

# Embedded Systems in der Produktentwicklung – vom virtuellen zum realen Produkt

PROF. DR.-ING. REINER ANDERL, CHRISTIAN HESSLING,  
CHRISTOPH REICHENBACH, MARKUS WEIMER

## Einleitung

Die Entwicklung innovativer Produkte wird zu einem immer wichtigeren Beitrag zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens und trägt in entscheidendem Maße zur Zukunftssicherung des Unternehmens bei. Innovation in der Produktentwicklung hat vielfältige Facetten und reicht von neuen und originären Wirkungsprinzipien und physikalischen Effekten im Produkt sowie neuen Designkonzepten bis hin zu neuen Methoden und Werkzeugen im Produktentwicklungsprozess. Dabei ist eine Tendenz, die zu multidisziplinärer Produktentwicklung, klar erkennbar. Dies bedeutet, dass die Wirkungsweise und das Verhalten von modernen Produkten auf einer Kombination von Prinzipien der Mechanik, Elektrik, Elektronik und anderen physikalischen Prinzipien beruht. Dabei gewinnt die Betrachtung der multidisziplinären Systeme im Produkt als regelkreisbasiertes mechatronisches System zunehmend an Bedeutung.

Um diese mechatronischen Systeme steuern und regeln zu können, wird in steigendem Masse Informationstechnologie eingesetzt. Diese in Produkten eingesetzte Informationstechnologie führt zu eingebetteten Systemen (englisch: Embedded Systems). Embedded Systems gewinnen in der industriellen Produktentwicklung einen immer höheren Stellenwert. „Infolge der zunehmenden Bedeutung der Informationstechnologie in der Produktion als Wertschöpfungsfaktor, sowohl im Produktionsprozess als auch im Produkt selbst, ist die ingenieurmäßige Softwareentwicklung gerade für die klein- und mittelständigen Unter-



nehmen (KMU) der Zukunft als dritte Kernkompetenz zusätzlich zu Maschinenbau und Elektrotechnik von entscheidender Bedeutung“ [1]. Vor diesem Hintergrund werden Embedded Systems zu einem integralen Bestandteil neuer, innovativer Produkte.

Das Projekt Läufer ist ein studentisches interdisziplinäres

Projekt zur Entwicklung eines muskelgetriebenen High-Tech Reisefahrzeugs. Es zeichnet sich durch innovative Konzepte in den Bereichen Antrieb, Energiemanagement, Informationsmanagement, intuitive Bedienbarkeit sowie deren Integration in ein ganzheitliches Design aus. Bild 1 zeigt den Designentwurf des Läufers.

## Embedded Systems in der Produktentwicklung vom virtuellen zum realen Produkt

Innovation in product development is based on a wide variety of innovative approaches and covers new product's function principles, new physical effects as well as new design concepts and new methods and tools to support the product development process. Within this context multidisciplinary product development is an issue and the understanding of a product as a mechatronic system gains an increasing importance. Therefore embedded systems are becoming more and more important.

The project "Läufer" is an interdisciplinary project performed by students of computer science and mechanical engineering to develop a High-Tech travelling vehicle. New innovative concepts have been developed for the "Läufer" in the areas of power train, energy management, information management, intuitive usage as well as their integration into a unique design. An important approach based on embedded systems has been developed for the control system for the components of the "Läufer". These components are the hybrid power drive, the energy storage system, the intelligent lighting and further functional components. Furthermore an integrated information management based on embedded systems supports the intuitive usage of the "Läufer".

Einen wichtigen innovativen Ansatz im Läufer stellt die Steuerung und Regelung der mechatronischen Läuferkomponenten dar. Im einzelnen sind dies der leistungsverzweigte Hybridantrieb, das Energiespeichersystem, die intelligente Beleuchtung sowie weitere funktionsrelevante Systeme. Darüber hinaus verfügt der Läufer über ein integriertes Informationsmanagement zur intuitiven Bedienung des Läufers und zur Information des Fahrers. Embedded Systems werden sowohl zur Steuerung und Regelung der mechatronischen Läuferkomponenten als auch zum Informationsmanagement eingesetzt.

Ein charakteristisches Merkmal des Embedded System Ansatzes im Läufer ist die interdisziplinäre Vorgehensweise mit einer kooperativen Entwicklungsmethodik bei der der Informatik die Entwicklung und Bereitstellung der Grundfunktionalität (z.B. Hardwarezugriff, Kommunikation) obliegt, während dem Maschinenbau die Anwendung dieser Grundfunktionalität im Produkt Läufer zukommt.

Da die Entwicklung des Läufers als 3D-CAD-Modell im parametrischen CAD-System CATIA V5 erfolgt, bietet sich eine ideale Gelegenheit, die Funktionalität der Software der Embedded Systems am virtuellen Produkt zu simulieren und am realen Prototypen zu verifizieren.

Durch die zunehmende Bedeutung von Embedded Systems in modernen Produkten wird auch ihre Integration in virtuelle Produkte während des Produktentwicklungsprozesses immer wichtiger. Der Vorteil liegt dabei darin, durch eine Simulation bereits in frühen Entwicklungsstadien Fehlerquellen zu lokalisieren und zu beheben sowie Änderungen durchzuführen. Daraus ergeben sich eine Reihe von zukünftigen Forschungspotentialen, um die Integration von Embedded Systems in virtuelle Produkte zu erforschen und zu optimieren.

