

Funktionsorientierte Spezifikation als Vertrag zwischen Auftraggeber und Hersteller

Alexander Harhurin / Thorsten Hiebenthal

Die Entwicklung komplexer Steuerungssysteme, wie sie heute in der Leit- und Sicherungstechnik im Einsatz sind, erfordert ein strukturiertes Vorgehen und angemessene Techniken zur präzisen Beschreibung von Anforderungen an das System. Eine Voraussetzung für die fehlerfreie Integration eigenständig entwickelter Systeme zum Gesamtsystem sind präzise Lastenhefte einzelner Teilsysteme. In diesem Artikel wird eine Spezifikationstechnik zur Beschreibung von Systemschnittstellen vorgestellt, die heute bei Berner & Mattner Systemtechnik erfolgreich eingesetzt wird. Diese Modellbasierte Vorgehensweise ist ein geeignetes Mittel, den Herausforderungen bei der Entwicklung verteilter Systeme Rechnung zu tragen. Insbesondere der Forderung nach einer standardisierten, eindeutigen und testbaren Schnittstellenspezifikation kann auf diese Weise entsprochen werden.

1 Einführung

Bahnbetreiber stehen durch den steigenden Innovations- und Kostendruck vor der Herausforderung, die Kosten bei den Systemen der Sicherungstechnik zu senken, ohne dabei die hohe betriebliche

und technische Verfügbarkeit zu gefährden. Aus Bestrebungen zur Senkung der Kosten durch Schaffung eines europäischen Marktes für Leit- und Sicherungssysteme entwickelte sich seit Anfang der 1990er Jahre das Konzept eines einheitlichen Zugsicherungssystems. Die europäischen Bahnbetreiber versprechen sich dadurch, die Komplexität der Systeme durch Standardisierung beherrschbar zu halten und die wirtschaftlichen Vorteile aus industriellen Skaleneffekten, aus der Standardisierung sowie aus technischen Innovationen zu erschließen [1]. Die angestrebten Systeme der Sicherungstechnik sollen aus modularen Teilsystemen mit standardisierten Schnittstellen bestehen. Die Entwicklung solcher Systeme bietet wesentliche Vorteile. Diese unterstützen u.a. den Austausch und die Migration einzelner Komponenten und Funktionen und erleichtern die Einbindung mehrerer Zulieferer [2]. Mittlerweile haben die Bahnbetreiber erkannt, dass der Standardisierung von Schnittstellen eine katalytische Bedeutung zukommt, da moderne Protokollschnittstellen nicht nur wirtschaftliche Lösungen versprechen, sondern zudem die Möglichkeit zur Umsetzung intelligenter Funktionen und komfortablerer Diagnoseverfahren eröffnen [1].

Die Spezifikation von Schnittstellen komplexer Steuerungssysteme, wie sie

heute in der Leit- und Sicherungstechnik im Einsatz sind, erfordert ein strukturiertes, modulares Vorgehen und angemessene Techniken zur präzisen Beschreibung von Anforderungen an das System. Mit dem frühzeitigen Einsatz geeigneter Modellbasierter Methoden (allen voran SysML [3]) werden große Hoffnungen verbunden, die Entwicklungsaufgaben beherrschbar zu gestalten [4]. Allerdings herrscht in der Praxis immer noch Unklarheit über die richtige Anwendung von Modellen in den verschiedenen Phasen der Entwicklung (vgl. das in der EN 50126 vorgegebene V-Modell). Mit zunehmender Komplexität von mechatronischen Systemen mit ihren beteiligten Elektrik-, Elektronik- und Softwaresystemen wird es schwieriger, einen Überblick über folgende Fragestellungen zu bekommen:

- Welche Aspekte eines Systems müssen auf der Seite des Bahnbetreibers in Form eines Lastenheftes und welche im Pflichtenheft eines Herstellers modelliert werden?
- Wie wird sichergestellt, dass eine Spezifikation eindeutig interpretierbar ist, so dass sie als ein Kontrakt zwischen einem Auftraggeber und einem Hersteller dienen kann?
- Wie können Spezifikationen (am besten mit Werkzeugunterstützung) analysiert werden, um sicherzustellen, dass sie keine Unstimmigkeiten enthalten?
- Wie wird sichergestellt, dass eigenständig entwickelte Teilsysteme in einem Gesamtsystem korrekt zusammenwirken?

