die Grundvoraussetzung beim Häuserbau, auch technische Systeme sind auf sie angewiesen. Architektur ist die Basis für Funktionalität, denn sie regelt, welche Komponenten an welcher Stelle des Systems positioniert sind und wie sie am effizientesten zusammenarbeiten.

In natürlichen Systemen entstehen komplexe, hochfunktionale Architekturen wie von selbst. Beispiel Bienenwabe: Sie dient als zentraler Lebensraum der Tiere und erfüllt alle Funktionen, die zu ihrem Überleben notwendig sind. Hier findet die Aufzucht und Fütterung der Larven statt. Hier wird Honig produziert und gelagert. Und über die Wände der Waben kommunizieren die Bienen wie in einer Art Telefonnetz. Mehrere Tausend einzelne Waben bilden in einem perfekten Zusammenspiel den Bienenstock. Was in der Natur nach dem Prinzip der Selbstorganisation entsteht, stellt große Herausforderungen an die Entwickler eingebetteter Systeme. Deren Architektur muss sorgfältig entworfen und realisiert werden, damit die einzelnen Komponenten einwandfrei zusammen funktionieren und das bei ständig steigender Komplexität und Verteiltheit. Dies zu ermöglichen, ist Aufgabe der Abteilung Systemarchitektur. In den drei Forschungsgruppen »Embedded Multi-Core«, »Interaktionstechnologien« und »Verteilte Eingebettete Systeme« entstehen Methoden und Komponenten für die Entwicklung hocheffizienter, verteilter Architekturen, die heutigen Anforderungen an Variabilität, Zuverlässigkeit und Energieeffizienz eingebetteter Systeme gerecht werden.

Die Gruppe »Embedded Multi-Core« entwickelt Steuergeräte auf der Basis von Mehrkernprozessoren, die es ermöglichen, einzelne Arbeitsschritte in einem Rechner parallel und damit schneller abzuarbeiten. Ein Schwerpunkt liegt auf der Integration von hochkomplexen Prozessen in sicherheitskritischen Steuerungen, z. B. in einem Flugzeug oder in der Bahntechnik. Die FIRST-Forscher beraten Kunden bei der Auswahl und Bewertung von geeigneten Multi-Core-Architekturen. Ein weiterer Fokus liegt in der Raumfahrt: Hier werden Multi-Core-Rechner eingesetzt, um über die zusätzlichen Prozessoren Ausfallsicherheit zu gewährleisten, z. B. in Steuerrechnern für Satelliten, die über einen längeren Zeitraum autonom und unter rauen Bedingungen arbeiten müssen. Im Projekt MUSE (s. Artikel, S. 46) entwickeln die FIRST-Forscher ein Architektur-Konzept für einen derartigen Rechner und arbeiten dabei eng mit der Forschungsgruppe »Interaktionstechnologien« zusammen. Letztere entwickelt Bilderkennungsalgorithmen für den

Bordrechner, denn er soll die autonome Positionierung und Ausrichtung des Raumfahrzeugs ermöglichen. Die Grafikalgorithmen der Forschungsgruppe »Interaktionstechnologien« kommen außerdem in Anwendungen zum Einsatz, in denen es darum geht, den Umgang mit eingebetteten Systemen so einfach wie möglich zu machen: etwa bei der Entwicklung von medizinischen Simulatoren und Trainingsgeräten (s. Interview, S. 40) oder in Kalibrierungssoftware für Projektionstechnik (s. Interview, S. 38). Die Forschungsgruppe »Verteilte Eingebettete Systeme« arbeitet an Architekturkonzepten für Systeme, die aus vielen einzelnen, z. T. räumlich verteilten Komponenten bestehen. Hier entstehen Technologien für komplexe Verkehrsdienste, die Informationen aus unterschiedlichen Quellen integrieren können, sowie Konzepte für die Selbstorganisation in Sensornetzwerken (s. Artikel, S. 52).

Abteilung Systemarchitektur

Abteilungsleiter: Herbert Rüßeler
herbert.ruesseler@first.fraunhofer.de
Wissenschaftliche Fachberatung:
Prof. Dr. Odej Kao
odej.kao@first.fraunhofer.de

Forschungsgruppe »Embedded Multi-Core«

Leiter: Robert Hilbrich
robert.hilbrich@first.fraunhofer.de

Forschungsgruppe »Interaktionstechnologien«

Leiter: Ivo Hauslen
ivo.hauslen@first.fraunhofer.de

Forschungsgruppe

»Verteilte Eingebettete Systeme«
Leiter: Dr. Matthias Schmidt
matthias.schmidt@first.fraunhofer.de

www.first.fraunhofer.de/star

In der Natur entstehen hochfunktionale Architekturen nach dem Prinzip der Selbstorganisation. Für die Entwickler eingebetteter Systeme sind sie eine große Herausforderung

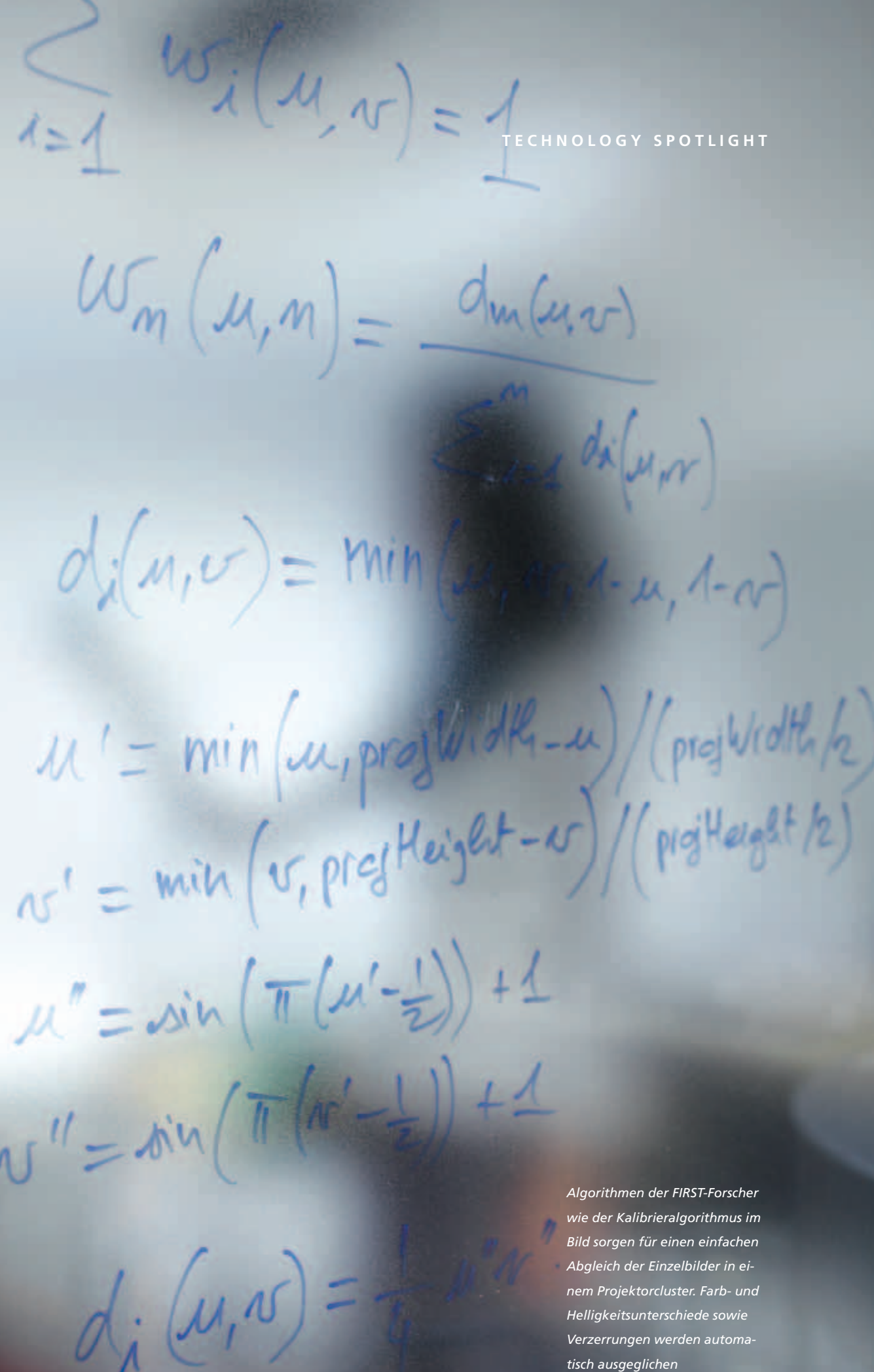
»DIXIT ALGORIZMI«

Algorithmen sind das Rückgrat eines Computers: Sie liefern die Regeln, anhand derer der Rechner eine Aufgabe abschließend bearbeiten kann. In den Laboren von FIRST entstehen besonders effiziente Algorithmen für Bildverarbeitung, Computergrafik und lokale Suche.

»Der Algorithmus hat es so verfügt«, ist zugegebenermaßen eine recht freie Übersetzung des Anfangssatzes des Buches »Über das Rechnen mit indischen Ziffern« von Muhammed al-Chwarizmi, dem Namensgeber des Algorithmus, trifft aber dennoch den Kern. Algorithmen sind das abstrakte Rückgrat eines jeden Computerprogramms, oder – um es prosaischer zu sagen – das Set von Regeln, das ein Computer ausführen muss, um eine Aufgabe abschließend zu lösen. Aber wie finden diese Regeln Eingang in ein Computerprogramm? Was versetzt dieses in die Lage, die Anweisungen auszuführen? Und wie müssen die Regeln formuliert sein, damit eine Aufgabe möglichst effizient gelöst werden kann? Man kann sich das durchaus vorstellen wie die Gebrauchsanweisung zum Aufbau eines Bücherregals. Man benötigt zunächst das Ausgangsmaterial wie Bretter und Schrauben, dann einige genau beschriebene Arbeitsschritte wie Löcher bohren, Bretter einlegen usw. Letztendlich erhält man – sofern die Anleitung etwas taugt – das fertige Regal. Abstrakter formuliert müssen die einzelnen Schritte eines Algorithmus eindeutig beschrieben und ausführbar sein. Und es müssen endlich viele Schritte sein, denn sonst würde das Verfahren keine Ergebnisse liefern.

Im Prinzip basieren alle Computerprogramme auf Algorithmen. Sie lösen komplexe Suchvorgänge bei Google, sie berechnen die kürzeste Route in einem Navigationssystem und sorgen dafür, dass das Gerät uns in verständlicher Sprache antwortet, sie helfen uns bei der Bearbeitung der Urlaubsfotos und sollten wir uns je in einer fremden Stadt verirren, gibt es garantiert einen Algorithmus, der uns den Weg nach Hause zeigt. Die Anwendungsgebiete reichen von der Bildverarbeitung, über die Navigation bis hin zur Analyse komplexer Daten. Besondere Anforderungen an Algorithmen gelten, wenn eine große Menge Daten in einer vorgegebenen Zeit verarbeitet werden müssen (sog. »Echtzeitfähigkeit«). Hier liegt einer der Forschungsschwerpunkte von Fraunhofer FIRST. Die Wissenschaftler entwickeln Algorithmen für die medizinische Bildverarbeitung, die es Ärzten erlauben, Bilddaten in Echtzeit zu manipulieren und auszuwerten. Der Knackpunkt des Verfahrens liegt darin, dass die Algorithmen direkt auf der GPU (Graphic Processing Unit) des Rechners implementiert werden. Grafikkarten sind in der Lage, eine Vielzahl von Prozessen gleichzeitig auszuführen und können daher komplexe Rechenaufgaben in extrem kurzer Zeit bewältigen (s. Interview, S. 40). Ein weiterer Fokus liegt auf der Computergrafik. Hier sorgen intelligente Algorithmen für die Vereinheitlichung von Bildern einzelner Projektoren in einem Projektor-Cluster. Bei Großprojektionen oder Projektionen auf gekrümmte Flächen nutzt man mehrere Projektoren. Die einzelnen Bilder müssen hinsichtlich Farbe, Form, Helligkeit und Verzerrung aneinander angepasst werden, so dass ein einheitlicher Gesamteindruck entsteht. Fraunhofer FIRST hat in Kooperation mit der Carl Zeiss AG eine Software entwickelt, die in wenigen Minuten für einen automatischen Abgleich der Projektoren sorgt und mittlerweile in Planetarien weltweit zum Einsatz kommt (s. Interview, S. 38). Nicht zuletzt entwickeln die Forscher Algorithmen für die lokale Suche auf mobilen Endgeräten. Mit der Software FlashFind können Nutzer den Speicher von Smart Phones, e-Books oder Media Playern in Windeseile nach bestimmten Informationen wie Musik- oder Buchtiteln, Straßennamen oder Adressen durchsuchen (s. Bildergeschichte, S. 42).

Algorithmus der Woche: Sie wissen nicht, wie Sie Ihren Geburtstagskuchen gerecht verteilen sollen? Auch hier helfen Algorithmen. Eine prominente Auswahl solch alltagstauglicher Rechenkunststücke hat der Fakultätentag für Informatik anlässlich des Informatikjahrs 2006 zusammengestellt. Alle sieben Tage wurde ein »Algorithmus der Woche« vorgestellt. Hier kann man lernen, wie man seinen Rucksack optimal bepackt, im Dunkeln aus einem Labyrinth herausfindet, bei der Partnerschaftsvermittlung den Richtigen trifft und beim Streichholzspiel gewinnt: www-i1.informatik.rwth-aachen.de/~algorithmusindex.php



Algorithmen der FIRST-Forscher wie der Kalibrieralgorithmus im Bild sorgen für einen einfachen Abgleich der Einzelbilder in einem Projektorcluster. Farb- und Helligkeitsunterschiede sowie Verzerrungen werden automatisch ausgeglichen



»BEKANNTE ZUTATEN – NEUE ERGEBNISSE«

Rund 2,5 Quadratcentimeter Silizium reichen schon, um etwa 20 Milliarden Pixel pro Sekunde zu verarbeiten. Doch ohne unsichtbare Helfer wäre auch der leistungsfähigste Prozessor nur ein Stück unscheinbares (Halb-)Metall. Die Fleißarbeit bei der Bildverarbeitung leisten schlaue Algorithmen. Wie man sie entwickelt, wissen die FIRST-Forscher Jérémie Gerhardt und Kay-Ingo Ahlers.

Welche Probleme können Algorithmen lösen und wie funktionieren sie?

Kay-Ingo Ahlers: Es gibt prinzipiell zwei Arten von Algorithmen: Zum einen können Algorithmen Probleme erkennen. Zum anderen können sie Probleme lösen. Bei unserer Kuppelprojektion müssen wir beispielweise die unterschiedlichen Projektoren synchronisieren. Algorithmen erkennen die Unterschiede zwischen den einzelnen Bildern hinsichtlich Farbe und Form. Andere Algorithmen sorgen für eine Verzerrung und Vereinheitlichung der Einzelbilder und passen diese aneinander an.

Welche Art von Algorithmen entwickeln Sie bei Fraunhofer FIRST?

Kay-Ingo Ahlers: Neben Algorithmen für die Projektionstechnologie entwickeln wir Verfahren für die medizinische Bildverarbeitung, insbesondere für die Auswertung von Bilddaten unterschiedlicher Herkunft wie Videos, MR- oder CT-Daten. Hinzu kommen Algorithmen für Tracking-Verfahren wie optisches oder magnetisches Tracking aus unterschiedlichen Sensoren. Und last but not least entwickeln wir Algorithmen, die die Daten aus den unterschiedlichen Quellen zusammenführen und auswerten.

In welchen Anwendungsbereichen werden sie benötigt?

Kay-Ingo Ahlers: Zum einen werden unsere Algorithmen bzw. die Software, in die sie integriert sind, recht erfolgreich zur Projektion von digitalen Inhalten in Planetarien eingesetzt. Hier werden Verfahren für das Blending von

Einzelbildern und die Geometriekorrektur verwendet. In der Medizintechnik werden unsere Technologien zur Erkennung von Objekten in Bildern und Videos oder von Benutzereingaben an medizinischen Geräten genutzt.

Was können die Algorithmen von FIRST besser als andere?

Jérémie Gerhardt: Die Algorithmen von FIRST sorgen dafür, dass Verfahren, die häufig noch manuell ausgeführt werden, automatisiert werden können. Wir haben z. B. eine Software entwickelt, die die Kalibrierung mehrerer Projektoren hinsichtlich Farbe und Form vollautomatisch in wenigen Minuten umsetzt.

Wie wird aus einem Algorithmus ein Computerprogramm?

Kay-Ingo Ahlers: Im Prinzip ist ein Algorithmus eine mathematische Beschreibung, die so umgesetzt werden muss, dass der Computer sie versteht. Das geschieht in Form von Programmen, die wir mithilfe von Programmiersprachen wie C++ oder Shadersprachen wie HLSL entwickeln. Um besonders leistungsfähige Programme mit hohen Anforderungen an Robustheit und Schnelligkeit zu entwickeln und die Möglichkeiten zur Parallelisierung, die heutige Grafikkarten bieten, voll auszunutzen, arbeiten wir mit open CL oder der Entwicklungsumgebung CUDA.

Was sind »hardwarenahe« Algorithmen?

Kay-Ingo Ahlers: Algorithmen müssen so entwickelt werden, dass sie auf der jeweiligen Hardware effizient laufen. Dazu

muss man die Eigenschaften der Hardware genau kennen und den Algorithmus daraufhin anpassen. Ein Algorithmus, der z. B. nicht parallel lauffähig ist, rechnet auch auf der modernsten Hardware nicht schneller als auf einer alten Kiste.

Was sind echtzeitfähige Algorithmen?

Jérémie Gerhardt: Generell bedeutet Echtzeit eine kurze – genau vorgegebene – Reaktionszeit bis zum gewünschten Ergebnis. Wenn man etwa die Farben von Videos in einem Projektor-Cluster korrigieren will, muss man die Anpassungen an jedem einzelnen Videoframe durchführen. Damit das funktioniert, muss der Korrekturvorgang schneller sein als die Framerate des Videos. Wenn man von einer Framerate von 25 Frames pro Sekunde ausgeht, muss die Korrektur schneller erfolgen als 1/25 Sekunden (40 Millisekunden).

In welchen Bereichen gelten sonst noch Echtzeitanforderungen?

Kay-Ingo Ahlers: Z. B. bei Benutzereingaben an einem medizinischen Gerät, wie einem Endoskop. Hier sollte die Reaktionszeit unter 100 Millisekunden liegen.

Was verbirgt sich hinter dem Schlagwort GPU-Processing?

Kay-Ingo Ahlers: GPU-Processing bedeutet die Ausführung von Rechenoperationen auf einer Grafikkarte oder Graphic Processing Unit (GPU). Hier macht man sich die hohe Leistungsfähigkeit und Parallelität der Architektur von Grafikkarten zunutze.

Warum kommt man erst heute auf die Idee, GPUs für andere Anwendungen zu nutzen?

Kay-Ingo Ahlers: Wir haben das schon vor zehn Jahren gemacht. Aber da war das noch nicht so en vogue und es gab noch keine Werkzeuge, die die Implementierung von anderen Anwendungen auf Grafikkarten unterstützten. Die Darstellung von Computergrafiken ist ziemlich komplex. Deshalb hat sich die Grafikkarte früh so entwickelt, dass sie sehr viele Berechnungen parallel ausführen kann. In den 90er Jahren waren Hardware und Algorithmen jedoch noch »fest verdrahtet«, d. h., dass man nur sehr spezielle Rechenoperationen

in einer genau definierten Abfolge ausführen konnte, z. B. Beleuchtungs-Algorithmen. Später folgten Shadersprachen, die mit hohem Spezialisierungsgrad implementiert wurden. Dann wurden die Chips flexibler, die Rechenwerke waren nicht mehr limitiert, z. B. hinsichtlich des Speichers, und man konnte verschiedene Prozesse miteinander verknüpfen. Hinzu kamen Entwicklungsumgebungen wie CUDA oder der Standard OpenCL, die eine Abstraktion von der Hardware ermöglichten, so dass man auch Programme für allgemeinere Anwendungen erstellen konnte, ohne ein Spezialist für Grafik-Hardware zu sein.

Wie werden sich Computergrafik und Bildverarbeitung in den nächsten Jahren verändern?

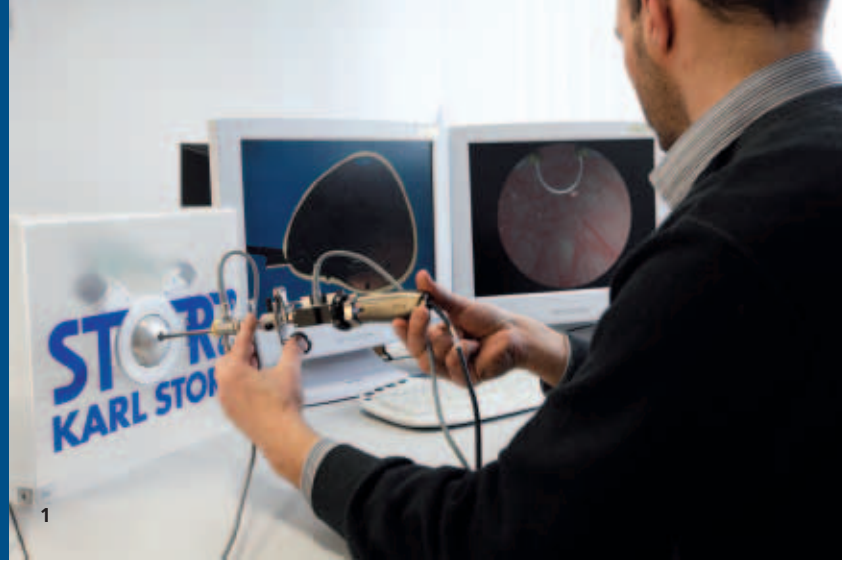
Jérémie Gerhardt: Herausforderungen liegen darin, immer komplexere Zusammenhänge erkennen und analysieren zu können. Auf der anderen Seite muss auch bei Echtzeitanforderungen eine hohe Qualität gewährleistet bleiben – heute kann man (noch) nicht beides haben, sondern die Ergebnisse sind entweder schnell oder gut.

Was gefällt Ihnen an Ihrer Arbeit? Was ist daran besonders spannend?

Jérémie Gerhardt: Die Formalisierung von Problemen, so dass ein Computer sie bearbeiten kann. Überhaupt die Lösung neuer Probleme und natürlich, nahe am technologischen Fortschritt zu sein.

Die Suche nach dem perfekten Algorithmus ist wie ...?

Jérémie Gerhardt: ...Kochen. Zumeist kombiniert man bereits bekannte Zutaten, um zu einem neuen Ergebnis zu kommen.



»EINE REISE IN DIE FÜNFTE DIMENSION«

Minimalinvasive Operationen können den Heilungsprozess beschleunigen und Krankenhausaufenthalte verkürzen. Wie durch ein Schlüsselloch werden die Instrumente dabei durch einen winzigen Schnitt in den Körper eingeführt. Die how to organize GmbH entwickelt IT-Technologien für die benötigten endoskopischen Geräte. Die Rolle der Bildverarbeitung erläutert Prof. Dr. Omid Abri, Geschäftsführer von how to organize.

Wie muss man sich die Operation mithilfe einer endoskopischen Kamera vorstellen? Wie kann sich der Chirurg mithilfe der Kamerabilder orientieren?

Der Begriff Schlüssellochtechnologie trifft es eigentlich genau: Bei einer minimalinvasiven Operation werden die benötigten Geräte in der Regel durch drei kleine Löcher in den Körper gebracht. Ein Schnitt dient als Zugang für die Kamera; über weitere Öffnungen werden spezielle Operationswerkzeuge eingeführt. Das Kamerabild wird in Echtzeit auf einen Bildschirm übertragen, an dem der Chirurg seine Handgriffe – allerdings nur im zweidimensionalen Raum – verfolgen kann.

Wo liegen gegenwärtig die Herausforderungen bei der Entwicklung von Endoskopen?

Genau genommen geht es darum, die Defizite für Chirurgen, die die minimalinvasive Chirurgie mit sich bringt – nämlich die Reduktion der Freiheitsgrade der Hand, die Reduktion des Tastsinns und die Reduktion auf das zweidimensionale Bild – auszugleichen.