Bild 1:  
Designentwurf  
des Läufers  
*Design of  
the Läufer*

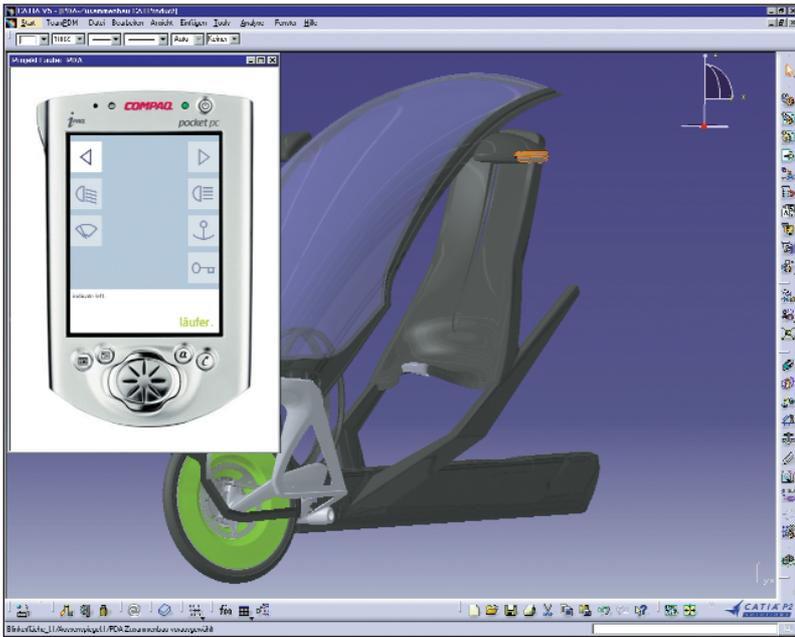


## Vorgehensweise zur Entwicklung von Embedded Systems

### Interdisziplinärer Entwicklungsprozess

Die Vorgehensweise zur Entwicklung des Läufers aus der Sicht des Maschinenbaus basiert auf den Grundlagen des Methodischen Konstruierens und umfasst nach der Erstellung des Anforderungsprofils in Form eines Pflichtenheftes die Konzeption, die Gestaltung und die Ausarbeitung. Während der Konzeption werden die Funktionalität und die physikalischen Wirkprinzipien festgelegt. Schon während dieser Phase werden bereits Entscheidungen darüber getroffen, welche Disziplinen an der Realisierung eines Teilsystems des Läufers beteiligt sind. Es entsteht also ein Anforderungsprofil an den Entwurf der Teilsysteme. So wurden für Embedded Systems deren Funktionalität und Leistungsmerkmale spezifiziert.

In der Gestaltungsphase entsteht das 3D-CAD Modell des Läufers, das als Gesamtmodell auch in Form eines sogenannten Digital Mockups (DMU), also als digitale Volumengeometrie für die zusammengebauten Bauteile (Einzelteile und Baugruppen), vorliegt. Das 3D-CAD Modell des Läufers und auch der Digital Mockup erlauben nun wichtige Analysen und Simulationen in der digitalen Welt. So wird beispielsweise die Festigkeit der Konstruktion nachgewiesen, die Bewegung der Komponenten simuliert und auch die Korrektheit und Konsistenz der Software als Teil des Embedded Systems validiert. Bild 2 zeigt beispielhaft, wie die Funktionalität des integrierten Informationsmanagement am Beispiel der Fahrtrichtungsanzeige simuliert wird.



**Bild 2:** Simulation des integrierten Informationsmanagement am Beispiel der Fahrtrichtungsanzeige im Digital Mockup  
*Simulation of the integrated information management illustrated by an indicator in the digital mockup*

Bei diesen Analysen und Simulationen in der digitalen Welt stellen sich oft Verbesserungspotentiale für die Entwicklungs- und Konstruktionsansätze heraus, die dann leicht und kostengünstig berücksichtigt werden können.

Nach der Validierung in der digitalen Welt erfolgt auch eine Validierung im Rahmen physikalischer Prototypen. Dazu werden die Teilsysteme zunächst als Einzelsystemprototypen getestet, danach im Gesamtsystem untersucht. Fehlerprotokolle und Verbesserungsansätze fließen direkt in die Spezifikation und die Realisierung der Embedded Systems zurück und können, sofern keine grundlegenden Rahmenbedingungen verletzt werden, in einer Überarbeitung berücksichtigt werden.

In der Ausarbeitungsphase werden die Komponenten des Läufers so detailliert, dass sie hergestellt werden können. Wichtige Ansätze sind dabei die Fertigungsgerechtigkeit und die Orientierung an den Rahmenbedingungen der Produktion. So ist z. B. geplant, die Herstellung des Läufers als Kleinserie (Stückzahl 10) zu realisieren. Diese Vorgabe legt wiederum Rahmenbedingungen

fest, die fertigungstechnische Machbarkeit vor dem Hintergrund wirtschaftlicher Erwägungen optimiert. Dies gilt insbesondere auch für die Embedded Systems.

Die Herausforderung an diesem Projekt aus der Sicht der Informationstechnik war es, dass aufgrund des ambitionierten Aufbaus der mechatronischen Systeme im Läufer sehr tief in den informationstechnischen Entwurf eingestiegen werden muss, um die gewünschte Funktionalität zu erzielen.

Aufgabe der Informationstechnik ist es also, eine Schnittstelle zu schaffen, auf der die mechatronischen Anwendungen erstellt werden können, ohne allzu tief in die Informationstechnik einsteigen zu müssen. So wurde z. B. eine Kommunikationsarchitektur für den Läufer entworfen, die jedem Entwickler eines mechatronischen Systems eine „virtuelle Leitung“ vom PDA (Personal Digital Assistant) zu seinem Gerät erstellt. Dies entlastet den Entwickler einer mechatronischen Komponente von der Kommunikationsprogrammierung.

Ein anderer Bereich, in dem die Informationstechnik die Entwicklung der mechatronischen Kom-

ponenten erleichtert, ist der Bereich der „Embedded Platinen“. Für diese wurden Assembler-Makros entwickelt, mit denen die Entwickler die einzelnen Funktionen der Platine ansprechen können, ohne sich selbst um die Details des Platinenentwurfs kümmern zu müssen.

Diese beiden Beispiele zeigen wesentliche Ansätze der Informationstechnik in diesem Projekt auf: Die integrale und systematische Abstimmung mit den Entwicklern der mechatronischen Komponenten. Diese Abstimmung garantierte den Erfolg der Entwicklung Embedded Systems basierter Läuferkomponenten.

