



# PEARL-News

Ausgabe 1      Juni 2006

Mitteilungen  
der GI-Fachgruppe 'real-time'  
Echtzeitsysteme und PEARL

ISSN 1437-5966

# Impressum

Herausgeber	GI-Fachgruppe 'real-time' Echtzeitsysteme und PEARL URL: <a href="http://www.real-time.de">http://www.real-time.de</a>
Sprecher	Dr. P. Holleczeck Universität Erlangen-Nürnberg, Regionales Rechenzentrum Martensstraße 1, D-91058 Erlangen Telefon: 09131/85-27817 Telefax: 09131/30 29 41 E-Mail: <a href="mailto:holleczeck@rrze.uni-erlangen.de">holleczeck@rrze.uni-erlangen.de</a>
Stellvertreterin	Prof. Dr.-Ing. B. Vogel-Heuser Universität Kassel FB16-Elektrotechnik/Informatik Wilhelmshöher Allee 73, D-34121 Kassel Telefon: 0561/804-6020 E-Mail: <a href="mailto:vogel-heuser@uni-kassel.de">vogel-heuser@uni-kassel.de</a>
Redaktion	Prof. Dr. R. Müller FH Furtwangen, Fachbereich Computer- & Electrical Engineering Robert-Gerwig-Platz 1, 78120 Furtwangen Telefon: 07723/920-2416 Telefax: 07723/920-2610 E-Mail: <a href="mailto:mueller@fh-furtwangen.de">mueller@fh-furtwangen.de</a>  Prof. Dr. R. Müller HTWK Leipzig, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik Wächterstraße 13, D-04107 Leipzig E-Mail: <a href="mailto:mueller@fbeit.htwk-leipzig.de">mueller@fbeit.htwk-leipzig.de</a>
ISSN	1437-5966

Redaktionell abgeschlossen am 30. Juni 2006

## Einreichung von Beiträgen

Diese Zeitschrift soll nicht nur Mitteilungsblatt sein, sondern auch eine Plattform für den Informations- und Meinungsaustausch zwischen allen an den Fragen der Echtzeitprogrammierung Interessierten bilden. Diskussionsstoff bzw. offene Fragen gibt es auf unserem Gebiet reichlich.

Wir möchten Sie, liebe Leserinnen und Leser, daher ausdrücklich ermuntern, auch in Zukunft die PEARL-News durch Ihre Beiträge mit zu gestalten. Für ein ausgewogenes Bild der News sollten Beiträge nicht länger als 5 Seiten sein.

Rainer Müller (Furtwangen)  
Rolf Müller (Leipzig)

## Inhalt

- 1 Reisestipendien
- 2 FGL Sitzung 2006
- 3 Programm des Workshops PEARL 2006
- 4 Bericht der Arbeitskreise der GI-Fachgruppe **real-time** (Echtzeitsysteme und PEARL) auf der 43. Sitzung des NI-22 (23. 3. 2006, Berlin) — AK PEARL
- 5 PEARL-User-Group / AK1 GI-FG EP - Treffen 2006
- 6 Abstracts von Abschlussarbeiten

# 1 Reisestipendien

## 1.1 Preisträger 2005

Im Jahr 2005 wurde nur ein Stipendium in Höhe von 500 EUR vergeben. Der Preisträger war Herr Stefan Strasser von der LFA Bergischen Universität Wuppertal.

Er reiste mit dem Beitrag „Design and Development of an Offline-Visualization for the Analysis of Real-Time Behaviour in a Distributed CAN Based System“ zur „The 9th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics“ in Orlando, Florida, USA.

## 1.2 Presserklärung an die GI von Ende März 2006

Die GI-Fachgruppe (FG) Echtzeitsysteme & PEARL (<http://www.real-time.de>) plant die Einrichtung eines jährlichen Reisestipendiums.

Die Motivation ist eine Mehrfache:

- Die Förderung junger Wissenschaftler mit einschlägigem Hintergrund (Echtzeitsysteme) in Zeiten knapper Mittel.
- Die internationale Vertretung der deutschen Echtzeit-Szene.