Wie ist der Stand bei der Bildgebung? Wie realistisch sind die Bilder?

Die Kombination von Hopkins-stabilisierten Endoskopen (d. h. Endoskopen mit optischen Stabilisatoren, die Wackeln und Unschärfe im Bild ausgleichen) und Kameras mit drei Grafikchips (für rot, grün und blau), die über eine höhere Lichtempfindlichkeit verfügen und somit eine größere

Farbtreue sowie weniger Bildrauschen ermöglichen, bietet überdurchschnittlich realistische Bilder von sehr hoher Qualität – insbesondere in der Auflösung und in der Farbwiedergabe. Der jetzige Stand der Technik macht eine ausgesprochen naturgetreue und sehr realistische Darstellung möglich.

Wo liegen die Grenzen?

Der Nachteil bei einer endoskopischen Kamera liegt darin, dass wir nur Bildausschnitte sehen und nicht das gesamte Operationsumfeld. Auch kommt hinzu, dass der Blick des Chirurgen auf einen Bildschirm fixiert ist und nicht auf den Körper, aus dem das Bild stammt. Das heißt er kann – insbesondere wenn er unerfahren ist – sehr schnell die Orientierung verlieren. Aus diesem Grund wäre es wünschenswert, in die endoskopischen Bilder zusätzlich eine Orientierungshilfe zu integrieren.

Was leisten Algorithmen bei der Verarbeitung der Kamerabilder?

Die gesamte Bilddarstellung in der chirurgischen Endoskopie ist digital und muss in Echtzeit übertragen werden, d. h. die Reaktionszeit zwischen der Aufnahme der Bilder durch die Kamera und ihre Anzeige am Bildschirm muss im unteren Millisekundenbereich liegen. Eine derart schnelle und präzise Berechnung von Bilddaten ist nur mit hocheffizienten und speziell auf ihre Aufgabe angepassten Grafikalgorithmen machbar.

Welche technologischen Lösungen wünschen Sie sich für die Zukunft?

Das wichtigste ist, dass die Defizite, die ein Chirurg zurzeit noch hinnehmen muss – die eingeschränkten Sensitivitäten, die schlechten ergonomischen Bedingungen – aufgelöst werden. Außerdem brauchen wir dringend Lösungen für eine bessere Integration: Sie können sich vorstellen, dass sich die Anzahl der Geräte, welche der Chirurg benötigt, um im minimalinvasiven Bereich zu arbeiten, in den letzten Jahren erheblich vergrößert hat. Insbesondere, weil heute in vielen neuen Feldern minimalinvasive Operationen möglich sind. Aus diesem Grund wünscht sich jeder Chirurg integrative Lösungen, welche die Übersicht und die Steuerung der Funktionalitäten problemfrei gestalten.

Sie arbeiten im Bereich Simulation mit Fraunhofer FIRST zusammen, welche Kompetenzen kommen Ihnen dabei besonders zugute?

Wir arbeiten in verschiedenen Projekten – wie z. B. Endoguide – zusammen und wir wissen, dass wir das hohe technologische Verständnis und die fachliche Qualifikation der Fraunhofer-Kollegen benötigen – insbesondere ihre Kenntnis innerhalb der Rechentechnik und der Algorithmenentwicklung. Wichtig ist für uns darüber hinaus, dass die geforderten, konkreten Anwendungsfälle mit einem hohen Maß an Nutzerfreundlichkeit umgesetzt und an den Operationsverlauf angepasst werden.

1 Im Projekt Endoguide entwickelt FIRST Simulatoren für die Entwicklung von Endoskopen und das Training von Ärzten

2 Bei minimalinvasiven Operationen werden die Geräte durch kleine Löcher in den Körper gebracht. Der Chirurg verfolgt seine Handgriffe auf einem Bildschirm

Wie muss man sich die Kooperation vorstellen?

Innerhalb eines Projektes oder einer Auftragsvergabe werden Anforderungen an die Intellectual Property (IP) von FIRST gestellt, d. h. das vorhandene Know-how und bestehende Forschungsergebnisse werden diskutiert und ausgewertet sowie an die besonderen Anforderungen im Bereich der Medizintechnik angepasst. Letztendlich mündet die Zusammenarbeit immer in einem Ergebnis auf qualitativ neuem Niveau, z. B. der Funktionsverbesserung oder -erweiterung eines medizinischen Geräts.

Bitte vervollständigen Sie den Satz: Operieren mit einem Endoskop ist wie...?

...eine Reise in die fünfte Dimension.

IKT 2020

Das Projekt Endoguide wird im Rahmen des Forschungsförderprogramms IKT 2020 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Im Rahmen von IKT 2020 stehen von 2007 bis 2011 jährlich knapp 300 Mio. Euro für Leitinnovationen, Technologieverbünde, Dienstleistungsplattformen und IKT-spezifische KMU-Förderung zur Verfügung. Konsortien aus Forschungseinrichtungen, Universitäten und Unternehmen können sich in Form von Projektanträgen um Fördermittel bewerben. Endoguide gehört zur Innovationsallianz »virtuelle Techniken«, in der Industrie, Forschungseinrichtungen sowie kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) daran arbeiten, den Einsatz menschenzentrierter virtueller Techniken in der industriellen Praxis im vorwettbewerblichen Bereich vorzubereiten und zu stärken: www.innovationsallianz-virtuelle-techniken.de

FLASHFIND – SCHNELLER GEHT'S NICHT

TECHNOLOGY SPOTLIGHT

Schlaue Algorithmen ermöglichen die blitzgeschwinde Suche auf mobilen Endgeräten. Die komplizierte Eingabe der Suchbefehle entfällt und die Ergebnisse werden sekundenschnell ausgegeben.

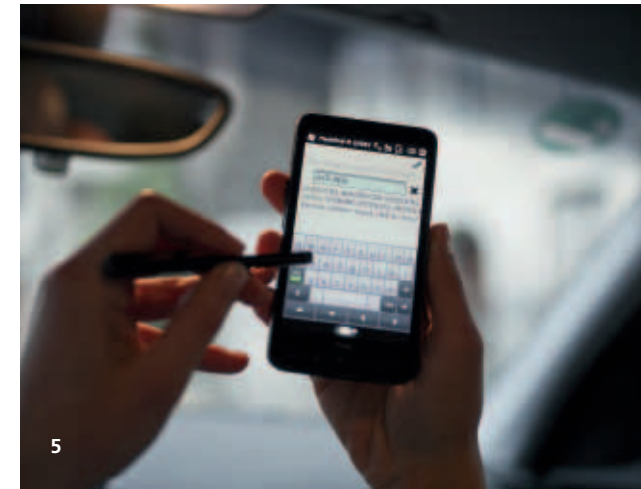


1 Navigationsgeräte bringen ihre Nutzer sicher und schnell ans Ziel. Dieses einzugeben, ist jedoch mühsam. Man muss zunächst eine Folge von Menüs durchklicken. Komfortable Suchfunktionen, wie vom Web gewohnt, fehlen. Die Onboard-Suchmaschine FlashFind schafft Abhilfe.



3 Der Nutzer gibt einfach das gewünschte Ziel ins Eingabefeld ein. Meist genügen Wortanfänge (präfixbasierte Suche). Suchhierarchien (Land, Stadt, Straße) müssen nicht berücksichtigt werden. Die Ergebnisse werden unmittelbar und bereits während des Suchvorgangs ausgegeben (Instant Search).

4 Das Kartenmaterial Westeuropas enthält ca. 10 Millionen Einträge. Sie einzeln zu durchsuchen, wäre auf einem Mobilgerät völlig unrealistisch. Intelligente Algorithmen grenzen daher den Such-Raum schnell ein. Da die Suche lokal ausgeführt wird, ist keine Netzwerkverbindung erforderlich.



5 Jede weitere Eingabe des Nutzers reduziert die Anzahl der Datensätze, die tatsächlich durchsucht werden müssen, rapide.

6 Optimierte Indizierungs-, Spatial-Join- sowie Suchalgorithmen ermitteln blitzschnell die wenigen Gebiete, in denen passende Einträge vorkommen können. Im Detail muss daher nur eine kleine Menge von Datensätzen auf Übereinstimmung mit der Suchanfrage getestet werden.



7 Die Reaktionszeit zwischen der Suchanfrage und der Ergebnisausgabe beträgt nur ca. eine Sekunde.

8 Damit ist FlashFind eine der führenden Suchtechnologien für mobile, eingebettete Anwendungen weltweit.

THINK!

Der Mensch ist ein wahres Wunderwerk natürlicher Sensorik: Sehen, Hören, Tasten, Schmecken geschehen jeden Tag millionenmal. Die aufgenommenen Eindrücke werden vom Gehirn mühelos verarbeitet und in Handlungen umgesetzt. Als einziges Lebewesen ist der Mensch darüber hinaus in der Lage, sich selbst wahrzunehmen und darüber nachzudenken.

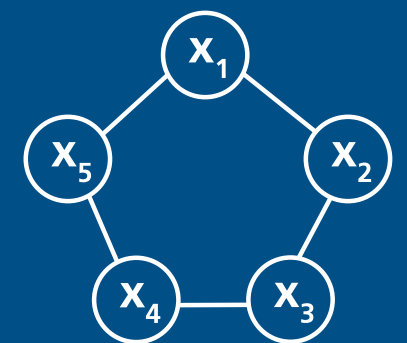
Außer in Science-Fiction-Romanen sind technische Systeme von dieser Leichtigkeit noch Lichtjahre entfernt. Umso intensiver arbeitet man daran, sie mit Fähigkeiten auszustatten, die es ihnen ermöglichen, ihre Aufgaben intelligenter und zuverlässiger auszuführen. Technische Systeme werden mit Sensoren bestückt, die sehen, hören oder tasten können. Die so gewonnenen Daten werden miteinander kombiniert, von leistungsstarken Rechnern analysiert und in Steuerbefehle für alle möglichen Geräte umgesetzt. Dahinter steckt eine hochkomplexe, verteilte Architektur aus Prozessoren, Speicher und Kommunikationskanälen. Diese zu entwickeln, umzusetzen und zu optimieren ist einer der Forschungsschwerpunkte der Abteilung Systemarchitektur. Parallelisierung, d. h. die Verteilung von rechenintensiven Aufgaben auf mehrere Prozessoren, war schon immer eine Spezialität des Instituts. Anfang der neunziger Jahre entstand hier mit »SUPRENUM« der damals schnellste Rechner der Welt – ein Supercomputer mit 256 Rechner-Knoten. Heutige Supercomputer sind winzig klein und firmieren unter dem Schlagwort Multi-Core. Mit Precision Pro hat Fraunhofer FIRST ein Tool entwickelt, mit dem sich Aufgaben automatisch auf Multi-Core-Prozessoren verteilen lassen. Das besondere dabei ist, dass die Pläne auch Echtzeitanforderungen berücksichtigen und so für sicherheitskritische Systeme geeignet sind (s. Interview, S. 48). Zuverlässigkeit spielt aber nicht nur im sicherheitskritischen Bereich eine wichtige Rolle, sondern auch bei Systemen, die lange Zeit autonom und unter rauen Umgebungsbedingungen arbeiten müssen, z. B. im Weltraum. Im Projekt MUSE (s. Artikel, S. 46) evaluieren FIRST-Mitarbeiter daher den Einsatz von Multi-Core-Prozessoren in Satelliten. Hier soll der Rechner außerdem Daten von einer Vielzahl verteilter, bildgebender Sensoren für die Ausrichtung des Satelliten auswerten. Die Analyse und Fusion von Sensordaten steht im Zentrum weiterer Projekte. In SmartSenior und Reha@home (s. Bildergeschichte, S. 50) werden mit unterschiedlichen Sensoren Bewegungen von Patienten aufgenommen und für Multimedia-Rehabilitationsprogramme genutzt. Die Sensorfusion ermöglicht es, die Reha-Übungen auszuwerten und dem Patienten ein unmittelbares Feedback zu geben. Nicht zuletzt sollen Systeme auf Basis verteilter Architekturen intelligenter werden. Die theoretischen Grundlagen hierfür legen FIRST-Forscher im Projekt ASCENS (s. Artikel, S. 52). Hier entstehen Technologien für die Selbstwahrnehmung und Selbstorganisation von Sensorknoten. Ein Beispiel sind Verkehrsmanagement-Systeme, die Informationen aus allen verfügbaren Quellen wie Verkehrsmanagementzentralen, Verkehrsinfrastruktur, aber auch Fahrzeugen oder anderen mobilen Geräten zu effizienten Mehrwertdiensten integrieren.

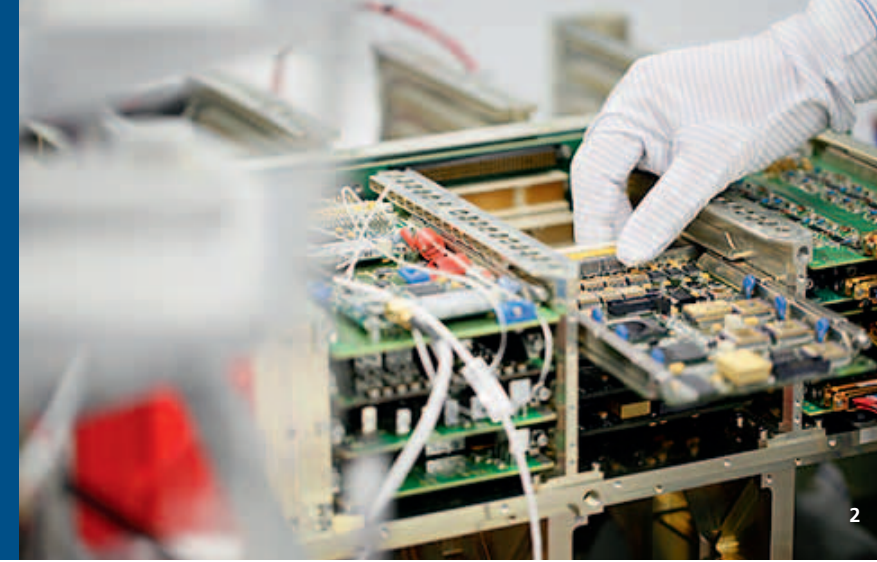
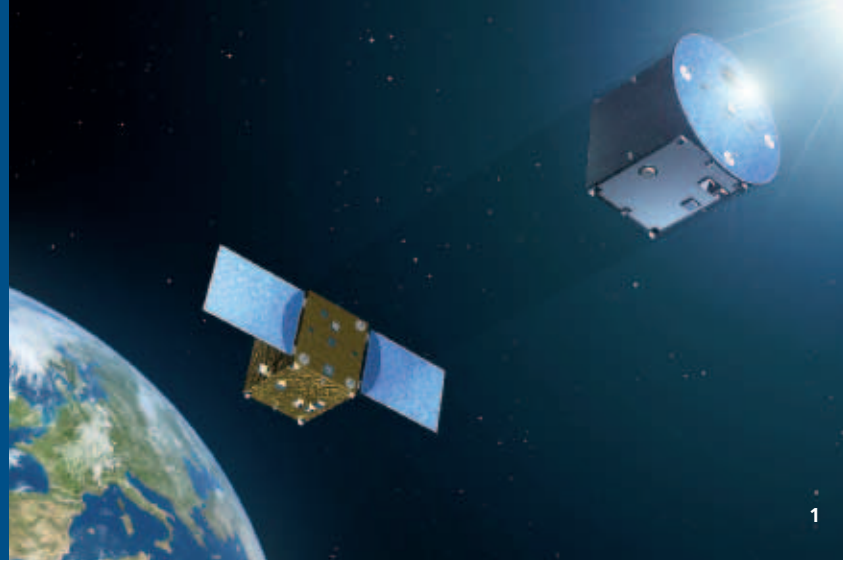
Intelligente, selbstorganisierende Sensornetzwerke sollen künftig dabei helfen, komplexe Infrastrukturen, z. B. auf Flughäfen oder im Straßenverkehr effizienter und sicherer zu gestalten



So funktioniert's: Selbstorganisation von Sensorknoten

Die verteilte Architektur eines Sensornetzwerks besteht aus energieautarken, über Funk miteinander verbundenen Sensorknoten (vgl. Abbildung mit einem Beispiel aus fünf ringförmig miteinander verbundenen Knoten). Jeder Knoten verfügt über eine begrenzte Energiemenge und muss damit sowohl Informationen erfassen (z. B. die Temperatur messen) als auch diese an ein externes System zur Auswertung übermitteln, um seine Aufgabe innerhalb des Sensornetzes zu erfüllen. Dabei ist es für viele Anwendungszwecke ausreichend, wenn Temperaturmessung und Weiterleitung nur gelegentlich (z. B. alle paar Sekunden) erfolgen. In den Zwischenzeiten kann der Sensorknoten »schlafen«, um seine Energie optimal auszunutzen. Die Wachphasen zum Senden von Informationen müssen jedoch so organisiert werden, dass benachbarte Knoten nicht gleichzeitig senden, da sie sich gegenseitig stören würden. Durch lokale Interaktion der Sensorknoten untereinander kann ein Sensornetzwerk sich selbst so organisieren, dass ein optimaler »Zeitplan« für die einzelnen Sendephasen entsteht, d. h. die Schlafphasen und damit die Energie bestmöglich genutzt werden, und die übergeordnete Aufgabe (z. B. Regulierung des Raumklimas) möglichst lange erfüllt wird. Vereinfacht dargestellt, wählt sich jeder Sensor zunächst einen (anfänglich beliebigen) periodisch wiederholten Zeitschlitz (x_1 bis x_5) für das Senden von Informationen. Kein Sensor darf dabei denselben Zeitschlitz belegen wie seine Nachbarn ($x_1 \neq x_2$; $x_2 \neq x_3$; $x_3 \neq x_4$; usw.) und auch die Nachbarn untereinander dürfen nicht denselben Zeitschlitz belegen ($x_1 \neq x_3$; $x_2 \neq x_4$; $x_3 \neq x_5$; usw.). Das sich daraus ergebende Ungleichungssystem ist schrittweise zu erfüllen, d. h. die Anzahl der nicht erfüllten Ungleichungen ϕ ist zu minimieren ($\phi \rightarrow 0$). Mittels einer Überföhrungsfunktion f ändert dazu jeder Knoten sein Sendeverhalten in Abhängigkeit des beobachteten Sendeverhaltens seiner jeweiligen Nachbarn ($x^{t+1} = f(x^t)$). Die Überföhrungsfunktion ist dabei so zu gestalten, dass sich nicht nur ein Fixpunkt ergibt ($x = f(x)$), sondern die Anzahl der unerfüllten Ungleichungen gleichzeitig minimiert wird: $x = f(x) \leftrightarrow \phi(x) \rightarrow 0$. Im Ergebnis ergibt sich ein optimaler Zeitplan, nachdem das Gesamtsystem künftig energiesparend funktioniert.





DAS PERFEKTE WELTRAUMMANÖVER

Bei Landeanflügen und Andockmanövern im Weltall müssen Steuerung und Positionierung der Raumfahrzeuge zuverlässig funktionieren. FIRST-Forscher evaluieren hierfür den Einsatz von Multi-Core-Technologien. Man könnte sie zum Beispiel nutzen, um die rund 21.000 registrierten Teile Weltraumschrott einzusammeln, die zurzeit die Erde umkreisen.

Während die technischen Herausforderungen bei der irdischen Müllabfuhr überwiegend gemeistert sind, ist das Müllsammeln im Weltraum nach wie vor eine Herausforderung. Dortige Müllfahrzeuge müssen unabhängig von der Erde autonom operieren und trotz Weltraumstrahlung und hohen Temperaturschwankungen zuverlässig ihre Aufgabe erfüllen. Zur Entsorgung muss die Umlaufgeschwindigkeit der Objekte abgebremst werden, so dass sie schließlich Höhe verlieren und in der Erdatmosphäre verglühen. Die Müllsammler müssen sich hierzu kontrolliert dem Zielobjekt nähern, um sich an geeigneter Stelle anzudocken. Bei diesem Docking-Manöver muss eine Kollision mit dem zu entsorgenden Objekt vermieden werden, damit das Müllfahrzeug nicht selbst zu neuem Weltraumschrott wird. Um Entfernung und Lage des Zielobjekts genau

bestimmen zu können, ist das Müllfahrzeug mit hochauflösenden Kameras und anderen Sensoren ausgestattet. Die enormen Datenmengen, die sie erzeugen, müssen in Echtzeit verarbeitet werden, um daraus die Daten für die präzise Steuerung des Fahrzeugs zu berechnen. Der Leistungsbedarf dieser Anwendungen ist so immens, dass mit den verfügbaren weltraumtauglichen Rechnern Kompromisse, z. B. hinsichtlich der Qualität der Bildverarbeitung, unumgänglich sind. Will man die Qualität verbessern, ist dies nur durch eine weitere Leistungssteigerung der Satellitenrechner möglich. Das Projekt MUSE (Multi-Core-Architektur zur Sensor-basierten Positionsverfolgung im Weltraum), das von der Raumfahrt-Agentur des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e. V. mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie gefördert wird, will die Positionierung von Raumfahrzeugen verbessern. Im Rahmen des Projekts untersucht Fraunhofer FIRST, inwieweit modernste Multi-Core-Prozessoren für die Auswertung von Sensordaten im Weltraum geeignet sind und wie eine entsprechende Rechnerarchitektur aussehen müsste.

FIRST erobert das All

Seit rund zehn Jahren entwickelt Fraunhofer FIRST u. a. im Auftrag der ESA innovative Konzepte für leistungsfähige Satellitenrechner. Im Oktober 2001 startete BIRD, ein Kleinsatellit, der aus dem Weltall Brände beobachtete, und Informationen über den Brandherd an die Erde übermittelte. Für BIRD entwickelte FIRST einen fehlertoleranten Steuerrechner sowie

das Betriebssystem BOSS. Der kompakte, vierfach redundante Rechner erwies sich als überaus zuverlässig und sendete lange über die geplante Missionszeit hinaus zuverlässig Daten an die Erde. Im Rahmen der TET-1 Mission wurde auf der Grundlage der bewährten BIRD-Technologie ein so genannter Technologieerprobungsträger entwickelt. Anstelle der in BIRD installierten Erdbeobachtungssensoren besteht die Nutzlast hier aus einer Vielzahl innovativer Experimente, die für zukünftige Weltraummissionen qualifiziert werden sollen. Auch für den TET-1 Satelliten entwickelte FIRST den Satellitenbuscontroller (SBC), der alle Steuerungs- und Kommunikationsaufgaben der Mission ausführt.

Zuverlässiges Kraftpaket

In MUSE soll nun ein Konzept für einen Bordrechner evaluiert werden, der unter Verwendung modernster Multi-Core-Technologie die extrem hohe Rechenleistung bereitstellen kann, die für die Positionierung des Raumfahrzeugs benötigt wird. Hierfür nehmen bildgebende Sensoren (z. B. für Video, Infrarot, Radar) eine Flut von Daten auf, die in Echtzeit analysiert werden müssen. Die Herausforderung für die Rechnerarchitektur besteht darin, eine hohe Rechenleistung bei gleichzeitiger Fehlertoleranz bereitzustellen und dies bei minimalen Anforderungen an Stromversorgung, Kühlung, Gewicht und Platz. Die in der Architektur realisierten Fehlertoleranzmechanismen müssen sicherstellen, dass sporadische Datenverfälschungen, wie sie durch die Weltraumstrahlung entstehen, zuverlässig erkannt und behandelt werden. Es muss in jedem Fall ausgeschlossen werden, dass unerkannte Fehler zu falschen Steuerbefehlen führen und so eine unkontrollierte Bewegung des Raumfahrzeugs hervorrufen. Als Grundlage für die Entwicklung der Hochleistungshardware entschieden sich die FIRST-Forscher für den neuen Multi-Core Prozessor P4080 von Freescale. Der P4080 wird in der besonders verlustleistungsarmen SOI (Silizium On Insulator)-Technologie gefertigt. Diese ist für Raumfahrtanwendungen jedoch nicht nur wegen der hohen Energieeffizienz interessant, sondern auch wegen der geringen Empfindlichkeit gegenüber Weltraumstrahlung. Darüberhinaus

bietet der P4080 zusätzlich die Vorteile eines hoch integrierten Embedded-Prozessors. Alle wichtigen Funktionen sind bereits on-chip integriert. Um die benötigte Robustheit und Sicherheit zu gewährleisten, wollen die Softwarespezialisten die acht Prozessorkerne des P4080 nicht nur zur Maximierung der Rechenleistung, sondern auch zur Realisierung leistungsfähiger Fehlertoleranzmechanismen nutzen. Besonders kritische Berechnungen führen die Forscher parallel auf verschiedenen Prozessorkernen aus, um die Ergebnisse durch einen sicheren Vergleich überprüfen zu können. Hierfür realisieren die Hardwarespezialisten eine Synchronisierungs- und Voting-Einheit in einem strahlungstoleranten FPGA-Baustein, die redundante Berechnungsergebnisse on-the-fly vergleichen kann.

