

# DAS TESTEN KOMPLEXER SYSTEME WIRD NIE EINFACH SEIN, ABER WIR KÖNNEN ES EINFACH BESSER MACHEN!

## Testspezifikationstechnologie und -methodik für eingebettete Echtzeitsysteme im Automobil (TEMEA)

*Die Entwicklung moderner Fahrzeuge hat im Verlauf des letzten Jahrzehnts einen entscheidenden Wandel hinsichtlich der Umsetzung neuartiger Funktionen und Technologien erlebt. Waren früher insbesondere Verbesserungen bei mechanischen und elektrischen Systemen ausschlaggebend, so werden heutzutage Innovationen vor allem durch elektronische Systeme und softwaregetriebene Funktionen realisiert. Auch die aktuellen Herausforderungen – Verminderung des Schadstoffausstoßes, effektivere Antriebe, aktive Sicherheitsfunktionen – werden ohne zusätzliche, immer stärker auch vernetzt arbeitende Softwarekomponenten nicht realisierbar sein.*

Softwaresysteme im Automobil sind typischerweise eingebettet, arbeiten verteilt und sind, bedingt durch die höchst unterschiedlichen Anwendungsgebiete (Telematik, Fahrdynamik, Antriebsstrang, Komfortelektronik), sehr heterogen. Bereits heute finden sich in Fahrzeugen zwischen 30 und 70 verschiedene Steuergeräte, die über verschiedene Bussysteme miteinander kommunizieren. Eine umfassende und systematische Qualitätssicherung derart komplexer Systeme stellt auch für die technologisch und methodisch sehr gut aufgestellte Automobilindustrie nach wie vor eine große Herausforderung dar.

Im Rahmen des Forschungsprojekts TEMEA nehmen wir uns dieser Herausforderung an. Auf Basis des weltweit einzigartigen Standards für Testbeschreibungen, der Testing and Test Control Notation (TTCN-3), entwickeln wir unter Beteiligung der Automobilindustrie eine einheitliche und standardisierbare Testspezifikationsplattform für eingebettete Echtzeitsysteme, die speziell auf die Anforderungen und Technologien der Automobilindustrie zugeschnitten sein wird.

### Projektumfeld und Motivation

Sowohl Automobilhersteller (OEMs) als auch ihre Zulieferer haben in den letzten Jahren stark in die Qualitätssicherung ihrer Produkte investiert. So ist es nicht verwunderlich, dass sich die Qualität der Fahrzeuge und insbesondere ihrer elektronischen Komponenten im Vergleich zur

Jahrtausendwende deutlich verbessert hat. Trotzdem ist die Qualitätssicherung softwarebestimmter Systeme nach wie vor geprägt von geringer Automatisierung und einer Vielzahl oft proprietärer Testsysteme und -plattformen, denen wiederum höchst unterschiedliche Beschreibungsmittel und Spezifikationstechniken zugrunde liegen. Die verwendeten Beschreibungsmittel und -formate sind darüber hinaus häufig nur schwach formalisiert und i.d.R. nicht für den Austausch zwischen verschiedenen Testsystemen entwickelt worden. Speziell für die Automobilindustrie, die auf stark verteilte Entwicklungsprozesse setzt, ist dies keine gute Voraussetzung.

Demgegenüber etabliert sich in der Automobilindustrie mit AUTOSAR (Automotive Open System Architecture) [AUT08] eine standardisierte Plattform für den Entwurf von Steuergerätearchitekturen und Softwarekomponenten. Der Standard wird von einem Konsortium, bestehend aus den wichtigsten europäischen Automobilherstellern und ihren Zulieferern, definiert und gewinnt zunehmend an Bedeutung. Daneben hat sich in der Telekommunikationsindustrie, die bereits seit Jahrzehnten mit der Integration von auf Standards beruhenden Software- und Hardwarekomponenten konfrontiert ist, eine Testtechnologie etabliert, die einen systematischen und herstellerübergreifenden Testansatz ermöglicht: Die Testing and Test Control Notation (TTCN-3) [ETS (1) 07, ETS (2) 07, ETS (3) 07]. Die Vorteile dieser Technologie werden zunehmend nicht nur



Dipl.-Informatiker (FH) Jürgen Großmann ([juergen.grossmann@fokus-fraunhofer.de](mailto:juergen.grossmann@fokus-fraunhofer.de)) ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer Institut FOKUS im Competence Center MOTION. Zuvor war er bei der Carmeq GmbH, der Daimler Chrysler AG sowie an der TFH-Berlin tätig.



