

QUALITÄT IST MACHBAR CMMI IN DER HARDWARE- ENTWICKLUNG



Die zunehmende Anzahl und Komplexität elektronischer Systeme im Kraftfahrzeug stellt Automobilhersteller und Zulieferer vor wachsende Herausforderungen. Damit einher gehen steigende Anforderungen an Qualität, Geschwindigkeit und Effizienz der Entwicklung. Beherrschte Entwicklungsprozesse sind eine entscheidende Grundlage zur Erfüllung dieser Forderungen. Dieser Beitrag der Robert Bosch GmbH und der Vector Consulting GmbH zeigt Erfahrungen bei der Anwendung des Capability Maturity Model Integration (CMMI) in der Entwicklung von Motor-Steuergeräten auf.

Der Name Bosch ist seit der Einführung des Magnetzünders 1897 mit der Entwicklung des Ottomotors verbunden. Seitdem wurden Systeme für Zündung und Einspritzung kontinuierlich weiterentwickelt.

Eine der größten Innovationen war die Zusammenfassung von Zündung und Einspritzung im Motorsteuerungssystem Motronic im Jahr 1979, die erste μ C-gesteuerte Elektronik im Kraftfahrzeug. Die Motronic ermöglichte die Einführung des Drei-Wege-Katalysators. So wurden in den letzten 26 Jahren die Benzinmotoren stetig sauberer und sparsamer, wobei gleichzeitig die Leistungsdichte heute auf bis etwa 100 kW je Liter Hubraum erhöht wurde.

Zur Regelung des Motors wertet die Motronic die von den Sensoren erfassten Signale – wie Luftmasse, Motordrehzahl oder Kühlwassertemperatur – aus und berechnet daraus Steuergrößen für den Drosselklappensteller, die Einspritzventile und Zündkerzen. Die Motorsteuerung regelt weitere Funktionen, wie beispielsweise einen Turbolader oder eine Abgasrückführung. Zur Einhaltung der Abgasanforderungen über die gesamte Lebensdauer eines Motors werden alle Funktionen und Signale während des laufenden Motorbetriebs diagnostiziert. Dies macht die Motronic heute zum leistungsfähigsten Echtzeitsystem im Kraftfahrzeug.

HISTORIE ENTWICKLUNGSPROZESS

Als 1979 die erste Motorsteuerung in Serie ging, wurde die Elektronik noch weitgehend ohne Rechnerunterstützung entwickelt. Der vorübergehend in der HW-Entwicklung genutzte Zentralrechner eines Rechenzentrums wurde ab 1990 stetig durch den PC als Standard-Arbeitsplatzrechner abgelöst. Zu dieser Zeit erfolgten auch erste Ansätze zur systematischen Strukturierung der Architektur der Elektronik mit ersten wiederverwendbaren Schaltungsmodulen.

Mit den Methoden der kontinuierlichen Verbesserung, bei Bosch unter dem Namen CIP, wurden verschiedene Projekte zur Steigerung der Entwicklungseffizienz gestartet. 1995 entstand beispielsweise die „Checkliste HW-Entwicklung“, 1999 wurde das Variantenmanagement verbessert, ab 2001 wurde ein bereichsübergreifendes Ressourcenmanagement eingeführt.

Ab Anfang 2001 wurde bei Bosch in allen Geschäftsbereichen das Time-to-Market (TTM)-Programm durchgeführt, mit dem Ziel der Analyse, Visualisierung und Optimierung der technischen Prozesse.

