

Wege aus dem Mechatronik-Dschungel

Die Erfahrung der Automobilhersteller bei der Entwicklung von Embedded Software ist im Standard „Automotive Spice“ verdichtet. Der Standard ermöglicht die einheitliche Bewertung und Verbesserung der Entwicklungsprozesse bei den Lieferanten für derartige Steuerungssysteme. Die Abdeckung mancher Anforderungen aus Automotive Spice an die Qualität der Prozesse kann durch den Einsatz von PDM/PLM-Systemen unterstützt werden.

Mechatronische Systeme werden im Fahrzeug an vielen Stellen eingesetzt. So manche Lösungen wie das sogenannte Active Drive mit Wankstabilisierung oder die Aktivlenkung mögen nur für einen exklusiven Käuferkreis konzipiert sein, doch selbst Basisfunktionen wie das Kofferraumlicht werden heute nicht mehr durch mechanische Schalter,

Nachverfolgbarkeit gesichert. Domänen- und disziplinübergreifendes Daten- und Strukturmanagement für Engineering- und Managementdaten ermöglicht eine durchgängige, bidirektionale Verfolgung von Anforderungen und Änderungen

The screenshot displays several interconnected windows in the CADplus software:

- CIM DATABASE:** Shows a navigation tree on the left with categories like 'Produktstruktur', 'Referenzstruktur', and 'Sammeloperationen'.
- Systemkomponenten:** A tree view showing a hierarchy of components for 'BAUREIHE 4711', including 'Motorsystem 6610SK0110' and 'Anlasssystem 6610SK0150'.
- Änderung im Code:** A diff window showing code changes in 'cdbConn.cpp' between revisions 1.3 and 1.3, with line 389 highlighted.
- Revisionsgraph:** A graph showing the relationship between revisions 1.1, 1.2, 1.3, and 1.4.
- Änderungslog:** A table listing changes to 'cdbConn.cpp' and 'StarterInk.cpp' on 09.02.2005.
- Problemmeldung:** A detailed report for error E006814, 'Acrobat 6-Kopplung ist fehlerhaft', including fields for 'Fehler ID', 'Produkt', 'Verantw.', 'Geneldet am', 'Eingeh. am', 'Priorität', 'Status', and 'Beschreibung'.
- Änderungsliste:** A small table listing changes to 'cdbConn.cpp' and 'StarterInk.cpp'.

Bild: Contac Software

sondern über Steuergeräte mit entsprechender Software und Bussignale angesteuert. Die Elektronik eröffnet neue Möglichkeiten zur Personalisierung und Individualisierung von Fahrzeug und Infotainment und ist vor allen Dingen gut fürs Geschäft: 90 Prozent aller wirtschaftlich interessanten Innovationen in der Fahrzeugentwicklung sind der Mechatronik zuzurechnen.

Mit der Integration von neuen Funktionen steigt jedoch die Produkt- und Prozesskomplexität. So werden in Premium-Fahrzeugen etwa 70 Steuergeräte verbaut und über fünf Bussysteme miteinander vernetzt. Jedes Steuergerät kann als eigenständiger Computer mit CPU, Hauptspeicher, Input/Output-Schnittstellen und Software aufgefasst werden. Dabei verzehnfacht sich der zu programmierende Speicher alle vier Jahre und liegt derzeit bereits im dreistelligen MByte-Bereich. Der entscheidende Bestandteil ist somit die Software. Daraus ergibt sich eine Komplexität, die nur durch ein systematisches Vorgehen beherrscht werden kann.

Die Produkte in der Automobilindustrie werden nicht alleine vom OEM entwickelt und produziert, sondern in enger Zusammenarbeit mit Lieferanten. Dabei wandelt sich die klassische hierarchische Zuliefererkette (Tier-1 – Tier-n) zu einem Wertschöpfungsnetzwerk. So kann die Systemarchitektur und das Design für ein Steuergerät vom OEM entwickelt werden. Anschließend wird die Entwicklung von Gehäuse, Platine und Software durch drei verschiedene Lieferanten koordiniert. Diese firmenübergreifenden Projekte erfordern von allen beteiligten Parteien das gleiche Grundverständnis über Prozesse, Methoden und Schnittstellen. Dies kann nur durch die Verwendung einheitlicher Standards erfolgen.