Dr. Sadegh Sedeghipour

([sadegh.sedeghipour@itpower.de](mailto:sadegh.sedeghipour@itpower.de))

ist Geschäftsführer von IT Power Consultants. Er promovierte 1998 am Fachbereich Informatik der Technischen Universität Berlin. Seit 1996 publiziert er Beiträge zum Thema Software-Test auf nationalen und internationalen Konferenzen und Workshops sowie in Fachzeitschriften der Automobilelektronik.

in der Telekommunikationsindustrie, sondern in den letzten Jahren auch von der Automobilindustrie erkannt. In diesem Sinne haben sich AUTOSAR und der Buskommunikationsstandard MOST bereits heute für die Nutzung von TTCN-3 entschieden.

### TEMEA: Ziele und Struktur

Während also bereits standardisierte Methoden und Technologien (AUTOSAR, MATLAB/Simulink/Stateflow) existieren, die speziell die Entwicklung von Steuergeräten bzw. Steuergerätesoftware unterstützen, fehlt eine vergleichbare Technologie für den Test dieser Geräte bzw. der funktionsbestimmenden Software. TTCN-3 hat großes Potenzial diese Lücke zu schließen. TTCN-3 Systeme sind standardisiert und modular aufgebaut. Die Integration in eine gegebene Infrastruktur erfolgt durch einfache Adaption der standardisierten Schnittstellen. Zum Standard gehört eine Testbeschreibungssprache, die sich in ihrer Ausdrucksmächtigkeit nicht hinter regulären Programmiersprachen verstecken muss und darüber hinaus Ausdrucksmittel defi-

niert, die speziell das Testen kommunizierender Systeme unterstützt. Das Abstraktionsniveau der TTCN-3 Testbeschreibungen ist durch den Testingenieur frei wählbar.

Trotz vieler sinnvoller Features ist TTCN-3 in der aktuellen Version nicht für alle Anwendungsbereiche der Automobilindustrie gleich gut geeignet. Insbesondere die klassischen Entwicklungsbereiche Antriebselektronik und Fahrerassistenzsysteme, die mehrheitlich die Entwicklung von echtzeitfähigen Steuer- und Regelungssystemen zum Ziel haben, stellen Anforderungen, die TTCN-3 derzeit nicht erfüllen kann. Hierzu gehören neben der fehlenden Echtzeitfähigkeit aktueller TTCN-3 Systeme die fehlende Unterstützung für die Spezifikation von Echtzeitanforderungen und die fehlende Unterstützung zur Generierung und Auswertung kontinuierlicher Signale und Signalmuster.

Genau das werden wir ändern. Mit TTCN-3 embedded wird auf Basis des existierenden TTCN-3 Standards ein Testframework entstehen, das speziell auf die Anforderungen eingebetteter Systeme und noch spezieller auf die Anforderungen der Automobilindustrie zugeschnitten sein wird. Im Rahmen einer Zusammenarbeit zwischen Forschungsinstituten und industriellen Partnern entwickeln wir eine gemeinsame Plattform für die existierenden Testansätze der Automobilindustrie und werden diese zusätzlich um neue Aspekte, insbesondere dem des kombinierten Testens von diskretem, Echtzeit- und kontinuierlichem Verhalten erweitern.