Joint Venture

Damit die komplexen Algorithmen zur Positions- und Orientierungserkennung optimal mit der Architektur des Rechners zusammenspielen, werden im MUSE-Projekt die Konzepte für die Software und die Hardware von zwei spezialisierten Forscherteams gemeinsam entwickelt. Wissenschaftler aus der Forschungsgruppe »Interaktionstechnologien« sind für Entwicklung, Parallelisierung, Test und Optimierung der Bildverarbeitungsalgorithmen zuständig. Kollegen aus der Gruppe »Embedded Multi-Core« bearbeiten den gesamten Entwicklungsprozess von der Auswahl der Bauteile und der Entwicklung der Aufbautechnik über die Schaltplan-Entwicklung und das Platinen-Layout bis hin zu Inbetriebnahme und Test der Prozessorplatinen. »Ich bin sehr zuversichtlich, dass wir ein gutes Ergebnis liefern«, sagt Projektleiter Samuel Pletner, »wir wissen bereits jetzt, dass die Performance des Multi-Core-Prozessors ausreicht, um alle Anforderungen der Software zu erfüllen.« Ivo Haußen, Leiter der »Interaktionstechnologien«, stimmt dem zu und ergänzt: »Eine große Herausforderung sind die Systemtests. Neben einer rechnergestützten Simulation von Anflügen auf den Mond werden wir eine Mondlandschaft in Pappmaché nachbilden und damit einen realen Mondanflug simulieren. Dabei werden wir bewusst Fehler einbauen, um zu sehen, wie das System reagiert.«

- 1 Damit Satelliten sich im Weltraum positionieren können, werden sie mit bildgebenden Sensoren ausgestattet
- 2 Für den Technologieerprobungsträger TET-1 entwickelte FIRST den Steuerrechner
- 3 Will man Weltraumschrott gezielt einsammeln, müssen Bilderkennung und Positionierung der »Müllabfuhr« einwandfrei funktionieren



1



2

THINK THE FUTURE

»AUF LANGE SICHT KEINE ALTERNATIVEN«

Multi-Core-Processing ist das Buzz-Word für die nächste Rechnergeneration. Was sich dahinter verbirgt und welche Herausforderungen für eingebettete Systeme damit verbunden sind, erläutert Norbert Kuhrt, Senior Account Manager von Wind River. Das Unternehmen ist einer der führenden Hersteller von embedded und mobile Software. Über eine Milliarde Produkte laufen mit Technologie von Wind River.

Welche Bedeutung hat Multi-Core für die Zukunft eingebetteter Systeme?

Noch haben viele Unternehmen das Potenzial von Multi-Core nicht erkannt und verwenden es zum Beispiel nur für Hardware-Konsolidierung. Dabei bildet Multi-Core auch die Basis für hochkomplexe und gleichzeitig hochsichere Anwendungen. Ziel ist es, kritische Systeme in Softwarearchitekturen abzubilden und zertifizieren zu lassen. Plattformen, die bereits Sicherheits-zertifizierungen enthalten, erleichtern Anwendern dabei die Arbeit: Sie können ihre Produkte früher auf den Markt bringen, das Risiko langwieriger, teurer Zertifizierungsprozesse verringern und die nötige Sicherheit der Lösungen gewährleisten.

Sehen Sie Alternativen zu Multi-Core?

Auf lange Sicht gesehen nicht. Projekte, die eine gewisse Konsolidierung und Performance voraussetzen, kommen um Multi-Core jetzt schon nicht mehr herum; Leistungssteigerungen – was die Prozessorleistung betrifft – werden auch zukünftig nur über Multi-Core-Ansätze möglich sein. Auch Anwender mit steigenden Anforderungen an intelligente Geräte durch umfangreiche Applikationen bzw. Konsolidierung von Einzelgeräten müssen zunehmend auf Multi-Core zurückgreifen. Unabhängig davon werden einfache Applikationen nach wie vor mit Single-Core-Lösungen realisiert werden können, und wenn entsprechende Systeme zufriedenstellend laufen, muss man sie nicht unbedingt sofort austauschen. Spätestens bei der Neuanschaffung eines bis dato mit Single-Core ausgerüsteten Gerätes wird aber dann ohnehin automatisch auf Multi-Core umgestellt werden: Es werden heute schon nur noch in wenigen Fällen Single-Cores verbaut, künftig wird dieser Prozessortyp völlig unbedeutend in der Strategie der Hersteller sein.

Für welche Anwendungsbereiche ist Multi-Core interessant? Welche Vorteile bietet Multi-Core gegenüber Single-Core in diesen Bereichen?

Multi-Core bringt auf den ersten Blick vor allem mehr Rechenleistung auf kleinem Raum bei gleichzeitig geringerem Energiebedarf, und das ist in vielen Industrieanwendungsbereichen wie Steuerungssystemen in Produktionsanlagen, in der Medizintechnik, der Avionik, dem Telekommunikations- und Netzwerkbereich oder der Automobilelektronik eine absolute Notwendigkeit.

In Kombination mit einem Hypervisor, einer Software zur Virtualisierung und Separierung kritischer Applikationen, treten zusätzlich Aspekte wie Sicherheit in den Vordergrund.

In Desktop- oder Grafik-Anwendungen sind Multi-Core-Prozessoren gang und gäbe. Was ist das Besondere im Embedded-Bereich?

Multi-Core und Virtualisierung verändern die Art, wie Geräte und Systeme konzipiert und entwickelt werden. Wenn sie richtig eingesetzt wird, kann Multi-Core-Technologie neueste Trends setzen und unterstützen. Neben den schon erwähnten Vorteilen für Performancesteigerung, Konsolidierung von Multiprozessoranwendungen und Hardware Offload ermöglicht Multi-Core im Embedded-Bereich eine Konvergenz mit höherer Funktionalität in Geräten jeder Art sowie höheren Schutz und Sicherheit für zertifizierte Systeme. Embedded-Entwickler können mit Multi-Core Kosten sparen, einen Funktionsreichtum realisieren, der früher undenkbar war, und die Risiken bei der Entwicklung von Next-Generation-Geräten deutlich verringern.

Welche Herausforderungen ergeben sich daraus für Wind River als Betriebssystemhersteller?

Multi-Core-Entwicklung ist anders als Single-Core-Entwicklung, und es gibt keine Lösung, die für alle passt. Um die individuell passende Laufzeitumgebung zusammenzustellen, brauchen Entwickler Flexibilität bei der Auswahl der Hardware und der Tools. Wind River hat bereits ein umfangreiches Ecosystem mit einer Vielzahl von Industriepartnern aus verschiedensten Bereichen und arbeitet mit diesen eng an der Weiterentwicklung und Integration der Lösungen. Dieses Netzwerk gilt es zu pflegen und auszubauen, damit die Wind River Multi-Core-Lösungen weiterhin in der jetzigen Vielzahl von Branchen, Bereichen und Anwendungen eingesetzt werden können.

Wie können Forschungseinrichtungen wie FIRST Wind River angesichts dieser Herausforderungen unterstützen?

Zukunftsvisionen kann man nie allein entwickeln. Fraunhofer FIRST mit seiner Abteilung Systemarchitektur ist ein wichtiger Partner für uns, denn die Experten für die Entwicklung von komplexen Systemen für sicherheits- und zeitkritische Anwendungen liefern uns das nötige Feedback, um unsere Lösungen zu verbessern. Sie sind diejenigen, die aus der Praxis heraus die Eignung und Funktionalität unserer Lösungen in unterschiedlichsten Szenarien und Umgebungen mit verschiedensten Komponenten beurteilen. Durch ihre individuellen Anforderungen liefern sie die Ideen für künftige Funktionen unserer Produkte. Der ständige Austausch mit den Experten findet auf extrem hohem Niveau und in enger Zusammenarbeit statt. Ihr Feedback fließt direkt in unsere Produktstrategie ein.

Multi-Core

Multi-Core bezeichnet die Integration von zwei oder mehr unabhängigen Ausführungseinheiten (Cores) auf einem Silizium-Chip. Während Befehle auf Single-Core-Prozessoren nacheinander abgearbeitet werden müssen, können sie auf Multi-Core-Prozessoren parallel ausgeführt werden (sog. simultanes Multi-Threading). Zurzeit sind bereits in vielen Computern Dual- oder Quad-Core-Prozessoren verfügbar. In den nächsten zehn Jahren wird sich die Anzahl der Cores voraussichtlich auf 100 bis 1.000 erhöhen. Aus Multi-Core werden dann Many-Core-Prozessoren. Ein heutiger 64-Core-Prozessor kann bereits 443.000.000.000 Maschinenbefehle (Addiere, Summiere, ...) pro Sekunde ausführen und zwischen den Cores pro Sekunde 37 Terabit (= 37.000.000.000.000 Bits) an Daten austauschen.

Die Forschungsgruppe Embedded Multi-Core bei Fraunhofer FIRST unterstützt Kunden und Partner bei der Entwicklung und Parallelisierung korrekter und zertifizierbarer Software für eingebettete Multi- und Many-Core-Systeme und berät sie bei ihrer Integration.

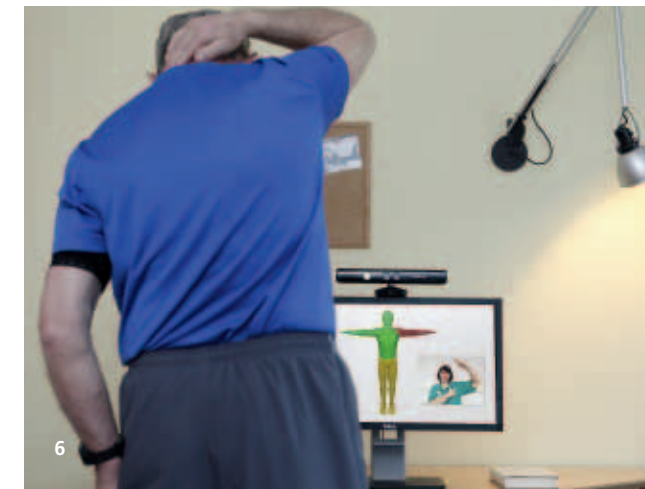
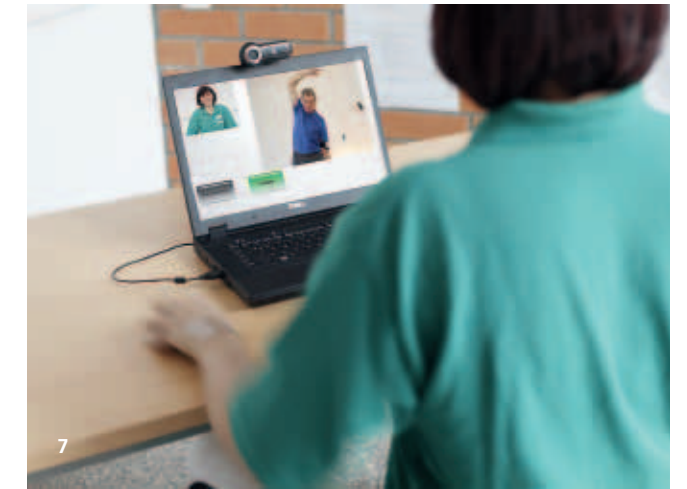
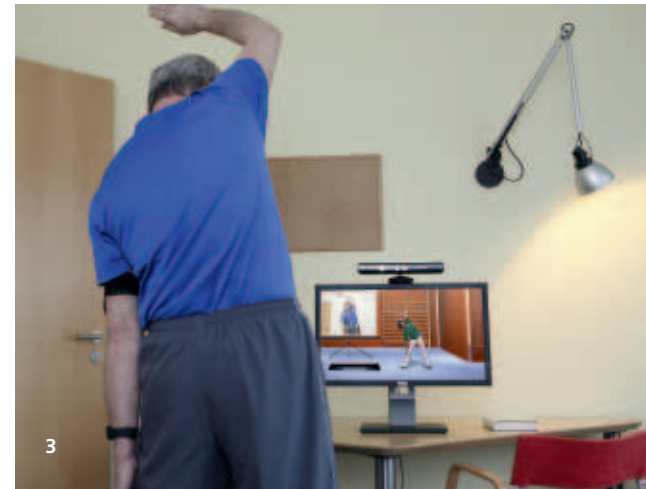
1 Der Umstieg von Single- auf Multi-Core-Prozessoren stellt insbesondere in sicherheitskritischen Bereichen wie der Luftfahrt hohe Anforderungen an die Entwickler

2 Multi-Core-Dino: Die einzelnen Magnetkerne dieses Kernspeichers aus den 60er Jahren konnten jeweils 1 Bit an Informationen speichern. Die gesamte Karte (ca. 16 cm x 20 cm) speichert genau 144 Bit (= 144 Kerne)

REHA-TRAINING IN DEN EIGENEN VIER WÄNDEN

THINK THE FUTURE

Damit Rehabilitationsprogramme nachhaltigen Erfolg haben, müssen die Patienten auch zu Hause bei der Stange bleiben. Sensorbasierte, multimediale Therapieumgebungen wie sie im Projekt Reha@home entwickelt werden, sorgen dabei für ausreichend Motivation.



1 Nach einem Unfall oder einer schweren Krankheit sind oft langwierige Rehabilitationsprogramme notwendig. Der Aufenthalt in der Klinik ist jedoch zeitlich begrenzt. Erste therapeutische Maßnahmen werden im Krankenhaus eingeleitet, doch die Übungen müssen zu Hause weitergeführt werden, um einen nachhaltigen Erfolg zu sichern.

2 Multimedia-Therapieumgebungen unterstützen den Patienten bei der häuslichen Rehabilitation. Dazu zeichnen Sensoren wie Brustgurt, Uhr, Webcam oder 3-D-Kamera unterschiedliche, von den Therapeuten zuvor festgelegte Übungsparameter auf.

3 Dazu gehören Vitalparameter wie die Herzfrequenz, die Körperhaltung und die Position einzelner Körperteile des Patienten oder der Bewegungsverlauf. Während der Übung werden die aufgezeichneten Daten an einen Computer übermittelt.

4 Anhand eines biomechanischen Modells wird der menschliche Körper im Computer nachgebildet. Die für das Reha-Programm wesentlichen Körperregionen werden detailgetreu modelliert.

5 Am PC werden die Daten der unterschiedlichen Sensoren integriert. Anhand der Bewegungsdaten wird die Position der einzelnen Körperteile im 3-D-Raum bestimmt und auf das biomechanische Modell übertragen. Dadurch kann die aufgezeichnete Bewegung mit einer therapeutisch vorgegebenen Idealbewegung abgeglichen werden.

6 Die Farben auf dem Bildschirm zeigen an, wo die Bewegung korrekt ausgeführt wurde (grün) und wo noch Verbesserungsbedarf besteht (rot).

7 Um die Ergebnisse zu besprechen und das weitere Training abzustimmen, kann der Patient per Videokonferenz mit einem Therapeuten Kontakt aufnehmen. Die Trainingsparameter werden an den Therapeuten übermittelt.

8 Der Arzt kann sich in der Klinik ein genaues Bild über den Therapiefortschritt machen, die Bewegungen korrigieren und dem Patienten unmittelbar Feedback geben. Studien im Rahmen des Projekts zeigen, dass der Einsatz von sensorbasierten, multimedialen Tele-Rehabilitationsumgebungen die Motivation der Patienten nachhaltig steigert.

AUTONOMIE UND SELBSTORGANISATION

Der Traum von intelligenten Maschinen, die einem lästige Aufgaben abnehmen, ist so alt wie die industrielle Revolution. Und auch heute träumt wohl jeder zuweilen davon, dass sich die Arbeit wie von selbst erledigt, Einkauf und Wohnungsputz von dienstbaren elektronischen Geistern übernommen werden und der nächste Urlaub ausschließlich der Erholung gewidmet ist, weil ein intelligenter Reiseassistent die gesamte Organisation übernimmt.

Doch spätestens seit Ende des 19. Jahrhunderts stehen neben dem Traum von der elektronischen Service-Kraft Dystopien, in denen Maschinen sich selbständig machen. Frühe Beispiele finden sich in den Werken E.T.A. Hoffmanns oder in Mary Shelleys »Frankenstein«. In Filmen wie Blade Runner oder i-Robot entwickeln künstliche Wesen Selbstbewusstsein und eigene Bedürfnisse, so dass wir sie nicht mehr kontrollieren können.

Selbstwahrnehmung und Adaptivität

Die Spannbreite zwischen Traum und Alptraum in Literatur und Film verdeutlicht auch die technische Komplexität, über die autonome Maschinen verfügen müssten, um zu funktionieren. Will man derartige Maschinen entwickeln, müssen zunächst Fragen der Selbst- und Fremdwahrnehmung, der Adaptivität, Kommunikation und Selbstorganisation grundsätzlich geklärt werden: Wie kann eine Maschine sich selbst und ihre Umwelt wahrnehmen? Wie reagiert sie auf Veränderungen? Wie kann sie mit anderen Maschinen kommunizieren? Und wie organisieren Maschinen sich untereinander, um bestimmte Aufgaben optimal zu lösen? Im Projekt ASCENS (Autonomic Service-Component Ensembles) versuchen Forscher von Fraunhofer FIRST gemeinsam mit Wissenschaftlern aus ganz Europa, diese Fragen zu lösen. ASCENS ist ein Projekt unter der Leitung der Ludwig-Maximilians-Universität München, das innerhalb des 7. Forschungsrahmenprogramms von der Europäischen Union gefördert wird. Die Wissenschaftler

erforschen Methoden für die Entwicklung von Service-Komponenten Ensembles, die sich selbst organisieren und autonom agieren. Dazu entwickeln sie zunächst eine Logik und Programmiersprache sowie Modelle für die Darstellung der Komponenten und ihres Zusammenspiels. Hinzu kommen Technologien für Wissensrepräsentation, Selbstwahrnehmung und Anpassungsfähigkeit der Rechner. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf dem Korrektheitsnachweis für das Verhalten der einzelnen Komponenten und des Ensembles. Nicht zuletzt soll im Rahmen von ASCENS eine Integrationsplattform für Entwicklungstools entstehen. »Wir sind überzeugt, dass die Bedeutung von selbstorganisierenden, eingebetteten Komponenten in Zukunft rasant steigen wird. Im Verständnis der grundlegenden Prinzipien und insbesondere in ihrer Umsetzung in Software stehen wir jedoch noch ganz am Anfang. Umso wichtiger ist es, die vorhandenen Kompetenzen

europaweit zu bündeln und zu einem gemeinsamen Verständnis sowie gemeinsamen Entwicklungsmethoden zu kommen«, sagt der Projektleiter von ASCENS bei Fraunhofer FIRST, Nikola Serbedzija.

Fallstudien als Reality Check

Um die entwickelten Methoden zu überprüfen, führen die Forscher im Rahmen von ASCENS drei Fallstudien durch. Im ersten Szenario soll eine Gruppe von Robotern gemeinschaftlich eine Aufgabe lösen, wie z. B. einen Gegenstand zu lokalisieren und an einen vorgegebenen Ort zu transportieren, wobei sich in der Umgebung Hindernisse wie Löcher, Hügel, Barrieren usw. finden. Sollen die Roboter diese Herausforderung meistern, müssen sie in der Lage sein, sich selbst, ihre »Mitspieler« sowie die Umgebung wahrzunehmen. Sie müssen über Lokalisierungsmechanismen verfügen, sich an Veränderungen anpassen und selbst organisieren können. Sofern dies gelingt, können derartige Roboter-Ensembles, z. B. im Katastrophenschutz für Räumungs- oder Sondierungsarbeiten eingesetzt werden. In der zweiten Fallstudie soll Cloud Computing für wissenschaftliche Anwendungen nutzbar gemacht werden. Wissenschaftliche Untersuchungen benötigen häufig viel Rechenpower sowie spezialisierte Computerprogramme, die über so genannte »Clouds«, d. h. verteilte Rechner und Programme, zur Verfügung gestellt werden. Ziel von ASCENS ist es, die Anforderung und Buchung von Diensten innerhalb der Cloud zu erleichtern.

Intelligentes Verkehrsmanagement

Fraunhofer FIRST ist maßgeblich an der dritten Fallstudie beteiligt: Gemeinsam mit VW entwickelt das Institut ein intelligentes Verkehrsmanagementsystem, das die einzelnen Komponenten wie Fahrzeuge, Ladestationen, Verkehrsinformationssysteme, aber auch Straßen oder einzelne Steuergeräte in Fahrzeugen als unabhängige Sensorknoten versteht. Die Knoten sollen miteinander vernetzt werden, um Mehrwertdienste wie eine verbesserte Navigation oder

Verkehrsprognose bieten zu können. Technologische Herausforderungen angesichts der Entwicklung derartiger Dienste liegen einerseits in der hohen Dynamik des Verkehrs (Verkehrsfluss, Verkehrsaufkommen). Andererseits muss man der steigenden Anzahl und Komplexität der elektronischen Komponenten, dem hohen Grad an Vernetzung sowie der Komplexität der entstehenden Netzwerke (Car2Car, Car2x) Rechnung tragen. Dem will das Projekt mit einem dezentralen, dynamischen und selbstlernenden Netzwerk begegnen. »Selbstorganisierende und autonom agierende Systeme werden in der Zukunft immer wichtiger werden. Im ASCENS-Projekt erforschen wir Methoden zur systematischen Konstruktion und Validierung solcher Systeme, um deren Zuverlässigkeit, Sicherheit und Beherrschbarkeit zu garantieren. FIRST koordiniert die Fallstudien und spielt damit eine zentrale Rolle für den Erfolg des Projekts«, sagt Prof. Dr. Martin Wirsing von der LMU München, der das Gesamtprojekt leitet.

7. Forschungsrahmenprogramm der EU

Das Projekt ASCENS wird innerhalb des »Siebten Rahmenprogramms für Forschung und technologische Entwicklung (RP7)« der EU gefördert. Das Programm erstreckt sich über die sieben Jahre von 2007 bis 2013 und ist mit einem Gesamtbudget von über 50 Mrd. Euro ausgestattet. Die Mittel werden zum Großteil für Zuschüsse an Forscher in ganz Europa und darüber hinaus verwendet. Sie werden auf Grundlage von »Aufrufen zur Einreichung von Vorschlägen« (sog. Calls) und eines Gutachterverfahrens vergeben. Forschungseinrichtungen und Unternehmen aus ganz Europa schließen sich in der Regel zu Konsortien zusammen, um sich gemeinsam zu bewerben. Das siebte Forschungsrahmenprogramm ist in die fünf Bausteine Zusammenarbeit, Ideen, Menschen, Kapazitäten und Nuklearforschung gegliedert: <http://ec.europa.eu/research/fp7>

- 1 *Vogelschwärme formieren sich wie von selbst. Computer müssen das Prinzip der Selbstorganisation erst noch lernen*
- 2 *Im Projekt ASCENS entsteht ein intelligentes Verkehrsmanagementsystem auf der Basis eines dezentralen, dynamischen und selbstlernenden Netzwerks*

PROJEKTE SYSTEMARCHITEKTUR

ENDOGUIDE

Heutige Endoskope bieten dem Chirurgen einen begrenzten Blickwinkel von typischerweise 70 Grad. Dadurch kann der Arzt nur einen kleinen Ausschnitt seines Operationsbereichs betrachten. Eine Übersicht entsprechend dem natürlichen menschlichen Sichtfeld fehlt. Im Projekt Endoguide wird daher ein Endoskop mit 360-Grad-Ansicht entwickelt. Anhand eines Rundum-Scans wird durch die Kombination passender Bilder auf mehreren Monitoren oder auf einer kuppelförmigen Leinwand ein 360-Grad-Bild erstellt. Parallel sieht der Chirurg immer ein Live-Bild von der Operation auf einem Monitor. Die Steuerungsfunktionen (zum Beispiel Zoomen und Änderung der Blickrichtung) werden vom Mediziner über ein möglichst intuitives, kontaktloses Interface gesteuert, zum Beispiel durch Sprache. Das Projekt wird von der how to organize GmbH geleitet und im Rahmen der Innovationsallianz Virtuelle Techniken vom BMBF gefördert.