Insbesondere an der Schnittstelle zwischen OEM und Lieferanten ist die Produktqualität von der Prozessqualität nicht mehr trennbar. Die Lieferung in Zeit, Budget und in der erforderlichen Qualität gelingt nur mittels reifer Software-Entwicklungsprozesse auf beiden Seiten. Die Fahrzeughersteller Audi, BMW, DaimlerChrysler, Porsche und Volkswagen haben sich daher in der Herstellerinitiative Software (HIS) (1) zusammengeschlossen, um Standards in „nicht-wettbewerbskritischen Bereichen“ zu definieren und durchzusetzen. Der Schwerpunkt dieser Zusammenarbeit ist der Standard „Automotive Spice“ (2). Dieser Standard basiert auf der Norm ISO/IEC 15504.

In Hinblick auf eine schnelle Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Prozessbewertung („Assessments“) bei Lieferanten hat HIS die Anzahl der für die Lieferantenbewertung relevanten Prozesse auf eine re-

präsentative Menge beschränkt. Insbesondere über die Beschreibung der Engineering-Prozesse stellt das Regelwerk genaue Anforderungen an die Beherrschung der Komplexität der Software-Entwicklung im Produktentstehungsprozess (PEP).

Für das Daten- und Prozessmanagement im PEP kommen PDM/PLM-Systeme zum Einsatz. Moderne Systemarchitekturen bieten Unterstützung zur Integration der klassischen mechanischen Entwicklung mit anderen Disziplinen wie Elektrik und Softwareentwicklung im Sinne eines System Engineering.

Die Software-Industrie nennt drei Hauptursachen für Qualitätsmängel bei der Softwareauslieferung:

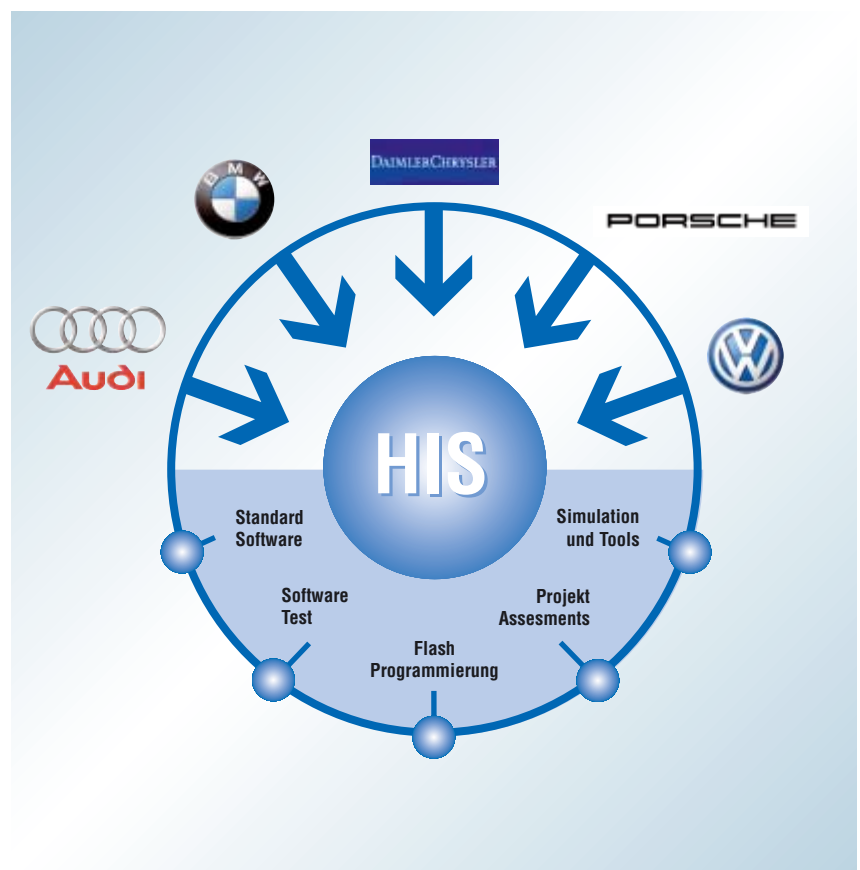
- ungenaue Definition der Funktionsanforderungen
- mangelhafte, unvollständige Anforderungsspezifikation
- unbeherrschte Änderung der Anforderungen im Laufe des Entwicklungsprojekts

Die Mehrheit der Fehler ist auf eine nicht ausreichende Anforderungsspezifikation zurückzuführen.