TTCN-3 embedded ist geeignet für den Test von Fahrzeugfunktionen auf Integrations-, System- und Abnahmeebene und wird durch eine geeignete Spezifikationsmethodik ergänzt, die eine implementierungs- und geräteunabhängige, technisch detaillierte Definition von Testanforderungen und Testabläufen ermöglicht. Dadurch lässt sich sowohl der Grad der Wiederverwendung als auch der Grad der Testautomatisierung substantiell erhöhen. Die geplante Standardisierung ermöglicht den Austausch von Testspezifikationen an der Schnittstelle zwischen Zulieferern und Automobilherstellern und schafft eine verbindliche Grundlage für die Schulung der Testingenieure. Für eine nahtlose Integration in die Entwicklungsprozesse der Automobilindustrie setzen wir auf AUTOSAR. Zusammenfassend lassen sich die Ziele der TTCN-3 embedded Entwicklung wie folgt beschreiben:

- Unterstützung für das integrierte Testen von diskretem, Echtzeit- und kontinuierlichen Verhalten
- Der Austausch von Testdefinitionen über verschiedene Test- und Simulationsplattformen (Model in the Loop/Software in the Loop/Hardware in the Loop)
- Testunterstützung über den gesamten Integrationsprozess
- Die Analyse von Echtzeit- und Zuverlässigkeitsanforderungen
- Das Testen von Komponenten der AUTOSAR-Architektur
- Die Analyse der Qualität von Tests

### TEMEA: Projektorganisation

Das Projekt TEMEA [TEM08] hat im Januar 2008 begonnen und läuft über zweieinhalb Jahre. Es wird von der Investitionsbank Berlin (IBB) gefördert und von den Fraunhofer Instituten FOKUS und FIRST sowie den Firmen IT Power Consultants, Fourth Project Consulting GmbH und Testing Technologies betrieben.

Die Fraunhofer Institute zeichnen sich durch langjährige industriennahe Forschung in den Bereichen Softwarearchitekturen, verteilte Systeme, Telekommunikation und Testen aus. Die Firmen IT Power Consultants und Fourth Project Consulting GmbH arbeiten als Softwaredienstleister direkt mit der Automobilindustrie zusammen und die Firma Testing Technologies ist eine der führenden Anbieter für TTCN-3 Testtechnologie.

### Testsysteme in der Automobilindustrie: Anforderungsaufnahme

Automobile Steuergeräte kommunizieren mit ihrer Umgebung über Sensoren, Aktuatoren und Busse. Ein Testfall beschreibt das Verhalten der Eingänge des Steuergeräts, die sowohl analoge Sensor-signale als auch digitale Bussignale beinhalten. Ferner ist in einem Testfall das erwartete Verhalten des Testobjekts an Ausgängen, wo analoge Signale an Aktuatoren und digitale Signale an die Bussysteme gesendet werden, zu spezifizieren. Darüber hinaus wird oft vom Testobjekt beim Auftreten bestimmter Eingabekonstellationen eine Reaktion innerhalb einer sehr kurzen Zeit im Millisekundenbereich erwartet. Als Beispiel sei auf das Aktivieren des Airbags bei der Identifizierung eines Unfalls hingewiesen.

Aus den genannten Merkmalen des Tests automobiler Steuergerätesoftware leiten

sich die zentralen Anforderungen an die zu entwickelnde Testspezifikations-sprache TTCN-3 embedded ab. Das sind insbesondere Möglichkeiten zur Beschreibung von Echtzeitverhalten und kontinuierlichen Signalen sowie Kommunikation zwischen den Steuergeräten über die verschiedenen in der Automobilelektronik etablierten Bussysteme wie CAN, FlexRay, LIN und MOST.

Bei der Anforderungsermittlung für TTCN-3 embedded haben sich die Projektpartner auf vorhandene Erfahrungen bei der Spezifikation und Durchführung von Tests in verschiedenen Fahrzeugdomänen (Motor/Antriebsstrang, Fahrdynamik/Fahrerassistenzsysteme, Karosserie & Komfortelektronik, Infotainment/Telematik) berufen. Dabei wurde auch der Beschreibung des erwarteten Verhaltens des Testobjekts eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt, um die Testauswertung zu ermöglichen und ggf. zu vereinfachen.