Ansatz ist die Einrichtung eines Reisestipendiums für junge Wissenschaftler (fortgeschrittene Studenten, Doktoranden) zu einer anerkannten internationalen Konferenz im Bereich Echtzeitsysteme. Das Stipendium ist auf eine feste Höhe begrenzt und wird als Zuschuß gewährt. Ausgelobt werden drei Reisestipendien zu je maximal 500.- EUR.

Liegen mehr Bewerbungen als Stipendien vor, entscheidet ein Auswahlkomitee der FG-Leitung anhand folgender Kriterien:

- Qualität des Beitrags
- Nähe zum Ziel der FG

Erwartet wird die Mitgliedschaft in der GI und der Fachgruppe Echtzeitsysteme.

Anmeldungen sind bis Mittwoch 31.5.2006 elektronisch zu richten an den Sprecher der FG

Dr Peter HolleczeK  
Kommunikationssysteme  
Regionales Rechenzentrum (RRZE)  
Universitaet Erlangen-Nuernberg  
Martensstr. 1, D 91058 Erlangen  
peter.holleczeK@rrze.uni-erlangen.de  
Fax 09131/302941

Vorzulegen sind der eingereichte wissenschaftliche Beitrag und die Bestätigung des Programm-Komitees über dessen Annahme. Abgerechnet werden können einzelne Original-Belege in Höhe von bis zu Eur 500 pro Stipendiat. Im Zweifelsfall gelten die Reisekosten-Regelungen der GI bzw. der jeweiligen Hochschule/Forschungseinrichtung.

Die Entscheidung über eine Annahme erfolgt innerhalb eines Zeitraums von zwei Wochen nach der Bewerbung.

Die Bekanntgabe der Gewinner über die Annahme der Bewerbungen erfolgen

- über die GI-Homepage
- über eine Heise-Notiz
- anlässlich des jährlichen FG-Workshops

Die Fachgruppe Echtzeitsysteme veranstaltet selbst jährlich einen Workshop, der in diesem Jahr unter dem Thema „Echtzeit im Alltag“ steht (<http://www.real-time.de/prog/P2006cfp.html>). Die Proceedings werden bei Springer in der Reihe Informatik aktuell publiziert.

Peter Holleczek (Sprecher der FG)  
Birgit Vogel-Heuser (Stellvertreterin des Sprechers)

## 2 FGL Sitzung 2006

Die Frühjahrssitzung der Fachgruppenleitung fand am 17.5.2006 in Frankfurt statt.

**Wechsel** Durch das Ausscheiden von Herrn Thiele aus dem aktiven Hochschuldienst wird es für ihn schwierig die Leitung des Arbeitskreises „Echtzeitprogrammierung in der Ausbildung und PEARL, PEARL Sprachpflege“ weiterhin zu übernehmen. Es ist geplant, dass die Leitung des Arbeitskreises an R. Müller (Furtwangen) übergeht und die Redaktion der News R. Baran (Hamburg) übernimmt.

**PEARL2006** Die Proceedings der Tagung PEARL2006 erscheinen wieder über den Springer Verlag. Die Probleme des letzten Jahres sollten nun überwunden sein. Die Autoren werden über die Homepage der Fachgruppe mit entsprechenden Richtlinien versorgt.

## 3 Programm des Workshops PEARL 2006

Der diesjährige Workshop steht unter dem Leitthema „Echtzeit im Alltag“. Er wird wieder im Hotel Ebertor in Boppard am Rhein stattfinden. Das Programmkomitee hat auf seiner Sitzung am 17. Mai 2006 in Frankfurt/Main das nachstehende Programm zusammengestellt.

Der Tagungsband erscheint - wie in den vergangenen Jahren - in der Reihe „Informatik aktuell“ des Springer-Verlages.

In Anbetracht des sehr interessanten und hochaktuellen Tagungsprogrammes, der immer anregend-freundlichen Atmosphäre in Boppard und nicht zuletzt unveränderter niedriger Tagungsgebühren sollten Sie sich bald zur Teilnahme anmelden. Nach der Sommerpause geht dies ganz bequem über die Leitseite der Fachgruppe mit dem URL [www.real-time.de](http://www.real-time.de).

