



Eingebettete Systeme – Ein strategisches Wachstumsfeld für Deutschland

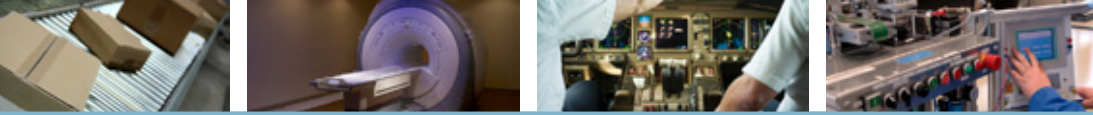
Anwendungsbeispiele, Zahlen und Trends



■ Impressum

Herausgeber:	BITKOM Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. Albrechtstraße 10 A 10117 Berlin-Mitte Tel.: 030.27576-0 Fax: 030.27576-400 bitkom@bitkom.org www.bitkom.org
Ansprechpartner:	Stephan Ziegler Tel.: 030.27576-243 s.ziegler@bitkom.org
Autoren:	Sidi Bakhkhat, HighTec EDV-Systeme GmbH, Franziska Böde, SafeTRANS e. V., Matthias Brucke, OFFIS e.V.- Oldenburger Institut für Informatik, Knut Degen, SYSGO AG, Dr. Christof Ebert, Vector Consulting Services GmbH, Ingrid Einsiedler, Kontron AG, Dr. Ciwan Gouma, Tieto Deutschland GmbH, Dr. Fred Grunert, MAZeT GmbH, Ralf Möllers, Elma Renew Electronic GmbH, Jürgen Niehaus, SafeTRANS e. V., Klaus Renger, ESG Consulting GmbH, Sebastian Richter, Intel GmbH, Stephan Rupp, Kontron AG, Jürgen Salecker, Siemens AG, Roland Stein, IABG Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH, Oliver Winzenried, WIBU-Systems AG, Stephan Ziegler, BITKOM e. V.
Redaktion:	Stephan Ziegler, Anne Müller (BITKOM)
Gestaltung / Layout:	Design Bureau kokliko / Anna Müller-Rosenberger (BITKOM)
Copyright:	BITKOM 2010

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung im BITKOM zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen beim BITKOM.



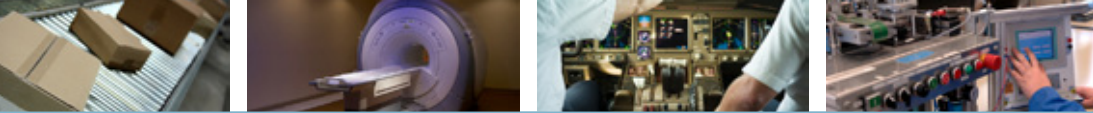
Eingebettete Systeme – Ein strategisches Wachstumsfeld für Deutschland

Anwendungsbeispiele, Zahlen und Trends



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
1 Begriffsdefinitionen	4
1.1 Eingebettete Systeme	4
1.2 Sicherheitskritische Systeme	4
1.3 Anbieterunternehmen	4
1.4 Anwenderunternehmen	4
2 Eingebettete Systeme - Der Sektor in Zahlen	5
3 Technologien und Trends für eingebettete Systeme	7
3.1 Motivation	7
3.2 Herausforderungen bei eingebetteten Systemen	8
3.3 Von Eingebetteten Systemen Lernen	9
3.4 Empfehlungen	10
3.5 Fazit	11
4 Übersicht wichtiger Anwendungsgebiete	13
4.1 Kommunikationstechnik	13
4.2 Industrielle Anwendungen	13
4.3 Automobilindustrie	14
4.4 Energietechnik	14
4.5 Öffentliche Verkehrsmittel	14
4.6 Sicherheit	15
4.7 Medizintechnik	15
4.8 Infotainment	15
5 Anwendungsbeispiele im Fokus	17
5.1 Eingebettete Systeme – die Magie im Auto	18
5.2 Sicheres Laden beim Airbus A400M	20
5.3 Embedded System XXL - Hochausfallsicherer Multiprozessor-Rechner in Vermittlungssystemen für Telekommunikationsnetze	22
5.4 Mobiles Programmiergerät für Herzschrittmacher	24
5.5 Steuerkonzepte für Medizintechnik und Analyse-Instrumente	26
5.6 Steuerung einer modernen Windenergieanlage	28
5.7 High-Quality-Audio- und Video-Übertragung auf Grundlage eingebetteter Systeme	30
5.8 Kostengünstige Kommunikationswege für Schiffsbesatzungen	31
5.9 Eingebettete Systeme im Maschinen- und Anlagenbau	32
5.10 Komplexitätsbeherrschung bei sicherheitskritischen Systemen	34
6 Entwicklung von sicheren Software-intensiven Systemen	36
7 Branchenübergreifende Methoden und Werkzeugen für eingebettete Systemen	39
8 Ausblicke auf Basis der Nationalen Roadmap Embedded Systems	41
8.1 Forschungsschwerpunkte	41
8.2 Empfehlungen	42
9 Aktivitäten zu eingebetteten Systemen im BITKOM	44
10 Linksammlung	45



Vorwort



Prof. Dr. Dr. h.c. mult. August-Wilhelm Scheer
Präsident BITKOM

Die Embedded-Technologie hat für Europa und insbesondere für den Industriestandort Deutschland eine enorme Bedeutung. Eingebettete Systeme werden immer mehr zum entscheidenden Treiber von Produktinnovationen. In vielen Branchen basiert die Produktdifferenzierung in hohem Maße auf den Softwarekomponenten dieser Systeme. Ihre Funktionalitäten tragen direkt zur Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen bei und erreichen einen Wertschöpfungsanteil von bis zu 80 Prozent des Gesamtproduktes. Embedded-Technologien sind zentraler Baustein wichtiger Industriezweige, in denen Deutschland weltweit eine führende Position einnimmt – etwa im Automobilbau, in der Automatisierungstechnik, im Maschinen- und Anlagenbau oder in der Umwelt- und Energietechnik. Eingebettete Systeme sind zudem eine Basistechnologie zur Bewältigung großer gesellschaftspolitischer Herausforderungen des 21. Jahrhunderts, wie die demographische Entwicklung, die Sicherung von Mobilität und Energieversorgung oder die Steigerung der Ressourceneffizienz.

Die Unternehmen und Forschungseinrichtungen des Embedded-Sektors verfügen in Deutschland über ausgeprägte Fähigkeiten, innovative Lösungen aus leistungsfähigen Bauteilen und zuverlässiger Software zu entwickeln. Doch die vorhandenen guten Ansätze werden bislang nicht im Sinne einer standortpolitischen Gesamtstrategie weiterentwickelt, da die Bedeutung der Technologie in Politik und Öffentlichkeit unterschätzt wird. Mit der vorliegenden Broschüre wollen wir zur Aufklärung beitragen.

Eingebettete Systeme sind eine der wichtigsten Querschnittstechnologien des 21. Jahrhunderts. Durch gemeinsame Initiativen von Industrie, Forschung und Politik sollten wir ihre Potenziale künftig besser nutzen.

A.W. Scheer



1 Begriffsdefinitionen

■ 1.1 Eingebettete Systeme

Eingebettete Systeme stellen eine Kombination aus Hard- und Softwarekomponenten dar, die in einem technischen Kontext eingebunden sind und die Aufgabe haben, ein System zu steuern, zu regeln oder zu überwachen. Ein eingebettetes (embedded) System verrichtet vordefinierte Aufgaben, oftmals mit Echtzeitberechnungsanforderungen. Im Gegensatz dazu kann ein herkömmlicher Computer je nach verwendeter Software viele verschiedene Aufgaben verrichten. Solche eingebetteten Systeme werden inzwischen unter anderem in folgenden Bereichen angewendet: Zündsteuerung von Airbags, ABS-Systemen, moderner Büro- und Kommunikationselektronik wie Laserdruckern, Mobiltelefonen oder Festplatten, Industrieautomatisierung, Medizintechnik, Telekommunikationsanlagen oder Militärtechnik, Hausgeräten oder Sicherheitstechnik.

Häufig verwendete Synonyme: Embedded System, Cyber-Physical System

■ 1.2 Sicherheitskritische Systeme

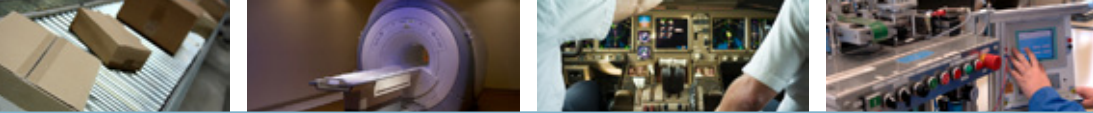
„Sicherheitskritische Systeme“ werden solche Systeme genannt, bei denen ein Fehler dazu führen kann, dass das Leben von Personen gefährdet oder die Umwelt beschädigt wird. Beispiele hierfür sind u. a. Steuerungen in Kraftfahrzeugen, Steuerungen an Maschinen, medizinische Geräte, Flugzeugsteuerungssysteme, Atomkraftwerksteuerungssysteme.

■ 1.3 Anbieterunternehmen

Anbieterunternehmen werden diejenigen Unternehmen genannt, die eingebettete Systeme herstellen, d. h. Leistungen in den Bereichen Hardware, Software und Integrationsdienstleistungen erbringen.

■ 1.4 Anwenderunternehmen

Anwenderunternehmen werden diejenigen Unternehmen genannt, die einerseits in sich vollständige eingebettete Systeme von den Anbietern zukaufen und in ihre Endprodukte integrieren, andererseits aber auch selbst Software für eingebettete Systeme und gegebenenfalls auch Hardware entwickeln und diese in ihre Produkte einbinden.



2 Eingebettete Systeme - Der Sektor in Zahlen

Das Marktvolumen für eingebettete Systeme (Embedded Systems) in Deutschland wird für 2010 voraussichtlich über 19 Mrd. Euro liegen. Der Anbieterbeitrag wird auf ca. 4 Mrd. Euro geschätzt und die Wertschöpfung in den Anwendersektoren wird mehr als 15 Mrd. Euro umfassen.

Der Markt hat sich in den vergangenen Jahren mit stabilen Zuwachsraten von bis zu acht Prozent entwickelt. Auch für die Zukunft wird trotz teilweise schwieriger Rahmenbedingungen in einigen Anwenderbranchen weiteres Wachstum erwartet, weil die Embedded-Technologie ein wichtiger Lösungsbaustein für zentrale gesellschaftspolitische Herausforderungen ist. Beispiele sind die demografische Entwicklung, die Sicherstellung von Mobilität oder die Energieversorgung. Der Dienstleistungsbereich im Umfeld von eingebetteten Systemen ist – ebenso wie in anderen Sektoren der IT-Industrie – der Wachstumsträger der Branche.

In den Anbieterunternehmen arbeiteten bereits 2008 mehr als 40 000 Mitarbeitern – Tendenz steigend. In Deutschland haben in den Anwenderunternehmen der Embedded-Technologien, beispielsweise in der Automobil- oder der Maschinenbau-Industrie, derzeit ca. 250 000 Arbeitnehmer unmittelbar mit eingebetteten Systemen zu tun. Die Telekommunikations- und Elektronikindustrie weisen zusammen mit über 11 000 Mitarbeitern die meisten Beschäftigten mit Tätigkeitsschwerpunkt eingebettete Systeme auf. Etwa 68 000 Mitarbeiter sind im Maschinenbau und 46 000 im Fahrzeugbau mit Softwareentwicklung bzw. mit der Integration von eingebetteten Systemen beschäftigt. Die rasante Entwicklung und das stabile Wachstum dieses Wirtschaftszweiges hinterlassen deutliche Spuren auf dem Arbeitsmarkt; vor allem der hohe Bedarf an Ingenieuren in dieser Branche ist deutlich sichtbar.

Anbieter von eingebetteten Systemen fokussieren ihren Absatz auf die exportstarke Investitionsgüterindustrie, mit der etwa zwei Drittel des Umsatzes erwirtschaftet werden. An der Spitze steht der Maschinenbau mit über

1,1 Mrd. Euro, gefolgt vom Fahrzeugbau mit 1 Mrd. Euro. Drittgrößter Abnehmer sind die Telekommunikations- und Elektroindustrie, die bereits 2008 eingebettete Systeme im Wert von etwa 780 Mio. Euro „verwertet“ haben. Über 85 Prozent des Umsatzes mit eingebetteten Systemen erwirtschafteten die Anbieterunternehmen aktuell im Raum der Europäischen Union, 69 Prozent allein in Deutschland. Drittgrößter Markt für deutsche Embedded-Systeme-Anbieter ist die USA mit einem Anteil von etwa sieben Prozent.

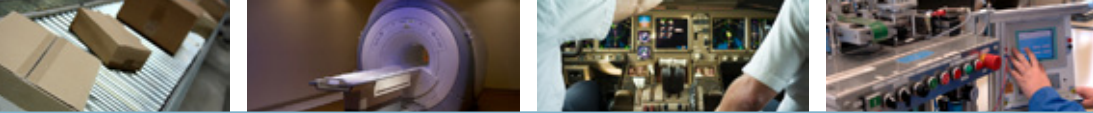
Die Anbieter von eingebetteten Systemen erwarten für die Zukunft, mit geringerem Aufwand immer bessere Ergebnisse zu erzielen: höhere Verfügbarkeit des Produktes und geringere Kosten und Risiken bei gleichzeitiger Verbesserung von Qualität und Planungssicherheit. Darüber hinaus nimmt die Notwendigkeit zu, die Einhaltung von Standards und Vorschriften nachzuweisen.

Deutsche Unternehmen sind bei der Entwicklung und Integration von eingebetteten Systemen mit hohen Anforderungen an die Sicherheit besonders gut positioniert. Im Maschinenbau ist die Nachfrage nach sicherheitskritischen Systemen größer als in anderen Industriezweigen. Der Anteil der eingebetteten Systeme am Gesamtumsatz im Maschinenbau ist jedoch vergleichsweise gering. Etwa ein Drittel der Anwenderunternehmen implementiert eingebettete Systeme in Produkte der Telekommunikations- und Elektroindustrie. Das Produktspektrum mit einem signifikanten Anteil an eingebetteten Systemen erstreckt sich über stationäre und mobile Telefone, Netzsteuer- und Kontrollsysteme, Übertragungstechniken, medizinische Analyse- und Behandlungsgeräte sowie über Infotainment-Terminals. Ungefähr in jedes zweite Produkt, das in diesem Industriesegment hergestellt wird, fließen sicherheitskritische eingebettete Systeme ein. Im Vergleich zu anderen Branchen haben hier Embedded-Technologien einen großen Anteil am Umsatz des Endproduktes. Das Produktspektrum des Fahrzeugbaus mit einem signifikanten Anteil von eingebetteten Systemen erstreckt sich u. a. über Bordnetze, Steuer- und



Kontrollsysteme sowie Infotainment-Systeme. Der Einsatz sicherheitskritischer Systeme ist im Vergleich zur Telekommunikations- und Elektroindustrie deutlich höher. Ein Überblick zu den vielseitigen Einsatzgebieten wird im Abschnitt 4 gegeben.

Weitere detaillierte Zahlen und Trends im deutschen Markt sind in der BITKOM-Studie zur Bedeutung des Sektors Embedded-Systems in Deutschland zu finden, welche kostenlos zum Download bereit steht unter:
www.bitkom.org/de/themen/54926_58487.aspx



3 Technologien und Trends für eingebettete Systeme

■ 3.1 Motivation

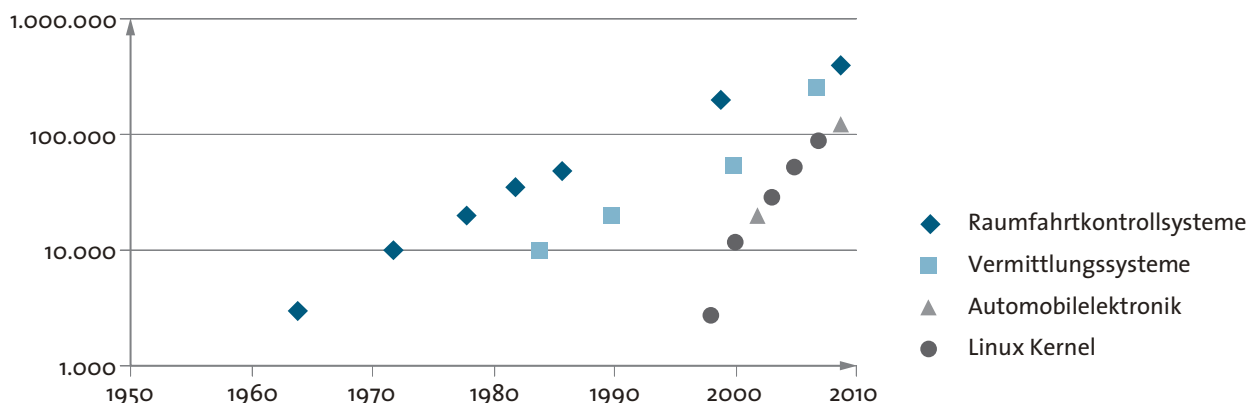
Unsere Gesellschaft wird zunehmend durch eingebettete Systeme und Software beeinflusst. Es ist schwierig, sich das tägliche Leben ohne solche Systeme vorzustellen. Es gäbe keine Energieversorgung, kein fließendes Wasser und keine Lebensmittel; Geschäfts- und Verkehrsmittel wären sofort unterbrochen; Krankheiten würden sich schnell verbreiten; und unsere Sicherheit wäre drastisch verringert. Kurz gesagt, unsere Gesellschaft würde rasch in Bruchstücke zerfallen, wie wir sie zu Beginn der industriellen Revolution hatten. Der wesentliche Unterschied dabei ist, dass die Erde heute ein Vielfaches der damaligen Bevölkerung ertragen muss, und diese Auslastung wäre ohne eingebettete Systeme nicht aufrechtzuerhalten. Kurz gesagt, unser Lebensstandard und die Lösung aktueller und zukünftiger Herausforderungen für menschenwürdiges Leben auf der Erde hängen von der sicheren und verlässlichen Funktion eingebetteter Systeme maßgeblich ab.