Fraunhofer FIRST entwickelt dafür zunächst einen virtuellen Prototypen (Simulator), der die Funktionalitäten eines lenkbaren Videoendoskops nachbildet, um bereits in einem frühen Stadium Anforderungen und Funktionsweise am Modell zu überprüfen. Die Forscher erstellen die Steuerungssoftware für den Simulator sowie die Videoverarbeitung und sorgen dafür, dass der Operateur mithilfe des Endoskops immer auch die Instrumente sieht. Das Modell bildet dann die Grundlage für die Entwicklung der optischen und mechanischen Komponenten.

Als weiterer Ansatz zu einer verbesserten minimalinvasiven Operationstechnik wird die Kombination individueller Patientendaten mit dem Endoskop-Bild erforscht. Die Forscher des Fraunhofer FIRST entwickeln eine Software, mit der die relevanten Punkte während der Operation im Bild markiert werden. So wird die Navigation im Körper erleichtert und keine wichtige Stelle vergessen.

Laufzeit: 01.10.2008 – 30.09.2011
www.first.fraunhofer.de/projekte/endoguide

ESWT

Ultraschall wird in der Medizin längst nicht mehr nur zur Diagnose eingesetzt. Die Schallwellen sind auch dazu geeignet, Tumore zu zerstören, die normalerweise operativ entfernt werden müssten. Das Tumorgewebe wird dabei durch gebündelte Ultraschallstrahlen innerhalb von kürzester Zeit auf über 60 Grad erhitzt und so in mehreren Sitzungen nach und nach vollständig zerstört. Die Patienten liegen während der Ultraschall-Behandlung in einem Magnetresonanztomographen (MRT). Dieser übermittelt 3-D-Bilder an die Ärzte, damit sie wissen, wohin genau die Ultraschall-Strahlen geschickt werden müssen. Das Problem dabei: Durch die Atmung verschieben sich Organe im Bauch sehr stark. Und das ist gefährlich, denn wenn die Ärzte den Brennpunkt des Ultraschalls nicht an genau der richtigen Stelle fokussieren, kann es sein, dass versehentlich das umliegende, gesunde Gewebe verletzt wird. Fraunhofer FIRST arbeitet daher im Projekt ESWT (Extrakorporale Stoßwellentherapie) zusammen mit den Fraunhofer-Instituten MEVIS, EMI, ITWM und SCAI an der Entwicklung von neuen Technologien, um die fokussierte Ultraschalltherapie sicherer und schonender zu machen. Das Projekt wird vom Fraunhofer-Institut für Bildgestützte Medizin MEVIS geleitet und von der Fraunhofer-Gesellschaft gefördert. FIRST entwickelt dabei eine Software, die berechnen kann, wie sich die Organe während der Atmung bewegen. Dazu werden die während der Therapie aufgenommenen MRT-Bilder verarbeitet und die Bewegung der relevanten Körperstrukturen in Echtzeit analysiert. Mit Simulationen wird aus diesen Daten die jeweilige Position des Tumors ermittelt. Dadurch wissen die Ärzte vorher genau, wann sich die Organe wo befinden werden. So können sie beim Einsatz des Ultraschalls die Bewegungen des Körpers ausgleichen: Die Strahlen folgen den Bewegungen, können sogar »Hindernisse« (z. B. Rippen) umgehen und treffen zielsicher den Tumor.

Laufzeit: 01.06.2010 – 31.05.2013
www.first.fraunhofer.de/projekte/eswt

DYLOK PRO

In einem Krankenhaus müssen alle Abläufe so reibungslos wie möglich funktionieren. Hier gilt nicht nur »Zeit ist Geld«, denn Operationen sind sehr teuer. Noch wichtiger ist, dass in einer Klinik Effizienz und störungsfreie Abläufe über Menschenleben entscheiden können. Bei einer Operation sollte daher alles »wie am Schnürchen« laufen: Der Patient muss vorbereitet, dann operiert und schließlich in den Aufwachraum gebracht werden. Doch was tun die Ärzte, wenn ein Patient versehentlich in einem anderen Raum liegt, oder wenn eine Krankenschwester noch mit anderen Aufgaben beschäftigt ist, während die OP schon laufen soll? Für solche Fälle entwickelt FIRST zusammen mit der how to organize GmbH im Rahmen des Projekts DYLOK PRO (Dynamische Innenraumlokalisierung zur Prozesssteuerung in Krankenhausumgebungen) ein robustes und zuverlässiges Ortungsverfahren auf der Grundlage von WLAN-Technologie, mit dem der genaue Aufenthaltsort von Patienten, Personal und medizinischen Ressourcen innerhalb eines Krankenhauses in Echtzeit ermittelt werden kann. Die Integration der Ortungsdaten in die Steuerung von Krankenhausprozessen ist ein zentrales Thema. Besonders wichtig ist dabei, dass die Ortung raumgenau mit einer Genauigkeit von mindestens 95 Prozent erfolgen muss. Die Bedingungen des klinischen Alltags verlangen außerdem eine hohe Zuverlässigkeit sowie die einfache Installation und Nutzung der Technologie. Darüber hinaus müssen dynamische Störquellen umgangen werden, die sich daraus ergeben, dass die Räume in Krankenhäusern von unterschiedlichen Menschen besucht werden und jeweils mit technischen Geräten ausgestattet sind. Fraunhofer FIRST entwickelt adaptive Algorithmen, die dem Ortungsmodell zugrunde liegen und eine präzise Ortung in nichtstationären Umgebungen mit dynamischen Störquellen ermöglichen. Das Projekt wird von der Berliner Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Frauen gefördert.

Laufzeit: 01.01.2011 – 30.06.2011
www.first.fraunhofer.de/projekte/dylok_pro

SMARTSENIOR

Das BMBF-Forschungsprojekt SmartSenior zielt darauf ab, älteren Menschen ein möglichst langes unbeschwertes Leben in den eigenen vier Wänden zu ermöglichen. Intelligente Informationstechnologien sollen sie unterstützen, ihre Lebensqualität zu erhalten. SmartSenior setzt auf ein integriertes Konzept aus Gesundheits-, Sicherheits-, Service- und Kommunikationslösungen mit intuitiven Bedienoberflächen. Im Zentrum des Projekts, an dem 28 Partner aus Forschung und Industrie beteiligt sind, stehen Assistenzsysteme zur Unterstützung der Selbstständigkeit im häuslichen Umfeld, die Aufrechterhaltung und Sicherheit der Mobilität und die Erhaltung der Gesundheit. Fraunhofer FIRST forscht im Rahmen von SmartSenior an einer multimedialen Trainingsumgebung zur Schlaganfall-Rehabilitation, mit der die Reha zu Hause vor dem Bildschirm stattfinden kann. Damit die dazu notwendigen Vitaldaten sicher übertragen werden, entwickelt FIRST ein Testbed, in dem automatisch Testfälle für die normgerechte Übermittlung der Daten gemäß ISO11073 generiert werden. Ein weiteres Teilprojekt ist die Erstellung eines webbasierten Serviceportals, das die Senioren einfach und intuitiv am Fernseher nutzen können. FIRST ist für die automatische Anpassung der Webseiten an verschiedene Endgeräte (TV, Smartphone, Tablet PC) zuständig.

Laufzeit: 01.04.2009 – 31.03.2012
www.first.fraunhofer.de/projekte/smartsenior

- 1** Im Projekt ESWT entwickelt FIRST eine Software, mit der anhand von MRT-Bildern die Bewegung von Organen exakt berechnet werden kann
- 2** Im Projekt SmartSenior arbeiten FIRST-Forscher u. a. an einer multimedialen Trainingsumgebung

QUALITÄTSSICHERUNG

Qualität ist die Güte aller Eigenschaften eines Objektes, Systems oder Prozesses und wird durch Qualitätssiegel oder Zertifikate bestätigt. Bei der Qualitätssicherung von Software für eingebettete Systeme kommt es auf die richtigen Methoden und Werkzeuge an.

Der Mensch definiert seine Lebensqualität mithilfe von Faktoren wie Bildung, Berufschancen, Gesundheit oder sozialem Status. Solche subjektiv empfundenen und kaum messbaren Kriterien sind in der Industrie nur schwer anwendbar und so entstanden spätestens mit der Industrialisierung erste, klar festgelegte Qualitätskriterien. Mit der 1917 erfolgten Gründung des »Normenausschusses der deutschen Industrie«, heute besser bekannt unter der Abkürzung DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.), setzte sich diese Entwicklung fort. Mittlerweile gibt es auch für eingebettete Systeme eine Reihe von Qualitätsanforderungen, die in zahlreichen Standards und Normen festgelegt sind. So ist z. B. die DO 178-B ein Standard für die Softwareentwicklung in der Luftfahrt, und die DIN EN 61508 wird bei der Entwicklung von elektrischen, elektronischen und programmierbar elektronischen Systemen angewendet. Die Abteilung Qualitätssicherung unterstützt bei der Entwicklung von eingebetteten Soft- und Hardwaresystemen. In den drei Forschungsgruppen »Review und Assessment«, »Test« und »Verifikation« bietet sie ihren Kunden eine Reihe von Methoden und Werkzeugen für die Qualitätssicherung im Entwicklungsprozess und die Zertifizierung ihrer Systeme an.

Die Forschungsgruppe »Review und Assessment« berät bei der Durchführung von Entwicklungsprozessen, beim Einsatz von Techniken und Werkzeugen und bei der Durchführung von Assessments. Im Projekt hochschulstart.de haben die FIRST-Forscher zum Beispiel die Ausschreibung des neuen Systems für die Vergabe von örtlich zulassungsbeschränkten Studiengängen mit einem Lastenheft vorbereitet und wurden mit der Qualitätssicherung der neuen Software beauftragt. Außerdem haben sie in Zusammenarbeit mit der Berlin Heart GmbH die Zertifizierung eines Herzunterstützungssystems vorbereitet (s. Artikel, S. 60). Das Augenmerk der Forschungsgruppe »Test« liegt auf der Beratung bei der Auswahl von Testmethoden und -werkzeugen, bei der Durchführung von Tests auf der Basis von Anforderungs- und Spezifikationsdokumenten und bei der Generierung von Testfällen. Ein Schwerpunkt liegt auf der Durchführung von Konformitätstests gemäß geltender Entwicklungsnormen. Im Projekt SmartSenior (s. Artikel, S. 62) werden z. B. Testverfahren für die normengerechte Übertragung von Vitaldaten gemäß ISO

11073 erarbeitet und in den Projekten MODELISAR und TEMEA (s. Artikel, S. 64) werden Testumgebungen für kontinuierliche Systeme im Automobilbau weiterentwickelt.

Der dritten Forschungsgruppe »Verifikation« geht es um die statische Analyse von Software für sicherheitsrelevante, eingebettete Systeme und ihre formale Verifikation. Die Herausforderung besteht in der formalen Beschreibung von Software, als Voraussetzung für die Verifikation. Die Gruppe arbeitet im Projekt DEVICE-SOFT (s. Artikel, S. 70) an Verfahren zur formalen Beschreibung und automatischen Verifikation von Software im Bahnbereich, die zu einer Reduzierung von Entwicklungszeit und -kosten führen.

Abteilung Qualitätssicherung

Abteilungsleiter: Friedrich Schön

friedrich.schoen@first.fraunhofer.de

Wissenschaftliche Leitung:

Prof. Dr. Holger Schlingloff

holger.schlingloff@first.fraunhofer.de

Forschungsgruppe »Review und Assessment«

Leiter: Rolf Hänisch

rolf.haenisch@first.fraunhofer.de

Forschungsgruppe »Test«

Leiter: Dr. Stephan Weißleder

stephan.weissleder@first.fraunhofer.de

Forschungsgruppe »Verifikation«

Leiter: Dr. Jens Gerlach

jens.gerlach@first.fraunhofer.de

www.first.fraunhofer.de/quest

Egal, ob in der Werkstatt oder bei der Software-Qualitätssicherung: es zählen die richtigen Werkzeuge und Methoden

THE BUG STOPS HERE

Software steckt in nahezu jedem technischen Gerät, das uns in unserem Alltag begleitet. Damit wir uns auf sie verlassen können, nutzt FIRST Methoden wie Review, Test und Remodellierung zu ihrer Qualitätssicherung.

Irgendwann im Laufe des 9. September 1947 passierte es: Eine Motte landete auf einem Relais des Mark II Aiken Relay Calculators und löste eine Fehlfunktion aus. Im Logbuch des Computers fand sich neben dem aufgeklebten Insekt der Eintrag der Ingenieure: »First actual case of bug being found«. Fortan wurden Programm- oder Softwarefehler als »Bugs« bezeichnet. Auch wenn FIRST mit seinen Methoden zur Softwarequalitätssicherung den Computerpionieren um Grace Hopper und ihrem Mark II nicht hätte helfen können, wären die Forscher sicher schon damals froh über die Möglichkeiten gewesen, Software mithilfe von Reviews, Tests oder der Remodellierung vor Bugs zu schützen.

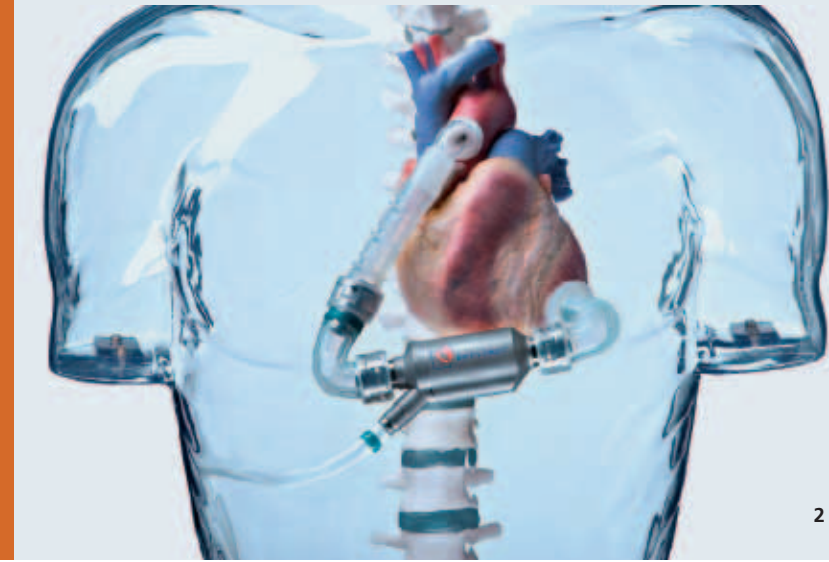
Das V-Modell ist ein Vorgehensmodell zur Softwareentwicklung und beschreibt in einzelnen Schritten, welche Aktivitäten und Artefakte während der verschiedenen Entwicklungsstufen eingehalten werden müssen. Nach Abschluss jedes Entwicklungsschrittes wird in der Regel ein Review durchgeführt, das von den Gutachtern viel Handarbeit verlangt. Sie müssen die erstellten Dokumente auf ihre Korrektheit und Konsistenz zur Anforderungsbeschreibung überprüfen und die Entwickler auf Unstimmigkeiten hinweisen. Solche Reviews sind insbesondere bei der Zertifizierung von sicherheitskritischen, eingebetteten Systemen eine Voraussetzung. Sind die ersten Entwicklungsschritte beendet und der Code der neuen Software geschrieben, beginnt die Testphase. Neben dem Review gehört das Testen von Software zu den bekanntesten Methoden der Qualitätssicherung. Entsprechend einer Spezifikation werden Testfälle erstellt, mit denen das zu testende Programm ausgeführt wird. Heute werden solche Testfälle meist automatisch mithilfe von Werkzeugen generiert und ausgeführt, was zeit- und kostensparend ist. Ganz besonders knifflig wird es, wenn Software-Altsysteme mit sogenanntem »Legacy Code« überprüft werden müssen. Darunter ist ein fremder oder alter Quellcode zu verstehen, der meist schlecht oder gar nicht dokumentiert ist. Bei der Remodellierung versucht der Gutachter sich in einem ersten Schritt einen Überblick über die Software- und Hardwarearchitektur zu verschaffen. Offene Fragen werden dann in Interviews mit den Entwicklern geklärt. Im Anschluss werden für den »Legacy Code« Dokumente und Modelle erstellt, die für eine nachträgliche Zertifizierung und für Softwaretests genutzt werden können. Die Abteilung »Qualitätssicherung« von Fraunhofer FIRST genießt internationales Renommee bei der Softwarequalitätssicherung und beschäftigt sich seit langem mit Methoden wie Review, Test und Remodellierung. Heute werden diese Methoden angewendet, um z. B. die Datenübertragung zwischen medizinischen Geräten zu testen (s. Artikel, S. 62), Autos effizient zu bauen (s. Artikel, S. 64) oder künstliche Herzen sicher schlagen zu lassen (s. Artikel, S. 60).

Das V-Modell ist ein Vorgehensmodell bei der Softwareentwicklung und ist mittlerweile ein international akzeptierter Standard. Bei der Entwicklung eines Systems unterscheidet es zwischen einer konstruktiven und einer analytischen Phase. Mit der Qualitätssicherung sollte so früh wie möglich im Entwicklungsprozess begonnen werden, um die Folgekosten gering zu halten.



```
@Test
public void testTestCase49() throws Exception
{
    System.out.println("Test: >-----TestCase49-----<");
    Message varMessage = new Message(_tv.TRANSPORT_CONN);
    send_ind(varMessage);
    varMessage = new Message(_tv.ASSOC.toString());
    send_req(varMessage);
    varMessage = new Message(_tv.AARQ.toString());
    receive_tx(varMessage);
    varMessage = new Message(_tv.AARE_ACCEPTED.toString());
    send_rx(varMessage);
    varMessage = new Message(_tv.ASSOCREL.toString());
    send_req(varMessage);
    varMessage = new Message(_tv.RLRQ_NORMAL.toString());
    receive_tx(varMessage);
    varMessage = new Message(_tv.ASSOCABORT.toString());
    send_req(varMessage);
    varMessage = new Message(_tv.ABRT.toString());
    receive_tx(varMessage);
}
```

Eine Spezialität der Fraunhofer-Forscher ist die Qualitätssicherung von Medizintechnik. So entstehen z. B. Testfälle gemäß ISO 11073, mit denen die Übertragung von Vitaldaten getestet wird



»MENGE UND KOMPLEXITÄT NEHMEN RASANT ZU«

Medizintechnik ist heute in vielen Fällen Software. Welche besonderen Herausforderungen bei deren Entwicklung und Zulassung gelten, erfahren wir im Interview mit Dr. Dirk Lauscher von der Berlin Heart GmbH.

Herr Dr. Lauscher, was sind die großen Herausforderungen bei der Entwicklung von Medizintechnik?

Auch in unserem Nischenmarkt sind in der Entwicklung deutliche Trends erkennbar. So zielen unsere Produkte, so genannte Herzunterstützungssysteme, auf eine immer kleinere Größe ab. Zum einen wird dadurch gewährleistet, dass den Patienten ein Höchstmaß an Lebensqualität zurückgegeben werden kann, zum anderen vereinfacht sie die Implantation, so dass das Gerät bei Patienten jeden Alters und jeder Körpergröße eingesetzt werden kann. Die Vereinigung der kleinen Größe mit der immensen zu integrierenden Technik stellt wohl die größte Herausforderung für die Medizintechnik und insbesondere für die Entwicklung von Herzunterstützungssystemen dar. Ist ein Produkt aber erstmal entwickelt und marktfähig, stellt sich die Herausforderung des Zulassungsprozesses. Dieser ist weltweit unterschiedlich und fordert neben langen Wartezeiten und hohen Kosten auch großen personellen Einsatz.

Berlin Heart entwickelt mechanische Herzunterstützungssysteme. Was müssen wir uns darunter vorstellen?

Herzunterstützungssysteme übernehmen kurz- bis langfristig die Pumpfunktion des menschlichen Herzens. Sie kommen bei Patienten zum Einsatz, die an schwerer Herzinsuffizienz, d. h. an verminderter Pumpfähigkeit des eigenen Herzens, leiden. In den meisten Fällen werden diese Systeme implantiert, um die Wartezeit auf ein passendes Spenderherz zu überbrücken. In einigen Fällen ist durch die mechanische Unterstützung sogar eine Erholung des Herzens und die Entwöhnung vom System

möglich. Zunehmend werden Herzunterstützungssysteme auch bei Patienten eingesetzt, die aufgrund ihrer körperlichen Verfassung keine Möglichkeit haben, ein Herz transplantiert zu bekommen und für die das System dann eine lebensrettende Alternative darstellt. Auf dem Markt verfügbar sind derzeit implantierbare und außerhalb vom Körper liegende Systeme. Die Berlin Heart GmbH ist weltweit das einzige Unternehmen, das beide Varianten (INCOR® und EXCOR®) für herzkranken Patienten jeden Alters und jeder Körpergröße entwickelt, herstellt und vertreibt.

Welche Rolle spielt die Software in Medizinprodukten?

Software ist heute aus sicherheitskritischen Anwendungen in der Medizintechnik nicht mehr weg zu denken. Sie stellt quasi das Nervensystem dieser Systeme dar. Der Software kommt damit eine entsprechend große Bedeutung für ein fehlerfreies Funktionieren der Geräte zu. Diese zunehmende Bedeutung der Software aber auch der Medizinprodukte allgemein spiegelt sich auch in der stetig wachsenden Zahl der Anforderungen für eine Zertifizierung wider.

Welche Veränderungen erwarten Sie zukünftig für die Entwicklungsprozesse von Software für medizinische Geräte/ Medizintechnik?

Die Menge und die Komplexität von Software in Medizinprodukten nehmen rasant zu. Parallel dazu steigen auch die Anforderungen an Qualität und Nachweisführung für Zulassungen stetig. Längst ist der Aufwand für die Zulassung von Software für sicherheitskritische Anwendungen zum zweiten

bestimmenden Kostenfaktor geworden. Extrem hohe Entwicklungs- und Zulassungsaufwendungen bedingen auch extrem lange Produktlebenszyklen. Dies ist typisch für die Medizintechnik, aber beispielsweise auch für die Avionik oder den Automotive-Bereich. Ein Ansatz, die Entwicklungsprozesse von komplexer Software effizienter zu machen, ist die Anwendung der modellbasierten Softwareentwicklung. Hierbei wird die komplette Linie vom Anforderungsmanagement bis zum Testen vollständig werkzeuggestützt umgesetzt, eine Herausforderung für die Zulassung. Hieran wird intensiv gearbeitet. Ein weiterer Punkt ist der Test. Zur Prüfung komplexer werden der Software bedarf es neuer effizienter Methoden. Hier geht es darum, automatisierte Testmethoden für Softwaretests und -zulassung in der Medizintechnik zu entwickeln. Auch dies ist eine Herausforderung an internationale Zulassungsverfahren.

Sie haben mit Fraunhofer FIRST in verschiedenen Projekten zusammengearbeitet. Welche Rolle hat FIRST dabei gespielt?

Die Projekte, bei denen in den letzten zwei Jahren Fraunhofer FIRST und Berlin Heart intensiv zusammengearbeitet haben, sind Projekte zur Unterstützung einer in nächster Zukunft hoffentlich erfolgreichen Zertifizierung des EXCOR VAD Pediatric für den U.S.-amerikanischen Markt. Die in dem EXCOR-System integrierte Antriebseinheit Iku Rev. 2.1 ist ein komplexes System, dessen Qualitätssicherung ebenfalls, wie die des gesamten EXCOR-Systems, den hohen Anforderungen

der amerikanischen Zertifizierungsbehörde U.S. Food and Drug Administration (FDA) entsprechen muss. Nur dann werden wir unser Ziel der erfolgreichen Zertifizierung erreichen. Die Qualitätssicherung der Steuerrechner in der Antriebseinheit Iku Rev. 2.1 betrifft auch das dort eingebettete Softwaresystem. Zur Unterstützung der Qualitätssicherung des Softwaresystems umfasste die Zusammenarbeit mit Fraunhofer FIRST Projekte zum Requirements-Management, zur Architekturbeschreibung, zur Modellierung, zur toolgestützten Analyse und zur Vorgehensweise mit virtuellen Units und Regressionstests.

