



Bild: Berner & Mairner

Modellbasierter Systems-Engineering-Prozess

Heutige technische Systeme zeichnen sich durch eine stetig steigende Komplexität der Hardware- sowie speziell der Softwarekomponenten aus. Dabei besteht gerade bei sicherheitskritischen Systemen ein Spannungsfeld, da sich die Bewertungskriterien der Zertifizierung nicht ändern. Neuere Entwicklungsansätze wie modellbasierte Verfahren helfen bei der Bewältigung entsprechender Probleme. Diese in der Softwareindustrie schon seit Langem erfolgreich eingesetzten Konzepte wurden in den letzten Jahren auf die Systementwicklung übertragen.

Modelle sind ein alltägliches Werkzeug für Ingenieure. Technische Zeichnungen, Schaltpläne oder Blockdiagramme dienen als gängige Mittel zur Visualisierung von technischen Systemen. In einem modellbasierten Prozess kommt beispielsweise zur Darstellung technischer Systeme die genormte Notation SysML („System Modelling Language“) zum Einsatz, die von der OMG „REF_Ref219883913 \n \h“ (1) definiert und von verschiedenen Werkzeugen unterschiedlicher Hersteller implementiert wurde. Mittels SysML lassen sich die Architektur und das Verhalten von Systemen beschreiben (2). Die Möglichkeiten der SysML erlauben dabei sowohl die Beschreibung von Hardware als auch von Software. Material wie auch Datenflüsse lassen sich damit abbilden.

Der große Vorteil der Verwendung von entsprechenden Werkzeugen liegt darin, dass die erstellten Diagramme nur

ein Abbild der in Form einer Datenbank vorhandenen Elemente und derer Beziehungen darstellen. Diese können auch die Anforderungen und Testfälle umfassen.

Inkonsistenzen noch normal

Heute werden zu Beginn die Anforderungen an das zu entwickelnde System erfasst. Nachfolgend spezifizieren die Ingenieure, oft in verschiedenen Entwicklungsteams, auf Basis dieser Definitionen die zu entwickelnden Komponenten immer genauer. Auch die anschließende Implementierungsphase erfolgt zumeist durch mehrere Beteiligte. Inkonsistenzen in der ursprünglichen Definition lassen sich bei einem solchen stark papierbasierten Prozess nur durch Intensivreviews identifizieren. Regelmäßiger werden sie allerdings erst während der Integration der entstandenen Produkte gefunden und zie-

hen dann ungeplante Verzögerungen oder gelegentlich Neuentwicklungen nach sich. Die Gründe dafür sind prozessbedingt: In hochkomplexen Systemen ist es außerordentlich schwierig, durch reine Reviewverfahren Probleme im Zusammenspiel zahlreicher Komponenten zu finden. Daher kommen heute häufig Simulationen auf Matlab/Simulink-Basis zum Einsatz. Diese lassen sich jedoch nur sehr aufwendig mit dem Anforderungsmanagement verbinden und mit den Software-Komponenten integrieren.

Schritte für modellbasiertes Vorgehen

Die Einführung von modellbasierten Verfahren auf Basis von SysML funktioniert im einfachsten Fall rein grafisch. Als Werkzeug bietet sich beispielsweise Visio an, um Notationen für die Abbildung von Architekturen und Verhalten zu vereinheitlichen. Bei diesem Ansatz werden jedoch die Potenziale der modellbasierten Vorgehensweise nicht ausgeschöpft.

Konsequenter ist der Einsatz eines Modellierungswerkzeugs, das die Daten an zentraler Stelle verwaltet und die Syntax und Nomenklatur überprüft, um die Konsistenz der Modelle zu gewährleisten. Die Navigation von Diagramm zu Diagramm ermöglicht eine schnelle Analyse des Zusammenhangs zwischen Architektur und Verhalten.

Einige wenige Hersteller bieten als letzten Schritt noch die Code-Generierung aus den Modellen an. Die Anwendung dieses Verfahrens stellt hohe Anforderungen an die Modellierung, eröffnet aber im Gegenzug die Möglichkeit, die Spezifikation durch Simulation bereits früh zu testen. Das definierte Verhalten und die Daten- und physikalischen Flüsse zwischen den Komponenten lassen sich auf diese Weise nachvollziehen. In diesen Zusammenhang wird vielfach auch die Integration von Matlab/Simulink-Modellen angeboten.