## Embedded Systems im Läufer

### Embedded Systems zur Steuerung und Regelung der Funktionselemente

Viele technische Produkte und Systeme sind im Läufer integriert, so zum Beispiel Blinker, Scheibenwischer und natürlich die Steuerung des hybriden Antriebs. Für all diese Subsysteme ist eine Steuerungslogik vonnöten, selbst wenn sie nur das wechselnde Ein- und Ausschalten eines Blinkers regeln muss, die zudem noch von einer, dem Fahrer bequem zugänglichen Stelle aus kontrolliert werden muss. Somit liegen zwei Embedded-Probleme vor: Der Peripherie des Läufers sollen nichttriviale Funktionen zur Verfügung gestellt werden, und die zur Verfügung stehende Hardware soll zudem von einer zentralen Stelle aus kontrollierbar sein.

Einen Schwerpunkt stellt zunächst die Steuerung der Geräte dar. Hier stehen insbesondere zwei verbreitete Technologien zur Diskussion: Festverdrahtete Kommunikation und drahtlose Kom-

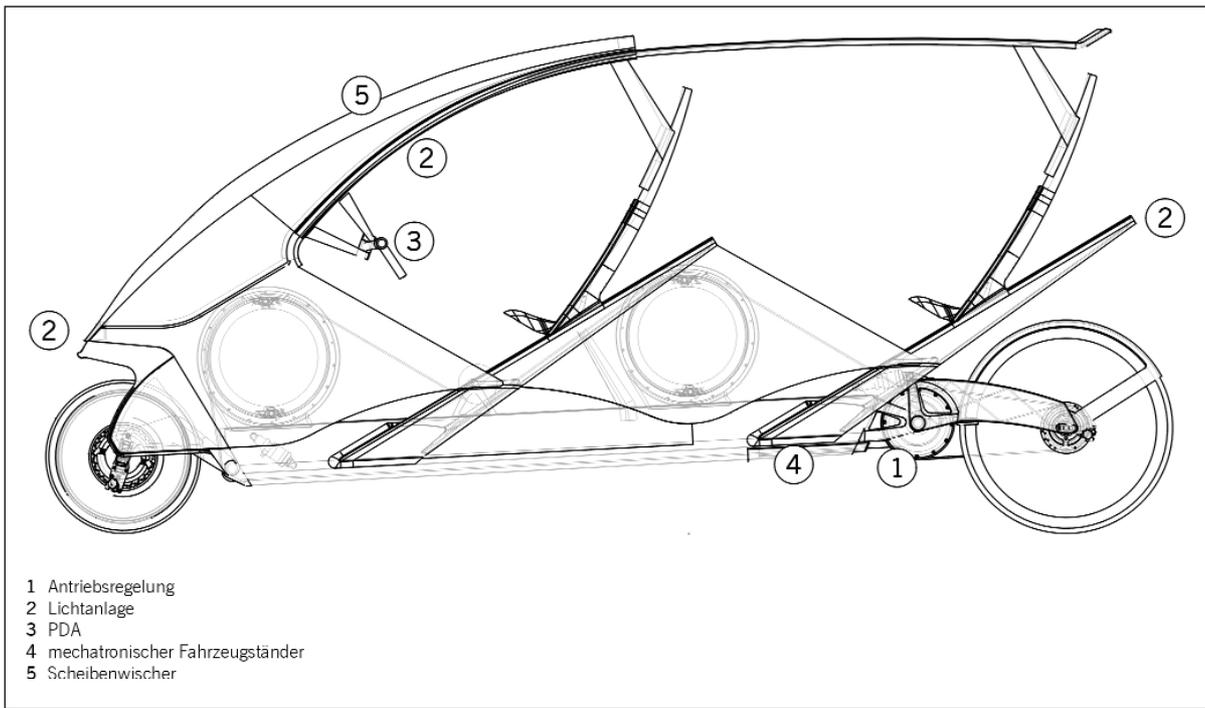


Bild 3:  
Einzelne Embedded Systems im Läufer  
Embedded systems of the Läufer

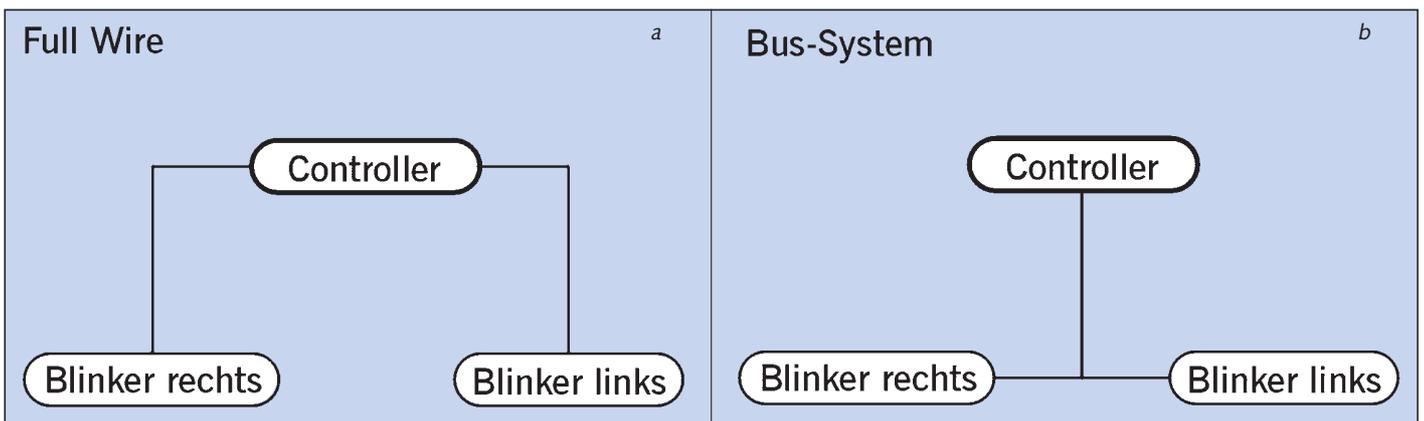
munikation, wie sie zum Beispiel mittels des Bluetooth-Protokolls [2] verwendet wird. Der Hauptvorteil der letzteren in diesem Projekt wäre ein Wegfall des Verdrahtungsaufwandes; andere sich ergebende Vorteile wie einfache Veränderung der Menge der zur Verfügung stehenden Geräte zur Laufzeit oder die Möglichkeit, sie innerhalb des Empfangsbereichs zu bewegen, sind in diesem Zusammenhang weniger nützlich. Zudem wären Sicherheitsaspekte zu beachten, da Funknetze anfälliger gegenüber Fremdeinwirkungen absichtlicher oder unabsichtlicher Art sind.