AUSGANGSSITUATION

Als unmittelbare Fortsetzung des TTM-Projekts wurde zu Beginn des Jahres 2003 in der Steuergeräte-Hardware-Entwicklung des



Bosch | Von der Einspritztechnik bis zur mobilen Kommunikation

Die Robert Bosch GmbH mit Hauptsitz in Stuttgart ist eines der größten Industrieunternehmen Deutschlands mit einem Umsatz von 40 Milliarden Euro und 243.000 Mitarbeitern in seinen drei Unternehmensbereichen Kraftfahrzeugtechnik, Industrietechnik sowie Gebrauchsgüter und Gebäudetechnik. Die vier großen Geschäftsfelder im Unternehmensbereich Kraftfahrzeugtechnik sind: Einspritztechnik für Verbrennungsmotoren (Diesel und Otto), Systeme für die aktive und passive Fahrzeugsicherheit, elektrische Maschinen (Starter, Generatoren, Kleinmotoren) und Erzeugnisse der mobilen Kommunikation.

Weitere Informationen: www.bosch.de

Geschäftsbereichs Gasoline Systems der Robert Bosch GmbH zusammen mit der Vector Consulting GmbH ein Prozessverbesserungsprojekt aufgesetzt. Ziel war die Steigerung der Qualität und der Effizienz der Entwicklung durch Orientierung am CMMI-Maturity-Level 2 [1] und an den Prinzipien des

Systems-Engineering [2, 3]. Zu Beginn des Projekts war die Organisation unter anderem durch folgende Stärken charakterisiert:

- Änderungsmanagement nach Serienanlauf mit einem fest vorgegeben Workflow, einer standardisierten Dokumentation und einer strukturierten Verwaltung der Dokumente mit eindeutiger Verfolgbarkeit
 - Regelung der Entwicklungsabläufe durch Qualitätssicherungspläne und Verfahrensanweisungen
- Demgegenüber standen Schwächen unter anderem bei:
- Anforderungs-/Änderungsmanagement vor Freigabe
 - Testkompetenz.