Zur Validierung und Einschätzung der Relevanz der ermittelten Anforderungen wurden exemplarische Testszenarien aus verschiedenen Fahrzeugdomänen definiert und mit den Anforderungen abgeglichen. Beispiele der definierten Testszenarien sind:

- Wechsel vom Tempomat-Modus in den Abstandregelmodus bei der Identifizierung eines deutlich langsameren Einscherers in einem kritischen Abstand, als Testzenario für ein ACC System (Adaptive Cruise Control)
- Abschaltung und Reaktivierung von Verbrauchern beim Startvorgang, als Testzenario für die Energiemanagement-Komponente eines Bordnetzsteuergeräts

Dadurch konnten noch weitere Anforderungen identifiziert und dokumentiert werden. Im weiteren Verlauf des Projekts bilden diese Testszenarien einen Prüfstein für die neuen Sprachkonstrukte von TTCN-3. Eine Qualitätssicherung der ermittelten Anforderungen erfolgte unter den Aspekten Verständlichkeit, Vollständigkeit in Bezug auf die definierten Testszenarien, Redundanzfreiheit und Konsistenz. Als Beispiel werden hier zwei von insgesamt ca. 40 ermittelten Anforderungen aufgeführt.

ID003: Spezifikation und Verarbeitung von Analogsignalen  
Analogsignale sollen spezifiziert, erzeugt, gemessen und



verarbeitet (d. h. berechnet und verglichen) werden können.

ID028: Möglichkeit der Synchronisation der Testumgebung mit dem Testobjekt in Echtzeit  
Das Testsystem soll die Möglichkeit besitzen die Testumgebung mit den beteiligten Testobjekten in Echtzeit zu synchronisieren.

### Integration mit modellbasierten Techniken: AUTOSAR Testframework

Wie auch in anderen Bereichen der industriellen Softwareentwicklung werden inzwischen auch in der Automobilindustrie Techniken eingesetzt, die es ermöglichen, bei der Softwareentwicklung weitestgehend von der Zielhardware zu abstrahieren. Hierzu gehören die Einführung modellbasierter Spezifikationstechniken und die Verwendung von Middleware, die eine transparente Vermittlung und Realisierung der Kommunikation zwischen verteilten Softwarekomponenten bzw. -applikationen ermöglicht. AUTOSAR [AUT08] ist ein Industriekonsortium, das sich die Einführung und herstellerübergreifende Standardisierung dieser Techniken für die Automobilindustrie auf die Fahne geschrieben hat.

Der AUTOSAR Standard umfasst neben einer verbindlichen Softwarearchitektur für Steuergeräte, die Definition einer modularen Laufzeitumgebung und Middleware-Infrastruktur (AUTOSAR RTE) sowie eine semi-formale Beschreibungssprache (AUTOSAR Templates) für die Definition von Hard- und Softwarekomponenten bzw. ihre Aggregation zu komplexen Architekturen. Der Standard setzt auf eine systematische Trennung zwischen der Definition von Softwarekomponenten, ihrer Verteilung und der anvisierten Zielhardware, auf eine konsequente Modularisierung der Software sowie auf standardisierte Kommunikationsschnittstellen und austauschbare Komponenten für Softwarebasisfunktionalitäten (Memory Management, Thread Management, Protocol Stacks, Treiber für Sensoren, Aktuatoren etc.).

Durch die sukzessive Einführung von AUTOSAR in die Entwicklungsprozesse der Automobilindustrie entstehen speziell in der Qualitätssicherung eine ganze Reihe neuer Chancen und Herausforderungen. Grund-

sätzlich steigt die Komplexität der Produkte durch die flexiblen Konfigurations- und Verteilungsmöglichkeiten der Software. Hierfür bedarf es neuer Qualitätssicherungs- und Prüfverfahren. Andererseits schaffen Standardisierung und Formalisierung eine vielversprechende Basis für eine effektivere Software- und Steuergeräteprüfung. So werden bereits heute im Auftrag des AUTOSAR Konsortiums sog. Conformance Test Suites in TTCN-3 entwickelt, mit denen die Standardkonformität der AUTOSAR Basissoftware unterschiedlicher Anbieter möglichst automatisiert überprüft werden kann.