Wie sind Sie auf Fraunhofer FIRST gekommen?

Ausgangspunkt der Kooperation war unsere Suche nach Fachkompetenz auf dem Gebiet der Sicherheit bei Softwareentwicklung und Softwareanwendungen. Dabei stießen wir auf die Fachgruppe von Fraunhofer FIRST um Prof. Schlingloff. Fraunhofer FIRST zeigte hingegen Interesse an Fachkompetenz auf dem Gebiet der Medizintechnik. Aus diesen beiden Voraussetzungen entwickelte sich eine nun schon langjährige Zusammenarbeit, auch in mehreren gemeinsamen Forschungsprojekten.

Wie würden Sie die Zusammenarbeit in drei Worten beschreiben?

Zuverlässig, unproblematisch und unkompliziert, kooperativ und bereichernd sowie vor allem lösungsorientiert.

Was war Ihr bisher schönstes Erlebnis, dass Sie im Zusammenhang mit Ihrer Arbeit hatten?

Patienten zu sehen, die durch unser System gesund wurden. Beispielsweise der kleine Sam aus Australien, der entgegen aller Erwartungen pünktlich vor Weihnachten mit seinem eigenen Herzen nach Hause entlassen werden konnte. Oder Bailey aus den USA, die als kleines Mädchen von unserem System unterstützt wurde, mittlerweile einen Führerschein besitzt und ein Studium begonnen hat.

1 Medizintechnik ist heute ohne Software nicht mehr denkbar. Dies zeigt sich auch in den immer höheren Anforderungen bei der Zertifizierung von Medizinprodukten

2 FIRST-Forscher haben die Berlin Heart GmbH bei der Vorbereitung der FDA-Zertifizierung einer Blutpumpe unterstützt



IM NOTFALL BREMST DAS AUTO

Im Projekt SmartSenior entwickeln Fraunhofer-Forscher ein Testbed, mit dem die Übertragung von Vitaldaten gemäß ISO 11073 getestet werden kann. Die Technologie wird z. B. bei einem Nothalteassistenten im Auto eingesetzt.

Autobahn, linke Spur, hohes Tempo und dichter Verkehr: Erleidet ein Autofahrer unter solchen Umständen einen Herzinfarkt und verliert dadurch die Kontrolle über sein Fahrzeug, ist eine Katastrophe vorprogrammiert. Damit das Auto sicher zum Stehen kommt, selbst wenn der Fahrer nicht mehr aktiv eingreifen kann, arbeiten Fraunhofer FIRST und 28 Partner aus Forschung und Industrie im Projekt SmartSenior u. a. an der Entwicklung eines Nothalteassistenten. Um eine medizinische Notsituation zu erkennen, werden während der Fahrt mithilfe von verschiedenen körpernahen Sensoren permanent Vitaldaten, wie z. B. die Herzspannungskurve, gemessen. Erkennt das System im Fahrzeug bei der Analyse der Daten ungewöhnliche Werte, werden diese über ein Smartphone zur Beobachtung an eine Telemedizinzentrale, wie sie im Rahmen des Projekts an der Berliner Charité eingerichtet wurde, übertragen, dort als Diagramm dargestellt, und von einem Arzt ausgewertet. Parallel dazu alarmiert das System einen Notarzt und übermittelt dabei die genaue Position des Fahrzeugs. Droht der Fahrer die Kontrolle über das Fahrzeug zu verlieren, übernimmt der

Nothalteassistent: Die Warnblinkanlage wird eingeschaltet und das Fahrzeug manövriert autonom und kontrolliert an den rechten Straßenrand.

Vitaldatenübertragung

Damit die am Nothalteassistenten beteiligten Komponenten fehlerfrei zusammenarbeiten, müssen die Vitaldaten gemäß des Standards ISO 11073 zwischen Sensoren, Smartphone und vom Fahrzeug zur Notrufzentrale übertragen werden. Die ISO 11073 ist ein Kommunikationsstandard der spezifiziert, wie Vitaldaten zwischen medizinischen Geräten übertragen werden und bildet die Voraussetzung dafür, dass Komponenten, die von verschiedenen Herstellern stammen und auf unterschiedlichen Hard- und Softwaresystemen basieren, fehlerfrei kommunizieren können. Die Norm definiert dafür ein bestimmtes Datenformat, das ähnlich einer Grammatik vorgibt, wie die Vitaldaten bei der Übertragung angeordnet werden müssen. So ergibt auch in der deutschen Sprache ein Satz, wie z. B. »Ich spiele Ball«, nur einen Sinn, wenn die Satzglieder Subjekt, Prädikat und Objekt auf eine bestimmte Weise angeordnet sind. Ähnlich funktioniert dies bei der Vitaldatenübertragung: Ein Datenpaket kann z. B. Informationen über das sendende Gerät, den Zeitpunkt der Datenerhebung und das Format der gesendeten Daten, wie z. B. die Temperatureinheit, enthalten. Auch diese Daten müssen bei der Übertragung zwischen den Komponenten eines telemedizinischen Notfallsystems in einer festgelegten Reihenfolge gesendet werden. Weiterhin definiert die ISO 11073 ein bestimmtes Kommunikationsverhalten zwischen Komponenten eines

medizinischen Gesamtsystems. So fragt, vereinfacht dargestellt, ein Gerät bei seinem »Gesprächspartner« an, ob dieser bereit ist, mit ihm zu kommunizieren und handelt die Art zu kommunizieren, z. B. über einen einfachen Report, aus.

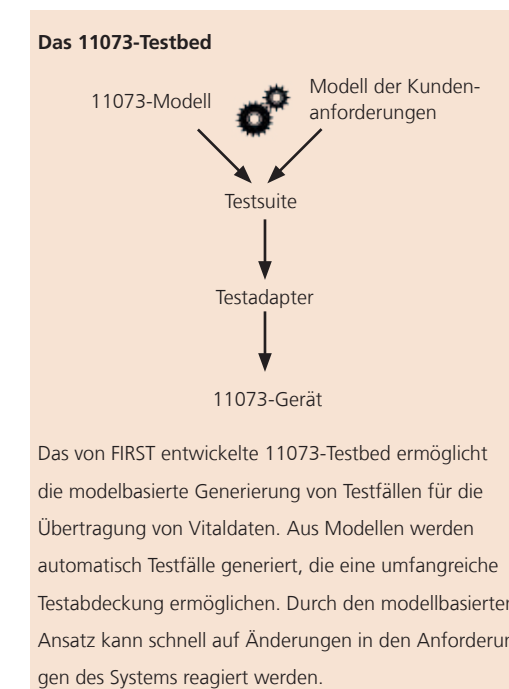
Das Testbed von Fraunhofer FIRST

Fraunhofer FIRST entwickelt im Projekt SmartSenior ein Testbed, um die Qualität der am Notfallszenario beteiligten Komponenten zu sichern. Ein Teil dieses Testbeds überprüft, ob die Datenübertragung auch wirklich normgerecht erfolgt. Dazu können Geräte, die auf 11073-konforme Kommunikation getestet werden sollen, über einen Testadapter an das Testbed angeschlossen werden. Der Testadapter ermöglicht es, Testfälle an das Gerät zu senden und so zu testen, ob eine normenkonforme Kommunikation erfolgt. In einem ersten Schritt werden zur automatischen Erzeugung solcher Testfälle Modelle erstellt, die die Anforderungen der ISO 11073 und die Funktionen des zu testenden Gesamtsystems beschreiben. »Wir haben im Projekt unsere Erfahrungen mit verschiedenen Tools für die modellbasierte Testfallgenerierung erweitern können und gesehen, dass diese Technik selbst für komplexe Standards wie die ISO 11073 geeignet ist«, sagt Joachim Hänsel, der bei FIRST im Projekt SmartSenior für die Qualitätssicherung der Vitaldatenübertragung zuständig ist. In einem zweiten Schritt wird aus den verschiedenen Modellen eine Testsuite generiert. Dies kann entweder mit Werkzeugen von FIRST oder mit kommerziellen Werkzeugen geschehen. Die so erzeugten Testfälle ermöglichen eine umfangreiche Testabdeckung.

Evolutionäres Testen

Darüber hinaus können sie durch die Verwendung evolutionärer Algorithmen (s. Artikel, S. 64) bewertet und schrittweise optimiert werden. Durch den modellbasierten Testansatz kann außerdem schnell auf Änderungen in den Anforderungen an das System reagiert werden. Solche Änderungen werden im Modell vorgenommen und bei der anschließenden

Testfallgenerierung automatisch berücksichtigt. Mit diesen Methoden wurde im Projekt die 11073-konforme Übertragung von Vitaldaten zwischen einer Armbanduhr, die u. a. den Puls und die Sauerstoffsättigung des Blutes misst, einem Smartphone und einer Telemedizinzentrale getestet. Bis das Auto selbständig bremst, automatisch an den Straßenrand fährt und mit einem Notruf Leben rettet, müssen jedoch noch einige Hürden genommen werden. So sind z. B. rechtliche Anforderungen an automatisierte Fahrfunktionen zu klären.



1 Der Nothalteassistent sorgt bei einem medizinischen Notfall dafür, dass das Fahrzeug autonom und kontrolliert an den Straßenrand fährt

2 Per Smartphone werden Vitaldaten ISO 11073-konform an eine Telemedizinzentrale übertragen



1



2

WENN SICH DIE KLAPPE AUTOMATISCH ÖFFNET

Das Auto ist heute mehr als ein Gebrauchsgegenstand. Es ist jederzeit verfügbar und bietet uns inmitten einer immer schneller werdenden Welt einen Rückzugsort. Aus dem Inneren des Fahrzeugs betrachten wir unsere Umwelt und schaffen uns einen eigenen mobilen Raum.

Die »Evolution« des Autos ist rasant verlaufen. 1888 fuhr das Dreirad von Carl Benz mit einer, für damalige Verhältnisse unglaublichen, Geschwindigkeit von 16 km/ h über die Straßen und verschreckte die Passanten. Heute können unsere Autos selbständig einparken, haben elektrische Fensterheber und steuern den Benzinverbrauch je nach benötigter Leistung. Das System Auto besteht aus vielen verschiedenen Einzelkomponenten und Steuergeräten, die perfekt zusammenarbeiten müssen, um die Sicherheit der Insassen zu gewährleisten. Wir vertrauen unserem Auto und den eingebetteten Systemen mit ihrer Software. Und dennoch gilt: »Kein Produkt menschlicher Intelligenz kommt fehlerfrei zur Welt. Wir formulieren Sätze um, trennen Nähte auf, setzen Pflanzen um, planen Häuser neu und reparieren Brücken. Warum sollte es uns mit Software anders gehen?« [Wiener, Lauren Ruth; 1993].

Kontinuierliche Systeme

Damit wir der Software in unserem Auto vertrauen können, arbeiten die Forscher von Fraunhofer FIRST an neuen Testmethoden für kontinuierliche Systeme, die verschiedene Funktionen im Fahrzeug regeln und steuern. Kontinuierliche Systeme erhalten permanent Signale von Sensoren, verarbeiten diese, und senden Befehle an Aktuatoren. Das besondere dabei: Zustandsgrößen verändern sich kontinuierlich und machen das Testen zu einer Herausforderung. Ein solches kontinuierliches System ist z. B. die Steuerung der elektronischen Heckklappe. Die Komplexität dieses Systems ist vom Nutzer kaum zu erkennen, schließlich betätigt er nur einen Knopf und schon öffnet

oder schließt sich die Klappe. Dennoch verbirgt sich dahinter eine ausgeklügelte Software, die Mechanik, Elektromotor und Steuergerät perfekt zusammenarbeiten lässt. Für die Entwickler kommt es darauf an, bereits in frühen Phasen die einwandfreie Funktion der Software zu überprüfen und so zu vermeiden, dass es zu Fehlfunktionen des fertigen Systems kommt, wie z. B. dass sich die Heckklappe bei hoher Geschwindigkeit öffnet. Um solche Fehler zu vermeiden, versuchen die Entwickler mit verschiedenen Testmethoden herauszufinden, ob das fertige System fehlerfrei arbeiten wird. Beim Testen von kontinuierlichen Systemen stellen sich jedoch ganz neue Herausforderungen, wie z. B. die Spezifikation von Eingangssignalen, der Vergleich von Ausgangssignalen mit Referenzsignalen oder die Anforderungen an die Echtzeitfähigkeit solcher Systeme. Fraunhofer FIRST hat im TEMEA-Projekt an neuen Konzepten für die Spezifikation solcher Tests mitgearbeitet. Dafür wurden für den TTCN-3 (Testing and Test Control Notation)-Standard

1 *Moderne Autos stecken voller Software, die sich in verschiedenen Einzelkomponenten und Steuergeräten versteckt*

2 *In den Projekten TEMEA und MODELISAR haben FIRST-Forscher Testmethoden für kontinuierliche Systeme, wie z. B. die elektronische Heckklappensteuerung entwickelt*

Spracherweiterungen entwickelt und bei der ETSI (European Telecommunications Standards Institute) zur Erweiterung des Standards eingereicht. Diese Spracherweiterungen wurden anschließend im Projekt MODELISAR als Grundlage für die Entwicklung eines Model-in-the-Loop Testsystems genutzt. Das Testsystem basiert auf einer TTCN-3 Entwicklungs- und Laufzeitumgebung, sowie auf einer Co-Simulationsplattform, mit der komplexe Steuersysteme, wie z. B. die Heckklappensteuerung, simuliert werden können. Um die in verschiedenen Modellierungssprachen verfassten Modelle der einzelnen Systemkomponenten (Mechanik, Elektromotor, Steuergerät) in die Plattform zu integrieren sowie die spezifizierten Testfälle auszuführen, ist es nötig, verschiedene Simulatoren zu koppeln, Modelle zwischen Werkzeugen auszutauschen und externe Anwendungen, wie z. B. Testsysteme, an die Co-Simulationsplattform anzubinden. Mithilfe des in MODELISAR entwickelten FMI (Functional Mockup Interface)-Standards ist dies zukünftig mit viel weniger Aufwand möglich. »Mit dem FMI-Standard schaffen wir es, heterogene Modelle zu integrieren und zu simulieren, sowie Testsysteme und andere Anwendungen ähnlich einem Baukastensystem an die Co-Simulationsplattform anzubinden. Dies führt zu einer wesentlichen Erleichterung beim frühzeitigen Testen von Steuergerätesoftware und spart Zeit und Kosten«, so Jaroslav Svacina, MODELISAR-Projektleiter bei Fraunhofer FIRST.

Testen mit evolutionären Algorithmen

Kontinuierliche Systeme sind durch die Integration von vielen Komponenten, Teilsystemen und Modellen sehr komplex. Mit manuell erzeugten Testfällen ließe sich systematisch zeigen, dass das System die geforderten Funktionen erfüllt. Aufgrund der Komplexität des Gesamtsystems ist es aber nahezu unmöglich, genau die Testfälle zu erzeugen, die ein Fehlverhalten aufzeigen. Ein solches Fehlverhalten tritt z. B. auf, wenn durch einen Fehler in der Steuergerätesoftware eine zu hohe Kraft auf die Schubstange der Heckklappe einwirkt und diese dadurch zerstört wird. Um Testfälle und Testdaten für solche kritischen Szenarien zu erzeugen, setzt FIRST auf

die selbstentwickelte Testsoftware EvoTest, die durch ihre FMI-Kompatibilität einfach an die Co-Simulationsplattform angebunden werden kann. EvoTest erzeugt mithilfe evolutionärer Algorithmen effektive und qualitativ hochwertige Testfälle für die kritischen Zustände des Systems. Dazu muss in einem ersten Schritt ein Testziel festgelegt werden. Bei der elektrischen Heckklappensteuerung könnte dieses Testziel lauten: Finde Testszenarien, bei denen die Krafteinwirkung auf die Schubstange einen zulässigen Schwellenwert überschreitet und ein Schaden an der Mechanik droht.

Die Fitness-Funktion

Anschließend wird eine adäquate Fitness-Funktion bestimmt, die die Qualität der einzelnen Testfälle in Bezug auf das Testziel bewertet. Nun kann es losgehen: Eine erste Generation von manuell oder automatisch erzeugten Testfällen wird anhand der Fitness-Funktion bewertet. Wenn das Testziel durch die bestehenden Testfälle bereits erreicht wird, so ist der evolutionäre Prozess beendet. Andernfalls werden einzelne Testfälle mit Hilfe von EvoTest ausgewählt und leicht verändert oder ausgetauscht. Wie in der Evolutionslehre werden die Prozesse als Selektion, Mutation und Kreuzung bezeichnet. Die zweite Generation wird erneut der Fitness-Bewertung unterzogen und das weitere Verfahren läuft wie in der ersten Runde ab. Bei jeder Wiederholung entsteht so eine neue Generation von Testfällen und das System lernt, welche Testfälle die effektivsten sind. Sollten am Ende des Testprozesses keine Fälle gefunden worden sein, bei denen die Testergebnisse den Toleranzbereich überschreiten, kann mit hoher Wahrscheinlichkeit von einer fehlerfreien Funktion ausgegangen werden. Die von FIRST angewendeten Testmethoden lassen sich auch für andere kontinuierliche Systeme im Automobilbau einsetzen, wie z. B. für die Motorsteuerung, die den Benzinverbrauch regelt, oder für den Test des Bremssystems.

Q.E.D.

Software, die sicherheitskritische, eingebettete Systeme steuert, wird bei Fraunhofer FIRST mit sorgfältigen Analysen, so genannten deduktiven Verifikationsmethoden auf Fehlerfreiheit untersucht. Besonders bei der Vorbereitung von Zertifizierungen werden solche formalen Methoden immer wichtiger.

Im realen Leben gibt es einen ganz einfachen Weg herauszufinden, ob z. B. Milch noch genießbar ist: Wir probieren! Auch in der Informatik ist das »Probieren« von Software weit verbreitet. Hier wird es Testen genannt. Dabei wird ein Programm mit geeigneten Testfällen, die entsprechend einer vorherigen Spezifikation der Software erstellt wurden, ausgeführt. Die Ergebnisse werden mit den Anforderungen verglichen. Doch schon Edsger Wybe Dijkstra erkannte das Dilemma des Testens: »Program testing can be a very effective way to show the presence of bugs, but is hopelessly inadequate for showing their absence.« Frei übersetzt bedeutet dies, dass Tests immer nur die Anwesenheit von Fehlern zeigen können, aber niemals ihre Abwesenheit. Denn selbst wenn unsere Software bei allen Testfällen wie erwartet funktioniert, lässt sich damit noch lange nicht zeigen, dass das Programm für alle anderen Fälle, die nicht getestet wurden, fehlerfrei ist.

Glücklicherweise zeigt die Mathematik, dass es einen viel aussagekräftigeren Weg gibt, als das Testen, nämlich das Beweisen mithilfe von deduktiven Methoden. Solche formalen Beweise sind gerade für sicherheitskritische Programmfunktionen, deren Versagen schwerwiegende Folgen für Menschen oder Material haben kann, dringend nötig. Derartige Software wird z. B. in Zügen eingesetzt und steuert Systeme wie den Sicherheitsfahrplan, der bei nicht regelmäßiger Betätigung durch den Lokführer einen Nothalt des Zuges auslöst. Forscher von Fraunhofer FIRST arbeiten im Projekt DEVICE-SOFT (s. Artikel, S. 70) an solchen deduktiven Verifikationsmethoden für sicherheitskritische, eingebettete Systeme und untersuchen, für welche Anwendungen sich die Beweisverfahren besonders eignen. Die deduktive Verifikation wird vor allem bei der Zertifizierung von Software (s. Interview, S. 68) immer wichtiger.

Voraussetzung für die deduktive Verifikation ist eine formale Beschreibung der Programmfunktionen und ein entsprechendes Beweissystem, das die zu überprüfenden Funktionen einer Software formal beschreibt. Ein solches System wurde bereits in den 70er Jahren von Charles Antony Richard Hoare (kurz Sir Tony Hoare) entwickelt und ist unter dem Namen Hoare-Kalkül bekannt. Die größte Herausforderung beim Einsatz von formalen Methoden liegt bis heute darin, solche oder ähnliche Beweissysteme aufzustellen und auf die entsprechenden Spezifikationen und Programme anzuwenden. Daher werden sie in der Praxis nur für sicherheitskritische Funktionen einer Software mit sehr großem Aufwand entwickelt und die Verifikation durch computergestützte Verfahren unterstützt.

Die deduktive Verifikation für den gesamten Quellcode eines Programms scheitert an dessen Umfang. Schon Windows XP besaß ca. 45 Millionen Zeilen Code, für die ein Beweissystem hätte aufgestellt werden müssen. Mit den bisherigen Methoden ist dies jedoch nicht möglich. Schon bei einer geringen Anzahl von Zeilen kann die Aufstellung eines Beweises mehrere Tage dauern. Daher wird an Verfahren gearbeitet, die solche Beweise automatisch generieren.



Charles Antony Richard Hoare ist ein britischer Informatiker und wurde am 11. Januar 1934 in Colombo, Sri Lanka, geboren. Bekannt wurde er unter anderem durch die Entwicklung des Quicksort-Algorithmus, einem schnellen, rekursiven Sortieralgorithmus, und dem Hoare-Kalkül. Seit 1977 arbeitete er als Professor der Informatik an der University of Oxford. Heute ist er leitender Forscher bei Microsoft Research in Cambridge, England.

»Sir Tony bitte« oder Was ist das Hoare-Kalkül?

Gregor Reisch verfasste zwischen 1489 und 1496 die Margarita philosophica und beschrieb darin das gesamte menschliche Wissen des späten Mittelalters. Darin enthalten ist auch die Abbildung Typus Logicae, auf der die beiden Jagdhunde, der schöne Veritas und der hässliche Falsitas, dem Hasen Problema hinterherjagen. Selbst wenn man nicht erfährt, welcher Hund den Hasen fängt, veranschaulicht diese Szene eine Herausforderung der modernen Informatik: Mithilfe von automatischen Verfahren wird versucht, Software zu verifizieren bzw. zu falsifizieren. Eine der grundlegenden Ideen dafür lieferte Sir Tony Hoare in seiner 1969 veröffentlichten Arbeit »An axiomatic basis for computer programming«. Darin entwickelte er ein System von Prämissen und Schlussfolgerungen (Vor- und Nachbedingungen), mit denen die Semantik (Bedeutung) von Konstrukten einer (hypothetischen) Programmiersprache definiert wird und die Beweise zur Korrektheit geführt werden können. Dieses System wird als Hoare-Kalkül bezeichnet und basiert auf sogenannten Hoare-Tripeln $\{P\} S \{Q\}$, die auf folgende Weise interpretiert werden können: Ein Programm S liefert sein Ergebnis Q (Nachbedingung) unter der Voraussetzung, dass eine Vorbedingung P erfüllt ist. Damit lässt sich z. B. beweisen, dass unter der Voraussetzung von P das Programm S das Ergebnis Q liefert. Dieses Verfahren ermöglicht es aber auch, dass unter der Voraussetzung von Q durch das Programm S auf die Vorbedingung P geschlossen werden kann. Die visionärste Möglichkeit des Hoare-Kalküls besteht darin, dass ein Programm S nur durch die Kenntnis von P und Q synthetisiert werden kann.

