

# Informatik aktuell

---

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

Informatik aktuell

Wolfgang A. Halang  
Peter Holleczek (Hrsg.)

# Software-intensive verteilte Echtzeitsysteme

Fachtagung des GI/GMA-Fachausschusses  
Echtzeitsysteme (real-time)  
Boppard, 19. und 20. November 2009



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 Holleczeck  
Regionales Rechenzentrum  
der Universität Erlangen-Nürnberg  
Kommunikationssysteme  
Martensstraße 1, 91058 Erlangen  
peter.holleczeck@rrze.uni-erlangen.de

## Programmkomitee

R. Arlt	Hannover
J. Bartels	Krefeld
R. Baumgartl	Dresden
B. Beenen	Lüneburg
J. Benra	Wilhelmshaven
F. Dressler	Erlangen
G. Frey	Kaiserslautern
W. Gerth	Hannover
W. A. Halang	Hagen
H. Heitmann	Hamburg
P. Holleczeck	Erlangen
J. Jasperneite	Lemgo
R. Müller	Furtwangen
G. Schiedermeier	Landshut
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-13 978-3-642-04782-4 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: 12770779 33/3142-543210

# Vorwort

Die im Vorjahr vollzogene Umbenennung des traditionell immer Ende November oder Anfang Dezember in Boppard stattfindenden Workshops des gemeinsamen Fachausschusses Echtzeitsysteme der Gesellschaft für Informatik und der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik von „PEARL 20XX“ in „Echtzeit 20XX“ und die damit einhergehende Erweiterung des Themengebietes auf den gesamten Bereich der Echtzeit- und eingebetteten Systeme ist offensichtlich „am Markt“ gut aufgenommen worden. Das zeigt die deutlich erhöhte Anzahl von Vortragseinreichungen und daraus resultierend die leider ebenfalls erhöhte Ablehnungsquote.

Um die auf der Tagung zur Verfügung stehende Vortragszeit und die im vorliegenden Band maximal mögliche Anzahl von Druckseiten optimal auszunutzen, ohne das vom Fachausschuss verfolgte Ziel der Nachwuchsförderung aus dem Auge zu verlieren, entschied sich das Programmkomitee, in diesem Jahr den drei Preisträgern für studentische Abschlussarbeiten jeweils vier Seiten im Tagungsband zur Vorstellung der Ergebnisse ihrer Arbeiten einzuräumen. Die kurzen mündlichen Präsentationen dieser Beiträge sind zusammen mit der Preisverleihung als Teil des Abendprogramms am ersten Tag der Fachtagung vorgesehen.

Dem allgemeinen Trend der Datenverarbeitung folgend, sind auch eingebettete und Echtzeitsysteme zunehmend vernetzt und ihr Software-Anteil wächst sprunghaft an. Wegen der Sicherheitsrelevanz vieler eingebetteter und Echtzeitsysteme gibt diese Entwicklung zur Besorgnis Anlass und war deshalb der Grund, den Workshop dieses Jahr software-intensiven verteilten Echtzeitsystemen zu widmen.

Eine Maßnahme zur Beherrschung von Software-Komplexität ist der Einsatz von Entwurfs- und Entwicklungswerkzeugen, wie sie in einer Sitzung der Tagung betrachtet werden. Eine weitere Sitzung beschäftigt sich direkt mit der Kommunikation in verteilten Systemen unter besonderer Berücksichtigung des Aspekts der Echtzeitfähigkeit. Thematisch schließt sich daran sehr eng eine Sitzung zur Leistungsanalyse von und zur Fehlerdiagnose in verteilten Echtzeitsystemen an. Traditionell widmet sich eine Sitzung des Workshops immer aktuellen Echtzeitanwendungen. In diesem Jahr werden solche aus dem Gebiet der Fertigungstechnik vorgestellt. Bevor die Teilnehmer am Abend des ersten Tages der Fachtagung beim Abendessen schließlich auf den Teller blicken, richten sie in der vorausgehenden Sitzung noch ihren Blick über den Tellerrand des Gebietes hinaus auf die zum Management von Ressourcen in Logistik, Operations Research und Biologie verwendeten Methoden.