Der AUTOSAR Standard bietet Beschreibungsmittel für eine semi-formale Spezifikation von Softwarekomponenten, ihren Schnittstellen und dem kommunikationsbezogenen Verhalten. Auf Basis dieser Spezifikationen lassen sich sowohl für den Test einzelner Komponenten als auch für ihre Integration bereits wichtige Informationen ableiten. So lässt sich neben der Testschnittstelle selber auch die für den Test notwendige Umgebung aus den AUTOSAR Dokumenten entnehmen. Derzeit arbeitet das Projektteam an einer systematischen Abbildung der AUTOSAR Beschreibungsmittel auf die Sprache TTCN-3 zur Unterstützung von Tests auf AUTOSAR Applikationsebene. Anschließende Arbeiten werden sich mit der systematischen und automatisierten Ableitung von Testarchitekturen und einfachem Testverhalten beschäftigen.

Mit Erscheinen der nächsten AUTOSAR Release 4 werden sich zusätzlich zu den bereits vorhandenen funktionalen Constraints auch konkrete Echtzeitanforderungen (AUTOSAR Timing Specification) aus den AUTOSAR Spezifikationen ableiten und für die Prüfung des Zeitverhaltens der Komponenten nutzen lassen. Auf der Testseite müssen hierzu Sprachmittel zur Verfügung gestellt werden, die zeitabhängiges Verhalten möglichst einfach beschreiben und überprüfen können. Damit sind wir auch thematisch bei unserem nächsten Arbeitsschwerpunkt, den TTCN-3 embedded Echtzeitkonzepten.

### Was TTCN-3 fehlt: Erweiterung der Sprachmittel

Bereits im Abschnitt über die Projektmotivation haben wir darauf hingewiesen, dass dem klassischen TTCN-3 Beschrei-

bungsmittel fehlen, die für den Test eingebetteter Systeme in der Automobilindustrie unumgänglich sind:

- Beschreibungsmittel für die Überprüfung von Echtzeitanforderungen und zeitabhängigem Verhalten
- Beschreibungsmittel für den Test kontinuierlicher und hybrider Systeme

Zu den beiden oben genannten Themen gibt es zahlreiche Forschungsarbeiten, die eine Reihe interessanter Konzepte und Realisierungsvorschläge anbieten [Sch (1) 06, Sch (02) 06, Gro (01) 08, Gro (02) 08, Ser08]. Wir beschäftigen uns mit einer Konsolidierung dieser Forschungsarbeiten und ihrer Aufbereitung für die Standardisierung. Zum aktuellen Zeitpunkt können wir erste Ergebnisse für den Test von Echtzeitanforderungen und zeitabhängigem Verhalten vorstellen.

Im Unterschied zum rein funktionalen Black-Box Test, der i. d. R. nur das logisch korrekte Verhalten einer Applikation überprüft, wird beim Testen von Echtzeitanforderungen und zeitabhängigem Verhalten zusätzlich auch das Timing der Nachrichten berücksichtigt. Das heißt, Prüfgegenstand ist nicht nur die Korrektheit und Reihenfolge der Nachrichten, sondern auch der Zeitpunkt des Versendens bzw. des Empfangens einer Nachricht. Das geforderte Zeitverhalten wird dabei häufig durch die Angabe maximal zulässiger Antwortzeiten definiert. **Abbildung 1** zeigt ein Testszenario, das neben dem Nachrichteninhalt (Wertrüfung) und der Systemreaktion (IN\_MSG) auch die Einhaltung einer definierten maximalen Antwortzeit ( $t_{MAX}$ ) überprüft (Zeitprüfung).

Im klassischen TTCN-3 erfolgt die Prüfung und Steuerung zeitabhängiger Abläufe durch Timer. Ein Timer kann mit einem Wert initialisiert und gestartet werden. Einmal gestartet, läuft er rückwärts und kann zu seinem aktuellen Wert befragt werden. Ist er abgelaufen, so kann auf den entsprechenden timeout reagiert werden.