Ein einfaches Beispiel für ein solches Hoare-Tripel könnte lauten: $\{x=5\} x:=x+1 \{x>5\}$. In diesem Beispiel wäre die Vorbedingung x gleich fünf und die Nachbedingung x größer als fünf. Vor- und Nachbedingung sind also erfüllt, wenn bei der Berechnung von x mindestens gilt, dass x gleich x plus eins ist. Für ein solches Hoare-Tripel muss jedoch die Bedingung gelten, dass die Anweisung S in einem Zustand ausgeführt wird, in dem die Vorbedingung P wahr ist, und die Ausführung in endlicher Zeit beendet (die Anweisung S rechnet also nicht in einer Endlosschleife weiter) wird. Unter dieser Voraussetzung wird die Nachbedingung Q als erfüllt angesehen. In der praktischen Anwendung ist ein Beweissystem nach dem Hoare-Kalkül natürlich wesentlich komplizierter aufgebaut. Damit auch komplexere Anweisungen mit Hoare-Triplen beschrieben und überprüft werden können, hat Tony Hoare eine Logik entwickelt, die es mithilfe von verschiedenen Regeln erlaubt, aus der Gültigkeit von Hoare-Triplen mit gegebenen Anweisungen auch auf die Gültigkeit von Hoare-Triplen mit daraus zusammengesetzten Anweisungen zu schließen. So lässt sich beispielsweise durch Komposition einzelner Programmabschnitte, die mit dem Hoare-Kalkül verifiziert wurden, auf die Korrektheit von komplexeren Programmstrukturen schließen. Dies ist möglich, wenn die Vorbedingung des einen Beweises mit der Nachbedingung eines zweiten Beweises übereinstimmt. Ziel der FIRST-Forscher ist es, deduktive Verfahren, wie das Hoare-Kalkül, zu verbessern und zu erforschen, für welche industriellen Anwendungen mit sicherheitskritischen, eingebetteten Systemen sie sich einsetzen lassen.



THINK THE FUTURE

»INNOVATIONEN EILEN DER NORMUNG VORAUS«

Die Sicherheit von eingebetteten Systemen wird vom TÜV geprüft und zertifiziert. Welche Rolle Normen sowie formale Methoden dabei spielen, erklärt Martin Kaiser von der SGS-TÜV GmbH.

Was sind die größten Herausforderungen für Sie als Qualitätssicherer für eingebettete Systeme?

Für uns als Qualitätssicherer ist es entscheidend, dass wir frühzeitig in ein Projekt eingebunden werden. Nur so kann am Ende der Sicherheitsprüfung eines neuen Produktes auch ein Zertifikat stehen. Oft wird uns aber erst das Entwicklungsergebnis präsentiert, bei dem wir dann Programmfehler, sogenannte show stopper, feststellen. Für unsere frühzeitige Einbindung in den Entwicklungsprozess spricht auch, dass bei innovativen Produkten der aktuelle Normenstand meistens nicht aussagekräftig genug ist. Der Sachverstand einer Prüfstelle kann dann den Entwicklern helfen, sich abzusichern.

Wie verändern sich Normen und Standards?

Wenn technische Innovationen neue Normen oder die Anpassung älterer Versionen erfordern, werden z. B. Normungsgremien von der EU beauftragt. Die DKE, Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik, im DIN und

VDE, Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., vertritt die deutschen Interessen bei der International Electrotechnical Commission (IEC) bzw. beim European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC). Aus technischer Sicht bestehen die Änderungen aus Präzisierungen, teilweise auch Erhöhungen der Anforderungen und der Aufnahme von Innovationen. In der IEC 61508:2010 wurden z. B. in einem Anhang Anforderungen an ASICs, also anwendungsspezifische integrierte Schaltungen mit on-chip Redundanz beschrieben. An diesem Beispiel lässt sich leicht erkennen, dass die Innovationen der Normung oft vorauslaufen und neue Produkte bereits während des Überarbeitungsprozesses der Norm entwickelt werden. Die höheren Anforderungen an die Software entstehen dadurch, dass diese eine immer größere Rolle in eingebetteten Systemen spielt.

Für welchen Einsatzzweck eingebetteter Systeme sehen Sie den größten Bedarf neuer Normen?

Wir benötigen nicht unbedingt neue Normen für alles. Eine Erweiterung um den Stand der Innovationen ist ja auch möglich. So liegen z. B. aktuelle Prioritäten in der E-Mobilität auf der Batteriesicherheit, Ladestationen, dem Energie-Bordnetz (elektrische Sicherheit), der Anwendung schon bekannter elektrischer Antriebssysteme in einem neuen Umfeld (funktionale Sicherheit), Rettungsleitfäden und der Koordination mit dem Stromnetz. Wichtig ist hierbei der Zusammenhang zwischen den Sicherheitsthemen. In der Automatisierungsbranche hat der Stuxnet-Virus gezeigt, dass es richtig war, IT-Security (zu unterscheiden von Safety) in die IEC 61508 aufzunehmen. Ähnliches gilt übrigens auch für die Automobilindustrie. Die zunehmende

Vernetzung verschiedener Systeme wird eine zunehmende Anpassung der Normen auf die Anwendung erfordern.

Welche Verfahren zur Qualitätssicherung von Software werden sich in den nächsten Jahren durchsetzen?

Ich möchte hier keine Prognose abgeben, da dies über die Zertifizierung hinaus geht. Ich würde mir aber die industrietaugliche Weiterentwicklung formaler Methoden wünschen.

Welche Bedeutung haben formale Methoden bei der Qualitätssicherung sicherheitskritischer Systeme zurzeit?

Derzeit eine eher geringe, was die Zertifizierung angeht. Viele (Software)-Entwicklungsprozesse bzw. -Produkte sind nicht an formale Methoden angepasst. Es fehlt häufig schon an den erforderlichen Diagrammen für semi-formale Methoden. Und noch nicht alle Projekte werden mit UML oder SysML o. ä. unterstützt. Darüber hinaus sind formale Methoden nur einer von mehreren Bausteinen zur Bewertung der Software. Die Methoden ergeben nur die richtigen Ergebnisse, wenn man die richtigen Fragen stellt.

Welche Herausforderungen sehen Sie bei der Zertifizierung sicherheitskritischer Systeme mit Multi-Core?

Für die Hersteller dürfte es zunächst am wichtigsten sein, die Teile der Software einzugrenzen, die überhaupt als sicherheitskritisch gelten müssen. Andernfalls müsste jede Änderung nachzertifiziert werden. Dann ist die Frage, ob Multi-Core-Technologien zur Erhöhung der Hardware-Fehlertoleranz oder aus anderen Gründen eingesetzt werden. Ist das erste der Fall, kommt auch gerne das Thema »Software-Container« – also die Partitionierung eines Cores für verschiedene Anwendungen, um Fehlerpropagation zu verhindern – hinzu, ein beliebtes Konzept, um Hardware-Kosten zu sparen. Dies erhöht jedoch die Komplexität der Software und macht somit auch die Zertifizierung aufwändiger. Weiterhin sehe ich Herausforderungen bei Themen wie on-chip Redundanz (mehrere Ausführungseinheiten auf einem Chip), worst case execution time oder der Prioritätssteuerung (dynamische Auswahl von Programmfunktionen).

Wie sehen Sie die Rolle von Forschungsinstituten wie Fraunhofer FIRST bei der Zertifizierung?

Forschungsinstitute wie Fraunhofer FIRST können ihre Kunden sicherlich auf eine Zertifizierung vorbereiten und z. B. bei der Erstellung von Zertifikatsunterlagen unterstützen. Auch in der Durchführung von Verifikationen sehe ich eine mögliche Rolle von FIRST. Darüber hinaus trägt FIRST seinen Teil zur Weiterentwicklung des Stands der Wissenschaft und Technik bei, was sich in einem weiteren Schritt auf die Weiterentwicklung der Anforderungen zur Zertifizierung auswirken kann.

Wie kann FIRST bei der Qualitätssicherung von eingebetteten Systemen unterstützen?

Fraunhofer FIRST und SGS TÜV könnten bei der Bewertung bzw. Beurteilung der Zertifizierbarkeit von neuen Methoden zur Qualitätssicherung von Software, wie z. B. der formalen Verifikation oder bei Testabdeckungskriterien, zusammenarbeiten. Einen weiteren Ansatz zur Unterstützung sehe ich bei der Rezertifizierung von Software.

Wie eine Norm entsteht

Im Prinzip kann jeder einen Antrag auf Normung stellen. Die Norm wird dann im Konsens zwischen verschiedenen Experten erarbeitet, wobei der Stand der Technik, die Wirtschaftlichkeit und die internationale Harmonisierung berücksichtigt werden. In Europa wird die Entwicklung neuer Normen wesentlich von der Europäischen Union (EU) beeinflusst. So werden z. B. Normungsgremien wie die DKE im DIN und VDE vom European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC) damit beauftragt, neue Normen zu entwickeln. Zu den bekanntesten deutschen Normungsgremien gehört das Deutsche Institut für Normung (DIN), das die DIN-Normen herausgibt. Internationale Gremien sind z. B. die International Electrotechnical Commission (IEC) mit ihrer IEC-Norm und die International Organization for Standardization (ISO) mit der ISO-Norm.

1 Ein hohes Einsatzpotential für eingebettete Systeme besteht bei sicherheitskritischen Anwendungen, wie z. B. Steuerrechnern in Flugzeugen

2 Der TÜV ist nicht nur für die Prüfung unserer Autos zuständig. Die Experten der SGS-TÜV GmbH prüfen und zertifizieren auch eingebettete Systeme



THINK THE FUTURE

VERIFIZIERTE PYRAMIDEN

Thomas Hales war der Erste, der mithilfe von Computerberechnungen die Keplersche Vermutung über die platzsparendste Anordnung von Kugeln beweisen konnte. FIRST-Forscher beweisen heute mit automatisierten Verfahren, dass sicherheitskritische Software von eingebetteten Systemen fehlerfrei funktioniert.

Bereits 1611 stellte sich Johannes Kepler einer mathematischen Herausforderung, die fast 400 Jahre Bestand haben sollte: Der englische Seefahrer und Entdecker Sir Walter Raleigh suchte nach der besten Möglichkeit, Kanonenkugeln auf seinen Schiffen zu stapeln. Die Lösung dieses Problems kannte vermutlich schon damals jeder Obsthändler, der Äpfel oder andere runde Früchte an seinem Stand feilbot: Die beste und platzsparendste Methode besteht darin, die Früchte als Pyramide zu stapeln. Nur wie sollte man diese Tatsache mathematisch beweisen? Erst 1998 gab Thomas Hales bekannt, dass er einen Beweis für die Keplersche Vermutung gefunden hat. Für seinen Beweis hatte er das Problem in 5.000 Einzelfälle zerlegt und mithilfe von komplexen Computerberechnungen bewiesen, dass eine pyramidale Anordnung von Kugeln die höchste Dichte aufweist.

Thomas Hales' Beweis

Doch wie so oft in den Naturwissenschaften waren die Gutachter nicht völlig von der Richtigkeit des Beweises überzeugt. Hales hatte versucht, das Problem in gut 5.000 Einzelfälle zu zerlegen und diese mithilfe von komplexen Computerberechnungen zu beweisen. Auch heute noch wird beim Einsatz von formalen Beweismethoden der Softwarecode in kleine zu beweisende Stücke zerlegt bzw. funktioniert der Beweis nur für ein bestimmtes Softwareproblem. Thomas Hales' Ansatz erschien den Mathematikern schon deshalb suspekt, da sie immer noch am liebsten mit Bleistift und Papier arbeiteten. Erschwerend kam hinzu, dass bei Computerbeweisen die Qualitätskontrolle schwierig ist: Wie soll schließlich ein

Mensch nachvollziehen, was genau im Rechner geschieht? Hales benutzte kommerzielle Programme, die zur Bestätigung der Richtigkeit seines Beweises auf ihre fehlerfreie Funktion hätten geprüft werden müssen. Da jedoch der Quellcode nicht verfügbar und die Programme teilweise so veraltet waren, dass sie auf modernen Rechnern nicht mehr liefen, war dies nicht möglich. So kam es, dass die Gutachter nur zu 99 Prozent von Hales' Beweis überzeugt waren und die Richtigkeit doch nicht mit letzter Gewissheit bestätigen konnten. Vor ähnlichen Problemen, wie die Gutachter von Hales' Beweis, steht auch die moderne Informatik. Der Versuch zu beweisen, dass die Software eines Rechners auch wirklich fehlerfrei funktioniert, ist nach wie vor ein wichtiges Forschungsthema. Bei der Validierung von Software wird in der Praxis bisher meistens auf das ausführliche Testen vertraut. Ein hundertprozentiger Beweis der Fehlerfreiheit ist damit jedoch nicht möglich.

1 Im DEVICE-SOFT Projekt wird daran gearbeitet, deduktive Verifikationsmethoden auch für die Luftfahrt nutzbar zu machen
2 Ein erstes Ziel des Projekts ist es, die Software des Sicherheitsfahrers im Zug zu verifizieren

DEVICE-SOFT

Forscher von Fraunhofer FIRST gehen einen anderen Weg, um die einwandfreie Funktion von Software in sicherheitskritischen, eingebetteten Systemen zu überprüfen. Zusammen mit ihrem französischen Projektpartner, dem Carnot-Institut CEA LIST, nutzen sie im Projekt DEVICE-SOFT formale Methoden, um die erwünschten Eigenschaften einer Software zu beweisen. Grundlage dafür ist eine formale Spezifikation der Anforderungen an die Software. Diese Spezifikation wird automatisch analysiert und in mathematische Formeln übersetzt, in denen die Vor- und Nachbedingungen der einzelnen Programmfunktionen definiert werden. Mithilfe von automatisierten Verfahren, sogenannten Theorembeweisern, wird nun nachgewiesen, ob das Programm bei Einhaltung der Vorbedingungen die Nachbedingungen erfüllt. Die zugrunde liegenden Methoden, insbesondere der Hoare-Kalkül (s. Artikel, S. 67), sind wissenschaftlich eingehend untersucht worden.

Automatische Beweisführung

Die größte Herausforderung bei deduktiven Verifikationsmethoden liegt in der automatischen Beweisausführung: Die FIRST-Forscher verwenden dazu das von den französischen Partnern entwickelte Frama-C-Framework und dessen deduktive Verifikations-Plug-Ins. »CEA LIST ist als Tool-Entwickler daran interessiert, seine Werkzeuge zu verbessern. Insbesondere schätzen wir die Arbeiten unserer Kollegen von Fraunhofer FIRST bei der praktischen Einführung von Frama-C in den Softwareentwicklungsprozess«, so Virgile Prevosto von CEA LIST. Die Software ermöglicht es, die für die Verifikation benötigten formalen Beweise weitgehend automatisch zu generieren. Die Arbeiten im Projekt konzentrieren sich im Moment auf sicherheitskritische Anwendungen in der Bahntechnik. Erste Ergebnisse zeigen, dass formale Beweisverfahren die Zeit und Kosten für die Validierung verringern. »FIRST hat im Projekt DEVICE-SOFT wichtige praktische Erfahrungen beim Einsatz von formalen Methoden für die Softwarequalitätssicherung gesammelt. Bisher haben wir diese Methoden hauptsächlich

für Anwendungen in der Bahntechnik eingesetzt. Wir denken aber auch an eine Nutzung in anderen Branchen wie der Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik oder im Automobilbau«, so Dr. Jens Gerlach, Forschungsleiter »Verifikation« bei Fraunhofer FIRST. Mittlerweile erkennen auch immer mehr Normen die Bedeutung von formalen Methoden zur Qualitätssicherung an. So wird z. B. in der EN 50128, einer europäischen Norm für sicherheitsrelevante Software in der Bahntechnik, auf diese Methoden hingewiesen. Der größte Vorteil des Verfahrens liegt darin, dass mithilfe von formalen Beweisverfahren eindeutig belegt werden kann, ob eine Software entsprechend ihrer Anforderungen fehlerfrei funktioniert. Dies wäre mit »normalen« Testfällen nicht hundertprozentig möglich.

Im DEVICE-SOFT Projekt arbeiten CEA LIST und das Fraunhofer FIRST im Rahmen der Fraunhofer-Carnot-Initiative zusammen. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) sowie der Agence Nationale de la Recherche (ANR) gefördert. Start des Projekts war im September 2009. Die Förderung in Höhe von 600.000 Euro läuft bis August 2011. Die Ergebnisse des Projekts sollen für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt, Bahntechnik, Medizintechnik und im Automotive-Sektor genutzt werden.



THINK THE FUTURE

»TESTEN GENÜGT NICHT«

Dr. Jens Gerlach ist Leiter der Forschungsgruppe Verifikation bei Fraunhofer FIRST und untersucht im Projekt DEVICE-SOFT, ob sich mithilfe von formalen Methoden beweisen lässt, dass Software richtig funktioniert.

Was müssen wir uns unter sicherheitskritischen Anwendungen in der Bahntechnik vorstellen?

Sicherheitskritische Anwendungen sind alle Systeme, bei deren Versagen die Gesundheit oder das Leben von Menschen gefährdet ist oder große Sachschäden entstehen. So will zum Beispiel niemand, dass zwei Züge in dem gleichen Gleisabschnitt fahren und dabei eventuell zusammenstoßen. Ein anderes Beispiel sind die Türen eines Zuges, die sich natürlich nicht während der Fahrt öffnen sollen.

Welche Rolle spielt die Software in diesen Anwendungen?

Software ist aus diesen Anwendungen nicht mehr wegzudenken. Heutzutage werden sicherheitskritische Funktionen in Fahrzeugen oder bei der Streckenüberwachung von Computern und der auf ihnen laufenden Software gesteuert und überwacht. Die einwandfreie Funktion dieser Software muss also unbedingt garantiert werden, um Schäden von Menschen oder Material zu vermeiden.

Warum ist es nicht möglich, schon während der Entwicklung der Software spätere Fehler auszuschließen?

Das liegt zum einen daran, dass Menschen nicht unfehlbar sind und sich dadurch natürlich während der Entwicklung Fehler einschleichen können. Zum anderen interpretieren manchmal Auftraggeber und Entwickler die Anforderungen an ein Softwaresystem unterschiedlich.

Wie wurde bisher die Fehlerfreiheit solcher Software überprüft?

Ein sehr wichtiger Bestandteil eines sicherheitsgerichteten Entwicklungsprozesses ist das Vier-Augen-Prinzip. Es besagt, dass alle Artefakte bei der Software-Entwicklung von wenigstens einer anderen Person überprüft werden müssen. Außerdem werden natürlich Software-Tests durchgeführt, um das richtige Funktionieren der Software sicherzustellen.

Was bedeutet formale Verifikation ...?

Unter Verifikation im allgemeinen Sinne versteht man die Überprüfung, ob Software ihrer Spezifikation genügt. Üblicherweise geschieht dies durch Testen. Bei der formalen Verifikation wird mit mathematisch fundierten Methoden bewiesen, dass die Software ihrer Spezifikation entspricht. Damit dieser Beweis erbracht werden kann, muss eine formale Spezifikation vorliegen, die die Eigenschaften der Software in einer mathematisch definierten Syntax und Semantik eindeutig beschreibt.

... und worin liegt ihr Vorteil gegenüber dem Testen?

Beim Testen wird die Software mit ausgewählten Testfällen ausgeführt. Aus Zeitgründen ist es jedoch unmöglich, die Software mit allen zulässigen Daten zu testen. Daher kann man mit Testen allein nicht nachweisen, dass die Software keine Fehler enthält. Hier liegt das große Potenzial von formalen Methoden. Ein weiterer Vorteil ist, dass der Entwickler durch formale Methoden gezwungen wird, die Anforderungen an die Software mathematisch genau zu spezifizieren. Unsere Erfahrung zeigt, dass dies zu einer intensiveren Kommunikation zwischen Anforderungsspezialisten, Softwarearchitekten und -entwicklern führt. Das ist deshalb ein Vorteil, weil

anerkanntermaßen die meisten Fehler in der Softwareentwicklung von ungenügend verstandenen Anforderungen herrühren.

Die Begutachtung ist ein wesentlicher Entwicklungsschritt bei sicherheitskritischen Anwendungen.

Welche Vorteile bieten formale Methoden bei der Begutachtung?

Gerade im Bereich sicherheitskritischer Software möchte man die Abwesenheit von Fehlern feststellen. Hierin liegt für Gutachter der Reiz von formaler Verifikation. In der EN 50128 (der Norm für sicherheitskritische Software im Bahnbereich) wird der Einsatz von formalen Methoden für Software mit höchsten Sicherheitsanforderungen bereits dringend empfohlen. Außerdem hat die Softwareentwicklung im Luftfahrtbereich gezeigt, dass formale Methoden nicht nur ein höheres Maß an Sicherheit bieten als Tests, sondern auch noch kostengünstiger sind.

Was ist die große Herausforderung bei der Anwendung von formalen Methoden? Vor welchen Problemen stehen Sie dabei?

Man muss klar anerkennen, dass es in der Praxis Vorbehalte gegenüber formalen Methoden gibt. Etwas formal zu spezifizieren ist ein bisschen so, als wenn man einen juristischen Vertrag aufsetzt. Einen »wasserdichten« Vertrag zu verfassen verlangt viel Spezialwissen und das Ergebnis ist für Laien manchmal nur schwer zu verstehen. Um die Anwendung formaler Methoden zu erleichtern, muss man den Software-Entwicklern daher verständliche und ausdrucksstarke Spezifikationssprachen zur Verfügung stellen. Ein anderer Aspekt sind unterstützende Werkzeuge, die möglichst viele Verifikationsschritte automatisch ausführen können. Das Frama-C-Werkzeug, das von unserem französischen Partner entwickelt wird und das wir bei unserer Arbeit einsetzen, hat viele der von mir genannten Probleme bereits gelöst. Über allem steht aber die Notwendigkeit, diese Werkzeuge und Sprachen nahtlos in den Entwicklungsprozess zu integrieren. Hier sehen wir unser Hauptarbeitsgebiet für die Zukunft.

Was bietet FIRST Unternehmen bei der Software-Qualitätssicherung neben formalen Methoden?

Auch wenn formale Methoden in Zukunft eine größere Rolle spielen werden, bleiben Tests und Reviews ein wesentlicher Bestandteil der Qualitätssicherung. FIRST hat über Jahre hinweg viel Erfahrung darin gesammelt, automatisch Testfälle zu erzeugen oder Reviews durchzuführen. Wir bieten unseren Kunden das gesamte Spektrum der Qualitätssicherung.

Wenn Sie es sich aussuchen könnten, für welches eingebettete System in der Bahntechnik würden Sie gerne einmal die Software-Qualitätssicherung übernehmen?

Da bin ich ganz offen. Am schönsten sind die Projekte, bei denen der Kunde am Ende sagt, dass er sein Softwaresystem jetzt viel besser versteht.

Glossar Bahntechnik

EN 50128: Die EN 50128 ist eine Norm für sicherheitsrelevante Software bei Bahnanwendungen und regelt, mit welchen Verfahren, Prinzipien und Maßnahmen man den Sicherheitsanforderungen entsprechende Software erhält. Dabei definiert sie einen bestimmten Software-Entwicklungsprozess, der z. B. die Verifikation, klare Dokumentationen und Tests der Software enthalten sollte.

Sicherheitsfahrerschalter: Umgangssprachlich wird der Sicherheitsfahrerschalter auch als Totmannschalter bezeichnet. Er dient dazu, die Einsatzbereitschaft des Lokführers ständig zu prüfen und so zu verhindern, dass ein Zug führerlos unterwegs ist. Bleibt seine Betätigung aus, wird der Lokführer nach 2,5 Sekunden optisch gewarnt und nach weiteren 2,5 Sekunden akustisch. Falls keine Reaktion erfolgt, wird eine Zwangsbremmung des Zuges eingeleitet.

SIL: SIL steht für Sicherheits-Integritätslevel. Er wird gemäß der Sicherheitsnorm EN 61508 für die Beurteilung elektrischer/elektronischer/programmierbar-elektronischer (E/E/PE)-Systeme eingesetzt. Die Sicherheitsintegrität kann dabei von SIL 1 (niedrigste Stufe) bis SIL 4 (höchste Stufe) eingestuft werden.