Beispiele für eingebettete Systeme sind Herzschrittmacher, implantierte Biosensoren, RFID-Tags, Handys, Haushaltsgeräte, Automobile, Satelliten- und Transportsysteme, sowie mannigfaltige oft versteckte Steuergeräte in praktisch allen Lebensräumen. Über 98 Prozent aller

produzierten Mikroprozessoren sind in solch eingebetteten Systemen „versteckt“ und fallen erst dann auf, wenn sie nicht korrekt funktionieren – und selbst das wird oftmals noch abgefangen. Diagnose- und Rückfalloptionen machen den Großteil der eingebetteten Systeme und ihrer Komplexität aus. Ein Herzschrittmacher beispielsweise hat noch vor einigen Jahren nur einige hundert Bytes in seinem eingebetteten System. Autos funktionierten mit einigen Kilobytes eingebetteter Systeme im Motorsteuergerät und im ABS. Heute hat sich der Umfang vervielfacht und wächst weiter, wie die folgende Abbildung zeigt.

Eingebettete Systeme sind rechnerbasierte Systeme, die in technische Geräten, wie Heizungen, Röntgengeräte oder Navigationssysteme verbaut werden, deren primärer Zweck nicht die Datenverarbeitung ist. Sie sind für eine konkrete Anwendung entwickelt und erlauben in der Regel nicht, dass verschiedene Anwendungen geladen und neue Peripheriegeräte angeschlossen werden. Die Kommunikation mit der Außenwelt erfolgt über Sensoren und Aktoren; gegebenenfalls bieten eingebettete Systeme eine Schnittstelle für eine limitierte Benutzerführung. Die Software, die in diesen Systemen läuft, wird als eingebettete Software bezeichnet. Sie ist ein integraler

Code-Umfang in 1000 Befehle



Komplexität eingebetteter Software und ihre Entwicklung.



Bestandteil des Systems, und es ist ohne diese Software nicht funktionsfähig. Embedded Software ist definiert als ein Softwaresystem, das in ein größeres System integriert ist, dessen Hauptzweck nicht Datenverarbeitung ist. Der Nutzer solcher eingebetteten Systeme nimmt in aller Regel weder die Software noch den zugehörigen Rechner überhaupt wahr, sondern er sieht eine Reihe von Funktionen, die das System zur Verfügung stellt. Eingebettete Systeme ist damit der wesentliche Antrieb für zunehmend mehr Produkte und Dienstleistungen in allen Branchen. Es ist schwer sich ein Feld vorzustellen, das ohne eingebettete Systeme funktioniert.

In dieser Einführung zu „eingebetteten Systemen“ geben wir eine Momentaufnahme und zeigen Trends und Herausforderungen. Wir zeigen Ähnlichkeiten zur IT im Allgemeinen und heben die Besonderheiten von eingebetteten Systemen hervor. Diese Einführung ist kein Tutorial zu allen Facetten der Technik und Wartung eingebetteter Systeme, sondern hebt überlegenswerte Trends und Themen heraus. Wir beziehen uns auf praktische Erfahrungen aus aktuellen Industrieprojekten, aus denen wir alle lernen können, unabhängig davon, mit welcher Art von Software und Domänen wir uns in unserer tagtäglichen Arbeit beschäftigen.

■ 3.2 Herausforderungen bei eingebetteten Systemen

Zu oft konzentrieren wir uns auf IT-Systeme, wenn wir über Software sprechen; wir denken an PCs, große IT-Systeme und online Internet-Anwendungen. Derartige IT-Systeme machen aber nur weniger als zwei Prozent der produzierten Mikroprozessoren aus. Die meisten Mikroprozessoren sind in Systemen für Autos, mobile Kommunikation, Haushaltsgeräte, Flugzeuge, Roboter, Verkehrsmanagement, Cameras oder Medizintechnik verbaut.

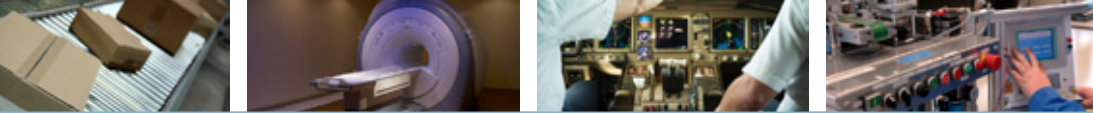
Dieser Trend zu eingebetteter Software in praktisch allen Systemen, Geschäftsprozessen und Geräten beschleunigt sich. Der Weltmarkt für eingebettete Systeme beträgt etwa 160 Milliarden Euro. Jährlich werden etwa drei Milliarden eingebetteter Komponenten und Geräte geliefert.

Das durchschnittliche jährliche Wachstum beträgt neun Prozent. Aufgrund der Natur von Embedded Systems sind die meisten dieser Verkäufe als Hardware sichtbar, aber die Bedeutung von Software und Dienstleistungen wächst rasch.

Autos haben heute 100 MByte Software in ihren Rechnern laufen, mit einer Komplexität, die schneller wächst als jene von IT-Systemen von SAP, Oracle und Microsoft zusammen. Das gleiche gilt für Herzschrittmacher und Satelliten, natürlich ausgehend von einem kleineren Umfang. Die Abbildung zeigt Größe und jährliche Produktion einiger ausgewählter Produkte mit eingebetteten Systemen. Obwohl diese Zahlen vergleichbar sind mit jenen der weltweit größten Software-Pakete, wie z. B. Microsoft Windows, ist die Komplexität eingebetteter Systeme bei weitem größer. Das liegt vor allem an den zusätzlichen Anforderungen hinsichtlich Verfügbarkeit, Robustheit und Echtzeitfähigkeit, die in kommerziellen Anwendungsprogrammen gar nicht zur Geltung kommen. Man könnte nun argumentieren dass Software nur Software ist, und die Inhalte und Herausforderungen überall die gleichen sind. Dies mag auf der mikroskopischen Ebene wahr sein, wo in der Tat Daten verarbeitet werden. Makroskopisch leuchten die Unterschiede sofort ein, wenn man an die Zuverlässigkeit von Anwendungssoftware denkt. Niemand möchte im Auto in sicherheitskritischen Situationen oder bei einer Operation im Krankenhaus davon abhängen.

Eingebettete Systeme haben zahlreiche Herausforderungen, die über die üblichen Anforderungen von IT-Systemen hinausgehen. Diese Herausforderungen lassen sich in folgende sechs Kategorien einteilen:

- **Echtzeitfähigkeit.** Eingebettete Software ist Teil eines größeren Systems, beispielsweise eines verfahrenstechnischen Prozesses oder eines menschlichen Körpers. An diese eingebetteten Systeme werden Anforderungen gestellt, die in Echtzeit behandelt werden müssen. Zu späte Reaktionen oder nicht definierte Wartezeiten wie wir sie vom heimischen Rechner kennen, sind bei eingebetteter Software inakzeptabel. Das eingebettete System muss innerhalb einer maxi-



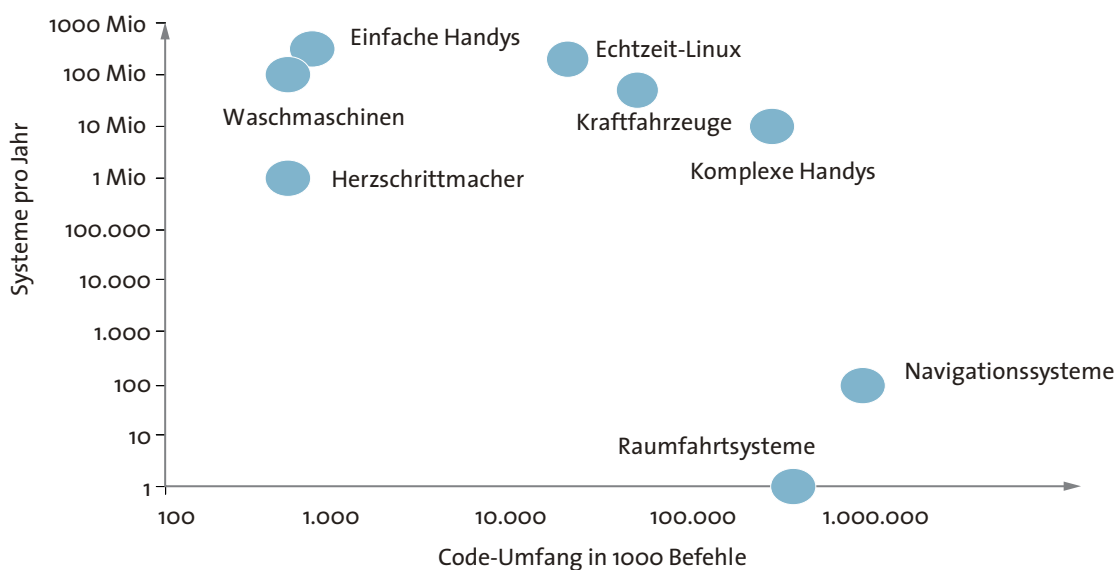
mal vorgegebenen Zeit unter allen Umständen sicher und korrekt reagieren.

- **Zuverlässigkeit.** Unerwartetes Verhalten eines eingebetteten Systems kann zu ernsthaften Beeinträchtigungen seiner Umgebung mit sehr großem Ausmaß führen. Häufig arbeitet solche Software über Jahrzehnte ohne Service, und es gibt keine Möglichkeit für Upgrades und Korrekturen. Der Endbenutzer erwartet ein deterministisches Verhalten unter allen – auch außergewöhnlichen Umständen. Sie müssen sich selbst überwachen und im Fehlerfall entscheiden, wie gegebenenfalls über Umwege doch das richtige Verhalten erreicht wird.
- **Funktionale Sicherheit.** Eingebettete Systeme haben direkte Auswirkungen auf Menschen und stellen damit potentielle Sicherheitsrisiken dar. Sichere Funktionalität ist eine wesentliche Anforderung an eingebettete Software, da die traditionellen mechanischen Sicherungen aus Kosten- und Wartungsgründen aber auch um Energie zu sparen zunehmend von eingebetteter Software übernommen werden. Der gesamte Lebenszyklus ist daher durch Industrienormen, systematische Prozesse, modernster Technologie und gut ausgebildete Ingenieure bestimmt. Vorgehensweisen müssen methodisch, nachvollziehbar und zu jedem Zeitpunkt korrekt sein.
- **Informationssicherheit.** Eingebettete Systeme sind stark vernetzt, sei es mit externen Sensoren und Aktoren und ihren sehr unterschiedlichen Schnittstellen, oder sei es untereinander mit anderen Rechnern. Ein modernes Kraftfahrzeug hat dreißig bis siebzig eingebetteter Rechner, die miteinander über eine Vielzahl von Bussystemen kommunizieren. Nur integrale eingebettete Software, die absolut zugriffssicher ist und nicht von außen durch Viren, Trojaner und nicht sachgemäße Veränderungen manipuliert werden kann, wird lebensbedrohliche Situationen vermeiden. Bei eingebetteter Software gilt daher, dass Informationssicherheit direkt auch funktionale Sicherheit bedeutet. Das „Internet der Dinge“ wird unsere Gesellschaft nur dann unterstützen und weiter bringen, wenn es sicher und zuverlässig arbeitet – und das heißt zu Standards eingebetteter Software und nicht jenen heutiger IT- und Kommunikationssysteme.
- **Begrenzte Ressourcen.** Eingebettete Software hat viele Ressourceneinschränkungen, die in der traditionellen Softwareentwicklung keine Rolle spielen. Sie muss mit wenig Speicherplatz, begrenzter Rechenkapazität, billigen Mikrocontrollern, geringem Stromverbrauch und zunehmend strengerer Vorschriften in Richtung „Green IT“ zuverlässig arbeiten. Beispielsweise müssen implantierte medizinische Geräte über viele Jahre ohne Batteriewechsel arbeiten, während Mobiltelefone im Empfangsbetrieb mit minimaler Subwatt-Leistung arbeiten müssen und selbst im Sendebetrieb sehr viel weniger Energie aufnehmen dürfen, als nahezu alle heutigen IT-Anwendungen im Haushalt im ausgeschalteten Zustand.
- **Heterogenität.** Aufgrund ihrer langen Lebensdauer müssen eingebettete Software auf ein breites Spektrum möglicher Änderungen in ihrer Umgebung vorbereitet sein. Prozessoren, Sensoren und Hardware ändern sich mit der Zeit. Die Geräte müssen aber unverändert weiterfunktionieren, und damit natürlich auch die Software. Hardwarekomponenten werden typischerweise nach einigen Jahren abgekündigt und führen in der Praxis zu Problemen eingebetteter Software, wie es die NASA beim Space Shuttle schon seit Jahren praktiziert, indem sie Mikrocontroller und andere Ersatzteile über Onlineplattformen ankauft. So muss eingebettete Software Anforderungen genügen an Portabilität, Autonomie, Flexibilität und Anpassungsfähigkeit. „Design-for-x“ ist ein zentrales Paradigma, das trotz widersprüchlicher Anforderungen zu bewältigen ist.

■ 3.3 Von Eingebetteten Systemen Lernen

In der Produkt- und Softwareentwicklung lässt sich viel von eingebetteten Systemen und den Erfahrungen über mehrere Dekaden lernen. Das mag daran liegen, dass Entwickler von eingebetteten Systemen stärker als in anderen Bereichen auf Erfahrungen aufsetzen und nicht jeden kurzlebigen Trend mitnehmen können.

So baut die traditionelle Softwareentwicklung auf dem Paradigma auf, dass sich Code leicht ändern und



Eingebettete Systeme mit Umfang und Jahresproduktion (Stand 2008)

patchen lässt. Dies hat zu der bizarren Situation geführt, dass unsere Gesellschaft es gewohnt ist – oder dazu gezwungen wurde – fehlerhafte Software als Normalfall anzunehmen. Bei eingebetteten Systemen wäre das inakzeptabel. Mit gutem Grund: Niemand würde einen Service-Patch für seinen Herzschrittmacher aus dem Internet durchführen. Unabhängig von den jeweiligen eigenen Anwendungsbereichen sollten wir aus den Vorgehensweisen bei der Entwicklung eingebetteter Systeme auch für Software und IT im Allgemeinen lernen: Methodische technischen Ansätze, problemorientierte flexible Architekturen, systematische und nachvollziehbare Vorgehensweisen, sowie einem starken Fokus auf Qualität für eine Vielzahl von Einsatzszenarien, Randbedingungen und möglichen Risiken.

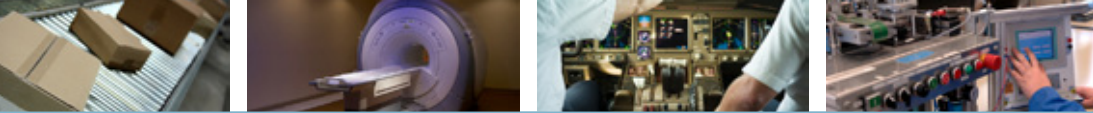
■ 3.4 Empfehlungen

Dass unser Planet über sechs Milliarden Menschen ernähren kann, liegt maßgeblich am Einsatz eingebetteter Systeme. Weil diese Software so allgegenwärtig und eingebettet ist in fast allem, das wir tun, müssen wir die Kontrolle darüber behalten. Wir müssen sicherstellen, dass die vielfältigen uns umgebenden Systeme und ihre Software das tun, was wir wollen – und brauchen.