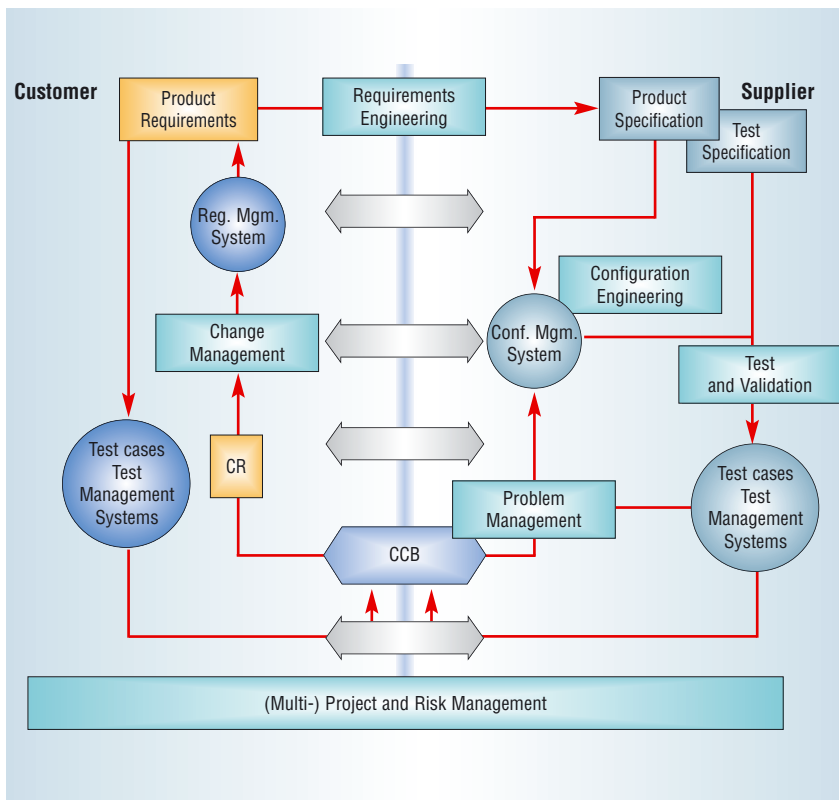
Durchgängiges Anforderungsmanagement. Am Anfang jeder Software-Entwicklung stehen Anforderungen, die üblicherweise aus einer Mischung funktionaler und nicht-funktionaler Informa-

tionen bestehen und eine Vielfalt von möglicherweise fehlleitenden Angaben enthalten, die die nachgelagerte Arbeit regelmäßig beeinträchtigen. Hierzu gehören das Funktionsverhalten von System und Software, Anforderungen aus dem Betriebskonzept, Einschränkungen für Design und Produktion, Richtlinien oder Rechtslage. Derartige Informationen sind bei einem nicht stringenten Anforderungsmanagement die Hauptursache für die Probleme vieler Entwicklungsprojekte. Eine effiziente Problembehebung, insbesondere während der Test- und Integrationsphase, lebt von der Qualität der Prozesse zum Anforderungs-, Konfigurations- und Änderungsmanagement.

Eine möglichst vollständige Anforderungsanalyse über alle Produktebenen ist notwendig, um die Konsistenz aller funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen sicherzustellen und die Komplexität der zu entwickelnden Software besser zu verstehen. Die Entstehung und Pflege für ein durchgängiges Konzept für die Anforderungen ist bei jedem Software-Entwicklungsprojekt unverzichtbar. Diese sogenannte Anforderungs-Baseline ergänzt die Dokumentation der Konfiguration aller einzelnen Software-Elemente. Sie stellt die Grundlage dar, um die Implementierung gemäß dem vereinbarten