PROJEKTE QUALITÄTSSICHERUNG



VIRTUOS

Moderne Autos erkennen automatisch den Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug oder ermöglichen uns eine Verbindung ins Internet. Damit solche Funktionen möglich werden, sind im Fahrzeug verschiedene Funktionen auf immer leistungsfähigeren Steuergeräten integriert. Dabei können mehrere Anwendungen, wie z. B. Infotainment oder Fahrerassistenzsysteme, auf einem Steuergerät laufen, was zu einer Kosten- und Gewichtseinsparung bei den Fahrzeugen führt. Es muss jedoch sichergestellt werden, dass die verschiedenen Funktionen, die auf einer Hardware zusammengeführt werden und von unterschiedlichen Zulieferern stammen können, sich nicht gegenseitig beeinflussen. Schließlich soll die Funktionssicherheit gewährleistet bleiben. Darüber hinaus besteht durch neue Infotainment-Applikationen, die sich potenziell mit anderen mobilen Endgeräten verbinden oder über das Internet Informationen abrufen können, die Gefahr der Manipulation der gesamten Fahrzeugelektronik. Um sich diesen Herausforderungen zu stellen, werden in Zukunft sicherheitskritische Funktionen mithilfe des AUTOSAR-Standards realisiert. AUTOSAR bietet bereits Ansätze zur Integration verschiedener Softwarekomponenten, die jedoch aufgrund der unterschiedlichen Sicherheitsanforderungen der Einzelkomponenten neu bewertet und eventuell erweitert werden müssen. FIRST-Wissenschaftler entwickeln dafür im VirtuOS (Virtuelle Architekturen für sichere automotive Softwaresysteme mit domänenübergreifender, sicherheitsrelevanter Kommunikation)-Projekt neue Prozesse, Werkzeuge und Methoden. Mithilfe eines Demonstrators wird gezeigt, dass die entwickelte Software den Safety- und Security-Ansprüchen von Normen wie AUTOSAR, Automotive SPICE, ISO 26262 oder Common Criteria genügt. Das Projekt unter der Leitung der OpenSynergy GmbH wird mit Mitteln aus dem Europäischen Fonds für Regionalentwicklung (EFRE) und dem Zukunftsfond Berlin gefördert.

Laufzeit: 01.07.2010 – 31.03.2012
www.first.fraunhofer.de/projekte/virtuos

SPES 2020

In der Innovationsallianz Software Plattform Embedded Systems 2020 (SPES 2020) arbeiten fünf Hochschulen, drei Forschungsinstitute und 15 Industrieunternehmen unter der Leitung der Technischen Universität München an der Entwicklung und Erprobung neuer Konzepte für die modellbasierte Entwicklung eingebetteter Systeme. Dabei kommt es auf eine leistungsfähige Methodik an, die bei den Kundenanforderungen beginnt und über den Entwurf und die Implementierung bis hin zur Verifikation und Zertifizierung reicht. Dafür müssen neue Vernetzungs-, Hardware- und Softwarearchitekturen erforscht und Methoden des Software- und Systems-Engineering weiterentwickelt werden. Die Forscher von Fraunhofer FIRST leiten im Projekt den Schwerpunkt »parallele Echtzeit« für die Anwendungsbereiche Medizintechnik und Avionik. Sicherheitskritische Anwendungen in diesen Bereichen werden immer häufiger mit Multi-Core-Architekturen realisiert, da sie bei höherer Rechenleistung und reduziertem Energieverbrauch ein paralleles Abarbeiten von Aufgaben ermöglichen. Für solche Anwendungen gelten häufig zeitliche Beschränkungen (Echtzeitfähigkeit), die auch bei der Nutzung von Multi-Core-Technologien gewährleistet bleiben müssen. Dazu ist eine Anpassung der Software nötig, was wiederum neue Programmiermodelle und -werkzeuge erfordert. Fraunhofer FIRST arbeitet im SPES-Projekt an solchen neuen Modellen und Werkzeugen. SPES 2020 wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit rund 20 Millionen Euro gefördert.

Laufzeit: 01.11.2008 – 31.10.2011
www.first.fraunhofer.de/projekte/spes2020

EBASO

Autos werden heute schon nach dem Baukastenprinzip gefertigt. Dadurch können individuelle Fahrzeuge mit an die Kundenwünsche angepasster Ausstattung effizient produziert werden. Im Projekt EBASO (Entwicklung und Bewertung von variantenreicher eingebetteter Software) soll dieser Ansatz auch auf die Entwicklung von eingebetteter Software im Automobilbereich übertragen werden. Solche Software steuert z. B. die Klimaanlage, das Navigationssystem oder die elektrischen Fensterheber und ist im Auto auf bis zu 80 Steuergeräte verteilt, die miteinander vernetzt sind und fehlerfrei zusammenarbeiten müssen. Dabei geht der Trend in der Automobilindustrie hin zu immer individuelleren Fahrzeugen mit entsprechender Softwarearchitektur. Damit flexibel auf die unterschiedlichen Ausstattungsvarianten reagiert werden kann, werden im EBASO-Projekt Konzepte für ein einfaches Variantenmanagement in die Modellierungssoftware MATLAB/Simulink integriert. Die Software stellt, ähnlich einem Baukasten, verschiedene Modellbausteine für die Spezifikation von Fahrzeugfunktionen bereit. In EBASO werden zusätzliche Bausteine integriert, die es dem Entwickler ermöglichen, Varianz per Drag and Drop zu modellieren und die Produktvarianten leicht zu konfigurieren. Sollen z. B. Fahrzeuge mit elektrischen Fensterhebern ausgestattet werden, kann dies innerhalb eines MATLAB/Simulink-Modells dargestellt und gesteuert werden. So lässt sich einfach und schnell eine anpassbare Softwarearchitektur-Beschreibung für das Fahrzeug erstellen. Im Projekt EBASO wird zusammen mit der PROSTEP IMP GmbH ein Demonstrator entwickelt, mit dem die praktische Durchführung und Realisierbarkeit gezeigt werden kann. Der Demonstrator nutzt die im Projekt entwickelten Erweiterungen für MATLAB/Simulink, um die einfache Modellierung von Produktvarianten im Automobilbau zu zeigen. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Programms KMU-innovativ gefördert.

Laufzeit: 01.05.2009 – 30.04.2011
www.first.fraunhofer.de/projekte/ebaso

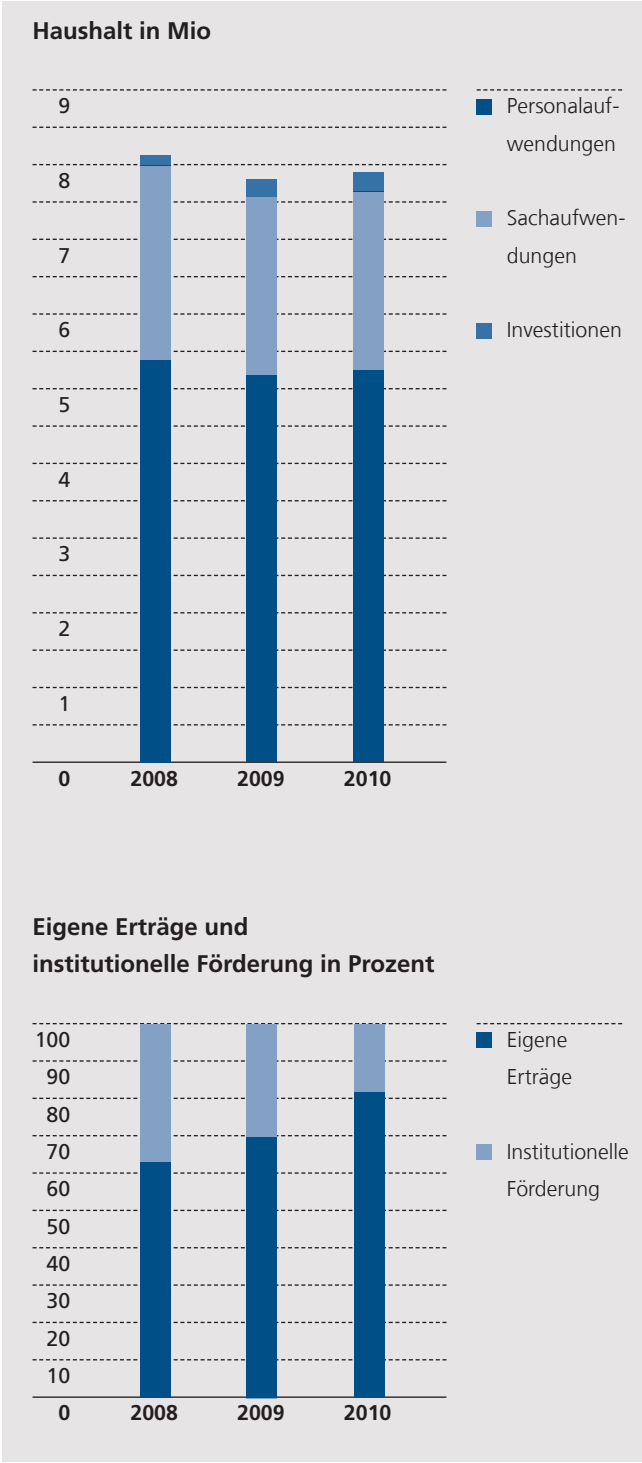
VAKOMO

Zwei wichtige Trends prägen die Entwicklung industrieller Steuergeräte: Anstelle von großen zentralisierten Systemen wird künftig eine Vielzahl kleiner, verteilter Einheiten entwickelt, um eine höhere Variabilität der Systeme zu gewährleisten. Außerdem müssen solche Geräte steigenden Sicherheitsanforderungen entsprechen und Zertifizierungsverfahren bestehen. Um dem gerecht zu werden, haben Fraunhofer FIRST und ein mittelständischer Industriepartner im Rahmen des Vakomo (Methoden der Validierung kostengünstiger, modularer, industrieller Steuerungssysteme)-Projekts dezentrale und modulare Architekturen für Steuergeräte gemäß IEC 61508 – der geltenden Norm für Sicherheitsanforderungen in elektronischen Systemen – entwickelt. Schwerpunkte lagen auf Methoden zur Verteilung der funktionalen Logik und auf der Einbettung von Subsystemen durch geeignete Kommunikationsstrukturen. Dadurch sollte insbesondere der Nachweis der funktionalen Sicherheit von Steuergeräten für die Zertifizierung vereinfacht werden. Die Projektpartner konnten dabei auf ihre Erfahrungen aus erfolgreichen Zertifizierungen gemäß EN 50155 im Bahnbereich zurückgreifen. Fraunhofer FIRST hat insbesondere seine Kompetenzen in den Bereichen Rechnerarchitektur, Ausfallsicherheit und Softwarequalität in das Projekt eingebracht. Vakomo wurde im Rahmen des Programms IKT 2020 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Laufzeit: 01.09.2008 – 31.08.2010
www.first.fraunhofer.de/projekte/vakomo

- 1** Im EBASO-Projekt werden Erweiterungen für die Modellierungssoftware MATLAB/Simulink entwickelt
- 2** Wie sich Multi-Core-Architekturen in der Avionik nutzen lassen, wird im Projekt SPES2020 erforscht

ZAHLEN UND FAKTEN



HAUSHALT

Der Haushalt im Jahr 2009 hatte ein Volumen von 7,86 Millionen Euro. Für Personal wurden ca. 5,1 Millionen Euro aufgewendet, für Sachmittel ca. 2,48 Millionen Euro und für Investitionen ca. 280.000 Euro. Eigene Erträge trugen mit 70 Prozent zur Finanzierung des Haushaltes bei, die institutionelle Förderung mit 30 Prozent. Der Haushalt im Jahr 2010 hatte ein Volumen von 7,9 Millionen Euro. Für Personal wurden ca. 5,2 Millionen Euro aufgewendet, für Sachmittel ca. 2,48 Millionen Euro und für Investitionen ca. 290.000 Euro. Eigene Erträge trugen mit 81 Prozent zur Finanzierung des Haushaltes bei, die institutionelle Förderung mit 19 Prozent.

PERSONAL

Im Jahr 2009 waren am Fraunhofer-Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik FIRST 121 Personen beschäftigt, davon 32 als studentische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Praktikantinnen und Praktikanten. Im Jahr 2010 waren am Fraunhofer-Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik FIRST 143 Personen beschäftigt, davon 51 als studentische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Praktikantinnen und Praktikanten.

PUBLIKATIONEN

Während der Jahre 2009 und 2010 wurden bei Fraunhofer FIRST sechs Diplom- und Masterarbeiten sowie zwei Dissertationen betreut. Insgesamt veröffentlichten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von Fraunhofer FIRST 125 wissenschaftliche Publikationen. In der Presse wurde in rund 500 Beiträgen über Fraunhofer FIRST berichtet.

ILA

Der Institutslenkungsausschuss (ILA) ist das leitende Gremium von Fraunhofer FIRST. Es berät den Institutsleiter in organisatorischen und inhaltlichen Fragen. Dem ILA gehören neben Institutsleiter Prof. Dr. Stefan Jähnichen (im Bild 2. v. r.) folgende Personen an (v.l.n.r.): Babette Neumann (Verwaltung), Herbert Rüsseler (Systemarchitektur, stellv. Institutsleiter), Mirjam Kaplow (Kommunikation), Dr. Armin Wolf (Modellierung), Friedrich Schön (Qualitätssicherung).

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand. Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit mehr als 80 Forschungseinrichtungen, davon 60 Institute. Mehr als 18.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,65 Milliarden Euro. Davon fallen 1,40 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen erarbeiten können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden. Internationale Niederlassungen sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen. Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer

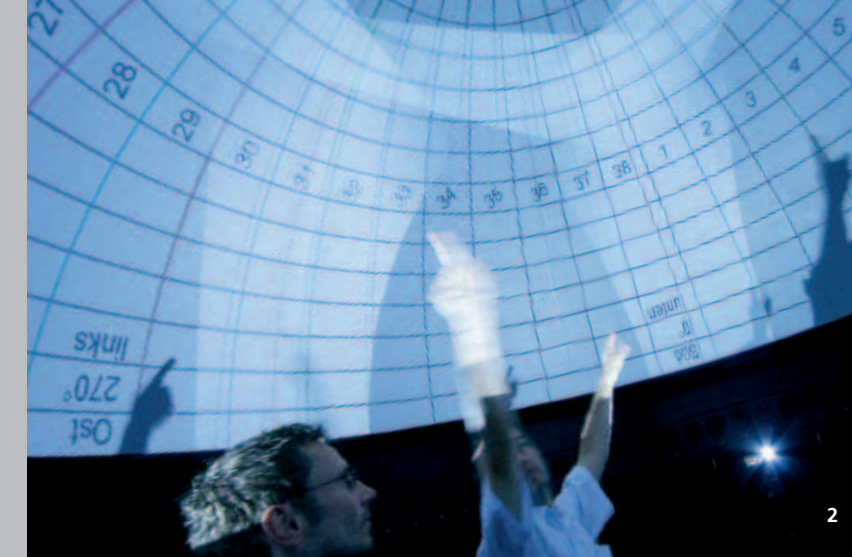
Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses. Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich an Fraunhofer-Instituten wegen der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen. Namensgeber der Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.

Kuratorium

Die Mitglieder des Kuratoriums fördern die Verbindung des Instituts zu Partnern aus Industrie, Wissenschaft und dem öffentlichen Bereich. Sie stehen der Institutsleitung in fachlichen Fragen beratend zur Seite. Dem Kuratorium von Fraunhofer FIRST gehören folgende Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik an:

Dr. Klaus Radermacher (Vorsitzender), Bestence GmbH, Siegburg
Prof. Dr. Wolfgang Merker (stellv. Vorsitzender), ehem. Daimler AG, Berlin
Prof. Dr. med. Omid Abri, Klinik für Minimal Invasive Chirurgie, Berlin
Prof. Dr. Heinrich Daembkes, EADS Deutschland GmbH, Ulm
Dr. Klaus Grimm, Daimler AG, Sindelfingen
Prof. DI Günter Koch, Execupery, Wien
Detlev Kruse, LVV Leipziger Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft mbH, Leipzig
RD Dr. Erasmus Landvogt, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn
Bernd Lietzau, Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung, Berlin
Norbert Quinkert, TSB Technologiestiftung, Berlin
Hardy Rudolf Schmitz, WISTA Management GmbH, Berlin
Dr. Markus Weber, Carl Zeiss AG, Oberkochen
Prof. Dr. Martin Wirsing, Ludwig-Maximilians-Universität, München

LIVING LABS



LIVING LABS

EMBEDDED MULTI CORE LAB

Im Fokus des Labors steht die Nutzung von Multi- und Many-Core-Prozessoren bei der Entwicklung sicherheitskritischer, eingebetteter Systeme. Kunden aus der Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrttechnik und anderen Anwendungsbereichen haben die Möglichkeit, verschiedene Multi- und Many-Core-Architekturen zu erproben und auf Tauglichkeit hinsichtlich ihrer Anforderungen zu überprüfen. Die FIRST-Wissenschaftler beraten bei der Auswahl geeigneter Komponenten sowie ihrer Integration in die Gesamtarchitektur des zu entwickelnden Systems und begleiten den Entwicklungsprozess. Das Embedded Multi Core Lab bietet sowohl eine Umgebung zur Entwicklung und Evaluation von Verfahren als auch eine technische Informationsplattform. Hier können Kunden ausprobieren, welche Architektur und welche Verfahren für ihre Anforderungen am besten geeignet sind. Dafür stehen vier unterschiedliche Arbeitsbereiche zur Verfügung, die jeweils spezifische Multi- und Many-Core-Domänen adressieren.

Ausstattung

- Embedded Many-Core Prozessoren mit vielen Cores und einem Network-On-Chip (Tilera TilePro64-Architektur)
- Embedded Multi-Core Prozessoren mit wenigen Cores (FreeScale QorIQ P2020/ P4080 Architektur)
- General-Purpose Multi-Core Systeme für Desktops/ Server (AMD Opteron-, Intel Nehalem-Architektur)
- Heterogene Multi-Core Systeme für Spezialaufgaben (IBM Cell Prozessor-Architektur)

MOBILE NAVIGATION LAB

Im Mobile Navigation Lab entwickeln und evaluieren die Wissenschaftler Dienste und Komponenten für innovative Verkehrstelematik-Anwendungen. Kunden können neue Formate und Technologien, wie TPEG (Transport Protocol Expert Group) und Galileo, kennenlernen und sich über künftige Entwicklungen informieren.

Das Labor betreibt ein TPEG-Testbed, das alle Stufen der Verarbeitung von Verkehrsinformationen auf Basis des TPEG-Übertragungsstandards umfasst: von der Datensammlung aus unterschiedlichen Quellen, ihrer Verknüpfung zu TPEG-Services sowie deren Kodierung bis hin zum anschließenden Versand über verschiedene Kanäle. Das Labor wird um ein Galileo-Testbed ergänzt, in dem die Wissenschaftler Komponenten für die nahtlose Navigation zwischen Innen- und Außenraum entwickeln und evaluieren. Durch den Einsatz von Galileo werden, in Kombination mit Technologien für die Indoor-Lokalisierung, innovative Applikationen möglich. Weitere Forschungsschwerpunkte werden im Mobile Navigation Lab durch Lokalisierungstechnologien und prognostisches Routing gesetzt. Darüber hinaus entwickeln und evaluieren die Wissenschaftler Algorithmen für eine effiziente Suche nach Zielorten sowie nach Informationen in lokal gespeicherten Datenbeständen eines mobilen Endgerätes.

Ausstattung

- TPEG-Testbed (Dienste-Infrastruktur, Service-Center, Client Kit)
- Übertragungstechnologien: DAB/ DAB+/ DMB, IP über UMTS/ GPRS/ WLAN/ WAN
- Mobile Endgeräte: Nokia N95, HTC-Touch, I-Phone, Android, Aigo
- Schnittstellen zur Spracheingabe, Sensorik

GRAPHIC LABS

In den Graphic Labs werden innovative Visualisierungstechnologien und Interaktionsmöglichkeiten erprobt. Das Institut beherbergt eines von weltweit sechs stereoskopischen Vollkuppelkinos. Hochaufgelöste stereoskopische Inhalte werden an die um 18 Grad im Raum geneigte Vollkuppel projiziert. Um die gebogene Leinwand verzerrungsfrei, gleichmäßig scharf und in hoher Auflösung zu bespielen, wird die FIRST-eigene Software zur automatischen Kalibrierung eingesetzt. Die Kinobesucher können mit verschiedenen Interaktionskomponenten Objekte verschieben und zudem Größe und Form der Projektion bestimmen. Das Kino ist Testzentrum, repräsentative Umgebung und Ort für Workshops gleichermaßen. Hier treffen sich FIRST-Forscher mit Content-Produzenten sowie mit potenziellen Kunden und Partnern, die Projektionsumgebungen oder Full-Domes planen und die Technologien der FIRST-Wissenschaftler einsetzen wollen. Neben den Projektionstechnologien werden in den Graphic Labs Simulatoren und Bildverarbeitungssysteme für die Medizintechnik evaluiert. In einer Trainingsumgebung werden den Medizinern virtuelle Trainings von endoskopischen Eingriffen ermöglicht. Die Medizintechnikhersteller können das künftige Gerät sowie die technischen Eigenschaften in der Simulation frühzeitig bewerten und optimieren. Schwerpunkte liegen in der Simulation der optischen und mechanischen Eigenschaften und der Integration innovativer Interaktionsschnittstellen. Für die echtzeitfähige Visualisierung und Bildverarbeitung kommen leistungsfähige GPU's (Graphics Processing Units) zum Einsatz.

Ausstattung

- Hardware: 16 FullHD-Projektoren, Raumklang-System des Fraunhofer IDMT
- Software: Fraunhofer FIRST ScreenPlayer, ScreenConfigurator und ShowManager
- Simulatoren und Bildverarbeitungssysteme für die Medizintechnik

AMBIENT ASSISTED LIVING LAB

Im AAL-Labor konzipieren und erproben die Wissenschaftler assistive Trainingsumgebungen für Senioren und Rehabilitationspatienten. Therapeuten und Partner aus medizinischen und rehabilitativen Einrichtungen sowie Medizintechnikhersteller können im AAL-Labor anhand von Prototypen die ersten Anwendungen testen. Im Zentrum steht die Integration und Analyse von Sensordaten für assistive telemedizinische Dienste. Daten aus unterschiedlichen Sensorsystemen werden integriert und mit Informationen aus der Analyse von Videos angereichert. Mithilfe der Ergebnisse können Rehaübungen – entweder zu Hause vor dem Bildschirm oder remote durch einen Therapeuten – kontrolliert und korrigiert werden. Für die standardisierte Übertragung der Vitaldaten zwischen Sensoren und medizinischen Geräten bietet FIRST Konformitätstests gemäß ISO 11073 an. Die Methoden der FIRST-Forscher ermöglichen eine besonders umfangreiche Testabdeckung. Dies ist gerade für Medizintechnikhersteller relevant, um die Interoperabilität von medizinischen Diensten zu überprüfen und die Zertifizierung ihrer Geräte und Software sicher zu stellen.

Ausstattung

- Mobile Vitaldaten- und Bewegungssensorik
- TV-Portale und Videokonferenzlösungen
- kamerabasiertes 3-D-Bewegungstracking
- ISO 11073-Testumgebung
- Prototypen für telemedizinische Rehabilitationssysteme

1 Im Embedded Multi Core Lab stehen vier Arbeitsplätze zur Verfügung, die mit verschiedenen Multi- und Many-Core-Architekturen arbeiten

2 Das Institut beherbergt eines von weltweit sechs 3-D-Vollkuppelkinos und ist Testzentrum und Ort für Workshops

HIGHLIGHTS 2009

HIGHLIGHTS

FEBRUAR

Mobile World Congress 2009

Mit dem Future Mobile Navigation Toolkit bot Fraunhofer FIRST in Barcelona Gehirnjogging fürs Navi: Das Toolkit beinhaltet TPEG-Komponenten für lückenlose und aktuelle Services, ermöglicht zuverlässige Prognosen und verfügt über effiziente Such- und Komprimierungsalgorithmen.

Fraunhofer Kommunikationspreis

Mirjam Kaplow und ihr Team wurden für die Kampagne »Schlauer als der Wurm« mit dem Kommunikationspreis der Fraunhofer-Gesellschaft ausgezeichnet. Anhand eines Animationsfilms vermittelte die Kampagne anschaulich und amüsant wie Verfahren des maschinellen Lernens Intrusion Detection-Systeme verbessern und Internet-Nutzer vor Eindringlingen bewahren können.