Kontrolle zu behalten bedeutet zu wissen, was vor sich geht und die Grenzen bei dem zu kennen, was wir tun. Dies gilt grundsätzlich für jegliche Software, ist aber besonders relevant bei eingebetteten Systemen. Qualitätsdefizite bei eingebetteten Systemen können schwere Schäden verursachen, die zu Verletzungen, Todesfällen oder gar Katastrophen führen können.

Um diese im wahrsten Sinne des Wortes eingebetteten Risiken vermeiden zu können, muss sich das Bewusstsein um eingebettete Systeme und deren Einflüsse in unserer Gesellschaft ändern. Hier sind einige Empfehlungen, die dazu dienen sollen, die Komplexität der eingebetteten Systeme langfristig verstehbar und kontrollierbar zu machen.

- **Verbessertes Verständnis von Auswirkungen und Potentialen:** Gesellschaftliche Entscheidungsträger nehmen die Chancen und Herausforderungen durch eingebettete Systeme oft nicht ausreichend wahr, da diesem Thema selten genug Aufmerksamkeit gewidmet wird. Um die Potentiale dieser Technik besser ausschöpfen zu können und mögliche negative Auswirkungen für unsere Gesellschaft zu verhindern, ist es wichtig, die Risiken und Chancen transparent zu machen und die notwendigen Mittel zu allokalieren, um eine tragfähige wissenschaftliche Basis für darauf aufbauende Anwendungen zu schaffen.



- Schaffen und Sicherstellen einer pragmatischen Ausbildung: Die Ausbildung konzentriert sich häufig zu sehr auf die theoretische Basis und zu begrenzte Anwendungsbereiche. Eine profunde und integrative Ausbildung bei eingebetteten Systemen sollte Grundlagen und Erfahrungen aus der Informatik, der Elektrotechnik und der Systemtechnik vereinen. Studenten der Ingenieurwissenschaften müssen mit konkreten und umfassenden Aufgabenstellungen konfrontiert werden, denn nur damit schaffen Sie die nötige Durchdringung der komplexen Herausforderungen, die eingebettete Systeme stellen.
- Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus: Forschung ist heute oftmals zu fragmentiert und gliedert sich in Technologie-, Anwendungs- und Prozessthemen. Stattdessen brauchen wir eine konsistente und systemorientierte Methodik zur systematischen Modellierung, Analyse, Entwicklung, Test und Wartung von eingebetteten Systemen im Einklang mit der sie umgebenden Systemtechnik.
- Investition in Abstraktionen: Die Industrie neigt dazu individuelle Lösungen in eher inkrementellen Schritten weiterzuentwickeln. Dadurch wachsen die interne Komplexität des Systems und nicht zuletzt die Kosten, während die Qualität im Bestfall über die Zeit stagniert. Standardisierung von Basis Technologien, offene Schnittstellen und eine umfassende Nachvollziehbarkeit in der Entwicklung sind notwendig, um die interne Komplexität zu kontrollieren und damit eine hohe Qualität vom Konzept bis zur Wartung eines Systems zu garantieren.
- Investition in Kommunikation und Kollaboration: Ingenieure verwenden gerne ihre eigene Sprache und Werkzeuge um in abgeschlossenen Gruppen zu kommunizieren. Ein effektives Systems Engineering für eingebettete Systeme verlangt, dass wir die Bereitschaft entwickeln, über die Grenzen von Disziplinen, Branchen und Kulturen hinaus zu kommunizieren und zusammenzuarbeiten. Wir müssen sowohl den gesamten System- und Softwareentwicklungsprozess als auch die entsprechenden Anwendungsbereiche und die sie umgebende Kultur verinnerlichen. Nicht zuletzt verlangen die möglichen gesellschaftlichen

Risiken eingebetteter Systeme, dass wir bei Gefahren oder Missbrauch einschreiten und dies vernehmlich kommunizieren.

■ 3.5 Fazit

Eingebettete Systeme schaffen Lebensqualität, Sicherheit und Komfort. Sie verbessern die Variabilität, Konfigurierbarkeit, Erweiterbarkeit, und Austauschbarkeit von Produkten des täglichen Lebens. Sie werden zukünftig noch breiter eingesetzt werden, und noch mehr Bereiche durchdringen – ohne dass wir sie wahrnehmen. Für die Zukunft ist zu erwarten, dass unsere Häuser mehr und mehr automatisch gesteuert werden, oder dass unsere Fahrzeuge und Verkehrsinfrastrukturen so miteinander kommunizieren, dass wir möglichst energieeffizient zum Ziel gelangen. Medizintechnik und insbesondere die Vernetzung biologischer Funktionen mit eingebetteten Systemen werden unser Leben verbessern und bei Krankheiten Linderung schaffen können. Wir werden neue Technologien der Energieerzeugung, -übertragung und -nutzung einsetzen, um ressourcenschonend zu leben und damit die Erde und ihr Klima auch für nachwachsende Generationen als Heimat zu erhalten.

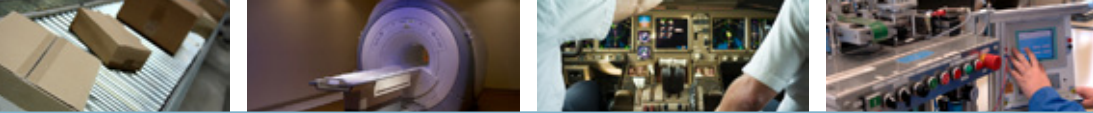
Eingebettete Systeme werden zukünftig nicht mehr durch die sie direkt umgebende Hardware definiert. Vielmehr werden sie so gestaltet sein, dass sie vielfache und wechselnde Ziele unter sich ändernden Randbedingungen erreichen können, egal ob sie auf einem Mikrocontroller, einem Mikroprozessor, einem Signalprozessor, oder einer programmierbaren Logik laufen.

Je mehr Lebensqualität wir wollen, je höher der Lebensstandard wird, den wir auf diesem Planeten für alle seine Bewohner erreichen wollen, je mehr Sicherheit wir für uns selbst und die Informationen von und über uns wollen, desto mehr müssen wir in eingebettete Systeme investieren. Unsere Aufgabe ist es heute, die Technologien, Ausbildung und Kultur rund um eingebettete Systeme so weiterzuentwickeln, dass diese großen Herausforderungen gemeistert werden können.



Quellen:

- Ebert, C. and J. Salecker: Embedded Software - Technologies and Trends. IEEE Software, vol. 26, no. 3, pp. 14-18, May 2009.
<http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MS.2009.70>
- Ebert, C. and T.C. Jones: Embedded Software - Facts, Figures and Future. IEEE Computer, Vol. 42, no. 4, pp. 42-52, April 2009.
<http://www2.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/MC.2009.118>



4 Übersicht wichtiger Anwendungsgebiete

Der technische Fortschritt hat eine völlig neue Wirtschaftsrealität geschaffen, in der Begriffe wie Konvektivität und Echtzeitverarbeitung eine wichtige Rolle spielen: Kaum ein Wirtschaftsvorgang kommt heute ohne Computertechnologie aus. Die Systeme und Anwendungen müssen vernetzbar sein, Rechenleistungen müssen verlässlich in Echtzeit erbracht werden. In dieser elektronischen Welt wird der Bedarf nach sogenannten eingebetteten Systemen immer größer. Diese sehr kompakten, modular aufgebauten Industrierechner werden als „elektronische Gehirne“ in Anlagen und Geräten eingesetzt – eingebettet. Sie erledigen komplexe Rechenaufgaben für die unterschiedlichsten Anwendungen – ob im Alltagsleben oder bei industriellen Speziallösungen.

Eingebettete Systeme gibt es in einer Vielzahl standardisierter Baugruppen (commercial off-the-shelf) sowie als individuelle Technologieplattformen. Führende „Original Equipment Manufacturers“ (OEMs) – also Hersteller –, Systemintegratoren und Anwendungsanbieter aus den Segmenten Automatisierung, Medizin-, Sicherheits- und Energietechnik, Telekommunikation, Infotainment und Transportation vertrauen weltweit auf diese zuverlässigen Lösungen. Der Embedded Markt ist nach wie vor einer der wachstumsstärksten und innovativsten der Welt. Die folgenden Seiten geben eine Übersicht über die Vielfalt der Einsatzgebiete von eingebetteten Technologien, die im Folgenden auch mit Embedded- bezeichnet werden.

■ 4.1 Kommunikationstechnik

Seit das Telefon mobil geworden ist, sind schon einige Jahre vergangen. Heute bewegen, verarbeiten und speichern Telekommunikationsnetze Daten für mehr als drei Milliarden Menschen. Das Internet wird nicht nur als Informationsquelle, sondern zunehmend als Unterhaltungsmedium genutzt: Fernsehen über IP und Video-Communities, Verkaufsplattformen und Webshops, soziale Netzwerke und Verbraucherportale breiten sich rasant aus.

Ohne technische Vernetzung kommt das Berufsleben nicht mehr aus – sie unterstützt die Kommunikation und ermöglicht eine nahezu einschränkungsfreie Mobilität am Arbeitsplatz, im Homeoffice und unterwegs. Neben öffentlichen Sprach- und Datennetzen gehören zur Kommunikationstechnik auch rein interne Netze für Behörden und die Energieversorgung. Bei Transport und Verarbeitung der Daten kommen moderne Rechnertechnologien und zunehmend Ethernet zum Einsatz. Embedded-Produkte in diesem Bereich zeichnen sich durch eine besonders hohe Leistung und gleichzeitig durch einen geringen Energie- und Platzbedarf aus.

Telekommunikationssysteme stellen hohe Anforderungen an Rechenleistung und Datendurchsatz. Die permanente Verfügbarkeit der gesamten Kommunikationstechnik – ob im Freien oder in den Zentralen ist heute eine Selbstverständlichkeit, verlangt aber gerade im Bereich der eingebetteten Systeme nach innovativen Architekturen.

■ 4.2 Industrielle Anwendungen

Bei der Fertigung und dem Transport industrieller Güter und Produkte kommt es auf Geschwindigkeit an. Fertigungsautomaten, Verpackungsmaschinen, Fahrzeuge, Antriebstechnik und industrielle Prozesse sind dabei die treibenden Elemente. Sie alle werden in zunehmendem Maße automatisiert – und dabei helfen Embedded-Industrieplattformen. Die Systeme sind robust und speziell für den Betrieb im industriellen Umfeld gebaut. Bestandteile der Plattformen sind neben den Rechnern Echtzeit-Betriebssysteme und industrietaugliche Entwicklungs- und Laufzeitumgebungen.

Mit wachsender Rechenleistung werden neue Anwendungen leichter realisierbar: Komplexe Bewegungssteuerungen bei Automaten, Robotern oder auch Tunnel-Vortriebsmaschinen lassen sich unkomplizierter umsetzen und die Arbeitssicherheit beim Zusammenspiel von Mensch und Maschine wird deutlich verbessert. Für



besonders rechenintensive Anwendungen gibt es modulare Multi-Prozessorsysteme für den industriellen Einsatz. Solche Plattformen, wie etwa MicroTCA, unterstützen die Synchronisation und enge Kopplung mehrerer Prozessoren über schnelle Bussysteme.

■ 4.3 Automobilindustrie

Eine der Branchen, an welcher die zunehmende Bedeutung von eingebetteten Systemen für unser tägliches Leben sehr eindrucksvoll zu erkennen ist, stellt zweifelsohne der Automobilsektor dar. Mit elektronischer Einspritzung oder dem Tempomat hielten bereits vor über 30 Jahren erste eingebettete Systeme Einzug in Kraftfahrzeugen. Mittlerweile verfügen aktuelle Top-Modelle verschiedener Hersteller über durchschnittlich rund 80 verschiedene Computer. Motorsteuerung, Abstandsmessung, Brems-Assistent oder Einparkhilfe; alle diese neuen Funktionen basieren auf teilweise miteinander vernetzten eingebetteten Systemen. Mit der Einführung von sogenannter Car-to-Car- und Car-to-Environment-Kommunikation wird der IT-Anteil und damit auch die Bedeutung von eingebetteten Systemen im Automobil weiter stark wachsen.

■ 4.4 Energietechnik

Die Energieerzeugung und -verteilung ist ein hochsensibles Wirtschaftsegment. Ob es darum geht, den Zustand von Gaspipelines permanent zu überprüfen, regenerative Energien in Strom umzuwandeln oder Atomkraftwerke verlässlich zu steuern – überall sind Embedded-Technologien im Einsatz. Sie müssen ein Höchstmaß an Ausfallsicherheit und Verfügbarkeit garantieren und steuern – etwa moderne Umspannwerke, Solarthermie-Applikationen, Windfarmen und dezentrale Biogasanlagen. Beispielsweise eignen sich für die schlecht zugänglichen Rotorkanzeln von Windkraftträdern wartungsfreie Multi-Core-Rechner als Embedded-Plattformen besonders gut.

Bei der Förderung fossiler Energieträger kommt es auf robuste Embedded-Technologie an, der raue

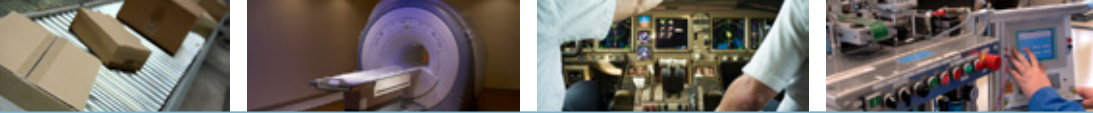
Umgebungen nichts anhaben können und die effizient arbeitet. Zur frühzeitigen Behebung von Netzausfällen greifen die Energieversorger auf das PC-Condition-Monitoring solcher Plattformen zurück. Permanent überwacht es sensible Einheiten und ermöglicht eine effiziente Fern-diagnose. Sicherheitsrelevante Speziallösungen umfassen beispielsweise auch Soft- und Hardware-Komplexe, die mehrere tausend Informations- und Betriebskanäle verarbeiten müssen und einen sicheren Ablauf in nuklearen Wiederaufbereitungsanlagen gewährleisten.

■ 4.5 Öffentliche Verkehrsmittel

Öffentliche Verkehrsmittel machen Tag für Tag Millionen von Menschen mobil. Ob mit der Bahn, dem Bus oder dem Flugzeug: Reisende schätzen Pünktlichkeit, Sicherheit und Komfort. Damit alles reibungslos funktioniert, benötigen moderne Verkehrsnetze Signalisierungssysteme, Leitsysteme und Steuerzentralen. In den Fahrzeugen werden Steuerungssysteme und Bordrechner, Informationssysteme für Passagiere immer wichtiger. Zum Schutz der Reisenden und der Fahrzeuge werden immer häufiger Systeme zur Videoüberwachung eingesetzt. Für Menschen, die unterwegs arbeiten oder privat online gehen möchten, stehen zunehmend Kommunikations- und Informationssysteme mit Anschluss ans Internet zur Verfügung.

Für die Hersteller von Fahrzeugen und Betreiber öffentlicher Verkehrsmittel stehen der störungsfreie Betrieb, eine geringe Ausfallrate und die Langzeitverfügbarkeit der Systeme im Fokus. Da Verkehrsmittel naturgemäß ständig „unterwegs“ sind, müssen die verbauten eingebetteten Systeme trotz widriger Umstände wie Wetter oder raue Umgebungen zuverlässig funktionieren.

Für den gesamten Bereich der Transporttechnik bieten eingebettete Systeme die passenden robusten Plattformen. So steuern sie etwa führerlose Untergrundbahnen, moderne Hochgeschwindigkeitszüge, Inflight-Entertainment-Systeme, die gesamte Netzplanung im öffentlichen Nahverkehr, Verkehrsüberwachung in Tunnels oder Bord-PCs für Busse und LKWs.



■ 4.6 Sicherheit

Das Thema Sicherheit wird immer wichtiger. Zum Schutz von Territorien und sensiblen Einrichtungen sind hochkomplexe Systeme verantwortlich, die lange und zuverlässig funktionieren müssen. Ob unbemannte Aufklärungsdrohnen, Ziel- und Steuereinheiten an Bord von Jets, U-Booten und Marineschiffen, mobile Radargeräte oder tragbare PCs für Einsatzkräfte – die darin eingebetteten Computer müssen extremen Bedingungen wie Überschallgeschwindigkeit, enormer Vibration und Dauerbetrieb standhalten.

Für zahlreiche eingebettete Systeme in den Bereichen Verteidigung und Luft- und Raumfahrt erhalten die Hersteller weltweiten technischen Support sowie ein Long-Term-Supply-Programm. Kunden profitieren produktabhängig von einer Multi-Jahres-Liefergarantie, die über den eigentlichen Lebenszyklus hinausgeht. So sind Embedded-Computer auch in der internationalen Raumstation, im Kosmonauten-Training, bei GPS-Basisstationen und zahlreichen Steuerungen im Bereich der Luftfahrt für einen reibungslosen Betrieb über Jahrzehnte verantwortlich.