Im Projekt Läufer wurde auf Verkabelung gesetzt, die den weiteren Vorteil hat, weniger auf-

wendige Hardware zu beanspruchen. Nun wäre die erste Ansatzmöglichkeit, jedes Peripheriegerät direkt mit zwei Kabeln zu verbinden und separat anzusteuern. Dies entspricht allerdings nicht der gängigen Praxis in Fahr- und Flugzeugen; hier wird, wie auch in gängigen Computersystemen, ein Bussystem verwendet. Dies entbindet den zentralen Controller von der Notwendigkeit, mit jedem Gerät direkt physisch einzeln verbunden zu sein und erlaubt weiterhin, Kabel zu sparen, da nun nahe beieinander gelegene Systeme direkt miteinander verbunden sein können und von ihnen nur eine gemeinsame Leitung zurückgelegt werden muss (siehe Bild 4).

Natürlich erhöht dies zugleich den Anspruch an die Logik, die die Zielgeräte mitbringen müssen, da es nun ihre Aufgabe ist, die an sie gerichteten Botschaften von den anderen zu unterscheiden. Das verwendete Bus-System ist der sogenannte CAN-Bus (Controller Area Network) (siehe z.B. [3]), bei dem jede Datenübertragung ein Broadcast an die komplette Peripherie ist. Dieses serielle Bussystem, das unter anderem auch in Fahrzeugen eingesetzt wird, erlaubt die Übertragung von Botschaften in Blöcken einer Länge von 11 bis 75 Bit (in 8-Bit-Schritten, wobei noch einige Steuerungsbits hinzukommen, die für Informationsübertragung jedoch nicht oder nur einge-

Bild 4:  
Kabelbaum und Verkabelung mit Bussystem  
a) Ausgeführter Kabelbaum  
b) Verkabelung mit Bussystem  
a) full wiring  
b) wiring harness using a BUS-system



schränkt verwendbar sind); zudem ist es verhältnismässig einfach implementierbar, bietet Übertragungskontrollen und erlaubt eine Arbitrierung der Botschaften anhand einer (zumeist in den ersten 11 Bit codierten) Priorität. Somit treten keine Konflikte auf, wenn mehrere Parteien gleichzeitig kommunizieren wollen, und zugleich ist gewährleistet, dass wichtige Botschaften sich gegenüber unwichtigen durchsetzen.

Es existieren mehrere fertige Systeme und Mikrocontroller, die bereits mit einer CAN-Anbindung ausgestattet sind. Dies ist vorteilhaft, was die Peripherie angeht, doch stellt sich die Frage, ob für die zentrale Kontrollinstanz ebenfalls ein spezialisierter Mikrocontroller verwendet werden sollte. In früheren Phasen des Projekts war jedoch oft ein Interesse an einer Möglichkeit geäußert worden, diese Kontrollinstanz – soweit möglich in Software – auf einem vom Fahrzeug separierbaren Personal Digital Assistant (PDA) zu implementieren, um das Läufer-Cockpit um die zusätzlichen Fähigkeiten eines solchen Gerätes wie Zeitanzeige, Terminmanagement oder gar Routeninformationen erweitern zu können. Diese reizvolle Idee brächte zugleich den Vorteil einer eingebauten Visualisierungsmaschinerie. Die Displays handelsüblicher PDAs sind, sofern beleuchtbar, durchaus geeignet, Zustandsinformationen wie Fahrtgeschwindigkeit, Ladestand der Batterien oder die Aktionen der Blinker darzustellen oder aufzuzeichnen und somit wesentliche Funktionalität eines Fahrzeugcockpits zu übernehmen.

Dennoch führt diese Entscheidung zu einem Problem: Die genannten handelsüblichen PDA's bieten keine (für Konsumenten im Allgemeinen schließlich auch

nicht interessante) Anbindung an den CAN-Bus oder ähnliche Systeme; übliche Anschlüsse sind in diesem Segment serielle Leitungen, USB (Universal Serial Bus) oder eventuell auch über Smartcards verfügbares Ethernet. Um dennoch einen PDA verwenden zu können, musste somit ein Mittler, der sowohl CAN als auch eine der vom PDA angebotenen Kommunikationsmethoden versteht, zwischengeschaltet werden. Die Wahl fiel hierbei auf ein für die Antriebssteuerung verwendetes Board [4] auf Basis des C167-Prozessors, auf dem der PXROS-Echtzeitkernel eine Multitasking-Umgebung zur Verfügung stellt, die die Koexistenz der Mittler-Funktionalität mit dem Antriebssteuerungsprogramm gewährleistet.

Um die Ansteuerung der Peripherie hinreichend flexibel und zugleich nicht unnötig kompliziert zu gestalten, wurde schließlich einheitlich für alle Peripheriegeräte eine Platine mit CAN-Controller, ferromagnetischem Speicher und einigen anderen Funktionalitäten entwickelt, deren Herz ein Uvicom SX-52 bildet. Diese Platine, für jedes an den

Läufer angeschlossene Subsystem ausreichend bestückt, mag zwar auf den ersten Blick unangemessen flexibel erscheinen. Die Entwicklung einer eigenen Kontrollplatine für diese wäre jedoch zu aufwendig, als dass sich dies durch die gesunkenen Materialkosten rechtfertigen liesse. Zudem erleichtert diese Uniformität die Entwicklung der die Peripherie kontrollierenden Software, die ihre Funktionalität implementiert – soweit noch nicht in Hardware geschehen – und über den Bus der zentralen Kontrollinstanz verfügbar macht.

