

Embedded Systems

Was der Elchtest mit Informationstechnik zu tun hat

Werner Zimmermann

Erinnern Sie sich noch, wie ein schwedischer Journalist vor einiger Zeit die vermeintlichen Schwächen eines Vorzeigeprodukts schwäbischer Automobilbaukunst aufdeckte? Seines Erachtens reagierte das mit aussergewöhnlich kurzem Radstand und hohem Schwerpunkt daher kommende Kompaktfahrzeug auf ruckartige Ausweichmanöver, wie sie notwendig werden, wenn plötzlich ein Elch oder ein anderes bewegliches Hindernis die Fahrspur kreuzt, in befremdlicher Manier. Das Echo in den Medien war ungewöhnlich groß, ist man doch von schwäbischen Automobilbauern neben tüfteliger Qualitätsarbeit vorbildliche Fahrstabilität mit höchster aktiver und passiver Sicherheit gewohnt. Der Automobilhersteller und seine Zulieferer reagierten zügig. Neben Maßnahmen wie Modifikationen an Fahrwerk und Bereifung wurde ein elektronisches System, das elektronische Stabilitätsprogramm ESP, als segensreiches Heilmittel aus dem Hut gezaubert, mit dem die Gefährdung der Elche und anderer Verkehrsteilnehmer erheblich verringert werden kann. Durch geeignete Sensoren (Bild 1) erfaßt das elektronische ESP-Steuergerät den Lenkwinkel, die Längs- und Querbeschleunigung sowie eine gegebenenfalls vorhandene Drehbewegung (Gieren) des Fahrzeugs und bewirkt durch gezieltes Gasgeben bzw. Gaswegnehmen an der angetriebenen Achse(n) über die Motorsteuerung sowie gezieltes Abbremsen einzelner Räder über das ABS/ASR-System eine Stabilisierung des Fahrzeugs.

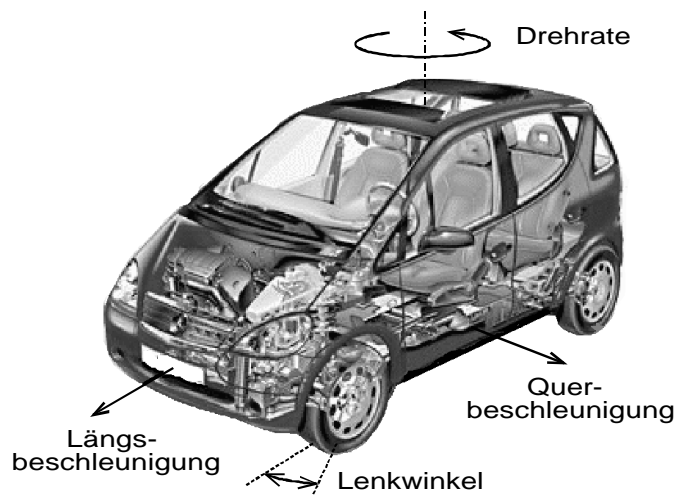


Bild 1: Fahrdynamik-Meßgrößen im ESP-System

Kraftfahrzeuge als Querschnitt der Informations- und Elektrotechnik

Besser als die bestgeplante Werbekampagne machte dieses Ereignis deutlich, daß Fahrzeugbau heute nicht mehr nur High-Tech-Maschinenbau ist, sondern daß ohne Elektronik und Computer, den Kernkomponenten der Informationstechnik, auch im Straßenverkehr nichts mehr geht. Nicht nur ohne Motor und Benzin oder Diesel im Tank, auch ohne elektronische Steuergeräte und Strom aus Batterie oder Lichtmaschine bewegt sich kein modernes Kraftfahrzeug auch nur einen Meter. Fast sämtliche Innovationen im Fahrzeugbau der vergangenen zwei Jahrzehnte waren, von veränderter

Werkstoffwahl wie dem Einsatz von Aluminium, Keramik und Kunststoffen vielleicht einmal abgesehen, nur mit und durch den Einsatz elektronischer Komponenten möglich. Ein modernes Kraftfahrzeug stellt einen Querschnitt durch die moderne Informations- und Elektrotechnik dar und belegt, welches dramatische Verbesserungspotential klassische, meist mechanische Komponenten, durch die Kombination mit der elektronischer Hard- und Software noch haben:

- Motormanagement- und Getriebesteuergeräte, sogenannte Triebstrang-(Drive train)-Managementsysteme - als Einsatzbeispiele für die Verbindung von **Elektronik, Computertechnik, Regelungs- und Steuerungstechnik** Spitzenprodukte der **Technischen Informatik**- steuern Einspritzung, Zündung, Kühlung, Motorlauf, Schaltvorgänge sowie sämtliche Nebenaggregate des Motor- und Antriebsstrangs und ermöglichen verbrauchs- und emissionsoptimierte Antriebe bei gleichzeitig gesteigerter Leistung und Zuverlässigkeit.
- ABS (Antiblockiersystem-) und ASR (Antischlupfregelung, Traktionskontrolle), zusammen mit dem ESP als Fahrdynamiksysteme bekannt, Airbag und Crashtektoren verbessern die aktive und passive Sicherheit. Diese elektronischen Systeme sind hervorragende Einsatzbeispiele für fortschrittliche **Sensortechnik** und hochkomplexe **Regelungstechnik** in Verbindung mit leistungsfähiger **Signalverarbeitung**.
- Klassische Komponenten der **Elektrotechnik** wie Scheinwerfer mit Gasentladungslampen, Leuchtweiten- und Helligkeitsregelung, Lichtmaschinen, deren Regelung der eines Kraftwerksgenerators nicht nachsteht, Anlasser, die drehzahl geregelt arbeiten, Scheibenwischer-, Fenster- und Lüftermotoren, die bedarfsgerecht betrieben werden, kommen nicht mehr ohne elektronische Steuerung aus. Diese Karosserie-(Body)-Elektronik, in der die **Computer- und Steuerungstechnik** eine Symbiose mit der **Leistungselektronik** eingeht, zeichnen sich häufig durch die konstruktive **Integration** der mechanischen und elektronischen Baugruppen aus.
- Das Radio als klassische **Nachrichtentechnik**-Komponente im Auto, hat längst Zuwachs durch Kassetten- und CD-Player, ein Spitzenprodukt der **Optoelektronik**, und Mobiltelefon erhalten, das fortschrittlichste **digitale Signalverarbeitungs- und Übertragungstechnik** mit der Technologie von **Festnetz- und Funksystemen** vereinigt. Bei Unfällen oder Pannen ruft das Autotelefon in manchen Fahrzeugen heute sogar schon selbständig Hilfe herbei und der Diagnosecomputer schickt den Fahrer rechtzeitig zur Wartung in die Werkstatt, ein klarer Fall von **Künstlicher Intelligenz**.
- Was heute nur bei Oberklassefahrzeugen erhältlich ist, wird morgen selbstverständliche Ausstattung in allen Fahrzeugkategorien sein. So wie Navigationssysteme, bei denen die Kombination von **Satellitenkommunikation** und hochkomplexen, auch **Internet**-gestützten **Informationssystemen** mit aufwendiger **Software** in Verbindung mit **Datenbanken** und **Multimedia**-Benutzerschnittstellen mit fortschrittlichen **Displaytechniken** und vielfach schon **Spracheingabe und -synthese** dem Autofahrer ermöglichen, sich besser im Verkehr zurechtzufinden.
- Neben einer Erhöhung der Sicherheit erlauben elektronische Systeme wie die Einparkhilfe, meist auf Basis von **Ultraschallsignalverarbeitung**, oder die automatische Abstands- und Fahrgeschwindigkeitsregelung, mit der die bisher nur in der Luftfahrt übliche **Radar- und Höchstfrequenztechnik** Einzug ins Kfz hält, auch eine bessere Ausnutzung des vorhandenen Verkehrsraums.

- In den nächsten Fahrzeuggenerationen werden X by Wire-Systeme - das X steht für Drive, Steer oder Brake - ihren endgültigen Durchbruch erleben. Während Drive by Wire mittlerweile üblich und Gasgestänge und Gaszug längst einem Bündel von elektrischen Kabeln zwischen Gaspedal, Armaturenbrett, Motor und Steuergerät gewichen sind und bei vielen Automatgetrieben heute schon kein Schaltgestänge und -hebel, sondern nur noch elektrische Tipp- oder Stufenschalter vorhanden sind, werden in zukünftigen Fahrzeugen elektrische Verbindungen mit elektromagnetischen und elektrohydraulischen Stellgliedern und den entsprechenden elektronischen Steuergeräten auch die Lenkgestänge ablösen und die Bremshydraulik erheblich verändern. Selbst innerhalb der Motoren, etwa im Bereich der elektronischen Steuerung der Ein- und Auslaßventile, ergänzen und ersetzen elektrische Komponenten klassische mechanische Motorenelemente wie Nockenwellen, Kipphebel oder Drosselklappen. Die elektronische **Systemtechnik** macht es möglich.