Für welche Art der Einführung sich ein Unternehmen auch entscheidet: In einem vorbereitenden Schritt sollten die zum Projekt und Umfeld passenden Festlegungen für Methodik und Modellarchitektur definiert werden. SysML legt zwar die syntaktischen Sprachelemente fest, diese können aber unterschiedlich interpretiert und verwendet werden. Daher liegt ein Teil der Projektaufgabe darin, erst die Semantik der Modelle festzulegen.

Ein ebenfalls wichtiger Aspekt besteht in der Dokumentation der Modelle. Die meisten Werkzeuge bieten hier Lösungen an, die aber in fast allen Fällen eine Anpassung an vorhandene Dokumentationsstandards oder -templates voraussetzen. Am Ende dieses Festlegungsprozesses steht eine vollständige, durchgängige Werkzeugkette. Diese umfasst die Bereiche Anforderungsmanagement, Modellierung, Versionierung, Simulation und Test.

Durch den Einsatz eines modellbasierten Spezifikationsprozesses entstehen Modelle der Systemkomponenten und des Systemumfelds. Die Modelle beinhalten unter anderem die Abhängigkeiten zwischen den Modellelementen. Durch die Nutzung der im Modell enthaltenen Informationen unterstützen

die Werkzeuge den Ingenieur dabei, mögliche Probleme zu finden. Die vom Werkzeug generierten Darstellungen machen fehlende Texte oder Beschreibungen oder widersprüchliche Anforderungen umgehend sichtbar.

In einem papierbasierten Prozess können widersprüchliche Anforderungen zweier verbundener Subsysteme deutlich leichter übersehen werden. Der Einsatz von Modellen ermöglicht gegebenenfalls sogar eine automatische Prüfung von Anforderungen.

Anforderungen und Modelle

Insbesondere in Zusammenhang mit Reviews und Zertifizierungen ist der Nachweis der Anforderungsverfolgbarkeit ein wichtiger Aspekt des Systems Engineering. Werkzeuge für das Anforderungsmanagement sind beispielsweise Doors von IBM/Telelogic. Die meisten Werkzeuge bieten Schnittstellen an, die eine Integration der Anforderungen und Modelle ermöglichen. Anforderungen lassen sich dabei unmittelbar im Modell darstellen. Auf diese Weise können Experten die Vollständigkeit und Konsistenz der Anforderungen leichter prüfen als in herkömmlichen Vorgehensweisen.

Ein weiterer Aspekt ergibt sich durch die Verwendung ausführbarer Modelle. Eine Aufwertung der Modelle zu Simulationsmodellen mittels entsprechender SysML/UML-Definitionen oder durch die Integration von Matlab/Simulink ermöglicht einen Test der Definitionen von Verhalten und Datenflüssen. Damit lassen sich weitere Fehler in den Spezifikationen aufdecken. Es ist sogar möglich, die Simulation für die Optimierung der Systemparameter zu verwenden.

Liegen die Modelle einmal in ausführbarer Form vor, so kann man diese zur Erstellung einer Testumgebung für die

Systemkomponenten verwenden. Dazu wird die „echte“ Systemkomponente mit Modellkomponenten integriert und durch die simulierten Elemente mit Testgrößen beaufschlagt. Die Ankopplung erfolgt je nach Art der Komponente durch Softwareschnittstellen oder durch einen Prüfstand, der mit dem Modell gesteuert wird. Erfolgreiche Anwendungen dieses Prinzips zeigen sowohl die Automobil- als auch die Luftfahrtindustrie.

Fazit

Der modellbasierte Systems-Engineering-Prozess ist durchgängig für alle Projektphasen geeignet. Dabei wird das Modell fortlaufend verfeinert und kann in den einzelnen Phasen die verschiedenen Anforderungen abdecken. Beginnend mit der Strukturierung der Anforderungen und der Verknüpfung mit den Systemkomponenten, wird in der ersten Projektphase eine deutlich verbesserte Übersicht erreicht. Ausführbare Modelle helfen zusätzlich bei der Verifikation der Anforderungen.

Die Modelle werden in der folgenden Phase zu exakten Spezifikationen für die Entwicklung. In der Integrationsphase lassen sich die Simulationen zu Testzwecken verwenden, um die Komponenten frühzeitig in einem noch nicht verfügbaren Umfeld zu testen. Nach erfolgter Integration dienen die Modelle als Vergleich für das beobachtete Systemverhalten mit den Anforderungen. STEFAN SCHWABE

INFOCORNER

(1) www.omgsysml.org

(2) www.sysmlforum.com/tools.htm

Mehr zur umfassenden Unterstützung von Systems Engineering unter www.berner-mattner.com