### Erster Workshop-Tag: Donnerstag, der 30. November 2006

11:00 Treffen der Arbeitskreise

13:00 Begrüßung

13:15 Sitzung 1: *Echtzeit im Alltag (1)* (J. Benra)

*Visuelle Lenkassistenten für Fahrzeuge mit Einachsanhänger* (Zöbel)

*Digitales Fernsehen über Antenne, Kabel und Satellit, MHP - Echtzeitübertragung im digitalen Fernsehen* (Sieber, Institut für Rundfunktechnik)

14:15 Pause

14:45 Sitzung 2: *Methoden* (H. Kaltenhäuser)

*Koexistenz unterschiedlicher Zeitanforderungen in einem gemeinsamen Rechensystem* (Kaiser, Fachhochschule Wiesbaden)

*Semantic-Web-Technologie für die ganzheitliche semantische Beschreibung von Mechatronikobjekten* (Schmidtman, Fachhochschule OOW-Emden)

*Kopplung von regelungstechnischer Analyse und Agentensystemen* (Wannagat, Universität Kassel)

16:15 Pause

16:45 Sitzung 3: *Echtzeit im Alltag (2)* (H. Windauer)

*Der FHFTrain als Modell für eine Service orientierte Architektur im Ubiquitous Computing* (Piepmeyer, Hochschule Furtwangen)

*Embedded Systems und Bussysteme zur digitalen Steuerung von Modelleisenbahnen - oder, wie viel Mikro's werden heute in modernen Modellbahnsteuerungen eigentlich verbaut?* (Kabatzke, Fa. Nordex)

18:00 Abendprogramm

19:30 Mitgliederversammlung der Fachgruppe

## Zweiter Workshop-Tag: Freitag, der 1. Dezember 2006

9:00 Sitzung 4: *Kommunikation* (H. H. Heitmann)

*Implementierung und Vergleich verschiedener Strategien zur Durchführung von Ethernet Performance Messungen* (Gernoth, Universität Erlangen-Nürnberg)

*Data Propagation in Distributed Real-Time Environments* (Gelling, Fachhochschule Wiesbaden)

*Realzeitaspekte für sichere Gruppenkommunikation mobiler eingebetteter Systeme* (Limmer, Fachhochschule Wiesbaden)

10:30 Pause

11:00 Sitzung 5: *Echtzeit im Alltag (3)* (W. Gerth)

*„Mixed Reality“ - kann der Computer zum echten Helfer werden?* (Elzer, Technische Universität Clausthal)

*Ein VoIP basiertes Videokonferenzsystem* (Rödel, Technische Universität Chemnitz)

*Ein PEARL-Einplatinenrechner hält Einzug auf dem Bauernhof* (Steinle, FernUni Hagen)

12:30 Verabschiedung

## 4 Bericht der Arbeitskreise der GI-Fachgruppe real-time (Echtzeitsysteme und PEARL) auf der 43. Sitzung des NI-22 (23. 3. 2006, Berlin) — AK PEARL

### Sitzungen/Veranstaltungen

- Die nächste Sitzung des Arbeitskreises „Embedded Systems“ findet voraussichtlich am Donnerstag, den 8.6.2006, im Institut für Regelungstechnik (IRT, Prof. Gerth) der Universität Hannover statt.
- Die nächste Sitzung des Arbeitskreises „Systematische Softwareentwicklung / Modellierung“ ist über [bvogel@uni-wuppertal.de](mailto:bvogel@uni-wuppertal.de) zu erfahren.
- Die nächste Sitzung des Arbeitskreises „Echtzeit-Software in der Ausbildung und PEARL, PEARL-Sprachpflege“ findet am Rande des nächsten Workshops PEARL 2006 in Boppard (30.11.-1.12.2006) statt.
- Workshop PEARL 2006 (Boppard, 30. November - 1. Dezember 2006) (Status: Call for Papers liegt vor, siehe [www.real-time.de](http://www.real-time.de))
  - Schwerpunkt-Thema: Echtzeitsysteme im Alltag & Ausbildung in Echtzeitsystemen und PEARL (mit moderierter Podiumsdiskussion) & Exponate
  - Mitveranstalter: KfIT (VDI-Kompetenzfeld Informationstechnik) und GMA Fachgruppe 5.12 (Echtzeitsysteme)