Um diese Fragen richtig beantworten zu können, befasst sich dieser Artikel mit der Frage, wie ein System an der Schnittstelle zu seiner Umgebung durch geeignete Modelle spezifiziert werden muss (Phase 4 nach EN 50126). Dabei steht weniger die syntaktische Form der Modellierungssprache (beispielsweise die Wahl zwischen SysML und MathWorks Simulink [5]) als vielmehr der erforderliche Inhalt einer Systemspezifikation im Fokus des Beitrags. Die grafische Repräsentation von Modellen ist ohne Zweifel eine wichtige Voraussetzung für den prakti-

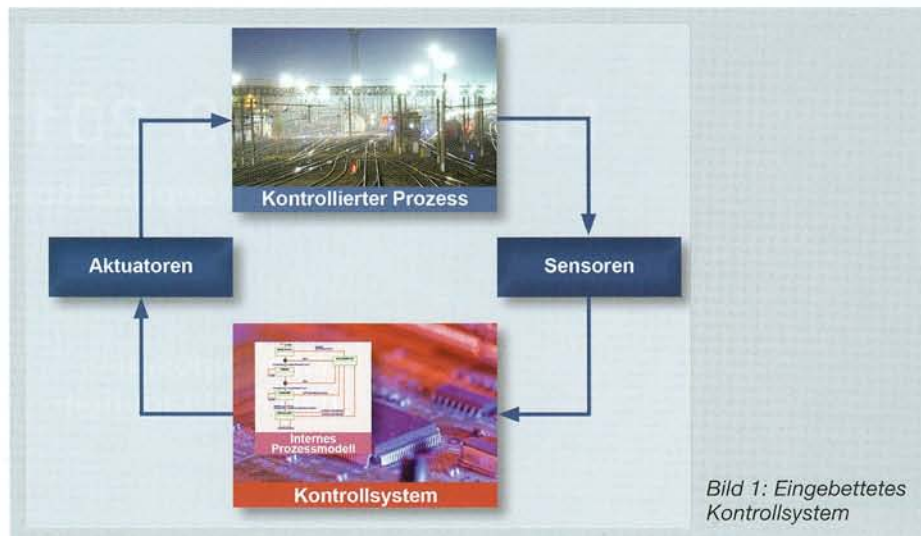


Bild 1: Eingebettetes Kontrollsystem

schen Einsatz von Modellierungstechniken (siehe dazu die von Berner & Mattner Systemtechnik entwickelte modellbasierte Vorgehensweise [13]). Viel wichtiger ist jedoch das fundierte Verständnis der Begriffe, wie die Spezifikation eines mechatronischen Systems, die Systemfunktion oder die Systemgrenze. Die dazu notwendige Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen, wie der Informationstechnik mit der Elektrotechnik, erfordert ausgeprägte Techniken des Systems Engineering [6].

2 Reaktive Systeme und ihre Schnittstellen

Bei den in der Sicherungstechnik eingesetzten Systemen handelt es sich meistens um sogenannte reaktive Systeme. Ein reaktives System befindet sich in ständiger Interaktion mit seiner Umgebung: Auf Eingaben aus der Umgebung reagiert es mit Ausgaben, die innerhalb definierter Zeitgrenzen erfolgen müssen. Ein reaktives System terminiert in der Regel nie. Beispielsweise wartet ein Lichtsignal kontinuierlich auf Befehle aus dem Stellwerk und signalisiert daraufhin innerhalb eines definierten Zeitintervalls einen Fahrbefehl. Eine Unterklasse der reaktiven Systeme sind eingebettete Kontrollsysteme mit ihren klar definierten Schnittstellen zur physikalischen Umgebung. Ein softwaregesteuertes System besteht in der Regel aus vier Bestandteilen (Bild 1): einem mechanischen Prozess, Aktuatoren, Sensoren und einem eingebetteten Softwarekontrollsystem (siehe auch [7]). Das Kontrollsystem erhält durch seine Sensoren Informationen über den aktuellen Zustand des mechanischen Prozesses und steuert diesen durch seine Aktuatoren.

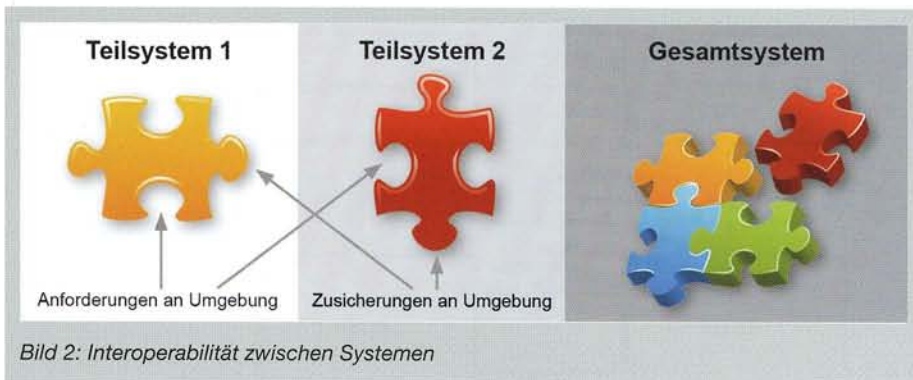
Für ein strukturiertes Vorgehen und eine präzise Spezifikation der Systemfunktionalität ist es essentiell wichtig, die Grenze des zu beschreibenden Systems genau festzulegen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Fragestellung, was der Auftraggeber eigentlich spezifizieren will:

- Das ganze physikalische System mit allen analogen und mechanischen Prozessen? Beispielsweise die ganze Bahnübergangssicherungsanlage (BÜSA) zusammen mit allen Schranken, Zugerfassungspunkten (ZEP) etc.
- Das Kontrollsystem mit Aktuatoren und Sensoren? In unserem Beispiel wäre das die Softwarelogik, die entscheidet, ob und wann die BÜSA ein- und ausschaltet.
- Die Schnittstellen zu anderen Systemen? Im Falle der BÜSA wäre das die Kommunikation zwischen dem Stell-

werk und dem Kontrollsystem der BÜSA.