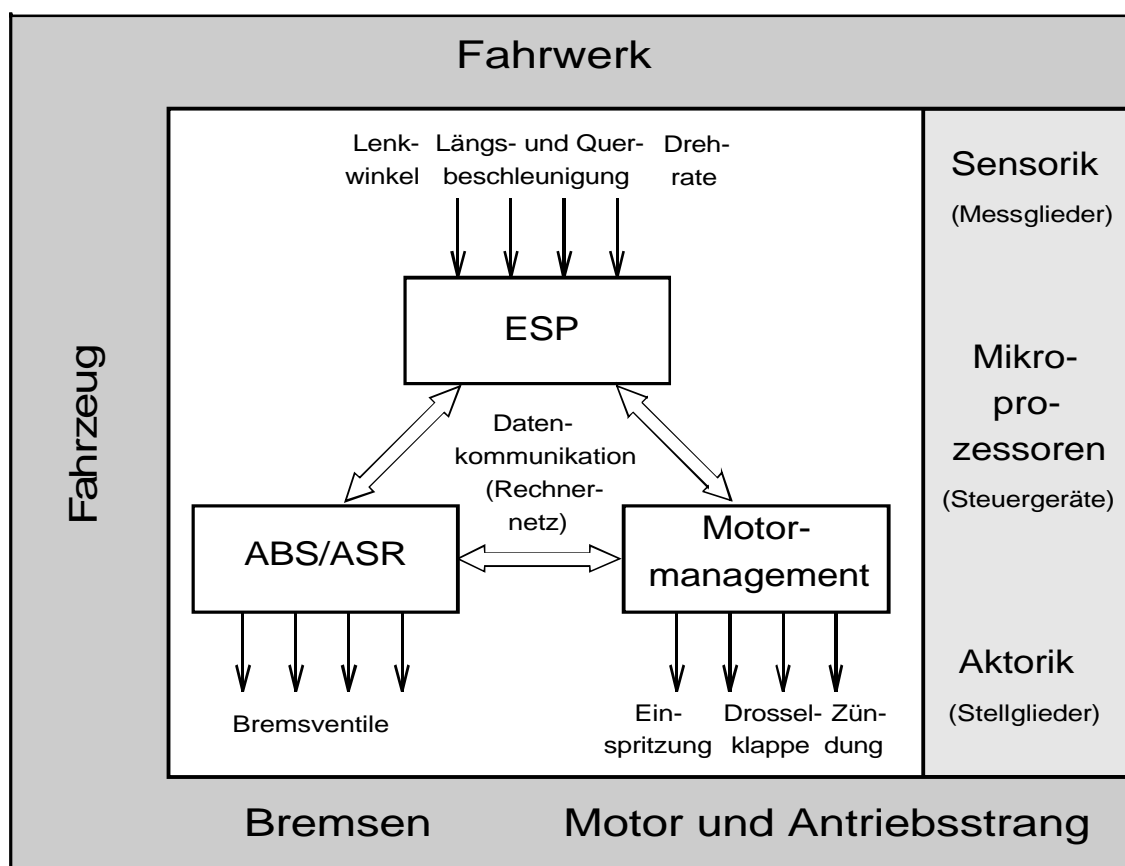


Bild 2: Beispielhaftes Embedded System im Kraftfahrzeug

Embedded Systems

Der Ingenieur bezeichnet derartige elektronische Systeme als "Embedded System" (Bild 2). Ihr Kern besteht stets aus einem oder mehreren Steuergeräten, deren Herz wiederum ein Mikroprozessor, d.h. ein Computer, ist. Im Gegensatz zu klassischen Computern (Bild 3), die Ihre Rechenleistung im wesentlichen dem menschlichen Benutzer anbieten und mit diesem über Tastatur, Maus, Bildschirm und Drucker und untereinander über Bussysteme und Rechnernetze kommunizieren, ist der Computer eines "Embedded Systems" in ein technisches, aus mechanischen und elektromechani-