## Initiativen

**ISO/IEC 2382-15 Information Technology – Vocabulary – Part 15: Programming languages.** Beteiligung an der NI-22 Überarbeitung der Begriffs-Definitionen unter der Federführung von Prof. Kaiser (Status: in Bearbeitung, Kapitel 15.07 Tasks)

## Veröffentlichungen

- P. Holleczek, B. Vogel-Heuser (Hrsg.): Echtzeitaspekte bei der Koordinierung Autonomer Systeme. Proc. PEARL 2005, Boppard, 1.-2.12.2005. Springer-Verlag.
- GI-Fachgruppe „real-time“ (Hrsg.): PEARL-News, 2/2005. ISSN 1437-5966 und [www.real-time.de](http://www.real-time.de) B. Vogel-Heuser (Hrsg.): Engineeringwerkzeuge für Modellierung und Design.
- Proc. Automation Symposium, Wuppertal, 6.9.2005. Oldenbourg Industrieverlag.

Prof. Dr.-Ing. Georg Thiele  
Universität Bremen

## 5 PEARL-User-Group / AK1 GI-FG REAL-TIME - Treffen 2006

Das Treffen der PEARL-User-Group bzw. des Arbeitskreises *Embedded Systems, RTOS-UH/PEARL* der GI-Fachgruppe *Echtzeitsysteme und PEARL (REAL-TIME)* fand am Donnerstag, 08.06.2006, 14:00-17:00 Uhr, mit 10 Teilnehmern am Institut für Regelungstechnik der Universität Hannover statt.

### TOP 1: PEARL 90: Weiterentwicklungen

- Prof. Thiele wird in Kürze in den Ruhestand gehen. Für seine Tätigkeit im *Normenausschuss Informationssysteme (NI22)* wird noch ein Nachfolger gesucht.
- Frau Prof. Vogel-Heuser ist jetzt an der Universität Kassel tätig, wird sich aber weiterhin in der Fachgruppe engagieren.
- Der Workshop *PEARL 2006* (<http://www.real-time.de/prog/P2006cfp.html>) findet vom 30.11.-01.12.2006 in Boppard mit 13 Beiträgen zu den Themen *Echtzeit im Alltag*, *Methoden der Echtzeitdatenverarbeitung* und *Kommunikation* statt.
- Die Fachgruppe lobt Reisestipendien (<http://www.real-time.de/stip/index.html>) für junge Wissenschaftler zwecks Teilnahme an einer anerkannten internationalen Konferenz im Bereich Echtzeitsysteme aus. Bisher ist das Angebot leider nur wenig in Anspruch genommen worden.
- In 2005 wurden von Geräteherstellern (ohne Ingenieurbüros) 3.500 RTOS-Systeme verkauft. Damit dürfte die Zahl der insgesamt realisierten RTOS-Systeme auf über 50.000 gestiegen sein.
- Eine Erteilung der Betriebsbewährtheit für ein PowerPC RTOS-System wie 1997 für ein 68K-System erfolgt zunächst nicht, da dem TÜV nicht mehr die Bestätigung von fehlerfreien Betriebsstunden ausreicht. Statt dessen wird eine genaue Anwendungsanalyse gefordert, die aber nicht mit vertretbarem Aufwand realisierbar ist.

### TOP 2: Compiler und Laufzeitsysteme: Statusbericht und Ausblick

Die Änderungen in den Systemkomponenten sind der ständig aktualisierten Revisionsliste unter <http://www.irt.uni-hannover.de/rtos/revision.html> zu entnehmen.

## Nukleus

- Die neueste Version des Nukleus ist 7.9-O mit einer Änderung, die Probleme bei Message-Send mit dynamischen Prioritäten verhindert. Dieser Fehler tritt jedoch nur bei sehr wenigen Anwendungen auf und wird dann sofort sichtbar.