Der vorliegende Artikel konzentriert sich auf die Schnittstellen eines Software gesteuerten Kontrollsystems zur externen Umgebung (in eingebetteten Systemen überwiegend Sensoren und Aktuatoren) sowie zu umliegenden Systemen, mit denen das betrachtete System interagiert. In diesem Fall wird das Verhalten des Systems aus der Black-Box-Sicht spezifiziert, d. h., es wird der mögliche Nachrichtenaustausch (das Kommunikationsprotokoll) an der identifizierten Systemgrenze festgelegt. Wie ein System hinter seiner Schnittstelle agiert, ist für seine Umwelt irrelevant (Stichwort firmenneutrale Schnittstelle). Für die benachbarten Systeme sind ausschließlich Systemfunktionen von Bedeutung, die das System seiner Umgebung zur Verfügung stellt und die an der Systemgrenze durch Benutzer wahrgenommen werden. Dabei kann ein Benutzer ein Mensch, aber auch ein anderes System sein. Dieses Prinzip der Datenkapselung hinter einer Schnittstelle erleichtert den Austausch und die Migration einzelner Komponenten und Funktionen wesentlich. Da die Implementierungsdetails eines Systems anderen Systemen nicht bekannt sind, kann die Implementierung geändert werden, ohne die Zusammenarbeit mit anderen Systemen zu beeinträchtigen. Außerdem kann ein System mit einer fest definierten Schnittstelle von unterschiedlichen Herstellern implementiert werden, vorausgesetzt, ihre individuellen Lösungen erfüllen alle in einer Schnittstellenspezifikation definierten Anforderungen (Bild 2).

Wie bereits erwähnt, umfasst eine Systemschnittstelle mehrere Systemfunktionen, die an der Systemgrenze durch Benutzer wahrgenommen werden. Eine Systemfunktion (auch Interaktionsmuster genannt) ist eine Menge von zeitlich geordneten, an der Systemgrenze beobachtbaren Folgen von Nachrichten oder Signalen zwischen dem System und seiner Umgebung.



Im Folgenden werden die eingeführten Begriffe anhand eines Beispiels erklärt. Wir betrachten ein System der Sicherungstechnik, das aus einem ESTW, einer BÜSA und einem Lichtsignal besteht. Wenn der Bahnbetreiber diese Systeme von drei unterschiedlichen Herstellern implementieren lassen will, müssen folgende Schnittstellen spezifiziert werden (Bild 3):

- die Schnittstelle des ESTW zur BÜSA und zum Lichtsignal,
- die Schnittstelle des Lichtsignals zum ESTW und
- die Schnittstelle der BÜSA zum ESTW.

Wenn interne BÜSA-Elemente, wie z. B. ZEP, Schranke und Freimeldeanlage, nicht aus einer Hand kommen oder der Generalunternehmer weitere Zulieferer beauftragt, müssen außerdem die Schnittstellen des BÜSA-Kontrollsystems zu diesen drei Teilsystemen vom Bahnbetreiber spezifiziert werden (Bild 4). Im Folgenden betrachten wir ausschließlich die Kommunikation zwischen dem ESTW und der BÜSA, wie sie in Bild 3 dargestellt ist. Dementsprechend umfasst die Schnittstelle der BÜSA, die uns in diesem Beispiel interessiert, zwei logische (d. h. implementierungsneutrale) Ports: ein Eingabeport, durch den die BÜSA Kommandos vom ESTW erhält und ein Ausgabeport, durch den das System Meldungen ans ESTW schickt.

Um die Komplexität der Schnittstellen in den Griff zu bekommen, soll in einem Lastenheft von allen mechanischen und elektrotechnischen Implementierungsdetails abstrahiert werden. Zwischen den Systemen werden nur abstrakte Nachrichten geschickt, die erst später durch konkrete Telegramme ersetzt werden sollen. Das System BÜSA stellt seiner Umgebung (in unserem Beispiel dem ESTW) mehrere Systemfunktionen zur Verfügung: z. B. zugbewirkte Ein- und Ausschaltung, manuelle Ein- und Ausschaltung durch Fahrdienstleiter oder Überwachung des Bahnübergangs. Auf die konkrete Modellierung dieser Funktionen wird im nächsten Kapitel eingegangen.

