

Eine ganzheitliche qualitative Vorgehensweise zur Erhöhung der Zuverlässigkeit programmierbarer mechatronischer Systeme in frühen Entwicklungsphasen

Dipl.-Ing. Michael Wedel, Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Peter Göhner
Institut für Automatisierungs- und Softwaretechnik
<http://www.ias.uni-stuttgart.de>
Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 47
70550 Stuttgart

Die Entwicklung programmierbarer mechatronischer Systeme erfordert die Zusammenarbeit der Disziplinen Elektrotechnik, Maschinenbau und Informationstechnik. Die komplexe Kombination von Komponenten aus diesen Fachbereichen stellt laut der VDI-Richtlinie „Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme“ [VDI2206] eine große Herausforderung insbesondere mit Hinblick auf die Zuverlässigkeit dar. Daher beschreibt dieser Beitrag eine qualitative Vorgehensweise, welche auf einer ganzheitlichen Betrachtung mechatronischer Systeme beruht und die Erhöhung der Zuverlässigkeit zum Ziel hat. Die Vorgehensweise ist durch Verwendung von Modellinformationen bereits in frühen Entwicklungsphasen anwendbar, um so Fehler früh zu entdecken und zu vermeiden. Als Grundlage hierfür dient die Situationsbasierte Qualitative Modellbildung und Analyse (SQMA), welche am Institut für Automatisierungs- und Softwaretechnik entwickelt wurde (vgl. [Bieg03]).

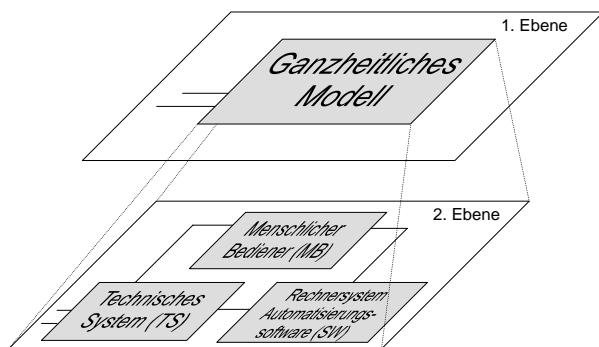


Abbildung 1: Teilsysteme eines programmierbaren mechatronischen Systems nach [LaG99]

Sie erlaubt eine ganzheitliche Beschreibung der Struktur und des Verhaltens mechatronischer Systeme trotz unvollständiger Informationen in frühen Entwicklungsphasen. Die hierarchisierte, komponentenorientierte Betrachtungsweise erleichtert zudem die Beherrschung komplexer Systeme. Dazu wird das System in die Teilmodelle des technischen Systems, des Rechnersystems

und des menschlichen Bedieners unterteilt (siehe Abbildung 1).

Die Zuverlässigkeit eines Systems wird nach [DGQ98] mit der Wahrscheinlichkeit beschrieben, dass ein System in einem bestimmten Zeitraum nicht versagt. Besonders im Teilsystem der Software sind Fehler jedoch aufgrund der komplexen Zusammenhänge schwer zu erkennen, da sie sich meist nur unter bestimmten Randbedingungen auswirken. Als Beispiel hierfür sei stellvertretend der Absturz der Ariane 5 genannt, welcher laut Untersuchungsbericht [Aria96] durch zusätzliche Maßnahmen im Vorfeld hätte verhindert werden können. Für die Erhöhung der Zuverlässigkeit programmierbarer mechatronischer Systeme ist aus diesen Gründen die Analyse der Wechselwirkungen zwischen Komponenten sowie die Feststellung der Fehlerzusammenhänge im System von großer Bedeutung. Den Ausgangspunkt bildet der Begriff der *globalen Auswirkung* entsprechend [Läng03]. Es handelt sich dabei um einen physikalischen Effekt, der ein Fehlverhalten des Gesamtsystems bedeutet. Ein menschlicher Bediener des Systems bemerkt die globale Auswirkung in Form eines Funktionsverlustes oder von Komforteinbußen. Damit liegt das Ziel einer geeigneten Vorgehensweise in der Identifikation der globalen Auswirkungen und deren lokaler Ursachen in den einzelnen Systemkomponenten. Abbildung 2 veranschaulicht den Ablauf einer für diesen Zweck konzipierten Vorgehensweise. Sie basiert auf dem Verfahren der Situationsbasierten Qualitativen Modellbildung und Analyse SQMA (siehe Schritte 2 und 5a), welches um zusätzliche Schritte erweitert wurde, und wird im Folgenden beschrieben.

In den ersten beiden Schritten werden die Anforderungen an das System ermittelt. Auf deren Grundlage wird ein funktionales Modell des Systems erstellt. Da in frühen Entwicklungsphasen noch keine realisierten Systembestandteile für die Analyse verfügbar sind und nur unvollständige Informationen über das System vorliegen, bietet sich ein derartiges modellbasiertes Vorgehen an. Im dritten Schritt werden im Modell des technischen Systems unerwünschte Zustände gekennzeichnet, da die dort modellierten physikalischen Komponenten lediglich den unkontrollierten Zustand abbilden.