## PEARL-Compiler

- Behebung eines Fehlers beim alten P80 WRITE und Dation-Namen mit mehr als 6 Zeichen.
- Ein Fehler beim Aufruf von Prozeduren mit leerer Parameterliste in der Form (z. B. I=XYZ(); ) wurde behoben. Unter Umständen wurden dabei die letzten 4 Byte eines lokal definierten Feldes oder Struktur überschrieben. Die dargestellte Form des nicht in PEARL90 beschriebenen Prozeduraufrufes macht jedoch nur Sinn bei Prozeduren ohne Parameter, die einen Zeiger zurückgeben, um eben diesen Rückgabewert und nicht den Zeiger auf die Prozedur selbst zu erhalten.
- Die maximale Länge von CHAR-Variablen wurde von 255 auf 1000 erweitert. Werden neue Programme mit langen CHAR-Variablen mit einem alten Hyperprozessor verwendet, kommt es zu einer Fehlermeldung. In der Schlussbilanz des Compilers wird auf die Verwendung der langen Zeichenketten hingewiesen.
- Der bereits beim letzten Treffen vorgestellte XHELP-Befehl, der Bedienbefehle mit nur einem Befehl pro Zeile und mit Platz für einen kurzen Hilfetext ausgibt, kann bei selbst programmierten Bedienbefehlen in Assemblber- und jetzt auch in PEARL-Shellmodulen mit eigenem Hilfetext versorgt werden.
- Für den RTOS-UH Exception-Handler wurde ein Anschluss für PEARL-Programme erstellt. Die detaillierte Realisierung soll sich nach den Wünschen der Anwender richten und wird daher zur Diskussion gestellt.

## TOP 3: Neue RTOS-UH Implementierungen

- Eine neue Version des WinSTon mit schnellerem Festplattenzugriff und der Zugriffsmöglichkeit auf PCI-Karten steht über <http://www.irt.uni-hannover.de/rtos/freeware/winston-rtos.html> zum Download zur Verfügung.
- Eine neue Version des WinNetFM, die den Zugriff von RTOS-Rechnern auf Speichermedien (Festplatte, USB-Stick, Diskette etc.) von Windows-Systemen gestattet, steht über <http://www.irt.uni-hannover.de/rtos/freeware/freeware.html#netfm> zum Download zur Verfügung. Der WinNetFM funktioniert z. Zt. nur auf den TCP/IP-Sockets der Fa. esd.
- Am IRT ist eine RTOS-UH Implementierung für die PPMC280-Karte von Motorola entstanden. Die Karte hat einen MPC7447 PowerPC G4 mit 1 GHz, eine 128-Bit AltiVec-Einheit, 2 Ethernet-Ports und PCI. Da aber nur wenig Prozess-I/O verfügbar ist, wird die Karte mit einer am IRT entwickelten Trägerkarte inklusive PCI-Bridge und einem FPGA, in dem ein freier 32-Bit RISC-Prozessor die CAN-Anbindung realisiert, betrieben.
- Mit der Implementierung der PPMC280 wurde für den Filemanager UHF2 ein Unterteil für das interne Flash des Prozessors erstellt. Damit steht unmittelbar ein Massenspeicher für den Rechner zur Verfügung. Der Flash-Filemanager läuft auch auf dem MPC555.

## TOP 4: Berichte aus den Ingenieurbüros, Entwicklungsabteilungen und Forschungsinstituten

### Berichte aus dem Anwenderkreis von RTOS-UH/PEARL

- Aus dem Bereich Maschinen- und Anlagenbau wird von einer erfolgreichen Umstellung auf PowerPC-Prozessoren berichtet, wodurch in einer Anlagensteuerung vier MC68060-Prozessoren durch einen PowerPC ersetzt werden konnten.
- Eine neue Version des bereits im letzten Jahr von Herrn Bartels erweiterten Web-Servers ist in Kürze unter <http://www.irt.uni-hannover.de/pub/rtos-uh/HTTP> zum freien Download zur Verfügung.
- Das Thema Vernetzung spielt auch in diesem Jahr wieder eine wichtige Rolle. Berichtet wird von der Ferndiagnose und -wartung von einer großen Zahl, zum Teil im Ausland installierten RTOS-Systemen über FTP- und Mail-Dienste.