■ 4.7 Medizintechnik

Mobile Geräte im Gesundheitswesen verbessern die Lebensqualität und ermöglichen Kosteneinsparungen durch die frühzeitige Erkennung von Gesundheitsrisiken. Durch den technischen Fortschritt können heute Diagnosen immer schneller und präziser gestellt werden – Embedded-Rechner helfen dabei in einer Vielzahl von Einsatzgebieten. So verfügen bereits kleine Blutdruckmessgeräte für den häuslichen Gebrauch über kompakte Module mit geringer Leistungsaufnahme für den Batteriebetrieb, die beispielsweise auch in Krankenhäusern mobile Terminals für die elektronische Krankenakte versorgen.

Eingebettete Systeme steuern Dialysemaschinen, erfassen die Daten und zeigen diese auf einem hochauflösenden Monitor für Bediener und Patienten an.

Wie Programmiereinheiten für Herzschrittmacher müssen auch diese Applikationen besonders zuverlässig funktionieren.

In der medizinischen Diagnose und Therapie werden zunehmend bildgebende Verfahren eingesetzt: Digitales Röntgen und Ultraschall, dreidimensionale Kernspintomographen und die Spektroskopie mit Lichtzerlegung für Reihenuntersuchungen – durch die Verknüpfung mehrerer Bild- und Datenquellen zu Krankheit und Patient lassen sich Diagnose und Therapie deutlich verbessern. Dazu sind leistungsfähige Rechnersysteme nötig, die mit modernen Mehrkernprozessoren arbeiten. Besonders anspruchsvolle Anwendungen benötigen sogar mehrere Prozessoren in enger Kopplung über ein schnelles Bussystem. Zusätzlich ist eine leistungsfähige Displaytechnik unerlässlich. Embedded-Technologien liefern vielen führenden Medizintechnikunternehmen die entsprechenden Plattformen für den Einsatz im Dienste der Gesundheit.

■ 4.8 Infotainment

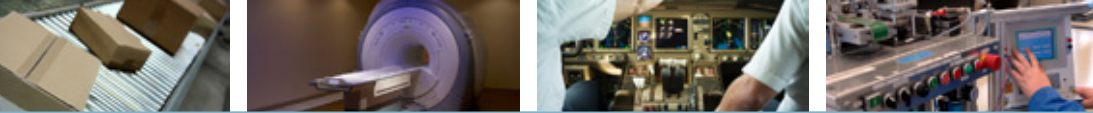
Information und Unterhaltung sind aus dem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken. Zuhause und unterwegs steht eine ständig wachsende Zahl von Geräten und Anwendungen des Infotainments zur Verfügung: Audio und Videogeräte, Spielautomaten, digitale Anzeigetafeln und vieles mehr. In diesem Segment sind rund um den Globus mehrere hunderttausend eingebettete Systeme als „elektronische Gehirne“ verbaut. Gerade in der Unterhaltungsindustrie sind ständig leistungsfähigere und energieeffizientere Applikationen gefragt – neue High-End-Boards etwa machen die aktuellsten Multimedia- und System-Features effizient einsetzbar und sind mit einer Langzeitverfügbarkeit von drei Jahren optimal auf den Innovationszyklus in diesem Bereich abgestimmt.

Elektronikherstellern aus dem Bereich Home-Entertainment bietet sich ein reichhaltiges Produktportfolio aus Embedded-Komponenten. Die Hersteller rüsten damit ihre Systeme für die Unterhaltung zuhause aus und wollen den Gerätepark aus Receivern, Recordern und DVD/



HD-Playern mithilfe von eingebetteten Systemen ablösen. Audio-Video-Motherboards im platzsparenden MicroATX-Format sind in diesem Segment gefragt.

Bereits seit Jahren decken eingebettete Systeme auch das gesamte Spektrum an Anforderungen aus dem Bereich Point-of-Sale und Information ab: Mobile Kassensysteme, Maut- und Kassenautomaten, digitale Werbe- und Anzeigetafeln, Kontoauszugsdrucker und Infoterminals rechnen mit Embedded-Computern, sowohl als Komponenten als auch als fertige OEM-Systemplattformen.



5 Anwendungsbeispiele im Fokus

5.1	Eingebettete Systeme – die Magie im Auto	18
5.2	Sicheres Laden beim Airbus A400M	20
5.3	Embedded System XXL - Hochausfallsicherer Multiprozessor-Rechner in Vermittlungssystemen für Telekommunikationsnetze	22
5.4	Mobiles Programmiergerät für Herzschrittmacher	24
5.5	Steuerkonzepte für Medizintechnik und Analyse-Instrumente	26
5.6	Steuerung einer modernen Windenergieanlage	28
5.7	High-Quality-Audio- und Video-Übertragung auf Grundlage eingebetteter Systeme	30
5.8	Kostengünstige Kommunikationswege für Schiffsbesatzungen	31
5.9	Eingebettete Systeme im Maschinen- und Anlagenbau	32
5.10	Komplexitätsbeherrschung bei sicherheitskritischen Systemen	34



■ 5.1 Eingebettete Systeme – die Magie im Auto

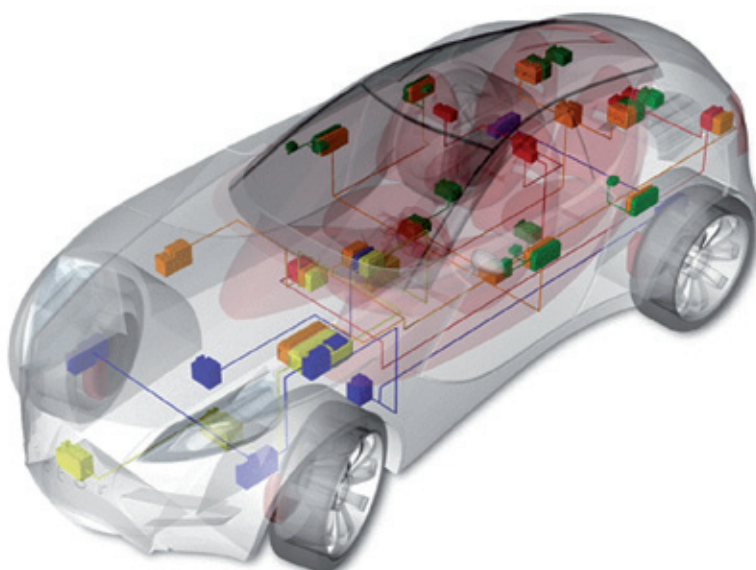
Ob Komfortfunktion, Sicherheit oder Fahrgefühl – die Elektronik spielt in modernen Autos eine wichtige Rolle. Sei es das Infotainment-System, der Scheibenwischer, die Stabilitätskontrolle (ESP), der Bremsassistent, der Tempomat oder die Einparkhilfe: Jede dieser Funktionen wird durch ein eingebettetes System realisiert. Ein softwaregesteuerter Mikrocomputer ist das Herzstück des Steuergeräts. Diese Computer unterscheiden sich grundlegend von normalen PCs, denn sie sind in das Auto eingebettet, also für den Nutzer nicht als separates Element erkennbar. Sie bilden mit ihren Sensoren, Antrieben und den mechanischen Anteilen ein mechatronisches System mit genau definierter Funktionalität.

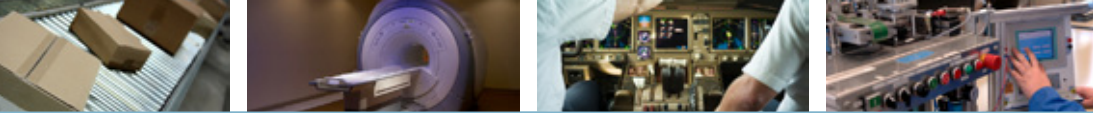
In modernen Oberklassewagen unterstützen bis zu 80 solcher Computer die Funktionen des Fahrzeugs. Diese Computer entscheiden – abhängig von den Informationen über die Zustände anderer Computer – autonom über auszuführende Maßnahmen. Das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten funktioniert mittlerweile so gut, dass den Nutzern kaum bewusst wird, wie komplex das Netzwerk dahinter geworden ist. So achtet der Regensensor nicht nur auf die Benetzung der Frontscheibe, sondern sein Steuergerät reduziert die Wischfrequenz im Stand.

Und beim Einlegen des Rückwärtsganges wird automatisch der Heckscheibenwischer aktiviert. Ein weiteres Beispiel ist das Multimedia-System, welches die Lautstärke in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit regelt oder bei fast leerem Tank über das Navigationssystem eine Route zur nächsten Tankstelle vorschlägt.

Die Komplexität und Vernetzung der einzelnen Komponenten wächst stetig. Während es sich zunächst um Motorsteuerungen handelte, entwickelte sich die Automation im Automobil über verschiedene Fahrerassistenzsysteme wie ABS, Tempomat, Spurhalteassistent bis zu Systemen, die ein autonomes Fahren zulassen. Die eingebetteten Systeme werden zunehmend miteinander vernetzt. Eingebettete Systeme erheben nicht nur Daten und verarbeiten sie vor Ort, sondern leiten Daten auch weiter, kommunizieren mit anderen eingebetteten Systemen und mit Zentralrechnern.

Doch nicht nur die Funktionen im Auto werden vernetzt. Auch die Vernetzung der Autos untereinander (Car-to-Car) und mit ihrer Umgebung (Car-to-X) schreitet voran. So werden frühzeitig Verkehrsstörungen erkannt, Warnungen vor Glatteis oder einem Stau-Ende hinter einer Kurve an andere Verkehrsteilnehmer übertragen oder Informationen aus dem Internet bereitgestellt.





Eingebettete Systeme als Innovationsfaktor und Herausforderung

Damit sind eingebettete Systeme der Innovationsfaktor im Bereich Automotive, denn sie ermöglichen erst die meisten Neuerungen in den Bereichen Komfort, Mensch-Maschine-Interface, Antriebe, Kommunikation, Car-to-X oder intelligente Automation. Wer eingebettete Systeme nicht beherrscht, dem fehlt die Grundlage für zukunftsfähige Entwicklungen, mit denen man sich von der Konkurrenz absetzen kann. „Beherrschen“ ist dabei das entscheidende Stichwort. Die steigende Zahl, Komplexität und Vernetzung von eingebetteten Systemen in modernen Fahrzeugen lassen deren kostengünstige, sichere und wiederverwendbare Umsetzung mehr und mehr zur Herausforderung werden. Neue Technologien müssen verstanden, neue Methoden und Werkzeuge eingeführt und neue Prozesse etabliert werden, denn mit wachsender Komplexität, Funktionsfülle und Automation steigen die Anforderungen an Funktionssicherheit (Safety), IT-Sicherheit (Security) der Daten, Wiederverwendbarkeit und Zertifizierung.

Im Zuge dieser Entwicklung werden sich Erstellungsprozess und Zulassungsprozess solcher Systeme wandeln: Themen wie Komplexitätsmanagement, Prozessreife, verteilte Entwicklung, Sicherheitsintegrität und

Zertifizierung, aber auch Variantenmanagement und Wiederverwendbarkeit werden in Zukunft stärker in den Fokus eines erfolgreichen Automobil-Herstellers oder Zulieferers rücken.

Fazit

Für die Zukunft zeichnet sich eine immer stärkere Abhängigkeit der Automobilindustrie von eingebetteten Systemen ab. In dem harten Wettbewerbs- und Übernahme-Kampf im Automobilsektor werden diejenigen einen erheblichen Vorteil haben, die in der Lage sind, ihre Prozesse, Methoden, Werkzeuge und Technologiekompetenz besonders im Embedded-Umfeld den Erfordernissen schnell anzupassen.

Kontakt:
IABG mbH
Roland Stein
E-Mail: steinr@iabg.de

Dr. Henrik Putzer
E-Mail: putzerh@iabg.de
www.iabg.de



■ 5.2 Sicheres Laden beim Airbus A400M

In der Luftfahrt spielt Sicherheit naturgemäß eine große Rolle. Wenn es jedoch um die Entladung eines Flugzeugs in der Luft, also um das Öffnen des Frachtraums während des Fluges geht, wird die Sicherheit des Gesamtsystems zur echten Herausforderung.

Projektbeschreibung

Der A400M ist eine Transportmaschine, die Airbus im Auftrag mehrerer europäischer Länder entwickelt. Das Flugzeug wird zukünftig für vielfältige zivile und militärische Aufgaben der europäischen Streitkräfte – wie z. B. zum Transport von Versorgungsgütern und schwerer Ausrüstung oder sogar als fliegendes Lazarett – eingesetzt. Herz des A400M ist der Laderaum, der durch ein komplexes Frachtladesystem der Firma Rheinmetall Defense überwacht und gesteuert wird. Da auch ein Öffnen der Ladeklappe zum Abwurf von Hilfsgütern in unzugänglichen Gelände oder der Ausstieg von Fallschirmspringern während des Fluges vorgesehen ist, kommt dem Frachtladesystem eine hohe Bedeutung bei der Flugstabilität zu. Die Sicherheit von Menschen und Material beim Verladevorgang wird dabei durch Software gewährleistet.

Umsetzung

Das Frachtladesystem ist das „Gehirn“ des gesamten Frachtraums und zuständig für die sichere Be- und Entladung des A400M am Boden und während des Fluges. Ladeklappe, Kräne und Winden werden von Software gesteuert und sind mit umfangreichen Messsystemen ausgestattet. Das Öffnen der Ladeklappe in der Luft verändert die Flugeigenschaften des A400M. Beim Abwurf von schweren Lasten kann sich die Gewichtsverteilung abrupt verändern. Alle Aktionen müssen von der Software fehlerfrei gemessen und ausgeführt werden, da Fehlfunktionen wie beispielsweise das Ausklinken der Last zum falschen Zeitpunkt, die fehlerhafte Berechnung der veränderten Flugeigenschaften beim Öffnen der Ladeklappe

oder unkorrekte Maßnahmen beim Ausgleich der zum Absturz der Maschine führen können. Rheinmetall Defense lässt für diese komplexe Anwendung eine neue Hardware entwickeln, die alle geforderten Leistungen abdeckt und den rauen Bedingungen in der Luft standhält. Als Basis der Lösung dient ein neuartiges Betriebssystem, das die Entwicklung neuer sowie die Nutzung bereits bestehender Softwarekomponenten unterstützt.

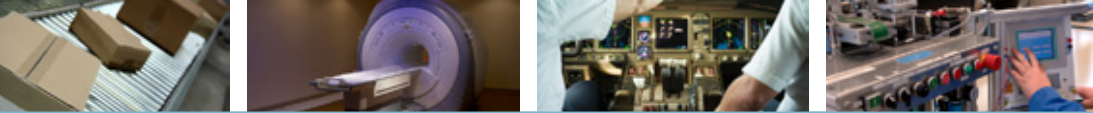


Quelle: Airbus Military

Für die Zulassung in der Luftfahrt wird die funktionale Sicherheit des ausgewählten Betriebssystems PikeOS nach dem Luftfahrtstandard DO-178B geprüft und zertifiziert. Eine Zertifizierung nach DO-178B ist ein komplexer und kostenintensiver Prozess, der mit Dokumenten für Architektur und Design des Betriebssystems beginnt, Tests und Coverage-Analysen zwingend vorschreibt. Dieser Prozess muss für jede Anwendung wiederholt werden. Diese Dokumente werden den europäischen und/oder amerikanischen Luftfahrtbehörden zur Prüfung und Zulassung für den Einsatz in Flugzeugen vorgelegt.

Besonderheit

Die Avionik ist Vorreiter bei der Konsolidierung von eingebetteten Systemen. Um die Komplexität der eingesetzten Komponenten zu reduzieren und das Gewicht, den Energieverbrauch und die Zertifizierungskosten zu senken, kommt mit PikeOS eine Virtualisierungsplattform zum



Einsatz, die modulare Softwarearchitekturen ermöglicht. Auch andere Branchen wie z. B. die Automobil- und Bahntechnik stehen vor Konsolidierungsprozessen und setzen zunehmend auf softwaregesteuerte Komponenten. Einer kostengünstigen Zertifizierung von Software nach branchenspezifischen Sicherheitsstandards kommt somit eine herausragende Bedeutung zu.