Auch dieses Jahr ist es – zur Freude des Springer-Verlages und der Herausgeber – wieder gelungen, den Tagungsband in einheitlichem Erscheinungsbild zu realisieren. Dazu mussten nur noch ganz wenige Autoren überredet werden, statt des Standard-Textverarbeitungsprogramms das sich durch seine viel höhere bibliographische Qualität auszeichnende Formatierungssystem LaTeX zu verwenden. Die Herausgeber bedanken sich bei den Autoren sehr herzlich für die Einhaltung der strikten Begrenzung des Beitragsumfangs, die im Regelfall vorzeitige Bereitstellung der Beiträge und die

reibungslose Zusammenarbeit. So ließ sich dann das druckfertige Manuskript innerhalb weniger Tage fertigstellen.

Unser besonderer Dank gebührt deshalb Frau Dipl.-Ing. Jutta Düring, die diese Aufgabe ganz alleine bearbeiten musste, weil der erste Herausgeber durch eine Augenoperation außer Gefecht gesetzt war. Frau Düring hat aber den Tagungsband nicht nur formatiert, sondern sogar noch orthographische Fehler korrigiert und im Druck schlecht wirkende Abbildungen neu gezeichnet.

Programmkomitee und Leitungsgremium des Fachausschusses danken den industriellen Sponsoren sehr herzlich für die finanzielle Unterstützung des Workshops und wünschen den Teilnehmern der Fachtagung einen intensiven und anregenden Meinungsaustausch, eine schöne Zeit in Boppard sowie den Lesern des vorliegenden Bandes eine interessante Lektüre.

Hagen

Erlangen

im August 2009

Wolfgang A. Halang

Peter Holleczek

# Inhaltsverzeichnis

## Kommunikation in verteilten Echtzeitsystemen

Ein Framework für echtzeitfähige Ethernet-Netzwerke . . . . .	1
<i>Dr. Frank Dopatka</i>	
UniLoG – ein System zur verteilten Lastgenerierung in Netzen . . . . .	11
<i>Andrey Kolesnikov, Bernd E. Wolfinger, Martin Kulas</i>	
Planning of Time Triggered Communication Schedules . . . . .	21
<i>Olaf Graeser, Oliver Niggemann</i>	

## Engineering-Werkzeuge für Echtzeitsysteme

Raum-Zeit-Constraints als Programmierabstraktion für Anwendungen in mobilen verteilten Systemen . . . . .	31
<i>Martin Däumler, Dirk Müller, Matthias Werner</i>	
Formale Bestimmung von Systemparametern zum transparenten Scheduling virtueller Maschinen unter Echtzeitbedingungen . . . . .	41
<i>Timo Kerstan, Daniel Baldin, Gunnar Schomaker</i>	

## Methoden des Ressourcen-Managements

Anwendung von Methoden der Logistik und Netzplantechnik zur präzedenz- und ressourcenbeschränkten Ablaufplanung von Echtzeitsystemen . . . . .	49
<i>Roman Gumzej, Martin Lipičnik</i>	
Bienen-inspiriertes Straßenverkehrsrouting . . . . .	57
<i>Sebastian Senge, Sebastian Lehnhoff, Anca M. Lazarescu</i>	

## Studentische Beiträge

Schichtübergreifende Früherkennung von Verbindungsausfällen in drahtlosen Mesh-Netzwerken . . . . .	67
<i>Timo Lindhorst</i>	
Konzept zur Übertragung von Daten in verteilten Echtzeitsystemen via Ethernet . . . . .	71
<i>Werner Pirkl</i>	
Echtzeitfähigkeit des VxWorks Netzwerkstacks . . . . .	75
<i>Stefan Zeltner</i>	

## **Fertigungstechnische Anwendungen**

Kommunikationsanforderungen an verteilte Echtzeitsysteme in der  
Fertigungsautomatisierung ..... 79  
*Roman Just, Henning Trsek*

XML-basierte Produkt- und Prozessdaten für die Leittechnik-Projektierung .... 89  
*Miriam Schleipen*

Leicht konfigurierbare Hardware-Abstraktionsschicht für flexible  
Automatisierung ..... 99  
*Uwe Schmidtman, Gerhard Kreuz, Matthias Barkhoff, Kristian Virkus,  
Tobias Stöckmann, Marcel Jovic*

## **Performance-Analyse und Debugging**

Universeller hybrider Systembeobachter für Echtzeitsysteme ..... 109  
*Björn Pietsch*

Echtzeitverhalten durch die Verwendung von CPU Stubs: Eine Erweiterung  
von Dynamic Performance Stubs ..... 119  
*Peter Trapp, Christian Facchi, Markus Meyer*

Protokollanalyse und Informationsflussverfolgung zur Fehlerdiagnose in  
verteilten Echtzeitsystemen ..... 129  
*Eugen Noak, Silvije Jovalekic, Heinrich Grochowski*