- An Hochschulen wird RTOS-UH sowohl in Forschungsprojekten als auch in der Lehre eingesetzt.
- Auch ältere, noch nicht mit PEARL90 realisierte Projekte laufen noch immer und werden weiter gepflegt.

### Berichte aus den Ingenieurbüros

- Herr Kroll von der Fa. IEP berichtet über die steigende Nachfrage nach PowerPC-Systemen. Hier wird der MPC5200 (FPU, 400MHz) langfristig den z. Zt. noch überwiegend eingesetzten MC68332 ersetzen.

Auch für den privaten Bereich geeignet ist ein Kleinrechner mit MC68332, Gehäuse, serieller und CAN-Schnittstelle sowie Digital-I/O.

Die Entwicklungsumgebung CoDeSys nach IEC 61131-3 steht mit einer neuen Oberfläche zur Verfügung.

- Herr Jensch von der Fa. esd GmbH stellt einen Kleinrechner auf Basis des MPC5200 (FPU, 400MHz) vor. Der Rechner ist für die Montage auf einer Hutschiene vorgesehen, über die sowohl die Spannungsversorgung als auch der CAN-Anschluss von zusätzlichen Hutschienenmodulen für Prozess-I/O erfolgt.

Der MPC5200 ist auch als Compact-PCI-Rechner verfügbar.

### Protokollführer

Dr.-Ing. T. Lilge  
 Institut für Regelungstechnik  
 Appelstr. 11  
 30167 Hannover  
[lilge@irt.uni-hannover.de](mailto:lilge@irt.uni-hannover.de)

## 6 Abstracts von Abschlussarbeiten

Auf der FGL-Sitzung am 11.5.2005 wurde die Idee geboren, Abstracts von Thesearbeiten und Dissertationen aus den Einrichtungen unserer Fachgruppenmitglieder mit starkem Bezug zu PEARL oder Echtzeitproblemen als festen Bestandteil aufzunehmen. Damit verfolgen wir das Ziel, die Breite der aktuellen Forschungsarbeiten in diesem spannenden Gebiet darzustellen.

Der Umfang der Abstracts sollte ca 15 Textzeilen umfassen. Die Einreichung soll direkt an die Redaktion per E-Mail mit den Angaben über Verfasser, Hochschule, Kontaktadresse (EMail) und evtl. eine URL für weitere Informationen erfolgen. Als Textformat wird seitens der Redaktion  $\LaTeX$  bevorzugt.

Die Leser der PEARL-News werden gebeten, auf geeignete Arbeiten zu achten und die betreffenden Abstracts mit den ergänzenden Daten an die Redaktion zu übermitteln.



**Specification and Verification of Safety-related Automation Applications  
based on Function Blocks**

Wei Zhang

FernUni Hagen

Fakultät Mathematik und Informatik

{ wei.zhang1@bayermaterialsscience.com }

Currently, safety-related systems become more and more essential in industrial automation and related applications. The conventional meaning of safety relates to hardware-based solutions for safety, which is often measured as probability of failures. However, with software increasingly appearing in those applications, the current understanding of safety is not sufficient any longer, as softwaresystems inherently have no failures but “designed-in“ errors. Therefore, in the development of safety-related systems, it is vital to make sure that applications (application models) are safe. How to achieve safe applications is the main goal of this thesis. The Function Block (FB) paradigm originating in automation engineering is selected as a suitable approach to do so, both due to its long tradition in automation practices, and the intrinsic simplicity provided, which is understood to be the very principle to cope with safety problems caused by system complexity. Compared with the object-oriented (OO) approach and the component-based paradigm (e.g., Component-Based Development, CBD in short), the current FB paradigm has many features similar or equal to those of OO and CBD. Based on that, the FB paradigm is enhanced in this thesis to be test-oriented, integration-friendly, and library-based (similar to CBD if FBs are considered as components). In general, strict development processes and verification based on formal methods (model-checking and testing) are understood as the main ways towards safety. Supported by the Unified Modelling Language, the thesis focuses on specification of safety-related applications and corresponding integration testing. Design guidelines for safe FBs and safe applications are given. Moreover, a case study is used to demonstrate the improved FB approach with a software prototype for automating model transformation and test case generation.