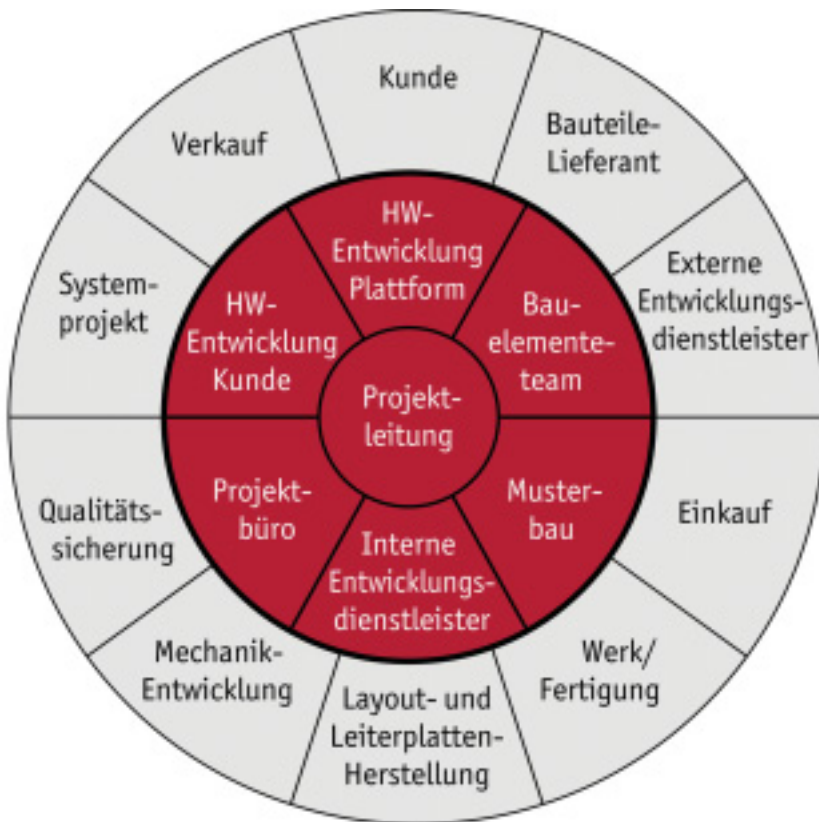
SCOPE DES PROZESS-VERBESSERUNGSPROJEKTS

Die Struktur des CMMI-Modells mit zugehörigen Prozessbereichen ist im nebenstehenden Bild dargestellt. Bei den Prozessbereichen des Levels 2 handelt es sich um so genannte Management-Prozesse, also um diejenigen Anteile des Entwicklungsprozesses, die der Planung, Steuerung und Verfolgung der Engineering-Aktivitäten dienen. Diese liegen primär in der Verantwortung der Entwicklungsprojekte. Es wurden Plattform- und Kundenprojekte betrachtet, die die Aktivitäten aller am Entwicklungsprozess beteiligten Organisationseinheiten koordinieren. Im oberen Bild auf der nächsten Seite ist schematisch das sich ergebende Beziehungsgeflecht dargestellt. Die Projekte arbeiten gemäß den Entwicklungsphasen des V-Modells, die sich selbstähnlich auf die Systemhierarchie-Ebenen Steuergerät, Modul und Bauelement abbilden, siehe unteres Bild auf der nächsten Seite. Damit war der Scope in folgenden Dimensionen definiert:

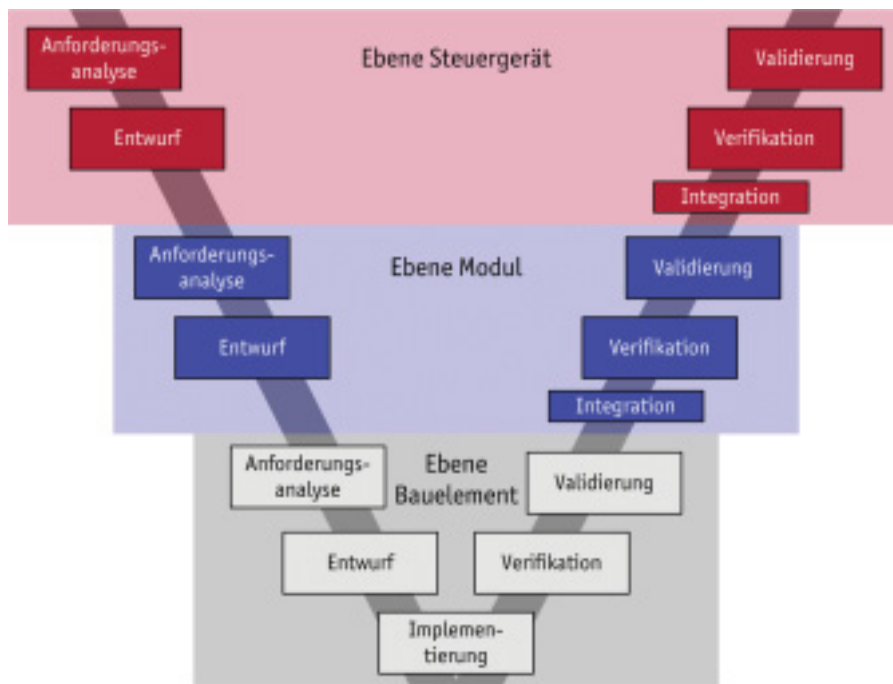
- Projekt: Kunden- und Plattformprojekte
- Organisation: Einbeziehung der Organisationseinheiten des eigenen Entwicklungsbereichs, Berücksichtigung der Schnittstellen zu Organisationseinheiten außerhalb des Entwicklungsbereichs
- Prozess: Einbeziehung sämtlicher Phasen der Entwicklung gemäß V-Modell
- Prozesssystem: Die im Prozessverbesserungsprojekt gemäß CMMI zu definierenden Prozesse ordnen sich nahtlos in das bestehende Prozesssystem gemäß ISO/TS 16949 ein
- Tool-Umgebung: Vorhandene Tool-Umgebungen wie CAD-Systeme für Schaltpläne und Layout oder Stücklisten-Systeme, die an der Schnittstelle zum Werk

Struktur des CMMI-Modells SE/SW V1.1, Staged Representation





An der Ent-wicklung be-teiligte Or-ganisati-ons-ein-einheiten



Entwicklungs-phasen gemäß V-Modell

AUTOREN

Dr.-Ing. Dieter Lederer ist Leiter des Beratungsbereichs der Vector Consulting GmbH in Stuttgart.