Kontakt:
SYSGO AG
Knut Degen
E-Mail: knut.degen@sysgo.com
www.sysgo.com



■ 5.3 Embedded System XXL - Hochausfallsicherer Multiprozessor- Rechner in Vermittlungssystemen für Telekommunikationsnetze

Mehr als eine halbe Million Mal pro Sekunde wird durchschnittlich allein in Deutschland eine Vermittlungsanfrage im Mobilfunk- und Festnetz gestellt. Es liegt auf der Hand, dass die Dame vom Amt eine solche Aufgabe nicht mehr bewerkstelligen kann. Seit Jahrzehnten wird dieser Bereich vollständig von elektronischen Vermittlungssystemen geregelt – Schätzungen gehen von mehreren Tausend dieser zentralen Telekommunikationsknoten für Festnetz und Mobilfunk in Deutschland aus. Primäre Aufgaben der Systeme sind neben der Identifikation der Teilnehmer die Verarbeitung der Wählinformationen und die Routenfindung, um einen Anruf mit dem gewünschten Ziel zu verbinden. Darüber hinaus werden abrechnungsrelevante Informationen und andere Anfragen, beispielsweise Rückruf-Services, verarbeitet.



Umsetzung

Die Vermittlungssysteme werden von den Betreibern der öffentlichen Netze und in zentralen Vermittlungsknoten eingesetzt. Um für verschiedene Amtsgrößen die jeweils



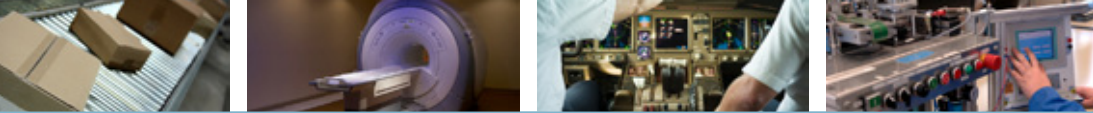
Quelle: Tieto Deutschland GmbH

passende Ausbaustufe bereitzustellen, kann das System zwischen 4 und 14 Prozessorboards aufnehmen. Ein Prozessorboard kann bei Störungen jederzeit die Arbeit eines anderen übernehmen. Auch der von den Prozessoren gemeinsam genutzte Speicher auf sogenannten Memoryboards ist immer doppelt im System vorhanden.

Ohne die Vermittlungssysteme funktionieren moderne Telekommunikationsnetze nicht. Daher fordern die Netzbetreiber von den Herstellern auch eine entsprechend hohe Verfügbarkeit von 99,999 Prozent, d. h. ca. fünf Minuten Ausfallzeit pro Jahr inkl. Betriebsunterbrechung für Wartungsarbeiten. Service-Fälle wie Software-Updates oder beispielsweise Hardwareaustausch bei Um-/ oder Aufrüstungen müssen während des laufenden Betriebs erfolgen.

Besonderheit

Die immer schneller steigende Zahl von Kunden und Endgeräten im Kommunikationsbereich erfordert es, die Vermittlungssysteme den wachsenden Leistungsanforderungen der Netzbetreiber in regelmäßigen Abständen



anzupassen. Die größte Herausforderung dabei ist, bereits entwickelte Vermittlungs-Software nicht bei jedem Hardwarewechsel neu schreiben zu müssen. Solche Neuentwicklungen wären aufgrund notwendiger Tests und Standards kostspielig. Die Hardware der Vermittlungssysteme muss jedoch ersetzt werden, um Ausfallrisiken aufgrund alter Hardware zu minimieren und die Performance-Probleme veralteter Prozessoren zu beheben. Darüber hinaus wird so neue Funktionalität bereitgestellt. Dabei soll aber die bestehende Software nur minimal angepasst werden müssen. Aktuelle Vermittlungseinheiten – wie die von Tieto entwickelte MIPS-RgK-Lösung – nutzen beispielsweise einen Dual-Core-Prozessor mit 64-Bit-Unterstützung und bis zu 16 GB Speicher. Sie steuern die neuen Ein- und Ausgabefunktionen mittels eines speziellen, ergänzend installierten „embedded“ (eingebetteten) Linux.

Fazit

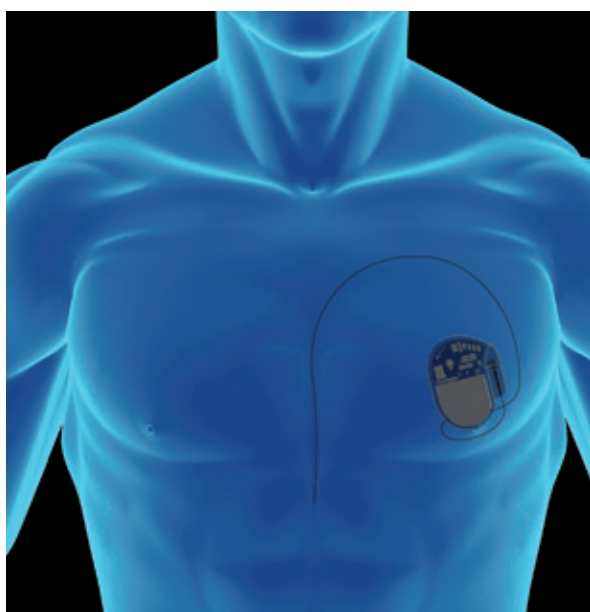
Ohne spezielle eingebettete Hochleistungs-Systeme würde die von uns im Alltag als selbstverständlich erachtete Telekommunikation zum Erliegen kommen. Für eine Informationsgesellschaft, wie sie in Deutschland existiert, sind Vermittlungsknoten und Telekommunikationsleitungen mittlerweile von enormer volkswirtschaftlicher Bedeutung. Grundlage dafür bilden moderne Embedded Systeme.

Kontakt:
Tieto Deutschland GmbH
Dr. Ciwan Gouma
E-Mail: Ciwan.Gouma@tieto.com
www.tieto.de



■ 5.4 Mobiles Programmiergerät für Herzschrittmacher

Mediziner benötigen eine äußerst zuverlässige Computertechnik, die auch die strikten internationalen Anforderungen an Sicherheit und elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) erfüllt. Moderne Medizintechnik enthält heutzutage viele eingebettete Systeme, beispielsweise das mobile Programmiergerät als Ergänzung von Herzschrittmachern.



Projektbeschreibung

Jedes Jahr werden weltweit rund 600 000 Herzschrittmacher implantiert. Im Auslieferungszustand sind sie auf Standardwerte – beispielsweise bei der Schrittmacherfrequenz – eingestellt und müssen für jeden Patienten individuell konfiguriert werden. Diese Anpassung erfolgt erst, wenn der Herzschrittmacher eingesetzt ist. Für die Parametrierung der Werte und die Feinabstimmung nutzen Ärzte speziell entwickelte tragbare Computer wie z. B. das auf Basis von Kontron Hardware entwickelte Programmiergerät orchestra+ für die Herzschrittmacher der Sorin Group. Ein spezieller Elektrokardiogramm-Sensor, der sogenannte Programmierkopf, wird lediglich auf die

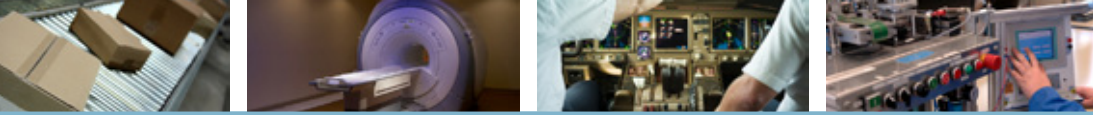
Brust des Patienten gehalten und an das Programmiergerät angeschlossen. Die sodann hergestellte Funkverbindung zwischen Programmierkopf und Herzschrittmacher ermöglicht es dem Arzt, ohne belastenden invasiven Eingriff Werte abzurufen und einzustellen. Darüber hinaus werden die tragbaren Programmiergeräte auch für die regelmäßige Kontrolle und bei Notfällen verwendet. Das eingebettete System im Programmiergerät steuert dabei die Messung, Anzeige und die Übertragung der Daten des Schrittmachers.

Umsetzung

Um das Gewicht des Programmiergeräts zu reduzieren und damit die Handhabung zu vereinfachen, entwickelte Kontron den portablen orchestra+ mit einem robusten Kunststoffgehäuse. Für die Erfüllung der Normen EN 60601-1 und UL 60601-1 sind Elektronik und Gehäuse so ausgelegt, dass auch nach einem Sturz des Gerätes im Einsatz keine stromführenden Teile offen liegen. Es besteht weder Feuergefahr noch sonstige Verletzungsgefahr, beispielsweise durch scharfe Kanten oder Splitter. Die Normen EN 60601-1 und UL 60601-1 gelten für die Basissicherheit und die wesentlichen Leistungsmerkmale von medizinischen elektrischen Geräten die zur Diagnose, Behandlung oder Überwachung eines Patienten nach Herstellerangaben bestimmt sind. Diese Geräte übertragen Energie zum oder vom Patienten und stehen in körperlichem oder elektrischem Kontakt mit dem Patienten. Diese internationalen Standards spezifizieren strikte Anforderungen hinsichtlich des Produktlebenszyklus und der Produktnachverfolgbarkeit.

Besonderheit

Eine der größten Herausforderungen bei der Entwicklung von computerbasierten Medizingeräten ist die Einhaltung der strengen internationalen Sicherheitsstandards. Sie definieren die Anforderungen an die Medizingeräte, u. a. hinsichtlich mechanischer Festigkeit und elektromagnetischer Verträglichkeit für den störungsfreien Betrieb



mit anderen Medizingeräten. Daneben ist aber auch die Systemperformance von entscheidender Bedeutung: Bei einem Notfall muss das mobile Programmiergerät schnell einsatzbereit sein, also schnell hochfahren (booten) – und die Informationen vom Herzschrittmacher schnellstmöglich grafisch darstellen.

Kontakt.
Kontron AG
Ingrid Einsiedler
E-Mail: ingrid.einsiedler@kontron.com
www.kontron.com



Quelle: Kontron AG



■ 5.5 Steuerkonzepte für Medizintechnik und Analyse-Instrumente

Modulare Gerätesteuerung für universelle Konfigurierbarkeit auf Basis eingebetteter Systeme

In den Bereichen Medizintechnik und Analyse-Instrumente ist es äußerst wichtig, dass die eingesetzten Geräte einfach handhabbar sind und eine geringe Fehleranfälligkeit aufweisen. Pflegepersonal, Forscher und Spezialisten sollen sich durch intuitive Bedienung auf den Kern ihrer Arbeit konzentrieren können. Wenn es an Fachpersonal mangelt, bilden einfache und konfigurierbare Steuerkonzepte die Voraussetzung dafür, dass auch



Quelle: Carl Zeiss Microlmaging GmbH

angelernte Mitarbeiter die Geräte bedienen können. Eine gute Nutzerführung und die damit verbundene Verringerung von Fehlbedienungen sowie ein geringer manueller Arbeitsanteil in Forschungs- und medizinischen Einrichtungen werden daher immer wichtiger. Der wachsende Funktionsumfang in modular aufgebauten Geräten erfordert eine intelligente Gerätesteuerung für eine ausgeprägte Benutzerfreundlichkeit. Eine unkomplizierte Konfigurierbarkeit eines solchen Gerätesystems ist auch aus Kostengründen sowohl für den Geräteproduzenten als auch für den Anwender wünschenswert.

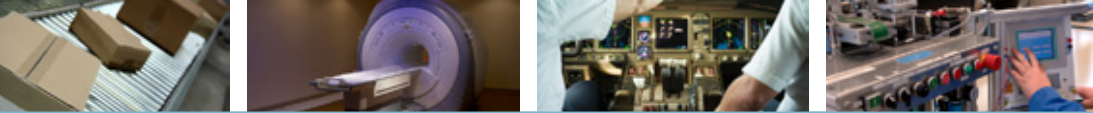
Besonderheit

In vielen Fällen fordern die Anwender, ein Gerät flexibel bedienen zu können. Ein Stereomikroskop für hochauflösende, dreidimensionale Bilder beispielsweise kann durch direkte Handbedienung der Einzelkomponenten oder durch Steuerung über ein zentrales Bedien- und Anzeigepanel genutzt werden. Anzeigen liefern dabei die wichtigen optischen Daten wie Vergrößerung, Objektfelddurchmesser, maximal mögliche Auflösung oder den Schärfentiefebereich der aktuellen Einstellung. Ein dezentrales Steuerkonzept ist notwendig, weil die gewünschte Konfiguration aus einer Palette verschiedener Komponenten mit jeweils eigenen Bedienfunktionen und Anzeigen gewählt werden kann.

Das gesamte System ist ohne sogenannten Master konzipiert, d. h., keine der verbauten Komponenten hat eine Führungsfunktion im Sinne einer zentralen Steuereinheit. Jede Komponente ist für sich allein arbeitsfähig. Das jeweilige eingebettete System verwaltet die relevanten Parameter selbst und prüft eigenständig, welche anderen Komponenten zur Kommunikation und damit zur gemeinschaftlichen Steuerung des Mikroskops zur



Quelle: Carl Zeiss Imaging GmbH.



Verfügung stehen. Unter Berücksichtigung zulässiger Vernetzungsvorschriften baut sich jedes Teil der gesamten Gerätesteuerung selbstständig sein Kommunikationsnetzwerk auf. Durch diesen Ansatz entsteht ein offenes System, das leicht auf- und abgerüstet sowie erweitert werden kann.

Umsetzung

Durch das dezentrale Steuerkonzept besteht die Möglichkeit, das Gerätesystem mit einer komfortablen Bedien- und Anzeigeeinheit samt grafischer Benutzeroberfläche auszustatten. Diese Systemkomponente besitzt als Bedienelemente einen Joystick, fünf Funktionstasten und einen Touchscreen, der auch als Anzeigeeinheit dient.

Während alle Funktionsmodule mit einem 8-Bit-Microcontroller (T89C51CC01 von Atmel) und dem Echtzeit-Betriebssystem RTX-51 ausgerüstet sind, kommt bei der Bedien- und Anzeigeeinheit ein XScale-Prozessor zum Einsatz. Als Betriebssystem wird Windows CE verwendet. Die CAN-Systemsoftware wurde auf diese Hardware- und Betriebssystembasis portiert. Darauf aufgesetzt läuft als Applikationssoftware ein MFC-Programm.

Über die Verwendung in dem beschriebenen Mikroskopsteuerungssystem hinaus kann diese Bedien- und Anzeigeeinheit leicht an andere Gerätesysteme angepasst

werden, in denen ebenfalls verteilte, bedienbare bzw. zu überwachende Aktoren und Sensoren enthalten sein können.

Fazit

Gerade im Bereich der Medizin- und Analyse-Instrumente sind Bedienkomfort und flexible Konfigurierbarkeit wichtige Alleinstellungsmerkmale für Hersteller. Ein Gerätekonzep, das ohne Zentralmanagement arbeitet, erlaubt jede beliebige Komponentenzusammenstellung, da einerseits jede Einheit für sich allein funktionsfähig ist und sie andererseits Kommunikationen mit möglicherweise weiteren Einheiten selbst organisiert und nicht auf die Mitwirkung Dritter angewiesen ist. Hier wird nach dem Prinzip der „kooperativen Einzelverantwortung“ gearbeitet. Die Bedeutung dieses Ansatzes wird zukünftig in den Investitionsgüterbereichen weiter steigen, wo der Markt Variantenvielfalt bei gleichzeitig leichter Konfigurierbarkeit fordert.

Kontakt:
MAZeT GmbH
Dr. Fred Grunert
E-Mail: marketing@mazet.de
www.mazet.de



■ 5.6 Steuerung einer modernen Windenergieanlage

Eingebettete Systeme steuern und überwachen bei „Wind und Wetter“

Aufgrund des EU-Energie- und Klimapakets, wonach bis 2020 der Anteil an erneuerbaren Energien auf 20 Prozent in Europa gesteigert werden sollen, gewinnen erneuerbare Energiequellen zunehmend an Interesse. Bereits jetzt werden in Deutschland über 21 000 Windräder zur Stromerzeugung betrieben. Um aber bis zu drei Megawattstunden mittels einer einzigen, über 200 m hohen Windkraftanlage der neuesten Generation zu erzeugen, sind zahlreiche Steuerungs- und Überwachungssysteme auf Basis von eingebetteten Systemen und sogenannten Industrie-PCs (IPC) notwendig. Durch Windböen beispielsweise verändern sich schlagartig die Kräfte an den jeweils bis zu zehn Tonnen schweren Rotorblättern des Windrades. Die Anlage muss darauf innerhalb kürzester Zeit reagieren, d. h. beispielsweise den Anstellwinkel des Rotors oder die Ausrichtung der gesamten Gondel verändern.