Code Beispiel 1:

```
timer t;
p_out.send(OUT_MSG);
t.start(t_max);
alt{
  [!p_in.receive(IN_MSG_TMPL)]{setverdict(pass)};
  [!t.timeout()]{setverdict(fail)}
}
```

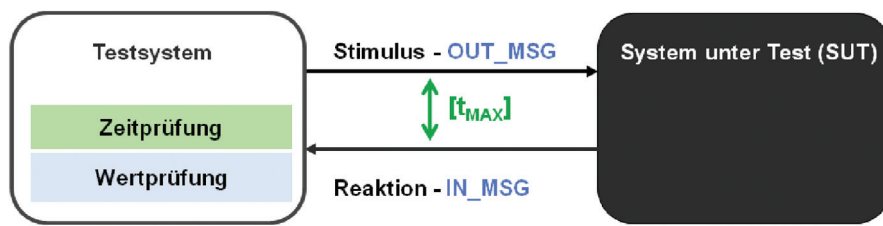


Abb. 1: Black Box Test mit Überprüfung der maximalen Antwortzeit

Die Realisierung des Testfalls aus [Abbildung 1](#) ist somit zwar durch Rückgriff auf die existierenden Sprachmittel des klassischen TTCN-3 möglich (siehe Code Beispiel 1), aber umständlich und vor allem nicht exakt. Insbesondere wird nicht die eigentliche Ankunftszeit der Nachricht vermessen, sondern nur der Zeitpunkt ihrer Überprüfung durch das Testsystem mittels der receive- Anweisung.

In TTCN-3 embedded kann auf die relevanten Zeitpunkte der Interaktion direkt zugegriffen werden. Das TTCN-3 embedded Testsystem ist dafür verantwortlich, die Sende- und Empfangszeitpunkte der Nachrichten zu speichern. Bei Bedarf lassen sich diese Zeitinformationen durch das Testprogramm mithilfe spezieller Operatoren abfragen und auswerten. Darüber hinaus wird der Matching Mechanismus, der im klassischen TTCN-3 für die Überprüfung des Nachrichteninhalts zuständig ist, dahingehend erweitert, dass zusätzlich Zeitinformationen in den Prüfprozess einbezogen werden. Code Beispiel 2 zeigt die Realisierung mit den konsolidierten Sprachmitteln von TTCN-3 embedded.

Code Beispiel 2:

```
p_out.send(OUT_MSG) -> timestamp stamp;
p_in.receive(IN_MSG_TMPL) within (stamp..stamp+tmx);
```

Mithilfe des timestamp-Operators (-> timestamp) wird der exakte Sendezeitpunkt der Nachricht OUT\_MSG in die Variable stamp geschrieben. Dieser Wert wird dann für die Belegung des within-Operators wiederverwendet, der als Prüfbedingung für den Zeitpunkt der eingehenden Nachricht ein Zeitintervall (stamp..stamp+tmx) übergeben bekommt. Das Zeitintervall spezifiziert die erlaubte Ankunftszeit der Nachricht. Stimmen Nachrichteninhalt oder Ankunftszeit nicht mit der Spezifikation überein, wird das Testurteil auf fail gesetzt, andernfalls das Testprogramm einfach fortgesetzt. Der within-

Operator kombiniert also das wertbezogene Matching des klassischen TTCN-3 mit dem zeitbezogenen Matching, sodass eine Nachricht nur dann als gültige Nachricht erkannt wird, wenn der Nachrichteninhalt korrekt ist und die Ankunftszeit im geforderten Zeitintervall liegt.

Grundsätzlich lassen sich die oben beschriebenen Operatoren auf alle Kommunikationsanweisungen in TTCN-3 anwenden. Entsprechend unterstützt TTCN-3 embedded Zeitmessung und Prüfung nicht nur für nachrichtenbasierte Kommunikation, sondern auch für prozedurorientierte Kommunikation (Client-Server, RPC). Weiterhin spiegelt das obige Beispiel nur einen Ausschnitt unserer Arbeiten wider. Eine vollständige Spezifikation der TTCN-3 embedded Konzepte wird durch die Projektpartner zur Standardisierung gebracht und öffentlich zur Verfügung gestellt.