Dr.-Ing. Joachim Fetzer ist Abteilungsleiter für Hardware-Entwicklung im Geschäftsbereich Gasoline Systems der Robert Bosch GmbH in Stuttgart.



Dipl.-Ing. Dirk Mentgen ist Abteilungsleiter für Hardware-Entwicklung im Geschäftsbereich Gasoline Systems der Robert Bosch GmbH in Stuttgart.



zum Einsatz kommen, waren zu berücksichtigen.

PROZESSVERBESSERUNGSPROJEKT

Das Prozessverbesserungsprojekt folgte dem Phasenschema gemäß V-Modell, analog zu Entwicklungsprojekten, Bild oben. Dieses Schema ist vergleichbar mit dem Ideal-Modell des SEI [1]. Bevor das Projekt in die

jeweils nächste Phase eintrat, war sicherzustellen, dass die dafür erforderliche Reife erreicht war. Dies wurde in Quality-Gates am Ende der einzelnen Phasen festgestellt. So erfolgte beispielsweise am Ende der Definitionsphase ein Review der erstellten Prozessdefinitionen. Analog wurde während der Implementierungsphase die Qualität der Prozessanwendung in den Entwicklungsprojekten

kontinuierlich gemessen, um dadurch bestimmen zu können, ob der Eintritt in die Testphase möglich war. Mit diesem Quality-Gate-Konzept wurde eine durchgängige Qualitätssicherung im Prozessverbesserungsprojekt erreicht. Das CMMI-Modell selbst fordert eine Prüfung der Einhaltung definierter Prozesse und Standards. Es „liefert“ also Qualitätssicherungsschritte bereits mit.

Die Vector Consulting GmbH in Stuttgart wurde 2001 als Gesellschaft der Vector-Gruppe gegründet. Sie bietet ihren Kunden ein umfassendes Beratungs-, Trainings- und Werkzeugportfolio für das Systems-Engineering an. Das Kompetenzspektrum umfasst unter anderem Anwendungen in den Domänen Software- und Hardware-Engineering sowie Entwicklung mechatronischer Komponenten. Vector Consulting ist SEI-Partner.

Weitere Informationen: www.vector-consulting.de

MODELLANWENDUNG

Neu war die Anwendung des CMMI-Modells auf die technische Domäne der Steuergeräte-Hardware-Entwicklung. Der normative Teil des Modells ist allgemeingültig und domänenunabhängig formuliert, so dass die Anwendung für beliebige technische Domänen erfolgen kann. Für die Anwendung im Systems- und Software-Engineering sind spezifische Erläuterungen und Hinweise (nicht normativ) im Modell enthalten, nicht jedoch für die Anwendung im Hardware-Engineering.

Dies erforderte das Entwickeln eines domänenspezifischen Verständnisses der Modellanforderungen, um basierend darauf zu einer geeigneten Umsetzung zu kommen. Das Entwickeln dieses Verständnisses kann nur vor dem Hintergrund einer umfassenden Domänenkenntnis gelingen. Ist diese nicht vorhanden, besteht die Gefahr, dass ein nicht adäquates Modellverständnis zu einer nicht adäquaten Umsetzung führt. Festzuhalten ist dennoch, dass – entgegen üblicher Erwartungen – kein prinzipieller Unterschied zwischen Management-Prozessen für eine Software- und solchen für eine Hardware-Entwicklung besteht. Ist also ein domänenspezifisches Verständnis des CMMI-Modells erzielt, so kann die weitere Anwendung „straight forward“ geschehen.