schen Komponenten bestehendes System eingebettet. Seine Eingaben über den Zustand des Systems und seiner Umgebung bezieht er von Sensoren (Messgliedern). Seine Ausgaben setzt er über Aktoren (Stellglieder) in mechanische Stelleingriffe um. Aus funktionalen und Sicherheitsgründen sind die Systeme in Teilsysteme wie Motorsteuerung, ABS/ASR usw. untergliedert, die ihrerseits wieder jeweils ein eigenständiges "Embedded System" darstellen. Die Teilsysteme sind untereinander vernetzt, d.h. sie tauschen über geeignete Datennetze, im Umgangssprache als Netzwerke bezeichnet, Daten und Befehle aus. Die Vernetzung der Teilsysteme ermöglicht die Realisierung übergeordneter Funktionalitäten bei gleichzeitiger Kostenersparnis. Im Fall des ESP beispielsweise verwendet das eigentliche ESP-Steuergerät neben den aus den eigenen Sensoren gewonnenen Informationen über die Fahrdynamik auch Informationen der anderen Steuergeräte wie Radgeschwindigkeiten, Motordrehzahl u.a. für seine Aufgaben. Als Stellglieder für seine Steuereingriffe über Motor und Bremse benützt es ausschließlich die Stellglieder der anderen Teilsysteme, an die es über das Datennetz seine Stellbefehle übermittelt. Diese werden dann von deren Steuergeräten mit den für die Motormanagement- bzw. ABS/ASR-Funktion erforderlichen Stellbefehlen kombiniert und umgesetzt.

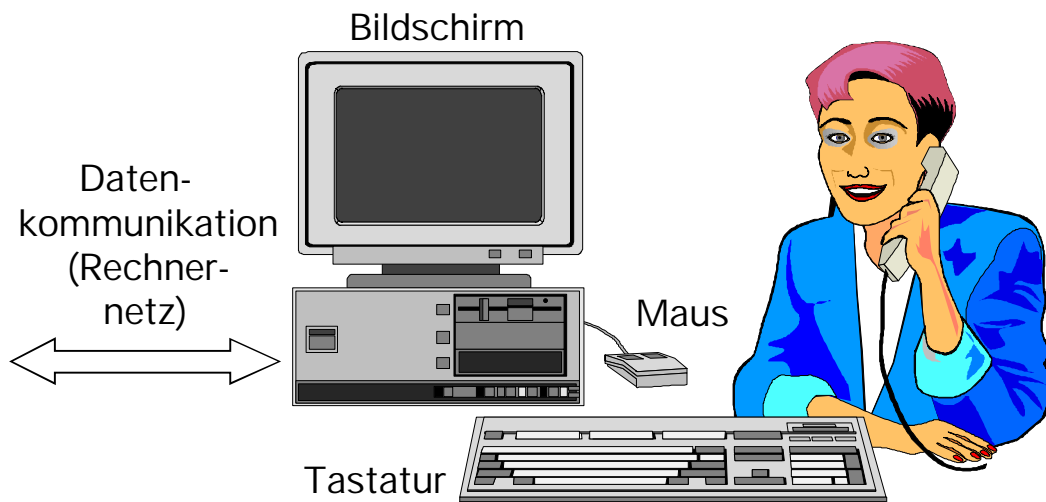


Bild 3: Klassisches Computersystem

Derartige eingebettete Systeme finden sich nicht nur im Kfz, sondern in praktisch jedem technischen Produkt. Selbst die Waschmaschine, die das Waschprogramm selbstständig wählt, der Staubsauger, der seine Saugleistung selbstständig anpasst oder der moderne Toaster, der die Brotsorte erkennt und die Bräunungsstufe wählt, wird heute von einem Mikroprozessor in einem Embedded System gesteuert.

Die Kfz-Elektronik allerdings ist ein besonderes prominentes Beispiel, weil sie im jährlich mit über 10% zunehmenden Elektronikmarkt ein Wachstum von über 20% (1998) aufweist und damit eine Spitzenstellung einnimmt [1]. Selbst diese bei einem Wachstum der Gesamtwirtschaft von nur weniger als 2,5% ohnehin schon beeindruckenden Zahlen verschleiern die Dynamik aber noch, mit der solche eingebetteten Systemen vordringen. Da elektronische Systeme selbst bei gleichbleibenden Herstellungskosten innerhalb von weniger als 2 Jahren jeweils eine Verdoppelung ihrer Leistungsfähigkeit

erreichen [2], überrascht es nicht, wenn in den neuesten Oberklassefahrzeugen die Anzahl der Mikroprozessoren die 100er Marke inzwischen überschritten hat ...