Für die Kommunikation über den CAN-Bus wurde zu diesem Zweck ein zweischichtiges Kommunikationsprotokoll entwickelt. In diesem Protokoll stellt die untere Schicht (O-Schicht) einen Kommunikationskanal zu einem bestimmten Gerät zur Verfügung; Kommunikation in dieser Schicht garantiert (was vom CAN-Bus selbst nicht garantiert wird), dass entweder die Übertragung ein Gerät mit einer spezifizierten Identifikationsnummer erreicht hat, oder, dass das Misslingen der Kommunikation bemerkt wird. Hierbei ist es auch möglich, dass

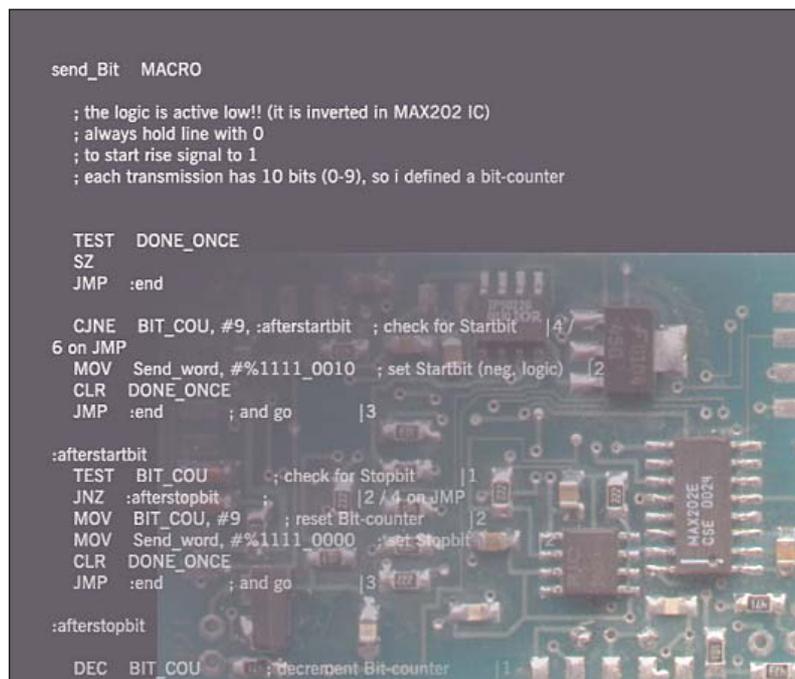


Bild 5:  
Die Kombination Hardware/Software macht die Funktionalität eines embedded Systems aus.  
Combination of hardware and software

mehrere physikalische Geräte sich eine Identifikationsnummer teilen. Die obere Schicht (Z-Schicht) verwaltet den Zustand der Geräte und definiert Methoden, um Zustände abzufragen und Zustandsänderungen zu melden. Insgesamt wird dabei die Addressierung von bis zu 30 Gerättypen ermöglicht, deutlich mehr, als aller Voraussicht nach im Projekt Läufer zum Einsatz kommen werden.

Die Zustände der angeschlossenen Subsysteme können somit mit einer gewissen Verzögerung in der zentralen Kontrollinstanz inspiziert und manipuliert werden. Zu diesem Zweck simulieren die für jeden dort vorhandenen Treiber das Zustandsmodell des betroffenen Geräts, eventuell in einer vereinfachten Form. So ist es zum Beispiel zwar für den Controller des Scheibenwischers interessant, ob nun gerade nach links oder nach rechts gewischt wird, für den Treiber jedoch ist diese Information unerheblich – er unterscheidet nur zwischen 'Wischen' und 'Nicht Wischen' und vielleicht einer Auswahl an Wischgeschwindigkeiten. Der Zustandsübergangsgraph des Treibers entspricht also dem des kontrollierten Gerätes, bei dem Zustände zusammenfallen können.

### Embedded Systems zum Informationsmanagement

Das Informationsmanagement im Läufer soll den Fahrer jederzeit über den Zustand der verschiedenen Komponenten des Läufers informieren. Hierzu ist es nötig, Fahrzeugdaten zu sammeln, zu verarbeiten und dem Fahrer angemessen zu präsentieren. Zusätzlich soll der Fahrer über das Informationsmanagement Eingriffsmöglichkeiten in das Fahrzeugmanagement erhalten. So kann ein Fahrer z.B. ein-

stellen wollen, dass er, um einen niedrigerem Batterieverbrauch zu erzielen, langsamer fahren möchte. Im Falle des Läufers kann man sich auch vorstellen, dass der Fahrer die einzelnen „Knöpfe am Lenkrad“ umbelegen möchte. All dies soll ihm durch das Informationsmanagement ermöglicht werden. Dies bedeutet, dass der Läufer Rechenleistung, ein Display sowie Eingabemöglichkeiten benötigt. Diese Anforderungen können über einzelne Komponenten realisiert werden. Der eingeschlagene alternative Weg war jedoch, den Einsatz von Standard-Komponenten aus dem IT-Bereich vorzusehen.

Das zentrale Interface zum Informationsmanagement im Fahrzeug ist kein Embedded Device im engeren Sinne, sondern ein Persönlicher Digitaler Assistent, kurz PDA, wie er heute zur persönlichen Organisation üblich ist. Er bringt die zwei wesentlichen Dinge, die das Interface zum Informationsmanagement ausmachen, mit: Rechenleistung und graphische Interaktion. Diese Geräte bieten dies in einer Kombination, die bei den Stückzahlen, die im Projekt Läufer benötigt werden, auf traditionellem Wege nicht finanzierbar wären. Konkret handelt es sich bei dem von uns eingesetzten Gerät um einen Compaq IPAQ H3660, der für seine Größe über beeindruckende Leistungsdaten verfügt:

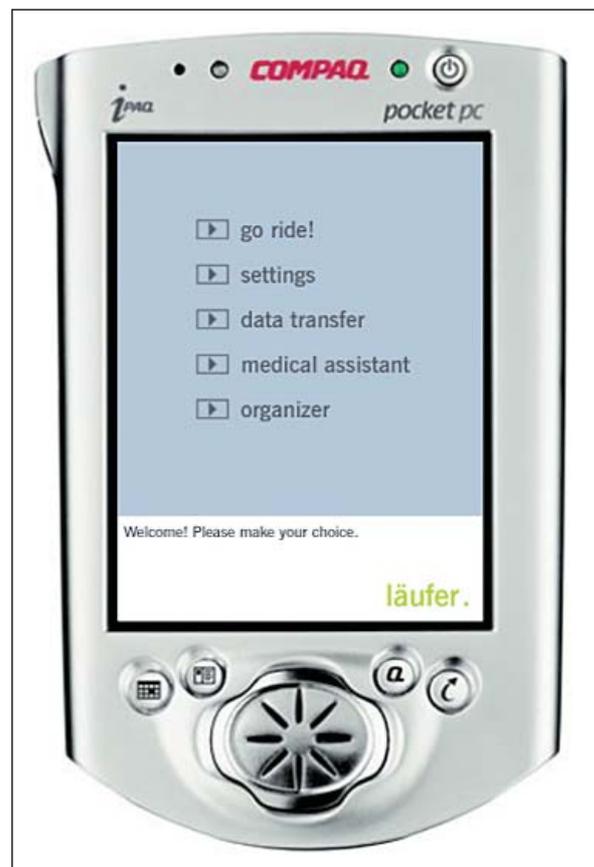
- Intel StrongARM 32Bit Prozessor, 206MHz
- 64MB RAM, 16MB Flash-Speicher
- Reichhaltige Schnittstellen (USB, RS232, bis zu 2xPCMCIA)
- Reflektives TFT Farbdisplay mit 240x320 Pixel

Gerade der letzte Punkt, das reflektive Farbdisplay, war ein wesentliches Argument für die

Auswahl dieses Gerätes. Herkömmliche Thin Film Transistor (TFT-)Displays, wie man sie z.B. von Notebooks kennt, arbeiten mit einer Beleuchtung hinter dem Display, um das nötige Licht für die Darstellung zu erhalten. Dies funktioniert bei normalem Umgebungslicht sehr gut, scheitert allerdings bei starker Sonneneinstrahlung oder insgesamt hellem Umgebungslicht, da die Hintergrundbeleuchtung naturgemäß nicht beliebig hell sein kann. Ein weiteres Problem dieser Vorgehensweise ist der recht hohe Stromverbrauch, was sich vor allem in den immer noch ungenügenden Akku-Betriebszeiten aktueller Notebooks zeigt.

Diese Probleme umgeht man mit einem reflektiven TFT Display, welches das Umgebungslicht als Lichtquelle nutzen kann. Bei dieser Technologie sitzt die Lichtquelle nicht mehr hinter dem Display, sondern davor. Das so eingebrachte Licht wird hinter dem Display reflektiert. Dadurch führt

Bild 6:  
Der Compaq IPAQ mit einem Entwurf des Fahrerinformationssystems  
Compaq iPAQ illustrating the design of the vehicle information system



helleres Umgebungslicht bei dieser Technologie auch immer zu einem helleren Bild auf dem Display, was gerade für die Anwendung im Läufer ein großer Vorteil ist. Auch kann der Stromverbrauch durch die Nutzung des Umgebungslichtes gesenkt werden, was einem muskelgetriebenen Fahrzeug natürlich zu Gute kommt.

Ein weiteres Argument für die Wahl dieses PDAs war die Tatsache, dass eine recht gute Portierung des Betriebssystems Linux für dieses Gerät verfügbar ist [5]. Linux wurde als Betriebssystem für den PDA aus den folgenden Gründen ausgewählt, auf die im folgenden weiter eingegangen werden soll:

- Wissenschaftliches Interesse am Status von Linux im Embedded Bereich,
- Verfügbarkeit auf mehr als einer Plattform und
- Multitasking-Fähigkeit.

Linux im Embedded Systems Bereich ist ein wichtiger Ansatz der IT-Industrie.

Durch die Verfügbarkeit von Linux auf vielen verschiedenen Rechnerarchitekturen (Intel x86, ARM, Alpha, PowerPC, SPARC, etc. siehe auch [6]) ist es möglich, für jede Anwendung die jeweils passende Rechnerarchitektur zu wählen. So wurden z.B. für die Entwicklung der Software für den Läufer Intel- und Alpha-basierte Workstations sowie Intel-Laptops eingesetzt. Besonders die Intel-Prozessoren zeichnen sich durch ein gutes Preis-Leistungsverhältnis aus. Unter anderem aufgrund der immer noch vorhandenen Kompatibilität zum 8086 verbrauchen diese CPUs jedoch sehr viel Strom, so dass eine Anwendung im mobilen Bereich kritisch ist. In diesem Bereich haben Architekturen wie z.B. ARM eindeutige Vorteile, da bei ihrer Kon-

zeption der Stromverbrauch ein zentrales Thema war. Und Linux ermöglicht es, diese Architekturen nach oben hin, d.h. aus Sicht des Anwendungsentwicklers, zu homogenisieren. So wurde die gesamte Software für den Läufer zunächst auf den oben genannten Workstations entwickelt und auch getestet, bevor sie durch einfaches Neuübersetzen zu PDA-Anwendungen wurden. Somit konnten auch die Fähigkeiten und die Erfahrung der Projektteilnehmer in der Linux-Programmierung direkt übertragen werden. Genauso ist es leicht möglich, schon bestehende Software auf den PDA zu portieren.

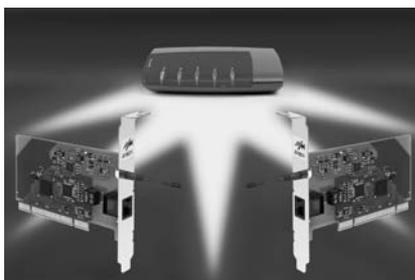
Ein weiterer Vorteil von Linux ist die Tatsache, dass es im Gegensatz zum populären PalmOS Multitasking beherrscht. Dies macht es gerade vor dem Hintergrund der Rechenleistung des IPAQ möglich, später weitere

## Innovationen aus dem Herzen von Berlin

### AVM Computersysteme Vertriebs GmbH

Im Zentrum von Berlin entwickelt AVM Hard- und Software im Bereich Telekommunikation in den hellen Räumen eines liebevoll sanierten Altbaus direkt an der Spree. Hier begann auch die Erfolgsgeschichte der FRITZ!Card – die inzwischen als Synonym für ISDN-Karten allgemein steht. Bei AVM ist man stolz darauf, dass das Produktportfolio ausschließlich aus eigenen Entwicklungen besteht.