PROZESSDEFINITION

Das Ergebnisdokument der Prozessdefinition ist ein Entwicklungshandbuch, das Prozessdefinitionen mit allen zugehörigen Hilfsmitteln wie Rollenbeschreibungen, Templates, Checklisten enthält. Das Entwicklungshandbuch ist als Intranet-Lösung realisiert und damit von jedem Arbeitsplatz aus

einsehbar. Um den Aufwand für die Prozessdefinition gering zu halten, wurde die Prozessdokumentation aus der Steuergeräte-Software-Entwicklung [4] und Erfahrungen aus anderen Geschäftsbereichen [5] genutzt.

PROZESSIMPLEMENTIERUNG

Zur Unterstützung der Prozessimplementierung in den Entwicklungsprojekten wurden folgende aufeinander abgestimmte Maßnahmen durchgeführt:

- Alle betroffenen Mitarbeiter wurden durch Trainings mit den Themenfeldern CMMI und Entwicklungsprozess vertraut gemacht.
- Jedem Entwicklungsprojekt wurde ein Coach zur Seite gestellt, der dem Projektteam Hilfestellung bei der Prozessimplementierung gab. Für das Coaching wurden Ziele und Inhalte vereinbart und die Erreichung dieser Ziele konsequent verfolgt.
- Für jedes Entwicklungsprojekt wurden in festem Rhythmus Messungen des Pro-

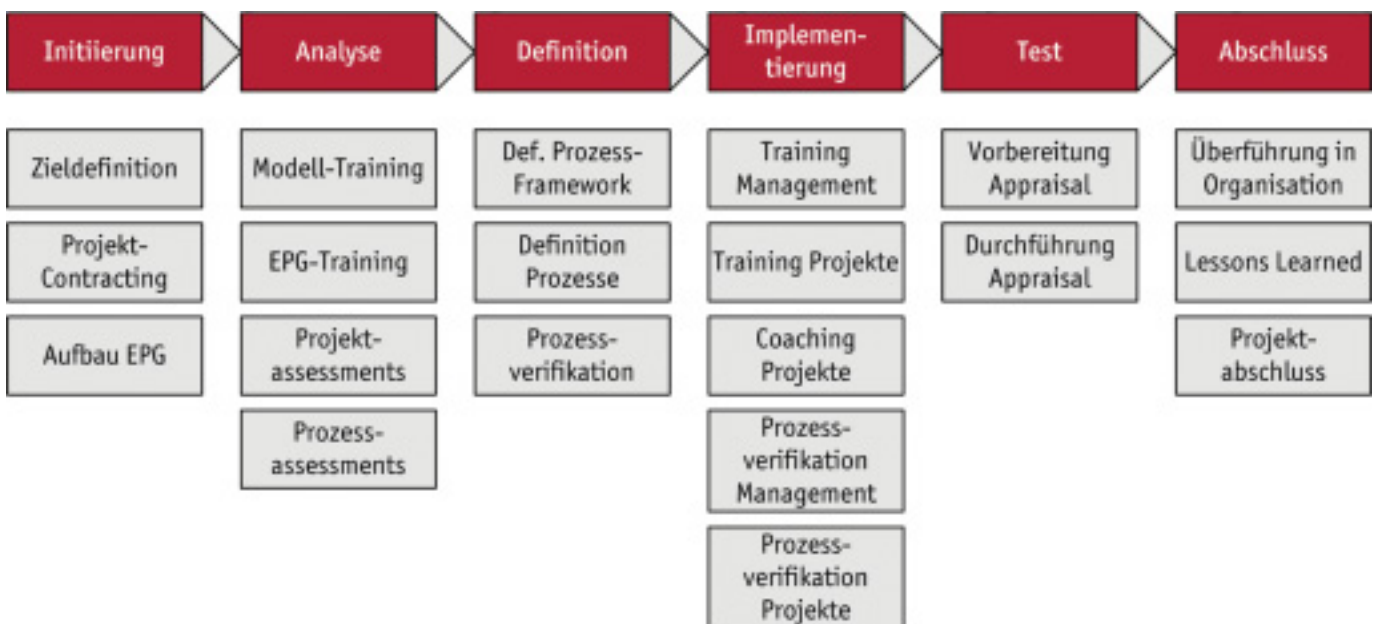
zessreifegrads durchgeführt und im Steuerkreis des Prozessverbesserungsprojekts berichtet, Bild nächste Seite. Damit herrschte jederzeit Klarheit darüber, welcher Umsetzungsstand erreicht war.