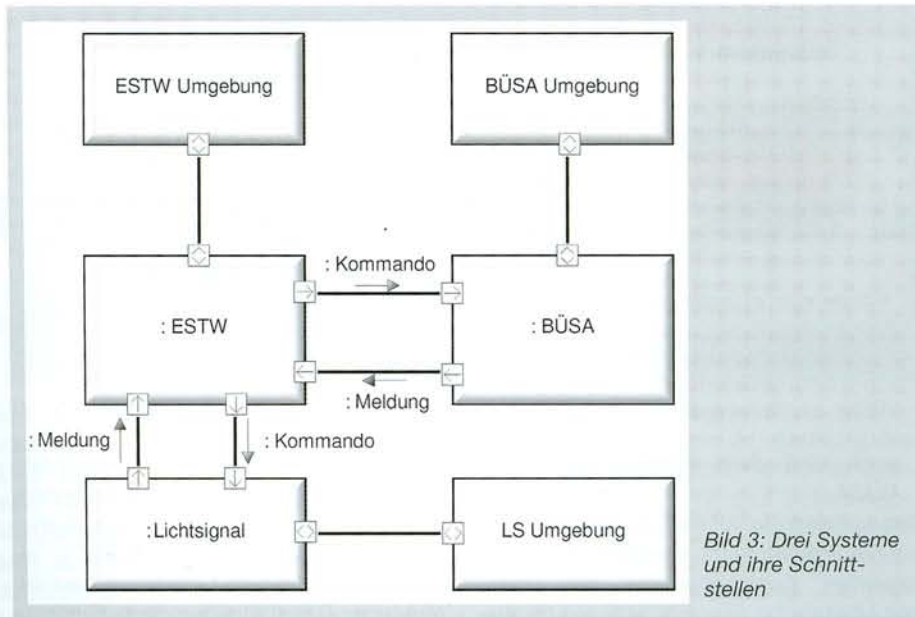


Bild 3: Drei Systeme und ihre Schnittstellen

3 Funktionsorientierte Spezifikation von Systemschnittstellen

In diesem Kapitel wird eine Spezifikationstechnik zur Beschreibung von Systemschnittstellen vorgestellt, die am Lehrstuhl für Software & System Engineering der TU München erarbeitet und

in mehreren Projekten (wie z.B. SPES [8] oder VEIA [9]) erfolgreich erprobt wurde (für mehr Details siehe [10] und [11]). Heutzutage wird diese Technik bei Berner & Mattner Systemtechnik eingesetzt.

Im folgenden Abschnitt werden Anforderungen an eine Spezifikation aufgezeigt, die der gestiegenen Komplexität

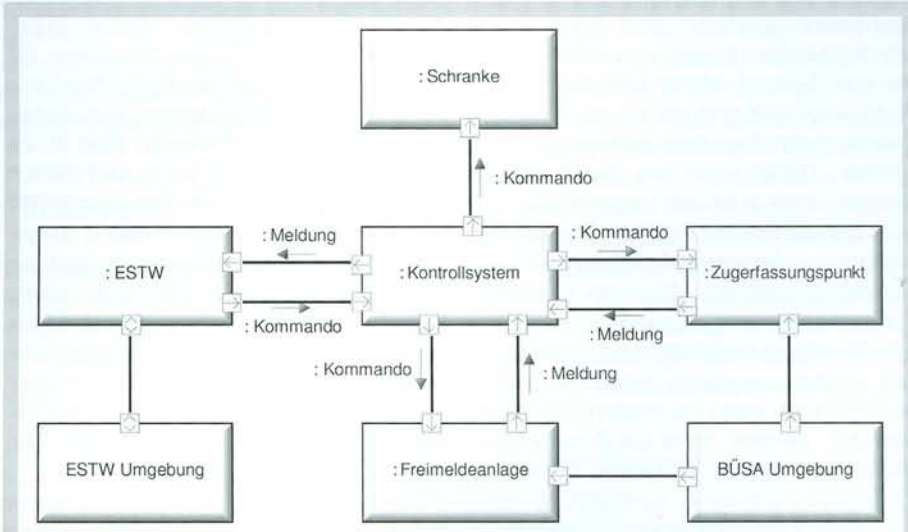


Bild 4: Interne Elemente der BÜSA mit ihren Schnittstellen



Bild 5: Syntaktische Schnittstelle der BÜSA

heutiger Systeme hinsichtlich Entwicklungsqualität und -effizienz Rechnung tragen kann. Anschließend wird gezeigt, wie eine Systemschnittstelle funktionsorientiert spezifiziert werden kann.

3.1 Anforderungen an Spezifikation

Wenn ein Auftraggeber einen Auftrag an seine Zulieferer vergibt, sollte er seine Anforderungen in einem Lastenheft in einer so abstrakten Form definieren, dass der Lösung nicht vorgegriffen wird. Es ist wichtig, dem Hersteller die Möglichkeit zu geben, geeignete Lösungen zu erarbeiten, ohne ihn durch zu restriktive Anforderungen in seiner Lösungskompetenz einzuschränken.

