

# Informatik aktuell

---

Herausgeber: W. Brauer  
im Auftrag der Gesellschaft für Informatik (GI)

Wolfgang A. Halang  
Peter Holleczek (Hrsg.)

# Aktuelle Anwendungen in Technik und Wirtschaft

Fachtagung des GI/GMA-Fachausschusses  
Echtzeitsysteme (real-time)  
Boppard, 27. und 28. November 2008



**VDE**

VDI/VDE-Gesellschaft  
Mess- und Automatisierungstechnik

 Springer

## Herausgeber

Wolfgang A. Halang  
FernUniversität in Hagen  
Lehrstuhl für Informationstechnik,  
insb. Realzeitsysteme  
58084 Hagen  
wolfgang.halang@fernuni-hagen.de

Peter Holleccek  
Regionales Rechenzentrum  
der Universität Erlangen-Nürnberg  
Kommunikationssysteme  
Martensstraße 1, 91058 Erlangen  
peter.holleccek@rrze.uni-erlangen.de

## Programmkomitee

R. Arlt	Hannover
J. Bartels	Krefeld
J. Benra	Wilhelmshaven
F. Dressler	Erlangen
W. Gerth	Hannover
W.A. Halang	Hagen
H. Heitmann	Hamburg
P. Holleccek	Erlangen
R. Müller	Furtwangen
F. Saglietti	Erlangen
G. Schiedermeier	Landshut
U. Schmidtman	Emden
U. Schneider	Mittweida
H.F. Wedde	Dortmund
H. Windauer	Lüneburg
D. Zöbel	Koblenz

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

CR Subject Classification (2001): C3, D.4.7

ISSN 1431-472-X

ISBN-13 978-3-540-85323-7 Springer Berlin Heidelberg New York

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer Berlin Heidelberg New York  
Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media  
[springer.de](http://springer.de)

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009  
Printed in Germany

Satz: Reproduktionsfertige Vorlage vom Autor/Herausgeber  
Gedruckt auf säurefreiem Papier SPIN: 12466221 33/3180-543210

## Vorwort

Der seit 1980 immer im Spätherbst zu Boppard stattfindende und mittlerweile schon zur Tradition gewordene „PEARL-Workshop über Realzeitsysteme“ zunächst des PEARL-Vereins e.V. und dann der Fachgruppe Echtzeitprogrammierung und PEARL der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) kommt in diesem Jahr mit einigen Neuerungen daher.

Da ist zuerst der neue Untertitel „Echtzeit 2008“ anstelle von „PEARL 2008“ zu nennen, der jedoch mitnichten eine Abkehr von der Echtzeitprogrammiersprache PEARL bedeutet. Im Gegenteil, die Fachgruppe hat sich die Pflege dieser bewährten und mittlerweile auf ihrem Gebiet weltweit konkurrenzlos dastehenden höheren Programmiersprache auf ihre Fahnen geschrieben, wozu auch die in einigen Jahren vorzunehmende Weiterentwicklung der Norm DIN 66253-2 dienen wird.

Der neue Untertitel reflektiert nur die durch die Fusion mit der Fachgruppe Echtzeitsysteme der GI vollzogene organisatorische Veränderung, durch die sie zu einem gemeinsamen Fachausschuss unter dem Namen Echtzeitsysteme der GI und der GMA, der Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik, geworden ist, wobei es sich bei letzterer wiederum um eine gemeinsame Fachgesellschaft des Vereins Deutscher Ingenieure e.V. (VDI) und des Verbandes der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE) handelt. Nach dem Motto „nomen est omen“ stellen Fachausschuss und Fachtagung mithin die ersten Adressen für die Gebiete der Echtzeit- und der eingebetteten Systeme im deutschsprachigen Raum dar.

Der Fachausschuss fühlte sich schon immer der Nachwuchsförderung verpflichtet. Als konkrete Maßnahme dazu hat er in diesem Jahr zum ersten Male drei Diplomarbeitspreise für Studienabschlussarbeiten ausgelobt und vergeben. Wichtiger aber als der Geldpreis ist, dass die Preisträger zur aktiven Teilnahme an der Tagung eingeladen werden. Dies umfasst die Erstellung schriftlicher und im vorliegenden Tagungsband abgedruckter Beiträge sowie deren mündliche Präsentation im Rahmen der vierten Sitzung bei der Tagung in Boppard.