Konzertierte Aktion. Audi, BMW, DaimlerChrysler, Porsche und Volkswagen haben sich in der „Herstellerinitiative Software“ (HIS) zusammengeschlossen, um Standards in „nicht-wettbewerbskritischen Bereichen“ zu definieren und durchzusetzen



An der Schnittstelle OEM – Lieferanten. Durch die Entwicklung mechatronischer Produkte wandelt sich die klassische hierarchische Zuliefererkette zu einem neuartigen Wertschöpfungsnetzwerk. So kann die Systemarchitektur und das Design für ein Steuergerät vom OEM entwickelt werden. Anschließend wird die Entwicklung von Gehäuse, Platine und Software durch drei verschiedenen Lieferanten koordiniert. Derartige Projekte erfordern von allen das gleiche Grundverständnis von Prozessen, Methoden und Schnittstellen.

Freigabeplan zu gestalten und später das Änderungsmanagement fest im Griff zu haben.

Um Kosten und Risiken der Produktentwicklung zu verringern, sowie zur Validierung der Anforderungsspezifikation und zur Verfeinerung des Betriebskonzepts ist in vielen Fällen die Entwicklung alternativer Lösungen zusätzlich von Nutzen. Die Verwendung von Simulation und virtuellen Prototypen (Simulatoren) ist besonders dann hilfreich, wenn sie mit einer iterativ dokumentierten Spezifikation der Stakeholder- und Schnittstellen-Anforderungen unterstützt wird.

Zur Stabilisierung dieser Prozesse wird die Einführung einer bidirektionalen Rückverfolgbarkeit („Requirements Traceability“) unumgänglich. Dieser Ansatz ermöglicht die Verfolgung jeder Anforderung – vom Entstehen über die Analyse und Implementierung bis zur Verifikation und Test des Endprodukts. Der Ansatz beschleunigt das Änderungsmanagement, indem er die Auswirkungen sowie die Konsequente Absicherung vereinfacht und die Kommunikation zwischen Kunden und Lieferanten unterstützt. Das erfordert die eindeutige Identifizierung der einzelnen Anforderungen (durch manuell

zugeteilte oder automatisch generierte Kennzeichen beziehungsweise eine Kombination von beiden). So lässt sich rasch entscheiden, für welche Änderung welcher Pfad innerhalb der Produkthierarchie verfolgt werden soll, um die Auswirkung im Sinne von Kosten und Risiken abschätzen zu können.

Für Unternehmen, die die Software-Entwicklung vorwiegend nach außen vergeben haben, nimmt zusätzlich das Schnittstellenmanagement eine strategische Bedeutung ein. Änderungen der Anforderungen müssen in diesem Fall noch präziser über den gesamten Lebenszyklus des Software-Produkts kontrolliert werden, um sicherzustellen, dass alle in das Projekt involvierten Partner sich zu den abgestimmten neuen Anforderungen sowie den resultierenden Änderungen im Projekt verpflichten. Das geht weit über das technische Schnittstellenmanagement hinaus und beinhaltet zusätzlich die Überprüfung und Abstimmung der Inhalte unter Fachleuten sowie die Kommunikation der vereinbarten Ergebnisse.

Beginnend mit der ersten Anforderungserhebung werden nach Automotive Spice Konsistenz und bidirektionale Rückverfolgbarkeit der Anforderungen

über den gesamten Lebenszyklus bei der Entwicklung von Steuergeräte-Software im Fahrzeug explizit verlangt. Zur Unterstützung der Prozesse, zum Softwaretest und zur Softwareintegration wird die Definition und Abstimmung von Prüfkriterien gefordert, die die entwickelte Software mit den ursprünglichen Anforderungen verknüpft.

Damit können die Behebung von Problemen, das Konfigurationsmanagement und die Analyse von neuen Anforderungen nicht mehr von der Verfolgbarkeit früherer Anforderungen getrennt werden. Das Resultat ist ein stabiles Änderungsmanagement über alle Ebenen des Softwareprodukts.

Umsetzung im PLM-System. Das PLM-System CIM Database der Contact Software GmbH mit Sitz in Bremen bietet integrative Lösungen zur Unterstützung der zentralen Engineering- und Management-Prozesse im Unternehmen. Im Folgenden werden die Möglichkeiten dieses Systems zur Abdeckung von wesentlichen Anforderungen aus Automotive Spice beschrieben.