Eine Spezifikation ist in einem geografisch verteilten Entwicklungsprozess das wichtigste Kommunikationsmittel zwischen den an der Entwicklung beteiligten Personen. Alle Design- und Implementierungsentscheidungen, alle Verifikations- und Validierungsschritte basieren auf der Spezifikation. Somit hängt die Qualität eines Systems unmittelbar von der Qualität einer Spezifikation ab. Die Anforderungen müssen so präzise festgehalten werden, dass sie von allen Beteiligten eindeutig interpretiert werden können. Prinzipiell sollte die Spezifikation der funktionalen Anforderungen an ein System sowohl vollständig als auch konsistent sein. Vollständigkeit bedeutet, dass die Spezifikation alle vom Benutzer benötigten Dienste festlegt, während die Konsistenz verlangt, dass die Anforderungen keine widersprüchlichen Festlegungen enthalten [12].

Um die wachsende Komplexität der heutigen Systeme der Leit- und Sicherheitstechnik zu beherrschen, sind Spezifikationstechniken erforderlich, welche die werkzeugunterstützte Analyse von Lastenheften ermöglichen. Für die sinnvolle und zielführende Modellbasierte Systementwicklung ist nicht nur die intuitive grafische Repräsentation von Modellen (wie z. B. UML-Use-Case- oder Aktivitätsdiagramme) von Bedeutung. Für methodisches Vorgehen und eine tiefgreifende Werkzeugunterstützung mit hohem Automatisierungsgrad ist eine fest definierte Menge von Modellen mit einer standardisierten und ausführbaren Semantik eine unabdingbare Grundlage [4]. Dies ist umso wichtiger, da sonst Themen wie Interoperabilität, Integration oder Migration zu einer Kostenexplosion führen können.

3.2 Spezifikationstechnik

In diesem Abschnitt wird eine mögliche funktionsorientierte Spezifikationstechnik

zur Beschreibung von Systemschnittstellen beschrieben. Die Schnittstellenspezifikation eines Systems besteht aus

- einer syntaktischen Schnittstelle und
- einem Systemverhalten (oder Systemfunktionalität).

Die syntaktische Schnittstelle eines Systems umfasst eine Menge getypter Ein- und Ausgabeports, durch die das System mit seiner Umgebung kommuniziert. Diese Ports legen fest, welche Signale, Nachrichten oder Telegramme das System an die benachbarten Systeme senden und von denen empfangen kann. In Bild 5 hat die Schnittstelle des BÜSA-Kontrollsystems vier Ports:

- estwKomm: zum Empfangen von Kommandos vom ESTW,
- estwMeld: zum Senden von Meldungen ans ESTW,
- umgebungKomm: zum Senden von Kommandos an die restlichen Peripherie-Systeme sowie
- umgebungMeld: zum Empfangen von Meldungen von den Peripherie-Systemen.

Die genaue Definition von Porttypen ist essentiell wichtig für die Interoperabilität zwischen Systemen, die von unterschiedlichen Herstellern implementiert werden. Zwei Teilsysteme sind nur dann zu einem Gesamtsystem integrierbar, wenn jedes System nur diejenigen Nachrichten an benachbarte Systeme verschickt, welche diese Systeme auch verarbeiten können.

Die Funktionalität eines Systems ergibt sich aus der Kombination einzelner Systemfunktionen. Die Funktionen legen nur das externe Verhalten des Systems fest und vermeiden Vorentscheidungen bezüglich des Systemdesigns. Wie bereits erwähnt, ist eine Systemfunktion ein Interaktionsmuster, das eine Menge von zeitlich geordneten, an der Systemgrenze beobachtbaren Folgen von Nachrichten zwischen dem System und seiner Umgebung beschreibt. Es gibt mehrere Möglichkeiten, eine Folge von Nachrichten zu modellieren. Beispielsweise wurde in [13] eine Modellierungstechnik vorgestellt, in der Systemfunktionen mit UML-Sequenz- und Aktivitätsdiagrammen modelliert werden. Der wesentliche Vorteil dieser Notation ist die Verständlichkeit der Diagramme, die von den meisten Ingenieuren intuitiv verstanden werden. Die Erhebung funktionaler Anforderungen steht im Fokus dieser Methode. Allerdings hat diese Technik keine standardisierte und ausführbare Semantik und bietet damit keine werkzeugunterstützte Analyse von Spezifikationen an. Mit dem Ziel der automatischen Analyse von Lastenheften wird in diesem Artikel eine alternative Beschreibungstechnik mit einer zustandsbasierten Semantik vorgeschlagen.