### TEMEA Kontakt

Mit dem Projekt TEMEA und der Entwicklung von TTCN-3 embedded versuchen wir erstmals eine standardisierte Testtechnologie an die industriellen Anwender in der Automobilindustrie heranzuführen. Der Erfolg des Projekts hängt nicht zuletzt von der Akzeptanz unserer Arbeiten durch diese Anwender ab. Um einen direkten Austausch zwischen dem Projektkonsortium und unseren industriellen Partnern zu ermöglichen, haben wir einen Projektbeirat ins Leben gerufen, der beratend auf die weitere Projektgestaltung Einfluss nehmen kann. Im Projektbeirat sind aktuell Audi, Carmeq und Siemens vertreten. Interessenten sind herzlich willkommen, sich das Projekt näher anzuschauen und direkten Kontakt mit uns aufzunehmen. Informationen und Kontaktdaten finden sich auf unserer Projekthomepage [\[TEM08\]](#). ■

### Literatur & Links

**[Sch (1) 06]** Schieferdecker, Ina; Bringmann, Eckard; Grossmann, Jürgen: Continuous TTCN-3: testing of embedded control systems. In: SEAS '06: Proceedings of the 2006 international workshop on Software engineering for automotive systems. New York, NY, USA : ACM Press, 2006., S. 29-36.

**[Sch (2) 06]** Schieferdecker, Ina; Großmann, Jürgen: Testing of Embedded Control Systems with Continuous Signals. In: Dagstuhl-Workshop MBEEES: Modellbasierte Entwicklung eingebetteter Systeme II, TU Braunschweig, 2006, S. 113-122.

**[Gro (1) 08]** Großmann, Jürgen; Schieferdecker, Ina: Testing Hybrid Control Systems with TTCN-3 In: Software Tools for Technology Transfer: STTT Special Issue on TTCN-3 Evolution. 2008.

**[Gro (2) 08]** Großmann, Jürgen; Wiesbrock, Hans-Werner; Schieferdecker, Ina: Modelling Property based Stream Templates In TTCN-3: In Testing of Software an Communication Systems, 20th IFIP TC 6/WG 6.1 TestCom 2008.

**[Ser08]** Serbanescu, Diana; et al.: Real Time Testing with TTCN-3 In TTCN-3: In Testing of Software an Communication Systems, 20th IFIP TC 6/WG 6.1 TestCom 2008.

**[ETS (1) 07]** ETSI: ES 201 873-1 V3.2.1: Methods for Testing and Specification (MTS). The Testing and Test Control Notation Version 3, Part 1: TTCN-3 Core Language. Sophia Antipolis, France, Februar 2007.

**[ETS (2) 07]** ETSI: ES 201 873-4 V3.2.1: Methods for Testing and Specification (MTS). The Testing and Test Control Notation Version 3, Part 4: TTCN-3 Operational Semantics. Sophia Antipolis, France, Februar 2007.

**[ETS (3) 07]** ETSI: ES 201 873-5 V3.2.1: Methods for Testing and Specification (MTS). The Testing and Test Control Notation Version 3, Part 5: TTCN-3 Runtime Interfaces. Sophia Antipolis, France, Februar 2007.

**[Mat08]** TheMathWorks: Webseiten des Simulink Werkzeuges – Simulink - Simulation and Model-Based Design.: <http://www.mathworks.com/products/simulink/>. Version: 2008.

**[Dai02]** Dai, Z. ; Grabowski, J. ; Neukirchen, H.: Timed TTCN-3 \_ A Real-Time Extension for TTCN. In: Testing of Communicating Systems, volume 14, Berlin, March 2002.

**[Neu04]** Neukirchen, Helmut: Languages, Tools and Patterns for the Specification of Distributed Real-Time Tests, Georg-August-Universität Göttingen, Diss.,2004.

**[TEM08]** TEMEA: Webseiten des TEMEA Projekts; [www.temea.org](http://www.temea.org); September 2008.

**[AUTO8]** AUTOSAR: Webseiten des AUTOSAR Konsortiums; [www.autosar.org](http://www.autosar.org); September 2008