ZIELERREICHUNG

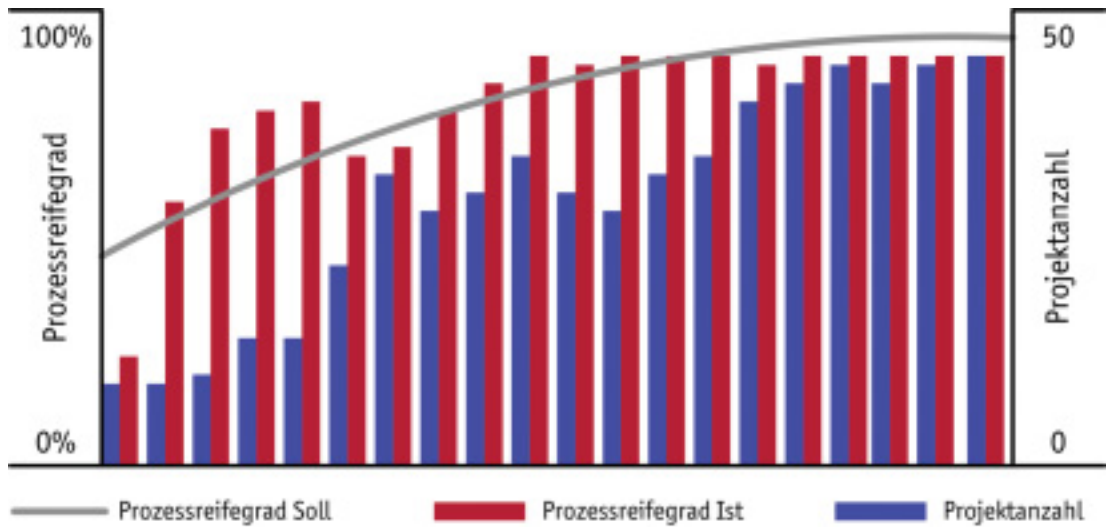
Das Projektziel wurde nach einer Laufzeit von 18 Monaten erreicht. Im Oktober 2004 wurde in einem Appraisal der CMMI-Maturity-Level 2 bestätigt. In allen Projekten, die seit Ende 2002 gestartet wurden, sind die neuen Prozesse implementiert. Die begleitenden Prozessmessungen zeigten Ende 2004 ein exzellentes Ergebnis von 90 % Erfüllung.

Der Nutzen der Prozessverbesserung zeigt sich unter anderem darin, dass durch eine verbesserte Planung die Anzahl der Re-kursionen reduziert wurde, zum Beispiel

Phasenschema des Prozessverbesserungsprojekts



Verlauf der Prozessreifegrad-Messungen über der Zeit



Netzlistenänderungen in laufenden Layouts um den Faktor zwei. Die Einhaltung der Projektbudgets wurde verbessert und die geplante Effizienzsteigerung konnte erreicht werden.