Eine Systemfunktion wird durch ein Zustandsdiagramm modelliert. Ein Zustandsdiagramm besteht aus einer Menge von Systemzuständen und einer Menge von Zustandsübergängen (auch Transitionen genannt). Ein System wechselt seinen Zustand, wenn es eine Nachricht aus seiner Umgebung durch einen seiner Eingabeports empfängt. Bei einem Zustandsübergang kann das System eine oder mehrere Nachrichten durch seine Ausgabeports senden. Dadurch wird die Reaktion des Systems auf bestimmte Eingaben definiert. Dem Diagramm liegt ein diskretes Zeitmodell zugrunde: Die Ausführung einer Transition benötigt genau ein konstantes Zeitintervall. Ein definiertes Zeitmodell ist eine unabdingbare Eigenschaft einer Spezifikationstechnik für reaktive Systeme. Denn in den meisten sicherheitskritischen Anwendungen ist die Reaktionszeit eines reaktiven Kontrollsystems nicht weniger wichtig als die Korrektheit der Reaktion selber.

In Bild 6 ist das Zustandsdiagramm für eine Systemfunktion der BÜSA dargestellt. Die BÜSA ist im Initialzustand ausgeschaltet. Empfängt das System vom ESTW ein Kommando zum Einschalten, sendet es eine entsprechende Nachricht weiter an seine Peripheriesysteme und geht in den Zustand „Eingeschaltet“ über. In diesem Zustand wartet die BÜSA auf

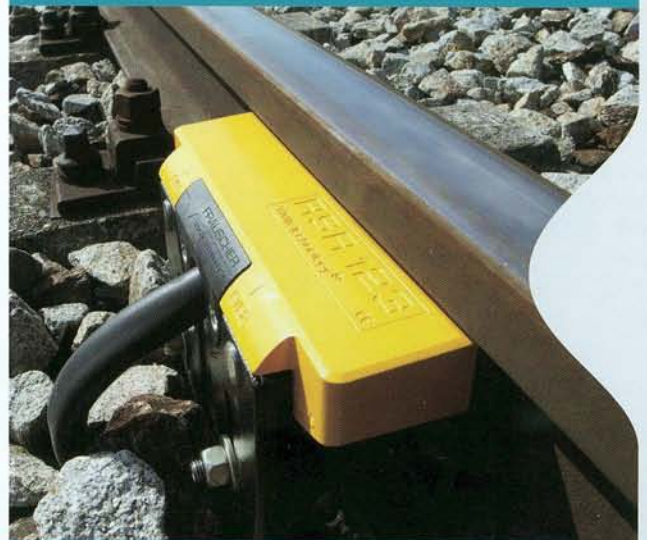
FRAUSCHER

SENSOR TECHNOLOGY

USE FUTURE
TECHNOLOGY

TODAY.

Axle Counting & Wheel Detection
Reliable all over the world!



Frauscher Sensortechnik GmbH

St. Marienkirchen | AT | office@frauscher.com

Frauscher Polska Sp. z o. o.

Katowice | PL | office@pl.frauscher.com

Frauscher UK Ltd.

Yeovil | UK | office@uk.frauscher.com

Frauscher Sensor Technology (Beijing) Co. Ltd.