**Synthetische Darstellung eines laser-gesteuerten Lenkflugkörpers  
in der Bekämpfung mit realer Flugzieldarstellung.**

Colja Gerken

FH OOW Wilhelmshaven

FB Ingenieurwissenschaften

Für die Schießausbildung von Soldaten der Flugabwehr wird eine Simulation entwickelt, die laser-gesteuerte Lenkflugkörper in einem realen Kampfszenario nachbildet. Neben der Simulation des Flugverhaltens der Rakete wird zusätzlich noch eine Treffererkennung durchgeführt. Die Darstellung des Lenkflugkörpers muss in Realzeit taktgesteuert erfolgen, wobei unterschiedliche Sichtmittel (Tag/Nacht) und Zoomstufen realistisch berücksichtigt werden. Für die Treffererkennung muss bei einem Treffer dieser visualisiert werden. Wenn innerhalb eines Zeitraumes kein Treffer erfolgt, muss die Selbstzerstörung der Rakete ebenfalls angezeigt werden. Die Daten der existierenden Flugobjekte und die Einstellungen der Abschussanlage werden via Telegramm bereitgestellt.

**Hardware-Interpretation graphisch formulierter  
sicherheitsgerichteter Echtzeitprogramme**

Josef von Stackelberg

FernUni Hagen

Fakultät Mathematik und Informatik

{josef@stackelberg.com }

Der Hardware-Interpreter für eine graphische Programmiersprache übersetzt ein aus Bildsymbolen bestehendes und mehrdimensional dargestelltes Rechnerprogramm in digitale Signale. Die Darstellung der Programmiersprache ist nach dem Datenflussprinzip definiert. Um den Anforderungen für Anwendungen in sicherheitsgerichteten Echtzeitsystemen zu genügen, weist sie eine starre Struktur auf. Diese Struktur zeigt sich im Aufbau der Funktionen, in der Speicherung des Programmes und gleichzeitig in der Darstellung auf dem Bildschirm. Insbesondere ist die Bildschirmdarstellung ein genaues Abbild des Programmes im Speicher. Weiterhin wird das Programm streng deterministisch bearbeitet. Der Hardware-Interpreter hat seine sämtlichen Steuerfunktionen unmittelbar in Hardware realisiert. Darum beinhaltet er auch die direkten Schnittstellen zu einem graphischen Bildschirm als Ausgabeinheit und den Eingabeinstrumenten Tastatur und Koordinatenzeiger. Seine Funktionen umfassen die Darstellung des Programmes auf dem Bildschirm, die Steuerung der Programmierung in der graphischen Programmiersprache und die Abarbeitung des graphischen Programmes. Für den Einsatz in sicherheitsgerichteten Echtzeitsystemen bedient sich der Hardware-Interpreter begrenzter Programm- und Datenspeicher. Die Funktionsstruktur des Programmes und des Hardware-Interpreters lässt jedoch grundsätzlich eine modulare Programmierung sowie ausgedehnte Mehrprogrammbearbeitung und Mehrprozessorbetrieb zu. Einfache Datenverschiebungen löst der Hardware-Interpreter unmittelbar. Für arithmetische und andere Datenbearbeitungsfunktionen bedient er sich eines Mikroprozessors. Damit kann der Hardware-Interpreter im erweiterten Sinn als Prozessor betrachtet werden, da dieser Mikroprozessor als eigener Prozessorkern konstruiert werden könnte. Die vorliegende Arbeit liefert keine fertige Lösung für einen Hardware-Interpreter, sondern ein Modell. Sie zeigt, unter welchen Umständen eine graphische Programmiersprache nach dem Datenflussprinzip mit annähernd beliebigen Funktionserweiterungsmöglichkeiten als Prozessorsprache direkt auf der Hardware- Ebene aufsetzt, diese Programmiersprache die Anforderungen für sicherheitsgerichteten Echtzeiteinsatz erfüllt und gemeinsam mit der Hardware eine systematisch zertifizierbare Einheit für jenen Einsatz bildet.