Qualifikationsprofil für Embedded System-Ingenieure

Die stürmische Entwicklung der eingebetteten Systeme hinterläßt ihre Spuren auch auf dem Arbeitsmarkt. Längst sind die Automobilhersteller und ihre Zulieferer auch große Elektronikhäuser mit einem immensen Bedarf an Informationstechnik- und Elektroingenieuren. Sie konkurrieren auf einem Arbeitsmarkt, auf dem ohnehin Ingenieurmangel herrscht, mit den "klassischen" Informationstechnikbranchen, wie den Hard- und Softwareherstellern der Computer-, Kommunikations- und Automatisierungstechnik, deren Wachstumsdynamik ebenfalls ungebrochen ist, sowie den neu entstehenden Geschäftswelten des Internet und Electronic Commerce.

Die in der Industrie tätigen Absolventen des Fachbereichs Informationstechnik mit den Studiengängen Nachrichtentechnik, Softwaretechnik und Technische Informatik und zukünftig die Absolventen des neugeschaffenen Aufbaustudiums zum Master of Science in Information Technology and Automation Systems beweisen dank ihres breiten Qualifikationsprofils in allen diesen Bereichen, wie man solche Systeme erfolgreich entwickelt:

- Mit ihrer Ausbildung in **Systemtechniken** wie Systementwurf, Modellierung, Simulation, Systemdynamik und Regelungstechnik haben sie die notwendigen Kenntnisse für den Definition und Analyse der Anforderungen und den konzeptionellen Entwurf solcher Systeme. Am Beispiel von Kommunikations- und Automatisierungssystemen haben Sie gelernt, wie man verteilte Systeme entwirft und den Datenaustausch zwischen den Teilsystemen organisiert.
- Ihre Ausbildung deckt alle wesentlichen **Implementierungstechniken** ab: Von der Hardwareentwicklung mit elektronischer Schaltungstechnik, Digital- und Rechner-technik, Schaltungsintegration, Hochfrequenztechnik und elektromagnetischer Verträglichkeit über die Technik von Rechner- und sonstigen Kommunikationsnetzen mit ihren Protokollfragen bis zur Softwareentwicklung mit dem Entwerfen, Programmieren und Testen in allen gängigen Klassen von Programmiersprachen und Rechnerumgebungen, den speziellen Randbedingungen der Prozessinformatik in Echtzeitsystemen und allen Kenntnissen, die den ingenieurmässigen Softwareentwickler vom blossen Programmierer unterscheiden.
- Durch die trotz der notwendigen Vertiefung nicht vernachlässigten **Ingenieurgrundlagen** wie etwa der Physik, die zum Verständnis der Sensorik oder für das Funktionalisieren und Zusammenspiel der mechanischen, hydraulischen, optischen und elektrischen Komponenten in einem Embedded System unabdingbar sind, wird die notwendige Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams erst ermöglicht.
- Die erforderlichen **Arbeitstechniken** für Projektplanung und -steuerung, Kooperation und Präsentation vor und mit anderen, auch ausländischen Ingenieuren sowie die Berücksichtigung wirtschaftlicher Randbedingungen können in Projektarbeiten sowohl an der Hochschule als auch in einer intensiven, in das Studium integrierten Industriepraxis besser als in theoretischen Lehrveranstaltungen erlernt werden. Die Praxisnähe ist sichergestellt, da alle Informationstechnik-Professoren über eigene, langjährige Industrieerfahrung verfügen und häufig im Technologietransfer selbst noch in aktuellen Industrieprojekten tätig sind.

- [1] C. Rosette: Kfz-Elektronik erstmals auf Platz 1. Elektronik, Heft 13/1999, S.6-7
- [2] W.Zimmermann: Ein Porsche zum Preis eines Golf? FHTE-Spektrum,
Sommersemester 1998

Prof. Dr.- Ing. Werner Zimmermann

lehrt an der FHTE Esslingen im Fachbereich Informationstechnik auf den Gebieten Regelungstechnik, Digital- und Rechnertechnik. Er beschäftigt sich mit allen Aspekten bei der Hardware- und Softwareentwicklung "eingebetteter Systeme" und ist Projektleiter für Kfz-Steuergeräte am Steinbeis-Transferzentrum Rechnereinsatz. Zuvor war er Abteilungsleiter bei der Robert Bosch GmbH in der Entwicklung von Dieseleinspritzsteuergeräten.