Beijing | CN | office@cn.frauscher.com

www.frauscher.com

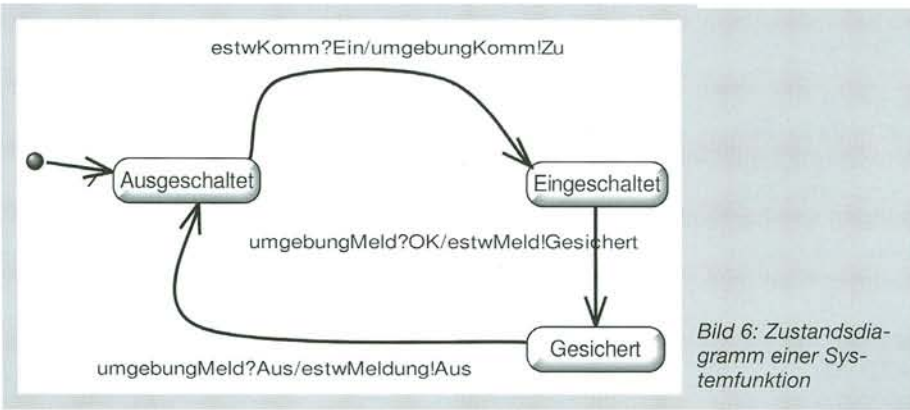


Bild 6: Zustandsdiagramm einer Systemfunktion

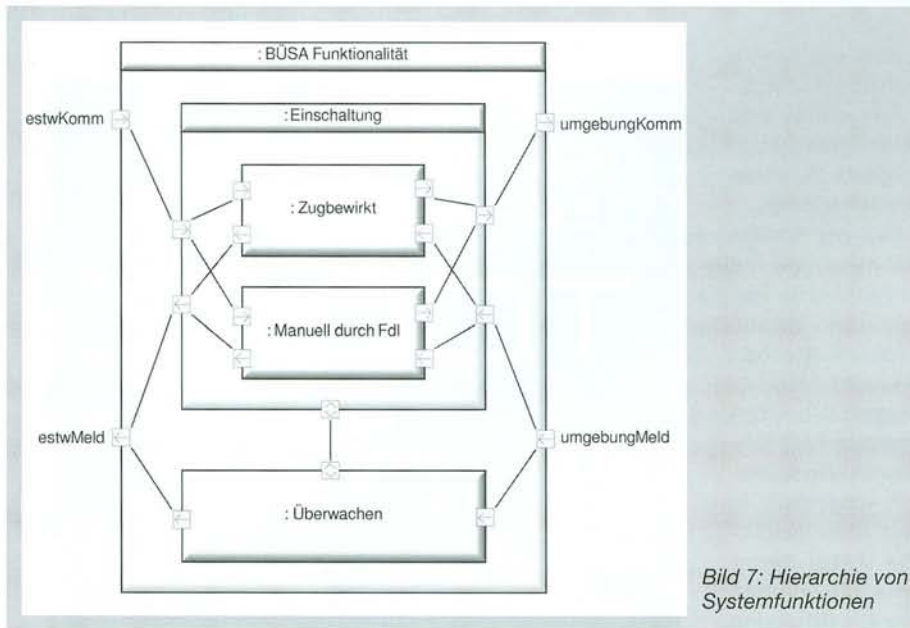


Bild 7: Hierarchie von Systemfunktionen

eine Bestätigung, dass der Übergang gesichert ist. Dies wird umgehend an das ESTW gemeldet und die BÜSA geht in den Zustand „Gesichert“ über. In diesem Zustand kann die BÜSA wieder ausgeschaltet werden. Wie das Beispiel zeigt, beschreibt ein Zustandsdiagramm eine Folge von Systemeingaben und darauf folgende Systemreaktionen.

Die meisten Kontrollsysteme haben mehr als eine Systemfunktion. Aus diesem Grund müssen einzelne Funktionen anschließend unter Berücksichtigung ihrer Wechselwirkungen zu einem Gesamtmodell integriert werden. Wechselwirkungen beschreiben, wie die eigenständig modellierten Funktionen zusammenspielen bzw. sich gegenseitig beeinflussen, um das gewünschte Ge-

samtverhalten zu erbringen. Um einen Überblick über eine Vielfalt von Funktionen zu bekommen, strukturiert man sie am besten hierarchisch, wie beispielhaft in Bild 7 dargestellt.

4 Zusammenfassung

Die Eignung des vorgestellten Ansatzes für ein ingenieurmäßiges Vorgehen wurde in mehreren Projekten erprobt. Diese Modellbasierte Vorgehensweise ist ein geeignetes Mittel, um den Herausforderungen bei der Entwicklung verteilter, modularer Systeme Rechnung zu tragen. Insbesondere der Forderung nach einer standardisierten, eindeutigen und testbaren Schnittstellenspezifikation kann auf diese Weise entsprochen werden. Im Folgenden werden die Vorteile der funktionsorientierten Spezifikation zusammengefasst.

- Durch diese implementierungsneutrale Spezifikation wird dem Hersteller die Möglichkeit gegeben, geeignete Lösungen zu erarbeiten, ohne ihn durch zu restriktive Anforderungen in seiner Lösungskompetenz einzuschränken.
- Die Spezifikation ist eindeutig und präzise. Dadurch kann sie als ein Kontrakt zwischen einem Auftraggeber und einem Hersteller dienen.
- Die Interoperabilität zwischen Systemen kann bereits auf der Ebene von Lastenheften syntaktisch und semantisch überprüft werden.
- Unstimmigkeiten und unberücksichtigte Anforderungen können bereits in einer sehr frühen Phase des Entwicklungsprozesses Werkzeug unterstützt entdeckt werden, was bekanntlich zu einer immensen Reduktion der Entwicklungskosten beiträgt.
- Eine unabdingbare Grundlage für Wartung, Zulassungsverfahren sowie Analyse der funktionalen Sicherheit sicherheitskritischer Systeme ist eine durch-