Die neuen AVM-Produkte tragen den aktuellen Trends in der Telekommunikationsbranche Rechnung. So bringt AVM passend zur Marktöffnung ein DSL-Gerät in den Handel: Die FRITZ!Card DSL kombiniert einen ADSL-Zugang und einen klassischen ISDN-Controller auf einer internen Einsteckkarte. Dieses AVM-Produkt erfüllt den Standard der Deutschen Telekom für DSL-Modems und hat sich in einem Feldtest des Netzbetreibers hervorragend bewährt.



Des Weiteren erweitert AVM seine FRITZ!-Familie um eine Bluetooth-Lösung. Mit Hilfe dieses Funkstandards ersetzt BlueFRITZ! die Kabel für den Transport der ISDN-Daten auf der "kleinen letzten Meile". Aber auch die bereits auf dem Markt etablierten ISDN-Controller von AVM sind Gegenstand kontinuierlicher Weiterentwicklung. Mit Linux, Windows XP, Windows Me und Windows 2000 werden alle wichtigen Betriebssysteme unterstützt. Eine Botschaft, die nach AVM-Erfahrung vom Kunden noch lieber vernommen wird als Aussagen über Produktneuheiten.

*BlueFRITZ! für kabelloses ISDN und Internet*

#### Mit der FRITZ!Card in die Pole Position

AVM wurde 1986 von drei Studenten gegründet und hat sich innerhalb kurzer Zeit zum führenden Anbieter von ISDN PC-Controllern und ISDN-Anwendungsprogrammen entwickelt. Bekanntestes und vielfach ausgezeichnetes Produkt ist die FRITZ!Card. Diese Karte wurde bisher über 7 Millionen Mal verkauft. Zahlreiche Testsiege und Preise bei Leserwahlen unterstreichen diesen Erfolg. AVM erzielte im Jahr 2000 mit 450 Mitarbeitern einen Umsatz von 360 Millionen DM. Laut IDC-Marktzahlen kamen in diesem Jahr rund 50 Prozent aller in Europa verkauften ISDN-PC-Controller von AVM. In Deutschland liegt der Marktanteil bei 73 Prozent. AVM will mit seinen Innovationen auch weiterhin eine führende Position einnehmen und bei ausgewählten Entwicklungen die Impulse geben.

Infos: [www.avm.de](http://www.avm.de), [work@avm.de](mailto:work@avm.de)

Funktionalität als zusätzliches Programm nachzurüsten. Bei einem PalmOS betriebenen PDA müsste man dies immer in das schon bestehende Programm integrieren, da PalmOS die gleichzeitige Ausführung mehrerer Anwendungen nicht zulässt. Somit würde das Aufrufen einer anderen Anwendung die Steuersoftware des Läufers anhalten, was natürlich nicht wünschenswert ist. Microsofts WindowsCE erfüllt zwar ebenfalls diese Anforderungen, die Projektteilnehmer verfügten jedoch über keine ausreichenden Erfahrungen in diesem Bereich.

## Ausblick

Der interdisziplinäre Ansatz zur Entwicklung von Embedded Systems für die mechatronischen Komponenten und das Informationsmanagement des Läufers hat sich überaus bewährt. Durch die

sen methodischen Ansatz, der Informationstechnologie und traditionelle Ingenieurwissenschaften zusammenarbeiten ließ, wurden neue Lösungen möglich. Die Informationstechnik machte den Entwicklern der Embedded Systems einen Abstraktionsgrad in der Programmierung möglich, der ihnen das Potenzial verschaffte, auch beim Entwurf der Funktionalität ihrer Komponenten neue Wege zu gehen. Gezeigt hat sich auch, dass Standard-Technologien aus der Informationstechnik immer mehr die Speziallösungen im Embedded Bereich ersetzen können.

Der Einsatz von Linux für Embedded Systems hat sich als machbar erwiesen. Derzeit wird auch an der Entwicklung von Linux-basierten Geräten gearbeitet. Eine detaillierte Übersicht über eine grosse Menge an Linux-basierten Embedded Devices findet sich auf [7].

## Literatur

[1] Entwicklung, Produktion und Service von Software für eingebettete Systeme in der Produktion; Abschlussbericht der Vordringlichen Aktion des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, BMBF 3. Februar 2000

[2] <http://www.bluetooth.com/>: The official Bluetooth homepage

[3] <http://www.ife.tu-graz.ac.at/Lokal/Tech/Can-Bus/>: CAN - Bus, Seite der TU Graz

[4] <http://www.hightec-rt.com/>: HighTec EDV Systeme GmbH

[5] <http://www.handhelds.org/>: Homepage der Linux-Portierung auf den IPAQ.

[6] <http://www.kernel.org/>: Homepage des Linux-Kernels.

[7] <http://www.linuxdevices.com/>: Übersicht über den Markt für Linux-basierte Embedded Devices.

# Ideen...



»Nichts auf der Welt ist so mächtig wie eine Idee, deren Zeit gekommen ist.«

*Victor Marie Hugo*



## Ihr Neustart bei AVM

Wie sieht Kommunikation von morgen aus? Wenn Sie dieser Frage auf den Grund gehen wollen, dann sind Sie bei AVM gut aufgehoben. Als führender Anbieter von ISDN-Controllern hat AVM bereits eine Spitzenposition bei der Entwicklung neuer Produkte für die ISDN-, GSM- und ADSL-basierte Kommunikation erreicht. Die Gestaltung der Zukunft geht weiter. Und dafür brauchen wir Sie.

Arbeiten Sie mit uns als **Software- oder Hardwareentwickler/in** an innovativen Produkten, erproben Sie als **Testingenieur/in** deren einwandfreie Funktion in einem kritischen Markt, steuern Sie Ihr Produkt als **Product Manager/in** durch die Wogen von Angebot und Nachfrage, bereiten Sie als **Presales-Mitarbeiter/in** den Boden für zufriedene Kunden oder bringen Sie sich in einen unserer **Vertriebs- oder Marketingbereiche** ein.