Basis für alle weitergehenden Funktionen ist die geltungssichere Verwaltung von Daten und elektronischen Dokumenten in einem zentralen PLM-Repository sowie die unternehmensweite Bereitstellung dieser Informationen. Das betrifft sowohl Engineering-Daten aus den verschiedenen Disziplinen (Mechanik, Elektrik, Elektronik und Software) als auch Business-, Organisations- und Management-Informationen für ein Multiprojektmanagement.

Das PLM-System dient als Plattform für die Zusammenarbeit, sowohl innerhalb von Arbeitsgruppen mit gleichen Tools (CAD-Teams, Programmiererteams) als auch fachbereichs- und disziplinübergreifend. Es verfügt über eine logisch zentrale Datenablage (Repository), die physisch über verschiedene Standorte verteilt sein kann.

Viele Arbeitsergebnisse im Entwicklungsprozess entstehen in Form von elektronischen Dokumenten, erstellt mit Hilfe unterschiedlicher, teils hochspezialisierter Werkzeuge sowie durch allgemeine Office-Anwendungen. Die meisten Dokumente unterliegen im Laufe ihres Lebenszyklus mehrfach Änderungen. So entstehen mit der Zeit diverse Versionen, Varianten und Sekundärformate. Typische Anwendungsbeispiele für solche abgeleiteten Formate sind jene zur reinen Visualisierung oder zur Kollisionskontrolle (Digital Mockup) im Bereich der Mechanik sowie installierbare Packages im Bereich der Software.

In diesem Datenschwungel erzeugt das PLM-System Geltungssicherheit, indem

es die jeweils aktuellen Versionen identifiziert, deren Gültigkeit in bestimmten Zusammenhängen kennzeichnet, die Unveränderlichkeit von freigegebenen Versionen sicherstellt und Original und Arbeitskopie sowie Primär- und Sekundärobjekt unterscheidet (Version, aktuelle Phase im Entwicklungszyklus, Review-Status im Freigabeprozess). Alle Arbeitsgegenstände lassen sich über Beziehungen miteinander verknüpfen. Die resultierenden Strukturen sind in diversen Sichten visualisierbar. Die zentrale Struktur im Bereich Produktdaten ist die Produktstruktur, die alle relevanten Aspekte des Produkts beinhaltet und im Laufe des Lebenszyklus sukzessiv weiter detailliert und verändert wird. Auch Strukturen sind versionierbar, wodurch neue Konfigurationen entstehen. Alte Versionen oder Gesamtkonfigurationen werden als Baselines aufbewahrt.

Konfigurationsmanagement. Die eigentliche Herausforderung in multidisziplinären Engineering-Projekten ist die Identifikation gültiger Konfigurationen über alle beteiligten Disziplinen hinweg. Voraussetzung dafür ist eine enge Kopplung der Autorensysteme aus Mechanik (MCAD), Elektrik/Elektronik (ECAD) und Software (CASE) mit dem PLM-System, damit die benötigten Strukturinformationen und Einbaubedingungen automatisch ausgeleitet, zentral verwaltet und disziplinübergreifend den jeweiligen Konstruktionswerkzeugen zur Verfügung gestellt werden können. CIM Database besitzt entsprechende Schnittstellen zu zahlreichen Tools dieser Art.

Änderungsmanagement. Das PLM-System unterstützt die Planung, Verfolgung, Steuerung und Dokumentation von technischen Änderungen. Das Engineering Change Management (ECM) unterscheidet Änderungsanträge (Engineering Change Requests, ECRs), Änderungsaufträge (Engineering Change Orders, ECOs) und Änderungsmitteilungen (Engineering Change Notifications, ECNs). Die Prüfaktivitäten bei der Durchführung einer technischen Änderung lassen sich vorab in einem Prüfplan festlegen, der

auch Bewertungskriterien und eine Reihenfolge der Prüfschritte (den sogenannten Umlauf) definiert. Der Prüfplan enthält außerdem, welche Stellen (Rollen) im Unternehmen beziehungsweise Projektteam für die einzelnen Prüfungen verantwortlich sind. Ein Engineering-Change-Objekt dient als virtuelle Sammelmappe für alle betroffenen Arbeitsgegenstände, Prüfergebnisse, Auftrags- und sonstigen Begleitdokumente. Es definiert Prozessschemata (Prüfpläne) für die Bewertung des Antrags und für die Freigabeprüfung nach Durchführung der Änderungen. Alle Statuswechsel und Prüfschritte werden automatisch protokolliert.