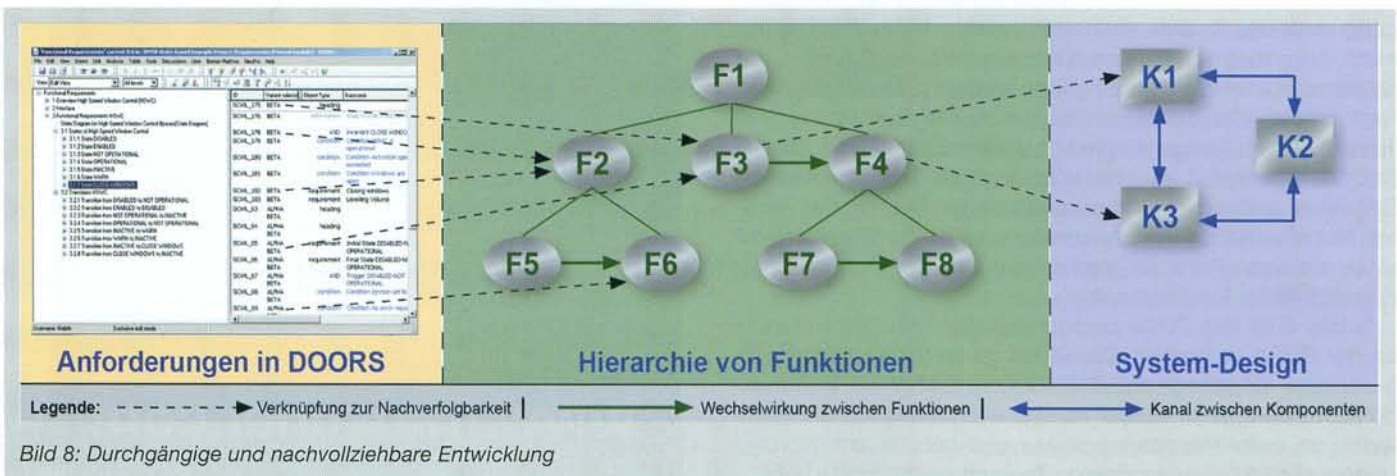


Bild 8: Durchgängige und nachvollziehbare Entwicklung

gängige und konsistente Verknüpfung von textuellen Anforderungen (z.B. in Rational DOORS [14]) mit den Entwicklungsartefakten des nachfolgenden System-Engineering-Prozesses (Stichwort Nachvollziehbarkeit/Traceability). Systemfunktionen in der Spezifikation können als Traceability-Links zwischen Anforderungen in DOORS und technischen Komponenten der Implementierung dienen (Bild 8).

LITERATUR

- [1] Elsweiler, B.; Bänsch, R.: Herausforderungen für die Leit- und Sicherungstechnik. SIGNAL+DRAHT, 2010, Heft 7+8
- [2] Plan, O.: Modellbasierte Methoden – Schlüssel zu Modularisierung und Standardisierung, Insight, Geschäftsbereich Transportation, Berner & Mattner Systemtechnik, 2009, Heft 3
- [3] Webseite OMG SysML, <http://www.omg-sysml.org/> (Zugriff: 17.01.11)
- [4] Broy, M.; Rumpe, B.: Modulare hierarchische Modellierung als Grundlage der Software- und Systementwicklung, Informatik-Spektrum, 2007, Heft 30(1)
- [5] Webseite Simulink, <http://www.mathworks.com/products/simulink/> (Zugriff: 17.01.11)
- [6] Weber, H.; Broy, M.: Systemorientiertes Automotive Engineering, Informatik-Spektrum, 2009, Heft 32(3)
- [7] Leveson; N.G.: Safeware: System Safety and Computers, ACM, 1995
- [8] Webseite SPES 2020, <http://spes2020.de> (Zugriff: 17.01.11)
- [9] Webseite VEIA, <http://veia.isst.fraunhofer.de/> (Zugriff: 17.01.11)
- [10] Harhurin, A.: Von separaten Interaktionsmustern zu konsistenten Spezifikationen reaktiver Systeme, Dissertation, TU München, 2010
- [11] Harhurin, A.; Hartmann, J.; Ratiu, D.: Motivation and Formal Foundations of a Comprehensive Modeling Theory for Embedded Systems, Technischer Bericht, TU München, 2009

- [12] Sommerville, I.: Software Engineering, Addison-Wesley, 2001
- [13] Lauscher, T.; Fischer, C.; Hiebenthal, T.: Hochwertige Schnittstellenspezifikationen durch SysML-Modellierung, SIGNAL+DRAHT, 2011, Heft 3
- [14] Webseite Rational DOORS, <http://www.ibm.com/software/awdtools/doors/> (Zugriff: 17.01.11)

■ SUMMARY

Functional specification as contract between orderer and manufacturer

The development of complex signalling systems requires structured procedures and precise techniques for an unambiguous description of system requirements. Integrated use of models already in requirements engineering immensely contributes to the success of a development project. This article describes a functional oriented technique to precise, standardised and analyzable specification of system interfaces. This technique contains an integrated and homogeneous set of models, which are needed for a consistent description of the functionality provided by a system.

Die Autoren

Dr. Alexander Harhurin
Consultant
 Berner & Mattner Systemtechnik GmbH
 Anschrift: Erwin-von-Kreibitz-Str. 3,
 D-80807 München
 E-Mail: alexander.harhurin@berner-mattner.com

Thorsten Hiebenthal
Department Manager Transportation
 Berner & Mattner Systemtechnik GmbH
 Anschrift: Erwin-von-Kreibitz-Str. 3,
 D-80807 München
 E-Mail: Thorsten.Hiebenthal@berner-mattner.com