Unser gutes Betriebsklima ist Teil unserer Erfolgsgeschichte, denn: Gute Arbeitsergebnisse lassen sich nur in einem sympathischen Umfeld erzielen. Flache Hierarchien bieten die ideale Voraussetzung, Ihr Potenzial voll zu entfalten. Spannende Aufgaben, ein junges Team und das attraktive Uferhaus an der Spree im Herzen von Berlin warten auf Sie.

**Besonders gefragt im AVM-Entwicklungsteam sind Absolventen der Studiengänge:**

• Informatik	• Physik
• Elektro-/Nachrichtentechnik	• Mathematik
• Kommunikationswissenschaften	• Wirtschaftsingenieurwesen

Marion A. Schützendorf von AVM Berlin freut sich auf Ihre aussagekräftige Bewerbung unter dem Stichwort "TU Darmstadt".

**work@avm.de**

AVM Computersysteme Vertriebs GmbH, Alt-Moabit 95, D-10559 Berlin, Tel.: 0 30/3 99 76 - 600, Fax: 0 30/3 99 76 - 255, [www.avm.de](http://www.avm.de) **High-Performance ISDN by...** 

## Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK)

Das Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK, Leiter: Professor Dr.-Ing. R. Anderl) des Fachbereichs Maschinenbau der Technischen Universität Darmstadt beschäftigt sich in Forschung und Lehre mit der Informations- und Kommunikationstechnologie im Maschinenbau. Zu den wichtigsten Kompetenzfeldern zählen die Informationsmodellierung, die Virtuelle Produktentstehung sowie das verteilte, kooperative Arbeiten.

Der Kompetenzbereich „Methoden zur Informationsmodellierung“ enthält die Entwicklung von objektorientierten Verfahren und Werkzeugen zur Informationsmodellierung für Anwendungen des Maschinenbaus. Die Schwerpunkte liegen dabei in der Entwicklung von Produktmodellen wie z. B. die der internationalen Norm ISO 10303 (STEP). Im Kompetenzbereich „Virtuelle Produktentstehung“ werden digitale Produktentwicklungs- und Produktionsplanungsmethoden erforscht. Ziel ist es dabei, einmal beschriebene Produktdaten durchgängig in Prozessketten weiterzuverarbeiten, die Produktdaten zu verwalten und Produktdatenflüsse und Arbeitsabläufe zu steuern. Ein Schwerpunkt liegt dabei insbesondere in der Erforschung und Anwendung von parametrischen 3D-CAD-Systemen für die interdisziplinäre Entwicklung von Produkten.

Im Kompetenzbereich „Verteiltes und Kooperatives Arbeiten“ wird untersucht, wie sich Produktentwicklungsprozesse örtlich und zeitlich verteilen lassen. Im Mittelpunkt der Forschung steht dabei die Verteilung von Produktentwicklungsaufgaben über Ländergrenzen und Zeitzonen hinweg sowie die Untersuchung der damit verbundenen Informationsflüsse.

## Das Projektteam Läufer

Im Rahmen des Projektes Läufer wird ein muskelbetriebenes Reisefahrzeug entwickelt, konstruiert und realisiert. Vor drei Jahren von zwei Studenten am Fachgebiet für Maschinenelemente und Konstruktionslehre der TU Darmstadt (unter Leitung von Professor Birkhofer) gegründet, entstand in Kooperation mit dem Fachbereich Gestaltung der FH Darmstadt ein faszinierendes Produktkonzept.

Durch die bemerkenswerte Unterstützung aus der Industrie und eine intensive Zusammenarbeit mit dem Institut für Datenverarbeitung in der Konstruktion (DIK) von Professor Anderl formte sich der Läufer von der Vision zum ersten Prototypen. Dieser wurde auf der Industrie Hannover Messe 2000, dem European CATIA Forum 2001 (IBM) und der EUROMOLD 2001 einem interessierten Publikum vorgestellt.

Die positive Resonanz und der Erfahrungshorizont bildeten die Grundlage für die folgende Phase des Redesigns. Zielsetzung ist die Realisierung einer Kleinserie im Umfang von 10 Fahrzeugen in einem interdisziplinären Projektrahmen. Zu einem wichtigen Bestandteil dieser Umsetzung ist neben der Verteilten Produktentwicklung mit dem Lehrstuhl für Produktentwicklung von Professor Lindemann an der TU München die Unterstützung durch das Institut für Integrierte Schaltungen und Systeme von Professor Huss geworden. Insgesamt arbeiten mittlerweile 16 Studenten und über 50 Partner aus der Industrie an der Fertigstellung des Produkts.

Die Fraunhofer-Technologie-Entwicklungsgruppe (TEG) in Stuttgart arbeitet als der Entwicklungsspezialist mit namhaften Partnern aus der Industrie an der innovativen Vernetzung von Produktentwicklung, Produktionstechnik und Organisation.

Wir bieten engagierten und kreativen Köpfen herausfordernde Aufgaben.



**Fraunhofer** Technologie-Entwicklungsgruppe



**»Wir haben eine Schwäche für Stärken.**

**Sie auch? – Dann sollten wir uns kennenlernen!«**

Moderne Arbeitsplätze in einer flachen Hierarchie, die rasche Übernahme von Verantwortung und die Möglichkeit, in kürzester Zeit ein Maximum an Know-how zu erwerben und damit den Grundstein für Ihre weitere Karriere zu legen, kennzeichnen unser Unternehmen. Unsere Kunden sind Innovationsträger aus unterschiedlichsten Branchen der Industrie.

**Kommen Sie zu uns. – Wir zählen auf Sie!**

Anstellung, Vergütung und Sozialleistungen richten sich nach dem Bundes-Angestellten-tarifvertrag (BAT). Die Verträge sind zunächst auf 3 Jahre befristet; eine längerfristige Besetzung der Positionen ist aber ausdrücklich erwünscht.

Bitte senden Sie Ihre aussagefähige Bewerbung unter Angabe Ihrer Gehaltsvorstellung an die

Fraunhofer-Technologie-Entwicklungsgruppe (TEG), Sabine Mahnert, Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart. Tel.: 07 11 / 9 70 36 99 bzw. E-Mail: sam@teg.fraunhofer.de. Informationen über die Fraunhofer TEG finden Sie unter [www.teg.fraunhofer.de](http://www.teg.fraunhofer.de)

**Fraunhofer TEG**