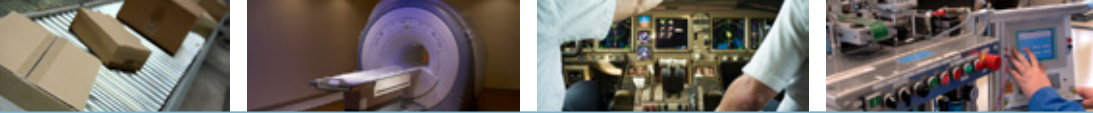


Besonderheiten

Insbesondere bei Wind- und Solarkraftwerken schwankt die nutzbare Energiemenge je nach Wetterlage erheblich und kann sich binnen Augenblicken verändern, d. h., diese Kraftwerke sind nicht grundlastfähig. Die Schwankungen sind unerwünscht und müssen durch Speicher und mit Grundlastkraftwerken abgefangen werden. Mithilfe



von leistungsfähigen Sensornetzwerken und IPCs bzw. eingebetteten Systemen gepaart mit Echtzeit-Betriebssystemen und intelligenter Steuersoftware können sich moderne Windkraftanlagen den Windbedingungen innerhalb von Sekunden anpassen und die problematischen Schwankungen verringern. Die Vernetzung von mehreren geographisch verteilten Anlagen in sogenannten virtuellen Kraftwerken ermöglicht eine höhere Grundlastfähigkeit. Heutige Windkraftparks sind ohne eingebettete Systeme nicht vorstellbar.



Umsetzung

Die in eine Windkraftanlage eingebetteten Systeme und IPCs haben eine Vielzahl von Aufgaben. In Echtzeit sind verschiedene Parameter – meteorologische Daten, Stromnetzdaten und Informationen aus der Anlage selbst – zu verarbeiten und die richtigen Steuersignale zu berechnen, um z. B. den Rotor optimal am Wind auszurichten. Folgende Daten müssen zeitgleich und rund um die Uhr berücksichtigt werden, um einen reibungslosen und effizienten Betrieb des Kraftwerks zu gewährleisten:

- Anlagen-Daten (Wirkleistung und Blindleistung etc. sowie Befehl-, Betriebs- und Fehlerstatus)
- Elektrische und mechanische Daten (Spannung, Leistungsfaktor, Frequenz, Drehzahlangaben (Generator- und Rotordrehzahl), Temperaturangaben für Getriebeöl, Generator, Gondel etc.)
- Statistische Daten (gesamte und ausgewählte statistische Turbinendaten, z. B. Verfügbarkeit, Dauer externer Störungen etc.)
- Meteorologische Daten (Windgeschwindigkeit und Windrichtung, Luftdruck, Temperatur, mittlere Windgeschwindigkeit)

- Stromnetzdaten (Spannung, Wirkleistung und Blindleistung sowie weitere projektspezifische Daten)

Zusätzlich sind die eingebetteten Systeme für die Kommunikation innerhalb der komplett vernetzten Windparks und mit dem Leitstand verantwortlich. Darüber hinaus können Techniker das System mit Software-Updates versorgen und die Leistungsdaten jederzeit auslesen.

Kontakt:
Stephan Ziegler
E-Mail: s.ziegler@bitkom.org
www.bitkom.org



■ 5.7 High-Quality-Audio- und Video-Übertragung auf Grundlage eingebetteter Systeme

Liveübertragungen von Nachrichten, Sportereignissen oder Konzerten aus der ganzen Welt sind für uns heute selbstverständlich. Ob Fernsehen, Radio oder im Internet – überall sind zahlreiche eingebettete Systeme für die Signalverarbeitung am Ort des Geschehens und auf dem Weg bis zum Verbraucher am Werk. Diese Systeme sind aus der Rundfunk- und Fernsehtechnik nicht mehr wegzudenken. Beispielsweise für die Berichterstattung von provisorischen und mobilen Sende-Standorten an politischen Brennpunkten oder von Sportveranstaltungen müssen Inhalte an das Hauptstudio transportiert, dort aufbereitet und zu den Empfängern gesendet werden – und das ohne Zeitverzögerung.

Hinsichtlich der Sendequalität hochwertige Liveübertragungen von Konzerten wie beispielsweise die „Live 8“-Konzerte aus dem Londoner Hyde Park mit Robbie Williams, Snoop Dogg und Madonna auf der Bühne, wären ohne eingebettete Systeme nicht denkbar.

Capital Radio übertrug die Aufführung über den eigenen Sender sowie an zahlreiche andere internationale Radiostationen. Gerade fünf Millisekunden brauchen die sieben Stereo-Signale, um vom BT-Tower zum Sitz von Capital Radio in einwandfreier Qualität übertragen zu werden. Aktuelle Systeme wie beispielsweise das WorldNet-Oslo-System von APT, welches in Zusammenarbeit mit dem deutschen Hersteller Elma Trenew Electronic GmbH

entwickelt wurde, ermöglichen den schnellen Transport von hochwertigen Audio-, Sprach- oder Video-Daten über Standardkommunikationsverbindungen wie Internet, ISDN, Festnetz oder E1. Dabei können die Video- und Audio-Signale abhängig von der verfügbaren Bandbreite analog oder via apt-X, MPEG L2, J.41 und G.722 komprimiert übertragen werden.



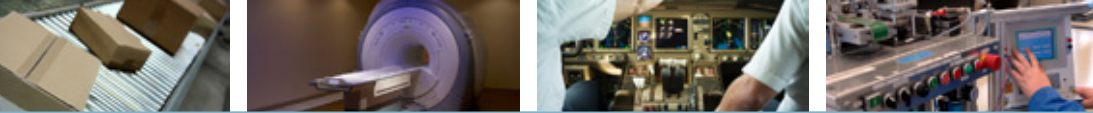
Für die Nachrichtensender wie BBC, Norkring aus Norwegen oder ARD bilden Systeme wie WorldNet Oslo die Eckpfeiler der Übertragungsnetze und damit die Basis für hochwertige Berichterstattung aus aller Welt.



Quelle: Elma Trenew Electronic GmbH

Kontakt:
Elma Trenew Electronic GmbH
Helge Marek
E-Mail: helge.marek@elma.de
www.elma.de

WorldCast Systems
Gillian Wylie
E-Mail: Wylie@worldcastsystems.com
www.worldcastsystems.com



■ 5.8 Kostengünstige Kommunikationswege für Schiffsbesatzungen

Die Besatzungen von Containerschiffen führen ein isoliertes Leben. Bis auf sehr teure Satellitentelefone gibt es an Bord keine Möglichkeit für die rund 1,6 Millionen Seeleute, mit der Außenwelt, Freunden und Familie in Verbindung zu treten. Während der immer kürzeren Liegezeiten in den voll automatisierten Containerhäfen der Welt bleibt den Mannschaften kaum Zeit, die Schiffe zu verlassen und mit den Daheimgebliebenen zu sprechen. Telefonieren an Bord ist meist unerschwinglich, da die Kosten für Gespräche über Satellitentelefon oder Mobilfunk-Roaming schnell die Monatsheuer aufzehren.

Mithilfe eines eingebetteten Systems auf Basis der Mikroprozessoren Intel Atom wird sich diese Situation zukünftig ändern. Während der Liegezeiten soll die Besatzung günstig über das Internet mit den Angehörigen mittels E-Mail, VoIP und Chat in Verbindung treten können.

Zu diesem Zweck wird auf den Schiffen und in den Häfen auf Basis eingebetteter Systeme eine kostengünstige Kommunikationsinfrastruktur installiert, welche das Internet bis an Bord der Schiffe bringt. Wann immer sich eine günstige Alternative zur Satellitenverbindung durch Mobilfunknetze in Küstennähe oder WLAN-Access-Points in Häfen bietet, beispielsweise beim Be- und Entladen, werden Daten wie E-Mails oder Fotos in das Internet übertragen und die Mannschaftsmitglieder können Verbindung mit ihren Angehörigen aufnehmen.

Das System, welches Wind und Wetter standhält, schafft auf den Hochseeschiffen bessere Lebensbedingungen und damit eine höhere Motivation für Besatzungen, die monatelang auf den Weltmeeren unterwegs sind.

Kontakt:
Intel GmbH,
Martin Strobel
E-Mail: martin.strobel@intel.com
www.intel.com





■ 5.9 Eingebettete Systeme im Maschinen- und Anlagenbau

Diebstahlsicherung schützt geistiges Eigentum

Produktpiraterie bedroht die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie: Denn gute Ideen werden kopiert, was sich in Form von geringeren Umsätzen und geschrumpftem Wettbewerbsvorsprung auswirkt. Um ihre Existenz zu sichern, sind Maschinenhersteller inzwischen darauf angewiesen, ihr geistiges Eigentum zu schützen. Das Know-how und die Funktionalität, die in modernen Maschinen und Anlagen stecken – genauer gesagt in eingebetteten Systemen und Industrie-PCs – wachsen stetig.

Nachahmer von gängigen Produkten analysieren sowohl die eingebettete Software als auch die Maschine an sich. Eine aktuelle Studie des VDMA ergab, dass über 56 Prozent der deutschen Hersteller vom Nachbau kompletter Maschinen durch Produktpiraten betroffen sind. Ziel der Maschinen- und Anlagenhersteller ist daher der Schutz folgender Bereiche:

- eingebettete Software, um das Nachbauen zu erschweren
- Betriebsdaten der Maschinen wie technische Spezifikationen oder Maschinentagebücher
- Produktionsdaten und deren Kontrolle, um zu verhindern, dass Piraten mit Originalproduktdaten in „Sonderschichten“ weitere Originalprodukte ohne Wissen des Herstellers für den Graumarkt produzieren.

Umsetzung

Bewährte Lösungen zum traditionellen Softwareschutz werden um Hardwarevarianten für den Industriebereich erweitert. So werden Schutzmechanismen wie beispielsweise CodeMeter von WIBU-Systems für den Maschinen- und Anlagenbau angepasst. Der CodeMeter SmartCard Chip als Herzstück aller Karten kann tausende digitale Rechte speichern, um beispielsweise Funktionen der Maschinensoftware modular frei zuschalten oder digitale Produktionsdaten zu schützen und deren Nutzung zu

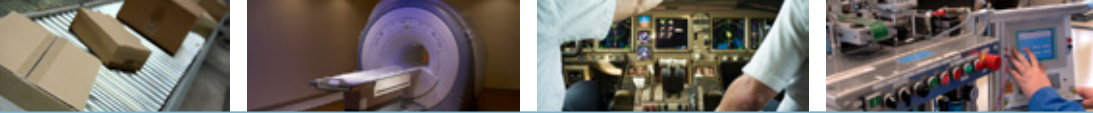


Quelle: WIBU-Systems AG

verfolgen. Er funktioniert mit eingebetteter Software und bietet mit seinem zusätzlichen, mehrere Gigabyte großen Speicher genügend Platz, um Maschinen- und Produktionsdaten abzulegen – natürlich ebenfalls verschlüsselt. Zur Laufzeit werden nur die gerade benötigten Programmteile oder Daten wieder entschlüsselt. Nicht benötigte Bereiche bleiben weiterhin geschützt, um ein Auslesen der Daten zu verhindern. Die Schutzmechanismen können wahlweise auf platzsparenden SD-Karten und auf noch kleineren MikroSD-Karten verankert werden oder als „unverlierbare Hardware“ im Controllerboard fest eingebaut werden – beispielsweise im Innern eines medizinischen Gerätes oder einer Maschinensteuerung. Ein Diebstahlschutz, an dem sich Produktpiraten die Zähne ausbeißen.

Einsatz in der Industrie

Die Technologie wird erfolgreich von der HOMAG Holzbearbeitungssysteme AG, einem weltweit führenden Hersteller im Bereich Format- und Kantenbearbeitung, und der ZSK Stickmaschinen GmbH, einem weltweit führenden Hersteller von Stickmaschinen, eingesetzt. Der Schutz des digitalen Maschinentagebuchs mit den



Detaillierten Daten der Anlage und allen Serviceinformationen steht beispielsweise bei der HOMAG AG im Mittelpunkt. Daneben ist die Integration der Rechteverwaltung in die ERP-Systeme und Logistik ein wichtiger Faktor. Dabei wer-



Quelle: WIBU-Systems AG

den über eine SOAP-Schnittstelle Lizenzen aus beliebigen ERP-Systemen erstellt. Diese werden dann über ein sogenanntes Gateway direkt auf die Maschine übertragen.

Ein anderes Einsatzbeispiel sind die oben genannten Stickmaschinen. Produktpiraten wollen die Vorlagen der Designer, beispielsweise für Stickereien von Markenlogos, stehlen oder die Software zur Steuerung der Maschinen oder -teile kopieren. Die Maschine benötigt in solchen

Fällen ein „elektronisches Typenschild“ mit allen maschinenspezifischen Informationen, welches die Maschinensoftware vor dem Raubkopieren schützt. Darüber hinaus werden die Funktionen auf die durch den Kunden erworbenen begrenzt und es erfolgt eine Zeitlimitierung der Nutzung gemäß der vereinbarten Ratenzahlungen. Die Verarbeitung geschützter Produktionsdaten einschließlich der Überwachung der Produktionsstückzahlen ist eine weitere wichtige Funktion.

Fazit

Zukünftig wird die Bandbreite von Geräten, Maschinen und Anlagen wachsen, welche die beschriebenen Schutzmechanismen benötigen, um Programme und Daten entlang der Wertschöpfungskette und alle Beteiligten einschließlich abzusichern. Eingebettete Systeme schützen sich und wichtige Bestandteile der Produkte, in denen sie verbaut werden.

Kontakt:
WIBU-SYSTEMS AG
Oliver Winzenried
E-Mail: oliver.winzenried@wibu.de
www.wibu.de



■ 5.10 Komplexitätsbeherrschung bei sicherheitskritischen Systemen

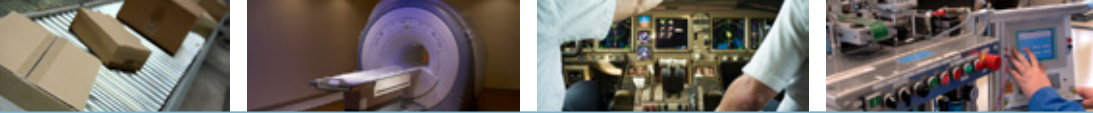
Durch immer neue Anforderungen an Maschinen oder Fahrzeuge steigt die Zahl der verbauten eingebetteten Systeme zunehmend und die Anzahl von Software-Modulen wächst stetig. Entsprechend erhöht sich der Bedarf an zusätzlichen Steuergeräten, Speicher und Vernetzung der Komponenten. Diesem Trend sind aus Gewichts-, Platz- und Kostengründen Grenzen gesetzt. Deshalb wird nach Lösungen gesucht, die es erlauben verschiedene Software-Module in einem Steuergerät zu vereinen. Unterschiedlichste Funktionen werden auf einer Hochleistungshardware zusammengefasst. Eingebettete Systeme in einer Industrieanlage haben beispielsweise folgende Teilaufgaben zu erledigen: Steuerung der Stellmotoren, Überwachung und Verarbeitung der Sensordaten oder Darstellung der Informationen zur Steuerung am Bedienfeld. Die Integration unterschiedlicher Funktionen bringt aber das Risiko mit sich, dass Software-Module sich gegenseitig beeinflussen und ein Fehler beispielsweise durch Fehlbedienung die Sicherheit des Gesamtsystems oder der Arbeiter gefährdet.

Um dieses Risiko zu reduzieren, wäre es erforderlich, alle Software-Module nach den gleichen hohen

Sicherheitsstandards zu entwickeln und sehr umfangreiche Tests des Gesamtsystems zu durchlaufen. Durch den schnellen Zuwachs der Funktionen innerhalb der verbauten eingebetteten Systeme wird dieses Vorgehen aus Kostengründen mitunter unwirtschaftlich. Ein Ausweg ist eine strikte Kapselung von Software-Modulen unter Einbeziehung von Hardware. Gegenseitige Beeinflussungen zur Laufzeit werden vermieden und die hohen Anforderungen an die Sicherheit des Gesamtproduktes können trotzdem erreicht werden. Eine Softwarearchitektur mit Funktionalitäten, welche den Kapselungsprinzipien Rechnung trägt, erlaubt eine sichere Funktionsintegration bei Minimierung der Systemkosten und eröffnet neue Wege zur Beherrschung der Systemkomplexität. Eine frei wählbare Kapselung von Daten für die Software-Module ermöglicht eine effiziente Speichernutzung, hilft bei der Senkung der Systemkosten und bei der effizienten Entwicklung von Funktionen.