Projektmanagement. Wesentlicher Bestandteil jedes Projekts ist die Planung von Arbeitspaketen, Terminen und Ressourcen sowie die quantitative und qualitative Steuerung der Projektdurchführung. Der Einsatz eines PLM-Systems verbindet Planungs- und Ausführungsebene miteinander und ermöglicht die direkte Zusammenarbeit von Management- und Engineering-Abteilungen: Soll-Vorgaben werden online an den einzelnen Engineering-Arbeitsplätzen verfügbar gemacht, aktuelle Ist-Daten aus dem Engineering-Prozess für den Steuerungsprozess direkt abgerufen. Unter einem Projekt in CIM Database hängen sowohl die geplante Aufgabenstruktur („Work Breakdown Structure“) mit Phasen, Meilensteinen und Arbeitspaketen als auch die Arbeitsergebnisse in Form von Dokumenten, Artikeln und der sukzessiv ausdetaillierten Produktstruktur. Zur Unterstützung der Qualitätssicherung (APQP) lassen sich für Meilensteine auch Quality Gates mit erwarteten Arbeitsergebnissen und Bewertungskriterien definieren. Arbeitspakete sind mit detaillierten Checklisten kombinierbar. Checklisten, Phasen und Quality Gates zu den einzelnen Arbeitspaketen können aus Vorlagen („Templates“) angelegt werden. Das PLM-System kann formal definierte, erstellte und für den nächsten Schritt freigegebene Daten oder Dokumente („Deliverables“) automatisch den Planungsobjekten zuordnen, zum

Beispiel im Fall eines Review-Prozesses bei einem Quality Gate.

Anforderungs- und Aufgabenmanagement. Ausgangspunkt aller Aktivitäten in einem Entwicklungs- oder Änderungsprojekt sind Ziele oder Produktanforderungen, die im Rahmen des Projekts erreicht werden sollen. Das PLM-System verwaltet diese Ziele als eigenständige Objekte mit Verknüpfungen zu Produktkomponenten, Dokumenten und Maßnahmen.

Ein integriertes Aufgabenmanagement fasst anstehende Aufgaben aus diversen Quellen in persönlichen Aufgabenlisten zusammen, darunter Arbeitspakete aus dem ursprünglichen Projektplan, Bewertungsaufgaben aus Quality Gates und Checklisten, Prüfaktivitäten aus vordefinierten Review-Prozessen, wie auch dynamisch eingeplante Maßnahmen zur Nacharbeitung und Problembehebung. Über seine persönliche Aufgabenliste gelangt der Benutzer mit wenigen Mausklicks zu den betroffenen Arbeitsgegenständen.

Fazit. Automotive Spice ist für Automobilzulieferer eine notwendige Grundlage zur Gestaltung und Verbesserung von Software-Entwicklungsprozessen im Bereich Elektrik/Elektronik. Moderne PDM/PLM-Systeme können Prozesse wie das Anforderungs-, Konfigurations-, Änderungs- oder das domänenübergreifende Datenmanagement effektiv unterstützen.

CLAUDIA S. DORN, JENS KRÜGER,
ACHIM MÜLLER

INFCORNER

- (1) www.his-automotive.de
- (2) www.automotivespice.com

Die Autoren Claudia Salazar Dorn und Jens Krüger sind bei der Softlab Group in München tätig, Achim Müller bei der Contact Software in Bremen.

www.contact.de
www.softlab-group.de



CONTACT Software GmbH

Wiener Str. 1 - 3 · 28359 Bremen
Tel: 0421 / 20153-0 · Fax: 0421 / 20153-41
bsc@contact.de
www.contact.de



Softlab Group GmbH

Zamdorfer Straße 120 · 81677 München
Tel. +49 89 9936-1592 · Fax +49 89 9936-1844
info.vpd@softlab.de
www.softlab-group.com