ERFOLGSFAKTOREN

Die wesentlichen Erfolgsfaktoren des Prozessverbesserungsprojekts waren:

- Die Prozessverbesserung nach CMMI wurde in den Zielvereinbarungen der Führungskräfte verankert.
- Persönliche, aktive Mitwirkung des Managements: Steuer- und Eskalationsgremium war das „Management Steering Committee“, das sich aus Entwicklungs- und Abteilungsleitern sowie – in größeren zeitlichen Abständen – auch aus Produktbereichs- und Geschäftsleitung zusammensetzte. Darüber hinaus waren die Abteilungsleiter Process Owner und damit verantwortlich für die strategische Ausrichtung der Prozesse.
- Zielgruppenorientierte Kommunikation basierend auf einem umfassenden Kommunikationskonzept. Dieses umfasst unter anderem eine Intranet-Homepage des Prozessverbesserungsprojekts, Newsletter, regelmäßige direkte Information der Mitarbeiter durch das Management in Bereichs-Informationsveranstaltungen, Abteilungsversammlungen etc., individuelle Feedbackgespräche mit den Führungskräften sowie Befragungen.
- Intensives Training und Coaching der Entwicklungsprojekte. Damit wird ein zielgerichteter Kompetenzaufbau betrieben, der essenziell für die Nachhaltigkeit der Prozessverbesserung ist.

- Konsequente Messung der Prozesseinhaltung in allen Projekten sowie Verfolgung dieser Messungen im Steuerkreis. Damit werden Projekte nicht nur hinsichtlich der traditionellen Kriterien „on time, on spec, on budget“ beurteilt, sondern es wird auch aufgezeigt, auf welchem Weg die Projektziele erreicht werden.
- Frühzeitige Einbindung des Lead-Appraisers über Durchführung so genannte Mini-Appraisals, mit denen in einem frühen Stadium Stärken und Schwächen bei der Prozessimplementierung identifiziert wurden. Auch hier spielt die Domänenkenntnis eine wesentliche Rolle, da die Bewertung nicht ausschließlich formal anhand des Modells geschehen kann, sondern stets eine spezifische Bewertung erforderlich ist. Dabei gibt es kein „objektiv richtig“ oder „objektiv falsch“ – ein überzeugendes Gesamtbild ist gefragt.

AUSBLICK

Das nächste Ziel der Prozessverbesserung in der Steuergeräte-Hardware-Entwicklung ist die weitere Optimierung der technischen Prozesse im Rahmen eines CMMI-Level 3 Projektes, das Anfang 2005 gestartet wurde. Diese Vorgehensweise ist Teil der Strategie des Geschäftsbereichs Gasoline Systems, CMMI konsequent bis zum Maturity-Level 5 auf alle Domänen auszurollen. Die SW-Entwicklung erreichte bereits Ende 2004 CMMI-Level 3, die Komponentenentwicklung im März 2005 CMMI-Level 2. Damit ist CMMI zur tragenden Säule der Prozessverbesserung in der gesamten Entwicklung geworden.

Literatur

[1] www.sei.cmu.edu
 [2] Lederer, D.; Heling, G.; Fetzer, J.; Beck, Th.: **Der Schlüssel zum Erfolg. Durchgängige Systems-Engineering-Prozesse – eine vordringliche Aufgabe.** In: *Elektronik Automotive*, S. 42–46, Juni 2002
 [3] Lederer, D.; Fetzer, J.; Heling, G.; Baumann G.: **Automotive Systems Engineering – The Solution for Complex Technical Challenges?** In: *Proceedings of the 5. Internationales Stuttgarter Symposium Kraftfahrzeug und Verbrennungswesen*, pp 593–607, February 2003
 [4] Kugler, H.-J.; Kirwan, P.; Stolz, W.; Glaser, M.; Grimm, W.; Hönninger, H.: **Erfolgsfaktoren für die Software-Prozesse bei Bosch Gasoline Systems GS.** In: *VDI-Berichte 1789, Elektronik im Kraftfahrzeug*, S. 207–218, September 2003
 [5] Mentgen, D.; Frey, B.; Fetzer, J.; Knippenberg C.: **Der Weg zu CMM-Level 2 – Ein integrierter Ansatz.** In: *Automotive Electronics 1/2003*, März 2003