Beispielsweise verwendet HighTec EDV-Systeme ein hartes Echtzeitbetriebssystem mit Kapselungsprinzipien für Software-Module und deren Daten. Die Kapselung wird hardwareseitig durch der Memory Protection Unit (MPU) des TriCore unterstützt. Das Betriebssystem übernimmt die Verwaltung der MPU und überwacht zur Laufzeit die Einhaltung der Kapselgrenzen. Störung in





Form eines unerlaubten Speicherzugriffs wird durch die MPU erkannt und eine Fehlerausbreitung ausgeschlossen. Das Schadensausmaß beschränkt sich allein auf das fehlerhafte Softwaremodul. Die Realisierung von funktionaler Sicherheit zum Schutz von Menschen und Umwelt wird dadurch gewährleistet, dass Fehler in den einzelnen Software-Modulen durch die MPU zur Laufzeit erkannt werden und dann situations- und anwendungsspezifisch sinnvoll behandelt werden können. Diese Art der Fehlererkennung reduziert drastisch die Kosten für das Testen, da die Fehlerursache, wie beispielsweise ein fehlerhafter Speicherzugriff, direkt sichtbar wird.

Fazit

Die steigende Systemkomplexität und der Bedarf sie zu beherrschen, erfordern neue Wege in der Softwareentwicklung, die zu mehr Systemsicherheit bei gleichzeitig einfacherer Entwicklung führen. Die beschriebenen

Kapselungsprinzipien von HighTec ermöglichen die Integration von Software mit unterschiedlichen Sicherheitsanforderungen auf einer Hardware-Plattform.

Kontakt:
HighTec EDV-Systeme GmbH
Sidi Bakhkhat
E-Mail: sidi.bakhkhat@hightec-rt.com
www.hightec-rt.com



6 Entwicklung von sicheren Software-intensiven Systemen

Ein modernes Auto hat dreißig und mehr Computer an Bord, welche zunehmend aktiv in das Fahrgeschehen eingreifen. Dabei werden die Anforderungen an die funktionale Sicherheit solcher eingebetteter Systeme immer größer. Versagt beispielsweise die Software im Bremsassistenten, könnte das Fahrzeug in voller Fahrt eine Notbremsung einleiten, obwohl der Fahrer überhaupt nicht bremsen wollte.

Nicht nur in der Automobilbranche, sondern in nahezu allen Industriebranchen nimmt die Automatisierung von technischen Systemen zu. Dabei wird immer mehr Software zur Steuerung der jeweiligen Funktionen eingesetzt, sei es in Fertigungsrobotern, Haushaltsgeräten oder Medizintechnik. Ein derartiges System muss sicherstellen, dass Menschen, die solche Systeme bedienen oder sich in deren Umgebung aufhalten, nicht aufgrund von Fehlfunktionen verletzt oder getötet werden können. Funktionale Sicherheit ist eine Schlüsseleigenschaft eingebetteter Systeme und damit auch der darin eingebetteten Software. Doch die Herausforderungen wachsen. Vor allem der zunehmende Umfang und die wachsende Komplexität der eingebetteten Software stellen heute die wesentliche Herausforderung bei der Entwicklung funktional sicherer Systeme dar (Abbildung).

Herausforderung

Eingebettete Software begegnet uns heute in fast allen Branchen, Produkten und Anlagen. Ihr Einsatz verlangt in der Regel, dass sie zuverlässig und sicher ist. Aufgrund mannigfaltiger Anforderungen, Randbedingungen und gesetzlicher Rahmen ist sie zunehmend umfangreich und komplex. Darüber hinaus benötigt eingebettete Software Informationen von unterschiedlichen Sensoren oder anderen Systemkomponenten.

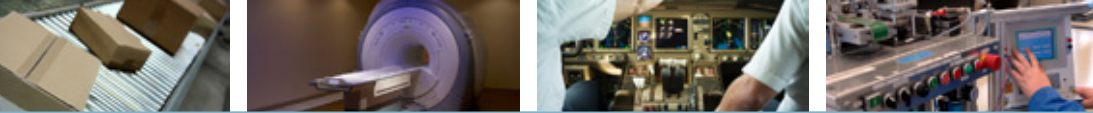
Eine Bremsassistenten-Software beispielsweise interagiert mit ABS- und ESP-Komponenten, Sensoren am

Bremspedal und Bremszylinder sowie mit Radarinformationen von Abstandstempomaten. Das Testen aller möglichen Zustände, denen eine solche Software aufgrund der vielen unterschiedlichen Eingabedaten ausgesetzt sein kann, ist im Allgemeinen aus Zeit- und Kostengründen nicht möglich. Zudem muss der Entwickler der Software beachten, dass Sicherheit eine Systemeigenschaft ist, und daher nicht durch eine fragmentierte Qualitätssicherung von Softwarekomponenten alleine zu erreichen ist. Dazu kommt, dass bereits kleine Softwareänderungen zu großen Auswirkungen auf die Funktion der Software und des gesamten Systems führen können. Die besondere Herausforderung schließlich ist, dass funktionale Sicherheit kein isoliertes Ziel ist, sondern weltweit unter extremen Randbedingungen und gleichzeitig wirtschaftlich umgesetzt werden muss.

Die Entwicklung sicherer Software verlangt daher eine durchgängige Entwicklungsmethodik, bei der Fehler vermieden oder so kompensiert werden, dass sie das Systemverhalten nicht negativ beeinflussen. Die Umsetzung derartiger Methoden in komplexen Systemen kann schnell in Formalismen ersticken, welche einen hohen Zusatzaufwand verursachen, ohne dabei die Sicherheit der Software nennenswert zu erhöhen. Sichere Software-intensive Systeme verlangen daher eine wohldurchdachte Balance aus kompetenten Mitarbeitern, modernen Technologien und systematischen Entwicklungsprozessen – eine Sicherheitskultur in der Entwicklung.

Lösung

Sicherheitskultur bedeutet, dass Entwickler und ihr Management wissen, wie sich Entwicklungsentscheidungen und -prozesse auf die Sicherheit des Gesamtsystems auswirken. Aus der langjährigen Erfahrung bei Vector in der Entwicklung sicherer eingebetteter Software und damit, Unternehmen für funktionale Sicherheit fit zu machen, fokussieren wir auf drei Schlüsselfaktoren:



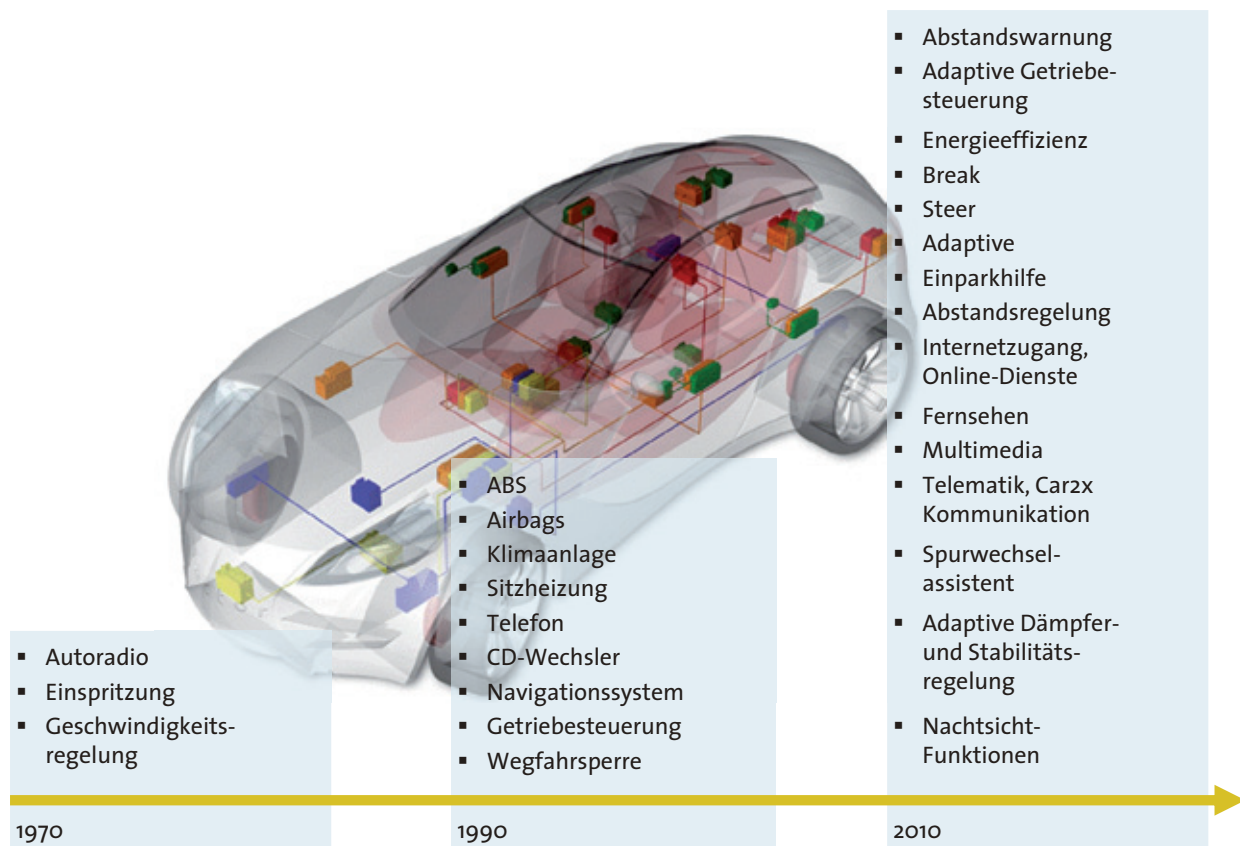
Die an der Entwicklung beteiligten Personen, eingesetzten Technologien und die Entwicklungsprozesse.

Mitarbeiter brauchen die richtigen Kompetenzen, um sicherheitskritische Systeme und Software entwickeln, pflegen und bedienen zu können. Schulung ist nicht primär auf Standards oder durchgängige Methoden wie z. B. Gefährdungs- und Risikoanalysen beschränkt. Wesentlich ist, dass jeder einzelne Mitarbeiter Sicherheit systematisch umsetzt, dabei über seinen eigenen Aufgabenbereich hinaus blickt und damit Sicherheitskultur verantwortungsbewusst lebt.

Technologien müssen beherrscht werden, um technische Risiken abschätzen und abschwächen zu können. Eingebettete Systeme werden zumeist auf Mikrocontrollern

ausgeführt, und sie übermitteln Daten über verteilte Kommunikationssysteme. Dabei gibt es zahlreiche Abhängigkeiten zwischen Komponenten, Schnittstellen, Funktionen und Fehlermöglichkeiten. Die Stärken und Schwächen dieser Systeme müssen verstanden sein, um Sicherheit gewährleisten zu können.

Entwicklungsprozesse definieren die einzelnen Tätigkeiten in der Entwicklung und ihre Beziehung untereinander. Für eine sicherheitsgerichtete Entwicklung müssen Grundfähigkeiten im Produkt-Lebenszyklusmanagement (PLM) beherrscht werden. Das bedeutet u. a. stringentes Anforderungsmanagement, systematische Qualitätssicherung, sorgfältige Dokumentation und durchgängige Prüfung und Absicherung der Entwicklungsergebnisse.



Software-intensive Systeme, wie die Assistenzfunktionen eines modernen Kfz, müssen so entwickelt werden, dass sie eine hohe Sicherheit gewährleisten



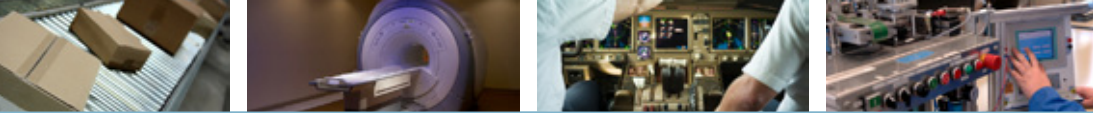
Der betrachtete Bremsassistent beispielsweise tauscht Informationen mit anderen Funktionen aus. Dabei muss verstanden sein, welchen Störungen diese Kommunikationssysteme ausgesetzt sind und welches Risiko für fehlerhafte Übertragungen daraus entsteht. Es müssen Sicherheitsanforderungen an die Kommunikation abgeleitet, implementiert und geprüft werden. Maßnahmen zur Minimierung der Risiken müssen systematisch in das Produkt einfließen, und dürfen nicht an den Schnittstellen von Komponenten oder Lieferanten aufhören. Die für eine starke Sicherheitskultur nötigen Veränderungen im Unternehmen und an seinen Schnittstellen verlangen Führung und Methodik.

Fazit

Die Sicherheit eingebetteter Software ist für viele technische Systeme zwingend erforderlich. Sie ist jedoch mit der ständig wachsenden Komplexität nur sehr schwierig zu

realisieren, zu prüfen und nachzuweisen. Sichere Software-intensive Systeme verlangen daher eine wohldurchdachte Balance aus kompetenten Mitarbeitern, modernen Technologien und systematischen Entwicklungsprozessen – eine Sicherheitskultur in der Entwicklung. Mit einer solchen Kultur kann dieses Ziel aber erreicht werden – mit Sicherheit.

Kontakt:
Vector Consulting Services GmbH
Dr. Christof Ebert
E-Mail: christof.ebert@vector.com
www.vector.com/safety



7 Branchenübergreifende Methoden und Werkzeugen für eingebettete Systemen

Eingebettete Systeme und Software werden maßgeblich bestimmen, wie wir die ökonomischen und gesellschaftlichen Herausforderungen der Zukunft bewältigen können. Ihr Einsatz in den Bereichen Energiemanagement, Umwelt, Emissionsreduktion, Leben im Alter oder technologiebasierte Sicherheit wird daran wesentlichen Anteil haben. Im konkreten technischen Umfeld wird der Erfolg und die Einsatzfähigkeit moderner Maschinen und Fahrzeuge entscheidend von technologisch anspruchsvollen, innovativen und leistungsstarken eingebetteten Systemen bestimmt. Durch die stetig zunehmende Vernetzung und die steigende Automation werden Systemzusammenhänge und -architekturen immer komplexer.

Mittels echtzeitfähiger Software werden ständig neue anspruchsvolle Funktionen realisiert, die einen sicheren Betrieb und die sichere Erreichung des Einsatzzwecks erlauben. Ein Versagen solcher zentraler Funktionen hätte fatale Folgen. Umso wichtiger ist daher ein abgesicherter Entwicklungsprozess sowie die Verifizierung der gewünschten Funktion und Bedienbarkeit, um durch Hardware- und domänenunabhängige Softwarefunktionen echten Mehrwert für Kunden und Nutzer zu generieren. Unterschiedliche Branchen – beispielsweise Automobilbau und Luftfahrt – können dabei voneinander lernen. Gerade in den Entwicklungsmethoden, den Werkzeugen und den Systemarchitekturen steckt großes Synergiepotenzial.

Der systematische Entwicklungsprozess für Software besteht aus einer Vielzahl von eng miteinander verzahnten Teildisziplinen der Informatik und des Projektmanagements kombiniert mit Know-How der Anwendungsszenarien. Dabei ist der gesamte Entwicklungs- und Betriebszyklus von Software, beginnend mit der Planung bis zur Einführung, einschließlich Betreuung und Pflege während der Nutzung zu betrachten. Im Vordergrund steht das optimale Zusammenwirken verschiedener Komponenten wie Sensoren,

Datenverarbeitungssysteme, Kommunikationsmittel und Mensch-Maschine-Schnittstellen.

Die elegante Umsetzung von Bedienelementen, Assistenzsystemen, Sensorik und Aktuatorik aus der Luft- und Raumfahrttechnik kann gewinnbringend für Entwicklungsaufgaben und Best Practices in der Automobilindustrie eingesetzt werden und umgekehrt. Darüber hinaus lassen sich Ansätze aus der Luftfahrt wie der Einsatz von vernetzter Simulation unterschiedlicher Systeme auch bei der Entwicklung sicherheitskritischer Automobilkomponenten gut nutzen.

Ein modell-basierter Ansatz für die Entwicklung ermöglicht in beiden Branchen, Fehler in der Spezifikation früh im Entwicklungsprozess zu erkennen. Durch die evolutionäre Verbesserung der Modelle und automatische Code-Generierung können signifikante Kosteneinsparungen erreicht werden. Auch die Werkzeuge beispielsweise für die modellbasierte Entwicklung oder das automatisierte Testen sind vergleichbar. In beiden Industrien wird die Spezifikation, die Integration wie auch der Test von Steuergeräten in Bordnetzen durch den Einsatz ähnlicher Werkzeuge wesentlich vereinfacht (HIL, SIL, MIL). Entwicklungsingenieure können simulieren, wie elektronische Bauteile eines Systems miteinander kommunizieren.

Mit dem Einsatz von etablierten Standards bei der Entwicklung der Systemarchitektur wird der Entwicklungsaufwand verringert und der Kreis möglicher Zulieferfirmen erweitert, wodurch sich geringere Entwicklungskosten und stabilere Lösungen ergeben.