FEBRUAR

Embedded world 2009

FIRST demonstrierte in Nürnberg, wie Darwins evolutionstheoretische Prinzipien zur Verbesserung von Softwaretests beitragen können. Im Projekt EvoTest entwickelte das Institut mit Partnern aus Industrie und Forschung eine Software, die mithilfe von Selektion, Mutation und Kreuzung automatisch qualitativ hochwertige Testfälle erzeugt. Besuchern wurde die komplexe Technologie anhand eines Spiels nähergebracht, das den Testprozess symbolisierte: Der Spieler musste unter vielen bunten das gesuchte schwarze Schaf finden.



MÄRZ

Großprojektion für den Magier

Hans Klock
Unter einer Riesenkuppel fand im Rahmen der Messe event09 in Utrecht eine Zaubershow des Magiers Hans Klock statt. FIRSTs Show Player synchronisierte die Mega-Projektion und sorgte für einen grandiosen Bühneneffekt.



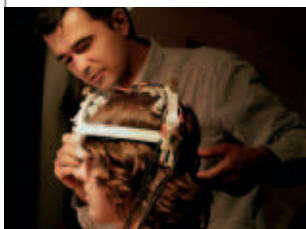
CeBIT 2009

FZI und FIRST zeigten nahtloses Routing zwischen Innen- und Außenraum: Auf einem mit Navigationssystem ausgestatteten Segway konnten sich die Besucher innerhalb der Messehalle den Standort eines zweiten fahrenden Segways außerhalb der Halle anzeigen sowie eine aktuelle Route dorthin ausgeben lassen.

JUNI

Lange Nacht der Wissenschaften 2009

Großen Andrang gab es beim Experiment mit FIRSTs EEG-gesteuerter SpeedCap: spontan konnte das Publikum der Langen Nacht der Wissenschaften rein mit Gedankenkraft ein Computerspiel steuern. Nach so viel Konzentrationsleistung entspannte man sich im Heimkino der Zukunft: die Panoramaprojektion füllt das menschliche Gesichtsfeld von fast 180 Grad horizontal vollständig aus.



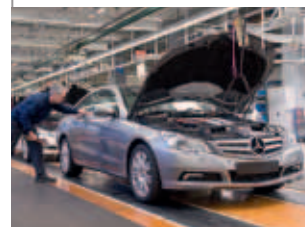
Schlaue Algorithmen wissen, wer abschreibt

Plagiate mit der Hand zu finden, ist extrem arbeitsaufwändig und verlangt eine umfangreiche Kenntnis der Quellen – das fand auch Cristian Grozea, als er 400 Projekte von 60 Studierenden korrigieren musste. Seine automatische Methode errang den ersten Platz bei der 1st International Competition on Plagiarism Detection.

AUGUST

Workshop TEMEA

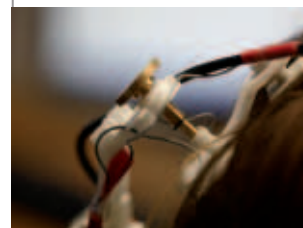
Themen wie AUTOSAR oder sicherheitskritische Systeme sorgten für ein interessantes Programm während des TEMEA-Workshops in Berlin. Im Forum wurde über innovative Technologien und Methoden rund um den Test von softwaregetriebenen Steuergeräten in der Automobilindustrie diskutiert. Abgerundet wurde der Workshop durch die Präsentation der aktuellen Ergebnisse des TEMEA-Forschungsprojekts, das basierend auf TTCN-3 eine einheitliche, für den Test von automobilen Echtzeitsystemen geeignete Testtechnologie entwickelt.



SEPTEMBER

World Congress on Medical Physics 2009

In München präsentierte FIRST seinen Prototypen für ein EEG-Gerät auf der Basis von Trockenelektroden. Ohne das bisher benötigte Kontaktgel wird die Vorbereitungszeit für eine EEG-Untersuchung von ca. einer halben Stunde auf wenige Minuten verkürzt. Zudem entfällt das lästige Haarewaschen danach.



ITS 2009

Einmal »Travel to go«, bitte! Die Vision von FIRST ist so simpel wie eine Kaffeebestellung: Mobile kontextsensitive Reisedienste detailliert abrufbar auf dem Handy. Auf der ITS in Stockholm konnten sich die Besucher vom reibungslosen Zusammenspiel der verschiedenen Servicekomponenten und von der sekundenschnellen Ergebnisanzeige überzeugen.

SEPTEMBER

IBC 2009

Auf der IBC 2009, der führenden Fachmesse für die elektronische Medienindustrie in Amsterdam, präsentierten Fraunhofer FIRST und Fraunhofer IDMT erstmalig den »Immersive Dome«. FIRST-Technologien für die automatische Kalibrierung von Projektionen wurden mit dem dreidimensionalen IOSONO-Sound des IDMT kombiniert. Der eigens für die Kuppel produzierte Film »Liquidia« von Ralph Heinsohn vermittelte den Zuschauern den Eindruck, im Innern einer Lava-Lampe zu sitzen. Die Besucher hatten das Gefühl, sich völlig schwerelos durch den Kuppelraum zu bewegen. Dabei waren sie von überlebensgroßen, flüssigen Skulpturen umgeben. Passend zu den amorphen Formen ertönten sphärische Klänge, die sich den räumlichen Bewegungen der fließenden Objekte anpassten.



NOVEMBER

Medica 2009

Was steckt unsichtbar hinter einem Herzunterstützungssystem und sorgt für die lebensnotwendige Zuverlässigkeit und Ausfallsicherheit? Die Antwort lautet: die eingebettete Software. Fraunhofer FIRST informierte auf der Medica, wie mit modellbasierter Softwareentwicklung der Qualitätssicherungs- und Zertifizierungsprozess für Medizingeräte effizient und auf hohem Niveau gestaltet werden kann. Veranschaulicht wurde dies anhand eines gläsernen Torsos, der die Blutpumpe und ihre Funktionsweise anschaulich zeigte.



HIGHLIGHTS 2010

HIGHLIGHTS

MÄRZ

Fraunhofer-Talent-School

Fußballroboter per Sprache steuern, auf dem Wii-Board durch Google Earth reisen – so locker kann Informatik sein. Was an Wissen dahinter steckt, vermittelten Fraunhofer IPK, HHI und FIRST technikbegeisterten Nachwuchsforschern der 9.-13. Jahrgangsstufe in drei Workshops zu den Themen: Entwicklung eingebetteter Systeme, Nachrichtentechnik und computerassistierte Chirurgie.



Embedded world 2010

Die Ressourcenplanung von FIRST wurde erstmals auch in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt. Auf der embedded world zeigten FIRST Forscher, wie die Abfolge von Arbeitsschritten bei einem Umstieg vom Single-Core- auf komplexe Multi-Core-Rechner plan- und ausführbar ist.

MAI

Le Rendez-Vous Carnot

Im Mai konnten sich Interessenten aus der Luft- und Raumfahrtbranche mit FIRST verabreden: Auf der CARNOT-Messe tauschten sich FIRST-Wissenschaftler mit einem internationalen Fachpublikum über neueste Technologien im Bereich der Satellitensteuerung, deduktiven Verifikation von Software und der constraint-basierten Programmierung aus.

Lange Nacht der Wissenschaften 2010

In der klügsten Nacht des Jahres sorgte der Besucherandrang für ein volles Haus. FIRST eröffnete Deutschlands erstes 3-D-Kuppelkino und schickte die Besucher auf eine Expedition in den Weltraum – Popkorn inklusive. Zudem gehorchten mobile, sprachgesteuerte Lego-Roboter den Befehlen der Besucher im Formel-1-Parcours. Der sechzehnjährige Wettbewerbsgewinner freute sich über einen Roboterbau-Workshop.



AUGUST

Weltraumpalast in 3-D

Die TU-Kunstprofessorin Stefanie Bürkle gewann mit ihrem Beitrag »Weltraumpalast 3D« den ersten Preis des Kreativwettbewerbs Kunst und Wissenschaft. Gemeinsam mit dem DLR hat sie im Innenraum des Berliner Palastes der Republik mittels einer Panoramakamera 360-Grad-Stereoaufnahmen aufgezeichnet. Stefan Jähnichen lobte in seiner Laudatio die gelungene Rekonstruktion dieser geschichtsträchtigen Stätte mithilfe von 3-D-Projektionen, die die Gäste anschließend im Kuppelkino von FIRST bewundern konnten.



SEPTEMBER

IFA 2010

In der TPEG-Session im Forum des TecWatch diskutierte Abteilungsleiter Herbert Rüsseler mit Referenten aus Rundfunk, Forschung und Wirtschaft, welche Vorteile die europaweite Einführung von TPEG als Standard für die Übertragung von Verkehrsdaten über digitalen Rundfunk bringt und wie man mit TPEG mobile Reisedienste nachhaltig verbessern kann.



Innotrans 2010

Woher weiß man, dass Software funktioniert? Wir konnten es beweisen! FIRST zeigte im September auf der InnoTrans in Berlin, wie sich das Verhalten von Software mithilfe von deduktiven Verfahren überprüfen lässt.

SEPTEMBER

IBC 2010

Fraunhofer FIRST kombinierte seine 360-Grad-Projektionssoftware mit dem preisgekrönten Spiel OSMOS (Hemisphere Games) und stellt den Spieler mitten ins Geschehen. Die Besucher konnten OSMOS in der Zwei-Meter-Testkuppel von Fraunhofer FIRST selbst ausprobieren und erstmals eine immersive Spieleumgebung erfahren.



Firmenlauf: Fast runnin' scientists

62 Läufer aus den Berliner Fraunhofer-Instituten erzielten dem Namen entsprechend hervorragende Ergebnisse beim traditionellen Berliner Firmenlauf. An der Siegessäule vorbei ließ das Fraunhofer-Team 1.224 andere Mannschaften hinter sich.



OKTOBER

Planetarium Potsdam

Mit Visualisierungssoftware von FIRST wurde das Potsdamer Planetarium neu eröffnet. Die Besucher können astronomische Vorführungen nun auch digital genießen. Die Wissenschaftler von FIRST sorgen für eine einfache Bedienung und Synchronisation der Projektionstechnologie. Mit der Software werden Projektionen beliebiger Form und Größe mit einer Auflösung von 4K x 4K und höher möglich. Im Planetariumsbereich besteht eine enge Kooperation zwischen Fraunhofer FIRST und Carl Zeiss.



NOVEMBER

Multi-Core-Workshop

FIRST veranstaltete den Multi-Core-Workshop und beleuchtete zusammen mit namhaften Industrievertretern Herausforderungen und Lösungen für die Zukunft komplexer Multi-Core-Hardware in eingebetteten Systemen. Eine Führung durch das neu eröffnete Multi-Core-Labor zeigte aktuelle Forschungsarbeiten und Trends auf dem Gebiet.

Von der Diagnose bis zur Rehabilitation

Auf der Medica 2010 in Düsseldorf stellte FIRST neue IT-Komponenten für die Medizintechnik und die Gesundheitsbranche vor. Dazu gehörten Konformitätstests für die Vitaldatenübertragung gemäß ISO 11073, Grafikalgorithmen für die Qualitätssteigerung bildgebender Verfahren, Software für die interaktive Ressourcenplanung in medizinischen Einrichtungen sowie eine multimediale Trainingsumgebung für die häusliche Rehabilitation.

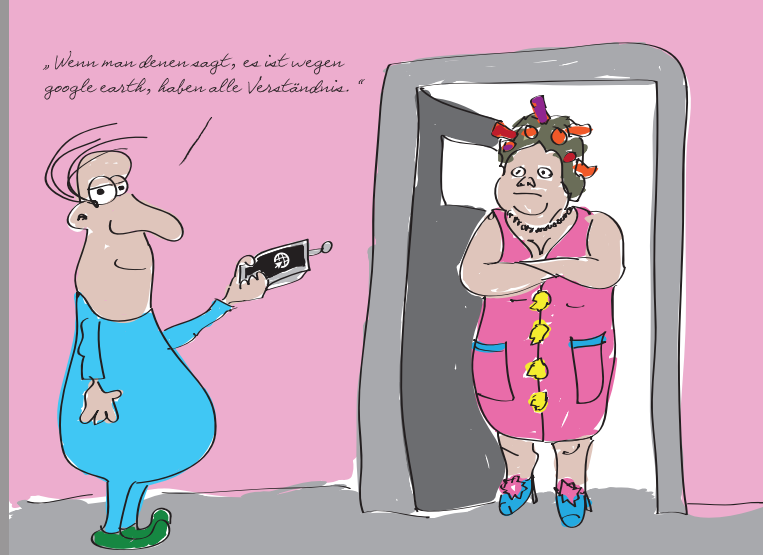


DEZEMBER

Ganz neue Seiten

Zum Jahresschluss ging FIRST mit neuem Design und überarbeitetem Webangebot online. Neue Zielgruppenportale für Wirtschaftsvertreter, Journalisten, Wissenschaftler und interessierte Nachwuchsforscher bieten kurze Wege zu maßgeschneiderten Informationen. Dafür wurde www.first.fraunhofer.de vom Online-Dienst Webutation mit der höchstmöglichen Punktzahl (100 Punkte) bewertet.





INTELLIGENTE STRASSEN

Was passiert, wenn unsere Straßen dank IT schlauer werden als wir selbst, beschreibt der Berliner Kolumnist Horst Evers

Klaus will mir sein altes Navigationssystem mit GPS schenken. Er sagt, er habe jetzt ein besseres, er brauche das alte nicht mehr.

– Ich bin baff: Wie? Ein besseres GPS? Eines mit jetzt noch kürzeren Wegen? Und wieso bekomme ich das alte? Heißt das, ich soll jetzt immer die ganzen unmodernen, völlig überholten Umwege vom alten GPS gehen?

– Klaus lacht: Nein, die Wege sind die gleichen. Das neue Navigationssystem hat nur ein paar tolle Zusatzfeatures. Zum Beispiel hat es eine »Sich-verlaufen«-Funktion.

– Eine was?

– Eine »Sich-verlaufen«-Funktion. Kann doch mal sein, dass man Lust hat, sich einfach mal ein bißchen zu verlaufen, völlig zu verheddern, bis man total orientierungslos ist. Dann wählt man diese »Sich-verlaufen«-Funktion, und das GPS führt einen total in die Pampa.

– Hm. Offen gestanden konnte ich das bis jetzt eigentlich auch ohne GPS ganz gut.

– Klar, das ist auch mehr, `ne Spielerei. Aber was toll is, Du kannst Dir zum Beispiel google earth da draufladen. Okay, google earth ist toll. Allein diese Kippfunktion, mit der man quasi in 40 Metern Höhe über die Stadt fliegen kann. Schau mir seit neuestem gerne Wege zuerst bei google earth an. Fliege sie praktisch vorher einmal ab. Ich finde, das ist eine wirklich gute Orientierungshilfe. Wenngleich man die Wege dann natürlich praktisch nur von oben kennt. Das ist schon ein Nachteil. Dadurch muss man unterwegs doch ab und zu mal bei Leuten im sechsten Stock oder höher klingeln, um sich von deren Wohnung aus den Weg noch mal anzugucken. Aber wenn man denen dann sagt, es ist wegen google earth, haben alle Verständnis.

Aber diese Funktion ist ja nur in Klaus' neuem schicken Navigationssystem. Der alte Knochen, den er mir schenken will,

kann ja praktisch nichts außer Wegen.

– Klaus, ich brauche so ein GPS nicht, ich habe ja nicht mal ein Auto.

Aber Klaus kann sehr überzeugend sein. Erst recht, wenn er altes Zeug von sich entsorgen will: Probier es doch einfach mal aus. Das ist auch super zu Fuß oder mit dem Fahrrad. Sehr nützlich, Du wirst sehen.

Und er sollte recht behalten. Gleich am nächsten Tag teste ich mal den Weg zum Kiosk. Und tatsächlich geschieht etwas Erstaunliches. Das Navigationssystem teilt mir quasi mit, die Wartenburgstraße in Kreuzberg gibt es gar nicht. Das hätte ich nicht gedacht. Seit Jahren laufe ich fast täglich wie blöd durch diese Straße und merke überhaupt nix. Und diesem Gerät reicht ein einziger Blick, um festzustellen, die Straße gibt es gar nicht.

Es ist eben doch ganz gut, wenn man seinen alltäglichen Trott mal mit den Mitteln objektiver moderner Technik überprüft und sich nicht immer nur wie doof auf alles, was man sieht, verlässt. Wenn ich alleine hochrechne, wieviel Lebenszeit ich schon damit verschwendet habe, durch eine Straße zu laufen, die es gar nicht gibt. Eine meiner größten Ängste seit fünf oder sechs Jahren ist, ich könnte virtuell sein oder plötzlich virtuell werden. Wie das jetzt genau funktionieren sollte, weiß ich natürlich nicht. Muss ich aber auch nicht wissen. Man kann ja auch virtuell werden, obwohl man von der virtuellen Welt gar keine Ahnung hat. Das ist wie mit Herpes. Den kann man ja auch bekommen, ohne irgendetwas über Herpes zu wissen. Im Gegenteil, je weniger man über Herpes weiß, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, sich einen einzufangen. Wenn man die Veranlagung dazu hat. Und die Veranlagung zum Virtuell-Werden habe ich definitiv. Schon als Kind hatte ich die. Unzählige Schulstunden gab es, von denen meine Lehrer

absolut überzeugt behauptet haben, sie hätten stattgefunden, die Lehrer hätten da irgendwas erklärt, und ich sei auch dabei gewesen. Aber ich selbst habe keinerlei Erinnerung an all diese Stunden. Das allein ist doch schon mehr als mysteriös. Kürzlich noch erschienen so viele Berichte über das Second-Life-Universum. Das Feuilleton hat diese virtuelle Parallelwelt geliebt. Wahrscheinlich, weil sie sich gefreut haben, endlich mal eine neue Welt missverstehen zu können. Das Missverstehen der alten Welt muss ja selbst für einen Feuilletonisten irgendwann mal langweilig werden. Alles, was es hier gibt, gibt es auch in Second Life. Was für ein origineller Entwurf. Sogar richtiges Geld, den Linden-Dollar, den man mit etwas Glück auch gegen noch richtigeres Geld in der realen Welt eintauschen kann. So besagen es zumindest Gerüchte.

Als ich von all dem hörte, beschlich mich sofort ein unheimlicher Verdacht. Soviel Matrix oder ähnliches habe ich natürlich auch gesehen, als dass ich nicht sofort denken würde: Was, wenn dann auch diese Welt nur virtuell ist? Wir praktisch alle nur Teil eines Computerspieles sind, welches noch realere Menschen in einer noch realeren Welt spielen? Ich nur die Computersimulation, der Avatar, meines realen Spielers in dieser noch realeren Welt bin? Das würde zumindest mal erklären, wo eigentlich mein ganzes Geld immer bleibt. Vermutlich tauscht mein realer Spieler mir das nämlich immer alles weg. Wahrscheinlich sind die Spieleentwickler in dieser noch realeren Welt quasi ständig damit beschäftigt, uns das Leben schwerer zu machen, damit das Spiel interessant bleibt. Wäre logisch. Sicherlich sind manche dieser Spieleentwickler richtig berühmt geworden mit der Erfindung von Unterprogrammen, wie »Schienenersatzverkehr«, »grölende Nachbarn« oder »Hundekot«. Und ein besonders perfider Programmierer hat vermutlich die Telefontarifwechselangebotsanrufer-Routinen entwickelt. Wurde diese ganze Welt am Ende wirklich nur von einer höheren Intelligenz, also ein paar bekifften und sadistischen Computerfreaks entwickelt? Das würde allerdings manches erklären. Wüsste dann nur noch gerne, wer von diesen durchgeknallten Spieleentwicklern eigentlich auf die Geschichte mit Knut gekommen ist.

Schau mich im Spiegel an. Bin beruhigt. Mal angenommen, mein realerer Spieler hätte jetzt wirklich die Möglichkeit gehabt, sich für seinen Avatar, also seine zweite Identität, einen Körper völlig frei und wunschgemäß auszusuchen ... Nee.

So durchgeknallt ist doch keiner. Gottseidank, mit diesem Körper muss ich eigentlich keine Angst haben, irgendwann mal virtuell zu werden. Gehe runter zur Wartenburgstraße. Laufe dort eine halbe Stunde auf und ab. Rufe die ganze Zeit laut: – Ich glaube an Dich! Ich glaube an Dich! Ich glaube an Dich! Die Wartenburgstraße reagiert alles in allem gelassen, aber die mir entgegenkommenden Menschen, die haben sich sehr gefreut.

Horst Evers
geboren 1967 in der Nähe von Diepholz in Niedersachsen, studierte Germanistik und Publizistik in Berlin. Er jobbte als Taxifahrer und Eilzusteller bei der Post und gründete zusammen mit Freunden die Textleseshow »Dr. Seltsams Frühschoppen«, die bald zur erfolgreichsten Lesebühne der Stadt wurde. Horst Evers erhielt u. a. den Deutschen Kabarettpreis (2002) und den Deutschen Kleinkunstpreis (2008). Jeden Sonntag ist er auf radioeins zu hören. Seine Erzählbände »Die Welt ist nicht immer Freitag« (2002), »Gefühltes Wissen« (2005) und »Mein Leben als Suchmaschine« (2008) sind Bestseller. Horst Evers lebt mit seiner Familie in Berlin.

Fraunhofer-Institut für Rechnerarchitektur
und Softwaretechnik FIRST

Kekuléstraße 7
12489 Berlin
Tel.: +49 (0)30 63 92 18 00
Fax: +49 (0)30 63 92 18 05
E-Mail: first@first.fraunhofer.de
www.first.fraunhofer.de

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Stefan Jähnichen

Chefredaktion

Mirjam Kaplow

Redaktionsteam

Ronny Meier, Laura Schlingloff, Mitra Motakef-Tratar,
Christiane Peters

Gestaltung, Satz, Bildredaktion

Ivy Kunze

Gesamtherstellung

Elbe Druckerei Wittenberg GmbH

Auflage: 2.200

Erscheinungstermin: Juli 2011

Mit freundlicher Unterstützung von:

Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH (TET-1, S. 8, 47)
Manfred Baltzer, www.der-weinladen-baltzer.de (Imker, S. 34)
Bertrand Freiesleben, www.bertrand-freiesleben.com (Künstler, S. 14)
Charité-Universitätsmedizin Berlin (Diverse, S. 21-23)
Condor Berlin GmbH (Diverse, S. 45, 48, 68, 70, 75)
DB Mobility Logistic AG (Diverse, S. 12, 13, 71, 72)
Reha-Zentrum Lübben (Trainingsumgebung, S. 50, 51)
swissôtel berlin (Außenaufnahmen, S. 42, 43)

Bildnachweise:

ADAC/Presse (S. 29)
Baris Koca (S. 52)
Barny Broomer (S. 80)
Berlin Heart GmbH (S. 61, 81)
Berliner Zeitung/ Gerd Engelsmann (S. 82)
Bernhard Schurian/ Fraunhofer FIRST (S. 53, 75, 83)
BMW Group (S. 62)
BVmed-Bilderpool/AESCULAP AG (S. 60)
Daimler AG (S. 65, S. 81)
Deutsche Lufthansa AG/ Presse (S. 28)
Digitalstock/ M. Jakobi (S. 18)
ESA – European Space Agency (S. 46, 47)
Fraunhofer FIRST (S. 80, 82)
Fraunhofer-Gesellschaft / Kai-Uwe Nielsen (S. 80)
Fraunhofer MEVIS (S. 55)
Frieder Blickle/ laif (S. 63)
Georg Knoll/ laif (S. 19)
Hans Scherhauser/ Fraunhofer FOKUS (S. 83)
istockphoto/ Ivan Bajic (S. 33)
istockphoto/ calvio (S. 24)
istockphoto/ Dr. Heinz Linke (S. 41)
Kai Royer (S. 80, 84, 85)
Matthias Heyde/ Fraunhofer FIRST (S. 1, 5, 8, 10-14,
17, 21-25, 27, 30, 31, 34, 37-40, 42, 43, 45, 47-51, 55, 56,
59, 64, 67, 68, 70-73, 75, 77-79, 81, 83)
Paul Langrock/ Zenit/ laif (S. 27)
RWE AG (S. 33)
Stefanie Bürkle (S. 82)
TU Berlin (S. 20)
TÜV Süd AG (S. 69)

Text Seite 84-85 aus Horst Evers, »Mein Leben als Suchmaschine«
© Eichborn AG, Frankfurt am Main, März 2008