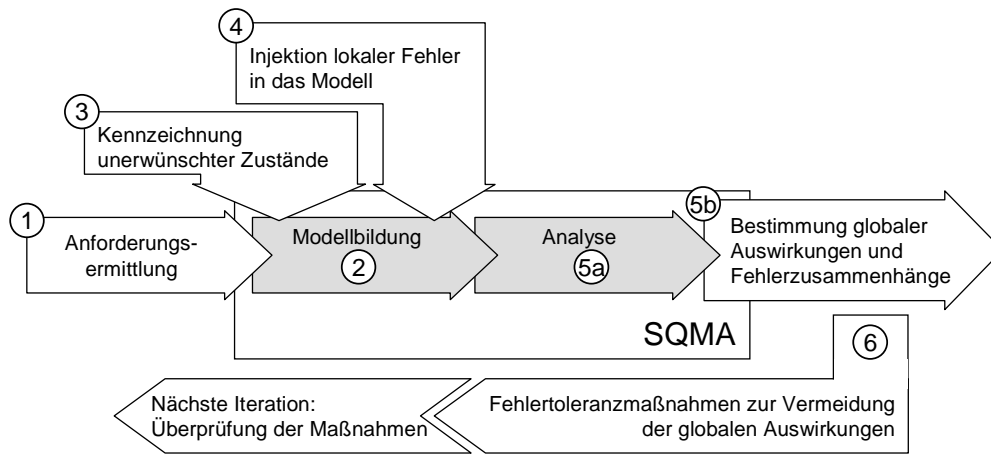


Abbildung 2: Ganzheitliche qualitative Vorgehensweise zur Zuverlässigkeitserhöhung in frühen Entwicklungsphasen

Das heißt, dort können zunächst Zustände außerhalb des zulässigen Betriebsbereichs auftreten wie etwa das Überschreiten einer maximalen Drehzahl in einem Getriebe. Solche physikalischen Effekte entsprechen den unerwünschten globalen Auswirkungen nach [Läng03] und müssen durch das Rechner-system oder den menschlichen Bediener verhindert werden. Im vierten Schritt werden gezielt Fehler in das Modell injiziert, um den Zusammenhang zwischen diesen Fehlern und den globalen Auswirkungen zu analysieren. Dazu werden im Modell vorhan-

dene Komponenten schrittweise durch fehlerhafte ersetzt. In der Analyse im fünften Schritt werden die genannten Zusammenhänge bestimmt, indem nach potenziellen globalen Auswirkungen im System gesucht wird. Das Ergebnis der Suche für den Fall eines defekten Drehzahlsensors zeigt Abbildung 3. Ist das Ergebnis nicht zufrieden stellend, wird das Modell im letzten Schritt durch geeignete Fehlertoleranzmaßnahmen ergänzt, deren Wirksamkeit in der nächsten Iteration überprüft wird.

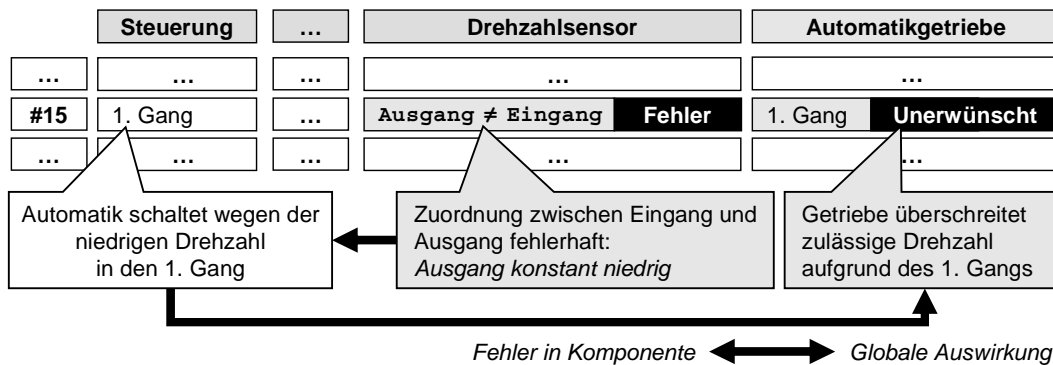


Abbildung 3: Ergebnis der Analyse am Fallbeispiel eines Automatikgetriebes

Literatur

- [Aria96] Ariane 5 Inquiry Board: ARIANE 5 – Flight 501 Failure. European Space Agency (ESA), 1996, <http://ravel.esrin.esa.it/docs/esa-x-1819eng.pdf>.
- [Bieg03] Biegert, U.: Ganzheitliche modellbasierte Sicherheitsanalyse. In: atp - Automatisierungstechnische Praxis, H. 8, 45 (2003), S. 42-49.
- [DGQ98] Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V. (Hrsg.): Zuverlässigkeit komplexer Systeme aus Hardware und Software. DGQ Band 17-01, 1. Auflage, Berlin: Beuth Verlag GmbH, 1998.
- [Läng03] Längst, W.: Formale Anwendung von Sicherheitsmethoden bei der Entwicklung verteilter Systeme. PhD Thesis, Berlin: Logos Verlag, 2003.
- [LaGö99] Lauber, R.; Göhner, P.: Prozessautomatisierung 1. 3. Aufl., Berlin: Springer-Verlag, 1999.
- [VDI2206] VDI 2206: Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme. VDI, Berlin: Beuth-Verlag GmbH, 2004.

Der Beitrag entstand im Rahmen der Forschergruppe 460 „System-Zuverlässigkeit“, welche durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördert wird.