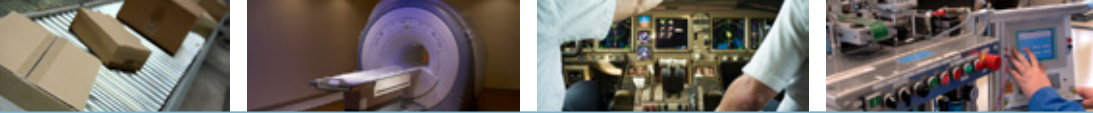
Branchenübergreifende Erfahrungen und umfangreiche Best Practices in der Gestaltung und Optimierung solcher Systemarchitekturen und Bordnetze erlauben es, Synergien bei der Entwicklung von eingebetteten Systemen zu heben.



Fazit

Branchenübergreifender Technologietransfer in Verbindung mit umfangreicher praktischer Erfahrung sowie Prozeß-, Methoden- und Domänen-Know-How machen auch komplexe Umgebungen beherrschbar und generieren einen echten Mehrwert für Stabilität und Effizienz von Systemen mit komplexer eingebetteter Software.

Kontakt:
ESG Consulting GmbH
Klaus Renger
E-Mail: klaus.renger@esg-consulting.com
www.esg.de



8 Ausblicke auf Basis der Nationalen Roadmap Embedded Systems

Die vorangegangenen Abschnitte haben die bedeutenden Beiträge von Embedded Systems (ES) zur Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen exemplarisch aufgezeigt. Die immense wirtschaftliche Bedeutung von Embedded Systems für den Standort Deutschland ist in Abschnitt 2 dargestellt worden. Um diese Potentiale zu realisieren und den Wirtschaftsstandort Deutschland nachhaltig zu stärken ist ein fokussierter Forschungsaufwand für die Querschnittstechnologie Embedded Systems zu betreiben. Der Weg für eine so fokussierte Forschung wird in der Nationalen Roadmap Embedded Systems aufgezeigt, die unter Leitung eines Steuerkreises aus Experten der Firmen Daimler, EADS und Siemens sowie der Forschungseinrichtungen Fraunhofer IESE, OFFIS Institut für Informatik und der TU München entstanden ist. Darin stellen Fachleute von mehr als 30 Firmen verschiedener für Deutschland wichtiger Branchen – Automobilbau, Luft- und Raumfahrt, Automatisierungstechnik, Anlagen- und Maschinenbau, Medizintechnik, Energietechnik, Telekommunikation –, wissenschaftlicher Einrichtungen und einschlägiger Verbände – BITKOM, VDI, VDE, VMDA, ZVEI – die gesellschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung von Embedded Systems für den Standort Deutschland dar, identifizieren den zur Erhaltung der deutschen Spitzenposition in diesem Gebiet nötigen Forschungsbedarf und geben Handlungsempfehlungen für die Umsetzung dieser Forschungsstrategie.

■ 8.1 Forschungsschwerpunkte

Die Roadmap identifiziert sechs Forschungsschwerpunkte:

- **Seamless Interaction:** Überall genau die richtigen Informationen sicher zur richtigen Zeit zu erhalten, ist genauso relevant für die Überwachung von Patienten wie im Krisenmanagement, in intermodalen Logistik-anwendungen, wie in Smart Shops, die quasi magisch Kundenwünsche maßgeschneidert erfüllen. Über bekannte IT-Lösungen hinaus sind dazu „Sprachbarrieren“ zwischen unterschiedlichsten technischen Systemen zu überwinden, Instrumente zur sicheren Authentifizierung solcher Systeme zu etablieren, sowie schließlich „vordenkende“ selbsterklärende Interaktionsschnittstellen zu gestalten.
- **Autonome Systeme:** Wenn unter extremen Randbedingungen (Erschließung von Rohstoffen am Meeresboden, Krisen-/ Katastrophenmanagement, im Weltall) kritische Funktionen weitestgehend ohne menschlichen Eingriff gesichert werden müssen, sind Autonome Systeme die Technologie der Wahl. Diese müssen sich selbst so anpassen können, dass sie in kaum vorhersagbaren Umgebungen und unter kaum genau spezifizierbaren Randbedingungen eine spezifizierte Leistung selbständig erbringen.
- **Verteilte Echtzeit-Situationserkennung und Lösungsfindung:** Koordinierte Lagebewertungen und Lösungsstrategien sind unverzichtbar in so unterschiedlichen Handlungsfeldern wie Krisenmanagement, Patientenüberwachung, oder in der koordinierten Fahrzeugführung zur Reduktion der Umweltbelastung und Erhöhung der Verkehrssicherheit. Dies setzt voraus, dass zwischen den handelnden (semi-autonomen) Teilsystemen ein genügend genaues gemeinsames Lagebild unter Echtzeitbedingungen auf der Basis von integrierter heterogener intelligenter Sensorik und statischem Lagewissen etabliert werden kann, damit durch koordinierte Manöver in Echtzeit Konfliktlösungen realisiert werden können.
- **Sichere Systeme:** Herstellung und Aufrechterhaltung des Vertrauens in Embedded Systems sind unabdingbare Voraussetzung für die Akzeptanz von komplexen, vernetzten, eingebetteten Systemen, wie sie zur Lösung der gesellschaftlichen und ökonomischen Herausforderungen benötigt werden. Bisherige IT-Sicherheitskonzepte sind hier nützlich, aber nicht ausreichend, da sie oft auf den Aspekt Security (Sicherheit



i.S.v. „Schutz des Systems gegen Missbrauch und Angriffe von außen“) fokussieren. Für Embedded Systems sind die Aspekte Safety (funktionale Sicherheit i.S.v. „Vom System gehen keine Gefährdungen aus“) sowie Auswirkungen von (mangelnder) Security auf Safety-zentrale Themen.

- Architekturprinzipien: Umweltverträgliche Mobilität im Automobil durch Minimierung von Emissionen und Energieverbrauch („Green Mobility“) ist nur ein Beispiel für Anwendungen, in denen Lösungen aus verschiedenen Domänen und Branchen zu komplexen Systemen integriert werden müssen. Dazu sind standardisierte, beherrschbare, branchenunabhängige Architekturen zentraler Schlüssel zur Erreichung eines Wettbewerbsvorteils (Qualität, Kosten, Time-to-Market) und zur Erhaltung von Arbeitsplätzen.
- Virtual Engineering: Um die benötigten, auf Embedded Systems basierenden Anwendungen mit den geforderten Qualitäten realisieren zu können, sind verbesserte Entwicklungsprozesse, -methoden und -werkzeuge notwendig, durch die eine erhöhte Effizienz, die frühzeitige Absicherung von Konzepten, Produktivitätsgewinne in Bezug auf Qualität, Kosten, Zeit, Sicherheit und Zuverlässigkeit, sowie die Beherrschung der Komplexität domänenübergreifender Systeme ermöglicht wird.

Die Nationale Roadmap Embedded Systems zeigt für jeden dieser Schwerpunkte auf, welche Innovationen und Fertigkeiten in den nächsten Jahren entwickelt werden müssen. Hierzu erwartet die deutsche Industrie in den kommenden zehn Jahren branchenübergreifend einen Forschungsaufwand im Bereich öffentlicher Förderprogramme von mehr als 2,5 Mrd. Euro. Industrie und Forschung müssen dabei gemeinsame, branchenübergreifende Anstrengungen unternehmen, um auf der einen Seite die gesellschaftlichen Herausforderungen zu lösen und auf der anderen Seite die wirtschaftliche Spitzenposition Deutschlands in diesem Bereich durch Schaffung neuer Innovationen und Sicherung von Arbeitsplätzen zu erhalten.

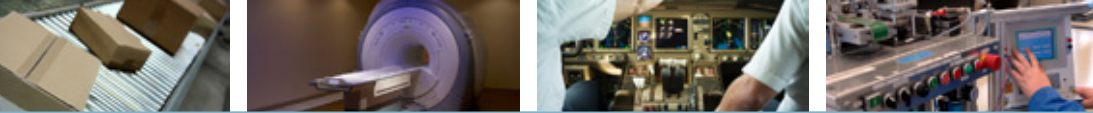
■ 8.2 Empfehlungen

Der Beitrag von Embedded Systems zur Lösung gesellschaftlicher und ökonomischer Herausforderungen in Deutschland und weltweit kann kaum überschätzt werden. Zur Sicherung der Spitzenstellung Deutschlands in führenden Branchen (Fahrzeugbau, Anlagen- und Maschinenbau, etc.), zur Sicherung von High-Tech Arbeitsplätzen in diesen und weiteren Branchen und zur Stimulation notwendiger branchenübergreifender Kooperationen ist eine substanzielle Erhöhung der öffentlichen Förderung für die sechs Forschungsschwerpunkte notwendig. Für die Durchführung von Fördervorhaben wird dabei auf nationaler Ebene die im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung installierte Innovationsallianz SPES 2020, auf europäischer Ebene die Europäische Technologieplattform ARTEMIS (Advanced Research and Technology for Embedded Intelligence and Systems) vorgeschlagen.

Weiterhin ist auf europäischer Ebene die Schaffung eines geeigneten regulatorischen Rahmens in Abstimmung mit nationalen Regelungen zur Etablierung von offenen, branchenübergreifenden Interoperabilitätsstandards notwendig. Entsprechende Initiativen hierzu sollten europaweit ebenfalls unter dem Dach von ARTEMIS harmonisiert werden.

Zur Sicherung der Nachhaltigkeit von Projektergebnissen und zum schnellen Technologie-Transfer von Forschungsergebnissen in die Industrie ist die Etablierung von sogenannten Referenz-Technologie-Plattformen notwendig, in denen relevante Ergebnisse aus Forschungsprojekten gesammelt, für Folgeprojekte zur Verfügung gestellt und zur Industriereife weiterentwickelt werden können. Auch diese Aktivitäten müssen europaweit mit entsprechenden Initiativen von ARTEMIS koordiniert werden.

Die Sicherung eines ausreichenden Angebots an qualifizierten Fachkräften verlangt eine verstärkt koordinierte Anstrengung zur Schaffung entsprechender



Ausbildungsangebote auf allen Ausbildungsebenen einschließlich der beruflichen Weiterbildung.

Schließlich muss eine enge Zusammenarbeit zwischen Experten der Embedded Systems-Technologien und Experten der verschiedenen Handlungsfelder (Gesundheit, Mobilität, Energie) mit dem Ziel etabliert werden, abgestimmte, übergreifende Strategien zur Lösung der

gesellschaftlichen Herausforderungen zu erstellen und umzusetzen.

Kontakt:
SafeTRANS e.V.
Franziska Böde
E-Mail: franziska.boede@safetrans-de.org
www.safetrans-de.org/de_nrms.php



9 Aktivitäten zu eingebetteten Systemen im BITKOM

Eingebettete Systeme als die Triebfeder für Innovation in vielen Branchen sind für die Industrie in Deutschland von strategischer Bedeutung. Um gerade bei Entwurf und Entwicklung von kritischen Embedded Systems weltweit eine Spitzenposition zu halten, muss die Aufmerksamkeit für das Thema und die darauf spezialisierten Unternehmen in Deutschland seitens der Wirtschafts- und Forschungspolitik deutlich gesteigert werden.

Erklärtes Ziel ist es, Unternehmen mit dem Schwerpunkt auf Software-intensiven eingebetteten Systemen in Deutschland möglichst optimale Bedingungen zu bieten. Dazu gehören neben verstärkter Forschungs- und Wirtschaftsförderung für den branchenübergreifenden Sektor insbesondere der Schutz des geistigen Eigentums und die zeitnahe Auflösung des Nachwuchsmangels.

Eine gemeinsame Vision der Embedded-Unternehmen über klassische Branchengrenzen hinweg muss für den Standort Deutschland formuliert und eine gemeinsame branchenübergreifende Strategie auf Basis der erarbeiteten nationalen Roadmap entworfen werden. Im Mittelpunkt stehen die deutliche Steigerung der Sichtbarkeit für Unternehmen im Embedded-Umfeld und die Schaffung eines industrieübergreifenden Dialogs unter Einbindung der Forschungsinstitutionen.

BITKOM unterstützt das bereits 2007 formierte Netzwerk aus Hard- und Software-Herstellern sowie herausragenden Forschungsinstitutionen des Embedded-Sektors durch folgende Aktivitäten:

- Analyse des in Deutschland sehr stark branchenspezifisch fragmentierten Wirtschaftssektors
- Artikulation des konkreten Fachkräftebedarfs
- Steigerung der Sichtbarkeit des Embedded Systems-Sektors
- Verständnis für die strategische Bedeutung von eingebetteten Systemen als Innovationstreiber und Zukunftssicherung für die deutsche Investitionsgüterindustrie schaffen

- Eingebettete Systeme als Querschnittstechnologie über die Grenzen der Branchensilos hinweg etablieren
- Unterstützung des BMBF und des BMWi bei der konkreten Ausgestaltung von Forschungs- und Wirtschaftsförderung rund um eingebettete Systeme
- Regelmäßiger Austausch zwischen Politik, Forschung und Wirtschaft zu zentralen Fragen beispielsweise zu Security-Aspekten in eingebetteten Systemen

Weitere Informationen zu den Aktivitäten des BITKOM-Arbeitskreises „Embedded Systems“ im Web unter:
www.bitkom.org/de/wir_ueber_uns/44135.aspx

Presse-Ansprechpartner

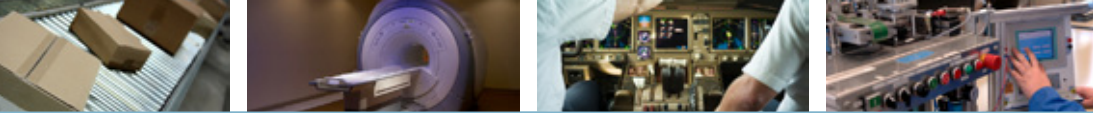
Marc Thylmann,
Pressesprecher
m.thylmann@bitkom.org
Tel.: 030.27576-111
Fax: 030.27576-400



Fachlicher Ansprechpartner

Stephan Ziegler,
Bereichsleiter Software
s.ziegler@bitkom.org
Tel.: 030.27576-243
Fax: 030.27576-409





10 Linksammlung

- Nationale Roadmap Embedded Systems:
 - http://www.safetrans-de.org/de_nrmes.php
- BITKOM Embedded Systems Marktstudie Deutschland 2008:
 - http://www.bitkom.org/60376.aspx?url=BITKOM-Presseinfo_ES-Studie_25_03_2009.pdf&mode=o&b=Themen
- BITKOM Embedded Systems Marktstudie Deutschland Nachbefragung 2009:
 - http://www.bitkom.org/60376.aspx?url=Folien_Auswertung_Nachbefragung_ES_Studie.pdf&mode=o&b=Themen
- Webseite SPES2020:
 - <http://spes2020.informatik.tu-muenchen.de>
- BMBF-Infoblatt SPES2020:
 - http://www.pt-it.pt-dlr.de/_media/SPES_2020_Infoblatt.pdf
- SafeTRANS:
 - www.safetrans-de.org
- Eingebettete Software und Systeme: Informationen für Entwickler und Manager:
 - www.embedded.com
- Benchmarks zu Softwareprojekten:
 - www.isbsg.org
- Tutorials und White Papers zu Safety, Security von eingebetteten Systemen:
 - www.sei.cmu.edu
- ARTEMIS (ETP) - Gemeinsame Europäische Technologieinitiative zu eingebetteten Systemen:
 - <https://www.artemis-ju.eu/>
- ARTEMISIA - the Artemis Industrial Association (Anwendungsbezogene Forschung und Technologie für eingebettete Systeme)
 - <https://www.artemis-ia.org/>
- European Technology Platforms:
 - http://cordis.europa.eu/technology-platforms/home_en.html
- Joint Technology Initiatives:
 - <http://cordis.europa.eu/fp7/jtis/>
 - http://ec.europa.eu/information_society/tl/research/priv_invest/jti/index_en.htm
- Embedded Systems - research
 - <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/esd>
 - <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/computing/>
 - <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/necs>

Der Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. vertritt mehr als 1.300 Unternehmen, davon 950 Direktmitglieder mit etwa 135 Milliarden Euro Umsatz und 700.000 Beschäftigten. Hierzu zählen Anbieter von Software, IT-Services und Telekommunikationsdiensten, Hersteller von Hardware und Consumer Electronics sowie Unternehmen der digitalen Medien. Der BITKOM setzt sich insbesondere für bessere ordnungspolitische Rahmenbedingungen, eine Modernisierung des Bildungssystems und eine innovationsorientierte Wirtschaftspolitik ein.



Bundesverband Informationswirtschaft,
Telekommunikation und neue Medien e.V.

Albrechtstraße 10 A
10117 Berlin-Mitte
Tel.: 030.27576-0
Fax: 030.27576-400
bitkom@bitkom.org
www.bitkom.org