Eine weitere Neuerung in diesem Jahr ist schließlich, beim Tagungsthema zur ersten Male den Blick über den Tellerrand von den bisher allein betrachteten eher technischen Anwendungen von Echtzeitsystemen hin zu solchen im Wirtschaftsleben und Finanzwesen erweitert zu haben. Die dazu eingegangenen Beiträge sind in der ersten Sitzung zusammengefasst. Sie beschäftigen sich mit Fragen aus Logistik und Verkehr.

Traditionsgemäß ist eine Sitzung der Hochschulausbildung im Bereich der Echtzeitsysteme gewidmet. Hier erfahren wir auch über den Stand der Entwicklung eines neuen, äußerst preisgünstigen PEARL-Rechners. Die übrigen beiden Sitzungen lassen sich unter dem Leitthema Vorhersehbarkeit des Ausführungsverhaltens einordnen. Eine beleuchtet dies für Kommunikationsvorgänge und

die andere hinsichtlich Befehlsverarbeitung und Speicherverwaltung im Rechnerkern.

Mit leichtem Druck auf einige Autoren wurde erreicht, dass sie von Word abließen und alle Beiträge zur Verarbeitung mit dem Formatierungssystem LaTeX vorbereiteten. Im Ergebnis kommen alle im Tagungsband enthaltenen Kapitel in einheitlichem Erscheinungsbild daher. Die Herausgeber bedanken sich bei den Autoren sehr herzlich für dieses Entgegenkommen und für die zumeist vorzeitige Ablieferung ihrer Beiträge. Im Ergebnis gestaltete sich die Fertigstellung des druckfertigen Manuskripts als völlig stressfrei. Unser besonderer Dank gilt Frau Dipl.-Ing. Jutta Düring für ihre wertvolle Mitarbeit bei der Formatierung des Tagungsbandes.

Das Programmkomitee und das Leitungsgremium des Fachausschusses wünschen den Teilnehmern der Fachtagung einen intensiven und anregenden Erfahrungsaustausch sowie den Lesern des vorliegenden Bandes eine interessante Lektüre.

Hagen

Erlangen

im September 2008

Wolfgang A. Halang

Peter Holleczek

# Inhaltsverzeichnis

## Logistik und Verkehr

- Echtzeiterkennung von befahrbaren Bereichen in urbanen Szenarien . . . . . 1  
*Kai Berger, Christian Linz, Christian Lipski, Timo Stich,  
Marcus Magnor*
- Berührungslose Winkelbestimmung zwischen Zugfahrzeug und Anhänger . 11  
*Jacek Schikora, Uwe Berg, Dieter Zöbel*
- Von eingebetteten Systemen zu Cyber-Physical Systems . . . . . 21  
*Horst F. Wedde, Sebastian Lehnhoff, Christian Rehtanz, Olav Krause*

## Ausbildung

- Eine Plattform für die studentische Ausbildung im Echtzeit- und  
Feldbusbereich . . . . . 31  
*Markus Hilmer, Karl-Heinz Niemann*
- HighTecBot . . . . . 41  
*Martina Lehser, Benjamin Behringer, Eric Wagner*

## Kommunikation

- Einsatz einer Echtzeit-Publish/Subscribe-Kommunikation für die  
Teleoperation mobiler Roboter . . . . . 51  
*Timo Lindhorst, André Herms, Michael Schulze*
- Improving IEEE 802.15.4 for Low-Latency Energy-Efficient Industrial  
Applications . . . . . 61  
*Feng Chen*

## Studentische Beiträge

- Virtualisierung im Echtzeitbereich . . . . . 71  
*Andreas Hollmann*
- Fehlertoleranzanalyse des FlexRay Startup-Prozesses . . . . . 81  
*Sven Bünte, Paul Milbredt*
- Konzeption und Entwicklung eines echtzeitfähigen Lastgenerators für  
Multimedia-Verkehrsströme in IP-basierten Rechnernetzen . . . . . 91  
*Andrey Kolesnikov*

## **Forschung**

Dynamische Verwaltung Virtueller Speichers für Echtzeitsysteme . . . . .	101
<i>Martin Böhnert, Thorsten Zitterell, Christoph Scholl</i>	
WCET-Analyseverfahren in der automobilen Softwareentwicklung . . . . .	111
<i>Martin Däumler, Robert Baumgartl, Matthias Werner</i>	
Echtzeitrechnerarchitektur mit exakt vorhersehbarer Befehlsverarbeitung .	121
<i>Helmut Stieger</i>	